



MARS



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

International Symposium on Cocoa Research

2017

BOOKLET OF ABSTRACTS



LIVRET DES RÉSUMÉS



FOLLETO DE RESUMENES

13-17 November 2017, Swissôtel, Lima, Peru



INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION



icco.org/iscr2017

ORAL PRESENTATIONS	26
PRESENTATIONS ORALES.....	26
PRESENTACIONES ORALES	26

THEMATIC 1: GENETICS AND BREEDING 27

EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL CACAO (THEOBROMA CACAO L.) NATIVO CHUNCHO EN LA CONVENCION, CUSCO_PERU	27

Wilton Céspedes Del Pozo

Raúl Blas Sevillano, Dapeng Zang

UNSAAC/UNIQ

CACAO GENETIC RESOURCES - LEGAL AND POLICY ASPECTS OF GERMPLASM EXCHANGE (ACCESS AND BENEFIT SHARING)	29

Brigitte Laliberté

Michael Halewood

Bioversity International

SECOND CYCLE DE SELECTION RECURRENTTE DU CACAOYER (THEOBROMA CACAO L.) EN CÔTE D'IVOIRE : PARAMETRES GENETIQUES CHEZ LES DEUX POPULATIONS CONSTITUTIVES APRES TREIZE ANNEES D'OBSERVATION	31

Mathias Tahi

I. C. Trebissou, S. B. Guiraud, F. Ribeyre, Ph. Lachenaud, N. D. Pokou, K. F. N'guessan, P. N. Walet, R. A. Aka, K. Coulibaly, B. I. Kébé, M. E. Assi, B. Koné, E. Kassin, C. Cilas

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

DEVELANDO LA ESTRUCTURA GENÉTICA Y PARENTESCO DE LAS SERIES CLONALES DE CACAO UF, CC, ARF Y PMCT CUSTODIADAS EN LA COLECCIÓN INTERNACIONAL DEL CATIE (IC3)	33

Adriana Arciniegas-Leal

Allan Mata-Quiros, Wilbert Phillips-Mora, Lyndel W. Meinhardt, Dapeng Zhang

CATIE

CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA Y MOLECULAR DE LA COLECCIÓN DE CACAO DE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS DE COLOMBIA	35

Nubia Martínez Guerrero

Diannefair Duarte, Oscar Darío Ramírez, Gerardo Gallego, Patricia Zapata, Constanza Quintero, Joe Tohme

Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO)

DNA PROFILING OF CACAO (THEOBROMA CACAO L.) VARIETIES IN THE PHILIPPINES USING MICROSATELLITE MARKERS.....	37

Rene Rafael Espino

University of the Philippines Los Banos

POTENTIAL OF RECURRENT SELECTION FOR DEVELOPING IMPROVED COCOA VARIETIES IN GHANA.....	39

Francis Padi

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

CANDIDATE SSR TAGS FOR FRUIT AND SEED TRAITS OF THEOBROMA CACAO L. IN THE INTERNATIONAL COCOA GENE BANK TRINIDAD	41
Lambert Motilal	
Dapeng Zhang, Sue Mischke, Lyndel Meinhardt, Pathmanathan Umaharan	
Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC/The UWI)	
THE GENOMIC SELECTION OF THEOBROMA CACAO : A NEW STRATEGY OF MARKER ASSISTED SELECTION TO IMPROVE BREEDING EFFICIENCY AND PREDICT USEFUL TRAITS IN NEW POPULATIONS	42
Fabienne Ribeyre	
O. Sounigo, X. Argout, C. Cilas, B. Ephombagn, M. Denis, O. Fouet, C. Lanaud	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGRONOMICAL PERFORMANCES OF SIX COMMERCIAL COCOA VARIETIES IN ON FARM PROGENY TRIALS IN CAMEROON	44
Olivier Sounigo	
L. Feumba de Tchoua, R. Bourgoing, F. Nsougua, D. Abolo, I.B. Efombagn	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
EXPLORATION OF THE T. CACAO GENOME SEQUENCE TO DECIPHER THE INCOMPATIBILITY SYSTEM OF THEOBROMA CACAO AND TO IDENTIFY DIAGNOSTIC MARKERS	46
Claire Lanaud	
Olivier Fouet, Thierry Legavre, Uilson Lopes, Olivier Sounigo, Marie Claire Eyango, Benoit Mermaz, Marcos Ramos da Silva, Rey Gaston Looor Solorzano, Xavier Argout, Gabor Gyapay, Herman Ebai Ebaiarrey, Kelly Colonges	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
INTEGRATING THE TRANSCRIPTOMICS FOR STUDY OF ANTIOXIDANTS IN CACAO CELL CULTURES.....	48
Adriana Gallego	
A.M. Gallego, O. Parra, A. Rodríguez, L. F. Rojas, A. I. Urrea, L. Atehortúa, D. Fister, N. Pabón-Mora, C. Mora,	
S. Maximova, M. Guiltinan	
A GENETIC ORIGIN OF FINE OR FLAVOUR CACAO IN SOUTHERN PERU?	50
Evert Thomas	
Bioversity International	
DESARROLLO DE NICHOS ESPECÍFICOS DE CACAO CON ALTA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD SENSORIAL: EXPERIENCIA ECUATORIANA.....	52
Rey Looor Solórzano	
Rey Looor et al.	
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)	

THEMATIC 2: AGRONOMIC OR CROP SYSTEMS.....54

MODIFYING MICRO-ENVIRONMENTAL GROWING CONDITIONS FOR THE CACAO TREE BY SHADE TREE PRUNING..... 54

Wiebke Niether

Laura Armengot, Christian Andres, Monika Schneider, Gerhard Gerold

University of Goettingen

HOW HABITAT HETEROGENEITY AFFECTS POLLINATOR'S COMMUNITIES IN COCOA-BASED AGROFORESTRY SYSTEMS? 56

Olivier Deheuvels

Lucienne De Waal, Leila Bagny-Beilhe

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

ECOFISIOLOGÍA DEL CACAO BAJO EL EFECTO DEL MANEJO DEL DOSEL EN ANTIOQUIA, COLOMBIA..... 58

Martin Villa

Universidad Nacional de Colombia

LA PODA Y LA PRODUCCIÓN DE CACAO (Theobroma cacao L.) 59

Eduardo Gutiérrez Brito

Edna Ivonne Leiva Rojas, Ramiro Ramírez P.

Universidad Nacional de Colombia

SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CACAO DOMESTICADOS Y SILVESTRES TOLERANTES A SUELOS ACIDOS EN EL PERÚ..... 61

Enrique Arévalo-Gardini

Abel Farfán-Pinedo, Cesar Oswaldo Arévalo-Hernández, Virupax C Baligar

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

CHARACTERIZATION OF MICROBIAL COMMUNITY ISOLATED FROM COCOA CROP SOILS IN A PRODUCER REGION IN COLOMBIA, AS A CONTRIBUTION TO SOIL FERTILITY MANAGEMENT..... 63

Henry Cordoba Novoa

Paula Andrea Bermeo Fúquene, Esperanza Torres Rojas

Universidad Nacional de Colombia

COMPARING PRODUCTIVITY AND PROFITABILITY OF AGROFORESTS AND MONOCULTURES IN BOLIVIA..... 65

Laura Armengot

Pietro Barbieri, France Christian Andres, Joachim Milz, Monika Schneider

Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

MANAGEMENT AFFECTED FINE-ROOT GROWTH OF COCOA IN MONOCULTURES AND AGROFORESTRY SYSTEMS UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING AND OF ERYTHRINA SSP. IN CACAO AGROFORESTRY SYSTEMS 67

Wiebke Niether

Ulf Schneidewind, Monika Schneider, Gerhard Gerold

University of Goettingen

INFLUENCE OF AGROFORESTRY SYSTEMS WITH CACAO ON SOIL PROPERTIES (PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL) IN PERUVIAN AMAZON	69
Enrique Arévalo-Gardini	
Manuel Canto, Julio Alegre, Oscar Loli, Alberto Julca	
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)	
MAPPING COCOA PRODUCTIVITY IN GHANA, INDONESIA AND CÔTE D'IVOIRE	71
Andrew Daymond	
K. Acheampong, A. Prawoto, S. Abdoellah, G. Addo, P. Adu-Yeboah, N.C. Cryer, Y. N. Dankwa, S. Konlan, F. Lahive, A. Susilo, C.J. Turnbull, P. Hadley	
University of Reading (UoR)	
REGULATING TRANSCRIPTION FACTORS TO ALLEVIATE PLANT TISSUE AND GENOTYPE LIMITATIONS OF CACAO SOMATIC EMBRYOGENESIS.....	73
Siela Maximova	
Drew Fister, Yufan Zhang, Sergio Florez, Lena Sheaffer, Melanie Manning, Mark Guiltinan	
The Pennsylvania State University	
TOWARDS A SUSTAINABLE INTENSIFICATION OF COCOA PRODUCTION SYSTEMS IN COTE D'IVOIRE: APPROACH AND LESSONS LEARNT FORM A PILOT RESEARCH	74
Christophe Kouame	
Bene Yeboi, Stephane Diomande, Jane Kahia, Lucien Diby, Mahias Tahi	
World Agroforestry Centre (ICRAF)	
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MUPV1 PARA LA NUTRICION DEL CACAO	76
Ramiro Ramirez Pisco	
Universidad Nacional de Colombia	
EFFECTS OF MICROCLIMATIC VARIABLES ON THE ONSET OF SYMPTOMS AND SIGNS OF MONILIOPHTHORA RORERI FOR THREE CACAO CLONES IN A RANGE OF INCOMPLETE RESISTANCE	78
Mariela Leandro-Muñoz	
Philippe Tixier, Wilbert Phillips-Mora, Siela Maximova, Jacques Avelino	
CATIE	
THEMATIC 3: PESTS AND DISEASES	81
LA CHENILLE ACHAEA CATOCALOIDES GUENEE (LEPIDOPTERA ; EREBIDAE), UNE NOUVELLE MENACE POUR LA CACAOCULTURE EN COTE D'IVOIRE	81
Pierre N'Guessan	
C. N. Gouamené, K. F. N'Guessan, A. R. Aka, G. M. Tahi, K. Coulibaly, K. E. Kassin, M. E. Assi, S. B. Guiraud, B. I. Kébé	
Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)	
ESTADO FITOSANITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) EN LA REGIÓN HUÁNUCO, PERÚ	83
Oscar Cabezas Huayllas	
Luis Gil Basilio, Raul Gomez Bernal, Cesar Davila Zamora, Carlos Ramires Doria	
Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)	

SANITIZACIÓN COMO ESTRATEGIA PRINCIPAL DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES EN CACAO EN EL PERÚ: TRES DÉCADAS Y MEDIA DE ESTUDIOS DE EPIDEMIOLOGIA Y EFICIENCIA DE CONTROL.....	85

Rolando Ríos-Ruiz

Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DINÁMICA ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA MONILIA EN DIFERENTES AMBIENTES EN COLOMBIA.....	87

Yeirme Jaimes Suárez

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA)

HABITAT ADAPTATION AND POPULATION OF NYMPHAL AND ADULT STAGES OF TWO COCOA MIRID SPECIES (DISTANTIELLA THEOBROMA [DIST.] AND SAHLBERGELLA SINGULARIS HAGL.)	89

Richard Adu-Acheampong

Emmanuel Obeng, Richard Sem, Phebe Tagbor, Abraham Nkansah, Godfred Awudzi, Silas A. Wintuma

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

MOVEMENT OF CSSV BEYOND COCOA: ALTERNATIVE HOSTS AND BARRIER CROPS91	

Andy Wetten

Emmanuelle Muller, Joël Allainguillaume

University of Reading (UoR)

A NEXT GENERATION SEQUENCING APPROACH TO ELUCIDATE CSSV SPECIES PROFILES	93

Emmanuelle MULLER

Andrew Wetten, Joel Allainguillaume, Francis Abrokwah, Koffié Kouakou, Henry K. Dzahini-Obiatey

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

PREVENTING COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS DISEASE: A META-ANALYSIS.....	95

Christian Andres

Christian Andres, Andreas Gattinger, Henry K. Dzahini-Obiatey, Wilma J. Blaser, Samuel K. Offei, Johan Six

Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

PEST AND PATHOGEN PROJECT CF/ICCO/43 - THE JOURNEY SO FAR: ACHIEVEMENTS, CONSTRAINTS AND THE OUTLOOK FOR THE FUTURE	97

Henry Kwame Dzahini-Obiatey

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

GENERATION OF CACAO CLONES WITH DURABLE RESISTANT AGAINST FROSTY POD ROT (Moniliophthora roreri (Cif. & Par.) Evans et al.).....	99

Wilbert Phillips-Mora

Allan Mata-Quirós, Adriana Arciniegas-Leal

CATIE

COMBINING FIELD EPIDEMIOLOGICAL AND GENETIC DIVERSITY INFORMATION TO UNDERSTAND PHYTOPHTHORA MEGAKARYA DISPERSION IN YOUNG COCOA PLANTATIONS IN CAMEROON 102

Mireille Ndoungue Djeumekop

Laurence BLONDIN, Claude HERAIL, Gerben Martijn Ten HOOPEN

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun, et Université de SupAgro Montpellier

PHYTOPHTHORA MEGAKARYA STRESS RESPONSE CHANGES IN THE THEOBROMA CACAO TRANSCRIPTOMES ANALYZED USING RNASEQ 104

Desiré Pokou

Andrew Fister, Mathias Tahi, Klotiolonan Coulibaly, SebastianAswathy, Siela Maximova

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

APPLICATION OF CRISPER/CAS9 MEDIATED GENOME EDITING TO ENHANCEMENT OF DISEASE RESISTANCE IN CACAO 105

Mark Gultinan

Andrew Fister, Lena Sheaffer and Siela Maximova

Department of Plant Science, Pennsylvania State University

The Pennsylvania State University (PSU)

SHADE TREES MITIGATE THE SEVERITY OF COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS DISEASE AND HELP MAINTAINING COCOA PRODUCTIVITY 106

Christian Andres

Christian Andres, Wilma J. Blaser, Henry K. Dzahini-Obiatey, George A. Ameyaw, Owusu K. Domfeh, Andreas Gattinger, Monika Schneider, Samuel K. Offei, Johan Six

Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

THEMATIC 4: CLIMATE CHANGE.....108

GLOBAL CLIMATE CHANGE IMPACTS ON COCOA..... 108

Christian Bunn

Mark Lundy, Peter Läderach, Fabio Castro

International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)

EVALUATION OF CURRENT AND FUTURE WATER REQUIREMENTS, UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN COCOA CROPS IN NILO CUNDINAMARCA, COLOMBIA.....111

Paula Bermeo Fúquene

Jesús Efrén Ospina Noreña, Juan Carlos Barrientos Fuentes

Universidad Nacional de Colombia

THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE VARIABLES ON VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF SIX GENOTYPES OF CACAO..... 113

Fiona Lahive

L. Handley P. Hadley A.J. Daymond

University of Reading (UoR)

EXPLORING CACAO GENETIC DIVERSITY FOR RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE – VALIDATING OR CONTRADICTING CURRENT PREDICTIVE MODELS OF PRODUCTION SUITABILITY	116

Viviana Medina

Brigitte Laliberte, Stephan Weise, Jacob van Etten

Bioversity International

IMPACT OF DROUGHT ON MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND NUTRIENT USE EFFICIENCY OF ELITE CACAO GENOTYPES FROM BAHIA-BRAZIL, TARAPOTO-PERU AND PUERTO RICO-USA	118

Virupax Baligar

Alex-Alan Almeida Dario Ahner, Enrique Arévalo-Gardini, Ricardo Goenaga,
Zhenli He

United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS) -
Beltville Agricultural Research Center

THEMATIC 5: QUALITY, FLAVOUR, SENSORY EVALUATION AND POST HARVEST..... 120

PROFILING FERMENTATION PROGRESSION AND QUALITY ATTRIBUTES OF TRINITARIO AND REFRACTARIO CACAO (THEOBROMA CACAO L.) HYBRID POPULATIONS AT THE INTERNATIONAL COCOA GENE BANK TRINIDAD (ICGT) – OPPORTUNITIES.....	120

Naailah Ali

Dr. Darin Sukha, Professor Gerrit Meerdink

Cocoa Research Centre (CRC), The University of the West Indies (UWI)

ELEMENTS OF A HARMONIZED INTERNATIONAL STANDARD FOR COCOA FLAVOUR ASSESSMENT – A PROPOSAL FOR FURTHER CONSULTATION	122

Darin Sukha

Ed Seguire, Brigitte Laliberte

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies

CLASSIFICATION DES CHOCOLATS SELON LEUR EMPREINTE GLOBALE FLUORESCENTE ?	124

Renaud Boulanger

K. Alary, S. Preys, M. Repoux, A. Descalzo, I. Maraval, F. Davrieux

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le
Développement (CIRAD)

PHYSIOLOGICAL RESPONSE IN BEANS OF THREE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) CULTIVARS TO MICRO-ENVIRONMENTAL GROWING CONDITIONS IN CACAO AGROFORESTRY SYSTEMS AND MONOCULTURES UNDER CONVENTIONAL AND ORGANIC MA	126

Wiebke Niether

Inga Smit, Laura Armengot, Monika Schneider, Gerhard Gerold, Elke Paw

University of Goettingen

SENSING FERMENTATION DEGREE OF COCOA (THEOBROMA CACAO L.) BEANS BY MACHINE LEARNING AND TRADITIONAL CLASSIFICATION MODELS BASED ELECTRONIC NOSE SYSTEM.....	128

Juzhong Tan

University of Georgia

TWO MOLECULES NEWLY IDENTIFIED BY MASS SPECTROMETRY IN FERMENTED COCOA BEANS HAVE A STRONG IMPACT ON CHOCOLATE SENSORY QUALITY	130
Noémie Fayeulle	
Anna Vallverdú-Queralt, Jean-Claude Boulet, Jean-Michel Roger, Clotilde Hue, Renaud Boulanger, Véronique Cheynier, Nicolas Sommerer	
Plateforme Polyphénols, UMR SPO, INRA	
PARTICIPATORY APPROACHES CONDUCTED IN ECUADOR, TRINIDAD AND COSTA RICA USING SIMPLE AND COST EFFECTIVE METHODS TO ENHANCE THE COCOA BEAN QUALITY SUBSTANTIALLY	132
Christina Rohsius	
Dr. Elsa Hegmann	
Rausch GmbH	
NEW RESISTANT COCOA SELECTIONS FROM COSTA RICA HAVE FINE AROMA POTENTIAL	134
Elsa Hegmann	
Dr. Wilberth Phillips	
Rausch GmbH	
THE USE OF CHLOROPLAST MARKERS FOR THE TRACEABILITY OF CERTIFIED SUSTAINABLY PRODUCED CACAO (THEOBROMA CACAO) IN THE CHOCOLATE INDUSTRY	136
Joël Allainguillaume	
Pedro Lafargue Molina, Andy Wetten, Jeanne Allainguillaume, Andrew Daymond, Dawn Arnold, Emma Weitkam	
University of the West of England (UWE)	
ADVANCES ON GENETICAL AND NATURALLY INDUCED VARIATIONS FOR FINE AND “EXTRA-FINE” FLAVOURS AND AROMAS IN THEOBROMA CACAO	138
Albertus Eskes	
Carlos A.C. Rodriguez, Dario Ahnert, David Condori, Fransisco Durão Costa, Alexandre Parizel	
Ex- CIRAD and Bioversity International	
THE COCOA OF EXCELLENCE PROGRAMME: CELEBRATING HIGH QUALITY COCOA PRODUCTION AND DIVERSITY OF FLAVOURS AROUND THE WORLD – KEY LESSONS LEARNT FROM 5 EDITIONS SINCE ITS LAUNCH IN 2008.....	141
Ines Drouault	
Brigitte Laliberté	
Bioversity International	
DOES AROMA COMPOSITION ALLOW TO DISCRIMINATE GROUPS OF DARK CHOCOLATES CATEGORIZED ON THE BASIS OF THEIR ORGANOLEPTIC PROPERTIES? INPUTS OF DIRECT-INJECTION MASS SPECTROMETRY (PTR-TOF-MS) AND GC-OLFAC	144
Zoé Deuscher	
Isabelle Andriot, Karine Gourrat, Etienne Sémon	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) UMR 95 QUALISUD et Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA)	

EVIDENCE FOR APPLYING THE CONCEPT OF “TERROIR” IN COCOA (THEOBROMA CACAO L.) FLAVOUR AND QUALITY ATTRIBUTES	146
Darin Sukha	
Pathmanathan Umaharan, David R. Butler	
Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC-UWI)	
CREANDO SISTEMAS INCLUSIVAS Y PRÁCTICOS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO.....	148
Cristina Liberati	
Zara Elizabeth Saavedra Gómez, José David Contreras Monjarás, Martin Eduardo Domínguez Vances	
Equal Exchange	
COCOA QUALITY EVALUATION: LESSONS FROM SOCIAL SCIENCE AND PRODUCER- CENTRIC APPROACHES	150
Carla Martin	
Harvard University; Fine Cacao and Chocolate Institute (FCCI)	
THEMATIC 6: CADMIUM – CONTAMINANT – FOOD SAFETY	153
EFFECT OF AGROFORESTRY AND MONOCULTURE SYSTEMS ON CADMIUM AVAILABILITY AND UPTAKE.....	153
Anja Gramlich	
Susan Tandy, Christian Andres, Jaime Chincheros	
Institute of Terrestrial Ecosystems, Swiss Federal Institute of Technology	
MINERAL OIL HYDROCARBONS (MOSH/MOAH) IN COCOA AND COCOA PRODUCTS AND POSSIBLE MINIMIZATION STRATEGIES.....	155
Michael Granvogl	
Food Chemistry Institute (LCI) of the Association of the German Confectionery Industry (BDSI)	
MITIGATION OF CADMIUM BIOACCUMULATION IN CACAO THROUGH SOIL REMEDIATION	157
Gideon Ramtahal	
Gideon Ramtahal Pathmanathan Umaharan Anand Hanuman Carisa Davis	
Cocoa Research Centre (CRC), The University of the West Indies	
THE GENETIC VARIATION OF CADMIUM (CD) UPTAKE AND BIOACCUMULATION IN THEOBROMA CACAO L.....	158
Caleb Lewis	
Dr. Adrian Lennon, Dr. Gaius Eudoxie, Prof. Pathmanathan Umaharan	
University of the West Indies (UWI)	
CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS CULTIVABLES TOLERANTES A CADMIO PRESENTES EN SUELOS CACAOTEROS EN CUNDINAMARCA-COLOMBIA	160
Jeimmy Cáceres Zambrano	
Esperanza Torres Rojas	
Universidad Nacional de Colombia-Bogotá	

“COCOASAFE”: CAPACITY BUILDING AND KNOWLEDGE SHARING IN SPS IN COCOA IN SOUTH EAST ASIA AND THE PASIFIC	163
Jayne Crozier	
S.S. Sastroutomo, J.C.K. Ngim, A.W., Susilo	
CABI	
SUPPORTING ENTREPRENEURSHIP AND DEVELOPMENT WITHIN THE FINE/FLAVOUR SECTOR USING SCIENCE TECHNOLOGY AND INNOVATION: THE CASE OF THE INTERNATIONAL FINE COCOA INNOVATION CENTRE	166
Path Umaharan	
Darin Sukha, Naailah Ali, Annelle Holder, Lambert Motilal, Frances Bekele and Karen Lee Lum	
The Cocoa Research Centre, The University of the West Indies, (CRC-UWI)	
ANALYSIS OF THE SUSTAINABLE COCOA PRODUCTION PROGRAM (SCPP) AND ITS IMPACT ON FARM-LEVEL QUALITY AND PRODUCTIVITY IN SOUTHEAST SULAWESI, INDONESIA	168
Ingrid Fromm	
Noémie Schaad, Manfred Borer	
Bern University of Applied Sciences	
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA CONGELADA DE CACAO EMPLEANDO UN SISTEMA DE COLECTA SEMIAUTOMÁTICO: CASO DE ESTUDIO “COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL Y DE SERVICIOS DEL	170
David Lujan Tantarico	
Mariana Solís Visscher	
Centro Innovación del Cacao (CIC)	
WHAT WORKS? A REVIEW OF THE CONTRIBUTION ACADEMIC KNOWLEDGE CAN MAKE TO BUILDING A STRONGER AND MORE RESILIENT COCOA ECONOMY	172
Amanda Berlan	
Leicester Castle Business School, De Montfort University	
CONSTRAINTS TO YOUTH INVOLVEMENT IN COCOA PRODUCTION IN NIGERIA	174
Olusoji Oduwole	
B.S. Famuyiwa, S Adebisi	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
EXPANDING FAIRTRADE COCOA CERTIFICATION IN GHANA AND CÔTE D'IVOIRE: OPPORTUNITIES, CHALLENGES AND THE WAY FORWARD.....	176
Divine Foundjem-Tita	
Dr. Jason Donovan, Dr. Dietmar Stoian, Dr. Anne Degrande	
World Agroforestry Centre (ICRAF)	
THE FUTURE OF CACAO RESEARCH: SYSTEMS SCIENCE IN SUPPORT OF CACAO FARMERS	178
Mark Gultinan	
The Pennsylvania State University (PSU)	
IMPACT EVALUATION OF DIFFERENT SAVINGS ACCOUNTS ON INCOME SMOOTHING AND ACCESS TO CREDIT: THE CASE OF COCOA FARMERS IN GHANA.....	179
Diana Kos	
Wageningen University	

KNOWLEDGE GAP, SMALL FARMS AND INSECURE LAND TENURE LIMIT THE ADOPTION OF RESEARCH-BASED RECOMMENDATIONS FOR COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS DISEASE CONTROL.....	182
Christian Andres	
Raphael Hoerler, Robert Home, Jonas Jörin, Henry K. Dzahini-Obiatey, Wilma J. Blaser, Andreas Gattinger, Samuel K. Offei, Johan Six	
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Department of International Cooperation	
HELPING COCOA FARMERS TO HELP THEMSELVES: AN OVERVIEW OF EXTENSION METHODS AND HOW TO CHOOSE THE BEST ONES	184
Eric Boa	
Sarath Prembakura, Joseph Kakule	
Institute of Biological and Environmental Sciences, University of Aberdeen	
LABOUR AS A CONSTRAINT TO TECHNOLOGY ADOPTION: UNDERSTANDING THE ROLE OF FARMER HEALTH.....	186
David Guest	
MM Walton, JK Konam, N. Nuryartono, G Vinning	
The University of Sydney	
DEMYSTIFYING THE COCOA SECTOR	188
Anna Laven	
Roger Bymolt, Marcelo Tyzler, Cedric Steijn, Friedel-Huetz Adams, Francois Ruf	
Royal Tropical Institute (KIT)	
IMPACTS OF COCOA SUSTAINABILITY INITIATIVES IN WEST AFRICA	190
Verina Ingram	
Wagenignen UR	
INTENSIFICATION OF COCOA IN THE PERUVIAN AMAZON: GENDER RELATIONS AND OPTIONS FOR DEEPER ENGAGEMENT BY WOMEN	193
Trent Blare	
Jason Donovan	
World Agroforestry Centre (ICRAF)	
FROM LABOUR DEMAND TO BUSINESS PROSPECTS FOR RURAL YOUTH: A STUDY IN THE FANTEAKWA DISTRICT OF GHANA	195
Frederick Amon-Armah	
Nana Akua Anyidoho, Sander Muilerman	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	

POSTER/POSTER SLAM 197

THEMATIC 1: GENETICS AND BREEDING 198

DIGITAL DATA CAPTURE IN COCOA BREEDING: A PRACTICAL BARCODE-BASED SYSTEM 198

Christopher Turnbull

M. End, G. Lockwood, E. Nsiah, H. Okai, CRIG, Ghana

School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading

GENETIC DIVERSITY AND GENETIC STRUCTURE OF A WILD CACAO POPULATION USING SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS.....201

Antoinette Sankar

Pathmanathan Umaharan

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC, UWI)

EXPERIMENTAL COCOA CULTIVATIONS SYSTEMS IN CAMEROON: AGRONOMICAL AND ECONOMICAL PERFORMANCES ASSESSMENT 203

Olivier Sounigo

L. Feumba de Tchoua, H.T. Ngnogue, R. Mekondane, F. Nsougua, D. Abolo, I.B. Efombagn, R. Bourgoing

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

THE ROLE OF LIGHT INTERCEPTION IN PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF COCOA NOVEL CROPPING SYSTEMS 206

Rany Susanti

Prof Paul Hadley, Dr. Andrew Daymond

Mars, Incorporated

ADOPTING REFERENCE GENOTYPES TO IDENTIFY OFF-TYPES IN CACAO COLLECTIONS 208

Christopher Turnbull

A.J. Daymond, O. Gutierrez, P. Hadley, D. Livingstone, J.C. Motamayor, W. Phillips, P. Umaharan

School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading

IDENTIFICATION OF A CORE SNP PANEL FOR CACAO IDENTITY AND POPULATION ANALYSIS 211

Lambert Motilal

Amrita Mahabir, David Gopaulchan, Antoinette Sankar, Pathmanathan Umaharan

Cocoa Research Centre (CRC), The University of the West Indies (The UWI)

GENETIC QUALITY CONTROL OF CACAO SEED GARDENS OUTPUT IN COTE-D'IVOIRE USING SNP MARKERS..... 212

Desiré POKOU

Mathias Tahi, Brigitte Guiraud, Ranjana Bhattacharjee

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

THE COCOA GENOME HUB, AN INTEGRATED PLATFORM TO ACCESS THE CRIOLLO GENOME V2.....	214
Xavier Argout	
Guillaume Martin, Gaetan Droc	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
GENETIC ANALYSIS OF GUIANA CACAO (THEOBROMA CACAO L.) FAMILIES FOR BLACK POD DISEASE RESISTANCE IN GHANA.....	216
Atta Ofori	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	
AN ASSESSMENT OF THE GENETIC DIVERSITY OF TRINITARIO CACAO USING SNP MARKERS	218
David Gopaulchan	
Lambert A. Motilal, Amrita Mahabir, Antoinette Sankar, Pathmanathan Umaharan	
Cocoa Research Centre (CRC)	
ASSESSING THE IMPACT OF SELF-INCOMPATIBILITY ON COCOA TREES IN CAMEROON	220
Olivier Sounigo	
M.C. Eyango, H.E. Ebaiarrey, N.N. Akongwni, I.B. Efombagn, C. Cilas, C. Lanaud	
Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
GENETIC IDENTITY AND DIVERSITY OF NIGERIAN CACAO GERMPLASM COLLECTIONS VERIFIED BY SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS (SNPS): A GUIDE TO FIELD GENE BANK MANAGEMENT AND UTILIZATION	221
Festus Olasupo	
Festus O. Olasupo, Daniel B. Adewale, Peter O. Aikpokpodion, Anna A. Muiyiwa, Ranjana Bhattacharjee, Osman A. Gutierrez, Juan Carlos Motamayor, Raymond J. Schnell, Sona Ebai and Dapeng Zhang	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN), Nigeria	
PARTICIPATORY MODEL OF SELECTION AND INSTALLATION OF A SEED GARDEN OF FINE CACAO (Theobroma cacao L.) "CACAO AMAZONAS PERÚ" IN THE AMAZON REGION (PERU)	223
Rosaura Laura Vila	
Lorenzo Delgado Llatas, Yunder Cuchilla Tapia, Rosaura Laura Vila	
Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO)	
NUEVAS COLECCIONES DE GERMOPLASMA DE CACAOS SILVESTRES Y DOMESTICADOS DEL PERÚ Y SUS IMPLICANCIAS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO	225
Enrique Arévalo-Gardini	
Dapeng Zhang, Juan Arevalo-Gardini, Abel Farfan- Pinedo, Virupax Baligar	
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)	
Nubia Martinez Guerrero	
Edith Moreno M.; Oscar M. Gavanzo C., Diannefair Duarte H., Edwin A Gutierrez R.	
Federacion Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO), Colombia	

ESTUDIOS DE RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y MEJORAMIENTO DEL CACAO EN UNAS-PERÚ: TRES DÉCADAS EN LA BÚSQUEDA Y DESARROLLO DE UNA VARIEDAD RESISTENTE	229
Rolando Ríos-Ruiz	
Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)	
CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET MOLECULAIRE DE VARIETES DE CACAOYER CULTIVEES DANS LE DEPARTEMENT DE LA GRANDE-ANSE A HAITI	231
Michel Boccara	
L.A. Motilal, P. Umaharan, P.Cernio, L.Jean Simon, R. Jeanniton	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
THEMATIC 2: AGRONOMIC OR CROP SYSTEMS.....	233
ACUMULACIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DEL CACAO (Theobroma cacao L.)	233
Edna Leiva-Rojas	
Universidad Nacional de Colombia	
CONSERVACION DE LA VIABILIDAD DE LA SEMILLA DE CACAO MEDIANTE DESECACION Y ALMACENAMIENTO EN FRIO	235
Luis Carrion	
Dawis Davila Alvarado	
Universidad Nacional Agraria de La Selva (UNAS)	
DINÁMICA ESTOMÁTICA EN CACAO (Theobroma cacao L.)	237
Claider Hernández-Taborda	
Edna Ivonne Leiva-Rojas, Ramiro Rámirez Pisco	
Universidad Nacional de Colombia	
LA SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) Y LA RESPIRACIÓN DEL SUELO EN COLOMBIA.....	239
Andrea Marín Márquez	
Andrea Marín Márquez, Edna Ivonne Leiva Rojas, Ramiro Ramirez Pisco	
Universidad Nacional de Colombia	
IMPORTANCIA DE LA HOJARASCA EN EL CULTIVO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.)	241
Miryen Mera Orozco	
Ramiro Ramírez Pisco, Edna Ivonne Leiva Rojas	
Universidad Nacional de Colombia (UNAL)	
MODELOS DE PREDICCIÓN DE FLUJO DE SAVIA EN ÁRBOLES DE CACAO BAJO DIFERENTES ARREGLOS AGROFORESTALES EN EL OCCIDENTE DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA	243
Juan Suárez Salazar	
Fernando Casanoves, Luz Marina Melgarejo, Julio A. Di Rienzo	
Universidad de la Amazonia	

INFLUENCE DE LA POLLINISATION SUR LE REMPLISSAGE DES CABOSSES DU CACAOYER.....	245
Fabienne Ribeyre	
C. Cilas, N. Motisi, Ph. De Reffye	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
BUSINESS SUSTAINABILITY & IMPROVED SOIL AND WATER MANAGEMENT PRACTICES IN COCOA PRODUCTION SYSTEMS	247
Lisette Phelan	
Dr. Amanda Berlan	
De Montfort University (DMU)	
DIVERSITE DES POLLINISATEURS DU CACAOYER AU CAMEROUN, AU PEROU ET AU COSTA RICA	249
Leïla BAGNY BEILHE	
Leïla Bagny Beilhe, Nadège Mezatio, Joseph Lebel Tamesse	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)/ Institut de Recherche pour le Développement (IRAD)	
TRADITIONAL CACAO AGROFORESTRY IN CENTRAL AFRICA CAN PROVIDE BOTH RESPECTABLE YIELDS AND LEVELS OF ECOSYSTEM SERVICES	251
Stephane Saj	
Patrick Jagoret	
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS CON POTENCIAL PARA DEGRADAR CELULOSA, FIJAR NITRÓGENO Y SOLUBILIZAR FOSFATOS EN UN SUELO CACAOTERO DEL MUNICIPIO DE YACOPÍ (CUNDINAMARCA) COMO APOORTE AL MANEJO DE LA	254
Liliana Daza Gómez	
Julián Andrés Velasquez Carvajal, Esperanza Torres Rojas	
Universidad Nacional de Colombia	
SUPPLYING NEW COCOA (THEOBROMA CACAO L.) PLANTING MATERIAL TO FARMERS: A REVIEW OF CACAO PROPAGATION METHODOLOGIES	256
Stephan Weise	
Augusto Roberto Sena Gomes, George Andrade Sodré, Mark Gultinan, Siela Maximova, Rob Lockwood, Michelle End, Brigitte Laliberté	
Bioversity International	
USE OF CHELATING AGENTS TO MODIFY CACAO ROOTS FOR ENHANCED NUTRIENT ABSORPTION	259
Ian Marc Cabugsa	
Travis Idol, H C Bittenbender	
Ateneo de Davao University (AdDU)	
EVALUATION OF COCOA IN FRUIT TREE SPECIES' SHADE SYSTEM IN GHANA	261
Michael Opoku-Agyemam	
Dr. Gilbert John Anim-Kwapong, Frank Owusu Ansah	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	

A POSSIBLE ROLE OF POTASSIUM IN MEDIATING CACAO SEEDLING RESPONSES TO SOIL WATER STRESS	264
Esther Djan	
Samuel T. Lowor, Jerome Dogbatse, Frank Owusu-Ansah, Francis K. Padi	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	
MEDIA AND COMPOST MIXTURES EFFECTS ON GROWTH OF COCOA SEEDLINGS IN GHANA	267
AMOS QUAYE	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	
PARTICIPATORY DESIGN OF COCOA-BASED AGROFORESTRY SYSTEMS – A METHODOLOGICAL APPROACH IN THE DOMINICAN REPUBLIC	269
Martin Notaro	
Marianne Martinet, Richard Vaca, Catherine Schloeggel, Pierre Costet, Christian Gary, France Olivier Deheuvels	
Agricultural Research Centre for International Development (CIRAD)	
USING INTEGRATED PLANT NUTRIENT MANAGEMENT STRATEGY FOR SUSTAINABLE AND COMPETITIVE COCOA PRODUCTION IN GHANA	271
Alex Afrifa	
J. A. Dogbatse, A. Arthur	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	
COCOA-BASED AGROFORESTRY VS FALLOW: WHAT OPTION FOR SOIL QUALITY REGENERATION IN THE PERUVIAN AMAZON?	273
Olivier Deheuvels	
Stéphane Saj, Guillaume Xavier Rousseau, Jean Valverde, Valentina Robiglio	
Agricultural Research Centre for International Development (CIRAD)	
AGROFORESTRY SOLUTIONS TO ADAPT COCOA SYSTEMS TO CLIMATE CHANGE IN CENTRAL AMERICA	275
Maarten van Zonneveld	
Kauê de Sousa, Roeland Kindt, Milena Holmgren, Jenny Ordoñez	
Bioversity International	
THEMATIC 3: PESTS AND DISEASES	278
INVENTORY AND DISTRIBUTION OF SPECIES OF PEST AND EPIPHYTIC PLANTS OF COCOA IN CÔTE D'IVOIRE.....	278
Romain Aka	
Danho F.R. Neuba, Klotioloma Coulibaly, Kouamé François N'Guessan, Ismaël B. Kebe	
Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)	
ANALYSE DE LA RELATION DEGATS DOMMAGE ENTRE MIRIDE ET CACAOYER.....	280
Leïla Bagny Beilhe	
Franklin Ketchiemo Tounkam, Nicolas Niemenak	
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)	

EVOLUTION DE PHYTOPHTHORA MEGAKARYA : UNE MENACE POTENTIELLE POUR LA PRODUCTION CACAOYERE DE LA COTE D'IVOIRE	282
Klotioloma Coulibaly	
I.B. Kébé, E. Kassin, A.A. Romain, M.G. Tahi, W.P. N'Guessan, S.B. Guiraud, M. Assi, B. Koné, D. Koné, K.F. N'Guessan	
Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)	
PATOGENICIDAD DE Moniliophthora roreri EN FRUTOS DE CACAO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.....	284
Enrique Arévalo-Gardini	
Leon-Ttacca Betsabe	
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)	
EFFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS Y TRICHODERMA SP. BAJO CONDICIONES DE ANEGAMIENTO Y SEQUÍA EN CUATRO GENOTIPOS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.)	286
Enrique Arévalo-Gardini	
Erick Trigozo-Bartra, Delmar Arbey Olivera-Cayotopa, ,José Jaime Cayotopa- Torres,João de Cássia-Bomfim	
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)	
COMPORTAMIENTO DE LOS CLONES DE CACAO DE LA COLECCIÓN DEL ICT FRENTE A MONILIOPHTHORA RORERI EN TARAPOTO, PERU	288
Enrique Arévalo-Gardini	
Gina Paola Sanchez-Torres, Dapeng, Zhang, Lyndel, Meinhardt, Virupax Baligar	
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)	
SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) DE ALTO RENDIMIENTO Y CON TOLERANCIA A LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO EN EL ECUADOR	290
Ignacio Sotomayor	
Omar Miguel Tarqui Freire	
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)	
IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON TIMING AND FREQUENCY OF FUNGICIDE APPLICATION FOR THE CONTROL OF PHYTOPHTHORA POD ROT OF CACAO IN NIGERIA	292
Sunday Agbeniyi	
Dr Dele Adeniyi, Mr Tunde Ogundeji	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
REASSESSMENT OF THE TEMPORAL DISTRIBUTION AND DAMAGE OF BATHYCOELIA THALASSINA (HERRICH-SCHAEFFER) ON COCOA IN GHANA	294
Godfred Awudzi	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	

FLORISTIC COMPOSITION OF THE COCOA FARMS INFECTED WITH THE COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS (CSSV) IN THE MARAHOUE REGION IN THE WEST CENTRAL OF CÔTE D'IVOIRE	296
Romain AKA	
Bi Tra Aimé Vroh, Kouakou Koffié, Pierre N'Guessan Walet, Klotioloma Coulibaly, Emmanuel Koffi Kassin, Evelyne Assi, Mathias Tahi Gnion, Brigitte Guiraud, Alexis Assiri, François N'guessan Kouamé, Ismaël Kébé Boubacar, Nazaire Kouassi	
Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)	
SAFE MOVEMENT OF COCOA GERMPLASM.....	298
Andrew Daymond	
M.J. End, C.J. Turnbull, A.C. Wetten, P. Hadley	
University of Reading (UoR)	
MOLECULAR DIVERSITY OF CACAO SWOLLEN SHOOT VIRUS IN NIGERIA	300
Lelia Dongo	
Nomatter Chingandu, Judith K. Brown	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
CHARACTERIZATION OF PHYTOPHTHORA, ETIOLOGICAL AGENT OF COCOA BLACK POD DISEASE IN CUBA AND FRENCH GUIANA.....	303
Yurelkys Fernández Maura	
University of Guantánamo	
THE IMPACT OF TRICHODERMA ASPERELLUM SOIL TREATMENTS ON PHYTOPHTHORA MEGAKARYA, THE CAUSAL AGENT OF BLACK POD ROT OF CACAO IN CAMEROON.....	305
Gerben ten Hoopen	
M. Ndoungue, S. Petchayo Tigang, Z. Techou, C. Nembot, D. Fontem	
Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)	
MODELLING THE TEMPORAL EVOLUTION OF COCOA BLACK POD DISEASE CAUSED BY PHYTHOPHTHORA MEGAKARYA.....	307
Christian Nembot	
Patrice Takam, Ambang Zachée	
Faculty of Science University of Yaoundé 1, Cameroon - CIRAD, France	
VARIABLE DETECTION POTENTIAL OF SOME NEWLY DESIGNED PCR PRIMERS ON GHANAIAN CSSV ISOLATES	309
George Ameyaw	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	
INFECTIVITY OF CLONED CSSV-ASSOCIATED BADNAVIRAL GENOMES IN NICOTIANA BENTHAMIANA AND T. CACAO SEEDLINGS.....	312
Judith Brown	
N. Chingandu, O.A. Gutierrez	
University of Arizona (UA)	

RAPID AND COST EFFECTIVE ‘ON-SITE’ DETECTION OF CACAO SWOLLEN-SHOOT VIRUS (CSSV)	315
Jacqueline Barnett	
JM.Barnett, R.Luxton, J.Kiely, V.Mfegue, E.Budansky, M.Gilmour, J.Allainguillaume	
University of the West of England (UWE)	
BIOASSAY-GUIDED SEARCH FOR CACAO DEFENSE METABOLITES AGAINST <i>Phytophthora</i> spp.....	317
Benjamin Knollenberg	
Siela Maximova, Mark Gultinan	
Pennsylvania State University(PSU)	
MONITORING PEST AND DISEASES UNDER DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS IN A LONG-TERM TRIAL IN BOLIVIA.....	319
Laura Armengot	
Joachim Milz, Judith Riedel, Monika Schneider	
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)	
ACTUALISATION DES DONNEES DE PERTES DE RECOLTE DUES A LA POURRITURE BRUNE DES CABOSSES DANS LE VERGER CACAOYER DE COTE D’IVOIRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE	322
Klotioloma Coulibaly	
I.B. Kébé, A.A. Romain, J. Mpika, E. Kassin, M.G. Tahi, W.P. N’Guessan, S.B. Guiraud, M. Assi, B. Koné, D. Koné, K.F. N’Guessan	
Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)	
THEMATIC 4: CLIMATE CHANGE.....	324
CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL CACAO EN BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO (bh-PM) Y BOSQUE HÚMEDO TROPICAL (bh-T) INFLUENCIADO POR EL FENÓMENO DEL NIÑO	324
Isabel Urueta Cortes	
Edna Ivonne Leiva-Rojas, Ramiro Ramirez Pisco	
Universidad Nacional de Colombia	
RECIPROCAL EFFECTS OF SOIL MOISTURE DYNAMICS AND LAND-USE SYSTEMS WITH CACAO IN ALTO BENI, BOLIVIA	326
Wiebke Niether	
Laura Armengot, Noah Adamtey, Monika Schneider, Gerhard Gerold	
University of Goettingen	
FERTIRIEGO EN EL CULTIVO DE CACAO ALTERNATIVA DE MITIGACION ANTE EL CAMBIO CLIMATICO PARA LA REGION UCAYALI.....	328
A. Camacho	
E. Olaya, V. Vargas	
Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)	

EFFECTO DEL DÉFICIT HÍDRICO EN LA FISIOLÓGÍA DEL CACAO EN COLOMBIA, SUR AMERICA	330
Martin Villa	
Universidad Nacional de Colombia	

THEMATIC 5: QUALITY, FLAVOUR, SENSORY EVALUATION AND POST HARVEST 331

PARTICLE SIZE MEASUREMENTS AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) OF COCOA PARTICLES REFINED/CONCHED BY CONICAL AND CYLINDRICAL ROLLER STONE MELANGERS	331

Juzhong Tan

University of Georgia

ADAPTATION DU PROCESSUS DE FERMENTATION AUX CONTRAINTES LOCALES: APPLICATION AU CACAO DU SAMBIRANO DE MADAGASCAR.....	333

Fabrice Davrieux

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le
Développement (CIRAD)

ÉVALUATION D'UNE POPULATION DE CACAOYERS DE MADAGASCAR POUR SES CARACTERES DE QUALITE	335

Philippe LACHENAUD

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le
Développement (CIRAD)

ASLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PRESENTES DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE THEOBROMA CACAO L. "CHUNCHO" TIPO "CÁSCARA DE HUEVO"	338

Liliane Salazar

Rosario Portales, Rosario Rojas, Jasmin Hurtado

Universidad Peruana Cayetano Heredia

EVALUACIÓN DEL USO DE RESIDUOS DE CACAO COMO FUENTE DE FIBRA DIETARIA PARA CONSUMO HUMANO	340

Luis Lopez-Giraldo

Arley René Villamizar-Jaimes, Luz Miriam Florez, Monica Janeth

Universidad Industrial De Santander

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE UTILIZANDO SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE CACAO Y SU MONITOREO REMOTO A TRAVÉS DE WEB.....	342

William Ipanaqué Alama

César Iván Belupú Amaya, José Miguel Castillo Ramos, José Manrique Silupú

Universidad De Piura (UDEP)

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ACERO INOXIDABLE PARA EVALUAR EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE GRANOS DE CACAO	344

William Ipanaqué Alama

José Castillo, Iván Belupú, José Manrique

Universidad De Piura (UDEP)

CACAO FINO Y DE AROMA: UNA ALTERNATIVA PARA LA AGROEXPORTACION	346
V. Vargas	
M. Vásquez	
Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)	
COMPARISON OF THE DRYING BEHAVIOR OF FERMENTED COCOA (THEOBROMA CACAO L.) BEANS DRIED IN A COCOA HOUSE, GREENHOUSE AND MECHANICAL OVEN	349
Saheeda Mujaffar	
The University of the West Indies	
STATUS OF OCHRATOXIN A IN SEEMINGLY HEALTHY STORED COCOA BEANS SAMPLED ACROSS HARVEST SEASONS IN SOUTHWEST NIGERIA	351
Oluwaseun Kolawole	
Rukayat Adenike Salawu	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
SENSORY AND GC-O ANALYSES OF COCOA AND CHOCOLATE ALONG THE COCOA PRODUCTION CHAIN	353
Stephanie Nottelmann	
B. Bisping, D. Kadow, Ch. Krabbe, A. Krähmer, S. Rohn, B. Rudolph, F. Tietz, K. Zug, F. Sobotta, C. v. Wallbrunn, K. Riehn	
Department Nutrition & Home Economics, Faculty of Life Sciences, Hamburg University of Applied Sciences, (HAW)	
FUNGAL AND BACTERIAL METABOLITES CONTAMINATION OF COCOA BEANS IN THREE AGRO ECOLOGICAL ZONES OF NIGERIA.....	355
Shamsideen Aroyeun	
Cocoa Resaerch Institute Of Nigeria (CRIN)	
AN ASSESSMENT OF THE EFFECT OF CINNAMON SPICE ON COCOA NIBS (THEOBROMA CACAO L.) - AN APPROACH TO CHANGE FLAVOR IN STORED ROASTED COCOA NIBS.....	357
Matthew Escalante	
Gerrit Meerdink, Pathmanathan Umaharan	
Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC-UWI)	
THE VARIETAL EFFECT ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF CACAO (THEOBROMA CACAO L.) PULP	359
Rena Kalloo	
Cocoa Research Centre	
THE IMPACT OF POLLEN DONOR ON FLAVOR IN COCOA (THEOBROMA CACAO L.)	361
Darin Sukha	
Cocoa Research Centre, The University of the West Indies	
CHEMICAL STUDY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PIURA´S WHITE COCOA	363
Jesús Blancas Cortez	
Otilia Acha de la Cruz, Ingrid Elida Collantes Diaz, Nadia Rodriguez Hamamura	
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)	

THEMATIC 6: CADMIUM – CONTAMINANT – FOOD SAFETY 365

METALES PESADOS EN SUELOS, HOJAS Y GRANOS DE ZONAS
CACAOTERAS DEL PERU..... 365

Cesar Arévalo-Hernández

Enrique Arévalo-Gardini, Abel Farfán Pinedo,. Virupax Baligar

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

EFFECTO DE LA INOCULACION DE CEPAS DE ACTINOMICETOS EN
LA ACUMULACION DE CADMIO EN PLANTAS DE THEOBROMA CACAO L..... 366

Andrea Revoredo

Jasmin Hurtado

Universidad Peruana Cayetano Heredia

ACUMULACIÓN DE CADMIO EN SEIS GENOTIPOS DE CACAO
UTILIZADOS COMO PATRÓN 368

Jimmy Chupillon Cubas

Cesar Arévalo-Hernández, Enrique Oswaldo Arévalo-Gardini, Abel Farfán Pinedo,
Virupax Baligar, Zhenli He

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Santiago Pastor Soplin

Universidad Científica del Sur

THEMATIC 7: MARKETING, SOCIO-ECONOMICS AND TECHNOLOGY/INNOVATION ADOPTION/TRANSFER 372

THE ROLE OF COCOA CULTIVATION IN THE LIVELIHOOD STRATEGIES,
SOCIO-ECONOMIC CHARACTERISTICS AND THE LIVING CONDITIONS
OF COCOA FARMERS: EVIDENCE FROM GHANA..... 372

Mercy Assamoah

Frank Owusu-Ansah, Dickson Agyapong

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

A DIFFERENT APPROACH TO COMMUNICATING PLANT HEALTH MESSAGES:
THE CASE FOR COCOA IN GHANA..... 374

Jayne Crozier

P.K Beseh, C. Gaitu

CABI

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES-ICT, AVANCES TECNOLÓGICOS
Y SOLUCIONES EFECTIVAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD
DE CACAO Y MINIMIZAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERÚ 376

Enrique Arévalo-Gardini

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

ANÁLISIS DE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CACAO
EN NILO Y YACOPÍ (CUNDINAMARCA COLOMBIA)..... 379

Juan Barrientos Fuentes

Wilmer Andrés Gómez Guerrero

Universidad Nacional de Colombia

DETERMINANTES DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CACAO EN LAS REGIONES DE SAN MARTÍN, HUÁNUCO Y UCAYALI EN PERÚ	381
Jose Iturrios Padilla	
Javier Alvarado	
Alianza Cacao Perú	
FARMERS KNOWLEDGE ATTITUDE AND PRACTICE ON COCOA CERTIFICATION IN SOUTHWEST NIGERIA	384
Solomon Famuyiwa	
B. S. Famuyiwa, S. O. Aroyenu, E. A. Adeyemi, M. A. Okeniyi, E. A. Agbongiarhouyi, A. T.Yahaya	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
COCOA PRODUCTION AND PROCESSING TECHNOLOGY TRANSFER (CPPTT) IN NIGERIA: ISSUES AND CHALLENGES.....	385
Solomon Famuyiwa	
B. S. Famuyiwa, S. O. Aroyeun, O. Olubamiwa	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
FACTORS INFLUENCING THE USE OF LABOUR SAVING TECHNOLOGIES ON COCOA FARMS IN NIGERIA	387
Justina Lawal	
Dr. O.O. Oduwole, Dr. B.S. Famuyiwa	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
FARMERS' KNOWLEDGE, UTILIZATION AND PERCEPTIONS OF CRIG RECOMMENDED TECHNOLOGIES AND GOVERNMENT POLICIES TO ENHANCE COCOA PRODUCTIVITY	389
Mercy Assamoah	
Frank Owusu-Ansah, Frederick Amon-Armah, Prince F. Brannor, Ofori Samuel, Comfort Ofosua Darkwa	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	
VERS L'EMERGENCE D'UNE FILIERE CACAO D'EXCELLENCE EN MARTINIQUE.....	391
Sandra Adenet	
Françoise Regina, Dominique Rogers	
Pôle Agroalimentaire Régional de Martinique (PARM)	
MARKET LED TECHNOLOGY ADOPTION IN SOLOMON ISLANDS	393
David Guest	
Andrew Sale, Moses Pelomo, Grant Vinning	
The University of Sydney	
DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT FRAMEWORK FOR THE REHABILITATION AND SUSTAINABLE INTENSIFICATION OF COCOA PRODUCTION ON SMALL HOLDER FARMS.....	395
Nicholas Cryer	
Eamon Haughey, Edmund Omane, Edward Kumah, Nimogon Guy-Abel Silue, Sarah Boyd	
Mondelēz International	

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A GLOBAL COLLABORATIVE FRAMEWORK ON CACAO GENETIC RESOURCES RESEARCH: INCENTIVES, CONSTRAINTS AND INSTITUTIONAL STRUCTURES	397
Selim Louafi	
Andrew Meter, Brigitte Laliberté, Viviana Medina	
Centre International de Recherche Agronomie pour le Developpement (CIRAD)	
DEFINING A LIVING INCOME: LEARNINGS FROM DATA COLLECTIONS IN GHANA AND CÔTE D'IVOIRE.....	398
Friedel Hütz-Adams	
Anna Laven, Roger Bymolt, Marcello Tyzler	
SUDWIND-Institute	
SHOCKS AND FACTORS INFLUENCING WELFARE AMONG COCOA FARMING HOUSEHOLDS IN CROSS-RIVERS STATE, NIGERIA	401
Justina Lawal	
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)	
A TYPOLOGY OF YOUNG COCOA FARMERS IN GHANA - ATTITUDES, MOTIVATION AND ASPIRATIONS	403
Frederick Amon-Armah	
Alvin Amoah, Nana Akua Anyidoho	
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	
COCOANEXT - THE NEXUS OF TECHNOLOGY FOR COCOA RESEARCH DISSEMINATION AND SHARING	405
Antoinette Sankar	
Pathmanathan Umaharan	
Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC, The UWI)	
CHOCOLATE REVOLUTION	407
Nicolas Porchet	
Carole Nordmann	
Choba Choba AG and ACCC (Asociación de Cacaoteros Choba Choba)	
THE INCOCOA WEBSITE AND VIRTUAL LIBRARY: IMPROVING INFORMATION SHARING WITHIN THE COCOA RESEARCH COMMUNITY	410
Michelle End	
Dr. Chris J. Turnbull	
INCOCOA/COCOA RESEARCH ASSOCIATION LTD	
SCALING PATHWAYS FOR A CLIMATE SMART COCOA SECTOR.....	413
Christian Bunn	
Mark Lundy, Richard Asare, Stephanie Daniels, Laurence Jassogne, Peter Läderach, Armando Martinez, Sander Muilerman, Martin Noponen	
International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)	

COSTS AND TEMPORARY DISTRIBUTION OF INVESTMENT FOR THE GENETIC IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT OF A VARIETY CLONAL COCOA (THEOBROMA CACAO L.) HIGH PRODUCTIVITY	416

Teresa Casanova Mendoza

Freddy Amores Puyutaxi, Rey Loor Solórzano, Iván Garzón Catota, Ignacio Sotomayor
Herrera, Omar Tarqui Freire, Juan Carlos Jiménez, Gladys Rodríguez Zamora, Hilton
Guerrero Castillo

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

ORAL
PRESENTATIONS



PRÉSENTATIONS
ORALES



PRESENTACIONES
ORALES



THEMATIC 1: GENETICS AND BREEDING

EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL CACAO (THEOBROMA CACAO L.) NATIVO CHUNCHO EN LA CONVENCIÓN, CUSCO_PERÚ

Wilton Céspedes Del Pozo
Raúl Blas Sevillano, Dapeng Zang
UNSAAC/UNIQ

Resumen

El Perú, país mega diverso, por su riqueza biológica, cultural, étnica e histórica, reconocido como centro mundial de recursos genéticos, es estratégico para la seguridad alimentaria de sus pobladores (MINAM, 2010). El Ministerio de Agricultura (MINAG) declaró “Patrimonio Natural de la Nación al Cacao Peruano: Theobroma cacao L”, y creó el Registro Nacional de Cultivares de Cacao Peruano (RNCCP), según Resolución Ministerial No. 0144-2012-AG, publicada en el diario El Peruano el 20 de abril de 2012, señala que el Perú es uno de los principales centros de origen del cacao con una alta diversidad y variabilidad genética verificable en las diferentes poblaciones, razas nativas o ecotipos, que se ubican en diversas zonas del país, como son las razas “Cacao Chuncho”, “Porcelana de Piura”, y “Nacional del Perú” y que el Perú es el segundo productor mundial de cacao orgánico. El cacao Chuncho es nativo de la amazonia en la provincia de La Convención, Cusco-Perú, el nombre proviene del lugar, que está habitada por las etnias “Matsiguengas”, quienes probablemente hayan sido los que domesticaron esta planta (Bioversity, 2009). Para el conocimiento de la diversidad genética del cacao nativo Chuncho, fueron necesarios 51 descriptores agrobotánicos, utilizados en plantas seleccionadas de las parcelas de agricultores cacaoteros y para el establecimiento del germoplasma de cacao chuncho con 72 accesiones las cuales además de sus características agronómicas promisorias, se han identificado 35 perfiles sensoriales, atributos únicos del cacao fino de sabor y aroma. En un área de alrededor 250 km de la provincia de La Convención, Cusco-Perú, se colectaron 260 muestras de hojas de cacao Chuncho con el objetivo de conocer su variabilidad genética, utilizando 96 marcadores moleculares SNIPs, se realizó la extracción de ADN con el kit QIAamp y el kit de purificación QIAquick PCR. Para la cuantificación de ADN se utilizó el espectrofotómetro UV-Vis NanoDrop 2000, para el genotipado con los marcadores SNPs se utilizó el sistema FLUIDIGM EP1 TM con 96 marcadores SNPs acondicionado en una matriz digital. El análisis de la información demuestra que alrededor del 60 % de cacao Chuncho es 100% puro el resto son segregantes, la población de este material puro se agrupa en otro grupo genético al propuesto por Motamayor C. (2008), lo hallado permitirá establecer las base para la conservación y mejoramiento genético del cacao Chuncho.

Abstract

Peru is a megadiverse country due to its biological, cultural, ethnic and historical wealth. It has been recognized as a world center for genetic resources and it is strategic for the food security of its inhabitants (MINAM, 2010). The Ministry of Agriculture (MINAG) declared Peruvian cocoa (*Theobroma cacao* L.) as a natural patrimony of the nation. It created the National Registry of Peruvian Cocoa Growers (RNCCP) according to Ministerial Resolution No. 0144-2012-AG published in El Peruano newspaper on April 20, 2012. Peru is one of the main cocoa growing regions with a high diversity and a verifiable genetic variability of the various varieties, native races or ecotypes located in different areas of the country, such as Chuncho, Piura Porcelain and Peruvian National varieties. Peru is the second world producer of organic cocoa. The Chuncho cocoa variety is native to the Amazon in La Convencion province, Cusco, Peru. It was locally named by the Matsiguengas ethnic groups, who probably domesticated this plant (Bioversity, 2009). For further knowledge on the genetic diversity of the native Chuncho cocoa variety, 51 agrobotanical descriptors were used in selected plants of cocoa farms. Also, for the establishment of the Chuncho cocoa germplasm 72 accessions were made. In addition to their promising agronomic characteristics, 35 sensory profiles were identified. These are unique features in terms of fine flavor and aroma. In an area of about 250 km in La Convencion province in Cusco, 260

samples of Chuncho cocoa leaves were collected with the purpose of knowing their genetic variability by using 96 SNP molecular markers. DNA was extracted with the QIAamp kit and the QIAquick PCR purification kit. For DNA quantification, a UV-Vis NanoDrop 2000 spectrophotometer was used. For the genotyping with SNP markers, the FLUIDIGM EP1 TM system with 96 SNP markers was used in a digital matrix. The analysis of the information shows that around 60% of Chuncho cocoa is 100% pure and the rest is segregant material. This pure material is part of another genetic group besides the one proposed by Motamayor C. (2008). The findings will allow establishing the basis for the conservation and genetic improvement of the Chuncho cocoa variety.

Résumé

Le Pérou, un pays mégadivers par sa richesse biologique, culturelle, ethnique et historique, reconnu comme centre mondial de ressources génétiques, est stratégique en matière de sécurité alimentaire de sa population (MINAM, 2010). Le Ministère de l'agriculture (MINAG) a déclaré le cacao péruvien *Theobroma cacao* L. comme "patrimoine naturel de la nation", et a créé le Registre national des cultivars de cacao péruvien (RNCCP), par l'arrêté ministériel No. 0144-2012-AG publié au journal El Peruano le 20 avril 2012. Il est noté que le Pérou est un des centres principaux de l'origine du cacao caractérisé par une diversité et une variabilité génétique élevées, vérifiables dans les diverses populations, races natives ou écotypes, qui se trouvent dans les diverses zones du pays, comme c'est le cas des races "Cacao Chuncho", "Porcelana de Piura" et "Nationale du Pérou". Il est également signalé que le Pérou est le deuxième producteur mondial de cacao organique. Le cacao Chuncho est originaire de l'Amazonie, province de La Convention, Cuzco-Pérou. Le nom provient de cet endroit, habité par les ethnies "Matsiguengas", lesquelles probablement sont celles ayant domestiqué cette plante (Biodiversity, 2009). Pour l'étude de la diversité génétique du cacao Chuncho, 51 descripteurs agrobotaniques ont été nécessaires, provenant de plantes sélectionnées dans les fermes de cacaoculteurs, ainsi que pour l'établissement du germoplasme du cacao Chuncho avec 72 adhésions, lesquelles, outre leurs caractéristiques agronomiques prometteuses, 35 profils sensoriels ont été identifiés avec leurs attributs uniques du cacao fin du point de vue de son goût et son arôme. Dans une surface d'environ 250 km² dans la province de La Convention, Cuzco-Pérou, 260 échantillons de feuilles de cacao Chuncho ont été recueillis en vue de connaître sa variabilité génétique en utilisant 96 marqueurs moléculaires SNP. L'extraction de l'ADN a été effectuée avec le kit QIAamp et le kit de purification QIAquick PCR. Pour la quantification de l'ADN les chercheurs ont utilisé le spectrophotomètre UV-Vis NanoDrop 2000; pour établir le génotype avec les marqueurs SNP ils ont utilisé le système FLUIDIGM EP1 TM avec 96 marqueurs SNP conditionné sur une matrice numérique. L'analyse de l'information démontre que près de 60% du cacao Chuncho est 100% pur et le reste est composé de ségrégants. La population de ce matériel pur fait partie d'un autre groupe génétique différent de celui proposé par Motamayor C. (2008). Les découvertes permettront d'établir les bases pour la conservation et l'amélioration génétique du cacao Chuncho.

CACAO GENETIC RESOURCES - LEGAL AND POLICY ASPECTS OF GERMPLASM EXCHANGE (ACCESS AND BENEFIT SHARING)

Brigitte Laliberté
Michael Halewood
Bioversity International

Abstract

Conservation of cacao genetic resources and facilitated access and sharing of derived benefits are key issues in ensuring that genetic diversity contributes to the development of improved planting materials and addresses urgent priorities such as adaptation to climate change (particularly drought and high temperatures), pest and diseases and quality and diversity of flavours in cocoa production. The Global Strategy for the Conservation and Use of Cacao Genetic Resources published by CacaoNet in 2012 provides a framework to ensure that cacao diversity provides direct benefits to the millions of small-scale farmers around the world. There are only 2 international ex situ collections of cacao germplasm, maintained at CATIE in Costa Rica and the Cocoa Research Centre (CRC) in Trinidad and Tobago with materials available in the public domain to all bona fide users under the Article 15 of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (ITPGRFA). The accessions are distributed using the Standard Material Transfer Agreement (SMTA) of the ITPGRFA, which includes an Access and Benefit-Sharing (ABS) agreement. The International Cocoa Quarantine Centre at Reading (ICQC,R), UK ensures the safe movement of cacao germplasm between countries and regions. The rest of cacao genetic diversity is maintained in an estimated 35 national collections with over 24,000 accessions, in farmers' fields and in the wild, and is therefore outside the scope of the multilateral system of access and benefit sharing created by the ITPGRFA. As a result, access to those resources is subject to other applicable national laws including implementing the Nagoya Protocol for access and benefit sharing. Meanwhile the FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture (CGRFA) also has a mandate to consider international governance issues related to PGRFA. There is a lot of diversity in ex situ collections and in farmers' fields but their use in breeding is not optimized. And the lack of clear institutional legal and policy frameworks is an important constraint. This paper describes the options for enhancing the facilitated exchange of cacao germplasm for research and crop improvement, to enhance production and conservation. It analyses the current system, the constraints and most importantly the incentives for partners to facilitate access to germplasm for research collaboration and the sharing of the benefits in a clear and transparent manner. It proposes options and innovative approaches for stimulating the use of cacao genetic resources and ensure the involvement of decision-makers in formalizing agreements.

Résumé

La conservation des ressources génétiques du cacao et l'accès partagé des bénéfices dérivés sont des aspects clés pour garantir que la diversité génétique contribue au développement des matériaux de semences améliorés et qu'elle aborde des priorités urgentes telles que l'adaptation au changement climatique (notamment les périodes de sécheresse et de hautes températures), aux infestations et aux maladies, et à la qualité et la diversité de goûts dans la production du cacao. La Stratégie Globale pour la Conservation et l'Utilisation des Ressources Génétiques du Cacao, publiée par CacaoNet en 2012, fournit un cadre pour garantir que la diversité du cacao offre des bénéfices directs aux millions de petits agriculteurs du monde entier. Il n'existe que deux collections internationales ex situ de germoplasme de cacao, entretenues à CATIE, à Costa Rica, et le Centre de Recherche du Cacao (CRC) à Trinidad et Tobago avec des matériaux disponibles du domaine public pour tous les usagers fiables sous l'Article 15 du Traité International Sur les Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture (ITPGRFA par ses sigles en anglais). Les accessions sont distribuées en utilisant l'Accord Standard de Transfert de Matériel (SMTA par ses sigles en anglais) de l'ITPGRFA, qui inclut un accord d'Accession et de Distribution de Bénéfices (ABS par ses sigles en anglais). Le Centre International de Quarantaine du Cacao à Reading (ICQC, R), au Royaume-Uni, garantit le mouvement sûr entre des pays et des régions. Le reste de la diversité génétique du cacao se maintient dans 35 collections environ avec plus de 24,000 accessions dans des champs d'agriculteurs et dans la nature,

et se trouve par conséquent en dehors du système multilatéral d'accèsion et de distribution de bénéfices créé par l'ITPGRFA. Comme résultat, l'accès à ces ressources dépend d'autres lois nationales applicables, y compris la loi de mise en place du Protocole de Nagoya pour l'accèsion et la distribution de bénéfices. En attendant, la Commission de la FAO sur les Ressources Génétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture (CGRFA) a aussi le mandat de considérer de questions de gouvernance internationale reliées aux Ressources Phytogènes pour l'Alimentation et l'Agriculture (RFAA). Il existe une grande diversité dans les collections ex situ et dans les champs des agriculteurs, mais son utilisation dans la culture n'est pas optimisée. Qui plus est, le manque de cadres juridiques et politiques institutionnels clairs est une contrainte importante. Cet article décrit les options pour améliorer l'échange facilité de germoplasme du cacao pour la recherche et l'amélioration des cultures, afin d'améliorer la production et la conservation. Il analyse le système actuel, les limitations et, le plus important, les encouragements pour que les adhérents facilitent l'accès au germoplasme pour collaborer dans la recherche et partager les bénéfices de façon claire et transparente. Il propose des options et des approches novatrices pour stimuler l'utilisation de ressources génétiques du cacao et garantir la participation des responsables de la prise de décisions lors de la formalisation des accords.

Resumen

La conservación de los recursos genéticos del cacao y el acceso compartido de los beneficios derivados son aspectos clave para garantizar que la diversidad genética contribuya al desarrollo de materiales de siembra mejorados y aborde prioridades urgentes como la adaptación al cambio climático (particularmente sequías y altas temperaturas), plagas y enfermedades y calidad y diversidad de sabores en la producción de cacao. La Estrategia Global para la Conservación y el Uso de los Recursos Genéticos del Cacao, publicada por CacaoNet en 2012, proporciona un marco para garantizar que la diversidad de cacao proporcione beneficios directos a los millones de pequeños agricultores de todo el mundo. Solo hay 2 colecciones internacionales ex situ de germoplasma de cacao, mantenidas en CATIE en Costa Rica y el Centro de Investigación del Cacao (CRC) en Trinidad y Tobago con materiales disponibles en el dominio público para todos los usuarios fidedignos bajo el Artículo 15 del Tratado Internacional Sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (ITPGRFA por sus siglas en inglés). Las accesiones se distribuyen utilizando el Acuerdo Estándar de Transferencia de Material (SMTA por sus siglas en inglés) del ITPGRFA, que incluye un acuerdo de Acceso y Distribución de Beneficios (ABS por sus siglas en inglés). El Centro Internacional de Cuarentena del Cacao en Reading (ICQC, R), Reino Unido, garantiza el movimiento seguro del germoplasma de cacao entre países y regiones. El resto de la diversidad genética del cacao se mantiene en aproximadamente 35 colecciones nacionales con más de 24,000 accesiones, en campos de agricultores y en la naturaleza, y por lo tanto está fuera del alcance del sistema multilateral de acceso y distribución de beneficios creado por el ITPGRFA. Como resultado, el acceso a esos recursos está sujeto a otras leyes nacionales aplicables, incluida la implementación del Protocolo de Nagoya para el acceso y la distribución de beneficios. Mientras tanto, la Comisión de la FAO sobre Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (CGRFA) también tiene el mandato de considerar cuestiones de gobernanza internacional relacionadas con los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA). Existe una gran diversidad en las colecciones ex situ y en los campos de los agricultores, pero su uso en la cría no está optimizado. Y la falta de marcos jurídicos y políticos institucionales claros es una limitación importante. Este artículo describe las opciones para mejorar el intercambio facilitado de germoplasma de cacao para investigación y mejora de cultivos, para mejorar la producción y la conservación. Analiza el sistema actual, las limitaciones y, lo que es más importante, los incentivos para que los socios faciliten el acceso al germoplasma para colaborar en la investigación y compartir los beneficios de manera clara y transparente. Propone opciones y enfoques innovadores para estimular el uso de los recursos genéticos del cacao y garantizar la participación de los responsables de la toma de decisiones en la formalización de acuerdos.

SECOND CYCLE DE SELECTION RECURRENTTE DU CACAOYER (THEOBROMA CACAO L.) EN CÔTE D'IVOIRE : PARAMETRES GENETIQUES CHEZ LES DEUX POPULATIONS CONSTITUTIVES APRES TREIZE ANNEES D'OBSERVATION

Mathias Tah

I. C. Trebissou, S. B. Guiraud, F. Ribeyre, Ph. Lachenaud, N. D. Pokou, K. F. N'guessan, P. N. Walet, R. A. Aka, K. Coulibaly, B. I. Kébé, M. E. Assi, B. Koné, E. Kassin, C. Cilas

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Résumé

L'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire est basée sur un schéma de sélection récurrente et réciproque ayant comme critères de sélection, la production, le rapport production / vigueur, la résistance à *Phytophthora* et aux mirides, et la qualité technologique. Les deux populations de base sont constituées, d'une part de Forastero Haut-amazoniens (HA) et d'autre part de Forastero Bas-amazoniens (BA) et de Trinitario (T). Le programme est à son deuxième cycle de sélection. Le premier cycle a abouti à la sélection et à la diffusion de cinq croisements d'intérêt agronomique. Pour le second cycle, le choix des géniteurs a été réalisé par une sélection de type « individus/famille ». Les familles ont été sélectionnées sur leurs performances, mais aussi sur la base du comportement des géniteurs du premier cycle. Les individus, dans les familles retenues, ont été sélectionnés sur les mêmes critères que pour les familles, auxquels s'ajoutent deux autres, les dégâts cumulés de mirides et l'appréciation du sélectionneur. Dans chaque population, 40 géniteurs « améliorés » ont été choisis. Un factoriel incomplet 20 x 20 dans lequel, chaque géniteur a été croisé de manière déconnectée avec 4 autres, a ainsi été mis en place en 2000 à la Station de recherche de Divo, pour chaque population. Les arbres dans chaque essai ont été plantés suivant un dispositif en randomisation totale de parcelles mono arbre. Les caractères évalués sont la vigueur, la production, le poids d'une cabosse et le taux de cabosses pourries. Après treize années de collecte de données, les résultats sur les paramètres génétiques (pourcentages d'additivité, aptitudes à la combinaison, corrélations, héritabilités et gains génétiques) sont présentés et discutés. Dans les deux populations, les pourcentages d'additivité dans la variance génétique sont particulièrement élevés (78 à 90 %) pour le poids moyen d'une cabosse et relativement plus faibles (27 à 65 %) pour le rendement et le taux de cabosses pourries. Cela suggère des effets d'additivité importants pour la taille de la cabosse et des effets de dominance accrus pour les deux derniers caractères. Un index de sélection combinant les quatre critères est construit pour améliorer l'efficacité de la sélection. Les listes des croisements et individus prometteurs au sein de chaque population sont fournies pour un taux de sélection de 1 %, dans la perspective de mettre en place des parcelles de validation des performances agronomiques de nouveaux hybrides et clones.

Abstract

Cocoa genetic improvement in Côte d'Ivoire is based on a recurrent and reciprocal selection pattern based on selection criteria, production, production/vigor ratio, resistance to *Phytophthora* and mirids, and technological quality. Two basic populations are found - on the one hand of Forastero High-Amazonian (HA) and on the other hand Forastero Low-Amazonian (BA) and Trinitario (T). This program is currently undergoing its second cycle of selection. The first cycle resulted in the selection and dissemination of five breeds of agronomic interest. For the second cycle, the choice of parents was made by selecting individuals/families. The families were selected on their performances, but also on the basis of the behavior of the first cycle parents. The individuals in the selected families were selected on the same criteria as for the families, plus two additional criteria - accumulated damages of mirids and the judgement of the breeder. 40 "improved" parents were selected in each population. An incomplete 20x20 factorial in which each parent was crossed disconnected with 4 others, was thus set up in 2000 at the Divo Research Station, for each population. The trees in each trial were planted in a total randomization device of single tree plots. The traits evaluated are vigor, production, pod weight, and rotten pods. After thirteen years of data collection, results on genetic parameters (additivity percentages, combination abilities, correlations, heritabilities, and genetic gains) are presented and discussed. In both populations, percent additivity in genetic variance is particularly high

(78-90%) for average pod weight and relatively lower (27-65%) for yield and rate of rotten pods. The above suggests significant additivity effects for pod size and increased dominance effects for the last two characters. A selection index combining the four criteria is constructed to improve the efficiency of the selection. The lists of crosses and promising individuals within each population are provided for a selection rate of 1%, with a prospective task of setting up plots to validate the agronomic performance of new hybrids and clones.

Resumen

El mejoramiento genético del cacao en Costa de Marfil se basa en un patrón de selección recurrente y recíproco basado en criterios de selección, producción, la proporción de producción y vigor, la resistencia a la *Phytophthora* y a los móridos, y la calidad tecnológica. Se encuentran dos poblaciones básicas - por una parte el Forastero de la Alta Amazonía (HA) y, por otra parte el Forastero de la baja Amazonía (BA) y el Trinitario (T). Este programa se encuentra actualmente en su segundo ciclo de selección. La primera ronda resultó en la selección y difusión de las cinco variedades de interés agronómico. Para el segundo ciclo se eligieron los padres por individuos y familias. Se seleccionaron las familias con base no solo en su rendimiento, sino también sobre la base del comportamiento de los padres del primer ciclo. Los individuos de las familias seleccionadas fueron escogidos con base en los mismos criterios que las familias, más dos criterios adicionales - daños acumulados por móridos, y el criterio del encargado de los cruces. Se seleccionaron 40 padres "mejorados" fueron seleccionados en cada población. De este modo, se estableció en la Estación de Investigación Divo en el año 2000 una factorial incompleta de 20x20 en la cual se cruzó a cada padre desconectado con otros 4, para cada población. Se sembraron los árboles en cada ensayo en un dispositivo de aleatorización total de lotes de árboles. Se evaluaron características como vigor, producción, el peso de la mazorca, y las mazorcas podridas. Después de trece años de recolección de datos, se presentan y se discuten los resultados de los parámetros genéticos (porcentajes de adición, las capacidades de combinación, correlaciones, heredabilidad, y ganancias genéticas). En ambas poblaciones es particularmente alta la variabilidad genética (78-90%) para el peso promedio de las mazorcas, y relativamente más bajos (27-65%) para el rendimiento y la tasa de mazorcas podridas. Lo anterior sugiere unos efectos significativos en términos de aditividad para el aumento del tamaño de la mazorca y los efectos de dominancia para los dos últimos caracteres. Se construye así un índice de selección que combina los cuatro criterios con el fin de mejorar la eficiencia de la selección. Se proporcionan las listas de los cruces y los individuos prometedores dentro de cada población para una tasa de selección de 1%, con una tarea potencial de configuración de lotes para validar el comportamiento agronómico de nuevos híbridos y clones.

DEVELANDO LA ESTRUCTURA GENÉTICA Y PARENTESCO DE LAS SERIES CLONALES DE CACAO UF, CC, ARF Y PMCT CUSTODIADAS EN LA COLECCIÓN INTERNACIONAL DEL CATIE (IC3)

Adriana Arciniegas-Leal

Allan Mata-Quiros, Wilbert Phillips-Mora, Lyndel W. Meinhardt, Dapeng Zhang
CATIE

Resumen

La Colección Internacional de Cacao del CATIE fue creada en 1944 y conserva bajo el dominio público más de 1200 introducciones. Esta colección custodia 4 series de clones internacionales originadas en Costa Rica. Los clones UF fueron seleccionados por la United Fruit Co. a partir principalmente de materiales de tipo amelonado introducidos de Trinidad en 1913 y de tipo Nacional introducido de Ecuador en 1928. Los clones CC (Centro de Cacao) fueron seleccionados por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) entre 1957-1966. Son selecciones realizadas a partir de semillas de polinización abierta de clones UF o Matina y cruzamientos dirigidos que incluyen clones internacionales como EET-62, ICS-1, 6 y 39, Pound-12, SCA-6 y 12, etc. Los clones PMCT (Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales) son selecciones del CATIE realizadas entre 1989 y 1992 a partir de árboles éliticos de ensayos de campo y fincas de agricultores producto de cruzamientos entre clones internacionales. También incluye genotipos acriollados colectados en Nicaragua, Belice y Costa Rica. Los clones ARF (Area de Recursos Fitogenéticos) fueron colectados por el CATIE en 1992 en Panama, Belice, Honduras y Costa Rica. Además incluyen genotipos resistentes a mazorca negra seleccionados en ensayos interclonales del CATIE.

El estudio se realizó en el Sustainable Perennial Crops Laboratory (ARS-USDA) en Beltsville, MD. El objetivo fue analizar el parentesco y composición genética de 282 clones de cacao pertenecientes a las cuatro series mencionadas utilizando 48 marcadores SNP y 228 clones de referencia que representan la diversidad genética conocida de la especie. El grupo genético predominante en los clones fue el Amelonado con una presencia que varió entre el 44% (Serie ARF) y el 60% (Serie CC). Los grupos Nacional y Criollo tienen una presencia del 20 y 21% en la Serie UF, pero fue menor al 12% en las demás series. El grupo Contamana tuvo una importante presencia (8-13%) en las Series PMCT, ARF y CC debido al aporte que hace el SCA-6 y 12 en los cruzamientos. La presencia del 10% del grupo Iquitos en la Serie ARF se deriva de la participación del clon IMC-67 en algunos de los cruces que le dieron origen a estos clones. Los grupos genéticos Guyana, Curaray, Maraón y Purus tienen una escasa participación (d 4%) en la composición de las series analizadas excepto en los grupos ARF y PMCT en donde el 9% de su composición proviene de los grupos Purus y Nanay respectivamente.

Abstract

The International Cacao Collection of CATIE was created in 1944 and it holds more than 1.200 introductions under public domain. This collection holds four series of international clones originated in Costa Rica. The UF clones were selected by the United Fruit Co. mainly from Amelonado materials introduced from Trinidad in 1913 and from the National type, which were introduced from Ecuador in 1928. The CC (Cocoa Center) clones were selected by the Inter-American Institute of Agricultural Sciences (IICA) between 1957 and 1966. They are selections made from open pollination seeds of UF or Matina clones and directed crossings, which include international clones such as EET-62, ICS-1, 6 and 39, Pound-12, SCA-6 and 12, etc. TCIP (Tropical Crops Improvement Program) clones are selections made by CATIE between 1989 and 1992 from elite trees in field trials and producer farms. They are the product of crossings between international clones. It also includes domesticated genotypes collected in Nicaragua, Belize and Costa Rica. PRA (Phytogenetic Resources Area) clones were collected by CATIE in 1992 in Panama, Belize, Honduras and Costa Rica. They also include black pod resistant genotypes which were selected for CATIE interclonal trials.

The study was conducted at the Sustainable Perennial Crops Laboratory (ARS-USDA) in Beltsville, MD. The objective was to analyze the kinship and genetic composition of 282

cacao clones belonging to the four series mentioned before by using 48 SNP markers and 228 reference clones that represent the genetic diversity of the species. The predominant genetic group in the clones was Amelonado, with a presence that varied between 44% (PRA series) and 60% (CC series). The National and Criollo groups have a 20 and 21% presence respectively in the UF Series, but it was less than 12% in the other series. The Contamana group had a significant presence (8-13%) in the TCIP, PRA and CC series due to the contribution made by SCA-6 and 12 in the crossings. The 10% presence of the Iquitos group in the PRA series is derived from the participation of the IMC-67 clone in some of the crossings that originated these clones. The Guyana, Curaray, Maraón and Purus genetic groups have a low participation (d 4%) in the composition of the series analyzed, except in the PRA and TCIP groups, where 9% of their composition comes from the Purus and Nanay groups respectively.

Résumé

La Collection internationale du Cacao du CATIE a été créée en 1944 et conserve dans le domaine public plus de 1200 introductions. Cette collection garde quatre séries de clones internationaux originaires du Costa Rica. Les clones UF ont été choisis par la United Fruit Co.    partir principalement de matériaux « melonn  s » introduits de la Trinité en 1913 et de type National introduits de l'  quateur en 1928. Les clones CC (Centre du Cacao) ont été sélectionnés par l'Institut interaméricain des sciences agricoles (ICCA) entre 1957 et 1966. Ce sont des sélections faites à partir de graines de pollinisation ouverte provenant de clones UF où Matina et de croisements dirigés qui incluent des clones internationaux comme EET-62, ICS-1, 6 et 39, Pound-12, SCA-6 et 12, etc. Les clones PMCT (Programme d'amélioration des cultures tropicales) sont des sélections du CATIE réalisées entre 1989 et 1992 à partir d'arbres élites, d'essais de terrain et de fermes agricoles, comme résultat de croisements entre clones internationaux. La collection comprend également des génotypes créoles collectés à Nicaragua, B  lice et Costa Rica. Les clones ARF (Zone de ressources phytogénétiques) ont été recueillis par le CATIE en 1992 à Panama, B  lice, au Honduras et à Costa Rica. En plus ils incluent des génotypes résistants à la "cabosse noire" (maladie infectieuse où le fruit du cacao devient noir) sélectionnés lors des essais interclon  s du CATIE.

L'étude a été réalisée au Sustainable Perennial Crops Laboratory (ARS-USDA)    Beltsville, MD. L'objectif était d'analyser la parenté et la composition génétique de 282 clones de cacao appartenant aux quatre séries mentionnées, en utilisant 48 marqueurs SNP et 228 clones de référence qui représentent la diversité génétique connue de l'espèce. Le groupe génétique prédominant des clones était l' « Amelonado » avec une présence qui variait entre 44% (Série ARF) et 60% (Série CC). Les groupes National y Créole ont une présence de 20 et 21% dans la Série UF, mais de moins de 12% dans les autres séries. Le groupe Contamana a eu une présence importante de (8-13%) dans les Séries PMCT, ARF et CC d   à l'apport du SCA-6 et 12 dans les croisements. La présence de 10% du groupe Iquitos dans la Série ARF découle de la participation du clone IMC-67 dans certains des croisements qui ont donné origine à ces clones. Les groupes génétiques Guyana, Curaray, Maraón et Purus ont une faible participation (d 4%) dans la composition des séries analysées, sauf dans les groupes ARF et PMCT dont 9% de leur composition provient des groupes Purus et Nanay respectivement.

CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA Y MOLECULAR DE LA COLECCIÓN DE CACAO DE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS DE COLOMBIA

Nubia Martínez Guerrero

Diannefair Duarte, Oscar Darío Ramírez, Gerardo Gallego, Patricia Zapata, Constanza Quintero, Joe Tohme
Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO)

Resumen

La identidad genética y las relaciones evolutivas en colecciones de germoplasma se han estudiado a través de marcadores moleculares, que han sido usados en el estudio, dando valor agregado en términos de información genética útil a los bancos de germoplasma. En cacao se han utilizado para establecer la identidad de los genotipos y su relación genética con los grupos establecidos, como base para programas de mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares. Con los trabajos previos de selección de genotipos promisorios a través de mejoramiento participativo, la Federación Nacional de Cacaoteros caracterizó a nivel morfo-agronómico 51 y molecular 70 genotipos, colectados en diferentes regiones productoras de Colombia, dentro de cultivos tradicionales en fincas de agricultores. La colección, establecida en condiciones de San Vicente de Chucurí, Santander (N 6° 52' 57", W 73° 24' 46"), se caracterizó con 56 descriptores distribuidos de la siguiente manera: de planta (2), hoja (12), flor (13), fruto (20) y semilla (9). Para la caracterización molecular se utilizó un chip de 96 SNP's bajo la plataforma Fluidigm®, siguiendo los protocolos previamente establecidos por CIAT. El procesamiento de las muestras y análisis de los datos se realizó entre FEDECACAO y el laboratorio de Biotecnología del Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT- en Palmira, Colombia. Se utilizó el programa PowerMarker® 3.25 para realizar cálculos de parámetros descriptivos de variación genética y el programa NTSYS-pc para el análisis de agrupamiento y establecer las relaciones entre los individuos bajo estudio, con base en la distancia genética de Nei. Así mismo, se diagramaron los perfiles genéticos (Fingerprinting) de cada genotipo con el programa Flapjack. Basado en los resultados se evidencia la diversidad genética entre los genotipos evaluados y se ratifica la identidad de algunos comerciales para mejorar etiquetados. Se pudo verificar la relación existente entre genotipos seleccionados y parentales utilizados en programas de mejoramiento genético anteriores. La caracterización permitirá establecer futuros programas de mejoramiento genético para atender las necesidades de la demanda creciente de material para nuevas siembras y modernización del cultivo en Colombia.

Abstract

Genetic identity and evolutionary relationships in germplasm collections have been studied through molecular markers, which have been used in this study, adding value in terms of useful genetic information to germplasm banks. In the case of cocoa, they have been used to establish the identity of genotypes and their genetic relationship with the established groups as a basis for genetic improvement programs assisted by molecular markers. With previous works on the selection of promising genotypes through participatory improvement, the National Cacao Federation characterized at the morphoagronomic level 51 genotypes and 70 at the molecular level. They were collected in different productive regions of Colombia in traditional farm crops. The collection was established in San Vicente de Chucuri, Santander (N 6 ° 52' 57", W 73 ° 24' 46"). It was characterized by 56 descriptors distributed as follows: plant (2), leaf (12), flower (13), fruit (20) and seed (9). For molecular characterization, a 96 SNP chip was used under the Fluidigm® platform, following the protocols established by the International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Sample processing and data analysis was carried out between Fedecacao and the biotechnology laboratory of the CIAT in Palmira, Colombia. PowerMarker® 3.25 was used to perform calculations of descriptive parameters of genetic variation. The NTSYS-pc software was used for cluster analysis in order to establish the relationships among the individuals studied, based on Nei's genetic distance. Likewise, genetic profiles (fingerprinting) of each genotype were drawn with the Flapjack software. Based on the results, the genetic diversity between the evaluated genotypes is evidenced and their identity for improved labeling is confirmed. The existing relationship between the selected and parental genotypes used in

previous genetic improvement programs could be verified. This characterization will allow for the establishment of future genetic improvement programs to meet the growing needs for new sowing materials and crop modernization in Colombia.

Résumé

L'identité génétique et les relations évolutives dans les collections de germoplasme ont été étudiées par le moyen de marqueurs moléculaires utilisés dans l'étude, ce qui a donné de la valeur ajoutée en termes d'information génétique utile aux banques de germoplasme. Dans le domaine du cacao ces marqueurs ont été utilisés pour établir l'identité des génotypes et leur lien génétique avec les groupes établis, en tant que base pour les programmes d'amélioration génétique assistée par les marqueurs moléculaires. Grâce aux travaux préalables de sélection des génotypes prometteurs, par le biais d'un travail d'amélioration participative, la Fédération Nationale des Cacaoculteurs a caractérisé au niveau morpho-agronomique 51 et au niveau moléculaire 50 génotypes, recueillis dans diverses régions productrices de la Colombie, dans des plantations traditionnelles situées dans des fermes agricoles. La collection, établie dans les conditions de San Vicente de Chucurí, Santander (N 6° 52'57", W 73° 24' 46"), est caractérisée par 56 descripteurs distribués de la façon suivante: plante (2), feuille (12), fleur (13), fruit (20) y graine (9). Pour la caractérisation moléculaire, on a utilisé un chip de 96 SNP's sous la plateforme Fluidigm®, conformément aux protocoles établis auparavant par CIAT. Le traitement des échantillons et l'analyse des données ont été menés par FEDECACAO y le laboratoire de Biotechnologie du Centre International d'Agriculture Tropicale -CIAT- à Palmira, Colombie. Le logiciel PowerMarker® 3.25 a été utilisé pour effectuer des calculs de paramètres descriptifs de variation génétique, ainsi que le logiciel NTSYS-pc pour l'analyse de groupement et pour établir les liens entre les individus objet de l'étude, fondés sur la distance génétique de Nei. D'autre part, ont été diagrammés les profils génétiques (Fingerprinting) de chaque génotype avec le logiciel Flapjack. Compte tenu des résultats, on peut observer la diversité génétique des génotypes évalués, et l'on peut ratifier l'identité de certaines publicités pour améliorer les étiquettes. On a pu vérifier le rapport entre les génotypes choisis et ceux présentant des liens de parenté utilisés dans des logiciels d'amélioration génétiques antérieurs. La caractérisation permet d'établir des logiciels d'amélioration génétique vers l'avenir afin de répondre aux besoins croissants de matériels pour de nouvelles plantations et en vue de la modernisation des cultures en Colombie.

DNA PROFILING OF CACAO (THEOBROMA CACAO L.) VARIETIES IN THE PHILIPPINES USING MICROSATELLITE MARKERS

Rene Rafael Espino

University of the Philippines Los Banos

Abstract

Fifteen (15) single sequence repeat (SSR) markers were used to construct a DNA profile of Philippine cacao varieties. This is as to assess the genetic similarity, genetic diversity and elucidate relationships between varieties/clones. A total of 50 accessions of cacao were collected from 10 provinces in the country composed of 20 varieties/clone. Of these, six (6) are National Seed Industry Council (NSIC) -registered. UPGMA similarity coefficients observed from the cluster analysis of the standard varieties ranged from 0.09 to 0.72, indicating that standard varieties is distinct from one another. The varieties with the highest similarity (72%) were between Criollo clones (Criollo Green and Criollo Red). At 0.22 similarity trinitarios composed majority in one group. The mixing of other criollos with the trinitario group could be due to their genetic relationship where trinitarios are hybrids between Criollo and Amellonado. All of the primers characterized were highly polymorphic with values ranging from 0.6341 to 0.8702. Markers used were repeatable, sufficient and effective in detecting genetic similarities and establishing genetic profiles of the collection.

Résumé

Quinze (15) marqueurs de répétition de séquence unique (SSR pour ses sigles en anglais) ont été utilisés pour construire un profil d'ADN de variétés de cacao philippin. Ceci, dans le but d'évaluer la similitude génétique, la diversité génétique et pour élucider les relations entre les variétés / les clones. Un total de 50 accessions de cacao ont été recueillies provenant de 10 provinces du pays et composées par 20 variétés / clones. Six (6) de ces accessions ont été enregistrées au Conseil National de l'Industrie des Graines (NSIC, pour ses sigles en anglais). Les coefficients de similitude UPGMA observés à partir de l'analyse de mélanges des variétés standard ont varié de 0.09 à 0.72, ce qui indique que les variétés standard sont différentes les unes des autres. Les variétés avec meilleur pourcentage de similitude (72%) ont été les clones Criollos (Criollo Vert et Criollo Rouge). Avec une similitude de 0.22, Trinitarios a composé la plupart dans un groupe. Le mélange des autres Criollos avec le groupe Trinitario pourrait être dû à sa relation génétique, où les Trinitarios sont des hybrides entre le Criollo et l'Amellonado. Tous les initiateurs caractérisés ont été hautement polyformes avec des valeurs entre 0.6341 et 0.8702. Les marqueurs utilisés ont été susceptibles d'être répétés, suffisants et efficaces pour la détection de similitudes génétiques et pour établir des profils génétiques de la collection.

Resumen

Se utilizaron quince (15) marcadores de repetición de secuencia única (SSR, por sus siglas en inglés) para construir un perfil de ADN de variedades de cacao filipino. Esto se hace para evaluar la similitud genética, diversidad genética y para dilucidar las relaciones entre variedades/clones. Se recolectó un total de 50 accesiones de cacao de 10 provincias del país compuesto por 20 variedades/clon. De estas, seis (6) están registradas en el Consejo Nacional de la Industria de Semillas (NSIC, por sus siglas en inglés). Los coeficientes de similitud UPGMA observados a partir del análisis de conglomerados de las variedades estándar variaron de 0.09 a 0.72, lo cual indica que las variedades estándar son distintas entre sí. Las variedades con mayor porcentaje de similitud (72%) fueron los clones Criollos (Criollo Verde y Criollo Rojo). Con una similitud de 0.22, Trinitarios compuso la mayoría en un grupo. La mezcla de otros Criollos con el grupo Trinitario podría deberse a su relación genética en la que los Trinitarios son híbridos entre Criollo y Amellonado. Todos los iniciadores caracterizados fueron altamente polimórficos con valores que van desde 0.6341 a 0.8702. Los marcadores utilizados fueron repetibles, suficientes y efectivos para detectar similitudes genéticas y establecer perfiles genéticos de la colección.

POTENTIAL OF RECURRENT SELECTION FOR DEVELOPING IMPROVED COCOA VARIETIES IN GHANA

Francis Padi

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

In the major cacao producing countries, recurrent selection using clones available through the International Cocoa Quarantine Centre, Reading, UK, remains an important approach to identifying new clones with good combining abilities for desired traits. In 2010, 56 clones derived from within-family selections for productive trees in eleven progeny trials evaluated over different time periods were used to design a trial at Tafo, Ghana. The clones T60/887, T85/799, PA 7 and PA 150 were included as standards. A single-tree randomisation approach was used with 15 trees per clone in each of four replicates. Excluding pods damaged by *Phytophthora* spp., average bean yields of the four standard clones over a period of three years (34 to 69 months after transplanting) ranged from 0.34 to 0.54 t/ha/year whereas those of the six most productive new clones ranged from 0.7 to 1.0 t/ha/year. The pod index for the new clones ranged from 18 to 24, compared with 19 to 30 in the standard clones. Individual bean sizes were in the range of 1.23 to 1.39 g for the six new clones compared with a range of 1.21 to 1.32 for the standard clones. Expression of symptoms of CSSV disease among the selected clones following inoculation with severe CSSV strain 1A was comparable with those of the standard clones. Among seven of the clones tested for combining abilities with existing seed garden female clones, CRG 6035/103 and CRG 9006/106 showed good general combining abilities for juvenile tree vigour, precocity and bean yields, whereas CRG 3019/308 showed specific combining abilities with PA 121 and PA 150. Across ten farmers' plots in different production regions in Ghana, seedling varieties developed using these new clones as males recorded higher seedling survival and better seedling vigour over those supplied from existing seed gardens. These results are evidence that further yield increments are attainable by selecting and crossing among cacao germplasm freely available in the international genebanks.

Résumé

Dans les principaux pays producteurs de cacao, la sélection récurrente en utilisant des clones fournis par le Centre International de Quarantaine de Cacao à Reading, Royaume-Uni, a toujours une approche importante pour repérer de nouveaux clones aux bonnes capacités de combinaison pour les traits souhaités. En 2010, 56 clones dérivés de sélections dans la même famille pour des arbres productifs ont été utilisés pour mener 11 essais de progéniture évalués à différentes périodes, dans le but de réaliser un essai à Tafo, Ghana. Les clones T60/887, T85/799, PA 7 et PA 150 ont été inclus comme standards. Une approche d'attribution de l'arbre unique au hasard a été mise en place, avec 15 arbres par clone dans chacune des quatre répétitions. Mise à part les cosses abîmées par *Phytophthora* spp., les rendements moyens du haricot des quatre clones dans une période de trois ans (34 à 69 mois après la transplantation) ont varié de 0.34 à 0.54 t / ha / an, tandis que ceux de six nouveaux clones les plus productifs ont varié de 0.7 à 1.0 t/ha/an. Le taux de cosse pour les nouveaux clones a varié de 18 à 24, par rapport à 19 à 30 chez les clones standard. Les tailles de graines individuelles se sont situées dans le rang de 1.23 à 1.39 g pour les six nouveaux clones par rapport au rang 1.21 à 1.32 pour les clones standard. L'expression des symptômes de la maladie de CSSV entre les clones choisis après l'inoculation avec la souche 1A avec CSSV grave a été comparable à celle des clones standard. Parmi les sept clones évalués pour la combinaison des habilités avec des clones féminins des cultures existantes, le CRG 6035/103 et le CRG 9006/106 ont montré de bonnes capacités générales de combinaison de par la vigueur juvénile, la précocité et la performance de la graine, tandis que le CRG 3019/308 a montré des habilités de combinaison spécifiques avec le PA 121 et le PA 150. Dans dix parcelles d'agriculteurs dans différentes régions de production au Ghana, les variétés des plantules ont été développées en utilisant ces nouveaux clones car les mâles ont montré une survie plus importante au niveau des plantules, et des plantules plus vigoureuses que celles qui avaient été fournies par les potagers de graines existants.

Ces résultats montrent que l'on peut obtenir une augmentation de la performance en choisissant et en croisant le germoplasme de cacao disponible dans les banques génétiques internationales.

Resumen

En los principales países productores de cacao, la selección recurrente utilizando clones puestos a disposición por el Centro Internacional de Cuarentena de Cacao, en Reading, Reino Unido, sigue siendo un enfoque importante para identificar nuevos clones con buenas capacidades de combinación para los rasgos deseados. En 2010, 56 clones derivados de selecciones dentro de la misma familia para árboles productivos en once ensayos de progenie evaluados durante diferentes períodos de tiempo se utilizaron para diseñar un ensayo en Tafo, Ghana. Los clones T60/887, T85/799, PA 7 y PA 150 fueron incluidos como estándares. Se utilizó un enfoque de asignación al azar de árbol único con 15 árboles por clon en cada una de las cuatro repeticiones. Excluyendo las vainas dañadas por *Phytophthora* spp., los rendimientos medios de frijol de los cuatro clones estándar en un período de tres años (34 a 69 meses después del trasplante) variaron de 0.34 a 0.54 t / ha / año mientras que los de los seis nuevos clones más productivos variaron de 0.7 a 1.0 t/ha/año. El índice de la vaina para los nuevos clones varió de 18 a 24, en comparación con 19 a 30 en los clones estándar. Los tamaños de granos individuales estuvieron en el rango de 1.23 a 1.39 g para los seis nuevos clones en comparación con un rango de 1.21 a 1.32 para los clones estándar. La expresión de los síntomas de la enfermedad de CSSV entre los clones seleccionados después de la inoculación con la cepa 1A con CSSV severa fue comparable con la de los clones estándar. Entre siete de los clones evaluados para la combinación de habilidades con clones femeninos de huertos existentes, CRG 6035/103 y CRG 9006/106 mostraron buenas capacidades generales de combinación para el vigor del árbol juvenil, la precocidad y el rendimiento del grano, mientras que CRG 3019/308 mostró habilidades de combinación específicas con PA 121 y PA 150. En diez parcelas de agricultores en diferentes regiones de producción en Ghana, las variedades de plántulas se desarrollaron utilizando estos nuevos clones ya que los machos registraron una mayor supervivencia de las plántulas y un mejor vigor de las plántulas que las de aquellas suministradas por los huertos de semillas existentes. Estos resultados evidencian que se pueden obtener mayores incrementos de rendimiento seleccionando y cruzando germoplasma de cacao disponible libremente en los bancos genéticos internacionales.

CANDIDATE SSR TAGS FOR FRUIT AND SEED TRAITS OF THEOBROMA CACAO L. IN THE INTERNATIONAL COCOA GENE BANK TRINIDAD

Lambert Motilal

Dapeng Zhang, Sue Mischke, Lyndel Meinhardt, Pathmanathan Umaharan
Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC/The UWI)

Abstract

Increasing yield is a prominent feature of crop breeding programmes including the economically important cacao (*Theobroma cacao* L.). As a tropical tree crop, the time and acreage needed for selection of improved varieties are limiting factors. Selection at an early seedling stage in a marker assisted selection programme is desirable. Candidate molecular microsatellite markers were identified under an association mapping approach for five fruit (fruit mass, husk mass, fruit length, fruit girth and fruit volume) and three seed (length, width and size of fresh peeled seeds) traits. Eleven microsatellite markers (mTcCIR 19, 30, 40, 43, 57, 60, 126, 157, 184, 225 and 275) were consistently obtained under general and mixed linear models and explained between 5.82 – 12.87% of the observed variation. Markers mTcCIR60, mTcCIR126 and mTcCIR184 were tagged to various traits and were most significantly associated with the reproductive traits. The adoption of these markers is recommended to the international cacao community.

Résumé

L'augmentation de la performance est une caractéristique remarquable des programmes de l'amélioration des cultures, y compris le cacao économiquement important (*Theobroma cacao* L.). En tant que culture d'arbres tropicaux, le temps et la superficie nécessaires pour la sélection de variétés améliorées sont des facteurs limitants. La sélection dans une étape précoce des plantules dans un programme de sélection assistée par des marqueurs est fortement conseillée. Les marqueurs de microsatellites moléculaires candidats ont été repérés sous une approche de cartographie associative par cinq traits du fruit (masse du fruit, masse de la coquille et longueur, circonférence et volume du fruit) et de trois graines (longueur, largeur et taille des gaines fraîches pelées). 11 marqueurs de microsatellites (mTcCIR 19, 30, 40, 43, 57, 60, 126, 157, 184, 225 et 275) ont été obtenus de façon cohérente sous des modèles linéaires généraux et mixtes et ont été expliqués en raison de 5,82 - 12,87% de la variation observée. Les marqueurs mTcCIR60, mTcCIR126 et mTcCIR184 ont été enregistrés avec différents traits et sont davantage en lien avec les traits reproductifs. Il est fortement conseillé à la communauté du cacao d'adopter ces marqueurs.

Resumen

El aumento del rendimiento es una característica destacada de los programas de mejoramiento de cultivos, incluido el cacao económicamente importante (*Theobroma cacao* L.). Como cultivo de árboles tropicales, el tiempo y la superficie necesarios para la selección de variedades mejoradas son factores limitantes. La selección en una etapa temprana de plántulas en un programa de selección asistida por marcadores es deseable. Los marcadores de microsatélites moleculares candidatos se identificaron bajo un enfoque de mapeo asociativo para cinco rasgos de fruta (masa de fruta, masa de cáscara, y longitud, circunferencia y volumen de la fruta) y de tres semillas (longitud, ancho y tamaño de semillas frescas peladas). Once marcadores de microsatélites (mTcCIR 19, 30, 40, 43, 57, 60, 126, 157, 184, 225 y 275) se obtuvieron consistentemente bajo modelos lineales generales y mixtos y se explicaron entre 5,82 - 12,87% de la variación observada. Los marcadores mTcCIR60, mTcCIR126 y mTcCIR184 se marcaron con diversos rasgos y se relacionaron más significativamente con los rasgos reproductivos. Se recomienda la adopción de estos marcadores a la comunidad internacional del cacao.

THE GENOMIC SELECTION OF THEOBROMA CACAO : A NEW STRATEGY OF MARKER ASSISTED SELECTION TO IMPROVE BREEDING EFFICIENCY AND PREDICT USEFUL TRAITS IN NEW POPULATIONS

Fabienne Ribeyre

O. Sounigo, X. Argout, C. Cilas, B. Ephombagn, M. Denis, O. Fouet, C. Lanaud

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

Genomic selection (GS) is a statistical approach that utilizes all available genome-wide markers simultaneously and phenotypic traits of a “training population” to estimate breeding values or total genetic values. For breeding programs, GS is a promising alternative to the traditional marker-assisted selection for manipulating complex polygenic traits often controlled by many small effect genes. A major interest of this method is also to be able to make predictions of trait values, from a training population, on trees only genotyped by molecular markers. The use of the appropriate statistical model remains one of the critical issues of the GS. The relative performance of biometrical models is expected to depend on the genetic background of the phenotyped traits. The objective of this study was to estimate the reliability of different models of genomic selection to predict two agronomic traits of cacao – yield and resistance to *Phytophthora* pod rot. A cacao farm plot in Cameroon with a breeding population (291 individuals) is composed of a mixture of hybrids. Each tree was characterized for production traits (weight of a bean) and resistance traits to *Phytophthora megakarya* (number of rotten pods) during 3 years, and genotyped with more than 5000 SNP markers using GBS (genotyping by sequencing). Two models were used: Best linear unbiased prediction model based on markers and Bayesian lasso model. Cross-validation was used to test their predictive ability. It is an assumption-free method using an estimation set for model training and an independent test set for prediction. Predictive ability of models was good for both traits indicating that GS is a promising method to improve these cocoa traits. It was slightly higher for average weight of a bean ($R^2 = 0.59$).

Résumé

La sélection génomique (SG) est une approche statistique qui utilise tous les marqueurs génomiques disponibles simultanément et les traits phénotypiques d'une « population d'entraînement » pour estimer les valeurs de reproduction ou les valeurs génétiques totales. Pour les programmes d'amélioration, la SG est une alternative prometteuse pour la sélection traditionnelle assistée pour manipuler des traits polygéniques complexes contrôlés souvent par beaucoup de gènes à petit effet. Un intérêt principal de cette méthode est aussi celui de faire des prédictions de valeurs de traits d'une population d'entraînement chez les arbres génotypifiés par des marqueurs moléculaires. L'utilisation du modèle statistique approprié est toujours l'un des sujets critiques de la SG. L'on espère que le rendement relatif des modèles biométriques dépende des antécédents génétiques des traits phénotypés. L'objectif de cette étude a été d'estimer la fiabilité de différents modèles de sélection génomique pour prédire deux caractéristiques agronomiques du cacao – le rendement et la résistance à la moniliase *Phytophthora*. Une parcelle de cacao au Cameroun avec une population reproductrice (291 individus) est composée d'un mélange d'hybrides. Chaque arbre a été caractérisé par des caractéristiques de production (poids d'une graine) et des traits de résistance à la *Phytophthora megakarya* (nombre de cosses pourries) pendant trois ans, et l'on a génotypifié avec plus de 5000 marqueurs de SNP en utilisant du GBS (génotypifié par séquençages). Deux modèles ont été utilisés : le meilleur modèle de prédiction linéaire sans biais basé sur des marqueurs et le modèle de lien bayésien. La validation croisée a été utilisée pour évaluer sa capacité prédictive. C'est une méthode libre de supposition qui utilise un ensemble d'estimation pour l'entraînement modèle et un ensemble de preuve indépendante pour la prédiction. La capacité prédictive des modèles a été bonne pour les deux traits, ce qui indique que la SG est une méthode prometteuse pour améliorer ces traits de cacao. Elle a été légèrement supérieure pour le poids moyen d'une graine ($R^2 = 0.59$).

Resumen

La selección genómica (SG) es un enfoque estadístico que utiliza todos los marcadores genómicos disponibles simultáneamente y los rasgos fenotípicos de una "población de entrenamiento" para estimar los valores de reproducción o los valores genéticos totales. Para los programas de mejoramiento, la SG es una alternativa prometedora a la selección tradicional asistida por marcadores para manipular rasgos poligénicos complejos a menudo controlados por muchos genes de pequeño efecto. Un interés principal de este método es también poder hacer predicciones de valores de rasgos, de una población de entrenamiento, en árboles solo genotipificados por marcadores moleculares. El uso del modelo estadístico apropiado sigue siendo uno de los temas críticos de la SG. Se espera que el rendimiento relativo de los modelos biométricos dependa de los antecedentes genéticos de los rasgos fenotipados. El objetivo de este estudio fue estimar la confiabilidad de diferentes modelos de selección genómica para predecir dos características agronómicas del cacao - el rendimiento y la resistencia a la moniliasis *Phytophthora*. Una parcela de cacao en Camerún con una población reproductora (291 individuos) se compone de una mezcla de híbridos. Cada árbol se caracterizó por características de producción (peso de un grano) y rasgos de resistencia a *Phytophthora megakarya* (número de vainas podridas) durante 3 años, y se genotipificó con más de 5000 marcadores de SNP usando GBS (genotipado por secuenciación). Se utilizaron dos modelos: el mejor modelo de predicción lineal sin sesgo basado en marcadores y el modelo de lazo bayesiano. La validación cruzada se utilizó para evaluar su capacidad predictiva. Es un método libre de suposición que utiliza un conjunto de estimación para el entrenamiento modelo y un conjunto de prueba independiente para la predicción. La capacidad predictiva de los modelos fue buena para ambos rasgos, lo que indica que la SG es un método prometedor para mejorar estos rasgos de cacao. Fue ligeramente mayor para el peso promedio de un grano ($R^2 = 0.59$).

COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGRONOMICAL PERFORMANCES OF SIX COMMERCIAL COCOA VARIETIES IN ON FARM PROGENY TRIALS IN CAMEROON

Olivier Sounigo

L. Feumba de Tchoua, R. Bourgoing, F. Nsougua, D. Abolo, I.B. Efombagn

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

A long term participatory breeding program was launched in Cameroon in 2005, as a key component of a worldwide cocoa breeding project, funded by CFC (Common Fund for Commodities). One activity within this program has consisted in setting up on farm progeny trials in order to assess the performances of commercial cocoa varieties, when tested in on farm conditions. 4,500 cocoa trees, belonging to six commercial varieties (six full-sib progenies issued from bi-clonal seed-gardens) were assessed in 11 progeny trial plots, set up in 2006, in two geographical sites of Cameroon. Cocoa yield data recorded during the period from 2011 to 2015 were analyzed and showed significant differences among progenies, ranging between 830 and 1,480 kg cocoa/ha/year. In addition, 273 cocoa seedlings, sampled in nursery within a mixture of the commercial progenies issued from seed-gardens (CV), have been planted simultaneously with 170 seedlings issued from pods collected in farmers' plots, in three progeny trial plots set up in 2007. 85 of these farmers' seedlings were issued from pods collected on cocoa trees belonging to the traditional amelonado variety (named german cocoa) (GC), while 85 others were issued from pods collected on trees belonging to commercial varieties (half-sibs issued from commercial varieties) (FV). Under the conditions of our trial plots (no permanent shade during the first ten years, because of the simultaneous planting of cocoa and shade trees), GC trees yielded significantly less (450 kg/ha/year) than FV (880 kg/ha/year) and CV trees (910 kg/ha/year). The impact of these results on the future release of commercial cocoa varieties in Cameroon is discussed in this paper.

Résumé

Un programme participatif de reproduction à long terme a été lancé au Cameroun en 2005, comme une composante clé mondiale d'amélioration du cacao, financé par le Fonds Commun pour les Produits Basiques (CFC par ses sigles en anglais). Une activité au sein de ce programme a consisté à établir des preuves de progéniture dans des fermes dans le but d'évaluer les rendements des variétés commerciales de cacao lorsqu'elles sont essayées dans des conditions de ferme. 4.500 arbres ont été évalués, appartenant à six variétés commerciales (six progénitures de frères complets provenant de potagers de graines bi-clonales) dans 11 parcelles d'essai de progéniture, établies en 2006, dans deux sites géographiques du Cameroun. Les données de performance du cacao enregistrée pendant la période 2011 – 2015 et ont montré des différences significatives entre les progénitures, comprises entre 830 et 1480 kg de cacao/ha/an. En outre, 273 plantules de cacao ont été plantées, échantillonnées en serre dans un mélange de progénitures commerciales issues de potagers de grains (CV), simultanément avec 170 plantules obtenues de cosses recueillies d'arbres de cacao appartenant à la variété melon traditionnel (appelé e cacao allemand) (CA), tandis que 85 ont été obtenues de cosses recueillies d'arbres appartenant à des variétés commerciales (demi frères issus de variétés commerciales (FV). Sous les conditions de nos parcelles de preuve (sans ombre permanente pendant les dix premières années, à cause des semailles simultanées de cacao et d'arbres d'ombre), les arbres CA ont produit beaucoup moins (450 kg/ha/an) que FV (880 kg/ha/an) y des arbres CV (910 kg / ha / an). L'impact de ces résultats dans la future libération de variétés commerciales du cacao au Cameroun est discuté en ce moment.

Resumen

En Camerún se lanzó un programa participativo de reproducción a largo plazo en 2005, como componente clave de un proyecto mundial de mejoramiento del cacao, financiado por Fondo Común para los Productos Básicos (CFC por sus siglas en inglés). Una actividad dentro de este programa ha consistido en establecer pruebas de progenie en granjas con

el fin de evaluar los rendimientos de las variedades comerciales de cacao cuando se prueban en condiciones de granja. Se evaluaron 4.500 árboles de cacao, pertenecientes a seis variedades comerciales (seis progenies de hermanos completos procedentes de huertas de semillas bi-clonales) en 11 parcelas de prueba de progenie, establecidas en 2006, en dos sitios geográficos de Camerún. Se analizaron los datos de rendimiento de cacao registrados durante el período de 2011 a 2015 y mostraron diferencias significativas entre las progenies, que oscilaban entre 830 y 1480 kg de cacao/ha/año. Además, se han plantado 273 plántulas de cacao, muestreadas en vivero dentro de una mezcla de progenies comerciales emitidas desde huertas de semillas (CV), simultáneamente con 170 plántulas obtenidas de vainas recolectadas en parcelas de agricultores, en tres parcelas de prueba de progenie establecidas en 2007. 85 de las plántulas de estos agricultores se obtuvieron de vainas recolectadas en árboles de cacao pertenecientes a la variedad amelonado tradicional (llamado cacao alemán) (CA), mientras que otras 85 se obtuvieron de vainas recolectadas en árboles pertenecientes a variedades comerciales (medio hermanos emitidos por variedades comerciales) (FV). Bajo las condiciones de nuestras parcelas de prueba (sin sombra permanente durante los primeros diez años, debido a la siembra simultánea de cacao y árboles de sombra), los árboles de CA produjeron significativamente menos (450 kg/ha/año) que FV (880 kg/ha/año) y árboles CV (910 kg / ha / año). El impacto de estos resultados en la futura liberación de variedades comerciales de cacao en Camerún se discute en este documento.

EXPLORATION OF THE T. CACAO GENOME SEQUENCE TO DECIPHER THE INCOMPATIBILITY SYSTEM OF THEOBROMA CACAO AND TO IDENTIFY DIAGNOSTIC MARKERS

Claire Lanaud

Olivier Fouet, Thierry Legavre, Uilson Lopes, Olivier Sounigo, Marie Claire Eyango, Benoit Mermaz, Marcos Ramos da Silva, Rey Gaston Llor Solórzano, Xavier Argout, Gabor Gyapay, Herman Ebai Ebaiarrey, Kelly Colonges

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

We explored the *Theobroma cacao* genome sequence to progress in the knowledge of the *T. cacao* incompatibility system. Cocoa self-compatibility is an important yield factor and has been described as controlled by a late gameto-sporophytic system involving several locus, and resulting in gametic non-fusion. In this work, we identified two different mechanisms controlling the *T. cacao* self-incompatibility system at two separate loci, located on chromosome one and four (CH1 and CH4). Both loci are responsible for gametic selection, but only one (the CH4 locus) is involved in the main fruit drop. The CH1 locus acts prior to gamete fusion and independently of CH4 locus. Fine mapping and genome wide association studies focused analyses of restricted regions without recombinant plants where several candidate genes were identified. Their expression analysis showed differential expression during incompatible or compatible reactions for some of them. Highly polymorphic SSR diagnostic markers, designed in the CH4 region identified by fine mapping, allowed the development of efficient diagnostic markers predicting self-compatibility and fruit setting according to allele or genotype presence. SSR alleles specific to self-compatible Amelonado and Criollo varieties were also identified allowing screening for self-compatible plants in cocoa populations.

Résumé

Nous avons exploré la séquence du génome de *Theobroma cacao* pour avancer dans la connaissance du système d'incompatibilité de *T. cacao*. L'auto compatibilité du cacao est un facteur important de rendement et a été décrit comme contrôlé par un système sporophytique et gamétophytique tardif qui inclut plusieurs locus et qui donne comme résultat la non fusion du gamète. Dans ce travail, nous avons repéré des mécanismes différents qui contrôlent le système d'auto incompatibilité de *T. cacao* à deux points séparés, placés dans le chromosome un et quatre (CH1 y CH4). Les deux points sont responsables de la sélection des gamètes, mais seul le locus CH4 est impliqué dans la chute principale du fruit. Le locus CH1 agit avant la fusion du gamète e indépendamment du locus CH4. Une cartographie fine et les études d'association du génome large ont centré les analyses des régions restreintes sans plantes recombinantes où l'on a repéré plusieurs gènes candidats. Leur analyse d'expression a montré un différentiel pendant des réactions incompatibles ou compatibles pour chacun d'entre eux. Les marqueurs de diagnostic SSR hautement polymorphes, créés dans la région CH4 identifiée à travers une cartographie fine, ont permis le développement de marqueurs de diagnostic efficaces qui prédisent l'auto compatibilité et l'ajustement du fruit selon la présence des allèles et des génotypes. L'on a repéré également les allèles SSR spécifiques pour les variétés Amelonado et Criollo auto compatibles, permettant la vérification de plantes autocompatibles du cacao.

Resumen

Exploramos la secuencia del genoma de *Theobroma cacao* para avanzar en el conocimiento del sistema de incompatibilidad de *T. cacao*. La autocompatibilidad del cacao es un factor importante de rendimiento y se ha descrito como controlado por un sistema gameto-esporofítico tardío que involucra varios locus y que da como resultado la no fusión del gameto. En este trabajo, identificamos dos mecanismos diferentes que controlan el sistema de autoincompatibilidad de *T. cacao* en dos puntos separados,

ubicados en el cromosoma uno y cuatro (CH1 y CH4). Ambos puntos son responsables de la selección de los gametos, pero solo uno (el locus CH4) está involucrado en la caída principal de la fruta. El locus CH1 actúa antes de la fusión del gameto e independientemente del locus CH4. Una fina cartografía y los estudios de asociación de genoma amplio centraron los análisis de regiones restringidas sin plantas recombinantes donde se identificaron varios genes candidatos. Su análisis de expresión mostró expresión diferencial durante reacciones incompatibles o compatibles para algunos de ellos. Los marcadores de diagnóstico SSR altamente polimórficos, diseñados en la región CH4 identificada mediante una cartografía fina, permitieron el desarrollo de marcadores de diagnóstico eficientes que predicen la autocompatibilidad y el ajuste de la fruta de acuerdo con la presencia de alelos o genotipos. También se identificaron los alelos SSR específicos para las variedades Amelonado y Criollo autocompatibles, permitiendo la examinación de plantas autocompatibles en poblaciones de cacao.

INTEGRATING THE TRANSCRIPTOMICS FOR STUDY OF ANTIOXIDANTS IN CACAO CELL CULTURES

Adriana Gallego

A.M. Gallego, O. Parra, A. Rodríguez, L. F. Rojas, A. I. Urrea, L. Atehortúa, D. Fister, N. Pabón-Mora, C. Mora, S. Maximova, M. Guiltinan

Abstract

Cardiovascular diseases are the leading cause of death around the world and current studies aim to find functional foods that improve health. The finding, characterization and increase in production of plant metabolites promises to impact yield in the long term. Antioxidants (e.g. flavonoids, anthocyanins) are at the core of such studies, as these metabolites are increasingly demanded by the population to enrich human diet. Cacao is one of the most important sources of flavonoids ((-)-epicatechin and (+)-catechin) and diverse studies have related its antioxidant activity with an improvement in cardiovascular health (Wilson and Hurst, 2015). High-throughput modern sequencing technologies have allowed the real-time measurement of plant responses to environmental shifts that can derive in increased production of valuable metabolites. The aim of this research is to study flavonoid production of cacao cell suspensions using RNA-seq data that can later be used to improve product yield in vitro. Transcriptomic data was generated from cacao cell cultures under different light/dark treatments and during five sampling points over the kinetic of 14 days, generating 9 different datasets. Overall, 17,871 genes mapped to the Cacao genome (CIRAD) and a total of 27,213 genes were differentially expressed during treatments kinetic through three pairwise comparisons between 0-VS-1 days, 7-VS-8 days and 8 -VS-14 days. These genes are involved in metabolic pathways, circadian rhythms, thiamine and phenylalanine metabolism, and flavonoid biosynthesis. Data analysis allowed to determine different pattern expression of nearly all flavonoid biosynthesis essential genes, such as CHS, CHI, DFR, ANS and ANR as well regulatory elements involved in flavonoid biosynthesis type MYB, bHLH, WD40 and interesting NAC genes, these last no previously determined for cacao. Our results provide the first transcriptomic analysis in cacao cultures where gene expression shifts linked to light-induced flavonoids biosynthesis are identified. Candidate genes derived from our dataset are likely to provide alternative strategies to increase the antioxidants yield in vitro and long term facilitate the production of functional foods.

Résumé

Les maladies cardiovasculaires sont la principale cause de décès dans le monde et les études actuelles visent à trouver des aliments fonctionnels qui améliorent la santé. La découverte, la caractérisation et l'augmentation de la production de métabolites végétaux promettent d'affecter la performance à long terme. Des antioxydants (par exemple, des flavonoïdes, des anthocyanes) se trouvent dans le noyau de ces études, puisque ces métabolites sont de plus en plus demandés par la population pour enrichir l'alimentation humaine. Le cacao est l'une des sources les plus importantes de flavonoïdes ((-) - épicatechine et (+) - catéchine) et diverses études ont lié son activité antioxydante à une meilleure santé cardiovasculaire (Wilson et Hurst, 2015). Les technologies modernes de séquençage à haut débit ont permis de mesurer en temps réel les réponses des plantes aux changements environnementaux pouvant conduire à une augmentation de la production de métabolites précieux. L'objectif de cette recherche est d'étudier la production de flavonoïdes de suspensions de cellules de cacao en utilisant les données de RNA-Seq qui peuvent ensuite être utilisés pour améliorer les performances du produit in vitro. Les données transcriptomiques ont été générées à partir de cultures de cellules de cacao sous différents traitements de lumière / obscurité et pour cinq points d'échantillonnage sur la cinétique de 14 jours, générant 9 ensembles de données différents. En général, 17,871 gènes mis en correspondance avec le génome de Cacao (CIRAD) et un total de 27,213 gènes ont été exprimés de manière différentielle lors de traitements cinétiques par trois comparaisons par paires entre 0-VS-1 jour, 7-VS-8 jours et 8 - VS-14 jours. Ces gènes sont impliqués dans les voies métaboliques, les rythmes circadiens, le métabolisme de la thiamine et de la phénylalanine et la biosynthèse des flavonoïdes. L'analyse des données a permis de

déterminer différents modes d'expression de presque tous les gènes essentiels à la biosynthèse des flavonoïdes, tels que CHS, CHI, DFR, ANS et ANR, ainsi que des éléments régulateurs impliqués dans la biosynthèse des flavonoïdes de type MYB, bHLH, WD40 et des gènes NAC intéressants, ces derniers n'étant pas préalablement déterminés pour le cacao. Nos résultats fournissent la première analyse transcriptomique dans des cultures de cacao où on identifie les changements dans l'expression de gènes liés à la biosynthèse de flavonoïde induite par la lumière. Il est probable que les gènes candidats dérivés de notre ensemble de données fournissent des stratégies alternatives pour augmenter le rendement en antioxydants in vitro et, à long terme, pour faciliter la production d'aliments fonctionnels.

Resumen

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en todo el mundo y los estudios actuales apuntan a encontrar alimentos funcionales que mejoren la salud. El hallazgo, la caracterización y el aumento en la producción de metabolitos vegetales prometen afectar el rendimiento a largo plazo. Los antioxidantes (por ejemplo, flavonoides, antocianinas) se encuentran en el núcleo de tales estudios, ya que estos metabolitos son cada vez más demandados por la población para enriquecer la dieta humana. El cacao es una de las fuentes más importantes de flavonoides ((-) - epicatequina y (+) - catequina) y diversos estudios han relacionado su actividad antioxidante con una mejora en la salud cardiovascular (Wilson y Hurst, 2015). Las modernas tecnologías de secuenciación de alto rendimiento han permitido la medición en tiempo real de las respuestas de las plantas a los cambios ambientales que pueden derivar en una mayor producción de metabolitos valiosos. El objetivo de esta investigación es estudiar la producción de flavonoides de suspensiones de células de cacao utilizando datos de RNA-seq que luego pueden usarse para mejorar el rendimiento del producto in vitro. Los datos transcriptómicos se generaron a partir de cultivos de células de cacao bajo diferentes tratamientos de luz/oscuridad y durante cinco puntos de muestreo sobre la cinética de 14 días, generando 9 conjuntos de datos diferentes. En general, 17.871 genes mapeados al genoma de Cacao (CIRAD) y un total de 27.213 genes se expresaron diferencialmente durante los tratamientos cinéticos a través de tres comparaciones por parejas entre 0-VS-1 días, 7-VS-8 días y 8 -VS-14 días. Estos genes están involucrados en las vías metabólicas, los ritmos circadianos, el metabolismo de la tiamina y la fenilalanina y la biosíntesis de flavonoides. El análisis de datos permitió determinar diferentes patrones de expresión de casi todos los genes esenciales de la biosíntesis de flavonoides, como CHS, CHI, DFR, ANS y ANR, así como elementos reguladores implicados en la biosíntesis de flavonoides tipo MYB, bHLH, WD40 e interesantes genes NAC, estos últimos no determinados previamente para el cacao. Nuestros resultados proporcionan el primer análisis transcriptómico en cultivos de cacao donde se identifican cambios en la expresión génica relacionados con la biosíntesis de flavonoides inducida por la luz. Es probable que los genes candidatos derivados de nuestro conjunto de datos proporcionen estrategias alternativas para aumentar el rendimiento de antioxidantes in vitro y, a largo plazo, faciliten la producción de alimentos funcionales.

A GENETIC ORIGIN OF FINE OR FLAVOUR CACAO IN SOUTHERN PERU?

Evert Thomas

Bioversity International

Abstract

Different lines of evidence corroborate the notion that cacao (*Theobroma cacao* L.) is indigenous to the Amazon basin, but has been domesticated in Mesoamerica for the production of chocolate beverage. The distribution and structure of genetic diversity in tree species with longstanding human use such as cacao is often an outcome of the complex intertwining of their natural and human history. An important aspect of a species' natural history relates to its response to past climate changes, while humans influence diversity profiles through, inter alia, (long-distance) dispersal, the creation of genetic bottlenecks, cultivation and selection. We combined genetic characterization data of the Pound collection with more recent collections carried out in southern Peru and Bolivia to map the distribution of genetic diversity of cacao in the Neotropics. Furthermore, we reconstructed the dynamics of habitat suitability of cacao since the Last Glacial Maximum (~21,000 BP) until present in time slices of 1,000 years. Combined interpretation of the results of both analysis allow us to make inferences about the putative origin of different genetic groups in cacao and how much each has been influenced by humans. Based on different lines of evidence, we present a hypothesis about the putative genetic origin of fine or flavor cacao in the southern Peruvian Amazon, and reconstruct and discuss potential dispersal routes across Western Amazonia, across the Andes and into Central America.

Résumé

Différentes lignes de référence ont confirmé la notion que le cacao (*Theobroma cacao* L.) est originaire du bassin de l'Amazonas, mais qu'il a été apprivoisé en Mésoamérique pour la production de boissons à base de chocolat. La distribution et la structure de la diversité génétique dans des espèces arborées utilisées par l'être humain depuis l'antiquité, telles que le cacao, sont souvent le résultat de l'entrelacement complexe de son histoire naturelle et humaine. Un aspect important de l'histoire naturelle d'une espèce est reliée à sa réponse aux changements climatiques du passé, tandis que les humains influent les profils de diversité par le biais de la dispersion (à longue distance), la création de cols de bouteille génétiques, la culture et la sélection, parmi d'autres. Nous combinons des données de caractérisation génétique de la collection de Pound avec des collections plus récentes réalisées dans le Sud du Pérou et de la Bolivie afin de cartographier la distribution de la diversité génétique du cacao dans le Néotropique. En outre, nous avons reconstruit la dynamique de l'aptitude de l'habitat du cacao depuis le Dernier Glacial Maximal (~ 21,000 BP) jusqu'à nos jours et à quel point il a été influencé par les humains. En nous basant sur les différentes lignes d'évidence, nous avons présenté une hypothèse sur l'origine génétique putative du cacao fin ou de goût dans le Sud de l'Amazonie péruvienne, et nous avons reconstruit et discuté sur les possibles routes de dispersion à travers l'Amazonie occidentale, à travers les Andes et vers l'Amérique Centrale.

Resumen

Diferentes líneas de evidencia corroboran la noción de que el cacao (*Theobroma cacao* L.) es originario de la cuenca del Amazonas, pero ha sido domesticado en Mesoamérica para la producción de bebidas de chocolate. La distribución y la estructura de la diversidad genética en especies arbóreas utilizadas por el humano desde la antigüedad, como el cacao, a menudo es el resultado del complejo entrelazamiento de su historia natural y humana. Un aspecto importante de la historia natural de una especie se relaciona con su respuesta a los cambios climáticos del pasado, mientras que los humanos influyen en los perfiles de diversidad mediante, entre otras cosas, la dispersión (a larga distancia), la creación de cuellos de botella genéticos, el cultivo y la selección. Combinamos datos de caracterización genética de la colección Pound con colecciones más recientes llevadas a

cabo en el sur de Perú y Bolivia para cartografiar la distribución de la diversidad genética del cacao en el Neotrópico. Además, reconstruimos la dinámica de la idoneidad del hábitat del cacao desde el Último Máximo Glacial (~ 21,000 BP) hasta el presente en rodajas de tiempo de 1,000 años. La interpretación combinada de los resultados de ambos análisis nos permite hacer inferencias sobre el origen putativo de diferentes grupos genéticos en el cacao y cuánto ha sido influenciado por los humanos. Con base en diferentes líneas de evidencia, presentamos una hipótesis sobre el origen genético putativo del cacao fino o de sabor en el sur de la Amazonía peruana, y reconstruimos y discutimos posibles rutas de dispersión a través de la Amazonia occidental, a través de los Andes y hacia América Central.

DESARROLLO DE NICHOS ESPECÍFICOS DE CACAO CON ALTA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD SENSORIAL: EXPERIENCIA ECUATORIANA

Rey Loor Solórzano

Rey Loor et al.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Resumen

Uno de los pilares fundamentales en los que se basa hoy en día el desarrollo de la cacaocultura ecuatoriana, es el aprovechamiento de sus recursos genéticos disponibles. Con esta visión, desde el año 1997 se diseñaron nuevas estrategias de mejoramiento genético con el objetivo de: a) obtener nuevos materiales genéticos con elevada producción y calidad organoléptica; y b) Potenciar el desarrollo de nuevos nichos de producción en áreas no tradicionales del cultivo. Para esto, un equipo multidisciplinario de trabajo ha venido combinando esfuerzos de investigación en las áreas de: mejoramiento convencional (cruzamientos), biología molecular, calidad organoléptica del grano (físico, químico y sensorial) y más recientemente también de tipo arqueológico, con el propósito de alcanzar los objetivos propuestos. El primer objetivo se empezó a cumplir desde el año 2009 con la liberación comercial de 4 clones altamente productivos, 2 para la Provincia de Manabí y 2 para la Provincia de Santa Elena, convirtiéndose esta última provincia a la época actual, en la región del país donde se evidencia los niveles más altos de producción de cacao fino por hectárea, en base al material genético liberado por INIAP. El resultado anterior, se consolidó en el año 2016, con la entrega de 2 nuevos clones que inclusive superan en producción a nuestro referente territorial (el clon CCN-51). Al momento, se han obtenido nuevos resultados, con base en los cuales se planifica la entrega de dos nuevos clones de alta producción para finales del 2018 y que serán específicos para otra región cacaotera del Ecuador. El segundo objetivo también se está materializando con la identificación de zonas con potencial para la producción de nuevos cacaos especiales y de manera particular en la amazonia ecuatoriana, en donde se han realizado hasta el momento 3 prospecciones en la región sur con el propósito de aprovechar al máximo la diversidad natural presente en la zona. Este accionar, ha permitido rescatar valiosos recursos genéticos, que están siendo conservados en colecciones de campo y a partir de los cuales, se están obteniendo resultados que permiten de manera preliminar avizorar en el mediano plazo, la entrega de nuevo material genético capaz de producir cacaos especiales con propiedades sensoriales diferentes al típico “Sabor Arriba” y en zonas no tradicionales del cultivo que reúnen condiciones agro-bioclimáticas y sociales con potencial para constituirse en nuevos y particulares nichos de producción.

Abstract

One of the fundamental pillars for the development of Ecuadorian cacao farming is the use of its available genetic resources. With this vision, new strategies for genetic improvement have been designed since 1997 with the aims of obtaining new genetic materials with high production levels and organoleptic qualities and promoting the development of new production niches in non-traditional areas of cultivation. For this purpose, a multidisciplinary team has been combining research efforts in the areas of conventional breeding (crossings), molecular biology and organoleptic quality of the grain (physical, chemical and sensory) and more recently also from the archaeological point of view, with the purpose of achieving the objectives proposed. The first objective began to be reached after 2009 with the commercial release of four highly productive clones (two for the Manabi province and two for the Santa Elena province). Santa Elena province is currently the region with the highest levels of fine cocoa production per hectare in the country, thanks to the genetic material released by INIAP. This result was consolidated in 2016, with the delivery of two new clones whose production even exceeds our territorial standard (CCN-51 clone). At the moment, new results have been obtained and based on them the delivery of two highly productive new clones is planned for late 2018 in a specific cocoa-producing region of Ecuador. The second objective is also being fulfilled with the identification of potential areas for the production of new special cocoas, particularly the Ecuadorian Amazon, where

three explorations have been carried out in the southern region so far in order to take advantage of the natural diversity of the area. This action has rescued valuable genetic resources that are kept in field collections. The results obtained so far show in a preliminary way that in the medium term the delivery of new genetic material is capable of producing special cocoas with sensory properties different from the typical "Arriba" flavor in non-traditional crop areas that combine agro-bioclimatic and social conditions with the potential to become new and particular production niches.

Résumé

Un des piliers fondamentaux sur lesquels est fondé aujourd'hui le développement de la culture du cacao en Équateur est l'exploitation des ressources génétiques disponibles. Dans cette perspective, depuis l'année 1997 de nouvelles stratégies d'amélioration génétique ont été conçues en vue a) d'obtenir nouveau matériel génétique en quantité suffisante et de haute qualité organoleptique; et b) d'intensifier le développement de nouvelles niches de production dans des domaines de culture non traditionnels. Pour atteindre cet objectif, une équipe pluridisciplinaire de travail a conjugué ses efforts de recherche dans les domaines d'amélioration conventionnelle (croisements), amélioration moléculaire, qualité organoleptique du grain (physique, chimique et sensoriel) et, plus récemment de type archéologique, en vue d'accomplir les objectifs proposés. Le premier objectif commence à être atteint depuis 2009 avec la libération commerciale de quatre clones hautement productifs, deux pour la province de Manabí et deux autres pour la province de Santa Elena, cette dernière étant devenue à présent la région du pays où la production de cacao par hectare est la plus élevée, compte tenu du matériel génétique libéré par INIAP. Le résultat précédent s'est consolidé en 2016 avec la livraison de deux nouveaux clones dont la production dépasse même celle de notre référence territoriale (le clone CCN-51). À présent de nouveaux résultats ont été obtenus, grâce auxquels on prévoit pour la fin de l'année 2018 la livraison de deux nouveaux clones à haute production, destinés spécifiquement pour la région cacaoyère de l'Équateur. Le deuxième objectif se concrétise à présent avec l'identification des zones potentiellement utilisables pour la production de nouveaux cacaos spéciaux, tout particulièrement dans l'Amazonie équatoriale où jusqu'à présent trois projections ont été réalisés dans la région du sud, dans le but de profiter au maximum de la diversité naturelle présente dans cette zone-là. Ces actions ont permis de récupérer d'importantes ressources génétiques, lesquelles sont en train d'être sauvegardées dans des collections de terrain et à partir desquelles on est en train d'obtenir des résultats permettant de façon préliminaire d'envisager à moyen terme la livraison de nouveau matériel génétique capable de produire des cacaos spéciaux avec des propriétés sensorielles différentes para rapport au "Sabor Arriba" typique, dans des zones agricoles non traditionnelles et dans des conditions agro-bioclimatiques et sociales présentant un potentiel idéal pour devenir de nouveaux et tout particuliers niches de production.

THEMATIC 2: AGRONOMIC OR CROP SYSTEMS

MODIFYING MICRO-ENVIRONMENTAL GROWING CONDITIONS FOR THE CACAO TREE BY SHADE TREE PRUNING

Wiebke Niether

Laura Armengot, Christian Andres, Monika Schneider, Gerhard Gerold
University of Goettingen

Abstract

Cacao production systems are characterized by the occurrence of associated trees, the total stem density, the number of species, and the ecosystem services they provide. In a long term field trial in Alto Beni, Bolivia, comparing five cacao production systems, we monitored microclimatic differences at 1 m height between a cacao monoculture and two types of agroforestry systems with a fallow as a natural control. Cacao trees were spaced 4 by 4 m, trees were placed between the cacao rows in the agroforestry systems. Tree management included a regular cacao and shade tree pruning. We analyzed the effects of the main annual pruning on canopy openness, light and throughfall reduction, temperature fluctuations and vapor pressure deficits within the stand over two pruning sessions by comparing monocultures and agroforestry systems. In agroforestry systems, trees reduced the radiation reaching the understory cacao tree due to their canopy cover, and intercepted precipitation. Under the agroforestry canopy it was cooler and the trees were less exposed to vapor pressure deficits. The annual main pruning increased the canopy openness in an agroforestry system from 10 % to 31 %, photon flux density from 15 % to 63 % of total above canopy radiation and throughfall rate to the same level as in the monoculture while the stem density and tree species number of the agroforestry systems were maintained as before pruning. On the other hand, temperature fluctuation were not buffered anymore and vapor pressure deficit increased as high as in the monoculture. Canopy openness decreased with increasing stem number. A high stem density and a closed canopy cover can cause light deficiency for the cacao tree, when radiation is reduced below the necessities for full photosynthesis. And that, in turn, affects productivity and yield. Pruning is an effective practice to manage the microclimatic conditions within the cacao production system without decreasing the number of stems in a stand. Especially under the viewpoint of climate change with increasing temperature and changes in precipitation patterns in cacao producing countries, agroforestry systems will provide less stressful conditions for the cacao tree and by pruning the light requirements can be managed. But the pruning intensity has to be adapted to local and seasonal climatic conditions to manage the ecosystem services of a shade tree canopy in favor of the cacao without losing its buffering function.

Résumé

Les systèmes de production de cacao sont caractérisés par la présence d'arbres associés, la densité totale de la tige, la quantité d'espèces et les services écosystémiques qu'ils fournissent. Dans un test de terrain à Alto Beni, en Bolivie, en comparant cinq ensembles de production de cacao, nous surveillons les différences microclimatiques à 1 m de hauteur entre des monocultures de cacao et deux types de systèmes d'agroforesterie avec un terrain vacant pour faire office de contrôle naturel. Les cacaoyers ont été espacés tous les 4 mètres, les arbres ont été placés parmi les rangées de cacao dans les systèmes agroforestiers. La gestion des arbres comprenait une taille régulière du cacao et des arbres d'ombrage. Nous analysons les effets de la principale taille annuelle sur l'ouverture de la canopée, la baisse de la lumière et la chute, les fluctuations de température et les déficits de pression de vapeur à l'intérieur de l'enclos pendant deux séances d'élagage en comparant les monocultures et l'agroforesterie. Dans les systèmes agroforestiers, les arbres ont réduit le rayonnement qui atteignait le cacaoyer du sous-bois en raison de la couverture de la canopée et des précipitations interceptées. Sous la canopée agroforestière, il faisait plus frais et les arbres étaient moins exposés aux déficits de pression de la vapeur. La taille annuelle principale a augmenté l'ouverture de la canopée dans l'agroforêt de 10% à 31%,

la densité des flux de photons de 15% à 63% du total de La voûte de rayonnement et le taux de chute au même niveau que dans le la monoculture tandis que la densité de la tige et le nombre d'espèces d'arbres dans les systèmes agroforestiers sont restés comme avant la taille. D'autre part, la fluctuation de la température n'était plus atténuée et le déficit de pression de vapeur augmentait autant qu'en monoculture. L'ouverture de la canopée diminue avec l'augmentation du nombre de rejets. La haute densité de la tige et une canopée fermée peuvent causer une carence en lumière de l'arbre de cacao, lorsque le rayonnement est réduit en dessous des besoins de la photosynthèse complète. Et cela, à son tour, affecte la productivité et la performance. L'élagage est une pratique efficace pour gérer les conditions microclimatiques dans le système de production du cacao sans diminuer le nombre de tiges sur un support. Surtout du point de vue du changement climatique avec l'augmentation de la température et les changements des régimes de précipitations dans les pays producteurs de cacao, les systèmes agroforestiers offrent des conditions moins stressantes pour l'arbre de cacao et de plus en élaguant on peut gérer les exigences en lumière. Mais l'intensité de la taille doit être adaptée aux conditions climatiques locales et saisonnières pour gérer les services de l'écosystème d'un voile d'ombre pour le cacao sans perdre sa fonction d'amortissement.

Resumen

Los sistemas de producción de cacao se caracterizan por la presencia de árboles asociados, la densidad total del tallo, la cantidad de especies y los servicios ecosistémicos que proporcionan. En una prueba de campo a largo plazo en Alto Beni, Bolivia, al comparar cinco sistemas de producción de cacao, monitoreamos las diferencias microclimáticas a 1 m de altura entre un monocultivo de cacao y dos tipos de sistemas agroforestales con un terreno baldío como control natural. Los árboles de cacao se espaciaron 4 por 4 m, los árboles se colocaron entre las filas de cacao en los sistemas agroforestales. El manejo de los árboles incluía una poda regular de cacao y árboles de sombra. Analizamos los efectos de la poda anual principal sobre la apertura del dosel, la reducción de la luz y la caída, las fluctuaciones de temperatura y los déficits de presión de vapor dentro del rodal durante dos sesiones de poda mediante la comparación de monocultivos y sistemas agroforestales. En los sistemas agroforestales, los árboles redujeron la radiación que llegaba al árbol de cacao del sotobosque debido a su cobertura del dosel y la precipitación interceptada. Bajo el dosel agroforestal estaba más fresco y los árboles estaban menos expuestos a los déficits de presión de vapor. La poda principal anual aumentó la apertura del dosel en un sistema agroforestal del 10% al 31%, la densidad del flujo de fotones del 15% al 63% del total sobre la radiación del dosel y la tasa de caída al mismo nivel que en el monocultivo mientras que la densidad del tallo y el número de especies de árboles de los sistemas agroforestales se mantuvo como antes de la poda. Por otro lado, la fluctuación de temperatura ya no se amortiguaba y el déficit de presión de vapor aumentaba tan alto como en el monocultivo. La apertura del dosel disminuyó al aumentar el número de vástagos. Una alta densidad del tallo y una cubierta cerrada del dosel pueden causar una deficiencia de luz para el árbol de cacao, cuando la radiación se reduce por debajo de las necesidades para la fotosíntesis completa. Y eso, a su vez, afecta la productividad y el rendimiento. La poda es una práctica efectiva para manejar las condiciones microclimáticas dentro del sistema de producción de cacao sin disminuir el número de tallos en un soporte. Especialmente bajo el punto de vista del cambio climático con el aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de precipitación en los países productores de cacao, los sistemas agroforestales proporcionarán condiciones menos estresantes para el árbol de cacao y además, al podar los requisitos de luz se pueden manejar. Pero la intensidad de la poda debe adaptarse a las condiciones climáticas locales y estacionales para gestionar los servicios del ecosistema de un dosel de sombra en favor del cacao sin perder su función de amortiguación.

HOW HABITAT HETEROGENEITY AFFECTS POLLINATOR'S COMMUNITIES IN COCOA-BASED AGROFORESTRY SYSTEMS?

Olivier Deheuvels

Lucienne De Waal, Leila Bagny-Beilhe

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

In the humid tropics, a significant amount of the agricultural landscape where cocoa (*Theobroma cacao*) is grown is managed as agroforestry systems. As pressure to intensify cocoa production is increasing, the current worldwide trend for the intensification of cocoa production aims at significant reductions of the shade canopy. However, this trend implies losing the potential to produce valuable ecosystem services. Among those services, pollination is a limiting factor of cocoa production that has been investigated in the 70's and 80's essentially by trapping methods. The genus *Forcypomia* sp. is acknowledged to be the main insect responsible for cocoa pollination, when other insects such as ants and *Trips* sp. would play a secondary role. Regulation and habitat provision for cocoa pollinating insect communities are poorly documented in the literature. Most pollinating species are known from trapping methods in the immediate surroundings of the tiny cocoa flowers and no study has succeeded so far in observing and describing the insects actually visiting the inside of the cocoa flowers. In this investigation, we characterized habitats for pollinating insects at plot scale, in a 3ha cocoa-based agroforestry system located in the Peruvian Amazon. Local climate, topography, leaf litter's biomass, composition and water content, cocoa trees and associated plant diversity and structure, were described, as well as farmer's practices. Based on habitats characterization, we compared the pollinating insects' communities of two contrasted habitats within the same plot. We used a digital video recording system that allowed us to monitor and record all insects visiting cocoa from 6:30 am to 05:30 pm during the main flowering season. Each habitat was sampled in 2 or 3 different locations when possible and 20 to 30 flowers were monitored in each repetition, resulting in a total amount of 180 monitored flowers. Our results showed that the diversity and the frequency of insects visiting cocoa flowers are influenced by habitat quality. The heterogeneity of habitat often found in cocoa-based agroforestry system is mostly due to farmer's practices relying on opportunistic shade management. Pollinating insects' communities do not always rely specifically on the *Forcypomia* genus but rather depend on habitat quality. These results open good perspectives for the ecological intensification of cocoa production in Agroforestry Systems.

Résumé

Dans les tropiques humides, une grande quantité de paysages agricoles où l'on cultive le cacao (*Theobroma cacao*) est traitée comme un système agroforestier. Au fur et à mesure que la pression pour intensifier la production du cacao augmente, la tendance mondiale pour l'intensification de la production de cacao vise des réductions significatives du baldaquin d'ombre. Cependant, cette tendance implique la perte du potentiel de produire des services écosystémiques précieux. La pollinisation est, parmi ces services, un facteur limitant de la production de cacao qui a fait l'objet de recherches dans les années 70 et 80 notamment pour des méthodes de capture. Le genre *Forcypomia* sp. est reconnu comme l'insecte principal responsable de la pollinisation du cacao, lorsque d'autres insectes tels que les fourmis et les *Trips* sp. joueraient un rôle secondaire. La régulation et la provision d'habitat pour les communautés d'insectes pollinisateurs du cacao sont peu documentées dans la littérature. La plupart des espèces pollinisatrices sont connues par les méthodes de capture dans l'entourage immédiat des fleurs de cacao minuscules et aucune étude n'a eu de succès jusqu'à ce jour en matière d'observation et de description d'habitat des insectes qui visitent l'intérieur des fleurs de cacao. Dans cette recherche, nous caractérisons des habitats pour des insectes pollinisateurs à l'échelle d'une parcelle, dans un système agroforestier de trois hectares basé sur le cacao établie en l'Amazonie péruvienne. On a décrit donc le climat local, la topographie, la biomasse, les feuilles mortes, la composition et le contenu d'eau, les cacaotiers, la diversité et la structure des plantes associées, ainsi

que les pratiques des agriculteurs. En nous basant sur la caractérisation des habitats, nous comparons les communautés des insectes pollinisateurs des deux habitats contrastés dans la même parcelle. Nous avons utilisé un système d'enregistrement de vidéo numérique qui nous a permis de surveiller et d'enregistrer tous les insectes qui rendent visite au cacao de 6:30 à 17h30 pendant la saison principale de floraison. Chaque habitat a été échantillonné à deux ou trois endroits différents lorsque cela a été possible et l'on a surveillé de 20 à 20 fleurs lors de chaque répétition, ayant comme résultat un nombre total de 180 fleurs surveillées. Nos résultats ont démontré que la diversité et la fréquence des insectes qui visitaient les fleurs de cacao sont influencées par la qualité de l'habitat. L'hétérogénéité de l'habitat qui se trouve souvent dans le système agroforestier basé sur le cacao est due notamment aux pratiques des agriculteurs qui dépendent du traitement opportuniste de l'ombre. Les communautés des insectes pollinisateurs ne dépendent pas toujours du genre *Forcypomia*, mais elles dépendent plutôt de la qualité de l'habitat. Ces résultats ouvrent des bonnes perspectives pour l'intensification écologique de la production du cacao dans des systèmes agroforestiers.

Resumen

En los trópicos húmedos, una gran cantidad del paisaje agrícola donde se cultiva el cacao (*Theobroma cacao*) se maneja como sistemas agroforestales. A medida que aumenta la presión para intensificar la producción de cacao, la tendencia mundial actual para la intensificación de la producción de cacao apunta a reducciones significativas del dosel de sombra. Sin embargo, esta tendencia implica perder el potencial de producir servicios ecosistémicos valiosos. Entre esos servicios, la polinización es un factor limitante de la producción de cacao que se ha investigado en los años 70 y 80 esencialmente por métodos de captura. El género *Forcypomia* sp. es reconocido como el principal insecto responsable de la polinización del cacao, cuando otros insectos como hormigas y *Trips* sp. jugarían un papel secundario. La regulación y la provisión de hábitat para las comunidades de insectos polinizadores del cacao están poco documentadas en la literatura. La mayoría de las especies polinizadoras son conocidas por los métodos de captura en el entorno inmediato de las diminutas flores de cacao y ningún estudio ha tenido éxito hasta el momento en la observación y descripción de los insectos que visitan el interior de las flores de cacao. En esta investigación, caracterizamos hábitats para insectos polinizadores a escala de parcela, en un sistema agroforestal de 3 hectáreas basado en el cacao ubicado en la Amazonía peruana. Se describieron el clima local, la topografía, la biomasa de la hojarasca, la composición y el contenido de agua, los árboles de cacao y la diversidad y estructura de las plantas asociadas, así como las prácticas de los agricultores. Con base en la caracterización de hábitats, comparamos las comunidades de insectos polinizadores de dos hábitats contrastados dentro de la misma parcela. Usamos un sistema de grabación de video digital que nos permitió monitorear y registrar a todos los insectos que visitaban el cacao de 6:30 a.m. a 5:30 p.m. durante la temporada principal de floración. Cada hábitat se muestreó en 2 o 3 lugares diferentes cuando fue posible y se monitorearon de 20 a 30 flores en cada repetición, dando como resultado una cantidad total de 180 flores monitoreadas. Nuestros resultados mostraron que la diversidad y la frecuencia de los insectos que visitan las flores de cacao están influenciadas por la calidad del hábitat. La heterogeneidad del hábitat que a menudo se encuentra en el sistema agroforestal basado en el cacao se debe principalmente a las prácticas de los agricultores que dependen del manejo oportunista de la sombra. Las comunidades de insectos polinizadores no siempre dependen específicamente del género *Forcypomia*, sino que dependen de la calidad del hábitat. Estos resultados abren buenas perspectivas para la intensificación ecológica de la producción de cacao en Sistemas Agroforestales.

ECOFISIOLOGÍA DEL CACAO BAJO EL EFECTO DEL MANEJO DEL DOSEL EN ANTIOQUIA, COLOMBIA.

Martin Villa

Universidad Nacional de Colombia

Resumen

Esta investigación se realizó para conocer el efecto del manejo de la arquitectura del dosel sobre la ecofisiología del cacao, especialmente en el intercambio gaseoso en la fase vegetativa del cultivo. Este estudio es uno de los primeros relacionados con el crecimiento plagiotrópico y ortotrópico del dosel del cacao. Los resultados mostraron que existen grandes similitudes entre las dos formas de manejo del dosel; sin embargo, el déficit hídrico tuvo un alto efecto en las variables estudiadas. Se encontró una fuerte regulación en el intercambio de gases; con un alto grado de cierre estomático: $5,9 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, se reguló la pérdida de agua por transpiración: $0,23 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y de manera eficiente, se aprovechó la captura de CO_2 , con las más altas tasas de fotosíntesis: $17,5 - 18,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, como estrategia adaptativa de estos clones a condiciones adversas.

Abstract

This investigation was carried out in order to know the effect of the use of canopy architecture on the ecophysiology of cocoa, especially in terms of gas exchange during the vegetative phase of the crop. This is one of the first studies related to the plagiotropic and orthotropic growth of the cacao canopy. The results showed great similarities between the two forms of handling the canopy. However, the water deficit had a high effect on the variables studied. A strong regulation in the exchange of gases was found with a high degree of stomatal closure ($5.9 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), the loss of water was regulated through transpiration ($0.23 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and CO_2 capture was efficient with the highest photosynthesis rates ($17.5 - 18.1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) as an adaptive strategy of these clones to adverse conditions.

Résumé

Cette recherche a été menée pour connaître l'effet de l'aménagement de l'architecture de la canopée sur l'écophysologie du cacao, surtout dans l'échange gazeux dans la phase végétative de la plantation. Cette étude est une des premières en relation avec la croissance plagiotropique et ortotropique de la canopée du cacao; néanmoins, le déficit hydrique a eu un grand effet sur les variables étudiées. On a trouvé une forte régulation de l'échange des gaz ; avec un degré élevé de fermeture des stomates : $5,9 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, régulation de la perte d'eau par transpiration: $0,23 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ et de manière efficace, on a profité la capture de CO_2 , avec les taux les plus élevés de photosynthèse: $17,5 - 18,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, comme stratégie adaptative de ces clones aux conditions adverses.

LA PODA Y LA PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Eduardo Gutiérrez Brito

Edna Ivonne Leiva Rojas, Ramiro Ramírez P.

Universidad Nacional de Colombia

Resumen

Entre las prácticas culturales para el manejo del cultivo de cacao se destaca la poda, labor ampliamente reportada en la literatura, pero resulta ambigua cuando se carece de criterios para su implementación y no se cuenta con indicadores que permitan evaluar su resultado. Se estudió la relación entre la poda y el comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao, en árboles de 8 años de edad en los clones universales CCN-51 e ICS-95, ubicados en zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T). Los tratamientos correspondieron a referencia, adecuación, 25%, 50% y 75% poda del dosel. En el tratamiento referencia se efectuó poda apical dejando los árboles a 4 m de altura, se retiraron hojas del área productiva hasta 1 m, la poda de adecuación se realizó a partir del manejo de referencia; a partir de la poda de adecuación se realizaron tres intensidades de poda correspondientes a la eliminación del 25%, 50% y 75% de dosel. La poda incidió en el índice de área foliar con diferencias significativas entre tratamientos en cada clon, las variables reproductivas presentaron diferencias significativas en frutos de 2 a 4 meses y el peso de grano fermentado y seco presentó diferencias significativas entre los clones y tratamientos, el peso de grano de cacao fermentado y seco se reduce significativamente al incrementar la intensidad de poda. Es así como, el tratamiento referencia que cuenta con la mayor área foliar se relaciona con incrementos en la retención de flores, pepinos, frutos de 2 a 4 meses y tendencia al incremento de frutos cosechables, con bajo índice de mazorca y mayor índice de grano.

Abstract

Pruning stands out as one of the cultural practices for the cultivation of cacao. It has been widely reported in literature, but it is ambiguous when there are no implementation criteria and when there are no indicators to evaluate its results. The relationship between pruning and the vegetative and reproductive behavior of cacao was studied in 8-year-old trees with universal clones CCN-51 and ICS-95 located in the tropical wet forest life zone. The treatments were referencing, adaptation and 25%, 50% and 75% pruning of the canopy. During referencing, apical pruning was carried out, trees were cut 4 m high and leaves were removed from the productive area up to 1 m high. Adaptation pruning was carried out based on referencing. After adaptation pruning, pruning was performed at three intensities (elimination of 25%, 50% and 75% of the canopy). Pruning had an impact on the leaf area index with significant differences between treatments for each clone, reproductive variables had significant differences in 2 to 4 month-fruits and the weight of fermented and dry grain had significant differences between clones and treatments. The weight of fermented and dry cocoa beans is significantly reduced when pruning intensity is increased. Thus, the referencing treatment with the largest leaf area is related to a higher retention of flowers, pods, 2 to 4 month-fruits and a tendency to the increase of harvestable fruits, with a low bud index and a higher grain index.

Résumé

Parmi les pratiques culturelles pour la gestion de la plantation de cacao il faut souligner la taille, travail amplement détaillé dans la littérature, mais que résulte ambigu s'il n'y a pas d'indicateurs qui permettent d'évaluer le résultat. On a étudié la relation entre la taille et le comportement végétatif et reproductif du cacao, dans des arbres âgés de 8 ans dans les clones universels CCN-51 et ICS-95, situés dans des zones de forêt tropicale humide (bhT).

Les traitements correspondaient à la référence, adéquation, 25%, 50% et 75% de taille de la canopée. Dans le traitement référence on a effectué une taille apical laissant les arbres à 4 m de hauteur, on a retiré les feuilles de la zone productive de jusqu'à 1 m, la taille d'adéquation a été faite à partir de la gestion de référence ; partant de la taille d'adéquation on a suivi trois différentes intensités de taille correspondantes à l'élimination du 25%, 50% et 75% de la canopée. La taille a commencé sur l'index de la surface foliaire avec différences importantes entre traitements sur chaque clone, les variables reproductives ont présenté des différences significatives en fruits de 2 à 4 mois et le poids de la graine fermentée et sèche a présenté des différences importantes entre les clones et les traitements, le poids de la graine de caco fermenté et sec s'est notablement réduit si on augmente l'intensité de la taille. De même, le traitement référence qui avait la surface foliaire plus grande montre des augmentations dans la rétention de fleurs, concombres, fruits de 2 à 4 mois et tendance à l'accroissement de fruits récoltables, avec un indice inférieur de cabosse et un indice plus haut de graines.

SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CACAO DOMESTICADOS Y SILVESTRES TOLERANTES A SUELOS ÁCIDOS EN EL PERÚ

Enrique Arévalo-Gardini

Abel Farfán-Pinedo, Cesar Oswaldo Arévalo-Hernández, Virupax C Baligar
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

La acidez del suelo y toxicidad de aluminio son los factores más limitantes del crecimiento y productividad de los cultivos en el mundo. Alrededor de 70% del territorio peruano está compuesto por suelos ácidos. Con la finalidad de seleccionar genotipos de cacao tolerantes a acidez del suelo, se estableció un ensayo bajo condiciones de vivero en EE-Juan Bernito, del Instituto de Cultivos Tropicales - ICT, ubicado en la provincia y región San Martín, a 06.51° de latitud sur y 76.01° de longitud oeste, altitud 333 m.s.n.m. 60 genotipos de cacao domesticados [Colecciones: ICT (15 genotipos), Brasileira (15 genotipos), Internacional (15 genotipos)] y silvestres (15 genotipos), procedentes del Banco de germoplasma de cacao del ICT. Se cultivaron en macetas por un periodo de seis meses; distribuidos bajo parcelas divididas con tres repeticiones: Parcelas principales dos tratamientos (pH= 4.7 / saturación de aluminio a 30 % y pH= 5.8 / saturación de aluminio < 0.25 %) y sub parcelas (60 genotipos). Se evaluó el efecto de la acidez de suelo y saturación de aluminio sobre el crecimiento, composición química y estrés fisiológico, expresado por el Índice de tolerancia a suelos ácidos (ITSA). En ambos tratamientos se mantuvo el suelo a capacidad de campo (33 Kpa) cercano al potencial hídrico de la planta. 60% de los genotipos evaluados fueron tolerantes: ICS-1, CCN-51, CEPEC-2002, BS-01, ICT-2142, ICS-95, ICT-1026, UF-613, CP-53-C10, entre otros, estos reflejan mayor biomasa seca por su mejor actividad fisiológica en condiciones de acidez de suelo. 33% fueron moderadamente tolerantes destacan ICT-1092, ICT-2172 e ICT-2171, Pound-12, ISC-6, AYP-15, PAS-100 entre otros. 7% resultaron sensibles a suelos ácidos: UNG-76, UNG-77, UGU-126 y AYP-20. El análisis estadístico mostró que las variables conductancia estomática y biomasa seca total son los factores más importantes en la clasificación de cacao como tolerantes, moderadamente tolerantes y sensibles a la acidez del suelo. Por lo tanto, estas variables son cualidades o características de las plantas, confiables en la selección de genotipos y/o accesiones de cacao tolerantes a la acidez del suelo. A partir de los resultados obtenidos, la magnitud de absorción y transporte de nutrientes esenciales en los genotipos de cacao están influenciados por el nivel de toxicidad de aluminio en el crecimiento y la capacidad de los genotipos de cacao para tolerar la toxicidad de aluminio.

Abstract

Soil acidity and aluminum toxicity are the most limiting factors for growth and productivity of crops worldwide. About 70% of the Peruvian territory has acidic soils. In order to select cacao genotypes which are tolerant to soil acidity, a trial was established under vivarium conditions in Juan Bernito Experimental Station of the Institute of Tropical Crops (ICT) located in the San Martin province and region (06.51° South latitude and 76.01° West longitude, 333 m.a.s.l altitude). 60 domesticated cocoa genotypes [Collections: ICT (15 genotypes), Brazilian (15 genotypes), international (15 genotypes)] and 15 wild cocoa genotypes from the ICT cocoa germplasm bank were cultivated in pots for a period of six months. They were distributed in divided parcels with three repetitions: main parcels, two treatments (pH = 4.7 / 30% aluminum saturation and pH = 5.8 / 0.25% aluminum saturation) and sub-parcels (60 genotypes). The effects of soil acidity and aluminum saturation on growth, chemical composition and physiological stress as expressed by the acid soil tolerance index were evaluated. In both treatments the soil was maintained at a field capacity (33 Kpa) close to the water potential of the plant. 60% of the evaluated genotypes were tolerant (ICS-1, CCN-51, CEPEC-2002, BS-01, ICT-2142, ICS-95, ICT-1026, UF-613 and CP-53-C10, among others). They reflect a higher dry biomass due to a better physiological activity under acidic soil conditions. 33% of them were moderately tolerant (ICT-1092, ICT-2172 and ICT-2171, Pound-12, ISC-6, AYP-15 and PAS-100, among others). 7% were sensitive to acidic soils (UNG-76, UNG-77, UGU-126 and AYP-20). The statistical

analysis showed that the stomatal conductance and total dry biomass variables are the most important factors for the classification of cocoa as tolerant, moderately tolerant or sensitive to soil acidity. Therefore, these variables are characteristics of the plants and they are reliable for the selection of genotypes and / or cocoa accessions which are tolerant to soil acidity. From the results obtained, the magnitude of absorption and the transport of essential nutrients in cocoa genotypes are influenced by the level of aluminum toxicity during growth and the ability of cocoa genotypes to tolerate aluminum toxicity.

Résumé

L'acidité du sol et la toxicité de l'aluminium sont les plus grandes contraintes pour la croissance de la productivité des cultures dans le monde. Près du 70% du territoire du Pérou est composé de sols acides. Afin de faire la sélection de génotypes du cacao résistants aux sols acides, on a établi un essai sous des conditions de pépinière à la Station Expérimentale Juan Bernito, de l'Institut de Cultures Tropicales - ICT, située dans la province et région de San Martín, à 06.51° latitude sud et 76.01° de longitude ouest, altitude 333 m.s.n.m. 60 génotypes de cacao domestiqués [Collections: ICT (15 génotypes), Brésilien (15 génotypes), International (15 génotypes)] et sauvage (15 génotypes), provenant de la Banque de germoplasme du cacao de l'ICT. Ils ont été placés dans des pots pendant six mois ; distribués sous parcelles divisées avec trois répétitions : Parcelles principales deux traitements (pH= 4.7 / saturation aluminium à 30 % et pH= 5.8 / saturation aluminium < 0.25 %) et sous-parcelles (60 génotypes). On a fait l'évaluation de l'effet de l'acidité du sol et la saturation de l'aluminium sur la croissance, la composition chimique et le stress physiologique, exprimés par un index de résistance aux sols acides (ITSA). Dans les deux traitements le sol a été maintenu à la capacité des champs (33Kpa) proche au potentiel hydrique de la plante. 60% des génotypes évalués a été résistant: ICS-1, CCN-51, CEPEC-2002, BS-01, ICT-2142, ICS-95, ICT-1026, UF-613, CP-53-C10, entre autres, ceux qui présentent une plus grande biomasse sèche en raison d'une meilleure activité physiologique dans des conditions de sol acide. 33% ont été moyennement résistants, surtout ICT-1092, ICT-2172 e ICT-2171, Pound-12, ISC-6, AYP-15, PAS-100 entre autres. 7% ont été sensibles aux sols acides : UNG-76, UNG-77, UGU-126 et AYP-20. L'analyse statistique a démontré que les variables de conductance stomatique et biomasse sèche totale sont les facteurs les plus importants dans la classification du cacao en tant que résistant, moyennement résistant et sensible à l'acidité du sol. Donc, ces variables sont des qualités ou caractéristiques des plantes, fiables dans la sélection de génotypes et/ou accessions de cacao résistantes à l'acidité du sol. Partant des résultats obtenus, le degré d'absorption et transport de nutriments essentiels dans le génotype du cacao sont influencés par le niveau de toxicité de l'aluminium pour la croissance et la résistance des génotypes à la toxicité de l'aluminium.

CHARACTERIZATION OF MICROBIAL COMMUNITY ISOLATED FROM COCOA CROP SOILS IN A PRODUCER REGION IN COLOMBIA, AS A CONTRIBUTION TO SOIL FERTILITY MANAGEMENT

Henry Cordoba Novoa

Paula Andrea Bermeo Fúquene, Esperanza Torres Rojas
Universidad Nacional de Colombia

Abstract

In Colombia, the cocoa crop (*Theobroma cacao* L.) has a high agronomic potential. However, it has a low productivity due in part to inefficient fertilization practices. Fertilization programs do not based on nutritional requirements neither the knowledge about edaphic microbial community, are a factor that limits the crop performance. Therefore, to characterize in morphological and molecular way the cultivable microbial community in soils, compost, and leaf litter in a cocoa crop in Nilo, Cundinamarca (Colombia) was the aim of this research. Bacteria and fungi associated to cellulolytic degradation, phosphate solubilization and nitrogen fixation were studied. Samples from an organic and conventional farm were collected including two kind of compost. LogUFC was determined to each sample; the founded morphotypes were isolated, characterized, and both cellulolytic and phosphates solubilization qualitative enzymatic activity was made. The molecular identification was carried out for promising morphotypes to cellulolytic and phosphate (tricalcium, iron, and aluminum phosphate) solubilization activity, and nitrogen fixing bacteria. Microbial abundance did not depend on fertilization kind. Of the 63 fungi with cellulolytic potential isolated, *Fusarium* sp. had the best result with 2.3 as hydrolysis factor. 38 fungi and 21 bacteria with P-solubilizing potential were tested. In tricalcium phosphate, *Ustilaginoidea* sp. and *Bacillus* sp. displayed the highest performance with 1.5 and 2.2 as solubilization factor, respectively. Regarding nitrogen fixing bacteria abundance, there were no differences between the two farms analyzed, being in both *Bacillus* sp. the potential fixer. This research allows highlighting the native microbial community role within carbon, phosphorus and nitrogen cycle as well as its contribution to the natural soil fertility and the cocoa crop productivity in this region.

Résumé

En Colombie, la culture du cacao (*Theobroma cacao* L.) a un potentiel agronomique élevé. Or, il a une basse productivité à cause, en partie, des pratiques de fertilisation inefficaces. Les programmes de fertilisation ne se basent ni sur les conditions nutritionnelles ni sur les connaissances sur la communauté microbienne édaphique, et ils constituent en plus un facteur qui limite la performance de la culture. Par conséquent, l'objectif de cette recherche a été de caractériser de manière morphologique et moléculaire la communauté microbienne dans les sols, le compost et les feuilles mortes dans une culture de cacao à Nilo, Cundinamarca (Colombie). Les bactéries et les champignons associés à la dégradation cellolitique, la solubilisation du phosphate et la fixation du nitrogène. Des échantillons ont été pris d'une ferme organique et conventionnelle qui inclut deux types de compost. L'on a déterminé le LogUFC pour chaque échantillon ; les morphotypes fondés ont été isolés et caractérisés et une activité enzymatique qualitative de solubilité cellolitique et de phosphates a été aussi menée (tricalcique, fer, phosphate d'aluminium) et de bactéries fixatrices de nitrogène. L'abondance microbienne n'a pas dépendu du type de fertilisation. Parmi les 63 champignons avec du potentiel cellolitique isolé, le *Fusarium* sp. a eu le meilleur résultat avec 2.3 comme facteur d'hydrolyse. 38 champignons et 21 bactéries au potentiel de solubilisation de P. en phosphate tricalcique, en *Ustilaginoidea* sp. et *Bacillus* sp. ont montré la performance la plus élevée avec 1.5 et 2.2 comme facteur de solubilisation, respectivement. Quant à l'abondance de bactéries fixatrices de nitrogène, il n'y a pas eu de différences entre les deux fermes analysées, le *Bacillus* sp. étant le possible fixateur pour les deux. Cette recherche permet de mettre en valeur le rôle de la communauté microbienne dans le cycle du Carbone, le phosphore et le nitrogène, ainsi que leur contribution à la fertilité du sol naturel et la productivité des cultures de cacao dans cette région.

Resumen

En Colombia, el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene un alto potencial agronómico. Sin embargo, tiene una baja productividad debido en parte a prácticas de fertilización ineficientes. Los programas de fertilización no se basan en los requisitos nutricionales ni el conocimiento sobre la comunidad microbiana edáfica y son un factor que limita el rendimiento del cultivo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar en forma morfológica y molecular a la comunidad microbiana cultivable en suelos, compost y hojarasca en un cultivo de cacao en Nilo, Cundinamarca (Colombia). Se estudiaron las bacterias y los hongos asociados a la degradación celulítica, la solubilización de fosfato y la fijación de nitrógeno. Se recogieron muestras de una granja orgánica y convencional que incluyen dos tipos de compost. Se determinó el LogUFC para cada muestra; los morfotipos fundados se aislaron, caracterizaron y se realizó una actividad enzimática cualitativa tanto de solubilidad celulolítica como de fosfatos. La identificación molecular se llevó a cabo por morfotipos prometedores para la actividad de solubilización celulolítica y fosfato (tricálcico, hierro y fosfato de aluminio) y bacterias fijadoras de nitrógeno. La abundancia microbiana no dependió del tipo de fertilización. De los 63 hongos con potencial celulolítico aislado, *Fusarium* sp. tuvo el mejor resultado con 2.3 como factor de hidrólisis. Se analizaron 38 hongos y 21 bacterias con potencial de solubilización de P. En fosfato tricálcico, *Ustilaginoidea* sp. y *Bacillus* sp. mostraron el rendimiento más alto con 1.5 y 2.2 como factor de solubilización, respectivamente. En cuanto a la abundancia de bacterias fijadoras de nitrógeno, no hubo diferencias entre las dos granjas analizadas, siendo *Bacillus* sp. el posible fijador para ambas. Esta investigación permite destacar el papel de la comunidad microbiana nativa en el ciclo del carbono, el fósforo y el nitrógeno, así como su contribución a la fertilidad del suelo natural y la productividad de los cultivos de cacao en esta región.

COMPARING PRODUCTIVITY AND PROFITABILITY OF AGROFORESTS AND MONOCULTURES IN BOLIVIA

Laura Armengot

Pietro Barbieri, France Christian Andres, Joachim Milz, Monika Schneider
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

Abstract

The global demand for cacao has increased. To meet this demand, the cultivated area has been expanded in tropical forest areas and production has intensified by replacing traditional agroforestry systems with monocultures. This has led to a loss of biodiversity in cacao growing areas. The implementation of more sustainable agricultural practices for cacao production such as organic farming and agroforestry systems depends on the profitability of such practices for the farmers. In this study, the productivity and profitability of agroforestry and full-sun monocultures (with 2 years of temporary shade with plantains) under organic and conventional farming are compared for the first five years of a newly established long-term trial in Alto Beni, Bolivia. Cacao and by-crops (plantain/banana) yields, costs, revenues, and labour demand were registered, and the return on labour, i.e. the return per working day, were estimated for each system. The results showed that yields of cacao were about 40% higher in the monocultures compared to the agroforestry systems. But the revenues derived from the sales of banana and plantains economically overcompensate for this difference. So, the return on labour across the years was roughly twice as high in the agroforestry systems compared to the monocultures, even though agroforestry systems were more work demanding than monocultures, mainly because the time needed to manage the shade trees. Efforts for developing and making markets accessible for the farmers to sale by-crops such as bananas or plantains is then capital to ensure the profitability of the agroforestry systems. Comparing organic and conventional management, cacao yields and return on labour were similar under both managements in the agroforestry systems. But in the monocultures, cacao yields were nearly 50% lower under organic farming. However, the return on labour was similar. This was mainly due to the lower cost of the organic management. These might have a strong implication for smallholder farmers, who usually hold limited savings and lack of access to credit. In addition, organic management was not more work demanding than conventional management.

Résumé

La demande mondiale du cacao a augmenté. Pour satisfaire cette demande, la zone cultivée s'est élargie dans des zones de forêt tropicale et la production s'est vue intensifiée en remplaçant les systèmes agro-forestiers traditionnels par des monocultures. Ceci a causé une perte de la biodiversité dans les zones de culture du cacao. La mise en place des pratiques agricoles les plus durables pour la production du cacao, tels que la culture organique et les systèmes agro-forestiers, dépend de la rentabilité de ces pratiques pour les agriculteurs. Dans cette étude l'on compare la productivité et la rentabilité des agro-forestiers et les monocultures en plein air (avec deux ans d'ombre temporaire avec des bananiers) dans des cultures organiques et conventionnelles pendant les cinq premières années d'un nouvel essai à long terme à Alto Beni, Bolivie. Les rendements ont été enregistrés, ainsi que les couts, les revenus et la demande de travail du cacao et des cultures secondaires (platane / banane) et l'on a estimé la rentabilité de la main d'œuvre, c'est-à-dire, le rendement par jour de travail pour chaque système. Les résultats ont montré que les rendements de cacao ont été environ 40% plus élevés dans les monocultures par rapport aux systèmes agro-forestiers. Or, les revenus issus des ventes de bananes et de platanes surcompensent économiquement cette différence. Donc, le rendement du travail à travers les années a été deux fois plus important dans les systèmes agro-forestiers par rapport aux monocultures, bien que les systèmes agro-forestiers nécessitent de plus de travail que les monocultures, notamment par le temps nécessaire pour traiter les arbres d'ombre. Les efforts pour développer et faire en sorte que les marchés soient accessibles pour les agriculteurs afin de vendre des produits secondaires tels que les bananes ou les platanes

sont donc vitaux pour assurer la rentabilité des systèmes agro-forestiers. Si nous comparons le traitement organique et conventionnel, les rendements de cacao et le rendement du travail ont été similaires dans les deux traitements des systèmes agro-forestiers. Or, dans les monocultures les rendements de cacao ont été presque 50% plus bas dans l'agriculture organique. Le rendement de travail a été néanmoins similaire. Ceci est dû principalement au coût moins élevé de la gestion organique. Ceci pourrait avoir une forte implication pour les petits agriculteurs, qui ont généralement des économies limitées et ne peuvent pas accéder à des crédits. En outre, la gestion organique n'exigeait pas plus de travail que la gestion conventionnelle.

Resumen

La demanda mundial de cacao ha aumentado. Para satisfacer esta demanda, el área cultivada se ha expandido en áreas de bosque tropical y la producción se ha intensificado al reemplazar los sistemas agroforestales tradicionales por monocultivos. Esto ha llevado a una pérdida de biodiversidad en las áreas de cultivo de cacao. La implementación de prácticas agrícolas más sostenibles para la producción de cacao, como la agricultura orgánica y los sistemas agroforestales, depende de la rentabilidad de tales prácticas para los agricultores. En este estudio, se comparan la productividad y la rentabilidad de los agroforestales y los monocultivos a pleno sol (con 2 años de sombra temporal con plátanos) en cultivos orgánicos y convencionales durante los primeros cinco años de un nuevo ensayo a largo plazo en Alto Beni, Bolivia. Se registraron los rendimientos, los costos, los ingresos y la demanda laboral de cacao y cultivos secundarios (plátano/banano) y se estimó la rentabilidad de la mano de obra, es decir, el rendimiento por día de trabajo para cada sistema. Los resultados mostraron que los rendimientos de cacao fueron aproximadamente 40% más altos en los monocultivos en comparación con los sistemas agroforestales. Pero los ingresos derivados de las ventas de bananos y plátanos sobrecompensan económicamente esta diferencia. Entonces, el rendimiento del trabajo a través de los años fue aproximadamente dos veces mayor en los sistemas agroforestales en comparación con los monocultivos, a pesar de que los sistemas agroforestales requerían más trabajo que los monocultivos, principalmente por el tiempo necesario para manejar los árboles de sombra. Los esfuerzos para desarrollar y hacer que los mercados sean accesibles para los agricultores a fin de vender cultivos secundarios como el banano o el plátano son entonces vitales para asegurar la rentabilidad de los sistemas agroforestales. Comparando el manejo orgánico y convencional, los rendimientos de cacao y el rendimiento del trabajo fueron similares bajo ambos manejos en los sistemas agroforestales. Pero en los monocultivos, los rendimientos de cacao fueron casi un 50% más bajos en la agricultura orgánica. Sin embargo, el rendimiento laboral fue similar. Esto se debió principalmente al menor costo de la gestión orgánica. Esto podría tener una fuerte implicación para los pequeños agricultores, quienes generalmente tienen ahorros limitados y falta de acceso al crédito. Adicionalmente, la gestión orgánica no exigía más trabajo que la gestión convencional.

MANAGEMENT AFFECTED FINE-ROOT GROWTH OF COCOA IN MONOCULTURES AND AGROFORESTRY SYSTEMS UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING AND OF ERYTHRINA SSP. IN CACAO AGROFORESTRY SYSTEMS

Wiebke Niether

Ulf Schneidewind, Monika Schneider, Gerhard Gerold
University of Goettingen

Abstract

Cacao is a tree with a shallow rooting system and often produced in association with shade trees. We were interested, if fine root net primary production and tissue quality are affected by the cacao production system, therefore we installed ingrowth donuts in proximity to cacao trees to measure root growth increment over a 12-month period in five cacao production systems, comprising monocultures and agroforestry systems, both under conventional and organic farming, and a successional agroforestry system. Additional ingrowth donuts were installed in conventional and organic agroforestry systems to measure the root growth of shade trees from the genus *Erythrina*. The ingrowth donuts had a total depth of 50 cm and were filled with root free soil material from the same site where they were placed. After one year the soil was removed separately for two depths. The dry weight of the root material (> 2 mm) was measured and analyzed for the carbon and nitrogen content. Root growth increment was compared with the increment of stem diameter for the same period. Around 80% of fine-roots collected beside cacao trees across all production systems were located in the upper 25 cm, the growth increment was three times higher in the organic monoculture and the agroforestry systems than in the conventional monoculture. The higher increment in fine-root growth in agroforestry systems was not reflected by an increase in cacao stem diameter in the same period. The growth increment of fine-roots collected beside *Erythrina* trees in agroforestry systems was in the same range as of the cacao fine-roots in the upper soil, while still 37% of *Erythrina* fine-roots were located in the lower soil depth. Cacao in agroforestry systems built up more fine roots in one year compared to a conventional monoculture that contributed to an increase in soil organic matter in agroforestry systems. The total amount of fine roots in agroforestry systems was much higher due to roots from shade trees also in the deeper layer that was less reached by the cacao rooting system. The higher root growth increment in the organic than in the conventional monoculture can be explained by growth of roots of the leguminous cover crops into the ingrowth donuts.

Résumé

Le cacao est un arbre avec un système racinaire superficiel et il est souvent produit en association avec des arbres d'ombrage. Nous nous sommes intéressés à si la production primaire nette de racines fines et la qualité des tissus sont affectées par le système de production du cacao, et nous avons donc placé des chenilles de croissance internes près des cacaoyers pour mesurer la croissance des racines sur une période de 12 mois dans cinq systèmes de production de cacao, composés de monocultures et de systèmes agroforestiers, à la fois dans l'agriculture conventionnelle et biologique, et d'un système agroforestier de succession. Des beignets de croissance interne supplémentaires ont été installés dans des systèmes agroforestiers conventionnels et organiques pour mesurer la croissance des racines des arbres d'ombrage du genre *Erythrina*. Les chenilles de croissance interne avaient une profondeur totale de 50 cm et étaient remplies de matériaux de sol sans racines provenant du même site où elles ont été placées. Au bout d'un an, le sol s'est éliminé de façon séparée sur deux profondeurs. Le poids sec du matériel racinaire (> 2 mm) a été mesuré et la teneur en carbone et en azote a été analysée. L'augmentation de la croissance racinaire a été comparée à l'augmentation du diamètre de la tige au cours de la même période. Environ 80% des racines fines recueillies avec les cacaoyers dans tous les systèmes de production se situaient dans les 25 cm supérieurs, l'augmentation de la croissance était trois fois plus élevée dans la monoculture biologique et les systèmes agroforestiers que dans la monoculture conventionnelle. La plus forte augmentation de la croissance des racines fines dans les systèmes agroforestiers ne s'est pas traduite par une

augmentation du diamètre de la tige de cacao au cours de la même période. L'augmentation de la croissance des racines fines collectées avec les *Erythrina* dans les systèmes agroforestiers était dans la même gamme que les racines fines du cacao dans le sol supérieur, alors que 37% des racines fines *Erythrina* se trouvaient dans la profondeur du sol le plus bas. Le cacao dans les systèmes agroforestiers a accumulé plus de racines fines en un an qu'une monoculture conventionnelle qui a contribué à une augmentation de la matière organique du sol dans les systèmes agroforestiers. La quantité totale de racines fines dans les systèmes agroforestiers était beaucoup plus élevée en raison des racines des arbres d'ombrage et également dans la couche la plus profonde qui était moins atteinte par le système d'enracinement du cacao. L'augmentation de la croissance racinaire plus élevée dans la monoculture biologique que dans la monoculture conventionnelle peut être expliquée par la croissance des racines des cultures de couverture légumineuses dans les chenilles de croissance interne.

Resumen

El cacao es un árbol con un sistema de raíces poco profundas y, a menudo, se produce en asociación con árboles de sombra. Nos interesamos si la producción primaria neta de raíces finas y la calidad del tejido se ven afectadas por el sistema de producción de cacao, por lo que instalamos rosquillas de crecimiento interno cerca de los árboles de cacao para medir el crecimiento de raíces en un período de 12 meses en cinco sistemas de producción de cacao, compuestos por monocultivos y sistemas agroforestales, tanto en agricultura convencional como orgánica, y un sistema agroforestal sucesional. Se instalaron rosquillas adicionales de crecimiento interno en sistemas agroforestales convencionales y orgánicos para medir el crecimiento de raíces de árboles de sombra del género *Erythrina*. Las rosquillas de crecimiento interno tenían una profundidad total de 50 cm y se rellenaron con material de suelo libre de raíces del mismo sitio donde se colocaron. Después de un año, el suelo se eliminó por separado para dos profundidades. Se midió el peso seco del material de raíz (> 2 mm) y se analizó el contenido de carbono y nitrógeno. El incremento del crecimiento de la raíz se comparó con el incremento del diámetro del tallo en el mismo período. Alrededor del 80% de las raíces finas recolectadas junto a los árboles de cacao en todos los sistemas de producción se ubicaron en los 25 cm superiores, el incremento de crecimiento fue tres veces mayor en el monocultivo orgánico y los sistemas agroforestales que en el monocultivo convencional. El mayor incremento en el crecimiento de raíces finas en los sistemas agroforestales no se reflejó en un aumento en el diámetro del tallo del cacao en el mismo período. El incremento de crecimiento de las raíces finas recolectadas junto a árboles *Erythrina* en los sistemas agroforestales estuvo en el mismo rango que las raíces finas del cacao en el suelo superior, mientras que todavía el 37% de las raíces finas *Erythrina* se ubicaron en la profundidad del suelo más bajo. El cacao en los sistemas agroforestales acumuló más raíces finas en un año en comparación con un monocultivo convencional que contribuyó a un aumento de la materia orgánica del suelo en los sistemas agroforestales. La cantidad total de raíces finas en los sistemas agroforestales fue mucho mayor debido a las raíces de los árboles de sombra también en la capa más profunda que fue menos alcanzada por el sistema de enraizamiento del cacao. El incremento de crecimiento de la raíz más alto en el monocultivo orgánico que en el convencional puede explicarse por el crecimiento de las raíces de los cultivos de cobertura leguminosas en las rosquillas de crecimiento interior.

INFLUENCE OF AGROFORESTRY SYSTEMS WITH CACAO ON SOIL PROPERTIES (PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL) IN PERUVIAN AMAZON

Enrique Arévalo-Gardini

Manuel Canto, Julio Alegre, Oscar Loli, Alberto Julca
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Abstract

Growing cacao in agroforestry system generates an intensive productive use of the land and maintaining and improving the properties of tropical soils, and which play an important role in improving cocoa production and fertility of degraded tropical soils. A long-term study was established in the EE El Choclino / Instituto de Cultivos Tropicales ICT, Tarapoto, San Martin - Peru, with the objective to evaluate the impact of improved natural agroforestry systems (INAS) and in improved traditional agroforestry system (ITAS) planted with cacao genotypes on soil physical, chemical and biological (fungus and nematodes) properties. Both systems of cacao production were installed in an area with 30-years of secondary forest. Field experiment consist of 10 cacao genotypes (ICS-95, UF-613, CCN-51, ICT-1112, ICT-1026, ICT-2162, ICT-2171, ICT-2142, H-35, U-30) and one spontaneous hybrid. After removal of the surface organic layer, Samples for soil and soil microbiological community analysis were taken at 0-20 cm depth in 2004 before the installation of the management systems and in 2012, the samples for fungus and nematodes community analysis were preserved in frozen at -20 °C. Bulk density, porosity, and soil moisture content at field capacity and wilting point varied significantly during the years of assessment, under cacao genotypes assessed. Soil pH, CEC, exchangeable Mg and sum of bases were highest in the INAS, then the ITAS. In both the systems, SOM contents, extractable P and K and exchangeable K, Mg and Cu and Al saturation, increased with years of cultivation. However, overall improvement of SOM and soil nutrient status was much higher in the ITAS than INAS. The levels of physical and chemical properties of soil under cocoa genotypes show a marked difference in both systems. The soil fungi and nematode diversity index varied significantly during the years of assessment under the systems assessed. The fungal communities showed significant changes due to soil disturbance influenced by the installation of INAS and ITAS with cacao genotypes. The population of soil nematodes associated to the Cacao was very varied, predominating the genus *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* and *Pratylenchus*, while the population of non-phytopathogenic nematodes consisted of genera of the orders Dorylaimida and Rhabditida. Overall the edaphic conditions with a sandy loam texture, 60% sand, strongly acidic reaction, low organic matter.

Résumé

La culture du système d'agroforesterie de cacao génère une utilisation productive intensive des terres et de l'entretien et l'amélioration des propriétés des sols tropicaux, et jouent un rôle important dans l'amélioration de la production de cacao et la fertilité des sols tropicaux dégradés. Une étude a été mis en place à long terme à EE El Choclino / Institut des des cultures tropicales TIC, Tarapoto, San Martin - Pérou, afin d'évaluer l'impact des systèmes d'agroforesterie naturels améliorés (INAS pour son sigle en anglais) et le système d'agroforesterie traditionnelle améliorée (ITAS) planté avec des génotypes de cacao en propriétés physiques, chimiques et biologiques (fongiques et nématodes) du sol. Les deux systèmes de production de cacao ont été installés dans une zone avec 30 ans de forêt secondaire. L'expérience sur le terrain se compose de 10 génotypes de cacao (ICS-95, UF-613, CCN-51, TIC-1112, TIC-1026, TIC-2162, TIC-2171, TIC-2142, H-35, U-30) et un hybride spontané. Après le retrait de la couche organique superficielle, on a prélevé des échantillons pour l'analyse des communautés microbiologiques dans le sol et aussi le sol à 0-20 cm de profondeur en 2004 avant d'installer des systèmes de gestion et en 2012, les échantillons pour l'analyse de champignons et des communautés de nématodes ont été conservés congelés à -20 ° C. La masse volumique apparente, la porosité et la teneur en humidité du sol à la capacité au champ et le point de flétrissement permanent varie de manière significative au cours des années d'évaluation, selon les génotypes de cacao évalués. Le pH

du sol, le CEC, le Mg échangeable et la somme des bases étaient les plus élevés dans l'INAS, puis dans l'ITAS. Dans les deux systèmes, les teneurs en SOM, P et K extractibles et en K interchangeable, Mg et Cu et la saturation en Al ont augmenté avec les années de culture. Cependant, l'amélioration générale de SOM et l'état des nutriments du sol était beaucoup plus élevée dans l'ITAS que dans l'INAS. Les niveaux de propriétés physiques et chimiques du sol sous des génotypes de cacao montrent une différence marquée dans les deux systèmes. L'indice de diversité des champignons et des nématodes du sol variait significativement au cours des années d'évaluation selon les systèmes évalués. Les communautés fongiques ont montré des changements significatifs dus à l'altération du sol influencée par l'installation de l'INAS et de l'ITAS avec les génotypes du cacao. La population de nématodes du sol associée au cacao a été très variée, avec une prédominance des genres *Meloidogyne*, *Pratylenchus* et *Helicotylenchus*, alors que la population de nématodes non pathogènes se composait de genres des types *Dorylaimida* et *rhabditida*. En général, les conditions édaphiques avec une texture sablo-limoneuse sableuse, 60% de sable, réaction fortement acide, faible teneur en matière organique.

Resumen

El cultivo de cacao en el sistema agroforestal genera un uso productivo intensivo de la tierra y el mantenimiento y la mejora de las propiedades de los suelos tropicales, y que juegan un papel importante en la mejora de la producción de cacao y la fertilidad de los suelos tropicales degradados. Se estableció un estudio a largo plazo en EE El Choclino / Instituto de Cultivos Tropicales ICT, Tarapoto, San Martín - Perú, con el objetivo de evaluar el impacto de los sistemas agroforestales naturales mejorados (INAS por sus siglas en inglés) y en el sistema agroforestal tradicional mejorado (ITAS por sus siglas en inglés) plantado con genotipos de cacao en propiedades físicas, químicas y biológicas (hongos y nematodos) del suelo. Ambos sistemas de producción de cacao se instalaron en un área con 30 años de bosque secundario. El experimento de campo consiste en 10 genotipos de cacao (ICS-95, UF-613, CCN-51, ICT-1112, ICT-1026, ICT-2162, ICT-2171, ICT-2142, H-35, U-30) y un híbrido espontáneo. Luego de la remoción de la capa orgánica superficial, se tomaron muestras para análisis de comunidades microbiológicas en el suelo y también suelo a 0-20 cm de profundidad en 2004 antes de la instalación de los sistemas de manejo y en 2012, las muestras para el análisis de hongos y comunidades de nematodos se conservaron congeladas a -20°C. La densidad aparente, la porosidad y el contenido de humedad del suelo a la capacidad de campo y al punto de marchitez variaron significativamente durante los años de evaluación, según los genotipos de cacao evaluados. El pH del suelo, el CEC, el Mg intercambiable y la suma de bases fueron los más altos en el INAS, luego en el ITAS. En ambos sistemas, los contenidos de SOM, P y K extraíbles y K intercambiable, Mg y Cu y la saturación de Al, aumentaron con los años de cultivo. Sin embargo, la mejora general de SOM y el estado de nutrientes del suelo fue mucho mayor en el ITAS que en el INAS. Los niveles de propiedades físicas y químicas del suelo bajo genotipos de cacao muestran una marcada diferencia en ambos sistemas. El índice de diversidad de hongos y nematodos del suelo varió significativamente durante los años de evaluación bajo los sistemas evaluados. Las comunidades fúngicas mostraron cambios significativos debido a la alteración del suelo influenciada por la instalación de INAS e ITAS con genotipos de cacao. La población de nematodos del suelo asociada al Cacao fue muy variada, predominando los géneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*, mientras que la población de nematodos no fitopatógenos consistió en géneros de los órdenes *Dorylaimida* y *Rhabditida*. En general, las condiciones edáficas con una textura limosa arenosa, 60% de arena, reacción fuertemente ácida, baja materia orgánica.

MAPPING COCOA PRODUCTIVITY IN GHANA, INDONESIA AND CÔTE D'IVOIRE

Andrew Daymond

K. Acheampong, A. Prawoto, S. Abdoellah, G. Addo, P. Adu-Yeboah, N.C. Cryer, Y. N. Dankwa, S. Konlan,
F. Lahive, A. Susilo, C.J. Turnbull, P. Hadley
University of Reading (UoR)

Abstract

To obtain an understanding of farm practices and drivers of on-farm cocoa yields, a survey and a programme of regular crop monitoring was conducted across a range of farms in the top three cocoa-producing countries: Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia. For each country, farms were sampled from key cocoa-growing regions or provinces and their physical characteristics were mapped (120 farms in Indonesia, 96 in Ghana and 48 in Côte d'Ivoire). Farm practices were determined by a farmer interview and crop development was observed every six weeks on selected trees from each farm over a period of four years in Ghana, three years in Indonesia and one year in Côte d'Ivoire. Farms in Ghana and Côte d'Ivoire were older and larger than those in Indonesia. In all three countries, planting density varied considerably (276 to 3626 trees ha⁻¹ in Ghana, 556 to 1848 trees ha⁻¹ in Côte d'Ivoire and 272 to 2598 trees ha⁻¹ in Indonesia) and often deviated from recommendations. Trees on all of the farms in Ghana and Côte d'Ivoire were seed derived, whilst a mixture of seed-derived and clonal material was cultivated in Indonesia. A larger proportion of farms (96%) were owner-operated in Indonesia compared with Côte d'Ivoire and Ghana (58 and 69%, respectively). Soil analyses in Ghana and Indonesia showed nutrient levels to be below threshold levels on some farms, illustrating the need for fertiliser applications to be matched to local conditions. Considerable farm-to-farm variation in yield was recorded for each country. For example, in Ghana 30 and 10-fold differences in yield were observed between farms for the years 2012/13 and 2013/14, respectively. Geographical variation in yield was much greater in Indonesia, where cocoa cultivation is spread over a larger area than in Ghana and Côte d'Ivoire. Farm to farm variation within and between countries was partially explained by a small number of common factors. These included planting density (many farms were planted below recommendations), whether or not the farmers fertilise their farms and whether or not they sprayed fungicides. In Ghana, insufficient soil phosphorus was another factor underlying yield variation between farms. Overall, the results of this study demonstrated the potential for yield improvement on existing farms, without significant expansion of the area cultivated, through husbandry practices (such as gap-filling/ replanting of low density farms), targeted fertiliser application and carefully timed pest and disease control.

Résumé

Dans le but de bien comprendre les pratiques agricoles et les promoteurs du rendement du cacao de ferme, une enquête a été menée et un programme de surveillance régulière des cultures dans une série de fermes dans les trois principaux pays producteurs de cacao a été mis en place : Côte d'Ivoire, Ghana et Indonésie. Pour chaque pays, des échantillons des fermes des principales régions ou provinces productrices de cacao ont été pris, et leurs caractéristiques physiques (120 fermes en Indonésie, 96 au Ghana et 48 en Côte d'Ivoire). Les pratiques agricoles ont été déterminées à travers un entretien avec les agriculteurs et l'on a constaté le développement des cultures toutes les six semaines chez des arbres choisis dans chaque ferme pendant une période de quatre ans au Ghana, de trois ans en Indonésie et d'un an en Côte d'Ivoire. Les fermes au Ghana et en Côte d'Ivoire étaient plus anciennes et plus grandes que celles d'Indonésie. Dans les trois pays, la densité des semences a varié considérablement (de 276 à 3626 arbres ha⁻¹ au Ghana, 556 à 1848 arbres ha⁻¹ en Côte d'Ivoire, et 272 à 2598 arbres ha⁻¹ en Indonésie) bien qu'ils n'aient pas toujours respecté les consignes. Les arbres dans toutes les fermes au Ghana et en Côte d'Ivoire ont été dérivés de graines, tandis qu'en Indonésie l'on a cultivé un mélange dérivé d'une graine et d'un clone. Une proportion plus large des fermes (96%) était gérée par leurs propriétaires en Indonésie, contrairement à l'Indonésie et au Ghana (58 et 69%, respectivement). Les analyses du sol au Ghana et en Indonésie ont montré des niveaux de

nutriments au-dessous du seuil de certaines fermes, ce qui montre le besoin d'ajuster les applications de fertilisants aux conditions locales. Une variation considérable dans la performance entre les différentes fermes de chaque pays a été constatée. Par exemple, au Ghana l'on a constaté des différences de 20 et de 10 fois en matière de performance pour les années 2012/13 et 2013/14, respectivement. La variation géographique de la performance a été beaucoup plus importante en Indonésie, où la culture du cacao s'étend sur une zone beaucoup plus large qu'au Ghana ou en Côte d'Ivoire. La variation d'une ferme à l'autre dans et entre les pays est due, en partie, à un petit nombre de facteurs communs, dont la densité des semilles (beaucoup de fermes ont fait les semilles sans respecter les consignes), le fait d'utiliser des fertilisants ou non, le fait d'asperger ou non avec des fongicides. Au Ghana, le phosphore insuffisant du sol a été un autre facteur à la base de la variation de la performance dans les fermes. En général, les résultats de cette étude ont démontré le potentiel d'amélioration de la performance dans les fermes existantes sans une expansion significative de la zone cultivée, grâce à la pratique de l'élevage (pour remplir des brèches / replantation de fermes de basse densité), l'application de fertilisants spécifiques et des contrôles d'infestations et de maladies soigneusement programmés.

Resumen

Para comprender las prácticas agrícolas y los impulsores del rendimiento del cacao en granja, se realizó una encuesta y un programa de monitoreo regular de cultivos en una serie de granjas en los tres principales países productores de cacao: Costa de Marfil, Ghana e Indonesia. Para cada país, se tomaron muestras de granjas de las principales regiones o provincias productoras de cacao y se cartografiaron sus características físicas (120 granjas en Indonesia, 96 en Ghana y 48 en Costa de Marfil). Las prácticas agrícolas se determinaron mediante una entrevista con los agricultores y se observó el desarrollo de los cultivos cada seis semanas en árboles seleccionados en cada granja durante un período de cuatro años en Ghana, tres años en Indonesia y un año en Costa de Marfil. Las granjas en Ghana y Costa de Marfil eran más antiguas y más grandes que las de Indonesia. En los tres países, la densidad de siembra varió considerablemente (de 276 a 3626 árboles ha⁻¹ en Ghana, 556 a 1848 árboles ha⁻¹ en Costa de Marfil y 272 a 2598 árboles ha⁻¹ en Indonesia) y con frecuencia se desvió de las recomendaciones. Los árboles en todas las granjas en Ghana y Costa de Marfil fueron derivados de semillas, mientras que una mezcla de material derivado de semilla y clonal se cultivó en Indonesia. Una proporción más grande de las granjas (96%) eran operadas por sus propietarios en Indonesia en comparación con Costa de Marfil y Ghana (58 y 69%, respectivamente). Los análisis de suelo en Ghana e Indonesia mostraron niveles de nutrientes por debajo del umbral en algunas granjas, lo que ilustra la necesidad de que las aplicaciones de fertilizantes se ajusten a las condiciones locales. Se registró una variación considerable en el rendimiento entre granja y granja para cada país. Por ejemplo, en Ghana se observaron diferencias de 30 y 10 veces en el rendimiento entre granjas para los años 2012/13 y 2013/14, respectivamente. La variación geográfica en el rendimiento fue mucho mayor en Indonesia, donde el cultivo del cacao se extiende por un área mayor que en Ghana y Costa de Marfil. La variación entre granja y granja dentro y entre los países se explica en parte por un pequeño número de factores comunes. Estos incluyeron la densidad de siembra (muchas granjas fueron sembradas por debajo de las recomendaciones), si los agricultores fertilizan sus granjas o no y si rociaron o no con fungicidas. En Ghana, el fósforo insuficiente del suelo fue otro factor que subyace a la variación del rendimiento entre las granjas. En general, los resultados de este estudio demostraron el potencial de mejora del rendimiento en granjas existentes, sin una expansión significativa del área cultivada, a través de prácticas de cría (como llenado de brechas/replantación de granjas de baja densidad), aplicación de fertilizantes específicos y controles de plagas y enfermedades cuidadosamente programados.

REGULATING TRANSCRIPTION FACTORS TO ALLEVIATE PLANT TISSUE AND GENOTYPE LIMITATIONS OF CACAO SOMATIC EMBRYOGENESIS

Siela Maximova

Drew Fister, Yufan Zhang, Sergio Florez, Lena Sheaffer, Melanie Manning, Mark Gultinan
The Pennsylvania State University

Abstract

Theobroma cacao is a tree crop with high heterozygosity that is best propagated by cloning. Somatic Embryogenesis (SE) is an in vitro method that enables rapid clonal propagation of new, elite varieties and has been recently used for large-scale cacao propagation. Today utilization of SE is limited to some extent due to variation among genotypes in the response to the existing protocols. Therefore we have conducted research to extend the functionality of the methodology to a wider range of genotypes. We apply genomics and biotechnology methods to study the genes that control the SE process in cacao and the knowledge has been applied to extend the utility of SE. Our results demonstrate that two main transcription factors (Leafy Cotyledon (TcLEC2) and Baby boom (BBM)) are expressed during different developmental stages of SE in cacao and that these genes play a critical role in the genetic regulatory networks of somatic and zygotic embryogenesis. The utility of controlled expression of these genes to successfully regenerate SE from cacao leaves will be discussed.

Résumé

Theobroma cacao est une plante arborescente à forte hétérozygotie qui se propage mieux par clonage. L'embryogenèse somatique (ES) est un procédé in vitro permettant la propagation clonale rapide de nouvelles variétés élités et il a récemment été utilisé pour la propagation de cacao à grande échelle. À l'heure actuelle, l'utilisation de ES est limitée dans une certaine mesure, en raison de la variation entre les génotypes en réponse aux protocoles existants. Par conséquent, nous avons effectué des recherches pour étendre la fonctionnalité de la méthodologie à un plus large éventail de génotypes. Les méthodes appliquées en génomique et biotechnologie pour l'étude des gènes qui contrôlent le processus de ES dans le cacao et les connaissances ont été appliquées pour étendre l'utilité de ES. Nos résultats démontrent que deux principaux facteurs de transcription (Cotylédon feuillu (TcLEC2) et Baby-boom (BBM)) sont exprimés au cours des différentes étapes du développement de l'ES dans le cacao et que ces gènes jouent un rôle clé dans les réseaux de régulation génétique embryogénèse somatique et zygotique. On discutera de l'utilité de l'expression contrôlée de ces gènes pour régénérer avec succès ES à partir de feuilles de cacao.

Resumen

Theobroma cacao es un cultivo de árbol con alta heterocigosidad que se propaga mejor por clonación. La Embriogénesis Somática (ES) es un método in vitro que permite una rápida propagación clonal de nuevas variedades de élite y se ha utilizado recientemente para la propagación de cacao a gran escala. Actualmente, la utilización de ES está limitada en cierta medida debido a la variación entre genotipos en la respuesta a los protocolos existentes. Por lo tanto, hemos llevado a cabo investigaciones para extender la funcionalidad de la metodología a una gama más amplia de genotipos. Aplicamos métodos de genómica y biotecnología para estudiar los genes que controlan el proceso de ES en cacao y el conocimiento se ha aplicado para extender la utilidad de ES. Nuestros resultados demuestran que dos factores principales de transcripción (Cotyledon frondoso (TcLEC2) y Baby boom (BBM)) se expresan durante diferentes etapas de desarrollo de ES en cacao y que estos genes desempeñan un papel fundamental en las redes de regulación genética de la embriogénesis somática y zigótica. Se discutirá la utilidad de la expresión controlada de estos genes para regenerar con éxito la ES a partir de hojas de cacao.

TOWARDS A SUSTAINABLE INTENSIFICATION OF COCOA PRODUCTION SYSTEMS IN COTE D'IVOIRE: APPROACH AND LESSONS LEARNT FROM A PILOT RESEARCH

Christophe Kouame

Bene Yeboi, Stephane Diomande, Jane Kahia, Lucien Diby, Mahias Tah
World Agroforestry Centre (ICRAF)

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a key driver for the socio-economic development in Cote d'Ivoire. However, cocoa production is facing enormous sustainability challenges. Aging farms and decade of extensive farming practices have led to depleted soil nutrient stock, low yields and shortage of forest lands. Cocoa swollen shoot disease and changing weather patterns add more complexity to the challenges of declining farms' productivity. There is an urgent need to revitalize the existing cocoa farms in order to boost the productivity and profitability of cocoa farms in Cote d'Ivoire. A study was carried out to evaluate the agronomic and economic performance of cocoa rehabilitation technologies. Five rehabilitations options, comprising of a combination of grafted clones and hybrids with variable levels of crop and soil management practices were tested in 16 localities within the cocoa belt of Cote d'Ivoire. Replantation options using cocoa seedling top-grafted with improved clones and hybrid seedlings were also evaluated in areas of swollen shoot virus infection. The results showed that rehabilitated plots using improved clone grafted on seedlings or on mature trees has a faster return on investment. The clones grafted on mature trees produced 2-3 times more dry cocoa bean compared to the current average yields after two years. It was concluded that rehabilitating old cocoa farms through grafting improved clones with good crop and soil management practices leads to a rapid increase in productivity and profitability.

Résumé

Le cacao (*Theobroma cacao* L.) est un facteur clé du développement socio-économique de la Côte d'Ivoire. Cependant, la production de cacao est confrontée à d'énormes défis de durabilité. Les fermes vieillissantes et la décennie de pratiques agricoles extensives ont conduit à l'épuisement des réserves de nutriments du sol, à de faibles rendements et à la rareté des terres forestières. La maladie du Swollen Shoot et les changements dans les conditions météorologiques ajoutent plus de complexité aux défis de la diminution de la productivité agricole. Il y a un besoin urgent de revitaliser les fermes de cacao existantes afin de stimuler la productivité et la rentabilité des plantations de cacao en Côte d'Ivoire. Une étude a été menée pour évaluer les performances agronomiques et économiques des technologies de réhabilitation du cacao. Cinq options de réhabilitation ont été testées, y compris une combinaison de clones greffés et d'hybrides avec des niveaux variables de culture et de pratiques de gestion des sols dans 16 sites de la ceinture cacaoyère de la Côte d'Ivoire. Les options de replantation ont également été évaluées en utilisant des plantules de cacao avec des greffons supérieurs avec des clones améliorés et des semis hybrides dans les zones d'infection par le virus du swollen shoot. Les résultats ont montré que les parcelles réhabilitées utilisant des clones améliorés greffés sur des plantules ou des arbres matures ont un retour sur investissement plus rapide. Les clones greffés sur des arbres matures ont produit 2 à 3 fois plus de fèves de cacao séchées que les rendements moyens actuels après deux ans. On a conclu que la réhabilitation de vieilles fermes de cacao par l'amélioration des greffes de clones avec de bonnes pratiques de gestion des cultures et des sols conduit à une augmentation rapide de la productivité et de la rentabilité.

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un factor clave para el desarrollo socioeconómico en Costa de Marfil. Sin embargo, la producción de cacao enfrenta enormes desafíos de sostenibilidad. Las granjas en proceso de envejecimiento y la década de prácticas agrícolas extensivas han llevado al agotamiento de las reservas de nutrientes del suelo, los bajos

rendimientos y la escasez de tierras forestales. La enfermedad de los brotes hinchados del cacao y los cambios en los patrones climáticos añaden más complejidad a los desafíos de la disminución de la productividad de las granjas. Existe una necesidad urgente de revitalizar las granjas de cacao existentes con el fin de impulsar la productividad y la rentabilidad de las granjas de cacao en Costa de Marfil. Se realizó un estudio para evaluar el desempeño agronómico y económico de las tecnologías de rehabilitación del cacao. Se probaron cinco opciones de rehabilitación, que comprenden una combinación de clones injertados e híbridos con niveles variables de cultivo y prácticas de manejo del suelo en 16 localidades dentro del cinturón de cacao de Costa de Marfil. También se evaluaron las opciones de replantación utilizando plántulas de cacao con injertos superiores con clones mejorados y plántulas híbridas en áreas de infección por virus de brotes hinchados. Los resultados mostraron que las parcelas rehabilitadas que utilizan clones mejorados injertados en plántulas o en árboles maduros tienen un retorno de la inversión más rápido. Los clones injertados en árboles maduros produjeron 2-3 veces más granos de cacao secos en comparación con los rendimientos promedio actuales después de dos años. Se concluyó que la rehabilitación de antiguas granjas de cacao a través de injertos de clones mejorados con buenas prácticas de manejo de cultivos y suelos conduce a un rápido aumento de la productividad y la rentabilidad.

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MUPV1 PARA LA NUTRICION DEL CACAO

Ramiro Ramirez Pisco
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

Descriptores claves: cacao, nutrición, modelo, MUPV1. El empleo de los modelos para la producción agrícola, inició su desarrollo desde el mismo momento del descubrimiento de la agricultura, en donde el hombre con la observación del comportamiento del clima, logró descubrir el momento oportuno de la siembra, a reconocer el crecimiento y desarrollo de las plantas y estar listo en el momento de la cosecha, generó estrategias para que los cultivos alcancen su producción año tras año. Sin embargo, aun después de transcurridos más de 7000 años se continúa en la búsqueda por descifrar el manejo de los cultivos y asegurar la nutrición, la producción de fibras, la generación de medicamentos y el confort de una población que cada día va en aumento. Para la construcción del modelo de nutrición en cacao, fue necesario el trabajo multidisciplinario a partir del año 2009, con el propósito de generar información de más de 40 variables de los componentes clima, suelo y planta. El modelo Manejo de la nutrición de cacao en Maceo, Urabá y Puerto Valdivia en su primera versión MUPV1 se concibió de carácter mixto, construido a partir de los conocimientos expertos, datos de investigación y análisis estadísticos, que permiten establecer los indicadores para alcanzar una producción potencial del cacao. El modelo contempla los limitantes que se deben superar para la producción del cacao, aun previo al establecimiento del cultivo. MUPV 1, toma en cuenta los principios de reposición y la ley del mínimo propuestos por Liebig desde 1840, junto con la ley de los rendimientos decrecientes de Mitscherlich, partiendo desde la interacción del medio edáfico, climático y vegetal. Se generó directamente en campo bajo sistemas productivos en las zonas de vida bh-T y bh-PM, que si bien son más complejos de analizar desde el punto de vista estadístico, se ajustan a las realidades de la producción de cacao en Colombia. El modelo MUPV1, brinda orientación a los productores de cacao, generando una mayor probabilidad de éxito para alcanzar la producción deseada.

Abstract

Keywords: cocoa, nutrition, model, MUPV1. The use of models for agricultural production began to develop when agriculture was discovered. Based on the observation of climate, humans learned to discover the proper time for planting, to recognize plant growth and development and to be ready for harvest, generating strategies for crops to reach significant production year after year. However, even after more than 7,000 years, the search for proper crop management continues in order to ensure nutrition, the production of fibers, the generation of medicines and the comfort of a population that increases every day. For the construction of the cocoa nutrition model, a multidisciplinary work was necessary since 2009 with the purpose of generating information on more than 40 variables related to climate, soil and plants. The first version of the MUPV1 model for the management of cocoa nutrition in Maceo, Uraba and Puerto Valdivia was built from expert knowledge, research data and statistical analysis in order to establish the indicators to achieve a potential production of cocoa. The model considers the limitations that must be overcome for cocoa production, even before cultivation. MUPV 1 takes into account replacement principles and the law of the minimum proposed by Liebig in 1840, together with Mitscherlich's law of diminishing returns, starting from the interaction of the edaphic, climatic and vegetal environments. It was generated directly in the field under productive systems in the tropical humid forest and premontane humid forest life zones. Although they are difficult to analyze from a statistical point of view, they adjust to the reality of cocoa production in Colombia. The MUPV1 model provides guidance to cocoa producers, generating a greater chance of success to achieve the desired production.

Résumé

Descripteurs clés : cacao, nutrition, modèle, MUPV1. L'utilisation de modèles pour la production agricole a commencé son développement au même moment de la découverte de l'agriculture, où l'homme avec l'observation du comportement du climat a pu découvrir le moment indiqué pour la semence, a pu reconnaître la croissance et développement des plantes et a être prêt pour la récolte, et il a créé des stratégies pour que les plantations atteignent leur production chaque année. Toutefois, même 7000 ans plus tard on continue la quête pour déchiffrer l'aménagement des cultures et garantir la nutrition, la production de fibres, la génération de médicaments et le confort d'une population qui augmente chaque jour. Pour la construction du modèle de nutrition du cacao, il a fallu un travail multidisciplinaire depuis 2009, afin de produire de l'information dans plus de 40 variables de composantes climat, sol et plante. Le modèle Aménagement de la nutrition du cacao à Maceo, Urabá et Puerto Valdivia dans sa première version MUPV1 a été conçu sous un caractère mixte, construit à partir des connaissances des experts, données de recherches et analyses statistiques, qui permettent d'établir les indicateurs pour avoir une production potentielle du cacao. Le modèle contemple des contraintes qui doivent être surmontées pour la production du cacao, avant même de l'établissement de la plantation. MUPV1 prend compte des principes de remplacement et de la loi du minimum proposée par Liebig depuis 1840, avec la loi des rendements descendants de Mitscherlich, partant de l'interaction du milieu édaphique, climatique et végétal. Il a été développé directement sur le champ dans des systèmes productifs de zones de vie bh-T et bh-PM, lesquels, même s'ils sont plus complexes d'analyser du point de vue statistique, sont plus conformes aux réalités de la production du cacao en Colombie. Le modèle MUPV1, donne une orientation aux producteurs du cacao, créant une plus grande probabilité de réussite pour atteindre la production désirée.

EFFECTS OF MICROCLIMATIC VARIABLES ON THE ONSET OF SYMPTOMS AND SIGNS OF MONILIOPHTHORA RORERI FOR THREE CACAO CLONES IN A RANGE OF INCOMPLETE RESISTANCE

Mariela Leandro-Muñoz

Philippe Tixier, Wilbert Phillips-Mora, Siela Maximova, Jacques Avelino
CATIE

Abstract

Moniliophthora Pod Rot (MPR), caused by the fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al is one of the main limiting factors of production in Latin America. Combating MPR is difficult due to the time-consuming and high cost recommended practices. This limitation is due to the current insufficient information on the biology and epidemiology of the pathogen. This research aims to compare MPR development, symptoms onset of the disease and fungal sporulation for three cacao clones in a range of incomplete resistance Pound-7 (highly susceptible), CC-137 (moderately resistant) and CATIE-R4 (highly resistant) and understand the influence of different microclimatic variables on this development. A total of 10,054 pods of 5-10 cm length were labelled during 55 weeks. Pods were observed throughout their lifetime: healthy, diseased with no sporulation, diseased with sporulating lesions, harvested. Incidence curves were built for all of the 55 generations of pods observed. Generations with nonconventional clonal behavior were selected in order to illustrate our hypothesis that environment, especially climate, could affect cacao s incomplete resistance to MPR. Differences in resistance among these clones lie in the number of resistant genes accumulated; however, the resistance of the three may be affected under certain environmental condition. Then, using GLMM, GLM and AIC surfaces we determined the specific period (when and for how long) where each microclimatic variable better explained the disease development. These new variables were combined in a complete GLMM and GLM, where only significant variables were retained. Water-related variables and temperature determine the symptoms expression for the susceptible clones, while, for the resistant clone CATIE-R4, only temperature showed up as explicative variable due to low numbers of CATIE-R4 pods showing symptoms. According to our models, there are two important events where resistance strategies could be developed for the cacao resistance strategy: fungal germination and penetration, where PAMP-triggered immunity (PTI) could be activated; and the symptoms onset, where the effector-triggered immunity (ETI) could occur. Success of these two events responds to the effect of humidity and temperature, respectively. We considered that none of the clones presents PTI as a defense mechanism against spore germination and penetration. Host resistance mechanisms resulting from the ETI are triggered internally and against colonization, where temperatures influence the success of these strategies. CATIE-R4 resistance strategy consists of the interruption of fungal colonization as an ETI strategy. This interruption also avoids fungal reproduction since the fungus has difficulties sporulating over CATIE-R4 pods, causing inoculum suppression.

Résumé

La Moniliose (MPR pour ses sigles en anglais), causée par le champignon *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. est l'un des principaux facteurs limitants de la production en Amérique latine. La lutte contre le MPR est difficile en raison des pratiques recommandées qui exigent beaucoup de temps et un coût élevé. Cette limitation est due à l'insuffisance des informations actuelles sur la biologie et l'épidémiologie de l'agent pathogène. Cette recherche vise à comparer le développement de MPR, l'apparition de symptômes de maladie et la sporulation fongique pour trois clones de cacao dans une gamme de résistance incomplète Pound-7 (très sensible), CC-137 (modérément résistante) et CATIE - R4 (très résistante) et comprendre l'influence de différentes variables microclimatiques sur ce développement. Un total de 10 054 cosses de 5-10 cm de longueur a été marqué pendant 55 semaines. Les cosses ont été observées tout au long de leur vie: saines, malades sans sporulation, malades avec des lésions sporulées, récoltées. Les courbes d'incidence ont été construites pour l'ensemble des 55 générations de cosses observées. Des générations à

comportement clonal non conventionnel ont été sélectionnées afin d'illustrer notre hypothèse selon laquelle l'environnement, notamment le climat, pourrait affecter la résistance incomplète du cacao au MPR. Les différences de résistance entre ces clones résident dans la quantité de gènes résistants accumulés; cependant, la résistance des trois peut être affectée dans certaines conditions environnementales. Puis, en utilisant les surfaces GLMM, GLM et AIC, nous avons déterminé la période spécifique (quand et pour combien de temps) où chaque variable microclimatique expliquait au mieux le développement de la maladie. Ces nouvelles variables ont été combinées dans un GLMM complet et GLM, où seules les variables significatives ont été préservées. Les variables liées à l'eau et à la température déterminent l'expression des symptômes pour les clones sensibles, alors que pour le clone résistant CATIE-R4, seule la température a été présentée comme une variable explicative en raison du faible nombre de cosses CATIE-R4 qui montrent des symptômes. Selon nos modèles, il existe deux événements importants dans lesquels des stratégies de résistance pourraient être développées pour la stratégie de résistance au cacao: la germination et la pénétration fongique, où l'immunité activée par PAMP (PTI) pourrait être activée; et l'apparition des symptômes, où l'immunité déclenchée par les effecteurs (ETI) pourrait se produire. Le succès de ces deux événements répond respectivement à l'effet de l'humidité et de la température. Nous considérons qu'aucun des clones ne présente un ITP comme mécanisme de défense contre la germination et la pénétration des spores. Les mécanismes de résistance de l'hôte résultant de l'ILI sont déclenchés en interne et contre la colonisation, où les températures influencent le succès de ces stratégies. La stratégie de résistance CATIE-R4 consiste en l'interruption de la colonisation fongique en tant que stratégie ETI. Cette interruption empêche également la reproduction des champignons car le champignon a des difficultés à sporuler sur les cosses CATIE-R4, ce qui entraîne la suppression de l'inoculum.

Resumen

La moniliasis (MPR por sus siglas en inglés), causada por el hongo *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. es uno de los principales factores limitantes de la producción en América Latina. La lucha contra la MPR es difícil debido a las prácticas recomendadas que requieren mucho tiempo y alto costo. Esta limitación se debe a la información insuficiente actual sobre la biología y la epidemiología del patógeno. Esta investigación tiene como objetivo comparar el desarrollo de MPR, el inicio de síntomas de la enfermedad y la esporulación fúngica para tres clones de cacao en un rango de resistencia incompleta Pound-7 (altamente susceptible), CC-137 (moderadamente resistente) y CATIE-R4 (altamente resistente) y comprender la influencia de diferentes variables microclimáticas en este desarrollo. Se etiquetaron un total de 10,054 vainas de 5-10 cm de longitud durante 55 semanas. Las vainas se observaron durante toda su vida: sanas, enfermas sin esporulación, enfermas con lesiones esporulantes, cosechadas. Las curvas de incidencia se construyeron para todas las 55 generaciones de vainas observadas. Se seleccionaron generaciones con comportamiento clonal no convencional con el fin de ilustrar nuestra hipótesis de que el ambiente, especialmente el clima, podría afectar la resistencia incompleta del cacao a la MPR. Las diferencias en resistencia entre estos clones radican en la cantidad de genes resistentes acumulados; sin embargo, la resistencia de los tres puede verse afectada bajo ciertas condiciones ambientales. Luego, usando las superficies GLMM, GLM y AIC determinamos el período específico (cuándo y durante cuánto tiempo) donde cada variable microclimática explicó mejor el desarrollo de la enfermedad. Estas nuevas variables se combinaron en un GLMM completo y GLM, donde solo se conservaron variables significativas. Las variables relacionadas con el agua y la temperatura determinan la expresión de los síntomas para los clones susceptibles, mientras que, para el clon resistente CATIE-R4, solo la temperatura se presentó como variable explicativa debido al bajo número de vainas CATIE-R4 que muestran síntomas. De acuerdo con nuestros modelos, hay dos eventos importantes en los que podrían desarrollarse estrategias de resistencia para la estrategia de resistencia del cacao: germinación y penetración de hongos, donde la inmunidad activada por PAMP (PTI por sus siglas en inglés) podría activarse; y el inicio de los síntomas, donde podría ocurrir la inmunidad desencadenada por efectores (ETI por sus siglas en inglés). El éxito de estos dos eventos responde al efecto de la humedad y la

temperatura, respectivamente. Consideramos que ninguno de los clones presenta PTI como un mecanismo de defensa contra la germinación y penetración de las esporas. Los mecanismos de resistencia del hospedador resultantes de la ETI se desencadenan internamente y en contra de la colonización, donde las temperaturas influyen en el éxito de estas estrategias. La estrategia de resistencia CATIE-R4 consiste en la interrupción de la colonización fúngica como una estrategia ETI. Esta interrupción también evita la reproducción de hongos ya que el hongo tiene dificultades para esporular sobre las vainas CATIE-R4, causando la supresión del inóculo.

THEMATIC 3: PESTS AND DISEASES

LA CHENILLE *ACHAEA CATOCALOIDES* GUENEE (LEPIDOPTERA ; EREBIDAE), UNE NOUVELLE MENACE POUR LA CACAOCULTURE EN COTE D'IVOIRE

Pierre N'Guessan

C. N. Gouamené, K. F. N'Guessan, A. R. Aka, G. M. Tah, K. Coulibaly, K. E. Kassin, M. E. Assi, S. B. Guiraud, B. I. Kébé

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Résumé

Le cacao est un produit stratégique pour la Côte d'Ivoire qui en est le premier producteur mondial. La production nationale s'établit autour de 1 570 000 tonnes au cours de la campagne 2015-2016 ce qui représente 40 % de l'offre mondiale. Ce produit génère près de 30 % des recettes à l'exportation, et représente plus de 15 % du Produit Intérieur Brut. Cependant, la cacaoculture est sujette à de nombreuses contraintes dont la forte pression des maladies et ravageurs. Les insectes nuisibles les plus dommageables sont les mirides et les foreurs des tiges qui causent 30-40% des pertes de production et contribuent à la dégradation du verger. Concernant les maladies, la principale est la pourriture brune des cabosses, due à *Phytophthora* spp. et responsable de pertes de production de 10-40%. A ces affections graves, s'est ajoutée la recrudescence du swollen shoot depuis 2003 dans les régions de Bouaflé et Sinfra. En plus des contraintes ci-dessus, en 2016, une invasion de chenilles a été signalée dans la zone de Taabo, Djékanou et Hiré (centre de la Côte d'Ivoire). Des travaux ont été réalisés en vue d'identifier l'espèce en cause, de déterminer la distribution géographique, d'évaluer les dégâts et de faire les recommandations. Les travaux réalisés ont consisté en des entretiens avec des producteurs de cacao et des prospections dans des plantations de cacao, des collectes d'échantillons de chenilles pour observations au laboratoire. Comme résultats obtenus, la chenille observée a été décrite et identifiée. Il s'agit de *Achaea catocaloides* Guénée. Cette chenille s'attaque d'abord aux feuilles. Une chenille peut consommer une feuille entière de cacaoyer en 12 heures. Elle s'attaque également aux fleurs, aux chérelles et à un degré moindre aux cabosses. Après 14 jours, une plantation de cacaoyer peut être entièrement détruite. La chenille a été observée dans 8 sous-préfectures réparties dans 5 départements et 3 régions de production de cacao. Les superficies atteintes par les attaques de cette chenille et entièrement traitées sont estimées à 20 368 ha. En dehors du cacaoyer, la chenille s'est attaquée au caféier, bananier, maïs et arachide autour des plantations de cacaoyer. Pour lutter contre cette invasion, une stratégie de gestion a été élaborée. Quelques causes majeures qui auraient entraîné l'apparition et les fortes pullulations de cette chenille dans le verger de cacaoyer ivoirien sont discutées.

Abstract

Cocoa is a strategic product for Côte d'Ivoire, which is the world's largest producer. Domestic production stands at 1,570,000 tons during the 2015-2016 crop year, which represents 40% of the world supply. This product generates almost 30% of export earnings, and accounts for over 15% of the Gross Domestic Product. However, cocoa farming is subject to many constraints, including strong pressure of diseases and pests. The most damaging pests are mirids and stem borers, causing 30-40% of production losses and contributing to orchard degradation. For diseases, the main one is brown pod rot, caused by *Phytophthora* spp. and responsible for 10-40% production losses. These serious diseases have been worsened by the recrudescence of swollen shoot since 2003 in the regions of Bouaflé and Sinfra. In addition to the above constraints, an invasion of caterpillars was reported in the Taabo, Djékanou and Hiré areas (central Côte d'Ivoire) in 2016. Work has been done to identify the species, determine its geographical distribution, assess damages and produce recommendations. The work consisted of interviews with cocoa producers and surveys in cocoa plantations, and collection of caterpillar samples for laboratory observations. As a result, the caterpillar observed was described and identified. It is *Achaea catocaloides*

Guénée. This caterpillar attacks the leaves first. A caterpillar can eat a whole leaf of cocoa in 12 hours. It also attacks flowers, sprouts and pods, yet to a lesser extent. An entire cocoa plantation can be obliterated after 14 days. The caterpillar was observed in 8 sub-prefectures distributed in 5 departments and 3 regions of cocoa production. The areas affected by the attacks of this caterpillar and fully treated are estimated at 20,368 ha. Apart from cocoa trees, the caterpillar has attacked coffee, banana, maize and groundnuts around cocoa plantations. A management strategy has been developed in order to counter this invasion. Some major causes that would have led to the appearance and heavy outbreaks of this caterpillar in the Ivorian cocoa orchard are discussed.

Resumen

El cacao es un producto estratégico para Costa de Marfil, el mayor productor del mundo. La producción nacional se sitúa en 1,57 millones de toneladas durante el año agrícola 2015-2016, lo cual representa el 40% de la oferta mundial. Lo anterior genera casi el 30% de los ingresos de exportación, y representa más del 15% del producto interno bruto. Sin embargo, el cultivo del cacao está sujeto a muchas limitaciones, como una fuerte presión de enfermedades y plagas. Las plagas más dañinas y son los míridos y los barrenadores del tallo, causando del 30% al 40% de las pérdidas de producción y contribuyendo a la degradación de los cultivos. En cuanto a las enfermedades, es la enfermedad por fitóftora o podredumbre parda (*Phytophthora* spp.) la principal, la cual es responsable de entre 10% y 40% de las pérdidas de producción. A estas graves enfermedades se suma el recrudecimiento del virus de la hinchazón de los tallos desde el año 2003 en las áreas de Bouafle y Sinfra. Además de las limitaciones anteriormente mencionadas, hubo reportes de una invasión de orugas en las áreas de Taabo, Djékanou y Hiré (centro de Costa de Marfil) en 2016. Se han emprendido esfuerzos encaminados a identificar las especies, determinar su distribución geográfica, evaluar los daños y expedir recomendaciones. El trabajo consistió en adelantar entrevistas con los productores de cacao y encuestas en las plantaciones de cacao, así como la toma de muestras de orugas para su posterior observación en el laboratorio. Como resultado se describió e identificó la oruga observada. Es la *Achaea catocaloides* Guénée. Esta oruga ataca primero las hojas. Una oruga puede consumir una hoja entera de cacao en 12 horas. También ataca flores, brotes y mazorcas, pero en menor medida. Puede acabar con una plantación entera de cacao a los 14 días. Se observó la oruga en 8 subprefecturas distribuidas en 5 departamentos y 3 sectores de producción de cacao. Las áreas afectadas por los ataques de esta oruga, y que se trataron en su totalidad, se estiman en 20.368 hectáreas. Aparte de los árboles de cacao, la oruga ha atacado plantaciones de café, plátano, maíz y maní en torno a las plantaciones de cacao. Se ha desarrollado una estrategia de gestión con el fin de contrarrestar esta invasión. Se discuten algunas de las causas principales que habrían llevado a la aparición y fuertes brotes de esta oruga en las plantaciones de cacao de Costa de Marfil.

ESTADO FITOSANITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) EN LA REGIÓN HUÁNUCO, PERÚ

Oscar Cabezas Huayllas

Luis Gil Basilio, Raul Gomez Bernal, Cesar Davila Zamora, Carlos Ramires Doria
Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

Resumen

La región Huánuco representa el 4.8% de la producción nacional de cacao, siendo antes del 2015, las enfermedades en frutos uno de los principales factores que reducían en 20 a 42% los rendimientos; mientras que el daño por insectos plaga eran considerados no significativos. Desde el 2015, la presencia de un perforador de frutos, denominado localmente como “Mazorquero del cacao”, ha adquirido gran importancia al causar el deterioro de los granos en las mazorcas cosechadas. Desde el 2016, en fincas de productores se evalúa la distribución, incidencia y daños causados por el “mazorquero” y enfermedades en mazorcas verdes y cosechadas. En una prospección de 165 fincas de 63 comunidades pertenecientes a las provincias de Leoncio Prado y Huamalíes, se determinó un 93% de ocurrencia del “mazorquero”, con un 20 a 70%, de infestación en las mazorcas cosechadas; mientras, que las enfermedades solo representan el 10 a 20%. Las provincias de Puerto Inca, Marañón y Pachitea, que concentran el 1.4% de la producción en la región; aún son zonas libres del “mazorquero”. Este insecto plaga corresponde a la especie *Carmenta foraseminis* Eichlin (Lepidoptera, Sessiidae), reportado en Venezuela y Colombia como el “perforador del fruto de cacao”. La infestación en frutos se inicia a los 2.5 meses de edad y la duración de su ciclo biológico es 54 a 72 días. Se ha evaluado la pérdida de granos en dos tipos de daño directo e indirecto; la pérdida de granos por fruto a causa del daño directo es del 5%, mientras que el 70 a 90% se pierde a consecuencia del daño indirecto ocasionado por el ingreso del agua de lluvia, hongos, bacterias y otros insectos a través de los orificios de salida dejados por los adultos de *C. foraseminis*. Como estrategias inmediatas de control se han implementado podas en árboles de sombra y plantas de cacao, cosechas oportunas y tratamiento de los restos de cosecha; con estas prácticas se logra reducir la infestación en 10 a 15% en frutos cosechados, en la mayoría de los casos, estos porcentajes corresponden sólo a daños directos. Con la finalidad de plantear un Manejo integrado de plagas (MIP) se están realizando ensayos de campo para evaluar la eficiencia de control de *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, productos repelentes e insecticidas de baja toxicidad.

Abstract

The Huanuco region represents 4.8% of the national production of cocoa. Before 2015, fruit diseases were one of the main factors that reduced yields from 20 to 42%, while the damage caused by pest insects was considered insignificant. Since 2015 the presence of an insect locally called "Cocoa driller" has become very important, as it deteriorates the grains of the harvested pods. Since 2016, the distribution, incidence and damages caused by the "cocoa driller" are evaluated in producer farms as well as the diseases of unripe and harvested pods. In a survey of 165 farms in 63 communities belonging to the Leoncio Prado and Huamalies provinces, a 93% prevalence of the "cocoa driller" was established with a 20 to 70% infestation of harvested pods, while diseases only represented 10 to 20%. The provinces of Puerto Inca, Marañón and Pachitea, which account for 1.4% of the production in the region, are still free of the "cacao driller". This pest insect belongs to the *Carmenta foraseminis* Eichlin species (Lepidoptera, Sessiidae) and it has been reported in Venezuela and Colombia as the "cocoa driller". Fruit infestation begins at 2.5 months and the duration of its biological cycle is 54 to 72 days. Grain loss can be direct and indirect. Grain loss per fruit due to direct damage is 5%, while 70 to 90% is lost as a result of indirect damage caused by the entry of rainwater, fungi, bacteria and other insects through the holes left by adult *C. foraseminis*. As immediate control strategies, pruning on shade trees and cacao plants, timely harvests and crop residue treatment have been implemented. With these practices it is possible to reduce infestation from 10 to 15% in harvested fruits. In most cases, these percentages correspond only to direct damages. In order to propose an integrated pest management plan, field trials are being conducted to evaluate the efficiency of *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, repellent products and low-toxicity insecticides.

Résumé

La région de Huanuco représente 4,8% de la production nationale de cacao. Avant 2015, les maladies des fruits fut un des facteurs principaux ayant causé des réductions de 20 à 42% des rendements, tandis que les préjudices dus à des insectes ravageurs étaient considérés comme non significatifs. Depuis 2015, la présence d'un perceur de fruits appelé localement comme "Mazorquero del cacao" (perforateur du fruit du cacao) est de plus en plus connu à cause des dommages causés aux grains des fruits de cacao récoltés. Depuis 2016 les propriétaires des fermes de production évaluent la distribution, l'incidence et le dommage causé par le "mazorquero" et les maladies subies par les fruits verts et récoltés. Une prospection de 165 fermes appartenant à 63 communautés situées dans les provinces de Leoncio Prado et Huamalíes, a déterminé 93% de présence de "mazorquero", avec 20 à 70% d'infestation chez les fruits récoltés; tandis que les maladies ne représentent que 10 à 20%. Les provinces de Puerto Inca, Marañón y Pachitea, où est concentré 1,4% de la production de la région, sont encore des zones libre de "mazorquero". Cet insecte ravageur correspond à l'espèce *Carmenta foraseminis* Eichlin (Lepidoptera, Sessiidae), rapporté au Venezuela et en Colombie comme le "perforateur du fruit du cacao". L'infestation des fruits commence à l'âge de 2,5 mois et la durée de son cycle biologique est de 54 à 72 jours. La perte de grains a été évaluée en deux types de dommage: direct et indirect; la perte de grains par fruit causé par des dommages directs est de 5%, tandis que 70% à 90% est perdu à cause des dommages indirectes causés par l'entrée d'eau de pluie, fungus, bactéries et autres insectes à travers des orifices de sortie laissés par les adultes de *C. foraseminis*. En tant que stratégies immédiates de contrôle, il a été mis en œuvre un programme de taille des arbres d'ombrage et de plantes de cacao, des récoltes opportunes et le traitement des résidus des récoltes. Grâce à ces pratiques, il est possible de réduire l'infestation de 10 à 15% des fruits récoltés. Dans la plupart des cas ces pourcentages correspondent uniquement à des dommages directs. En vue de mettre en œuvre une Gestion intégrée des infestations (MIP pour son sigle en espagnol) des études de terrain sont en train d'être mis en marche en vue d'évaluer l'efficacité du contrôle de *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, des produits insectifuges et des insecticides à basse toxicité.

SANITIZACIÓN COMO ESTRATEGIA PRINCIPAL DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES EN CACAO EN EL PERÚ: TRES DÉCADAS Y MEDIA DE ESTUDIOS DE EPIDEMIOLOGÍA Y EFICIENCIA DE CONTROL

Rolando Ríos-Ruiz

Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

Resumen

Las enfermedades fungosas, y su manejo, limitan severamente la producción de cacao en el Perú. En ese contexto, la UNAS inició un programa sistemático y consistente de: levantamiento de enfermedades, estudios de biología de los patógenos, estudios epidemiológicos y de progreso, determinación de estrategias de control y evaluación de la eficiencia de medidas de control. Levantamiento de datos entre los años 1982-84 y 1988-89 identificó la Escoba de Bruja - EB (*Moniliophthora perniciosa*) y la Pudrición Parda - PP (*Phytophthora palmivora*) como las enfermedades más prevalecientes; sin embargo, este escenario cambió en los levantamientos de 1994-95 y 2005-06, que mostraron la Moniliasis - MO (*Moniliophthora roreri*) como la principal enfermedad, no raro causando pérdidas de 30 a 45% en la producción. Estudios de progreso; realizados entre los años 1988-90 para EB y PP, y entre los años 1993-95/1996-98 (plantaciones híbridas) y entre 2005-07/2014-2017 (plantaciones clonales) para MO; identificaron que la intensidad de EB en brotes, cojines florales y frutos fue mayor entre abril-setiembre, mientras que la presencia de PP en frutos presentó mayores incidencias entre diciembre-abril. Por otro lado, el apareamiento de MO en frutos ocurrió durante todo el año, siendo mayor entre enero-julio. Como las EB secas en el árbol y los frutos enfermos con PP y MO son importantes fuentes de inóculo, la estrategia de control prioritariamente debe contemplar la remoción del material afectado, o sea la Sanitización. Definido esta estrategia, varios ensayos fueron efectuados para evaluar la eficiencia del control de EB, PP y MO. Entre los años 1988-90, el control de la EB fue satisfactorio cuando las escobas fueron removidas en setiembre y repase en diciembre o enero, así reduciendo los frutos enfermos y elevando la producción en 50%. Entre los años 1989-90, un ensayo de remoción de EB dos veces al año y remoción de frutos con PP demostró eficiencia técnica, dando como resultado mayor producción. Cuando se evaluó entre los años de 1995-96 dos frecuencias (7 y 14 días) de remoción de frutos con MO y PP, la remoción semanal redujo la incidencia de las enfermedades. En dos años experimentales (1996-1998), la remoción semanal y la diferenciada (semanal de diciembre a mayo y a cada dos semanas de julio a noviembre) tuvieron efectos semejantes y redujeron la incidencia de la MO y aumentaron la producción. La sanitización es eficiente y los servicios de extensión deben aplicarlas correctamente para que los productores la adopten masivamente.

Abstract

Fungal diseases and their management limit the production of cocoa in Peru. In this context, the UNAS initiated a systematic and consistent program of disease documentation, biological studies of pathogens, epidemiological and progress studies, determination of control strategies and evaluation of the efficiency of control measures. Data collection between 1982-84 and 1988-89 identified witches' broom (*Moniliophthora perniciosa*) and brown rot (*Phytophthora palmivora*) as the most prevalent diseases of cocoa. However, this scenario changed after the surveys of 1994-95 and 2005-06, which showed moniliasis (*Moniliophthora roreri*) as the main disease, causing losses of 30 to 45% of production. Progress studies carried out between 1988-90 on witches' broom and brown rot, between 1993-95 / 1996-98 (hybrid plantations) and between 2005-07 / 2014-2017 (clonal plantations) for moniliasis identified that the intensity of witches' broom in buds, floral cushions and fruits was greater between April and September, while the presence of brown rot in fruits was stronger between December and April. On the other hand, the appearance of moniliasis in fruits occurred throughout the year, while it was higher between January and July. As dry tree areas caused by witches' broom and sick fruits with brown rot and moniliasis are sources of infection, the control strategy should primarily consider the removal of the affected material, that is, sanitation. Once this strategy was

defined, several tests were carried out to evaluate the efficiency of disease control. Between 1988 and 1990, the control of witches' broom disease was satisfactory when the affected material was removed in September and then in December or January, reducing the amount of affected fruits and raising production by 50%. Between 1989 and 1990, a trial removal of witches' broom twice a year and removal of fruit affected by brown rot demonstrated technical efficiency, resulting in higher production. Between 1995 and 1996, when two frequencies (7 and 14 days) of removal of fruits affected by moniliasis and brown rot were evaluated, weekly removal reduced the incidence of diseases. In two experimental years (1996-1998), weekly and differentiated removal (weekly from December to May and every two weeks from July to November) had similar effects, the incidence of MO was reduced and production increased. Sanitization is efficient and extension services must apply it correctly for producers to adopt it massively.

Résumé

Les maladies fongiques, et leur gestion, limitent de façon sévère la production de cacao au Pérou. Dans ce contexte, la UNAS a développé un programme systématique et consistant de : relevés des maladies, études de la biologie des pathogènes, études épidémiologiques et rapports de progrès, détermination des stratégies de contrôle et évaluation de l'efficacité des mesures de contrôle. La collecte de données de 1982-84 et 1988-89 a identifié le Balai de Sorcière - BS (*Moniliophthora perniciosa*) et la Pourriture Brune - PP (*Phytophthora palmivora*) comme les maladies les plus dominantes ; mais, ce scénario a changé avec la collecte de données 1994-95 et 2005-06 qui a identifié comme principale maladie la Moniliose - MO (*Moniliophthora roreri*), causant des pertes de 30 à 45% de la production. Les études de progrès, menées entre les années 1988-90 pour BS et PP, entre 1993-95/1996-98 (plantations hybrides) et entre 2005-07/2014-2017 (plantations clonales) pour MO, ont identifié que l'intensité du BS en bourgeons, coussinets floraux et fruits a été plus forte entre avril-septembre, tandis que l'apparition de PP sur les fruits a eu plus d'incidence entre décembre-avril. D'autre part, la MO est apparue sur les fruits pendant toute l'année, surtout pendant la période janvier-juillet. Puisque les BS sèches sur l'arbre et les fruits malades de PP et MO sont des sources importantes d'inoculation, de façon prioritaire la stratégie de contrôle doit contempler l'enlèvement du matériel affecté, c'est à dire l'Assainissement. Ayant défini la stratégie, on a mené plusieurs essais afin d'évaluer l'efficacité du contrôle de BS, PP et MO. Entre les années 1988-90 le contrôle du BS a été efficace lorsque les balais ont été enlevés en septembre avec un repassage en décembre ou janvier, le nombre de fruits malades s'est réduit et la production a augmenté 50%. Entre les années 1989-90, un essai d'enlèvement de BS deux fois par année et enlèvement des fruits avec PP a démontré une efficacité technique, et le résultat a été une augmentation de la production. Lors de l'évaluation de 1995-96 avec deux fréquences (7 et 14 jours) d'enlèvement de fruits avec MO et PP, l'enlèvement par semaine a réduit l'incidence des maladies. Pendant deux années pilotes (1996-1998) l'enlèvement par semaine et l'enlèvement différencié (par semaine entre décembre et mai et toutes les deux semaines entre juillet et novembre) ont eu des effets similaires et ont réduit l'incidence de la MO et la production a augmenté. L'assainissement est efficace et il est important que les services de vulgarisation les appliquent de façon correcte pour que les producteurs les adoptent massivement.

ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DINÁMICA ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA MONILIA EN DIFERENTES AMBIENTES EN COLOMBIA

Yeirme Jaimes Suárez

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA)

Resumen

La monilia, causada por *Moniliophthora roreri*, se considera la principal enfermedad biótica de *Theobroma cacao*. Actualmente, su control se basa en métodos culturales que resultan laboriosos. No obstante, para generar estrategias de manejo sustentables se requiere conocer aspectos de la biología de sus poblaciones. En este estudio, se analizó la diversidad genética y estructura poblacional de 186 aislamientos de *M. roreri* procedentes de siete departamentos de Colombia utilizando 13 marcadores microsatélites. En total, entre los aislamientos analizados se encontraron 152 genotipos multilocus (MLG), y poblaciones clonales de acuerdo con los índices de asociación (I_A y r_d) obtenidos. Estos resultados sugieren que en este patógeno se pueden presentar eventos de recombinación asexual rara o parcial, posiblemente debido a la parasexualidad. En las poblaciones, se reconocieron dos grupos genéticos entre los aislamientos de *M. roreri* mediante el método de agrupamiento bayesiano, con resultados similares al construir el dendrograma de semejanza con los loci de los SSR basados en la distancia genética de Nei. De acuerdo con el análisis discriminante de componentes principales, la diferenciación de estos grupos se da por el origen geográfico (departamento) y la altitud de los aislamientos. Con respecto a la epidemiología de la monilia, entre julio de 2013 hasta mayo de 2015 se monitoreó la incidencia de la enfermedad en el tiempo en clones con diferente grado de susceptibilidad en cuatro localidades del departamento de Santander y en el espacio solo en Rionegro. Por la sobredispersión de los datos, para el análisis temporal y espacial se empleó el modelo lineal generalizado con distribución de Poisson con función de ligación logarítmica. Entre las epidemias, clones y localidades se encontró una relación significativa. El clon SCC61 presentó la mayor intensidad de la enfermedad en la mayoría de localidades, excepto en San Vicente donde se presentaron los menores niveles de la enfermedad en todos los materiales. Después de aplicar el test de Moran I sobre los datos obtenidos en Rionegro, se evidenció que existe una autocorrelación espacial de la enfermedad. Así, el estudio de la dinámica espacio-temporal permitió demostrar que las epidemias de monilia varían de acuerdo con la localidad, el material vegetal y su localización en el campo. Estos resultados se sugieren que para el control de la enfermedad, las prácticas de manejo se deben ajustar de acuerdo con los microambientes, y considerando la distribución de los materiales en el lote. Palabras clave: Epidemiología diversidad genética cacao *Moniliophthora roreri*.

Abstract

Monilia, caused by *Moniliophthora roreri*, is considered the main biotic disease of *Theobroma cacao*. Currently, its control is based on cultural methods which are difficult to implement. However, in order to generate sustainable management strategies it is necessary to know some aspects about the biology of its populations. In this study, the genetic diversity and population structure of 186 *M. roreri* isolates coming from seven Colombian departments was analysed by using 13 microsatellite markers. In total, among the isolates analyzed 152 multilocus genotypes (MLG) and clonal populations were found according to the association indices (I_A and r_d) obtained. These results suggest that rare or partial asexual recombination events may occur in this pathogen, possibly due to parasexuality. In the populations, two genetic groups were recognized among *M. roreri* isolates by means of the Bayesian cluster method, with similar results when constructing the dendrogram of similarity with the SSR loci based on Nei genetic distance. According to the discriminant analysis of main components, the differentiation of these groups is given by their geographical origin (department) and the altitude of the isolations. Regarding the epidemiology of monilia, between July 2013 and May 2015 the incidence of the disease over time was monitored in clones with different susceptibility levels in four localities of the Santander department and in terms of space only in Rionegro. Due to the dispersion of data, for the temporal and spatial analysis the generalized linear model with Poisson

distribution with logarithmic function was used. A significant relationship was found among epidemics, clones and places. The SCC61 clone had the highest intensity of the disease in most of the locations except in San Vicente, where the lowest levels of the disease were found in all the materials. After applying the Moran I test on the data obtained in Rionegro, it was evidenced that there is a spatial autocorrelation of the disease. Thus, the study of space-time dynamics allowed the authors to demonstrate that monilia epidemics vary according to place, plant material and field location. These results suggest that for controlling the disease management practices must be adjusted according to microenvironments and distribution of the materials in the lot must be considered. Keywords: Epidemiology, genetic diversity, cacao, *Moniliophthora roreri*.

Résumé

La moniliose. Provoquée par *Moniliophthora roreri*, est considérée la principale maladie biotique de *Theobroma cacao*. A présent sont contrôlées des méthodes culturelles qui résultent laborieuses. Néanmoins, pour établir des stratégies de gestion durables il faut connaître les aspects biologiques des populations. Dans cette étude, on a fait l'analyse de la diversité génétique et la structure de la population de 186 isollements de *M. roreri* provenant de sept départements de la Colombie en utilisant 13 marqueurs microsatellites. Au total, parmi les isollements analysés on a trouvé 152 génotypes multilocus (MLG), et populations clonales selon les indices d'association (I_A y r_d) obtenus. Ces résultats suggèrent que dans ces pathogènes peuvent se présenter des événements de recombinaison asexuée rare ou partielle, possiblement en raison de la parasexualité. Parmi les populations on a reconnu des groupes génétiques entre les isollements de *M. roreri* par la méthode de regroupement bayésien, avec des résultats similaires de la construction du dendrogramme de ressemblance avec les loci des SSR basés sur la distance génétique de Nei. Selon l'analyse discriminatoire des principales composantes, la différenciation de ces groupes résulte de l'origine géographique (département) et l'altitude des isollements. En ce qui concerne l'épidémiologie de la moniliose, entre juillet 2013 et mai 2015 on a fait le monitoring de l'incidence de la maladie dans le temps sur des clones avec un différent degré de susceptibilité dans quatre localités du département de Santander et dans l'espace seulement à Rionegro. En raison de la dispersion excessive des données, on a employé pour l'analyse espace et temps un modèle linéaire généralisé avec la distribution de Poisson avec fonction de liaison logarithmique. Entre les épidémies, clones et localités on a trouvé une relation importante. Le clone SCC61 a présenté la plus grande intensité de la maladie dans la plupart des localités, excepté San Vicente où se sont présentés les moindres niveaux de la maladie dans tous les matériaux. Après l'application du test de Moran I sur les données obtenues à Rionegro, il est mis en évidence qu'il existe une autocorrelation spatiale de la maladie. Ainsi, l'étude de la dynamique espace-temps a permis de démontrer que les épidémies de moniliose varient selon la localité, le matériel végétal et sa localisation sur les champs. Ces résultats suggèrent que pour le contrôle de la maladie, les pratiques de gestion doivent être adaptées selon les micro-environnements et par la considération de la distribution des matériaux dans le lot. Mots clés: Épidémiologie, diversité, génétique, cacao, *Moniliophthora roreri*.

HABITAT ADAPTATION AND POPULATION OF NYMPHAL AND ADULT STAGES OF TWO COCOA MIRID SPECIES (*DISTANTIELLA THEOBROMA* [Dist.] AND *SAHLBERGELLA SINGULARIS* Hagl.)

Richard Adu-Acheampong

Emmanuel Obeng, Richard Sem, Phebe Tagbor, Abraham Nkansah, Godfred Awudzi, Silas A. Wintuma
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Habitat Adaptation and Population of Nymphal and Adult Stages of Two Cocoa Mirid Species (*Distantiella theobroma* [Dist.] and *Sahlbergella singularis* Hagl.) Richard Adu-Acheampong*, Emmanuel Obeng, Richard Sem, Phebe Tagbor, Abraham Nkansah, Godfred Awudzi and Silas A. Wintuma Cocoa Research Institute of Ghana, P. O. Box 8, Tafo-Akim
Abstract This paper describes part of a detailed study of the habitat and feeding-site adaptation and population of different life stages of two important cocoa mirid species, *Distantiella theobroma* (Dist.) and *Salbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae). The study was conducted from 1981 to 2015 in the Eastern Region of Ghana (6.24.676 N, 0.52.074 W). The insects have low population densities, but strong environmental and habitat adaptability. They easily reach damaging population levels when environmental conditions are suitable. In field studies across a block of 8 ha plot in 34 years, 17,892 *D. theobroma* and 31,143 *S. singularis* in total were sampled with significant variability in dominance detected in habitat affinity between the two species. Nymphs were the most frequently detected stage (93.2%), and significant differences in abundance were detected in habitat preference. The old perception that *D. theobroma* had strong habitat affinity for pods than *S. singularis* could not be established in the present study. In contrast, 63.3% *S. singularis* and 54.7% *D. theobroma* were recorded on pods. Of all the samples collected on pods, green unhardened tissue (chupons), fan branches and trunks, mirids were present in the following order; pods (60.1%) > chupons (30.8%) > fan branches (5.1%) > trunks (4.0%). The widespread occurrence of *S. singularis* on different tissues reflects their broad habitat affinity and environmental range. Mirid numbers decreased with decreasing moisture and rising temperature. Peak populations occurred in January to March and August to December, but the two species were most abundant in September. The consistent low field observations of *D. theobroma* suggest that newer cocoa varieties are likely to contribute substantially to *D. theobroma* suppression, at least during the time period of the study when newer insecticide formulations were being widely applied nation-wide for mirid control. For *S. singularis* that were relatively well represented across different parts of the plants, conventional insecticide application which is the main method of control may be fruitful when application is purposefully targeted at the pods and chupons. Key words: cocoa, mirids, population, habitat preference

Résumé

Ce document décrit une partie d'une étude détaillée de l'habitat et de l'adaptation du site d'alimentation et de la population dans les différentes étapes de la vie de deux espèces très importantes de punaises du cacao, *Distantiella theobroma* (Dist.) et *Salbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae). L'étude a été réalisée de 1981 à 2015 dans la région orientale du Ghana (6.24.676 N, 0.52.074 W). Les insectes ont des densités faibles de population, mais il y a une forte adaptabilité à l'environnement et à l'habitat. Ils atteignent facilement des niveaux nocifs de population lorsque les conditions environnementales sont adéquates. Lors des études de terrain sur un bloc de huit hectares en 34 ans, 17.892 *D. theobroma* et 31.143 *S. singularis* ont été échantillonnés avec une variabilité significative dans le domaine repéré en matière d'affinité de l'habitat entre les deux espèces. Les nymphes ont été l'étape la mieux décelée (93.2%), et des différentes significatives quant à l'abondance et la préférence de l'habitat. L'ancienne perception comme quoi *D. theobroma* avait une affinité plus forte pour l'habitat des cosses que *S. singularis* n'a pu s'établir que dans cette étude. En revanche, 63,3% de *S. singularis* et 54,7% de *D. theobroma* ont été repérées dans les cosses. Parmi tous les échantillons recueillis dans les cosses, les tissus verts non durcis (surgeons), les branches en éventail et autres, les punaises étaient présentes comme suit : cosses (60.1%)> surgeons (30.8%)> branches en éventail (5.1%)> troncs (4.0%).

La présence généralisée de *S. singularis* dans différents tissus reflète sa grande affinité avec l'habitat et le rang environnemental. Le nombre de punaises a diminué avec la diminution de l'humidité et l'augmentation de la température. Les populations pointes ont eu lieu de janvier à mars, et d'août à décembre, mais les deux espèces ont été plus abondantes en septembre. Les observations consistantes de terrain bas de *D. theobroma* suggèrent que les nouvelles variétés de cacao peuvent contribuer substantiellement à la suppression de *D. theobroma*, au moins pendant une période de l'étude quand les nouvelles formulations d'insecticides ont été appliquées largement dans tout le pays pour le contrôle de punaises. Quant aux *S. singularis*, qui étaient relativement bien représentées dans différentes parties des plantes, l'application conventionnelle d'insecticides comme méthode principale de contrôle, a pu être fructueuse lorsque l'application était faite de manière délibérée sur les cosses et les surgeons. Mots clé : cacao, punaises, préférence d'habitat.

Resumen

Este documento describe parte de un estudio detallado del hábitat y la adaptación del sitio de alimentación y la población en las diferentes etapas de vida de dos especies importantes de chinches de cacao, *Distantiella theobroma* (Dist.) Y *Salbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae). El estudio se realizó de 1981 a 2015 en la región oriental de Ghana (6.24.676 N, 0.52.074 W). Los insectos tienen bajas densidades de población, pero una fuerte adaptabilidad ambiental y del hábitat. Llegan fácilmente a niveles dañinos de población cuando las condiciones ambientales son adecuadas. En estudios de campo en un bloque de 8 hectáreas en 34 años, 17.892 *D. theobroma* y 31.143 *S. singularis* en total fueron muestreados con una variabilidad significativa en el dominio detectado en la afinidad del hábitat entre las dos especies. Las ninfas fueron la etapa detectada más frecuentemente (93.2%), y se detectaron diferencias significativas en la abundancia en la preferencia del hábitat. La antigua percepción de que *D. theobroma* tenía una afinidad más fuerte por el hábitat de las vainas que *S. singularis* no pudo establecerse en el presente estudio. Por el contrario, el 63,3% de *S. singularis* y el 54,7% de *D. theobroma* se registraron en las vainas. De todas las muestras recolectadas en las vainas, tejidos verdes no endurecidos (chupones), ramas abanico y troncos, los chinches estaban presentes en el siguiente orden; vainas (60.1%)> chupones (30.8%)> ramas abanico (5.1%)> troncos (4.0%). La presencia generalizada de *S. singularis* en diferentes tejidos refleja su amplia afinidad de hábitat y el rango ambiental. Los números de chinches disminuyeron con la disminución de la humedad y el aumento de la temperatura. Las poblaciones pico ocurrieron en enero a marzo y agosto a diciembre, pero las dos especies fueron más abundantes en septiembre. Las observaciones consistentes de campo bajo de *D. theobroma* sugieren que las nuevas variedades de cacao pueden contribuir sustancialmente a la supresión de *D. theobroma*, al menos durante el período del estudio cuando las nuevas formulaciones de insecticidas se aplicaron ampliamente en todo el país para el control de chinches. Para *S. singularis* que estaban relativamente bien representadas en diferentes partes de las plantas, la aplicación convencional de insecticidas, que es el principal método de control, puede ser fructífera cuando la aplicación se dirige deliberadamente a las vainas y los chupones. Palabras clave: cacao, chinches, población, preferencia de hábitat.

MOVEMENT OF CSSV BEYOND COCOA: ALTERNATIVE HOSTS AND BARRIER CROPS

Andy Wetten

Emmanuelle Muller, Joël Allainguillaume

University of Reading (UoR)

Abstract

Cacao Swollen Shoot Virus (CSSV) continues to be the most damaging viral pathogen affecting cocoa production. While the impact of CSSV can be severe, the mealybug-mediated transmission of the resultant infection means the disease appears to progress predominantly as a radial spread from an initial outbreak and so may be ameliorated through the use of immune barrier crops. Newly established cocoa plantations above a threshold area and in a square rather than rectangular format are thought to be amenable to protection from infection by such non-host barriers. It was an objective of this study to challenge a series of candidate barrier species with viruliferous mealybugs to confirm whether those plants could act as suitable obstacles to the progress of the virus. *Coffea canephora* (robusta coffee), *Citrus sinensis* (sweet orange) and *Hevea brasiliensis* (rubber) plants were first PCR-screened to establish their virus free status. They were then challenged with juveniles of the polyphagous mealybug species *Planococcus citri* which had previously spent a four day virus acquisition period on cocoa infected with the severe New Juaben isolate of CSSV. While feeding trials from the same mealybug population gave rise a month later to PCR-detectable transmission of CSSV to previously virus-free Amelonado cocoa plants, no such transmission was detected in any of the candidate barrier plants four months after exposure to the viruliferous mealybugs. While a series of members of the Malvaceae whose occurrence in West Africa pre-dates cocoa introduction to the region have been proposed as alternative hosts for CSSV, this has been challenging to establish due to the lack of clear disease symptoms. In this study the same mealybug transmission system was used to challenge seed-grown plants of *Ceiba pentandra* (kapok) with CSSV, this time with the result that the virus proliferated and these plants could then be used as a source of new infection for previously virus-free Amelonado cocoa plants. These results are discussed in the context of the way in which disease spread can be influenced by natural reservoir and barrier plants.

Résumé

Le Virus de la Tige Enflammée du Cacao (CSSV par ses sigles en anglais) est toujours le pathogène viral le plus nocif qui nuit la production du cacao. Bien que l'impact du CSSV puisse être grave, la transmission par le biais des cochenilles farineuses de l'infection résultante signifie que la maladie semble progresser de façon prédominante, comme une dissémination radiale depuis un accès initial et, par conséquent, peut s'améliorer grâce à l'utilisation de cultures de barrière immunologique. Les plantations de cacao établies récemment au-dessus d'une aire seuil et dans un format carré au lieu de rectangulaire, sont considérées comme susceptibles de protection contre l'infection grâce aux dites barrières non hôtes. Un des objectifs de cette étude a été la mise en question d'une série d'espèces de barrière candidates avec des cochenilles farineuses virulifères pour confirmer si ces plantes pouvaient agir comme des obstacles adéquats pour le progrès du virus. Les plantes *Coffea canephora* (café robusta), *Citrus sinensis* (orange sucrée) et *Hevea brasiliensis* (caoutchouc) ont été soumises d'abord à des essais de PCR afin d'établir son état comme libre de virus. Puis, on a soumis au défi des juvéniles de l'espèce de cochenille farineuse polyphage la *Planococcus citri*, qui avait passé au préalable par une période d'acquisition de virus de quatre jours dans le cacao infecté avec l'isolement sévère de CSSV de Nuevo Juaben. Tandis que les essais d'alimentation de la même population de cochenille farineuse ont produit au bout d'un mois la transition de CSSV décelable par PCR à des plantes de cacao Amelonado libres de virus au préalable, cette transmission n'a été décelée chez aucune plante de barrière candidate quatre mois après l'exposition aux cochenilles virulifères. Bien qu'une série de membres des Malvaceae, dont la présence en Afrique Occidentale est préalable à l'introduction du cacao dans la région, ait été proposée comme hôtes alternatifs pour le CSSV, on a eu du mal à établir ceci à cause du manque de

symptômes clairs de la maladie. Dans cette étude on a utilisé le même système de transmission par cochenille farineuse pour défier les plantes de *Ceiba pentandra* (kapok) cultivées avec CSSV, cette fois-ci ayant comme résultat la prolifération du virus ; ces plantes pouvaient être utilisées comme une nouvelle source d'infection par des plantes de cacao Amelonado libres de virus au préalable. Ces résultats sont discutés dans le contexte de la façon dont la propagation de la maladie peut être influencée par le réservoir naturel et les plantes de barrière.

Resumen

El Virus del Tallo Inflamado del Cacao (CSSV por sus siglas en inglés) continúa siendo el patógeno viral más dañino que afecta la producción de cacao. Si bien el impacto del CSSV puede ser grave, la transmisión mediada por cochinillas harinosas de la infección resultante significa que la enfermedad parece progresar predominantemente como una diseminación radial desde un brote inicial y, por lo tanto, puede mejorarse mediante el uso de cultivos de barrera inmunológica. Las plantaciones de cacao recientemente establecidas por encima de un área umbral y en un formato cuadrado en lugar de rectangular se consideran susceptibles de protección contra la infección por tales barreras no hospederas. Un objetivo de este estudio fue cuestionar una serie de especies de barrera candidatas con cochinillas harinosas virulíferas para confirmar si esas plantas podrían actuar como obstáculos adecuados al progreso del virus. Las plantas de *Coffea canephora* (café robusta), *Citrus sinensis* (naranja dulce) y *Hevea brasiliensis* (caucho) se sometieron primero a pruebas de PCR para establecer su estado como libre de virus. Luego fueron desafiados con juveniles de la especie de cochinilla harinosa polífaga *Planococcus citri*, que había pasado previamente un período de adquisición de virus de cuatro días en el cacao infectado con el aislado severo de CSSV de Nuevo Juaben. Mientras que los ensayos de alimentación de la misma población de cochinilla harinosa dieron lugar un mes después a la transmisión de CSSV detectable por PCR a plantas de cacao Amelonado previamente libres de virus, no se detectó dicha transmisión en ninguna de las plantas barrera candidatas cuatro meses después de la exposición a las cochinillas virulíferas. Si bien una serie de miembros de las *Malvaceae* cuya presencia en África Occidental es anterior a la introducción del cacao en la región se han propuesto como hospedadores alternativos para el CSSV, esto ha sido difícil de establecer debido a la falta de síntomas claros de la enfermedad. En este estudio, se utilizó el mismo sistema de transmisión de cochinilla harinosa para desafiar las plantas de *Ceiba pentandra* (kapok) cultivadas con CSSV, esta vez con el resultado de que el virus proliferaba y estas plantas podían usarse como una fuente de nueva infección por plantas de cacao Amelonado previamente libres de virus. Estos resultados se discuten en el contexto de la forma en que la propagación de la enfermedad puede verse influenciada por el reservorio natural y las plantas de barrera.

A NEXT GENERATION SEQUENCING APPROACH TO ELUCIDATE CSSV SPECIES PROFILES

Emmanuelle MULLER

Andrew Wetten, Joel Allainguillaume, Francis Abrokwa, Koffi Kouakou, Henry K. Dzahini-Obiatey
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

Cacao swollen shoot virus (CSSV) is a member of the family Caulimoviridae, genus Badnavirus and is naturally transmitted to Theobroma cacao by several mealybug species. The virus is restricted to West Africa, while the cacao tree originates from the Americas, and has therefore most probably an indigenous origin on the West African subcontinent. The resultant disease has caused enormous economic damage in Ghana since the 1930's but was restricted to small areas in Togo and Côte d'Ivoire until recently. Now, renewed outbreaks in the main producing areas in Côte d'Ivoire, Ghana and Togo, cause serious yield losses and tree death. CSSV populations in West African countries are genetically structured into several different groups according to the diversity in the first part of ORF3 corresponding to the movement protein. To unravel the extent of isolate diversity we used Illumina HiSeq technology and reconstructed 21 new complete genomes corresponding to the different groups of CSSV sequences. In this way we were able to compare the partial sequences of the RTase region (recognised as the taxonomical region by ICTV using a 20% threshold of nucleotide divergence to denote separate species), and thereby identifying nine different CSSV species. These results will now be used to improve the detection of all badnaviruses present in cacao leaf samples, a vital tool in efforts to halt the spread of the disease and confirm the healthy status of new plantations.

Résumé

Le virus de la tige enflammée du cacao (CSSV par ses sigles en anglais) est un membre de la famille Caulimoviridae, genre Badnavirus et est transmis naturellement au cacao Theobroma par plusieurs espèces de cochenilles. Le virus est restreint en Afrique occidentale, tandis que l'arbre du cacao est originaire des Amériques, pouvant donc trouver ses origines dans les tribus indigènes du sous-continent d'Afrique occidentale. La maladie qui en résulte a causé de grands dommages économiques au Ghana depuis la décennie de 1930, mais s'est limitée jusqu'à récemment à de petites zones au Togo et en Côte d'Ivoire. Aujourd'hui, les nouveaux accès dans les principales zones productrices de Côte d'Ivoire, Ghana et Togo causent de graves pertes de rendement et la mort des arbres. Les populations de CSSV dans les pays d'Afrique occidentale sont génétiquement structurées dans plusieurs groupes différents selon la diversité dans la première partie d'ORF3 correspondante à la protéine du mouvement. Pour élucider l'extension de la diversité d'isolements, nous avons utilisé la technologie Illumina HiSeq et nous avons reconstruit 21 nouveaux génomes complets correspondant aux différents types de séquences de CSSV. Ainsi, nous avons pu comparer les séquences partielles de la région de RTase (reconnue comme la région taxonomique par ICTV en utilisant un seuil de 20% de divergence de nucléotides pour indiquer des espèces séparées) et par conséquent, repérer neuf nouvelles espèces différentes de CSSV. Ces résultats seront maintenant utilisés afin d'améliorer la détection de tous les badnavirus présents dans les échantillons de feuilles de cacao, un outil vital dans les efforts pour arrêter la propagation de la maladie et confirmer l'état sain des nouvelles plantations.

Resumen

El virus del tallo inflamado de cacao (CSSV por sus siglas en inglés) es un miembro de la familia Caulimoviridae, género Badnavirus y es transmitido naturalmente a Theobroma cacao por varias especies de cochinilla. El virus está restringido a África occidental, mientras

que el árbol de cacao se origina en las Américas y, por lo tanto, es muy probable que tenga un origen indígena en el subcontinente de África occidental. La enfermedad resultante ha causado un enorme daño económico en Ghana desde la década de 1930, pero se limitó a áreas pequeñas en Togo y Costa de Marfil hasta hace poco. Ahora, los nuevos brotes en las principales áreas productoras de Costa de Marfil, Ghana y Togo causan graves pérdidas de rendimiento y la muerte de los árboles. Las poblaciones de CSSV en los países de África occidental están genéticamente estructuradas en varios grupos diferentes según la diversidad en la primera parte de ORF3 correspondiente a la proteína del movimiento. Para desentrañar la extensión de la diversidad de aislamientos, utilizamos la tecnología Illumina HiSeq y reconstruimos 21 nuevos genomas completos correspondientes a los diferentes grupos de secuencias de CSSV. De esta forma, pudimos comparar las secuencias parciales de la región de RTase (reconocida como la región taxonómica por ICTV usando un umbral del 20% de divergencia de nucleótidos para indicar especies separadas), y por lo tanto identificar nueve especies diferentes de CSSV. Estos resultados se usarán ahora para mejorar la detección de todos los badnavirus presentes en las muestras de hojas de cacao, una herramienta vital en los esfuerzos por detener la propagación de la enfermedad y confirmar el estado saludable de las nuevas plantaciones.

PREVENTING COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS DISEASE: A META-ANALYSIS

Christian Andres

Christian Andres, Andreas Gattinger, Henry K. Dzahini-Obiatey, Wilma J. Blaser, Samuel K. Offei, Johan Six
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

Abstract

Cocoa Swollen Shoot Virus Disease (CSSVD) is one of the major factors limiting cocoa (*Theobroma cacao* L.) productivity in West Africa. The only cure for CSSVD is to cut out visibly infected trees and the official eradication campaign in Ghana has cut out more than 200 million trees since 1946. 80 years of research on preventive control measures have mainly focused on resistance breeding, mild strain cross-protection (inoculation of cocoa seedlings with a mild strain of the virus to protect against the severe strain) and control of mealybug vectors. Meanwhile diversification measures such as agroforestry (for shading) or barrier (strip) cropping have received less attention. Despite promising results, CSSVD is more prevalent in the field than ever before. The large body of knowledge on preventive control measures for CSSVD is fragmented and many publications are not easily accessible. Furthermore, the literature has never been systematically evaluated and quantitatively assessed. Hence, we consolidated this knowledge with an extensive literature review followed by meta-analysis to identify the pertinent research gaps. Out of 423 publications on CSSVD-related issues, we selected 34 studies, which contained 52 datasets on seven different preventive control measures. Results showed that resistance breeding and mild strain cross-protection may reduce CSSVD infection by 30 percent, while the potential of diversification measures (shading/agroforestry and barrier (strip) cropping) seems to be considerably higher (40 and 85 percent, respectively). However, there is a lack of evidence because of a low number of studies about diversification measures, indicating that our results have to be interpreted with care and calling for more research in this area. Future testing is needed to evaluate the efficacy of barrier (strip) cropping to reduce CSSVD, and address the effect of shade on CSSVD symptom severity. Furthermore, the practical relevance of different preventive control measures for farmers needs to be assessed, and shade should be considered in current breeding programs for CSSVD resistance.

Résumé

Le Virus des Tiges Enflammées du Cacao (CSSVD par ses sigles en anglais) est l'un des principaux facteurs qui limitent la productivité du cacao (*Theobroma cacao* L.) en Afrique Occidentale. Le seul traitement pour le CSSVD étant de couper les arbres visiblement infectés, la campagne officielle d'éradication au Ghana a fait couper plus de 200 millions d'arbres depuis 1946. 80 ans de recherche sur des mesures de contrôle préventif se sont concentrés notamment sur la résistance, la protection croisée de la souche douce (inoculation de plantules de cacao avec une souche faible du virus comme protection de la souche grave) et le contrôle de vecteurs de cochenilles. En même temps, les mesures de diversification telles que l'agrosylviculture (pour pourvoir de l'ombre) ou la barrière (frange) ont fait l'objet de moins d'attention. En dépit des résultats prometteurs, le CSSVD est plus fréquent dans la campagne que jamais avant. La grande quantité de connaissances sur des mesures de contrôle préventif pour le CSSVD est fragmentée et les gens ne peuvent pas accéder facilement aux publications. Outre cela, la littérature n'a jamais été évaluée systématiquement ni analysée quantitativement. Par conséquent, nous consolidons cette connaissance avec une ample révision de la littérature suivie d'une méta analyse afin de repérer les vides recevables de la recherche. Parmi les 423 publications portant sur le CSSVD, nous avons choisi 34 études contenant 52 ensembles sur sept mesures de contrôle préalable. Les résultats ont montré que le croisement de résistance et la protection croisée de la souche faible peuvent réduire l'infection par CSSVD à 30%, tandis que le potentiel de mesures de diversification (ombre/agroforesterie et culture de barrière (frange)) semble être 30% beaucoup plus important, tandis que le potentiel des mesures de diversification (ombre / agroforesterie et culture de barrière (frange)) semble être bien plus important (40 et 85 pourcent respectivement). Toujours est-il que nous assistons à un manque d'évidence dû principalement au bas nombre d'études sur des mesures de diversification, ce qui indique que nos résultats doivent être interprétés soigneusement et qu'ils requièrent de davantage de recherches dans ce domaine. Des essais futurs afin d'évaluer l'efficacité des cultures de

barrière (frange) pour réduire le CSSVD et de faire une approche de l'effet de l'ombre sur la gravité des symptômes de CSSVD s'avèrent nécessaires. Qui plus est, il faut évaluer la recevabilité pratique des différentes mesures de contrôle préventif pour les agriculteurs, et il faut considérer l'ombre dans les programmes d'amélioration actuels pour la résistance au CSSVD.

Resumen

El Virus de Tallos Inflamados de Cacao (CSSVD por sus siglas en inglés) es uno de los principales factores que limitan la productividad del cacao (*Theobroma cacao* L.) en África occidental. La única cura para CSSVD es cortar los árboles visiblemente infectados y la campaña oficial de erradicación en Ghana ha cortado más de 200 millones de árboles desde 1946. 80 años de investigación sobre medidas de control preventivo se han centrado principalmente en la resistencia, la protección cruzada de la cepa leve (inoculación de plántulas de cacao con una cepa leve del virus para proteger contra la cepa grave) y control de vectores de cochinillas. Mientras tanto, las medidas de diversificación, como la agrosilvicultura (para proveer sombra) o la barrera (franja), han recibido menos atención. A pesar de los resultados prometedores, CSSVD es más frecuente en el campo que nunca. La gran cantidad de conocimientos sobre medidas de control preventivo para CSSVD está fragmentada y muchas publicaciones no son de fácil acceso. Además, la literatura nunca ha sido evaluada sistemáticamente ni analizada cuantitativamente. Por lo tanto, consolidamos este conocimiento con una extensa revisión de la literatura seguida de un metaanálisis para identificar los vacíos de investigación pertinentes. De las 423 publicaciones sobre cuestiones relacionadas con CSSVD, seleccionamos 34 estudios, que contenían 52 conjuntos de datos sobre siete medidas de control preventivo diferentes. Los resultados mostraron que el cruce de resistencia y la protección cruzada de la cepa leve pueden reducir la infección por CSSVD en un 30 por ciento, mientras que el potencial de medidas de diversificación (sombreado/agroforestería y cultivo de barrera (franja)) parece ser considerablemente mayor (40 y 85 por ciento, respectivamente). Sin embargo, hay una falta de evidencia debido a un bajo número de estudios sobre medidas de diversificación, lo que indica que nuestros resultados deben interpretarse con cuidado y requieren más investigación en esta área. Se necesitan pruebas futuras para evaluar la eficacia de los cultivos de barrera (franja) para reducir el CSSVD y abordar el efecto de la sombra sobre la gravedad de los síntomas de CSSVD. Además, se debe evaluar la relevancia práctica de las diferentes medidas de control preventivo para los agricultores, y se debe considerar la sombra en los programas de mejoramiento actuales para la resistencia al CSSVD.

PEST AND PATHOGEN PROJECT CF/ICCO/43 - THE JOURNEY SO FAR: ACHIEVEMENTS, CONSTRAINTS AND THE OUTLOOK FOR THE FUTURE

Henry Kwame Dzahini-Obiatey
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

The project to control indigenous pests and diseases and to prevent the introduction of exogenous ones into Africa started in June 2013 and is to be completed by June 2017. The project has two main objectives i.e. (1) the integrated management of indigenous cocoa pests and diseases (Component 1) and (2) early warning systems, emergency actions and national plans for prevention and management of cocoa pests and pathogens (Component 2). Forty (40) months into the project, seven activities out of the 26 in Component 1 and five out of a total of 14 in Component 2 have been completed while the remaining are ongoing and nearing completion. Though a good number of activities are yet to be carried out, very significant achievements have been made in activities carried out so far: Farmers' awareness on the damage caused by most cocoa pests and pathogens and how to identify and manage them have been enhanced through project trainings, demonstrations and sensitization programmes. Overall, 29,302 cocoa farmers were given hands on training in cocoa pests and diseases management, while several other thousands more might have been reached through 1296 slots on various local radio stations in all five participating countries in Central and West Africa. These figures far exceeded the targeted number of 4,930 farmers to be trained. Also, about 10,350 manuals, pamphlets, brochures and flyers instead of the targeted 1901 were produced and distributed to farmers across the same geographical areas. For Component 2, the activities executed did not only reveal lack of capacities such as trained quarantine personnel, equipment, commitment of financial resources in the participating countries to prevent entry of exogenous pests and pathogens but has enabled adequate training of participants to carry out effective phytosanitary duties. It has also enabled the provision of Plant Protection compendia for all the participating countries, a very important tool for the various National Plant Protection Organisations in the participating countries to conduct pest risk analysis so as to prevent exotic pests and pathogens from entering into the sub-region. All the above achievements have not been without setbacks. Key among the constraints is the complex nature of funding arrangements where a single activity is funded by more than one financier so whenever one of them reneges or delays in the provision of funds, the project is stalled or the activity had to be scaled down or redesigned. The situation has indeed interrupted project implementation and the completion schedule. The ability of the project to deliver on its goal of increasing farmers' income and improving their livelihood by reducing cocoa yield losses caused by pests and pathogens is discussed in this paper.

Résumé

Le projet pour contrôler les infestations et les maladies autochtones, ainsi que l'introduction d'exogènes en Afrique commença en juillet 2013, et prendra fin en juin 2017. Le projet a deux objectifs principaux : (1) Gestion intégrée des infestations et des maladies du cacao indigène (Composante 1) et (2) Systèmes d'alerte précoce, actions d'urgence et plans nationaux de prévention, et gestion d'infestations et de pathogènes du cacao (Composante 2). Quarante (40) mois après avoir commencé le projet, sept activités sur 26 ont été entamées dans la Composante 1, et cinq sur 14 dans la Composante 2, tandis que les restantes sont en cours ou presque finies. Bien que l'on n'ait pas mené un grand nombre d'activités, des réussites importantes ont eu lieu dans les activités menées jusqu'à maintenant : des projets de formation, de démonstrations et de programmes de sensibilisation ont été réalisés dans le but d'augmenter la conscience du dommage causé par la plupart des infestations et des pathogènes du cacao et comment les repérer et les traiter. Au total, 29.302 agriculteurs de cacao ont bénéficié d'une formation pratique de gestion d'infestations et de maladies du cacao. La transmission de 1.296 publicités dans différentes stations de radio locales dans les cinq pays participants d'Afrique Centrale et Afrique de l'Ouest, a fait un grand travail également. Ces chiffres ont dépassé le nombre

cible de 4.930 agriculteurs à former. De surcroît, 10.350 manuels, brochures, affiches et feuillets ont été distribués parmi les agriculteurs dans les mêmes zones géographiques. Pour la Composante 2, les activités réalisées ont révélé le manque de capacités, telles que du personnel de quarantaine formé, des équipements, des ressources financières dans les pays participants afin de prévenir les infestations et les pathogènes exogènes. Ces activités ont également permis un approvisionnement de manuels de Protection Phytosanitaire pour tous les pays participants, cet outil s'avérant très important pour les différentes Organisations Nationales de Protection Phytosanitaire dans les pays participants afin de réaliser une analyse de risque des infestations dans le but d'éviter qu'elles ou les pathogènes exotiques entrent dans la sous-région. Toutes ces réussites ont dû faire face à grand nombre de contraintes, dont la nature complexe des accords de financement où une seule activité est financée par plusieurs financiers : en effet, il leur arrive de ne pas faire le versement ou de retarder l'approvisionnement de fonds. Il faut de la sorte arrêter le projet ou réduire l'activité, ou bien la reformuler. En fait, cette situation a interrompu la mise en place du projet et le chronogramme de finalisation. L'on discute actuellement sur la capacité du projet pour atteindre l'objectif d'augmenter les revenus des agriculteurs et d'améliorer leur nourriture quotidienne à travers la réduction des pertes du rendement du cacao, causée par les infestations et les pathogènes.

Resumen

El proyecto para controlar las plagas y enfermedades autóctonas y prevenir la introducción de exógenos en África comenzó en junio de 2013 y se completará en junio de 2017. El proyecto tiene dos objetivos principales: (1) el manejo integrado de plagas y enfermedades del cacao indígena (Componente 1) y (2) sistemas de alerta temprana, acciones de emergencia y planes nacionales para la prevención y el manejo de plagas y patógenos del cacao (Componente 2). Cuarenta (40) meses después de iniciar el proyecto, se han completado siete actividades de las 26 en el Componente 1 y cinco de un total de 14 en el Componente 2, mientras que las restantes están en curso y casi finalizadas. Aunque todavía no se han llevado a cabo un buen número de actividades, se han logrado logros significativos en las actividades llevadas a cabo hasta ahora: la conciencia de los agricultores sobre el daño causado por la mayoría de las plagas y patógenos del cacao y cómo identificarlas y manejarlas se han mejorado mediante proyectos de capacitación, demostraciones y programas de sensibilización. En total, 29.302 agricultores de cacao recibieron capacitación práctica en el manejo de plagas y enfermedades del cacao, mientras que se pudo haber llegado a otros miles más a través de 1.296 cuñas en varias estaciones de radio locales en los cinco países participantes de África Central y Occidental. Estas cifras superaron con creces el número objetivo de 4.930 agricultores que se capacitarían. Además, se produjeron y distribuyeron alrededor de 10,350 manuales, folletos, panfletos y volantes en lugar de los 1.901 que se pretendían producir y distribuir a los agricultores en las mismas áreas geográficas. Para el Componente 2, las actividades ejecutadas no solo revelaron la falta de capacidades, como personal de cuarentena capacitado, equipos, compromiso de recursos financieros en los países participantes para prevenir el ingreso de plagas y patógenos exógenos, sino que permitieron la capacitación adecuada de los participantes para llevar a cabo tareas fitosanitarias efectivas. También ha permitido la provisión de compendios de Protección Fitosanitaria para todos los países participantes, una herramienta muy importante para las diversas Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria en los países participantes para realizar análisis de riesgo de plagas a fin de evitar que las plagas y patógenos exóticos entren a la subregión. Todos los logros anteriores no han sido sin contratiempos. Una de las principales limitaciones es la naturaleza compleja de los acuerdos de financiación en los que una única actividad es financiada por más de un financista, por lo que cada vez que uno de ellos incumple o retrasa la provisión de fondos, el proyecto se detiene o la actividad debe reducirse o rediseñarse. La situación de hecho ha interrumpido la implementación del proyecto y el cronograma de finalización. La capacidad del proyecto para cumplir su objetivo de aumentar los ingresos de los agricultores y mejorar su sustento mediante la reducción de las pérdidas de rendimiento del cacao causadas por plagas y patógenos se discute en este documento.

GENERATION OF CACAO CLONES WITH DURABLE RESISTANT AGAINST FROSTY POD ROT (*Moniliophthora roreri* (Cif. & Par.) Evans et al.).

Wilbert Phillips-Mora

Allan Mata-Quirós, Adriana Arciniegas-Leal
CATIE

Abstract

Cacao diseases are responsible for substantial losses at global scale, now fostered by the unprecedented effects of climate change. In a perennial crop such as cacao mostly grown by small farmers with limited resources, breeding for resistance to pathogens must have top priority worldwide and the durability of resistance must become central to sustainable disease management.

CATIE is developing a strategy for the generation and deployment of varieties with durable resistance against *Moniliophthora roreri*, the causal agent of moniliasis or frosty pod rot (FP), the most devastating disease in tropical America. The strategy is based on the sequential accumulation of FP resistant genes with different geographic and genetic origin into single varieties (pyramiding). This takes advantage of the polygenic and predominantly additive nature of FP resistance in cacao. CATIE is applying a holistic approach to enhance cacao performance and durability of resistance by simultaneously generating genotypes that combined FP resistance with agronomic relevant traits such as high yielding, good quality and resistance to black pod rot (*Phytophthora palmivora*).

Screening for resistance to FP began at CATIE in the early 1980's when a reliable inoculation method was consolidated. The method has been the cornerstone for the routine evaluation/selection of clones resistant/tolerant to FP. So far, 278 clones have been rated as resistant or moderately resistant. They belong or are related to the ten genetic groups described by Motamayor et al. in 2008. Since most of these clones originated in areas where FP was absent, it is probable that non-specific genes are responsible for FP resistant in cacao, and thus, they could protect the plant against other pathogens.

The Nacional, Criollo and Marañón genetic groups were the most important sources of FP resistant genes in the first stages of CATIE's breeding program. Some of the resulting clones were released for farmer use in Central America and Mexico starting in 2007. They are mainly planted in polyclonal layouts that maximizes cross-pollination among the inter-compatible clones and reduce the natural pressure and impact of FP. It has been pointed out that resistant genes will last longer in cultivar mixtures than in pure stand simply owing to reduced exposure to the pathogen.

The current plant breeding approach at CATIE utilizes classical breeding techniques to incorporate into the Program novel resistant genes from other genetic groups. CATIE's efforts have global relevance in view of the growing threat of the spread of FP into other continents.

Résumé

Les maladies du cacao sont responsables de pertes substantielles à l'échelle mondiale, maintenant alimentées par les effets sans précédent du changement climatique. Dans une culture pérenne telle que le cacao cultivé principalement par de petits agriculteurs avec des ressources limitées, l'amélioration de la résistance aux pathogènes devrait avoir la plus haute priorité dans le monde entier et la durabilité de la résistance devrait être centrale pour la gestion durable de la maladie.

Le CATIE élabore une stratégie pour la production et le déploiement de variétés présentant une résistance durable contre *Moniliophthora roreri*, l'agent responsable de la moniliose (FP), la maladie la plus dévastatrice en Amérique tropicale. La stratégie est basée sur l'accumulation séquentielle de gènes résistants à la FP avec différentes origines géographiques et génétiques dans des variétés individuelles (structure pyramidale). Cela tire profit de la nature polygénique et principalement additive de la résistance FP dans le

cacao. La CATIE applique une approche holistique pour améliorer le rendement du cacao et la durabilité de la résistance grâce à la génération simultanée de génotypes combinant la résistance à la PF avec des caractères agronomiques pertinents, tels que le rendement élevé, la bonne qualité et la résistance aux maladies des cosques noirs (*Phytophthora palmivora*).

La détection de la résistance au PF a débuté chez CATIE au début des années 1980, quand une méthode d'inoculation fiable a été consolidée. La méthode a été la pierre angulaire de l'évaluation / sélection de routine des clones résistants / tolérants à la FP. Jusqu'à présent, 278 clones ont été classés comme résistants ou modérément résistants. Ils appartiennent ou sont apparentés aux dix groupes génétiques décrits par Motamayor et al. en 2008. Puisque la plupart de ces clones provenaient de régions où il n'y avait pas de PF, il est probable que les gènes non spécifiques soient responsables de la résistance au PF dans le cacao et, par conséquent, ils pourraient protéger la plante contre d'autres pathogènes.

Les groupes génétiques Nacional, Criollo et Marañón étaient les sources les plus importantes de gènes résistants à la PF aux premiers stades du programme de sélection du CATIE. Certains des clones résultants ont été mis à la disposition des agriculteurs d'Amérique centrale et du Mexique à partir de 2007. Ils sont plantés principalement dans des conceptions polyclonales qui maximisent la pollinisation croisée entre clones compatibles et réduisent la pression naturelle et l'impact de la PF. Il a été souligné que les gènes résistants dureront plus longtemps dans les mélanges de cultures que dans le support pur simplement en raison de l'exposition réduite au pathogène.

L'approche actuelle de sélection des plantes dans le CATIE utilise des techniques de sélection classiques pour incorporer de nouveaux gènes résistants provenant d'autres groupes génétiques dans le programme. Les efforts du CATIE ont une pertinence mondiale compte tenu de la menace croissante de la diffusion de la FP vers d'autres continents.

Resumen

Las enfermedades del cacao son responsables de pérdidas sustanciales a escala mundial, ahora fomentadas por los efectos sin precedentes del cambio climático. En un cultivo perenne como el cacao cultivado en su mayoría por pequeños agricultores con recursos limitados, el mejoramiento para la resistencia a patógenos debe tener la máxima prioridad en todo el mundo y la durabilidad de la resistencia debe ser central para el manejo sustentable de la enfermedad.

El CATIE está desarrollando una estrategia para la generación y el despliegue de variedades con resistencia duradera contra *Moniliophthora roreri*, el agente causal de la moniliasis (FP, por sus siglas en inglés), la enfermedad más devastadora en América tropical. La estrategia se basa en la acumulación secuencial de genes resistentes a FP con diferentes orígenes geográficos y genéticos en variedades individuales (estructura piramidal). Esto aprovecha la naturaleza poligénica y predominantemente aditiva de la resistencia al FP en el cacao. El CATIE está aplicando un enfoque holístico para mejorar el rendimiento del cacao y la durabilidad de la resistencia mediante la generación simultánea de genotipos que combinan la resistencia al FP con rasgos agronómicos relevantes, como alto rendimiento, buena calidad y resistencia a la enfermedad de la vaina negra (*Phytophthora palmivora*).

La detección de resistencia a FP comenzó en el CATIE a principios de la década de 1980 cuando se consolidó un método de inoculación confiable. El método ha sido la piedra angular para la evaluación/selección rutinaria de clones resistentes/tolerantes a FP. Hasta el momento, 278 clones han sido clasificados como resistentes o moderadamente resistentes. Pertenecen o están relacionados con los diez grupos genéticos descritos por Motamayor et al. en 2008. Como la mayoría de estos clones se originaron en áreas donde no había FP, es probable que genes no específicos sean responsables de la resistencia a la FP en el cacao y, por lo tanto, podrían proteger la planta contra otros patógenos.

Los grupos genéticos Nacional, Criollo y Maraón fueron las fuentes más importantes de genes resistentes a FP en las primeras etapas del programa de mejoramiento del CATIE. Algunos de los clones resultantes se lanzaron para uso de los agricultores en Centroamérica y México a partir de 2007. Se plantan principalmente en diseños policlonales que maximizan la polinización cruzada entre los clones intercompatibles y reducen la presión natural y el impacto de la FP. Se ha señalado que los genes resistentes durarán más tiempo en las mezclas de cultivares que en el soporte puro simplemente debido a la exposición reducida al patógeno.

El enfoque actual de mejoramiento de plantas en el CATIE utiliza técnicas clásicas de mejoramiento para incorporar en el Programa nuevos genes resistentes de otros grupos genéticos. Los esfuerzos del CATIE tienen relevancia mundial en vista de la creciente amenaza de la propagación de la FP a otros continentes.

COMBINING FIELD EPIDEMIOLOGICAL AND GENETIC DIVERSITY INFORMATION TO UNDERSTAND PHYTOPHTHORA MEGAKARYA DISPERSION IN YOUNG COCOA PLANTATIONS IN CAMEROON

Mireille Ndoungue Djeumekop

Laurence BLONDIN, Claude HERAIL, Gerben Martijn Ten HOOPEN

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun, et Université de SupAgro Montpellier

Abstract

Phytophthora megakarya is the most virulent *Phytophthora* species reported on cacao (*Theobroma cacao*) in Africa. Previous studies have shown that it disperses mainly through rain splash from soil to pod where infection occurs. However, this mechanism takes place in already infected cacao plantations. How *P. megakarya* arrives in disease free plantations and what determines subsequent successful establishment are largely unknown. Disease monitoring with molecular tools can help to better understand dispersal mechanisms. The objective of this work is to identify the introduction pathways of *P. megakarya* in young cocoa plantations that could help predict and prevent further spread. This study was carried out in Central-Cameroon on four cacao plantations, located in two distinct agro-ecological regions and established in 2006 on lands free of primary inoculum. These plantations were monitored on a weekly basis, from 2009 to 2016, for the presence of *P. megakarya*. As soon as first infections occurred, we start to collect *P. megakarya* in the field and from the surrounding environment. A total of 600 *P. megakarya* strains were isolated and genotyped using 14 polymorphic SSR markers. Data was analyzed using the minimum-spanning-tree (MST) method and the eBURST algorithm implemented in PhyloViz software. Results indicate that the sampled populations showed limited genetic diversity, 50 Multilocus Genotypes were observed with two dominant ones. This lead to two Multilocus lineages having at least five single locus variants where each of them belong to a specific agro-ecological region (savannah or forest). Based on the spatial disease pattern in each plantation and the MST tree, it appears that in each plantation there is a founder genotype which continues to be at the origin of the main disease spread. The number of genotypes shared between studied plantations and their neighbors, suggests that inoculum originates primarily from neighboring cocoa plantations. Run-off water seems to be an important dispersal mechanism. The implications of these findings for *P. megakarya* control are discussed.

Résumé

Phytophthora megakarya est l'espèce de *Phytophthora* la plus virulente rapportée sur le cacao (*Theobroma cacao*) en Afrique. Des études préalables ont démontré qu'elle se disperse principalement à travers les éclaboussures de la pluie du sol à la cosse ou a lieu l'infection. Cependant ce mécanisme a lieu dans des plantations de cacao déjà infectées. La façon dont *P. megakarya* arrive aux plantations libres de maladies et ce qui détermine par la suite l'établissement réussi sont en grande mesure inconnues. La surveillance de maladies avec des outils moléculaires peut aider à mieux comprendre les mécanismes de dispersion. L'objectif de ce travail est celui d'identifier les voies d'introduction de *P. megakarya* dans des plantations jeunes de cacao qui pourraient aider à prévoir et à prévenir une meilleure propagation. Cette étude a été réalisée au centre de Cameroun, dans quatre plantations de cacao situées dans deux régions agro écologiques différentes et établies en 2006 dans des terres libres de l'inoculation primaire. Ces plantations ont fait l'objet d'une surveillance hebdomadaire de 2009 à 2016, à cause de la présence de *P. megakarya*. Dès que les premières infections ont eu lieu, nous avons commencé à recueillir *P. megakarya* sur le terrain et dans l'environnement des alentours. 600 souches de *P. megakarya* ont été isolées et l'on a réalisé un génotype en utilisant 14 marqueurs polymorphes de SSR. Les données ont été analysées en utilisant la méthode de l'arbre d'expansion minimale (MST par ses sigles en anglais) et l'algorithme eBURST mis en place dans le logiciel PHYloViz. Les résultats indiquent que les populations échantillonnées ont montré une diversité génétique limitée, 50 génotypes Multilocus ont été observés avec deux dominantes. Ceci a conduit à deux lignées de Multicolus qui ont au moins cinq variantes de locus individuels où chaque un d'entre eux appartient à une région agro-écologique spécifique (savane ou forêt). Sur la base du patron de maladies spatiales dans chaque plantation et l'arbre MST, on dirait que dans chaque plantation il existe un

génotype fondateur qui est toujours à l'origine de la propagation de la maladie principale. Le nombre de génotypes partagés entre les plantations étudiées et ces voisins suggère que l'inoculation trouve son origine principalement dans les plantations voisines de cacao. Léau de ruissèlement semble être un mécanisme important de dispersion. Les implications de ses trouvailles pour le contrôle de *P. megakarya* sont discutées.

Resumen

Phytophthora megakarya es la especie de *Phytophthora* más virulenta reportada sobre el cacao (*Theobroma cacao*) en África. Estudios previos han demostrado que se dispersa principalmente a través de salpicaduras de lluvia del suelo a la vaina donde ocurre la infección. Sin embargo, este mecanismo tiene lugar en plantaciones de cacao ya infectadas. La forma en que *P. megakarya* llega a las plantaciones libres de enfermedades y lo que determina el posterior establecimiento exitoso son en gran medida desconocidos. El monitoreo de enfermedades con herramientas moleculares puede ayudar a comprender mejor los mecanismos de dispersión. El objetivo de este trabajo es identificar las vías de introducción de *P. megakarya* en plantaciones jóvenes de cacao que podrían ayudar a predecir y prevenir una mayor propagación. Este estudio se llevó a cabo en el centro de Camerún en cuatro plantaciones de cacao, ubicadas en dos regiones agroecológicas distintas y establecidas en 2006 en tierras libres de inóculo primario. Estas plantaciones fueron monitoreadas semanalmente, de 2009 a 2016, para la presencia de *P. megakarya*. Tan pronto como ocurrieron las primeras infecciones, comenzamos a recolectar *P. megakarya* en el campo y en el ambiente circundante. Se aislaron un total de 600 cepas de *P. megakarya* y se genotipó utilizando 14 marcadores polimórficos de SSR. Los datos se analizaron utilizando el método de árbol de expansión mínima (MST por sus siglas en inglés) y el algoritmo eBURST implementado en el software PhyloViz. Los resultados indican que las poblaciones muestreadas mostraron una diversidad genética limitada, 50 Genotipos Multilocus se observaron con dos dominantes. Esto condujo a dos linajes de Multilocus que tienen por lo menos cinco variantes de locus individuales donde cada uno de ellos pertenece a una región agroecológica específica (sabana o bosque). Con base en el patrón de enfermedad espacial en cada plantación y el árbol MST, parece que en cada plantación hay un genotipo fundador que continúa estando en el origen de la propagación de la enfermedad principal. El número de genotipos compartidos entre las plantaciones estudiadas y sus vecinos sugiere que el inóculo se origina principalmente en las plantaciones vecinas de cacao. El agua de escorrentía parece ser un importante mecanismo de dispersión. Se discuten las implicaciones de estos hallazgos para el control de *P. megakarya*.

PHYTOPHTHORA MEGAKARYA STRESS RESPONSE CHANGES IN THE THEOBROMA CACAO TRANSCRIPTOMES ANALYZED USING RNASEQ

Desiré Pokou

Andrew Fister, Mathias Tahi, Klotiolonan Coulibaly, Sebastian Aswathy, Siela Maximova
Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Abstract

The responses of plants to biotic stresses are accompanied by massive changes in transcriptomes composition. To provide a comprehensive view of pathogen stress changes in the cacao transcriptomes, we investigate the transcriptomes in response to *Phytophthora megakarya* for two cacao genotypes: a resistance genotype SCA6 and a susceptible NA32. For each genotype, eight samples were collected before any treatment (time zero). Then, four samples were collected from the water treatment and four from the pathogen treatment at 6 hrs, 24hrs, and 72hrs after infection. RNA from each sample were sequence using Illumina single end sequencing. Our analysis showed that the genotype effect is stronger than the changes induced by the treatment. We detected in total 439 up-regulated genes and 587 down-regulated genes. The majority of differentially expressed genes were found at 24 hrs for the resistant genotypes and at 72 hrs for the susceptible genotypes suggesting that this is an important time point for defense response of the respective genotypes. These genes include cell component, biological process and molecular function.

Résumé

Les réponses des plantes au stress biotique sont accompagnées de changements massifs dans la composition des transcriptomes. Dans le but de fournir une vision complète des changements de stress pathogène dans les transcriptomes du cacao, nous les avons étudiés comme une réponse à la *Phytophthora megakarya* pour deux génotypes du cacao : un génotype de résistance SCA6 et un NA32 susceptible. Pour chaque génotype, huit échantillons ont été recueillis avant tout traitement (heure zéro). On a pris par la suite quatre échantillons du traitement avec de l'eau, et quatre échantillons du traitement avec des pathogènes au bout de six heures, 24 heures et 72 heures après l'infection. L'ARN de chaque échantillon a été une séquence en utilisant la séquence d'un seul bout d'Illumina. Notre analyse a montré que l'effet du génotype est plus fort que les changements induits par le traitement. Nous avons repéré 439 gènes régulés positivement et 587 gènes régulés négativement. La plupart des gènes exprimés de façon différentielle ont été trouvés au bout de 24 heures pour les génotypes résistants, ce qui suggère que c'est un point important pour la réponse de défense des respectifs génotypes. Ces gènes incluent la composante cellulaire, le processus biologique et la fonction moléculaire.

Resumen

Las respuestas de las plantas al estrés biótico se acompañan de cambios masivos en la composición de los transcriptomas. Para proporcionar una visión completa de los cambios de estrés patógeno en los transcriptomas de cacao, investigamos los transcriptomas en respuesta a *Phytophthora megakarya* para dos genotipos de cacao: un genotipo de resistencia SCA6 y un NA32 susceptible. Para cada genotipo, se recolectaron ocho muestras antes de cualquier tratamiento (hora cero). Luego, se tomaron cuatro muestras del tratamiento con agua y cuatro del tratamiento con patógenos a las 6 horas, 24 horas y 72 horas después de la infección. El ARN de cada muestra fue una secuencia usando la secuencia de un solo extremo de Illumina. Nuestro análisis mostró que el efecto del genotipo es más fuerte que los cambios inducidos por el tratamiento. Detectamos en total 439 genes regulados positivamente y 587 genes regulados negativamente. La mayoría de los genes expresados diferencialmente se encontraron a las 24 horas para los genotipos resistentes y a las 72 horas para los genotipos susceptibles, lo que sugiere que este es un punto importante en el tiempo para la respuesta de defensa de los respectivos genotipos. Estos genes incluyen el componente celular, el proceso biológico y la función molecular.

APPLICATION OF CRISPR/CAS9 MEDIATED GENOME EDITING TO ENHANCEMENT OF DISEASE RESISTANCE IN CACAO

Mark Guiltinan

Andrew Fister, Lena Sheaffer and Siela Maximova

Department of Plant Science, Pennsylvania State University

The Pennsylvania State University (PSU)

Abstract

The CRISPR/CAS9 system of genome editing has been used in many species to allow the rapid generation of site specific mutations and enables basic functional genomics approaches to understanding gene function, as well as applied applications such as gene therapy in humans and enhancement of crop productivity. We have begun to develop a CRISPR/CAS9 system for cacao targeting leaf and somatic embryo cells with DNA constructs targeting a well-known gene critical for the plant defense response, NPR1 and NPR3. We will present evidence of successful gene editing in cacao that results in modulation of the plant immune system and changes in susceptibility to cacao pathogens. We will also present evidence related to the specificity of this system in cacao through sequencing of target and off-target genomic regions from CRISPR mutagenized cells and provide an update on our work to regenerate genome edited plants.

Résumé

Le système d'édition génomique CRISPR / CAS9 a été utilisé chez de nombreuses espèces pour permettre la génération rapide de mutations spécifiques au site et permettre des approches génomiques fonctionnelles afin de comprendre la fonction du gène, ainsi que les applications appliquées telles que la thérapie génique chez l'homme et l'amélioration de la productivité des cultures. Nous avons commencé à développer un système CRISPR / CAS9 pour le cacao en ciblant les cellules embryonnaires foliaires et somatiques avec des constructions d'ADN ciblant un gène connu critique pour la réponse de défense de la plante, NPR1 et NPR3. Nous présenterons des preuves de réussite de l'édition de gènes dans le cacao qui entraîne une modulation du système immunitaire de la plante et des changements dans la sensibilité aux pathogènes du cacao. Nous présenterons également des preuves liées à la spécificité de ce système dans le cacao par le séquençage des régions génomiques cibles et non ciblées des cellules mutagénisées par CRISPR et nous fournirons une mise à jour de notre travail pour régénérer les plantes éditées par le génome.

Resumen

El sistema de edición genómica CRISPR/CAS9 se ha utilizado en muchas especies para permitir la generación rápida de mutaciones específicas del sitio y permite enfoques genómicos funcionales básicos para comprender la función del gen, así como aplicaciones aplicadas como la terapia génica en humanos y la mejora de la productividad de los cultivos. Hemos comenzado a desarrollar un sistema CRISPR/CAS9 para cacao dirigido a las células de embriones foliares y somáticos de con construcciones de ADN dirigidas a un gen conocido crítico para la respuesta de defensa de la planta, NPR1 y NPR3. Presentaremos evidencia de la edición exitosa de genes en el cacao que resulta en la modulación del sistema inmune de la planta y los cambios en la susceptibilidad a los patógenos del cacao. También presentaremos evidencia relacionada con la especificidad de este sistema en el cacao a través de la secuenciación de las regiones genómicas objetivo y no objetivo de las células mutagenizadas por CRISPR y brindaremos una actualización de nuestro trabajo para regenerar las plantas editadas por el genoma.

SHADE TREES MITIGATE THE SEVERITY OF COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS DISEASE AND HELP MAINTAINING COCOA PRODUCTIVITY

Christian Andres

Christian Andres, Wilma J. Blaser, Henry K. Dzahini-Obiatey, George A. Ameyaw, Owusu K. Domfeh, Andreas Gattinger, Monika Schneider, Samuel K. Offei, Johan Six
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

Abstract

The only cure for cocoa (*Theobroma cacao* L.) infected with the cocoa swollen shoot virus disease (CSSVD) is to cut and replant. Therefore, the development of preventive control measures and strategies to mitigate the severity of the disease are of utmost importance. While past research has mainly focused on resistance breeding, mild strain cross protection and vector control, diversification measures, such as agroforestry, have received relatively less attention, despite their potential to mitigate the severity of CSSVD. Therefore, we studied the effects of shade on CSSVD symptom severity, capsid damage and cocoa yield along a gradient of increasing shade tree abundance in smallholder cocoa farms in Ghana. Furthermore, we measured photosynthetic active radiation in order to elaborate on potential causal factors for possible shade effects on CSSVD symptom severity. CSSVD symptom severity and capsid damage were lowest in plots with around 50% shade. Both CSSVD symptom severity and cocoa yields followed asymptotic relationships and were found to be lowest and highest in plots with around 50% and 40% shade, respectively. Our results indicate that agroforestry systems with 50% shade cover may be a coping strategy in areas of CSSVD prevalence, which could mitigate CSSVD symptom severity and maintain yields until diseased cocoa is replaced with more resistant varieties. Furthermore, our results suggest that rather than soil fertility, high-light and possibly also soil moisture stress may have been responsible for the effects we observed.

Résumé

Le seul traitement pour le cacao (*Theobroma cacao* L.) infecté avec la maladie du virus des tiges enflammées (CSSVD par ses sigles en anglais) est de couper et replanter. Par conséquent, le développement de mesures de contrôle préventif et de stratégies pour mitiger la gravité de la maladie est très important. Tandis que les recherches précédentes se sont concentrées notamment sur l'amélioration de la résistance, la protection croisée de la souche douce et le contrôle de vecteurs, les mesures de diversification telles que l'agrosylviculture ont fait l'objet de moins d'attention, malgré leur potentiel pour mitiger la gravité du CSSVD. Aussi étudions-nous les effets de l'ombre sur la sévérité des symptômes de CSSVD, le dommage de la capsule et la performance du cacao pendant l'augmentation graduelle de l'abondance de l'arbre d'ombre dans les fermes productrices de cacao au Ghana. En plus, nous mesurons la radiation active photosynthétique afin de traiter les possibles facteurs responsables des possibles effets de l'ombre sur la gravité des symptômes de CSSVD. La gravité des symptômes de CSSVD et du dommage sur la capsule ont été inférieurs dans les parcelles avec 50% d'ombre. Aussi bien la gravité des symptômes de CSSVD que les performances du cacao ont présenté des relations asymptotiques et l'on a constaté qu'ils étaient plus bas et plus élevés dans des parcelles avec 50% y 40% d'ombre environ, respectivement. Nos résultats ont indiqué que les systèmes agroforestiers avec une couverture de 50% d'ombre peuvent être une stratégie de survie dans des domaines de prévalence de CSSVD, qui pourraient mitiger la sévérité des symptômes de CSSVD et maintenir les performances jusqu'à ce que le cacao malade soit remplacé par des variétés plus résistantes. En outre, nos résultats suggèrent que, plus que la fertilité du sol, l'illumination et peut-être aussi le stress hydrique du sol peuvent avoir été responsables des effets que nous constatons.

Resumen

La única cura para el cacao (*Theobroma cacao* L.) infectado con la enfermedad del virus de tallos inflamados (CSSVD por sus siglas en inglés) es cortar y replantar. Por lo tanto, el desarrollo de medidas de control preventivo y estrategias para mitigar la gravedad de la enfermedad son de suma importancia. Mientras que las investigaciones anteriores se han centrado principalmente en la mejora de la resistencia, la protección cruzada de la cepa

suave y el control de vectores, las medidas de diversificación, como la agrosilvicultura, han recibido relativamente menos atención, a pesar de su potencial para mitigar la severidad de CSSVD. Por lo tanto, estudiamos los efectos de la sombra sobre la severidad de los síntomas de CSSVD, el daño de la cápsula y el rendimiento del cacao a lo largo de un gradiente de aumento de la abundancia del árbol de sombra en las granjas de cacao en Ghana. Además, medimos la radiación activa fotosintética para elaborar los posibles factores causales de los posibles efectos de sombra sobre la gravedad de los síntomas de CSSVD. La severidad de los síntomas de CSSVD y el daño de la cápsula fueron más bajos en las parcelas con alrededor del 50% de sombra. Tanto la severidad de los síntomas de CSSVD como los rendimientos de cacao siguieron relaciones asintóticas y se encontró que eran más bajos y más altos en parcelas con alrededor de 50% y 40% de sombra, respectivamente. Nuestros resultados indican que los sistemas agroforestales con una cobertura del 50% de sombra pueden ser una estrategia de supervivencia en áreas de prevalencia de CSSVD, que podrían mitigar la severidad de los síntomas de CSSVD y mantener los rendimientos hasta que el cacao enfermo sea reemplazado por variedades más resistentes. Además, nuestros resultados sugieren que, más que la fertilidad del suelo, la alta iluminación y posiblemente también el estrés hídrico del suelo pueden haber sido responsables de los efectos que observamos.

THEMATIC 4: CLIMATE CHANGE

GLOBAL CLIMATE CHANGE IMPACTS ON COCOA

Christian Bunn

Mark Lundy, Peter Läderach, Fabio Castro
International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)

Abstract

Global climate models project a continued increase of temperatures and changes in the spatial and temporal distribution of precipitation. These developments have been shown to potentially impact cocoa production at its most important origins. The prospect of reduced cocoa yields on existing plantations renewed concerns that prevailing cocoa demand could drive producers even deeper into forests in other regions. Thus, prioritization of adaptation strategies for cocoa production and ecosystem conservation efforts will benefit from a global intercomparison of climate change impacts. We modeled the global distribution of suitable climates for cocoa production under historic and future conditions. A database of cocoa occurrence locations and historic climate data was used to train the Random Forest classification algorithm. Model evaluation on historic data showed a high ability to correctly identify current production regions. The classifier was extrapolated on climate data from multiple global climate models for low, intermediate and high radiative forcing scenarios for mid and end of century projections. Across all cocoa origins decreases of climatic suitability were projected. We find that available area of high suitability will be diminished while area with low suitability scores may be increasingly available. Furthermore, we find that projected impacts will be unlikely to make major cocoa producing regions unsuitable altogether. These findings could be partially explained with the high uncertainty of precipitation projections of global climate models. Temperatures were found to rise beyond historically experienced levels with high certainty. Areas most likely to retain high suitability were found in proximity of forest reserves where precipitation is most likely to remain sufficiently high. Climate change is thus likely to cause additional challenges to the sector at global scale. Research should focus on the impacts of high temperatures on quality and vitality of the plant, and the management of increased drought risk. Furthermore, the implications of changed climate conditions for regional pest and disease patterns remain largely uncertain. We conclude that cocoa production will continue to threaten biodiverse forests across tropical countries. Cocoa production is a primary beneficiary of ecosystem services provided by resilient landscapes. Deforestation will exacerbate the effects of climate change by resulting in locally reduced precipitation, addition to emissions from land use change, and diminished barriers to pest and disease spread. Efforts to make cocoa deforestation free are therefore in the self-interest of the cocoa sector.

Résumé

Les modèles climatiques mondiaux prévoient une augmentation continue des températures et des changements dans la distribution spatiale et temporelle des précipitations. Il a été prouvé que ces développements ont un impact potentiel sur la production de cacao dans ses origines les plus importants. La possibilité de réduire les rendements de cacao dans les plantations existantes a ravivé la préoccupation que la demande dominante de cacao n'amène les producteurs à approfondir davantage dans les forêts d'autres régions. Par conséquent, la priorisation des stratégies d'adaptation pour la production de cacao et les efforts de conservation des écosystèmes bénéficiera d'une inter comparaison globale des impacts du changement climatique. Nous modélisons la distribution globale des climats appropriés pour la production de cacao dans des conditions historiques et futures. Une base de données des lieux d'occurrence du cacao et des données climatiques historiques ont été utilisées pour former l'algorithme de classification de Random Forest. L'évaluation du modèle de données historiques a montré une grande capacité à identifier correctement les régions de production actuelles. Le classificateur a été extrapolé en données climatiques de multiples modèles climatiques mondiaux pour des

scénarios de forçage radiatif faible, intermédiaire et élevé pour des projections de mi et fin de siècle. Dans toutes les origines du cacao, des diminutions de l'aptitude au climat ont été projetées. Nous avons constaté que la zone disponible de haute convenance diminuera, tandis que la zone avec de faibles scores d'aptitude sera de plus en plus disponible. En plus, nous avons constaté qu'il est improbable que les impacts projetés fassent que les principales régions productrices de cacao soient totalement inadéquates. Ces résultats pourraient s'expliquer partiellement avec la forte incertitude des projections de précipitations des modèles climatiques mondiaux. Il a été découvert que les températures dépassent les niveaux historiquement expérimentés avec grande certitude. Les zones avec plus de probabilité de maintenir une bonne aptitude ont été trouvées à proximité des réserves forestières où les précipitations sont plus susceptibles d'être suffisamment élevées. Donc, il est probable que le changement climatique cause des défis supplémentaires au secteur à l'échelle mondiale. La recherche doit se concentrer sur les impacts des températures élevées sur la qualité et la vitalité de la plante, et la gestion de l'augmentation du risque de sécheresse. En plus, les conséquences des conditions climatiques modifiées par les caractéristiques régionales des fléaux et des maladies restent largement incertaines. Nous concluons que la production de cacao continuera de menacer les forêts riches en biodiversité dans les pays tropicaux. La production de cacao est le principal bénéficiaire des services écosystémiques fournis par des paysages résilients. La déforestation aggraverait les effets du changement climatique en générant des précipitations locales réduites, en plus des émissions résultant du changement de l'utilisation des terres, et la diminution des obstacles pour la propagation des fléaux et des maladies. Les efforts pour libérer le cacao de la déforestation sont donc de l'intérêt du secteur du cacao.

Resumen

Los modelos climáticos globales proyectan un aumento continuo de las temperaturas y cambios en la distribución espacial y temporal de la precipitación. Se ha demostrado que estos desarrollos tienen un impacto potencial en la producción de cacao en sus orígenes más importantes. La posibilidad de reducir los rendimientos de cacao en las plantaciones existentes renovó la preocupación de que la demanda de cacao prevaletiente pudiera llevar a los productores a profundizar más en los bosques de otras regiones. Por lo tanto, la priorización de las estrategias de adaptación para la producción de cacao y los esfuerzos de conservación del ecosistema se beneficiarán de una intercomparación global de los impactos del cambio climático. Modelamos la distribución global de climas adecuados para la producción de cacao en condiciones históricas y futuras. Se utilizó una base de datos de lugares de ocurrencia de cacao y datos climáticos históricos para entrenar el algoritmo de clasificación de Random Forest. La evaluación del modelo de datos históricos mostró una alta capacidad para identificar correctamente las regiones de producción actuales. El clasificador se extrapoló en datos climáticos de múltiples modelos climáticos globales para escenarios de forzamiento radiativo bajo, intermedio y alto para proyecciones de mediados y finales de siglo. En todos los orígenes del cacao se proyectaron disminuciones de la idoneidad climática. Encontramos que el área disponible de alta idoneidad disminuirá, mientras que el área con puntajes de baja idoneidad estará cada vez más disponible. Además, encontramos que es improbable que los impactos proyectados hagan que las principales regiones productoras de cacao sean totalmente inadecuadas. Estos hallazgos podrían explicarse parcialmente con la alta incertidumbre de las proyecciones de precipitación de los modelos climáticos globales. Se descubrió que las temperaturas aumentan más allá de los niveles históricamente experimentados con gran certeza. Las áreas con mayor probabilidad de mantener una alta idoneidad se encontraron en la proximidad de las reservas forestales donde es más probable que la precipitación sea lo suficientemente alta. Entonces, es probable que el cambio climático cause desafíos adicionales al sector a escala global. La investigación debe centrarse en los impactos de las altas temperaturas sobre la calidad y la vitalidad de la planta, y la gestión del aumento del riesgo de sequía. Además, las implicaciones de las condiciones climáticas modificadas para los patrones regionales de plagas y enfermedades siguen siendo en gran medida inciertas. Concluimos que la producción de cacao seguirá amenazando los bosques biodiversos en los países tropicales. La producción de cacao es el principal beneficiario de los servicios ecosistémicos proporcionados por paisajes resilientes. La deforestación

exacerbará los efectos del cambio climático al generar precipitaciones locales reducidas, además de las emisiones derivadas del cambio en el uso de la tierra, y la disminución de las barreras para la diseminación de plagas y enfermedades. Los esfuerzos para liberar al cacao de la deforestación son, por lo tanto, de interés propio para el sector del cacao.

EVALUATION OF CURRENT AND FUTURE WATER REQUIREMENTS, UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN COCOA CROPS IN NILO CUNDINAMARCA, COLOMBIA

Paula Bermeo Fúquene

Jesús Efrén Ospina Noreña, Juan Carlos Barrientos Fuentes
Universidad Nacional de Colombia

Abstract

Climate, and water requirements are important elements for agricultural production systems such as cocoa (*Theobroma cacao*). Currently, water requirements registration of this crop is not yet established in Colombia. Moreover, how these requirements will change in future climate scenarios is not known. Thus, the aim of this study was to evaluate current and future water requirements under climate change scenarios of Cocoa crop in Nilo, Colombia. A baseline with data of the main climatic variables was built, coming from the IDEAM (Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental studies) from 1975 to 2005. In addition, 11 models and new scenarios of greenhouse gas emissions were considered. The later, was defined as representative concentration pathways or RCP's (2.5, 4.5, 6.0 and 8.5) with their respective expected changes in temperature and rainfall in two periods 2050 and 2070. Potential evapotranspiration, hydric balance, water deficit, excess, real evapotranspiration, Lang index (Rainfall/average temperature) and water availability index were calculated in current and future scenarios. Water requirements were assembled based on climatic variables, characteristics physiological of the crop and kind of soil in the region. Average temperature will increase 1.9 and 2.4°C in the two periods, 2050 and 2070, respectively. Rainfall will decrease 22% and 21% these two periods. Water deficit will increase 153%, Lang Index will change from wet (current) to arid zone (2050-2070) and water availability index will become from normal (current) to dry (2050-2070). As the result, water requirements will increase to 49% (from 350mm to 535 mm). In this way, cocoa crop will have restriction in terms of water in the next years in Nilo-Cundinamarca. This study must be a tool to design adaptation and mitigation strategies in the area studied.

Résumé

Le climat et les exigences en matière d'eau sont des éléments importants pour les systèmes de production agricole comme le cacao (*Theobroma cacao*). Actuellement, l'enregistrement des exigences en eau de cette culture n'est pas encore établi en Colombie. En plus, on ne sait pas comment ces exigences vont changer dans les scénarios climatiques à venir. Par conséquent, l'objectif de cette étude était celui d'évaluer les besoins hydriques actuels et à venir dans des scénarios de changement climatique des cultures de cacao au Nil en Colombie. Une ligne de base avec des données des principales variables climatiques a été construite, provenant de l'IDEAM (Institut d'Hydrologie, Météorologie et d'Études Environnementales) de 1975 à 2005. En plus, ont été considérés 11 modèles et de nouveaux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Ces derniers se sont définis comme des routes de concentration représentatives ou CCR (2,5, 4,5, 6,0 et 8,5) avec leurs changements attendus respectifs de température et de précipitations en deux périodes, 2050 et 2070. L'évapotranspiration potentielle, le bilan hydrique, le déficit d'eau, l'excès, l'évapotranspiration réelle, l'indice de Lang (Précipitation/température moyenne) et l'indice de disponibilité de l'eau ont été calculés dans des scénarios actuels et futurs. Les exigences hydriques ont été assemblées en fonction des variables climatiques, des caractéristiques physiologiques de la culture et du type de sol dans la région. La température moyenne augmentera de 1,9 et 2,4 °C dans les deux périodes, 2050 et 2070, respectivement. Les précipitations diminueront de 22% et 21% pendant ces deux périodes. Le déficit hydrique augmentera de 153%, l'indice Lang changera de zone humide (actuelle) à zone aride (2050-2070) et l'indice de disponibilité de l'eau passera de normale (actuelle) à sec (2050-2070). Comme résultat, les exigences en eau augmenteront à 49% (de 350 mm à 535 mm). Cette étude doit être un outil pour concevoir des stratégies d'adaptation et d'atténuation dans le domaine étudié.

Resumen

El clima y los requerimientos de agua son elementos importantes para los sistemas de producción agrícola como el cacao (*Theobroma cacao*). Actualmente, el registro de requerimientos de agua de este cultivo aún no está establecido en Colombia. Además, se desconoce cómo cambiarán estos requisitos en escenarios climáticos futuros. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar las necesidades hídricas actuales y futuras en escenarios de cambio climático de cultivos de cacao en Nilo, Colombia. Se construyó una línea de base con datos de las principales variables climáticas, provenientes del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) de 1975 a 2005. Además, se consideraron 11 modelos y nuevos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos últimos se definieron como caminos de concentración representativa o CCR (2.5, 4.5, 6.0 y 8.5) con sus respectivos cambios esperados en temperatura y precipitación en dos períodos, 2050 y 2070. La evapotranspiración potencial, el balance hídrico, el déficit de agua, el exceso, la evapotranspiración real, el índice Lang (Precipitación / temperatura promedio) y el índice de disponibilidad de agua se calcularon en escenarios actuales y futuros. Los requerimientos hídricos se ensamblaron con base en variables climáticas, características fisiológicas del cultivo y tipo de suelo en la región. La temperatura promedio aumentará 1.9 y 2.4°C en los dos períodos, 2050 y 2070, respectivamente. Las precipitaciones disminuirán 22% y 21% en estos dos períodos. El déficit hídrico aumentará un 153%, el índice Lang cambiará de zona húmeda (actual) a zona árida (2050 - 2070) y el índice de disponibilidad de agua pasará de normal (actual) a seco (2050 - 2070). Como resultado, los requerimientos de agua aumentarán al 49% (de 350 mm a 535 mm). De esta manera, el cultivo de cacao tendrá restricciones en términos de agua en los próximos años en Nilo, Cundinamarca. Este estudio debe ser una herramienta para diseñar estrategias de adaptación y mitigación en el área estudiada.

THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE VARIABLES ON VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF SIX GENOTYPES OF CACAO

Fiona Lahive

L. Handley P. Hadley A.J. Daymond
University of Reading (UoR)

Abstract

Whilst climate change has the potential to effect cacao production, limited research has been performed examining the impact these environmental changes are likely to have on cacao physiology and yield, and the potential to identify genetic variation in responses. Data is presented from the culmination of a five-year, greenhouse based research project on the effects of elevated CO₂ (ECO₂) and water deficit stress in mature pod-bearing clones (CL 19/10, ICS 1, IMC 67, POUND 7/B, SCA 6, SPEC 54/1). Trees were grown in pots for two years under CO₂ enrichment (700 ppm) and limited soil moisture. Overall, water deficit caused a reduction in photosynthesis, stomatal conductance and various growth parameters, and an increase in water-use efficiency (WUE). Stem diameter increment, photosynthesis, quantum efficiency and WUE increased significantly in response to ECO₂. The decline in quantum efficiency due to water stress was less severe in the elevated compared to the ambient CO₂ treatment. Similarly, the water deficit treatment resulted in a significant increase in WUE which was further enhanced under ECO₂ in particular genotypes. In mature clones, the effects of ECO₂ on pod development were not apparent until the second year of exposure. Pod size and the weight of certain pod components (husk, total and single bean weight) increased at ECO₂. Water deficit caused a decrease in pod development in the first year of exposure but not the second, suggesting a potential adaptive response to water stress. Genetic differences in fatty acid responses to elevated CO₂ were evident in SCA 6 and POUND 7/B. Genotypic variation in quantum efficiency, WUE and biomass partitioning between leaves and stems was also identified. Overall, ECO₂ had a positive effect on a number of growth and photosynthetic parameters in cacao and it appears that ECO₂ could play an important role in mitigating against some of the negative impacts of water deficit stress through enhancement of WUE. A new project is under way at the University of Reading (2017-2021) which builds upon this research. It aims to identify the physiological basis for tolerance to water deficit and high temperature stress. The interactive effects of ECO₂ and high temperature stress will be explored and screening tools developed to speed up the identification of more resilient germplasm. Using data from past and ongoing research, models will be developed to predict physiological and yield responses to varying climate conditions.

Résumé

Il est vraie que le changement climatique a le potentiel d'affecter la production de cacao, des recherches limitées ont été menées pour examiner l'impact que ces changements environnementaux auront sur la physiologie et sur la performance du cacao, et le potentiel pour identifier la variation génétique dans les réponses. Les données se présentent à partir de la culmination d'un projet de recherche de cinq ans basé sur serre à propos des effets du stress élevé par (CO₂E) et d'un déficit hydrique sur des clones porteurs de gousses matures (CL 19/10, ICS 1, IMC 67, LIBRA 7/B, SCA 6, SPEC 54/1). Les arbres se sont cultivés en pots pendant deux ans sous enrichissement de CO₂ (700 ppm) et une humidité limitée du sol. En général, le déficit hydrique a entraîné une réduction de la photosynthèse, de la conductance stomatique et de plusieurs paramètres de croissance, ainsi qu'une augmentation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUA). L'augmentation du diamètre de la tige, la photosynthèse, l'efficacité quantique et l'EUA ont augmenté de façon significative en réponse au CO₂E. La baisse de l'efficacité quantique due au stress hydrique a été moins importante dans l'élevé comparé avec le traitement de CO₂ environnemental. De même, le traitement du déficit de l'eau a entraîné une augmentation significative de

l'EUA qui s'est améliorée encore plus sous CO₂E dans des génotypes particuliers. Dans les clones matures, les effets du CO₂E dans le développement des gousses n'ont pas été apparents avant la deuxième année d'exposition. La taille de la gousse et le poids de certains composants de la gousse (coquille, poids total et poids d'un seul grain) ont augmenté en CO₂E. Le déficit hydrique a entraîné une diminution dans le développement des gousses au cours de la première année d'exposition, mais pas au cours de la seconde, ce qui suggère une éventuelle réponse d'adaptation au stress hydrique. Les différences génétiques dans les réponses des acides gras au CO₂ élevé ont été évidentes en SCA 6 et en POUND 7/B. La variation génotypique de l'efficacité quantique a également été identifiée, l'EUA et la répartition de la biomasse entre les feuilles et les tiges. En général, CO₂E a eu un effet positif sur plusieurs paramètres de croissance et de photosynthèse dans le cacao et il semble que le CO₂E pourrait jouer un rôle important dans l'atténuation de certains des impacts négatifs du stress par déficit d'eau à travers l'amélioration de l'EUA. Un nouveau projet est en train de se réaliser à l'University of Reading (2017-2021) basé sur cette recherche. Son objectif est d'identifier les bases physiologiques pour la tolérance au déficit hydrique et au stress à cause des températures élevées. Seront explorés les effets interactifs du CO₂E et le stress dû aux températures élevées et des outils de détection seront développés pour accélérer l'identification du germoplasme le plus résistant. En utilisant des données de recherches passées et en cours, des modèles seront développés pour prédire les réponses physiologiques et la performance aux conditions climatiques variables.

Resumen

Si bien el cambio climático tiene el potencial de afectar la producción de cacao, se han realizado investigaciones limitadas que examinan el impacto que estos cambios ambientales probablemente tendrán en la fisiología y el rendimiento del cacao, y el potencial para identificar la variación genética en las respuestas. Los datos se presentan a partir de la culminación de un proyecto de investigación de cinco años basado en invernadero sobre los efectos del estrés elevado por CO₂ (CO₂E) y déficit hídrico en clones portadores de vainas maduras (CL 19/10, ICS 1, IMC 67, LIBRA 7/B, SCA 6, SPEC 54/1). Los árboles se cultivaron en macetas durante dos años bajo enriquecimiento de CO₂ (700 ppm) y humedad del suelo limitada. En general, el déficit hídrico causó una reducción en la fotosíntesis, la conductancia estomática y varios parámetros de crecimiento, y un aumento en la eficiencia del uso del agua (EUA). El incremento del diámetro del tallo, la fotosíntesis, la eficiencia cuántica y la EUA aumentaron significativamente en respuesta a CO₂E. El declive en la eficiencia cuántica debido al estrés hídrico fue menos severo en el elevado comparado con el tratamiento de CO₂ ambiental. Del mismo modo, el tratamiento del déficit de agua dio como resultado un aumento significativo en la EUA que se mejoró aún más bajo CO₂E en genotipos particulares. En los clones maduros, los efectos de CO₂E en el desarrollo de la vaina no fueron aparentes hasta el segundo año de exposición. El tamaño de la vaina y el peso de ciertos componentes de la vaina (cáscara, peso total y peso de un solo grano) aumentaron en CO₂E. El déficit hídrico causó una disminución en el desarrollo de las vainas en el primer año de exposición, pero no en el segundo, lo que sugiere una posible respuesta de adaptación al estrés hídrico. Las diferencias genéticas en las respuestas de ácidos grasos al CO₂ elevado fueron evidentes en SCA 6 y en la POUND 7/B. También se identificó la variación genotípica en eficiencia cuántica, la EUA y la partición de biomasa entre hojas y tallos. En general, CO₂E tuvo un efecto positivo en varios parámetros de crecimiento y fotosintéticos en el cacao y parece que CO₂E podría jugar un papel importante en la mitigación de algunos de los impactos negativos del estrés por déficit de agua a través de la mejora de la EUA. Se está llevando a cabo un nuevo proyecto en la University of Reading (2017-2021) que se basa en esta investigación. Su objetivo es identificar las bases fisiológicas para la tolerancia al déficit hídrico y el estrés por altas temperaturas. Se explorarán los efectos interactivos de CO₂E y el estrés por altas temperaturas y se desarrollarán herramientas de detección para acelerar la identificación de germoplasma más

resistente. Usando datos de investigaciones pasadas y en curso, se desarrollarán modelos para predecir respuestas fisiológicas y de rendimiento a condiciones climáticas variables.

EXPLORING CACAO GENETIC DIVERSITY FOR RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE – VALIDATING OR CONTRADICTING CURRENT PREDICTIVE MODELS OF PRODUCTION SUITABILITY

Viviana Medina

Brigitte Laliberte, Stephan Weise, Jacob van Etten
Bioversity International

Abstract

Numerous models evaluating the impacts of climatic variations on cocoa production acknowledge that both decreased precipitations and increased temperatures will affect cocoa the most. While these models state with high degree of confidence a somewhat devastating future, many of the tolerance mechanisms and adaptation responses in the genetic diversity of cacao are still little understood and have yet to be fully evaluated and included in breeding programmes. Given that cultivation cannot just rely on increasing irrigation, and threats to deforestation cannot suggest moving to new areas, maximizing current production areas by integrating climate-ready management practices and resilient planting materials is the solution. This paper presents the current status of research on cacao and abiotic stresses focusing on increased drought, heat and CO₂ tolerance, and the role of genetic diversity for greater resilience. It lays out model predictions of climate change on cacao suitability and production, and discusses the importance of validating prediction models with cacao physiological modelling. It identifies the gaps and proposes future collaborative research, new areas of modelling and research to be further explored towards identifying novel and tolerant genetic material, using big data analysis and crowdsourcing. These approaches not only ensure the participation of farmers in the efforts of identifying resilient planting material, but also the opportunity to explore a wide range of genetic diversity exposed to contrasting climatic conditions in farmers' fields. This is important given that the bulk of the data suggests that the extent of how drought or heat affects cacao is determined by the individual genotype's inherent traits that allow avoidance, tolerance or escape. Thus, if the genetic diversity is fully exploited, for development of improved planting materials, both by research institutes and farmers, there is great potential for increased cacao resilience through selective breeding, and identification of tolerant genotypes. The key lies in tapping the genetic potential of cacao as a way to fully understand production limits and constraints.

Résumé

De nombreux modèles qui évaluent les impacts des variations climatiques dans la production de cacao reconnaissent que tant la diminution des précipitations ainsi que l'augmentation des températures affecteront davantage le cacao. S'il est vraie que ces modèles établissent avec un haut degré de confiance un avenir dévastateur, de nombreux mécanismes de tolérance et les réponses d'adaptation dans la diversité génétique du cacao sont encore mal compris et n'ont pas encore été pleinement évalués, y compris dans les programmes d'amélioration. Étant donné que la culture ne peut pas être basée uniquement sur l'augmentation du risque, et que les menaces de la déforestation ne peuvent pas suggérer de se déplacer vers de nouvelles zones, la solution consiste à maximiser les zones de production actuelles en intégrant des pratiques de gestion préparées pour le climat et pour les matériaux de semence résilients. Ce document présente l'état actuel de la recherche sur le cacao et sur les tensions abiotiques, en mettant l'accent sur l'augmentation de la sécheresse, de la chaleur et de la tolérance au CO₂, et sur le rôle de la diversité génétique pour une plus grande résilience. Il présente les prédictions modèles du changement climatique sur l'adéquation et la production du cacao, et analyse l'importance de valider les modèles de prédiction avec la modélisation physiologique du cacao. Identifie les lacunes et propose de futures recherches de collaboration, de nouveaux domaines de

modélisation et de recherche qui peuvent être explorés plus à fond vers l'identification du matériel génétique nouveau et tolérant, en utilisant l'analyse de grands fichiers de données et le crowdsourcing. Ces approches permettent non seulement d'assurer la participation des agriculteurs dans les efforts d'identification de matériel de semence résiliente, mais également l'occasion d'explorer un large éventail de diversité génétique exposée à des conditions climatiques de contraste dans les champs des agriculteurs. Ceci est important puisque la plupart des données suggèrent que la mesure dans laquelle la sécheresse ou la chaleur affecte le cacao est déterminée par les caractéristiques inhérentes du génotype individuel qui permet d'éviter, la tolérance ou l'évasion. Par conséquent, si la diversité génétique est exploitée dans son intégralité, pour le développement de matériaux de semence améliorés, tant par des instituts de recherche comme par des agriculteurs, il existe un grand potentiel pour augmenter la résilience du cacao par l'élevage sélectif et par l'identification de génotypes tolérants. L'essentiel est de tirer parti du potentiel génétique du cacao comme une manière de comprendre pleinement les limites et les limitantes de la production.

Resumen

Numerosos modelos que evalúan los impactos de las variaciones climáticas en la producción de cacao reconocen que tanto la disminución de las precipitaciones como el aumento de las temperaturas afectarán más al cacao. Si bien estos modelos establecen con un alto grado de confianza un futuro algo devastador, muchos de los mecanismos de tolerancia y las respuestas de adaptación en la diversidad genética del cacao aún se comprenden poco y todavía no se han evaluado del todo e incluido en los programas de mejoramiento. Dado que el cultivo no puede basarse solo en aumentar el riego, y las amenazas a la deforestación no pueden sugerir mudarse a nuevas áreas, la solución es maximizar las áreas de producción actuales mediante la integración de prácticas de manejo preparadas para el clima y materiales de siembra resilientes. Este documento presenta el estado actual de la investigación sobre el cacao y las tensiones abióticas, centrándose en el aumento de la sequía, el calor y la tolerancia al CO₂, y el papel de la diversidad genética para una mayor resiliencia. Presenta las predicciones modelo del cambio climático sobre la idoneidad y producción del cacao, y analiza la importancia de validar los modelos de predicción con el modelado fisiológico del cacao. Identifica las brechas y propone futuras investigaciones colaborativas, nuevas áreas de modelado e investigación que se pueden explorar más a fondo hacia la identificación de material genético novedoso y tolerante, utilizando análisis de grandes archivos de datos y crowdsourcing. Estos enfoques no solo aseguran la participación de los agricultores en los esfuerzos de identificación de material de siembra resiliente, sino también la oportunidad de explorar una amplia gama de diversidad genética expuesta a condiciones climáticas contrastantes en los campos de los agricultores. Esto es importante dado que la mayor parte de los datos sugiere que la medida en que la sequía o el calor afectan al cacao está determinada por los rasgos inherentes del genotipo individual que permiten la evitación, la tolerancia o el escape. Por lo tanto, si la diversidad genética se explota en su totalidad, para el desarrollo de materiales de siembra mejorados, tanto por institutos de investigación como por agricultores, existe un gran potencial para aumentar la resiliencia del cacao mediante la cría selectiva y la identificación de genotipos tolerantes. La clave está en aprovechar el potencial genético del cacao como una forma de entender completamente los límites y limitaciones de la producción.

IMPACT OF DROUGHT ON MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND NUTRIENT USE EFFICIENCY OF ELITE CACAO GENOTYPES FROM BAHIA-BRAZIL, TARAPOTO-PERU AND PUERTO RICO-USA

Virupax Baligar

Alex-Alan Almeida Dario Ahner, Enrique Arévalo-Gardini, Ricardo Goenaga, Zhenli He
United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS) - Beltsville
Agricultural Research Center

Abstract

Worldwide, drought is considered one of the most limiting abiotic stress factors for cacao growth, development and production. Climatic changes that are occurring in the tropics such as inconsistent and reduced rainfall patterns, and high temperatures in many cacao growing regions has impacted yields raising major concerns for sustaining cacao production. Very little is known about cacao's ability to adapt to drought. There is an urgent need to identify cacao genotypes with drought tolerance and most of the current cacao germplasm has not been screened for either short or prolonged drought tolerance. Series of greenhouse and growth chamber experiments were undertaken to assess drought effects on early cacao morphological and physiological parameters and nutrient use efficiency of elite cacao genotypes of Brazil, Peru and Puerto Rico. Our various findings showed that drought affect considerably the morphology (leaf, stem, and root parameters), physiology (photosynthesis, water use efficiency) and macro- nutrient use efficiency. Cacao genotypes showed various degrees of intra-specific variations for growth, physiology and nutrient use efficiency. Understanding of plant growth, morphology, physiology and nutrient use efficiency traits influenced by drought will help in identification of cacao genotypes tolerant to drought. Such drought tolerant genotypes could be used in crop improvement programs to evolve superior cultivars for any given drought stressed ecosystems

Résumé

Dans le monde entier, la sécheresse est considérée comme l'un des facteurs de stress abiotique les plus limitants pour la croissance, le développement et la production du cacao. Les changements climatiques qui se produisent dans les tropiques, tels que des régimes de précipitations irréguliers et réduits, et les températures élevées dans de nombreuses régions productrices de cacao, ont affecté les rendements, générant des préoccupations importantes pour maintenir la production de cacao. On sait très peu de choses sur la capacité du cacao à s'adapter à la sécheresse. Il y a un besoin urgent d'identifier les génotypes de cacao tolérants à la sécheresse et la majorité du germoplasme actuel de cacao n'a pas été soumis à des tests de tolérance à la sécheresse ni à court ni à long terme. Des séries d'expériences en serre et en chambre de croissance ont été réalisées pour évaluer les effets de la sécheresse sur les paramètres morphologiques et physiologiques précoces du cacao et l'efficacité dans l'utilisation des nutriments des génotypes du cacao élite du Brésil, du Pérou et de Puerto Rico. Nos diverses découvertes ont montré que la sécheresse affecte considérablement la morphologie (paramètres des feuilles, des tiges et des racines), la physiologie (la photosynthèse, l'efficacité de l'utilisation de l'eau) et l'efficacité de l'utilisation des macronutriments. Les génotypes du cacao ont montré différents degrés de variations intra spécifiques pour la croissance, la physiologie et l'efficacité de l'utilisation des nutriments. La compréhension de la croissance des plantes, la morphologie, la physiologie et des caractéristiques d'efficacité dans l'utilisation des nutriments influencés par la sécheresse aideront à identifier des génotypes de cacao résistants à la sécheresse. De tels génotypes tolérants à la sécheresse pourraient être utilisés dans des programmes d'amélioration des cultures pour développer des variétés supérieures pour tout écosystème stressé par la sécheresse.

Resumen

En todo el mundo, la sequía se considera uno de los factores de estrés abióticos más limitantes para el crecimiento, desarrollo y producción del cacao. Los cambios climáticos que están ocurriendo en los trópicos, como los patrones de lluvia inconsistentes y reducidos, y las altas temperaturas en muchas regiones productoras de cacao, han afectado los rendimientos, generando preocupaciones importantes para mantener la producción de cacao. Se sabe muy poco sobre la capacidad del cacao para adaptarse a la sequía. Existe una necesidad urgente de identificar los genotipos de cacao con tolerancia a la sequía y la mayoría del germoplasma actual de cacao no se ha sometido a pruebas de tolerancia a la sequía, a corto ni a largo plazo. Se llevaron a cabo series de experimentos de invernadero y de cámara de crecimiento para evaluar los efectos de la sequía en los parámetros morfológicos y fisiológicos tempranos del cacao y la eficiencia en el uso de nutrientes de los genotipos de cacao élite de Brasil, Perú y Puerto Rico. Nuestros diversos hallazgos mostraron que la sequía afecta considerablemente la morfología (parámetros de hojas, tallos y raíces), la fisiología (fotosíntesis, la eficiencia del uso del agua) y la eficiencia del uso de macro nutrientes. Los genotipos de cacao mostraron diversos grados de variaciones intraespecíficas para el crecimiento, la fisiología y la eficiencia del uso de nutrientes. La comprensión del crecimiento de las plantas, la morfología, la fisiología y los rasgos de eficiencia en el uso de nutrientes influenciados por la sequía ayudarán en la identificación de genotipos de cacao tolerantes a la sequía. Dichos genotipos tolerantes a la sequía podrían usarse en programas de mejoramiento de cultivos para desarrollar variedades superiores para cualquier ecosistema estresado por la sequía.

THEMATIC 5: QUALITY, FLAVOUR, SENSORY EVALUATION AND POST HARVEST

PROFILING FERMENTATION PROGRESSION AND QUALITY ATTRIBUTES OF TRINITARIO AND REFRACTARIO CACAO (THEOBROMA CACAO L.) HYBRID POPULATIONS AT THE INTERNATIONAL COCOA GENE BANK TRINIDAD (ICGT) – OPPORTUNITIES

Naailah Ali

Dr. Darin Sukha, Professor Gerrit Meerdink

Cocoa Research Centre (CRC), The University of the West Indies (UWI)

Abstract

Theobroma cacao L. is an important tropical tree crop that is grown for its beans used in the food, beverage, cosmetic and pharmaceutical industries. There are ten genetic clusters recognised within cacao and two hybrid populations originating from admixing of several of the genetic clusters viz Trinitario and Refractario. Although the two populations are highly regarded in the fine or flavour market segment of the cocoa industry their fermentation behaviour and flavour attributes are not fully understood. The aim of this study was to determine the potential of these two hybrid populations, grown in the same environment at the International Cocoa Genebank Trinidad (ICGT), in genetic branding. The beans were fermented using a small-scale fermentation box method and samples collected at 2, 4, 6 and 8 days after fermentation and sun-dried using standard methodology to 6.5–7.0% moisture content. The samples were analysed chemically and sensory assessments performed. The experiments were replicated over years to determine consistency. The temperature and pH trends during fermentation were congruent with proper fermentation. Trinitario beans had larger individual bean weight, bean width, bean length and bean thickness. Sensory assessment identified higher intensities of floral flavour in Refractario samples fermented for 6 and 8 days. Overlaying chromatograms obtained via gas chromatography–mass spectrometry of samples belonging to both hybrids fermented for 6 days showed that Trinitario exhibited peaks not present in the chromatograms for Refractario, namely for 2-Heptanone (fruity, flowery), 2-Heptanol (sweet, citrus) and 2-Nonanone. Analysis via high-performance liquid chromatography revealed higher mean concentrations of caffeine and catechins in Trinitario cocoa beans fermented for 8 days compared to Refractario, the differences observed were in general consistent across years. For the epicatechin and theobromine concentrations, there were significant year effects with Refractario and Trinitario dominating in different years. The study demonstrated the potential marketable uniqueness of the hybrids in relation to sensory characteristics and nutraceuticals; and the results underscore the importance of genetics and fermentation time on flavour differences, which can be exploited to develop genetic branding strategies.

Résumé

Theobroma cacao L. est une importante culture d'arbre tropicale qui se cultive à cause de ses graines utilisées dans les industries alimentaires, de boissons, cosmétiques et pharmaceutiques. Il y a dix groupes génétiques reconnus dans le cacao et deux populations hybrides qui proviennent du mélange de plusieurs groupes génétiques, à savoir Trinitaire et Réfractaire. Bien que les deux populations soient très appréciées dans le segment du marché de l'industrie du cacao fin ou de la saveur, leur comportement de fermentation et leurs attributs de saveur ne sont pas entièrement connus). L'objectif de cette étude a été de déterminer le potentiel de ces deux populations hybrides, cultivées dans le même environnement dans la Banque Internationale des Gènes de Cacao de Trinidad (ICGT par ses sigles en anglais), dans le développement de marques génétiques. Les grains ont été fermentés en utilisant une méthode de fermentation à petite échelle et des échantillons prélevés à 2, 4, 6 et

8 jours après la fermentation et ont été séchés au soleil en utilisant une méthodologie standard avec une teneur en humidité de 6,5-7,0%. Les échantillons ont été analysés chimiquement et des évaluations sensorielles ont été effectuées. Les expériences ont été reproduites pendant des années pour déterminer la consistance. Les tendances de température et de pH pendant la fermentation nt été congruentes avec la fermentation appropriée. Les grains de Trinitario avaient un poids individuel, une largeur, une longueur et une épaisseur de grain plus grands. L'évaluation sensorielle a identifié des intensités plus élevées de goût floral dans les échantillons réfractaires fermentés pendant 6 et 8 jours. Les chromatogrammes superposés obtenus par chromatographie de gaz-spectrométrie de masses d'échantillons appartenant aux deux hybrides fermentés pendant 6 jours ont montré que Trinitario présentait des pics non présents dans les chromatogrammes pour réfractaires, spécifiquement pour le 2-heptanone (fruité, fleuri), 2-heptanol (doux, agrumes) et 2-Nonanona. L'analyse par chromatographie liquide à haute performance a révélé des concentrations moyennes plus élevées de caféine et de catéchines dans les fèves de cacao Trinitario fermentées pendant 8 jours par rapport au Réfractaire, les différences observées étant en général constantes au fil des années. L'étude a prouvé l'unicité potentiellement commercialisable des hybrides par rapport aux caractéristiques sensorielles et nutraceutiques; et les résultats soulignent l'importance de la génétique et le temps de fermentation dans les différences de saveur, qui peuvent être exploitées pour développer des stratégies d'empreinte génétique.

Resumen

Theobroma cacao L. es un importante cultivo de árbol tropical que se cultiva por sus granos utilizados en las industrias de alimentos, bebidas, cosmética y farmacéutica. Hay diez grupos genéticos reconocidos dentro del cacao y dos poblaciones híbridas que se originan de la mezcla de varios de los grupos genéticos, a saber, Trinitario y Refractario. Aunque las dos poblaciones son muy apreciadas en el segmento de mercado de la industria del cacao fino o de sabor, su comportamiento de fermentación y atributos de sabor no se conocen por completo. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial de estas dos poblaciones híbridas, cultivadas en el mismo ambiente en el Banco Internacional de Genes de Cacao de Trinidad (ICGT por sus siglas en inglés), en el desarrollo de marcas genéticas. Los granos se fermentaron usando un método de caja de fermentación a pequeña escala y muestras recogidas a los 2, 4, 6 y 8 días después de la fermentación y se secaron al sol utilizando una metodología estándar con un contenido de humedad de 6.5-7.0%. Las muestras se analizaron químicamente y se realizaron evaluaciones sensoriales. Los experimentos se replicaron durante años para determinar la consistencia. Las tendencias de temperatura y pH durante la fermentación fueron congruentes con la fermentación adecuada. Los granos de Trinitario tenían un mayor peso individual, ancho, longitud y grosor de grano. La evaluación sensorial identificó intensidades más altas de sabor floral en muestras de Refractario fermentadas durante 6 y 8 días. Los cromatogramas superpuestos obtenidos por cromatografía de gases-espectrometría de masas de muestras pertenecientes a ambos híbridos fermentados durante 6 días mostraron que Trinitario exhibía picos no presentes en los cromatogramas para Refractario, concretamente para 2-Heptanona (frutal, floral), 2-Heptanol (dulce, cítrico) y 2-Nonanona. El análisis mediante cromatografía líquida de alta resolución reveló concentraciones medias más altas de cafeína y catequinas en granos de cacao Trinitario fermentados durante 8 días en comparación con Refractario, las diferencias observadas fueron, en general, consistentes a través de los años. Para las concentraciones de epicatequina y teobromina, hubo efectos significativos durante el año, con Refractario y Trinitario dominando en diferentes años. El estudio demostró la singularidad potencialmente comercializable de los híbridos en relación con las características sensoriales y nutraceuticas; y los resultados subrayan la importancia de la genética y el tiempo de fermentación en las diferencias de sabor, que pueden explotarse para desarrollar estrategias de marca genética.

ELEMENTS OF A HARMONIZED INTERNATIONAL STANDARD FOR COCOA FLAVOUR ASSESSMENT – A PROPOSAL FOR FURTHER CONSULTATION

Darin Sukha

Ed Seguire, Brigitte Laliberte

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies

Abstract

A Working Group on the Development of International Standards for the Assessment of Cocoa Quality and Flavours, coordinated by the Cocoa of Excellence (CoEx) Programme was set up in September 2015 to explore the development of international standards for assessing cocoa quality. This group recognized the increasing importance of cocoa quality and flavour in the international marketing of cocoa and the difficulty at all levels in having a common definition of cocoa quality, its criteria and specifications and communicating this to all stakeholders across the cocoa value chain. A review of current protocols and practices used was carried out in 2016 with key stakeholders representing the value chain interviewed and approaches examined. Based on the common needs and existing practices; proposed protocols for carrying out physical bean quality assessments, preparing samples (powder, liquor and chocolate) for flavour evaluations and principal considerations for panel training, executing tasting sessions and handling data to improve and optimise current processes and achieve product and process control were developed for broader consultation. This paper describes the approach and the next steps towards the implementation of international standards, training and certification. The vision of the international standards is to enhance transparency and market access for smallholding cocoa farmers through improved quality assessment. The goal is to communicate and develop awareness of buyers, sellers and consumers of cocoa and chocolate about quality, flavour profiles and celebrate excellence of high quality cocoa and chocolate related to best agricultural and manufacturing practices. The main purpose is to standardize how stakeholders along the cocoa value chain assess and communicate cocoa quality attributes, in an effort to improve transparency and help cocoa farmers better understand and meet quality standards demanded by buyers. To achieve this, the international standards are intended to be a documented protocol for evaluating cocoa quality and flavours for use by farmer cooperatives and broad use within the sector that aligns with existing standards and needs of private sector actors while also simple enough to be used by cocoa producers and chocolate makers.

Résumé

En septembre 2015, un Groupe de Travail sur le Développement de Normes Internationales pour l'Évaluation de la Qualité et des Saveurs du Cacao a été créé, coordonné par le programme Cocoa d'Excellence (CoEx en anglais) pour explorer l'élaboration de normes internationales pour évaluer la qualité du cacao. Ce groupe a reconnu l'importance croissante de la qualité et du goût du cacao dans la commercialisation internationale du cacao et la difficulté, à tous les niveaux, d'avoir une définition commune de la qualité du cacao, ses critères et spécifications ainsi que de communiquer ceci à tous ceux qui sont intéressés dans la chaîne de valeur du cacao. En 2016, un examen des protocoles et des pratiques actuelles utilisés avec les principaux intervenants qui représentent la chaîne de valeur interrogée et les approches examinées a été effectué. Sur la base des besoins communs et des pratiques existantes, pour d'autres consultations, des protocoles ont été élaborés pour évaluer la qualité physique des grains, la préparation des échantillons (poudre, liqueur et chocolat) pour l'évaluation de la saveur et les principales considérations pour la formation des panels, l'exécution des sessions de dégustation et la gestion de données pour améliorer et optimiser les processus actuels et assurer le contrôle des produits et des processus. Ce document décrit l'approche et les prochaines étapes vers la mise en œuvre de standards de normes internationales, formation et certification. La vision des standards des normes internationales est d'améliorer la transparence et

l'accès au marché pour les petits producteurs de cacao grâce à une meilleure évaluation de la qualité. L'objectif est de communiquer et de développer la conscience des acheteurs, des vendeurs et des consommateurs de cacao et de chocolat sur la qualité, les profils gustatifs et de célébrer l'excellence du cacao et du chocolat de haute qualité liés aux meilleures pratiques agricoles et de fabrication. L'objectif principal est de standardiser la manière dont les parties prenantes tout le long de la chaîne de valeur du cacao évaluent et communiquent les attributs de qualité du cacao, dans le but d'améliorer la transparence et d'aider les producteurs de cacao à mieux comprendre et respecter les standards de qualité des normes exigés par les acheteurs. Pour atteindre cet objectif, les normes internationales prétendent être un protocole documenté pour évaluer la qualité et les saveurs du cacao à l'usage des coopératives agricoles et son large utilisation dans le secteur qui correspond aux standards des normes et aux besoins existants des acteurs du secteur privé ainsi que suffisamment simple que pour être utilisé par des producteurs de cacao et par des fabricants de chocolat.

Resumen

En septiembre de 2015 se estableció un Grupo de Trabajo sobre el Desarrollo de Normas Internacionales para la Evaluación de la Calidad y Sabores del Cacao, coordinado por el programa Cacao de Excelencia (CoEx por su nombre en inglés), para explorar el desarrollo de normas internacionales para evaluar la calidad del cacao. Este grupo reconoció la creciente importancia de la calidad y el sabor del cacao en la comercialización internacional del cacao y la dificultad a todos los niveles de tener una definición común de calidad del cacao, sus criterios y especificaciones y comunicar esto a todos los interesados en la cadena de valor del cacao. En 2016, se llevó a cabo una revisión de los protocolos y las prácticas actuales que se utilizaron con las partes interesadas clave que representan la cadena de valor entrevistada y los enfoques examinados. En función de las necesidades comunes y las prácticas existentes, para consulta más amplia se desarrollaron protocolos propuestos para realizar evaluaciones de calidad física de grano, preparación de muestras (polvo, licor y chocolate) para evaluaciones de sabor y consideraciones principales para entrenamiento del panel, ejecución de sesiones de degustación y manejo de datos para mejorar y optimizar procesos actuales y lograr control de productos y procesos. Este documento describe el enfoque y los próximos pasos hacia la implementación de estándares internacionales, capacitación y certificación. La visión de los estándares internacionales es mejorar la transparencia y el acceso al mercado para los pequeños productores de cacao a través de una evaluación de calidad mejorada. El objetivo es comunicar y desarrollar la conciencia de los compradores, vendedores y consumidores de cacao y chocolate sobre la calidad, los perfiles de sabor y celebrar la excelencia de cacao y chocolate de alta calidad relacionados con las mejores prácticas agrícolas y de fabricación. El objetivo principal es estandarizar cómo los interesados a lo largo de la cadena de valor del cacao evalúan y comunican los atributos de calidad del cacao, en un esfuerzo por mejorar la transparencia y ayudar a los productores de cacao a comprender mejor y cumplir con los estándares de calidad exigidos por los compradores. Para lograr esto, las normas internacionales pretenden ser un protocolo documentado para evaluar la calidad y sabores del cacao para uso de las cooperativas de agricultores y su amplio uso dentro del sector que se alinea con los estándares y necesidades existentes de los actores del sector privado y también lo suficientemente simple como para ser utilizado por productores de cacao y fabricantes de chocolate.

CLASSIFICATION DES CHOCOLATS SELON LEUR EMPREINTE GLOBALE FLUORESCENTE ?

Renaud Boulanger

K. Alary, S. Preys, M. Repoux, A. Descalzo, I. Maraval, F Davrieux

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Résumé

La nature et la quantité des composés d'arôme présents dans le chocolat varient selon plusieurs critères, comme la variété des fèves de cacao, le processus de production du cacao marchand et le processus de fabrication du chocolat. Évaluées sensoriellement, ces qualités organoleptiques permettent de définir les profils sensoriels des chocolats et de les classer dans des pôles sensoriels caractéristiques. Ces évaluations sont essentielles mais demeurent encore trop longues et onéreuses. Une classification des chocolats à partir de leurs empreintes globales fluorescentes pourrait-elle être une solution alternative pour identifier les pôles sensoriels ? L'objectif de notre étude était de différencier 200 chocolats noirs répartis suivant 4 pôles sensoriels (A, B, C, D) à partir de leur « empreinte globale fluorescente » sans passer par une étape de dégustation associée. Pour ce faire, des analyses spectrales 3D ont été réalisées par Spectrométrie de Fluorescence Frontale sur des échantillons de chocolats fondus à 45°C. Les chocolats ont tous été préparés suivant le même processus de fabrication, évalués sensoriellement puis analysés dans les mêmes conditions opératoires (LO excitation : 250-650 nm_ pas de 5nm ; LO émission 290-800nm_ pas de 2nm). Afin de clarifier les données, un prétraitement des signaux et une gestion des zones non informatives (diffusion Rayleigh) ont été effectués. Par la suite, une analyse exploratoire multiway (PARAFAC) a été réalisée de manière à connaître l'importance des longueurs d'ondes dans la répartition des classes. Une Analyse en Composante Principale (ACP) a également été réalisée sur l'ensemble des données spectrales afin de voir si une séparation des pôles était visible. Les analyses des empreintes globales fluorescentes ont ainsi permis d'en déduire une répartition fiable des chocolats suivant leur pôle sensoriel sans passer par une étape de dégustation.

Abstract

The nature and quantity of aroma compounds present in chocolate vary according to several criteria, such as the variety of cocoa beans, the process of producing marketable cocoa and the process of making chocolate. Evaluated sensorially, these organoleptic qualities make it possible to define the sensory profiles of chocolates and to classify them into characteristic sensory poles. These assessments are essential but are still too long and expensive. Could a classification of chocolates from their fluorescent global imprints be an alternative solution to identify sensory poles? This paper undertook to differentiate 200 dark chocolates distributed along 4 sensory poles (A, B, C, D) from their "global fluorescent footprint" without going through an associated tasting step. To do this, 3D spectral analyzes were performed by Front Fluorescence Spectrometry on chocolate samples melted at 45°C. The chocolates were all prepared according to the same manufacturing process, evaluated sensorially and then analyzed under the same operating conditions (LO excitation: 250-650 nm_ no 5nm, LO emission 290-800nm_ no 2nm). In order to clarify the data, preprocessing of signals and management of non-informative areas (Rayleigh scattering) were carried out. Subsequently, a multiway exploratory analysis (PARAFAC) was carried out in order to determine the importance of wavelengths in the distribution of classes. Principal Component Analysis (PCA) was also performed on all spectral data, seeking to determine whether pole separation was visible. Thus, analyzes of global fluorescent fingerprints made it possible to deduce a reliable distribution of chocolates according to their sensory pole, without going through a tasting stage.

Resumen

El tipo y cantidad de compuestos aromáticos presentes en el chocolate varían de acuerdo con diversos criterios, tales como la variedad de granos de cacao, el proceso de producción de cacao comercial y el proceso de fabricación de chocolate. Evaluadas sensorialmente, dichas cualidades organolépticas hacen que sea posible definir los perfiles sensoriales de los chocolates y clasificarlos en polos sensoriales característicos. Estas evaluaciones son esenciales, pero se siguen demorando demasiado y son demasiado costosas. ¿La clasificación de los chocolates a partir de sus huellas fluorescentes en general podría ser una solución alternativa a la identificación del polo sensorial? En este trabajo, se propuso diferenciar 200 chocolates oscuros distribuidos a lo largo de 4 polos sensoriales (A, B, C, D) a partir de su "huella global fluorescente", sin pasar por una etapa de degustación. Para ello, los análisis espectrales 3D se realizaron por espectrometría de fluorescencia de frente en muestras de chocolate fundido a 45°C. Todos los chocolates se prepararon de acuerdo con el mismo proceso de fabricación, se evaluaron sensorialmente y después se les analizó bajo los mismos requisitos de operación (LO excitación: 250-650 nm_ N° 5 nm, emisión LO 290-800nm_ N° 2 nm). Se llevó a cabo el preprocesamiento de señales y gestión de las áreas no informativas (dispersión de Rayleigh) a fin de aclarar los datos. Posteriormente se adelantó un análisis exploratorio de múltiples vías (PARAFAC) para determinar la importancia de las longitudes de onda en la distribución de las clases. También se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA) para todos los datos espectrales, con miras a tratar de determinar si era visible la separación de polos. Así, los análisis de huellas digitales fluorescentes globales permitió deducir una distribución fiable de los chocolates en virtud de su polo sensorial, sin pasar por una fase de cata.

**PHYSIOLOGICAL RESPONSE IN BEANS OF THREE CACAO (THEOBROMA CACAO L.)
CULTIVARS TO MICRO-ENVIRONMENTAL GROWING CONDITIONS IN CACAO
AGROFORESTRY SYSTEMS AND MONOCULTURES UNDER CONVENTIONAL AND ORGANIC
MA**

Wiebke Niether

Inga Smit, Laura Armengot, Monika Schneider, Gerhard Gerold, Elke Paw

University of Goettingen

Abstract

Cocoa beans are produced all across the humid tropics under different environmental conditions provided by the region but also by the type of production system and the season. Among other ecosystem services, agroforestry systems and organic farming differ from conventional monocultures in their soil quality, i.e. water holding capacity and enhanced nutrient cycling that can affect crop nutrient uptake and their molecular characteristics. Additionally, agroforestry systems provide a buffered microclimate, implying that environmental stressful conditions and strong variation in the course of the year can be reduced. We analyzed cocoa beans from three cacao cultivars, TSH-565, ICS-1xIMC-67 and the local cultivar Ila-22, growing in different production systems comprising monoculture and agroforestry system, both under conventional and agroforestry systems, and a successional agroforestry system. Beans were harvested at the beginning and at the end of the dry season to determine the physiological response to climate during fruit maturation. The beans were separated into cotyledons (nibs), testa (shells) and radicle. The cotyledons were milled to analyze mineral elements and determine the total fat content. Further, we measured the total phenolic content from milled cotyledons according to the Folin-Ciocalteu's assay and polyamines from defatted cocoa powder via HPLC as indicators for abiotic stresses. Conventional farming in monocultures was increasing tree growth and production compared to organic monocultures. The chemical composition of the beans was more affected by difference of agroforestry compared to monoculture than by the management factor. Also the cultivars differed in their mineral composition. The reduced water availability when pods were ripening during the dry season increased the total phenolic content and reduced the concentration of spermine, a polyamine. Effects of environmental growing conditions were not strong, but can explain variations in cocoa bean quality apart from post-harvest processing. Especially when analyzing cocoa beans from different origins the climatic conditions, soil water availability during harvesting season and the shade conditions of the production systems should be taken into consideration.

Résumé

Les fèves de cacao se produisent dans les tropiques humides dans différentes conditions environnementales fournies par la région, mais aussi selon le type de système de production et selon la saison. Entre autres services écosystémiques, les systèmes agroforestiers et l'agriculture organique diffèrent des monocultures conventionnelles dans la qualité du sol, c'est-à-dire, la capacité de rétention de l'eau et le cycle nutritif amélioré qui puisse affecter l'absorption des nutriments de la culture et ses caractéristiques moléculaire. En plus, les systèmes agroforestiers fournissent un microclimat amorti, ce qui implique que les conditions environnementales stressantes et les fortes variations au cours de l'année peuvent être réduites. Nous avons analysé les fèves de cacao de trois cultivars de cacao, TSH-565, ICS-1xIMC-67 et le cultivar local Ila-22, qui grandit dans les différents systèmes de production qui comprend la monoculture et le système agroforestier, à la fois dans des systèmes conventionnels ainsi que dans des agroforestiers, et dans un système agroforesterie de succession. Les grains ont été récoltés au début et à la fin de la saison sèche pour déterminer la réponse physiologique au climat pendant la maturation du fruit. Les grains se sont séparés en cotylédons (plumes), testa (coquilles) et radicule. Les cotylédons ont été broyés pour analyser les éléments minéraux et pour déterminer la teneur totale de graisse. En plus, nous avons mesuré le contenu phénolique total des cotylédons broyés

selon le test de Folin-Ciocalteu et les polyamides de cacao en poudre dégraissé de HPLC comme indicateurs de stress abiotique. L'agriculture conventionnelle dans des monocultures augmentait la croissance et la production d'arbres par rapport aux monocultures organiques. La composition chimique des grains a été plus affectée par la différence de l'agrosylviculture par rapport à la monoculture que par le facteur de gestion en soi. Les cultivars diffèrent également dans leur composition minérale. La disponibilité réduite de l'eau lorsque les gousses atteignaient leur maturité pendant la saison sèche a augmenté la teneur totale en composés phénoliques et a réduit la concentration de spermine, une polyamine. Les effets des conditions de croissance de l'environnement n'étaient pas forts, mais ils peuvent expliquer les variations dans la qualité de la fève de cacao ainsi que le traitement post-récolte. Especialmente al analizar los granos de cacao de diferentes orígenes, deben tenerse en cuenta las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua del suelo durante la temporada de cosecha y las condiciones de sombra de los sistemas de producción. En particular lors de l'analyse des fèves de cacao de différentes origines, les conditions climatiques, la disponibilité de l'eau du sol pendant la saison des récoltes et les conditions d'ombre des systèmes de production doivent être prises en compte.

Resumen

Los granos de cacao se producen en los trópicos húmedos en diferentes condiciones ambientales proporcionadas por la región, pero también por el tipo de sistema de producción y la temporada. Entre otros servicios ecosistémicos, los sistemas agroforestales y la agricultura orgánica difieren de los monocultivos convencionales en la calidad del suelo, es decir, la capacidad de retención de agua y el ciclo de nutrientes mejorado que puede afectar la absorción de nutrientes del cultivo y sus características moleculares. Además, los sistemas agroforestales proporcionan un microclima amortiguado, lo que implica que las condiciones ambientales estresantes y las fuertes variaciones en el transcurso del año se pueden reducir. Analizamos granos de cacao de tres cultivares de cacao, TSH-565, ICS-1xIMC-67 y el cultivar local Ila-22, creciendo en diferentes sistemas de producción que comprenden monocultivo y sistema agroforestal, tanto en sistemas convencionales como agroforestales, y un sistema agroforestal sucesional. Los granos se cosecharon al principio y al final de la estación seca para determinar la respuesta fisiológica al clima durante la maduración del fruto. Los granos se separaron en cotiledones (plumillas), testa (conchas) y radícula. Los cotiledones se molieron para analizar los elementos minerales y determinar el contenido total de grasa. Además, medimos el contenido fenólico total de los cotiledones molidos de acuerdo con el ensayo de Folin-Ciocalteu y las poliaminas de cacao en polvo desgrasado a través de HPLC como indicadores de estrés abiótico. La agricultura convencional en monocultivos estaba aumentando el crecimiento y la producción de los árboles en comparación con los monocultivos orgánicos. La composición química de los granos se vio más afectada por la diferencia de agrosilvicultura en comparación con el monocultivo que por el factor de manejo. Los cultivares también difieren en su composición mineral. La disponibilidad reducida de agua cuando las vainas estaban madurando durante la temporada seca aumentó el contenido fenólico total y redujo la concentración de espermina, una poliamina. Los efectos de las condiciones de crecimiento ambiental no fueron fuertes, pero pueden explicar las variaciones en la calidad del grano de cacao además del procesamiento posterior a la cosecha. Especialmente al analizar los granos de cacao de diferentes orígenes, deben tenerse en cuenta las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua del suelo durante la temporada de cosecha y las condiciones de sombra de los sistemas de producción.

SENSING FERMENTATION DEGREE OF COCOA (THEOBROMA CACAO L.) BEANS BY MACHINE LEARNING AND TRADITIONAL CLASSIFICATION MODELS BASED ELECTRONIC NOSE SYSTEM

Juzhong Tan
University of Georgia

Abstract

Each cacao bean variety has a genetic flavor potential that is either expressed or depressed as it moves along the cocoa processing chain during the primary processing activities that includes fermentation, drying, as well as, storage and other handling. Fermentation in cocoa is a two-staged microbial process that helps to trigger biochemical changes inside the beans that contribute to reducing bitterness and astringency, and to the development of flavor precursors. In almost all cases cocoa fermentation starts spontaneously and is subject to the vagaries of the environment where it is occurring. This is often superimposed on a rigid processing regimen of fixed fermentation time and turning leading to beans of consistent quality. Current measurement methods for monitoring cocoa fermentation include measuring fermentation mass temperature and pH, as well as, fresh and dried cut test, flavor assessments and in some instances spectroscopic and chromatographic methods. The drawbacks of the traditional methods of assessing fermentation progression include disturbance of the fermentation mass, specialized skills and equipment (spectroscopic and chromatographic methods) to take correct measurements, repetitions of measurements, as well as, subjectivity and specialized training associated with cut test and flavor assessments. The current study tested the application of an electronic nose system consisting of gas sensors (TGS 800 and 2000 series) used to detect the gas generated by fermenting cocoa beans at different fermentation times (0, 2, 4, 6, 8 days). The signals collected by the gas sensors were used by machine learning models (artificial neural network and random forest) and traditional classification methods (principal components analysis and singular value decomposition) to classify the fermentation degree of the cocoa beans. The results have shown that both machine learning methods and traditional methods achieved high accuracy (>93.7%) in the classification of cocoa beans with different fermentation degree. However, the classification conducted by machine learning methods had slightly higher accuracy (96.3% against 93.7%) than the accuracy achieved by traditional methods. The results also implied that the electronic nose system is an inexpensive and accurate technology that can be used by cocoa manufacturers and cocoa farmers to monitor the fermentation of cocoa beans for more consistent quality.

Résumé

Chaque variété de fève de cacao a un potentiel de saveur génétique qui est exprimée ou réduite lorsqu'elle se déplace le long de la chaîne de transformation du cacao pendant les activités de transformation primaire comprenant la fermentation, le séchage, ainsi que le stockage et d'autres manipulations. La fermentation dans le cacao est un processus microbien en deux étapes qui aide à déclencher des changements biochimiques dans les grains qui contribuent à réduire l'amertume et l'astringence, ainsi que le développement de précurseurs du goût. Dans presque tous les cas, la fermentation du cacao commence spontanément et est soumise aux aléas de l'environnement dans lequel elle est produite. Ceci est souvent superposé à un régime de traitement rigide de temps de fermentation fixe et le tournage conduit à des grains de qualité constante. Les méthodes de mesure actuelles pour surveiller la fermentation du cacao comprennent la mesure de la température et le pH de la masse de fermentation, ainsi que le test de coupe frais et sec, les évaluations de la saveur et, dans certains cas, les méthodes spectroscopiques et chromatographique. Les inconvénients des méthodes traditionnelles d'évaluation de la progression de la fermentation incluent l'altération de la masse fermentaire, des compétences et équipements spécialisés (méthodes spectroscopiques et chromatographiques) pour effectuer des mesures correctes, des répétitions de mesures, ainsi que la subjectivité et la formation spécialisée associée aux évaluations de test de coupage et de goût.

La présente étude a testé l'application d'un système de nez électronique qui consiste dans des senseurs de gaz (séries TGS 800 et 2000) utilisés pour détecter le gaz généré par la fermentation des fèves de cacao à différents moments de la fermentation (0, 2, 4, 6, 8 jours). Les signaux collectés par les senseurs de gaz ont été utilisés par des modèles d'apprentissage automatique (réseau neuronal artificiel et forêt aléatoire) et des méthodes de classification traditionnelles (analyse des composantes principales et décomposition des valeurs singulières) pour classer le degré de fermentation des fèves de cacao. Les résultats ont montré que les méthodes d'apprentissage automatique et les méthodes traditionnelles atteignaient une précision élevée (> 93,7%) dans la classification des fèves de cacao avec différents degrés de fermentation. Cependant, la classification faite par les méthodes d'apprentissage automatique a eu une précision légèrement plus élevée (96,3% contre 93,7%) que la précision obtenue par les méthodes traditionnelles. Les résultats ont également impliqué que le système de nez électronique est une technologie peu coûteuse et précise qui peut être utilisée par les fabricants de cacao et par les producteurs de cacao pour contrôler la fermentation des fèves de cacao pour une qualité plus consistante.

Resumen

Cada variedad de grano de cacao tiene un potencial de sabor genético que se expresa o reduce a medida que se mueve a lo largo de la cadena de procesamiento del cacao durante las actividades de procesamiento primario que incluye fermentación, secado, así como almacenamiento y otras manipulaciones. La fermentación en el cacao es un proceso microbiano de dos etapas que ayuda a desencadenar cambios bioquímicos dentro de los granos que contribuyen a reducir el amargor y la astringencia, y al desarrollo de precursores de sabor. En casi todos los casos, la fermentación del cacao comienza espontáneamente y está sujeta a los caprichos del entorno en el que se produce. Esto a menudo se superpone a un régimen de procesamiento rígido de tiempo de fermentación fijo y el torneado conduce a granos de calidad constante. Los métodos de medición actuales para monitorear la fermentación del cacao incluyen la medición de la temperatura y el pH de la masa de fermentación, así como la prueba de corte fresca y seca, las evaluaciones del sabor y, en algunos casos, los métodos espectroscópicos y cromatográficos. Los inconvenientes de los métodos tradicionales para evaluar la progresión de la fermentación incluyen la alteración de la masa de fermentación, habilidades y equipos especializados (métodos espectroscópicos y cromatográficos) para tomar mediciones correctas, repeticiones de mediciones, así como, subjetividad y entrenamiento especializado asociado con evaluaciones de prueba de corte y sabor. El estudio actual probó la aplicación de un sistema de nariz electrónica que consiste en sensores de gas (series TGS 800 y 2000) utilizados para detectar el gas generado por la fermentación de granos de cacao en diferentes tiempos de fermentación (0, 2, 4, 6, 8 días). Las señales recogidas por los sensores de gas fueron utilizadas por modelos de aprendizaje automático (red neuronal artificial y bosque aleatorio) y métodos de clasificación tradicionales (análisis de componentes principales y descomposición de valores singulares) para clasificar el grado de fermentación de los granos de cacao. Los resultados han demostrado que tanto los métodos de aprendizaje automático como los métodos tradicionales lograron una alta precisión (> 93,7%) en la clasificación de los granos de cacao con diferente grado de fermentación. Sin embargo, la clasificación realizada por métodos de aprendizaje automático tuvo una precisión ligeramente mayor (96.3% contra 93.7%) que la precisión lograda por los métodos tradicionales. Los resultados también implicaron que el sistema de nariz electrónica es una tecnología económica y precisa que puede ser utilizada por los fabricantes de cacao y los productores de cacao para controlar la fermentación de los granos de cacao para una calidad más consistente.

TWO MOLECULES NEWLY IDENTIFIED BY MASS SPECTROMETRY IN FERMENTED COCOA BEANS HAVE A STRONG IMPACT ON CHOCOLATE SENSORY QUALITY

Noémie Fayeulle

Anna Vallverdú-Queralt, Jean-Claude Boulet, Jean-Michel Roger, Clotilde Hue, Renaud Boulanger,
Véronique Cheynier, Nicolas Sommerer
Plateforme Polyphénols, UMR SPO, INRA

Abstract

Polyphenols are a wide and diverse group of molecules found in large amount in cocoa beans. They are plant secondary metabolites and can be further modified under specific conditions such as fermentation or oxidation. Two new polyphenolic compounds have been detected in fermented cocoa beans. The aim of this study was to characterise them and to evaluate their impact on chocolate taste. The polyphenols have been extracted from the ground and defatted cocoa beans and analysed by Ultra High Performance Liquid Chromatography - High Resolution Mass Spectrometry. Two mass signals at m/z 605 and 893 (in the negative ionisation mode) have been assigned to compounds known as ethyl bridged flavanols that had never been reported in cocoa. These molecules resulting from condensation of flavanols with acetaldehyde can be formed in planta or more likely during fermentation as acetaldehyde is a microbial metabolite. Twelve cocoas bean samples and the twelve chocolate samples associated were analysed. The chocolates were made by a standard process. They were divided into four sensory groups by sensory analysis. Mass spectrometry analysis of the twelve cocoa extracts and the twelve chocolate extracts demonstrated the presence of these two new molecules. Chemometrics applied to both cocoa and chocolate analysis, showed that ethyl-bridged flavanols are key molecules to discriminate cocoas according to their sensorial group. Future studies will aim at determining the contribution of these molecules to cocoa and chocolate taste, especially bitterness and astringency.

Résumé

Les polyphénols sont un groupe large et divers de molécules qui se trouvent en grande quantité dans les fèves de cacao. Ce sont des métabolites secondaires de la plante et peuvent être modifiés encore plus dans des conditions spécifiques telles que la fermentation ou l'oxydation. Deux nouveaux composés poly phénoliques ont été détectés dans des fèves de cacao fermentées. L'objectif de cette étude a été de les caractériser et d'évaluer leur impact sur le goût du chocolat. Les polyphénols ont été des fèves de cacao extraites du sol et dégraissées et analysées par Chromatographie Liquide à Ultra Haute Résolution - Spectrométrie de Masse à Haute Résolution. Deux signaux de masse ont été assignés à m/z 605 et 893 (en mode d'ionisation négative) à des composés connus sous le nom d'éthyle flavonoïdes avec des ponts qui n'avaient jamais été rapportés dans le cacao. Ces molécules qui résultent de la condensation des flavonoïdes avec l'acétaldéhyde peuvent se former dans les plantes ou plus probablement pendant la fermentation puisque l'acétaldéhyde est un métabolite microbien. Douze échantillons de fèves de cacao et les douze échantillons de chocolat associés ont été analysés. Les chocolats ont été fabriqués avec un processus standard. Ils ont été divisés en quatre groupes sensoriels par analyse sensorielle. L'analyse par spectrométrie de masse des douze extraits de cacao et des douze extraits de chocolat a démontré la présence de ces deux nouvelles molécules. La chimiométrie appliquée à l'analyse du chocolat et du cacao a montré que les flavonoïdes éthyliques avec pont sont des molécules clés pour discriminer le cacao en fonction de leur groupe sensoriel. De futures études viseront à déterminer la contribution de ces molécules dans le goût du cacao et du chocolat, en particulier l'amertume et l'astringence.

Resumen

Los polifenoles son un grupo amplio y diverso de moléculas que se encuentran en gran cantidad en los granos de cacao. Son metabolitos secundarios de la planta y pueden modificarse aún más en condiciones específicas como la fermentación u oxidación. Se han detectado dos nuevos compuestos polifenólicos en granos de cacao fermentados. El objetivo de este estudio fue caracterizarlos y evaluar su impacto en el sabor del chocolate. Los polifenoles han sido granos de cacao extraídos del suelo y desgrasados y analizados por Cromatografía Líquida de Ultra Alta Resolución - Espectrometría de Masas de Alta Resolución. Se han asignado dos señales de masa a m/z 605 y 893 (en el modo de ionización negativa) a compuestos conocidos como flavonoides etílicos con puentes que nunca se habían reportado en el cacao. Estas moléculas resultantes de la condensación de flavonoides con acetaldehído pueden formarse en planta o más probablemente durante la fermentación ya que el acetaldehído es un metabolito microbiano. Se analizaron doce muestras de grano de cacao y las doce muestras de chocolate asociadas. Los chocolates fueron hechos con un proceso estándar. Se dividieron en cuatro grupos sensoriales por análisis sensorial. El análisis de espectrometría de masas de los doce extractos de cacao y los doce extractos de chocolate demostraron la presencia de estas dos nuevas moléculas. La quimiometría aplicada al análisis del chocolate y el cacao, mostró que los flavonoides etílicos con puente son moléculas clave para discriminar el cacao de acuerdo con su grupo sensorial. Los estudios futuros tendrán como objetivo determinar la contribución de estas moléculas al sabor del cacao y el chocolate, especialmente el amargor y la astringencia.

**PARTICIPATORY APPROACHES CONDUCTED IN ECUADOR, TRINIDAD AND COSTA RICA
USING SIMPLE AND COST EFFECTIVE METHODS TO ENHANCE THE COCOA BEAN QUALITY
SUBSTANTIALLY**

Christina Rohsius
Dr. Elsa Hegmann
Rausch GmbH

Abstract

Producing cocoa of highest quality and high in fine and flavour aroma includes well adapted and executed post-harvest management. Unfortunately, flavour can be negatively affected at every step of the producing and processing chain. For the responsible person it is in many cases difficult to work out why the presented cocoa does not fit the requested quality demand. To find out why individual fermentations went wrong is often even harder, since most instructions only display how it should have been done correctly. In order to do it right the following knowledge is needed: what kind of aroma/quality is requested? If the result did not fit the demand: what went wrong, when and where did it happen? And of course: how can these quality losses be prevented? Accurately described quality characteristics, apart from monitoring and testing methods during the post-harvest procedure, are needed as basic prerequisites to answer these questions. However, without understanding the decisive fermentation steps and appropriate tools to intervene, even in high end fermentories an optimal quality result is difficult to achieve. Looking for answers to solve this challenge we conducted a participatory training in Ecuador (a cooperative), Trinidad (big farmer) and Costa Rica (middle scale farmer). Seed material was assessed, fermentation facilities and methods monitored, fermentation outcome tested by cut-tests (visually) and basic sensory analysis carried out on dried material. The main goal was to find cost effective and easy to implement test- and monitoring methods for small scale farms or fermentation centers. Factors negatively influencing the quality of fine or flavour cocoa were detected and due to simple management adaptations could be eliminated or strongly reduced. Results show that with minimum input of labour force and materials a decisive positive shift of quality outcome was possible within 2 fermentation processes. The participatory approach included a jointly carried out 5-days-fermentation and the evaluation of the drying process. In a concurrent seminar main post-harvest management steps, suitable monitoring methods and modification examples to improve/adapt fermentation practices were developed.

Résumé

Produire du cacao de la plus haute qualité et riche en arôme fin et en saveur comprend une bonne gestion après récolte, bien adaptée et bien exécutée. Malheureusement, le goût peut être affecté négativement à chaque étape de la chaîne de production et de transformation. Pour la personne responsable, dans de nombreux cas, il est difficile de déterminer pourquoi le cacao présenté ne répond pas à la demande de qualité demandée. Découvrir pourquoi les fermentations individuelles ont mal tourné est souvent encore plus difficile, car la plupart des instructions montrent seulement comment cela aurait dû être fait correctement. Pour bien le faire, vous avez besoin des connaissances suivantes: quel type d'arôme / qualité est demandé? Si le résultat ne répond pas à la demande: qu'est-ce qui n'a pas fonctionné? Quand et où cela s'est-il passé? Et, bien sûr, comment éviter ces pertes de qualité? Les caractéristiques de qualité décrites avec précision, à l'exception des méthodes de surveillance et d'essai pendant la procédure post-récolte, sont nécessaires comme conditions préalables pour répondre à ces questions. Cependant, sans comprendre les étapes décisives de la fermentation et les bons outils pour intervenir, même chez les fermenteurs de haute qualité, il est difficile d'obtenir un résultat qualitatif optimal. En recherchant les réponses pour résoudre ce défi, nous avons réalisé une formation participative en Équateur (une coopérative), à Trinidad (paysan) et à Costa Rica (agriculteur à échelle intermédiaire). Le matériel de la semence a été évalué, les installations de

fermentation et les méthodes ont été contrôlées, les résultats de la fermentation ont été évalués par des tests de coupe (visuellement) et une analyse sensorielle de base avec du matériel sec a été réalisée. L'objectif principal était celui de trouver des méthodes de test et de surveillance rentables et faciles à mettre en œuvre pour de petites exploitations ou pour des centres de fermentation. Des facteurs qui influent négativement sur la qualité du cacao fin ou de la saveur ont été détectés et, en raison des simples adaptations de gestion, ils ont pu être éliminés ou fortement réduits. Les résultats montrent qu'avec un apport minimum de main-d'œuvre et de matériaux, un changement positif décisif dans le résultat de qualité a été possible dans 2 processus de fermentation. L'approche participative comprenait une fermentation conjointe de 5 jours et l'évaluation du processus de séchage. Lors d'un séminaire concomitant, les principales étapes de la gestion post-récolte, les méthodes de contrôle appropriées et les exemples de modification ont été développés pour améliorer/adapter les pratiques de fermentation.

Resumen

Producir cacao de la más alta calidad y alto en aroma fino y sabor incluye un manejo posterior a la cosecha bueno, bien adaptado y bien ejecutado. Desafortunadamente, el sabor puede verse afectado negativamente en cada paso de la cadena de producción y procesamiento. Para la persona responsable, en muchos casos es difícil determinar por qué el cacao presentado no se ajusta a la demanda de calidad solicitada. Descubrir por qué las fermentaciones individuales salieron mal a menudo es aún más difícil, ya que la mayoría de las instrucciones solo muestran cómo se debería haber hecho correctamente. Para hacerlo bien, se necesita el siguiente conocimiento: ¿qué tipo de aroma / calidad se solicita? Si el resultado no se ajustaba a la demanda: ¿qué salió mal?, ¿cuándo y dónde sucedió? Y, por supuesto, ¿cómo pueden evitarse estas pérdidas de calidad? Las características de calidad descritas con precisión, aparte de los métodos de monitoreo y prueba durante el procedimiento postcosecha, son necesarias como requisitos previos básicos para responder estas preguntas. Sin embargo, sin comprender los pasos decisivos de la fermentación y las herramientas adecuadas para intervenir, incluso en las fermentadoras de alta calidad es difícil lograr un resultado de calidad óptima. Buscando respuestas para resolver este desafío, realizamos una capacitación participativa en Ecuador (una cooperativa), Trinidad (granjero) y Costa Rica (agricultor de escala intermedia). Se evaluó el material de la semilla, se monitorearon las instalaciones de fermentación y los métodos, se evaluaron los resultados de fermentación mediante pruebas de corte (visualmente) y se realizó un análisis sensorial básico con material seco. El objetivo principal era encontrar métodos de prueba y monitoreo rentables y fáciles de implementar para granjas de pequeña escala o centros de fermentación. Se detectaron factores que influyen negativamente en la calidad del cacao fino o de sabor y debido a las simples adaptaciones de manejo se pudieron eliminar o reducir fuertemente. Los resultados muestran que con un aporte mínimo de mano de obra y materiales, fue posible un cambio positivo decisivo en el resultado de calidad dentro de 2 procesos de fermentación. El enfoque participativo incluyó una fermentación de 5 días realizada conjuntamente y la evaluación del proceso de secado. En un seminario concurrente, se desarrollaron los principales pasos de gestión poscosecha, métodos de control adecuados y ejemplos de modificación para mejorar/adaptar las prácticas de fermentación.

NEW RESISTANT COCOA SELECTIONS FROM COSTA RICA HAVE FINE AROMA POTENTIAL

Elsa Hegmann
Dr. Wilberth Phillips
Rausch GmbH

Abstract

In this research the aroma potential of six new cocoa genotypes (CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, PMCT-58, ICS-95 (T1) and CC-137) selected at CATIE, Costa Rica, was studied. Since 2007, these high-yielding and disease resistant cocoa clones are cultivated by cocoa farmers and cooperatives throughout Central-America, however, detailed information on the individual aroma potential is lacking. The main factors which interact and define the aroma characteristics of the traded product "raw cocoa" are genotype, post-harvest management, cultivation site and climatic conditions. Cocoa liquors produced from "Fine or Flavour Cocoa" are characterized by chocolate aroma and additional fine aroma notes described as e.g. fruity, floral or nutty. These aroma compounds originate from plant secondary metabolites and their derivatives, such as terpenes, alcohols, esters, aldehydes, methyl ketones, with most of them being formed or stored in the fruit pulp. Apparently, these aromas migrate into the seed during fermentation and contribute to the organoleptic character of the cocoa bean. The aim of this study was to determine whether the new cocoa selections from CATIE have a "Fine or Flavour"- potential and which post-harvest treatment can be advised to exploit the full aroma potential of these clones. Monoclonal fermentations and fruit pulp analytics were carried out in Costa Rica and at the University of Hamburg, resp., in order to study and identify the main components involved in aroma formation of these new resistant varieties. The results demonstrate that fermentation procedure and -duration have to be adjusted to the clonal material and environmental conditions, because both highly influence the fermentation processes. The analyzed clonal fruit pulps of the CATIE-Selections displayed a basic content of the two dominating esters 2-pentyl acetate and 2-heptyl acetate, combined with a distinctive mixture of various minor compounds which form the genotype-specific fine aroma. Thus, the individual aroma bouquet is defined by rather minor compounds of lower concentrations. Furthermore, the results show that fruit pulp's aroma composition and aroma intensity vary with the prevailing climate in the phase of cocoa pod ripening, as well as the ripening status of the pods.

Résumé

Dans cette recherche le potentiel aromatique de six nouveaux génotypes de cacao (CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, PTME-58, ICS-95 (T1) et CC-137) sélectionnés en CATIE, Costa Rica ont été étudiés. Depuis 2007, ces clones de cacao à haut rendement et résistants aux maladies sont cultivés par des agriculteurs de cacao et des coopératives dans toute l'Amérique Centrale, toutefois, il manque des informations détaillées sur le potentiel de l'arôme individuel. Les principaux facteurs qui interagissent et définissent les caractéristiques de l'arôme du produit commercialisé "cacao brut" sont le génotype, la gestion post-récolte, le site de culture et les conditions climatiques. Les liqueurs de cacao produites à partir de "Cacao Fin ou de Saveur" se caractérisent par l'arôme de chocolat et des notes complémentaires fines d'arôme décrites comme par exemple fruitées, florales ou de noix. Ces composés aromatiques proviennent des métabolites secondaires des plantes et de leurs dérivés, tels que les terpènes, les alcools, les esters, les aldéhydes, les méthyl cétones, et la plupart d'entre eux se forment ou stockent dans la pulpe du fruit. Apparemment, ces arômes migrent vers la semence pendant la fermentation et contribuent au caractère organoleptique de la fève de cacao. L'objectif de cette étude était de déterminer si les nouvelles sélections de cacao de CATIE ont un potentiel «Fine ou de Saveur» et quel traitement post-récolte peut être recommandé pour exploiter le plein potentiel aromatique de ces clones. Les fermentations monoclonales et des analyses de la pulpe de fruits ont été effectuées au Costa Rica et à l'Université de Hambourg, respectivement, pour étudier et identifier les principaux composants impliqués dans

la formation d'arômes de ces nouvelles variétés résistantes. Les résultats montrent que le processus de fermentation et la durée doivent être ajustés au matériel clonal et aux conditions environnementales, car tous deux influencent fortement les processus de fermentation. Les pulpes de fruits clonales analysées des Sélections CATIE ont montré un contenu de base des deux à partir des sélections CATIE ont montré esters dominants, l'acétate de 2-pentyle et l'acétate de 2-heptyle, combinés avec un mélange distinctif de plusieurs composés minoritaires qui forment l'arôme fin spécifique du génotype. Par conséquent, le bouquet d'arômes individuel se définit par des composés plutôt petits de concentrations plus faibles. En plus, les résultats montrent que la composition de l'arôme et l'intensité de l'arôme de la pulpe du fruit varient en fonction du climat régnant dans la phase de maturation de la gousse de cacao, ainsi que de l'état de maturité des gousses. Par conséquent, le bouquet d'arômes individuel se définit par des composés plutôt petits de concentrations plus faibles. En plus, les résultats montrent que la composition de l'arôme et l'intensité de l'arôme de la pulpe du fruit varient en fonction du climat régnant dans la phase de maturation de la gousse de cacao, ainsi que de l'état de maturité des gousses.

Resumen

En esta investigación se estudió el potencial de aroma de seis nuevos genotipos de cacao (CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, PMCT-58, ICS-95 (T1) y CC-137) seleccionados en CATIE, Costa Rica. Desde 2007, estos clones de cacao de alto rendimiento y resistentes a las enfermedades son cultivados por agricultores de cacao y cooperativas en toda América Central, sin embargo, falta información detallada sobre el potencial de aroma individual. Los principales factores que interactúan y definen las características del aroma del producto comercializado "cacao en bruto" son el genotipo, la gestión poscosecha, el sitio de cultivo y las condiciones climáticas. Los licores de cacao producidos a partir de "Cacao Fino o de Sabor" se caracterizan por el aroma de chocolate y notas finas adicionales de aroma descritas como por ejemplo frutal, floral o de nuez. Estos compuestos aromáticos se originan a partir de metabolitos secundarios de plantas y sus derivados, tales como terpenos, alcoholes, ésteres, aldehídos, metilcetonas, y la mayoría de ellos se forman o almacenan en la pulpa de la fruta. Aparentemente, estos aromas migran a la semilla durante la fermentación y contribuyen al carácter organoléptico del grano de cacao. El objetivo de este estudio fue determinar si las nuevas selecciones de cacao del CATIE tienen un potencial "Fino o de Sabor" y cuál tratamiento posterior a la cosecha puede recomendarse para explotar todo el potencial de aroma de estos clones. Las fermentaciones monoclonales y la analítica de pulpa de fruta se llevaron a cabo en Costa Rica y en la Universidad de Hamburgo, respectivamente, para estudiar e identificar los principales componentes involucrados en la formación de aroma de estas nuevas variedades resistentes. Los resultados demuestran que el procedimiento de fermentación y la duración tienen que ajustarse al material clonal y a las condiciones ambientales, ya que ambos influyen mucho en los procesos de fermentación. Las pulpas de frutas clonales analizadas de las Selecciones CATIE mostraron un contenido básico de los dos ésteres dominantes, acetato de 2-pentilo y acetato de 2-heptilo, combinados con una mezcla distintiva de varios compuestos minoritarios que forman el aroma fino específico del genotipo. Por lo tanto, el ramillete de aromas individual se define por compuestos más bien menores de concentraciones más bajas. Además, los resultados muestran que la composición del aroma y la intensidad del aroma de la pulpa de la fruta varían con el clima prevaleciente en la fase de maduración de la vaina de cacao, así como el estado de maduración de las vainas.

THE USE OF CHLOROPLAST MARKERS FOR THE TRACEABILITY OF CERTIFIED SUSTAINABLY PRODUCED CACAO (THEOBROMA CACAO) IN THE CHOCOLATE INDUSTRY

Joël Allainguillaume

Pedro Lafargue Molina, Andy Wetten, Jeanne Allainguillaume, Andrew Daymond, Dawn Arnold, Emma Weitkam

University of the West of England (UWE)

Abstract

Recently the chocolate industry has changed to a higher demand for sustainably certified cacao (Rainforest Alliance, UTZ, and FairTrade) and closer attention is being paid to how this sustainably produced cacao can be traced. Companies like Mars, Hershey and Ferrero have stated that by 2020, all their cacao will be certified sustainable. There is therefore a need for methodologies to be developed enabling the characterisation and geographical tracking of certified cocoa products. Research on chloroplast ultra-barcoding in cacao has revealed a level of DNA polymorphism sufficient to reliably identify lineages below the species level such as subspecies or varieties (Kane et al. 2012). This level of variation, in conjunction with the high copy number of chloroplast genome, offers possibilities to develop reliable DNA assays less susceptible to industrial DNA degradation than single locus nuclear markers, for the characterisation of sustainably produced chocolate products. DNA was extracted from 173 representative trees of major cacao cultivars present in the International Cocoa Quarantine Centre in Reading (UK). All accessions were screened with 20 chloroplast microsatellites (cpSSR) to assess the chloroplast haplotype diversity of *Theobroma cacao*. These were designed from polymorphic sites identified by Kane et al. (2012) to allow for multiplex PCR amplification. Fluorescently labelled products were screened using capillary analysis and all markers scored using GeneMarker. 72 cpSSR alleles were identified across the 20 loci revealing 26 unique cacao chloroplast haplotypes. All markers were screened on DNA extracted from a range of commercially available chocolate products. The capillary profiles generated were normalised to determine the proportion of each of the 72 specific cpSSR alleles identified in each chocolate sample. Principal Component Analysis of all samples for the proportion of these haplotypes gave contrasting results with clustering observed for chocolate produced from cooperatives in Peru, Ecuador, Venezuela, Madagascar but no differentiation for chocolate derived from West African plantations. These results indicate that this sensitive and relatively low cost barcoding approach has potential to support cocoa certification programmes. Kane et al. 2012. *American Journal of Botany* 99(2):320–329.

Résumé

Récemment, l'industrie du chocolat a changé vers une plus grande demande de cacao certifié de manière durable (Rainforest Alliance, UTZ et FairTrade) et plus d'attention a été accordée à la façon dont ce cacao produit durablement peut être retracé. Des entreprises telles que Mars, Hershey et Ferrero ont déclaré que d'ici 2020, tout leur cacao sera certifié durable. Il est donc nécessaire de développer des méthodologies permettant la caractérisation et le suivi géographique des produits certifiés du cacao. La recherche à propos de l'ultra-codification qui utilise le code-barres de chloroplastes dans le cacao a révélé un niveau de polymorphisme d'ADN suffisant pour identifier de manière fiable les lignées au-dessous du niveau de l'espèce, comme des sous-espèces ou des variétés (Kane et al., 2012). Ce niveau de variation, associé au grand nombre de copies du génome du chloroplaste, offre la possibilité de développer des essais fiables d'ADN moins susceptibles à la dégradation de l'ADN industriel que les marqueurs nucléaires de locus uniques, pour la caractérisation des produits de chocolat produits de manière durable. L'ADN a été extrait de 173 arbres représentatifs des principaux cultivars de cacao présents dans le Centre International de Quarantaine de Cacao en Reading (Royaume-Uni). Toutes les accessions ont été examinées avec 20 microsatellites chloroplastes (cpSSR) pour évaluer la diversité des haplotypes chloroplastes de *Theobroma cacao*. Ceux-ci ont été conçus à partir de

sites polymorphes identifiés par Kane et al. (2012) pour permettre l'amplification multiplex par PCR. Les produits marqués de manière fluorescence ont été examinés en utilisant une analyse capillaire et tous les marqueurs ont été marqués en utilisant GeneMarker. On a identifié 72 allèles cpSSR dans les 20 points qui ont révélé 26 haplotypes uniques de chloroplastes de cacao. Tous les marqueurs ont été examinés sur de l'ADN extrait d'une gamme de produits de chocolat disponibles commercialement. Les profils capillaires générés se sont normalisés pour déterminer la proportion de chacun des 72 allèles spécifiques de cpSSR identifiés dans chaque échantillon de chocolat. L'analyse des Composantes Principales de tous les échantillons pour la proportion de ces haplotypes a donné des résultats contrastés avec le groupe observé pour le chocolat produit dans des coopératives au Pérou, en Équateur, au Venezuela et à Madagascar, mais sans de différenciation pour le chocolat dérivé des plantations de l'Afrique de l'Ouest. Ces résultats indiquent que cette approche sensible des codes à barres et relativement peu coûteuse a du potentiel pour soutenir les programmes de certification du cacao. Kane et al. 2012. *American Journal of Botany* 99 (2): 320-329.

Resumen

Recientemente, la industria del chocolate ha cambiado a una mayor demanda de cacao certificado de forma sostenible (Rainforest Alliance, UTZ y FairTrade) y se está prestando más atención a cómo se puede rastrear este cacao producido de forma sostenible. Compañías como Mars, Hershey y Ferrero han declarado que para 2020, todo su cacao será certificado como sostenible. Por lo tanto, es necesario desarrollar metodologías que permitan la caracterización y el seguimiento geográfico de los productos de cacao certificados. La investigación sobre la ultra-codificación usando código de barras de cloroplastos en el cacao ha revelado un nivel de polimorfismo de ADN suficiente para identificar con fiabilidad los linajes por debajo del nivel de la especie, como subespecies o variedades (Kane et al., 2012). Este nivel de variación, junto con el alto número de copias del genoma del cloroplasto, ofrece posibilidades de desarrollar ensayos confiables de ADN menos susceptibles a la degradación del ADN industrial que los marcadores nucleares de locus únicos, para la caracterización de productos de chocolate producidos de forma sostenible. El ADN se extrajo de 173 árboles representativos de los principales cultivares de cacao presentes en el Centro Internacional de Cuarentena del Cacao en Reading (Reino Unido). Todas las accesiones se examinaron con 20 microsatélites de cloroplastos (cpSSR) para evaluar la diversidad de haplotipos de cloroplastos de *Theobroma cacao*. Estos fueron diseñados a partir de sitios polimórficos identificados por Kane et al. (2012) para permitir la amplificación multiplex por PCR. Los productos marcados fluorescentemente se examinaron usando análisis capilar y todos los marcadores se marcaron usando GeneMarker. Se identificaron 72 alelos cpSSR en los 20 puntos que revelaron 26 haplotipos únicos de cloroplastos de cacao. Todos los marcadores se examinaron en ADN extraído de una gama de productos de chocolate disponibles comercialmente. Los perfiles capilares generados se normalizaron para determinar la proporción de cada uno de los 72 alelos específicos de cpSSR identificados en cada muestra de chocolate. El análisis de Componentes Principales de todas las muestras para la proporción de estos haplotipos dio resultados contrastantes con la agrupación observada para el chocolate producido en cooperativas en Perú, Ecuador, Venezuela, Madagascar, pero sin diferenciación para el chocolate derivado de plantaciones de África Occidental. Estos resultados indican que este enfoque de códigos de barras sensible y de costo relativamente bajo tiene potencial para respaldar los programas de certificación de cacao. Kane et al. 2012. *American Journal of Botany* 99 (2): 320-329.

ADVANCES ON GENETICAL AND NATURALLY INDUCED VARIATIONS FOR FINE AND “EXTRA-FINE” FLAVOURS AND AROMAS IN THEOBROMA CACAO

Albertus Eskes

Carlos A.C. Rodriguez, Dario Ahnert, David Condori, Fransisco Durão Costa, Alexandre Parizel
Ex- CIRAD and Bioversity International

Abstract

The fine-flavor cocoa industry explores mainly six varietal chocolate sensory traits found in four traditional cocoa (*Theobroma cacao* L.) varieties. The role of cocoa pulp flavors and aromas has been ignored until recently when we showed that pulp sensory traits vary strongly with genotypes and that its flavor aroma and sweetness is correlated to human preference and to fine-chocolate sensory traits. This opened the way for two important applications: 1. Transformation of bulk cocoas into fine cocoas by aromatic substances added to fermenting cocoa masses (Patent PCT/2009/000048) and 2. Selection of fine cocoa quality traits in cocoa varieties by pulp and raw bean sensory evaluations.

Firstly several studies on naturally induced flavor and aroma variations in mixed (“TropMix”) fermentations produced so far the following results:

- a. “Bulk” cocoas can be transformed into fine cocoas even by the TropMix control treatment (accelerated fermentation);
- b. Fermentation of low-flavour CCN51 beans with certain aromatic substances showed that the quality of CCN51 liquors can be substantially improved;
- c. Sixty fermentations of bulk cocoa beans with eight fruit pulps and/or ten spices showed that numerous complex “extra-fine” sensory profiles can be generated.

Secondly traditional growers of the native Chuncho variety in Cusco Peru make pulp juices from preferred trees. Pulp and raw bean evaluations of 226 farmers’ preferred trees disclosed 64 unique and mostly multi-trait sensory profiles. Twenty nine of the 40 flavors and aromas identified mimic those of known fruit and flower or spice species such as mandarin soursop custard apple cranberry peach banana inga mango mint cinnamon jasmine rose lily etc. Such large diversity and mimicry is still unknown to occur in other cocoa varieties and also not in other commercial fleshy fruit species. The 14 sensory traits found so far outside the Chuncho variety are all part of the Chuncho sensory trait panoply suggesting that Chuncho might be the “Centre of Origin” for cocoa flavors and aromas. Stable expression of multi-trait Chuncho sensory profiles suggests pleiotropic inheritance contrasting with the complex determination of sensory traits in other fleshy fruit species. Commercialisation of the Chuncho sensory profiles should substantially boost and diversify the fine and “extra-fine” flavor cocoa industry this time based on the Matsigenka and not anymore on the Maya cocoa traditions.

Résumé

L'industrie du cacao d'arôme fin explore principalement six traits sensoriels du chocolat variétal trouvés dans quatre variétés traditionnelles de cacao (*Theobroma cacao* L.). Le rôle des saveurs et des arômes de la pulpe de cacao a été ignoré jusqu'à récemment, lorsque nous prouvons que les caractéristiques sensorielles de la pulpe varient fortement avec les génotypes et que leur arôme et leur douceur sont corrélés aux préférences humaines et aux caractéristiques sensorielles du chocolat fin. Ceci a ouvert la voie à deux applications importantes: 1. La transformation du cacao en vrac en cacao fin par des substances aromatiques ajoutées aux masses de cacao en fermentation (Brevet PCT /2009/000048) et 2. Sélection des caractéristiques fines de qualité du cacao dans des variétés de cacao par la pulpe et évaluations sensorielles des grains bruts.

En premier lieu, diverses études sur des variations des saveurs et des arômes induits naturellement dans des fermentations mixtes ("TropMix") ont donné les résultats suivants jusqu'à présents:

- a. Le cacao «en vrac» peuvent se transformer en cacaos fins même avec le traitement de contrôle TropMix (fermentation accélérée);
- b. La fermentation des grains CCN51 à faible saveur avec certaines substances aromatiques a montré que la qualité des liqueurs CCN51 peut être sensiblement améliorée;
- c. Soixante fermentations de fèves de cacao en vrac avec huit pulpes de fruits et/ou dix épices ont montré que de nombreux profils sensoriels complexes "extra-fins" peuvent être générés.

Deuxièmement, les producteurs traditionnels de la variété native Chuncho à Cusco, au Pérou, produisent des jus de pulpe d'arbres préférés. Les évaluations de pulpe et des grains bruts de 226 arbres préférés par les agriculteurs ont révélé 64 profils sensoriels uniques et dans leur majorité de multi-caractère. Vingt-neuf des 40 saveurs et arômes identifiés imitent ceux des fruits connus et des espèces de fleurs ou d'épices, comme la mandarine, la guanabana, la myrtille, la pomme, la pêche, la banane, l'inga, la mangue, la menthe, la cannelle, le jasmin, la rose, le lis, etc. Cette diversité et ce mimétisme sont encore inconnus dans d'autres variétés de cacao et également dans d'autres espèces commerciales de fruits charnus. Les 14 traits sensoriels trouvés jusqu'ici en dehors de la variété Chuncho font partie de la panoplie de traits sensoriels de Chuncho, suggérant que Chuncho pourrait être le "Centre d'origine" pour des saveurs et des arômes de cacao. L'expression stable des profils sensoriels du Chuncho multi-caractère suggère un héritage pléiotropique qui contraste avec la détermination complexe des traits sensoriels dans d'autres espèces de fruits charnus. La commercialisation des profils sensoriels de Chuncho devrait stimuler et diversifier considérablement l'industrie du cacao de saveur fin et «extra-fin», basée, cette fois, sur le Matsigenka et non plus sur les traditions du cacao maya.

Resumen

Autores: Albertus B. Eskes Carlos A.C. Rodriguez Dario Ahnert David Condori Fransisco Durão Costa Alexandre Parizel Matsigenkas and Chuncho productores de cacao.

La industria del cacao de sabor fino explora principalmente seis rasgos sensoriales del chocolate varietal que se encuentran en cuatro variedades tradicionales de cacao (*Theobroma cacao* L.). El papel de los sabores y aromas de la pulpa de cacao ha sido ignorado hasta hace poco, cuando demostramos que los rasgos sensoriales de la pulpa varían fuertemente con los genotipos y que su aroma y dulzor se correlacionan con las preferencias humanas y los rasgos sensoriales de chocolate fino. Esto abrió el camino para dos aplicaciones importantes: 1. Transformación del cacao al granel en cacao fino por sustancias aromáticas añadidas a las masas de cacao en fermentación (Patente PCT / 2009/000048) y 2. Selección de rasgos finos de calidad del cacao en variedades de cacao por pulpa y evaluaciones sensoriales del grano crudo.

En primer lugar, varios estudios sobre variaciones de sabores y aromas inducidos naturalmente en fermentaciones mixtas ("TropMix") produjeron hasta el momento los siguientes resultados:

- a. Los cacaos "a granel" se pueden transformar en cacaos finos incluso con el tratamiento de control TropMix (fermentación acelerada);
- b. La fermentación de granos CCN51 de bajo sabor con ciertas sustancias aromáticas mostró que la calidad de los licores CCN51 puede mejorarse sustancialmente;

c. Sesenta fermentaciones de granos de cacao a granel con ocho pulpas de frutas y / o diez especias mostraron que se pueden generar numerosos perfiles sensoriales "extrafinos" complejos.

En segundo lugar, los cultivadores tradicionales de la variedad nativa Chuncho en Cusco, Perú, producen jugos de pulpa de árboles preferidos. Las evaluaciones de pulpa y grano crudo de 226 árboles preferidos por los agricultores revelaron 64 perfiles sensoriales únicos y en su mayoría multi-rasgo. Veintinueve de los 40 sabores y aromas identificados imitan a los de frutas conocidas y especies de flores o especias, como mandarina, guanábana, arándano, manzana, melocotón, plátano, inga, mango, menta, canela, jazmín, rosa, lirio, etc. Tal diversidad y mimetismo aún se desconoce en otras variedades de cacao y también en otras especies comerciales de frutos carnosos. Los 14 rasgos sensoriales encontrados hasta ahora fuera de la variedad Chuncho son parte de la panoplia de rasgos sensoriales de Chuncho sugiriendo que Chuncho podría ser el "Centro de Origen" para sabores y aromas de cacao. La expresión estable de los perfiles sensoriales del Chuncho multi-rasgo sugiere una herencia pleiotrópica que contrasta con la compleja determinación de los rasgos sensoriales en otras especies de frutos carnosos. La comercialización de los perfiles sensoriales de Chuncho debería impulsar y diversificar sustancialmente la industria del cacao de sabor fino y "extrafino" esta vez basada en el Matsigenka y no más en las tradiciones del cacao maya.

**THE COCOA OF EXCELLENCE PROGRAMME: CELEBRATING HIGH QUALITY COCOA
PRODUCTION AND DIVERSITY OF FLAVOURS AROUND THE WORLD – KEY LESSONS LEARNT
FROM 5 EDITIONS SINCE ITS LAUNCH IN 2008**

Ines Drouault
Brigitte Laliberté
Bioversity International

Abstract

The Cocoa of Excellence (CoEx) Programme is the entry point for cocoa-producers to participate in the International Cocoa Awards (ICA), a global competition recognizing the work of cocoa farmers and celebrating quality and diversity of cocoa flavours. Launched in 2008 the CoEx Programme aims to recognize, value and preserve cocoa by providing global recognition of high quality cocoa. Its objectives are to (1) increase awareness and promote education along the cocoa supply chain on the opportunity to produce high quality cocoa and preserve flavours resulting from genetic diversity, “terroir” and know-how of the farmers who prepare cocoa, (2) facilitate communication and linkages between cocoa farmers/producers and operators in the supply chains, and (3) stimulate and increase capacity of producing countries to recognize, seek out and preserve quality and diversity in cocoa. Cocoa producing countries identify high quality cocoa samples with flavours representing the diversity of cocoa in their country. These samples are processed into liquor and blindly evaluated by the CoEx Technical Committee. The best 50 samples are then processed into chocolate and assessed by a broader panel of professional chocolate makers, sensory and quality evaluation experts. The 3-5 best samples from each of the 4 cocoa-producing regions receive an International Cocoa Award celebrated at the Salon du Chocolat in Paris at the end of October. Contact information and flavour profiles of the best 50 samples is made available to bean buyers and chocolate makers through the CoEx Website. A detailed feedback report is produced for each cocoa bean sample received and sent confidentially to the producers. The CoEx Programme and the International Cocoa Awards (ICA) are organized every 2 years. The 2017 Edition is the fifth edition and since its creation in 2008, the CoEx Programme has received more than 650 bean samples representing more than 50 countries and celebrated 96 International Cocoa Awards. The CoEx Programme carried out an in-depth evaluation to assess its impact at the cocoa-producers’ level particularly with regards to the improvement of quality and raising awareness of the genetic and flavour diversity around the world. This paper presents the results of the evaluation, what is working well but also the key lessons learnt for improving the programme. It also analysis the data on the 650 cocoa bean samples and draws some analysis of diversity and quality.

Résumé

Le Programme Cacao d'Excellence (CoEx) est le point d'entrée pour que les producteurs de cacao participent dans les Prix Internationaux de Cacao Awards (ICA par ses sigles en anglais), une compétence mondiale qui reconnaît le travail des producteurs de cacao et félicite la qualité et la diversité des saveurs du cacao. Lancé en 2008, le programme CoEx vise à reconnaître, valoriser et préserver le cacao grâce à la reconnaissance mondiale du cacao de haute qualité. Ses objectifs sont (1) d’augmenter la conscience et de promouvoir l'éducation tout le long de la chaîne d'approvisionnement du cacao sur la possibilité de produire du cacao de haute qualité et de préserver les saveurs qui résultent de la diversité génétique, le « terroir » et la connaissance des agriculteurs qui préparent du cacao, (2) faciliter la communication et les liens entre les agriculteurs/ producteurs de cacao et les opérateurs dans les chaînes d'approvisionnement et, (3) stimuler et augmenter la capacité des pays producteurs pour reconnaître, chercher et préserver la qualité et la diversité du cacao. Les pays producteurs de cacao identifient des échantillons de cacao de haute qualité

avec des saveurs qui représentent la diversité du cacao dans leur pays. Ces échantillons sont traités dans de l'alcool et sont évalués à l'aveugle par le Comité Technique CoEx. Les meilleurs 50 échantillons sont ensuite transformés en chocolat et évalués par un panel plus large de fabricants professionnels de chocolat, des experts en évaluation sensorielle et en qualité. Les 3-5 meilleurs échantillons de chacune des 4 régions productrices de cacao reçoivent le Prix International du Cacao qui est célébré au Salon du Chocolat à Paris à la fin du mois d'octobre. L'information de contact et les profils des saveurs des 50 meilleurs échantillons sont disponibles pour les acheteurs de grains et pour les fabricants de chocolat sur le site Web de CoEx. Un rapport de retour détaillé est produit pour chaque échantillon de fèves de cacao reçu et envoyé confidentiellement aux producteurs. Le programme CoEx et les Prix Internationaux de Cacao (ICA) sont organisés tous les deux ans. L'édition 2017 est la cinquième édition et, depuis sa création en 2008, le programme CoEx a reçu plus de 650 échantillons de grains représentant plus de 50 pays et a remporté 96 Prix Internationaux de Cacao. Le programme CoEx a réalisé une évaluation approfondie pour évaluer son impact au niveau des producteurs de cacao, en particulier en ce qui concerne l'amélioration de la qualité et la sensibilisation à la diversité génétique et de saveur dans le monde entier. Ce document présente les résultats de l'évaluation qui fonctionne bien ainsi que les principales leçons apprises pour améliorer le programme. Il analyse également les données des 650 échantillons de fèves de cacao et extrait quelques analyses de diversité et de qualité.

Resumen

El Programa Cacao de Excelencia (CoEx) es el punto de entrada para que los productores de cacao participen en los Premios Internacionales del Cacao (ICA por sus siglas en inglés), una competencia mundial que reconoce el trabajo de los productores de cacao y celebra la calidad y diversidad de los sabores del cacao. Lanzado en 2008, el Programa CoEx tiene como objetivo reconocer, valorar y preservar el cacao mediante el reconocimiento global del cacao de alta calidad. Sus objetivos son (1) aumentar la conciencia y promover la educación a lo largo de la cadena de suministro de cacao sobre la oportunidad de producir cacao de alta calidad y preservar los sabores resultantes de la diversidad genética, el "terroir" y el conocimiento de los agricultores que preparan cacao, (2) facilitar la comunicación y los vínculos entre los agricultores/productores de cacao y los operadores en las cadenas de suministro, y (3) estimular y aumentar la capacidad de los países productores para reconocer, buscar y preservar la calidad y la diversidad en el cacao. Los países productores de cacao identifican muestras de cacao de alta calidad con sabores que representan la diversidad del cacao en su país. Estas muestras se procesan en licor y se evalúan ciegamente por el Comité Técnico CoEx. Las mejores 50 muestras son luego procesadas en chocolate y evaluadas por un panel más amplio de fabricantes de chocolate profesionales, expertos en evaluación sensorial y de calidad. Las 3-5 mejores muestras de cada una de las 4 regiones productoras de cacao reciben un Premio Internacional al Cacao que se celebra en el Salon du Chocolat en París a finales de octubre. La información de contacto y los perfiles de sabor de las mejores 50 muestras están disponibles para compradores de granos y fabricantes de chocolate a través del sitio web de CoEx. Se produce un informe de retroalimentación detallado para cada muestra de cacao en grano recibida y enviada confidencialmente a los productores. El Programa CoEx y los Premios Internacionales del Cacao (ICA) se organizan cada 2 años. La edición 2017 es la quinta edición y, desde su creación en 2008, el Programa CoEx ha recibido más de 650 muestras de granos que representan a más de 50 países y ha celebrado 96 Premios Internacionales del Cacao. El Programa CoEx llevó a cabo una evaluación en profundidad para evaluar su impacto a nivel de los productores de cacao, en particular en lo que respecta a la mejora de la calidad y la sensibilización sobre la diversidad genética y de sabor en todo el mundo. Este documento presenta los resultados de la evaluación, qué está funcionando bien pero también las lecciones clave aprendidas para mejorar el programa. También analiza

los datos de las 650 muestras de cacao en grano y extrae algunos análisis de diversidad y calidad.

DOES AROMA COMPOSITION ALLOW TO DISCRIMINATE GROUPS OF DARK CHOCOLATES CATEGORIZED ON THE BASIS OF THEIR ORGANOLEPTIC PROPERTIES? INPUTS OF DIRECT-INJECTION MASS SPECTROMETRY (PTR-TOF-MS) AND GC-OLFAC

Zoé Deuscher

Isabelle Andriot, Karine Gourrat, Etienne Sémon

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) UMR 95 QUALISUD et Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA)

Abstract

Organoleptic properties and particularly aroma of dark chocolate depend on cocoa origin, cocoa variety and fabrication process. A sensory analysis performed on 206 dark chocolates produced from cocoa beans of different varieties and origins but with the same fabrication process classified them into four sensory categories. The objectives of this work were i) to assess whether the aromatic composition of the chocolates determine the sensory category they belong to and ii) to identify the key odorants that allow the dark chocolates discrimination. For this, volatile organic compounds (VOCs) emitted from the samples were analyzed by dynamic headspace coupled to a direct-injection mass spectrometry method using a Proton Transfer Reaction – Time of Flight – Mass Spectrometer (PTR-ToF-MS). The analyses of 1 g of chocolate mixed with 1 mL of artificial saliva in 20 mL vials were performed in triplicate under stirring at 36.2°C after 2 hours equilibration time. The average areas under the curves obtained for 314 significant ions present in the mass spectra during 2 mn release time were used to perform supervised and unsupervised multivariate data analyses. We showed this headspace PTR-MS analyses allowed retrieving the classification of the 206 samples into the four sensory categories previously determined. In a second time, to determine the key aroma of each sensory category, a Gas Chromatography-Olfactometry (GC-O) study of extracts representative of each subset of chocolates was undertaken. Twelve samples (3 samples per sensory category) among the 206 were selected. The aroma fractions were isolated by solvent assisted flavour evaporation (SAFE) from 30 g of chocolate diluted in 100 mL of water. The distillates were extracted with methylene chloride and the extracts were submitted to GC-O using the detection frequency method. The odour events identified by a panel of 12 assessors were grouped into olfactive areas (OAs). On average 50 OAs were found in the extracts and the most frequent associated olfactory descriptors were floral, fruity, butter, sugary, cotton candy and peanuts. A correspondence analysis (CA) conducted on the complete set of GC-O data allowed to distinguish samples and the sensory categories. The OAs were further identified using GC-MS, with a particular emphasis on those allowing samples discrimination.

Résumé

Les propriétés organoleptiques et en particulier l'arôme du chocolat noir dépendent de l'origine du cacao, de la variété du cacao et du processus de fabrication. Une analyse sensorielle réalisée sur 206 chocolats foncés issus de fèves de cacao de différentes variétés et origines, mais avec le même procédé de fabrication, les a classées en quatre catégories sensorielles. Les objectifs de ce travail étaient: i) d'évaluer si la composition aromatique des chocolats détermine la catégorie sensorielle à laquelle ils appartiennent et ii) d'identifier les odorants clés qui permettent la discrimination des chocolats foncés. Pour cela, les composés organiques volatils (COV) émis par les échantillons ont été analysés par un espace vide dynamique couplé à une méthode de spectrométrie de masses à injection directe en utilisant une Réaction de Transfert de Protons à - Temps de vol – Spectromètre de Masses (PTR. ToF-MS par ses sigles en anglais). Les analyses de 1 g de chocolat mélangé avec 1 ml de salive artificielle dans des flacons de 20 ml ont été effectuées en triple exemplaire sous agitation à 36,2 °C après 2 heures de temps d'équilibration. Les superficies moyennes en dessous des courbes obtenues pour 314 ions significatifs présents dans les spectres de masse pendant 2 minutes de temps de libération ont été utilisées pour effectuer des analyses supervisées et non supervisées de données multivariées. Nous

montrons que les analyses de PTR-MS de l'espace vide ont permis de retrouver la classification des 206 échantillons dans les quatre catégories sensorielles préalablement déterminées. Lors d'une deuxième fois, pour déterminer l'arôme clé de chaque catégorie sensorielle, une étude de chromatographie de Gaz et d'Olfactométrie (GC-O par ses sigles en anglais) d'extraits représentatifs de chaque sous-ensemble de chocolats a été réalisée. Douze échantillons (3 échantillons par catégorie sensorielle) ont été sélectionnés parmi les 206. Les fractions d'arôme ont été isolées par évaporation de l'arôme assisté avec solvant (ESAS) à partir de 30 g de chocolat dilué dans 100 ml d'eau. Les distillats ont été extraits avec du chlorure de méthylène et les extraits ont été soumis à GC-O en utilisant la méthode de fréquence de détection. Les événements d'odeur identifiés par un panel de 12 évaluateurs ont été regroupés dans des zones olfactives (AO). En moyenne, 50 AO ont été trouvés dans les extraits et les descripteurs olfactifs associés les plus fréquents étaient floraux, fruités, beurre, sucre, barbe à papa et arachides. Une analyse de correspondance (AC) réalisée dans l'ensemble complet des données GC-O a permis de distinguer les échantillons et les catégories sensorielles. Les OA ont été identifiées encore plus en utilisant GC-MS, en mettant l'accent sur ceux qui permettent la discrimination par échantillonnage.

Resumen

Las propiedades organolépticas y particularmente el aroma del chocolate negro dependen del origen del cacao, la variedad de cacao y el proceso de fabricación. Un análisis sensorial realizado en 206 chocolates oscuros producidos a partir de granos de cacao de diferentes variedades y orígenes, pero con el mismo proceso de fabricación, los clasificó en cuatro categorías sensoriales. Los objetivos de este trabajo fueron: i) evaluar si la composición aromática de los chocolates determina la categoría sensorial a la que pertenecen y ii) identificar los odorantes claves que permiten la discriminación de chocolates oscuros. Para esto, los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por las muestras se analizaron mediante un espacio vacío dinámico acoplado a un método de espectrometría de masas de inyección directa usando una Reacción de Transferencia de Protones – Tiempo de Vuelo – Espectrómetro de Masas (PTR-ToF-MS por sus siglas en inglés). Los análisis de 1 g de chocolate mezclado con 1 ml de saliva artificial en viales de 20 ml se realizaron en triplicado bajo agitación a 36.2°C después de 2 horas de tiempo de equilibrado. Las áreas promedio debajo de las curvas obtenidas para 314 iones significativos presentes en los espectros de masas durante 2 minutos de tiempo de liberación se usaron para realizar análisis supervisados y no supervisados de datos multivariados. Mostramos que los análisis de PTR-MS del espacio vacío permitieron recuperar la clasificación de las 206 muestras en las cuatro categorías sensoriales previamente determinadas. En una segunda ocasión, para determinar el aroma clave de cada categoría sensorial, se realizó un estudio de Cromatografía de Gases y Olfatometría (GC-O por sus siglas en inglés) de extractos representativos de cada subconjunto de chocolates. Se seleccionaron doce muestras (3 muestras por categoría sensorial) entre las 206. Las fracciones de aroma se aislaron por evaporación del sabor asistida con solvente (ESAS) a partir de 30 g de chocolate diluido en 100 ml de agua. Los destilados se extrajeron con cloruro de metileno y los extractos se sometieron a GC-O usando el método de frecuencia de detección. Los eventos de olor identificados por un panel de 12 evaluadores se agruparon en áreas olfativas (AO). En promedio, se encontraron 50 AO en los extractos y los descriptores olfativos asociados más frecuentes fueron floral, frutal, mantequilla, azúcar, algodón de azúcar y cacahuètes. Un análisis de correspondencia (AC) llevado a cabo en el conjunto completo de datos de GC-O permitió distinguir las muestras y las categorías sensoriales. Los AO se identificaron aún más utilizando GC-MS, con un énfasis particular en aquellos que permiten la discriminación de muestras.

EVIDENCE FOR APPLYING THE CONCEPT OF “TERROIR” IN COCOA (THEOBROMA CACAO L.) FLAVOUR AND QUALITY ATTRIBUTES

Darin Sukha

Pathmanathan Umaharan, David R. Butler

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC-UWI)

Abstract

Overall growth of the fine/flavour chocolate industry over the last decade has been linked to origin linked products such as dark chocolate bars. “Terroir” is concerned with the relationship between the characteristics of an agricultural product (quality, taste, style) and its geographic origin, which might influence these characteristics. This concept has been well documented in viticulture as the sensory attributes of wine have been related to the environmental conditions in which the grapes are grown. These effects are challenging to study in other crops such as cocoa where “terroir” effects similar to wines are implied in many origin specific dark chocolates but have never been systematically tested. Two experiments were conducted over three growing seasons to investigate the impact of growing environments and practices at different processing locations on the flavour attributes of selected cocoa varieties in Trinidad. The first experiment examined the influence of box fermentation at three different processing locations, with sun drying, on the flavour of six different cocoa clones each harvested from the same field. The second experiment examined the influence of four different growing environments on seven cocoa clones growing in at least two of four different sites. The sensory attributes of liquors prepared from the various samples from the two experiments were assessed using a trained sensory panel. The results showed significant processing and growing environment effects on several flavour attributes with significant clonal effects and processing and growing environment $\times$ clone interactions in the two experiments. Near infrared reflectance spectroscopic analysis of bean samples provided independent quantitative support to the sensory results obtained. The findings suggest that conditions and practices at different processing locations and growing environments may have significant impact on the flavour attributes of cocoa while the contribution of genotype to flavour could sometimes have a superseding influence with respect to certain flavour attributes. This work provides evidence and a scientific basis to support claims of “terroir” effects in cocoa for origin specific chocolates.

Résumé

La croissance générale de l'industrie du chocolat fin/de saveur lors de la dernière décennie a été liée à des produits attachés à l'origine, tels que les barres de chocolat noir. "Terroir" s'occupe de la relation entre les caractéristiques d'un produit agricole (qualité, goût, style) et son origine géographique, ce qui pourrait influencer ces caractéristiques. Ce concept a été bien documenté dans la viticulture car les attributs sensoriels du vin ont été liés aux conditions environnementales dans lesquelles les raisins sont cultivés. Ces effets sont difficiles à étudier dans d'autres cultures, comme le cacao, où les effets « terroir » similaires aux vins sont impliqués dans de nombreux chocolats foncés d'origine spécifique, mais qui n'ont jamais été systématiquement testés. Deux expériences ont été menées au cours de trois saisons de culture pour étudier l'impact des environnements de culture et des pratiques dans différents endroits de transformation sur les attributs de saveur des variétés de cacao sélectionnées à Trinidad. La première expérience a examiné l'influence de la fermentation dans une boîte dans trois endroits de traitement différents, avec séchage au soleil, dans la saveur de six clones de cacao différents, chacun récolté sur le même champ. La deuxième expérience a examiné l'influence de quatre environnements de cultures différents sur sept clones de cacao qui poussent dans au moins deux des quatre sites différents. Les attributs sensoriels des liqueurs préparées à partir des divers échantillons des deux expériences ont été évalués en utilisant un

panel sensoriel formé. Les résultats ont montré des effets significatifs en termes de traitement et environnement de culture dans plusieurs attributs de saveur avec des effets clonaux significatifs et des interactions entre le clone et le traitement et l'environnement de culture dans les deux expériences. L'analyse spectroscopique de réflectance d'infrarouge proche des échantillons de grains a fourni un support quantitatif indépendant aux résultats sensoriels obtenus. Les résultats suggèrent que les conditions et les pratiques sur différents sites de traitement et environnements de culture peuvent avoir un impact significatif sur les attributs de la saveur du cacao, tandis que la contribution du génotype à la saveur peut parfois avoir une influence supérieure sur certains attributs de la saveur. Ce travail fournit des preuves et une base scientifique pour soutenir les revendications des effets de « terroir » sur le cacao pour les chocolats d'origine spécifique.

Resumen

El crecimiento general de la industria del chocolate fino/de sabor en la última década se ha relacionado con productos vinculados al origen, como las barras de chocolate negro. "Terroir" se ocupa de la relación entre las características de un producto agrícola (calidad, sabor, estilo) y su origen geográfico, lo que podría influir en estas características. Este concepto ha sido bien documentado en la viticultura ya que los atributos sensoriales del vino se han relacionado con las condiciones ambientales en las que se cultivan las uvas. Estos efectos son difíciles de estudiar en otros cultivos, como el cacao, donde los efectos de "terroir" similares a los vinos están implicados en muchos chocolates oscuros de origen específico, pero nunca se han probado sistemáticamente. Se llevaron a cabo dos experimentos durante tres temporadas de cultivo para investigar el impacto de los ambientes de cultivo y las prácticas en diferentes lugares de procesamiento en los atributos de sabor de las variedades de cacao seleccionadas en Trinidad. El primer experimento examinó la influencia de la fermentación en caja en tres lugares de procesamiento diferentes, con secado al sol, en el sabor de seis clones de cacao diferentes, cada uno cosechado en el mismo campo. El segundo experimento examinó la influencia de cuatro entornos de cultivo diferentes en siete clones de cacao que crecen en al menos dos de cuatro sitios diferentes. Los atributos sensoriales de los licores preparados a partir de las diversas muestras de los dos experimentos se evaluaron usando un panel sensorial entrenado. Los resultados mostraron efectos significativos en cuanto al procesamiento y ambiente de cultivo en varios atributos de sabor con efectos clonales significativos e interacciones entre el clon y el procesamiento y ambiente de cultivo en los dos experimentos. El análisis espectroscópico de reflectancia de infrarrojo cercano de muestras de grano proporcionó un apoyo cuantitativo independiente a los resultados sensoriales obtenidos. Los hallazgos sugieren que las condiciones y prácticas en diferentes lugares de procesamiento y entornos de cultivo pueden tener un impacto significativo en los atributos de sabor del cacao, mientras que la contribución del genotipo al sabor a veces puede tener una influencia superior con respecto a ciertos atributos de sabor. Este trabajo proporciona evidencia y una base científica para respaldar los reclamos de los efectos de "terroir" en el cacao para chocolates de origen específico.

CREANDO SISTEMAS INCLUSIVAS Y PRÁCTICOS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

Cristina Liberati

Zara Elizabeth Saavedra Gómez, José David Contreras Monjarás, Martín Eduardo Domínguez Vances
Equal Exchange

Resumen

En el 2010, Equal Exchange inició el Programa de Desarrollo de Cooperativas con el objetivo de fortalecer a sus socios en la cadena de suministro y para relacionarse con ellos en formas nuevas e innovadoras. Consideramos que para que los pequeños productores tengan éxito en mercados internacionales, sus cooperativas deben no solo recolectar su cacao, sino que también se les debe proveer asistencia técnica que los ayude a aumentar niveles de productividad, agregar calidad y, por lo tanto, valor al producto. Cuando este proyecto inició, no existía una metodología única para la evaluación del cacao en grano tanto física como organoléptica. En una alianza estratégica con TCHO Chocolate de California y con cooperativas de Perú, Ecuador y República Dominicana, se planteó trabajar tres temas puntuales e importantes para evaluar y garantizar la calidad del cacao: una Ficha y Manual de catación, un protocolo estándar de preparación de muestras, y un programa de formación de evaluadores. Todo este trabajo se basa en la necesidad de los productores, de contar con herramientas que les permitan conocer el potencial, cualidades y perfil sensorial de una muestra de cacao con el fin de mejorar las negociaciones con clientes. De esta forma, representantes de organizaciones de pequeños productores, en coordinación con la Red de Catadores del Perú, han estado trabajando para desarrollar un lenguaje común y estándares de análisis sensorial para que sean parte de una conversación de la cual han estado excluidos históricamente. Esto también permitirá que los productores demanden precios más justos por la calidad de sus productos. Un estudio realizado en coordinación con CATIE mostró que las iniciativas de calidad, permitieron que las cooperativas del proyecto CDP mejoraron sus procesos, las relaciones con clientes y obtuvieron un mayor conocimiento sobre su producto. En el 2010, cinco paneles de catación de las cooperativas participativas habían analizado 25 muestras de licor de cacao y, hasta el 2016, evaluaron casi 3,000 muestras. Como resultado, se generó \$320,000 en premios de calidad para las cooperativas. Nuestra experiencia nos demuestra que estas inversiones en la calidad sí rinden resultados rentables. En este artículo, vamos a presentar nuestra Ficha de Catación y su metodología de uso. Explicaremos cómo se diferencia de otros sistemas de evaluación sensorial, cómo se desarrolló de forma colaborativa por varios actores de la cadena del valor, y como se puede utilizar para fortalecer los procesos de calidad y el mercadeo del cacao.

Abstract

In 2010, Equal Exchange started the Cooperative Development Program with the objectives of strengthening its supply chain partners and interacting with them in new and innovative ways. We believe that for small producers to succeed in international markets their cooperatives should not only collect their cocoa, but they should also provide them with technical assistance to help them increase productivity levels and quality and therefore add value to their product. When this project started, there was no single methodology for the physical and organoleptic evaluation of cocoa beans. Through a strategic alliance with TCHO Chocolates from California and cooperatives from Peru, Ecuador and the Dominican Republic, three specific and important topics were proposed to evaluate and guarantee cocoa quality: a tasting sheet and manual, a standard protocol for sample preparation and a training program for evaluators. All this work is based on the need of producers to have tools that allow them to know the potential, qualities and sensory profile of a cocoa sample in order to improve negotiations with customers. This is how representatives of organizations of small producers, in coordination with the Peruvian Network of Tasters, have been working together to develop a common language and standards of sensory analysis to be part

of a conversation that they have been historically excluded from. This will also allow producers to demand fairer prices for the quality of their products. A study carried out in coordination with CATIE showed that quality initiatives allowed the cooperatives of the CDP project to improve their processes and relations with clients and to obtain better knowledge about their product. In 2010, five tasting panels of participatory cooperatives had analyzed 25 samples of cocoa liquor and until 2016 they had evaluated almost 3,000 samples. As a result, \$320,000 were generated in quality awards for the cooperatives. Our experience has shown that investing in quality actually generates profitable results. In this article, we are going to present our tasting chart and its methodology. We will explain how it differs from other sensory evaluation systems, how it was developed collaboratively by various actors of the value chain and how it can be used to strengthen quality processes and cocoa marketing.

Résumé

En 2010, Equal Exchange a commencé le Programme de développement de coopératives dans le but de renforcer ses partenaires concernant la chaîne de distribution et pour établir avec eux des liens nouveaux et innovateurs. À notre avis, pour que les petits producteurs puissent avoir du succès dans les marchés internationaux, leurs coopératives doivent non seulement récolter leur cacao mais également de bénéficier d'assistance technique en vue d'augmenter les niveaux de productivité et la qualité et, par la même occasion, ajouter de la valeur à leur produit. Lorsque ce projet a démarré, il n'existait pas de méthodologie unique pour évaluer le cacao en grain, ni physique ni organoleptique. Une alliance stratégique entre TCHO Chocolat de Californie et des coopératives du Pérou, de l'Équateur et de la République Dominicaine, a proposé de travailler trois sujets ponctuels et importants pour évaluer et assurer la qualité du cacao: une fiche et un manuel de dégustation, un protocole standard pour la préparation d'échantillons et un programme de formation d'évaluateurs. Tout ce travail est fondé sur le besoin des producteurs d'avoir des outils à leur disposition leur permettant de connaître le potentiel, les qualités et le profil sensoriel d'un échantillon de cacao, en vue d'améliorer les négociations avec les clients. C'est ainsi que des représentants d'organisations de petits producteurs, en coordination avec le la Red de Catadores del Perú (réseau de dégustateurs du Pérou), ont travaillé pour créer un langage commun et des normes d'analyse sensorielle afin de faire partie d'un dialogue dont ils ont été exclus historiquement. Ceci permettra également aux producteurs de demander des prix plus justes étant donné la qualité de leurs produits. Une étude menée en coordination avec CATIE a montré que les initiatives de qualité ont permis aux coopératives du projet CDP d'améliorer leurs processus et les relations avec les clients, et d'obtenir de meilleures connaissances sur leur produit. En 2010, cinq panels de dégustation des coopératives participant au projet avaient analysé 25 échantillons de liqueur de cacao et, jusqu'en 2016, près de 3.000 échantillons avaient été évalués. Comme résultat, des prix à la qualité pour les coopératives ont été créés pour un montant de \$320.000. Notre expérience nous montre que ces investissements en qualité produisent des résultats rentables. Dans cet article nous allons présenter notre fiche de dégustation et notre méthodologie d'utilisation. Nous allons expliquer comment notre méthodologie se différencie d'autres systèmes d'évaluation sensorielle, comment elle a été développée conjointement par de divers acteurs de la chaîne de valeurs, et comment elle peut être utilisée pour renforcer les processus de qualité et le marketing du cacao.

COCOA QUALITY EVALUATION: LESSONS FROM SOCIAL SCIENCE AND PRODUCER-CENTRIC APPROACHES

Carla Martin

Harvard University; Fine Cacao and Chocolate Institute (FCCI)

Abstract

Definitions of cocoa quality and flavor standards are currently being carefully articulated by scientists and industry practitioners (see CAOBISCO/ECA/FCC 2016, Sukha 2016), with new work offering substantial contributions (e.g. Sukha et al 2017, Ozuturk and Young 2017). This scientific-industry work does not yet fully address the challenge of cocoa producer engagement in projects around quality, nor are ongoing discussions of quality yet informed by emerging social scientific research on producer engagement. In this paper, I examine the changing meanings of quality in cocoa, with special attention to the global food movement and the niche turn to slow, small batch, craft chocolate and its reliance on the ill-defined market for premium and ultra-premium specialty cocoa. Specifically, I consider the history of beliefs about quality and the contemporary state of quality initiatives (and related sustainability claims about them) to critically analyze the relationships between cocoa producers and other supply chain stakeholders. The scientific work on quality cited above is thus brought into conversation with the work of historians on quality and taste (Gikandi 2011; Robertson 2009; Woloson 2002) and juxtaposed against the analyses of ethnographers of quality and ethics (Martin and Sampeck 2015; Tampe 2016) to reveal previously understudied connections between quality and emerging social science critiques of sustainability initiatives (Berlan (forthcoming); Leissle (forthcoming); Wilson (2012)). I argue that a differentiated education and communication strategy with full cocoa producer engagement (as opposed to solely involvement or nonengagement) is essential, and that this is still lacking in discourse on cocoa quality. The paper employs an interdisciplinary methodology involving close readings, descriptive reasoning, and critical analysis of my archival, ethnographic, and applied research on cocoa quality. Through two case studies – the seven year Equal Exchange/TCHO USAID Cooperative Development project and the Fine Cacao and Chocolate Institute's development of a sampling protocol and curriculum to complement traditional methods of evaluation – I describe the challenges of direct industry-producer quality partnerships and illustrate lessons learned from and successes of ongoing projects. By closely examining the differing significances of quality to stakeholders throughout the supply chain, this paper bridges the gap between the important work of scientists and practitioners with the findings of theoretical and applied social science. Simultaneously, it offers potential preliminary answers to the questions: What would a producer-centric approach to cocoa quality look like? And what benefits might full cocoa producer engagement in discussions on quality bring to overall global cocoa sector sustainability?

Résumé

Les définitions de qualité du cacao et des standards de la saveur sont maintenant soigneusement formulées par les scientifiques et par les professionnels de l'industrie (voir CAOBISCO/ECA/FCC 2016, Sukha 2016), avec de nouveaux travaux qui offrent des contributions substantielles (par exemple, Sukha et al 2017, Ozuturk et Young 2017). Ce travail de l'industrie scientifique n'a pas encore complètement répondu au défi de la participation du producteur de cacao dans des projets à propos de la qualité, ni les discussions actuelles sur la qualité ont encore été éclairées par la recherche scientifique sociale émergente. Dans ce travail, j'examine les significations changeantes de la qualité dans le cacao, en accordant une attention particulière au mouvement global de l'alimentation et au changement du niche au chocolat artisanal lent, de petit lot et

sa dépendance dans le marché mal défini pour la spécialité du cacao premium et ultra premium. Plus précisément, je considère l'histoire des croyances sur la qualité et le statut contemporain des initiatives de qualité (et les affirmations de durabilité qui s'y rapportent) pour analyser de manière critique les relations entre les producteurs de cacao et les autres parties prenantes de la chaîne d'approvisionnement. Le travail scientifique sur la qualité, cité plus haut, est mis en discussion avec le travail des historiens sur la qualité et le goût (Gikandi 2011, Robertson 2009, Woloson 2002) et se juxtapose à l'analyse des ethnographes de qualité et de l'éthique (Martin et Sampeck 2015; Tampe 2016) pour révéler des connections peu étudiées préalablement entre la qualité et les critiques des sciences sociales issues des initiatives de durabilité (Berlan (sous presse), Leissle (sous presse); Wilson (2012)). Je soutiens qu'une stratégie d'éducation et de communication différenciée avec la participation pleine du producteur de cacao (par opposition à la participation exclusive ou la non-participation) est essentielle, et que cela manque encore de discours sur la qualité du cacao. Le document utilise une méthodologie interdisciplinaire qui inclut des lectures détaillées, un raisonnement descriptif et une analyse critique de mes archives, de l'ethnographie et la recherche appliquée sur la qualité du cacao. Grâce à deux études de cacao: le projet de 7 ans d'Échange Équitable /TCHO, projet de Développement Coopératif de l'USAID et le Fine Cacao and Chocolate Institute pour élaborer un protocole d'échantillonnage et un programme d'études pour compléter les méthodes traditionnelles d'évaluation - Je décris les défis des associations directes de qualité entre l'industrie et le producteur et j'illustre les leçons tirées des projets réussis et en cours. En examinant de près les différentes significations de la qualité pour les parties prenantes tout au long de la chaîne d'approvisionnement, ce document comble le vide entre l'important travail des scientifiques et des professionnels avec les résultats des sciences sociales théoriques et appliquées. Simultanément, il offre de possibles réponses préliminaires aux questions: à quoi ressemblerait une approche centrée sur le producteur de la qualité du cacao? Et quels avantages peut apporter la pleine participation des producteurs de cacao dans les discussions sur la qualité dans la durabilité générale du secteur mondial du cacao?

Resumen

Las definiciones de calidad de cacao y estándares de sabor están siendo cuidadosamente articuladas actualmente por científicos y profesionales de la industria (ver CAOBISCO/ECA/FCC 2016, Sukha 2016), con nuevos trabajos que ofrecen contribuciones sustanciales (por ejemplo, Sukha et al 2017, Ozuturk y Young 2017). Este trabajo de la industria científica aún no aborda por completo el desafío de la participación del productor de cacao en proyectos en torno a la calidad, ni las discusiones actuales de calidad están aún informadas por la investigación científica social emergente sobre la participación del productor. En este trabajo, examino los significados cambiantes de la calidad en el cacao, con especial atención al movimiento global de alimentos y el cambio del nicho a chocolate artesanal lento, de lote pequeño y su dependencia en el mercado mal definido para la especialidad de cacao premium y ultra premium. Específicamente, considero la historia de las creencias sobre la calidad y el estado contemporáneo de las iniciativas de calidad (y las afirmaciones de sostenibilidad relacionadas con ellas) para analizar críticamente las relaciones entre los productores de cacao y otras partes interesadas de la cadena de suministro. El trabajo científico sobre la calidad citado anteriormente se pone en conversación con el trabajo de historiadores sobre la calidad y el gusto (Gikandi 2011; Robertson 2009; Woloson 2002) y se juxtapone al análisis de etnógrafos de calidad y ética (Martin y Sampeck 2015; Tampe 2016) para revelar conexiones poco estudiadas previamente entre la calidad y las críticas de las ciencias sociales emergentes de las iniciativas de sostenibilidad (Berlan (en prensa); Leissle (en prensa); Wilson (2012)). Sostengo que una estrategia de educación y comunicación diferenciada con participación plena del productor de cacao (en oposición a la participación exclusiva o la no participación) es esencial, y que esto todavía carece

de discurso sobre la calidad del cacao. El documento emplea una metodología interdisciplinaria que incluye lecturas detalladas, razonamiento descriptivo y análisis crítico de mi archivo, etnografía y la investigación aplicada sobre la calidad del cacao. A través de dos estudios de casos: el proyecto de siete años de Intercambio Equitativo/TCHO, proyecto de Desarrollo Cooperativo de USAID y el Fine Cacao and Chocolate Institute para desarrollar un protocolo de muestreo y un plan de estudios para complementar los métodos tradicionales de evaluación - describo los desafíos de las asociaciones directas de calidad entre la industria y el productor e ilustro las lecciones aprendidas de los proyectos exitosos y en curso. Al examinar de cerca los diferentes significados de calidad para las partes interesadas a lo largo de la cadena de suministro, este documento cierra la brecha entre el importante trabajo de científicos y profesionales con los hallazgos de las ciencias sociales teóricas y aplicadas. Simultáneamente, ofrece posibles respuestas preliminares a las preguntas: ¿Cómo se vería un enfoque centrado en el productor de la calidad del cacao? y ¿qué beneficios puede aportar la plena participación de los productores de cacao en las discusiones sobre la calidad en la sostenibilidad general del sector mundial del cacao?

THEMATIC 6: CADMIUM – CONTAMINANT – FOOD SAFETY

EFFECT OF AGROFORESTRY AND MONOCULTURE SYSTEMS ON CADMIUM AVAILABILITY AND UPTAKE

Anja Gramlich

Susan Tandy, Christian Andres, Jaime Chincheros

Institute of Terrestrial Ecosystems, Swiss Federal Institute of Technology

Abstract

Cadmium (Cd) uptake by cocoa has recently attracted attention, after the European Union decided to establish values for tolerable Cd concentrations in cocoa products. Bean Cd concentrations from some cocoa provenances, especially from Latin America, were found to exceed these values. Cadmium uptake by cocoa is expected not only to depend on a variety of soil factors, but also on plant and management factors. In this study, we investigated the influence of different production systems on Cd uptake by cocoa in a long-term field trial in the Alto Beni Region of Bolivia, where cocoa trees are grown in monocultures and in agroforestry systems, both under organic and conventional management. Leaf, fruits and roots of two cultivars (ICS1 and TSH 565) were sampled from each production system along with soil samples collected around these trees. Leaf, pod husk and bean samples were analysed for Cd, iron (Fe) and zinc (Zn), the roots for mycorrhizal abundance and the soil samples for 'total' and 'available' Cd, Fe and Zn as well as DGT-available Cd and Zn, pH, organic matter, texture, 'available' phosphorus (P) and potassium (K). Only a small part of the variance in bean and pod husk Cd was explained by management, soil and plant factors. Furthermore, the production systems and cultivars alone had no significant influence on leaf Cd. However, we found lower Cd leaf contents in agroforestry systems than in monocultures when analysed in combination with DGT-available soil Cd, cocoa cultivar and soil organic matter. Overall, this model explained 60% of the variance of the leaf Cd concentrations. We explain lower leaf Cd concentrations in agroforestry systems by competition for Cd uptake with other plants. The cultivar effect may be explained by cultivar specific uptake capacities or by a growth effect translating into different uptake rates, as the cultivars were of different size.

Résumé

L'absorption de cadmium (Cd) par le cacao a récemment attiré l'attention après que l'Union européenne ait décidé de définir les valeurs de concentrations tolérables de Cd dans les produits du cacao. Il a été constaté que les concentrations de Cd dans le grain de certaines provenances de cacao, en particulier en Amérique latine, dépassent ces valeurs. On s'attend à ce que l'absorption du cadmium par le cacao dépende non seulement de divers facteurs du sol, mais aussi de la plante et de facteurs de gestion. Dans cette étude, nous avons étudié l'influence des différents systèmes de production dans l'absorption du Cd par le cacao dans un essai sur le terrain à long terme dans la région d'Alto Beni, en Bolivie, où les arbres de cacao sont cultivés dans les systèmes de monoculture et d'agroforesterie, à la fois sous gestion organique et conventionnelle. Des échantillons de feuilles, de fruits et de racines de deux cultures (ICS1 et TSH 565) de chaque système de production ont été prélevés avec des échantillons de sol collectés autour de ces arbres. Les échantillons de feuilles, la cosse et le grain ont été analysés pour le Cd, le fer (Fe) et le zinc (Zn), les racines pour l'abondance des mycorhizes et les échantillons de sol pour le Cd, le Fe et le Zn « total » et « disponible », ainsi que la disponibilité en DGT de Cd et Zn, du pH, de la matière organique, de la texture, du phosphore « disponible » (P) et du potassium (K). Seule une petite partie de la variance en Cd du grain et de la cosse de la gousse a été expliquée par des facteurs de gestion, par le sol et la plante. De plus, les systèmes de production et les cultures seules n'ont pas eu d'influence significative sur le Cd dans la feuille.

Cependant, nous avons trouvé une moindre teneur en Cd dans les feuilles en agroforesterie que dans les monocultures lorsqu'il est testé en combinaison avec le Cd disponible dans le sol en DGT, la culture de cacao et la matière organique du sol. En général, ce modèle a expliqué 60% de la variance des concentrations de Cd de la feuille. Nous expliquons les concentrations de Cd des feuilles inférieures dans les systèmes agroforestiers à partir de la concurrence avec d'autres plantes pour l'absorption du Cd. L'effet des cultures peut être expliqué par la capacité d'absorption spécifique de la culture ou par un effet de croissance résultant des différents taux d'absorption, comme les cultures ont différentes tailles.

Resumen

La absorción de cadmio (Cd) por el cacao ha atraído recientemente la atención, luego de que la Unión Europea decidiera establecer valores para las concentraciones tolerables de Cd en los productos de cacao. Se encontró que las concentraciones de Cd en el grano de algunas procedencias de cacao, especialmente de América Latina, exceden estos valores. Se espera que la absorción de cadmio por el cacao no solo dependa de una variedad de factores del suelo, sino también de la planta y los factores de manejo. En este estudio, investigamos la influencia de diferentes sistemas de producción en la absorción de Cd por el cacao en una prueba de campo a largo plazo en la región de Alto Beni, Bolivia, donde los árboles de cacao se cultivan en monocultivos y en sistemas agroforestales, tanto bajo manejo orgánico como convencional. Se tomaron muestras de hojas, frutos y raíces de dos cultivares (ICS1 y TSH 565) de cada sistema de producción junto con muestras de suelo recolectadas alrededor de estos árboles. Las muestras de hoja, cáscara de vaina y grano se analizaron para Cd, Hierro (Fe) y Zinc (Zn), las raíces para la abundancia de micorrizas y las muestras de suelo para Cd, Fe y Zn "total" y "disponible", así como disponibilidad de DGT de Cd y Zn, pH, materia orgánica, textura, fósforo 'disponible' (P) y potasio (K). Solo una pequeña parte de la varianza en Cd del grano y cáscara de la vaina fue explicada por factores de manejo, suelo y planta. Además, los sistemas de producción y los cultivares solos no tuvieron una influencia significativa sobre el Cd en la hoja. Sin embargo, encontramos menores contenidos de Cd en las hojas en los sistemas agroforestales que en los monocultivos cuando se analizaron en combinación con el Cd disponible en el suelo en DGT, el cultivar de cacao y la materia orgánica del suelo. En general, este modelo explicó el 60% de la varianza de las concentraciones de Cd de la hoja. Explicamos las concentraciones de Cd de hojas más bajas en sistemas agroforestales por competencia para la absorción de Cd con otras plantas. El efecto cultivar puede explicarse por la capacidad de absorción específica del cultivar o por un efecto de crecimiento que se traduce en diferentes tasas de absorción, ya que los cultivares son de diferente tamaño.

MINERAL OIL HYDROCARBONS (MOSH/MOAH) IN COCOA AND COCOA PRODUCTS AND POSSIBLE MINIMIZATION STRATEGIES

Michael Granvogl

Food Chemistry Institute (LCI) of the Association of the German Confectionery Industry (BDSI)

Abstract

Mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) and mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH) comprise two groups of highly complex compounds, which are detectable as contaminants in various foodstuff. A series of studies have shown that MOSH/MOAH can end up in foods via different entry paths, e.g., migration from food contact materials (recycled cardboard), used processing aids, or contamination during storage. The whole processing chain of cocoa, starting with the fresh cocoa pods, also have different possible steps of MOSH/MOAH contamination. In the past, 3.7 ppm (median) for MOSH and 1.1 ppm (median) for MOAH in contaminated cocoa masses [1] as well as 5.0 ppm (median) for MOSH in contaminated chocolate (cocoa) products [2] were reported. The present study was aimed at the development of an accurate quantitation method for MOSH/MOAH in cocoa and cocoa products using an online coupled high performance liquid chromatography/gas chromatography (HPLC/GC) system with flame ionization detection (FID). This analytical strategy leads to so-called unresolved complex mixtures of either MOSH or MOAH, which were both quantitated in two respective sums. For additional structural identification, a comprehensive GCxGC system with Time-of-Flight (ToF) mass spectrometry was used. Secondly, the concentration changes of MOSH/MOAH during the manufacturing process of typical cocoa products were monitored. While neither MOSH nor MOAH were detected in cocoa seeds and testa with sticked pulp from fresh cocoa pods, significant amounts were already found in samples directly analyzed at the end of the drying process in the country of origin (post-harvest process). Before and during transcontinental shipping, cocoa beans are often stored for several weeks in jute bags and those again in containers. Thereby, it was proven that not only jute bags, although "food grade quality" labeled are potential contributors to MOSH/MOAH contamination, but also the so-called container-dressings used for moisture absorption are potential contamination sources. Beside the development of the quantitation method and the collection of occurrence data, the lecture will present minimization strategies for MOSH/MOAH, which were developed by systematic investigations along the industrial cocoa processing chain.

Résumé

Les hydrocarbures saturés d'huile minérale (MOSH pour ses sigles en anglais) et les hydrocarbures aromatiques d'huile minérale (MOAH) comprennent deux groupes de composés hautement complexes, qui sont reconnus comme des polluants dans divers aliments. Un certain nombre d'études ont montré que les MOSH/MOAH peuvent se retrouver dans des aliments par différentes voies d'entrée, par exemple, la migration des matériaux en contact avec les aliments (en carton recyclé), des auxiliaires de traitement utilisés ou la contamination pendant le stockage. L'ensemble de la chaîne de transformation du cacao, à commencer par les cosses de cacao fraîches, a également différentes étapes possibles de contamination MOSH / MOAH. Dans le passé, on a relevé 3,7 ppm (médiane) pour MOSH et 1,1 ppm (médiane) pour des masses de MOAH de cacao contaminé [1], et 5,0 ppm (médiane) pour MOSH dans les produits de chocolat (cacao) contaminé [2]. Cette étude a pour but de développer une méthode de quantification précise pour MOSH/MOAH dans le cacao et les produits de cacao en utilisant un système de chromatographie liquide / chromatographie de gaz (HPLC / GC) à haute rendement élevé avec la détection par d'ionisation de flamme (FID). Cette stratégie analytique conduit à ce que l'on appelle les mélanges complexes non résolus de MOSH ou MOAH, qui ont été quantifiés en deux sommes respectives. Pour l'identification structurelle supplémentaire, on a utilisé

un système GCxGC avec spectrométrie de masse de Temps de Vol (ToF) a été utilisé. Puis, on a contrôlé les changements de concentration de MOSH / MOAH durant le processus de fabrication des produits typiques de cacao. Bien que ni MOSH ni MOAH n'ont été détectés dans les fèves de cacao ou dans la tête à gousse attachée de la pâte de cacao frais, on en a retrouvé des quantités importantes dans les échantillons analysés directement à la fin du processus de séchage dans le pays d'origine (processus post-récolte). Avant et pendant le transport transcontinental, les fèves de cacao sont souvent stockées pendant plusieurs semaines dans des sacs de jute, puis dans des conteneurs. Ainsi, on a montré que non seulement des sacs de jute, alors qu'ils sont estampillés « qualité alimentaire », contribuent à la pollution MOSH / MOAH, mais aussi ce que l'on appelle les conteneurs pansements utilisés dans l'absorption d'humidité sont des sources potentielles de contamination. En plus de développer la méthode de quantification et la collecte des données, la conférence présentera des stratégies de réduction de MOSH / MOAH, qui ont été mises au point par des enquêtes systématiques au long de la chaîne industrielle de transformation du cacao.

Resumen

Los hidrocarburos saturados de aceite mineral (MOSH por sus siglas en inglés) y los hidrocarburos aromáticos de aceite mineral (MOAH por sus siglas en inglés) comprenden dos grupos de compuestos altamente complejos, que son detectables como contaminantes en diversos alimentos. Una serie de estudios han demostrado que MOSH/MOAH puede terminar en alimentos a través de diferentes rutas de entrada, por ejemplo, migración de materiales en contacto con alimentos (cartón reciclado), ayudas de procesamiento usadas o contaminación durante el almacenamiento. Toda la cadena de procesamiento de cacao, comenzando con las vainas de cacao frescas, también tiene diferentes pasos posibles de contaminación MOSH/MOAH. En el pasado, se reportaron 3.7 ppm (mediana) para MOSH y 1.1 ppm (mediana) para MOAH en masas de cacao contaminadas [1], así como 5.0 ppm (mediana) para MOSH en productos de chocolate (cacao) contaminados [2]. El presente estudio tuvo como objetivo el desarrollo de un método de cuantificación preciso para MOSH/MOAH en cacao y productos de cacao utilizando un sistema de cromatografía líquida/cromatografía de gases (HPLC / GC) de alto rendimiento acoplado en línea con detección de ionización de llama (FID). Esta estrategia analítica conduce a las llamadas mezclas complejas no resueltas de MOSH o MOAH, que se cuantificaron en dos sumas respectivas. Para la identificación estructural adicional, se utilizó un sistema completo GCxGC con espectrometría de masas de Tiempo de Vuelo (ToF). En segundo lugar, se controlaron los cambios de concentración de MOSH/MOAH durante el proceso de fabricación de los productos típicos de cacao. Si bien no se detectaron ni MOSH ni MOAH en semillas de cacao ni en la cabeza con pulpa adherida de vainas de cacao frescas, ya se encontraron cantidades significativas en las muestras directamente analizadas al final del proceso de secado en el país de origen (proceso postcosecha). Antes y durante el envío transcontinental, los granos de cacao a menudo se almacenan durante varias semanas en sacos de yute y luego en contenedores. De este modo, se demostró que no solo las bolsas de yute, aunque etiquetadas con "calidad alimentaria", son posibles contribuyentes a la contaminación MOSH / MOAH, sino que también los llamados contenedores apósitos utilizados para la absorción de humedad son fuentes potenciales de contaminación. Además del desarrollo del método de cuantificación y la recopilación de datos de ocurrencia, la conferencia presentará estrategias de minimización para MOSH / MOAH, que fueron desarrolladas por investigaciones sistemáticas a lo largo de la cadena industrial de procesamiento de cacao.

MITIGATION OF CADMIUM BIOACCUMULATION IN CACAO THROUGH SOIL REMEDIATION

Gideon Ramtahal

Gideon Ramtahal Pathmanathan Umaharan Anand Hanuman Carisa Davis

Cocoa Research Centre (CRC), The University of the West Indies

Abstract

With impending EU regulations on the levels of Cd in cocoa and chocolate products, investigations are being undertaken at the Cocoa Research Centre, Trinidad to explore different methods of its mitigation including genetic and agronomic approaches. For this part of the study, the effects of various amendments on the availability of Cd in soil and its uptake in cacao trees are being evaluated. Initial studies were conducted to identify the most effective amendments and their optimal rates of application. Subsequent parallel greenhouse and field experiments were then established and are currently being monitored. The results of the greenhouse study demonstrated that ameliorants biochar and lime had a significant effect on reducing cadmium uptake in cacao plants. Though still ongoing, the field trial shows promising results thus far and could be improved with the further development of treatment application methodologies.

Résumé

Avec les règlements imminents de l'UE sur les niveaux de Cd dans le cacao et les produits du chocolat, des recherches sont menées au Centre de recherche sur le cacao à Trinité-et-Tobago, afin d'explorer les différentes méthodes d'atténuation, y compris les approches génétiques et agronomiques. Pour cette partie de l'étude sont évalués les effets de plusieurs modifications sur la disponibilité du Cd dans le sol et son absorption dans les arbres de cacao. Des études initiales ont été menées pour identifier les corrections les plus efficaces et leurs taux d'application optimaux. Par la suite ont eu lieu des expériences en parallèle en serre et en champ et elles sont en cours d'observation. Les résultats de l'étude ont montré que les améliorants en biocarbène et en lime ont eu un effet important sur la réduction de l'absorption du cadmium dans les plantes de cacao. Bien qu'il soit encore en cours, le test sur le terrain montre à ce jour des résultats prometteurs et cela pourrait s'améliorer avec le développement ultérieur de méthodologies pour appliquer le traitement.

Resumen

Con las inminentes regulaciones de la UE sobre los niveles de Cd en el cacao y los productos chocolate, se están llevando a cabo investigaciones en el Centro de Investigación del Cacao en Trinidad, para explorar diferentes métodos de mitigación, incluidos los enfoques genéticos y agronómicos. Para esta parte del estudio, se están evaluando los efectos de varias enmiendas sobre la disponibilidad de Cd en el suelo y su absorción en los árboles de cacao. Se realizaron estudios iniciales para identificar las enmiendas más efectivas y sus tasas óptimas de aplicación. Posteriormente se establecieron experimentos de invernadero y de campo paralelos y actualmente están siendo monitoreados. Los resultados del estudio de invernadero demostraron que los mejoradores de biocarbón y lima tuvieron un efecto significativo en la reducción de la absorción de cadmio en las plantas de cacao. Aunque todavía está en curso, la prueba de campo muestra resultados prometedores hasta el momento y podría mejorarse con el desarrollo posterior de metodologías de aplicación de tratamiento.

THE GENETIC VARIATION OF CADMIUM (CD) UPTAKE AND BIOACCUMULATION IN THEOBROMA CACAO L.

Caleb Lewis

Dr. Adrian Lennon, Dr. Gaius Eudoxie, Prof. Pathmanathan Umaharan

University of the West Indies (UWI)

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a neotropical tree, the source of the cocoa beans used to make chocolate products, cocoa based beverages, cosmetics and alcoholic beverages. Europe is one of the major processing and consuming regions of the world accounting for 40% of the global market. Due to the growing concern regarding the dietary exposure of the toxic metal ion cadmium (Cd) to its population, the European Food Safety Agency has imposed a maximum allowable limit for Cd in chocolate products, which will come into effect in January 2019. The amount of Cd in cocoa beans has been found to be a function of the cadmium level in the soil, its availability to the cocoa tree and the genetics of the cocoa tree which affects the absorption and partitioning of Cd into the beans. With the aim of identifying cocoa genetic varieties with reduced Cd concentrations in the, the leaf and bean, 100 accessions representing the various genetic groups held at the International Cocoa Genebank in Trinidad (ICGT) were evaluated using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). The accessions in the Genebank were generated by rooted cuttings and are therefore on their own rootstock and are of the same age. The Cd concentrations of the cocoa nibs and shells of 20 accessions were also analysed. Across all accessions, there was a 7-fold and 13-fold difference in leaf and bean Cd concentrations, respectively. The corresponding soil variation for Mehlich 3 extractable Cd was small and at most plots ranged between 0.1 – 0.2 mg kg⁻¹. Partitioning of Cd between nibs and shells varied between accessions with some varieties. The study shows considerable genetic variation for cadmium.

Résumé

Le cacao (*Theobroma cacao* L.) est un arbre néo tropical, la source des fèves de cacao utilisées pour fabriquer des produits chocolatés, des boissons à base de cacao, des cosmétiques et des boissons alcoolisées. L'Europe est l'une des principales régions de traitement et de consommation du monde et représente 40% du marché mondial. En raison des préoccupations croissantes à cause de l'exposition alimentaire de l'ion métallique toxique cadmio (Cd) à sa population, l'Autorité Européenne de Sécurité Alimentaire a imposé une limite maximale autorisée pour le Cd dans les produits de chocolat, qui entrera en vigueur en janvier 2019. Il a été constaté que la quantité de Cd dans les fèves de cacao est une fonction du niveau de cadmium dans le sol, sa disponibilité pour l'arbre de cacao et la génétique de l'arbre de cacao qui affecte l'absorption et la répartition du Cd dans les grains. Afin d'identifier des variétés génétiques de cacao avec des concentrations réduites de Cd dans la feuille et dans le grain, 100 accessions représentant les différents groupes génétiques de la Banque Internationale des Gènes Cacao à Trinité (ICGT par ses sigles en anglais) ont été évaluées en utilisant la Spectrométrie d'Émission Optique de Plasma Couplée par Induction (ICP-OES par ses sigles en anglais). Les accessions dans la Banque de Gènes ont été générées par des boutures enracinées et, par conséquent, sont dans leur propre porte-greffe et ont le même âge. Les concentrations en Cd des éclats de cacao et des coques de 20 accessions ont également été analysées. Dans toutes les accessions, il y a eu une différence de 7 et 13 fois dans les concentrations de Cd des feuilles et des grains, respectivement. La variation du sol correspondant pour Mehlich 3 Cd extractible était faible et dans la plupart des parcelles cela a varié entre 0,1 et 0,2 mg kg⁻¹. La partition du Cd entre les plumes et les coquilles a varié entre les accessions avec certaines variétés. L'étude montre une variation génétique considérable pour le cadmium.

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol neotropical, la fuente de los granos de cacao utilizados para hacer productos de chocolate, bebidas a base de cacao, cosméticos y bebidas alcohólicas. Europa es una de las principales regiones procesadoras y consumidoras del mundo y representa el 40% del mercado mundial. Debido a la creciente preocupación por la exposición dietética del ion metálico tóxico cadmio (Cd) a su población, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria ha impuesto un límite máximo permisible para el Cd en productos de chocolate, que entrará en vigor en enero de 2019. Se ha encontrado que la cantidad de Cd en los granos de cacao es una función del nivel de cadmio en el suelo, su disponibilidad para el árbol de cacao y la genética del árbol de cacao que afecta la absorción y la partición del Cd en los granos. Con el objetivo de identificar variedades genéticas de cacao con concentraciones reducidas de Cd en la hoja y el grano, se evaluaron 100 accesiones que representan los diversos grupos genéticos del Banco Internacional de Genes de Cacao en Trinidad (ICGT por sus siglas en inglés) usando Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplada Inductivamente (ICP- OES por sus siglas en inglés). Las accesiones en el Banco de Genes fueron generadas por esquejes enraizados y, por lo tanto, están en su propio portainjerto y son de la misma edad. También se analizaron las concentraciones de Cd de los plumines de cacao y cáscaras de 20 accesiones. En todas las accesiones, hubo una diferencia de 7 y 13 veces en las concentraciones de Cd de hojas y granos, respectivamente. La variación de suelo correspondiente para Mehlich 3 Cd extraíble fue pequeña y en la mayoría de las parcelas variaron entre 0.1 - 0.2 mg kg⁻¹. La partición de Cd entre los plumines y las cáscaras varió entre accesiones con algunas variedades. El estudio muestra una variación genética considerable para el cadmio.

CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS CULTIVABLES TOLERANTES A CADMIO PRESENTES EN SUELOS CACAOTEROS EN CUNDINAMARCA-COLOMBIA

Jeimmy Cáceres Zambrano
Esperanza Torres Rojas
Universidad Nacional de Colombia-Bogotá

Resumen

El Cadmio (Cd) es un metal pesado altamente tóxico y móvil, cuyas fuentes en el suelo pueden ser geogénicas, producto de erupciones volcánicas, meteorización de la roca madre y quema de vegetación, o antropogénicas, por fertilización, desechos industriales y minería. En los cultivos, su presencia puede causar disminución del rendimiento y calidad; en animales y seres humanos, se pueden generar enfermedades óseas, renales y cardíacas, siendo los alimentos una de las vías de contaminación. El cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) colombiano está bien posicionado en el mercado internacional por su sabor y aroma y se ha reportado un incremento del 45% en sus exportaciones a países de la Unión Europea. No obstante, esta planta puede absorber y traslocar Cd al fruto, lo que podría restringir su exportación. Este proyecto tuvo como finalidad aislar y caracterizar microorganismos tolerantes a Cd para ser usados en procesos de bioremediación. Para ello, se tomaron muestras de suelo con baja y alta concentración de Cd disponible y total, en cinco fincas cacaoteras de Cundinamarca. Se realizaron análisis físico-químicos, se aislaron bacterias y hongos en medio de cultivo con 6 mg/kg de Cd, se caracterizaron macroscópica y microscópica los morfotipos aislados y se realizó su identificación molecular. Adicionalmente, se estimó la concentración mínima inhibitoria (MIC) de cada uno de estos morfotipos y se determinó su actividad celulolítica, de fijación de nitrógeno libre y solubilización de fosfatos usando medios selectivos. Los resultados obtenidos muestran una mayor abundancia de morfotipos fúngicos (65) que bacterianos (37) independientemente del nivel de Cd presente en el suelo. Sin embargo, los suelos con mayor concentración de Cd presentaron mayor diversidad y cantidad de morfotipos únicos. De acuerdo a los análisis moleculares y taxonómicos, los géneros bacterianos más representativos fueron *Enterobacter* spp., *Bacillus* spp., *Burkholderia* spp. y *Serratia* spp., encontrando otros géneros potenciales como *Halomonas* sp. y *Pseudomonas* spp. Los géneros fúngicos más representativos fueron *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Verticillium* spp. y *Penicillium* spp. De acuerdo al gradiente de concentración de Cd utilizado para MIC, se encontró que 50 morfotipos fúngicos y 3 morfotipos bacterianos toleraron 24 mg/kg de Cd; con respecto a la relación con ciclos biogeoquímicos, 17 morfotipos tuvieron actividad fijadora de nitrógeno, 41 de degradación de celulosa y 74 de solubilización de fosfatos. Este estudio brinda información sobre morfotipos potenciales para ser usados en el manejo integrado de suelos cacaoteros contaminados con Cd.

Abstract

Cadmium (Cd) is a highly toxic and mobile heavy metal. Its sources in the soil can be geogenic (volcanic eruptions, weathering of the parent rock and burning of vegetation) or anthropogenic (fertilization, industrial waste and mining). Its presence in crops can decrease yield and quality. It can generate bone, kidney and heart diseases in animals and humans. Food is one of the main contamination routes. Colombian cacao (*Theobroma cacao* L.) is well positioned in the international market for its flavor and aroma. A 45% increase of cacao exports to countries belonging to the European Union has been reported. However, this plant can absorb and translocate Cd to fruits, which could restrict cacao exports. The purpose of this project was to isolate and characterize Cd-tolerant microorganisms to be used in bioremediation processes. For this purpose, soil samples with low and high concentration of available and total Cd were taken in five cocoa farms of Cundinamarca. Physical-chemical analyzes were performed and bacteria and fungi

were isolated in a culture medium with 6 mg/kg of Cd. Isolated morphotypes were characterized macroscopically and microscopically and their molecular identification was made. Additionally, the minimum inhibitory concentration (MIC) of each of these morphotypes was estimated and their cellulolytic activity, free nitrogen fixation and phosphate solubilization were determined using selective media. The results show a greater abundance of fungal morphotypes (65) than that of bacterial ones (37), regardless of Cd levels in the soil. However, soils with a higher concentration of Cd showed a greater diversity and amount of unique morphotypes. According to the molecular and taxonomic analyses, the most representative bacterial genera were *Enterobacter* spp., *Bacillus* spp., *Burkholderia* spp. and *Serratia* spp., with other potential genera such as *Halomonas* sp. and *Pseudomonas* spp. The most representative fungal genera were *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Verticillium* spp. and *Penicillium* spp. According to the concentration gradient of Cd used for MIC, it was found that 50 fungal morphotypes and 3 bacterial morphotypes tolerated 24 mg/kg of Cd. Concerning their relationship with biogeochemical cycles, 17 morphotypes had nitrogen fixing activity, 41 had cellulose degradation activities and 74 had phosphate solubilization. This study provides information on potential morphotypes to be used in the integrated management of cocoa soils contaminated with Cd.

Résumé

Le Cadmium (Cd) est un métal lourd hautement toxique et mobile, dont les sources au sol peuvent être géogéniques à cause des éruptions volcaniques, de la météorisation de la roche-mère et du brûlage de la végétation; ou bien anthropogéniques, à cause de la fertilisation, des déchets industriels et de l'exploitation minière. Dans les cultures, sa présence peut causer une diminution du rendement et de la qualité. Chez les animaux et les êtres humains, le Cd peut produire de maladies osseuses, rénales ou bien cardiaques, et les aliments sont une des voies de contamination. La culture du Cacao (*Theobroma cacao* L.) colombien est bien placée dans le marché international de par son goût et son arôme, et une augmentation de 45% a été rapportée concernant l'exportation aux pays de l'UE. Cependant, cette plante peut absorber et transporter du Cd au fruit, ce qui pourrait restreindre son exportation. Ce projet a eu comme finalité d'isoler et de caractériser les microorganismes tolérants au Cd afin de les utiliser dans des processus de bio remédiation. Dans ce but, des échantillons ont été pris du sol tant avec de hautes et de basses concentrations de Cd disponible et total dans cinq fermes cacaoyères de Cundinamarca. Des analyses physico-chimiques ont été faites, des bactéries et des fongus ont été isolés en moyen de culture avec 6 mg/kg de Cd, les morphotypes isolés ont été caractérisés macroscopiquement et microscopiquement et son identification moléculaire a été faite. En outre, la concentration minimale inhibitoire (MIC) de chacun de ces morphotypes a été calculée, et son activité cellulitique, de fixation de l'azote libre et la solubilisation des phosphates a été déterminée, en utilisant des moyens sélectifs. Les résultats obtenus montrent une plus grande abondance de morphotypes fongiques (65) que bactériens (37) indépendamment du niveau de Cd présent au sol. Néanmoins, les sols à plus haute concentration de Cd ont présenté une plus grande diversité et une plus haute quantité de morphotypes uniques. D'après les analyses moléculaires et taxonomiques, les genres bactériens les plus représentatifs furent *Enterobacter* spp., *Bacillus* spp., *Burkholderia* spp. et *Serratia* spp.. D'autres genres potentiels ont été trouvés comme *Halomonas* sp. et *Pseudomonas* spp. Les genres fongiques les plus représentatifs furent *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Verticillium* spp. et *Penicillium* spp. Selon le gradient de concentration de Cd utilisé pour MIC, on a trouvé que 50 morphotypes fongiques et 3 morphotypes bactériens ont toléré 24 mg/kg de Cd. Quant à la relation avec les cycles biogéochimiques, 17 morphotypes ont présenté une activité de fixation de l'azote, 41 une dégradation de la cellulose et 74 une solubilisation de phosphates. Cette étude fournit des informations sur les morphotypes potentiels pouvant être utilisés dans la gestion intégrée des sols cacaoyers contaminés par le cadmium.

“COCOASAFE”: CAPACITY BUILDING AND KNOWLEDGE SHARING IN SPS IN COCOA IN SOUTH EAST ASIA AND THE PASIFIC

Jayne Crozier

S.S. Sastroutomo, J.C.K. Ngim, A.W., Susilo

CABI

Abstract

Concerns about food safety have led many consuming countries such as the European Union (EU), USA and Japan, to enact legislation concerning accepted levels of pesticides and other harmful substances in imported commodities such as cocoa. Such legislation reduces cocoa producing countries ability to export their cocoa unless legislative and regulatory measures on sanitary and phytosanitary (SPS) standards are met. Any rejection of cocoa imports will impact both the GDP of the exporting countries and the livelihoods of the smallholder producers who grow cocoa. The “Cocoasafe” project was a multi partner project funded by the Standards Trade and Development Facility (STDF) and participating countries which aimed to strengthen SPS capacity through the cocoa supply chain in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea. The project aimed to improve the safety and quality of cocoa through developing capacity along in-country supply chains, both to understand the need for compliance to SPS measures and to conduct best practice to reduce harmful residues and contaminants. Knowledge sharing between stakeholder groups in the region was also facilitated. The training syllabus was adapted from CABI’s ‘Discovery Learning Manual’ to fit local farm management practices. Training topics included cocoa planting materials, shade management, soil health, pest/disease management, in addition to cocoa safety and quality standards. Best practice recommendations relevant to each country were included as well as raising awareness of contamination by heavy metals, pesticide residues, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and mycotoxins. A Training of Trainers approach was used to train Master Facilitators who in turn trained local extension staff, lead farmers, post-harvest processors and input suppliers as Facilitators to pass this knowledge to farmers and other stakeholder along the supply chain. Pre and post-training surveys were conducted to evaluate the level of understanding of the training. Analysis of the survey data indicated that farmer leaders’ knowledge on GAP, pest/disease management and safe use of pesticides improved significantly, input suppliers understanding of pesticide regulations was improved while post-harvest processors had an improved understanding of compliance of cocoa storage SPS standards. Project outputs such as training manuals, videos and posters were translated into local languages as well as being available in English. In addition to the main training activities in the individual countries, CABI hosts and maintains project website where all training material and resources can be accessed (www.cocoasafe.org). This also links to individual country partner websites.

Résumé

Les préoccupations concernant la sécurité alimentaire ont conduit de nombreux pays consommateurs tels que l'Union européenne (UE), les États-Unis et le Japon, à adopter des lois sur les niveaux acceptables de pesticides et d'autres substances nocives dans les produits importés tels que le cacao. Cette législation réduit la capacité des pays producteurs de cacao à exporter leur cacao à moins que les mesures législatives et réglementaires sur les réglementations sanitaires et phytosanitaires (SPS) soient respectées. Tout rejet des importations de cacao affectera à la fois le PIB des pays exportateurs et les moyens de subsistance des petits producteurs qui cultivent le cacao. Le projet « Cocoasafe » a été un projet de plusieurs partenaires financés par le Fonds pour l'Application des Normes et le Renforcement du Commerce (FANFC) et les pays participants visant à renforcer la capacité de MSF à travers la chaîne d'approvisionnement du cacao ont été l'Indonésie, la Malaisie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée. L'objectif du projet était d'améliorer la sécurité et la qualité du

cacao en développant des formations au long des chaînes d'approvisionnement nationales, à la fois pour comprendre la nécessité de se conformer à MSF pour mener à bien les meilleures pratiques pour réduire les déchets et les polluants nocifs. L'échange de connaissances entre les groupes intéressés dans la région a également été facilité. Le programme de formation a été adapté du «Manuel d'apprentissage par la découverte» de CABI pour s'ajuster aux pratiques locales de gestion agricole. Les sujets de formation comprenaient les matériaux de plantation de cacao, la gestion de l'ombre, la santé des sols, la gestion des ravageurs / maladies, ainsi que les normes de qualité et de sécurité du cacao. Les recommandations des meilleures pratiques propres à chaque pays et la connaissance de la pollution par les métaux lourds, les résidus de pesticides, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les mycotoxines ont été inclus. On a utilisé une approche de formation des formateurs pour former des animateurs enseignants qui à leur tour ont formé du personnel d'extension local, des agriculteurs leaders, des transformateurs après récolte et des fournisseurs d'intrants en tant que facilitateurs pour transférer ces connaissances aux agriculteurs et aux autres parties prenantes tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Des sondages avant et après la formation ont été menés pour évaluer le niveau de compréhension de la formation. L'analyse des données de l'enquête a indiqué que la connaissance des dirigeants agriculteurs sur les bonnes pratiques agricoles (BPA), la gestion des parasites / maladies et l'utilisation sûre des pesticides avait amélioré la compréhension des fournisseurs d'intrants sur la réglementation des pesticides tandis que les transformateurs après récolte comprenaient mieux la conformité aux normes MSF pour le stockage du cacao. Les résultats du projet, tels que les manuels de formation, les vidéos et les affiches, ont été traduits dans les langues locales et sont également disponibles en anglais. En plus des principales activités de formation dans les différents pays, CABI héberge et met à jour le site Web du projet où tout le matériel de formation et les ressources peuvent être consultés (www.cocoasafe.org). Cela permet également d'accéder aux sites Web individuels de pays partenaires.

Resumen

Las preocupaciones sobre la inocuidad de los alimentos han llevado a muchos países consumidores, como la Unión Europea (UE), Estados Unidos y Japón, a promulgar legislación sobre niveles aceptados de pesticidas y otras sustancias nocivas en productos importados como el cacao. Dicha legislación reduce la capacidad de los países productores de cacao para exportar su cacao a menos que se cumplan las medidas legislativas y reglamentarias sobre normas sanitarias y fitosanitarias (MSF). Cualquier rechazo a las importaciones de cacao afectará tanto al PIB de los países exportadores como a los medios de subsistencia de los pequeños productores que cultivan cacao. El proyecto "Cocoasafe" fue un proyecto de múltiples asociados financiado por el Fondo para la Aplicación de Normas y el Fomento del Comercio (FANFC) y los países participantes cuyo objetivo era fortalecer la capacidad de MSF a través de la cadena de suministro de cacao en Indonesia, Malasia y Papua Nueva Guinea. El objetivo del proyecto era mejorar la inocuidad y la calidad del cacao mediante el desarrollo de capacidades a lo largo de las cadenas de suministro nacionales, tanto para comprender la necesidad de cumplir las MSF como para llevar a cabo las mejores prácticas para reducir los residuos y contaminantes nocivos. También se facilitó el intercambio de conocimientos entre los grupos interesados en la región. El programa de capacitación fue adaptado del "Manual de Aprendizaje de Descubrimiento" de CABI para ajustarse a las prácticas locales de administración de fincas. Los temas de capacitación incluyeron materiales de siembra de cacao, manejo de sombra, salud del suelo, manejo de plagas/enfermedades, además de los estándares de calidad y seguridad del cacao. Se incluyeron las recomendaciones de mejores prácticas relevantes para cada país y la concienciación sobre la contaminación por metales pesados, residuos de pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y micotoxinas. Se utilizó un enfoque de Capacitación de

Capacitadores para capacitar a Facilitadores Maestros que a su vez capacitaron a personal de extensión local, agricultores líderes, procesadores poscosecha y proveedores de insumos como Facilitadores para transmitir este conocimiento a los agricultores y otras partes interesadas a lo largo de la cadena de suministro. Se realizaron encuestas previas y posteriores a la capacitación para evaluar el nivel de comprensión de la capacitación. El análisis de los datos de la encuesta indicó que el conocimiento de los líderes agricultores sobre buenas prácticas agrícolas (BPA), manejo de plagas/enfermedades y uso seguro de pesticidas mejoró significativamente, la comprensión de los proveedores de insumos sobre las reglamentaciones sobre pesticidas mejoró mientras que los procesadores poscosecha tuvieron una mejor comprensión del cumplimiento de los estándares MSF de almacenamiento de cacao. Los resultados del proyecto, como los manuales de capacitación, los videos y los carteles, se tradujeron a los idiomas locales y también están disponibles en inglés. Además de las principales actividades de capacitación en los países individuales, CABI aloja y mantiene el sitio web del proyecto donde se puede acceder a todo el material de capacitación y recursos (www.cocoasafe.org). Esto también enlaza con sitios web individuales de socios de países.

THEMATIC 7: MARKETING, SOCIO-ECONOMICS AND TECHNOLOGY/INNOVATION ADOPTION/TRANSFER

SUPPORTING ENTREPRENEURSHIP AND DEVELOPMENT WITHIN THE FINE/FLAVOUR SECTOR USING SCIENCE TECHNOLOGY AND INNOVATION: THE CASE OF THE INTERNATIONAL FINE COCOA INNOVATION CENTRE

Path Umaharan

Darin Sukha, Naailah Ali, Annelle Holder, Lambert Motilal, Frances Bekele and Karen Lee Lum
The Cocoa Research Centre, The University of the West Indies, (CRC-UWI)

Abstract

The fine/flavour sector accounts for 5-6% of the world cocoa production, at present but is rapidly growing and morphing into a segmented niche and ultra-niche boutique sector dominant in the metropolises of the world. The boutiques operating in the sector are small, highly innovative, dynamic and attuned to the needs and wants of their customers. Whilst revenue generated in this sector is very lucrative; the farming, processing, branding, certification and marketing within the sector has to become innovative to meet the high standards and specific demands of this sector. The International Fine Cocoa Innovation Centre (IFCIC) was established to support the development of the sector through science, technology and innovation with support from the EU/ACP Science and Technology Fund as well as the Government of the Republic of Trinidad and Tobago. The IFCIC is a developmental model which is established on the triple-helix approach involving close collaboration between University, private sector and the public sector to bring alignment and focus to support development. It provides a model to showcase best practices, innovations and technologies along the cocoa value chain that persons can see, study and emulate; supplies services, information and toolkits to support the sector and offers apprenticeships/internships and short-term training to disseminate the model. The centre also offers product development support, incubator services and start-up support to create a business cluster around the cocoa farming sector. The IFCIC centre is organically linked to the Cocoa Research Centre of the University of the West Indies as the formal Outreach arm of the CRC but features important investment and partnerships involving the private sector and the Government. The model approach taken with the IFCIC is also capable of creating knowledge-based and innovation centric spinoffs that are competitive in the global space and create value employment opportunities fostering growth of the fine/flavour cocoa sector through attracting investment, developing successful, business models and disseminating them to snowball development.

Résumé

Le secteur fin / de saveur représente entre 5% et 6% de la production mondiale de cacao, mais se développe rapidement et devient un créneau segmenté et un ultra créneau boutique du secteur dominant dans les métropoles du monde. Les boutiques qui opèrent dans le secteur sont petites, très innovantes, dynamiques et adaptées aux besoins et aux désirs de leurs clients. Bien que le revenu généré dans ce secteur soit très lucratif, l'agriculture, la transformation, la marque, la certification et la commercialisation dans le secteur doivent être innovantes pour répondre aux normes élevées et aux demandes spécifiques de ce secteur. Le Centre international d'innovation de Fino Cacao (IFCIC) a été créé pour soutenir le développement du secteur grâce à la science, la technologie et l'innovation avec le soutien du Fonds pour la science et la technologie UE / ACP et le Gouvernement de la République de Trinité et Tobago. L'IFCIC est un modèle de développement qui s'établit dans l'approche de la triple hélice, qui implique une étroite coopération entre l'Université, le secteur privé et le secteur public pour avoir un alignement et une approche pour soutenir le

développement. Il fournit un modèle pour montrer les meilleures pratiques, innovations et technologies le long de la chaîne de valeur du cacao que les gens peuvent voir, étudier et imiter; il fournit des services, des informations et des outils pour soutenir le secteur et offre des stages et des formations à court terme pour diffuser le modèle. Le centre offre également un soutien pour les services de développement de produits, des incubateurs et une aide au démarrage pour créer un groupe d'entreprises autour du secteur de la culture du cacao. Le centre d'IFCIC est organiquement lié au Centre de recherche sur le cacao (CRC, pour son sigle en anglais), l'University of the West Indies est le bras de la communication formelle du CRC, mais elle a des investissements et des partenariats importants avec le secteur privé et la Gouvernement L'approche de modèle adopté avec l'IFCIC est également capable de créer des compagnies dérivées centrées sur la connaissance et l'innovation compétitive dans l'espace mondial et de créer des possibilités d'emploi de valeur en favorisant la croissance du secteur du cacao fin / de saveur, d'attirer les investissements, de développer des modèles d'affaires prospères et de les disséminer pour que le développement survienne avec un effet boule de neige.

Resumen

El sector fino/de sabor representa entre el 5% y el 6% de la producción mundial de cacao, pero está creciendo rápidamente y se está transformando en un nicho segmentado y un ultra nicho boutique del sector dominante en las metrópolis del mundo. Las boutiques que operan en el sector son pequeñas, altamente innovadoras, dinámicas y adaptadas a las necesidades y deseos de sus clientes. Si bien los ingresos generados en este sector son muy lucrativos; la agricultura, el procesamiento, la marca, la certificación y la comercialización dentro del sector deben ser innovadores para cumplir con los altos estándares y las demandas específicas de este sector. El Centro Internacional de Innovación del Cacao Fino (IFCIC) se estableció para apoyar el desarrollo del sector a través de la ciencia, la tecnología y la innovación con el apoyo del Fondo de Ciencia y Tecnología UE/ACP y el Gobierno de la República de Trinidad y Tobago. El IFCIC es un modelo de desarrollo que se establece en el enfoque de triple hélice que implica una estrecha colaboración entre la Universidad, el sector privado y el sector público para traer alineación y enfoque para apoyar el desarrollo. Proporciona un modelo para mostrar las mejores prácticas, innovaciones y tecnologías a lo largo de la cadena de valor del cacao que las personas pueden ver, estudiar y emular; suministra servicios, información y herramientas para apoyar al sector y ofrece pasantías/prácticas y capacitación a corto plazo para diseminar el modelo. El centro también ofrece soporte para el desarrollo de productos, servicios de incubadoras y soporte de puesta en marcha para crear un grupo empresarial en torno al sector de cultivo de cacao. El centro de IFCIC está orgánicamente vinculado al Centro de Investigación del Cacao (CRC, por sus siglas en inglés) de University of the West Indies como el brazo de divulgación formal del CRC, pero presenta importantes inversiones y alianzas que involucran al sector privado y el Gobierno. El enfoque modelo adoptado con IFCIC también es capaz de crear compañías derivadas centradas en el conocimiento y la innovación competitivos en el espacio global y crear oportunidades de empleo de valor fomentando el crecimiento del sector de cacao fino/de sabor atrayendo inversión, desarrollando modelos comerciales exitosos y diseminándolos para que el desarrollo crezca como bola de nieve.

ANALYSIS OF THE SUSTAINABLE COCOA PRODUCTION PROGRAM (SCPP) AND ITS IMPACT ON FARM-LEVEL QUALITY AND PRODUCTIVITY IN SOUTHEAST SULAWESI, INDONESIA

Ingrid Fromm

Noémie Schaad, Manfred Borer
Bern University of Applied Sciences

Abstract

The production of cocoa, introduced in Indonesia during the 1980s, is now decreasing due to many different factors: aging trees with a decrease in yield of cocoa beans, appearance of pests and diseases and farmers not being able to solve the problems due to their lack of knowledge on improved agronomic practices. In 2012, Swisscontact implemented the Sustainable Cocoa Program (SCPP) to improve the competitiveness of the farmers in the cocoa value chain and to increase the productivity of cocoa beans at the farm-level. The study, conducted with the support of Swisscontact, is divided in two main different parts. The first part is a farmer analysis conducted in the district of Kolaka Timur to observe the effect of the SCPP and the UTZ certification on the agricultural practices and the post-harvest methods on farm-level. Three different farmers' groups were interviewed: 16 farmers involved in the SCPP and UTZ certified, 22 farmers involved in SCPP without any certification and 20 non SCPP farmers. The second part of the study is an evaluation of the quality of the cocoa beans by the different stakeholders of the value chain regarding the tools and the use of specific quality criteria. Eight local traders, six processing and trading companies and three associations involved in the cocoa sector were interviewed. The results indicate that the SCPP has a positive impact on the productivity of cocoa beans in the long term: the annual yield is significantly higher in the first group (UTZ-SCPP) and the agricultural practices are improved as well. The SCPP, with the creation of farmers' cooperatives, also increased the market access of the farmers. Regarding the application of post-harvest practices, the study shows that the processing companies don't have a real interest in buying fermented beans and they rather buy almost raw beans at a low price. In conclusion, farmers involved in the SCPP have the possibility to produce a higher volume of cocoa beans but a market for fermented beans has to be created in order to add more value to the cocoa beans from Indonesia

Résumé

La production de cacao, mise en place en Indonésie au cours des années 1980, est maintenant en baisse à cause de nombreux facteurs: vieillissement des arbres avec une diminution du rendement des fèves de cacao, apparition de ravageurs et de maladies et les agriculteurs qui ne peuvent pas résoudre les problèmes à cause de leur manque de connaissances sur les pratiques agronomiques améliorées. En 2012, Swisscontact a mis en œuvre le Programme de cacao durable (SCPP, pour son sigle en anglais) pour améliorer la compétitivité des agriculteurs dans la chaîne de valeur du cacao et augmenter la productivité des fèves de cacao au niveau de l'exploitation. L'étude, menée avec le soutien de Swisscontact, est divisée en deux parties principales différentes. La première partie est une analyse des agriculteurs menée dans le district de Kolaka Timur pour observer l'effet du SCPP et de la certification UTZ sur les pratiques agricoles et les méthodes post-récolte au niveau des exploitations. 16 agriculteurs impliqués dans le SCPP et les certificats UTZ, 22 agriculteurs impliqués dans le SCPP sans certification et 20 agriculteurs non SCPP. La deuxième partie de l'étude est une évaluation de la qualité des fèves de cacao par les différents acteurs de la chaîne de valeur par rapport aux outils et à l'aide des critères de qualité spécifiques. Huit commerçants locaux, six entreprises de transformation et de commercialisation et trois associations impliquées dans le secteur du cacao ont été interviewés. Les résultats indiquent que le SCPP a un impact positif sur la productivité du cacao à long terme: le rendement annuel est nettement plus élevé dans le premier groupe (UTZ-SCPP) et les pratiques agricoles s'améliorent aussi. Le SCPP, avec la

création de coopératives d'agriculteurs, a également accru l'accès au marché des agriculteurs. En ce qui concerne l'application des pratiques post-récolte, l'étude montre que les entreprises de transformation n'ont pas d'intérêt réel à acheter les graines fermentées et qu'ils préfèrent acheter des graines quasi crues à bas prix. En conclusion, les agriculteurs participant à la SCPP ont la capacité de produire un plus grand volume de fèves de cacao, mais il faut créer un marché pour les haricots fermentés pour ajouter plus de valeur aux fèves de cacao d'Indonésie.

Resumen

La producción de cacao, introducida en Indonesia durante la década de 1980, ahora está disminuyendo debido a muchos factores diferentes: árboles envejecidos con una disminución en el rendimiento de granos de cacao, aparición de plagas y enfermedades y agricultores que no pueden resolver los problemas debido a su falta de conocimiento sobre prácticas agronómicas mejoradas. En 2012, Swisscontact implementó el Programa de Cacao Sostenible (SCPP, por sus siglas en inglés) para mejorar la competitividad de los agricultores en la cadena de valor del cacao y para aumentar la productividad de los granos de cacao a nivel de finca. El estudio, realizado con el apoyo de Swisscontact, se divide en dos partes principales diferentes. La primera parte es un análisis de agricultores realizado en el distrito de Kolaka Timur para observar el efecto del SCPP y la certificación UTZ en las prácticas agrícolas y los métodos poscosecha a nivel de finca. Se entrevistaron tres grupos diferentes de agricultores: 16 agricultores involucrados en el SCPP y certificados UTZ, 22 agricultores involucrados en SCPP sin certificación y 20 agricultores no SCPP. La segunda parte del estudio es una evaluación de la calidad de los granos de cacao por parte de los diferentes actores de la cadena de valor con respecto a las herramientas y el uso de criterios de calidad específicos. Se entrevistaron ocho comerciantes locales, seis empresas de procesamiento y comercialización y tres asociaciones involucradas en el sector del cacao. Los resultados indican que el SCPP tiene un impacto positivo en la productividad del cacao en el largo plazo: el rendimiento anual es significativamente mayor en el primer grupo (UTZ-SCPP) y las prácticas agrícolas también mejoran. El SCPP, con la creación de cooperativas de agricultores, también aumentó el acceso al mercado de los agricultores. Con respecto a la aplicación de prácticas poscosecha, el estudio muestra que las empresas procesadoras no tienen un interés real en la compra de granos fermentados y prefieren comprar granos casi crudos a bajo precio. En conclusión, los agricultores que participan en el SCPP tienen la posibilidad de producir un mayor volumen de granos de cacao, pero se debe crear un mercado para los frijoles fermentados a fin de agregar más valor a los granos de cacao de Indonesia.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA CONGELADA DE CACAO EMPLEANDO UN SISTEMA DE COLECTA SEMIAUTOMÁTICO: CASO DE ESTUDIO “COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL Y DE SERVICIOS DEL

David Lujan Tantarico
Mariana Solís Visscher
Centro Innovación del Cacao (CIC)

Resumen

El cultivo del cacao actualmente involucra, a nivel mundial, un total de 6 millones de productores que en su mayoría son pequeños pues cuentan con una extensión promedio de 3 hectáreas. En el Perú, 90 mil familias se dedican al cultivo del cacao y la superficie cosechada abarca aproximadamente 120 mil hectáreas con proyecciones de crecimiento hasta los 140 mil hectáreas en los próximos 5 años (MINAGRI, 2015). Es así que se pronostica un mercado en crecimiento para el sector cacaotero nacional. El ingreso para las familias productoras se ve afectado por las fluctuaciones del precio del cacao cada año debido a los mercados internacionales así como el precio a nivel de chacra. En el 2015 se cotizaba en la Bolsa de Nueva York el kilogramo (kg) de cacao a S/10.35 y el precio a nivel productor era de S/ 5.90 (MINAGRI, 2015). Esto genera una diferencia de S/ 4.45 por kg de cacao, que representa un 75% adicional al precio local, que se diluye en entre intermediarios y otros agentes de la cadena. Es así que el productor debe contar con ingresos adicionales buscando alternativas de aprovechamiento de los subproductos del cacao (mazorca, cascarilla y/o pulpa). La pulpa de cacao representa un 4% del peso del fruto que generalmente se pierde durante la poscosecha. Debido a sus características organolépticas y de composición, la pulpa tiene un alto potencial de convertirse en un producto de valor agregado, sin embargo, es este producto intermedio tiene un corto tiempo de vida útil. El presente estudio trata sobre la viabilidad técnico-económica del aprovechamiento de la pulpa de cacao, como producto intermedio congelado puesto en una planta en Lima, con la finalidad de generar ingresos directos al productor y/o cooperativa. Para dicho análisis se tomó como modelo a la “CAI BELLA” ubicada en Tingo María, que está conformada por 51 asociados y que cuenta con una extensión de 122.5 hectáreas con un rendimiento promedio de 800 kg/ha. A través de un sistema semiautomático de colecta, han logrado obtener rendimientos de pulpa de aproximadamente 15 L por 100 kg de cacao fresco. Se consideró data histórica de superficie cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra reportada por el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) así como indicadores financieros de Tasa Anual Compuesta del Crecimiento (CAGR), Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recupero para el análisis.

Abstract

The cultivation of cocoa currently involves a total of 6 million producers worldwide, most of which are small producers with an average area of 3 hectares. In Peru, 90,000 families are involved in the cultivation of cocoa. The harvested area covers approximately 120,000 hectares with growth projections up to 140,000 hectares in the next five years (MINAGRI, 2015). Therefore, a growing market is forecast for the national cocoa sector. Income for cocoa-producing families is affected by the fluctuations of the price of the cacao each year, due to international markets as well as price at farm level. In 2015, the kilogram of cocoa was quoted at S/10.35 on the New York Stock Exchange and the producer price was S/5.90 (MINAGRI, 2015). This generates a difference of S/4.45 per kg of cocoa, which represents an additional 75% for the local price that is lost between intermediaries and other agents who are part of the chain. Thus, the producer must have an additional income with the use of cocoa byproducts (pod, husk and/or pulp). Cocoa pulp represents 4% of the fruit weight that is usually lost during post-harvest. Due to its organoleptic characteristics and composition, pulp has a high potential to become a value-added product. However, this intermediate product has a short life. This study deals with the technical and

economic feasibility of the use of cocoa pulp as a frozen intermediate product in a plant in Lima, with the purpose of generating direct income for the producer and/or cooperative. For this analysis, the "CAI BELLA" located in Tingo María was used as a model. It has 51 members and it has an area of 122.5 hectares with an average yield of 800 kg/ha. Through a semiautomatic collection system, pulp yields of approximately 15 L per 100 kg of fresh cocoa have been obtained. Historical data on harvested area, production, yield and farm price reported by the Ministry of Agriculture and Irrigation (MINAGRI) were considered, as well as financial indicators such as Annual Composite Rate of Growth (CAGR), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Recovery Period.

Résumé

Au niveau global, la culture du cacao implique à présent un total de 6 millions de producteurs dont la plupart sont petits avec une étendue moyenne de 3 hectares. Au Pérou, 90 mil familles cultivent du cacao et la superficie plantée couvre près de 120 mil hectares avec des projections de croissance jusqu'à 140 mil hectares dans les 5 prochaines années (MINAGRI, 2015). Donc, on prévoit un marché croissant pour le secteur national du cacao. Chaque année, le revenu des cacaoculteurs est affecté par les fluctuations du prix du cacao en raison des marchés internationaux et du prix au niveau de la chakra. En 2015, le kilogramme (kg) de cacao était coté à la Bourse de New York à S/10.35 et le prix au niveau du producteur était de S/ 5.90 (MINAGRI, 2015). Ceci montre un écart de S/4.45 par kg de cacao, ce qui représente un 75% additionnel au prix local, qui va se dissoudre entre les intermédiaires et autres agents de la chaîne. Donc, le producteur doit rechercher un revenu additionnel par des alternatives avec les sous-produits du cacao (cabosse, cosse et/ou pulpe). La pulpe du cacao représente près du 4% du poids du fruit, laquelle va se perdre pendant le processus d'après-récolte. Par ses caractéristiques organoleptiques et de composition, la pulpe a un grand potentiel pour devenir un produit de valeur ajoutée, mais ce produit intermédiaire a une courte période de vie utile. Cette étude parle de la faisabilité techno-économique de l'exploitation de la pulpe du cacao comme produit intermédiaire congelé repris dans une usine à Lima, afin de créer un revenu direct au producteur et/ou coopérative. Pour cette analyse on a pris comme modèle la « CAI BELLA » localisée à Tingo María, qui compte avec 51 associés, une superficie de 122.5 hectares et un rendement de 800 kg/ha. en moyenne. Par un système semi-automatique de collecte ils sont parvenus à obtenir près de 15 L pour 100 kg de cacao frais. Pour l'analyse nous avons utilisé les données historiques de superficie récoltée, production, rendement et prix en chakra rendu par le Ministère de l'Agriculture et l'Irrigation (MINAGRI) ainsi que les indicateurs financiers du Taux de Croissance Annuel Composé (CAGR), la Valeur Actuelle Nette (VAN), Taux de Revenu Interne (TIR) et Période de Recupero

WHAT WORKS? A REVIEW OF THE CONTRIBUTION ACADEMIC KNOWLEDGE CAN MAKE TO BUILDING A STRONGER AND MORE RESILIENT COCOA ECONOMY

Amanda Berlan

Leicester Castle Business School, De Montfort University

Abstract

In recent years, debates on the sustainability of cocoa production have focused heavily on poor productivity, low farmer incomes, the need for greater gender inclusivity and the industry's failure to attract a new generation of farmers. While these topics have also been the subject of extensive academic research, the degree to which policymaking and interventions have been informed by academic evidence, as well as the extent to which academics have engaged with public and private sector stakeholders, have at times been limited. In order to address this gap, the paper combines a review of published academic literature on policy-relevant issues with empirical evidence gathered during fieldwork with cocoa communities in West Africa, India and the Caribbean. More specifically, the paper examines what can be learnt from academic research on topics including productivity, farm management, the implementation of agricultural extension advice, gender, seasonality and incomes. The paper is relevant to public and private sector stakeholders facing questions such as what are the barriers to cocoa farmers adopting new farm management strategies? How can programs to boost producer livelihood be enhanced? Is there a strong evidence-base for developing gender-specific programmes relating to productivity? In what way can a 'farmer-centric' and evidence-based approach create more robust and effective interventions? While some of the analysis is based on the author's long-term anthropological fieldwork, the review of the academic literature includes a variety of disciplines in order to generate new and original insights into what are highly complex and often deeply entrenched problems. For example, the attitudes demonstrated by cocoa farmers towards the management of certain tree diseases are shown to have strong antecedents in earlier practices. Based on this, the paper argues that contextualising and better understanding these critical factors will enable the public and private sector to formulate more targeted approaches to enhance the effectiveness of interventions which will in turn increase the long-term sustainability of cocoa production.

Résumé

Au cours des dernières années, les discussions sur la durabilité de la production de cacao se sont principalement concentrées sur la faible productivité, les faibles revenus des agriculteurs, la nécessité d'une plus grande intégration des genres et l'incapacité de l'industrie à attirer une nouvelle génération d'agriculteurs. Bien que ces questions aient également fait l'objet de recherches académiques approfondies, le niveau avec lequel la formulation des politiques et les interventions se sont basées sur des preuves académiques, ainsi que le degré de participation des universitaires avec les acteurs des secteurs public et privé, ont été parfois limités. Pour remédier à cette lacune, le document combine une analyse de la littérature académique publiée sur des questions politiques pertinentes avec des preuves empiriques recueillies au cours du travail de terrain avec les communautés cacaoyères d'Afrique de l'Ouest, d'Inde et des Caraïbes. Plus précisément, le document examine ce que l'on peut apprendre de la recherche universitaire sur des sujets tels que la productivité, la gestion agricole, la mise en œuvre des conseils d'extension agricole, le genre, la saisonnalité et le revenu. Le document est pertinent pour les parties prenantes des secteurs public et privé qui sont confrontés à des questions telles que les obstacles qui empêchent les producteurs de cacao d'adopter de nouvelles stratégies de gestion agricole. Comment les programmes peuvent-ils être améliorés pour augmenter les moyens de subsistance des agriculteurs? Existe-t-il une base de données solide pour développer des programmes spécifiques de genre liés à la productivité? Comment une approche fondée sur des données factuelles, axée sur les agriculteurs, peut-elle créer des interventions plus solides et plus efficaces? Bien qu'une partie de l'analyse soit basée

sur le travail de terrain anthropologique à long terme de l'auteur, l'analyse de la littérature académique inclut une variété de disciplines afin de générer des idées nouvelles et originales sur des problèmes très complexes et souvent profondément enracinés. Par exemple, les attitudes manifestées par les producteurs de cacao à l'égard de la gestion de certaines maladies des arbres montrent la présence de forts antécédents dans les pratiques antérieures. En se basant sur cela, le document soutient que contextualiser et mieux comprendre ces facteurs critiques permettra aux secteurs public et privé de formuler des approches plus spécifiques pour améliorer l'efficacité des interventions, ce qui augmentera à son tour la durabilité à long terme de la production de cacao.

Resumen

En los últimos años, los debates sobre la sostenibilidad de la producción de cacao se han centrado principalmente en la baja productividad, los bajos ingresos de los agricultores, la necesidad de una mayor inclusión de género y la incapacidad de la industria para atraer a una nueva generación de agricultores. Si bien estos temas también han sido objeto de extensas investigaciones académicas, el grado en que la formulación de políticas y las intervenciones se han basado en evidencia académica, así como el grado de participación de los académicos con los actores del sector público y privado, a veces han sido limitados. Para abordar esta brecha, el documento combina una revisión de la literatura académica publicada sobre cuestiones relevantes para las políticas con evidencia empírica recopilada durante el trabajo de campo con comunidades de cacao en África Occidental, India y el Caribe. Más específicamente, el documento examina lo que se puede aprender de la investigación académica sobre temas que incluyen productividad, manejo de granjas, implementación de consejos de extensión agrícola, género, estacionalidad e ingresos. El documento es relevante para las partes interesadas del sector público y privado que se enfrentan a preguntas tales como ¿cuáles son las barreras para que los productores de cacao adopten nuevas estrategias de manejo agrícola? ¿Cómo se pueden mejorar los programas para aumentar los medios de vida de los productores? ¿Existe una base de evidencias sólida para desarrollar programas específicos de género relacionados con la productividad? ¿De qué manera un enfoque "centrado en el agricultor" y basado en la evidencia puede crear intervenciones más sólidas y efectivas? Si bien parte del análisis se basa en el trabajo de campo antropológico a largo plazo del autor, la revisión de la literatura académica incluye una variedad de disciplinas con el fin de generar ideas nuevas y originales sobre lo que son problemas muy complejos y a menudo profundamente arraigados. Por ejemplo, las actitudes demostradas por los productores de cacao hacia el manejo de ciertas enfermedades de los árboles muestran tener fuertes antecedentes en las prácticas anteriores. Con base en esto, el documento argumenta que contextualizar y comprender mejor estos factores críticos permitirá al sector público y privado formular enfoques más específicos para mejorar la efectividad de las intervenciones, lo que a su vez aumentará la sostenibilidad a largo plazo de la producción de cacao.

CONSTRAINTS TO YOUTH INVOLVEMENT IN COCOA PRODUCTION IN NIGERIA

Olusoji Oduwole

B.S. Famuyiwa, S Adebisi

Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

Youth involvement in cocoa farming in Nigeria can be a panacea to increasing the low level of production based on their dynamism, energy and optimism. These qualities are much evident in West Africa sub-region where their activities have resulted in increase in cocoa production. However, about 65% of the country's population are in the youth bracket of 16-40 years old, out of which only 35% are in agriculture while 65% between the ages of 15-60 years are unemployed. This study examines the constraints to youth involvement in cocoa production in Nigeria. A total of one hundred and fifty respondents were selected using a multi stage cluster random sampling technique in five cocoa producing states in Nigeria. The major constraints affecting youth participation in cocoa production include: inadequate credit, low profitability of investment, lack of access to necessary inputs and difficulty in land acquisition. There is a relationship between the constraints and farming knowledge. It is concluded that the youth should be mainstreamed into cocoa production through the establishment of business incubation platform across the producing states with provision made for credit and necessary inputs. This intervention will motivate youth in accepting cocoa farming as a business like any other works of life.

Résumé

La participation des jeunes à la culture du cacao au Nigéria peut être une panacée pour augmenter le faible niveau de production en fonction de leur dynamisme, de leur énergie et de leur optimisme. Ces qualités sont très évidentes dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, où leurs activités ont entraîné une augmentation de la production de cacao. Cependant, environ 65% de la population du pays a entre 16 et 40 ans, dont seulement 35% se consacrent à l'agriculture, tandis que 65% de ceux âgés entre 15 et 60 ans sont sans emploi. Cette étude examine les limites de la participation des jeunes dans la production de cacao au Nigeria. Au total, cent cinquante sondés ont été sélectionnés à l'aide d'une technique d'échantillonnage aléatoire en grappes à plusieurs degrés dans cinq États producteurs de cacao au Nigéria. Les principales limitations qui affectent la participation des jeunes à la production de cacao sont les suivantes: crédit inadéquat, faible retour sur investissement, manque d'accès aux intrants nécessaires et difficulté à acquérir des terres. Il y a une relation entre les limitations et les connaissances agricoles. On conclut que les jeunes devraient être intégrés dans la production de cacao grâce à la création d'une plate-forme d'incubation d'entreprises dans les États producteurs, avec des crédits et des intrants nécessaires. Cette intervention motivera les jeunes à accepter la culture du cacao comme une affaire comme n'importe quel autre emploi dans la vie.

Resumen

La participación de los jóvenes en el cultivo del cacao en Nigeria puede ser una panacea para aumentar el bajo nivel de producción en función de su dinamismo, energía y optimismo. Estas cualidades son muy evidentes en la subregión de África occidental, donde sus actividades han resultado en un aumento de la producción de cacao. Sin embargo, alrededor del 65% de la población del país se encuentra entre los 16-40 años de edad, de los cuales solo el 35% se dedica a la agricultura, mientras que el 65% entre las edades de 15-60 años están desempleados. Este estudio examina las limitaciones de la participación de los jóvenes en la producción de cacao en Nigeria. Se seleccionaron un total de ciento cincuenta encuestados utilizando una técnica de muestreo aleatorio por conglomerados de múltiples etapas en cinco estados productores de cacao en Nigeria. Las principales limitaciones que afectan la participación de los jóvenes en la producción de cacao incluyen: crédito inadecuado,

baja rentabilidad de la inversión, falta de acceso a los insumos necesarios y dificultad para adquirir tierras. Existe una relación entre las limitaciones y el conocimiento agrícola. Se concluye que los jóvenes deben integrarse en la producción de cacao a través del establecimiento de una plataforma de incubación de negocios en los estados productores, con provisión para crédito e insumos necesarios. Esta intervención motivará a los jóvenes a aceptar el cultivo de cacao como un negocio como cualquier otro trabajo en la vida.

EXPANDING FAIRTRADE COCOA CERTIFICATION IN GHANA AND CÔTE D'IVOIRE: OPPORTUNITIES, CHALLENGES AND THE WAY FORWARD

Divine Foundjem-Tita

Dr. Jason Donovan, Dr. Dietmar Stoian, Dr. Anne Degrande

World Agroforestry Centre (ICRAF)

Abstract

Growing consumers' awareness around the environmental and social performance of the cocoa sector has prompted international chocolate manufacturers to make strong commitments to source sustainably produced cocoa as of 2020. Voluntary standards systems play an important role in shaping how the industry moves towards sustainability and providing evidence of progress. There is an expectation that supplies of certified cocoa will expand significantly over the next years. Companies looking to demonstrate or improve their social credentials often seek out Fairtrade certification. Our study examines the needs and capacities of cocoa growers and cooperatives in Côte d'Ivoire (CDI) and Ghana who recently obtained Fairtrade certification. Based on stratified random sampling involving 744 cocoa-growing households (322 in Ghana and 422 in CDI), and key informant interviews with representatives from 12 newly certified primary societies affiliated with three Fairtrade certified cooperative unions in Ghana and five Fairtrade certified cooperatives in CDI, we show both opportunities and challenges for boosting the production and marketing of Fairtrade-certified cocoa and, based on this, improving farmers' livelihoods. Opportunities are based on incentives provided by Fairtrade certification, including: 1) promotion of good agricultural practices; 2) strengthening collective enterprises through which members have access to trainings, inputs and other services, such as credits and loans; 3) investment of the Fairtrade premium in community and coop development, and to top up of cocoa-based incomes; and 4) increased resilience in times of low world market prices through a guaranteed floor price. Challenges for the expansion of Fairtrade certification include: 1) competition of other certifications, some of which can be more easily obtained as they do not require a legal entity of certified groups of farmers and may have lower standards; 2) gap between the volume of Fairtrade certified cocoa and the volume effectively sold under Fairtrade terms (Ghana: 49%, CDI: 20%); and 3) lack of incentives for government agencies and private sector companies picking up cocoa at the farm gate to source Fairtrade-certified cocoa. We conclude with recommendations to address the challenges opportunities for achieving greater impacts over time.

Résumé

La prise de conscience croissante des consommateurs sur la performance environnementale et sociale du secteur du cacao a incité les fabricants de chocolat internationaux à contracter des engagements forts pour obtenir du cacao de façon durable à partir de 2020. Les systèmes de normes volontaires jouent un rôle important dans la configuration de comment l'industrie évolue vers la durabilité et fournit des preuves de progrès. On s'attend à ce que les approvisionnements de cacao certifié augmentent considérablement dans les années à venir. Les entreprises qui cherchent à prouver ou à améliorer leurs références sociales recherchent souvent la certification Fairtrade (commerce équitable). Notre étude examine les besoins et les capacités des producteurs et des coopératives de cacao en Côte-d'Ivoire (CM) et le Ghana a récemment obtenu la certification du commerce équitable. Sur la base d'un échantillonnage aléatoire stratifié impliquant 744 ménages producteurs de cacao (322 au Ghana et 422 en Côte d'Ivoire) et d'entretiens avec des informateurs clés avec des représentants de 12 sociétés primaires récemment certifiées affiliées à trois coopératives certifiées commerce équitable au Ghana et cinq coopératives certifiées commerce équitable en Côte d'Ivoire, nous montrons les opportunités et les défis pour stimuler la production et la commercialisation du cacao certifié commerce équitable

et, sur cette base, améliorer les moyens de subsistance des agriculteurs. Les opportunités sont basées sur les incitations fournies par la certification commerce équitable, qui incluent: 1) la promotion de bonnes pratiques agricoles; 2) renforcer les entreprises collectives grâce auxquelles les membres ont accès à la formation, aux fournitures et à d'autres services, tels que les crédits et les prêts; 3) l'investissement de la prime commerce équitable dans le développement de la communauté et de la coopérative, et pour compléter les revenus basés sur le cacao; et 4) une plus grande capacité de résilience en période de bas prix du marché mondial grâce à un prix de base garanti. Les défis pour l'expansion du commerce équitable incluent: 1) la concurrence d'autres certificats, dont certains peuvent être plus faciles à obtenir parce qu'ils n'ont pas besoin d'un organisme juridique de groupes d'agriculteurs certifiés et ils peuvent avoir des normes moins élevées; 2) l'écart entre le volume de cacao certifié par le commerce équitable et les quantités effectivement vendues en termes de commerce équitable (Ghana: 49% CI: 20%); et 3) le manque d'incitations pour que les agences gouvernementales et les entreprises du secteur privé collectent du cacao à la ferme pour obtenir du cacao certifié commerce équitable. Nous concluons sur des recommandations pour aborder les défis et les opportunités d'obtenir de plus grands impacts au fil du temps.

Resumen

La creciente conciencia de los consumidores sobre el desempeño ambiental y social del sector del cacao ha impulsado a los fabricantes internacionales de chocolate a contraer fuertes compromisos para obtener cacao producido de manera sostenible a partir de 2020. Los sistemas de estándares voluntarios desempeñan un papel importante en la configuración de cómo la industria avanza hacia la sostenibilidad y proporciona evidencia del progreso. Existe la expectativa de que los suministros de cacao certificado se expandirán significativamente en los próximos años. Las empresas que buscan demostrar o mejorar sus credenciales sociales a menudo buscan la certificación Fairtrade (Comercio Justo). Nuestro estudio examina las necesidades y capacidades de los productores y cooperativas de cacao en Costa de Marfil (CM) y Ghana que recientemente obtuvieron la certificación Fairtrade. Basado en muestreo aleatorio estratificado que involucró 744 hogares productores de cacao (322 en Ghana y 422 en CM) y entrevistas con informantes clave con representantes de 12 sociedades primarias recientemente certificadas afiliadas a tres cooperativas certificadas Fairtrade en Ghana y cinco cooperativas certificadas Fairtrade en CM, mostramos oportunidades y desafíos para impulsar la producción y comercialización de cacao certificado Fairtrade y, con base en esto, mejorar los medios de vida de los agricultores. Las oportunidades se basan en incentivos proporcionados por la certificación Fairtrade, que incluyen: 1) promoción de buenas prácticas agrícolas; 2) fortalecer las empresas colectivas a través de las cuales los miembros tienen acceso a capacitaciones, insumos y otros servicios, como créditos y préstamos; 3) inversión de la prima Fairtrade en el desarrollo de la comunidad y la cooperativa, y para completar los ingresos basados en el cacao; y 4) mayor capacidad de resiliencia en tiempos de bajos precios del mercado mundial a través de un precio base garantizado. Los desafíos para la expansión de la certificación Fairtrade incluyen: 1) la competencia de otras certificaciones, algunas de las cuales pueden obtenerse más fácilmente ya que no requieren una entidad legal de grupos de agricultores certificados y pueden tener estándares más bajos; 2) la brecha entre el volumen de cacao certificado por Fairtrade y el volumen efectivamente vendido en términos de Fairtrade (Ghana: 49%, CM: 20%); y 3) falta de incentivos para que las agencias gubernamentales y las empresas del sector privado recojan el cacao en la puerta de la granja para obtener cacao certificado por Fairtrade. Concluimos con recomendaciones para abordar los desafíos y oportunidades para lograr mayores impactos a lo largo del tiempo.

THE FUTURE OF CACAO RESEARCH: SYSTEMS SCIENCE IN SUPPORT OF CACAO FARMERS

Mark Guiltinan

The Pennsylvania State University (PSU)

Abstract

Advances in the plant sciences are providing a deep understanding of the genetic and physiological basis underlying cacao productivity, quality and sustainability. Simultaneously, advances in the food sciences, sociology and agricultural economics have developed approaches and tools useful for strengthening the cacao value chain. Translating these findings to action for sustainable cacao communities is a challenge that can best be met with interdisciplinary and inter-institutional collaboration spanning the research-continuum and entire value chain to allow more complete systems view to guide research agendas, technology transfer and applied activities. I will present my views of the role of interdisciplinary research in developing sustainable cacao value chains and how this can positively impact the future of cacao farmers, the environment and the world.

Résumé

Les progrès des sciences végétales permettent de comprendre en profondeur la base génétique et physiologique qui sous-tend la productivité, la qualité et la durabilité du cacao. Simultanément, les progrès dans les sciences alimentaires, la sociologie et l'économie agricole ont développé des approches et des outils utiles pour renforcer la chaîne de valeur du cacao. Traduire ces résultats en actions pour des communautés cacaoyères durables est un défi que l'on peut mieux relever avec une collaboration interdisciplinaire et interinstitutionnelle qui englobe le continuum de la recherche et toute la chaîne de valeur pour permettre une vision plus complète des systèmes pour guider les programmes de recherche, le transfert de technologie et les activités appliquées. Je présenterai mon point de vue sur le rôle de la recherche interdisciplinaire dans le développement de chaînes de valeur durables du cacao et comment cela peut avoir un impact positif sur l'avenir des producteurs de cacao, de l'environnement et du monde.

Resumen

Los avances en las ciencias de las plantas proporcionan una comprensión profunda de la base genética y fisiológica que subyace a la productividad, calidad y sostenibilidad del cacao. Simultáneamente, los avances en las ciencias de los alimentos, la sociología y la economía agrícola han desarrollado enfoques y herramientas útiles para fortalecer la cadena de valor del cacao. Traducir estos hallazgos a acciones para comunidades sostenibles de cacao es un desafío que puede satisfacerse mejor con la colaboración interdisciplinaria e interinstitucional que abarca el continuo de investigación y toda la cadena de valor para permitir una visión más completa de los sistemas para orientar las agendas de investigación, transferencia de tecnología y actividades aplicadas. Presentaré mis puntos de vista sobre el papel de la investigación interdisciplinaria en el desarrollo de cadenas de valor sostenibles de cacao y cómo esto puede tener un impacto positivo en el futuro de los productores de cacao, el medio ambiente y el mundo.

IMPACT EVALUATION OF DIFFERENT SAVINGS ACCOUNTS ON INCOME SMOOTHING AND ACCESS TO CREDIT: THE CASE OF COCOA FARMERS IN GHANA

Diana Kos
Wageningen University

Abstract

Cocoa quality and productivity have been a central theme of various industry and research discussions for years. Poor crop productivity has driven farmers to clear more rain-forest land. Fluctuating and low prices for such labor-intensive farming has made cocoa farming unattractive to future generations of farmers. Helping farmers get access to financial services will enable them to either intensify their production and improve quality through adoption of new technologies; or will allow them to diversify into more lucrative businesses.

This study studies the impact of improving financial inclusion of Ghanaian cocoa farmers by giving them access to savings accounts. Many authors emphasize the importance of savings (Brune et al. 2013; Dupas and Robinson 2013a 2013b; Prina 2013; Schaner 2013a). Savings provide lump sums for investments and may induce income-generating activities and/or serve as insurance mechanism. Moreover saving is considered to be less risky than borrowing; it provides flexibility earns interest and is voluntary while interest needs to be paid on credit and if indebted repayments are mandatory. Accumulated savings can be used to finance unexpected expenditures due to e.g. disasters health problems seasonal shortfalls and/or enable to exploit unexpected investment opportunities. The study contains two parts. In the first part we use survey data of 1 500 cocoa farmers in the Eastern Region of Ghana to provide details about these farmers' current financial inclusion: their savings (both formal and informal) and credit access. In the second part we will report on an intervention that explores farmers' uptake of savings accounts. This intervention focuses on two products designed to improve uptake of savings: 1) long term savings program earmarked for pensions with a $\pm 30\%$ interest rate; and 2) shorter-term mobile savings accounts (equivalent to a current account) with a 15% interest rate. The pension savings product involves higher transaction costs (time and money) and a limited ability to withdraw money before retirement age. The mobile money account allows for instant transactions at a small fee. We conducted a Randomized Control Trial (RCT) where we randomized the pension product on a community level whereas the mobile savings product was randomized on an individual farmer level. The aim of the study is firstly to examine whether providing free savings accounts will improve savings uptake; and moreover to study the impact of uptake of new savings accounts on access to credit and/or change on traditional savings methods.

Résumé

La qualité et la productivité du cacao ont été au centre de plusieurs discussions sur l'industrie et la recherche pendant des années. La faible productivité des cultures a conduit les agriculteurs à dévaster plus de terres de forêt tropicale. Les prix fluctuants et bas de l'agriculture à forte intensité de main-d'œuvre ont rendu la culture du cacao peu attrayante pour les futures générations d'agriculteurs. Aider les agriculteurs à accéder aux services financiers leur permettra d'intensifier leur production et d'améliorer la qualité en adoptant de nouvelles technologies; ou cela leur permettra de se diversifier dans des entreprises plus lucratives.

Cette étude étudie l'impact de l'amélioration de l'inclusion financière des producteurs de cacao du Ghana en leur donnant accès à des comptes d'épargne. De nombreux auteurs soulignent l'importance de l'épargne (Brune et al., 2013, Dupas et Robinson 2013a 2013b, Prina 2013, Schaner 2013a). Les épargnes fournissent des sommes globales pour des investissements et peuvent induire des activités génératrices de revenus et / ou servir de mécanisme d'assurance. En outre, l'épargne est considérée

comme moins risquée que le prêt; elle apporte de la flexibilité, génère des intérêts et est volontaire, tandis que les intérêts doivent être payés à crédit et en cas de dette, des remboursements sont nécessaires. Les épargnes accumulées peuvent être utilisées pour financer des dépenses imprévues dues, par exemple, à des catastrophes, à des problèmes de santé, à des carences saisonnières et / ou à la possibilité d'exploiter des opportunités d'investissement inattendues. L'étude contient deux parties. Dans la première partie, nous avons utilisé les données d'enquête de 1 500 producteurs de cacao de la région orientale du Ghana pour fournir des détails sur l'inclusion financière actuelle de ces agriculteurs: leurs épargnes (formelles et informelles) et l'accès au crédit. Dans la deuxième partie, nous rendrons compte d'une intervention qui explore l'acceptation des comptes d'épargne par les agriculteurs. Cette intervention se concentre sur deux produits destinés à améliorer la captation de l'épargne: 1) un programme d'épargne à long terme pour les pensions avec un taux d'intérêt de $\pm 30\%$; et 2) des comptes d'épargne mobiles à court terme (équivalents à un compte courant) avec un taux d'intérêt de 15%. Le produit d'épargne-retraite implique des coûts de transaction plus élevés (temps et argent) et une capacité limitée à retirer de l'argent avant l'âge de la retraite. Le compte d'argent mobile permet des transactions instantanées à un prix réduit. Nous avons effectué un essai contrôlé aléatoire (ECA) où nous avons randomisé le produit retraite au niveau communautaire, alors que le produit d'épargne mobile a été randomisé au niveau de chaque agriculteur. Le but de l'étude est, premièrement, d'examiner si la fourniture de comptes-épargne gratuits améliorera la collecte de l'épargne; et, également, d'étudier l'impact de l'acceptation des nouveaux comptes-épargne dans l'accès au crédit et / ou la modification des méthodes d'épargne traditionnelles.

Resumen

La calidad y la productividad del cacao han sido un tema central de varias discusiones de la industria y la investigación durante años. La baja productividad de los cultivos ha llevado a los agricultores a talar más tierras de bosque lluvioso. Los precios fluctuantes y bajos de esa agricultura intensiva en mano de obra han hecho que el cultivo de cacao sea poco atractivo para las futuras generaciones de agricultores. Ayudar a los agricultores a acceder a los servicios financieros les permitirá intensificar su producción y mejorar la calidad mediante la adopción de nuevas tecnologías; o les permitirá diversificarse en negocios más lucrativos.

Este estudio estudia el impacto de mejorar la inclusión financiera de los productores de cacao de Ghana al darles acceso a cuentas de ahorro. Muchos autores enfatizan sobre la importancia del ahorro (Brune et al., 2013; Dupas y Robinson 2013a 2013b; Prina 2013; Schaner 2013a). Los ahorros brindan sumas globales para inversiones y pueden inducir actividades generadoras de ingresos y/o servir como mecanismo de seguro. Además, el ahorro se considera menos arriesgado que el préstamo; proporciona flexibilidad, genera intereses y es voluntario, mientras que los intereses deben pagarse a crédito y en caso de endeudarse, los reembolsos son obligatorios. Los ahorros acumulados se pueden usar para financiar gastos inesperados debido a, por ejemplo, desastres, problemas de salud, carencias estacionales y/o posibilidad de explotar oportunidades de inversión inesperadas. El estudio contiene dos partes. En la primera parte usamos datos de encuestas de 1 500 productores de cacao en la Región Oriental de Ghana para proporcionar detalles sobre la inclusión financiera actual de estos agricultores: sus ahorros (tanto formales como informales) y el acceso al crédito. En la segunda parte, informaremos sobre una intervención que explora la aceptación de las cuentas de ahorro por parte de los agricultores. Esta intervención se enfoca en dos productos diseñados para mejorar la captación de ahorros: 1) programa de ahorro a largo plazo destinado a pensiones con una tasa de interés de $\pm 30\%$; y 2) cuentas de ahorro móviles a corto plazo (equivalentes a una cuenta corriente) con una tasa de interés del 15%. El producto de ahorro de pensiones implica mayores costos de transacción (tiempo y dinero) y una capacidad limitada para retirar dinero antes de la edad de jubilación. La cuenta de dinero móvil permite

transacciones instantáneas a un precio reducido. Llevamos a cabo un ensayo de control aleatorio (ECA) donde aleatorizamos el producto de pensión a nivel comunitario, mientras que el producto de ahorro móvil se asignó al azar a nivel de cada agricultor. El objetivo del estudio es, en primer lugar, examinar si la provisión de cuentas de ahorro gratuitas mejorará la captación de ahorros; y, además, para estudiar el impacto de la aceptación de nuevas cuentas de ahorro en el acceso al crédito y/o el cambio en los métodos de ahorro tradicionales.

KNOWLEDGE GAP, SMALL FARMS AND INSECURE LAND TENURE LIMIT THE ADOPTION OF RESEARCH-BASED RECOMMENDATIONS FOR COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS DISEASE CONTROL

Christian Andres

Raphael Hoerler, Robert Home, Jonas Jörin, Henry K. Dzahini-Obiatey, Wilma J. Blaser, Andreas Gattinger, Samuel K. Offei, Johan Six

Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Department of International Cooperation

Abstract

The Cocoa Swollen Shoot Virus Disease (CSSVD) is a major factor limiting the productivity of cocoa (*Theobroma cacao* L.) farmers in West Africa. The disease is particularly relevant to Ghana, which is the second largest producer country of cocoa worldwide with the livelihood of around 800'000 families depending on the crop. The only known method of intervention for CSSVD infections is to remove infected trees, and the national eradication program has cut out more than 200 million trees since it began in 1946, with immense economic costs. Research into CSSVD has progressed and several prevention measures such as cordon sanitaire, barrier cropping, using partly tolerant hybrid planting material and removing alternative host trees have been proposed. The aim of this study is to identify the extent to which these prevention measures have been adopted and the main constraints that prevent cocoa farmers in Ghana from adopting them. We used the outcomes of interviews with 396 farmers and 6 focus group discussions, to inform a workshop with all relevant stakeholders in the cocoa value chain of Ghana. Our results show that the degree of adoption of prevention measures remains limited. Farmers with more knowledge about prevention measures, a more extensive social network, and a larger farm size are more likely to adopt CSSVD prevention measures. Less experienced farmers and those who have had previous experience with CSSVD are also more positive towards, and open to, adopting the prevention measures. Farmers consistently mentioned the need for technical advice and access to hybrid seedlings, which were among the solutions proposed at the multi-stakeholder workshop. Furthermore, the information flow between actors in the cocoa value chain is found to be a critical factor affecting the efficiency of knowledge spread, and consequently the adoption of, prevention measures. Our results are expected to contribute to the elaboration of an implementation action plan to boost the dissemination of feasible CSSVD control options.

Résumé

Le Swollen Shoot (CSSVD pour ses sigles en anglais) est un facteur important qui limite la productivité des producteurs de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Afrique de l'Ouest. La maladie est particulièrement présente au Ghana, qui est le deuxième plus grand producteur de cacao dans le monde et la survie d'environ 800 000 familles dépend de cette culture. La seule méthode d'intervention connue pour les infections au CSSVD est l'élimination des arbres infectés, et le programme national d'éradication a coupé plus de 200 millions d'arbres depuis 1946, avec des coûts économiques énormes. Les recherches sur le CSSVD ont progressé et plusieurs mesures de prévention ont été proposées telles que le cordon sanitaire, la culture de barrière, l'utilisation de semences hybrides partiellement tolérantes et l'élimination d'arbres hôtes alternatifs. L'objectif de cette étude est d'identifier dans quelle mesure ces mesures préventives ont été adoptées et les principales limites qui empêchent les producteurs de cacao du Ghana de les adopter. Nous avons utilisé les résultats d'entretiens avec 396 agriculteurs et 6 groupes de discussion pour former un atelier avec tous les acteurs concernés de la chaîne de valeur du cacao au Ghana. Nos résultats montrent que le degré d'adoption des mesures de prévention reste limité. Les agriculteurs ayant le plus de connaissances sur les mesures de prévention, un réseau social plus étendu et ferme avec une plus grande taille sont plus susceptibles d'adopter des mesures de prévention contre le CSSVD. Les agriculteurs les moins expérimentés et ceux qui ont

déjà eu une expérience avec le CSSVD sont également plus positifs et ouverts à l'adoption de mesures préventives. Les agriculteurs ont régulièrement mentionné le besoin de conseils techniques et d'accès aux semis hybrides, qui figuraient parmi les solutions proposées lors de l'atelier multipartite. En outre, il a été constaté que le flux d'informations entre les acteurs de la chaîne de valeur du cacao est un facteur critique qui affecte l'efficacité de la diffusion des connaissances et, par conséquent, l'adoption de mesures de prévention. Nos résultats devraient contribuer à l'élaboration d'un plan d'action de mise en œuvre afin de promouvoir la diffusion d'options de contrôle du CSSVD réalisables.

Resumen

La Enfermedad del Virus de los Tallos Inflamados del Cacao (CSSVD por sus siglas en inglés) es un factor importante que limita la productividad de los agricultores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en África occidental. La enfermedad es particularmente relevante para Ghana, que es el segundo país productor de cacao en todo el mundo y el sustento de alrededor de 800,000 familias depende del cultivo. El único método conocido de intervención para las infecciones por CSSVD es eliminar los árboles infectados, y el programa nacional de erradicación ha cortado más de 200 millones de árboles desde que comenzó en 1946, con inmensos costos económicos. La investigación sobre CSSVD ha progresado y se han propuesto varias medidas de prevención tales como el cordón sanitario, cultivo de barrera, el uso de material de siembra híbrido parcialmente tolerante y la eliminación de árboles hospedadores alternativos. El objetivo de este estudio es identificar en qué medida se han adoptado estas medidas de prevención y las principales limitaciones que impiden que los productores de cacao en Ghana las adopten. Utilizamos los resultados de las entrevistas con 396 agricultores y 6 discusiones de grupos focales, para informar un taller con todas las partes interesadas relevantes en la cadena de valor del cacao de Ghana. Nuestros resultados muestran que el grado de adopción de medidas de prevención sigue siendo limitado. Los agricultores con más conocimiento sobre las medidas de prevención, una red social más extensa y un tamaño de granja más grande tienen más probabilidades de adoptar medidas de prevención de CSSVD. Los agricultores menos experimentados y aquellos que han tenido experiencia previa con CSSVD también son más positivos y abiertos a la adopción de medidas de prevención. Los agricultores fueron consistentes al mencionar la necesidad de asesoramiento técnico y acceso a las plántulas híbridas, que se encontraban entre las soluciones propuestas en el taller de múltiples partes interesadas. Además, se constató que el flujo de información entre los actores de la cadena de valor del cacao es un factor crítico que afecta la eficiencia de la difusión del conocimiento y, en consecuencia, la adopción de medidas de prevención. Se espera que nuestros resultados contribuyan a la elaboración de un plan de acción de implementación para impulsar la disseminación de opciones de control de CSSVD factibles.

HELPING COCOA FARMERS TO HELP THEMSELVES: AN OVERVIEW OF EXTENSION METHODS AND HOW TO CHOOSE THE BEST ONES

Eric Boa

Sarath Prembakura, Joseph Kakule

Institute of Biological and Environmental Sciences, University of Aberdeen

Abstract

More farmers have mobile phones than ever before and increasing numbers have access to the internet. Improved communications, coupled with inexpensive and flexible means for producing extension material, have made it easier than ever to promote best practices and share new scientific knowledge on producing cocoa. Yet there is strong if largely anecdotal evidence that farmers are not benefiting fully from the information revolution, and that the role of the extension worker has changed little in response to new extension methods. I will review the general development of extension methods in agriculture in recent years and reflect on personal experiences of cocoa growing and extension providers in Ecuador and the Democratic Republic of the Congo. The overview will include new and traditional extension methods and compare their advantages and limitations. I will also assess sources of information on cocoa growing and their relevance and usefulness to the challenges of producing more and better quality cocoa. There is a general feeling that the disconnect in agriculture between research and extension is reducing, but we know few precise details and there are undoubtedly wide variations between countries and cropping systems. Given the relatively strong relationship between cocoa producers and buyers there are good opportunities to undertake systematic studies to understand where the blockages exist in helping farmers improve cocoa production and quality. This overview will suggest how these studies could be undertaken and highlight the importance of a neglected area of research.

Résumé

Plus que jamais, les fermiers ont des téléphones mobiles et de plus en plus de gens ont accès à Internet. L'amélioration des communications, conjuguée aux moyens économiques et flexibles pour produire du matériel de vulgarisation, a plus que jamais facilité la promotion des meilleures pratiques et le partage de nouvelles connaissances scientifiques sur la production de cacao. Cependant, il existe des preuves solides et largement anecdotiques que les agriculteurs ne bénéficient pas pleinement de la révolution de l'information et que le rôle de l'agent d'extension a peu changé en réponse aux nouvelles méthodes d'extension. Je passerai en revue le développement général des méthodes d'extension agricole de ces dernières années et je réfléchirai aux expériences personnelles des fournisseurs de la culture et de l'extension du cacao en Équateur et en République démocratique du Congo. La description générale comprendra des méthodes d'extension nouvelles et traditionnelles et comparera leurs avantages et leurs limites. J'évaluerai également les sources d'information sur la culture du cacao et leur pertinence et leur utilité pour relever les défis de produire plus de cacao et de meilleure qualité. Il y a un sentiment général que la déconnexion dans l'agriculture entre la recherche et l'extension se réduit, mais nous connaissons peu de détails précis et il existe sans aucun doute de grandes variations entre les pays et les systèmes de culture. Compte tenu de la relation relativement forte entre les producteurs de cacao et les acheteurs, il existe de bonnes opportunités d'entreprendre des études systématiques pour comprendre où sont les blocages afin d'aider les agriculteurs à améliorer la production et la qualité du cacao. Ce résumé va suggérer comment ces études pourraient être réalisées et souligner l'importance d'un domaine de recherche négligé.

Resumen

Más agricultores tienen teléfonos móviles que nunca antes y cada vez más personas tienen acceso a Internet. Las comunicaciones mejoradas, junto con los medios económicos y flexibles para producir material de extensión, han hecho que sea más fácil que nunca promover mejores prácticas y compartir nuevos conocimientos científicos sobre la producción de cacao. Sin embargo, existe evidencia fuerte, en gran medida anecdótica, de que los agricultores no se están beneficiando plenamente de la revolución de la información, y que el papel del oficial de extensión ha cambiado poco en respuesta a los nuevos métodos de extensión. Revisaré el desarrollo general de los métodos de extensión en la agricultura en los últimos años y reflexionaré sobre las experiencias personales de los proveedores de cultivo y extensión del cacao en Ecuador y la República Democrática del Congo. La descripción general incluirá métodos de extensión nuevos y tradicionales y comparará sus ventajas y limitaciones. También evaluaré las fuentes de información sobre el cultivo de cacao y su relevancia y utilidad para los desafíos de producir más cacao y de mejor calidad. Existe una sensación general de que la desconexión en la agricultura entre la investigación y la extensión se está reduciendo, pero conocemos pocos detalles precisos y, sin duda, hay amplias variaciones entre los países y los sistemas de cultivo. Dada la relación relativamente fuerte entre los productores de cacao y los compradores, hay buenas oportunidades para emprender estudios sistemáticos para comprender dónde están los bloqueos para ayudar a los agricultores a mejorar la producción y la calidad del cacao. Este resumen sugerirá cómo se podrían llevar a cabo estos estudios y resaltará la importancia de un área de investigación descuidada.

LABOUR AS A CONSTRAINT TO TECHNOLOGY ADOPTION: UNDERSTANDING THE ROLE OF FARMER HEALTH

David Guest

MM Walton, JK Konam, N. Nuryartono, G Vinning
The University of Sydney

Abstract

Labour contributes about 50% to the cost of cocoa production so increasing labour productivity is essential to increasing cocoa production. Adoption of new technologies by cocoa farmers requires healthy, trained workers, and promises higher yields and quality, in turn leading to higher incomes and living standards. Programs fostering the adoption of new technologies in cocoa production often fail because they are narrowly-focussed and ignore the socio-economic, gender and environmental contexts of the research and training provided. Project milestones are often framed as inputs without adequate evaluation of impacts. Even participatory research programs sometimes achieve only low rates of adoption if the capacities of the available workforce and incentives for further investment are inadequate or uncertain. For example, poor nutrition, infections, child and maternal diseases typically account for 20-30% lost productivity in developing countries. Young, relatively healthy labourers migrate to towns and cities in search of better living conditions and higher incomes, leaving an aging farming population with increasing health problems and poor access to services. Declining support for agricultural research and development has increased scrutiny of the effectiveness of development programs. We propose that effective programs to improve cocoa production and quality require interdisciplinary teams with expertise in agriculture, health, environment, marketing and social sciences. Our surveys of several thousand farmers and their families in Bougainville and Sulawesi have confirmed that investment in new technologies is constrained by poor health and nutrition and the lack of a clear price incentive. Our findings suggest that large-scale farmer training programs will continue to have limited impact unless these constraints are addressed, preferably as an integral component of programs that focus on intensification of cocoa farming, cocoa quality and market access, diversification of family incomes, gender equity and One-Health/Eco-Health programs aiming to improve community health.

Résumé

Le travail contribue à environ 50% au coût de la production de cacao, de sorte que l'augmentation de la productivité du travail est essentielle pour augmenter la production de cacao. L'adoption de nouvelles technologies par les producteurs de cacao exige des travailleurs en bonne santé et formés, et promet des rendements et une qualité plus élevés, ce qui entraîne à son tour des revenus et des niveaux de vie plus élevés. Les programmes qui encouragent l'adoption de nouvelles technologies dans la production de cacao échouent souvent parce qu'ils sont étroitement ciblés et ils ignorent les contextes socio-économiques de genre et environnementaux de la recherche et la formation dispensée. Les jalons du projet sont souvent présentés comme des intrants sans une évaluation d'impact appropriée. Même les programmes de recherche participative atteignent parfois de faibles taux d'adoption si les capacités de la main-d'œuvre disponible et les incitations à de nouveaux investissements sont inadéquates ou incertaines. Par exemple, la malnutrition, les infections, les maladies infantiles et les maladies maternelles représentent généralement une perte de productivité de 20 à 30% dans les pays en développement. Les travailleurs jeunes et relativement en bonne santé migrent vers les communes et les villes à la recherche de meilleures conditions de vie et de revenus plus élevés, laissant une population agricole vieillissante avec des problèmes de santé accrus et un manque d'accès aux services. Le déclin du soutien à la recherche et au développement agricoles a accru l'analyse de l'efficacité des programmes de développement. Nous proposons que les programmes efficaces pour améliorer la production et la qualité du cacao requièrent des équipes interdisciplinaires ayant une

expérience dans l'agriculture, la santé, l'environnement, le marketing et les sciences sociales. Nos enquêtes sur plusieurs milliers d'agriculteurs et leurs familles à Bougainville et Sulawesi ont confirmé que l'investissement dans les nouvelles technologies est limité par une mauvaise santé et la nutrition et le manque d'une stimulation des prix claire. Nos résultats suggèrent que les programmes de formation des agriculteurs à grande échelle continueront d'avoir un impact limité à moins que ces limitations, de préférence en tant que partie intégrante des programmes qui mettent l'accent sur l'intensification de la culture du cacao, la qualité du cacao et l'accès au marché, la diversification du revenu familial, l'équité entre les sexes et les programmes de santé One-Health / Eco-Health soient traitées dans le but d'améliorer la santé de la communauté.

Resumen

El trabajo contribuye aproximadamente el 50% al costo de la producción de cacao, por lo que aumentar la productividad laboral es esencial para aumentar la producción de cacao. La adopción de nuevas tecnologías por parte de los productores de cacao requiere trabajadores sanos y capacitados, y promete rendimientos y calidad más altos, lo que a su vez conduce a mayores ingresos y estándares de vida. Los programas que fomentan la adopción de nuevas tecnologías en la producción de cacao a menudo fracasan porque están estrechamente enfocados e ignoran los contextos socioeconómicos, de género y ambientales de la investigación y la capacitación provistas. Los hitos del proyecto a menudo se enmarcan como insumos sin una evaluación adecuada de los impactos. Hasta los programas de investigación participativa a veces logran tasas de adopción bajas si las capacidades de la mano de obra disponible y los incentivos para nuevas inversiones son inadecuados o inciertos. Por ejemplo, la mala nutrición, las infecciones, las enfermedades infantiles y las enfermedades maternas suelen representar un 20-30% de pérdida de productividad en los países en desarrollo. Los trabajadores jóvenes y relativamente sanos emigran a pueblos y ciudades en busca de mejores condiciones de vida y mayores ingresos, dejando a una población agrícola envejecida con problemas de salud crecientes y acceso deficiente a los servicios. La disminución del apoyo a la investigación y el desarrollo agrícolas ha incrementado el escrutinio de la efectividad de los programas de desarrollo. Proponemos que los programas efectivos para mejorar la producción y calidad del cacao requieren equipos interdisciplinarios con experiencia en agricultura, salud, medio ambiente, mercadeo y ciencias sociales. Nuestras encuestas a varios miles de agricultores y sus familias en Bougainville y Sulawesi han confirmado que la inversión en nuevas tecnologías se ve limitada por la mala salud y la nutrición y la falta de un claro incentivo de precios. Nuestros hallazgos sugieren que los programas de capacitación a agricultores de gran escala continuarán teniendo un impacto limitado a menos que se aborden estas limitaciones, preferiblemente como un componente integral de los programas que se enfocan en la intensificación del cultivo de cacao, calidad del cacao y acceso al mercado, diversificación de ingresos familiares, equidad de género y programas de salud One-Health/Eco- Health con el objetivo de mejorar la salud de la comunidad.

DEMYSTIFYING THE COCOA SECTOR

Anna Laven

Roger Bymolt, Marcelo Tyzler, Cedric Steijn, Friedel-Huetz Adams, Francois Ruf
Royal Tropical Institute (KIT)

Abstract

Demystifying the cocoa sector This paper brings together the main results of a large scale research project led by the Royal Tropical Institute (KIT), in partnership with Sudwind Institute, CIRAD, the Jacobs Foundation, IDH, UTZ, the Lindt Cocoa Foundation and GISCO. The aim of the research is to demystify many of the myths and assumptions about the cocoa sector in Côte d'Ivoire and Ghana. The researchers investigated three research areas, and their interlinkages: 1) dominant and subsidiary crop & livelihoods options; 2) differentiation of farming households in cocoa regions; and 3) intra-household dynamics, gender and nutrition. The following mixed methods were used for data collection: a systematic desk-study of 200 research papers, a household survey conducted with 1500 households in cocoa growing areas in Ghana, and 1500 households in Côte d'Ivoire (>30% female respondents), 76 focus group discussions and an ethnographic study in 3 cocoa growing communities. This paper aims to share the main findings of this major research trajectory. Several hypothesis have been tackled under the headings of Enabling environment; Farmer heterogeneity; The choice to grow cocoa; Options for income diversification; Production practices; Marketing practices; Gender and Intra household dynamics; Nutrition; and The future of cocoa. The paper will include recommendations, and the complete dataset will be made publically available in late 2017. Authors: Anna Laven, Roger Bymolt, Marcelo Tyzler, Cedric Steijn, Friedel Huetz-Adams and Francois Ruf.

Résumé

Ce document rassemble les principaux résultats d'un projet de recherche à grande échelle mené par le Royal Tropical Institute (KIT), en partenariat avec l'Institut Sudwind, le CIRAD, la Fondation Jacobs, IDH, UTZ, la Fondation Lindt Cocoa et GISCO. L'objectif de la recherche est de démystifier de nombreux mythes et hypothèses sur le secteur du cacao en Côte d'Ivoire et au Ghana. Les chercheurs ont étudié trois domaines de recherche et leurs interrelations: 1) les options de subsistance dominantes et subsidiaires et les moyens de subsistance; 2) la différenciation des ménages agricoles dans les régions cacaoyères; et 3) la dynamique intra-domestique, le genre et la nutrition. Les méthodes mixtes suivantes ont été utilisées pour la collecte des données: une étude documentaire systématique de 200 articles de recherche, une enquête auprès de 1500 ménages dans les zones de culture du cacao au Ghana et de 1500 ménages en Côte d'Ivoire (> 30% de femmes interrogées), 76 discussions de groupe et une étude ethnographique dans 3 communautés de producteurs de cacao. Ce document vise à partager les principaux résultats de cette importante trajectoire de recherche. Plusieurs hypothèses ont été abordées sous les titres de Milieu favorable; Hétérogénéité des agriculteurs; Le choix de cultiver du cacao; Options de diversification du revenu ; Pratiques de production ; Pratiques de marketing; Genre et dynamique intrafamiliale; Nutrition et L'avenir du cacao. Le document comprendra des recommandations et l'ensemble des données sera disponible au public d'ici la fin de 2017. Auteurs: Anna Laven, Roger Bymolt, Marcelo Tyzler, Cedric Steijn, Friedel Huetz-Adams et François Ruf.

Resumen

Este documento reúne los principales resultados de un proyecto de investigación a gran escala liderado por el Royal Tropical Institute (KIT), en asociación con el Instituto

Sudwind, CIRAD, la Fundación Jacobs, IDH, UTZ, Lindt Cocoa Foundation y GISCO. El objetivo de la investigación es desmitificar muchos de los mitos y suposiciones sobre el sector del cacao en Costa de Marfil y Ghana. Los investigadores investigaron tres áreas de investigación y sus interrelaciones: 1) opciones de cultivo y medios de vida dominantes y subsidiarios; 2) diferenciación de hogares agrícolas en regiones de cacao; y 3) dinámicas intradomésticas, género y nutrición. Se utilizaron los siguientes métodos mixtos para la recopilación de datos: un estudio sistemático de escritorio de 200 trabajos de investigación, una encuesta de hogares realizada con 1500 hogares en áreas de cultivo de cacao en Ghana y 1500 hogares en Costa de Marfil (> 30% de mujeres encuestadas) 76 discusiones de grupos focales y un estudio etnográfico en 3 comunidades de cultivo de cacao. El objetivo de la investigación es desmitificar muchos de los mitos y suposiciones sobre el sector del cacao en Côte d'Ivoire y Ghana. Los investigadores investigaron tres áreas de investigación y sus interrelaciones: 1) opciones de cultivo y medios de vida dominantes y subsidiarios; 2) diferenciación de hogares agrícolas en regiones de cacao; y 3) dinámicas intrafamiliares, género y nutrición. Se utilizaron los siguientes métodos mixtos para la recopilación de datos: un estudio sistemático de escritorio de 200 trabajos de investigación, una encuesta de hogares realizada con 1.500 hogares en áreas de cultivo de cacao en Ghana y 1.500 hogares en Costa de Marfil (> 30% de mujeres encuestadas) 76 discusiones de grupos focales y un estudio etnográfico en 3 comunidades de cultivo de cacao. Este documento tiene como objetivo compartir los principales hallazgos de esta importante trayectoria de investigación. Varias hipótesis se han abordado bajo los títulos de Entorno propicio; Heterogeneidad de los agricultores; La elección de cultivar cacao; Opciones para la diversificación de ingresos; Prácticas de producción; Prácticas de marketing; Género y dinámicas intrafamiliares; Nutrición; y El futuro del cacao. El documento incluirá recomendaciones, y el conjunto de datos completo estará disponible públicamente a fines de 2017. Autores: Anna Laven, Roger Bymolt, Marcelo Tyzler, Cedric Steijn, Friedel Huetz-Adams y Francois Ruf.

IMPACTS OF COCOA SUSTAINABILITY INITIATIVES IN WEST AFRICA

Verina Ingram
Wageninngen UR

Abstract

The cocoa sector faces numerous challenges, including persistent low tree productivity, low farmer and worker incomes, pests and diseases, poor labour conditions and negative environmental impacts. In the last decade, organising smallholder farmers into groups and introducing voluntary initiatives, such as certification, has been a solution proposed to address these problems. Increasingly certification accompanied by farmer training, in-field demonstration and arranging access for cooperatives to agricultural inputs and credit have been implemented by international traders together with certification organisations, national government agencies, bilateral support from cocoa consumer country governments, and NGOs. But have these interventions worked and solved these challenges as intended?. We draw lessons from large-scale quantitative and qualitative impact evaluations in Ghana and in Ivory Coast. These evaluations analysed the outcomes of the UTZ sustainability standard and program (including certification and other interventions), cocoa traders and a financing organisation (IDH, the Initiative for Sustainable Trade), followed by two rounds of interviews with a representative sample of UTZ certified farmers and a comparison group of non-certified farmers (385 in 2012 and 352 in 2015 in Ghana, and 725 in 2013 and 500 in 2017 in Ivory Coast), as well as interviews with all the traders involved, cooperative managers, service providers, focus groups in farmer villages, traders and certification standards control system data, and a literature review to examine external influences and attribute changes. Fifteen economic, social and environmental indicators addressing UTZ' theory of change were used to measure changes, covering farmers' incomes, cocoa productivity, farmer's and farm worker's living and working conditions, agricultural practices and environmental impacts. The studies show that sustainability interventions have been extensively scaled up and have changed in nature, with a broader range and mix of interventions in recent years. The outcomes so far were mixed, both positive and negative and generally modest, compared over time and to outcomes experienced by non-certified farmers in similar agro-ecological regions. The paper will further elaborate on the types of initiatives and their impacts. The implications for certification standards, traders, NGO and government programs and activities in the cocoa sector in West Africa will be discussed. We will deliberate the strengths and limitations of the approaches used to gather data and analyse the impact of interventions. We reflect how untangling and attributing the outcomes of different interventions can be improved.

Résumé

Le secteur du cacao fait face à de nombreux défis, notamment la faible productivité persistante des arbres, le faible revenu des agriculteurs et des travailleurs, les ravageurs et les maladies, les mauvaises conditions de travail et les impacts négatifs sur l'environnement. Au cours de la dernière décennie, organiser les petits agriculteurs en groupes et introduire des initiatives volontaires, telles que la certification, a été une solution proposée pour résoudre ces problèmes. Les négociants internationaux ont mis en œuvre de plus en plus de certifications avec la formation des agriculteurs, des démonstrations sur le terrain et l'accès des coopératives aux intrants agricoles et aux crédits avec des organismes de certification, des organismes gouvernementaux nationaux, l'aide bilatérale des gouvernements des pays consommateurs de cacao et les ONG. Mais ces interventions ont-elles fonctionné et résolu ces défis comme prévu? Nous tirons des leçons des évaluations d'impact quantitatives et qualitatives à grande échelle au Ghana et en Côte d'Ivoire. Ces évaluations ont analysé les résultats du standard et du programme de durabilité UTZ (y compris la certification et d'autres interventions), des négociants en cacao et une organisation financière (IDH, Iniciativa

para el Comercio Sostenible), suivie de deux séries d'entretiens avec un échantillon représentatif d'agriculteurs certifiés par UTZ et un groupe de comparaison d'agriculteurs non certifiés (385 en certifiés 2012 et 352 en 2015 au Ghana, et 725 en 2013 et 500 en 2017 en Côte-d'Ivoire), ainsi que des entretiens avec tous les opérateurs impliqués, responsables des coopératives, fournisseurs de services, groupes de discussion dans les villages des agriculteurs, des commerçants et des normes de certification des données du système de contrôle, et une étude de la littérature pour examiner les influences extérieures et les attributs changeants. Quinze indicateurs économiques, sociaux et environnementaux qui traitent de la théorie du changement d'UTZ ont été utilisés pour mesurer les changements, couvrant les revenus des agriculteurs, la productivité du cacao, les conditions de vie et de travail des agriculteurs et des paysans, les pratiques agricoles et les impacts environnementaux. Des études montrent que les interventions de développement durable se sont largement étendues et ont changé de nature, avec un éventail plus large et une combinaison d'interventions au cours des dernières années. Les résultats obtenus jusqu'ici étaient mitigés, à la fois positifs et négatifs et généralement modestes, comparés dans le temps et avec les résultats obtenus par les agriculteurs non certifiés dans des régions agro-écologiques similaires. Le document examinera les types d'initiatives et leurs impacts. Les implications pour les normes de certification, les commerçants, les ONG et les programmes et activités du gouvernement dans le secteur du cacao en Afrique de l'Ouest seront discutées. Nous délibérerons sur les forces et les limites des approches utilisées pour collecter les données et analyser l'impact des interventions. Nous réfléchissons à la façon de démêler tout ça et d'attribuer les résultats aux différentes interventions.

Resumen

El sector del cacao se enfrenta a numerosos desafíos, incluida la persistente baja productividad de los árboles, los bajos ingresos de los agricultores y los trabajadores, las plagas y enfermedades, las malas condiciones laborales y los impactos ambientales negativos. En la última década, organizar a los pequeños agricultores en grupos e introducir iniciativas voluntarias, como la certificación, ha sido una solución propuesta para abordar estos problemas. Los comerciantes internacionales han implementado cada vez más certificaciones acompañadas de capacitación de agricultores, demostraciones en el campo y acceso de cooperativas a insumos y créditos agrícolas junto con organizaciones de certificación, agencias gubernamentales nacionales, apoyo bilateral de gobiernos de países consumidores de cacao y ONG. Pero, ¿estas intervenciones han funcionado y han resuelto estos desafíos como se esperaba? Extraemos lecciones de evaluaciones de impacto cuantitativas y cualitativas a gran escala en Ghana y en Costa de Marfil. Estas evaluaciones analizaron los resultados del estándar y programa de sostenibilidad UTZ (incluyendo certificación y otras intervenciones), comerciantes de cacao y una organización financiera (IDH, la Iniciativa para el Comercio Sostenible), seguidas de dos rondas de entrevistas con una muestra representativa de agricultores certificados por UTZ y un grupo de comparación de agricultores no certificados (385 en 2012 y 352 en 2015 en Ghana, y 725 en 2013 y 500 en 2017 en Costa de Marfil), así como entrevistas con todos los comerciantes involucrados, gerentes cooperativos, proveedores de servicios, grupos focales en aldeas de agricultores, comerciantes y normas de certificación de datos del sistema de control, y una revisión de la literatura para examinar las influencias externas y los cambios de los atributos. Quince indicadores económicos, sociales y ambientales que abordan la teoría del cambio de UTZ se usaron para medir los cambios, cubriendo los ingresos de los agricultores, la productividad del cacao, las condiciones de vida y trabajo de los agricultores y campesinos, las prácticas agrícolas y los impactos ambientales. Los estudios muestran que las intervenciones de sostenibilidad se han ampliado ampliamente y han cambiado en la naturaleza, con un rango más amplio y una combinación de intervenciones en los últimos años. Los resultados hasta el momento fueron mixtos,

tanto positivos como negativos y generalmente modestos, comparados en el tiempo y con los resultados experimentados por agricultores no certificados en regiones agroecológicas similares. El documento profundizará en los tipos de iniciativas y sus impactos. Se discutirán las implicaciones para las normas de certificación, los comerciantes, las ONG y los programas gubernamentales y las actividades en el sector del cacao en África Occidental. Vamos a deliberar sobre las fortalezas y limitaciones de los enfoques utilizados para recopilar datos y analizar el impacto de las intervenciones. Reflejamos cómo se puede mejorar el desenredar y atribuir los resultados de diferentes intervenciones.

INTENSIFICATION OF COCOA IN THE PERUVIAN AMAZON: GENDER RELATIONS AND OPTIONS FOR DEEPER ENGAGEMENT BY WOMEN

Trent Blare

Jason Donovan

World Agroforestry Centre (ICRAF)

Abstract

Despite the important role women play in on-farm cocoa production activities, little is known about the influence of efforts to intensify production on gender roles and women's empowerment. We examined gender roles in asset ownership, productive and domestic activities and household decision-making as well as women's interest and time constraints in cocoa production following an intervention to intensify cocoa production in the region of the Valleys of the Rivers Apurimac, Ene and Montaro (VRAEM), Peru—an area which has suffered from years of social conflict, resulting in households having abandoned their farms. We collected sex-disaggregated data from 61 structured, household interviews and conducted informant interviews with NGOs, cocoa buyers, and governmental officials to verify and clarify the findings. The results revealed that cocoa intensification programs have contributed to enhanced cocoa productivity and household income. Nonetheless, many households had failed to replicate this economic success outside of cocoa; nearly a third of them were dependent on cocoa as their only source of income. Women have played an important role in intensification of cocoa production. They often engage in the same tasks as men, and tended to be involved in making decisions on how the earnings from cocoa production were spent. However, women were largely excluded from making decisions on the marketing of cocoa and the purchase and sale of land and major farm equipment. Because of differentiated gender roles, women were expected to complete all domestic activities, leaving them with little time to be involved in on-farm activities and participate in trainings and cooperative meetings, even though many women displayed a strong interest in cocoa production. Many women also felt uninformed about meetings, the provision of technical assistance and market conditions. Recommendations for building more gender inclusive value chains include using mobile phones to share production information, market prices and meeting times; forming women and youth groups and training and hiring women technicians. Results also suggest an opportunity to move beyond the promotion of only cocoa to a diversity of economic activities that are important for women and the finances of smallholder households in the VRAEM.

Résumé

Malgré le rôle important des femmes dans les activités de production du cacao dans les exploitations agricoles, on sait peu de choses sur l'influence des efforts visant à intensifier la production sur les rôles de genre et l'autonomisation des femmes. Nous examinons les rôles entre les sexes dans la propriété d'actifs, dans l'activité productive et domestique et dans la prise de décision domestique, ainsi que l'intérêt des femmes et les contraintes de temps dans la production de cacao après une intervention pour intensifier la production de cacao dans les régions Valle de los Rios, Apurimac, Ene et Montaro (VRAEM), au Pérou, une zone qui a traversé des années de conflit social, ce qui a causé l'abandon des fermes par les familles. Nous avons collecté des données séparées par sexe à partir de 61 entretiens structurés à des ménages et nous avons développé des entretiens auprès d'informateurs d'ONG, d'acheteurs de cacao et de représentants du gouvernement pour vérifier et clarifier les résultats. Les résultats ont révélé que les programmes d'intensification du cacao ont contribué à améliorer la productivité du cacao et le revenu familial. Cependant, beaucoup de familles n'avaient pas réussi à reproduire ce succès économique en dehors du cacao; près d'un tiers d'entre eux dépend du cacao comme seule source de revenus. Les femmes ont joué un rôle important dans l'intensification de la production de cacao. Elles

accomplissent souvent les mêmes tâches que les hommes et ont tendance à participer à la prise de décisions sur la façon dont les bénéfices de la production de cacao ont été dépensés. Cependant, les femmes étaient largement exclues de la prise de décisions concernant la commercialisation du cacao et l'achat et la vente de terres et de gros équipements agricoles. En raison des différents rôles de genre, il était prévu que les femmes complèteraient toutes les activités domestiques, en les laissant avec peu de temps pour participer à des activités agricoles, à des séances de formation et des réunions de coopération, bien que beaucoup de femmes aient manifesté un grand intérêt pour la production de cacao. De nombreuses femmes se sont également senties mal informées au sujet des réunions, de la fourniture d'assistance technique et des conditions du marché. Les recommandations pour construire des chaînes de valeur plus inclusives comprennent l'utilisation des téléphones portables pour partager les informations de la production, les prix du marché et les dates des réunions; former des groupes de femmes et de jeunes et former et embaucher des femmes techniciennes. Les résultats suggèrent également une opportunité d'aller au-delà de la promotion du cacao uniquement pour une variété d'activités économiques qui sont importantes pour les femmes et les finances des ménages de petits exploitants dans le VRAEM.

Resumen

A pesar del importante papel de las mujeres en las actividades de producción de cacao en las fincas, se sabe poco sobre la influencia de los esfuerzos para intensificar la producción sobre los roles de género y el empoderamiento de las mujeres. Examinamos los roles de género en la propiedad de activos, actividades productivas y domésticas y toma de decisiones domésticas, así como el interés de las mujeres y las limitaciones de tiempo en la producción de cacao luego de una intervención para intensificar la producción de cacao en la región de los Valles de los ríos Apurímac, Ene y Montaro (VRAEM), Perú, un área que ha sufrido años de conflicto social, lo que ha provocado que las familias hayan abandonado sus granjas. Recopilamos datos desglosados por sexo de 61 entrevistas estructuradas a hogares y desarrollamos entrevistas con informantes a ONG, compradores de cacao y funcionarios gubernamentales para verificar y aclarar los hallazgos. Los resultados revelaron que los programas de intensificación del cacao han contribuido a mejorar la productividad del cacao y el ingreso familiar. No obstante, muchas familias no habían logrado reproducir este éxito económico fuera del cacao; casi un tercio de ellos dependía del cacao como su única fuente de ingresos. Las mujeres han jugado un papel importante en la intensificación de la producción de cacao. A menudo se involucran en las mismas tareas que los hombres, y tienden a participar en la toma de decisiones sobre cómo se gastaron las ganancias de la producción de cacao. Sin embargo, las mujeres quedaron en gran medida excluidas de tomar decisiones sobre la comercialización del cacao y la compra y venta de tierras y de los principales equipos agrícolas. Debido a los roles diferenciados de género, se esperaba que las mujeres completaran todas las actividades domésticas, dejándolas con poco tiempo para participar en actividades agrícolas y participar en capacitaciones y reuniones de cooperación, aunque muchas mujeres mostraron un gran interés en la producción de cacao. Muchas mujeres también se sentían desinformadas acerca de las reuniones, la provisión de asistencia técnica y las condiciones del mercado. Las recomendaciones para construir cadenas de valor más incluyentes comprenden el uso de teléfonos celulares para compartir información de producción, precios de mercado y tiempos de reunión; formar grupos de mujeres y jóvenes y capacitar y contratar mujeres técnicas. Los resultados también sugieren una oportunidad para ir más allá de la promoción del cacao únicamente a una diversidad de actividades económicas que son importantes para las mujeres y las finanzas de los hogares de pequeños agricultores en el VRAEM.

FROM LABOUR DEMAND TO BUSINESS PROSPECTS FOR RURAL YOUTH: A STUDY IN THE FANTEAKWA DISTRICT OF GHANA

Frederick Amon-Armah
Nana Akua Anyidoho, Sander Muilerman
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Ask a cocoa farmer in Ghana whether they would like their child to go into cocoa farm activities and they will often respond 'no'. Now, ask if they would like them to go into cocoa business, and the vast majority will say 'yes' (Wagner et al., 2015). But what business opportunities do youth see for themselves within the rural communities? This paper identifies and maps out potential enterprises for youth within cocoa farming communities. The study was undertaken in the Fanteakwa District of the Eastern Region of Ghana. A survey was conducted with 251 respondents including adult farmers, young cocoa farmers, and youth not in cocoa. Descriptive and regression analysis were performed on the survey data. The findings suggest a significant latent demand for agricultural services by cocoa farmers mainly for activities such as land preparation and farm maintenance activities (e.g., pesticide spraying, regular weeding and mistletoes removal). Over 59% of the farmers were willing to pay for individual farming activities ranging from land clearing to harvesting. These could be business opportunities for youth employment in rural cocoa communities. However, the youth did not perceive business opportunities in services provision to the same extent as demanded by the older cocoa farmers. Only one cocoa activity (i.e., cocoa fermentation) was realized as an opportunity for a business enterprise for the youth based on differences between the prices farmers were willing to pay and what the youth were willing to accept. Meanwhile only about 3% of the older farmers demanded cocoa fermentation services and only 1% of the youth were interested in cocoa fermentation as a business. Most youth were also interested in Holing and planting cocoa seedling as a business (52%), Harvesting and gathering of cocoa pods as a business (39%), and pruning as a business (30%). Yet, the prices that older farmers were willing to pay for such services though highly demanded by them were up to Gh¢40.00 (\$10.00) lower than expected by the youth.

Résumé

Demandez à un producteur de cacao au Ghana s'il aimerait que ses enfants participent à des activités liés à la culture du cacao et il répondra souvent «non». Maintenant, demandez-leur s'ils aimeraient qu'ils travaillent dans le commerce du cacao, et la grande majorité dira «oui» (Wagner et al., 2015). Mais quelles opportunités d'affaires les jeunes voient-ils dans les communautés rurales? Ce document identifie et cartographie les entreprises potentielles pour les jeunes dans les communautés de culture du cacao. L'étude a été menée dans le district de Fanteakwa, dans l'est du Ghana. Une enquête a été menée auprès de 251 personnes interrogées, dont des agriculteurs adultes, de jeunes producteurs de cacao et des jeunes qui ne sont pas dans la culture du cacao. Une analyse descriptive et de régression a été faite sur les données de l'enquête. Les résultats suggèrent une importante demande latente en services agricoles de la part des producteurs de cacao principalement pour des activités comme les activités de préparation de la terre et des activités d'entretien de la ferme (par exemple, la pulvérisation de pesticides, l'élimination régulière des mauvaises herbes et des broussailles). Plus de 59% des agriculteurs étaient prêts à payer pour des activités agricoles individuelles allant du défrichage à la récolte. Ces dernières pourraient être des opportunités d'affaires pour l'emploi des jeunes dans les communautés rurales de cacao. Cependant, les jeunes n'ont pas perçu les opportunités d'affaires dans la fourniture de services dans la même mesure que les anciens producteurs l'exigeaient. Seule une activité de cacao (par exemple, la fermentation du cacao) a été réalisée comme une

opportunité pour une société commerciale pour les jeunes basée sur les différences entre les prix que les agriculteurs étaient prêts à payer et ce que les jeunes étaient prêts à accepter. Pendant ce temps, seulement environ 3% des agriculteurs les plus âgés demandaient des services de fermentation du cacao et seulement 1% des jeunes étaient intéressés par la fermentation du cacao en tant qu'affaire. La plupart des jeunes étaient aussi intéressés par le forage et la plantation de plantules de cacao comme une affaire (52%), la récolte et la collecte des fèves de cacao comme une affaire (39%) et l'extension comme une affaire (30%). Toutefois, les prix que les agriculteurs les plus âgés étaient prêts à payer pour de tels services, bien qu'ils aient été très demandés par eux, ont été jusqu'à Gh ₵ 40.00 (USD 10,00 \$) plus bas de ce qu'attendaient les jeunes.

Resumen

Pregúntele a un productor de cacao en Ghana si le gustaría que sus hijos participen en actividades agrícolas de cacao y con frecuencia responderán "no". Ahora, pregunte si les gustaría que ingresen al negocio del cacao, y la gran mayoría dirá 'sí' (Wagner et al., 2015). Pero, ¿qué oportunidades de negocios ven los jóvenes dentro de las comunidades rurales? Este documento identifica y traza posibles empresas para jóvenes dentro de las comunidades de cultivo de cacao. El estudio se realizó en el distrito de Fanteakwa de la región oriental de Ghana. Se realizó una encuesta con 251 encuestados, incluidos agricultores adultos, jóvenes productores de cacao y jóvenes que no están en el cacao. Se realizó un análisis descriptivo y de regresión en los datos de la encuesta. Los hallazgos sugieren una importante demanda latente de servicios agrícolas por parte de los productores de cacao principalmente para actividades tales como la preparación de la tierra y actividades de mantenimiento de la granja (por ejemplo, fumigación de plaguicidas, eliminación regular de malezas y muérdago). Más del 59% de los agricultores estaban dispuestos a pagar por las actividades agrícolas individuales que van desde la limpieza de la tierra hasta la cosecha. Estas podrían ser oportunidades de negocios para el empleo juvenil en comunidades rurales de cacao. Sin embargo, los jóvenes no percibieron las oportunidades de negocios en la provisión de servicios en la misma medida que lo exigían los productores de mayor edad. Solo una actividad de cacao (por ejemplo, la fermentación de cacao) se realizó como una oportunidad para una empresa comercial para los jóvenes basada en las diferencias entre los precios que los agricultores estaban dispuestos a pagar y lo que los jóvenes estaban dispuestos a aceptar. Mientras tanto, solo alrededor del 3% de los agricultores mayores exigían servicios de fermentación de cacao y solo el 1% de los jóvenes estaban interesados en la fermentación de cacao como negocio. La mayoría de los jóvenes también estaban interesados en la perforación y la plantación de plántulas de cacao como negocio (52%), la cosecha y recolección de vainas de cacao como negocio (39%) y la poda como negocio (30%). Sin embargo, los precios que los agricultores mayores estaban dispuestos a pagar por tales servicios, aunque eran muy demandados por ellos, fueron hasta Gh ₵40.00 (USD \$10.00) más bajos de lo que esperaban los jóvenes.

Poster/Poster Slam

THEMATIC 1: GENETICS AND BREEDING

DIGITAL DATA CAPTURE IN COCOA BREEDING: A PRACTICAL BARCODE-BASED SYSTEM

Christopher Turnbull

M. End, G. Lockwood, E. Nsiah, H. Okai, CRIG, Ghana

School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading

Abstract

Digital data capture can help reduce human error throughout the breeding process; from the generation, propagation and planting-out of germplasm, to identifying plants in the field, recording traits and transposing records to a spreadsheet or database. Errors made at the time of planting are costly and identifying and correcting mistakes in the vast datasets typically created by breeding programmes is difficult and time consuming. Therefore, it is vital to minimise these errors at the point of origin. The Mabang Megakarya Selection Programme (MMSP) is a large-scale cocoa breeding programme run by the Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG) developing high performance planting materials. With nearly 100,000 trees planted in over 40 clonal and seedling trials, a practical and robust data capture system was required to speed up data collection and reduce errors. However, the system needed to work in an environment with an intermittent power supply, unreliable internet access and limited access to consumables. Error-free recognition of labels is a key component of data capture and barcodes are simple to generate and easily added to printed labels. Since consumer barcode systems are now relatively inexpensive and easy to adapt, they formed the basis of a system created for MMSP that uses barcode readers and USB-connected balances to simplify data collection, automating it wherever possible. The system is based on the protocols already established at MMSP and can be readily adopted by field workers. The combination of mobile computers and barcode labels are also used throughout the stages of generating plant material and planting it in the field, making it possible to trace the pedigree of each individual plant and identify every descendant arising from a propagation error. A nursery inventory keeps track of the number and locations of healthy plants available for new trials. Data from the barcode-scanning mobile computers are imported directly into standard software, eliminating the errors associated with transcribing names, codes and field measurements, as well as saving time. The programme has a web-based interface for a simple and familiar user experience. It incorporates error checks at various stages and can summarise data as required, with information from whole trials down to individual trees available to view or export for analysis. This paper gives an overview of the digital data collection system developed for MMSP and discusses the decision-making processes behind each stage of its development.

Résumé

La capture des données digitales peut aider à réduire l'erreur humaine tout au long du processus de la reproduction ; depuis la génération, la propagation et la plantation du germoplasme, jusqu'au repérage des plantes sur le terrain, le registre des traits et la transposition des registres sur une feuille de calcul u une base de données. Les erreurs commises au moment des semailles sont coûteux et le repérage et la correction des erreurs dans les grands ensembles des données créés normalement par des logiciels d'amélioration est difficile et prend beaucoup de temps. Il est donc vital de minimiser ces erreurs depuis l'origine. Le Programme de Sélection Mabang Megakarya (MMSP par ses sigles en anglais) est un programme de culture de cacao à grande échelle, dirigé par l'institut de Recherche de Cacao du Ghana (CRIG par ses sigles en anglais) qui développe des matériaux de semailles de haute performance. Avec Presque 100.000 arbres plantés sur plus de 40 essais clonaux et des plantules, un système de capture de données pratique et robuste pour accélérer la recollection

de données et réduire les erreurs s'est avéré nécessaire. Or, le système devait pouvoir travailler dans un entourage avec un débit d'énergie intermittent, un accès non fiable sur Internet et un accès limité aux consommables. La reconnaissance sans erreurs des étiquettes est une composante clé dans la capture de données et les codes-barres sont faciles à créer et à ajouter sur les étiquettes imprimées. Vu que les systèmes de code-barres du consommateur sont à ce jour relativement bon-marché et faciles à adapter, la base d'un système créé pour MMSP qui utilise les codes-barres et les balances connectées par USB afin de simplifier la recompilation de données en l'automatisant pourvu que ce soit possible. Le système se base sur des protocoles déjà établis dans MMSP et peut être adopté facilement par les travailleurs du terrain. La combine d'ordinateurs portables et d'étiquettes de code-barres est également utilisée pendant toutes les étapes de création de matériel végétal et de plantation sur le terrain, ce qui permet de suivre la trace de la lignée de chaque plante individuelle et repérer chaque descendant issu d'une erreur de propagation. Un inventaire de serre fait le suivi du nombre et des placements des plantes saines disponibles pour de nouveaux essais. Les données des ordinateurs portables de numérisation de code-barres sont importées directement au logiciel standard, en éliminant les erreurs associées avec la transcription de noms, de codes et de mesures de terrain, et en épargnant du temps. Le programme a une interphase basée sur le réseau pour une expérience d'utilisateur simple et familiale. Il incorpore des évaluations d'erreurs dans plusieurs étapes et peut résumer les données selon le besoin, avec l'information des essais complets jusqu'aux arbres individuels disponibles pour voir ou exporter les analyses. Ce document offre une vision générale du système de recollection de données digitales développé pour MMSP, et discute les processus de la prise de décisions derrière chaque étape avec son développement.

Resumen

La captura de datos digitales puede ayudar a reducir el error humano a lo largo del proceso de reproducción; desde la generación, propagación y plantación de germoplasma, hasta la identificación de plantas en el campo, el registro de rasgos y la transposición de registros a una hoja de cálculo o base de datos. Los errores cometidos en el momento de la siembra son costosos y la identificación y corrección de errores en los vastos conjuntos de datos creados normalmente por los programas de mejoramiento es difícil y lleva mucho tiempo. La captura de datos digitales puede ayudar a reducir el error humano a lo largo del proceso de reproducción; desde la generación, propagación y plantación de germoplasma, hasta la identificación de plantas en el campo, el registro de rasgos y la transposición de registros a una hoja de cálculo o base de datos. Los errores cometidos en el momento de la siembra son costosos y la identificación y corrección de errores en los vastos conjuntos de datos creados normalmente por los programas de mejoramiento es difícil y lleva mucho tiempo. Por lo tanto, es vital minimizar estos errores en el punto de origen. El Programa de Selección Mabang Megakarya (MMSP por sus siglas en inglés) es un programa de cultivo de cacao a gran escala dirigido por el Instituto de Investigación del Cacao de Ghana (CRIG por sus siglas en inglés) que desarrolla materiales de siembra de alto rendimiento. Con casi 100.000 árboles plantados en más de 40 ensayos clonales y de plántulas, se requirió un sistema de captura de datos práctico y robusto para acelerar la recolección de datos y reducir los errores. Sin embargo, el sistema necesitaba poder trabajar en un entorno con un suministro de energía intermitente, acceso a internet no confiable y acceso limitado a consumibles. El reconocimiento sin errores de las etiquetas es un componente clave de la captura de datos y los códigos de barras son fáciles de generar y agregar a las etiquetas impresas. Dado que los sistemas de códigos de barras del consumidor ahora son relativamente baratos y fáciles de adaptar, formaron la base de un sistema creado para MMSP que utiliza lectores de códigos de barras y balanzas conectadas por USB para simplificar la recopilación de datos, automatizándolo siempre que sea posible. El sistema se basa en los protocolos ya establecidos en MMSP y puede ser adoptado fácilmente por los trabajadores de

campo. La combinación de computadoras portátiles y etiquetas de códigos de barras también se usa en todas las etapas de generación de material vegetal y plantación en el campo, lo que permite rastrear el linaje de cada planta individual e identificar a cada descendiente que surge de un error de propagación. Un inventario de vivero hace un seguimiento del número y las ubicaciones de plantas sanas disponibles para nuevos ensayos. Los datos de las computadoras portátiles de escaneo de códigos de barras se importan directamente al software estándar, eliminando los errores asociados con la transcripción de nombres, códigos y mediciones de campo, así como también ahorrando tiempo. El programa tiene una interfaz basada en la red para una experiencia de usuario sencilla y familiar. Incorpora chequeos de errores en varias etapas y puede resumir los datos según sea necesario, con información de ensayos completos hasta árboles individuales disponibles para ver o exportar para su análisis. Este documento ofrece una visión general del sistema de recolección de datos digitales desarrollado para MMSP y discute los procesos de toma de decisiones detrás de cada etapa en su desarrollo.

GENETIC DIVERSITY AND GENETIC STRUCTURE OF A WILD CACAO POPULATION USING SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS

Antoinette Sankar

Pathmanathan Umaharan

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC, UWI)

Abstract

Cacao, the precious resource upon which a global multi-billion dollar industry depends is under threat from diseases such as Black Pod (a global scourge), Witches' Broom disease, and the growing threat that has not yet reached all parts of the cocoa world, Frosty Pod. Demand for this 'brown gold' has been predicted to outstrip supply in the not-to-distant future. What the cocoa industry needs may be locked in the genome of untapped germplasm such as the wild-type accessions collected during the London Cocoa Trade Amazon project. The London Cocoa Trade accessions were held at the EEN station (thus the accession prefix: LCT EEN), and are now at Pichilingue research station in Ecuador though some were successfully transferred to the International Cocoa Genebank, Trinidad (ICGT) as part of the original project agreement. The original trees from which this LCT EEN collection was produced may no longer exist due to the extensive destruction of virgin forest in the Amazon. A timely intervention into the conservation of this collection is long overdue. Single Nucleotide Polymorphisms (SNP) markers because of their high resolution have the capacity to provide valuable insight into the genetic constitution of this wild cacao population. The objective of this research was to characterise available LCT EEN accessions with Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) and evaluate their genetic diversity. Additionally the available geo-referencing information will be combined with genetic characterisation to assess the existence of spatial genetic relationships among the accessions and make conclusions about spatial genetic structure of this unique population. Output to be presented will include information on genetic diversity and spatial relationships, and plans for future work will be discussed.

Résumé

Le cacao, la ressource la plus précieuse dont dépend une industrie multimillionnaire mondiale, est menacée par des maladies comme la Cosse Noire (un fléau global), la maladie du Balai de Sorcière et la menace croissante de ne pas avoir encore atteint tous les coins du monde du cacao, la Moniliose. Il a prédit que la demande³ de cet "or marron" dépassera l'offre dans un futur proche. Ce dont l'industrie du cacao a besoin peut être caché dans le génome de germoplasme non exploité, à savoir, les accessions sylvestres recueillies pendant le projet de l'Amazonie du Commerce du Cacao de Londres. Les acquisitions du Commerce du Cacao de Londres (LCT) ont été réalisées à la station EEN (d'où le préfixe d'accès : LCT EEN), et elles se trouvent maintenant à la station de recherche de Pichilingue en Équateur, bien que certaines d'entre elles aient été transférées avec succès à la Banque Internationale de Gènes du Cacao à Trinidad (ICGT par ses sigles en anglais) comme une partie de l'accord original du projet. Il est possible que les arbres originaux d'où provient cette collection de LCT EEN n'existent plus à cause de la destruction étendue de la forêt vierge de l'Amazonie. Une intervention opportune sur la conservation de cette collection est à faire depuis longtemps. Vue sa résolution élevée, les marqueurs de polymorphismes de nucléotide unique (SNP) et évaluer sa diversité génétique. En outre, l'information de référentiation géographique disponible sera combinée avec la caractérisation génétique afin d'évaluer l'existence des relations génétiques spatiales entre les accessions et arriver à des conclusions sur la structure génétique spatiale de cette population unique. Le produit qui sera présenté inclura de l'information sur la diversité génétique et les relations spatiales, et l'on discutera sur les projets sur le travail à faire dans l'avenir.

Resumen

Cacao, el recurso precioso sobre el que depende una industria multimillonaria mundial está bajo la amenaza de enfermedades como la Vaina Negra (un flagelo global), la enfermedad de Escoba de Bruja y la creciente amenaza que aún no ha alcanzado todas las partes del mundo del cacao, la Moniliasis. Se ha predicho que la demanda de este "oro marrón" superará a la oferta en un futuro no muy lejano. Lo que la industria del cacao necesita puede estar encerrado en el genoma de germoplasma no explotado, como las accesiones silvestres recolectadas durante el proyecto del Amazonas del Comercio de Cacao de Londres. Las adquisiciones del Comercio de Cacao de Londres (LCT) se realizaron en la estación EEN (por lo tanto, el prefijo de acceso: LCT EEN), y ahora se encuentran en la estación de investigación de Pichilingue en Ecuador, aunque algunas se transfirieron con éxito al Banco Internacional de Genes de Cacao en Trinidad (ICGT por sus siglas en inglés) como parte del acuerdo original del proyecto. Es posible que los árboles originales de los que se produjo esta colección de LCT EEN ya no existan debido a la extensa destrucción del bosque virgen en el Amazonas. Una intervención oportuna en la conservación de esta colección está pendiente hace mucho tiempo. Debido a su alta resolución, los marcadores de polimorfismos de nucleótido único (SNP) tienen la capacidad de proporcionar información valiosa sobre la constitución genética de esta población de cacao silvestre. El objetivo de esta investigación fue caracterizar las accesiones disponibles de LCT EEN con polimorfismos de nucleótido único (SNP) y evaluar su diversidad genética. Además, la información de referenciación geográfica disponible se combinará con la caracterización genética para evaluar la existencia de relaciones genéticas espaciales entre las accesiones y llegar a conclusiones sobre la estructura genética espacial de esta población única. El producto a ser presentado incluirá información sobre la diversidad genética y las relaciones espaciales, y se discutirán los planes para el trabajo futuro.

EXPERIMENTAL COCOA CULTIVATIONS SYSTEMS IN CAMEROON: AGRONOMICAL AND ECONOMICAL PERFORMANCES ASSESSMENT

Olivier Sounigo

L. Feumba de Tchoua, H.T. Ngnogue, R. Mekondane, F. Nsougua, D. Abolo, I.B. Efombagn, R. Bourgoing
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

On farm trial plots were set up in Cameroon, according to three intercropping designs: cocoa-fruit trees (970 cocoa trees and 160 fruit trees/ha), cocoa-oil palm trees (700 cocoa trees/ha and 120 oil palm trees / ha) and cocoa-coconut trees (810 cocoa trees / ha and 143 coconut trees/ha). Cocoa yield was recorded on 48 of these cocoa trial plots set up in five locations in Cameroon in 2006, 2007 and 2008, and showed a large range of variation (between 200 and 1,450 kg/ha/year) among plots, with an average value of 600 kg/ha/year, close to the yield usually observed on traditional cocoa plots in the central region of Cameroon. Despite their initial higher cocoa tree density, the plots where cocoa is intercropped with fruits trees show a slightly lower yield than the ones intercropped with oil palm or coconut trees. The yield of fruit trees was recorded on two sites (five plots per site) and was found to vary largely between these two sites. The gross revenue from fruits was estimated from information provided by four farmers in the site where fruit yield was higher, and was found to range between 300 and 800 US \$/ha/year. In the case of two of the four plots, the cumulated annual gross revenue from cocoa and fruits was found higher than the one expected if the plot had been set up only with cocoa trees, at the cocoa density generally observed in the cocoa plots in this site (1,100 trees/ha). On the other hand, it appears that cocoa cultivation alone would have brought more revenues in the case of the two other plots. The gross annual revenue from oil palm trees, calculated from the information reported by four farmers, was found to range between 300 and 2,300 US\$/ha. Two comparisons were made between annual cumulated gross revenues from cocoa and palm oil and 1) estimated revenue from cocoa if the plot was set up only with cocoa trees, at a 1,100 cocoa trees/ha 2) estimated revenue from palm oil if the plot was set up only with oil palm trees, at the recommended density of 169 trees/ha. 1) In the case of two of the four plots, intercropping failed to enhance the revenues from the plot. On the other hand, oil palm trees appeared to dramatically enhance the revenues from one of the other plot, while cocoa alone would have brought more revenue to the last plot. 2) In the case of three of the plots, intercropping cocoa with oil palm generated more revenue than oil palm only at the 169 oil palm trees/ha recommended density, the revenues being equivalent in the forth plot. The three farmers who sat up plots with intercropping cocoa with coconut trees in 2006 and 2007 whether failed to establish the coconut trees or, disappointed by the agronomical and economical of these trees, partially replaced them with oil palm trees. The consequences of these results for intercropping are discussed in the paper.

Résumé

Au Cameroun, des parcelles d'essais sur le terrain ont été établies selon trois organisations de cultures intercalées: cacaotiers et fruitiers (970 cacaotiers et 160 arbres fruitiers/ha), des palmiers d'huile de cacao (700 arbres de cacao/ha et 120 palmiers à huile/ha) et des cocotiers (810 arbres de cacao/ha et 143 cocotiers/ha). Le rendement du cacao a été enregistré dans 48 de ces parcelles expérimentales de cacao établies dans cinq localités au Cameroun en 2006, 2007 et 2008, et a montré un rang large de variations (entre 200 et 1,450 kg/ha/an) entre les parcelles, avec une valeur moyenne de 600kg/ha/an, proche du rendement généralement observé dans des parcelles traditionnelles de cacao dans la région centrale du Cameroun. Malgré une meilleure densité initiale de cacaotiers, les parcelles où le cacao est intercalé avec des arbres fruitiers, montrent un rendement légèrement inférieur à celui de cacaotiers intercalés avec des palmiers à huile ou des cocotiers. Le rendement des

arbres fruitiers a été enregistré à deux endroits (cinq parcelles par endroit) et l'on a constaté qu'elle variait largement entre ces deux sites. Les revenus bruts des fruits ont été estimés à partir de l'information fournie par quatre agriculteurs là où le rendement du fruit a été meilleur, et l'on a constaté qu'elle oscille entre 300 et 800 dollars/ha/an. Dans le cas de deux des quatre parcelles, les revenus bruts annuels accumulés de cacao et de fruits ont été plus élevés que ce que l'on attendait si la parcelle avait été établie seulement avec des arbres de cacao, à la densité de cacao généralement observée dans les parcelles de cacao à cet endroit (1.100 arbres/ha/an). D'autre part, il paraît que la culture de cacao aurait apporté plus de revenus dans les cas de deux autres parcelles. Les revenus annuels bruts des arbres de palmiers à l'huile, calculés à partir de l'information apportée par quatre agriculteurs, ont oscillé entre 300 et 2.300 dollars/ha. Deux comparaisons ont été faites entre les revenus bruts annuels accumulés de cacao et d'huile de palmiers et 1) les revenus estimés du cacao si la parcelle a été établie seulement avec des cacaotiers en raison de 1.100 arbres de cacao/ha et 2) les revenus estimés d'huile de palmier si la parcelle configurée uniquement avec des palmiers à huile à la densité recommandée de 169 arbres/ha. 1) Dans le cas de deux des quatre parcelles, la culture intercalée n'a pas amélioré les revenus de la parcelle. Bien au contraire, les palmiers à huile semblaient augmenter de manière importante les revenus de l'une des autres parcelles, tandis que le cacao aurait apporté seulement plus de revenus à la dernière parcelle. 2) Dans le cas de trois des parcelles la culture intercalée de cacao avec le palmier à huile a obtenu plus de revenus que le palmier à huile à lui tout seul à la densité recommandée de 169 palmiers d'huile/ha, les revenus étant équivalents dans la quatrième parcelle. Les trois agriculteurs qui ont planté des parcelles avec la culture intercalée de cacao avec de cocotiers entre 2006 et 2007, n'ont pas pu établir les cocotiers ou, déçus par l'agronomie et l'économie de ses arbres, ils les ont remplacés partiellement avec des palmiers d'huile. Les conséquences de ces résultats pour des cultures intercalées sont discutées dans le document.

Resumen

En Camerún se establecieron parcelas de prueba en el campo, de acuerdo con tres diseños de cultivos intercalados: árboles de cacao y fruta (970 árboles de cacao y 160 árboles frutales/ha), palmas de aceite de cacao (700 árboles de cacao/ha y 120 palmas de aceite/ha) y cocoteros (810 árboles de cacao/ha y 143 cocoteros/ha). El rendimiento de cacao se registró en 48 de estas parcelas experimentales de cacao establecidas en cinco localidades en Camerún en 2006, 2007 y 2008, y mostró un amplio rango de variación (entre 200 y 1.450 kg/ha/año) entre las parcelas, con un valor promedio de 600 kg/ha/año, cercano al rendimiento generalmente observado en parcelas tradicionales de cacao en la región central de Camerún. A pesar de haber tenido una mayor densidad inicial de árboles de cacao, las parcelas donde el cacao está intercalado con árboles frutales muestran un rendimiento ligeramente menor que los intercalados con palma aceitera o cocoteros. El rendimiento de los árboles frutales se registró en dos sitios (cinco parcelas por sitio) y se encontró que variaba ampliamente entre estos dos sitios. Los ingresos brutos de las frutas se estimaron a partir de la información proporcionada por cuatro agricultores en el sitio donde el rendimiento de la fruta fue mayor, y se encontró que oscila entre 300 y 800 USD/ha/año. En el caso de dos de las cuatro parcelas, los ingresos brutos anuales acumulados de cacao y frutas se encontraron más altos que los esperados si la parcela se hubiera establecido solo con árboles de cacao, a la densidad de cacao generalmente observada en las parcelas de cacao en este sitio (1.100 árboles/ha). Por otro lado, parece que el cultivo de cacao solo habría traído más ingresos en el caso de las otras dos parcelas. Los ingresos anuales brutos de los árboles de palma de aceite, calculados a partir de la información reportada por cuatro agricultores, oscilaron entre 300 y 2.300 USD/ha. Se hicieron dos comparaciones entre los ingresos brutos anuales acumulados de cacao y aceite de palma y 1) los ingresos estimados del cacao si la parcela se estableció solamente con árboles de cacao, a 1.100 árboles de

cacao/ha y 2) los ingresos estimados de aceite de palma si la parcela configurado solamente con palmeras de aceite, a la densidad recomendada de 169 árboles/ha. 1) En el caso de dos de las cuatro parcelas, el cultivo intercalado no mejoró los ingresos de la parcela. Por otro lado, las palmas de aceite parecían aumentar drásticamente los ingresos de una de las otras parcelas, mientras que el cacao solo habría traído más ingresos a la última parcela. 2) En el caso de tres de las parcelas, el cultivo intercalado de cacao con palma de aceite generó más ingresos que la palma de aceite por sí sola en la densidad recomendada de 169 palmas aceiteras/ha, siendo los ingresos equivalentes en la cuarta parcela. Los tres agricultores que plantaron parcelas con cultivos intercalados de cacao con cocoteros en 2006 y 2007 no lograron establecer los cocoteros o, decepcionados por la agronomía y la economía de estos árboles, los reemplazaron parcialmente con palmas de aceite. Las consecuencias de estos resultados para cultivos intercalados se discuten en el documento.

THE ROLE OF LIGHT INTERCEPTION IN PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF COCOA NOVEL CROPPING SYSTEMS

Rany Susanti
Prof Paul Hadley, Dr. Andrew Daymond
Mars, Incorporated

Abstract

Cocoa is a cash crop and is a critical export commodity for some producing countries. World grindings for cocoa in 2014/2015 was 4,145 million tonnes (ICCO, 2015). While consumption of chocolate in 2010 reached 5.54 million tonnes. Demand is anticipated to increase into the future and is expected to outpace supply (WCF, 2012). One way to increase cacao productivity in farm is through pruning and manipulating canopy architecture, using hedgerow system. This system could possibly maximizing light interception received by the trees. The role of light interception by different shoot types on the trees has been observed for the productivity in apple production system (Wunsche, 1996). But very limited literature that has observed this role in cocoa trees. This study tested the hypothesis that role of light interception will be positively correlated with yield, through performance of two different cocoa clones (MCC1, MCC2) with different vigour characteristic in a trellis system. Each varieties planted in different densities (2000, 3300, and 5000 trees/ha) with different orientation (East-West and North-South). Yield has been observed for the first 6 months, and leaf net photosynthesis has been measured in 3 different height (1; 1-2; above 2m) and 3 different leaf ages (young,middle,old). Photosynthetic rate ranging from 3.5-7.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with optimum value founded in after pruning period, with sun exposed (above 1 m) and middle age leaves.

Résumé

Le cacao est une culture commerciale et est un produit fondamental d'exportation pour certains pays producteurs. Le moulage mondial du cacao en 2014/2015 a été de 4,145 millions de tonnes (ICCO, 2015). Tandis que la consommation de chocolat a atteint en 2010 5,54 millions de tonnes. L'on prévoit que la demande augmentera dans l'avenir et l'on espère quelle dépassera le fournissement (WCF, 2012). La taille et la manipulation de l'architecture du baldaquin, en utilisant le système de haie, sont une façon d'augmenter la productivité du cacao dans la ferme. Ce système pourrait possiblement maximiser l'interception de la lumière reçu par les arbres. Le rôle de l'interception de la lumière par différentes types de pousses dans les arbres a été observé pour la productivité dans le système de production de pommes (Wunsche, 1996). Or, la littérature qui a observé ce rôle dans les arbres du cacao est très limitée. Cette étude a prouvé l'hypothèse comme quoi le rôle de l'interception de la lumière sera relié positivement avec la performance, à travers la performance des deux clones de cacao différents (MCC1 MCC2) avec différents caractéristiques de vigueur en un système de grille. Chaque variété a était plantée à des densités différentes (2000, 3300 et 5000 arbres/ha) avec une orientation différente (Este-Ouest et Nord-Sud). Le rendement a été constaté pendant les six premiers mois et la photosynthèse nette de la feuille a été mesuré à trois hauteurs différentes (1 ; 1-2 ; plus de 2 m) et 3 âges foliaires différentes (jeunes, moyennes et vieilles). C'est un taux photosynthétique qui varie de 3.5-7.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ avec une valeur optimale fondée après la période de taille, avec des feuilles exposées au soleil (plus de 1 m) et d'âge moyenne.

Resumen

El cacao es un cultivo comercial y es un producto fundamental de exportación para algunos países productores. La molienda mundial del cacao en 2014/2015 fue de 4,145 millones de toneladas (ICCO, 2015). Mientras que el consumo de chocolate en 2010 llegó a 5,54 millones de toneladas. Se prevé que la demanda aumentará en el futuro y se espera que supere el suministro (WCF, 2012). Una forma de aumentar la productividad del cacao en la granja es mediante la poda y la manipulación de la

arquitectura del dosel, utilizando el sistema de seto. Este sistema podría posiblemente maximizar la interceptación de luz recibida por los árboles. El papel de la interceptación de la luz por diferentes tipos de brotes en los árboles se ha observado para la productividad en el sistema de producción de manzanas (Wunsche, 1996). Pero la literatura que ha observado este papel en los árboles de cacao es muy limitada. Este estudio probó la hipótesis de que el papel de la interceptación de luz se correlacionará positivamente con el rendimiento, a través del rendimiento de dos clones de cacao diferentes (MCC1, MCC2) con diferentes características de vigor en un sistema de enrejado. Cada variedad se plantó en diferentes densidades (2000, 3300 y 5000 árboles/ha) con diferente orientación (Este-Oeste y Norte-Sur). El rendimiento se ha observado durante los primeros 6 meses, y la fotosíntesis neta de la hoja se midió en 3 alturas diferentes (1; 1-2; más de 2 m) y 3 edades foliares diferentes (jóvenes, medianas y viejas). Tasa fotosintética que varía de 3.5-7.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con un valor óptimo fundado después del período de poda, con hojas expuestas al sol (más de 1 m) y de mediana edad.

ADOPTING REFERENCE GENOTYPES TO IDENTIFY OFF-TYPES IN CACAO COLLECTIONS

Christopher Turnbull

A.J. Daymond, O. Gutierrez, P. Hadley, D. Livingstone, J.C. Motamayor, W. Phillips, P. Umaharan
School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading

Abstract

It is important for researchers, curators and breeders to have confidence in data being generated by germplasm evaluation and breeding programmes, and one of the key concerns is the true identity of the plants being used. Mislabelling of cocoa accessions is a significant problem, with estimates as high as 30%. Naming errors will have a large, detrimental impact on conservation, breeding and research, since mislabelled material is unlikely to exhibit the same genetic makeup or combination of traits as its true-to-type namesake. Farmers may also receive poorly performing material as a result of mislabelling. Data gathered from a mislabelled accession will result in misleading recommendations or conclusions, such as the genetic gain reported by breeding programmes. Mislabelling events can also complicate the comparison of multiple data sets from different locations. It is particularly important to be able to link data to germplasm with confidence when combining the large trait evaluation and molecular analysis datasets necessary to identify and screen for key genes of interest. The importance of correctly identifying material has been widely recognised for many years and several groups are currently generating genetic fingerprints using SNP markers. However, reliable identification of individuals will only be possible if a single genetic fingerprint is established as a reference for all others to be compared to and a core set of markers are consistently used. With this in mind, the Reference Genotype Working Group was formed in May 2016 with the aim of coordinating the verification of cocoa germplasm. This process has led to the development of an online tool to compare SNP profiles of individual trees and assign each a verification status; off-type, verified true-to-type or reference (original material if available). Although the tool can work with any number of SNP markers, the group have proposed a core set of widely-used markers to allow robust and consistent comparisons of profiles to be made across collections. The verification status of accessions in a collection will be included in the International Cocoa Germplasm Database (ICGD) and made widely available to the cocoa community, with web pages created to highlight reference genotypes and compare other genetic fingerprints to these. This paper describes the work of the Reference Genotype Working Group, initially focussing on the international collections and the International Cocoa Quarantine Centre (University of Reading), but with the intention to invite further collaboration from key partners and work towards the inclusion of other collections.

Résumé

Il est important que les chercheurs, les curateurs et les améliorants fassent confiance aux données créées pour l'évaluation du germoplasme et les programmes d'amélioration, et l'un des soucis clé est la véritable identité des plantes utilisées. L'étiquetage incorrect des accessions du cacao sont un problème important avec des estimations élevées jusqu'à 30%. Les erreurs de dénomination auront un grand impact préjudiciel pour la conservation, la culture et la recherche, car il est peu probable que le matériel mal labélisé montre la même composition génétique ou la combinaison de traits que son vrai homonyme. Les agriculteurs peuvent aussi recevoir du matériel de bas rendement comme résultat d'une labélisation incorrecte. Les données recueillies d'une accession mal labélisée donnent lieu à des recommandations ou des conclusions erronées, telles que le gain énergétique rapporté par les programmes d'amélioration. Les événements de labélisation incorrecte peuvent aussi compliquer la comparaison de multiples ensembles de données de différents placements. Il est particulièrement important de pouvoir inscrire les données dans le germoplasme de confiance lorsque l'on combine les ensembles d'évaluation de hauts risques et les données d'analyse moléculaire nécessaires pour repérer et sélectionner des gènes clés d'intérêt. L'importance de repérer correctement le matériel a été amplement reconnue

pendant des années et plusieurs groupes créent actuellement des empreintes digitales génétiques en utilisant des marqueurs SNP. Cependant, l'identification fiable des individus ne sera possible que si l'on établit une empreinte digitale unique comme référence pour tous les autres avec lesquels l'on compare et l'on utilise de manière consistante un ensemble basique de marqueurs. Gardant ceci à l'esprit, le Groupe de Travail de Génotype de Référence a été formé en mai 2016 dans le but de coordonner la vérification du germoplasme de cacao. Ce processus a mené le développement d'un outil en ligne pour comparer les profils de SNP d'arbres individuels et attribuer à chacun un état de vérification ; hors type, vérifié, authentique ou de référence (matériel original s'il est disponible). Bien que l'outil puisse fonctionner avec n'importe quel nombre de marqueurs SNP, le groupe a proposé un ensemble basique de marqueurs largement utilisés pour permettre des comparaisons importantes et consistantes des profils qui seront créés à travers les collections. L'état de vérification des accessions dans une collection sera inclus dans la Base de Données Internationale de Germoplasme de Cacao (ICGD par ses sigles en anglais) et sera largement disponible pour la communauté du cacao, avec des sites web créés pour mettre en valeur les génotypes de référence, et comparer d'autres empreintes digitales génétiques. Ce document décrit le travail du Groupe de Travail du Génotype de Référence, en se basant initialement sur les collections internationales et le Centre International de Quarantaine de Cacao (Université de Reading), mais dans le but de convoquer plus de collaboration des partenaires clés et travailler pour l'inclusion d'autres collections.

Resumen

Es importante que los investigadores, curadores y mejoradores confíen en los datos generados por la evaluación de germoplasma y los programas de mejoramiento, y una de las preocupaciones clave es la verdadera identidad de las plantas que se utilizan. El etiquetado incorrecto de las accesiones de cacao es un problema importante, con estimaciones tan altas como del 30%. Los errores de denominación tendrán un gran impacto perjudicial en la conservación, la cría y la investigación, ya que es poco probable que el material mal etiquetado muestre la misma composición genética o combinación de rasgos que su homónimo verdadero. Los agricultores también pueden recibir material de bajo rendimiento como resultado de un etiquetado incorrecto. Los datos recopilados de una accesión mal etiquetada generarán recomendaciones o conclusiones engañosas, como la ganancia genética reportada por los programas de mejoramiento. Los eventos de etiquetado incorrecto también pueden complicar la comparación de múltiples conjuntos de datos de diferentes ubicaciones. Es particularmente importante poder vincular los datos al germoplasma con confianza cuando se combinan los conjuntos de evaluación de rasgos de gran tamaño y los datos de análisis molecular necesarios para identificar y seleccionar genes clave de interés. La importancia de identificar correctamente el material ha sido ampliamente reconocida durante muchos años y varios grupos están actualmente generando huellas digitales genéticas usando marcadores SNP. Sin embargo, la identificación confiable de individuos solo será posible si se establece una huella genética única como referencia para todos los demás con los que se compara y se usa consistentemente un conjunto básico de marcadores. Con esto en mente, el Grupo de Trabajo de Genotipo de Referencia se formó en mayo de 2016 con el objetivo de coordinar la verificación del germoplasma de cacao. Este proceso ha llevado al desarrollo de una herramienta en línea para comparar los perfiles de SNP de árboles individuales y asignar a cada uno un estado de verificación; fuera de tipo, verificado, genuino o de referencia (material original si está disponible). Aunque la herramienta puede funcionar con cualquier número de marcadores de SNP, el grupo ha propuesto un conjunto básico de marcadores ampliamente utilizados para permitir comparaciones robustas y consistentes de los perfiles que se crearán a través de las colecciones. El estado de verificación de las accesiones en una colección se incluirá en la Base de Datos Internacional de Germoplasma de Cacao (ICGD por sus siglas en inglés) y estará ampliamente disponible para la comunidad del cacao, con páginas web creadas para resaltar los genotipos de referencia y comparar otras huellas

digitales genéticas. Este documento describe el trabajo del Grupo de Trabajo de Genotipo de Referencia, centrándose inicialmente en las colecciones internacionales y el Centro Internacional de Cuarentena de Cacao (Universidad de Reading), pero con la intención de convocar más colaboración de los socios clave y trabajar para la inclusión de otras colecciones.

IDENTIFICATION OF A CORE SNP PANEL FOR CACAO IDENTITY AND POPULATION ANALYSIS

Lambert Motilal

Amrita Mahabir, David Gopaulchan, Antoinette Sankar, Pathmanathan Umaharan
Cocoa Research Centre (CRC), The University of the West Indies (The UWI)

Abstract

It is becoming increasingly easier to obtain genetic data from hundreds to thousands of single nucleotide polymorphisms of cacao (*Theobroma cacao* L.) plants which are essential to the multibillion dollar chocolate industry. The identification of panels of SNP markers which are suitable for identity and population ancestry analysis is needed to achieve comparative and transferable results among international collaborators. SNP panels were assembled and tested to determine the minimum number and best combination of SNPs that could unambiguously separate reference cacao genetic profiles and simultaneously detect the correct population structure. Increasing the number of SNPs generally resulted in improved resolution of genetic identities with concomitant reduction of synonymous groups. Retention of SNPs for panel inclusion relied on informativeness and polymorphism information content but did not need to be distributed equally among the ten chromosomes. The feasibility of a minimal set of SNPs for the international cacao community is discussed.

Résumé

Il est chaque fois plus facile d'obtenir des données génétiques de centaines de milliers de polymorphismes de nucléotides simple (SNP, par ses sigles en anglais) de plantes de cacao (*Theobroma cacao* L.) qui sont essentielles pour l'industrie multimillionnaire du chocolat. L'identification de panneaux de marqueurs SNP adéquats pour l'analyse d'identité et d'ascendance de population est nécessaire pour atteindre des résultats comparatifs et transférables entre des collaborateurs internationaux. Les panneaux de SNP ont été assemblés et prouvés afin de déterminer le nombre minimal et la meilleure combinaison de SNP pouvant séparer de façon inéquivoque les profils de cacao de référence et détecter simultanément la structure de la population correcte. L'augmentation du nombre de SNPs a donné en général comme résultat une meilleure résolution des identités génétiques avec la réduction concomitante de groupes synonymes. Les SNP retenus pour l'inclusion du panneau ont été basés sur l'information et le contenu de l'information du polymorphisme, mais il n'a pas été nécessaire de le distribuer uniformément entre les dix chromosomes. La viabilité d'un ensemble minimal de SNP pour la communauté internationale du cacao fait l'objet d'un débat.

Resumen

Cada vez es más fácil obtener datos genéticos de cientos a miles de polimorfismos de nucleótido simple (SNP, por sus siglas en inglés) de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) que son esenciales para la industria multimillonaria del chocolate. La identificación de paneles de marcadores SNP que son adecuados para el análisis de identidad y ascendencia poblacional es necesaria para lograr resultados comparativos y transferibles entre colaboradores internacionales. Los paneles de SNP se ensamblaron y probaron para determinar el número mínimo y la mejor combinación de SNPs que podrían separar inequívocamente los perfiles genéticos de cacao de referencia y detectar simultáneamente la estructura de población correcta. El aumento del número de SNPs en general dio como resultado una mejor resolución de las identidades genéticas con la reducción concomitante de grupos sinónimos. La retención de los SNPs para la inclusión del panel se basó en la información y el contenido de la información del polimorfismo, pero no fue necesario distribuirlo por igual entre los diez cromosomas. Se discute la viabilidad de un conjunto mínimo de SNPs para la comunidad internacional del cacao.

GENETIC QUALITY CONTROL OF CACAO SEED GARDENS OUTPUT IN COTE-D'IVOIRE USING SNP MARKERS

Desiré POKOU

Mathias Tahi, Brigitte Guiraud, Ranjana Bhattacharjee

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Abstract

The development and cultivation of improved planting material of cacao have greatly contributed to ensure efficiency of production and increasing farmer's income in producing countries. The use of improved planting materials is a major key towards ensuring sustainability of the cacao. In Côte d'Ivoire, improved plant material is released under hybrids seeds. Seed gardens are plots established using the parental genotypes of selected progenies in the aims of controlling the crosses to produced hybrids seeds for planting material. Genetic quality of seed gardens output have been the target of scientists for years through testing of different layouts. Now, seeds in Côte-d'Ivoire are produced in monoclonal seed gardens using hand pollination techniques to control the crosses between male and female parents on open flowers. However, little is known about the risk of pollen contamination. In this study, 80 SNPs markers have been used to test 1400 seedlings from parents previously certified true-to-type based on the fingerprinting in the mains monoclonal seed gardens of Côte-d'Ivoire. Our interest is to determine the rate of selfing in the seed released. The result showed that less than 2% of selfing have been found in the progenies suggesting that the join monoclonal layout and the hand pollination technique can ensure the genetic quality of seed garden output.

Résumé

Le développement et la culture de matériel des semilles améliorées du cacao ont contribué en grande mesure à garantir l'efficacité de la production et augmenter les revenus des agriculteurs dans les pays producteurs. L'utilisation de matériaux de semilles améliorés est importante pour garantir la durabilité du cacao. En Côte d'Ivoire le matériel amélioré des plantes est libéré en graines d'hybrides. Les potagers de graines sont des parcelles établies où l'on utilise les génotypes parentaux de progénitures sélectionnés dans le but de contrôler les croisements de graines hybrides produites pour du matériel de plantation. La qualité génétique de la production des potagers de graines ont été l'objectif des scientifiques pendant des années à travers des preuves de différents types. Maintenant, les graines en Côte d'Ivoire sont produites dans des potagers de graines monoclonales en utilisant des techniques de polonisation afin de contrôler les croisements entre des parentaux masculins et féminins dans des fleurs ouvertes. Cependant, on s'y connaît peu en matière de risque de contamination du pollen. Dans cette étude, 80 marqueurs de SNP ont été utilisés pour évaluer 1400 plantules de parents certifiés au préalable selon l'empreinte digitale dans les jardins de graines monoclonales de la Côte d'Ivoire. Notre intérêt est de déterminer le taux d'autofécondation dans la graine libérée. Le résultat a montré que l'on a trouvé moins de 2% d'autofécondation dans les progénitures, ce qui suggère que la disposition monoclonale réunie et la technique de polonisation manuelle peuvent garantir la qualité génétique de la production de potagers de graines.

Resumen

El desarrollo y el cultivo de material de siembra mejorado de cacao han contribuido en gran medida a garantizar la eficiencia de la producción y aumentar los ingresos de los agricultores en los países productores. El uso de materiales de siembra mejorados es una clave importante para garantizar la sostenibilidad del cacao. En Costa de Marfil, se libera material mejorado de las plantas bajo semillas de híbridos. Los huertos de semillas son parcelas establecidas utilizando los genotipos parentales de progenies seleccionadas con el objetivo de controlar los cruces de semillas híbridas producidas para material de plantación. La calidad genética de la producción de los huertos de semillas ha sido el objetivo de los científicos durante años a través de

pruebas de diferentes diseños. Ahora, las semillas en Costa de Marfil se producen en huertos de semillas monoclonales utilizando técnicas de polinización manual para controlar los cruces entre parentales masculinos y femeninos en flores abiertas. Sin embargo, se sabe poco sobre el riesgo de contaminación del polen. En este estudio, se han utilizado 80 marcadores de SNP para evaluar 1400 plántulas de padres previamente certificadas según la huella dactilar en los jardines de semillas monoclonales de Costa de Marfil. Nuestro interés es determinar la tasa de autofecundación en la semilla liberada. El resultado mostró que se ha encontrado menos del 2% de autofecundación en las progenies, lo que sugiere que la disposición monoclonal unida y la técnica de polinización manual pueden garantizar la calidad genética de la producción de huertos de semillas.

THE COCOA GENOME HUB, AN INTEGRATED PLATFORM TO ACCESS THE CRIOLLO GENOME V2

Xavier Argout

Guillaume Martin, Gaetan Droc

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

The first draft genome of the species, from the Belizian Criollo B97-61/B2 cultivar, was published in 2011. Although a useful resource, some improvements were possible, including to identify misassemblies, to reduce the number of scaffolds and gaps, and to anchor un-anchored sequences to the 10 chromosomes. In 2017, we used a combination Next Generation Sequencing data to produce the version 2 of the assembly. We corrected misassembled regions and reduced the number of scaffolds from 4,792 in assembly V1 to 554 in V2 with a N50 increased from 0.47 Mb in V1 to 6.5 Mb in V2. A total of 96.7% of the assembly was anchored to the 10 chromosomes compared to 66.8% in the previous version. Unknown sites (Ns) were reduced from 10.8% to 5.7%. In addition, we updated the functional annotations and performed a new RefSeq structural annotation based on RNAseq evidence. In that context and to support post-genomics efforts, we developed the Cocoa Genome Hub (<http://cocoa-genome-hub.southgreen.fr/>), an integrated web-based database providing centralized access to T. cacao genome and analysis tools to facilitate basic, translational and applied research in cocoa. We provide access to the complete criollo genome sequence V2 along with gene structure, gene product information, metabolism, gene families, transcriptomics (ESTs, RNA-Seq), genetic markers and genetic maps. The hub relies on generic software (e.g. GMOD tools) for easy querying, visualizing and downloading research data. It includes a Genome Browser enhanced by a Community Annotation System, enabling the improvement of automatic gene annotation through an annotation editor.

Résumé

Le premier brouillon du génome de l'espèce de la variété cultivée Criollo de Belize B97-61 / B2, fut publié en 2011. Bien que ce fût une ressource utile, des améliorations ont été possibles, même pour repérer des erreurs d'assemblage, pour réduire le nombre d'échafaudages et de brèches, et pour ancrer des séquences non ancrées avec les 10 chromosomes. En 2017, nous avons utilisé un mélange de données de nouvelles technologies de séquençage pour produire la version 2 de l'assemblage. Nous avons corrigé les régions mal assemblées et nous avons réduit le nombre d'échafaudages de 4.792 en V1 à 554 en V2 avec un N50 augmenté de 0.47 Mb en V1 à 6.5 Mb en V2. Un total de 96.7% de l'assemblage s'est ancré sur les 10 chromosomes par rapport au 66.8% dans la version précédente. Les sites inconnus (Ns) ont été réduits de 10.8% à 5.7%. En outre, nous avons mis à jour les notes fonctionnelles et nous avons réalisé une nouvelle note structurale RefSeq basée sur l'évidence RNAseq. Dans ce contexte, et pour soutenir les efforts postérieurs à la génomique, nous avons développé le Centre du Génome du Cacao (Cocoa Genome Hub) (<http://cocoa-genome-hub.southgreen.fr/>), une base de données intégrée sur le réseau qui fournit un accès centralisé au génome du T. cacao et des outils d'analyse pour faciliter la recherche basique, translatrice et appliquée du cacao. Nous fournissons l'accès à la séquence complète du génome Criollo V2 avec la structure des gènes, l'information de produits de gènes, le métabolisme, les familles de gènes, la transcriptomique (EST, ARN-Seq), les marqueurs génétiques et les cartes génétiques. Le centre se base sur un logiciel générique (par exemple, les outils du GMOD) pour consulter, visualiser et télécharger facilement des données de recherche. Il comprend un navigateur du Génome amélioré pour un Système de Notation Communautaire, qui permet l'amélioration de la notation génétique automatique à travers un éditeur de notations.

Resumen

El primer borrador del genoma de la especie, de la variedad cultivada Criollo de Belice B97-61 / B2, se publicó en 2011. Aunque fue un recurso útil, algunas mejoras fueron posibles, incluso para identificar errores en el ensamblaje, para reducir el número de andamios y brechas, y para anclar secuencias no ancladas a los 10 cromosomas. En 2017, utilizamos una combinación de datos de nuevas tecnologías secuenciación para producir la versión 2 del ensamblaje. Corregimos las regiones mal ensambladas y redujimos la cantidad de andamios de 4.792 en V1 a 554 en V2 con un N50 aumentado de 0.47 Mb en V1 a 6.5 Mb en V2. Un total del 96.7% del ensamblaje se ancló a los 10 cromosomas en comparación con el 66.8% en la versión anterior. Los sitios desconocidos (Ns) se redujeron de 10.8% a 5.7%. Además, actualizamos las anotaciones funcionales y realizamos una nueva anotación estructural RefSeq basada en la evidencia RNAseq. En ese contexto y para apoyar los esfuerzos posteriores a la genómica, desarrollamos el Centro de Genoma del Cacao (Cocoa Genome Hub) (<http://cocoa-genome-hub.southgreen.fr/>), una base de datos integrada basada en la red que proporciona acceso centralizado al genoma del T. cacao y herramientas de análisis para facilitar la investigación básica, traslativa y aplicada en el cacao. Proporcionamos acceso a la secuencia completa del genoma criollo V2 junto con la estructura de genes, información de productos de genes, metabolismo, familias de genes, transcriptómica (EST, ARN-Seq), marcadores genéticos y mapas genéticos. El centro se basa en un software genérico (por ejemplo, las herramientas de GMOD) para consultar, visualizar y descargar fácilmente datos de investigación. Incluye un navegador de Genoma mejorado por un Sistema de Anotación Comunitaria, que permite la mejora de la anotación genética automática a través de un editor de anotaciones.

GENETIC ANALYSIS OF GUIANA CACAO (THEOBROMA CACAO L.) FAMILIES FOR BLACK POD DISEASE RESISTANCE IN GHANA

Atta Ofori

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Black pod is a major disease of cocoa, and there is a need to develop cultivars which are resistant to this disease. Among the various genetic groups of cocoa, the Guiana (GU) clones has received little attention in Ghana for developing varieties even though they are known to be resistant to black pod diseases. The objective of this study was to estimate combining abilities and heritability of selected GU clones for black pod resistance. Four seed garden parental clones were crossed with eight GU clones as males in a 4 x 8 NCII mating design to produce 32 F1 families. These families were evaluated together with four standard varieties over a three-year period at two locations in Ghana for percentage pod rot infection (PPRI) under natural field conditions. Lesion sizes (LS) of pods of twenty eight of the families were further evaluated in the laboratory using detached pod inoculation test method over a three-year period. Analysis of variance showed highly significant ($P \leq 0.01$) variation for all sources, except for family x location interaction for PPRI and year x family interaction for LS. The female and male general combining ability and specific combining ability effects were significant for PPRI. This suggests that PPRI is partly influenced by both additive and non-additive gene action. In the case of LS, only female GCA was significant. Heritability was low to moderate ($h^2_b \geq 0.57$) for broad sense and low ($h^2_n \geq 0.29$) for narrow sense. Correlation between LS and PPRI was weak ($r = 0.09$, $p = 0.87$) suggesting that the detached pod inoculation test may be of little value in selecting black pod resistance varieties in cocoa. Clones GU 290H and GU 125C had favourable GCA effects for both traits indicating their potential for developing progeny with high levels of resistance to black pod infection.

Résumé

La cosse noire est une maladie grave du cacao, et il faut développer des cultures résistantes à cette maladie. Parmi les différents groupes génétiques du cacao, les clones de la Guyane (GU) ont reçu peu d'attention au Ghana concernant le développement de variétés bien que l'on sache qu'ils sont résistants aux maladies de la cosse noire. L'objectif de cette étude a été d'estimer les habilités de combinaison et de capacité d'hériter des clones GU choisis pour leur résistance à la cosse noire. Quatre clones parentaux du potager de graines ont été croisés avec huit clones mâles GU dans un système de reproduction NCII de 4 x 8 afin de produire 32 familles F1. Ces familles ont été évaluées avec quatre autres variétés standard pendant une période de trois ans dans deux endroits du Ghana afin de déterminer le pourcentage d'infection par mono analyse (PPRI, par ses sigles en anglais) dans des conditions naturelles de la campagne. La taille des lésions (TL) des cosses de 28 familles ont été évaluées en plus dans un laboratoire, en utilisant une méthode d'essai d'inoculation de cosses séparées pendant une période de trois ans. L'analyse de variance a montré une variation très importante ($P \leq 0.01$) pour toutes les sources, sauf pour l'interaction avec le placement de la famille x pour PPRI et l'interaction de la famille dans l'année x pour TL.

La capacité de combinaison générale féminine et masculine et les effets spécifiques de la capacité de combinaison ont été importants pour PPRI. Ceci suggère que le PPRI est partiellement influencé par l'action génique additive et non additive. Dans le cas de LS, seule la capacité générale de la combinaison (ACG, par ses sigles en anglais) féminine a été significative. L'héritabilité a été base à modérée ($h^2_b \geq 0.57$) pour le sens large, et base ($h^2_n \geq 0.29$) pour le sens étroit. La corrélation entre le TL et le PPRI a été faible ($r = 0.09$, $p = 0.87$), ce qui suggère que l'essai d'inoculation des cosses séparées peut avoir peu de valeur dans le choix des variétés de résistance à la cosse noire du cacao. Les clones GU 290H y GU 125C ont eu des effets favorables d'ACG pour

les deux traits, ce qui indique leur potentiel pour développer une géniture avec de hauts niveaux de résistance à l'infection de la cosse noire.

Resumen

La vaina negra es una enfermedad importante del cacao y existe la necesidad de desarrollar cultivares que sean resistentes a esta enfermedad. Entre los diversos grupos genéticos de cacao, los clones de Guayana (GU) han recibido poca atención en Ghana para el desarrollo de variedades a pesar de saberse que son resistentes a las enfermedades de la vaina negra. El objetivo de este estudio fue estimar las habilidades de combinación y la heredabilidad de los clones GU seleccionados para la resistencia a la vaina negra. Se cruzaron cuatro clones parentales de huerto de semillas con ocho clones GU como machos en un diseño de apareamiento NCII de 4 x 8 para producir 32 familias F1. Estas familias se evaluaron junto con cuatro variedades estándar durante un período de tres años en dos ubicaciones en Ghana para determinar el porcentaje de infección por moniliasis (PPRI, por sus siglas en inglés) en condiciones naturales de campo. Los tamaños de lesión (TL) de las vainas de veintiocho de las familias se evaluaron adicionalmente en el laboratorio utilizando un método de prueba de inoculación de vainas separadas durante un período de tres años. El análisis de varianza mostró una variación altamente significativa ($P \leq 0.01$) para todas las fuentes, excepto para la interacción con la ubicación de la familia x para PPRI y la interacción de la familia en el año x para TL. La capacidad de combinación general femenina y masculina y los efectos específicos de la capacidad de combinación fueron significativos para PPRI. Esto sugiere que el PPRI está parcialmente influenciado por la acción génica tanto aditiva como no aditiva. En el caso de LS, solo la capacidad general de combinación (ACG, por sus siglas en inglés) femenina fue significativa. La heredabilidad fue baja a moderada ($h^2_b \geq 0.57$) para sentido amplio y baja ($h^2_n \geq 0.29$) para sentido estrecho. La correlación entre el TL y PPRI fue débil ($r = 0.09$, $p = 0.87$) sugiriendo que la prueba de inoculación de vainas separadas puede ser de poco valor en la selección de variedades de resistencia a la vaina negra en el cacao. Los clones GU 290H y GU 125C tuvieron efectos favorables de ACG para ambos rasgos, lo que indica su potencial para desarrollar progenie con altos niveles de resistencia a la infección de la vaina negra.

AN ASSESSMENT OF THE GENETIC DIVERSITY OF TRINITARIO CACAO USING SNP MARKERS

David Gopaulchan

Lambert A. Motilal, Amrita Mahabir, Antoinette Sankar, Pathmanathan Umaharan

Cocoa Research Centre (CRC)

Abstract

'Trinitario' cacao (*Theobroma cacao* L.) is well known for its fabled origin as well as for its flavour attributes popular within the fine/ flavour cocoa sector. Although this group has been studied morphologically, the genetic structure of the group is not well understood. A set of 166 SNPs was used to elucidate the genetic ancestry and relatedness of 388 accessions commonly believed to belong to the Trinitario group from a number of countries in the Caribbean, Central and South America. Although there were major contributions from the Amelonado and Criollo groups, contributions from other ancestral lines were also evident. Based on differentiation estimates, a number of umbrella groups were discerned of which some were more diverse than others. The data also indicated that the genetic background of the Trinitario cacao differed between countries suggesting different parental groups contributed to their origin. Although it is thought that Trinitarios originated from crosses involving Criollo and Amelonado, the data overall demonstrated that 'Trinitarios' are a diverse group that originated from the hybridisation of various groups. These results are discussed in relation to the ancestry, conservation and the exploitation of flavour attributes of Trinitario cacao.

Résumé

Le cacao 'Trinitario' (*Theobroma cacao* L.) est bien connu pour son origine légendaire, ainsi que pour ses attributs de goût populaires dans le secteur du cacao fin /à goût. Bien que ce groupe ait été étudié du point de vue morphologique, la structure génétique du groupe n'est pas bien connue. Un ensemble de 166 SNP a été utilisé pour élucider l'ascendance génétique et la relation de 388 accessions dont on attribue souvent l'appartenance au groupe Trinitario de plusieurs pays des Caraïbes, d'Amérique Centrale et d'Amérique du Sud. Bien qu'il y ait eu des contributions importantes des groupes Amelonado y Criollo, les contributions des autres lignées ancestrales ont été également évidentes. Sur la base des estimations de différenciation, une série de groupes ombrelle, les uns plus divers que les autres, a été discerné. Les données ont aussi indiqué que les antécédents génétiques du cacao Trinitario diffèrent entre les pays, ce qui suggère que différents groupes parentaux ont contribué à son origine. Bien que l'on croie que Trinitarios a trouvé son origine à partir de croisements qui impliquent les espèces Criollo et Amelonado, les données ont démontré que les "Trinitarios" sont un groupe divers qui a trouvé ses origines à partir de l'hybridation de plusieurs groupes. Ces résultats sont discutés en des termes d'ascendance, de conservation et d'exploitation des attributs du goût du cacao Trinitario.

Resumen

El cacao 'Trinitario' (*Theobroma cacao* L.) es bien conocido por su legendario origen, así como por sus atributos de sabor populares en el sector de cacao fino/de sabor. Aunque este grupo ha sido estudiado morfológicamente, la estructura genética del grupo no se conoce bien. Se utilizó un conjunto de 166 SNP para dilucidar la ascendencia genética y la relación de 388 accesiones que comúnmente se cree que pertenecen al grupo Trinitario de varios países del Caribe, América Central y América del Sur. Aunque hubo contribuciones importantes de los grupos Amelonado y Criollo, las contribuciones de otras líneas ancestrales también fueron evidentes. Sobre la base de las estimaciones de diferenciación, se discernió una serie de grupos sombrilla de los cuales algunos eran más diversos que otros. Los datos también indicaron que los antecedentes genéticos del cacao Trinitario difieren entre países, lo que sugiere que diferentes grupos parentales contribuyeron a su origen. Aunque se cree que Trinitarios se originó a partir de cruces que involucran a Criollo y Amelonado, los datos en general

demonstraron que los "Trinitarios" son un grupo diverso que se originó a partir de la hibridación de varios grupos. Estos resultados se discuten en relación con la ascendencia, la conservación y la explotación de los atributos de sabor del cacao Trinitario.

ASSESSING THE IMPACT OF SELF-INCOMPATIBILITY ON COCOA TREES IN CAMEROON

Olivier Sounigo

M.C. Eyango, H.E. Ebaiarrey, N.N. Akongwni, I.B. Efombagn, C. Cilas, C. Lanaud

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

The agronomical performances of self-compatible trees with the ones of self-incompatible trees, both types of trees belonging to the same full-sib progenies, compared in a progeny trial plot set up in 2005, in the south western region of Cameroon. Self-compatible trees showed a slightly higher level of yield than the self-incompatible ones, but these differences were not significant in our experimental conditions. The two types of trees were found similar for the other traits under assessment: vigor, yield efficiency, tolerance to black pod disease, pod and bean traits. The consequences of these results for cocoa breeding are discussed in this paper.

Résumé

Les performances agronomiques des arbres auto-compatibles avec celles des arbres auto incompatibles, les deux types d'arbres appartenant aux mêmes progénitures de frères complets, comparés dans un lot d'essais de progénitures créées en 2005, dans la région sud-ouest du Cameroun. Les arbres auto-compatibles ont montré un niveau de rendement légèrement plus élevé que celui des auto-incompatibles, mais ces différences n'ont pas été significatives dans nos conditions expérimentales. On a trouvé des similaires pour les autres traits pour évaluation : vigueur, efficacité de la performance, tolérance à la maladie de la cosse noire, les traits de la cosse et de la graine. Les conséquences de ces résultats pour la reproduction du cacao sont discutées en ce moment.

Resumen

Los desempeños agronómicos de los árboles autocompatibles con las de los árboles autoincompatibles, ambos tipos de árboles pertenecientes a las mismas progenies de hermanos completos, comparados en un lote de prueba de progenie creado en 2005, en la región sudoccidental de Camerún. Los árboles autocompatibles mostraron un nivel de rendimiento ligeramente más alto que los autoincompatibles, pero estas diferencias no fueron significativas en nuestras condiciones experimentales. Los dos tipos de árboles se encontraron similares para los otros rasgos bajo evaluación: vigor, eficiencia de rendimiento, tolerancia a la enfermedad de la vaina negra, rasgos de la vaina y el grano. Las consecuencias de estos resultados para la reproducción de cacao se discuten en este documento.

GENETIC IDENTITY AND DIVERSITY OF NIGERIAN CACAO GERMPLASM COLLECTIONS VERIFIED BY SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS (SNPS): A GUIDE TO FIELD GENE BANK MANAGEMENT AND UTILIZATION

Festus Olasupo

Festus O. Olasupo, Daniel B. Adewale, Peter O. Aikpokpodion, Anna A. Muiyiwa, Ranjana Bhattacharjee,
Osman A. Gutierrez, Juan Carlos Motamayor, Raymond J. Schnell, Sona Ebai and Dapeng Zhang
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN), Nigeria

Abstract

Field performance and quality of cacao full-sib families produced from seed gardens and distributed to farmers is largely dependent on the genetic integrity of parental clones as obtained in field genebank collections. However, information on the impact of mislabeling and off-type on seed garden output and germplasm management in Nigeria is scarce. Sixty-three (63) single nucleotide polymorphism (SNP) markers were used to fingerprint 1457 cacao trees sampled from seven field genebank plots to verify the level of mislabeling and diversity in Nigeria cacao germplasm. The procedure of multilocus matching with known reference sequences revealed up to 78% mislabeling in recently introduced cacao germplasm collections. Assignment test revealed that labeling errors ranged from 0% to 100% among the 'C clones' sampled in seed gardens. However, lower rates of mislabeling (0% - 50%) was observed in most of the breeders active clone collections. These problems have been attributed to errors from the sources of introduction, pre-planting labeling errors and rootstocks overtaking budded scions due to poor germplasm management. Structure analysis of samples revealed Iquitos Mixed Calabacillo (IMC), Nacional, Refractario (Nacional hybrid), Nanay, Parinary, Scavina, Criollo, Amelonado and Trinitario, as the main genetic groups present in Nigeria field genebank, indicating that the genetic base of Nigeria cacao germplasm has been widened through recent introductions. However, only a small proportion of the available genetic resources in the genebank have been utilized for variety development. Seven basic cluster groups were observed from the Principal Component Analysis of all the correctly-labeled clones. This study proved the utility of SNP markers for cleaning-up the genebanks and identifying off-types; thereby enhancing cacao improvement program in Nigeria.

Résumé

Le rendement sur le terrain et la qualité des familles de frères complets de cacao produites à partir de potagers de graines et distribuées aux agriculteurs dépend en grande mesure de l'intégrité génétique des clones parentaux obtenus dans les collections de banques de gènes de terrain. Cependant l'information sur l'impact de l'étiquetage incorrect est hors de type dans la production de potagers de graines et la gestion de germoplasme au Nigeria et insuffisante. Soixante-trois (63) marqueurs de polymorphisme de nucléotides uniques (SNP) ont été utilisés pour prendre des empreintes digitales de 1.457 arbres de cacao échantillonnés de sept parcelles de banques de gènes de terrain pour vérifier le niveau de étiquetage incorrect et la diversité dans le germoplasme du cacao de Nigeria. La procédure de regroupement par paires multilocus avec des séquences de référence connues a révélé jusqu'à 78% d'étiquetage erroné dans des collections de germoplasme de cacao récemment introduites. La preuve d'attribution a révélé que les erreurs d'étiquetage ont varié entre 0% et 100% entre les « clones c » échantillonnés dans de potagers de graines. Cependant, on a observé des taux plus bas d'étiquetage incorrect (0%-50%) dans la plupart des collections de clones actives d'améliorateurs. Ces problèmes ont été attribués à des erreurs des sources d'introduction, des erreurs d'étiquetage préalables aux semences et aux porte-greffes qui dépassent les surgeons greffés à cause du traitement inefficace du germoplasme. L'analyse structurelle d'échantillons a révélé que le Calabacillo Mixto de Iquitos (CMI), Nacional, Réfractaire (hybride national), Nanay, Parinary, Scavina, Criollo, Amelonado et Trinitario, comme les principaux groupes génétiques présents dans la banque de gènes au Nigeria, indiquant que la

base génétique du germoplasme du cacao du Nigeria a été élargi à travers des introductions récentes. Cependant, juste une petite proportion des ressources génétiques disponibles dans la banque de gènes a été utilisée pour le développement de variété. L'on a observé sept groupes de conglomerats basiques à partir de l'analyse de composantes principales de tous les clones étiquetés labélisés correctement. Cette étude a démontré l'utilité des marqueurs de SNP pour nettoyer les banques de gènes et pour repérer les plantes hors de type, potentialisant ainsi le programme d'amélioration du cacao au Nigeria.

Resumen

El rendimiento en campo y la calidad de las familias de hermanos completos de cacao producidas a partir de huertos de semillas y distribuidas a los agricultores depende en gran medida de la integridad genética de los clones parentales obtenidos en las colecciones de bancos de genes de campo. Sin embargo, la información sobre el impacto del etiquetado incorrecto y fuera de tipo en la producción de huertos de semillas y el manejo de germoplasma en Nigeria es escasa. Sesenta y tres (63) marcadores de polimorfismo de nucleótido único (SNP) se utilizaron para tomar huellas dactilares de 1.457 árboles de cacao muestreados de siete parcelas de bancos de genes de campo para verificar el nivel de etiquetado incorrecto y diversidad en el germoplasma del cacao de Nigeria. El procedimiento de emparejamiento multilocus con secuencias de referencia conocidas reveló hasta un 78% de etiquetado erróneo en colecciones de germoplasma de cacao recientemente introducidas. La prueba de asignación reveló que los errores de etiquetado variaron entre 0% y 100% entre los "clones C" muestreados en huertos de semillas. Sin embargo, se observaron tasas más bajas de etiquetado incorrecto (0% - 50%) en la mayoría de las colecciones de clones activos de mejoradores. Estos problemas se han atribuido a errores de las fuentes de introducción, errores de etiquetado previos a la siembra y portainjertos que rebasan a los vástagos injertados debido al manejo deficiente del germoplasma. El análisis estructural de muestras reveló que el Calabacillo Mixto de Iquitos (CMI), Nacional, Refractario (híbrido nacional), Nanay, Parinary, Scavina, Criollo, Amelonado y Trinitario, como los principales grupos genéticos presentes en el banco de genes de Nigeria, indicando que la base genética del germoplasma del cacao de Nigeria se ha ampliado a través de introducciones recientes. Sin embargo, solo una pequeña proporción de los recursos genéticos disponibles en el banco de genes se han utilizado para el desarrollo de variedades. Se observaron siete grupos de conglomerados básicos a partir del Análisis de Componentes Principales de todos los clones etiquetados correctamente. Este estudio demostró la utilidad de los marcadores de SNP para limpiar los bancos de genes e identificar plantas fuera de tipo; potenciando así el programa de mejora del cacao en Nigeria.

PARTICIPATORY MODEL OF SELECTION AND INSTALLATION OF A SEED GARDEN OF FINE CACAO (*Theobroma cacao* L.) "CACAO AMAZONAS PERÚ" IN THE AMAZON REGION (PERU)

Rosaura Laura Vila

Lorenzo Delgado Llatas, Yunder Cuchilla Tapia, Rosaura Laura Vila

Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO)

Abstract

The cacao is the main ingredient of chocolate and moves billions of dollars around the world; it comes mainly from family farming. In Peru, more than 90,000 families benefit cultivating cacao in 16 of the 25 Regions that make up the country. These regions contain a great diversity of types of cacao, many of them have been classified as fine and flavored and are offered better prices in comparison to prices on the commodities stock market (London and New York), becoming a great opportunity to improve the family economy of the cacao farmers and at the same time, to continue to preserve these special types. Given this opportunity, in the Amazon region, a participatory cacao selection experience was started on a collection of 135 outstanding accessions of the cacao -representative of this region that served to obtain a denomination of origin (DO)-, located in the clonal gardens of the CEPROAA (Cooperativa Central de Productores Agropecuarios de Amazonas) at heights between 614 and 830 meters above sea level. The process of selection began with the validation of the morpho-agronomic characterization and the sensorial evaluation data of fruits to identify 10 clones with outstanding characteristics. The selection obtained was installed on the farm of a CEPROAA partner farmer, with a seed garden design of 1.5 hectares maximizing the number of trees per selection, in order to provide mainly vegetative seed properly cataloged, from the denomination of origin "Cacao Amazonas Peru." The 10 types of promising cocoa selected, were re-characterized with the same initial parameters and an analysis of the sensory profile of the beans was made to make available to the farmers, the fine chocolate industry, and researchers. During the process, participatory workshops were held with farmers in the area to highlight the value of having quality seed with known origin. This experience is serving as a model for the installation more seed gardens in other regions of Peru, such as in Piura, offering a quick alternative to respond to the high demand for fine cocoa seed.

Résumé

Le cacao est l'ingrédient principal du chocolat et est le responsable d'un mouvement de milliers de dollars dans le monde entier ; il provient notamment de l'agriculture familiale. Au Pérou, plus de 90.000 familles se bénéficient en cultivant le cacao dans 16 des 25 régions qui conforment le pays. Ces régions contiennent une grande diversité de types de cacao, la plupart ayant été classée comme fins et à grand goût, et on leur offre de meilleurs prix par rapport aux prix dans le marché de matières premières. (Londres et New York), devenant une grande opportunité pour améliorer l'économie familiale des producteurs de cacao et, en même temps, continuant de préserver ces types spéciaux. Face à cette opportunité, dans la région amazonienne une expérience participative de sélection de cacao dans une collection de 137 accessions remarquables du cacao -représentatif de cette région qui a servi pour obtenir une dénomination d'origine (DO) -, située dans les jardins clonaux de CEPROAA (Centrale de Producteurs Agricoles de l'Amazonie) à des hauteurs entre 614 et 830 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le processus de sélection a commencé avec la validation de la caractérisation morpho agronomique et les données d'évaluation sensorielle des fruits pour repérer 10 clones aux caractéristiques remarquables. La sélection obtenue a été établie dans la ferme d'un agriculteur partenaire de CEPROAA, avec une organisation de potager de graines de 1,5 hectares qui maximise le nombre d'arbres par sélection, dans le but de fournir une graine notamment végétative et dument cataloguée de la dénomination d'origine "Cacao Amazonas Perú". Les 10 types de cacao prometteurs choisis ont été re-caractérisés avec les mêmes paramètres

originaux, et une analyse de profil sensoriel des graines pour le mettre à la disposition des agriculteurs, l'industrie du chocolat fin et les chercheurs. Pendant le processus, des ateliers participatifs ont été réalisés avec les agriculteurs de la zone pour mettre en valeur la présence de graines de qualité à l'origine connue. Cette expérience est un modèle pour la mise en place d'autres potagers dans d'autres régions du Pérou telles que le Piura, qui offre une alternative rapide pour répondre à la grande demande de graine de cacao fin.

Resumen

El cacao es el ingrediente principal del chocolate y mueve miles de millones de dólares en todo el mundo; proviene principalmente de la agricultura familiar. En Perú, más de 90,000 familias se benefician cultivando cacao en 16 de las 25 Regiones que conforman el país. Estas regiones contienen una gran diversidad de tipos de cacao, muchos de ellos han sido clasificados como finos y con sabor y se les ofrecen mejores precios en comparación con los precios en el mercado de materias primas (Londres y Nueva York), convirtiéndose en una gran oportunidad para mejorar la economía familiar de los productores de cacao y, al mismo tiempo, continuar preservando estos tipos especiales. Ante esta oportunidad, en la región amazónica se inició una experiencia participativa de selección de cacao en una colección de 135 accesiones sobresalientes del cacao -representativo de esta región que sirvió para obtener una denominación de origen (DO) -, ubicada en los jardines clonales de CEPROAA (Central de Productores Agropecuarios de Amazonas) a alturas entre 614 y 830 metros sobre el nivel del mar. El proceso de selección comenzó con la validación de la caracterización morfoagronómica y los datos de evaluación sensorial de las frutas para identificar 10 clones con características sobresalientes. La selección obtenida se instaló en la finca de un agricultor socio de CEPROAA, con un diseño de huerta de semillas de 1,5 hectáreas que maximiza el número de árboles por selección, con el fin de proporcionar semilla principalmente vegetativa y debidamente catalogada, de la denominación de origen "Cacao Amazonas Perú". Los 10 tipos de cacao prometedores seleccionados fueron re-caracterizados con los mismos parámetros iniciales y se realizó un análisis del perfil sensorial de los granos para ponerlo a disposición de los agricultores, la industria del chocolate fino y los investigadores. Durante el proceso, se realizaron talleres participativos con los agricultores en el área para resaltar el valor de tener semillas de calidad con origen conocido. Esta experiencia sirve como modelo para la instalación de más huertos de semillas en otras regiones del Perú, como en Piura, que ofrece una alternativa rápida para responder a la gran demanda de semilla de cacao fino.

NUEVAS COLECCIONES DE GERMOPLASMA DE CACAOS SILVESTRES Y DOMESTICADOS DEL PERÚ Y SUS IMPLICANCIAS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO

Enrique Arévalo-Gardini

Dapeng Zhang, Juan Arevalo-Gardini, Abel Farfan- Pinedo, Virupax Baligar

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

El mejoramiento de nuevas variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) de alta productividad, resistentes a plagas y enfermedades, adaptados a factores abióticos y con buena calidad organoléptica de los granos, tiene como premisa fundamental contar con la mayor diversidad genética. Las poblaciones silvestres de cacao que crecen espontáneamente a lo largo de la Amazonía constituyen el potencial genético de esta planta, sin embargo este es poco conocido. Desde el 2008 diferentes colecciones fueron realizadas en los departamentos de Amazonas, Loreto, San Martín, Ucayali and Madre de Dios. 441 Cacaos silvestres de las Cuencas de 23 ríos fueron colectados como varas yemeras y se propagaron y conservan en el Banco de germoplasma de cacao del Instituto de Cultivos Tropicales ICT (BGICT), Tarapoto, Perú. Los análisis de caracterización molecular, usando marcadores SNP y SSR así como la caracterización morfológica muestran que esta nueva colección es de gran riqueza alélica y muy alta diversidad genética comparada con otras colecciones silvestres. Este material está siendo caracterizado por su productividad, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia al estrés abiótico (sequía, calidad de luz y suelos ácidos) así como sus características organolépticas, que ayuden a consolidar el origen del cacao como peruano ante el mundo. Otras colecciones fueron realizadas en años anteriores en campo de productores seleccionando 616 árboles elites por sus características de productividad y resistencia a enfermedades, 44 de estas plantas elites, además de 22 híbridos de la colección de INIA de Perú, 17 genotipos de la colección internacional, 20 de genotipos de Brasil y 34 genotipos procedentes del Centro de Cuarentena Internacional de Cacao de la Universidad de Reading UK, se conservan en el BGICT. Este material constituye a la fecha la principal despensa genética de cacao para el mejoramiento de la producción y sostenibilidad de este cultivo en el Perú.

Abstract

High productivity, resistance to pests and diseases, adaptation to abiotic factors and good organoleptic quality of the grains are fundamental features of the improvement of new varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) and for this purpose the greatest genetic diversity is required. The wild populations of cocoa that grow spontaneously throughout the Amazon constitute the genetic potential of this plant. However, it is not well known. Since 2008, different collections were made in the Amazon, Loreto, San Martín, Ucayali and Madre de Dios departments. 441 wild cocoas from the basins of 23 rivers were collected as buds and then they were propagated and kept in the cocoa germplasm bank of the Institute of Tropical Crops (BGICT), Tarapoto, Peru. Molecular characterization analyses through the use of SNP and SSR markers as well as morphological characterization show that this new collection has a great allelic richness and a very high genetic diversity when compared with other wild collections. This material is characterized by its productivity, resistance to pests and diseases, tolerance to abiotic stress (drought, quality of light and acid soils) and its organoleptic characteristics, which help to consolidate Peruvian cocoa in the world. Other collections were made in previous years on the field through the selection of 616 elite trees given their characteristics of productivity and disease resistance. 44 of these elite plants, in addition to 22 hybrids of the INIA collection of Peru, 17 genotypes of the international collection, 20 genotypes from Brazil and 34 genotypes from the International Cocoa Quarantine Center of the University of Reading (UK) are kept at

the BGICT. To date, this material is the main genetic pantry of cocoa for improved production and sustainability of this crop in Peru.

Résumé

L'amélioration de nouvelles variétés de cacao (*Theobroma cacao* L.) de haute productivité, résistantes aux plaies et aux maladies, adaptées aux facteurs abiotiques et de bonne qualité organoleptique des graines, a comme prémisses fondamentales de compter avec la plus grande diversité génétique possible. Les populations sauvages du cacao qui poussent de façon spontanée tout le long de l'Amazonie constituent le potentiel génétique de cette plante, même si celui-ci est peu connu. Depuis 2008, différentes collections ont eu lieu dans différents départements de l'Amazonie, Loreto, San Martín, Ucayali et Madre de Dios. Dans les bassins de 23 rivières, 441 cacaos sauvages ont été cueillis en branches de bourgeons et propagés et conservés dans la Banque de germoplasme du cacao de l'Institut de Cultures Tropicales ICT (BGICT), Tarapoto, Pérou. Les analyses de caractérisation moléculaire, avec des marqueurs SNP et SSR ainsi que la caractérisation morphologique montrent que cette nouvelle collection a une grande richesse allélique et une très haute diversité génétique en comparaison avec d'autres collections sauvages. Ce matériel commence à être caractéristique en raison de sa productivité, sa résistance aux plaies et aux maladies, tolérance au stress abiotique (sécheresse, qualité de la lumière et sols acides) ainsi que par ses particularités organoleptiques qui contribuent à la consolidation de l'origine du cacao péruvien dans le monde. Dans des années précédentes d'autres collections ont été faites sur des plantations de producteurs et 616 arbres élite ont été sélectionnés par leur productivité et résistance aux maladies. 44 de ces plantes élite, 22 hybrides de la collection INIA du Pérou, 17 génotypes de la collection internationale, 20 génotypes du Brésil et 34 génotypes de provenance du Centre de Quarantaine Internationale du Cacao de l'Université de Reading UK, se trouvent encore au BGICT. Ce matériel constitue aujourd'hui la principale réserve génétique de cacao pour l'amélioration de la production et durabilité de cette culture au Pérou.

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CACAO EN COLOMBIA A TRAVÉS DE SELECCIÓN VARIETAL PARTICIPATIVA

Nubia Martinez Guerrero

Edith Moreno M.; Oscar M. Gavanzo C., Diannefair Duarte H., Edwin A Gutierrez R.

Federacion Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO), Colombia

Resumen

Colombia posee gran potencial en diversidad genética de cacao, en especial por ser parte del centro de origen de la especie y también por el desarrollo del cultivo a través del tiempo. La Federación Nacional de Cacaoteros - FEDECACAO -, mediante estrategias de mejoramiento participativo como base para la recuperación y salvaguardia de conocimientos, recursos genéticos y patrimonio social, ha generado procesos de conservación de germoplasma y de la diversidad genética en fincas con la búsqueda, recuperación, conservación y evaluación de nuevos genotipos promisorios. Desde los años 90, FEDECACAO inició el proceso de búsqueda, selección y evaluación de árboles sobresalientes en fincas de agricultores en todas las regiones productoras del país. Hasta el año 2016 la Federación ha seleccionado 116 árboles procedentes de 40 municipios, correspondientes a doce departamentos. El esquema establecido fue la evaluación regional de los genotipos seleccionados por ambientes y se obtuvo el registro de la Unidad de Fitomejoramiento en cacao. Se establecieron parcelas y experimentos con diseño experimental BCA, donde se evaluaron genotipos con características especiales; mediante variables relacionadas con componentes del rendimiento, respuesta a *Moniliophthora* sp., y perfil sensorial, en diferentes condiciones ambientales, durante 6 años. Los datos obtenidos en la evaluación fueron analizados mediante estadística descriptiva y multivariada. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la amplia diversidad genética de cacao Colombia debe continuar siendo utilizada en la selección de genotipos con características especiales. En 2014 se obtuvo el registro comercial para 8 nuevos genotipos de cacao que poseen características de alto rendimiento, mayor tolerancia a monilia y calidad sensorial, en tanto que Fedecacao continua trabajando en la selección de genotipos de interés para el incremento de la productividad e incentivando nuevas selecciones de materiales promisorios con características de cacao fino de sabor y aroma.

Abstract

Colombia has a great potential in terms of genetic diversity of cocoa, especially because it is part of the area where the species originated and also because of the development of the crop over time. Having participatory improvement strategies as the foundation for the recovery and safeguarding of knowledge, genetic resources and social heritage, the National Federation of Cacao Growers (FEDECACAO) has generated germplasm and genetic diversity conservation processes in farms through the search, recovery, conservation and evaluation of promising genotypes. Since the 90s, FEDECACAO started the process of searching, selecting and evaluating outstanding trees in farms in all the producing regions of the country. Until 2016, the federation selected 116 trees from 40 municipalities corresponding to twelve departments. The established scheme was the regional evaluation of genotypes selected by environments and the registration of the Cocoa Plant Improvement Unit. Plots and experiments with a BCA experimental design were established and genotypes with special characteristics were evaluated through variables related to performance, response to *Moniliophthora* sp. and sensory profile under different environmental conditions for six years. The data obtained during the evaluation were analyzed through descriptive and multivariate statistics. The results show that the wide genetic diversity of cocoa in Colombia must be used for the selection of genotypes with special characteristics. In 2014, commercial registration was obtained for eight new cacao genotypes with high yield characteristics, high tolerance to Monilia and sensory quality. Meanwhile, Fedecacao continues to work in the selection of genotypes for increasing productivity and to encourage new selections of promising materials with fine flavor and aroma.

Résumé

La Colombie possède un grand potentiel de diversité génétique du cacao, surtout parce qu'elle fait partie du centre d'origine de l'espèce et aussi par le développement de la culture à travers le temps. La Fédération Nationale de Cacaoculteurs – FEDECACAO – moyennant des stratégies d'amélioration participative en tant que base pour la récupération et sauvegarde de connaissances, ressources génétiques et patrimoine social, a créé des processus de conservation de germoplasme et de la diversité génétique dans les plantations qui cherchent, récupèrent, conservent et évaluent de nouveaux génotypes prometteurs. Depuis les années 90, FEDECACAO a commencé un processus de recherche, sélection et évaluation des arbres remarquables dans les fermes d'agriculteurs dans toutes les régions productrices du pays. À 2016, la Fédération a sélectionné 116 arbres de 40 municipalités différentes, dans douze départements. Le schéma établi a été l'évaluation régionale des génotypes sélectionnés par ambiances et on a obtenu un registre de l'Unité de Phytoamélioration du cacao. Des parcelles et des expériences avec design expérimental BCA ont été établies pour l'évaluation de génotypes avec des caractéristiques spéciales ; par des variables relatives aux composantes du rendement, réponse à la *Moniliophthora* sp., et profil sensoriel, sous différentes conditions de l'environnement, pendant 6 ans. Les données obtenues dans l'évaluation ont été analysées par statistique descriptive et multivariée. Les résultats ont permis de conclure que la grande diversité génétique du cacao en Colombie doit continuer à être utilisée dans la sélection de génotypes avec des caractéristiques spéciales. En 2014 on a obtenu l'enregistrement commercial pour 8 nouveaux génotypes du cacao avec des caractéristiques de haut rendement, plus grande résistance à la moniliose et qualité sensorielle, et Fedecacao continue le travail de sélection de génotypes d'intérêt pour la croissance de la productivité, favorisant de nouvelles sélections de matériaux prometteurs avec des caractéristiques de cacao fin en goût et en arôme.

ESTUDIOS DE RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y MEJORAMIENTO DEL CACAO EN UNAS- PERÚ: TRES DÉCADAS EN LA BÚSQUEDA Y DESARROLLO DE UNA VARIEDAD RESISTENTE

Rolando Ríos-Ruiz

Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

Resumen

La Moniliasis, Escoba de Bruja y Podredumbre Parda representan las principales enfermedades del cacao en el Perú. Cultivos sin un manejo adecuado pueden tener pérdidas de hasta el 100%. El uso de variedades resistentes es uno de los métodos preponderantes en el control de enfermedades, además de económico. Desde la década de 1950 se viene estudiando aspectos de mejoramiento del cacao, pero es solo a partir de la segunda mitad de los años 1980; con la instalación del banco de germoplasma activo de cacao de la UNAS (BGA-UNAS); compuesto por genotipos internacionales y por las colecciones Ucayali (U) y Huallaga (H); que se inicia un programa sistemático de mejoramiento para resistencia a enfermedades. En la primera fase, estudios de biología, variabilidad y protocolos de inoculación y evaluación fueron definidos. Se determinó la presencia de *Phytophthora palmivora* y *P. capsici* en el Perú, siendo la primera más prevaleciente y de mayor severidad. Por otro lado, no hubo grandes diferencias entre aislamientos de *Moniliophthora perniciosa* y *M. roreri*. En una segunda fase, evaluaciones bajo inóculo natural y estudios de screening con inóculo artificial fueron conducidos en el BGA-UNAS. Diferencias significativas entre genotipos fueron detectados. Si bien el trabajo continua, ya sobresalen genotipos con mayores niveles de resistencia: SCA 6 y 12 y algunos U a *M. perniciosa*; UF-613, P7 y algunos H a *Phytophthora* spp.; ICS95, IMC67, UF296 y algunos U a *M. roreri*. En esta fase, para atender la promoción del cultivo de cacao, también se produjeron, inicialmente, semillas de híbridos inter-clonales seleccionados. Posteriormente, al cambiar la preferencia a la siembra clonal y a través de ensayos de clones instalados fue posible seleccionar y recomendar algunos clones con mejores niveles de producción y grados de resistencia. En una tercera fase, a través del sub-programa cacao-UNAS y algunas veces con apoyo internacional, se establecieron ensayos comparativos de híbridos y clones, sometidos a una alta presión de inóculo, en la Estación Experimental Tulumayo (EET). A pesar que muchos de estos ensayos ya tienen sus evaluaciones avanzadas, poco material con significativo grado de resistencia fue encontrado hasta el momento. Una cuarta fase ha sido iniciada más recientemente con la selección de genotipos promisorios, los cuales fueron injertados y establecidos en campo en la EET. A pesar de la falta de recursos económicos, este trabajo continua, y tiene el potencial para generar un material de cacao resistente a moniliasis y escoba de bruja a futuro.

Abstract

Moniliasis, witches' broom and brown rot are the main diseases of cocoa in Peru. Without proper handling, crops can have losses of up to 100%. The use of resistant varieties is one of the predominant methods for the control of diseases. Since the 1950s, cocoa improvement has been studied. In the 1980s, thanks to the installation of the active cocoa germplasm bank of the UNAS (BGA-UNAS) which is composed of international genotypes and the Ucayali (U) and Huallaga (H) collections, a systematic program of improvement for resistance to diseases began. In the first phase, biology and variability studies as well as inoculation and evaluation protocols were defined. The presence of *Phytophthora palmivora* and *P. capsici* was determined in Peru, being the former the most prevalent and severe. On the other hand, there were no large differences between isolates of *Moniliophthora perniciosa* and *M. roreri*. In the second phase, evaluations under natural inoculum and screening studies with artificial inoculum were conducted at BGA-UNAS. Significant differences between genotypes were detected. Although the research continues, some genotypes with high levels of resistance stand out: SCA 6 and 12 and some U to *M. perniciosa*; UF-613, P7 and some

H to *Phytophthora* spp.; ICS95, IMC67, UF296 and some U to *M. roreri*. During this phase, seeds of selected inter-clonal hybrids were also produced. Subsequently, by choosing clonal planting and through trials of clones it was possible to select and recommend some clones with better production levels and resistance. In the third phase, through the cocoa-UNAS subprogram and sometimes with international support, comparative trials of hybrids and clones subjected to a high inoculum pressure were established at the Tulumayo Experimental Station (TES). Although the evaluation of many of these trials is already advanced, little material with a significant degree of resistance has been found so far. The fourth phase has been initiated more recently with the selection of promising genotypes, which were grafted and established on the field in the TES. In spite of the lack of economic resources, this research continues and it has the potential to generate some cocoa material which can resist moniliasis and witches' broom disease in the future.

Résumé

La Moniliose, Balai de Sorcière et Pourriture Brune représentent les maladies principales du cacao au Pérou. Les plantations avec un aménagement inadéquat peuvent présenter des pertes de jusqu'au 100%. L'utilisation de variétés résistantes est une des méthodes prépondérantes pour le contrôle de maladies, et la protection économique. Depuis les années 50 sont commencées les études pour l'amélioration du cacao, mais ce n'est qu'au milieu des années 80 – avec l'installation de la banque de germoplasme actif de cacao des UNAS (BGA-UNAS) composé de génotypes internationaux et des collections Ucayali (U) et Huallaga (H) – que commence le programme systématique d'amélioration pour la résistance aux maladies. Dans la première phase, ont été définis les études de biologie, variabilité et protocoles d'inoculation et d'évaluation. La présence de *Phytophthora palmivora* et de *P. capsici* ont été déterminées au Pérou, étant la première la plus dominante et de plus grande sévérité. D'autre part, il n'y a pas eu de grandes différences entre isolements de *Moniliophthora perniciosa* et *M. roreri*. Dans une deuxième phase, on a mené des évaluations sous inoculation naturelle et études de screening avec inoculation artificielle au BGA-UNAS. Ont été détectées des différences significatives entre génotypes. Même si le travail continue, il ressortent déjà des génotypes avec de plus hauts niveaux de résistance : SCA 6 et 12 et certains U pour *M. perniciosa*; UF-613, P7 et certains H pour *Phytophthora* spp.; ICS95, IMC67, UF296 et certains U pour *M. roreri*. Dans cette phase, pour répondre à la promotion de la plantation de cacao, on a aussi produit, initialement, des semences d'hybrides inter-clonales sélectionnés. Ultérieurement, en changeant la préférence vers la culture clonale et à travers d'essais de clones installés il a été possible de sélectionner et recommander certains clones avec de meilleurs niveaux de production et de résistance. Dans une troisième phase, à travers le sous-programme cacao-UNAS et parfois avec l'appui international, on a établi des essais comparatifs d'hybrides et de clones, soumis à une grande pression d'inoculation, dans la Estación Experimental Tulumayo (EET). Malgré le fait que beaucoup de ces essais ont déjà des évaluations avancées, on n'a pas trouvé à présent aucun matériel avec un niveau important de résistance. Récemment on a commencé une quatrième phase avec la sélection de génotypes prometteuses, lesquels ont été greffés et placés dans le champs à EET. Malgré le manque de ressources économiques ce travail continue et il a le potentiel pour produire un matériel de cacao résistant au futur à la moniliose et le balai de sorcière.

CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET MOLECULAIRE DE VARIETES DE CACAOYER CULTIVEES DANS LE DEPARTEMENT DE LA GRANDE-ANSE A HAITI

Michel Boccara

L.A. Motilal, P. Umaharan, P.Cernio, L.Jean Simon, R. Jeanniton

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Résumé

Le projet “ Caractérisation morphologique et moléculaire de variétés de cacaoyer en Haïti” financé par le Catholic Relief Service et ses partenaires à Haïti, a été mené par le Cocoa Research Centre de l’Université des West Indies (CRC) en 2015/2016. Une enquête stratifiée a été réalisée dans 400 exploitations dans le département de la Grande Anse, par une équipe locale . Une équipe du Cocoa Research Centre avait fourni une formation locale portant sur la stratégie et la collecte de données pour établir des fiches d’identité, des données de géolocalisation GPS et les protocoles d’échantillonnage de feuilles. Les observations et mesures portant sur les caractéristiques ont été réalisées sur les arbres, les fleurs, les fruits et les graines; des feuilles ont été récoltées sur chaque arbre choisi pour une caractérisation moléculaire. Un profil moléculaire de chaque échantillon de feuille a été obtenu en utilisant un set de 96 marqueurs SNP au laboratoire du CRC/UWI à St Augustine, Trinidad. Les analyses des profils SNP et des données d’observations morphologiques ont été réalisées au CRC. La diversité du cacaoyer échantillonné dans les fermes de la région d’étude est présentée en mettant l’accent sur leur origine, la diversité génétique, la conservation du germplasma et son utilisation dans le but de croisements.

Abstract

The project “Morphological and Molecular Characterization of Cocoa Varieties in Haiti” funded by the Catholic Relief Service and its partners in Haiti, was conducted by the Cocoa Research Center of the University of West Indies (CRC) in 2015/2016. A stratified survey was conducted in 400 farms in the Department of Grande Anse, by a local team. A team from the Cocoa Research Center provided local training on strategy and data collection to develop identity cards, GPS geolocation data and leaf sampling protocols. Characteristic observations and measurements were made on trees, flowers, fruits and seeds; leaves were harvested from each selected tree for molecular characterization. A molecular profile of each leaf sample was obtained using a set of 96 SNP markers at the CRC / UWI laboratory in St Augustine, Trinidad. SNP profiles and morphological observations were analyzed at CRC. The diversity of cocoa sampled on farms in the study area is presented with emphasis on their origin, genetic diversity, conservation of germplasm and its use for crossbreeding purposes.

Resumen

El proyecto "Caracterización morfológica y molecular de las variedades de cacao en Haití", financiado por el Catholic Relief Service y sus socios en Haití, fue realizado por el Centro de Investigación del Cacao de la Universidad de las Indias Occidentales (CRC) en 2015/2016. Se realizó una encuesta estratificada en 400 fincas en el departamento de Grande Anse, por parte de un equipo local. Un equipo del Centro de Investigación del Cacao proporcionó capacitación local estratégica y recolección de datos, así como el desarrollo de documentos de identidad, datos de geolocalización GPS y los protocolos de muestreo de la hoja. Se adelantaron observaciones de características y se tomaron medidas en árboles, flores, frutos y semillas; se recogieron hojas de cada árbol seleccionado para su caracterización molecular. Se obtuvo un perfil molecular de cada muestra de hoja usando un conjunto de 96 marcadores de SNP en el laboratorio CRC / UWI en San Agustín, Trinidad. Se analizaron los perfiles de SNP y se hicieron observaciones morfológicas en el CRC. Se presenta la diversidad del cacao del cual se tomaron muestras en las fincas en el área de estudio con énfasis en

su origen, diversidad genética, conservación de germoplasma y su uso para fines prácticos de cruzamiento.

THEMATIC 2: AGRONOMIC OR CROP SYSTEMS

ACUMULACIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Edna Leiva-Rojas
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

La producción potencial del cultivo de cacao es regulada por la disponibilidad de minerales en el suelo además, es afectada por factores climáticos y edáficos, para estos últimos se cuenta con protocolos de diagnóstico tanto de sus propiedades físicas como químicas, que aportan parte de la información necesaria para recomendar la aplicación de los nutrientes demandados, aunado a los requerimientos nutricionales del cultivo. Los nutrimentos necesarios para la producción incluyen la cantidad de minerales extraídos en su crecimiento vegetativo y los exportados en la cosecha. Comúnmente se aplica uno o más nutrientes deficitarios o excedidos a la cantidad que es removida por el cultivo, para la suplementación racional y sostenible de minerales o fertilizantes y enmiendas es indispensable conocer la cantidad de nutrientes acumulados y los retirados en los granos de cacao. Se colectaron árboles completos, incluida la raíz, para cuantificar su biomasa y con los análisis químicos de cada parte del material se calculó la acumulación de nutrientes. El muestreo se realizó en plantaciones de 4, 10, 15, 20 y 30 años, en las zonas de vida bosque húmedo tropical (bh-T), bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo premontano (bh-PM). En el sitio de cada árbol se tomaron muestras de suelo para su correspondiente análisis químico. Se concluyó que el modelo de crecimiento es distinto según la zona de vida, con mayor acumulación de fitomasa en bh-T y la más baja en bs-T. La concentración de nutrientes en las hojas es mayor que en las demás partes del árbol, con valores de N: 1,4 a 2,2%, K: 1,2 a 2,2%, Ca: 0,8 a 2%, Mg: 0,33 a 0,9%, P: 0,13 a 0,20% y S: 0,07 a 0,27 %. El orden de extracción es $N \geq K \geq Ca > Mg > P > S$, y cambia dependiendo de la edad del cultivo. El grano extrae el K en mayor cantidad. La secuencia de acumulación de nutrientes en las hojas es: $N = Ca > K > Mg > P > S$, en el fuste es $K > Ca \geq N > Mg > P > S$. Sin embargo, el contenido de minerales en el suelo no siempre tiene relación directa con los nutrientes acumulados en el árbol. Palabras clave: cacao, nutrición, extracción nutrientes, crecimiento

Abstract

The potential production of the cocoa crop is regulated by the availability of minerals in the soil and it is also affected by climatic and edaphic factors. For the latter there are diagnostic protocols of their physical and chemical properties, which provide part of the information required to recommend the application of the necessary nutrients, together with the nutritional requirements of the crop. The nutrients needed for production include the amount of minerals extracted during vegetative growth and those exported during the harvest. Commonly, one or more nutrients are added. For the rational and sustainable supplementation of minerals or fertilizers and amendments it is essential to know the amount of accumulated and removed nutrients in cocoa beans. Complete trees were collected, including their root, to quantify their biomass and with the chemical analyzes of each part the accumulation of nutrients was calculated. Sampling was carried out in 4, 10, 15, 20 and 30 year-old plantations in the tropical moist forest, tropical dry forest and premontane moist forest zones. At the site of each tree, soil samples were taken for chemical analysis. It was concluded that the growth model is different depending on the life zone, with the greatest accumulation of phytomass in the tropical moist forest and the lowest in the tropical dry forest. The concentration of nutrients in leaves is higher than in other parts of the tree with the following values: N: 1.4 to 2.2%, K: 1.2 to 2.2%, Ca: 0.8 to 2%, Mg: 0.33 to 0.9%, P: 0.13 to 0.20% and S: 0.07 to 0.27%. The extraction order is $N \geq K \geq Ca$

> Mg > P > S and it changes depending on crop age. The grain extracts K in greater quantities. The sequence of nutrient accumulation in leaves is: N = Ca > K > Mg > P > S and in the stem it is K > Ca ≥ N > Mg > P > S. However, mineral content in the soil is not always directly related to the nutrients accumulated in the tree. Keywords: cocoa, nutrition, nutrient extraction, growth

Résumé

La production potentielle résultant de la culture du cacao est règlementée par la disponibilité de minéraux dans le sol. Elle est, en outre, affectée par des facteurs climatiques et édaphiques dont des protocoles de diagnostic sont disponibles, concernant tant des propriétés physiques que chimiques et qui fournissent l'information nécessaire pour recommander l'application des nutriments requis, en plus des besoins nutritionnels de la plantation. Les nutriments nécessaires pour la production comprennent la quantité de minéraux extraits durant sa croissance végétative et ceux exportés lors de la récolte. Normalement on applique un ou plusieurs nutriments déficitaires ou en excès à la quantité enlevée par la culture, en vue de compléter d'une manière rationnelle et durable les minéraux ou les fertilisants. Il est indispensable de connaître la quantité de nutriments accumulés et de ceux enlevés aux graines de cacao. Des arbres complets ont été recueillis, y compris la racine, afin de quantifier leur biomasse; ensuite on a fait des analyses chimiques de chaque partie du matériel et on a calculé l'accumulation des nutriments. L'échantillonnage a été effectué dans des plantations de 4, 10, 15, 20 et 30 ans, dans des écosystèmes de forêt humide tropicale (bh-T), bois sec tropical (bs-T) et forêt humide de piedmont (bh-PM). Dans le site de chacun des arbres on a prélevé des échantillons de sol en vue de faire l'analyse chimique correspondante. Il a été conclu que le modèle de croissance varie selon la zone de vie, avec la plus grande accumulation de phytomasse à bh-T et la plus basse à bs-T. La concentration de nutriments dans les feuilles est plus grande que dans les autres parties de l'arbre, avec des valeurs de N: 1,4 à 2,2%, K: 1,2 à 2,2%, Ca: 0,8 à 2%, Mg: 0,33 à 0,9%, P: 0,13 à 0,20% et S: 0,07 à 0,27 %. L'ordre d'extraction est le suivant: N ≥ K ≥ Ca > Mg > P > S, et celui-ci change en fonction de l'âge de la plantation. Le grain extrait le K en une plus grande quantité. La séquence d'accumulation des nutriments dans les feuilles est la suivante: N = Ca > K > Mg > P > S, et au fût: K > Ca ≥ N > Mg > P > S. Cependant, il n'y a pas toujours un lien direct entre le contenu de minéraux dans le sol et les nutriments accumulés dans l'arbre. Mots clés: cacao, nutrition, extraction, nutriments, croissance.

CONSERVACION DE LA VIABILIDAD DE LA SEMILLA DE CACAO MEDIANTE DESECACION Y ALMACENAMIENTO EN FRIO

Luis Carrion

Dawis Davila Alvarado

Universidad Nacional Agraria de La Selva (UNAS)

Resumen

El ensayo se llevó a cabo con el objeto de evaluar el efecto de la desecación de la semilla de cacao bajo condiciones de frío para mantener la viabilidad del embrión de la semilla del clon CCN-51. El mucílago de las semillas se limpió con aserrín, se lavaron con agua corriente y secaron al ambiente por aprox. 1 h. y luego se secaron en estufa por varias horas hasta obtener los contenidos de humedad específicos. Luego se hicieron pruebas de viabilidad por cada tratamiento (T1=43.1% de °H; T2=39,2% de °H; T3=30,5% de °H y T4=22,8% de °H) y las muestras restantes se colocaron en el freezer para su conservación a 15°C. Las pruebas de germinación se realizaron cada 30 días en el laboratorio (°T=26°C, en promedio). Los resultados mostraron que las semillas de los tratamientos T2 (39,2% de Hº) y T3 (30,5% de Hº), conservados a 15°C, tuvieron un porcentaje de germinación relativamente alto con 83% y 83%, respectivamente, después de 120 días (4 meses de almacenamiento). En cambio, los tratamientos T1 (43,1% de Hº) y T4 (22,8% de Hº), no lograron mantener altos valores de viabilidad de la semilla de cacao alcanzando valores de germinación del 37% y 47% respectivamente, después de 120 días de almacenamiento. En futuros ensayos se puede incluir un regulador hormonal que induzca la dormancia y logre prolongar la viabilidad del embrión del cacao almacenado en frío (15°C).

Abstract

The research was carried out in order to evaluate the effect of drying the cocoa seed under cold conditions to maintain the viability of the CCN-51 clone seed embryo. The mucilage of the seeds was cleaned with sawdust, then the seeds were washed with running water and dried at room temperature for approximately one hour. Then they were dried in an oven for several hours until the specific moisture contents were obtained. Viability tests were then carried out for each treatment (T1 = 43.1% of ° H, T2 = 39.2% of ° H, T3 = 30.5% of ° H and T4 = 22.8% of ° H) and the remaining samples were placed in the freezer for storage at 15°C. Germination tests were performed every 30 days in the laboratory (T = 26 ° C, on average). The results showed that when kept at 15°C the seeds from treatments T2 (39.2% of Hº) and T3 (30.5% of Hº) had a relatively high percentage of germination (83% and 83% respectively) after 120 days (4 months of storage). On the other hand, the treatments T1 (43.1% of Hº) and T4 (22.8% of Hº) did not manage to maintain high viability values for the cocoa seed, reaching 37% and 47% germination values respectively after 120 days of storage. Future trials may include a hormonal regulator that induces dormancy and manages to extend the viability of the cocoa embryo when stored in cold conditions (15 °C).

Résumé

Le test a été mené afin d'évaluer les effets du dessèchement de la graine du cacao sous des condition frigorifiques pour garder la viabilité de l'embryon de la graine du clone CCN-51. On a enlevé le mucilage des graines avec de la sciure, on les a lavées avec de l'eau courante et séchées à température ambiante pendant près d'une heure et après on les a placées en cuisinière pendant quelques heures pour obtenir des contenus d'humidité spécifiques. On a fait les tests de viabilité pour chaque traitement (T1=43.1% de °H; T2=39,2% de °H; T3=30,5% de °H y T4=22,8% de °H) et le reste des échantillons a été placé dans le freezer pour sa conservation à 15°C. Les tests de germination ont été faits tous les 30 jours au laboratoire (°T=26°C, en moyenne).

Les résultats indiquent que les graines des traitements T2 (39,2% de H²O) et T3 (30,5% de H²O), conservés à 15°C, ont eu un pourcentage de germination relativement élevé avec 83% et 83%, respectivement, après 120 jours (4 mois de stockage). Par contre, pour les traitements T1 (43,1% de H²O) et T4 (22,8% de H²O), les graines du cacao n'ont pas gardé des valeurs de viabilité élevées avec des valeurs de germination de 37% et 47% respectivement, après 120 jours de stockage. Dans des futurs tests il sera possible d'inclure un régulateur hormonal pour induire la dormance et qui puisse prolonger la viabilité de l'embryon du cacao en stockage frigorifique (15°C).

DINÁMICA ESTOMÁTICA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Claider Hernández-Taborda

Edna Ivonne Leiva-Rojas, Ramiro Rámirez Pisco

Universidad Nacional de Colombia

Resumen

La actividad estomática está relacionada con la fotosíntesis, la transpiración y la conductancia, procesos que a su vez están regulados por la cantidad de agua y aire disponible en el suelo, la temperatura ambiente y la radiación. Los estomas desempeñan un papel vital en el mantenimiento de la homeostasis de la planta y son los responsables del intercambio gaseoso. El propósito de esta investigación fue caracterizar la dinámica estomática y relacionarla con los cambios en luminosidad y estado hídrico del suelo. El estudio se realizó en el departamento de Antioquia, municipio de Maceo en la zona de vida bosque húmedo premontano (bh-PM) y Chigorodó en la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T), en clones de cacao CCN-51, ICS-95 y FSV-41, las variables climáticas contempladas correspondieron a temperatura, radiación y precipitación, se registró la humedad volumétrica del suelo y en las hojas se cuantificó el intercambio gaseoso durante todo el día, se tomaron improntas de los estomas cada dos horas. Se evidenció que el cacao es hipoestomático, con 229-262 estomas por mm² y que durante las 24 horas del día el mayor número de estomas abiertos se observó entre las 10 am y las 2 pm y se incrementa cuando hay mayor contenido de humedad en el suelo. Algunos clones responden al incremento de PAR, presentando las mayores tasas de asimilación de CO₂ a las 12 m, cuando los valores de radiación oscilan alrededor de los 1600 μ mfotones/m²/s. Después de las 2 pm aumentó el cierre estomático y se relacionó con el descenso de los valores de asimilación en las horas de la tarde.

Abstract

The stomatal activity is related to photosynthesis, transpiration and conductance. These processes are regulated by the amount of water and air available in the soil, air temperature and radiation. Stomata play a vital role in maintaining plant homeostasis and they are responsible for gas exchange. The purpose of this research was to characterize stomatal dynamics and relate it to the changes in luminosity and hydric status of the soil. The study was conducted in the Antioquia department, Maceo (premontane humid forest life zone) and Chigorodo (humid tropical forest life zone) municipalities using CCN-51, ICS-95 and FSV-41 cocoa clones. The climatic variables considered were temperature, radiation and rain. The volumetric moisture of the soil and gas exchange in the leaves throughout the day were registered. Samples of the stomatas were taken every two hours. It was evidenced that cocoa is hypostomatic, with 229-262 stomata per mm². In a 24-hour period, the largest number of open stomata was observed between 10 a.m. and 2 p.m. Also, this number increases when there is more moisture in the soil. Some clones respond to the increase of PAR, with the highest rates of CO₂ assimilation at 12 m, when radiation values oscillate around 1600 μ mfotons / m² / s. After 2 pm, stomatal closure increased and it was related to the decrease of assimilation values in the afternoon.

Résumé

L'activité stomatique est liée à la photosynthèse, à la transpiration et à la conductibilité, des processus qui sont à leur régulés par la quantité d'eau et d'air disponible au sol, à la température ambiante et a la radiation. Les stomates jouent un rôle essentiel dans le maintien de l'homéostasie de la plante et sont les responsables de l'échange gazeux. L'objet de cette recherche a été de caractériser la dynamique stomatique et le relier aux modifications de la luminosité et à l'état hydrique du sol.

Cette étude a été menée au département d'Antioquia, commune de Maceo, dans la zone de vie forêt humide piedmont (bh-PM) et Chigorodó dans la zone de vie de forêt humide tropicale (bh-T), dans des clones de cacao CCN-51, ICS-95 y FSV-41. Les variables climatiques contemplées correspondent à la température, la radiation et la pluviosité. L'humidité volumétrique du sol a été enregistré, et l'échange gazeux tout au long de la journée a été quantifiée dans les feuilles. Des empreintes des stomates ont été prises toutes les deux heures. Il a été observé que le cacao est hypostomatique, avec 229-262 stomates par mm², et qu'au long des 24 heures du jour le plus grand nombre de stomates ouverts a été observé entre 10 heures et 14 heures, et que cette quantité augmente lorsque le contenu d'humidité au sol est plus élevé. Certains clones répondent à l'augmentation de PAR, vu qu'à les taux d'assimilation de CO₂ sont les plus élevés, lorsque les valeurs de radiation oscillent autour de 1600 $\mu\text{m photons/m}^2/\text{s}$. Après 14 h la fermeture stomatique a augmenté, ce qui correspond à la descente des valeurs d'assimilation dans l'après-midi.

LA SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y LA RESPIRACIÓN DEL SUELO EN COLOMBIA

Andrea Marín Márquez

Andrea Marín Márquez, Edna Ivonne Leiva Rojas, Ramiro Ramirez Pisco

Universidad Nacional de Colombia

Resumen

La producción de CO₂ en el suelo es un indicador de su actividad biótica y se considera para evaluar su salud y calidad. Con la cuantificación del CO₂ que respira el suelo es posible calcular la materia orgánica que se descompone y que debe ser restituida para asegurar la sostenibilidad del sistema. La respiración del suelo se midió con la metodología propuesta por Krebs, en cultivos de cacao localizados en las zonas de vida bosque húmedo tropical (bh-T), en planicies aluviales del Urabá Antioqueño y en bosque húmedo premontano (bh-PM), en relieve colinado del Magdalena Medio. Los tratamientos correspondieron a parcelas fertilizadas y sin fertilizar cultivadas con los clones CCN51, ICS95, FSV41, FCH8 y LUKER 40, con seis años de edad, bajo manejo tradicional campesino, en donde la hojarasca permanece cubriendo el suelo todo el año. La fertilización estuvo compuesta por una mezcla órgano-mineral que se aplicó cada tres meses, ajustada a los requerimientos nutricionales del cultivo. La respiración del suelo fue mayor en el bosque húmedo Tropical (bh-T), con valores que oscilaron entre 15,07 y 80,21 Kg CO₂ ha⁻¹. En el bosque húmedo premontano (bh-PM) osciló entre 21,10 y 61,10 Kg CO₂ ha⁻¹. Así, es necesaria la aplicación de materia orgánica para asegurar la sostenibilidad del sistema productivo. Palabras clave: microorganismos, actividad biótica, raíces.

Abstract

The production of CO₂ in the soil is an indicator of its biotic activity, and it is taken into account to evaluate the health and quality of the soil. With the quantification of the CO₂ that the soil breathes, it is possible to calculate the organic matter that decomposes and that must be restored, with the objective of ensuring the sustainability of the system. Soil respiration was measured with the methodology proposed by Krebs, in cocoa crops located in the humid tropical forest (bh-T), alluvial plains of Urabá Antioqueño and in the premontane rainforest (bh-PM), in High relief of the Magdalena Medio. The treatments included fertilized and unfertilized plots cultivated with clones CCN51, ICS95, FSV41, FCH8 and LUKER 40, with six years of age, under traditional peasant management, where leaf litter remains covering the soil all year. Fertilization consisted of an organo-mineral mixture that was applied every three months, adjusted to the nutritional requirements of the crop. Soil respiration was highest in the Tropical Rainforest (bh-T), with values that ranged between 15.07 and 80.21 Kg CO₂ ha⁻¹. In the premontane rainforest (bh-PM), there was an oscillation between 21.10 and 61.10 Kg CO₂ ha⁻¹. Thus, the application of organic matter is necessary to ensure the sustainability of the productive system. Keywords: microorganisms, biotic activity, roots.

Résumé

La production de CO₂ dans le sol est un indicateur de son activité biotique, et il est pris en compte pour évaluer la santé et la qualité du sol. Avec la quantification du CO₂ que le sol respire, il est possible de calculer la matière organique qui se décompose et qui doit être restaurée, dans le but d'assurer la pérennité du système. La respiration du sol a été mesurée avec la méthodologie proposée par Krebs, dans les cultures de cacao situées dans la forêt tropicale humide (bh-T), les plaines alluviales d'Urabá Antioqueño et dans la forêt tropicale prémontagnarde (bh-PM) en Haut-relief du Magdalena Medio. Les traitements comprenaient des parcelles fertilisées et non fertilisées cultivées avec des clones CCN51, ICS95, FSV41, FCH8 et LUKER 40, à l'âge de six ans, sous gestion paysanne traditionnelle, où des feuilles mortes recouvrent le sol toute l'année. La fertilisation consistait en un mélange organo-minéral appliqué tous les trois mois, ajusté aux besoins nutritionnels de la culture. La respiration du sol

était la plus élevée dans la forêt tropicale humide (bh-T), avec des valeurs comprises entre 15,07 et 80,21 kg CO₂ ha⁻¹. Dans la forêt pluviale prémontagnarde (bh-PM), il y avait une oscillation entre 21.10 et 61.10 Kg CO₂ ha⁻¹. Ainsi, l'application de matière organique est nécessaire pour assurer la durabilité du système productif. Mots-clés: microorganismes, activité biotique, racines.

IMPORTANCIA DE LA HOJARASCA EN EL CULTIVO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.)

Miryen Mera Orozco

Ramiro Ramírez Pisco, Edna Ivonne Leiva Rojas

Universidad Nacional de Colombia (UNAL)

Resumen

Es ampliamente reportada la importancia de la hojarasca en los cultivos, en especial en el caso del cacao, sin embargo, la información cuantitativa del aporte de materia orgánica, de nutrientes, de carbono y las distintas funciones que cumple la hojarasca en el suelo, son ambiguas e insuficientes. La descomposición de la hojarasca es un proceso principalmente biótico influenciado por diversos factores, entre los que se encuentra la precipitación, temperatura, calidad de la hojarasca y poblaciones de macro y microorganismos. Se evaluó la tasa de aporte y descomposición de la hojarasca bajo el cultivo de cacao durante 14 meses, en las zonas de vida bh-T (Uraba, Colombia) y bh-PM (Maceo, Colombia), se cuantificó su contenido de nutrientes (N, P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B), la respiración del suelo se midió de acuerdo a la metodología propuesta por Krebs (2003), se consideró la resistencia a la penetración, la humedad volumétrica del suelo y el carbono total. El cultivo de cacao aporta en promedio en la zona de vida bh-T 4.35 Ton/ha.año de biomasa y en bh-PM 6.97 Ton/ha.año, la resistencia a la penetración disminuyó con el incremento en la humedad del suelo y está en construcción la aproximación a un modelo de descomposición de hojarasca.

Abstract

The importance of leaf litter for crops is widely reported, especially in the case of cocoa. However, quantitative information on the contribution of organic matter, nutrients, carbon and the different functions of leaf litter on the soil are ambiguous and insufficient. Leaf litter decomposition is a biotic process influenced by several factors including rain, temperature, leaf litter quality and populations of macro and microorganisms. The rate of contribution and decomposition of leaf litter under cocoa crops was evaluated for 14 months in the tropical wet forest (Uraba, Colombia) and wet forest premontane (Maceo, Colombia) life zones. Their nutrient content was quantified (N, P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B), soil respiration was measured according to the methodology proposed by Krebs (2003), resistance to penetration was considered and the volumetric humidity of the soil and total carbon were also analyzed. Cocoa crops provide bh-T 4.35 Ton / ha.year of biomass on average in the life zone and bh-PM 6.97 Ton / ha.year. Resistance to penetration decreased with the increase of soil moisture and a leaf litter decomposition model is under construction.

Résumé

L'importance de la litière foliaire dans les cultures est amplement divulguée, en particulier dans le cas du cacao. Cependant, l'information quantitative sur l'apport de matière organique, de nutriments, de carbone, ainsi que des différentes fonctions de la litière au sol est ambiguë et insuffisante. La décomposition du feuillage est un processus principalement biotique, qui est soumis à l'influence de différents facteurs, comme la pluviosité, la température, la qualité du feuillage et les populations de macro et microorganismes. Le taux de l'apport et de la décomposition de la litière foliaire sous les cultures de cacao a été évalué au cours de 14 mois dans les zones de vie bh-T (Uraba, Colombie) et bh-PM (Maceo, Colombie). Son contenu de nutriments (N, P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B) a également été quantifié, et la respiration du sol a été mesurée selon la méthodologie proposée par Krebs (2003). D'autre part, la résistance à la pénétration, l'humidité volumétrique du sol et le carbone total ont été considérés. La culture du cacao apporte en moyenne, dans la zone de vie bh-T

4.35 Ton/ha.année de biomasse, et dans la zone de vie bh-PM 6.97 Ton/ha.année. La résistance à la pénétration a diminué avec l'augmentation de l'humidité du sol, et l'approximation à un modèle de décomposition de la litière foliaire est en construction.

MODELOS DE PREDICCIÓN DE FLUJO DE SAVIA EN ÁRBOLES DE CACAO BAJO DIFERENTES ARREGLOS AGROFORESTALES EN EL OCCIDENTE DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA

Juan Suárez Salazar

Fernando Casanoves, Luz Marina Melgarejo, Julio A. Di Rienzo

Universidad de la Amazonia

Resumen

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) es una de las actividades agrícolas importantes en el mundo con una producción de 5 millones de toneladas de grano al año. Se cultiva bajo diferentes arreglos agroforestales que, al generar distintos niveles de sombra y modificar las características ambientales, repercuten sobre el flujo de savia y en consecuencia sobre la producción. Para valorar la influencia de distintas variables ambientales sobre el flujo de savia (V_s) se ajustó un modelo de predicción para el V_s en árboles de cacao bajo tres arreglos agroforestales. Estos arreglos diferían en el nivel de radiación transmitida de acuerdo a la composición (árboles acompañantes) y estructura del cultivo. Se analizó la respuesta del V_s frente a las principales variables ambientales para cada arreglo y se comparó el desempeño del modelo para estimar V_s en función de las variables ambientales. Para ello se monitoreó durante dos semanas en la época seca the air relative humidity (RH_a), air temperature (T_a), photosynthetically active radiation (PAR) and vapor pressure deficit (VPD) y V_s . El modelo ajustado predice bien ($r^2 > 0.90$) el V_s en relación con las variables ambientales bajo cada arreglo agroforestal. Los resultados muestran una asociación positiva entre V_s y PAR, VPD, T_a y negativa con RH_a. En el arreglo bajo sombra temporal transmitida y generada por la asociación cacao-plátano (CP) hubo una mayor V_s diaria y nocturna. Además, bajo los arreglos agroforestales SMD y SAA se presentaron reversos nocturnos de flujo de savia, lo cual es indicativo de redistribución hidráulica. Este estudio proporciona la evidencia sobre el comportamiento de V_s en el cultivo del cacao influenciada por la estructura agroforestal bajo las condiciones de la Amazonía. Desde el punto de vista agronómico las implicaciones de los resultados sugieren que los cacaotales en la Amazonía deben ser manejados con sombra temporal transmitida, ya que bajo estas condiciones se maximiza el V_s diurno y nocturno.

Abstract

The cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) is one of the most important agricultural activities in the world, with a production of 5 million tons of grain per year. It is cultivated under different agroforestry arrangements that generate different shade levels and modify environmental characteristics, having an impact on sap flow and consequently on production. To assess the influence of various environmental variables on sap flow (V_s), a prediction model for V_s in cocoa trees under three agroforestry arrangements was proposed. These arrangements differed in terms of the radiation level emitted according to the composition (companion trees) and structure of the crop. V_s response was analyzed against the main environmental variables for each arrangement and the performance of the model to estimate V_s was compared according to the environmental variables. To this end, relative air humidity (RH_a), air temperature (T_a), photosynthetically active radiation (PAR), vapor pressure deficit (VPD) and V_s were monitored for two weeks in the dry season. The adjusted model predicts V_s well ($r^2 > 0.90$) in relation to the environmental variables under each agroforestry arrangement. The results show a positive association between V_s and PAR, VPD and T_a and a negative association with RH_a. In the arrangement under temporary shade emitted and generated by the cocoa-banana (CB) association there was a higher daily and nightly V_s . In addition, under the SMD and SAA agroforestry arrangements there were nocturnal sap flow reversals, which indicates hydraulic redistribution. This study provides evidence on the behavior of V_s in cocoa crops as influenced by the agroforestry structure under the Amazon conditions. From the agronomic point of view, the implications of the results suggest that cocoa plantations

in the Amazon must be managed with emitted temporal shade, since daily and nightly V_s is maximized under these conditions.

Résumé

La culture du cacao (*Theobroma cacao* L.) est une des activités agricoles importantes au monde, avec une production de 5 millions de tonnes de graines par an. Il est cultivé sous différents systèmes agroforestiers lesquels, en produisant de différents degrés d'ombre et modifiant les caractéristiques environnementales, produisent des effets sur le flux de sève et, par conséquent, sur la production. Pour calculer l'influence des différentes variables environnementales sur le flux de sève (V_s) un modèle de prédiction a été adapté pour le V_s dans des arbres de cacao dans trois espaces agroforestiers. Ces espaces variaient quant au niveau de radiation transmise selon la composition (arbres accompagnants) et la structure de la plantation. La réponse du V_s a été analysée vis-à-vis des principales variables environnementales pour chaque espace aménagé et on a comparé la performance du modèle afin de calculer le V_s en fonction des variables environnementales. Un travail de suivi a été effectué pendant deux semaines durant la période sèche the air relative humidity (RHa), air temperature (T_a), photosynthetically active radiation (PAR) and vapor pressure deficit (VPD) et V_s . Le modèle adapté prédit bien ($r^2 > 0.90$) le V_s par rapport aux variables environnementales dans chaque espace agroforestier aménagé. Les résultats montrent une association positive entre V_s et PAR, VPD, T_a et négative avec Rha. Le terrain aménagé sous ombre temporaire transmise et créé par l'Association cacao-plantain (CP) a montré une V_s plus élevée le jour et la nuit. En outre, dans les espaces agroforestiers aménagés SMD et SAA des retours de flux de sève nocturnes ont eu lieu, ce qui indique une redistribution hydraulique. Cette étude fournit l'évidence sur le comportement de V_s dans la culture du cacao affecté par la structure agroforestière dans les conditions de l'Amazonie. Du point de vue agronomique, les implications des résultats suggèrent que les cacaoyers amazoniens doivent être gérés sous l'ombre temporaire transmise, vu que dans ces conditions les V_s diurne et nocturne sont maximisés.

INFLUENCE DE LA POLLINISATION SUR LE REMPLISSAGE DES CABOSSES DU CACAOYER

Fabienne Ribeyre

C. Cilas, N. Motisi, Ph. De Reffye

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Résumé

La production du cacaoyer, en nombre de fruits produits, et en nombre de graines par cabosse sont des caractères très variables mais peu héritable chez le cacaoyer. Des facteurs environnementaux influencent donc ces caractères. Dans ce travail, nous cherchons à déterminer quels sont les mécanismes qui expliquent la distribution du nombre de fèves par cabosse pour un clone donné. Nous utilisons un modèle à trois facteurs adapté des travaux de Ph de Reffye (1978) : le nombre de grains de pollen efficaces, le nombre d'ovules fertiles et la chute des cabosses en fonction de leur remplissage. L'approche bayésienne choisie permet de considérer les quatre paramètres du modèle permettant d'estimer l'effet des trois facteurs comme des variables aléatoires. La validation du modèle s'effectue sur 10 clones plantés au Togo dans un même site (Zozokondji). Le nombre de graines a été compté pour chacune des trois cents cabosses récoltées par clone. Les distributions observées du nombre de graines par cabosse présentent des formes différentes selon les clones. Le modèle permet d'ajuster correctement la distribution du nombre de graines par cabosse pour chaque clone. Les résultats montrent que les paramètres estimés pour chacune des distributions sont différents en fonction des clones. Les trois facteurs limitent la production de graines par cabosse mais ont une importance variable selon les clones. Les distributions en forme de loi binomiale correspondent à des clones qui ont peu de cabosses mal remplies et pour lesquels le pollen n'apparaît pas comme un facteur limitant. D'autres distributions, plus étalées, correspondent à des clones pour lesquels le modèle estime que le pollen efficace est rare. Lorsqu'on utilise le modèle pour prédire l'effet d'une augmentation du nombre de grains de pollen efficace sur ces clones, la distribution se rapproche d'une loi binomiale. Notre modèle met en évidence que pour certains clones la pollinisation est, parmi les facteurs étudiés, le principal facteur limitant le remplissage des cabosses.

Abstract

The production of cocoa, in number of fruits produced, and in number of seeds per pod are very variable characters – though not heritable in cocoa. Environmental factors therefore influence these characters. In this work, we seek to determine the mechanisms that explain the distribution of the number of beans per pod for a given clone. We use a three-factor model adapted from Ph Reffye's (1978) work: the number of effective pollen grains, the number of fertile eggs and the fall of pods according to their filling. The selected Bayesian approach allows to consider the four parameters of the model allowing to estimate the effect of the three factors as random variables. Validation of the model is carried out on 10 clones planted in Togo in the same site (Zozokondji). The number of seeds was counted for each of the three hundred pods harvested per clone. The observed distributions of the number of seeds per pod have different shapes depending on the clones. The model allows to correctly adjust the number of seeds per pod for each clone. The results show that the estimated parameters for each of the distributions are different depending on the clones. The three factors limit seed production per pod, but are of variable importance depending on the clones. Binomial distributions correspond to clones that have few pods that are poorly filled, and for which pollen does not appear to be a limiting factor. Other – more spread out – distributions correspond to clones for which the model estimates that effective pollen is rare. When the model is used to predict the effect of increasing the number of effective pollen grains on these clones, the distribution approaches a binomial distribution. Our model shows that pollination is – among the factors studied – the main factor limiting the filling of pods for some clones.

Resumen

La producción del cacao, según el número de frutos producidos y el número de semillas por mazorca, son características muy variables - aunque no son heredables en el cacao. Por lo tanto, los factores ambientales influyen en estas características. En este trabajo, se busca determinar los mecanismos que explican la distribución del número de granos por mazorca para un determinado clon. Utilizamos un modelo de tres factores adaptado del trabajo de Ph Reffye (1978): el número de granos de polen efectivos, el número de huevos fértiles y la caída de las mazorcas según su relleno. El enfoque bayesiano seleccionado permite considerar los cuatro parámetros del modelo, lo cual permite estimar el efecto de los tres factores como variables aleatorias. Se lleva a cabo la validación del modelo en 10 clones plantados en Togo en el mismo lugar (Zozokondji). Se contó el número de semillas para cada una de las trescientas mazorcas cosechadas por clon. Las distribuciones observadas del número de semillas por mazorca tienen diferentes formas, dependiendo de los clones. El modelo permite ajustar correctamente el número de semillas por mazorca para cada clon. Los resultados muestran que la estimación de parámetros para cada una de las distribuciones es diferente dependiendo de los clones. Los tres factores limitan la producción de granos por mazorca, pero son de importancia variable en función de los clones. Las distribuciones binomiales corresponden a los clones que tienen pocas mazorcas con bajo llenado, y para las cuales el polen no parece ser un factor limitante. Otras distribuciones más dispersas corresponden a los clones para los cuales el modelo estima que es raro el polen efectivo. Cuando se utiliza el modelo con el fin de predecir el efecto de aumentar el número de granos de polen efectivo en estos clones, la distribución se aproxima a una distribución binomial. Nuestro modelo demuestra que la polinización es el factor principal que limita el llenado de mazorcas para algunos clones, entre los factores estudiados.

BUSINESS SUSTAINABILITY & IMPROVED SOIL AND WATER MANAGEMENT PRACTICES IN COCOA PRODUCTION SYSTEMS

Lisette Phelan
Dr. Amanda Berlan
De Montfort University (DMU)

Abstract

This paper argues that it is critical for the global cocoa and chocolate industry to promote smallholder farmers' adoption of improved soil and water management practices (SWMPs), and invest in their capacity to adapt to and mitigate the impacts of climate change at a farm level in order to increase the efficiency of input use while enhancing the sustainability of production. Farmers' soil and water management practices can impact the vulnerability or resilience of the cocoa value chain to increased temperatures, changed precipitation patterns, and increased frequency of extreme weather events on production. To date, however, the adoption of sustainable practices has been constrained by policy, market, institutional and governance challenges, information asymmetries, and of course the mindsets and level of knowledge of the farmers. In order to address this, the paper investigates the role of macro and micro-contextual factors in shaping smallholder farmers' perception of climate change and the need to adapt practices in order to mitigate the impacts on cocoa production. It explores the extent to which there are short-term and long-term land, labour and capital expenditure implications associated with farmers' experimentation, and adoption of SWMPs; and the degree to which continued use of SWMPs is contingent on costs incurred relative to benefits derived. Against a backdrop of growing concern over climate change, and uncertainty regarding water availability and future climatic suitability of current cocoa growing areas, there is increasing demand for ethically sourced, socially and environmentally sustainable cocoa and chocolate products. In an effort to reduce its corporate ecological, carbon, and water footprint, and realise the concept of 'climate-friendly' cocoa production in a manner which is compatible with its goal of improving productivity and closing the global yield gap, the cocoa and chocolate industry is increasingly reliant on smallholder farmers to improve their environmental performance. Given that their production practices can directly contribute to the mitigation of or greater levels of greenhouse gas emissions; alleviate or exacerbate the impacts of climate change on production; and either strengthen or undermine provision of ecosystem; this paper argues that smallholder farmers, as the primary link in the cocoa value chain, have a critical role to play in enhancing the long-term sustainability of cocoa and chocolate products and offers original insights into strategies to build on this.

Résumé

Ce document argumente qu'il est fondamental pour l'industrie mondiale du cacao et du chocolat de promouvoir l'adoption de meilleures pratiques de traitement du sol et de l'eau (SWMP par ses sigles en anglais) de la part des petits agriculteurs, et investir dans leur capacité pour s'adapter et mitiger les impacts du changement climatique au niveau de la ferme dans le but d'augmenter l'efficacité de l'utilisation des intrants pendant que la durabilité de la production s'améliore. Les pratiques de gestion du sol et de l'eau des agriculteurs peuvent affecter la vulnérabilité ou la résilience de la chaîne de valeur du cacao avec l'augmentation de température, les changements dans les patrons de précipitations et une augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes dans la production. Cependant, jusqu'à cette date, l'adoption de pratiques durables a été limitée par les défis politiques, de marché, institutionnels et de gouvernance, les asymétries des informations et, bien sûr, la mentalité et le niveau de connaissance des agriculteurs. Pour aborder ce problème, le document fait une recherche sur le rôle des facteurs macro et micro contextuels dans la configuration de perceptions des petits agriculteurs sur le changement climatique et le besoin d'adapter les pratiques pour mitiger les impacts sur la production du cacao. Il explore la portée des implications de la terre, le travail et les coûts de capital

à court et à long terme associées avec l'expérimentation des agriculteurs et l'adoption de SWMPs ; et à quel point l'utilisation de SWMPs dépend des frais par rapport aux bénéfices dérivés dans un contexte de préoccupation croissante pour le changement climatique et l'incertitude vis-à-vis de la disponibilité de l'eau, ainsi que les conditions idoine climatiques future des zones actuelles de culture du cacao, il existe une demande croissante de produit de cacao et de chocolat d'origine éthique, social et durable du point de vue de l'environnement. Dans un effort pour réduire sa trace écologique corporative, de carbone et d'eau, et pour faire réalité le concept de production de cacao « amiable avec le climat » de manière compatible avec son objectif d'améliorer la productivité et de fermer la brèche de performance globale, l'industrie du cacao et du chocolat dépend de plus en plus des petits agriculteurs pour améliorer sa performance environnementale. Etant donné que leurs pratiques de production peuvent contribuer directement à la mitigation ou à des niveaux majeurs d'émission de gaz à effet de serre ; soulager ou exacerber les impacts du changement climatique dans la production ; et renforcer ou saper la provision de l'écosystème ; ce document assure que les petits agriculteurs, comme le maillon principal de la chaîne de la valeur du cacao, ont un rôle fondamental dans l'amélioration de la durabilité à long terme des produits du cacao et du chocolat, et offre des idées originales sur les stratégies pour construire sur tout ceci.

Resumen

Este documento argumenta que es fundamental para la industria mundial del cacao y el chocolate promover la adopción de mejores prácticas de manejo de suelos y aguas (SWMP por sus siglas en inglés) por parte de pequeños agricultores, e invertir en su capacidad para adaptarse y mitigar los impactos del cambio climático a nivel de granja con el fin de aumentar la eficiencia del uso de insumos mientras mejora la sostenibilidad de la producción. Las prácticas de gestión del suelo y el agua de los agricultores pueden afectar la vulnerabilidad o resiliencia de la cadena de valor del cacao al aumento de las temperaturas, los cambios en los patrones de precipitación y la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos en la producción. Sin embargo, hasta la fecha, la adopción de prácticas sostenibles se ha visto limitada por los desafíos políticos, de mercado, institucionales y de gobernanza, las asimetrías en la información y, por supuesto, la mentalidad y el nivel de conocimiento de los agricultores. Para abordar esto, el documento investiga el papel de los factores macro y microcontextuales en la configuración de la percepción de los pequeños agricultores sobre el cambio climático y la necesidad de adaptar las prácticas para mitigar los impactos en la producción de cacao. Explora el alcance de las implicaciones de la tierra, el trabajo y el gasto de capital a corto y largo plazo asociadas con la experimentación de los agricultores y la adopción de SWMPs; y el grado en que el uso continuado de SWMPs depende de los costos incurridos en relación con los beneficios derivados. En un contexto de creciente preocupación por el cambio climático y la incertidumbre con respecto a la disponibilidad de agua y la idoneidad climática futura de las áreas actuales de cultivo de cacao, existe una creciente demanda de productos de cacao y chocolate de origen ético, social y ambientalmente sostenibles. En un esfuerzo por reducir su huella ecológica corporativa, de carbono y agua, y hacer realidad el concepto de producción de cacao "amigable con el clima" de una manera que sea compatible con su objetivo de mejorar la productividad y cerrar la brecha de rendimiento global, la industria del cacao y el chocolate depende cada vez más de los pequeños agricultores para mejorar su desempeño ambiental. Dado que sus prácticas de producción pueden contribuir directamente a la mitigación o mayores niveles de emisiones de gases de efecto invernadero; aliviar o exacerbar los impactos del cambio climático en la producción; y fortalecer o socavar la provisión del ecosistema; este documento argumenta que los pequeños agricultores, como el principal eslabón de la cadena de valor del cacao, tienen un papel fundamental que desempeñar en la mejora de la sostenibilidad a largo plazo de los productos de cacao y chocolate y ofrece ideas originales sobre las estrategias para construir sobre esto.

DIVERSITE DES POLLINISATEURS DU CACAOYER AU CAMEROUN, AU PEROU ET AU COSTA RICA

Leïla BAGNY BEILHE

Leïla Bagny Beilhe, Nadège Mezatio, Joseph Lebel Tamesse

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)/
Institut de Recherche pour le Développement (IRAD)

Résumé

Les études sur la diversité des pollinisateurs du cacaoyer et leur efficacité réalisées dans les années 70 et 80 n'ont pas généré de consensus. Qui sont les vrais pollinisateurs du cacaoyer ? Comment les communautés de pollinisateurs varient-elles en fonction des conditions agro-écologiques d'un pays à l'autre ? La disparité des connaissances sur les principales familles de pollinisateurs ne permet ni de concevoir des systèmes de culture offrant des conditions d'habitat favorables à ces espèces, ni de quantifier correctement les pertes de récoltes dues à l'absence de certains pollinisateurs. Nous proposons ici une analyse comparative de la faune des pollinisateurs potentiels ou avérés du cacaoyer dans trois pays producteurs de cacao : le Cameroun, le Pérou et le Costa Rica. Le trafic des insectes sur les fleurs de cacaoyers a été suivi dans différentes conditions d'ombrage et d'enrichissement de la litière dans des systèmes agroforestiers. Plusieurs méthodes d'observation directe à vue ou par caméra et de collecte de la faune circulante dans les parcelles ont permis d'établir une diversité fonctionnelle des insectes pollinisateurs et de caractériser les activités de pollinisation. Une grande diversité d'insectes fréquente les fleurs de cacaoyers (Formicidae, Milichidae, Psilidae). La majorité d'entre eux passent moins d'une minute sur la fleur n'explorant pas réellement l'intérieur. Les activités de fréquentation dépendent des espèces et varient grandement en fonction des conditions de la parcelle. Les espèces de la famille des Ceratopogonidae généralement décrites comme très efficaces dans la pollinisation n'ont pas été très fréquentes. Les méthodes d'enrichissement de la litière avec des pseudo troncs de bananiers augmentent l'abondance de certaines espèces mais diminuent la richesse spécifique et modifient la diversité fonctionnelle des pollinisateurs. Nous proposons en discussion une analyse critique des méthodes de suivi des insectes pollinisateurs afin d'améliorer l'étude de la pollinisation du cacaoyer. La mise au point d'un outil méthodologique adapté est une étape clé pour identifier des leviers d'action permettant d'optimiser la pollinisation dans les SAF cacaoyers.

Abstract

Studies on cocoa pollinator diversity and their effectiveness in the 1970s and 1980s did not generate consensus. Who are the true pollinators of cocoa? How do pollinator communities vary according to agro-ecological conditions from one country to another? The disparity in knowledge about the main families of pollinators makes it impossible to design cropping systems that offer favorable habitat conditions for these species, nor to accurately quantify crop losses due to the absence of certain pollinators. Here we propose a comparative analysis of the fauna of potential or proven cocoa pollinators in three cocoa producing countries - Cameroon, Peru and Costa Rica. Traffic of insects on cocoa flowers was monitored under different shading and bedding enrichment conditions in agroforestry systems. Several methods of direct observation at sight or by camera and collection of circulating fauna in the plots have made it possible to establish a functional diversity of the pollinating insects, thereby characterizing the pollination activities. A great diversity of insects visit cocoa flowers (Formicidae, Milichidae, Psilidae), the majority of which spend less than a minute on the flower - not actually exploring the interior. Attendance activities depend on species and vary greatly depending on the conditions of the plot. The species of the family Ceratopogonidae are generally described as very effective in pollination, and were not very frequent. Methods of litter enrichment with pseudo-banana trunks increase the abundance of some species, but decrease species richness and alter the functional diversity of pollinators. We propose a critical analysis of insect pollinator

tracking methods to improve the study of cocoa pollination. The development of a suitable methodological tool is a key step to identify levers of action to optimize pollination in cocoa SAFs.

Resumen

Los estudios sobre la diversidad de polinizadores del cacao y su eficacia en la década de los 70 y 80 no generaron consenso. ¿Quiénes son los verdaderos polinizadores del cacao? ¿De qué manera las comunidades de polinizadores varían los requerimientos agroecológicos de acuerdo con las condiciones agro-ecológicas de un país a otro? La disparidad en el conocimiento de las familias de los polinizadores hace posible el diseño de sistemas de cultivo que ofrecen condiciones favorables del hábitat para estas especies, ni para cuantificar con precisión las pérdidas de cosechas debido a la falta de algunos polinizadores. Ofrecemos un análisis comparativo de la fauna de polinizadores comprobados o potenciales en tres países productores de cacao - Camerún, Perú y Costa Rica. Se monitoreó el tráfico de los insectos en flores de cacao con diferentes condiciones de enriquecimiento de suelo y sombreado en sistemas agroforestales. Varios métodos de observación directa o por cámaras, aunados a la recolección de fauna en los lotes, han hecho posible la determinación de una diversidad funcional de los insectos polinizadores, caracterizando de esta manera las actividades de polinización. Una gran diversidad de insectos visitan las flores de cacao (Formicidae, Milichidae, psilidae), la mayoría de los cuales pasa menos de un minuto en la flor, y en realidad no exploran el interior. La frecuencia de visitas depende de las especies y varía en gran medida dependiendo de las circunstancias del lote. Las especies de la familia Ceratopogonidae se describen generalmente como muy eficaces en la polinización, y no eran muy frecuentes. Los métodos de enriquecimiento del suelo con pseudo-troncos de plátano aumentan la abundancia de algunas especies, pero a la vez disminuyen la riqueza de las especies y alteran la diversidad funcional de los polinizadores. Ofrecemos un análisis crítico de los métodos de seguimiento de insectos polinizadores, con el fin de mejorar el estudio de la polinización del cacao. El desarrollo de una herramienta metodológica adecuada es un paso clave para identificar acciones encaminadas a optimizar la polinización en los SAFs de cacao.

TRADITIONAL CACAO AGROFORESTRY IN CENTRAL AFRICA CAN PROVIDE BOTH RESPECTABLE YIELDS AND LEVELS OF ECOSYSTEM SERVICES

Stephane Saj

Patrick Jagoret

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

Since it moved toward - and tried to apply - intensive production patterns, cacao cultivation in Sub-Saharan Africa represents a major driver of deforestation. In Cameroon, most cacao is still cultivated in low-input traditional agroforests (cAFS). Such systems are still criticised for their presumed low cocoa production and seemingly economic and ecological inefficiency of their associated tree community (ATC). Yet, these household systems proved to be sustainable on the long run and marginally threaten forest land when compared to other producing regions or agricultural systems. We studied a cAFS 100-year chronosequence and checked for three ecosystem services they provide: (i) cacao production; (ii) carbon (C) storage in tree biomass and (iii) tree species conservation. Within this chronosequence we also studied a large array of associated trees densities (ATD) to better appreciate the role of competition on the services studied. We used, among other variables, basal area (BA) of the different components of the systems to gauge interspecific competition, functional group dynamics and cacao trees productive abilities. Yields were highly depending on the age of the plot, the BA of the ATC and the structure of the cacao stand. Very long-term production seemed achievable if the BA of the cacao stand remained under 40% of cAFS' total BA. High accessible yields underlined a good production potential which was mitigated by interspecific competition. Yet, for a given level of competition some associated functional groups of the ATC were consistently related to higher cacao yields. Furthermore, cAFS were able to combine high levels of tree species richness with long-term conservation abilities and C storage. However, tree species conservation potential depended on ATD and remained difficult to appraise. C storage was highly dependent on large trees and not systematically mitigated by ATD - underlining the possible "uncoupling" of tree species conservation and C sequestration in those systems. ATD reduction emphasised consistent shifts of functional traits / groups that are to alter cAFS functioning and ATC diversity of uses. Thus, a "rough simplification" - as regularly advocated to alleviate the competition between cacao stands and ATC - is most likely to impair traditional cAFS ecosystem sustainability. We argue that cacao productivity in these systems can be raised combining consistent rejuvenation and densification practices with site-specific intensification in terms of inputs and/or manpower. Such intensification would not compulsorily include ATD reduction and therefore would, at least partly, facilitate the preservation of some of the ecosystem services supported.

Résumé

Depuis qu'elle a été bougée et quelle a essayé d'appliquer des patrons intensifs de production, la culture de cacao en Afrique Subsaharienne représente un important moteur de la déforestation. Au Cameroun, la plupart de cacao est encore cultivée dans des agro forêts traditionnels à bas intrants (cAFS par ses sigles en anglais). Ces systèmes sont encore critiqués pour leur présumée basse production de cacao et pour l'apparente inefficacité économique et écologique de sa communauté arborée associée (CAA). Cependant, ces systèmes domestiques ont démontré être durables à long terme et ont menacé marginalement les terres forestières par rapport à d'autres régions productrices ou des systèmes agricoles. Nous avons étudié une chrono-séquence de 100 ans de cAFS et nous avons vérifié trois services écosystémiques qui nous proposent : (i) production de cacao; (ii) stockage de carbone (C) dans la biomasse arborée et (iii) conservation des espèces arborées. Dans cette chrono-séquence, nous avons étudié également une grande variété de densité d'arbres associées (DAA) pour

mieux apprécier le rôle de la compétence dans les services étudiés. Nous avons utilisé, parmi d'autres variables, la zone basale (AB) de différentes composantes des systèmes pour mesurer la compétence interspécifique, la dynamique du groupe fonctionnel et les capacités productives des arbres de cacao. Les rendements ont été hautement dépendants de l'âge de la parcelle, l'AB du CAA et la structure du poste de cacao. La production semblait faisable à long terme si l'AB du poste de cacao demeurait en-dessous du 40% de l'AB total des cAFS. Les rendements élevés accessibles ont mis en exergue un bon potentiel de production mitigé par la concurrence interspécifique. Cependant, pour un niveau déterminé de compétence, certains groupes fonctionnels associés de la CAA ont été reliés de manière consistante avec de meilleurs rendements de cacao. En outre, les cAFS ont pu combiner des niveaux élevés de richesses arborées avec des capacités de conservation à long terme et de stockage de C. Cependant, le potentiel de conservation des espèces arborées dépendait de la DAA et était toujours difficile à évaluer. Le stockage de C a été hautement dépendant des grands arbres et la DAA ne l'a pas mitigée systématiquement, ce qui met en valeur le possible « désaccouplement » de la conservation des espèces arborées et l'enlèvement de C dans ses systèmes. La réduction de la DAA a fait emphase sur des changements consistants de traits/groupes fonctionnels qui vont altérer le fonctionnement des cAFS et la diversité des différentes utilisations du CAA. Par conséquent, une « simplification approximative » telle que l'on a proposé régulièrement pour soulager la concurrence entre les postes de cacao et le CAA- peut plus probablement porter préjudice à la durabilité traditionnelle de l'écosystème de cAFS. Nous argumentons que la productivité de cacao dans ces systèmes peut augmenter en combinant des pratiques consistant en le rajeunissement et la densification avec une intensification spécifique de l'endroit en des termes d'intrants et/ou main d'œuvre. Cette intensification ne comprendra pas obligatoirement la réduction de DAA et, par conséquent, pourrait faciliter, au moins en grande partie, la préservation de certains services des écosystèmes qui reçoivent de soutien.

Resumen

Desde que se movió hacia, e intentó aplicar, patrones intensivos de producción, el cultivo de cacao en el África subsahariana representa un importante motor de la deforestación. En Camerún, la mayoría del cacao todavía se cultiva en agrobosques tradicionales de bajo insumo (cAFS por sus siglas en inglés). Dichos sistemas aún son criticados por su presunta baja producción de cacao y por la aparente ineficiencia económica y ecológica de su comunidad arbórea asociada (CAA). Sin embargo, estos sistemas domésticos demostraron ser sostenibles a largo plazo y amenazar marginalmente las tierras forestales en comparación con otras regiones productoras o sistemas agrícolas. Estudiamos una cronosecuencia de 100 años de cAFS y verificamos tres servicios ecosistémicos que brindan: (i) producción de cacao; (ii) almacenamiento de carbono (C) en la biomasa arbórea y (iii) conservación de especies arbóreas. Dentro de esta cronosecuencia, también estudiamos una gran variedad de densidades de árboles asociados (DAA) para apreciar mejor el papel de la competencia en los servicios estudiados. Utilizamos, entre otras variables, el área basal (AB) de los diferentes componentes de los sistemas para medir la competencia interespecífica, la dinámica del grupo funcional y las capacidades productivas de los árboles de cacao. Los rendimientos fueron altamente dependientes de la edad de la parcela, el AB del CAA y la estructura del puesto de cacao. La producción a muy largo plazo parecía alcanzable si el AB del puesto del cacao permanecía por debajo del 40% del AB total de los cAFS. Los altos rendimientos accesibles pusieron de manifiesto un buen potencial de producción que fue mitigado por la competencia interespecífica. Sin embargo, para un determinado nivel de competencia, algunos grupos funcionales asociados del CAA se relacionaron consistentemente con mayores rendimientos de cacao. Además, los cAFS pudieron combinar altos niveles de riqueza de especies arbóreas con capacidades de conservación a largo plazo y almacenamiento de C. Sin embargo, el potencial de conservación de especies arbóreas dependía de la DAA y seguía siendo difícil de evaluar. El almacenamiento de C fue altamente dependiente

de árboles grandes y la DAA no lo mitigó sistemáticamente, lo que destaca el posible "desacoplamiento" de la conservación de especies arbóreas y el secuestro de C en esos sistemas. La reducción de la DAA enfatizó cambios consistentes de rasgos / grupos funcionales que alterarán el funcionamiento de los cAFS y la diversidad de usos del CAA. Por lo tanto, una "simplificación aproximada" - como se abogó regularmente para aliviar la competencia entre los puestos de cacao y el CAA - es más probable que perjudique la sostenibilidad tradicional del ecosistema de cAFS. Argumentamos que la productividad de cacao en estos sistemas puede aumentarse combinando prácticas consistentes de rejuvenecimiento y densificación con intensificación específica del sitio en términos de insumos y/o mano de obra. Tal intensificación no incluiría obligatoriamente la reducción de DAA y, por lo tanto, facilitaría, al menos en parte, la preservación de algunos de los servicios de los ecosistemas que reciben apoyo.

CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS CON POTENCIAL PARA DEGRADAR CELULOSA, FIJAR NITRÓGENO Y SOLUBILIZAR FOSFATOS EN UN SUELO CACAOTERO DEL MUNICIPIO DE YACOPÍ (CUNDINAMARCA) COMO APOORTE AL MANEJO DE LA

Liliana Daza Gómez

Julián Andrés Velasquez Carvajal, Esperanza Torres Rojas
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

Colombia comparte el centro de origen del cacao, por lo cual cuenta con las condiciones edafoclimáticas apropiadas para su cultivo, sin embargo, problemas como plagas y enfermedades junto con una fertilización inadecuada o poco frecuente han afectado los rendimientos de este cultivo. La fertilización es una práctica de cultivo que aumenta los rendimientos de grano, no obstante, puede afectar la estructura de la comunidad de microorganismos del suelo. En este estudio se evaluó el efecto de la fertilización de síntesis química sobre los microorganismos con potencial para degradar celulosa, fijar nitrógeno y solubilizar fosfatos en un suelo cacaotero del municipio de Yacopí (Cundinamarca), con el interés de aislar microorganismos con potencial para biofertilizar el cultivo de Cacao. Para esto, se recolectaron muestras de suelo con y sin fertilización química, se cultivaron hongos y bacterias a partir de diluciones seriadas de suelo en medios selectivos de carbono, nitrógeno y fósforo, y se obtuvieron cultivos puros de los diferentes morfotipos encontrados. Estos cultivos puros fueron caracterizados macro y microscópicamente, y se comparó la diversidad entre los tratamientos mediante el índice de diversidad de Simpson. Además, la actividad celulolítica cualitativa de los microorganismos degradadores de celulosa fue evaluada mediante el método de tinción con rojo congo. Se encontró que la fertilización de síntesis química redujo significativamente la abundancia de las bacterias fijadoras de nitrógeno y la diversidad de las bacterias solubilizadoras de fosfatos. En total, se aislaron 90 bacterias, predominando las bacterias Gram negativas: 25 solubilizadoras de fosfatos, 45 degradadoras de celulosa y 20 fijadoras de nitrógeno, y 78 hongos: 36 degradadores de celulosa y 42 solubilizadores de fosfatos. De los microorganismos degradadores de celulosa, la bacteria B2C5B5 presentó la mayor actividad celulolítica, con un factor de hidrólisis de 4,1, mientras que la mayor actividad celulolítica en hongos la presentó el morfotipo B3C1H2, con un factor de hidrólisis de 2. Se realizará la extracción de ADN y posterior secuenciación de los morfotipos de interés para identificarlos a nivel de especie.

Abstract

Colombia has the proper soil and climate conditions for cocoa cultivation. However, problems such as pests and diseases, along with inadequate or infrequent fertilization, have affected the yield of this crop. Fertilization is a practice that increases yields but it can also affect the structure of the community of microorganisms in the soil. This study evaluated the effect of chemical synthesis fertilization on microorganisms with the potential to degrade cellulose, fix nitrogen and solubilize phosphates in a cocoa growing soil of the municipality of Yacopí (Cundinamarca), with the objective of isolating microorganisms with the potential to biofertilize cocoa crops. For this purpose, soil samples with and without chemical fertilization were collected, fungi and bacteria were cultivated from serial dilutions of soil in selective media of carbon, nitrogen and phosphorus and pure cultures of the different morphotypes found were obtained. These pure cultures were characterized macro and microscopically and the diversity between the treatments was compared by using the Simpson diversity index. In addition, the qualitative cellulolytic activity of cellulose-degrading microorganisms was evaluated through the red staining method. It was found that chemical synthesis fertilization significantly reduced the abundance of nitrogen-fixing bacteria and the diversity of phosphate-solubilizing bacteria. In total, 90 bacteria were isolated with a predominance of Gram negative bacteria (25 phosphate solubilizers, 45 cellulose degraders and 20 nitrogen fixers) as well as 78 fungi (36 cellulose degraders and 42 phosphate solubilizers). In the cellulose-degrading microorganisms, the B2C5B5

bacteria showed the highest cellulolytic activity with a hydrolysis factor of 4.1, while the highest cellulolytic activity in fungi was shown by the B3C1H2 morphotype, with a hydrolysis factor of 2. DNA will be extracted and morphotypes will subsequently be sequenced in order to identify them at the species level.

Résumé

La Colombie partage le centre d'origine du cacao, puisqu'elle compte avec les conditions edafoclimatiques pour sa culture, cependant, des problèmes tels que les plaies et les maladies, ainsi que la fertilisation inadéquate et peu fréquente ont porté atteinte aux rendements de la culture de ce produit. La fertilisation est une pratique qui augmente le rendement de graines, mais pourtant, peut déranger la structure de la communauté de microorganismes du sol. Dans cette étude on a évalué l'effet de la fertilisation de synthèse chimique sur les microorganismes avec un potentiel pour dégrader cellulose, fixer le nitrogène et solubiliser les phosphates dans le sol cacaoyer de la municipalité de Yacopí (Cundinamarca), afin d'isoler des microorganismes avec un potentiel pour la biofertilisation de la plantation du cacao. A cet effet, on a recueilli des échantillons du sol avec et sans fertilisation chimique, on a cultivé des champignons et des bactéries à partir de solutions en séries de sols dans des moyens sélectifs de Carbone, nitrogène et phosphore et on a obtenu des cultures pures des différents morphotypes rencontrés. Ces cultures pures ont été caractérisées micro et macroscopiquement et on a comparé la diversité entre les traitements moyennant l'indice de diversité de Simpson. En plus, l'activité cellulolitique qualitative des microorganismes dégradeurs de cellulose a été évaluée moyennant la méthode de marquage avec du rouge Congo. On a trouvé que la fertilisation de synthèse chimique a réduit de façon significative l'abondance de bactéries fixatrices du nitrogène et la diversité des bactéries solubilisatrices de phosphates. Au total, on a isolé 90 bactéries, surtout des bactéries Gram négatives : 25 solubilisatrices de phosphates, 45 dégradatrices de cellulose et 20 fixatrices de nitrogène, et 78 champignons : 36 dégradeurs de cellulose y 42 solubilisateurs de phosphates. Parmi les microorganismes dégradeurs de cellulose, la bactérie B2C5B5 a présenté la plus grande activité cellulitique, avec un facteur d'hydrolyse de 4,1, pendant que la plus grande activité cellulolitique chez les champignons a été présentée par le morphotype B3C1H2, avec un facteur d'hydrolyse de 2. On fera le prélèvement du ADN et la postérieure séquence de morphotypes d'intérêt pour l'identifier au niveau d'espèce.

SUPPLYING NEW COCOA (THEOBROMA CACAO L.) PLANTING MATERIAL TO FARMERS: A REVIEW OF CACAO PROPAGATION METHODOLOGIES

Stephan Weise

Augusto Roberto Sena Gomes, George Andrade Sodré, Mark Gultinan, Siela Maximova, Rob Lockwood,
Michelle End, Brigitte Laliberté
Bioversity International

Abstract

The global demand for cocoa has grown consistently over the years at around two to three percent per year, yet cocoa production levels in many regions around the world are under threat due to: ageing tree stocks; the use of non-improved planting materials (will not 'breed true'); incidence of pests and diseases; climatic variations; and declining soil fertility. Thus, increased use of better planting material lies at the heart of not only keeping pace with the increasing demand for cocoa, but also in the drive to make cocoa production more sustainable. High performance planting material is the cornerstone of a sustainable global cocoa economy. A major obstacle in achieving this is the supply of significant volumes of improved planting material and the distribution of these improved cacao plants to farmers. The purpose of this publication is to present an impartial, evidence-based, overarching, multi-institutional expert report on cacao propagation methods, which could serve as a basis for the assessment and implementation of strategies for providing farmers with quality planting materials that are adapted to current and future needs. Various methods (seed propagation, conventional vegetative propagation, tissue culture, coppicing) available for the production and supply of large numbers of cacao plants to growers, along with their advantages and challenges are described in detail. The information is aimed at policymakers, cocoa sector boards, countries new to cocoa, larger landowners contemplating growing cacao, and established cocoa-producing as well as public-private production partnerships. Some of the main conclusions gathered are; (i) all cocoa-producing countries need a policy for developing or acquiring better planting material, and a strategy on how to propagate it and supply plants to farmers, (ii) each technique has its own advantages and constraints, particularly in terms of availability of source materials, scalability, timescale and cost, (iii) particular care must be taken at all stages to minimize the risk of spreading pests and diseases, (iv) estimating demand for plant material is key to ensure a steady supply, (v) particular consideration must be given to the genetic background of the materials distributed to ensure appropriate levels of diversity are present with careful management to ensure source material is correctly identified. Moreover, there is considerable scope to improve operations and develop the technologies and/or integrate them to provide cost effective, high throughput propagation and distribution systems for farmers.

Résumé

La demande mondiale en cacao a augmenté de manière constante au fil des ans, d'environ deux ou trois pour cent par an, mais les niveaux de production de cacao dans de nombreuses régions du monde sont menacés par: le vieillissement des réserves des arbres; l'utilisation de matériel végétal non amélioré (on ne "reproduira pas de façon authentique"); l'incidence des ravageurs et des maladies; les variations climatiques et la diminution de la fertilité du sol. Par conséquent, une meilleure utilisation de meilleurs matériels de plantation est essentielle non seulement pour répondre à la demande croissante en cacao, mais aussi pour stimuler la production de cacao de manière plus durable. Le matériel de plantation à haut rendement est la pierre angulaire d'une économie cacaoyère durable. Un obstacle majeur à cet égard est la fourniture de volumes importants de matériel de plantation amélioré et la distribution de ces plantes de cacao améliorées aux agriculteurs. L'objectif de cette publication est de présenter un rapport d'expertise impartial, pluridisciplinaire, général et scientifique sur les méthodes de propagation du cacao, qui servira de base à l'évaluation et à la mise en œuvre de stratégies visant à fournir aux agriculteurs des

semences adaptées aux besoins actuels et futurs. Plusieurs méthodes (propagation des graines, multiplication végétative conventionnelle, culture de tissu, repousse) disponibles pour la production et la fourniture de grandes quantités de plantes de cacao aux producteurs, ainsi que leurs avantages et défis sont décrits dans le détail. L'information est destinée aux décideurs politiques, aux conseils sectoriels du cacao, aux nouveaux pays de l'industrie du cacao, aux grands propriétaires qui envisagent de cultiver le cacao et aux associations de production de cacao établies entre les secteurs public et privé. Certaines des conclusions principales sont: (i) tous les pays producteurs de cacao ont besoin d'une politique pour développer ou acquérir de meilleurs matériels de plantation, et une stratégie sur la façon de propager et de fournir des plantes aux agriculteurs, (ii) chaque technique a ses propres avantages et limites, notamment (iii) des précautions particulières doivent être prises à tous les stades afin de minimiser le risque de propagation de ravageurs et de maladies, (iv) l'estimation de la demande de matériel végétal est essentielle pour garantir la disponibilité des ressources phylogénétiques; (v) une attention particulière devrait être accordée à l'arrière-plan génétique des matériels distribués pour garantir des niveaux adéquats de diversité avec une gestion prudente afin de garantir que le matériel source est correctement identifié. En outre, il existe une marge considérable pour améliorer les opérations et développer des technologies et / ou les intégrer pour fournir des systèmes rentables de propagation et de distribution à haut rendement pour les agriculteurs.

Resumen

La demanda global de cacao ha crecido consistentemente a lo largo de los años en alrededor de dos o tres por ciento por año, sin embargo, los niveles de producción de cacao en muchas regiones del mundo están bajo amenaza debido a: el envejecimiento de las reservas de árboles; el uso de materiales de siembra no mejorados (no se "reproducirá auténtico"); incidencia de plagas y enfermedades; variaciones climáticas; y disminución de la fertilidad del suelo. Por lo tanto, un mayor uso de mejores materiales de siembra es fundamental no sólo para mantener el ritmo de la creciente demanda de cacao, pero también para impulsar la producción de cacao de manera más sostenible. El material de siembra de alto rendimiento es la piedra angular de una economía sostenible del cacao. Un obstáculo importante para lograr esto es el suministro de volúmenes significativos de material de siembra mejorado y la distribución de estas plantas mejoradas de cacao a los agricultores. El objetivo de esta publicación es presentar un informe experto imparcial, multidisciplinario, general y basado en pruebas científicas sobre métodos de propagación del cacao, que sirva de base para la evaluación y la implementación de estrategias para proporcionar a los agricultores materiales de siembra de calidad adaptados a las necesidades actuales y futuras. Varios métodos (propagación de semillas, propagación vegetativa convencional, cultivo de tejidos, rebrote) disponibles para la producción y el suministro de grandes cantidades de plantas de cacao a los productores, junto con sus ventajas y desafíos se describen en detalle. La información está dirigida a formuladores de políticas, juntas sectoriales del cacao, países nuevos en la industria del cacao, propietarios de tierras más grandes que contemplan el cultivo de cacao y asociaciones público-privadas establecidas de producción de cacao. Algunas de las principales conclusiones recopiladas son; (i) todos los países productores de cacao necesitan una política para desarrollar o adquirir mejores materiales de siembra, y una estrategia sobre cómo propagarla y suministrar plantas a los agricultores, (ii) cada técnica tiene sus propias ventajas y limitaciones, particularmente en términos de disponibilidad de materiales de origen, escalabilidad, escala de tiempo y costo, (iii) se debe tener especial cuidado en todas las etapas para minimizar el riesgo de propagación de plagas y enfermedades, (iv) estimar la demanda de material vegetal es clave para garantizar un suministro constante, (v) se debe prestar especial atención a los antecedentes genéticos de los materiales distribuidos para garantizar niveles adecuados de diversidad con un manejo cuidadoso para garantizar que el material de origen esté correctamente identificado. Además, existe un margen considerable para mejorar las operaciones y desarrollar las

tecnologías y / o integrarlas para proporcionar sistemas rentables y de alto rendimiento de propagación y distribución para los agricultores.

USE OF CHELATING AGENTS TO MODIFY CACAO ROOTS FOR ENHANCED NUTRIENT ABSORPTION

Ian Marc Cabugsa
Travis Idol, H C Bittenbender
Ateneo de Davao University (AdDU)

Abstract

Nutrient deficiency is one of the prominent cause for limited production in cacao farms in the Philippines. To increase nutrient absorption in fertilizer-starved cacao farms, root modification was introduced in this study. Chelating agents were introduced to growing cacao seedlings, which will modify its root system that will allow the plants to absorb more nutrients from the soil. Several 3-month old and 6-month old cacao seedlings were grown in one of the greenhouses of University of Hawai'i Manoa. The 63 best grown seedlings from each group were selected for further study. Samples were transplanted to a media with 50:50 mixture of vermiculite and oxisol soils. Chelating agents; glycine (G), oxalic acid (OA), citric acid (CA), trisodium citrate (Na₃), diprionesulfonic acid (DPS) and meso-dimercaptosuccinic acid (MDM) were added to 9 plant samples for both three-month old and six-month old seedlings to evaluate its effect. These chelating agent solutions were introduced during the 2nd and 6th week after the transplant. The growing seedlings were watered only with a phosphorus deprived Hoagland solution. Enough solution was added to keep a saturated condition of the media. This chemical profile was done to imitate the conditions of some cacao farms in the Philippines. Morphological development such as plant height, stem diameter, and number of leaves were routinely measured. After 10 weeks, the plants were harvested and final morphological assessments were made including leaf area and plant mass. Furthermore, the nutrients N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, and B in the leaves of the plants samples were analyzed. The combined results of morphological and nutrient concentration indicate better development for plants treated with chelating agents such as oxalic acid (OA). Plants treated with DPS, however, performed poorer than the control. Further studies would be needed to evaluate its efficacy especially during the cacao fruit bearing stage, since this study focused only on the developing stage of cacao.

Résumé

Le manque de nutriments est l'une des principales causes de la production limitée de cacao dans les fermes de Philippines. Pour augmenter l'absorption de nutriments dans les fermes de cacao, affamées de fertilisants, l'on a introduit la modification de la racine dans cette étude. Es agents chélates ont été introduits au niveau des plantules de cacao en croissance, ce qui modifier son système de racines qui permettra aux plantes d'absorber d'avantage de nutriments du sol. Plusieurs plantules de cacao de trois mois et de six mois ont été cultivées dans l'une des serres de l'Université d' Hawaii Manoa. Les 63 plantules les mieux cultivées de chaque groupe ont été sélectionnées pour une étude postérieure. Les échantillons ont été transplantés dans un milieu avec un mélange 50:50 de vermiculite et de sols oxisol. Des agents chélats ; de la glycine (G), de l'acide oxalique (OA), de l'acide nitrique (CA), du citrate trisodique (Na₃), de l'acide diprionesulfonique (DPS) et de l'acide meso-dimercaptosuccinique (MDM) ont été ajoutés à neuf échantillons de plantes, aussi bien pour celles de trois mois que pour celles de six mois afin d'évaluer son effet. Ces solutions d'agent chélat ont été introduites pendant la deuxième et la sixième semaine après la transplantation. Les plantules en croissance ne se sont répandues qu'avec une solution d' Hoagland sans phosphore. On a ajouté assez de solution pour maintenir une condition saturée des milieux. Ce profil chimique a été réalisé afin d'imiter les conditions de certaines fermes de cacao aux Philippines. Le développement morphologique tel que la hauteur de la plante, le diamètre de la tige et le nombre de feuilles ont été mesurés de façon Routinier. Au bout de 10 semaines, les plantes ont été récoltées et des évaluations

morphologiques finales comprenant la zone foliaire et la masse de la plante. En outre, les nutriments N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu et B ont été analysés sur les feuilles des échantillons des plantes. Les résultats combinés de la concentration morphologique et des nutriments signalent un meilleur développement dans le cas des plantes traitées avec des agents chélates tels que l'acide oxalique (OA). Toujours est-il que les plantes traitées avec DPS ont eu une performance plus faible que le contrôle. Il faudra mener davantage d'études afin d'évaluer leur efficacité pendant, notamment, l'étape de port du fruit du cacao, car cette étude s'est centrée uniquement sur l'étape du développement du cacao.

Resumen

La deficiencia de nutrientes es una de las principales causas de la producción limitada en las granjas de cacao en Filipinas. Para aumentar la absorción de nutrientes en las granjas de cacao hambrientas de fertilizantes, se introdujo la modificación de la raíz en este estudio. Se introdujeron agentes quelantes a las plántulas de cacao en crecimiento, lo que modificará su sistema de raíces que permitirá a las plantas absorber más nutrientes del suelo. Varias plántulas de cacao de 3 meses y 6 meses se cultivaron en uno de los invernaderos de la Universidad de Hawai'i Manoa. Las 63 plántulas mejor cultivadas de cada grupo fueron seleccionadas para un estudio posterior. Las muestras se trasplantaron a un medio con una mezcla 50:50 de vermiculita y suelos oxisol. Agentes quelantes; glicina (G), ácido oxálico (OA), ácido cítrico (CA), citrato trisódico (Na₃), ácido diprionesulfónico (DPS) y ácido meso-dimercaptosuccínico (MDM) se agregaron a 9 muestras de plantas tanto para las de tres meses como para las de seis meses de edad para evaluar su efecto. Estas soluciones de agente quelante se introdujeron durante la segunda y sexta semana después del trasplante. Las plántulas en crecimiento solo se regaron con una solución de Hoagland sin fósforo. Se añadió suficiente solución para mantener una condición saturada de los medios. Este perfil químico se realizó para imitar las condiciones de algunas granjas de cacao en Filipinas. El desarrollo morfológico como la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de hojas se midieron de forma rutinaria. Después de 10 semanas, las plantas se cosecharon y se realizaron evaluaciones morfológicas finales que incluyen el área foliar y la masa de la planta. Además, se analizaron los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu y B en las hojas de las muestras de plantas. Los resultados combinados de la concentración morfológica y de nutrientes indican un mejor desarrollo para las plantas tratadas con agentes quelantes como el ácido oxálico (OA). Sin embargo, las plantas tratadas con DPS tuvieron un desempeño más pobre que el control. Se necesitarían más estudios para evaluar su eficacia, especialmente durante la etapa de porte del fruto del cacao, ya que este estudio se centró únicamente en la etapa de desarrollo del cacao.

EVALUATION OF COCOA IN FRUIT TREE SPECIES' SHADE SYSTEM IN GHANA

Michael Opoku-Agyemam

Dr. Gilbert John Anim-Kwapong, Frank Owusu Ansah

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

A study was set up in 2008 at Afosu, Ghana, to investigate cocoa-based fruit species shade tree density and complementarities that improve resource availability, soil carbon stock and cocoa standing biomass as influenced by shade and assess the cost effectiveness of diversification. The study contributes information on system productivity and ecosystem resilience, in a controlled study of agro-ecosystem and economic benefits of a multi-strata cocoa/diversified tree system. Two each of *Allanblackia parviflora*, *Ricinodendron heudelotii*, *Persea americana* and *Tetrapleura tetraptera* integrated as a mixed stand into cocoa at shade tree density of 92, 69 and 44 trees.ha⁻¹ for three evaluated treatments and 37 trees.ha⁻¹ of mix *Terminalia ivorensis* and *T. superba* as control. These treatments were planted in a randomized complete block design with four replications. Seventy-eight months after transplanting cocoa, no significant treatment differences were recorded for dry cocoa bean yield. There was however a systematic reduction in coefficient of variation usually associated with yields in young cocoa farms planted with seedlings. Fluctuating mean annual cocoa bean yields (312, 241, 775 Kgha⁻¹ for 2014/15, 2015/16, 2016/17 crop years respectively) over the last three years were recorded. LAI and percent ground cover recorded statistically different values, ranging from 0.53-0.78±0.07 and 0.28-0.42±0.04 respectively. Shade tree biomass estimated in fragments (above ground and root) recorded significant treatment differences that also contributed to significant carbon stock differences with values on the range of 49.25 - 73.96 t.ha⁻¹. Carbon content of above ground cocoa trees recorded significant differences. Soil bulk density was comparatively high (1.7 and 1.8 gcm⁻¹ for 0-15 and 15-20 cm soil depth respectively) and the treatments did not differ. Significant improvement in the top 0-15 cm soil depth relative to initial values (2008) was recorded. Treatments did not differ in soil carbon stock. Total carbon stock differences resulted from tree (cocoa and shade) biomass. No significant treatments impact was recorded on pH, OM, N, P, K, Mg and Ca in April 2016 soil sample. Five years of no significant cocoa yield differences underscores the potential of the studied system. Available data reveals ample space for competition by the shade trees and therefore optimum spatial arrangement for the system is currently uncertain.

Résumé

En 2008, une étude à Afosu, Ghana, faite dans le but de mener une recherche sur la densité de l'arbre d'ombre des espèces fruitières basées sur le cacao et les complémentarités qui améliorent la disponibilité des ressources, le carbone du sol et la biomasse permanente du cacao influencées par l'ombre et évaluer la rentabilité de la diversification. L'étude apporte de l'information sur la productive du système et la résilience de l'écosystème dans une étude contrôlée sur un agrosystème et les bénéfices économiques d'un système arboré diversifié de cacao / niveaux multiples. Deux de chaque *Allanblackia parviflora*, *Ricinodendron heudelotii*, *Persea americana* et *Tetrapleura tetraptera* se sont intégrés comme un support mixte du cacao à la densité de l'arbre d'ombre de 92, 69 et 44 arbres /ha⁻¹ pour trois traitements évalués et 37 arbres ha⁻¹ de mélange *Terminalia ivorensis* et *T. superba* pour contrôle. Ces traitements ont été plantés dans une organisation de blocs complets au hasard avec quatre répétitions. 78 mois après la greffe du cacao, aucune différence significative dans le traitement pour la performance de la graine de cacao sec n'a été décelée. Et pourtant, l'on a assisté à une réduction systématique du coefficient de variation généralement associé avec les rendements dans des fermes de cacao jeunes plantés avec des plantules. Les rendements moyens annuels fluctuants de la graine de cacao

(312, 241, 775 Kg/ha-1 pour les années de récolte 2014/15, 2015/16, 2016/17, respectivement) ont été répertoriés ces trois dernières années. L'IAF (Indice d'Aire Foliaire) et le pourcentage de couverture du sol ont montré des valeurs statistiquement différents, qui vont de $0.53-0.78 \pm 0.07$ à $0.28-0.42 \pm 0.04$ respectivement. La biomasse de l'arbre d'ombre estimée en fragments (sur le sol et la racine) a enregistré des différences significatives au niveau du traitement, qui ont également contribué aux différences significatives des réserves de carbone avec des valeurs allant de 49.25 à 73.96 t/ha-1. Le contenu de carbone des arbres de cacao sur le sol a montré des différences significatives. La densité apparente du sol a été comparativement élevée sur un sol présentant des différences importantes. La densité apparente du sol a été comparativement élevée (1,7 et 1,8 gcm-1 pour 0-15 y 15-20 cm de profondeur du sol respectivement) et les traitements n'ont pas été différents. L'on a constaté une amélioration significative au niveau de la profondeur du sol de 0-15 cm par rapport aux valeurs initiales (2008). Les traitements n'ont pas différé du stock de carbone du sol. Les différences totales dans les réserves de carbone ont été le résultat de la biomasse des arbres (cacao et ombre). Aucun effet significatif du traitement sur le pH, l'OM, le N, le P, le K, le Mg et le Ca n'a été décelé dans les échantillons du sol en avril 2016. Cinq ans sans différences significatives au niveau de la performance du cacao mettent en exergue le potentiel du système étudié. Les données disponibles révèlent un espace assez large pour la performance des arbres d'ombre et, par conséquent, la disposition optimale de l'espace est, à l'heure actuelle, incertaine pour le système.

Resumen

En 2008 se estableció un estudio en Afosu, Ghana, para investigar la densidad del árbol de sombra de las especies frutales basadas en el cacao y las complementariedades que mejoran la disponibilidad de recursos, el carbono del suelo y la biomasa permanente del cacao influenciadas por la sombra y evaluar la rentabilidad de la diversificación. El estudio aporta información sobre la productividad del sistema y la resiliencia del ecosistema, en un estudio controlado sobre agroecosistema y los beneficios económicos de un sistema arbóreo diversificado de cacao/estratos múltiples. Dos de cada una de *Allanblackia parviflora*, *Ricinodendron heudelotii*, *Persea americana* y *Tetrapleura tetraptera* se integraron como un soporte mixto en el cacao a la densidad del árbol de sombra de 92, 69 y 44 árboles/ha-1 para tres tratamientos evaluados y 37 árboles/ha-1 de mezcla *Terminalia ivorensis* y *T. superba* como control. Estos tratamientos se plantaron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Setenta y ocho meses después del trasplante de cacao, no se registraron diferencias significativas en el tratamiento para el rendimiento de semilla de cacao seco. Sin embargo, hubo una reducción sistemática en el coeficiente de variación generalmente asociado con los rendimientos en granjas de cacao jóvenes plantadas con plántulas. Se registraron los rendimientos medios anuales fluctuantes del grano de cacao (312, 241, 775 Kg/ha-1 para los años de cosecha 2014/15, 2015/16, 2016/17, respectivamente) en los últimos tres años. El IAF (Índice de Área Foliar) y el porcentaje de cobertura del suelo registraron valores estadísticamente diferentes, que van desde $0.53-0.78 \pm 0.07$ y $0.28-0.42 \pm 0.04$ respectivamente. La biomasa del árbol de sombra estimada en fragmentos (sobre el suelo y la raíz) registró diferencias significativas en el tratamiento que también contribuyeron a diferencias significativas de reservas de carbono con valores en el rango de 49.25 - 73.96 t/ha-1. El contenido de carbono de los árboles de cacao sobre el suelo registró diferencias significativas. La densidad aparente del suelo fue comparativamente alta (1,7 y 1,8 gcm-1 para 0-15 y 15-20 cm de profundidad del suelo, respectivamente) y los tratamientos no fueron diferentes. Se registró una mejora significativa en la profundidad del suelo de 0-15 cm en relación con los valores iniciales (2008). Los tratamientos no difirieron en el stock de carbono del suelo. Las diferencias totales en las reservas de carbono fueron el resultado de la biomasa de los árboles (cacao y sombra). No se registraron efectos significativos del

tratamiento en el pH, OM, N, P, K, Mg y Ca en muestras de suelo de abril de 2016. Cinco años sin diferencias significativas en el rendimiento del cacao ponen de relieve el potencial del sistema estudiado. Los datos disponibles revelan un amplio espacio para la competencia de los árboles de sombra y, por lo tanto, la disposición espacial óptima para el sistema es actualmente incierta.

A POSSIBLE ROLE OF POTASSIUM IN MEDIATING CACAO SEEDLING RESPONSES TO SOIL WATER STRESS

Esther Djan

Samuel T. Lowor, Jerome Dogbatse, Frank Owusu-Ansah, Francis K. Padi
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Moisture stress is one of the key constraints to establishment of cocoa, particularly on degraded soils as in the case of replanting after removal of aged cocoa tree stocks. Potassium (K) availability has been found to be critical for survival to water stress in many crop species. In two separate experiments, 13 cacao seedling varieties were evaluated under four levels of applied potassium (0, 1, 2, or 3 g/plant of muriate of potash) to identify any differential physiological mechanisms in the responses of cocoa progenies to applied potassium that may lead to improvement in drought tolerance. In the first experiment, four varieties known in Ghana for their field tolerance to water stress were evaluated whereas in the second experiment, 10 varieties were used. Thirty days after K application, water was withheld from three-month old pot-grown seedlings for a period of 42 days. Measurements were made of plant growth, dry matter partitioning and various physiological parameters. Water stress significantly impacted on all measured traits from 8 days after stress imposition leading to reduced leaf membrane stability and leaf chlorophyll fluorescence. Leaf contents of polyphenol and proline however increased. Though liberal application of K under well-watered conditions tend to negatively impact plant function, K application was beneficial for growth and integrity of physiological functions following water stress. Under water stress, K-treated plants had increased root and shoot biomass, higher leaf water content, higher chlorophyll fluorescence and reduced electrolyte leakage from leaves leading to improved vigour. In the first experiment, there was little evidence for variety x K interaction for specific traits, but the expression of a particular physiological function appeared to have been influenced by the parentage of the varieties. Varieties having Scavina parentage showed reduced membrane stability relative to those with PA 7 parentage, but relative water contents were in the reverse order in these varieties under water stress. Leaf total polyphenol increased much more in the varieties with Scavina parentage than those with PA 7 parentage. The results suggest that different mechanisms may account for their putative drought tolerance. In the second experiment, significant interaction of variety and potassium for the studied traits suggests that not all varieties may benefit from the possible drought mitigation influences of applied potassium.

Résumé

Le stress hydrique est l'une des contraintes principales pour l'établissement du cacao, notamment dans des sols dégradés, tel est le cas de la replantation suite à l'élimination des réserves des vieux cacaotiers. On a constaté que la disponibilité du potassium (K) est critique pour survivre au stress hydrique dans beaucoup d'espèces de cultures. Lors de deux expériences séparées, 13 variétés de plantules de cacao à quatre niveaux de potassium bas ont été évaluées (0, 1, 2 ou 3 g/plante de chlorure de potassium) pour repérer tout mécanisme physiologique différentiel dans les réponses des progénitures du cacao au potassium appliqué qui peut conduire à une amélioration de la tolérance à la sécheresse. Lors de la première expérience, quatre variétés ont été évaluées, connues au Ghana pour leur tolérance de champ au stress hydrique, tandis que lors de la deuxième expérience, 10 variétés ont été évaluées. 30 jours après l'application de K, l'eau des plantules âgées de trois mois et cultivées dans des pots a été retenue pendant une période de 42 jours. Des mesures de la croissance de la plante ont été réalisées, ainsi que la partition de la matière sèche et les paramètres physiologiques. Le stress hydrique a eu un impact important sur tous les rangs mesurés huit jours après l'exposition au stress, provoquant une diminution en

matière de stabilité de la membrane foliaire et une fluorescence de la chlorophylle foliaire. Cependant, le contenu foliaire du polyphénol et de la proline a augmenté. Bien que l'application libérale de K dans des conditions de bonne aspersion tende à affecter négativement la fonction de la plante, l'application de K a été favorable pour la croissance et l'intégrité des fonctions physiologiques postérieures au stress hydrique. Dans ces conditions de stress hydrique, les plantes traitées avec K ont présenté une biomasse bien plus importante au niveau des racines et des tiges, un meilleur contenu d'eau dans les feuilles, une meilleure fluorescence de la chlorophylle et une moindre perte d'électrolytes au niveau des feuilles, conduisant à une vigueur améliorée. Lors de la première expérience, il y a eu peu d'évidences d'interaction entre la variété x et K pour des traits spécifiques, mais l'expression d'une fonction physiologique particulière peut avoir été influencée par la filiation des variétés. Les variétés avec une filiation Scavina ont montré une stabilité réduite de la membrane par rapport à celles ayant une filiation PA 7, mais les contenus d'eau ont été inverses dans ces variétés sous stress hydrique. Le polyphénol total de la feuille a beaucoup plus augmenté chez les variétés avec une filiation Scavina, que chez celles ayant la filiation PA 7. Les résultats suggèrent que l'on peut expliquer cette supposée tolérance à la sécheresse à travers plusieurs mécanismes. Lors de la deuxième expérience, l'interaction significative de la variété et le potassium pour les traits étudiés suggère que pas toutes les variétés peuvent bénéficier des possibles influences de mitigation de la sécheresse du potassium appliqué.

Resumen

El estrés hídrico es una de las principales limitaciones para el establecimiento del cacao, especialmente en suelos degradados, como en el caso de la replantación después de la eliminación de las reservas de cacao envejecido. Se ha encontrado que la disponibilidad de potasio (K) es crítica para la supervivencia al estrés hídrico en muchas especies de cultivos. En dos experimentos separados, se evaluaron 13 variedades de plántulas de cacao bajo cuatro niveles de potasio aplicado (0, 1, 2 o 3 g/planta de cloruro de potasio) para identificar cualquier mecanismo fisiológico diferencial en las respuestas de las progenies de cacao al potasio aplicado que puede conducir a una mejora en la tolerancia a la sequía. En el primer experimento, se evaluaron cuatro variedades conocidas en Ghana por su tolerancia de campo al estrés hídrico, mientras que en el segundo experimento se usaron 10 variedades. Treinta días después de la aplicación de K, se retuvo el agua de plántulas cultivadas en maceta de tres meses de edad durante un período de 42 días. Se realizaron mediciones del crecimiento de la planta, la partición de materia seca y diversos parámetros fisiológicos. El estrés hídrico impactó significativamente en todos los rasgos medidos a partir de los 8 días posteriores a la imposición del estrés, lo que condujo a una menor estabilidad de la membrana foliar y a la fluorescencia de la clorofila foliar. Sin embargo, el contenido foliar de polifenol y prolina aumentó. Aunque la aplicación liberal de K en condiciones de buen riego tiende a afectar negativamente a la función de la planta, la aplicación de K fue beneficiosa para el crecimiento y la integridad de las funciones fisiológicas posteriores al estrés hídrico. Bajo estrés hídrico, las plantas tratadas con K tuvieron una mayor biomasa de raíces y tallos, un mayor contenido de agua en las hojas, una mayor fluorescencia de la clorofila y una menor fuga de electrolitos de las hojas, lo que condujo a un vigor mejorado. En el primer experimento, hubo poca evidencia de interacción entre la variedad x y K para rasgos específicos, pero la expresión de una función fisiológica particular parece haber sido influenciada por la filiación de las variedades. Las variedades con filiación Scavina mostraron una estabilidad reducida de la membrana en relación con aquellas con filiación PA 7, pero los contenidos relativos de agua fueron en el orden inverso en estas variedades bajo estrés hídrico. El polifenol total de la hoja aumentó mucho más en las variedades con filiación Scavina que en aquellos con filiación PA 7. Los resultados sugieren que diferentes mecanismos pueden explicar su supuesta tolerancia a la sequía. En el segundo experimento, la interacción significativa de la variedad y el potasio para los

rasgos estudiados sugiere que no todas las variedades se pueden beneficiar de las posibles influencias de mitigación de la sequía del potasio aplicado.

MEDIA AND COMPOST MIXTURES EFFECTS ON GROWTH OF COCOA SEEDLINGS IN GHANA

AMOS QUAYE

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Efforts at improving cocoa (*Theobroma cacao* (L.) production in Ghana have been targeted at increasing yield with little attention to the production of quality seedlings. Healthy seedlings however grow into a healthy plantation with better yield potentials. This experiment investigated the effectiveness of three organic residues; viz: Sawdust (SD), Cocopeat (CP), Rice Husk Biochar (RH) and topsoil (TS) used alone or in combination with different rates of compost; viz: 0g (comp0), 200g (comp200), 400g (comp400) and 600g polybag-1 (comp600) on the growth of cocoa seedlings. The respective mixtures were filled into polybags, watered and allowed to incubate for 14 days before seeds were sowed. The treatments were arranged in a completely randomized design with four replicates. Growth and biomass production were measured at 42 days after sowing. Foliar and residual nutrients were also determined. Leaf area increased with increasing compost rates in all the potting media but was highest in RH than in CP and TS. Seedling height significantly varied among the compost mixtures with CP and TS but not with RH and SD. Stem girth increased with increasing compost rate in all the potting media. Height: girth ratio increased with increasing compost rates in CP and TS and decreased with increasing compost rates in RH, an indication of seedling robustness. Biomass production increased with increasing compost rate in all the potting media mixtures. Shoot:root ratio was significantly higher with comp400 and comp600 than with comp0. Foliar N and P contents increased with increasing compost rates in all the potting media. Foliar K was significantly higher in SD and CP with comp0. Residual N, P, Mg and Ca in the various potting media increased significantly with increasing compost while pH decreased with increasing compost rates. Rice husk biochar and compost mixtures (400g and 600g) produced robust seedlings with adequate foliar and residual nutrients which can support establishment and vigorous growth in the field after planting out. Further evaluation of the different mixing ratios of rice husk biochar, compost and topsoil as an ideal potting mixture for raising cocoa seedling is recommended.

Résumé

Les efforts pour améliorer la production de cacao (*Theobroma cacao* (L.) au Ghana cherchent à augmenter le rendement sans faire très attention sur la production de plantules de qualité. Or, les plantules saines deviennent une culture saine avec une performance au grand potentiel. Cette expérience a étudié l'efficacité de trois résidus organiques : de la sciure (AS), de la fibre de noix de coco (FC), et du biocarbone de balle de riz (CA) et de la terre végétale (TV) utilisés seuls ou mélangés avec des taux rentables de compost, soit : 0g (comp0), 200g (comp200), 400g (comp400) et 600g de sac de polyéthylène-1 (comp600) dans la croissance des plantules de cacao. Les mélanges respectifs ont été rangés dans des sacs en polyéthylène, elles ont été parsemées et on les a laissé germer pendant 14 jours avant de semer les graines. Les traitements ont été organisés de manière aléatoire avec quatre répliques. La croissance et la production de biomasse ont été mesurées au bout de 42 jours après les semences. L'on a également déterminé les nutriments foliaires et résiduels. L'aire de la feuille a augmenté avec l'augmentation des taux de compost dans tous les moyens de culture, mais a été plus élevée sur CA que sur FC et TV. La hauteur des plantules a varié de façon importante avec l'augmentation du taux de compost dans tous les moyens de culture. Hauteur : la proportion de la grosseur a augmenté avec les taux de compost sur FC et TV et a diminué lorsque l'on a augmenté les taux de compost sur CA, ce qui indique la robustesse des plantules. La production de biomasse a augmenté avec l'augmentation du taux de compost sur tous les mélanges de moyens de culture. La relation tige : riz a été bien plus importante avec comp400 et

comp600 qu'avec comp0. Le contenu foliaire de N et de P a augmenté avec l'augmentation des taux de compost dans tous les moyens de culture. Le foliaire K a été beaucoup plus important sur AS et FC avec comp0. Les niveaux résiduels de N, P, Mg y Ca dans les différents moyens de culture ont augmenté de façon importante avec l'augmentation du compost, tandis que le pH a diminué en augmentant les taux de compost. Les mélanges de compost et de biocarbone de val de riz (400g y 600g) ont produit des plantules robustes avec des nutriments foliaires et résiduels adéquats pouvant soutenir l'établissement et la croissance vigoureuse dans la campagne après les semilles. Une évaluation supplémentaire des différentes proportions de mélange de biocarbone est fortement conseillée pour produire des plantules de cacao.

Resumen

Los esfuerzos para mejorar la producción de cacao (*Theobroma cacao* (L.) en Ghana se han dirigido a aumentar el rendimiento con poca atención a la producción de plántulas de calidad. Las plántulas sanas, sin embargo, se convierten en una plantación saludable con mejores rendimientos potenciales. Este experimento investigó la efectividad de tres residuos orgánicos; a saber: Aserrín (AS), Fibra de Coco (FC), Biocarbone de Cáscara de Arroz (CA) y tierra vegetal (TV) utilizados solos o en combinación con diferentes tasas de compost; a saber: 0g (comp0), 200g (comp200), 400g (comp400) y 600g de bolsa de polietileno-1 (comp600) en el crecimiento de las plántulas de cacao. Las respectivas mezclas se guardaron en bolsas de polietileno, se regaron y se dejaron incubar durante 14 días antes de sembrar las semillas. Los tratamientos se organizaron en un diseño completamente aleatorizado con cuatro réplicas. El crecimiento y la producción de biomasa se midieron a los 42 días después de la siembra. También se determinaron los nutrientes foliares y residuales. El área de la hoja aumentó con el aumento de las tasas de compost en todos los medios de cultivo, pero fue más alta en CA que en FC y TV. La altura de las plántulas varió significativamente entre las mezclas de compost con FC y TV pero no con CA y AS. La circunferencia del tallo aumentó con el aumento de la tasa de compost en todos los medios de cultivo. Altura: la proporción de grosor aumentó con el aumento de las tasas de compost en FC y TV y disminuyó al aumentar las tasas de compost en CA, una indicación de la robustez de las plántulas. La producción de biomasa aumentó con el aumento de la tasa de compost en todas las mezclas de medios de cultivo. La relación de tallo:raíz fue significativamente mayor con comp400 y comp600 que con comp0. El contenido foliar de N y P aumentó con el aumento de las tasas de compost en todos los medios de cultivo. El foliar K fue significativamente mayor en AS y FC con comp0. Los niveles residuales de N, P, Mg y Ca en los diversos medios de cultivo aumentaron significativamente al aumentar el compost, mientras que el pH disminuyó al aumentar las tasas de compost. Las mezclas de compost y biocarbone de cáscara de arroz (400g y 600g) produjeron plántulas robustas con nutrientes foliares y residuales adecuados que pueden apoyar el establecimiento y el crecimiento vigoroso en el campo después de la siembra. Se recomienda una evaluación adicional de las diferentes proporciones de mezcla de biocarbone de cáscara de arroz, compost y tierra vegetal como una mezcla ideal de macetas para criar plántulas de cacao.

PARTICIPATORY DESIGN OF COCOA-BASED AGROFORESTRY SYSTEMS – A METHODOLOGICAL APPROACH IN THE DOMINICAN REPUBLIC

Martin Notaro

Marianne Martinet, Richard Vaca, Catherine Schloeggel, Pierre Costet, Christian Gary, France Olivier
Deheuvels

Agricultural Research Centre for International Development (CIRAD)

Abstract

Most of the cocoa production worldwide comes from small farms where cocoa is family-grown, often on highly diversified and small plots known as agroforests. In the Dominican Republic, most cocoa is produced in such systems where undescribed cocoa cultivars are associated with more than 40 other plant species. These highly diversified and shaded cocoa orchards are the current strategy of a highly vulnerable and ageing population of local farmers with low income and poor education level. As most of the next generation of farmers has already fled to the cities or has found a job in the flourishing tourism sector, there is an urgent need for solutions to make cocoa production attractive again. Government's strategies for cocoa intensification traditionally rely on genetic improvement and capacity building on crop, pests and disease management, both having proved to fail because of a lack of knowledge about actual farmer's practices and strategies. On the other hand, a recent alliance between Research and chocolate manufacturers has led to an innovative program for the design of cocoa-based agroforestry systems. The design methodology relies on participatory approach based on the identification, quantification and ranking of the products generated by the current cocoa-based AFS. The farmer's strategy of diversification where timber and mostly fruit trees are cultivated with cocoa trees on the same plot, together with other annual and multiannual crop, is the basis of the participatory approach. Workshops with focus groups are conducted to deal with every aspect of cocoa production, from soil quality management to cocoa and shade plants management. These workshops lead to define a panel of options, or prototypes, where cocoa varieties are associated with a productive shade canopy linked to markets, in a design that allow an acceptable cocoa yield level together with other sources of income. The panel of agroforestry prototypes produced in these participatory workshops is finally tested for its economic resilience under different climate and prices scenario, before being implemented in the field. This innovative program seeks transforming the cocoa production sector in the Dominican Republic by making the cocoa production an attractive alternative for the next generation of farmers.

Résumé

La plus grande partie de la production mondiale de cacao provient de petites fermes où le cacao est cultivé en famille, souvent dans de petites parcelles très diversifiées appelées agroforêts. En République dominicaine, la majorité du cacao est produite dans ces systèmes, dans lesquels les cultures de cacao non décrits sont associées à plus de 40 espèces végétales. Ces vergers de cacao très diversifiés et ombragés constituent la stratégie actuelle d'une population très vulnérable et vieillissante d'agriculteurs locaux à faible revenu et à faible niveau d'éducation. Comme la plupart des agriculteurs de la prochaine génération ont déjà fui vers les villes ou ont trouvé un emploi dans le secteur touristique en plein essor, il est urgent de trouver des solutions pour rendre la production de cacao à nouveau attrayante. Les stratégies gouvernementales d'intensification du cacao reposent traditionnellement sur l'amélioration génétique et le renforcement des capacités dans la gestion des cultures, des ravageurs et des maladies, qui ont toutes deux échoué en raison du manque de connaissances sur les pratiques et les stratégies réelles des agriculteurs. D'autre part, une récente alliance entre la recherche et les fabricants de chocolat a débouché sur un programme innovant de conception de systèmes agroforestiers à base de cacao. La méthodologie de conception est basée sur une approche

participative basée sur l'identification, la quantification et la classification des produits générés par le système agroforestier actuel (AFS) à base de cacao. La stratégie de diversification des agriculteurs, où le bois et la plupart des arbres fruitiers sont cultivés avec du cacao sur la même parcelle, ainsi que d'autres cultures annuelles et pluriannuelles, est la base de l'approche participative. Des ateliers sont organisés avec des groupes de discussion pour aborder tous les aspects de la production de cacao, depuis la gestion de la qualité du sol jusqu'à la gestion du cacao et des plantes d'ombre. Ces ateliers conduisent à définir un panel d'options, ou de prototypes, où les variétés de cacao sont associées à un dais ombragé productif lié aux marchés, dans une conception qui permet un niveau acceptable de rendement du cacao avec d'autres sources de revenus. Le panel de prototypes agroforestiers produits dans ces ateliers participatifs est enfin testé pour déterminer leur résilience économique dans différents scénarios climatiques et de prix, avant d'être mis en œuvre sur le terrain. Ce programme novateur vise à transformer le secteur de la production de cacao en République dominicaine, faisant de la production de cacao une alternative intéressante pour la prochaine génération d'agriculteurs.

Resumen

La mayor parte de la producción mundial de cacao proviene de pequeñas granjas donde el cacao se cultiva en familia, a menudo en parcelas pequeñas y muy diversificadas conocidas como agrobosques. En la República Dominicana, la mayoría del cacao se produce en dichos sistemas, en los que los cultivos de cacao no descritos están asociados con más de 40 especies de plantas. Estos huertos de cacao muy diversificados y sombreados son la estrategia actual de una población altamente vulnerable y envejecida de agricultores locales con bajos ingresos y bajo nivel de educación. Como la mayoría de la próxima generación de agricultores ya ha huido a las ciudades o ha encontrado un empleo en el floreciente sector turístico, existe una necesidad urgente de encontrar soluciones para que la producción de cacao vuelva a ser atractiva. Las estrategias del gobierno para la intensificación del cacao tradicionalmente se basan en el mejoramiento genético y la construcción de capacidades en el manejo de cultivos, plagas y enfermedades, ambas han fallado debido a la falta de conocimiento sobre las prácticas y estrategias reales de los agricultores. Por otro lado, una reciente alianza entre la investigación y los fabricantes de chocolate ha conducido a un programa innovador para el diseño de sistemas agroforestales basados en el cacao. La metodología de diseño se basa en un enfoque participativo basado en la identificación, cuantificación y clasificación de los productos generados por el actual sistema agroforestal (AFS por sus siglas en inglés) basado en la coca. La estrategia de diversificación del agricultor, donde la madera y la mayoría de los árboles frutales se cultivan con cacao en la misma parcela, junto con otros cultivos anuales y plurianuales, es la base del enfoque participativo. Se realizan talleres con grupos focales para tratar cada aspecto de la producción de cacao, desde la gestión de la calidad del suelo hasta la gestión de las plantas de cacao y sombra. Estos talleres conducen a definir un panel de opciones, o prototipos, donde las variedades de cacao se asocian con un dosel de sombra productivo vinculado a los mercados, en un diseño que permite un nivel aceptable de rendimiento de cacao junto con otras fuentes de ingresos. El panel de prototipos de agrosilvicultura producido en estos talleres participativos se prueba finalmente para determinar su resiliencia económica bajo diferentes escenarios de clima y precios, antes de implementarse en el campo. Este innovador programa busca transformar el sector de producción de cacao en la República Dominicana haciendo que la producción de cacao sea una alternativa atractiva para la próxima generación de agricultores.

USING INTEGRATED PLANT NUTRIENT MANAGEMENT STRATEGY FOR SUSTAINABLE AND COMPETITIVE COCOA PRODUCTION IN GHANA

Alex Afrifa

J. A. Dogbatse, A. Arthur

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Cocoa production in Ghana is becoming less sustainable and less competitive because of several years of continuous low input cocoa cultivation that depends mainly on nutrient reserves of newly cleared forest thus resulting in the degradation of soil resource base. The necessity for external plant nutrient replenishment resulted in the introduction of recommended cocoa fertilizers like Asaase Wura (N:P:K 0:22:18 + 9CaO + 7S + 6MgO), Cocofeed (N:P:K 0:30:20), Potassium Rich Sidalco liquid fertilizers (N:P:K 6:0:20 + 1MgO + trace elements) and poultry manure as initial solution to the fertility problem. For an efficient intervention to the existing problem, it is important to monitor the levels of degradation of cocoa soils in the different ecological zones and cropping systems. A study was therefore, conducted by sampling and analysing eight hundred soil samples from the depths of 0-15 cm and 15-30 cm of different soil groups - Acrisols (75%), Lixisols (10%), Ferrasols (9%) and Nitisols (3%) of the Ghana cocoa belt, within five cocoa regions namely Eastern, Ashanti, Western North, Western South and Central. Additionally, nutrient analyses of different parts of the cocoa plant were undertaken. Analyses of the parts of the crop also indicated that nutrient losses through the exported beans especially nitrogen (2.81%) which is the highest needed to be replaced. This shows that, although current trials reveal a depressive effect of nitrogen on cocoa yield, there is still the need to search for fertilizer formulations with nitrogen that will be in the right forms and ratio to suit the nutrient changes. The results also showed the need to increase the levels of the basal cations in these soils to enrich the base saturation of these soils. The paper concludes on the need for high percentage of calcium in the soils to meet the standard ratio of K: Ca: Mg of 2:17:8. Similarly, high total nitrogen concentration to augment the low nitrogen to phosphorus ratio in the soil is advocated. Annual nutrient replenishment with fertilizer formulations that will provide these nutrients in the right forms and ratio is recommended for sustainable and competitive cocoa production from the Ghana cocoa belt.

Résumé

La production du cacao au Ghana est devenue moins durable et moins compétitive en raison de plusieurs années de culture continue de cacao de base consommation qui dépend principalement des réserves de nutriments des forêts récemment dégagées, ce qui résulte en la dégradation de la base des ressources du sol. Le besoin de remplacer les nutriments externes de la plante a eu comme résultat l'introduction de fertilisants de cacao recommandés, tels qu'Asaase Wura (N: P: K 0:22:18 + 9CaO + 7S + 6MgO), Cocofeed (N: P: K 0:30:20), des fertilisants liquides riches en potassium Sidalco (N: P: K 6: 0: 20 + 1MgO + oligoéléments) et fumier d'oiseaux comme une solution initiale au problème de la fertilité. Pour mener une intervention efficace sur le problème existant, il est important de surveiller les niveaux de dégradation des sols du cacao dans les différentes zones écologiques et les systèmes de culture. Une étude a donc été réalisée à travers l'échantillonnage et l'analyse de 800 échantillons de sol provenant de profondeurs de 0-15 cm et 15-30 cm de différents groupes de sols : Les Acrisols (75%), les Lixisols (10%), Les Ferrasols (9%) et les Nitisols (3%) de la ceinture du cacao du Ghana, dans les cinq régions de cacao, à savoir, la région orientale, la région Ashanti, la région nord-ouest et la région sud-ouest, ainsi que la région centrale. En outre, des analyses des nutriments de différentes parties de la plante du cacao ont été réalisées. Les analyses des parties de la culture ont également montré que les pertes de nutriments à travers les graines exportées, notamment le nitrogène (2,81%),

qui doit être remplacé impérativement. Ceci prouve également que, bien que les essais actuels révèlent un effet dépressif du nitrogène sur la performance du cacao, il existe encore le besoin de chercher des formulations de fertilisants avec du nitrogène établies dans les bonnes proportions afin de s'adapter aux changements de nutriments. Les résultats ont montré également le besoin d'augmenter les niveaux de cations basaux dans ces sols afin d'enrichir leur base de saturation. Le document exprime à la fin la nécessité d'un pourcentage de calcium élevé dans les sols afin de respecter la proportion standard de K:Ca:Mg de 2:17:8. On recommande également une concentration de nitrogène afin d'augmenter la base proportion de nitrogène par rapport au phosphore dans le sol. Un réapprovisionnement annuel de nutriments avec des formulations de fertilisants fournissant ces nutriments dans les formes et dans les proportions correctes s'avère nécessaire pour une production de cacao durable et compétitive de la ceinture du cacao du Ghana.

Resumen

La producción de cacao en Ghana se está volviendo menos sostenible y menos competitiva debido a varios años de cultivo continuo de cacao de bajo insumo que depende principalmente de las reservas de nutrientes de los bosques recientemente despejados, lo que resulta en la degradación de la base de recursos del suelo. La necesidad de reposición de nutrientes externos de la planta resultó en la introducción de fertilizantes de cacao recomendados como Asaase Wura (N: P: K O:22:18 + 9CaO + 7S + 6MgO), Cocofeed (N: P: K O:30:20), fertilizantes líquidos ricos en potasio Sidalco (N: P: K 6: O: 20 + 1MgO + oligoelementos) y estiércol de ave como solución inicial al problema de la fertilidad. Para una intervención eficiente sobre el problema existente, es importante monitorear los niveles de degradación de los suelos de cacao en las diferentes zonas ecológicas y sistemas de cultivo. Por lo tanto, se realizó un estudio mediante el muestreo y análisis de ochocientas muestras de suelo de profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm de diferentes grupos de suelos: Acrisoles (75%), Lixisoles (10%), Ferrasoles (9%) y Nitisoles (3%) del cinturón de cacao de Ghana, dentro de las cinco regiones de cacao, que son la oriental, Ashanti, noroccidental, suroccidental y central. Además, se realizaron análisis de nutrientes de diferentes partes de la planta de cacao. Los análisis de las partes del cultivo también indicaron que las pérdidas de nutrientes a través de los granos exportados, especialmente el nitrógeno (2,81%) que es el que más necesita ser reemplazado. Esto muestra que, aunque los ensayos actuales revelan un efecto depresivo del nitrógeno sobre el rendimiento del cacao, todavía existe la necesidad de buscar formulaciones de fertilizantes con nitrógeno que estén en las formas y proporción correctas para adaptarse a los cambios de nutrientes. Los resultados también mostraron la necesidad de aumentar los niveles de cationes basales en estos suelos para enriquecer la base de saturación de estos suelos. El documento concluye con la necesidad de un alto porcentaje de calcio en los suelos para cumplir con la proporción estándar de K:Ca:Mg de 2:17:8. De forma similar, se recomienda una concentración de nitrógeno total elevada para aumentar la baja proporción de nitrógeno a fósforo en el suelo. Se recomienda el reabastecimiento anual de nutrientes con formulaciones de fertilizantes que proporcionen estos nutrientes en las formas y proporciones correctas para una producción de cacao sostenible y competitiva del cinturón de cacao de Ghana.

COCOA-BASED AGROFORESTRY VS FALLOW: WHAT OPTION FOR SOIL QUALITY REGENERATION IN THE PERUVIAN AMAZON?

Olivier Deheuvels

Stéphane Saj, Guillaume Xavier Rousseau, Jean Valverde, Valentina Robiglio
Agricultural Research Centre for International Development (CIRAD)

Abstract

In the Peruvian Amazon, a significant amount of the agricultural landscape is cultivated with cocoa (*Theobroma cacao*) mostly grown under the shade of Musacea and timber trees. There, deforestation and its control are one of the main environmental issues for the Peruvian government and further, for the international community. In these landscapes, farmers who want to establish new plantations have the choice between tropical forest and degraded lands. Most of the latest are abandoned pastures or annual crops with mostly red ferralitic soils heavily unsaturated. As a response to the loss of fertility, farmers have currently two alternatives: entering illegally into the natural forest or practicing shifting cultivation on a long term basis that can reach more than 15 years. In this last case, the fallow lands, locally called "Purma", are named under three categories according to the height of the pioneer vegetation: (i) low (10 years). Our study has been conducted with former coca farmers moved 20 years ago by the Peruvian government to the Ucayali department to produce cocoa. There, we compared soil quality, cadmium content and plant biomass including fine roots at 0-20 and 20-50 cm depth, among three land uses: (i) 31 agroforestry cocoa plantations at different ages, (ii) 24 low, 24 medium and 22 high "purmas", and finally (iii) 22 forest patches as a control. Our results provide an interesting basis to discuss the ability of cocoa-based agroforestry systems to maintain and even restore soil fertility in degraded landscape at the Amazonian forest margin. The evolution of Cadmium content depending on land use and fallow period gives interesting indications for further investigations.

Résumé

En Amazonie Péruvienne, une grande partie du paysage agricole est cultivé avec du cacao (*Theobroma cacao*) cultivé majoritairement sous l'ombre de Musacées et d'arbres à charpente. À cet endroit, la déforestation et son contrôle sont l'un des principaux problèmes environnementaux pour le gouvernement péruvien et pour la communauté internationale. Dans ces paysages, les agriculteurs qui souhaitent établir de nouvelles plantations peuvent choisir entre des forêts tropicales et des terres dégradées. La plupart de ces derniers sont des herbes abandonnées ou des cultures annuelles avec des sols notamment ferralitiques rouges insaturés. En réponse à la perte de la fertilité, les agriculteurs ont à ce jour trois alternatives : entrer de manière illégale dans la forêt naturelle ou pratiquer la rotation de cultures à long terme, soit 15 ans. Dans ce dernier cas, les jachères, appelées localement "Purma", sont nommées en trois catégories selon la hauteur de la végétation pionnière : (i) basse (10 ans). Notre étude a été réalisée avec des agriculteurs qui cultivaient de la coca et qui ont été transférés il y a 20 ans par le gouvernement péruvien au département d'Ucayali pour produire du cacao. Nous y avons comparé la qualité du sol, le contenu de cadmium et la biomasse végétale y compris les racines fines à 0-20 et 20-50 cm de profondeur, parmi les trois utilisations de la terre : (i) 31 plantations de cacao agroforestier à différents âges, (ii) 24 "purmas" basses, 24 moyens et 22 hauts, et finalement (iii) 22 parcelles de forêt comme moyen de contrôle. Nos résultats ont fourni une base intéressante pour analyser les systèmes agroforestiers basés sur le cacao pour maintenir, voire restaurer la fertilité du sol dans le paysage dégradé dans la marge de la forêt amazonienne. L'évolution du contenu de cadmium en fonction de l'utilisation de la terre et la période de jachère donnent des indications intéressantes pour de futures recherches.

Resumen

En la Amazonía peruana, una gran parte del paisaje agrícola se cultiva con cacao (*Theobroma cacao*) mayormente cultivado bajo la sombra de Musáceas y árboles maderables. Allí, la deforestación y su control son uno de los principales problemas ambientales para el gobierno peruano y, además, para la comunidad internacional. En estos paisajes, los agricultores que desean establecer nuevas plantaciones pueden elegir entre bosques tropicales y tierras degradadas. La mayoría de los últimos son pastos abandonados o cultivos anuales con suelos principalmente ferralíticos rojos fuertemente insaturados. Como respuesta a la pérdida de fertilidad, los agricultores actualmente tienen dos alternativas: ingresar ilegalmente al bosque natural o practicar la rotación de cultivos a largo plazo, lo que puede alcanzar más de 15 años. En este último caso, los barbechos, llamados localmente "Purma", se nombran en tres categorías según la altura de la vegetación pionera: (i) baja (10 años). Nuestro estudio se realizó con agricultores que solían cultivar coca y fueron trasladados hace 20 años por el gobierno peruano al departamento de Ucayali para producir cacao. Allí, comparamos la calidad del suelo, el contenido de cadmio y la biomasa vegetal incluyendo raíces finas a 0-20 y 20-50 cm de profundidad, entre tres usos de la tierra: (i) 31 plantaciones de cacao agroforestal a diferentes edades, (ii) 24 "purmas" bajos, 24 medianos y 22 altos, y finalmente (iii) 22 parcelas de bosque como control. Nuestros resultados proporcionan una base interesante para analizar la capacidad de los sistemas agroforestales basados en el cacao para mantener e incluso restaurar la fertilidad del suelo en el paisaje degradado en el margen del bosque amazónico. La evolución del contenido de cadmio en función del uso de la tierra y el período de barbecho da indicaciones interesantes para futuras investigaciones.

AGROFORESTRY SOLUTIONS TO ADAPT COCOA SYSTEMS TO CLIMATE CHANGE IN CENTRAL AMERICA

Maarten van Zonneveld

Kauê de Sousa, Roeland Kindt, Milena Holmgren, Jenny Ordoñez

Bioversity International

Abstract

Background: Agroforestry is a promising approach for climate change adaptation of cocoa systems. Climate change, however, also implies shifts in distribution of agroforestry species but knowledge about these shifting distributions is limited. We aim to provide recommendations about which agroforestry species are suitable to build climate-smart cocoa systems in Central America.

Methods: We applied ensemble forecast models using BiodiversityR to assess the suitability of 49 agroforestry species for cocoa systems under current and future climate scenarios. Twenty-two fruit species, twenty-one timber species, and six N-fixing species were selected on the basis of their abundance in 2,068 farms with agroforestry systems over Central America. Presence location data were collected from CATIE inventories and the GBIF Portal. Non-correlated bioclimatic variables from WorldClim were used as explanatory variables. The future predictions were done using 17 climate models under the emissions scenarios RCP4.5 and RCP8.5 for 2050.

Results: Under climate change, the most important fruit species avocado and mango lose ecological suitability in a substantial area of cocoa production. The suitability of orange remains similar while the suitability of other fruit species increases in suitability, most notably cacao and the underutilized fruit species zapote (*Pouteria sapote*) and mombin (*Spondias mombin*). The timber species *Cordia alliodora*, *Swietenia macrophylla*, and *Cedrela odorata* lose suitability under climate change while *Tabebuia rosea* and *Enterolobium cyclocarpum* increase in suitability. The six selected N-fixing species lose suitability in a substantial area of cocoa production except for *Gliricidia sepium*.

Conclusions: Agroforestry is an important measure to adapt cocoa systems to climate change. This can only be done effectively when the selected agroforestry species are adapted to the new climate conditions. Therefore, it is necessary to modify agroforestry species compositions in cocoa systems. Several timber and fruit species have a high potential for cocoa shade under climate change but are currently underutilized. New N-fixing tree species need to be selected from hot lowland areas for climate-smart cocoa shade.

Résumé

Contexte: L'agroforesterie est une approche prometteuse pour l'adaptation au changement climatique des systèmes de cacao. Cependant, le changement climatique implique également des changements dans la répartition des espèces agroforestières, mais les connaissances sur ces distributions changeantes sont limitées. Notre objectif est de fournir des recommandations sur les espèces agroforestières qui conviennent à la construction de systèmes de cacaoyers climato-intelligents en Amérique centrale.

Méthodes: Nous avons appliqué des modèles de prédiction conjointe en utilisant BiodiversityR pour évaluer la pertinence de 49 espèces agroforestières pour les systèmes de cacao dans les scénarios climatiques actuels et futurs. Vingt-deux espèces de fruits, vingt et une espèces de bois et six espèces fixatrices d'azote ont été sélectionnées sur la base de leur abondance dans 2 068 exploitations agricoles dotées de systèmes agroforestiers en Amérique centrale. Les données de localisation de présence ont été recueillies à partir des inventaires du CATIE et du portail GBIF. Les variables bioclimatiques non corrélées de WorldClim ont été utilisées comme des

variables explicativas. Les prévisions futures ont été faites en utilisant 17 modèles climatiques dans les scénarios d'émission RCP4.5 et RCP8.5 pour 2050.

Résultats: Sous le changement climatique, les espèces fruitières les plus importantes, l'avocat et la mangue, perdent leur qualité écologique dans une zone importante de production de cacao. L'adéquation de l'orange reste similaire, tandis que l'adéquation d'autres espèces de fruits augmente, la plupart des noix de coco et les espèces de fruits sous-utilisés de sapotille (*Pouteria sapote*) et de prunier mombin (*Spondias mombin*). Les espèces de bois *Cordia alliodora*, *Swietenia macrophylla* et *Cedrela odorata* perdent leur aptitude au changement climatique, tandis que *Tabebuia rosea* et *Enterolobium cyclocarpum* l'augmentent. Les six espèces sélectionnées de fixation de l'azote perdent leur aptitude dans une zone substantielle de production de cacao à l'exception de *Gliricidia sepium*.

Conclusions: L'agroforesterie est une mesure importante pour adapter les systèmes de cacao au changement climatique. Cela ne peut être fait efficacement que lorsque les espèces agroforestières sélectionnées s'adaptent aux nouvelles conditions climatiques. Par conséquent, il est nécessaire de modifier les compositions des espèces agroforestières dans les systèmes de cacao. Plusieurs espèces de bois et de fruits ont un potentiel élevé en tant qu'ombre de cacao dans le cadre du changement climatique, mais elles sont actuellement sous-utilisées. Il est nécessaire de sélectionner de nouvelles espèces d'arbres de fixation d'azote dans les basses terres chaudes pour obtenir une nuance de cacao climatiquement intelligente.

Resumen

Antecedentes: la agrosilvicultura es un enfoque prometedor para la adaptación al cambio climático de los sistemas de cacao. El cambio climático, sin embargo, también implica cambios en la distribución de las especies agroforestales, pero el conocimiento sobre estas distribuciones cambiantes es limitado. Nuestro objetivo es proporcionar recomendaciones sobre qué especies agroforestales son adecuadas para construir sistemas de cacao climáticamente inteligentes en América Central.

Métodos: aplicamos modelos de predicción por conjuntos utilizando BiodiversityR para evaluar la idoneidad de 49 especies agroforestales para los sistemas de cacao en escenarios climáticos actuales y futuros. Veintidós especies de fruta, veintiuna especies de maderas y seis especies fijadoras de N se seleccionaron sobre la base de su abundancia en 2.068 granjas con sistemas agroforestales en Centroamérica. Los datos de ubicación de presencia se recopilaban de los inventarios del CATIE y del portal de GBIF. Las variables bioclimáticas no correlacionadas de WorldClim se utilizaron como variables explicativas. Las predicciones futuras se realizaron utilizando 17 modelos climáticos bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5 para 2050.

Resultados: Bajo el cambio climático, las especies frutales más importantes, aguacate y mango, pierden la idoneidad ecológica en un área sustancial de producción de cacao. La idoneidad de la naranja sigue siendo similar, mientras que la idoneidad de otras especies de fruta aumenta en adecuación, la mayoría de los cocos y las especies fruteras subutilizadas de zapote (*Pouteria sapote*) y jobo (*Spondias mombin*). Las especies de madera *Cordia alliodora*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata* pierden idoneidad al cambio climático, mientras que *Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum* la aumentan. Las seis especies seleccionadas de fijación N pierden idoneidad en un área sustancial de la producción de cacao a excepción de *Gliricidia sepium*.

Conclusiones: La agrosilvicultura es una medida importante para adaptar los sistemas de cacao al cambio climático. Esto solo puede hacerse de manera efectiva cuando las especies agroforestales seleccionadas se adaptan a las nuevas condiciones climáticas. Por lo tanto, es necesario modificar las composiciones de especies agroforestales en sistemas de cacao. Varias especies de madera y frutas tienen un

alto potencial como sombra de cacao bajo el cambio climático, pero actualmente están subutilizadas. Es necesario seleccionar nuevas especies arbóreas de fijación N desde las zonas cálidas de tierras bajas para lograr una sombra de cacao climáticamente inteligente.

THEMATIC 3: PESTS AND DISEASES

INVENTORY AND DISTRIBUTION OF SPECIES OF PEST AND EPIPHYTIC PLANTS OF COCOA IN CÔTE D'IVOIRE

Romain Aka

Danho F.R. Neuba, Klotioloma Coulibaly, Kouamé François N'Guessan, Ismaël B. Kebe
Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Abstract

This study aims to identify the main species of parasitic and epiphytic plants on the cocoa tree and to know their geographical distribution in Ivorian cocoa orchards. This study was carried out in 12 cocoa-growing district of Côte d'Ivoire. In each districts two localities were selected and in each locality four cocoa farms of at least 1 ha were chosen. All the selected cocoa farms were surveyed to cover an area of at least 1 ha. All species of parasitic and epiphytic plants present on the cocoa trees were recorded. This surveys show the presence of two species of parasitic plant on the cacao tree belonging to the family Loranthaceae and nine species of epiphytes belonging to the families of Orchidaceae, Araceae and Polypodiaceae. Among these species, the most damaging for the cacao trees are the Loranthaceae: *Tapinanthus bangwensis* (Engl. & K.Krause) Danser and *Phragmenthera capitata* (Sprengel) S. Balle. *Tapinanthus bangwensis* (Engl. & K.Krause) Danser is found throughout the cocoa production area and *Phragmenthera capitata* (Sprengel) S. Balle is found in the eastern and southeastern region of Côte d'Ivoire. Beyond Loranthaceae, other species of Orchidaceae such as *Diaphoranthus bidens* (Sw. Ex Pers.) Schltr. And *Angraecum bracteosum* Balf. f. And *S.Moore* are becoming a threat to the sustainability of cocoa production in the Aboisso and Ayamé departments of the South Comoé region.

Résumé

Cette étude a comme but identifier les principales espèces de plantes parasites et épiphytes dans le cacaotier, et connaître leur distribution géographique dans les potagers de la Côte d'Ivoire. Cette étude a été menée dans 12 districts de culture de cacao en Côte d'Ivoire. Dans chaque district, on a sélectionné deux localités et, dans chaque localité, quatre fermes de cacao d'au moins un ha ont été choisies. Toutes les fermes de cacao retenues ont fait l'objet d'une enquête, dans le but de couvrir un are d'au moins un hectare. Toutes les espèces de plantes parasites et épiphytes présentes dans les cacaotiers ont été registrées. Ces enquêtes montrent la présence de deux espèces de plantes parasites dans le cacaotier appartenant à la famille de Loranthaceae et neuf espèces d'épiphytes apparentant aux familles d'Orchidaceae, d'Araceae et de Polypodiaceae. Parmi ces espèces, les plus nocives pour les cacaotiers sont les Loranthaceae: *Tapinanthus bangwensis* (Engl. & K.Krause) Danser et *Phragmenthera capitata* (Sprengel) S. Balle. La *Tapinanthus bangwensis* (Engl. & K.Krause) Danser se trouve dans toute la zone de production de cacao et la *Phragmenthera capitata* (Sprengel) S. Balle se trouve dans la région Est et Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Outre la Loranthaceae, d'autres espèces d'Orchidaceae telles que la *Diaphoranthus bidens* (Sw. Ex Pers.) Schltr. Et l'*Angraecum bracteosum* Balf. F. et *S.Moore* deviennent une menace pour la durabilité de la production de cacao dans les départements d'Aboisso et Ayamé dans la région du Sud de Comoé.

Resumen

Este estudio tiene como objetivo identificar las principales especies de plantas parásitas y epífitas en el árbol de cacao y conocer su distribución geográfica en los huertos de cacao de Costa de Marfil. Este estudio se llevó a cabo en 12 distritos de cultivo de cacao de Costa de Marfil. En cada distrito se seleccionaron dos localidades y en cada localidad se seleccionaron cuatro fincas de cacao de al menos 1 ha. Todas las fincas de cacao seleccionadas fueron encuestadas para cubrir un área de al menos 1 ha. Se registraron todas las especies de plantas parásitas y epífitas presentes en los árboles de cacao. Estas encuestas muestran la presencia de dos especies de plantas parásitas en el árbol de cacao pertenecientes a la familia Loranthaceae y nueve especies de epífitas pertenecientes a las familias de Orchidaceae, Araceae y Polypodiaceae. Entre estas especies, las más dañinas para los árboles de cacao son las Loranthaceae: *Tapinanthus bangwensis* (Engl. & K.Krause) Danser y *Phragmenthera capitata* (Sprengel) S. Balle. *Tapinanthus bangwensis* (Engl. & K.Krause) Danser se encuentra en toda el área de producción de cacao y *Phragmenthera capitata* (Sprengel) S. Balle se encuentra en la región oriental y sudoriental de Costa de Marfil. Más allá de Loranthaceae, otras especies de Orchidaceae como *Diaphananthe bidens* (Sw. Ex Pers.) Schltr. y *Angraecum bracteosum* Balf. F. y S.Moore se están convirtiendo en una amenaza para la sostenibilidad de la producción de cacao en los departamentos de Aboisso y Ayamé en la región del sur de Comoé.

ANALYSE DE LA RELATION DEGATS DOMMAGE ENTRE MIRIDE ET CACAOYER

Leïla Bagny Beilhe

Franklin Ketchiemo Tounkam, Nicolas Niemenak

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)

Résumé

Au Cameroun la production du cacao est fortement impactée par les attaques des mirides, *Sahlbergella singularis*. Les dommages liés à cette espèce qui se nourrit aussi bien sur les fruits que sur les parties végétatives sont difficiles à quantifier. L'objectif du travail présenté ici est d'établir la relation dégât dommage entre miride et cacaoyer en caractérisant la réponse physiologique du cacaoyer face aux attaques des mirides en condition contrôlée et en évaluant l'impact des mirides sur le rendement potentiel des cacaoyers en champs. La croissance végétative de vingt plants de cacaoyers âgés de deux ans et appartenant à trois familles (T79/507×SNK413, IMC67×SNK10 et ISC40×UPA134) a été suivie pendant une année en serre. Chaque plant protégé par une moustiquaire a subi un traitement spécifique: infestation par cinq larves de mirides ou infestation par 10 larves de mirides ou pas d'infestation pendant trois semaines. Avant et après les infestations, l'émission des flushes, le nombre de gourmands émis et la chute des feuilles ont été évalués mensuellement. La dynamique de fructification et l'impact des attaques de mirides sur le développement des cabosses ont été suivis sur 300 arbres dans 30 parcelles paysannes sur deux ans. Tous les deux mois, le stade de maturation ainsi que les niveaux d'attaques par les mirides ont été relevés sur tous les fruits marqués présents sur le tronc de l'arbre. En serre, les attaques des mirides sur les jeunes arbres ont causé la mort des bourgeons, la chute des feuilles du sommet vers la base, l'apparition de gourmands et une baisse significative de la surface foliaire. Elle a également favorisé les attaques par des champignons opportunistes qui ont entraîné la mort de certains plants. La réponse des cacaoyers est variable en fonction des familles considérées. En champs, plus de 60% des chérelles piquées par les mirides ont avorté. Les arbres présentant les plus fortes intensités de dégâts anciens liés aux mirides ont été les moins productifs. Les attaques de mirides sur les fruits matures ont été négligeables et il n'y a pas eu d'effets sur le poids des fèves. Une meilleure connaissance de l'interaction mirides cacaoyer est cruciale pour mieux comprendre la relation dégâts dommage et pour développer des méthodes de lutte agro écologique qui soient efficaces.

Abstract

Cocoa production in Cameroon is strongly impacted by the attacks of the mirids, *Sahlbergella singularis*. The damage caused by this species - that feeds on both fruits and vegetal parts - is difficult to quantify. This paper sought to establish the relationship of damage between mirids and cocoa, by characterizing the physiological response of the cocoa tree to the attacks of mirids under controlled conditions and by evaluating the impact of mirids on the potential yield of cocoa trees in fields. Vegetative growth of twenty two-year-old cocoa trees belonging to three families (T79 / 507 × SNK413, BMI67 × SNK10 and ISC40 × UPA134) was monitored for one year in a greenhouse. Each plant - protected by a net underwent a specific treatment: infestation with five larvae of mirids, or infestation with 10 larvae of mirids or no infestation for three weeks. Before and after the infestations, the emission of flushes, the number of shoots grown and the fall of the leaves were evaluated monthly. The fruiting dynamics and the impact of mirid attacks on the development of pods were monitored on 300 trees, in 30 plots, over two years. Every two months, the ripening stage - as well as the attack levels by mirids - were recorded on all the marked fruits present on the trunk of the tree. In the greenhouse, mirid attacks on young trees caused bud death, top-to-bottom leaf fall, the appearance of shoots and a significant drop in leaf area. It also favored attacks by opportunistic fungi that

resulted in the death of some plants. The response of cocoa trees varies according to the families considered. In fields, over 60% of the fruits stung by mirids have aborted. Trees with the highest intensity of ancient mirid-related damage were the least productive. Mirid attacks on mature fruits were negligible, and there were no effects on the weight of the beans. A better understanding of the mirids-cocoa interaction is crucial to better understand the damage relationship, and to develop efficient agro-ecological methods.

Resumen

La producción de cacao en Camerún se ve fuertemente afectada por los ataques de los mիրidos, *Sahlbergella singularis*. El daño causado por esta especie - que se alimenta tanto de la fruta como de los vegetales - es difícil de cuantificar. En este trabajo se buscó establecer la relación de daño entre los mիրidos y el cacao, mediante la caracterización de la respuesta fisiológica del árbol de cacao a los ataques de mիրidos bajo circunstancias controladas y mediante la evaluación del impacto de los mիրidos en el rendimiento potencial de los árboles de cacao en los campos. Monitoreamos durante un año el crecimiento vegetativo en invernadero de veinte árboles de cacao de dos años de edad pertenecientes a tres familias (T79 / 507 × SNK413, BMI67 × SNK10 and ISC40 × UPA134). Cada árbol estaba protegido con una malla y se les sometió a un tratamiento específico: la infestación con cinco larvas de mիրidos, la infestación con 10 larvas de mիրidos, o ninguna infestación, durante tres semanas. Antes y después de la infestación se evaluaron mensualmente los tallos, el número de brotes que crecen y la caída de las hojas. Se monitoreó también la dinámica de fructificación y el impacto de los ataques de los mիրidos en el desarrollo de mazorcas en 300 árboles, en bloques de 30, durante dos años. Cada dos meses se registraba la fase de maduración, así como los niveles de ataque por mիրidos - en todos los frutos marcados en el tronco del árbol. En el invernadero, los ataques de los mիրidos en los árboles jóvenes llevó a la muerte de los brotes, caída de arriba a abajo de las hojas, la aparición de brotes y una caída significativa en el área foliar. También llevaron al favorecimiento de ataques por hongos oportunistas que resultó en la muerte de algunas plantas. La respuesta de los árboles de cacao varía de acuerdo las familias consideradas. En los campos, más del 60% de las frutas que sufren ataques por mիրidos han abortado. Los árboles con la mayor intensidad de daño antiguo relacionado con mիրidos fueron los menos productivos. Los ataques de mիրidos a los frutos maduros eran insignificantes, y no hubo efectos sobre el peso de los granos. Una mejor comprensión de la interacción cacao-mիրidos es crucial para entender mejor la relación de daño, y para desarrollar métodos agroecológicos eficientes.

EVOLUTION DE PHYTOPHTHORA MEGAKARYA : UNE MENACE POTENTIELLE POUR LA PRODUCTION CACAORYERE DE LA COTE D'IVOIRE

Klotioloma Coulibaly

I.B. Kébé, E. Kassin, A.A. Romain, M.G. Tahi, W.P. N'Guessan, S.B. Guiraud, M. Assi, B. Koné, D. Koné, K.F. N'Guessan

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Résumé

La pourriture brune des cabosses est l'une des maladies les répandues chez l'espèce *Theobroma cacao* L. En Côte d'Ivoire, elle occasionne des pertes de production qui atteignent 50 % de la récolte dans certaines régions de production. Parmi les agents pathogènes impliqués dans ces pertes, figurent deux espèces du genre *Phytophthora* (*Phytophthora palmivora* et *Phytophthora megakarya*). Toutefois, peu de données existent sur la répartition géographique de ces deux espèces dans le verger cacaoyer ivoirien. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer la distribution géographique de ces deux espèces de *Phytophthora* mais surtout de déterminer le front de progression de *Phytophthora megakarya*, l'espèce la plus agressive, afin d'établir une relation avec les différents niveaux de pertes observés pendant les campagnes successives. Pour cette étude, des prospections ont été réalisées dans 157 cacaoyères issues des principales zones de production (Indénié-Djuablin, Sud-Comoé, Guémon, San Pedro, Nawa, Bélier, Agnéby-Tiassa, Moronou, Cavally et Haut Sassandra) et trois cent seize (316) isolats de *Phytophthora* spp., ont été prélevés sur des cabosses immatures naturellement atteintes de pourriture brune. Les méthodes d'analyses moléculaires basées sur les techniques PCR-RFLP, de séquençage de la région ITS1 de l'ADN ribosomal ont servi à identifier les isolats de *Phytophthora*. L'étude a permis d'identifier 247 isolats (78 %) appartenant à l'espèce *Phytophthora palmivora* contre 69 isolats (22 %) à *Phytophthora megakarya*. Toutefois, une forte présence de *P. megakarya* a été observée principalement dans les régions de l'Indénié-Djuablin (75 %), du Sud-Comoé (85 %) et du Guémon (88 %). En outre, dans les régions de San Pedro (53 %) et de la Nawa (46 %), une présence moyenne a été observée. En revanche, dans la région du Haut Sassandra (12 %), un faible taux de présence a été enregistré. La progression rapide de *P. megakarya* au regard des taux de présence dans les régions de l'Indénié-Djuablin, du Sud-Comoé et du Guémon, est marquée par des niveaux importants de pertes de récolte (23 %, 37 % et 46 % respectivement), traduisant ainsi une forte corrélation entre les pertes de récolte observées dans ces régions et la présence de *P. megakarya*.

Abstract

Brown pod rot is one of the most common diseases of *Theobroma cacao* L. In Côte d'Ivoire. This disease causes production losses of up to 50% of the crop in some production areas. Pathogens involved in these losses include two species of the genus *Phytophthora* (*Phytophthora palmivora* and *Phytophthora megakarya*). However, there is little data on the geographical distribution of these two species in the Ivorian cocoa plantations. This paper sought to determine the geographical distribution of these two species of *Phytophthora*, but especially to determine the progression front of *Phytophthora megakarya* - the most aggressive species - in order to establish a relation with the different levels of losses observed during successive campaigns. For this study, surveys were carried out in 157 cocoa farms from the main production areas (Indénié-Djuablin, South-Comoé, Guémon, San Pedro, Nawa, Aries, Agnéby-Tiassa, Moronou, Cavally and High Sassandra) and three hundred and sixteen (316) isolates of *Phytophthora* spp. were collected from immature pods naturally affected by brown rot. Molecular analysis methods based on PCR-RFLP techniques - sequencing the ITS1 region of ribosomal DNA - were used to identify *Phytophthora* isolates. The study identified 247 isolates (78%) belonging to the species *Phytophthora palmivora*, against 69 isolates (22%) which pertained to *Phytophthora megakarya*. However, a strong presence of *P. megakarya* was observed mainly in the regions of Indénié-

Djuablin (75%), South-Comoé (85%) and Guémon (88%). In addition, average presence was observed in the regions of San Pedro (53%) and Nawa (46%). On the other hand, a low presence rate (12%) was recorded in the High Sassandra region. The rapid progression of *P. megakarya* with regard to the presence rates in the regions of Indénié-Djuablin, South-Comoé and Guémon, is marked by significant levels of crop losses (23%, 37% and 46% respectively); in turn, this reflects, a strong correlation between crop losses observed in these areas and the presence of *P. megakarya*.

Resumen

La enfermedad por fitóftora o podredumbre parda es una de las enfermedades más comunes del *Theobroma cacao* L. en Costa de Marfil. Esta enfermedad causa pérdidas de producción de hasta el 50% de la cosecha en algunas zonas productoras. Los patógenos involucrados en dichas pérdidas incluyen dos especies del género *Phytophthora* (*Phytophthora palmivora* y *Phytophthora megakarya*). Sin embargo, hay pocos datos sobre la distribución geográfica de estas dos especies en las plantaciones de cacao de Costa de Marfil. En este trabajo se buscó determinar la distribución geográfica de estas dos especies de *Phytophthora*, especialmente encaminada a determinar el frente de progresión de la *Phytophthora megakarya* - la especie más agresiva - con el fin de satisfacer una relación con los diferentes niveles de pérdidas observadas durante las campañas sucesivas. Para este estudio se adelantaron encuestas en 157 fincas cacaoteras de las principales zonas productoras (Indénié-Djuablin, Sur Comoé, Guémon, San Pedro, Nawa, Aries, Agnéby-Tiassa, Moronou, Cavally y Alta Sassandra) y se recolectaron trescientos dieciséis (316) aislados de *Phytophthora* spp. De mazorcas inmaduras naturalmente afectadas por la podredumbre parda. Se usaron técnicas de métodos basados en análisis moleculares PCR-RFLP - secuenciación de la zona ITS1 del ADN ribosomal - con el fin de identificar los aislados de *Phytophthora*. Se identificaron 247 aislados en el estudio (78%) pertenecientes a la especie *Phytophthora palmivora*, versus 69 aislamientos (22%) de *Phytophthora megakarya*. Se observó sin embargo una fuerte presencia de *P. megakarya*, principalmente en las áreas de Indénié-Djuablin (75%), Sur-Comoé (85%) y Guémon (88%). Además, se observó una presencia promedio en las regiones de San Pedro (53%) y Nawa (46%). Por otro lado, se registró una presencia baja (12%) en la Región Alta Sassandra. El rápido crecimiento de *P. megakarya* con respecto a la tasas de presencia en las áreas de Indénié-Djuablin, Sur Comoé y Guémon, está marcada por niveles significativos de las pérdidas de cultivos (23%, 37% y 46% respectivamente). A su vez, esto refleja una fuerte correlación entre las pérdidas de cosechas observadas en estas zonas y la presencia de *P. megakarya*.

PATOGENICIDAD DE *Moniliophthora roreri* EN FRUTOS DE CACAO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

Enrique Arévalo-Gardini
Leon-Ttacca Betsabe
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

Moniliophthora roreri es uno de los patógenos de mayor importancia de cacao en América Latina y una constante amenaza global. Existen muchos esfuerzos para evaluar directa e indirectamente nuevos materiales de cacao resistentes a este patógeno. Una nueva metodología de inoculación de *M. roreri* en frutos a nivel de laboratorio que potencialmente podría utilizarse como una alternativa para evaluar la resistencia de genotipos en el primer año de producción de la planta fue desarrollada en el Laboratorio de Fitopatología del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), en San Martín-Perú. Se seleccionó el aislamiento de *M. roreri* (Mr-2) para realizar las pruebas de infección en frutos sanos de cacao CCN-51 de 3 meses de edad. Se probaron cuatro métodos de inoculación: inyección, punción, inserción e inmersión. Los datos se registraron a los 8, 10 y 12 días después de la inoculación (ddi). Externamente los frutos no mostraron ningún síntoma en ninguno de los métodos, solo por el método de inserción se observó que *M. roreri* infectó al tejido sano de frutos inoculados. Al realizar cortes longitudinales y transversales, a los 8 ddi se observó lesiones necróticas internas en la zona perimétrica del lugar de inoculación, a los tres días después del corte, la infección comprometió aproximadamente el 30% del tejido sano. A los 12 ddi, internamente la zona de infección fue mayor en relación a la primera evaluación, y cuatro días después del corte se observó la infección y esporulación de *M. roreri* en casi todo el diámetro del fruto. Así mismo, en una prueba adicional, se inocularon por inserción mondadientes colonizados con *M. roreri* a frutos sanos, y a los 14 ddi, se lograron observar síntomas externos alrededor de la zona de inoculación y lesiones necróticas internas aproximadamente en el 40% del diámetro, dos días después el patógeno formó sus estructuras de reproducción en estas lesiones.

Abstract

Moniliophthora roreri is one of the most important cocoa pathogens in Latin America and a constant global threat. Many efforts have been made to evaluate directly and indirectly new cocoa materials which are resistant to this pathogen. A new methodology involving the inoculation of *M. roreri* in fruits at the laboratory level could potentially be used as an alternative to evaluate the resistance of genotypes in the first year of production. It was developed in the phytopathology laboratory of the Institute of Tropical Crops in San Martín, Peru. An *M. roreri* (Mr-2) isolation was selected to perform infection tests on 3-month-old healthy CCN-51 cocoa fruits. Four inoculation methods were tested: injection, puncture, insertion and immersion. The data were registered 8, 10 and 12 days after inoculation (dai). The fruits showed no external symptoms in any of the methods. When the insertion method was used, it was observed that *M. roreri* infected the healthy tissue of inoculated fruits. When making longitudinal and transverse cuts 8 dai, internal necrotic lesions were observed in the perimeter area of the inoculation site. Three days after the cut, the infection compromised approximately 30% of the healthy tissue. 12 dai the infection area was larger internally in comparison to the first test and four days after the cut infection and sporulation of *M. roreri* were observed in almost all the diameter of the fruit. Likewise, in an additional test, toothpicks previously colonized with *M. roreri* were inoculated by insertion onto healthy fruits and 14 dai external symptoms were observed around the inoculation zone as well as internal necrotic lesions in approximately 40% of the diameter. Two days later, the pathogen formed its reproduction structures in these lesions.

Résumé

Moniliophthora roreri est un des pathogènes les plus importants du cacao en Amérique Latine et une menace globale permanente. Il existe d'efforts substantiels pour l'évaluation directe ou indirecte de nouveaux matériels de cacao résistants à ce pathogène. Une nouvelle méthodologie d'inoculation de *M. roreri* dans les fruits au niveau du laboratoire qui pourrait être une alternative potentielle pour l'évaluation de la résistance de génotypes pendant la première année de production de la plante a été développée au Laboratoire de Phytopathologie de l'Institut de Cultures Tropicales (ICT) à San martin – Pérou. On a sélectionné l'isolement de *M. roreri* (Mr-2) pour faire des tests d'infection dans des fruits sains du cacao CCN-51 âgés de 3 mois. On a essayé 4 méthodes d'inoculation : injection, ponction, insertion et immersion. Les données ont été enregistrés 8, 10 et 12 jours après l'inoculation (jai). Les fruits n'ont pas présenté de symptômes à l'extérieur dans aucune des méthodes, seulement par la méthode d'insertion il a été possible de voir que *M. roreri* avait infecté le tissu sain des fruits inoculés. Lors de la coupe longitudinale et transversale 8 jours après l'inoculation on a observé des lésions nécrotiques internes dans la zone du périmètre de l'endroit de l'inoculation, et trois jours après la coupe, l'infection avait impliqué presque 30% du tissu sain. 12 jours après l'inoculation, la zone d'infection interne a été plus grande en relation avec la première évaluation et 4 jours après la coupe on a trouvé l'infection et la sporulation de *M. roreri* sur presque tout le diamètre du fruit. De même, dans un test additionnel, on a inoculé par insertion de cure-dents colonisés avec *M. roreri* dans des fruits sains et 14 jours après l'inoculation on a remarqué des symptômes externes autour de la zone d'inoculation et des lésions nécrotiques internes sur près du 40% du diamètre, deux jours plus tard le pathogène avait formé ses structures de reproduction sur ces lésions.

EFFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS Y TRICHODERMA SP. BAJO CONDICIONES DE ANEGAMIENTO Y SEQUÍA EN CUATRO GENOTIPOS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.)

Enrique Arévalo-Gardini

Erick Trigozo-Bartra, Delmar Arbey Olivera-Cayotopa, José Jaime Cayotopa-Torres, João de Cássia-Bomfim

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

El efecto del cambio climático en las actividades agrícolas como la producción y el desarrollo de los cultivos será uno de los principales problemas para el futuro, específicamente para la disponibilidad de agua. La cosecha de cacao es importante en el Perú y la disponibilidad de agua es uno de los factores más determinantes en su producción y desarrollo. Para esta investigación, se hizo un previo trabajo de selección de mejores aislamientos de *Trichoderma*, 4 aislamientos fueron seleccionados de un grupo de 120. Con el objetivo de determinar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma brevicompactum* y las modificaciones orgánicas del suelo bajo condiciones de anegamiento y sequía, se probaron cuatro genotipos de cacao [CCN-51, ICT-1189, ICT-2142, ICS-95] propagados por ramillas. Se registraron tres parámetros como la conductancia estomática (CE), el grado de marchitamiento (GM) y el índice de tolerancia hídrica (ITH), todos estos parámetros registrados después de la sequía y el anegamiento por 12 y 30 días respectivamente. Durante la sequía y el anegamiento *Trichoderma harzianum* promueve la supresión de la reducción de la conductancia estomática en los genotipos de cacao ICT-2142 y ICT-1189, pero no en los genotipos de cacao CCN-51 e ICS-95. La asociación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma brevicompactum* con el humus de lombrices de tierra reduce el grado de marchitamiento en condiciones de anegamiento y sequía, donde dos genotipos de cacao (G3: ICT-1189 y G4: ICS-95) fueron registrados como tolerantes (T) bajo sequía; en tanto, bajo anegamiento todos los genotipos de cacao registraron como moderadamente tolerantes (MT). Nuestros hallazgos sugieren que las especies de *Trichoderma* pueden modular la supresión de la conductancia estomática y mejorar la tolerancia al estrés hídrico en el Cacao.

Abstract

The effect of climate change on agricultural activities such as the production and development of crops will be one of the main problems in the future, specifically water availability. Cocoa cultivation is important in Peru and water availability is one of the most determining factors for its production and development. For this investigation, the best *Trichoderma* isolates were previously selected. Four isolates were chosen from a group of 120. With the objective of determining the effect of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma brevicompactum* and the organic modifications of the soil under water logging and drought conditions, four cocoa genotypes (CCN-51, ICT-1189, ICT-2142, ICS-95) propagated by branches were tested. Three parameters such as stomatal conductance, degree of wilting and drought tolerance index were registered after drought and water logging for 12 and 30 days respectively. During drought and water logging, *Trichoderma harzianum* suppresses the reduction of stomatal conductance in the ICT-2142 and ICT-1189 cocoa genotypes, but not in the CCN-51 and ICS-95 cocoa genotypes. The association of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma brevicompactum* with earthworm castings reduces the degree of wilting under flood and drought conditions, where two cocoa genotypes (G3: ICT-1189 and G4: ICS-95) were registered as tolerant (T) under drought. Meanwhile, under flooding all cocoa genotypes were registered as moderately tolerant (MT). Our findings suggest that the *Trichoderma* species can modulate the suppression of stomatal conductance and improve tolerance to water stress in cocoa.

Résumé

L'effet du changement climatique sur les activités agricoles comme la production et développement des cultures est un des principaux problèmes pour le futur, de façon spécifique en ce qui concerne la disponibilité d'eau. La culture du cacao est importante au Pérou et la disponibilité d'eau est un des facteurs plus déterminant pour sa production et développement. Pour cette recherche, on a fait un travail préalable de sélection des meilleurs isolements de *Trichoderma*, dans un groupe de 120 on a sélectionné 4 isolements. Afin de déterminer l'effet du *Trichoderma harzianum* et *Trichoderma brevicompactum* et les modifications organiques du sol sous les conditions d'engorgement et de sécheresse, on a mis en preuve quatre géotypes du cacao [CCN-51, ICT-1189, ICT-2142, ICS-95] propagés par brindilles. On a enregistré trois paramètres, la conductance stomatique (CE), le niveau de flétrissement (GM) et l'indice de tolérance hydrique (ITH), et tous ces paramètres ont été enregistrés après la sécheresse et l'engorgement pour 12 et 30 jours respectivement. Pendant la sécheresse et l'engorgement *Trichoderma harzianum* encourage la suppression de la réduction de conductance stomatique dans les géotypes du cacao ICT-2142 et ICT-1189, mais non pas sur les géotypes du cacao CCN-51 et ICS-95. L'association de *Trichoderma harzianum* et *Trichoderma brevicompactum* avec l'humus de vers de terre réduits le niveau de flétrissement sous des conditions d'engorgement et sécheresse, où deux géotypes du cacao (G3: ICT-1189 et G4: ICS-95) ont été enregistrés comme tolérants (T) sous sécheresse; pour autant, sous engorgement tous les géotypes du cacao ont été enregistrés comme moyennement tolérants (MT). Nos conclusions suggèrent que les espèces de *Trichoderma* peuvent moduler la suppression de la conductance stomatique et améliorer la tolérance au stress hydrique sur le cacao.

COMPORTAMIENTO DE LOS CLONES DE CACAO DE LA COLECCIÓN DEL ICT FRENTE A MONILIOPTHORA RORERI EN TARAPOTO, PERU

Enrique Arévalo-Gardini

Gina Paola Sanchez-Torres, Dapeng, Zhang, Lyndel, Meinhardt, Virupax Baligar

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

La diversidad del cacao es la base fundamental para la búsqueda de resistencia a las enfermedades importantes como la moniliasis [*Moniliophthora roreri* (MR)], en la EE “El Choclino” del Instituto de Cultivos Tropicales – ICT en Tarapoto con el objetivo de determinar el nivel de resistencia a MR, 39 genotipos de cacaos elites del ICT, provenientes de campo de productores de las provincias de Mariscal Cáceres y Tocache en el Departamento de San Martín, Perú; un genotipo susceptible EET-400 (control) y otro resistente ICS-95 (control), fueron sometidos a inoculaciones manuales de MR. Los genotipos seleccionados están distribuidos en bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, cada genotipo es un tratamiento, en cada uno de ellos se obtuvieron tres frutos por polinización manual con polen del genotipo IMC-67, los frutos después de la polinización protegieron con bolsas plásticas hasta los tres meses de edad. El inóculo de MR se obtuvo a partir de frutos en estado de mancha, los que fueron lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 2% por cinco minutos, luego se enjuagan con agua destilada estéril, después se cortan en rodajas de un centímetro de espesor; las rodajas se ponen dentro de placas petri y se incuban a temperatura ambiente para favorecer la esporulación. Las esporas se colectan en placas petri estériles para su transporte al campo. Los frutos obtenidos para la inoculación manual previamente son lavados con agua destilada estéril, luego en el centro del fruto se inocula MR por el método del alfiler a una concentración de 10^6 ufc.cc⁻¹, luego se protegen con bolsas poniendo un algodón con agua en su interior para mantener la humedad. A los 60 días de la inoculación se evalúa la severidad externa con una escala de 0=fruto sano, a 5= fruto esporulado. La severidad interna fue medida por la escala de 0= 0% de necrosis y 5 > 80% de necrosis interna; después de las evaluaciones los genotipos fueron clasificados de acuerdo a la severidad interna en: resistentes (0 - 1.25), moderadamente resistentes (1.26 - 2.50), moderadamente susceptible (2.51 - 3.75) y susceptible (3.76 - 5.0). Con los datos obtenidos se realizan el ANVA respectivo y las medias se comparan con Scott & Knott ($P \leq 0.05$). Del total de genotipos evaluados: 46.2% fueron resistentes, 30.8% como moderadamente resistentes, 17.9% como moderadamente susceptibles y 5.1% susceptibles.

Abstract

Cocoa diversity is fundamental for the search for resistance to important diseases such as moniliasis (*Moniliophthora roreri*-MR) at El Choclino Experimental Station of the Institute of Tropical Crops (ICT) in Tarapoto. With the objective of determining the level of resistance to MR, 39 genotypes of elite cacao from the ICT coming from the provinces of Mariscal Cáceres and Tocache in San Martín Department, Peru were studied. An EET-400 susceptible genotype (control) and an ICS-95 resistant genotype (control) were inoculated manually with MR. The selected genotypes were distributed in completely randomized blocks (CRB) with three replications. Each genotype was a treatment. Three fruits were obtained in each of them by manual pollination with pollen from the IMC-67 genotype. After pollination, fruits were protected with plastic bags until they were three months old. The MR inoculum was obtained from stained fruits, which were washed and disinfected with a 2% sodium hypochlorite for five minutes and then rinsed with sterile distilled water. They were then cut into 1-cm slices. The slices were placed in petri dishes and incubated at room temperature to promote sporulation. The spores were collected in sterile petri dishes for being transported to the field. The fruits obtained for manual inoculation were previously washed with

sterile distilled water. Then the center of the fruit was inoculated through the pinning method with MR at a 10^6 cfu.cc⁻¹ concentration. Each fruit was then protected with bags and a cotton ball with water was placed inside it to keep moisture. Sixty days after inoculation, external severity was evaluated with a scale of 0 = healthy fruit to 5 = sporulated fruit. Internal severity was measured with a scale of 0 = 0% of necrosis and 5 = 80% of internal necrosis. After the evaluations, the genotypes were classified according to their internal severity as resistant (0 - 1.25), moderately resistant (1.26 - 2.50), moderately susceptible (2.51 - 3.75) and susceptible (3.76 - 5.0). With the data obtained, the respective ANOVA was performed and means were compared with the Scott & Knott test ($P \leq 0.05$). Out of the total of genotypes evaluated, 46.2% were resistant, 30.8% were moderately resistant, 17.9% were moderately susceptible and 5.1% were susceptible.

Résumé

La diversité du cacao est la base fondamentale pour la recherche de la résistance aux maladies importantes comme la moniliose [*Moniliophthora roreri* (MR)]. À la Station Expérimentale “El Choclino” de l’Institut de Cultures Tropicales – ICT à Tarapoto, 39 génotypes de cacao élite de l’ICT des champs de production des provinces de Mariscal Cáceres et Tocache dans le département de San Martín, Pérou, un génotype susceptible EET-400 (contrôle) et un autre résistant ICS-95 (contrôle) ont été inoculés manuellement avec MR, afin de déterminer leur niveau de résistance. Les génotypes sélectionnés sont distribués en blocs tout à fait par hasard (DBCA) avec trois répétitions, chaque génotype est un traitement, et dans chacun d’entre eux on a obtenu trois fruits par pollinisation manuelle avec pollen du génotype IMC-67, après la pollinisation les fruits ont été protégés avec des sacs en plastique jusqu’à l’âge de trois mois. L’inocule de MR a été relevé de fruits en état de tache, lesquels ont été lavés et désinfectés avec hypochlorite de sodium au 2% pendant cinq minutes, puis rincés avec de l’eau distillée stérile, puis coupés en tranches d’un centimètre d’épaisseur ; les rondelles sont placées dans des boîtes Pétri et incubées à température ambiante pour favoriser la sporulation. Les spores sont placées sur des plaques Pétri stériles pour les transporter dans les champs. Les fruits obtenus pour l’inoculation manuelle sont lavés avec de l’eau distillée stérile et puis MR est inoculé dans le centre du fruit par la méthode de l’épingle à une concentration de 10^6 ufc.cc⁻¹, et finalement un coton avec de l’eau est placé dans le sac en plastique pour garder l’humidité. 60 jours après l’inoculation la sévérité externe est évaluée avec une échelle de 0=fruto sain a 5= fruit sporulé. La sévérité interne est mesurée par une échelle de 0= 0% de nécrose et 5 > 80% de nécrose interne; suite aux évaluations les génotypes sont classifiés selon la sévérité interne en : résistants (0 - 1.25), moyennement résistants (1.26 - 2.50), moyennement susceptible (2.51 - 3.75) et susceptible (3.76 - 5.0). Partant des données obtenues on fait le ANVA correspondant et les moyennes sont comparées avec Scott & Knott ($P \leq 0.05$). Du total des génotypes évalués : 46.2% ont été résistants, 30.8% moyennement résistants, 17.9% moyennement susceptibles et 5.1% susceptibles.

SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) DE ALTO RENDIMIENTO Y CON TOLERANCIA A LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO EN EL ECUADOR

Ignacio Sotomayor

Omar Miguel Tarqui Freire

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Resumen

Se ejecutaron tres esquemas de cruzamientos para obtener progenies que permitan la selección de genotipos de cacao con alto rendimiento y tolerantes a las enfermedades. Los parentales se seleccionaron con base a criterios de productividad y sanidad a partir de colecciones vivas disponibles en la EET-Pichilingue y dos antiguas poblaciones híbridas en el mismo sitio (más de 50 años de edad). La primera población de progenies se obtuvo cruzando genotipos Alto amazónicos x Alto amazónicos; la segunda población se obtuvo cruzando genotipos de cacao de tipo Nacional x Alto amazónicos, mientras que la tercera provino del cruce entre genotipos de cacao tipo Nacional x Nacional. Al final se evaluó una población compuesta por 698 genotipos clonales de cacao de plántulas seleccionadas a partir de las poblaciones de progenies derivadas de los esquemas de cruzamientos antes mencionados. La evaluación se condujo en el periodo 2007-2013 apoyándose principalmente en los criterios productividad y reacción frente a las enfermedades. Los resultados permitieron la selección de plántulas híbridas y el desarrollo de al menos un par de clones (INIAPT 384 e INIAP 484) dotados de precocidad, alta productividad y aceptable tolerancia a las enfermedades. Otros se han seleccionado por su valor como parentales para futuros planes de mejoramiento genético porque muestran un bajo nivel de afectación por escoba de bruja (INIAPT 527, INIAPT 560 e INIAPT 526) y Moniliasis (INIAPT 281, INIAPT 527 y INIAPT 554). El clon INIAPT 484 es auto compatible y cuenta con una capacidad rendimiento parecida a la de la variedad comercial CCN 51 en las zonas cacaoteras en que han sido comparados. Sus padres son cacaos silvestres Alto amazónicos y está dotado de un perfil sensorial muy particular. Los planes para entregarlo como una nueva variedad comercial en beneficio del sector cacaotero del Ecuador se encuentran avanzados. El trabajo se cumplió dentro del marco del Convenio técnico-financiero INIAP-USDA/Mars que abarcó el periodo 2002-2013.

Abstract

Three crossing schemes were performed to obtain progenies that allow the selection of high yield and disease tolerant genotypes of cacao. Parents were selected based on productivity and health criteria from living collections available in EET-Pichilingue and two hybrid populations in the same place that were more than 50 years old. The first population of progenies was obtained by crossing Alto Amazon genotypes, the second population was obtained by crossing National and Alto Amazon genotypes and the third was a cross between National genotypes. At the end, a population composed of 698 clonal genotypes of cocoa seedlings selected from populations of progenies derived from the breeding schemes mentioned above was evaluated. The evaluation was conducted in the 2007-2013 period, mainly based on the criteria of productivity and reaction to diseases. The results allowed the selection of hybrid seedlings and the development of at least one pair of clones (INIAPT 384 and INIAP 484) with precocity, high productivity and acceptable tolerance to diseases. Others were selected for their parental value for future breeding plans because they show a low level of affectation by the witches' broom disease (INIAPT 527, INIAPT 560 and INIAPT 526) and Moniliasis (INIAPT 281, INIAPT 527 and INIAPT 554). The INIAPT 484 clone is self-compatible and has a yield capacity which is similar to that of the CCN 51 commercial variety in the cocoa areas where it has been compared. Its parents belong to the Alto Amazon cacao variety and it has a very special sensory profile. The plans to deliver it as a new commercial variety that will benefit the cocoa sector of Ecuador

are well advanced. The research was carried out under the framework of the INIAP-USDA / Mars technical financial agreement during the 2002-2013 period.

Résumé

Trois schémas de croisement ont été exécutés pour obtenir des lignées qui permettent la sélection de génotypes de cacao avec grand rendement et tolérance aux maladies. Les parentales ont été sélectionnés sur la base de critères de productivité et salubrité partant de collections vivantes disponibles à la EET-Pichilingue et deux anciennes populations hybrides du même endroit (plus de 50 ans). La première population de lignée a été obtenue du croisement de génotypes Alto de l'Amazonie x Alto de l'Amazonie ; la deuxième population du croisement de type National x Alto de l'Amazonie, tandis que la troisième venait d'un croisement entre génotypes de cacao type National x type National. A la fin, on a fait l'évaluation d'une population composée de 698 génotypes clonales de cacao de plantules sélectionnées de populations de lignées dérivées des schémas de croisement mentionnés auparavant. L'évaluation a été menée pendant la période 2007-2013 suivant principalement les critères de productivité et de réaction face aux maladies. Les résultats ont permis la sélection de plantules hybrides et le développement d'au moins une paire de clones (INIAPT 384 et INIAP 484) doués de précocité, haute productivité et tolérance acceptable aux maladies. Autres ont été sélectionnés par la valeur comme parentales pour plans futurs d'amélioration génétique car ils manifestent un niveau assez bas d'affectation du balai de sorcière (INIAPT 527, INIAPT 560 et INIAPT 526) et Moniliose (INIAPT 281, INIAPT 527 et INIAPT 554). Le clone INIAPT 484 est auto compatible et compté avec une capacité de rendement similaire à celle de la variété commerciale CCN 51 dans les zones de culture du cacao où elles ont été comparées. Les parents sont cacao sauvage Alto de l'Amazonie et possède un profil sensoriel assez particulier. Le projet de le présenter comme une nouvelle variété commerciale en bénéfice du secteur du cacao en Equateur est très avancé. Le travail a été mené dans le cadre de la Convention technique financière INIAP-USDA/Mars qui a couvert la période 2002-2013.

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON TIMING AND FREQUENCY OF FUNGICIDE APPLICATION FOR THE CONTROL OF PHYTOPHTHORA POD ROT OF CACAO IN NIGERIA

Sunday Agbeniyi

Dr Dele Adeniyi, Mr Tunde Ogundejì

Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

ABSTRACT Cacao production is an important economic activity in growing ecologies of Nigeria. Cacao is prone to many diseases, among which the cacao pod rot caused by *Phytophthora* species is major and resulting into serious economic crop losses if not managed. Thus, effective crop protection strategy is a main factor in cacao production in Nigeria. A situation that warrants regular application of copper-based fungicides during cropping season. There are increasing concerns about the impact of climate change on the efficacy of the fungicides on cacao production. Field trials were conducted in 2014, 2015 and 2016 in Ibadan, Oyo State (Lat. 7.216°N, Long. 3.852°E) and Ajassor, Ikom, Cross River State (Lat. 5.957°N, Long. 8.707°E), Nigeria. The study was conducted by application of Metalaxyl + Copper hydroxide between April and October each year, the selected cacao plots were subjected to three spray application strategies (Alternate monthly-spray, monthly-spray and no spray application). The effect of the climate change on the incidence of *Phytophthora* pod rot was established both in temporal and spatial distribution; pod rot incidence was significantly higher in 2016 in both study locations in unsprayed plots and alternate monthly-spray application strategy. Effect of fungicide application on cacao production was not significant ($P=0.05$) except in pod production at Ibadan in 2015. The effect of environmental factors influencing growth and development of *Phytophthora* pod rot were positively correlated in all the trial locations. **Keywords:** Cacao, *Phytophthora* pod rot, fungicide application, timing, climate change

Résumé

La production de cacao est une activité économique importante dans les écologies grandissantes du Nigeria. Le cacao est sujet à de nombreuses maladies, parmi lesquelles la moniliase du cacao causée par l'espèce *Phytophthora* est importante et entraîne de graves pertes économiques si elle n'est pas gérée. Par conséquent, la stratégie efficace de protection des cultures est un facteur majeur dans la production de cacao au Nigeria. Une situation qui justifie l'application régulière de fongicides à base de cuivre pendant la saison de culture. On s'inquiète de plus en plus de l'impact du changement climatique sur l'efficacité des fongicides dans la production de cacao. Des essais sur le terrain ont été menés en 2014, 2015 et 2016 à Ibadan, dans l'État d'Oyo (7.216°N, Long. 3.852°E) et à Ajassor, Ikom, dans l'État de Cross River (5.957°N, longitude 8.707°E) au Nigeria. L'étude a été réalisée par application de Métalaxyl + hydroxyde de cuivre entre avril et octobre de chaque année, les parcelles de cacao sélectionnées ont été soumises à trois stratégies d'application par pulvérisation (application par pulvérisation un mois oui et un mois non, pulvérisation mensuelle et pulvérisation). L'effet du changement climatique sur l'incidence de la moniliase *Phytophthora* a été établi autant dans la distribution temporaire comme dans l'espace; l'incidence de la moniliase a été significativement plus élevée en 2016 dans les deux sites d'étude dans des parcelles non pulvérisées et dans une stratégie alternative d'application de pulvérisation mensuelle. L'effet de l'application de fongicides sur la production de cacao n'a pas été significatif ($P = 0,05$) sauf dans la production de gousses à Ibadan en 2015. L'effet des facteurs environnementaux qui influencent la croissance et le développement de moniliase de *Phytophthora* s'est positivement corrélé dans tous les endroits d'essai. **Mots clés:** cacao, moniliase *Phytophthora*, application de fongicides, temps, changement climatique.

Resumen

La producción de cacao es una actividad económica importante en las ecologías en crecimiento de Nigeria. El cacao es propenso a muchas enfermedades, entre las cuales la moniliasis del cacao causada por especies de *Phytophthora* es importante y ocasiona serias pérdidas económicas si no se maneja. Por lo tanto, la estrategia efectiva de protección de cultivos es un factor principal en la producción de cacao en Nigeria. Una situación que justifica la aplicación regular de fungicidas a base de cobre durante la temporada de cultivo. Existe una creciente preocupación sobre el impacto del cambio climático en la eficacia de los fungicidas en la producción de cacao. Se llevaron a cabo ensayos de campo en 2014, 2015 y 2016 en Ibadán, estado de Oyo (7.216oN, Long, 3.852oE) y Ajassor, Ikom, estado de Cross River (5.957oN, longitud 8.707oE), Nigeria. El estudio se realizó mediante la aplicación de Metalaxil + hidróxido de cobre entre abril y octubre de cada año, las parcelas de cacao seleccionadas se sometieron a tres estrategias de aplicación por rociado (aplicación por rociado mes de por medio, rociado mensual y rociado). El efecto del cambio climático sobre la incidencia de la moniliasis *Phytophthora* se estableció tanto en la distribución temporal como espacial; la incidencia de la moniliasis fue significativamente mayor en 2016 en ambos lugares de estudio en parcelas no rociadas y en una estrategia alternativa de aplicación por rociado mensual. El efecto de la aplicación de fungicidas en la producción de cacao no fue significativo ($P = 0.05$) excepto en la producción de vainas en Ibadán en 2015. El efecto de los factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de moniliasis *Phytophthora* se correlacionó positivamente en todos los lugares de prueba. Palabras clave: cacao, moniliasis *Phytophthora*, aplicación de fungicidas, tiempo, cambio climático.

REASSESSMENT OF THE TEMPORAL DISTRIBUTION AND DAMAGE OF BATHYCOELIA THALASSINA (HERRICH-SCHAEFFER) ON COCOA IN GHANA

Godfred Awudzi

Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

In Ghana, insecticides are mainly used to control mirids on cocoa. However, field observations in Ghana show that the status of *Bathycoelia thalassina* has changed from minor to key pest status. The present study was conducted to assess the current distribution and damage levels of *B. thalassina* with a view to developing an appropriate strategy for their control. Pest assessment involved visually inspecting *B. thalassina* inhabiting sites on cocoa trees to hand-height and recording their numbers between the hours of 6:30am and 9:00am. Immature but ripped pods, occasionally deformed were characterized as *B. thalassina* damaged pods. Ten farmers' farms were selected in the Ashanti and Eastern regions of Ghana between January 2012 and April 2013. Three experimental plots at the Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG) were also observed from September 2014 to September 2016. *B. thalassina* was present throughout the year in both the farmers' and CRIG plots. Peak population and damage occurred in April to June and again in September. Incidence of *B. thalassina* on hybrid cocoa was significantly higher than on the traditional Amelonado variety on some farmers' farms (p

Résumé

Au Ghana, les insecticides sont principalement utilisés pour contre les punaises dans le cacao. Cependant, les observations sur le terrain au Ghana montrent que l'état de *Bathycoelia thalassina* est passé de statut inférieur au supérieur du fléau. La présente étude a été menée pour évaluer la distribution actuelle et les niveaux de dommages de *B. thalassina* afin de développer une stratégie appropriée pour son contrôle. L'évaluation du fléau consistait à inspecter visuellement les sites de *B. thalassina* qui peuplent les cacaoyers à hauteur des mains et à enregistrer leur nombre entre 6h30 am et 9h00 am. Les gousses immatures mais cassées, parfois déformées, ont été caractérisées comme des gousses endommagées par *B. thalassina* entre janvier 2012 et avril 2013, dix exploitations agricoles ont été sélectionnées dans les régions d'Ashanti et de l'Est du Ghana. Trois parcelles expérimentales ont également été observées à l'Institut de Recherche sur le Cacao du Ghana (CRIG par ses sigles en anglais) depuis septembre 2014 et jusqu'en septembre 2016. *B. thalassina* a été présente tout au long de l'année sur les parcelles des agriculteurs et du CRIG. La population et les dommages maximaux sont survenus d'avril à juin et de nouveau en septembre. L'incidence de *B. thalassina* dans le cacao hybride était significativement plus élevée que dans la variété traditionnelle Amelonado dans certaines exploitations agricoles.

Resumen

En Ghana, los insecticidas se usan principalmente para controlar los chinches en el cacao. Sin embargo, las observaciones de campo en Ghana muestran que la condición de *Bathycoelia thalassina* ha cambiado de menor a mayor estado de plaga. El presente estudio se realizó para evaluar la distribución actual y los niveles de daño de *B. thalassina* con el objetivo de desarrollar una estrategia apropiada para su control. La evaluación de plagas consistió en inspeccionar visualmente los sitios de *B. thalassina* que habitan los árboles de cacao a la altura de las manos y registrar sus números entre las 6:30 a.m. y las 9:00 a.m. Las vainas inmaduras pero rotas, ocasionalmente deformadas, se caracterizaron como vainas dañadas por *B. thalassina*. Se seleccionaron diez granjas de agricultores en las regiones de Ashanti y Este de Ghana

entre enero de 2012 y abril de 2013. También se observaron tres parcelas experimentales en el Instituto de Investigación del Cacao de Ghana (CRIG por sus siglas en inglés) desde septiembre de 2014 hasta septiembre de 2016. *B. thalassina* estuvo presente durante todo el año tanto en las parcelas de los agricultores como en las de CRIG. La población y el daño máximos ocurrieron en abril a junio y nuevamente en septiembre. La incidencia de *B. thalassina* en el cacao híbrido fue significativamente mayor que en la variedad Amelonado tradicional en algunas granjas de agricultores.

FLORISTIC COMPOSITION OF THE COCOA FARMS INFECTED WITH THE COCOA SWOLLEN SHOOT VIRUS (CSSV) IN THE MARAHOUE REGION IN THE WEST CENTRAL OF CÔTE D'IVOIRE

Romain AKA

Bi Tra Aimé Vroh, Kouakou Koffié, Pierre N'Guessan Walet, Klotioloma Coulibaly, Emmanuel Koffi Kassin, Evelyne Assi, Mathias Tahi Gnion, Brigitte Guiraud, Alexis Assiri Assiri, François N'guessan Kouamé, Ismaël Kébé Boubacar, Nazaire Kouassi

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Abstract

This study is part of the project of combatting the swollen shoot in Côte d'Ivoire. Its overall objective is to develop methods of combatting the swollen shoot. Specifically this study aims to know the floristic composition of the infected cocoa farm in order to identify the host range of the cocoa swollen shoot virus in the Ivorian cocoa farms. It started with a floristic survey in the districts of Bouaflé and Sinfra in the Marahoué region. In each district, infected localities were selected and two farms in each locality were chosen. A total of 48 sites were surveyed using the itinerant inventory method. The study of the floristic composition of the cocoa farms infected with the cocoa swollen shoot virus (CSSV) in the Marahoué region in Côte d'Ivoire highlighted the specific richness of infected cocoa farms. With more than 253 species listed. From these species nine are known to host the CSSV. In that according to the studies undertaken in Ghana, Togo and Nigeria the CSSV host range counts about 40 species belonging mainly to Sterculiaceae, Bombacaceae and Malvaceae family. Among the nine species recorded the most prevalent are: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Bombacaceae), *Spondia mombin* L. (Anacardiaceae), *Bombax buonopozense* P. Beauv (Bombacaceae), *Commelina erecta* L. (Commelinaceae) with more than 80 p.c. of a relative frequency. According to some authors these plants known as reservoirs of the virus may be at the origin of the CSSVD in the farms. So it appears essential to extend the floristic inventory to all the cocoa orchard, use reliable techniques' to screening the most common species found in the orchards and undertake studies on the role of host plants in the spread of the disease

Résumé

Cette étude fait partie du projet de lutte contre le virus des tiges enflammées du cacao en Côte d'Ivoire. Son objectif général est celui de développer des méthodes pour combattre le virus des tiges enflammées de cacao. Plus précisément, cette étude a comme objectif de connaître la composition floristique de la ferme de cacao infectée afin d'identifier la gamme d'hôtes du virus des tiges de cacao enflammées dans les cacaoyères de Côte d'Ivoire. Il a commencé par une enquête floristique dans les districts de Bouaflé et Sinfra dans la région de Marahoué. Dans chaque district, se sont sélectionnées des localités infectées et deux fermes ont été choisies dans chaque localité. Au total, 48 sites ont été recensés en utilisant la méthode de l'inventaire itinérant. L'étude de la composition floristique des exploitations de cacao infectées par le virus des tiges enflammées de cacao (CSSV par ses sigles en anglais) dans la région de Marahoué en Côte d'Ivoire a mis en évidence la richesse spécifique des fermes de cacao infectées avec plus de 253 espèces enregistrées. Parmi ces espèces, on sait que neuf d'entre elles hébergent le CSSV. Selon les études menées au Ghana, au Togo et au Nigeria, la gamme d'hébergement du CSSV compte environ 40 espèces appartenant principalement aux familles Sterculiaceae, Bombacaceae et Malvaceae. Parmi les neuf espèces enregistrées, les plus répandues sont: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Bombacaceae), *Spondia mombin* L. (Anacardiaceae), *Bombax buonopozense* P. Beauv (Bombacaceae), *Commelina erecta* L. (Commelinaceae) avec plus de 80 p.c. d'une fréquence relative. Selon certains auteurs, ces plantes connues comme des réservoirs du virus peuvent être à l'origine du CSSVD dans les fermes. Par conséquent, il semble essentiel d'étendre l'inventaire floristique à l'ensemble du verger de cacao, et d'utiliser des techniques fiables pour détecter les espèces les plus usuelles trouvées

dans les vergers et d'entreprendre des études sur le rôle des plantes hôtes dans la propagation de la maladie.

Resumen

Este estudio es parte del proyecto de combatir el virus de tallos inflamados del cacao en Costa de Marfil. Su objetivo general es desarrollar métodos para combatir el virus de tallos inflamados del cacao. Específicamente, este estudio tiene como objetivo conocer la composición florística de la finca de cacao infectada con el fin de identificar el rango del hospedador del virus de tallos inflamados del cacao en las granjas de cacao de Costa de Marfil. Comenzó con una encuesta florística en los distritos de Bouaflé y Sinfra en la región de Marahoué. En cada distrito, se seleccionaron localidades infectadas y se eligieron dos granjas en cada localidad. Un total de 48 sitios fueron encuestados utilizando el método de inventario itinerante. El estudio de la composición florística de las granjas de cacao infectadas con el virus de tallos inflamados de cacao (CSSV por sus siglas en inglés) en la región de Marahoué en Costa de Marfil destacó la riqueza específica de las granjas de cacao infectadas, con más de 253 especies registradas. De estas especies, se sabe que nueve albergan el CSSV. De acuerdo con los estudios realizados en Ghana, Togo y Nigeria, el rango de hospedaje de CSSV cuenta con alrededor de 40 especies pertenecientes principalmente a las familias Sterculiaceae, Bombacaceae y Malvaceae. Entre las nueve especies registradas, las más prevalentes son: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Bombacaceae), *Spondia mombin* L. (Anacardiaceae), *Bombax buonopozense* P. Beauv (Bombacaceae), *Commelina erecta* L. (Commelinaceae) con más de 80 p.c. de una frecuencia relativa. Según algunos autores, estas plantas conocidas como reservorios del virus pueden estar en el origen del CSSVD en las granjas. Por lo tanto, parece esencial extender el inventario florístico a todo el huerto de cacao, utilizar técnicas confiables para detectar las especies más comunes encontradas en los huertos y emprender estudios sobre el papel de las plantas hospedadoras en la propagación de la enfermedad.

SAFE MOVEMENT OF COCOA GERMPLASM

Andrew Daymond

M.J. End, C.J. Turnbull, A.C. Wetten, P. Hadley
University of Reading (UoR)

Abstract

To access sufficient genetic diversity for cocoa breeding it is often necessary to import new genotypes. However, it is vital that such movement takes place within a quarantine framework to avoid introduction of pests and diseases. Safe movement procedures for cocoa germplasm are particularly important given the fact that many pests and pathogens of cocoa are confined to particular geographical regions. The International Cocoa Quarantine Centre at the University of Reading (ICQC,R) is the main hub for global movement of cocoa germplasm. The centre has been in operation since 1985 and has provided germplasm to institutes working on cocoa in over thirty different countries. Rigorous testing procedures include virus indexing through a combination of graft testing and laboratory screening using a suite of PCR primers. Around 400 accessions are currently held within the ICQC,R, with current lists and further information available on the centre's website (www.icgd.reading.ac.uk/icqc/), which has links to the International Cocoa Germplasm Database (ICGD) enabling recipients of material to access associated data. The Technical Guidelines for the Safe Movement of Cacao Germplasm document, based on the original FAO/IPGRI Technical Guidelines, was updated extensively in 2010 by the CacaoNet Safe Movement Working Group to take into account a broader range of pest and disease threats. Subsequent revisions were made in 2014 and 2017. The guidelines serve as a reference point for the cocoa community and include information on the geographical spread of pests and diseases and sub-sections on particular pests and diseases that have been written by experts within those fields. Information within these sections includes physical symptoms, biology of the pathogen or insect pest and recommended quarantine measures. The guidelines have been published on-line and in physical form in English, French and Spanish under the umbrella of CacaoNet and will continue to be updated to incorporate new knowledge as it becomes available.

Résumé

Pour pouvoir accéder à une diversité génétique suffisante de culture de cacao, il faut souvent importer de nouveaux génotypes. Or, il faut que ce mouvement ait lieu dans un cadre de quarantaine afin d'éviter l'introduction d'infestations et de maladies. Les procédures du mouvement sûr pour le germoplasme du cacao sont particulièrement importantes étant donné que beaucoup d'infestations et de pathogènes du cacao sont confinés à des régions géographiques particulières. Le Centre International de Quarantaine du Cacao de l'University of Reading (ICQC, R par ses sigles en anglais) est le principal centre pour le mouvement mondial du germoplasme du cacao. Ce centre est opérationnel depuis 1985 et a fourni du germoplasme à des instituts qui travaillent avec le cacao dans plus de 30 pays. Les procédures rigoureuses des essais comprennent l'indexation du virus à travers une combinaison d'essais de greffe et d'analyses de laboratoire en utilisant l'ensemble d'initiateurs du PCR. À l'heure actuelle, il existe 400 accessions au sein de l'ICQC, R, avec des listes actuelles et avec davantage d'informations disponibles dans le site web du centre (www.icgd.reading.ac.uk/icqc/), qui est reliée à la Base de Données Internationale de Germoplasme de Cacao (ICGD par ses sigles en anglais), permettant aux destinataires du matériel d'accéder aux données associées. Le document des Directrices Techniques pour le Mouvement Sûr du Germoplasme du Cacao, basé sur les Consignes Techniques originales de la FAO / IPGRI, a été amplement mis à jour en 2010 par le CacaoNet Safe Movement Working Group afin de tenir compte d'un échantillon plus ample des menaces d'infestations et de maladies. Les révisions ont été réalisées par la suite en 2014 et 2017. Les directrices servent comme point de référence pour la communauté du cacao et incluent des informations sur la distribution géographique des infestations et des maladies, ainsi que des sous-sections sur les infestations et les

maladies particulières qui ont été décrites par des experts dans ces domaines. L'information qui y est inscrite comprend des symptômes physiques, la biologie du pathogène ou l'infestation d'insectes, et des mesures de quarantaine recommandées. Les consignes ont été publiées en ligne et sous forme imprimée en anglais, en français et en espagnol sous la sponsorship de CacaoNet, et continueront d'être mises à jour afin d'incorporer de nouvelles connaissances au fur et à mesure qu'elles seront disponibles.

Resumen

Para acceder a suficiente diversidad genética para la cría de cacao, a menudo es necesario importar nuevos genotipos. Sin embargo, es vital que tal movimiento tenga lugar dentro de un marco de cuarentena para evitar la introducción de plagas y enfermedades. Los procedimientos de movimiento seguro para el germoplasma de cacao son particularmente importantes dado el hecho de que muchas plagas y patógenos del cacao están confinados a regiones geográficas particulares. El Centro Internacional de Cuarentena de Cacao de University of Reading (ICQC, R por sus siglas en inglés) es el principal centro para el movimiento mundial de germoplasma de cacao. El centro ha estado en operación desde 1985 y ha proporcionado germoplasma a institutos que trabajan con el cacao en más de treinta países diferentes. Los rigurosos procedimientos de prueba incluyen la indexación de virus a través de una combinación de pruebas de injerto y exminación de laboratorio utilizando un conjunto de iniciadores de PCR. Alrededor de 400 accesiones se encuentran actualmente dentro de ICQC, R, con listas actuales y más información disponible en el sitio web del centro (www.icgd.reading.ac.uk/icqc/), que tiene enlaces a la Base de Datos Internacional de Germoplasma de Cacao (ICGD por sus siglas en inglés) permitiendo a los destinatarios del material acceder a los datos asociados. El documento de Directrices Técnicas para el Movimiento Seguro del Germoplasma de Cacao, basado en las Pautas Técnicas originales de la FAO / IPGRI, fue actualizado extensamente en 2010 por el CacaoNet Safe Movement Working Group para tener en cuenta una gama más amplia de amenazas de plagas y enfermedades. Las revisiones posteriores se realizaron en 2014 y 2017. Las directrices sirven como punto de referencia para la comunidad de cacao e incluyen información sobre la distribución geográfica de plagas y enfermedades y subsecciones sobre plagas y enfermedades particulares que han sido escritas por expertos en esos campos. La información dentro de estas secciones incluye síntomas físicos, biología del patógeno o plaga de insectos y medidas de cuarentena recomendadas. Las pautas se han publicado en línea y en forma física en inglés, francés y español bajo el paraguas de CacaoNet y continuarán actualizándose para incorporar nuevos conocimientos a medida que estén disponibles.

MOLECULAR DIVERSITY OF CACAO SWOLLEN SHOOT VIRUS IN NIGERIA

Lelia Dongo

Nomatter Chingandu, Judith K. Brown

Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

Cacao swollen shoot virus (CSSV) is the major viral pathogen affecting cocoa productivity in West Africa, often causing up to 100% yield loss. The lack of attention to studying the genomic variation of viruses associated with CSSV-like disease symptoms in West Africa, despite evidence that new variants or species have emerged that cause severe tree decline, has forestalled advancements in diagnostics to support tree removal/replacement efforts that reduce the inoculum levels and therefore virus spread, and support breeding programs to support development of virus resistant cacao genotypes, badly needed in the region. To characterize the molecular variation of CSSV isolates in Nigeria, forty-nine leaf samples exhibiting CSSV-like disease symptoms were collected from Oyo, Osun and Ondo states. Badnaviruses most closely related to CSSV were detected in 32 of 49 samples, at 65.3%, based on polymerase chain reaction (PCR) amplification of a 577bp region of the viral non-coding intergenic region. Phylogenetic analysis resolved four clades, adding a previously undiscovered clade to CSSV-like badnaviruses. A few isolates, at 29%, were closely related to previously reported isolates from Ghana and Ivory Coast, but none were closely related to isolates from Togo, which so far form a distinct clade. The majority of isolates from Nigeria (71% shared nt identity) grouped with previously unknown CSSV isolates in separate clades, one harboring isolates unique to Nigeria, and the other containing some isolates unique to Nigeria, and those thus far only recently identified in Ghana and Ivory Coast. Results suggest that CSSV genotypes in Nigeria that are like those extant in Cote d'Ivoire and Ghana occur there as a result of germplasm exchange. Overall, the four clades resolved by ML analyses confirm that the CSSV-like badnaviruses that infect cacao in West Africa are more diverse than previously thought. Further, endemic badnaviruses that infect cacao are phylogeographically-distributed in their native plant hosts, and probably have infected cacao shortly after the crop was introduced. The wide range of nucleotide identities, together with the inability of primers to PCR-amplify isolates from all symptomatic samples strongly suggests the presence of additional badnaviruses that cause CSSV-like symptoms in cacao in Nigeria. This discovery highlights the need for a greater understanding of CSSV genomic variability to combat swollen shoot disease of cacao in West Africa. This is the first report this previously unrecognized badnaviral genome in West Africa.

Résumé

Le virus de la tige enflammée du cacao (CSSV par ses sigles en anglais) est le principal pathogène viral qui nuit à la productivité du cacao en Afrique occidentale et qui, souvent, cause des pertes de rendement jusqu'à 100%. Le manque d'attention sur l'étude de la variation génomique des virus associés aux symptômes de la maladie semblables à ceux de la CSSV en Afrique Occidentale, malgré l'évidence de nouvelles variantes ou espèces qui causent une diminution importante de l'arbre, a anticipé des avancées en matière de diagnostics pour soutenir les efforts d'élimination / remplacement des arbres qui réduisent les niveaux de l'inoculation et, par conséquent, la propagation du virus, et soutiennent des programmes d'amélioration génétique pour encourager le développement de génotypes de cacao résistants au virus, très nécessaires dans la région. Afin de caractériser la variation moléculaire des isolés de CSSV au Nigéria, des échantillons de 49 feuilles présentant des symptômes semblables à ceux de la maladie de CSSV ont été pris dans les états d'Oyo, d'Osun y d'Ondo. Les badnavirus les plus étroitement reliés avec le CSSV ont été détectés dans 32 de 49 échantillons, à 65,3% selon l'amplification par réaction en chaîne de la

polymérase (PCR) d'une région de 577 pb de la région. L'analyse phylogénétique a résolu quatre clades et a ajouté un clade non découvert avant les badnavirus du type CSSV. Quelques isolements au 29% étaient étroitement reliés avec des isolements signalés avant au Ghana et en Côte d'Ivoire, mais aucun n'était étroitement relié aux isolements du Togo, qui forment jusqu'à ce jour un clade différent. La plupart des isolements du Nigéria (71% partagent nt identité) regroupés avec des isolements de CSSV inconnus jusqu'à maintenant, en des clades séparés, l'un qui héberge des isolements uniques au Nigéria, et un autre qui contient quelques isolements uniques du Nigéria, et ceux repérés jusqu'à récemment au Ghana et e Côte d'Ivoire. Les résultats suggèrent que les génotypes de CSSV au Nigéria qui sont similaires à ceux qui existent en Côte d'Ivoire et au Ghana sont produits là-bas même comme résultat de l'échange du germoplasme. En général, les quatre clades résolus grâce à l'analyse de ML confirment que les badnavirus similaires aux CSSV qui infectent le cacao en Afrique sont plus diverses que ce que l'on pensait. Qui plus est, les badnavirus endémiques qui infectent le cacao sont distribués phylogéographiquement sur les plantes natives qui agissent comme leurs hôtes, et qui ont probablement infecté le cacao peu après l'introduction de la culture. Le rang large d'identité de nucléotides, ajoutés à l'incapacité des initiateurs pour élargir par PCR les isolements de tous les échantillons symptomatiques suggère fortement la présence de badnavirus supplémentaires à ceux des CSSV du cacao du Nigéria. Cette découverte met en valeur le besoin d'une meilleure compréhension de la variabilité génomique des CSSV pour combattre la maladie du virus de la tige enflammée en Afrique de l'Ouest. Voici le premier rapport de ce génome badnaviral non reconnu précédemment en Afrique de l'Ouest.

Resumen

El virus del tallo inflamado de cacao (CSSV por sus siglas en inglés) es el principal patógeno viral que afecta la productividad del cacao en África occidental, que a menudo causa pérdidas de rendimiento de hasta el 100%. La falta de atención al estudio de la variación genómica de los virus asociados con síntomas de enfermedad parecidos a los de CSSV en África occidental, a pesar de la evidencia de nuevas variantes o especies que causan una disminución severa del árbol, ha anticipado avances en diagnósticos para apoyar los esfuerzos de eliminación/reemplazo de árboles que reducen los niveles de inóculo y, por lo tanto, la propagación del virus, y apoyan programas de mejora genética para apoyar el desarrollo de genotipos de cacao resistentes al virus, muy necesarios en la región. Para caracterizar la variación molecular de los aislados de CSSV en Nigeria, se recogieron muestras de cuarenta y nueve hojas con síntomas de enfermedad parecidos a los de CSSV en los estados de Oyo, Osun y Ondo. Los badnavirus más estrechamente relacionados con el CSSV se detectaron en 32 de 49 muestras, al 65,3%, según la amplificación por reacción en cadena de la polimerasa (PCR) de una región de 577 pb de la región intergénica no codificante viral. El análisis filogenético resolvió cuatro clados y agregó un clado no descubierto previamente a los badnavirus tipo CSSV. Unos pocos aislamientos, en el 29%, estaban estrechamente relacionados con aislados previamente reportados de Ghana y Costa de Marfil, pero ninguno estaba estrechamente relacionado con aislamientos de Togo, que hasta ahora forman un clado distinto. La mayoría de los aislamientos de Nigeria (71% comparten nt identidad) agrupados con aislamientos de CSSV previamente desconocidos en clados separados, uno que alberga aislamientos únicos en Nigeria y el otro que contiene algunos aislamientos únicos de Nigeria, y los que hasta ahora se identificaron recientemente en Ghana y Costa de Marfil. Los resultados sugieren que los genotipos CSSV en Nigeria que son similares a los existentes en Costa de Marfil y Ghana se producen allí como resultado del intercambio de germoplasma. En general, los cuatro clados resueltos mediante análisis de ML confirman que los badnavirus similares al CSSV que infectan el cacao en África occidental son más diversos de lo que se pensaba. Además, los badnavirus endémicos que infectan el cacao se distribuyen filogeográficamente en las plantas nativas que

actúan como sus anfitriones, y probablemente han infectado el cacao poco después de la introducción del cultivo. El amplio rango de identidades de nucleótidos, junto con la incapacidad de los iniciadores para amplificar por PCR los aislamientos de todas las muestras sintomáticas, sugiere fuertemente la presencia de badnavirus adicionales que causan síntomas similares a los de CSSV en el cacao en Nigeria. Este descubrimiento destaca la necesidad de una mayor comprensión de la variabilidad genómica de CSSV para combatir la enfermedad del virus del tallo inflamado de cacao en África Occidental. Este es el primer informe de este genoma badnaviral no reconocido anteriormente en África Occidental.

CHARACTERIZATION OF PHYTOPHTHORA, ETIOLOGICAL AGENT OF COCOA BLACK POD DISEASE IN CUBA AND FRENCH GUIANA

Yurelkys Fernández Maura
University of Guantánamo

Abstract

Black pod is one of the major like-fungal diseases of *Theobroma cacao* in all its cultivation areas. It is caused by several species of *Phytophthora*. In Latin America, the etiological agents of the black pod disease are more likely diverse and, in a taxonomic perspective, incompletely known, especially in small producing countries, such as Cuba and French Guiana. In the present work, we studied two sets of *Phytophthora* strains isolated from diseased pods and originating from Cuba and French Guiana, combining morphological, biological and molecular approaches to identify the species involved. Phylogenetic analyses were performed based on DNA sequence data from three loci, ribosomal internal transcribed spacer, partial β -tubulin and translation elongation factor-1 α genes. Two species were identified in Cuba, viz. *P. palmivora* and *P. tropicalis*, and two species in French Guiana, viz. *P. tropicalis* / *capsici* complex and a potential novel *Phytophthora* sp. In Cuba, *P. palmivora* was by far the dominant species (98% of the isolates) and the strains studied belonged to the Mating Type A2 (88 out of 90 isolates). In French Guiana, *P. tropicalis* / *capsici* complex was the dominant species in our sampling (7 out of 8 isolates). Keywords: *Phytophthora*, cocoa, internal transcribed spacer, Translation elongation factor 1 α , β -Tubulin.

Résumé

La cosse noire est l'une des principales maladies fongiques du cacao *Theobroma* dans toutes les zones de culture. Elle est causée par plusieurs espèces de *Phytophthora*. En Amérique Latine, les agents étiologiques de la maladie de la cosse noire sont plus divers et, du point de vue taxonomique, ils ne sont pas tous connus, notamment dans le cas des petits pays producteurs tels que Cuba et La Guyane Française. Dans ce travail, nous étudions deux ensembles de souches de *Phytophthora* isolées des gosses malades et originaires de Cuba et de Guyane Française, en combinant des approches morphologiques, biologiques et moléculaires pour identifier les espèces impliquées. Les analyses phylogénétiques ont été réalisées en se basant sur les données de la séquence d'ADN de trois endroits, le tandem transcrit interne ribosomique, la β -tubuline partielle et les gènes de facteur d'élongation de traduction-1 α . Deux espèces ont été repérées à Cuba, dont *P. palmivora* et *P. tropicalis*, et deux à la Guyane Française, à savoir le Complexe *P. tropicalis* / *capsici* et une particulièrement novatrice, *Phytophthora* sp. À Cuba, *P. palmivora* a été l'espèce dominante avec une grande différence (98% d'isolements) et les souches appartenaient au Type d'Assemblage A2 (88 isolements sur 90). En Guyane Française, le complexe *P. tropicalis* / *capsici* a été l'espèce la plus dominante dans notre échantillonnage (7 isolements sur 8). Mots clé : *Phytophthora*, cacao, tandem transcrit interne ribosomique, facteur d'élongation de traduction 1 α , β -tubuline.

Resumen

La vaina negra es una de las principales enfermedades fúngicas de *Theobroma cacao* en todas sus áreas de cultivo. Es causado por varias especies de *Phytophthora*. En América Latina, los agentes etiológicos de la enfermedad de la vaina negra son más diversos y, en una perspectiva taxonómica, no se conocen completamente, especialmente en los países productores pequeños, como Cuba y la Guayana Francesa. En el presente trabajo, estudiamos dos conjuntos de cepas de *Phytophthora* aisladas de vainas enfermas y originarias de Cuba y Guayana Francesa, combinando

enfoques morfológicos, biológicos y moleculares para identificar las especies involucradas. Los análisis filogenéticos se realizaron basándose en los datos de la secuencia de ADN de tres lugares, espaciador transcrito interno ribosómico, β -tubulina parcial y genes de factor de elongación de traducción-1 α . Dos especies fueron identificadas en Cuba, a saber. *P. palmivora* y *P. tropicalis*, y dos especies en la Guayana Francesa, a saber. Complejo *P. tropicalis* / *capsici* y una potencialmente novedosa *Phytophthora* sp. En Cuba, *P. palmivora* fue con diferencia la especie dominante (98% aislamientos) y las cepas estudiadas pertenecían al Tipo de Apareamiento A2 (88 de 90 aislamientos). En la Guayana Francesa, el complejo *P. tropicalis* / *capsici* fue la especie dominante en nuestro muestreo (7 de 8 aislamientos). Palabras clave: *Phytophthora*, cacao, espaciador interno transcrito, factor de elongación de traducción 1 α , β -tubulina.

THE IMPACT OF TRICHODERMA ASPERELLUM SOIL TREATMENTS ON PHYTOPHTHORA MEGAKARYA, THE CAUSAL AGENT OF BLACK POD ROT OF CACAO IN CAMEROON

Gerben ten Hoopen

M. Ndoungue, S. Petchayo Tigang, Z. Techou, C. Nembot, D. Fontem

Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Abstract

Many *Phytophthora* species have a soil borne phase in their natural life cycles even though disease expression often occurs on aerial plant parts. In Cameroon, black pod rot of cacao (*Theobroma cacao* L.), is caused by *P. megakarya*. Primary inoculum of *P. megakarya* is located in the soil and with the onset of the rainy season, through rain splash, cacao pods become infected. From there the repeated cycles of pod infection and sporulation are at the origin of losses that can reach up to 80% when no control measures are in place. Thus, if this soil borne inoculum could be eliminated or prevented from reaching cacao pods, losses from black pod could be reduced considerably. In Cameroon, successful biological control of black pod rot has been obtained with the use of *Trichoderma asperellum* PR11 applications directed at cacao pods. The objective of this project therefore, was to investigate the possibility of using *T. asperellum* PR11 in soil applications in order to reduce primary inoculum and/or reduce black pod disease incidence due to *P. megakarya*. The study was undertaken in a farmer's field near Nkolbisson, Centre region of Cameroon. *Trichoderma asperellum* PR11 was applied on a monthly basis over two consecutive production seasons. A water only and a fungicide, Ridomil Gold 66 WP (6 % metalaxyl-M & 60 % CuO) treatment were used as controls. Weekly data collection consisted of counting all healthy and diseased pods. Soil samples were taken at the onset and end of the experiment to determine primary inoculum levels in the soil. For each treatment, six replicate plots each containing 16 cocoa trees were used. The absolute number of rotten pods and percentage pod rot was lower for *T. asperellum* treated plots when compared with the water control yet higher than the fungicide control, albeit these differences were not significant. There was however, a significant difference between treatments with regard to disease progression over time. Moreover, *T. asperellum* treatments were very efficient in reducing the amount of primary inoculum in the soil, even more so than the fungicide treatment. Given that *T. asperellum* applications directed at cacao pods have shown efficiency in controlling black pod rot, the use of soil applications of *T. asperellum*, which slows disease progression and reduces soil inoculum, should therefore lead to additive effects when both control strategies are employed simultaneously.

Résumé

Grand nombre d'espèces de *Phytophthora* ont une phase transmise par le sol dans ses cycles de vie naturels, quoique l'expression de la maladie ait lieu le plus souvent dans les parties aériennes de la plante. Au Cameroun, la maladie de la cosse noire du cacao (*Theobroma cacao* L.) est causée par *P. megakarya*. L'inoculation primaire de *P. megakarya* se trouve dans le sol et, au début de la saison humide, lorsque la pluie tombe, les cosses du cacao s'infectent. À partir de ce moment, les cycles répétés d'infection et d'sporulation de la cosse sont à l'origine de pertes qui peuvent atteindre jusqu'à 80% si les mesures de contrôle n'ont pas été établies. Par conséquent, si lors de l'inoculation produite par le sol l'on pouvait éviter qu'elle arrive aux cosses du cacao, les pertes par cosse noire pourraient se voir réduites considérablement. Au Cameroun un contrôle biologique de la cosse noire a été réussi en appliquant du *Trichoderma asperellum* PR11 sur les cosses du cacao. L'objectif de ce projet était donc de réduire l'inoculation primaire et/ou de réduire l'incidence de la maladie de la cosse noire grâce à la *P. megakarya*. L'étude est menée sur le terroir d'un agriculteur près de Nkolbisson, une région du centre du Cameroun. Une application de *Trichoderma asperellum* PR11 a été réalisée chaque mois pendant deux saisons de production

consécutives. Un traitement d'eau et de fongicide, Ridomil Gold 66 WP (6% metalaxil-M et 60% CuO) a été utilisé pour les contrôles. La récolte hebdomadaire de données a consisté à compter toutes les cosses saines et les cosses malades. Des échantillons du sol au début et à la fin de l'expérience ont été pris afin de déterminer les niveaux de l'inoculation primaire au sol. Pour chaque traitement, six parcelles répliquées qui contenaient 16 arbres de cacao ont été utilisées. Le nombre absolu de cosses pourries et le pourcentage de mono analyses a été inférieur pour les parcelles traitées au *T. asperellum* par rapport au contrôle de l'eau, mais plus important que le contrôle du fongicide, bien que ces différences n'aient pas été significatives. Cela dit, il y a eu une différence significative entre les traitements par rapport à la progression de la maladie au fil du temps. En outre, les traitements avec *T. asperellum* ont été très efficaces au moment de vouloir réduire la quantité d'inoculation primaire au sol, même plus que le traitement avec le fongicide. Étant donné que les applications de *T. asperellum* sur les cosses de cacao ont démontré leur efficacité pour contrôler la maladie de la cosse noire, l'utilisation de *T. asperellum* sur le sol, qui ralentit la progression de la maladie et réduit l'inoculation au sol devrait produire des effets additifs lorsque l'on met en œuvre les deux stratégies de contrôle simultanément.

Resumen

Muchas especies de *Phytophthora* tienen una fase transmitida por el suelo en sus ciclos de vida naturales, aunque la expresión de la enfermedad a menudo ocurre en partes aéreas de la planta. En Camerún, la enfermedad de la vaina negra del cacao (*Theobroma cacao* L.) es causada por *P. megakarya*. El inóculo primario de *P. megakarya* se encuentra en el suelo y con el inicio de la estación lluviosa, al salpicar la lluvia, las vainas de cacao se infectan. A partir de ahí, los ciclos repetidos de infección y esporulación de la vaina están en el origen de pérdidas que pueden alcanzar hasta 80% cuando no hay medidas de control establecidas. Por lo tanto, si este inóculo transmitido por el suelo pudiera eliminarse o evitarse que llegue a las vainas de cacao, las pérdidas de la vaina negra podrían reducirse considerablemente. En Camerún, se ha obtenido un control biológico exitoso de la enfermedad de la vaina negra con el uso de aplicaciones de *Trichoderma asperellum* PR11 dirigidas a las vainas de cacao. El objetivo de este proyecto, por lo tanto, era investigar la posibilidad de utilizar *T. asperellum* PR11 en aplicaciones de suelo con el fin de reducir el inóculo primario y/o reducir la incidencia de la enfermedad de la vaina negra debido a *P. megakarya*. El estudio se llevó a cabo en el campo de un agricultor cerca de Nkolbisson, región del centro de Camerún. Se aplicó *Trichoderma asperellum* PR11 mensualmente durante dos temporadas de producción consecutivas. Un tratamiento de solo agua y un fungicida, Ridomil Gold 66 WP (6% metalaxil-M y 60% CuO) se utilizaron como controles. La recolección semanal de datos consistió en contar todas las vainas sanas y enfermas. Se tomaron muestras de suelo al inicio y al final del experimento para determinar los niveles de inóculo primario en el suelo. Para cada tratamiento, se usaron seis parcelas replicadas que contenían 16 árboles de cacao. El número absoluto de vainas podridas y el porcentaje de moniliasis fue menor para las parcelas tratadas con *T. asperellum* en comparación con el control de agua, pero mayor que el control de fungicida, aunque estas diferencias no fueron significativas. Sin embargo, hubo una diferencia significativa entre los tratamientos con respecto a la progresión de la enfermedad a lo largo del tiempo. Además, los tratamientos con *T. asperellum* fueron muy eficientes para reducir la cantidad de inóculo primario en el suelo, incluso más que el tratamiento fungicida. Dado que las aplicaciones de *T. asperellum* dirigidas a las vainas de cacao han demostrado su eficacia para controlar la enfermedad de la vaina negra, el uso de *T. asperellum* en el suelo, que lentifica la progresión de la enfermedad y reduce el inóculo del suelo, debería entonces producir efectos aditivos cuando se emplean ambas estrategias de control simultáneamente.

MODELLING THE TEMPORAL EVOLUTION OF COCOA BLACK POD DISEASE CAUSED BY PHYTOPHTHORA MEGAKARYA

Christian Nembot

Patrice Takam, Ambang Zachée

Faculty of Science University of Yaoundé 1, Cameroon - CIRAD, France

Abstract

Cacao (*Theobroma cacao* L.), is one of the most important tropical perennial cash crops worldwide. However, cacao production is severely impacted by diseases and account for losses estimated at around 30% of total yield worldwide. Cacao black pod rot, due to several *Phytophthora* spp., is the most important disease globally and the main cacao disease in Africa, responsible for yield losses up to 50-80% in the absence of control measures. In Cameroon, cacao black pod rot due to *Phytophthora megakarya* can even be responsible for losses up to 80-90%. Understanding diseases epidemics allows slowing or even stopping disease outbreaks by means of identification of adequate management strategies. This will ultimately help ensure sustainable cacao production. One way to improve the understanding of plant disease epidemics and the factors governing their spatio-temporal dynamics is mathematical modelling. It is well known that mathematical modelling allows better understanding of the mechanisms behind epidemics as well as help in identifying gaps in our knowledge. Although black pod rot of cacao is of major concern and much attention has been dedicated to it, there are still many questions regarding the factors that govern the disease dynamics. For instance the relative importance of the two different sources of inoculum (primary and secondary) and spore dispersal dynamics are not well understood. In an attempt to provide answers to these questions, a temporal mathematical model has been developed based on empirical data from and expert knowledge on cacao black pod epidemics. The model allows simulating and predicting disease outbreaks in a cacao plot and will enable us to identify control levers and sustainable management strategies. The general aim of this modelling study is to investigate different scenarios of epidemic evolution in order to highlight determinant factors on which management strategies could be build. To achieve this, we analyze the epidemiological model and follow the evolution of primary and secondary inoculum according to model parameters and pod maturity. Our analysis highlight two threshold parameters that drive all possible dynamics of the system. We also provide several simulations to illustrate our results and discuss their implications in terms of control.

Résumé

Le cacao (*Theobroma cacao* L.) est l'une des cultures commerciales pérennes tropicales les plus importantes du monde. Et pourtant, la production du cacao est gravement affectée par des maladies et représente des pertes estimées à 30% de la production totale dans le monde entier. La maladie de la cosse noire du cacao, due à plusieurs *Phytophthora* spp., est la maladie la plus importante au niveau mondial et la principale maladie du cacao en Afrique, responsable de pertes de rendement de 50-80% en l'absence de mesures de contrôle. Au Cameroun, la maladie de la cosse noire du cacao cause par la *Phytophthora megakarya* peut être même responsable de pertes de 80-90%. Le fait de comprendre les épidémies des différentes maladies permet de ralentir, voire d'arrêter les accès d'épidémies grâce le repérage de stratégies de gestion adéquates. Ceci aidera finalement à assurer la production durable du cacao. Une façon d'améliorer la compréhension des épidémies de maladies des plantes et les facteurs qui régissent leur dynamique spatiale et temporelle est le modelage mathématique. Il est connu de tous que le modelage mathématique permet une meilleure compréhension des mécanismes derrière les épidémies et aide à repérer des vides dans nos connaissances. Bien que la maladie de la cosse noire représente un souci important et qu'elle fasse l'objet de beaucoup

d'attention, on se pose encore des questions par rapport aux facteurs qui gouvernent la dynamique de la maladie. Par exemple, l'importance relative des deux sources différentes de l'inoculation (primaire et secondaire) et la dynamique de dispersion de spores n'est pas bien connue. Dans un effort de fournir des réponses à toutes ces questions, un modèle mathématique temporel basé sur des données empiriques et les connaissances d'un expert en matière d'épidémies de cosses noires du cacao a été développé. Le modèle permet de simuler et de prévoir les accès de maladies dans une parcelle de cacao et nous permettra également de repérer des leviers de contrôle et des stratégies de gestion durable. L'objectif général de cette étude de modélisation est de faire des recherches sur différents scénarios d'évolution épidémique afin de mettre en valeur les facteurs déterminants sur les stratégies de gestion que l'on pourrait mettre en place. Pour ce faire, nous analysons le modèle épidémiologique et nous faisons un suivi de l'évolution de l'inoculation primaire et secondaire selon les paramètres du modèle et de la maturité de la cosse. Notre analyse met en valeur deux paramètres seuil qui encouragent toutes les dynamiques possibles du système. Nous fournissons également plusieurs simulations pour illustrer nos résultats et discuter leurs implications dans des termes de contrôle.

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos comerciales perennes tropicales más importantes del mundo. Sin embargo, la producción de cacao se ve severamente afectada por enfermedades y representa pérdidas estimadas en alrededor del 30% del rendimiento total en todo el mundo. La enfermedad de la vaina negra del cacao, debido a varias *Phytophthora* spp., es la enfermedad más importante a nivel mundial y la principal enfermedad del cacao en África, responsable de pérdidas de rendimiento de hasta 50-80% en ausencia de medidas de control. En Camerún, la enfermedad de la vaina negra del cacao debido a *Phytophthora megakarya* puede incluso ser responsable de pérdidas de hasta 80-90%. Comprender las epidemias de enfermedades permite identificar o incluso detener los brotes de enfermedades mediante la identificación de estrategias de gestión adecuadas. Esto finalmente ayudará a asegurar la producción sostenible de cacao. Una forma de mejorar la comprensión de las epidemias de enfermedades de las plantas y los factores que rigen su dinámica espacio-temporal es el modelado matemático. Es bien sabido que el modelado matemático permite una mejor comprensión de los mecanismos detrás de las epidemias y ayuda a identificar vacíos en nuestro conocimiento. Aunque la enfermedad de la vaina negra del cacao es una preocupación importante y se le ha dedicado mucha atención, todavía hay muchas preguntas con respecto a los factores que gobiernan la dinámica de la enfermedad. Por ejemplo, la importancia relativa de las dos fuentes diferentes de inóculo (primaria y secundaria) y la dinámica de dispersión de esporas no se conocen bien. En un intento de proporcionar respuestas a estas preguntas, se ha desarrollado un modelo matemático temporal basado en datos empíricos y conocimiento experto sobre epidemias de vainas negras de cacao. El modelo permite simular y predecir brotes de enfermedades en una parcela de cacao y nos permitirá identificar palancas de control y estrategias de gestión sostenible. El objetivo general de este estudio de modelización es investigar diferentes escenarios de evolución epidémica para destacar los factores determinantes sobre cuáles estrategias de manejo se podrían construir. Para lograr esto, analizamos el modelo epidemiológico y seguimos la evolución del inóculo primario y secundario de acuerdo con los parámetros del modelo y la madurez de la vaina. Nuestro análisis resalta dos parámetros umbral que impulsan todas las dinámicas posibles del sistema. También proporcionamos varias simulaciones para ilustrar nuestros resultados y discutir sus implicaciones en términos de control.

VARIABLE DETECTION POTENTIAL OF SOME NEWLY DESIGNED PCR PRIMERS ON GHANAIAN CSSV ISOLATES

George Ameyaw
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Variable detection potential of some newly designed PCR primers on Ghanaian CSSV isolates George A. Ameyaw¹, Nomatter Chingandu², O. Domfeh¹, H.K. Dzahini-Obiatey¹, Osman A. Gutierrez³, and Judith K. Brown² ¹Cocoa Research Institute of Ghana, NewTafo-Akim, Ghana, ²School of Plant Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA, ³USDA-ARS Subtropical Horticultural Research Station, Miami, FL 33158 USA. Abstract The Cacao swollen shoot virus (CSSV) is endemic in Ghana and other cocoa-producing countries in West Africa. The virus has a long latent phase and so infected cocoa plants might inadvertently be considered healthy and used in breeding programmes. Efficient diagnostic tools are therefore needed to complement ongoing resistance breeding research and strain diversity studies on the virus. Development of reliable PCR CSSV-specific and degenerate primer pairs that can detect all known isolates have been the focus of current molecular research on the virus. The objective of this study funded under the USDA Borlaug programme, was to validate and improve on the detection efficiency and reliability of some newly designed CSSV primer pairs (ten different pairs) on Ghanaian isolates across the cocoa growing regions. Results from the PCR screening indicated variable detection potential of the primers ranging from 25% to 34% efficiencies, across 81 isolates collected from various parts of Ghana. Phylogenetic analyses of the sequenced PCR products indicated that all samples grouped into three major geographical groups (Ghana, Togo and Ivory Coast), albeit, with some outliers. Sequence demarcation tool (SDT) analyses of the RT-RNase H region suggested the existence of several species of CSSV among the analyzed samples, based on the 80% similarity species cut-off imposed by ICTV. The majority (60%) of the samples belonged to isolates previously described as group B across the three geographical locations. Two Ghanaian Western region isolates collected from *Theobroma cacao* from the current epicentre of the virus (Asankragwa and Boako cocoa areas) were genetically distinct (had SDT values ranging between 72 and 78 %) from previously known and described isolates. These two isolates might represent more virulent variants that underlie the resistance breaking in previously tolerant cocoa hybrids in the Western region, and may be among the potentially more fit 'isolates' spreading the pandemic. The results presented here confirm genetic variability among CSSV isolates in Ghana and indicate that it is essential to determine complete genome sequences of the virus in the various regions and design regional or group-specific primers that will detect all new variants.

Résumé

Le Virus des Tiges Enflammées du Cacao (CSSV pour ses sigles en anglais) est endémique au Ghana et dans d'autres produits producteurs de cacao en Afrique de l'Ouest. Le virus a une longue phase latente et, par conséquent, les plantes de cacao infectées pourraient être considérées inoffensives et saines, et être utilisées dans les programmes de reproduction. Des outils de diagnostic efficaces s'avèrent donc nécessaires afin de compléter la recherche d'amélioration de résistance en cours et les études de diversité des souches du virus. Le développement de paires d'initiateurs de réaction en chaîne de polymérase (PCR pour ses sigles en anglais) spécifiques pour CSSV et dégénérés de PCR fiables pouvant détecter tous les isolements connus, a été le centre de la recherche moléculaire actuelle sur le virus. L'objectif de cette étude financée par le programme Borlaug de l'USDA a été de valider et d'améliorer l'efficacité de la détection et la fiabilité de certaines paires d'initiateurs de CSSV créés récemment (dix paires différentes) dans des isolements du Ghana dans toutes les régions productrices de cacao. Les résultats de l'évaluation de la part de la PCR ont établi un potentiel de détection variable des initiateurs oscillant entre 25% et 34% d'efficacité sur 81 isolements recueillis dans plusieurs endroits au

Ghana. Les analyses phylogénétiques des produits de la PCR séquencées ont montré que tous les échantillons se sont regroupés sur trois groupes géographiques principaux (Ghana, Togo et Côte d'Ivoire), bien qu'avec quelques valeurs atypiques. L'analyse de l'outil de démarcation de la séquence (SDT pour ses sigles en anglais) de la région RT-RNasa H a suggéré l'existence de plusieurs espèces de CSSV parmi les échantillons analysés, en se basant sur la coupe de 80% de similitude des espèces imposée par l'ICTV. La plupart (60%) des échantillons appartenaient à des isolaments décrits au préalable comme le groupe B dans les trois sites géographiques. Deux isolaments de la région occidentale du Ghana recueillis de cacao *Theobroma* de l'épicentre actuel du virus (zones productrices de cacao Asankragwa et Boako) étaient génétiquement différents (ils avaient des valeurs de SDT qui variaient entre 72 et 78%) des isolés connus et décrits au préalable. Ces deux isolaments pourraient représenter des variantes plus virulentes qui sont à la base de la rupture de la résistance parmi les hybrides de cacao autrefois tolérants dans la région occidentale, et peuvent se trouver parmi les « isolés » potentiellement plus aptes à propager la pandémie. Les résultats que nous présentons ici confirment la variabilité génétique parmi les isolaments de CSSV au Ghana, et indiquent qu'il est essentiel de déterminer les séquences complètes du génome du virus dans différentes régions du pays, et créer des initiateurs régionaux ou spécifiques du groupe qui décèleront les nouvelles variantes.

Resumen

El Virus de Tallos Inflamados de Cacao (CSSV por sus siglas en inglés) es endémico en Ghana y otros países productores de cacao en África Occidental. El virus tiene una larga fase latente y, por lo tanto, las plantas de cacao infectadas podrían considerarse inocuamente saludables y usarse en programas de reproducción. Por lo tanto, se necesitan herramientas de diagnóstico eficientes para complementar la investigación de mejora de resistencia en curso y los estudios de diversidad de cepas en el virus. El desarrollo de pares de iniciadores de reacción en cadena de polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) específicos para CSSV y degenerados de PCR confiables que pueden detectar todos los aislamientos conocidos ha sido el foco de la investigación molecular actual sobre el virus. El objetivo de este estudio financiado por el programa Borlaug del USDA fue validar y mejorar la eficacia de detección y la confiabilidad de algunos pares de iniciadores de CSSV recientemente diseñados (diez pares diferentes) en aislamientos de Ghana en todas las regiones productoras de cacao. Los resultados de la examinación de la PCR indicaron un potencial de detección variable de los iniciadores que oscila entre el 25% y el 34% de eficacia, en 81 aislamientos recogidos en varias partes de Ghana. Los análisis filogenéticos de los productos de la PCR secuenciados indicaron que todas las muestras se agruparon en tres grupos geográficos principales (Ghana, Togo y Costa de Marfil), aunque con algunos valores atípicos. El análisis de la herramienta de demarcación de secuencia (SDT por sus siglas en inglés) de la región RT-RNasa H sugirió la existencia de varias especies de CSSV entre las muestras analizadas, basándose en el corte de 80% de similitud de especies impuesto por el ICTV. La mayoría (60%) de las muestras pertenecían a aislamientos previamente descritos como grupo B en las tres ubicaciones geográficas. Dos aislamientos de la región occidental de Ghana recolectados de *Theobroma cacao* del epicentro actual del virus (áreas productoras de cacao Asankragwa y Boako) eran genéticamente distintos (tenían valores de SDT que varían entre 72 y 78%) de aislados previamente conocidos y descritos. Estos dos aislamientos podrían representar variantes más virulentas que subyacen a la ruptura de resistencia en los híbridos de cacao previamente tolerantes en la región occidental, y pueden estar entre los 'aislados' potencialmente más aptos que propagan la pandemia. Los resultados presentados aquí confirman la variabilidad genética entre los aislamientos de CSSV en Ghana e indican que es esencial determinar las secuencias completas del genoma del virus en las diversas regiones y diseñar iniciadores regionales o específicos de grupo que detectarán todas las nuevas variantes.

INFECTIVITY OF CLONED CSS-ASSOCIATED BADNAVIRAL GENOMES IN NICOTIANA BENTHAMIANA AND T. CACAO SEEDLINGS

Judith Brown
N. Chingandu, O.A. Gutierrez
University of Arizona (UA)

Abstract

Cacao swollen shoot disease (CSSD) of *Theobroma cacao* (cacao) is caused by a group of four or more badnavirus species in West Africa. Among the four known species, Cacao swollen shoot virus (CSSV) is the most widespread when compared to Cacao swollen shoot Togo A virus, Cacao swollen shoot IC virus, and a newly described species from Ghana and Cote d'Ivoire, Cacao red vein virus (CRVV). Trees affected by the CSSV-badnavirus complex exhibit similar foliar symptoms, and shoot-swelling, reduced pod yield, and death. Recently (ca. 2000) a particularly severe disease phenotype has been associated with trees that initially show characteristic disease symptoms, followed by rapid decline and death within 1-2 yrs post-infection. Whether the rapid decline phenotype is related to infection by a particular species or strain, or is due to the response of certain cacao genotypes (clones) to virus infection, is not known. And, the newly described species, Cacao red vein virus, has been detected in Ghana and Cote d'Ivoire, where rapid decline has been observed. To investigate causality and associate viral genomic variability with symptom phenotype, and fulfill Koch's postulates, the full-length genome of CSSV of ~7200 base pairs (bp), isolate G75 from Ghana, was molecularly cloned, excised from the plasmid vector by restriction digestion, and circularized using DNA ligase. The circular, dsDNA genome was mixed with sterilized 10 mM sodium-phosphate buffer, pH 8.0, containing 0.5 % celite, and used to mechanically inoculate *Nicotiana benthamiana* L. seedlings (12 plants, 3-5 leaf stage). Three of 12 plants developed symptoms 20-d post-inoculation (dpi). No symptoms were observed on buffer (mock)-inoculated, negative control seedlings. Total DNA was isolated from symptomatic plants 30-dpi and used as template for PCR amplification with CSSV-P4 primers. An amplicon of the expected size, 1100 bp, was cloned and subjected to DNA sequencing. Sequence comparisons indicated that the amplicons shared 88-99 % nt identity with the cloned CSSV G75 genome used as the source of viral inoculum. These results indicated that the cloned CSSV isolate G75 was biologically active and infectious in *N. benthamiana* plants by mechanical transmission. Experiments are underway to test infectivity for additional cloned, CSS-associated CRVV (isolates G67 and R275 from Ghana and Ivory Coast, respectively), using different inoculation methods and *N. benthamiana* and *T. cacao* seedlings, the latter, to fulfill Koch's

Résumé

La maladie du Swollen Shoot (CSSD pour son sigle en anglais) de la tige de *Theobroma cacao* (cacao) est causée par un groupe de quatre ou plusieurs espèces de badnavirus en Afrique de l'Ouest. Parmi les quatre espèces connues, le virus du Swollen Shoot (CSSV pour faire court) est le plus répandu par rapport au virus du Swollen Shoot Togo A, le virus swollen shoot IC et une espèce récemment décrite au Ghana et en Côte d'Ivoire, le virus de la veine rouge du Cacao (CRVV). Les arbres affectés par le complexe de badnavirus du CSSV présentent des symptômes foliaires similaires, une inflammation des pousses, une réduction de la cosse et la mort. Récemment (vers 2000), un phénotype de la maladie particulièrement grave a été associé à des arbres qui montrent d'abord les symptômes caractéristiques de la maladie, suivie d'une baisse rapide et la mort de 1 à 2 ans après l'infection. On ne sait pas si le déclin rapide du phénotype est lié à l'infection par une espèce ou d'une souche particulière, ou en raison de la réponse de certains génotypes de cacao (clones) à l'infection par le virus. Et l'espèce récemment décrite, le virus de la veine rouge du Cacao, a été détectée au Ghana et en Côte d'Ivoire, où un déclin rapide a été observé.

Pour étudier la causalité associée à la variabilité génomique virale phénotype symptomatique et pour remplir les postulats de Koch, le génome complet de CSSV d'environ 7200 paires de bases (pb), l'isolement G75 du Ghana a été cloné moléculairement, il s'est scindé du vecteur plasmide par digestion de restriction et il a circularisé en utilisant l'ADN ligase. Le génome ADNdb a été mélangé avec un tampon de phosphate de sodium 10 mM stérilisé, pH 8,0, contenant de la célite à 0,5%, et utilisé pour inoculer mécaniquement les plants de *Nicotiana benthamiana* L. (12 plantes, phase 3 -5 feuilles). Trois plantes sur 12 ont présenté des symptômes 20 jours après l'inoculation (ddi). Aucun symptôme n'a été observé chez les plantules témoins négatifs inoculés avec du tampon (fictive). L'ADN total a été isolé à partir de plantes symptomatiques à 30 ddi et utilisé comme matrice pour l'amplification par PCR avec des amorces CSSV-P4. Un amplicon de la taille attendue, 1100 pb, a été cloné et soumis à un séquençage d'ADN. Les comparaisons de séquences ont indiqué que les amplicons ont partagé une identité de 88 à 99% avec le génome du clone nt CSSV G75 utilisé comme source d'inoculum viral. Ces résultats indiquent que l'isolement du clone G75 CSSV est biologiquement actif et infectieux dans les plantes *N. benthamiana* par transmission mécanique. On mène en ce moment des expériences pour tester l'infectivité du clone CRVV supplémentaire associé à CSS (isolats G67 et R275 Ghana et Côte-d'Ivoire, respectivement), en utilisant différentes méthodes d'inoculation et des plants *benthamiana* N. et *T. cacao*, ce dernier pour respecter les exigences de Koch.

Resumen

La enfermedad del tallo inflamado del cacao (CSSD por sus siglas en inglés) de *Theobroma cacao* (cacao) es causada por un grupo de cuatro o más especies de badnavirus en África occidental. Entre las cuatro especies conocidas, el virus del tallo inflamado del cacao (CSSV por sus siglas en inglés) es el más extendido en comparación con el virus del tallo inflamado del cacao Togo A, el virus del tallo inflamado del cacao IC y una especie recientemente descrita de Ghana y Costa de Marfil, el virus de la vena roja de Cacao (CRVV por sus siglas en inglés). Los árboles afectados por el complejo de badnavirus CSSV exhiben síntomas foliares similares, inflamación de los brotes, reducción del rendimiento de la vaina y muerte. Recientemente (alrededor del año 2000), un fenotipo de enfermedad particularmente grave se ha asociado con árboles que inicialmente muestran síntomas característicos de la enfermedad, seguidos de un rápido declive y muerte de 1-2 años después de la infección. No se sabe si la disminución rápida del fenotipo está relacionada con la infección por una especie o cepa en particular, o se debe a la respuesta de ciertos genotipos de cacao (clones) a la infección por virus. Y, la especie recientemente descrita, el virus de la vena roja del Cacao, se ha detectado en Ghana y Costa de Marfil, donde se ha observado un rápido declive. Para investigar la causalidad y asociar la variabilidad genómica viral con el fenotipo sintomático, y cumplir los postulados de Koch, el genoma completo de CSSV de ~ 7200 pares de bases (pb), aislamiento G75 de Ghana, se clonó molecularmente, escindió del vector plásmido por digestión de restricción y circularizó usando ADN ligasa. El genoma de dsADN circular se mezcló con amortiguador de fosfato de sodio 10 mM esterilizado, pH 8,0, que contenía celite al 0,5%, y se usó para inocular mecánicamente plántulas de *Nicotiana benthamiana* L. (12 plantas, etapa de 3-5 hojas). Tres de 12 plantas desarrollaron síntomas 20 días después de la inoculación (ddi). No se observaron síntomas en las plántulas de control negativo inoculadas con amortiguador (simulacro). El ADN total se aisló de plantas sintomáticas a 30 ddi y se usó como molde para la amplificación por PCR con iniciadores CSSV-P4. Se clonó un amplicón del tamaño esperado, 1100 pb, y se sometió a secuenciación de ADN. Las comparaciones de secuencias indicaron que los amplicones compartían 88-99% de identidad nt con el genoma de CSSV G75 clonado utilizado como fuente de inóculo viral. Estos resultados indicaron que el aislamiento G75 de CSSV clonado era biológicamente activo e infeccioso en plantas de *N. benthamiana* por transmisión mecánica. Se están

realizando experimentos para probar la infectividad de CRVV clonado adicional asociado a CSS (aislamientos G67 y R275 de Ghana y Costa de Marfil, respectivamente), utilizando diferentes métodos de inoculación y plántulas de *N. benthamiana* y *T. cacao*, este último para cumplir con los requisitos de Koch.

RAPID AND COST EFFECTIVE 'ON-SITE' DETECTION OF CACAO SWOLLEN-SHOOT VIRUS (CSSV)

Jacqueline Barnett

JM.Barnett, R.Luxton, J.Kiely, V.Mfegue, E.Budansky, M.Gilmour, J.Allainguillaume

University of the West of England (UWE)

Abstract

The UK chocolate industry is worth >£4 billion per year and demand is ever increasing. Most of the cocoa beans imported and consumed in the UK come from West Africa, where Cacao Swollen Shoot Virus disease (CSSV) has been identified as the main disease threat to productivity. Currently infected trees are identified by observation of characteristic leaf changes eg. red-vein banding and chlorosis and or the presence of swollen stems and roots. However it can take months to years for these symptoms to appear, during which time the infection is spread by the mealybug insect vector *Pseudococcidae* to surrounding trees. Immunoassays developed to detect CSSV in infected leaves have not proved to be sensitive enough due to the high background interaction with plant material. Current laboratory tests available to confirm CSSV infection involve detection of CSSV v DNA using polymerase chain reaction (PCR) technology (Dzahini-Obiatey, 2010 and Oro et al., 2012) this can currently only be performed in a laboratory by specialist staff. The work presented is the strategy and progress of a multidisciplinary project that aims to develop a unique biosensor system for detection of pre-symptomatic CSSV, that is applicable as a field-based system. This will be achieved by developing an inexpensive novel assay system and integrated hand-held device for the detection of a CSSV encoded protein. The sensor is based on the novel arrangement of layers of porous materials through which the sample and reagents will flow. The basis of the assay is a novel immobilised binding reagent and a highly efficient reporter system. This is a platform technology with a range of possible adaptations and this is the first of many possible applications across the agri-food, environmental and biomedical fields. The assay developed will be validated in collaboration with the local branch of WCF Ghana-CocoaAction a private-public sector initiative.

Résumé

L'industrie du chocolat du Royaume Uni vaut > £ 4 milliards par an et la demande et chaque fois plus importante. La plupart des graines de cacao importées et consommées au Royaume Uni provient d'Afrique occidentale, où la maladie du virus des tiges enflammées du cacao (CSSV par ses sigles en anglais) a été repérée comme la maladie principale qui menace la productivité. Les arbres actuellement infectés sont repérés à travers l'observation de changements caractéristiques sur les feuilles, par exemple, des anneaux de veines rouges, chlorose et/ou la présence de tiges et de racines enflammées. Cependant des mois et des années peuvent s'écouler avant l'apparition de ses symptômes pendant lesquels l'infection se propage à travers l'insecte vecteur *Pseudococcidae* aux arbres qui les entourent. Les essais d'immunité développés pour détecter la CSSV dans les feuilles infectées n'ont pas été assez sensibles à cause de l'interaction préalable élevée avec le matériel végétal. Les preuves de laboratoire actuellement disponibles pour confirmer l'infection par CSSV implique la détection de CSSV avec ADN en utilisant la technologie de réaction en chaîne de la polymérase (Dzahini-Obiatey, 2010 et Oro et al., 2012) ; actuellement ceci ne peut être réalisé que dans un laboratoire par du personnel spécialisé. Le présent travail présente la stratégie et le progrès d'un projet multidisciplinaire qui a comme objectif de développer un système biocapteur unique pour la détection de CSSV pré-symptomatique applicable comme un système de terrain. Ceci est possible en développant un nouveau système d'essai économique et un dispositif de main intégré à travers la détection d'une protéine codifiée de CSSV. Le capteur se base sur la disposition novatrice de couches de matériaux poreux à travers lesquels passeront l'échantillon et les réactifs. La base de l'essai et un nouveau réactif d'union immobilisé et un système informateur hautement efficace. Il s'agit d'une technologie de

plateforme avec une gamme de possibles adaptations et c'est la première de beaucoup d'applications possibles dans les domaines agroalimentaire, environnemental et biomédical. L'essai développé sera validé en collaboration avec la succursale locale de WCF Ghana-Cocoa Action, une initiative du secteur public privée.

Resumen

La industria del chocolate del Reino Unido vale > £ 4 mil millones por año y la demanda es cada vez mayor. La mayoría de los granos de cacao importados y consumidos en el Reino Unido provienen de África occidental, donde la enfermedad del virus de tallos inflamados del cacao (CSSV por sus siglas en inglés) ha sido identificada como la principal enfermedad que amenaza la productividad. Los árboles actualmente infectados se identifican mediante la observación de cambios característicos en las hojas, por ejemplo, anillos de venas rojas y clorosis y/o la presencia de tallos y raíces hinchados. Sin embargo, pueden pasar meses o años para que estos síntomas aparezcan, durante los cuales la infección se propaga a través del insecto vector *Pseudococcidae* a los árboles circundantes. Los inmunoensayos desarrollados para detectar CSSV en hojas infectadas no han demostrado ser lo suficientemente sensibles debido a la alta interacción previa con el material vegetal. Las pruebas de laboratorio actuales disponibles para confirmar la infección por CSSV implican la detección de CSSV con ADN utilizando tecnología de reacción en cadena de la polimerasa (Dzahini-Obiatey, 2010 y Oro et al., 2012); actualmente solo puede realizarse en un laboratorio por personal especializado. El presente trabajo es la estrategia y el progreso de un proyecto multidisciplinario que tiene como objetivo desarrollar un sistema biosensor único para la detección de CSSV presintomático, que es aplicable como un sistema de campo. Esto se logrará desarrollando un novedoso sistema de ensayo económico y un dispositivo de mano integrado para la detección de una proteína codificada de CSSV. El sensor se basa en la novedosa disposición de capas de materiales porosos a través de los cuales fluirán la muestra y los reagentes. La base del ensayo es un nuevo reactivo de unión inmovilizado y un sistema informador altamente eficiente. Esta es una tecnología de plataforma con una gama de posibles adaptaciones y esta es la primera de muchas aplicaciones posibles en los campos agroalimentario, ambiental y biomédico. El ensayo desarrollado se validará en colaboración con la sucursal local de WCF Ghana-CocoaAction, una iniciativa del sector público privado.

BIOASSAY-GUIDED SEARCH FOR CACAO DEFENSE METABOLITES AGAINST *Phytophthora* spp.

Benjamin Knollenberg
Siela Maximova, Mark Gultinan
Pennsylvania State University(PSU)

Abstract

Disease pressure by pathogens in the genus *Phytophthora* is a major limitation to cacao production worldwide, affecting the livelihoods of millions of smallholder farmers. In order to develop cacao varieties with increased resistance to *Phytophthora* spp., it would be beneficial to breeders to understand the mechanisms by which cacao defends itself against these pathogens. Previous efforts to identify resistance mechanisms have focused on QLT mapping and transcriptomics. While these techniques are powerful, they may overlook some resistance mechanisms at the metabolomics level. There is a notoriously low correlation between transcription, protein abundance, and metabolite accumulation. To address this and to complement existing knowledge gained from transcriptomics experiments, we are employing a bioassay-guided approach to identify cacao metabolites with a defensive function against *Phytophthora* spp. We are employing thin-layer chromatography – direct bioautography (TLC-DB) assays to identify bioactive cacao metabolite fractions with anti-*Phytophthora* activity, followed by liquid chromatography – tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) analysis of bioactive fractions to identify defense metabolites. We hope that this approach will reveal novel defense mechanisms previously overlooked by other analytical approaches, giving breeders new targets to assist in development of resistant cacao varieties.

Résumé

La pression de la maladie causée par des pathogènes dans le genre *Phytophthora* est une contrainte importante pour la production de cacao dans le monde entier, qui affecte les moyens de subsistance de millions de petits agriculteurs. Afin de développer des variétés de cacao plus résistantes à la *Phytophthora* spp. les améliorants devraient comprendre les mécanismes à travers lesquels le cacao se protège contre ces pathogènes. Les efforts précédents pour identifier les mécanismes de résistance se sont basés sur la cartographie QLT et la transcriptomique. Bien que ces techniques soient puissantes, elles peuvent rater certains mécanismes de résistance au niveau de la métabolomique. Il existe une corrélation assez basse entre la transcription, l'abondance des protéines et l'accumulation de métabolites. Dans le but d'aborder ceci et pour compléter la connaissance existante obtenue lors des expériences transcriptomiques, nous utilisons une approche guidée par bio-essais afin d'identifier des métabolites de cacao avec une fonction défensive contre la *Phytophthora* spp. Nous utilisons des essais de chromatographie à couche fine bioautographie directe (TLC-DB par ses sigles en anglais) afin d'identifier des fractions de métabolites bioactifs de cacao avec une activité anti-*Phytophthora*, suivie de chromatographie liquide – analyse d'espectrométrie des masses en tandem (LC-MS/MS par ses sigles en anglais) de fractions bioactives pour identifier des métabolites de défense. Nous espérons que cette approche révélera de nouveaux mécanismes de défense que d'autres approches analytiques ont manqué, conférant aux améliorants de nouveaux objectifs pour favoriser le développement de variétés résistantes de cacao.

Resumen

La presión de la enfermedad causada por patógenos en el género *Phytophthora* es una limitación importante para la producción de cacao en todo el mundo, que afecta a los medios de subsistencia de millones de pequeños agricultores. Para desarrollar variedades de cacao con mayor resistencia a *Phytophthora* spp., sería beneficioso para los mejoradores entender los mecanismos por los cuales el cacao se defiende contra estos patógenos. Los esfuerzos anteriores para identificar los mecanismos de resistencia se han centrado en el mapeo QLT y la transcriptómica. Si bien estas técnicas son poderosas, pueden pasar por alto algunos mecanismos de resistencia a nivel de metabolómica. Existe una correlación notoriamente baja entre la transcripción, la abundancia de proteínas y la acumulación de metabolitos. Para abordar esto y para complementar el conocimiento existente obtenido de los experimentos transcriptómicos, estamos empleando un enfoque guiado por bioensayos para identificar metabolitos de cacao con una función defensiva contra *Phytophthora* spp. Estamos empleando ensayos de cromatografía de capa fina - bioautografía directa (TLC-DB por sus siglas en inglés) para identificar fracciones de metabolitos bioactivos de cacao con actividad anti-*Phytophthora*, seguida de cromatografía líquida - análisis de espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS por sus siglas en inglés) de fracciones bioactivas para identificar metabolitos de defensa. Esperamos que este enfoque revele mecanismos de defensa novedosos que otros enfoques analíticos hayan pasado por alto, otorgando a los mejoradores nuevos objetivos para ayudar al desarrollo de variedades de cacao resistentes.

MONITORING PEST AND DISEASES UNDER DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS IN A LONG-TERM TRIAL IN BOLIVIA

Laura Armengot

Joachim Milz, Judith Riedel, Monika Schneider
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

Abstract

Pest and diseases might strongly affect cacao production. Agroforestry systems are thought to have higher pod losses due to diseases compared with monocultures due to for instance higher air humidity and less aeration. The aim of this study is to compare the incidence of pest and diseases in different cacao production systems. The study was performed in 2016 in a long-term trial established in Bolivia in 2008 (www.systems-comparison.fibl.org). Five different systems are compared, i.e., monoculture and agroforestry systems under organic and conventional management and one successional agroforestry system with organic management. Frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*), one of the most important fungal diseases in the study area, was monitored every two weeks during the harvesting season, from April to October. All the infected pods by frosty pod rot were registered, and were cut to avoid the spread of the spores. The stage of the disease as well as the size of the infested pods were recorded. At harvest, the incidence of other pest and diseases at pod level, was registered. Harvest was done regularly every two weeks. The results show a very low percentage of pods affected by pests and diseases, about 10% in all the systems. Frosty pod rot was the most important disease, i.e., about 70% of the infested pods were affected by it. Approximately 80% of the pods diseased by frosty pod rot were cut before they entered the sporulation stage and most of them (70%) had a size between 7 and 15 cm. Witches broom (*Moniliophthora perniciosa*) was the second most important disease, and it was followed by black pod (*Phytophthora*) and pods eaten by birds or mammals. The incidence of the mirid (*Monalonion disimulatum*), which was quite high in the study area some years ago was almost negligible. The relative total number of pods affected by pests and diseases did not differ between production systems. The same results were found for the pods affected by frosty pod rot, which means that the more humid microclimatic conditions of the agroforestry systems are not promoting its spread and the sporulation of the spores. In the successional agroforestry systems there were more pods eaten by birds or small mammals, which indicates that this system supports the presence of these animals. In conclusion, good management practices (well-pruned cacao and shade trees), and especially a regular and early control of pests and diseases are essential to prevent high pod losses.

Résumé

Les infestations et les maladies peuvent affecter fortement la production du cacao. L'on pense que les systèmes agro-forestiers ont plus de pertes de cosses à cause des maladies en comparaison des autres monocultures en raison d'une meilleure quantité d'eau et une aération insuffisante. L'objectif de cette étude est de comparer l'incidence d'infestations et de maladies dans différents systèmes de production de cacao. L'étude a été réalisée en 2016 dans un essai à long terme établi en Bolivie en 2008 (www.systems-comparison.fibl.org). Cinq systèmes différents sont comparés, c'est-à-dire, des systèmes de monoculture et d'agrosylviculture sous traitement organique et conventionnel et un système agro-forestier de successional sous traitement organique. La moniliase (*Moniliophthora roreri*), l'une des maladies fongiques les plus importantes dans le domaine d'étude, a été surveillée toutes les deux semaines pendant la saison de la récolte, d'avril à octobre. Toutes les cosses infectées ont été évaluées par moniliase et ont été coupées pour éviter la dissémination des spores. L'étape de la maladie a été inscrite ainsi que la taille des cosses infestées. Lors de la cueillette, l'incidence d'autres infestations et d'autres maladies de la cosse ont été enregistrées. La cueillette avait lieu régulièrement toutes

les deux semaines. Les résultats montrent un pourcentage très bas de cosses affectées par des infestations et des maladies, à savoir, 10% environ dans tous les systèmes. La moniliase s'est avérée être la maladie la plus importante, c'est-à-dire, 70% environ des cosses infectées en ont été touchées. Presque 80% des cosses malades par moniliase ont été coupées avant l'étape de sporulation et la plupart d'entre elles (70%) mesurait 7 – 15 cm. Le balai de sorcière (*Moniliophthora perniciosa*) a été la deuxième maladie la plus importante, suivie de la cosse noire (*Phytophthora*) et les cosses mangées par les oiseaux ou les mammifères. L'incidence de la punaise (*Monalonion disimulatum*), qui était assez élevée dans le domaine de l'étude il y a quelques années était presque inexistante. Le nombre total relatif de cosses affectées par des infestations et des maladies n'a pas changé entre les systèmes de production. Les mêmes résultats ont été trouvés pour les cosses de affectées par la moniliase, ce qui signifie que les conditions microclimatiques les plus humides des systèmes agroforestiers ne promeuvent pas leur propagation et la sporulation des spores. Dans les systèmes agroforestiers successionnels il y a eu plus de cosses rongées par les oiseaux ou de petits mammifères, ce qui indique que ce système est compatible avec la présence de ces animaux. En conclusion, les bonnes pratiques du traitement (cacao bien taillé et arbres d'ombre), et notamment un contrôle régulier et précoce d'infestations et de maladies, sont essentielles pour prévenir des pertes élevées de cosses.

Resumen

Las plagas y enfermedades pueden afectar fuertemente la producción de cacao. Se cree que los sistemas agroforestales tienen mayores pérdidas de vainas debido a enfermedades en comparación con los monocultivos debido, por ejemplo, a una mayor humedad del aire y menor aireación. El objetivo de este estudio es comparar la incidencia de plagas y enfermedades en diferentes sistemas de producción de cacao. El estudio se realizó en 2016 en un ensayo a largo plazo establecido en Bolivia en 2008 (www.systems-comparison.fibl.org). Se comparan cinco sistemas diferentes, es decir, sistemas de monocultivo y agrosilvicultura bajo manejo orgánico y convencional y un sistema agroforestal sucesional con manejo orgánico. La moniliasis (*Moniliophthora roreri*), una de las enfermedades fúngicas más importantes en el área de estudio, se monitoreó cada dos semanas durante la temporada de cosecha, de abril a octubre. Se registraron todas las vainas infectadas por moniliasis y se cortaron para evitar la diseminación de las esporas. Se registró la etapa de la enfermedad y el tamaño de las vainas infestadas. En la cosecha, se registró la incidencia de otras plagas y enfermedades a nivel de la vaina. La cosecha se hacía regularmente cada dos semanas. Los resultados muestran un porcentaje muy bajo de vainas afectadas por plagas y enfermedades, alrededor del 10% en todos los sistemas. La moniliasis fue la enfermedad más importante, es decir, alrededor del 70% de las vainas infestadas se vieron afectadas por ella. Aproximadamente el 80% de las vainas enfermas por moniliasis se cortaron antes de que iniciaran la etapa de esporulación y la mayoría de ellas (70%) tenían un tamaño entre 7 y 15 cm. La escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) fue la segunda enfermedad más importante, y fue seguida por la vaina negra (*Phytophthora*) y las vainas comidas por aves o mamíferos. La incidencia del chinche (*Monalonion disimulatum*), que era bastante alta en el área de estudio hace algunos años, era casi insignificante. El número total relativo de vainas afectadas por plagas y enfermedades no difirió entre los sistemas de producción. Los mismos resultados se encontraron para las vainas afectadas por la moniliasis, lo que significa que las condiciones microclimáticas más húmedas de los sistemas agroforestales no están promoviendo su propagación y la esporulación de las esporas. En los sistemas agroforestales sucesionales hubo más vainas comidas por aves o pequeños mamíferos, lo que indica que este sistema es compatible con la presencia de estos animales. En conclusión, las buenas prácticas de manejo (cacao bien podado y árboles de sombra), y especialmente un control regular y temprano de plagas y enfermedades, son esenciales para prevenir pérdidas altas de vainas.

ACTUALISATION DES DONNEES DE PERTES DE RECOLTE DUES A LA POURRITURE BRUNE DES CABOSSES DANS LE VERGER CACAOYER DE COTE D'IVOIRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Klotioloma Coulibaly

I.B. Kébé, A.A. Romain, J. Mpika, E. Kassin, M.G. Tahi, W.P. N'Guessan, S.B. Guiraud, M. Assi, B. Koné, D. Koné, K.F. N'Guessan

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Résumé

La pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora* spp., est l'affection la plus répandue et la plus importante dans la cacaoculture ivoirienne. Toutefois, les niveaux de pertes de production liés à cette affection sont mal connus. Pour déterminer avec exactitude le niveau de cette affection dans les zones où des pertes anormales de production ont été signalées, des observations ont été menées dans des cacaoyères des régions du Sud Bandama, Moyen Comoé, Haut Sassandra, Bas Sassandra, Sud Comoé et du Moyen Cavally. Dans cette optique, des observations épidémiques au champ ont été réalisées dans 54 plantations paysannes choisies dans 9 localités situées dans 6 principales régions productrices de cacao. Chacune des parcelles d'observation contenait 100 arbres repartis au hasard dans chaque cacaoyère. Dans chaque parcelle, les cabosses saines mûres, atteintes de pourriture brune, de pourriture noire, les cabosses rongées ainsi que les jeunes chérelles «wiltées» ont été dénombrées de façon bihebdomadaire pendant deux ans. Il ressort des résultats obtenus que les pertes de production dues à la pourriture brune varient selon les régions. Les pertes de production sont plus élevées dans le moyen Cavally avec un taux de 45 à 55 % comparativement aux régions du Sud-Bandama (6-11 %), du Moyen Comoé (24-29 %), du Haut Sassandra (21-24 %), du Bas Sassandra (8-27 %) et du Sud Comoé (22-37 %). L'évolution épidémiologique dans ces régions a montré que les attaques de la pourriture brune ne se manifestent qu'au cours de la période pluvieuse. La phase épidémique dans le Moyen Cavally s'est distinguée des cinq autres régions par son intensité et sa durée. Les résultats de cette étude basée sur la répartition de l'incidence et l'évolution épidémiologique de la pourriture brune des cabosses dans les principales régions de cacaoculture constituent des outils importants de décision dans l'élaboration d'une stratégie de lutte efficace contre cette affection.

Abstract

Brown pod rot caused by *Phytophthora* spp. is the most widespread and important disease in Ivorian cocoa farming. However, levels of production losses related to this condition are poorly understood. To accurately determine the level of this disease in areas where abnormal production losses have been reported, observations were made in cocoa farms in South Bandama, Mid Comoé, High Sassandra, Bas Sassandra, Sud Comoé and Mid Cavally regions. From this perspective, epidemic field observations were made in 54 selected farmer plantations in 9 localities located in 6 main cocoa producing areas. Each of the observation plots contained 100 trees randomly distributed in each cocoa farm. In each plot, ripe healthy pods with brown rot, black rot, gnawed pods and "wilted" young sprouts were enumerated biweekly for two years. The results show that production losses due to brown rot vary by region. Production losses are higher in the Mid-Cavally region, at a rate of 45 to 55%, as compared to the regions of South Bandama (6-11%), Mid Comoé (24-29%), High Sassandra (21-24%). %, Lower Sassandra (8-27%) and South Comoé (22-37%). The epidemiological evolution in these areas has shown that brown rot attacks occur only during the rainy season. The epidemic phase in Mid Cavally was distinguished from the other five regions by its intensity and duration. The results of this study, based on the incidence distribution and epidemiological evolution of brown pod rot in major cocoa growing areas, are important decision-making tools in the development of an effective control strategy for this disease.

Resumen

La podredumbre marrón causada por la *Phytophthora* spp. es la enfermedad más generalizada y significativa en las plantaciones de cacao de Costa de Marfil. Sin embargo, los niveles de pérdidas de producción relacionadas con esta enfermedad son poco conocidas. Para determinar con precisión el nivel de esta enfermedad en las zonas donde se han reportado niveles anormales de pérdidas, se llevaron a cabo observaciones en las plantaciones de cacao en las siguientes regiones: Sur de Bandama, Comoé Medio, Alto Sassandra, Bajo Sassandra, Sur Comoé y Medio Cavally. Desde esta perspectiva se hicieron observaciones de campo de epidemia en 54 plantaciones de agricultores seleccionados en 9 localidades situadas en 6 zonas productoras principales de cacao. Cada una de las 100 parcelas de observación contenían árboles distribuidos al azar en cada finca cacaotera. En cada lote se enumeraron mazorcas maduras, sanas, con la podredumbre parda, podredumbre negra, vainas roídas y brotes jóvenes "marchitos" se enumeraron cada dos semanas durante dos años. Los resultados muestran que las pérdidas a causa de la fitóftora o podredumbre parda varían según la región. Las pérdidas de producción son más altas en la región del Cavally, a una tasa de 45 a 55%, en comparación con las regiones del sur de Bandama (6-11%), Medio Comoé (24-29%), alto Sassandra (21-24 %), Baja Sassandra (8-27%) y Sur Comoé (22-37%). La evolución epidemiológica en estas zonas demuestra que los ataques de podredumbre parda se producen únicamente durante la temporada de lluvias. La etapa de epidemia en el Medio Cavally se distinguía de las otras cinco regiones por su intensidad y duración. Los resultados de este estudio, basados en la distribución de la incidencia y la evolución epidemiológica de la enfermedad por fitóftora en las principales zonas de cultivo del cacao, son herramientas importantes para la toma de decisiones en el desarrollo de una estrategia de control eficaz para esta enfermedad.

THEMATIC 4: CLIMATE CHANGE

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL CACAO EN BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO (bh-PM) Y BOSQUE HÚMEDO TROPICAL (bh-T) INFLUENCIADO POR EL FENÓMENO DEL NIÑO

Isabel Urueta Cortes

Edna Ivonne Leiva-Rojas, Ramiro Ramirez Pisco

Universidad Nacional de Colombia

Resumen

La producción promedio de cacao en Colombia presenta rendimientos inferiores a los 500 kg por hectárea al año, dado los bajos niveles de tecnología en el manejo agronómico del cultivo, en donde, una de las principales limitantes se encuentra en el desconocimiento del comportamiento de la fenología del cacao, es de resaltar que el crecimiento y desarrollo dependen de las condiciones climáticas, edáficas y de los requerimientos nutricionales. Sin embargo los estudios indican que la alternancia del crecimiento en el trópico es influenciada por las condiciones meteorológicas, en la actualidad los fenómenos de cambio en el patrón de lluvias y temperaturas, han demostrado que son los factores de mayor efecto en el ciclo productivo del cacao. La humedad relativa y la radiación pueden modificar el comportamiento fisiológico de los cultivos. Se estudió el crecimiento y desarrollo del cultivo de cacao en bh-PM y bh-T, se registraron variables meteorológicas contrastantes en precipitación, temperatura, humedad relativa entre otros, que fueron relacionadas con las variables fisiológicas, durante los años 2015 y 2016. La caracterización climática permitió identificar que en estos periodos se presentó fenómeno del niño, confirmado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Las variables reproductivas, floración, frutos de 0 a 2 meses, 2 a 4 meses, > 4 meses, frutos secos y el estado de crecimiento vegetativo, registrados mensualmente evidenciaron que el fenómeno del niño, seguido por un periodo con incremento en la precipitación afectaron estas variables, generando la alteración en el periodo vegetativo y disminución en la producción. Palabras clave: producción, cacao, fenómeno niño, crecimiento

Abstract

The average production of cocoa in Colombia yields less than 500 kg per hectare per year, given the low levels of technology in the agronomic management of the crop. One of the main challenges is the lack of knowledge about the phenology of cocoa. It is noteworthy that its growth and development depend on climatic and edaphic conditions as well as nutritional requirements. However, studies indicate that the alternation of growth in the tropics is influenced by weather conditions. Currently, the changing patterns of rainfall and temperature have shown to be the most influential factors in the cocoa productive cycle. Relative humidity and radiation can modify the physiological behavior of crops. The growth and development of the cocoa crop in the premontane wet forest and in the tropical wet forest were studied. Meteorological variables such as precipitation, temperature and relative humidity among others were registered and then they were related to physiological variables during 2015 and 2016. Climatic characterization determined that during these periods El Niño phenomenon was actually experienced, as confirmed by the Colombian Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM). Reproductive variables, flowering, 0 to 2 month-fruits, 2 to 4 month-fruits, > 4 month-old fruits, nuts and the state of vegetative growth registered monthly showed that El Niño phenomenon, followed by a period of increased rains, affected these variables, altering the vegetative period and decreasing the production. Keywords: production, cocoa, El Niño phenomenon, growth

Résumé

La production moyenne de cacao en Colombie présente des rendements annuels inférieurs à 500 kg par hectare, compte tenu du bas niveau technologique dans la gestion agronomique des cultures. Une des principales contraintes est due à la méconnaissance du comportement de la phénologie du cacao. Il faut souligner que la croissance et le développement dépendent des conditions climatiques, édaphiques, ainsi que des besoins nutritionnels. Cependant, les études indiquent que l'alternance de la croissance dans le tropique est influencée par les conditions météorologiques. À présent, les phénomènes de changement dans le modèle des pluies et des températures ont démontré que ceux-ci sont les facteurs qui exercent le plus grand impact dans le cycle productif du cacao. L'humidité relative et la radiation peuvent modifier le comportement physiologique des cultures. On a étudié la croissance et le développement de la culture du café en bh-PM et bh-T; des variables météorologiques présentant des contrastes en termes de pluviosité, température, humidité relative, entre autres, ont été enregistrées, et mises en rapport avec les variables physiologiques dans la période comprise entre 2015 et 2016. La caractérisation climatique a permis d'identifier que dans cette période le phénomène d'El Niño était présent, une donnée confirmée par l'IDEAM (Institut d'hydrologie, météorologie et études de l'environnement). Les variables reproductives (floraison, fruits de 0 à 2 mois, 2 à 4 mois, > 4 mois, fruits secs) et l'état de croissance végétative enregistrés mensuellement, ont montré que le phénomène El Niño, suivi d'une période d'augmentation de la pluviosité ont affecté ces variables, en produisant une altération dans la période végétative et une diminution de la production. Mots clés: production, cacao, phénomène El Niño, croissance.

RECIPROCAL EFFECTS OF SOIL MOISTURE DYNAMICS AND LAND-USE SYSTEMS WITH CACAO IN ALTO BENI, BOLIVIA

Wiebke Niether

Laura Armengot, Noah Adamtey, Monika Schneider, Gerhard Gerold
University of Goettingen

Abstract

Soil moisture is a function of topography, soil texture, vegetation and meteorological conditions and therefore highly spatial and temporal variable. Vegetation reduces evaporation from the soil but takes up water for production and transpiration. Vice versa, vegetation is affected by water availability. In many agricultural systems, especially in the tropics with distinct dry seasons, water availability limits production. Cacao production relies on a stable humid and warm climate. Drought causes a reduction in yield and long-term drought affects the vitality of the trees. Land-use systems with cacao range from monocultures to highly diverse agroforestry systems. Agroforestry systems have higher water needs for the dense vegetation than monocultures, but little information is available on belowground complementarity or competition for water. We measured pedohydrological characteristics and soil moisture dynamics in four depths over a 30-months period in six different land-use systems, comprising cacao monocultures, cacao agroforestry systems and a fallow without cacao in a long-term trial in Bolivia. By excluding the influence of topography and soil texture, we could relate the spatial variability to the land-use system. In monocultures, soil moisture was reduced in the upper 30 cm, implying less plant available water in the main cacao rooting zone in monocultures compared to agroforestry systems. In turn, agroforestry systems exploited water deeper along the profile, indicating a complementarity in water use between the cacao and the shade trees. On the other hand, soil texture and water retention capacity influenced the plant available water. In our case, the cacao yield of the same type of production system was not affected by the soil heterogeneity. Additionally, we assessed the soil moisture and plant available water in a natural regrowth (fallow) of the same age as the cacao plantations. The regrowth had a high naturally developed stem density and a high canopy with low canopy openness. Soil moisture was lower over the whole profile than in the cacao production system, indicating a high water use of the fast growing pioneer species which dominated the stand in comparison to the slow growing cacao and to the multipurpose tree species in the agroforestry systems.

Résumé

L'humidité du sol est une fonction de la topographie, de la texture du sol, de la végétation et des conditions météorologiques, et est donc une variable hautement spatiale et temporelle. La végétation réduit l'évaporation du sol, mais absorbe l'eau pour la production et la transpiration. Vice versa, la végétation est affectée par la disponibilité de l'eau. Dans de nombreux systèmes agricoles, en particulier dans les tropiques avec des saisons sèches définies, la disponibilité de l'eau limite la production. La production de cacao dépend d'un climat stable et humide. La sécheresse entraîne une réduction du rendement et la sécheresse, à long terme, affecte la vitalité des arbres. Les systèmes d'utilisation de la terre avec du cacao vont des monocultures jusqu'aux systèmes agroforestiers très divers. Les systèmes agroforestiers ont de plus grands besoins d'eau pour la végétation dense que les monocultures, mais il y a peu d'informations disponibles sur la complémentarité souterraine ou la compétition pour l'eau. Nous avons mesuré les caractéristiques pédohydrologiques et la dynamique de l'humidité du sol en quatre profondeurs sur une période de 30 mois dans six différents systèmes d'utilisation des terres, y compris les monocultures de cacao, les systèmes agroforestiers de cacao et une jachère sans cacao dans un essai à long terme en Bolivie. En excluant l'influence de la topographie et la texture du sol, nous pourrions relier la variabilité spatiale avec le système

d'utilisation de la terre. Dans des monocultures, l'humidité du sol s'est réduite dans les 30 cm supérieurs, ce qui implique moins d'eau disponible dans la plante dans la zone principale d'enracinement du cacao dans des monocultures par rapport aux systèmes agroforestiers. À leur tour, les systèmes agroforestiers ont exploité l'eau plus profondément tout le long du profil, ce qui indique une complémentarité dans l'utilisation de l'eau entre le cacao et les arbres d'ombrage. D'autre part, la texture du sol et la capacité de rétention d'eau ont influencé l'eau disponible de la plante. Dans notre cas, le rendement du cacao du même type de système de production n'a pas été affecté par l'hétérogénéité du sol. En outre, nous évaluons l'humidité du sol et de l'eau disponible de la plante dans une repousse naturelle (jachère) du même âge que les plantations de cacao. La repousse a eu une élevée densité de tiges naturellement développées et une haute canopée avec peu d'ouverture de la canopée. L'humidité du sol a été plus faible dans tout le profil que dans le système de production de cacao, ce qui indique une forte consommation d'eau des espèces pionnières à croissance rapide qui ont dominé le support par rapport au cacao de croissance lente de cacao et aux espèces d'arbres multi propos dans les systèmes agroforestiers.

Resumen

La humedad del suelo es una función de la topografía, la textura del suelo, la vegetación y las condiciones meteorológicas, y por lo tanto, variable altamente espacial y temporal. La vegetación reduce la evaporación del suelo, pero absorbe agua para la producción y la transpiración. Viceversa, la vegetación se ve afectada por la disponibilidad de agua. En muchos sistemas agrícolas, especialmente en los trópicos con estaciones secas definidas, la disponibilidad de agua limita la producción. La producción de cacao depende de un clima húmedo y cálido estable. La sequía causa una reducción en el rendimiento y la sequía a largo plazo afecta la vitalidad de los árboles. Los sistemas de uso de la tierra con cacao van desde monocultivos hasta sistemas agroforestales muy diversos. Los sistemas agroforestales tienen mayores necesidades de agua para la vegetación densa que los monocultivos, pero hay poca información disponible sobre la complementariedad subterránea o la competencia por el agua. Medimos las características pedohidrológicas y la dinámica de la humedad del suelo en cuatro profundidades durante un período de 30 meses en seis sistemas de uso de la tierra diferentes, que incluyen monocultivos de cacao, sistemas agroforestales de cacao y un barbecho sin cacao en un ensayo a largo plazo en Bolivia. Al excluir la influencia de la topografía y la textura del suelo, podríamos relacionar la variabilidad espacial con el sistema de uso de la tierra. En monocultivos, la humedad del suelo se redujo en los 30 cm superiores, lo que implica menos agua disponible en la planta en la zona principal de enraizamiento del cacao en monocultivos en comparación con los sistemas agroforestales. A su vez, los sistemas agroforestales explotaron el agua más profundamente a lo largo del perfil, lo que indica una complementariedad en el uso del agua entre el cacao y los árboles de sombra. Por otro lado, la textura del suelo y la capacidad de retención de agua influyeron en el agua disponible de la planta. En nuestro caso, el rendimiento del cacao del mismo tipo de sistema de producción no se vio afectado por la heterogeneidad del suelo. Además, evaluamos la humedad del suelo y el agua disponible de la planta en un rebrote natural (barbecho) de la misma edad que las plantaciones de cacao. El rebrote tuvo una alta densidad de tallos desarrollados naturalmente y un dosel alto con poca apertura del dosel. La humedad del suelo fue menor en todo el perfil que en el sistema de producción de cacao, lo que indica un alto consumo de agua de las especies pioneras de rápido crecimiento que dominaron el soporte en comparación con el cacao de crecimiento lento y las especies de árboles multipropósito en los sistemas agroforestales.

FERTIRIEGO EN EL CULTIVO DE CACAO ALTERNATIVA DE MITIGACION ANTE EL CAMBIO CLIMATICO PARA LA REGION UCAYALI

A. Camacho

E. Olaya, V. Vargas

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Resumen

El cultivo de cacao tiene gran importancia dentro de la economía peruana, por tratarse de un rubro que genera divisas y es fuente sostenible de materia prima para las industrias locales fabricantes de chocolates y derivados, creando trabajo para numerosos estratos sociales que intervienen en la cadena productiva, permitiendo que todos los actores que engloba a la producción primaria, manejo pos cosecha, comercialización e incremento de sus utilidades económicas.

Por lo que se hace imprescindible implementar un tipo de tecnología que no se encuentra instalada en los cacaotales, como consecuencia directa de su presupuesto económico limitado que no contempla la implementación de este tipo de infraestructura.

Esta investigación se viene ejecutando en la Estación Experimental Agraria Pucallpa, Anexo Campo Verde km.44. Provincia de Coronel Portillo, Distrito de Campo Verde, el fin es evaluar el efecto del riego y el uso de cobertores plásticos para plantones de cacao instalados sin sombra vegetal. Esta tecnología es la adopción de un trabajo compartido con la empresa privada Agroindustrial Triunfal.

Los objetivos son evaluar parámetros agronómicos, la optimización del uso del agua y los fertilizantes a través del sistema de riego por goteo, determinar las necesidades hídricas del cultivo en la fase de instalación y validar la tecnología.

Abstract

Cocoa crops have great importance within the Peruvian economy, as this is an area that generates foreign exchange and is a sustainable source of raw material for local industries that manufacture chocolates and derivatives. The cocoa industry generates job positions for numerous social strata that intervene in the productive chain, from primary production to post-harvest management, including commercialization and fostering an increase of their economic profits.

Therefore, it is essential to implement a type of technology that is not installed in the cacao plantations, as a direct result of its limited economic budget that does not contemplate the implementation of this type of infrastructure.

This research is being carried out in the Pucallpa Agricultural Experimental Station - Campo Verde Facility, km.44. Province of Coronel Portillo, Campo Verde District. Its objective is to evaluate the effect of irrigation and the use of plastic blankets for cocoa plants installed without vegetable shade. This technology is the adoption of a shared work with the private company Agroindustrial Triunfal.

Furthermore, this research seeks to evaluate agronomic parameters, the optimization of the use of water and fertilizers through the drip irrigation system, and ultimately to determine the water needs of the crop in the installation phase, in order to validate the technology.

Résumé

La culture du cacao est de grande importance pour l'économie péruvienne car c'est une rubrique qui apporte des devises et une source durable de matière première pour les industries locales productrices de chocolats et produits associés, créant des emplois dans différents niveaux de la société qui interviennent dans la chaîne productive, ce qui fait que tous les acteurs impliqués dans la production primaire, gestion post-récolte et commercialisation puissent avoir une augmentation de leur revenu économique.

Pour cette raison, il est impératif de mettre au point un type de technologie qui n'est pas installé dans les plantations de cacao comme conséquence directe des limitations budgétaires des cacaoculteurs qui ne prévoient pas la mise en place de ce type d'infrastructure.

Cette recherche a lieu à la Station Expérimentale Agraire Pucallpa, Annexe Campo Verde km.44. Province de Coronel Portillo, Distrit de Campo Verde, et le but est de faire l'évaluation de l'effet de l'irrigation et utilisation de couvertures en plastique pour les jeunes plantes du cacao installées sans canopée végétale. Cette technologie est l'adoption d'un travail partagé avec l'entreprise privée « Agroindustriel Triunfal ».

Parmi les objectifs se trouvent : l'évaluation de paramètres agronomiques, l'optimisation de l'utilisation de l'eau et des engrais à travers un système d'irrigation goutte à goutte, la détermination des besoins hydriques de la plantation dans la phase d'établissement et la validation de la technologie.

EFFECTO DEL DÉFICIT HÍDRICO EN LA FISIOLÓGÍA DEL CACAO EN COLOMBIA, SUR AMERICA

Martin Villa

Universidad Nacional de Colombia

Resumen

Esta investigación se desarrolló con cuatro clones de cacao adaptados a las condiciones secas: ICS 95, TSH-565, CCN 51, ICS 60 e injertados sobre IMC-67. El maderable que generó el sombrero permanente fue Gmelina arborea Roxb. Los grados de déficit hídrico fueron: 22, 55 y 87%; el primer grado correspondió al de menor déficit, el segundo fue intermedio, el último fue el más alto; es decir, el que tuvo menor disponibilidad hídrica. A los 9, 12 y 15 meses después de injertación se registró la Radiación Fotosintéticamente Activa, Conductancia estomática, Transpiración y Fotosíntesis. Los resultados muestran que el mayor grado de déficit hídrico tuvo un alto efecto en la fisiología del cacao. Se observó una fuerte regulación en el intercambio de gases; con un alto grado de cierre estomático: $5,9 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, se reguló la pérdida de agua por transpiración: $0,23 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y de manera eficiente, se aprovechó la captura de CO_2 , con las mayores tasas fotosintéticas: $15,7 - 16,4 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, como estrategia adaptativa de estos clones a fuertes condiciones de estrés por déficit hídrico.

Abstract

This research was developed with four cacao clones adapted to dry conditions (ICS 95, TSH-565, CCN 51 and ICS 60) that were later grafted on IMC-67. The timber generated by the permanent shade was Gmelina arborea Roxb. The degrees of water deficit were 22, 55 and 87%. The first degree corresponded to the lowest deficit, the second was intermediate and the last one was the highest, that is, the one with less water availability. At 9, 12 and 15 months after grafting, photosynthetically active radiation, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis were recorded. The results show that the highest degree of water deficit had a high effect on the physiology of cocoa. There was a strong regulation in gas exchange with a high degree of stomatal closure ($5.9 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), water loss was regulated through transpiration ($0.23 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and CO_2 was captured efficiently with the highest photosynthetic rates ($15.7 - 16.4 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), as an adaptive strategy of these clones to heavy stress conditions due to water deficit.

Résumé

Cette recherche a été développée avec quatre clones de cacao adaptés aux conditions sèches: ICS 95, TSH-565, CCN 51, ICS 60 et greffés sur IMC-67. La a été Gmelina arborea Roxb est le ligneux qui a produit l'ombre permanente. Les degrés de déficit hydrique ont été: 22, 55 y 87%; el premier chiffre correspond au moindre déficit, le deuxième au déficit moyen et le dernier le plus haut ; c'est à dire, celui qui a eu la moindre disponibilité hydrique. 9, 12 et 15 mois après la greffe, on a enregistré la Radiation de Photosynthèse Active, Conductance stomatique, Transpiration et Photosynthèse. Les résultats montrent que le plus haut degré de déficit hydrique a eu un effet élevé sur la physiologie du cacao. On a observé une forte régulation dans l'échange des gaz ; avec un haut degré de fermeture stomatique : $5,9 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, la perte d'eau par transpiration a été réglementée: $0,23 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ et de façon efficace, on a profité la capture de CO_2 , avec les taux photosynthétiques les plus hauts: $15,7 - 16,4 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, comme stratégie adaptative de ces clones à de fortes conditions de stress par déficit hydrique.

THEMATIC 5: QUALITY, FLAVOUR, SENSORY EVALUATION AND POST HARVEST

PARTICLE SIZE MEASUREMENTS AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) OF COCOA PARTICLES REFINED/CONCHED BY CONICAL AND CYLINDRICAL ROLLER STONE MELANGERS

Juzhong Tan
University of Georgia

Abstract

The particle size distribution (PSD) and the microstructure of the non-fat particles in chocolates are very important to the appearance, mouth feel and texture of the chocolate products. Refining/conching is critical to chocolate processing because most particle size reduction is made and the microstructure of the particles is developed in this process. Currently, the most commonly used comprehensive measurement method for chocolate products is using a laser scattering particle size analyzer which is relatively expensive and inaccessible to small manufacturers. In this study, three potential alternative methods (micrometer, light microscopy image analysis and Hegman gauge) for laser scattering method were used to measurement the particle size of cocoa particles at different stages of refining/conching. Also, the influences of the sample weights of cocoa and melanger configuration (conical roller stone and cylinder roller stone) on the efficiency of refining/conching were studied. The performances of the two melangers were similar, however, cylindrical roller stone tend to generate thin and flat particles at the first 4 h of refining. Varying the sample weights only influenced the particle size reduction at the early stages of refining. From the SEM images, a decreasing trend of the number of larger spherical particles and an increasing trend of the number of small flat irregular shape particles were observed. The particle size measurements by the micrometer of cocoa particles refined for 0.5 h was greater than all other methods. However, the particle size measurements by the micrometer of particles refined for 2 h, 4 h, and 24 h were smaller than the measurements made by any other methods. On the other hand, except for cocoa being refined for 0.5 h, the particle size measurements for all cocoa samples tested by light microscopy image analysis were much bigger than other measurement methods. Both the micrometer and the light microscopy image analysis can be used to monitor the PSD of cocoa particles during refining/conching. However, Hegman gauge failed to provide meaningful measurements.

Résumé

La distribution de la taille de la particule (DTP) et de la microstructure des particules non grasses dans les chocolats sont très importantes pour l'apparence, la sensation en bouche et la texture des produits chocolatés. L'affinage/conchage est critique pour le traitement du chocolat, car la plus grande partie de la taille des particules est réduite et la microstructure des particules se développe dans ce processus. Actuellement, la méthode de mesure intégrale la plus communément utilisée pour les produits chocolatés est l'utilisation d'un analyseur de la taille de particules à diffusion laser qui est relativement coûteux et inaccessible aux petits fabricants. Dans cette étude, trois méthodes potentielles alternatives (micromètre, analyse d'image par microscopie optique et mesureur Hegman) ont été utilisées pour la méthode de dispersion laser afin de mesurer la taille de la particule des particules de cacao à différentes étapes de raffinage/conchage. En outre, les influences des poids d'échantillon du cacao et la configuration du mélangeur (rouleau conique et rouleau cylindrique) sur l'efficacité du raffinage/conchage ont été étudiées. Les performances des deux mélangeurs ont été similaires, cependant, les rouleaux cylindriques ont tendance à générer des particules fines et plates dans les 4 premières heures d'affinage. La variation du poids de l'échantillon n'a influencé que la réduction de la

taille de la particule dans les premières étapes de l'affinage. À partir des images MEB, une tendance décroissante du nombre de particules sphériques plus grandes a été observée ainsi qu'une tendance croissante du nombre de petites particules de forme plate irrégulière a été observée. Les mesures de la taille de la particule par le micromètre de particules de cacao raffinées pendant 0,5 heures ont été supérieures à toutes les autres méthodes. Cependant, les mesures de la taille de la particule par le micromètre des particules raffinées pendant 2 heures, 4 heures et 24 heures ont été plus petites que les mesures effectuées par toute autre méthode. D'autre part, excepté si le cacao a été raffiné pendant 0,5 heures, les mesures de taille de la particule pour tous les échantillons de cacao analysés par microscopie optique ont été beaucoup plus élevées que d'autres méthodes de mesure. Le micromètre ainsi que l'analyse de l'image par microscopie optique peuvent être utilisés pour surveiller le DTP des particules de cacao pendant l'affinage/le conchage. Cependant, le mesureur Hegman n'a pas pu fournir des mesures significatives.

Resumen

La distribución del tamaño de partícula (DTP) y la microestructura de las partículas no grasas en los chocolates son muy importantes para la apariencia, la sensación en la boca y la textura de los productos de chocolate. La refinación/conchado es crítica para el procesamiento de chocolate porque la mayor parte del tamaño de partícula se reduce y la microestructura de las partículas se desarrolla en este proceso. Actualmente, el método de medición integral más comúnmente utilizado para los productos de chocolate es el uso de un analizador de tamaño de partículas por dispersión por láser que es relativamente costoso e inaccesible para los pequeños fabricantes. En este estudio, se usaron tres métodos alternativos potenciales (micrómetro, análisis de imagen por microscopía óptica y medidor Hegman) para el método de dispersión por láser para medir el tamaño de partícula de las partículas de cacao en diferentes etapas de refinación/conchado. Además, se estudiaron las influencias de los pesos de muestra del cacao y la configuración del mezclador (rodillo cónico y rodillo cilíndrico) en la eficiencia del refinado/conchado. Los rendimientos de los dos mezcladores fueron similares, sin embargo, los rodillos cilíndricos tienden a generar partículas delgadas y planas en las primeras 4 horas de refinación. La variación del peso de la muestra solo influyó en la reducción del tamaño de partícula en las primeras etapas de refinación. A partir de las imágenes MEB, se observó una tendencia decreciente del número de partículas esféricas más grandes y una tendencia creciente del número de partículas pequeñas de forma irregular plana. Las mediciones de tamaño de partícula por el micrómetro de partículas de cacao refinadas durante 0,5 horas fueron mayores que todos los demás métodos. Sin embargo, las mediciones de tamaño de partícula por el micrómetro de partículas refinadas durante 2 horas, 4 horas, y 24 horas fueron más pequeñas que las mediciones realizadas por cualquier otro método. Por otro lado, a excepción de que el cacao se refinó durante 0.5 horas, las mediciones de tamaño de partícula para todas las muestras de cacao analizadas por microscopía óptica fueron mucho mayores que otros métodos de medición. Tanto el micrómetro como el análisis de imagen de microscopía óptica se pueden usar para monitorear el DTP de las partículas de cacao durante la refinación/conchado. Sin embargo, el medidor Hegman no pudo proporcionar mediciones significativas.

ADAPTATION DU PROCESSUS DE FERMENTATION AUX CONTRAINTES LOCALES: APPLICATION AU CACAO DU SAMBIRANO DE MADAGASCAR

Fabrice Davrieux

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Résumé

Le cacao de Madagascar est réputé pour donner un chocolat fruité et aromatique. La production (4000-6000 tonnes) est concentrée dans la vallée du Sambirano. Le développement des traits de qualité et de saveur est lié à la variété de cacao, au type de sol, au climat, à la gestion des cultures et aux traitements post-récolte. La fermentation, en particulier, est considérée comme une étape clé dans le développement des arômes. Mais une grande partie de la production du Sambirano provient de petits producteurs avec de faibles quantités de cacao frais et pas d'installation pour les traitements post-récolte. Cette situation conduit à une absence ou à une mauvaise fermentation du cacao, ce qui entraîne une perte de qualité. L'objectif principal de cette étude était d'adapter la fermentation aux contraintes locales: faible volume de cacao frais et pas d'installation adaptée. Cette étude a été réalisée en utilisant le cacao de la plantation biologique Akesson à Ambanja. Au total, 80 échantillons ont été fermentés dans des conditions contrôlées. Trois fermenteurs différents ont été testés: des sacs, des bidons d'huile comestible et les bidons d'huile comestible isolés avec des feuilles de bananier. Chaque fermenteur a été testé pour 3 volumes de cacao: 5, 10 et 20 litres. Des échantillons de contrôle supplémentaires ont été fermentés dans les fermenteurs industriels d'Akesson. La qualité des fermentations a été estimée au travers des profils de températures de fermentation, du test à la coupe, de la couleur et des profils biochimiques et sensoriels. Les paramètres physiques de la fermentation (températures et rendement) et les critères biochimiques (polyphénols et azote ammoniacal) indiquent qu'une fermentation a bien eu lieu dans tous les cas. Les profils sensoriels montrent que la note qualité globale est similaire pour tous les cacaos, sans différence significative avec les contrôles, à l'exception de l'essai "Bidon-isolé - 20 litres" qui a été noté de moindre qualité en raison d'un goût alcoolique plus élevé. Ces résultats permettent le transfert de bonnes pratiques de fermentation aux agriculteurs, avec du matériel disponible partout à un prix minimum. Cette approche se traduira par une mise à niveau de la qualité, similaire aux plantations industrielles, et nous l'espérons, une croissance des revenus des petits agriculteurs.

Abstract

Cocoa from Madagascar is renowned for producing a fruity and aromatic chocolate. Production (4000-6000 tons) is concentrated in the Sambirano Valley. The development of quality and flavor traits is reliant on cocoa variety, soil type, climate, crop management and post-harvest treatments. Fermentation, in particular, is considered a key step in the development of flavors. However, much of Sambirano's production comes from small producers with small amounts of fresh cocoa and no facility for post-harvest processing. This situation leads to absence of – or bad – fermentation of cocoa, which in turn leads to loss of quality. The main objective of this study was to adapt fermentation to local constraints: low volume of fresh cocoa and no adapted facilities. This study was conducted using cocoa from the Akesson organic plantation in Ambanja. A total of 80 samples were fermented under controlled conditions. Three different fermenters were tested: bags, cans of edible oil and cans of edible oil isolated with banana leaves. Each fermentation batch was tested for 3 volumes of cocoa: 5, 10 and 20 liters. Additional control samples were fermented in the Akesson industrial fermentation facilities. The quality of fermentations was estimated through fermentation temperature profiles, cut test, color and biochemical and sensory profiles. Physical parameters of fermentation (temperatures and yield) and biochemical criteria (polyphenols and ammoniacal nitrogen) indicate that

fermentation took place in all cases. The sensory profiles show that the overall quality score is similar for all cocoas, with no significant difference was observed with the controls. An exception was the “20-liter insulated container” test, wherein lower quality was observed due to a higher alcoholic taste. These results allow the transfer of good fermentation practices to farmers, with equipment available everywhere at a minimum price. This approach will result in a quality upgrade, similar to industrial plantations, and hopefully growth in the income of small farmers.

Resumen

El cacao de Madagascar es famoso por producir un chocolate afrutado y aromático. Su producción (4000-6000 toneladas) se concentra en el valle Sambirano. El desarrollo de las características de calidad y sabor depende de la variedad de cacao, tipos de suelo, el clima, el manejo del cultivo y los tratamientos posteriores a la cosecha. La fermentación, en particular, se considera un paso clave en el desarrollo de los sabores. Sin embargo, gran parte de la producción de Sambirano proviene de pequeños productores con pequeñas cantidades de cacao fresco y sin beneficiaderos para el procesamiento post-cosecha. Esta condición lleva a la falta de (o a una mala) fermentación de cacao, lo cual a su vez conduce a la pérdida de calidad. El objetivo principal de la presente investigación fue el de adaptar la fermentación a las limitaciones locales: bajo volumen de cacao fresco y carencia de instalaciones adaptadas. Este estudio se realizó utilizando cacao de la plantación orgánica Akesson en Ambanja. Se fermentaron en total 80 muestras bajo condiciones controladas. Se sometieron a prueba tres fermentadores diferentes: bolsas, latas de aceite comestible y latas de aceite comestible aisladas con hojas de plátano. Se probó cada lote de fermentación con 3 volúmenes de cacao: 5, 10 y 20 litros. Se fermentaron muestras de control adicionales en las instalaciones de fermentación industrial Akesson. La calidad de la fermentación se estimó a través de perfiles de temperatura de fermentación, prueba de corte, color y perfiles bioquímicos y sensoriales. Los parámetros físicos de la fermentación (temperatura y rendimiento) y los criterios bioquímicos (polifenoles y nitrógeno amoníaco) indican que hubo fermentación en todos los casos. Los perfiles sensoriales demuestran que la puntuación global de calidad es similar para todos los cacaos, y no se observó diferencia significativa alguna con los controles. Una excepción fue la prueba de "20 litros en los contenedores aislados", en la cual se observó menor calidad debido a un sabor alcohólico superior. Estos resultados permiten la transferencia de buenas prácticas de fermentación a los agricultores, con equipo que se encuentra disponible en todas partes a un precio mínimo. Esta metodología redundará en una mejora de la calidad, similar a las plantaciones industriales, con la esperanza de que se dé un crecimiento en los ingresos de los pequeños agricultores.

ÉVALUATION D'UNE POPULATION DE CACAOYERS DE MADAGASCAR POUR SES CARACTÈRES DE QUALITÉ

Philippe LACHENAUD

Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Résumé

Suite au constat par la société Valrhona d'une évolution du profil organoleptique des chocolats produits à partir des cacaos des plantations Millot, à Ambanja, le projet Karatra (2014-2017) avait pour but de caractériser les cacaoyers concernés, aux niveaux génétique, morphologique et qualité (sensorielle et biochimique) de leurs produits (cacao marchand et chocolat), d'établir une collection représentative de la diversité rencontrée et de sélectionner une vingtaine de clones-élites à utiliser, sous forme de greffes, pour les remplacements et les nouvelles plantations.

Trois cent quarante et un cacaoyers dans 7 fermes de la plantation ont été retenus pour l'étude. Ces arbres ont été pré-sélectionnés sur leur productivité apparente et sur la diversité morphologique des fruits. Par ailleurs 31 clones IFM disponibles en collection à la station de recherche du FOFIFA d'Ambanja ont été ajoutés et 33 clones témoins représentant les 10 groupes génétiques plus les Trinitario.

L'étude de la diversité génétique (par génotypage par séquençage avec 2840 marqueurs SNP pertinents) a porté sur 394 clones au total et a mis en évidence une population en mélange impliquant les deux groupes génétiques Criollo et Amelonado.

La caractérisation phénotypique a porté sur les cabosses et les fèves (longueur diamètre poids total poids à vide nombre de fèves normales et plates par cabosse). Les fèves fraîches ont été mises à fermenter (en filet individuel) dans les caisses de fermentation.

Les fèves de cacao marchand (100 g) ont été broyées en présence d'azote liquide puis les poudres ont été analysées en spectrométrie proche infrarouge (SPIR). Les absorbances ont été enregistrées pour la gamme des longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 2500 nm.

275 arbres ont été analysés pour deux années de récolte (2015 et 2016). Les modèles SPIR développés au CIRAD ont été appliqués aux données spectrales acquises pour chaque échantillon afin de prédire les teneurs en matière grasse polyphénols caféine théobromine et matière sèche.

Pour 246 arbres du cacao marchand fut obtenu en quantité suffisante pour pouvoir réaliser au moins un chocolat dégusté par un jury expert selon la méthode du profil.

A la suite de ces diverses analyses une collection de 100 clones a été définie et est en cours d'établissement dans la ferme de Matsaborilava tandis que 25 « clones-élites » seront multipliés et plantés en parc-à-bois près de la pépinière d'Andzavibé."

Abstract

Following the recognition by Valrhona of an evolution of the organoleptic profile of chocolates produced from Millot cocoa plantations in Ambanja, Karatra project (2014-2017), this paper sought to characterize the cocoa concerned, at the genetic and morphological levels, as well as (sensory and biochemical) quality of their products (commercial cocoa and chocolate). The objective is to establish a representative collection of the diversity encountered, and to select twenty elite clones to use – in the form of grafts – for replacements and new plantations.

Three hundred and forty-one cocoa trees on seven farms in the plantation were selected for the study. These trees were previously selected on their apparent productivity, as well as on the morphological diversity of the fruits. In addition, 31 IFM

clones available for collection at the Ambanja FOFIFA research station were added, and 33 control clones representing the 10 genetic groups in addition to Trinitario.

The study of genetic diversity (genotyping by sequencing with 2840 relevant SNP markers) involved a total of 394 clones, and it revealed a mixed population involving the two Criollo and Amelonado genetic groups.

Phenotypic characterization focused on pods and beans (length diameter, total weight, empty weight, number of normal and flat beans per pod). Fresh beans were fermented (in individual containers) in the fermentation crates.

Commercial cocoa beans (100 g) were milled in the presence of liquid nitrogen, and the powders were subsequently analyzed by near infrared spectroscopy (NIRS). Absorbances were recorded for the range of wavelengths between 400 nm and 2500 nm.

275 trees were analyzed during two years of harvest (2015 and 2016). The NIRS models developed at CIRAD were applied to the spectral data acquired for each sample, in order to predict the contents of polyphenol caffeine theobromine and dry matter.

Commercial cocoa was obtained from 246 trees - this quantity was enough to produce at least one chocolate tasted by an expert jury according to the profile method.

As a result of these various analyzes, a collection of 100 clones has been defined and is being established on the Matsaborilava farm, whereas 25 “elite-clones” will be multiplied and grown in a forest near Andzavibé nursery.

Resumen

Tras el reconocimiento por parte de Valrhona de una evolución del perfil organoléptico de los chocolates producidos a partir de las plantaciones de cacao de Millot en Ambanja, proyecto Karatra (2014-2017), la presente investigación se propone caracterizar el cacao en cuestión, a nivel genético y morfológico, así como la calidad (sensorial y bioquímica) de sus productos (cacao y chocolate comercial). El objetivo es establecer una colección representativa de la diversidad encontrada, y seleccionar veinte clones élite para su uso - en forma de injertos - para reemplazos y nuevas plantaciones.

Fueron seleccionados para el estudio trescientos cuarenta y un árboles de cacao en siete granjas de la plantación. Estos árboles fueron previamente seleccionados por su aparente productividad, así como en la diversidad morfológica del fruto. Además, se añadieron 31 clones IFM disponibles para la colección en la estación de investigación Ambanja FOFIFA, así como 33 clones de control que representan los 10 grupos genéticos además del Trinitario.

El estudio de la diversidad genética (genotipado mediante secuenciación con 2840 marcadores SNP relevantes) incluyó un total de 394 clones, y reveló una población mezclada entre los dos grupos genéticos Criollo y Amelonado.

La caracterización fenotípica se concentró en las mazorcas y los granos (longitud, diámetro, peso total, peso vacío, número de granos normales y planos por mazorca). Se fermentaron granos frescos (en envases individuales) en cajas de fermentación.

Los granos de cacao comerciales (100 g) se molieron en presencia de nitrógeno líquido, y los polvos posteriormente se analizaron mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS). Se registraron las absorbancias para los rangos de longitudes de onda Entre 400 nm y 2500 nm.

Se analizaron 275 árboles durante dos años de cosecha (2015 y 2016). Los modelos de NIRS desarrollados en el CIRAD se aplicaron a los datos de los espectros adquiridos

para cada muestra, con el fin de predecir el contenido de teobromina, cafeína, polifenoles y materia seca.

Se obtuvo cacao comercial de 246 árboles - esta cantidad fue suficiente para producir al menos un chocolate, el cual probó un jurado experto de acuerdo con el método de perfil.

Como resultado de estos diversos análisis, se definió una colección de 100 clones y en la actualidad se la está estableciendo en la finca Matsaborilava, mientras que 25 "Clones élite" se multiplicarán y se cultivarán en un bosque cerca del vivero de Andzavibé.

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PRESENTES DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE THEOBROMA CACAO L. "CHUNCHO" TIPO "CÁSCARA DE HUEVO"

Liliane Salazar

Rosario Portales, Rosario Rojas, Jasmin Hurtado
Universidad Peruana Cayetano Heredia

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene su centro de origen en el Perú. Sus granos constituyen la materia prima para la industria del chocolate. Dentro de las variedades encontradas en Perú, la variedad de cacao "Chuncho" del Cusco es importante por el aroma y sabor que le da al chocolate. El proceso de fermentación del grano involucra microorganismos como levaduras, bacterias ácido lácticas y ácido acéticas, las cuales producen reacciones bioquímicas que impactan en el sabor y aroma del chocolate. El conocimiento y control de estos, ayudaría a la mejora del producto final. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los microorganismos presentes durante la fermentación del grano de Cacao Chuncho del tipo "cáscara de huevo". Se realizó una prueba de fermentación durante 6 días, mediante el método por remoción en caja de madera (65 x 65 x 65cm) en Quillambamba, Cusco. Se tomaron muestras de 20 gr de los granos en fermentación, cada 24 horas. Para el análisis microbiológico, se emplearon medios para conteo y aislamiento de levaduras (Sabouraud con cloranfenicol); bacterias ácido lácticas (agar MRS) y bacterias ácido acéticas (agar GYC). Posteriormente se realizaron pruebas bioquímicas para su identificación. El pH inicial de la muestra fue de 4. Las siguientes muestras tuvieron un pH de 3, el cual se mantuvo por dos días. Finalmente el pH incrementó a 4 en los días 4 y 5. La temperatura ambiental se encontró entre 24-26 °C mientras que la temperatura del cuarto de fermentación se mantuvo entre 28-30°C. La temperatura de la muestra inicial de la caja de fermentación estuvo a 28 °C y en las muestras siguientes ésta aumentó hasta llegar a 44 °C en el cuarto día y posteriormente declinó. Durante el análisis microbiológico se observó una sucesión de microorganismos durante el proceso de fermentación. A partir del segundo día hubo un mayor número de microorganismos en el medio MRS que incluía *Lactobacilos* y levaduras. Posteriormente hubo un incremento marcado de crecimiento en el medio Sabouraud que indicaba presencia de levaduras. A partir del cuarto día se incrementó el crecimiento en el medio GYC que está relacionado con el aumento de bacterias ácido acéticas, conservando este crecimiento hasta el final de la fermentación. Se ha podido identificar la presencia de *Gluconobacter* sp., *Acetobacter* sp., *Lactobacillus* sp, y levaduras

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) has its origins in Peru. Its grains are the raw material for the chocolate industry. Among the varieties found in Peru, the Chuncho variety from Cusco is important because of the aroma and flavor it gives to chocolate. The fermentation process of the grain involves microorganisms such as yeast and bacteria from lactic and acetic acid, which produce biochemical reactions that have an impact on the taste and aroma of chocolate. Their knowledge and control can improve the final product. The purpose of this research was to characterize the microorganisms which are present during the fermentation of the "egg shell" type of the Chuncho cocoa bean. A fermentation test was carried out for 6 days through the removal method in a wooden box (65 x 65 x 65cm) in Quillambamba, Cusco. 20 gr samples of the grains were taken every 24 hours during fermentation. For the microbiological analysis, a medium was used for counting and isolation of yeasts (Sabouraud with chloramphenicol); lactic acid bacteria (MRS agar) and acetic acid bacteria (GYC agar). Subsequently, biochemical tests were performed for identification. The initial pH of the sample was 4. The following samples had a pH of 3, which was maintained for two days. Finally, pH increased to 4 on days 4 and 5. Environmental temperature was 24-26 °C while the temperature of the fermentation room remained between 28-30 °C.

The temperature of the initial sample of the fermentation box was at 28 °C, in the following samples it increased to 44 °C on the fourth day and then it went down. During the microbiological analysis, some microorganisms were observed in the fermentation process. After the second day there was a larger amount of microorganisms in the MRS medium, which included Lactobacilli and yeasts. After, there was significant growth in the Sabouraud medium, which indicated the presence of yeast. After the fourth day, growth in the GYC medium increased, which is related to the increase of acetic acid bacteria and this growth continued until the end of the fermentation. It was possible to identify the presence of *Gluconobacter* sp., *Acetobacter* sp., *Lactobacillus* sp, and yeasts.

Résumé

Le cacao (*Theobroma cacao* L.) a son centre d'origine au Pérou. Ses graines sont la matière première de l'industrie du chocolat. Parmi les variétés qui se trouvent au Pérou, le cacao « Chuncho » du Cusco est le plus important en raison de l'arôme et le goût qu'elle donne au chocolat. Le processus de fermentation des graines implique des microorganismes comme levures, bactéries acides lactiques et acide acétiques, qui provoquent des réactions biochimiques qui impactent le goût et l'arôme du chocolat. La connaissance et contrôle de ces microorganismes contribueraient à l'amélioration du produit final. L'objectif de ce travail est de caractériser les microorganismes présents pendant la fermentation de la graine du Cacao Chuncho du type « coquille d'œuf ». On a fait un test de fermentation pendant 6 jours, suivant la méthode de remuer dans une boîte en bois (65 x 65 x 65cm) à Quillambamba, Cusco. On a pris des échantillons de 20 gr des graines en fermentation, toutes les 24 heures. Pour l'analyse microbiologique, on a utilisé des moyens pour comptage et isolement des levures (Sabouraud avec chloramphénicol); bactéries acides lactiques (agar MRS) et bactéries acides acétiques (agar GYC). Puis, on a fait des tests biochimiques pour l'identification. Le pH initial de l'échantillon a été 4. Les échantillons suivants ont présenté un pH 3, qui s'est maintenu pendant plusieurs jours. Finalement le pH est monté à 4 pendant les jours 4 et 5. La température ambiante était entre 24-26 °C tandis que la température de la salle de fermentation s'est maintenue entre 28-30°C. La température de l'échantillon initial de la boîte de fermentation a été à 28 °C et dans les échantillons suivants elle a augmenté jusqu'à atteindre 44 °C le quatrième jour et puis elle a commencé à diminuer. Pendant l'analyse microbiologique on a vu une succession de microorganismes lors du processus de fermentation. A partir du deuxième jour il y a eu un nombre plus grand de microorganismes dans le milieu MRS, incluant Lactobacilles et levures. Plus tard il y a eu une augmentation marquée de croissance dans le milieu Sabouraud qui indiquait la présence de levures. A partir du quatrième jour il y a eu une augmentation de la croissance dans le milieu GYC qui est en relation avec l'augmentation de bactéries acides acétiques, gardant cette croissance jusqu'à la fin de la fermentation. Il a été possible remarquer la présence de *Gluconobacter* sp., d'*Acétobacter* sp., de *Lactobacillus* sp, et de levures.

EVALUACIÓN DEL USO DE RESIDUOS DE CACAO COMO FUENTE DE FIBRA DIETARIA PARA CONSUMO HUMANO

Luis Lopez-Giraldo

Arley René Villamizar-Jaimes, Luz Miriam Florez, Monica Janeth
Universidad Industrial De Santander

Resumen

En este trabajo se destaca la importancia de la fibra en la alimentación humana y su obtención empleando residuos agroindustriales, tales como la cáscara y el mucílago de la mazorca de cacao, los cuales son desechos abundantes de la industria cacaotera. El trabajo realizado consistió en la implementación de un método enzimático-gravimétrico para la determinación de fibra dietaria por medio de digestiones enzimáticas (amilasa, pepsina y amiloglucosidasa) en residuos de cacao empleando los métodos AOAC 985.29, 993.19 y 991.42 con algunas modificaciones. Como resultado se obtuvo el contenido de fibra dietaria total de un MRC Backing de chocolate para evaluar la exactitud y se determinó el porcentaje de fibra dietaria total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI) en las cáscara y mucílago de los clones de cacao CCN-51 y TSH565 cultivados en Santander-Colombia. Los resultados permiten demostrar que el mucílago es una buena fuente de FDS (12,59- 12,81 g/100g BS), mientras la cáscara es buena fuente de FDI (48,40- 52,43 g/100g BS). La precisión del método se evaluó en términos de repetibilidad y precisión intermedia de los porcentajes de fibra, obteniéndose porcentajes con coeficientes de variación (CV)

Abstract

This paper highlights the importance of fiber in human nutrition and its extraction from agro-industrial waste such as the husk and mucilage of the cocoa pod, which are abundant in the cocoa industry. The research consisted in the implementation of an enzymatic-gravimetric method for the determination of dietary fiber by means of enzymatic digestions (amylase, pepsin and amyloglucosidase) in cocoa residues through the use of the AOAC 985.29, 993.19 and 991.42 methods with some modifications. As a result, the total dietary fiber content of chocolate was obtained to evaluate its accuracy. The percentage of total dietary fiber, soluble fiber and insoluble fiber present in the shell and mucilage of the CCN-51 and TSH565 cocoa clones grown in Santander, Colombia was determined. The results demonstrate that mucilage is a good source of total dietary fiber (12,59-12,81 g/100g), while the husk is a good source of insoluble fiber (48,40-52,43 g/100g). The accuracy of the method was evaluated in terms of its repeatability and intermediate accuracy of fiber percentages, obtaining percentages with variation coefficients.

Résumé

Ce travail souligne l'importance de la fibre dans l'alimentation humaine et son obtention à travers de résidus agroindustriels, tels comme l'écorce et le mucilage de la cabosse du cacao, lesquels on trouve en abondance dans l'industrie du cacao. Le travail accompli a été la mise en place d'une méthode enzymatique-gravimétrique pour déterminer la fibre alimentaire à travers de digestions enzymatiques (amylase, pepsine et amyloglucosidase) dans les résidus du cacao par des méthodes AOAC 985.29, 993.19 et 991.42 avec certaines modifications. On a eu pour résultat le contenu total de fibre alimentaire d'un MRC Backing de chocolat pour évaluer l'exactitude et on a déterminé le pourcentage total de fibre alimentaire (FDT), soluble (FDS) et insoluble (FDI) dans l'écorce et le mucilage des clones du cacao CCN-51 et TSH565 cultivés au Santander - Colombie. Les résultats permettent de démontrer que le mucilage est une bonne source de FDS (12,59- 12,81 g/100g BS), tandis que l'écorce est une bonne source de FDI (48,40- 52,43 g/100g BS). La précision de la méthode a été

évaluée en termes de la répétabilité et précision intermédiaire des pourcentages de fibre, ayant obtenu des pourcentages avec des coefficients de variation (CV).

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE UTILIZANDO SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE CACAO Y SU MONITOREO REMOTO A TRAVÉS DE WEB

William Ipanaqué Alama
César Iván Belupú Amaya, José Miguel Castillo Ramos, José Manrique Silupú
Universidad De Piura (UDEP)

Resumen

Se desarrollaron dos aplicaciones para monitorear el proceso de fermentación de cacao. La primera es una aplicación de escritorio embebida en un Raspberry Pi 3, que se comunica con otra aplicación, en este caso de tipo Web, para monitorear el proceso a través de internet; ambas aplicaciones fueron programadas con el lenguaje Java. La aplicación embebida cuenta con un entorno intuitivo, sirve para supervisar el comportamiento de las temperaturas en el proceso de fermentación de los granos de cacao; esta aplicación se ejecuta de manera local y se encarga de adquirir en tiempo real la temperatura ambiente y las temperaturas en los diferentes niveles de los cajones, donde se está fermentando los granos de cacao, también tiene opciones para guardar la fecha de inicio, el número de remociones, y guardar la fecha de finalización del proceso de fermentación. Adicionalmente el comportamiento de las temperaturas es graficado mediante un histograma que muestra el valor de los sensores cada 30 segundos y permite de forma local y remota almacenar los datos obtenidos ya sea en archivos de texto plano o en una base de datos relacionada. Esta aplicación se comunica con un sistema Web que se encarga de pedir la información de las temperaturas para poder mostrarlas a un usuario final a través de una página Web. Para el desarrollo de esta aplicación Web se usó las librerías de bootstrap con el fin de realizar una página con formato responsive, este formato permite adaptar la página a cualquier tamaño de pantalla de tal manera que el usuario pueda monitorear el proceso de fermentación desde cualquier dispositivo con acceso a internet. Esta aplicación contiene un menú que muestra el historial de las mediciones de procesos realizados, además permite ver las gráficas en tiempo real, configurar los diferentes parámetros a medir e ingresar los datos de calibración de los diversos sensores utilizados en el sistema. Esta funcionalidad es posible gracias a la comunicación entre las dos aplicaciones usando la arquitectura “cliente-servidor” que es un patrón muy común para enlazar dos sistemas independientes. En conclusión la plataforma desarrollada permite recolectar datos en tiempo real para poder analizar el comportamiento del proceso de fermentación de granos de cacao desde cualquier parte donde se encuentre el usuario final.

Abstract

Two applications were developed to monitor the cocoa fermentation process. The first one is a desktop application embedded in a Raspberry Pi 3 which communicates with a web-type application to monitor the process through the Internet. Both applications were programmed in Java. The embedded application has an intuitive environment and it can be used to monitor the behavior of temperatures during the fermentation process of cocoa beans. This application is executed locally and it is responsible for acquiring in real time the environmental temperature and the temperatures at the different levels of the boxes where cocoa beans are being fermented. It also has the option to save the start date, the number of removals and the date of completion of the fermentation process. Additionally, the behavior of the temperatures is plotted by means of a histogram that shows the value of the sensors every 30 seconds. It allows to locally and remotely store the data obtained either as plain text files or as a related database. This application communicates with a web system in charge of requesting the information on temperatures in order to show them to an end user through a web page. For the development of this web application, bootstrap libraries were used in order to create a page with a responsive format. This format allows the page to be

adapted to any screen size so the user can monitor the fermentation process from any device with internet access. This application contains a menu that shows the history of the processes carried out. Besides, it allows the user to see graphs in real time, set up the parameters to be measured and enter the calibration data of the sensors used in the system. This functionality is possible thanks to the communication between the two applications using the "client-server" architecture, which is a very common pattern to link two independent systems. In conclusion, the developed platform allows the collection of data in real time in order to analyze the behavior of the fermentation process of cocoa beans from wherever the end user is.

Résumé

Deux applications ont été développées pour faire le suivi du processus de fermentation du cacao. La première est une application de bureau embarquée dans un Raspberry Pi 3 qui communique avec une autre application, dans ce cas-ci type Web, afin de faire le suivi au long du web; les deux applications ont été programmées en langage Java. L'application embarquée possède un environnement intuitif et sert à surveiller le comportement des températures dans le processus de fermentation des grains de cacao. Cette application est exécutée localement et elle est chargée d'acquérir en temps réel la température ambiante et les températures dans les différents niveaux des caisses où les grains de cacao sont en train de fermenter. D'autres options sont disponibles pour, par exemple, sauvegarder la date initiale, le nombre de déblayages et la date finale du processus de fermentation. En outre, le comportement des températures est tracé graphiquement par le moyen d'un histogramme qui montre la valeur des senseurs toutes les 30 secondes et qui permet tant localement qu'à distance d'emmagasiner les données obtenus, que ce soit dans des fichiers de texte plat ou dans une base de données relationnelle. Cette application communique avec un système Web chargé de demander l'information des températures afin de pouvoir les afficher à l'utilisateur final au travers d'un site internet. Pour développer cette application ont été utilisées les librairies de bootstrap à fin de créer un site à format "responsive". Celui-ci permet d'adapter le site à tout écran quelles que soient ses dimensions, de sorte que l'utilisateur puisse faire le suivi du processus de fermentation à partir de n'importe quel dispositif ayant accès à internet. Cette application contient un menu qui montre l'histoire des mesures des processus exécutés et permet également de voir les graphiques en temps réel, de configurer les différents paramètres à mesurer et saisir les données de calibrage des divers senseurs utilisés dans le système. Cette fonctionnalité est possible grâce à la communication entre les deux applications utilisant l'architecture "client-serveur", un modèle très commun pour relier deux systèmes indépendants. Pour conclure, la plateforme développée permet de recueillir des données en temps réel pour permettre d'analyser le comportement du processus de fermentation des grains de cacao quel que soit l'endroit où se trouve l'utilisateur final.

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ACERO INOXIDABLE PARA EVALUAR EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE GRANOS DE CACAO

William Ipanaqué Alama
José Castillo, Iván Belupú, José Manrique
Universidad De Piura (UDEP)

Resumen

En la post-cosecha del cacao se encontró un gran potencial para implementar tecnologías que mejoren estos procesos, en particular el de fermentación, es así que se desarrolló un prototipo de acero inoxidable para llevar a cabo la fermentación de granos de cacao, con el propósito de generar alternativas de uso práctico para productores de cacao y obtener un producto con características deseables de calidad. El prototipo se instaló en la cooperativa agraria de productores de banano, cacao orgánico y otros cultivos de Piura (ASPROBO); consta de un sistema mecánico para hacer remociones de la masa de cacao a velocidades bajas, que van desde 5 a 36 rpm, velocidades necesarias para el desarrollo del proceso fermentativo, además presenta la ventaja de recolección del mucílago que se segrega durante los primeros días de la fermentación, para ser utilizados en otras aplicaciones; cabe mencionar que posee un sistema adecuado de aislamiento que evita pérdidas de calor y humedad en los granos, esto asegura la proliferación de los microorganismos responsables del proceso. La recolección de datos de la temperatura y sucesos que ocurren durante la fermentación, se logró con sistemas embebidos, conectados a diversos sensores que forma parte del prototipo. El sistema adquiere los datos con un tiempo de muestreo igual a 10 segundos y los muestra en tiempo real, mediante una interfaz con un entorno intuitivo y sencillo de utilizar. Este sistema permite tener acceso al proceso desde una página Web, para monitorear, activar y desactivar las principales funciones. Para evaluar los resultados se fermentaron tres lotes de 100 Kg de granos de cacao en el prototipo construido y paralelamente 500 Kg de granos en cajas de madera, con la finalidad de comparar la temperatura, humedad y pH en ambos lotes. Al finalizar la fermentación se concluyó que las temperaturas en el prototipo de acero inoxidable fueron uniformes en los distintos niveles de la masa, hubo menor interferencia de la temperatura ambiente sobre la masa fermentada, y los valores de humedad y PH coincidieron con los rangos establecidos por diferentes autores internacionales. Por otro lado en los cajones de madera se notó un gradiente significativo de temperatura en los diferentes niveles de la masa en el proceso de fermentación y, también mayor influencia de la temperatura ambiente, esto provocó que los granos se enfríen notablemente por las noches, disminuyendo el porcentaje de granos fermentados y con ello la calidad del mismo.

Abstract

In the post-harvest of cocoa, great potential was found to implement technologies that improve these processes, particularly fermentation. Therefore, a stainless steel prototype was developed for the fermentation of cocoa beans with the purpose of generating practical alternatives for cocoa producers and obtaining a product with desirable quality features. The prototype was installed in the Agrarian Cooperative of Producers of Banana, Organic Cocoa and Other Crops in Piura (ASPROBO). It consists of a mechanical system to move the cocoa mass at low speeds, ranging from 5 to 36 rpm. These are the speeds required for the fermentation process. Also, it has the advantage of collecting the mucilage that is segregated during the first days of fermentation to be later used in other applications. It is worth mentioning that it has an adequate insulation system that avoids loss of heat and moisture in the grains. This guarantees the proliferation of the microorganisms responsible for the process. Data collection on temperature and the events occurring during fermentation was achieved with embedded systems that were connected to various sensors in the prototype. The system acquires the data with a sampling time equal to 10 seconds and displays them

in real time through an interface with an intuitive and easy-to-use environment. This system allows accessing the process from a Web page to monitor, activate and deactivate the main functions. In order to evaluate the results, three 100 Kg batches of cocoa beans were fermented in the constructed prototype and in parallel 500 Kg of grains were fermented in wooden boxes in order to compare the temperature, humidity and pH of both batches. At the end of fermentation, it was concluded that the temperatures in the stainless steel prototype were uniform for the different mass levels, there was less interference of environmental temperature on the fermented mass and moisture and PH values matched the ranges established by different international authors. On the other hand, in the wooden boxes a significant temperature gradient was observed for the different mass levels during the fermentation process as well as greater influence of the environmental temperature. This caused the grains to cool significantly at night, decreasing the percentage of fermented grains and therefore their quality.

Résumé

Lors de la post-récolte du cacao un grand potentiel a été détecté pour mettre en œuvre des technologies permettant d'améliorer ces processus, tout particulièrement celui de la fermentation. C'est ainsi qu'un prototype d'acier inoxydable pour mener à bien la fermentation des grains de cacao a été développé, dans le but de générer des alternatives à usage pratique pour les producteurs de cacao et d'obtenir un produit possédant des caractéristiques désirables du point de vue de la qualité. Le prototype a été installé dans la coopérative agraire des producteurs de banane, de cacao organique et autres cultures de Piura (ASPROBO). Ce prototype consiste en un système mécanique pour remuer la masse de cacao à basse vitesse (de 5 à 36 rpm), les vitesses nécessaires pour le développement du processus de fermentation. Ce prototype présente en outre l'avantage de pouvoir recueillir le mucilage sécrété pendant les premiers jours de la fermentation afin d'être utilisé pour d'autres applications. Il faut souligner que ce prototype possède un système adéquat d'isolement qui évite des pertes de chaleur et d'humidité des grains, ce qui assure la prolifération des microorganismes responsables du processus. Le recueil des données de la température et des événements ayant lieu pendant la fermentation a été possible grâce à des systèmes imbibés connectés aux divers senseurs faisant partie du prototype. Le système acquiert les données dans un temps d'échantillonnage égal à 10 secondes, et les montre en temps réel par le moyen d'une interface avec un entourage intuitif et simple à utiliser. Ce système permet d'avoir accès au processus à partir d'un site internet afin de faire le suivi, actionner et désactiver les fonctions principales. Afin d'évaluer les résultats, trois lots de 100 kg de grains de cacao ont été fermentés dans le prototype construit et, parallèlement, 500 kg de grains dans des boîtes en bois afin de comparer la température, l'humidité et le pH des deux lots. À la fin de la fermentation, il a été conclu que les températures dans le prototype d'acier inoxydable ont été uniformes dans les différents niveaux de la masse, qu'il y a eu moins d'interférence de la température ambiante sur la masse fermentée, et que les valeurs d'humidité et de PH ont coïncidé avec les rangs établis par plusieurs auteurs internationaux. D'autre part, dans les caisses en bois un gradient significatif de température a été observé dans les différents niveaux de la masse en processus de fermentation, ainsi qu'une plus grande influence de la température ambiante. Ceci a produit un refroidissement significatif des grains pendant la nuit, tout en causant une diminution du pourcentage des grains fermentés et donc de leur qualité.

CACAO FINO Y DE AROMA: UNA ALTERNATIVA PARA LA AGROEXPORTACION

V. Vargas

M. Vásquez

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Resumen

El proyecto se viene ejecutando en la Estación Experimental Agraria Pucallpa, del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en los Anexos Campo Verde Km. 44; Alexander von Humboldt, Km 86 y Pucallpa Km 4, de la carretera Federico Basadre de la Región Ucayali. El clima es cálido y húmedo, con temperaturas entre 20 y 35°C y temperatura promedio de 26°C, precipitación anual de 1750 a 3000 mm. Altitud entre 154 y 350 msnm, latitud sur 08°22'00" y longitud oeste 74°34'00". El área de estudio se ubica en las zonas ecológicas de bosque húmedo tropical (BH-t) a bosque húmedo premontano tropical (bh-pt). El suelo es de tipo Ultisols e Inceptisols, la textura varía de franco-arcilloso-arenoso a franco-arcilloso y el pH de 4.5 a 5 (extremadamente ácido).

El objetivo principal del estudio es mejorar en productividad y calidad de grano seco de cacao, producido y comercializado por las familias rurales amazónicas, mediante la facilitación al acceso de germoplasma local seleccionado por sus características superiores de fino y aroma y mayores rendimientos, lo cual contribuirá a incrementar la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de producción de cacao.

Se identificó las principales zonas cacaoteras de la Amazonia Peruana, con apoyo de las principales instituciones del estado y privados, organizaciones de productores involucrados en el cultivo, lográndose identificar 14 zonas cacaoteras a nivel nacional que sirvió como referencia para realizar la colecta del material genético de cacao.

La selección y colecta del material genético de cacao, se realizó de 11 Regiones donde existen zonas cacaoteras: Tumbes, Piura, Ayacucho, Cuzco, Huánuco, Junín, Pasco, Iquitos, Ucayali, Amazonas y San Martín; y la colecta se realizó de 67 productores, logrando clonar 128 plantas promisorias.

Por la condición de sombreado que requiere el cultivo de cacao, inicialmente se sembró el plátano como sombra variedad bellaco (*Musa* sp) a un distanciamiento de 3 x 3m (1111 plantas /ha) y como sombra permanente se instalaron especies forestales: guaba (*Inga edulis*), tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) y shihuahuaco (*Dipteryx alata* Vogel) a un distanciamiento de 18 m x 18m.

Se logró establecer un banco de germoplasma de cacao fino y de aroma bajo el sistema agroforestal (SAF) que cuenta con 128 clones de cacao y por cada clon se instaló 5 plantas, repetidas en tres localidades diferentes. A cinco meses de trasplantado los clones de cacao, presentan un crecimiento en altura de planta promedio entre 42.8 y 47.3 cm, y diámetro de tallo entre 0.9 a 1.2 cm, no existiendo diferencias significativas por procedencia en ambas características.

Abstract

The project is being implemented at the Pucallpa Agricultural Experimental Station, of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), at the following facilities: Campo Verde Km. 44; Alexander von Humboldt, Km 86 and Pucallpa Km 4, on Federico Basadre road of the Ucayali Region. The climate is hot and humid, with temperatures between 20 and 35°C and average temperature of 26°C, annual rainfall from 1750 to 3000 mm; altitude between 154 and 350 masl, latitude south 08 ° 22'00 "and longitude west 74 ° 34'00". The study area is located in the ecological zones of tropical humid forest (BH-t) to premontane tropical rainforest (bh-pt). Soil type is Ultisols and Inceptisols - texture varies from loamy-clayey-sandy to loamy-clayey, with a pH ranging from 4.5 to 5 (extremely acidic).

This paper chiefly seeks to improve productivity and quality of dry cocoa bean, produced and marketed by rural Amazonian families, by facilitating access to local germplasm selected for its superior fineness and aroma and higher yields, which will contribute to increase profitability and sustainability of cocoa production systems.

The main cocoa areas of the Peruvian Amazon were identified, with the support of the main state and private institutions, as well as producers' organizations involved in the cultivation. Thus, we identified 14 cocoa areas at the national level that served as a reference for the collection of cocoa genetic material.

The selection and collection of cocoa genetic material was carried out in 11 Regions where there are cacao areas: Tumbes, Piura, Ayacucho, Cuzco, Huanuco, Junin, Pasco, Iquitos, Ucayali, Amazonas and San Martin; and samples were taken from 67 producers, thereby cloning 128 promising plants.

Due to the shading condition required for the cultivation of cocoa, bellaco plantain (*Musa* sp) was initially planted as a shadow variety at a distance of 3 x 3m (1,111 plants / ha) and as a permanent shade forest species were installed: guava (*Inga* *edulis*), Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) and shihuahuaco (*Dipteryx alata* Vogel) at a distance of 18 mx 18m.

A genebank of fine cocoa germplasm and aroma was established under the agroforestry system (SAF), which has 128 cacao clones and 5 plants were installed for each clone, repeated in three different locations. Five months after transplanting the cocoa clones, they showed a growth in average plant height between 42.8 and 47.3 cm, and stem diameter between 0.9 and 1.2 cm. There were no significant differences in terms of origin in both characteristics.

Résumé

Ce projet a lieu à la Station Expérimentale Agraire Pucallpa, de l'Institut National pour l'Innovation Agraire (INIA), dans les Annexes de Campo Verde Km. 44; Alexander von Humboldt, Km 86 y Pucallpa Km 4, de la route Federico Basadre de la Région Ucayali. Le climat est chaud et humide, avec des températures entre 20 y 35°C et une température moyenne de 26°C, la précipitation par an est de 1750 à 3000 mm. L'altitude entre 154 y 350 msnm, latitude sud 08°22'00" et longitude ouest 74°34'00". La zone d'étude se trouve dans les zones écologiques qui vont de la forêt humide Tropicale (BH-t) à la forêt humide piedmont tropicale (bh-pt). Le sol est du type Ultisols et Inceptisols, la texture va du fragio-argileux-sablonneux au fragio-argileux et le pH est de 4.5 à 5 (extrêmement acide).

Le but principal de l'étude est l'amélioration de la productivité et la qualité des fèves sèches du cacao, produites et commercialisées par les familles rurales de l'Amazonie, facilitant leur accès à des germoplasmes locaux sélectionnés en raison des caractéristiques supérieures de fin et arôme et de plus haut rendement, ce qui va contribuer à augmenter la rentabilité et durabilité des systèmes de production du cacao.

Grâce à l'appui des institutions du gouvernement et privées et à des organisations de producteurs du cacao, il a été possible d'identifier les zones cacaoyères principales de l'Amazonie Péruvienne, et un total de 14 zones cacaoyères à niveau national ont été choisies comme référence pour mener la collecte du matériel génétique du cacao.

La sélection et la collecte du matériel génétique du cacao ont été menées dans 11 Régions où se trouvent les zones de culture du cacao : Tumbes, Piura, Ayacucho, Cuzco, Huánuco, Junín, Pasco, Iquitos, Ucayali, Amazonas y San Martin; et la collecte a été faite chez 67 producteurs, réussissant le clonage de 128 plantes prometteuses.

En raison de la condition d'ombrage nécessaire aux plantations de cacao, on a planté initialement du platane pour ombrage de variété bellaco (*Musa* sp) à une distance de

3 x 3m (1111 plantes /ha) pour ombrage permanent on a planté des espèces forestières : guaba (*Inga edulis*), tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) et shihuahuaco (*Dipteryx alata* Vogel) à une distance de 18 m x 18m.

On a pu établir une banque de germoplasme du cacao fin et d'arôme sous un système Agro-forestier (SAF) qui compte avec 128 clones du cacao et pour chaque clone on a installé 5 plantes, avec des répétitions dans trois endroits différents. Cinq mois après la transplantation, les clones du cacao présentent une croissance moyenne d'entre 42.8 et 47.3 cm de hauteur et du diamètre de la tige entre 0.9 et 1.2 cm, sans des différences significatives de provenance dans les deux caractéristiques.

COMPARISON OF THE DRYING BEHAVIOR OF FERMENTED COCOA (THEOBROMA CACAO L.) BEANS DRIED IN A COCOA HOUSE, GREENHOUSE AND MECHANICAL OVEN

Saheeda Mujaffar
The University of the West Indies

Abstract

The objective of this study was to compare the drying behavior of fermented cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans dried in a traditional cocoa house replica and greenhouse-type dryer with that of beans dried in a mechanical cabinet oven at 40°C (drying for 8h with a rest period of 16h). Weight measurements were taken at the start of drying and at regular intervals during the drying process, and drying continued until there was no change in bean weight. Moisture content, water activity, pH and color attributes were measured at the start and at the end of drying. Sensory evaluation of the cocoa liquor was done on the dried samples. Initial moisture content of beans averaged 1.04 g H₂O/g DM (50.9% wb). Final (equilibrium) moisture values attained after 274h of drying in the cocoa house and the greenhouse and after 224h of drying in the oven averaged 0.60, 0.70 and 0.50 g H₂O/g DM (2.3-4.6 % wb), respectively. During the first 72h of drying, the decline in moisture content was similar in oven-dried beans and beans dried in the cocoa house, while the decline in moisture in beans dried in the greenhouse was not as pronounced. The industry-accepted moisture of 6-8% (wb) was attained after 116, 151 and 102h of drying for beans dried in the cocoa house, greenhouse and oven, respectively. Drying rate constants for the first day of drying in the cocoa house, greenhouse and oven averaged 0.1194, 0.0840 and 0.1124, respectively, and diffusivity values averaged 3.36, 2.37 and 3.17 x 10⁻¹⁰ m²/s. Moisture ratio curves were successfully modelled using the Modified Henderson and Pabis thin layer model. With respect to quality attributes, the pH of the cotyledon and testa of fresh (undried) beans averaged 4.98 and 4.86, respectively. Cotyledon pH did not change significantly with drying method, but was highest at 5.22 in oven dried beans. The pH of the testa of beans dried in the greenhouse was significantly higher than for the other drying methods. Compared with the fresh beans, colour as determined by Hue angle was higher in dried beans, with no effect of drying method seen. The results of the sensory evaluation exercise revealed very little differences in bean acidity and astringency, with beans dried in the cocoa house obtaining a moderately higher score for cocoa flavor compared with beans dried in the greenhouse and in the oven.

Résumé

L'objectif de cette étude était celle de comparer le comportement du séchage des fèves de cacao fermentées (*Theobroma cacao* L.) fermenté, séchées dans une réplique d'une maison de cacao traditionnelle et dans un séchoir à effet de serre avec celui des graines séchées dans un four mécanique à 40°C (séchage pendant 8 heures avec une période de repos de 16 heures). Les mesures de poids ont été prises au début du séchage et à intervalles réguliers pendant le processus de séchage, et le séchage s'est poursuivi jusqu'à ce qu'il n'y ait pas de changement dans le poids du grain. La teneur en humidité, l'activité de l'eau, le pH et les attributs de couleur ont été mesurés au début et à la fin du séchage. L'évaluation sensorielle de la liqueur de cacao a été réalisée sur les échantillons secs. La teneur en humidité initiale des grains est en moyenne de 1,04 g H₂O/g DM (50,9% wb). Les valeurs d'humidité finales (équilibre) atteintes après 274 heures de séchage dans la maison de cacao et dans la serre et après 224 heures de séchage dans le four en moyenne il y a eu 0,60, 0,70 et 0,50 g de H₂O/g de DM (2,3-4,6% en poids), respectivement. Pendant les 72 premières heures de séchage, la diminution de la teneur en humidité était similaire dans les fèves séchées au four et dans les fèves séchées à la maison de cacao, tandis que la diminution de l'humidité dans les fèves séchées à la serre n'était pas aussi prononcée. L'humidité acceptée par l'industrie de 6-8% (wb) a été atteinte après 116, 151 et 102

heures de séchage pour les grains secs à la maison de cacao, serre et four, respectivement. Les constantes de vitesse de séchage pour le premier jour de séchage à la maison du cacao, serre et le four se situaient en moyenne à 0.1194, 0.0840 et 0.1124 respectivement, et les valeurs de diffusivité étaient en moyenne de 3.36, 2.37 et $3.17 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. Les courbes de relation d'humidité ont été modélisées avec succès en utilisant le modèle modifié de couche fine de Henderson et Pabis. En ce qui concerne les attributs de qualité, le pH du cotylédon et de la tête des grains frais (sans sécher) était en moyenne de 4,98 et de 4,86, respectivement. Le pH des cotylédons n'a pas changé de manière significative avec la méthode de séchage, mais a été plus élevé à 5,22 dans les grains secs. Le pH de la tête des grains secs dans la serre était significativement plus élevé pour les autres méthodes de séchage. En comparaison avec les grains frais, la couleur déterminée par l'angle de Hue était plus élevée dans les grains secs, sans que l'effet de la méthode de séchage soit observé. Les résultats de l'exercice d'évaluation sensorielle ont révélé très peu de différences dans l'acidité et l'astringence du grain, obtenant un score modérément plus élevé pour le goût du cacao dans les fèves séchées à la maison de cacao que dans les fèves séchées à la serre et au four.

Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar el comportamiento de secado de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) fermentado, secados en una réplica de una casa de cacao tradicional y en un secador tipo invernadero con el de granos secados en un horno mecánico a 40 ° C (secado durante 8 horas con un período de descanso de 16 horas). Las mediciones de peso se tomaron al comienzo del secado y a intervalos regulares durante el proceso de secado, y el secado continuó hasta que no hubo cambios en el peso del grano. El contenido de humedad, la actividad del agua, el pH y los atributos de color se midieron al inicio y al final del secado. La evaluación sensorial del licor de cacao se realizó en las muestras secas. El contenido inicial de humedad de los granos promedió 1.04 g H₂O/g DM (50.9% wb). Los valores de humedad final (equilibrio) alcanzados después de 274 horas de secado en la casa de cacao y el invernadero y después de 224 horas de secado en el horno promediaron 0,60, 0,70 y 0,50 g de H₂O/g de DM (2,3-4,6% wb), respectivamente. Durante las primeras 72 horas de secado, la disminución en el contenido de humedad fue similar en granos secados en el horno y granos secados en la casa de cacao, mientras que la disminución en la humedad en los granos secados en el invernadero no fue tan pronunciada. La humedad aceptada por la industria de 6-8% (wb) se alcanzó después de 116, 151 y 102 horas de secado para los granos secados en la casa de cacao, invernadero y horno, respectivamente. Las constantes de velocidad de secado para el primer día de secado en la casa de cacao, invernadero y horno promediaron 0.1194, 0.0840 y 0.1124 respectivamente, y los valores de difusividad promediaron 3.36, 2.37 y $3.17 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. Las curvas de la relación de humedad se modelaron exitosamente utilizando el modelo modificado de capa fina de Henderson y Pabis. Con respecto a los atributos de calidad, el pH del cotiledón y la cabeza de los granos frescos (sin secar) promedió 4.98 y 4.86, respectivamente. El pH de los cotiledones no cambió significativamente con el método de secado, pero fue más alto a 5.22 en los granos secos. El pH de la cabeza de los granos secos en el invernadero fue significativamente mayor que para los otros métodos de secado. En comparación con los granos frescos, el color determinado por el ángulo de Hue fue mayor en los granos secos, sin que se haya observado el efecto del método de secado. Los resultados del ejercicio de evaluación sensorial revelaron muy pocas diferencias en la acidez y astringencia del grano, obteniendo los granos secados en la casa de cacao un puntaje moderadamente más alto para el sabor del cacao en comparación con los granos secados en el invernadero y en el horno.

STATUS OF OCHRATOXIN A IN SEEMINGLY HEALTHY STORED COCOA BEANS SAMPLED ACROSS HARVEST SEASONS IN SOUTHWEST NIGERIA

Oluwaseun Kolawole
Rukayat Adenike Salawu
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

Cocoa is one of the major commodities exported from Nigeria and serves as an important source of revenue for the country. The processing conditions of cocoa are not strictly controlled, thus fungal contamination is inevitable at several critical points in the cocoa production chain. These fungi, especially species from the genera *Penicillium* and *Aspergillus*, produce mycotoxins that are capable of causing damages to humans and animals when ingested in foods and feeds respectively. Among these mycotoxins, ochratoxin A (OTA) is of vital interest, given its toxicity and high frequency of occurrence. The contamination of cocoa beans by OTA at concentration above the regulatory limits by the EU and other countries is of major concern. Consequently, it is a priority to routinely evaluate the safety of cocoa beans produced in relation to quantity of OTA present with the view of reducing OTA contamination. Therefore, this present work was carried out to assess the levels of OTA in stored cocoa beans in southwest Nigeria. The cocoa beans samples for this study were collected randomly from seemingly healthy cocoa beans in six states over two cocoa harvest seasons; the main and the light harvest. A solid phase direct enzyme immunoassay in Helica Biosystems commercial kit was used to quantify OTA in 190 cocoa beans samples. The result showed that 82% of the samples were contaminated with OTA with concentrations ranging from 1.08 mg/kg - 45.24 mg/kg. Out of 190 samples analyzed, 51.58% exceeded the established European Commission 2 mg maximum limit of OTA in raw materials for manufacturing cocoa products. There was significant difference in OTA levels found among cocoa beans collected in the two harvest seasons ($p > 0.05$). However, the knowledge of OTA occurrences in stored cocoa beans and the disparity in concentrations across harvest seasons provide data that is imperative and insightful to reducing OTA contamination in cocoa beans through intervention schemes that take into cognizance, creation of awareness and training of farmers on good agricultural practices pertaining to cocoa production chain as well as subsidizing the uptake of improved cocoa beans dryer technologies by farmers.

Résumé

Le cacao est l'un des principaux produits de base du Nigéria exportés et constitue une importante source de revenus pour le pays. Les conditions de traitement du cacao ne sont pas strictement contrôlées, de sorte qu'une contamination par des champignons est inévitable dans plusieurs points critiques de la chaîne de production du cacao. Ces champignons, en particulier les espèces des genres *Penicillium* et *Aspergillus*, produisent des mycotoxines qui sont capables de causer des dommages aux humains et aux animaux lorsqu'ils sont ingérés dans des aliments et des aliments pour animaux, respectivement. Parmi ces mycotoxines, l'Ochratoxine A (OTA) est d'un intérêt vital, compte tenu de sa toxicité et de sa fréquence élevée d'apparition. La contamination des fèves de cacao par l'OTA à une concentration supérieure aux limites réglementaires de l'UE et d'autres pays est très préoccupante. Par conséquent, il est prioritaire d'évaluer systématiquement la sécurité des fèves de cacao produites par rapport à la quantité d'OTA présente afin de réduire la contamination par l'OTA. Par conséquent, ce travail a été effectué pour évaluer les niveaux d'OTA dans les fèves de cacao stockées dans le sud-ouest du Nigeria. Les échantillons de cacao en grains pour cette étude ont été collectés au hasard à partir de fèves de cacao apparemment saines dans six états pendant deux saisons de récolte de cacao; la récolte principale et la légère. Un immunodosage enzymatique directe en phase solide a été utilisé dans le kit commercial de Helica Biosystems pour quantifier l'OTA dans 190 échantillons de

fèves de cacao. Le résultat a montré que 82% des échantillons étaient contaminés par l'OTA avec des concentrations allant de 1,08 µg / kg à 45,24 µg / kg. Sur les 190 échantillons analysés, le 51,58% a dépassé la limite maximale établie par la Commission Européenne de 2 mg d'OTA dans des matières premières pour la fabrication de produits à base de cacao. y a eu une différence significative dans les niveaux d'OTA trouvés parmi les fèves de cacao récoltées lors des deux saisons de récolte ($p > 0,05$). Cependant, la connaissance des occurrences d'OTA dans les fèves de cacao stockées et la disparité des concentrations pendant les saisons de récolte fournissent des données qui sont impératives et perspicaces pour réduire la contamination d'OTA dans les fèves de cacao par des schémas d'intervention qui tiennent compte de la création de conscience et de la formation des agriculteurs aux bonnes pratiques agricoles liées à la chaîne de production du cacao, ainsi que des subventions pour l'incorporation de technologies améliorées de séchage du cacao en graines de la part des agriculteurs.

Resumen

El cacao es uno de los principales productos básicos exportados desde Nigeria y sirve como una importante fuente de ingresos para el país. Las condiciones de procesamiento del cacao no están estrictamente controladas, por lo que la contaminación por hongos es inevitable en varios puntos críticos de la cadena de producción del cacao. Estos hongos, especialmente las especies de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*, producen micotoxinas que son capaces de causar daños a humanos y animales cuando se ingieren en alimentos y piensos, respectivamente. Entre estas micotoxinas, la Ocratoxina A (OTA) es de vital interés, dada su toxicidad y alta frecuencia de ocurrencia. La contaminación de los granos de cacao por la OTA a una concentración superior a los límites reglamentarios de la UE y otros países es motivo de gran preocupación. En consecuencia, es una prioridad evaluar sistemáticamente la seguridad de los granos de cacao producidos en relación con la cantidad de OTA presente con el objetivo de reducir la contaminación por OTA. Por lo tanto, este trabajo se llevó a cabo para evaluar los niveles de OTA en granos de cacao almacenados en el suroeste de Nigeria. Las muestras de cacao en grano para este estudio fueron recolectadas al azar de granos de cacao aparentemente sanos en seis estados durante dos temporadas de cosecha de cacao; la cosecha principal y la ligera. Se usó un inmunoensayo enzimático directo en fase sólida en el kit comercial de Helica Biosystems para cuantificar la OTA en 190 muestras de granos de cacao. El resultado mostró que el 82% de las muestras estaban contaminadas con OTA con concentraciones que varían de 1.08 mg / kg a 45.24 mg / kg. De las 190 muestras analizadas, el 51.58% excedió el límite máximo establecido por la Comisión Europea de 2 mg de OTA en materias primas para la fabricación de productos de cacao. Hubo una diferencia significativa en los niveles de OTA encontrados entre los granos de cacao recolectados en las dos temporadas de cosecha ($p > 0.05$). Sin embargo, el conocimiento de ocurrencias de OTA en granos de cacao almacenados y la disparidad en las concentraciones durante las temporadas de cosecha proporcionan datos que son imperativos y perspicaces para reducir la contaminación por OTA en granos de cacao mediante esquemas de intervención que toman en cuenta la creación de conciencia y capacitación de los agricultores en buenas prácticas agrícolas relacionadas con la cadena de producción de cacao, así como subsidios a la incorporación de tecnologías mejoradas de secado de cacao en grano por parte de los agricultores.

SENSORY AND GC-O ANALYSES OF COCOA AND CHOCOLATE ALONG THE COCOA PRODUCTION CHAIN

Stephanie Nottelmann

B. Bisping, D. Kadow, Ch. Krabbe, A. Krähmer, S. Rohn, B. Rudolph, F. Tietz, K. Zug, F. Sobotta, C. v. Wallbrunn, K. Riehn

Department Nutrition & Home Economics, Faculty of Life Sciences, Hamburg University of Applied Sciences, (HAW)

Abstract

Introduction: The identification of flavor and aroma relevant components in cocoa pulp and seeds, raw cacao, and cocoa based products is a key point in the field of cocoa research. There is strong evidence that the genotype, the fermentation conditions, and the post-harvest processing have a significant impact on the flavor development in cocoa. To further enlighten these correlations the CORNET project “Quality improved Cocoa and Cocoa-based Products with Flavor Profiles on Demand – From Farm to Chocolate Bar” (Federal Funding Advisory Service on Research and Innovation (IGF) Project No. 169EN/2 funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) through the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) represented by the Research Association of the German Food Industry (FEI)) aims at investigating the sensory profiles of established as well as novel cocoa genotypes from four selected Peruvian cocoa farms that are exposed to different fermentation conditions and post harvest treatments. **Methods:** To ensure a high level of internal and external validity and reliability of the results, an international sensory panel with experts in the field of cocoa production and research was recruited and trained on the basis of a newly developed standardized protocol for molded liquors. Established protocols normally focus on the evaluation of liquid liquors only. The training involves both, traditional sensory tests as well as gas-chromatography olfactometry methods for detecting and evaluating aroma as well as flavor-relevant components. **Expected Results and Discussion:** Combined with compound characterization, the project aims to generate a new sensory evaluation procedure and a related assessment scheme for cocoa and cocoa products. These tools can be used to guarantee a quality based cocoa and chocolate production with flavor profiles on demand from bean to chocolate. The new protocol enables experts to perform sensory analyses all over the world with a higher comparability between the results. A key factor for that is, besides a standardized protocol, the tasting of molded cocoa liquors.

Résumé

Introduction: L'identification des composantes importantes de la saveur et de l'arôme dans la pulpe et dans les graines de cacao, dans le cacao brut et dans les produits à base de cacao est un point clé dans le domaine de la recherche sur le cacao. Il existe des preuves solides que le génotype, les conditions de fermentation et le traitement post-récolte ont un impact significatif dans le développement des arômes dans le cacao. **Méthodes:** Pour clarifier davantage ces corrélations, le projet CORNET «Cacao de Qualité Améliorée et Produits à Base de Cacao avec des Profils de Saveur à Demande - De la Ferme à la Barre de Chocolat» (Service de Conseil Financier Fédéral sur la Recherche et l'Innovation (IGF) Projet N° 169EN/2 financé par le Ministère Fédéral des Affaires Économie et de l'Énergie (BMWi) via la Fédération Allemande des Associations de Recherche Industrielle (AiF) représentée par l'Association de Recherche de l'Industrie Alimentaire Allemande (FEI) qui a comme objectif la recherche des profils sensoriels des génotypes de cacao établis et nouveaux de quatre fermes de cacao sélectionnées au Pérou qui sont exposées à différentes conditions de fermentation et de traitements post-récolte. Afin d'assurer un niveau élevé de validité interne et externe et de fiabilité des résultats, un panel sensoriel international composé d'experts dans le domaine de la production et de la recherche du cacao qui a été recruté et formé sur la base d'un protocole standardisé récemment élaboré pour des liqueurs moulées. Les protocoles établis normalement se concentrent sur

l'évaluation des liqueurs liquides seulement. La formation comprend à la fois des tests sensoriels traditionnels tels que les méthodes d'olfactométrie par chromatographie de gaz pour détecter et évaluer l'arôme, ainsi que les composants pertinents pour le goût. Résultats Attendus et Discussion: Combiné avec la caractérisation des composés, le projet a comme objectif de générer une nouvelle procédure d'évaluation sensorielle et un schéma d'évaluation en relation pour le cacao et pour les produits de cacao. Ces outils peuvent être utilisés pour garantir une production basée sur la qualité du cacao et du chocolat avec des profils de saveur à la demande du grain au chocolat. Le nouveau protocole permet aux experts d'effectuer des analyses sensorielles dans le monde entier avec une plus grande comparabilité entre les résultats. Un facteur clé pour cela c'est, en plus d'un protocole standardisé, la dégustation de liqueurs de cacao moulées.

Resumen

Introducción: La identificación de componentes relevantes de sabor y aroma en pulpa y semillas de cacao, cacao crudo y productos a base de cacao es un punto clave en el campo de la investigación del cacao. Existe una fuerte evidencia de que el genotipo, las condiciones de fermentación y el procesamiento posterior a la cosecha tienen un impacto significativo en el desarrollo del sabor en el cacao. Para esclarecer aún más estas correlaciones, el proyecto CORNET "Cacao de Calidad Mejorada y Productos Basados en el Cacao con Perfiles de Sabor a Pedido - De la Granja a la Barra de Chocolate" (Servicio de Asesoría Financiera Federal sobre Investigación e Innovación (IGF) Proyecto N ° 169EN/2 financiado por El Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía (BMWi) a través de la Federación Alemana de Asociaciones de Investigación Industrial (AiF) representada por la Asociación de Investigación de la Industria Alimentaria Alemana (FEI) tiene como objetivo investigar los perfiles sensoriales de los genotipos de cacao establecidos y nuevos de cuatro fincas de cacao seleccionadas en Perú que están expuestas a diferentes condiciones de fermentación y tratamientos posteriores a la cosecha. **Métodos:** Para garantizar un alto nivel de validez interna y externa y confiabilidad de los resultados, un panel sensorial internacional con expertos en el campo de la producción e investigación de cacao fue reclutado y entrenado sobre la base de un protocolo estandarizado recientemente desarrollado para licores moldeados. Los protocolos establecidos normalmente se centran en la evaluación de licores líquidos únicamente. El entrenamiento incluye tanto pruebas sensoriales tradicionales como métodos de olfatometría por cromatografía de gases para detectar y evaluar el aroma, así como los componentes relevantes para el sabor. **Resultados Esperados y Discusión:** Combinado con la caracterización de compuestos, el proyecto tiene como objetivo generar un nuevo procedimiento de evaluación sensorial y un esquema de evaluación relacionado para el cacao y los productos de cacao. Estas herramientas se pueden utilizar para garantizar una producción basada en la calidad del cacao y el chocolate con perfiles de sabor a demanda del grano al chocolate. El nuevo protocolo permite a los expertos realizar análisis sensoriales en todo el mundo con una mayor comparabilidad entre los resultados. Un factor clave para eso es, además de un protocolo estandarizado, la degustación de licores de cacao moldeados.

FUNGAL AND BACTERIAL METABOLITES CONTAMINATION OF COCOA BEANS IN THREE AGRO ECOLOGICAL ZONES OF NIGERIA

Shamsideen Aroyeun
Michael Sulyok, Benedikt Warth

Cocoa Research Institute Of Nigeria (CRIN)

Abstract

A survey was undertaken of a total of 150 farmers, 50 from each of the three studied agroecological zones of Nigeria : Humid Forest (HF), Derived Savannah (DS) and Southern Guinea Savannah (SGS), to determine local post-harvest management practices associated with fungal and bacterial metabolites in cocoa beans. Data on practices (collected using a structured questionnaire) on cocoa beans samples were obtained from each of the 150 farmers using a purposive random sampling techniques. All the fungal and bacterial metabolites were detected using a Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS) method. The possible relationships between the fermentation, drying and storage of cocoa beans across all the three agro ecological zones and levels of fungal and bacterial metabolites were also evaluated. A total of 81 metabolites were detected out of which Fifty seven fungal and three bacterial metabolites were extracted from the beans, Among the 57 fungal metabolites detected, 55 of these have not been documented for cocoa beans in Nigeria or elsewhere while this is the first report of bacterial metabolites in cocoa beans. Aflatoxin B1 and fB2 were quantified in 10.5 % and 8.8% % of the beans, while 83.3% of Afb1 exceeded the European Union Commission maximum acceptable limit (MAL) of 2 ug/kg. Ochratoxin A contamination of cocoa beans were found at different levels with a range of 1.01ug/kg and 10.95ug/kg. The concentration of Zearalenone was, however, below the MAL with occurrence levels of 24.6% similar to the percentage occurrence of ochratoxin A (24.6%) which ranged between 0.51ug/kg and 19.66ug/kg. Ochratoxin B was also found at a significantly lower level (3.5%) in the analysed cocoa samples.. Fifty percent of ochratoxin A detected were higher than the EU regulatory limit of 5ug/kg for OTA in cocoa beans. The bacterial metabolites had low concentrations as only 3 out of all the 81 metabolites were detected. The incidence of Nonactin 1, Monactin 1 and Gendanamycin1 occurred at 84.2%, 40.4% and 5.3% respectively. All these three bacterial metabolites were found at a significantly low level and as such were not a source of concern. The fermentation type, drying method and their durations significantly correlated positively or negatively.

Résumé

Une enquête a été menée sur un total de 150 agriculteurs, 50 de chacune des trois zones agro-écologiques étudiées au Nigeria: Forêt Humide (BH), Savane Dérivée (SD) et Savane Méridionale de Guinée (SMG), pour déterminer les pratiques locales de manutention post-récolte. Associée à des métabolites fongiques et bactériens dans des fèves de cacao. Des données ont été collectées sur les pratiques (collectées à travers un questionnaire structuré) sur les échantillons de fèves de cacao de chacun des 150 agriculteurs en utilisant des techniques d'échantillonnage aléatoires intentionnées. Tous les métabolites fongiques et bactériens ont été détectés en utilisant une méthode de Chromatographie Liquide-Spectrométrie de Masse Tandem (LC/MS/MS). Les possibles relations entre la fermentation, le séchage et le stockage des fèves de cacao dans les trois zones agro-écologiques et les niveaux de métabolites fongiques et bactériens ont été également évalués. 81 métabolites ont été détectés, dont cinquante-sept métabolites fongiques et trois métabolites bactériens ont été extraits des grains. Parmi les 57 métabolites fongiques détectés, 55 n'ont pas été documentés pour les fèves de cacao au Nigeria ou ailleurs, par conséquent, c'est le premier rapport de métabolites bactériens dans les fèves de cacao. L'aflatoxine B1 et fB2 ont été quantifiées en 10,5% et 8,8% des grains, tandis

que 83,3% des Afb1 a dépassé la limite maximale acceptable (LMA) de la Commission Européenne de 2 µg/kg. Différents niveaux de contamination des fèves de cacao ont été trouvés avec de l'ochratoxine A avec une gamme de 1,01 µg/kg et 10,95 µg/kg. La concentration de zéaralénone était, cependant, inférieure à la LAM avec des taux de fréquence de 24,6%, ce qui est similaire à la fréquence de pourcentage d'ochratoxine A (24,6%) qui se situait entre 0,51 et 19,66 µg/kg. L'ochratoxine B a également été trouvée à un niveau significativement plus faible (3,5%) dans les échantillons de cacao analysés. Cinquante pour cent de l'ochratoxine A détectée était supérieure à la limite réglementaire de l'UE de 5 µg/kg pour l'OTA dans les fèves de cacao. Les métabolites bactériens avaient de faibles concentrations puisque seulement 3 des 81 métabolites ont été détectés. L'incidence de Nonactin 1, Monactin 1 et Gendanamycin 1 s'est produite dans 84,2%, 40,4% et 5,3% respectivement. Tous ces trois métabolites bactériens ont été trouvés à un niveau significativement bas et, en tant que tels, ils ne représentaient pas préoccupation. Le type de fermentation, la méthode de séchage et ses durées étaient significativement corrélés positivement ou négativement.

Resumen

Se realizó una encuesta a un total de 150 agricultores, 50 de cada una de las tres zonas agroecológicas estudiadas de Nigeria: Bosque Húmedo (BH), Sabana Derivada (SD) y Sabana Meridional de Guinea (SMG), para determinar las prácticas locales de manejo poscosecha, asociado con metabolitos fúngicos y bacterianos en granos de cacao. Se obtuvieron datos sobre las prácticas (recopilados mediante un cuestionario estructurado) sobre las muestras de cacao en grano de cada uno de los 150 agricultores utilizando técnicas de muestreo aleatorias intencionadas. Todos los metabolitos fúngicos y bacterianos fueron detectados usando un método de Cromatografía Líquida-Espectrometría de Masas Tándem (LC/MS/MS). Las posibles relaciones entre la fermentación, secado y almacenamiento de granos de cacao en las tres zonas agroecológicas y niveles de metabolitos fúngicos y bacterianos también se evaluaron. Se detectaron 81 metabolitos, de los cuales cincuenta y siete metabolitos fúngicos y tres bacterianos se extrajeron de los granos. Dentro de los 57 metabolitos fúngicos detectados, 55 no se han documentado para granos de cacao en Nigeria o en otros lugares, por lo tanto, este es el primer informe de metabolitos bacterianos en granos de cacao. La aflatoxina B1 y FB2 se cuantificaron en 10.5% y 8.8% de los granos, mientras que 83.3% de Afb1 excedió el límite máximo aceptable (LMA) de la Comisión Europea de 2 µg/kg. Se encontraron diferentes niveles de contaminación de granos de cacao con Ocratoxina A con un rango de 1.01 µg/kg y 10.95 µg/kg. La concentración de Zearalenona estaba, sin embargo, por debajo del LMA con niveles de ocurrencia del 24.6% similares a la ocurrencia porcentual de ocratoxina A (24.6%) que oscilaba entre 0.51 µg/kg y 19.66 µg/kg. La ocratoxina B también se encontró a un nivel significativamente más bajo (3,5%) en las muestras de cacao analizadas. El cincuenta por ciento de la ocratoxina A detectada fue superior al límite reglamentario de la UE de 5 µg/kg para la OTA en los granos de cacao. Los metabolitos bacterianos tenían concentraciones bajas ya que solo se detectaron 3 de los 81 metabolitos. La incidencia de Nonactin 1, Monactin 1 y Gendanamycin 1 ocurrió en 84.2%, 40.4% y 5.3% respectivamente. Todos estos tres metabolitos bacterianos se encontraron en un nivel significativamente bajo y, como tales, no fueron motivo de preocupación. El tipo de fermentación, el método de secado y sus duraciones se correlacionaron significativamente positiva o negativamente.

AN ASSESSMENT OF THE EFFECT OF CINNAMON SPICE ON COCOA NIBS (THEOBROMA CACAO L.) - AN APPROACH TO CHANGE FLAVOR IN STORED ROASTED COCOA NIBS

Matthew Escalante

Gerrit Meerdink, Pathmanathan Umaharan

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC-UWI)

Abstract

The final flavour of fermented and dried cocoa has the potential to be manipulated at every stage of processing. The objective of this experiment was to determine whether the intrinsic flavour of 100g batches of roasted cocoa nibs could be altered to have a favourable cocoa cinnamon flavour by exposure of nibs to cinnamon sticks. Nibs were surrounded with cinnamon bark sticks at different concentration levels of 2g (2%), 10g (10%) and 25g (25%) per 100 g and stored either under aerated storage containers or in vacuum sealed storage bags. The time of exposure was also altered by sampling batches at five time intervals or infusion days, day 3, 7, 14, 28, 56. The treatments were arranged in factorial structure and replicated twice. A trained sensory panel was used to test the samples via descriptive sensory evaluation on a 10-point hedonic scale with an overall score and uniqueness evaluation of each sample. The Spice flavour note, which was identified as a distinctively cinnamon note by the panellists, showed a significant (Parch indicated that the 25% infusions and vacuum treatment give or created a novel favourable and unique liquor (product) that is infused with cinnamon that has market potential for small to medium size chocolate makers and chefs.

Résumé

Le goût final du cacao fermenté et sec a le potentiel d'être manipulé dans chaque étape du traitement. L'objectif de cette expérience était de déterminer si l'arôme intrinsèque des lots de 100 g de becs de cacao torréfiées pouvait être modifié pour avoir un goût favorable de cacao et de cannelle par l'exposition des becs aux bâtons de cannelle. Les becs étaient entourées de barres d'écorce de cannelle à différents niveaux de concentration de 2 g (2%), 10 g (10%) et 25 g (25%) par 100 g et sont stockées dans des récipients de stockage aérés ou dans des sacs de stockage sous vide. Le temps d'exposition a également été modifié par les lots d'échantillonnage dans cinq intervalles de temps ou jours d'infusion, jours 3, 7, 14, 28, 56. Les traitements se sont organisés en structure factorielle et se sont répliqués deux fois. Un panel sensoriel entraîné a été utilisé pour évaluer les échantillons au moyen d'une évaluation sensorielle descriptive sur une échelle hédonique de 10 points avec un score général et avec une évaluation de la singularité de chaque échantillon. La note de saveur de l'épice, que les panélistes ont identifié comme une note distinctive de la cannelle, a montré un résultat significatif. Le séchage a indiqué que le 25% des infusions et le traitement sous vide ont donné ou ont créé une liqueur innovante (produit) favorable et unique mélangée avec de la cannelle qui présente un potentiel de marché pour des petits et de moyens fabricants et les chefs de chocolat.

Resumen

El sabor final del cacao fermentado y seco tiene el potencial de ser manipulado en cada etapa del procesamiento. El objetivo de este experimento fue determinar si el sabor intrínseco de los lotes de 100 g de plumillas de cacao tostadas podría alterarse para tener un sabor favorable de cacao y canela mediante la exposición de las plumillas a las ramas de canela. Las plumillas se rodearon con barras de corteza de canela a diferentes niveles de concentración de 2 g (2%), 10 g (10%) y 25 g (25%) por 100 g y se almacenaron en recipientes de almacenamiento aireados o en bolsas de almacenamiento selladas al vacío. El tiempo de exposición también se alteró por lotes de muestreo en cinco intervalos de tiempo o días de infusión, día 3, 7, 14, 28, 56. Los tratamientos se organizaron en estructura factorial y se replicaron dos veces. Se utilizó un panel sensorial entrenado para evaluar las muestras a través de una evaluación sensorial descriptiva en una escala hedónica de 10 puntos con un puntaje

general y una evaluación de singularidad de cada muestra. La nota de sabor de la especia, que los panelistas identificaron como una nota distintiva de canela, mostró un significativo resultado. El secado indicó que el 25% de las infusiones y el tratamiento al vacío dieron o crearon un novedoso licor (producto) favorable y único mezclado con canela que tiene potencial de mercado para pequeños a medianos fabricantes y chefs de chocolate.

THE VARIETAL EFFECT ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF CACAO (THEOBROMA CACAO L.) PULP

Rena Kalloo
Cocoa Research Centre

Abstract

Cacao pulp has been shown to contribute flavours at fermentation that become expressed in cocoa liquors and chocolates. The chemical composition of cacao pulp has been determined either on a bulked basis or from a few named accessions with little information on genotypic variability of pulp characteristics. This preliminary study sought to investigate what chemical differences exist among the pulp of select cacao varieties.

The natural variation of the germplasm at the International Cocoa Genebank Trinidad was used for the experiment design of eight chemical properties of cacao pulp from 30 accessions spread evenly across five genetic groups – Guiana Iquitos Maraón Refractario Group 1 and Refractario Group 2. The pulp from the fruits of a particular tree was extracted by a hand squeeze method and the extracts bulked. Samples from individual trees accessions and genetic groups were assessed separately. The samples were evaluated for pH conductivity salinity total dissolved solids vitamin C total titratable acidity reducing sugars and total sugar content.

The percentage yield of cacao pulp across all cacao accessions ranged from $15.7\% \pm 0.22$ to $35.6\% \pm 0.32$. ANOVA analysis showed that accession variation was significant for all the evaluated chemical properties excluding reducing sugar for Refractario Group 2 as well as pH and total titratable acidity for Iquitos. The highest trait values were obtained in PA 169 for pH (3.94); AM 2/12 for conductivity (3413 μ S) salinity (1706 ppm) and TDS (2426 ppm); IMC 55 for vitamin C (50.0 mg/L) and total sugar 214.6 g/L; LP 3/29 for TTA (15.9 Eq citric acid/L) and PA 51 for reducing sugar (228.3 g/L). The variation among genetic groups for cacao pulp was also significant at the 0.1% level for all the investigated chemical properties.

Genetic group and accession variation in cacao pulp chemistry was found in this study. This would impact the cacao fermentation and by – product industries and therefore careful consideration of pulp utilisation must be made to obtain optimal results.

Résumé

Il a été prouvé que la pulpe de cacao fournit des arômes dans la fermentation qui sont exprimés dans les liqueurs de cacao et de chocolat. La composition chimique de la pulpe de cacao a été déterminée en vrac ou à partir de certaines accessions nommées avec peu d'informations sur la variabilité génotypique des caractéristiques de la pulpe. Cette étude préliminaire a cherché à étudier les différences chimiques qui existent entre la pulpe de certaines variétés de cacao.

La variation naturelle du matériel génétique dans la Banque Internationale de Gènes de Cacao de Trinidad a été utilisée pour concevoir l'expérience de huit propriétés chimiques de la pulpe de cacao de 30 accessions également réparties entre cinq groupes génétiques: Guyanes, Iquitos, Maraón, Groupe Réfractaire 1 et Groupe Réfractaire 2. La pulpe des fruits d'un arbre particulier a été extraite par une méthode de compression manuelle et les extraits se sont combinés. Les échantillons d'accessions d'arbres individuels et de groupes génétiques se sont évalués séparément. Les échantillons ont été évalués pour le pH, la conductivité, la salinité, les solides totaux dissous, la vitamine C, l'acidité totale quantifiable, les sucres réducteurs et la teneur en sucre total.

Le pourcentage de rendement de la pulpe de cacao dans toutes les accessions de cacao a varié de $15,7\% \pm 0,22$ à $35,6\% \pm 0,32$. L'analyse ANOVA a montré que la

variation de l'accession a été significative pour toutes les propriétés chimiques évaluées, à l'exclusion du sucre réducteur pour le groupe réfractaire 2, ainsi que du pH et de l'acidité totale quantifiable pour Iquitos. Les valeurs de caractère les plus élevés ont été obtenus dans PA 169 pour le pH (3,94); AM 2/12 pour la conductivité (3413 μ S), la salinité (1706 ppm) et TDS (2426 ppm); IMC 55 pour la vitamine C (50,0 mg / L) et le sucre total 214,6 g/L; LP 3/29 pour le TTA (15,9 Eq d'acide citrique/L) et PA 51 pour le sucre réducteur (228,3 g/L). La variation entre les groupes génétiques pour la pulpe de cacao a également été significative au niveau de 0,1% pour toutes les propriétés chimiques étudiées.

La variation du groupe génétique et de l'accession dans la chimie de la pulpe de cacao a été trouvée dans cette étude. Cela affecterait la fermentation du cacao et les industries de sous-produits et, par conséquent, il faut considérer soigneusement l'utilisation de la pulpe pour obtenir de résultats optimaux.

Resumen

Se ha demostrado que la pulpa de cacao aporta sabores en la fermentación que se expresan en licores de cacao y chocolates. La composición química de la pulpa de cacao se ha determinado a granel o de algunas accesiones nombradas con poca información sobre la variabilidad genotípica de las características de la pulpa. Este estudio preliminar buscó investigar qué diferencias químicas existen entre la pulpa de ciertas variedades de cacao.

La variación natural del germoplasma en el Banco Internacional de Genes de Cacao de Trinidad se utilizó para el diseño del experimento de ocho propiedades químicas de la pulpa de cacao de 30 accesiones distribuidas uniformemente entre cinco grupos genéticos: Guayanas, Iquitos, Maraón, Refractario Grupo 1 y Refractario Grupo 2. La pulpa de los frutos de un árbol en particular se extrajo mediante un método de compresión de manos y los extractos se combinaron. Las muestras de accesiones de árboles individuales y grupos genéticos se evaluaron por separado. Las muestras se evaluaron para pH, conductividad, salinidad, sólidos totales disueltos, vitamina C, acidez total valorable, azúcares reductores y contenido total de azúcar.

El rendimiento porcentual de la pulpa de cacao en todas las accesiones de cacao varió de 15.7% $\pm$ 0.22 a 35.6% $\pm$ 0.32. El análisis ANOVA mostró que la variación de la accesión fue significativa para todas las propiedades químicas evaluadas, excluyendo el azúcar reductor para el Refractario Grupo 2, así como el pH y la acidez total valorable para Iquitos. Los valores de rasgo más altos se obtuvieron en PA 169 para pH (3,94); AM 2/12 para conductividad (3413 μ S), salinidad (1706 ppm) y TDS (2426 ppm); IMC 55 para la vitamina C (50,0 mg/L) y el azúcar total 214,6 g/L; LP 3/29 para TTA (15.9 Eq de ácido cítrico/L) y PA 51 para azúcar reductor (228.3 g/L). La variación entre los grupos genéticos para la pulpa de cacao también fue significativa al nivel de 0.1% para todas las propiedades químicas investigadas.

La variación del grupo genético y de la accesión en la química de la pulpa de cacao se encontró en este estudio. Esto afectaría la fermentación del cacao y las industrias de subproductos y, por lo tanto, se debe considerar cuidadosamente la utilización de la pulpa para obtener resultados óptimos.

THE IMPACT OF POLLEN DONOR ON FLAVOR IN COCOA (THEOBROMA CACAO L.)

Darin Sukha

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies

Abstract

The flavor attributes of cacao (*Theobroma cacao* L.) is becoming an important consideration in trade specifically for fine or flavor cocoa. In this market segment, flavor along with other physical attributes, not only contributes to the quality of a cocoa lot but also the price premium obtained. Past studies have shown evidence of pollen parent effects on yield, bean size and pod characteristics but its effect on flavor attributes is not clearly understood. An incomplete diallel mating design involving five cacao cultivars (West African Amelonado (WAA), Imperial College Selection (ICS) 1, Iquitos Mixed Calabacillo (IMC) 67 and two Trinidad Selected Hybrids (TSH) coded as CCL 200 and CCL 201) with widely differing flavor attributes were used to investigate the magnitude of female and male parent effects on key intrinsic flavor attributes. The seeds derived from pods arising from these pollinations were fermented, dried and made into cocoa liquor according to standardized methods. Flavor evaluations were carried out by a trained sensory panel for nine flavor attributes with five repetitions and hidden flavor reference controls. The study was conducted over two cocoa crop years. The results failed to detect dominant xenia effects for important ancillary flavor attributes i.e., cocoa flavor, acidity, fruitiness and floral flavors but showed significant female parent effects for cocoa and floral flavors. Small but inconsistent male parent effects were seen for astringency. Lack of xenia effect for the major flavor attributes implies that the flavor quality of cocoa beans is determined principally by the genotype of the female parent.

Résumé

Les caractéristiques de la saveur du cacao (*Theobroma cacao* L.) deviennent un aspect important dans le commerce, en particulier pour le cacao fin ou de saveur. Dans ce segment du marché, la saveur ainsi que d'autres attributs physiques, ne contribuent pas seulement à la qualité d'un lot de cacao, mais aussi à la prime de prix obtenue. Des études antérieures ont prouvé des effets parentaux du pollen sur le rendement, la taille des fèves et les caractéristiques des gousses, mais son effet sur les attributs gustatifs ne sont pas clairement compris. Un modèle d'accouplement diallélique incomplet qui implique cinq cultivars de cacao (Amelonado d'Afrique de l'Ouest (WAA en anglais), la Selection Imperial College (ICS en anglais) 1, Calabacillo Mixto de Iquitos (IMC en anglais) 67 et deux Hybrides sélectionnés de Trinidad (TSH en anglais) codés comme CCL 200 et CCL 201) avec des attributs de saveur très différents pour étudier l'ampleur des effets parentaux féminins et masculins sur les attributs clés du goût intrinsèque. Les graines issues des gousses résultantes de ces pollinisations ont été fermentées, séchées et transformées en liqueur de cacao selon des méthodes standardisées. Les évaluations de saveur ont été effectuées par un panel sensoriel formé pour neuf attributs de saveur avec cinq répétitions et des contrôles de référence de la saveur cachée. L'étude a été réalisée pendant deux années de culture du cacao. Les résultats n'ont pas détecté d'effets dominants de xenia pour des attributs importants auxiliaires de saveur, c'est-à-dire, saveur de cacao, acidité, fruité et les saveurs floraux, mais ont montré des effets parentaux féminins significatifs pour du cacao et pour des saveurs floraux. Des effets parentaux mâles petits mais inconsistants ont été observés pour l'astringence. L'absence d'effet xenia pour les principaux attributs de la saveur implique que la qualité de la saveur des fèves de cacao est déterminée principalement par le génotype du parent femelle.

Resumen

Los atributos de sabor del cacao (*Theobroma cacao* L.) se están convirtiendo en una consideración importante en el comercio específicamente para cacao fino o de sabor. En este segmento del mercado, el sabor junto con otros atributos físicos, no solo contribuye a la calidad de un lote de cacao, sino también a la prima de precio obtenida. Estudios anteriores han mostrado evidencia de efectos parentales del polen sobre el rendimiento, el tamaño del frijol y las características de la vaina, pero su efecto sobre los atributos del sabor no se entiende claramente. Un diseño incompleto de apareamiento dialélico que involucra cinco cultivares de cacao (Amelonado de África occidental (WAA en inglés), la Selección Imperial College (ICS en inglés) 1, Calabacillo Mixto de Iquitos (IMC en inglés) 67 y dos Híbridos Seleccionados de Trinidad (TSH en inglés) codificados como CCL 200 y CCL 201) con atributos de sabor ampliamente diferentes para investigar la magnitud de los efectos parentales femeninos y masculinos sobre los atributos clave del sabor intrínseco. Las semillas derivadas de las vainas resultantes de estas polinizaciones fueron fermentadas, secadas y convertidas en licor de cacao de acuerdo con métodos estandarizados. Las evaluaciones de sabor se llevaron a cabo por un panel sensorial capacitado para nueve atributos de sabor con cinco repeticiones y controles de referencia de sabor ocultos. El estudio se realizó durante dos años de cultivo de cacao. Los resultados no detectaron efectos dominantes de xenia para importantes atributos auxiliares de sabor, es decir, sabor de cacao, acidez, frutuosidad y sabores florales, pero mostraron efectos parentales femeninos significativos para cacao y sabores florales. Se observaron efectos parentales masculinos pequeños pero inconsistentes para la astringencia. La falta de efecto xenia para los principales atributos del sabor implica que la calidad del sabor de los granos de cacao está determinada principalmente por el genotipo del progenitor femenino.

CHEMICAL STUDY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PIURA'S WHITE COCOA

Jesús Blancas Cortez

Otilia Acha de la Cruz, Ingrid Elida Collantes Díaz, Nadia Rodríguez Hamamura

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Abstract

Piura's white cocoa, called this way because it possesses white beans, is recognized as a high quality cocoa, for this reason it is highly appreciated by both national and international chocolate producers (1). However, chemical composition and other properties (like antioxidant activity or total phenolic content) have not been thoroughly studied in this cocoa. Therefore, this research project was aimed to: I) assess antioxidant activity and total phenolic content in this cocoa and II) identify its secondary metabolites by Liquid chromatography-mass spectrometry (LC-ESI+MS). In order to assess the antioxidant activity and identify secondary metabolites being present, the organic extract was made by maceration with ethanol after cocoa defeating with petroleum ether. Antioxidant activity determination was performed using two different colorimetric methods: di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl) iminoazanium (DPPH) free radical inhibition and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS·+) free radical inhibition (2). Results are expressed in Trolox equivalent milligrams per cocoa gram. These values were $69,28 \pm 1,15$ mg ET/g y $91,22 \pm 4,62$ mg ET/g for DPPH and ABTS assays respectively. Along with antioxidant activity, total phenolic content was quantified by Folin-Ciocalteu method (3), and the result obtained was 497 ± 8 mg EAG/g which is expressed in Gallic acid equivalent milligrams per cocoa gram. To identify the secondary metabolites, an EBO liquid-liquid partition was performed. Chloroform, ethyl acetate (PI), butanol (PII), and water phases were collected. PI and PII phases were analyzed by Liquid chromatography-mass spectrometry (LC-ESI+MS). Injection volume for each phase was 20 μ L with a concentration of 1 mg/mL. By analyzing total ion chromatograms of PI and PII, next metabolites were identified: procyanidin monomers (catechin isomers), procyanidin dimers B type (isomers) and kaempferol pentoside. Additionally, procyanidin dimer type A was identified in PI, and kaempferol glycosides were identified only in PII.

Résumé

Le cacao blanc de Piura, appelé ainsi parce qu'il possède des grains blancs, il est reconnu comme un cacao de haute qualité, pour cette raison il est très apprécié par les producteurs de chocolat nationaux et internationaux (1). Cependant, la composition chimique et d'autres propriétés (telles que l'activité antioxydante ou la teneur totale de phénolique) n'ont pas été étudiées en profondeur dans ce cacao. Par conséquent, ce projet de recherche a eu comme objectif de: I) évaluer l'activité antioxydante et la teneur phénolique totale dans ce cacao et II) identifier ses métabolites secondaires par chromatographie liquide - spectrométrie de masse (LC-ESI + MS en anglais). Afin d'évaluer l'activité antioxydante et d'identifier les métabolites secondaires qui sont présents, l'extrait organique a été fait par macération avec de l'éthanol après que le cacao ait vaincu avec de l'éther de pétrole. La détermination de l'activité antioxydante s'est réalisée en utilisant deux méthodes colorimétriques différentes: inhibition de radicaux libres di(phényl) - (2,4,6-trinitrophényl) iminozanium (DPPH) et 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzthiazolin-6-sulfonique) (ABTS · +) inhibition des radicaux libres (2). Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents de Trolox par gramme de cacao. Ces valeurs ont été de $69,28 \pm 1,15$ mg ET/g et de $91,22 \pm 4,62$ mg ET/g pour des essais de DPPH et ABTS, respectivement. Avec l'activité antioxydante, la teneur phénolique totale s'est quantifiée par la méthode de Folin-Ciocalteu (3) et le résultat obtenu a été de 497 ± 8 mg d'EAG/g qui s'exprime en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme de cacao. Pour identifier les métabolites secondaires, une partition EBO liquide-liquide a été réalisée. Les phases de chloroforme, d'acétate d'éthyle (PI), de butanol (PII) et d'eau ont été recueillies. Les phases de PI et PII se sont analysées par

la chromatographie liquide - spectrométrie de masse (LC-ESI + MS). Le volume d'injection pour chaque phase était de 20 µL avec une concentration de 1 mg /mL. Lorsqu'on analyse les chromatogrammes ioniques totaux de PI et PII, les métabolites suivants ont été identifiés: monomères de procyanidine (isomères de la catéchine), dimères de procyanidine type B (isomères) et pentoside de Kaempférol. De plus, le dimère de procyanidine de type A a été identifié en PI et les glycosides de kaempférol n'ont été identifiés que dans le PII.

Resumen

El cacao blanco de Piura, llamado así porque posee granos blancos, es reconocido como un cacao de alta calidad, por esta razón es muy apreciado por los productores de chocolate nacionales e internacionales (1). Sin embargo, la composición química y otras propiedades (como la actividad antioxidante o el contenido fenólico total) no se han estudiado a fondo en este cacao. Por lo tanto, este proyecto de investigación tuvo como objetivo: I) evaluar la actividad antioxidante y el contenido fenólico total en este cacao y II) identificar sus metabolitos secundarios mediante cromatografía líquida - espectrometría de masas (LC-ESI + MS en inglés). Con el fin de evaluar la actividad antioxidante e identificar los metabolitos secundarios que están presentes, el extracto orgánico se hizo por maceración con etanol después de que el cacao derrotara con éter de petróleo. La determinación de la actividad antioxidante se realizó utilizando dos métodos colorimétricos diferentes: inhibición de radicales libres di(fenil) - (2,4,6-trinitrofenil) iminoazanio (DPPH) y ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS · +) inhibición de radicales libres (2). Los resultados se expresan en miligramos equivalentes de Trolox por gramo de cacao. Estos valores fueron $69,28 \pm 1,15$ mg ET/g y $91,22 \pm 4,62$ mg ET/g para ensayos de DPPH y ABTS, respectivamente. Junto con la actividad antioxidante, el contenido fenólico total se cuantificó mediante el método de Folin-Ciocalteu (3), y el resultado obtenido fue de 497 ± 8 mg de EAG/g que se expresa en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de cacao. Para identificar los metabolitos secundarios, se realizó una partición EBO líquido-líquido. Se recogieron las fases de cloroformo, acetato de etilo (PI), butanol (PII) y agua. Las fases de PI y PII se analizaron mediante cromatografía líquida - espectrometría de masas (LC-ESI + MS). El volumen de inyección para cada fase fue de 20 µL con una concentración de 1 mg/mL. Al analizar los cromatogramas iónicos totales de PI y PII, se identificaron los siguientes metabolitos: monómeros de procianidina (isómeros de catequina), dímeros de procianidina tipo B (isómeros) y pentosida de kaempferol. Además, el dímero de procianidina tipo A se identificó en PI, y los glucósidos de kaempferol solo se identificaron en PII.

THEMATIC 6: CADMIUM – CONTAMINANT – FOOD SAFETY

METALES PESADOS EN SUELOS, HOJAS Y GRANOS DE ZONAS CACAOTERAS DEL PERU

Cesar Arévalo-Hernández
Enrique Arévalo-Gardini, Abel Farfán Pinedo, Virupax Baligar
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

El cacao es uno de los principales productos de exportación orgánica no tradicional del Perú; sin embargo, la acumulación de metales pesados en diversos productos agrícolas limita la exportación y comercialización de estos productos. Así, este trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido de metales pesados en las principales zonas (Norte- Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas; Centro- San Martín, Huánuco y Junín; Sur-Cuzco) productoras de cacao del Perú. Se consideraron plantaciones entre 10 y 15 años de edad, en zonas que representen la realidad del cultivo de cada región. Los suelos fueron muestreados en seis profundidades (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm), a partir de una mezcla de 8 calicatas de 80 cm de profundidad. Hojas y granos de cacao fueron colectadas de 70 plantaciones de cacao de 10 a 15 años de edad y la naturaleza genotípica del clon fue registrado. Se determinaron los contenidos de Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn de los suelos, hojas y granos para cada profundidad muestreada. El análisis estadístico fue determinado por un análisis de variancia y posterior comparación de medias por Scott-Knott.

Abstract

Cocoa is one of the main non-traditional organic export products of Peru. However, the accumulation of heavy metals in various agricultural products limits the export and marketing of these products. Therefore, this research was aimed to determine the content of heavy metals in the main cocoa-producing areas of Peru (North: Tumbes, Piura, Cajamarca and the Amazon; Center: San Martin, Huanuco and Junin; South: Cuzco). 10 and 15 year-old plantations were considered in areas that represent the reality of the crop of each region. Soils were sampled at six depths (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm), from a mixture of eight 80-cm depth soil pits. Cocoa leaves and beans were collected from 70 cocoa plantations that were 10 to 15 years old and the genotypic nature of the clone was recorded. Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn and Mn contents of the soils, leaves and grains were determined for each depth sampled. The statistical analysis was determined by a variance analysis and a mean comparison by a Scott-Knott test.

Résumé

Le cacao est un des principaux produits organiques non traditionnels d'exportation du Pérou ; mais, l'accumulation de métaux lourds dans divers produits agricoles limite l'exportation et la commercialisation de ces produits. Donc, le but de ce travail est de déterminer le contenu de métaux lourds dans les principales zones (Nord - Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas; Centro- San Martín, Huánuco et Junín; Sur-Cuzco) de production de cacao du Pérou. On a choisi des plantations âgées de 10 et 15 ans dans des zones représentatives de la réalité de la culture du cacao dans chaque région. Les sols ont été échantillonnés à six différentes profondeurs (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm), partant d'un mélange de 8 fossés de 80 cm de profondeur. On a collecté des feuilles et de graines de 70 plantations de cacao de 10 à 15 ans et on a enregistré la nature génotypique du clone. On a déterminé le contenu de Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn des sols, des feuilles et des graines pour chaque profondeur échantillonnée. L'analyse statistique a été déterminé par une analyse de variance et comparaison ultérieure de mesures par Scott-Knott.

EFFECTO DE LA INOCULACION DE CEPAS DE ACTINOMICETOS EN LA ACUMULACION DE CADMIO EN PLANTAS DE THEOBROMA CACAO L.

Andrea Revoredo

Jasmin Hurtado

Universidad Peruana Cayetano Heredia

Resumen

El Perú es un país productor de cacao por excelencia y actualmente afronta un grave problema, la presencia de cadmio en el suelo que conlleva a la acumulación de éste en sus semillas, lo cual se refleja en el producto final: chocolate. Debido a esto, la comunidad económica europea plantea limitar la exportación de semillas de cacao con contenidos de cadmio a partir del 2019. Este trabajo tiene como objetivo identificar microorganismos que impidan que el cadmio del suelo, sea absorbido por las plantas de cacao. Para ello se evaluó el efecto de 3 cepas de actinomicetos: X, C2 y AB5 en la germinación y desarrollo de semillas de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando dos concentraciones diferentes de cadmio: 100 y 200 ppm. Las variables a analizar fueron el tamaño de la planta, cantidad de hojas y acumulación de cadmio a los 3 meses. A la concentración de 100 ppm de cadmio, comparando inoculación con C2 frente al control, se ha encontrado que la cepa C2 fue capaz de disminuir en un 17% la acumulación de cadmio, aumentar en un 6% el tamaño de la planta y en un 50% el número de hojas. Empleando una concentración de 200 ppm de cadmio, se demostró que la cepa C2 fue capaz de disminuir en un 21% la acumulación de cadmio, aumentar en un 18% el tamaño y en un 25% el número de hojas. Se va a continuar la evaluación de los microorganismos a concentraciones de cadmio semejantes a las encontrados en campos cacaoteros y sus efectos a largo plazo en la acumulación de cadmio en semillas de cacao.

Abstract

As a cocoa producing country, Peru is currently facing a serious problem because of the presence of cadmium in the soil, which leads to its accumulation in seeds. This is reflected in chocolate, the final product. Due to this, the European Economic Community has proposed to limit the export of cocoa seeds with cadmium contents starting in 2019. This work is intended to identify some microorganisms that prevent cadmium in the soil from being absorbed by cocoa plants. To this end, the effect of three strains of actinomycetes (X, C2 and AB5) on the germination and development of cocoa seeds (*Theobroma cacao* L.) was evaluated by using two different concentrations of cadmium: 100 and 200 ppm. The variables to be analyzed were plant size, number of leaves and accumulation of cadmium after 3 months. When comparing inoculation with C2 against the control, for the concentration of 100 ppm of cadmium it was found that the C2 strain was able to decrease cadmium accumulation by 17%, plant size increased by 6% and leaf number rose by 50%. When using a concentration of 200 ppm of cadmium, it was demonstrated that the C2 strain was able to decrease cadmium accumulation by 21%, plant size increased by 18% and leaf number rose by 25%. The evaluation of microorganisms at cadmium concentrations which are similar to those found in cocoa fields and their long-term effects on cadmium accumulation in cocoa seeds will continue.

Résumé

Le Pérou est par excellence un pays producteur de cacao et à présent il est confronté à un grave problème, la présence de cadmium dans le sol entraîne l'accumulation de celui-ci dans les graines, ce qui se voit reflété sur le produit final : le chocolat. Pour cette raison, la communauté économique

Européenne soulève la question de limiter à partir de 2019 l'exportation de graines de cacao présentant des teneurs de cadmium. L'objectif de ce travail est d'identifier des microorganismes qui évitent que le cadmium dans la terre soit absorbé par les plantes de cacao. Donc, on a évalué l'effet de 3 souches d'actinomycètes : X, C2 et AB5 dans

la germination et développement de semences de plantes de cacao (*Theobroma cacao* L.) en utilisant des concentrations de cadmium différentes : 100 et 200 ppm. Les variables à analyser ont été la taille de la plante, la quantité de feuilles et l'accumulation de cadmium 3 mois plus tard. Dans la concentration de 100 ppm de cadmium, en faisant la comparaison de l'inoculation avec C2 face au control, il en a résulté que la souche C2 a été capable de diminuer 17% de l'accumulation de cadmium, d'augmenter 6% la taille de la plante et 50% du nombre de feuilles. Avec une concentration de 200 ppm de cadmium il a été possible de démontrer que la souche C2 a été capable de diminuer 21% de l'accumulation de cadmium, augmenter 18% la taille de la plante et 25% du nombre de feuilles. On va continuer l'évaluation de microorganismes dans des concentrations de cadmium similaires à celles rencontrées dans les plantations de cacao et les effets à long terme dans l'accumulation de cadmium dans les semences de cacao.

ACUMULACIÓN DE CADMIO EN SEIS GENOTIPOS DE CACAO UTILIZADOS COMO PATRÓN

Jimmy Chupillon Cubas

Cesar Arévalo-Hernández, Enrique Oswaldo Arévalo-Gardini, Abel Farfán Pinedo, Virupax Baligar, Zhenli He

Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

El cacao es uno de los principales cultivos de la selva amazónica del Perú, y su producción se ve amenazada por la contaminación de cadmio. Este cultivo es propagado a través de injertos de clones promisorios en plántulas que provienen de semillas muchas veces de origen desconocido. La producción del cacao se ve amenazada por la contaminación de cadmio en sus semillas, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar la absorción de cadmio para seis genotipos de cacao, propagados por semilla y utilizados como patrón por los agricultores. El experimento fue realizado en la Estación Experimental "Juan Bernito", del Instituto de Cultivos Tropicales - ICT, en la ciudad de Tarapoto. En el Banco de Germoplasma del ICT se colectaron 10 mazorcas maduras de los genotipos: CCN-51, IMC-67, SCA-6, EET-400 y POUND-12 y de un Híbrido espontáneo (control), se extrajeron las semillas del tercio medio de cada mazorca y cada genotipo para ser sembradas en un sustrato preparado a base de tierra negra y arena de río (3:1) previamente contaminado con Cd alcanzando una concentración final de 25 mg.kg⁻¹. Cada genotipo se consideró como tratamiento con 10 repeticiones. A los cuatro meses de la siembra las plantas fueron sacrificadas para evaluar la materia seca de la parte aérea y radicular y se analizaron por separado para determinar la concentración de cadmio de acuerdo a cada genotipo. El análisis estadístico fue realizado por un análisis de variancia y comparación de medias por Dunnet (P

Abstract

Cocoa is one of the main crops of the Peruvian Amazon rainforest and its production is threatened by cadmium contamination. This crop is propagated through grafts of promising clones in seedlings that come from seeds which often have an unknown origin. The production of cocoa is threatened by cadmium contaminated seeds, so the objective of this study was to determine the absorption of cadmium by six cocoa genotypes propagated through seeds and used as standards by farmers. The experiment was carried out in the Juan Bernito Experimental Station of the Institute of Tropical Crops (ICT) in the city of Tarapoto. 10 ripe pods belonging to the CCN-51, IMC-67, SCA-6, EET-400 and POUND-12 genotypes and a spontaneous hybrid (control) were collected at the ICT germplasm bank. Seeds were extracted from the third part of each pod and genotype to be later sown in a substrate prepared with black soil and river sand (3: 1) that had been previously contaminated with Cd at a final concentration of 25 mg.kg⁻¹. Each genotype was considered as a treatment with 10 repetitions. Four months after planting, the dry material of the aerial and radicular parts was evaluated and analyzed separately to determine the concentration of cadmium according to each genotype. The statistical analysis was performed through an analysis of variance and a Dunnett's means comparison.

Résumé

Le cacao est une des principales cultures de la forêt amazonienne du Pérou et sa production est menacée par la contamination du cadmium. Cette culture est propagée par des greffes de clones prometteurs sur des plants parfois nées de graines d'origine inconnue. La production du cacao est menacée par la contamination du cadmium dans les graines, et pour cette raison l'objectif de cette étude est de déterminer l'absorption de cadmium pour six génotypes de cacao, propagés par la

semence et utilisés comme patron par les agriculteurs. L'expérience a eu lieu à la Station Expérimentale « Juan Bernito » de l'Institut de Cultures Tropicales – ICT, dans la ville de Tarapoto. Dans la Banque de Germoplasme de l'ICT sont collectées 10 cabosses mûres des génotypes suivants : CCN-51, IMC-67, SCA-6, EET-400 y POUND-12 et d'un hybride spontané (contrôle). Du tiers moyen de chaque cabosse et chaque génotype on extrait les graines pour les semer dans un substrat préparé avec de la terre noire et du sable de rivière (3:1) contaminé au préalable avec Cd dans une concentration finale de 25 mg.kg⁻¹. Chaque génotype est considéré comme un traitement avec 10 répétitions. Quatre mois après la semence les plantes sont sacrifiées pour évaluer la matière sèche de la partie aérienne et des racines. L'analyse se fait séparément pour déterminer la concentration de cadmium pour chaque génotype. L'analyse statistique est faite par une analyse de variance et comparaison de mesures de Dunnet.

NIVELES DE CADMIO EN EL CHOCOLATE: NM Y ECA, SÍ; OTC, NO.

Santiago Pastor Soplin
Universidad Científica del Sur

Resumen

Las necesidades de protección al consumidor y de cuidado del ambiente, llevan al establecimiento de niveles máximos (NM) en los alimentos y estándares de calidad ambiental (ECA), respecto de los suelos según su uso -agrícola, urbano e industrial. Este es el caso del cadmio (Cd), cuyo contenido en los alimentos genera preocupación y, por tanto, NM específicos. El Cd, cuando se encuentra en los alimentos, proviene de otros compartimentos del ambiente (suelo, agua y aire), lo cual genera los ECA correspondientes. En ambos casos se hace a través de normas de distinto rango y alcance. Cuando los NM y ECA, tienen valores con exceso y sin base científica suficiente, se pueden convertir en trabas al proceso productivo y obstáculos técnicos al comercio (OTC). El Reglamento UE 488/2014, cuya entrada en vigencia fijada a partir del 2019, establece NM para Cd en cuatro tipos de chocolate (consumo final), pero utiliza argumentos de ECA, y es poco coherente al fijar valores similares a alimentos muy diferentes en origen y representatividad en la exposición alimentaria total de cadmio de los consumidores. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), (Informe de su Reunión 77º) estimó que la ingesta de Cd a través del chocolate equivale de 0,02 a 1,6% de la ingesta mensual tolerable probable (IMTP). Este total de la exposición alimentaria al Cd en los grandes consumidores de cacao y sus productos probablemente se había sobrestimado y no lo consideró motivo de preocupación (JECFA, 2013) para la salud pública. Se analizan los argumentos científicos de las normas sobre cadmio en el ambiente y alimentos, específicamente chocolate. Se proponen medidas para lograr un mejor equilibrio normativo entre la seguridad alimentaria (protección al consumidor), el cuidado del ambiente y la no obstrucción del comercio del cacao y sus derivados. La prioridad siempre será la protección y salud de los consumidores, salvado lo cual, tampoco se puede caer en excesos que perjudiquen el comercio de un producto tan estratégico como el cacao y estigmaticen innecesariamente al maravilloso chocolate. En el Perú y otros países de la Región, decenas de miles de familias de pequeños agricultores dependen de ello.

Abstract

The need for consumer and environmental protection leads to the establishment of maximum levels (ML) for food and environmental quality standards (EQS) with respect to the soil and its use (agricultural, urban or industrial). This is the case of cadmium (Cd), whose content in food generates concern and, therefore, specific MLs. Cd, when found in food, comes from other areas of the environment (soil, water or air), which generates the corresponding EQSs. In both cases this is done through norms with different scopes. When ML and EQSs have excess values without a proper scientific basis, they can become barriers for the productive process and technical obstacles for trade (TOT). Regulation EU 488/2014, whose entry into force was established for 2019, establishes ML for Cd in four types of chocolate (final consumption), but it uses EQS arguments and is inconsistent when setting similar values to very different foods in terms of origin and total consumer exposure to cadmium. The Joint FAO / WHO Committee on Food Additives (JECFA) (report on its 77th Session) estimated that the intake of Cd through chocolate is equivalent to 0.02 to 1.6% of the provisional tolerable monthly intake (PTMI). This total food exposure to Cd in heavy cocoa consumers had probably been overestimated and it was not considered as a cause of concern (JECFA, 2013) for public health. The scientific arguments on the rules of cadmium in the environment and in food, specifically chocolate, are analyzed. Measures are proposed to achieve a better normative balance between food security (consumer protection), care for the environment and the non-obstructive trade of

cocoa and its derivatives. The priority will always be the protection and health of consumers, but excesses that harm the trade of a strategic product such as cocoa must be avoided in order to unnecessarily stigmatize chocolate. In Peru and other countries of the region, tens of thousands of small farmers depend on it.

Résumé

Les besoins de protection des consommateurs et de sauvegarde de l'environnement conduisent à l'établissement de niveaux maximaux (NM) dans les aliments et des normes de qualité environnementale (ECA) vis-à-vis des sols, selon leur usage – agricole, urbain ou industriel. C'est le cas du cadmium (Cd) dont le contenu dans les aliments cause des préoccupations et oblige donc à établir des NM spécifiques. Le Cd présent dans les aliments provient d'autres éléments de l'environnement (la terre, l'eau, l'air) qui déterminent l'ECA correspondant. Dans les deux cas on utilise des normes de rangs et de portées différents. Lorsque les NM et les ECA présentent des valeurs excessives sans qu'il y ait de bases scientifiques suffisantes, ceux-ci peuvent devenir des contraintes au processus de production et des obstacles techniques au commerce (OTC). Le Règlement UE 488/2014, dont l'entrée en vigueur a été fixée pour l'année 2019, établit des NM de Cd pour quatre types de chocolat (consommation finale), mais utilise des arguments d'ECA, et n'est pas tout à fait cohérent lorsqu'il établit des valeurs similaires à des aliments très différents du point de vue de leur origine et de leur représentativité concernant l'exposition alimentaire totale au cadmium de la part des consommateurs. Le Comité mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires (JECFA), (rapport de la 77^e réunion) a considéré que la quantité de Cd provenant de la consommation de chocolat équivaut à 0,02 - 1,6% de la consommation tolérable probable (IMTP). Ce total d'exposition alimentaire au Cd chez les grands consommateurs de cacao et ses produits avait probablement été surestimé et n'avait pas été considéré comme cause de préoccupation (JECFA, 2013) pour la santé publique. Les arguments scientifiques concernant les normes sur le cadmium présent dans l'environnement et les aliments sont analysés, en particulier vis-à-vis du chocolat. Des mesures sont proposées pour atteindre un meilleur équilibre normatif entre sécurité alimentaire (protection des consommateurs), sauvegarde de l'environnement et non-obstruction du commerce du cacao et ses dérivés. La priorité est toujours la protection et la santé des consommateurs, sans tomber non plus dans le risque de zèle excessif pouvant nuire le commerce d'un produit aussi stratégique que le cacao, et dans la stigmatisation inutile du merveilleux chocolat. Au Pérou et dans d'autres pays de la région des dizaines de milliers de familles de petits agricultures en dépendent pour leur subsistance.

THEMATIC 7: MARKETING, SOCIO-ECONOMICS AND TECHNOLOGY/INNOVATION ADOPTION/TRANSFER

THE ROLE OF COCOA CULTIVATION IN THE LIVELIHOOD STRATEGIES, SOCIO-ECONOMIC CHARACTERISTICS AND THE LIVING CONDITIONS OF COCOA FARMERS: EVIDENCE FROM GHANA

Mercy Assamoah

Frank Owusu-Ansah, Dickson Agyapong
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Cocoa plays important role in the Ghanaian economy, and thus, a lot of research has gone into developing high yielding planting materials, pesticide use, soils and quality issues. Unfortunately, not much research has gone into living conditions of the cocoa producers. This study sought to assess the role of cocoa in the livelihood/ living conditions of cocoa producers using formal survey to interview 637 respondents in 2013. Data was analysed descriptively. Results indicated that over 94% of respondents depend on cocoa as their main source of livelihood and cocoa contributes over 70% to their total income. Most farmers engage in other farming activities such as cultivation of food crops and other tree crops such as oil palm, citrus and kola. In addition, some engage in petty trading to supplement household income. About 71% owned mobile phones; 71.4% owned houses, 25% owned bicycles and 26.1% owned television sets. Majority, 85%, perceived malaria as most prevalent health problems but, only 37% had health centres in their communities. Only 56% had National Health Insurance cards that had not expired; the rest had expired cards or none at all. About 42% of the household members were living below the minimum wage and 18.8% below the poverty lines. Farmers faced challenges such as lack of access to credit. For all these poor socio-economic conditions the youth are not interested in farming. Both respondents and the authors made useful suggestions that are discussed in the main document including efforts to help farmers enhance their yield and improve their living conditions in the rural areas to make farming attractive to the youth. Total word count 265

Résumé

Le cacao joue un rôle important dans l'économie ghanéenne et, par conséquent, de nombreuses recherches ont été consacrées au développement de matériel de plantation à haut rendement, à l'utilisation de pesticides, aux sols et aux problèmes de qualité. Malheureusement, peu de recherches ont été effectuées sur les conditions de vie des producteurs de cacao. Cette étude visait à évaluer le rôle du cacao dans les conditions de vie / moyens de subsistance des producteurs de cacao en utilisant une enquête formelle pour interroger 637 sondés en 2013. Les données ont été analysées de manière descriptive. Les résultats indiquent que plus de 94% des sondés dépendent du cacao comme principale source de subsistance et que le cacao contribue pour plus de 70% à leur revenu total. La plupart des agriculteurs sont engagés dans d'autres activités agricoles, telles que la culture de produits alimentaires et d'autres cultures arboricoles, telles que le palmier à huile, les agrumes et le cola. En outre, certains participent à de petites entreprises pour compléter le revenu du ménage. Environ 71% ont des téléphones mobiles; 71,4% des maisons, 25% des bicyclettes et 26,1% des télévisions. La majorité (85%) considérait le paludisme comme le problème de santé le plus répandu, mais seulement 37% avaient des centres de santé dans leurs communautés. Seulement 56% avaient des cartes d'assurance maladie nationales qui n'avaient pas expiré; le reste avait des cartes expirées ou pas du tout. Environ 42% des membres du foyer vivaient avec moins que le salaire minimum et 18,8% en dessous du seuil de pauvreté. Les agriculteurs ont été confrontés

à des défis tels que le manque d'accès au crédit. Malgré toutes ces mauvaises conditions socio-économiques, les jeunes ne s'intéressent pas à l'agriculture. Les sondés et les auteurs ont fait des suggestions utiles qui font l'objet de discussions dans le document principal, y compris les efforts pour aider les agriculteurs à améliorer leurs rendements et leurs conditions de vie dans les zones rurales pour rendre l'agriculture attrayante pour les jeunes.

Resumen

El cacao juega un papel importante en la economía ghanesa, y por lo tanto, se ha dedicado mucha investigación al desarrollo de materiales de siembra de alto rendimiento, uso de pesticidas, suelos y problemas de calidad. Desafortunadamente, no se han realizado muchas investigaciones sobre las condiciones de vida de los productores de cacao. Este estudio buscó evaluar el papel del cacao en las condiciones de vida / medios de subsistencia de los productores de cacao utilizando una encuesta formal para entrevistar a 637 encuestados en 2013. Los datos se analizaron de forma descriptiva. Los resultados indicaron que más del 94% de los encuestados dependen del cacao como su principal fuente de sustento y el cacao contribuye con más del 70% a sus ingresos totales. La mayoría de los agricultores se dedican a otras actividades agrícolas, como el cultivo de alimentos y otros cultivos arbóreos, como la palma de aceite, los cítricos y la cola. Además, algunos participan en pequeños negocios para complementar los ingresos del hogar. Alrededor del 71% posee teléfonos móviles; El 71.4% poseía casas, el 25% poseía bicicletas y el 26.1% poseía televisores. La mayoría, 85%, percibió el paludismo como el problema de salud más prevalente, pero solo el 37% tenía centros de salud en sus comunidades. Solo el 56% tenía tarjetas del Seguro Nacional de Salud que no habían expirado; el resto tenía tarjetas caducadas o ninguna en absoluto. Alrededor del 42% de los miembros del hogar vivían con menos del salario mínimo y el 18,8% por debajo de las líneas de pobreza. Los agricultores enfrentaron desafíos como la falta de acceso al crédito. Por todas estas pobres condiciones socioeconómicas, los jóvenes no están interesados en la agricultura. Tanto los encuestados como los autores hicieron sugerencias útiles que se discuten en el documento principal, incluidos los esfuerzos para ayudar a los agricultores a aumentar su rendimiento y mejorar sus condiciones de vida en las zonas rurales para hacer que la agricultura sea atractiva para los jóvenes.

A DIFFERENT APPROACH TO COMMUNICATING PLANT HEALTH MESSAGES: THE CASE FOR COCOA IN GHANA

Jayne Crozier
P.K. Besah, C. Gaitu
CABI

Abstract

Research contributes to the development of effective management strategies for pests and diseases which helps to reduce losses but careful consideration must also be given to improving methodologies for delivering these messages to farmers. Conventional extension services often lack capacity to deliver timely advice to adequate numbers of smallholder farmers. The CABI led Plantwise Programme offers an innovative approach to strengthen national plant health systems enabling countries to provide farmers with the knowledge they need to manage pests and disease more effectively. This is achieved by creating a network of Plant Clinics where farmers receive plant health advice from extension staff trained as Plant Doctors. Plantwise was introduced in Ghana in 2012, today 104 Plant Clinics operate in six regions. Coordinated nationally by the Plant Protection and Regulatory Services Directorate (PPRSD) the regional networks of clinics are implemented by the Ministry of Food and Agriculture's (MOFA) Extension Services, PPRSD and Crop Services. Cocoa is the most common crop brought to the clinics with 6,016 queries out of 22,010 queries, which constitutes over 27% of total queries received. The majority are requests for advice on management of pests and diseases. Cocoa extension activities currently fall under the remit of the Cocoa Health and Extension Division (CHED) of the Ghana Cocoa Board and MOFA staff are not mandated and therefore trained to offer farmers advice on cocoa. To improve the service given to cocoa farmers by MOFA, Plantwise partnered with the Cocoa Research Institute of Ghana to evaluate the advice given at the clinics, conducted training to improve diagnosis of cocoa pests and diseases by Plant Doctors and developed a comprehensive range of pest and disease management guides. Plantwise has also been working with cocoa agronomists through the CORIP Programme to establish Plant Clinics to give best management practice advice to cocoa farmers for cocoa as well as other crops grown. The impact of Plantwise activities on cocoa extension systems is currently being conducted and will be discussed.

Résumé

La recherche contribue à l'élaboration de stratégies efficaces de lutte contre les ravageurs et les maladies qui aident à réduire les pertes, mais les méthodes de transmission de ces messages aux agriculteurs doivent également être soigneusement prises en compte. Les services d'extension conventionnels n'ont souvent pas la capacité de fournir des conseils opportuns à un nombre suffisant de petits agriculteurs. Le programme Plantwise conduit par CABI propose une approche innovante pour renforcer les systèmes nationaux de santé végétale qui permet aux pays de fournir aux agriculteurs les connaissances dont ils ont besoin pour gérer les ravageurs et les maladies de manière plus efficace. Ceci est réalisé en créant un réseau de cliniques végétales où les agriculteurs reçoivent des conseils phytosanitaires de la part d'un personnel de vulgarisation qualifié comme Plant Doctors. Plantwise a été introduit au Ghana en 2012, et aujourd'hui 104 cliniques de plantes opèrent dans six régions. Coordonné au niveau national par la Direction de la protection des végétaux et des services de la réglementation (PPRSD, pour son sigle en anglais), les réseaux régionaux de cliniques sont mis en œuvre par le Service d'extension du ministère de l'Alimentation et l'Agriculture (MOFA), PPRSD et Crop Services. Le cacao est la culture la plus répandue dans les cliniques avec 6 016 consultations sur 22 010, ce qui représente plus de 27% du nombre total de consultations reçues. La plupart sont des demandes de conseils sur la gestion des ravageurs et des maladies. Les

activités d'extension du cacao relèvent actuellement de la Division de l'extension et de la santé du cacao (CHED) du Comité du Cacao du Ghana et le personnel du MOFA n'a pas de mandat et est donc en capacité de proposer des conseils aux agriculteurs sur le cacao. Pour améliorer le service apporté par MOFA au service des producteurs de cacao, Plantwise s'est associé à l'Institut de recherche du cacao au Ghana et pour évaluer les conseils fournis dans les cliniques, il a organisé une formation pour améliorer le diagnostic des maladies et des ravageurs du cacao par Plant Doctors et il a élaboré un large éventail de lignes directrices sur la gestion des ravageurs et des maladies. Plantwise a également travaillé avec des ingénieurs agronomes du cacao à travers le Programme CORIP pour établir des cliniques de plantes pour donner les meilleurs conseils possibles sur les pratiques de gestion aux producteurs de cacao pour le cacao et d'autres cultures. L'impact des activités de Plantwise sur les systèmes d'extension du cacao est actuellement en cours et sera discuté.

Resumen

La investigación contribuye al desarrollo de estrategias efectivas de manejo de plagas y enfermedades que ayudan a reducir las pérdidas, pero también se debe considerar cuidadosamente la mejora de las metodologías para transmitir estos mensajes a los agricultores. Los servicios de extensión convencionales a menudo carecen de capacidad para brindar asesoramiento oportuno a un número adecuado de pequeños agricultores. El programa Plantwise liderado por CABI ofrece un enfoque innovador para fortalecer los sistemas nacionales de sanidad vegetal que permite a los países proporcionar a los agricultores el conocimiento que necesitan para manejar las plagas y las enfermedades de manera más efectiva. Esto se logra mediante la creación de una red de Clínicas de Plantas donde los agricultores reciben consejos de sanidad vegetal de personal de extensión capacitado como Médicos de Planta. Plantwise se introdujo en Ghana en 2012, hoy 104 clínicas de plantas operan en seis regiones. Coordinado a nivel nacional por la Dirección de Protección de Plantas y Servicios Regulatorios (PPRSD, por sus siglas en inglés), las redes regionales de clínicas son implementadas por los Servicios de Extensión del Ministerio de Alimentación y Agricultura (MOFA), PPRSD y Crop Services. El cacao es el cultivo más común llevado a las clínicas con 6.016 consultas de 22.010 consultas, lo que constituye más del 27% del total de consultas recibidas. La mayoría son solicitudes de asesoramiento sobre el manejo de plagas y enfermedades. Las actividades de extensión del cacao actualmente son competencia de la División de Extensión y Salud del Cacao (CHED, por sus siglas en inglés) de la Junta del Cacao de Ghana y el personal del MOFA no tiene mandato y, por lo tanto, está capacitado para ofrecer asesoramiento a los agricultores sobre el cacao. Para mejorar el servicio brindado por MOFA a los productores de cacao, Plantwise se asoció con el Instituto de Investigación del Cacao en Ghana para evaluar los consejos brindados en las clínicas, realizó capacitación para mejorar el diagnóstico de plagas y enfermedades del cacao por Plant Doctors y desarrolló una amplia gama de guías sobre plagas y manejo de enfermedades. Plantwise también ha estado trabajando con agrónomos del cacao a través del Programa CORIP para establecer Clínicas de Plantas para brindar el mejor asesoramiento sobre prácticas de gestión a los productores de cacao para el cacao y otros cultivos. El impacto de las actividades de Plantwise en los sistemas de extensión del cacao se está llevando a cabo actualmente y será discutido.

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES-ICT, AVANCES TECNOLÓGICOS Y SOLUCIONES EFECTIVAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE CACAO Y MINIMIZAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERÚ

Enrique Arévalo-Gardini
Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)

Resumen

El Perú, es en la actualidad, el segundo mayor productor de cacao orgánico en el mundo, con 120 mil ha y producción de más de 92 mil toneladas de grano. En la Región San Martín, cuando el Instituto de Cultivos Tropicales-ICT fue creado (1993), existían alrededor de 2,143 ha de cacao y en la actualidad existen cerca de 41,984 ha de cacao, con una productividad de 950 kg/ha, esto gracias a los esfuerzos de muchas instituciones, principalmente el ICT, con el soporte de instituciones de Estados Unidos de América, que fue el encargado de generar y validar tecnología de cacao en San Martín y el Perú. Producto de esto es la capacitación de más de 25,000 agricultores de diferentes partes del país en el manejo técnico del cultivo de cacao y diversificación de cultivos, bajo diferentes metodologías de capacitación. Entrenamiento de más de 1300 profesionales peruanos y extranjeros de varias organizaciones (PDA, DEVIDA, ACOPAGRO, UNSM, ROMERO TRADING, INIA, GRSM, GIZ, CAC, GOLD GREEN, PEAM, PEHCBM, ADRA, CACVRAE, APROCAV, INDACO, APPCACAO, Alianza Cacao-Perú, etc.) en metodologías participativas de escuelas de campo (ECA) en el cultivo de cacao y otros como café, palma aceitera, sachá inchi, etc. También se financio y apoyo la realización de 53 tesis (pregrado, maestría y doctorado), prácticas pre-profesionales e internados de más de 320 estudiantes de diversas universidades e institutos tanto nacionales como extranjeros; Además de la implementación de 5400 ha de cacao, en áreas de influencia con el cultivo de coca. El ICT cuenta con tres estaciones experimentales: El Choclino, Juan Bernito y Bello horizonte, donde se encuentran modernos laboratorios de suelos, tejidos vegetales, biología molecular y fitopatología que ayudan al desarrollo de las investigaciones y la extensión para mejorar la productividad del cacao. Cuenta con el banco de germoplasma mas grande del Perú, con más de 900 genotipos, entre internacionales, silvestres y nacionales, con el fin de seleccionar variedades tolerantes a los principales problemas que afectan la cacaucultura en el Perú y el mundo. El ICT continua desarrollando proyectos en busca de aumentar la productividad del cultivo de cacao sosteniblemente, con el soporte de entidades nacionales (INNOVATE, CONCYTEC, INCAGRO) e internacionales (USDA-ARS; University of Florida, USA; Universidad Estadual de Santa Cruz, Brasil; CEPLAC, Brasil). Actualmente, desarrolla investigaciones relacionadas al mejoramiento genético, plagas y enfermedades, estrés abiótico, metales pesados, biología molecular, fertilidad y conservación de suelos, calidad de grano, manejo integrado de plagas y enfermedades, Sistemas de producción agroforestal, transformación y calidad del grano. La cacaucultura en el Perú y el mundo tiene un aliado estratégico en el ICT para la mejora de su productividad sostenible, contribuyendo con la seguridad alimentaria y medio ambiente.

Abstract

Peru is currently the second largest producer of organic cocoa in the world, with 120,000 ha and a production of more than 92,000 tons of grain. When the Institute of Tropical Crops (ICT) was created (1993) there were around 2,143 ha of cocoa in the San Martín Region and currently there are about 41,984 ha of cocoa with a productivity of 950 kg/ha, thanks to the efforts of many institutions, mainly the ICT. With the support of American institutions, it was in charge of generating and validating cocoa technology in San Martín and Peru. As a result, more than 25,000 farmers from different parts of the country have been trained in the technical management of cocoa and crop diversification. More than 1,300 Peruvian and foreign

professionals from various organizations (PDA, Devida, Acopagro, UNSM, Romero Trading, INIA, GRSM, GIZ, CAC, Gold Green, PEAM, PEHCBM, ADRA, CACVRAE, APROCAV, Indaco, APPCACAO, Alianza Cacao Peru, etc.) have been trained through participatory methodologies in field schools on the cultivation of cocoa and other crops such as coffee, oil palm, sacha inchi, etc. The ICT has also financed and supported the completion of 53 graduation papers (undergraduate, master and doctoral programs), pre-professional practices and internships of more than 320 students from national and foreign universities and institutes. In addition, 5,400 ha of cocoa have been implemented in areas with coca crops. The ICT has three experimental stations, El Choclino, Juan Bernito and Bello Horizonte, where modern laboratories for the study of soils, plant tissues, molecular biology and phytopathology contribute to the development of research and extension programs to improve cocoa productivity. It has the largest germplasm bank in Peru with more than 900 international, wild and national genotypes, in order to select varieties which are tolerant to the main problems that affect cacao farming in Peru and the world. The ICT continues to develop projects in order to increase the productivity of the cocoa crop sustainably, with the support of national entities (Innovate, Concytec, Incagro) and international organizations (USDA-ARS, University of Florida, USA, Universidad Estatal de Santa Cruz, Brazil; CEPLAC, Brazil). Currently, it develops research related to genetic improvement, pests and diseases, abiotic stress, heavy metals, molecular biology, fertility and soil conservation, grain quality, integrated management of pests and diseases, agroforestry production systems and grain processing and quality. The ICT is a strategic ally of cocoa production in Peru and the world for the improvement of sustainable productivity while contributing to food security and the environment.

Résumé

A présent, le Pérou est le deuxième plus grand producteur de cacao organique du monde, avec 120 mil hectares cultivées et une production de plus de 92 mil tonnes de graines. Dans la Région de San Martin, quand l'Institut de Cultures Tropicales a été crée en 1993, il y avait près de 2.143 hectares de cacao et aujourd'hui il y a près de 41.984 ha avec une productivité de 950 kg/ha. Ceci grâce aux efforts de plusieurs institutions, principalement l'ICT, avec l'appui d'institutions des Etats-Unis qui ont fait possible l'installation et la validation de la technologie du cacao à San Martin et au Pérou. Grâce à cet effort, plus de 25.000 agriculteurs de différentes régions du pays ont reçu des formations, sous différentes méthodologies, sur l'aménagement technique de la plantation de cacao et la diversification de cultures. Formation de plus de 1300 professionnels péruviens et étrangers de différentes organisations (PDA, DEVIDA, ACOPAGRO, UNSM, ROMERO TRADING, INIA, GRSM, GIZ, CAC, GOLD GREEN, PEAM, PEHCBM, ADRA, CACVRAE, APROCAV, INDACO, APPCACAO, Alliance Cacao-Pérou, etc.) dans les méthodologies participatives des écoles pratiques in situ (ECA) sur la culture du cacao et autres produits comme le café, la palme d'huile, sacha inchi, etc. On a également reçu l'appui et le financement pour la réalisation de 53 mémoires de diplôme (premier cycle, maîtrise et doctorat), stages préprofessionnels et stages séjour pour plus de 320 étudiants de diverses universités et instituts nationaux et étrangers ; il a aussi été possible de mettre en place 5400 ha de cacao dans des zones d'influence de la culture du coca. L'ICT compte avec trois stations expérimentales : El Choclino, Juan Bernito et Bello horizonte, où se trouvent de modernes laboratoires pour l'étude des sols, du tissu végétal, de la biologie moléculaire et des phytopathologies qui aident au développement de la recherche et la vulgarisation pour améliorer la productivité du cacao. Il y a aussi la banque de germoplasme plus grande du Pérou, avec plus de 900 génotypes internationaux, sauvages et nationaux, afin de faire la sélection de variétés résistantes aux principaux problèmes qui incident sur la culture du cacao au Pérou et dans le monde entier. L'ICT est chargé du développement de projets pour augmenter la productivité des plantations de cacao de façon durable avec la coopération d'entités nationales (INNOVATE, CONCYTEC, INCAGRO) et internationales (USDA-ARS; Université de la Floride, USA; Universidad

Estadual de Santa Cruz, Brésil; CEPLAC, Brésil). En ce moment il mène des recherches sur l'amélioration génétique, les plaies et maladies, le stress abiotique, les métaux lourds, la biologie moléculaire, la fertilité et conservation des sols, la qualité des graines, l'aménagement intégré de plaies et de maladies, des systèmes de production agroforestière et transformation et qualité des graines. L'ICT est un allié stratégique pour la culture du cacao au Pérou et dans le monde entier pour l'amélioration de la production durable, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et la protection de l'environnement.

ANÁLISIS DE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CACAO EN NILO Y YACOPI (CUNDINAMARCA COLOMBIA)

Juan Barrientos Fuentes
Wilmer Andrés Gómez Guerrero
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

En los últimos diez años Colombia ha incrementado su producción de cacao en un 70% pasando de 33 480 t en 2007 a 56 785 t en 2016. Este incremento se debe principalmente al aumento de la superficie de cultivo, y no así al aumento del rendimiento, que en los últimos 60 años se ha mantenido en un promedio de alrededor de 0.4 t/ha. Este hecho refleja el poco desarrollo tecnológico en la producción de cacao. La razón no es la escasez de oferta tecnológica, sino la baja adopción tecnológica. Las causas son diversas; sin embargo, es posible encontrar factores comunes y particulares para cada caso. En ese sentido, el presente trabajo tiene como propósito analizar la adopción tecnológica en fincas cacaoteras de los municipios Nilo y Yacopí del departamento Cundinamarca, Colombia. Así, se analiza el grado de adopción, sus causas y estrategias de mejora. Las causas provienen tanto de la oferta como de la demanda de tecnología de producción. El levantamiento de la información se ha hecho a través de investigación documental, encuestas, entrevistas y grupos focales. Como resultados se ha encontrado que el productor cacaotero es mayor de 50 años, tiene tierra propia, dispone de mano de obra y capital financiero limitado; aunque tiene acceso a crédito bancario. Los cultivos de cacao, cuya tecnología es tradicional-convencional y tradicional-orgánico, tienen en promedio 2.5 ha de superficie. La oferta de asistencia técnica, si bien aborda casi todos los temas necesarios para cultivar cacao exitosamente, es mayormente corta, esporádica, discontinua y colectiva. Por su parte, la demanda es ocasional, menesterosa y poco organizada. De ahí la relativa baja adopción tecnológica. Las causas, entre otras, tienen que ver con el interés y las capacidades técnicas del cacaocultor, y con el costo de la adopción tecnológica. El incremento de los niveles de adopción está relacionado con los métodos apropiados de transferencia tecnológica y con la diferenciación de los productores de cacao adoptantes. Una transferencia tecnológica por demanda, que sea continua y dirigida gradualmente desde los innovadores hasta los adoptantes rezagados puede tener un impacto significativo.

Abstract

In the last ten years, the Colombian cocoa production has increased by 70%, rising from 33,480 t in 2007 to 56,785 t in 2016. This is mainly due to the increase of cultivation areas and not to increased yields, which in the last 60 years has remained at an average of around 0.4 t/ha. This fact reflects the small technological development of cocoa production. This is not caused by a shortage of technological offer but to a low technological adoption. Its causes are diverse. However, it is possible to find common and particular factors for each case. In this sense, the purpose of this paper is to analyze technological adoption by cacao farms in the Nilo and Yacopi municipalities of the Cundinamarca department, Colombia. The degree of adoption, its causes and improvement strategies are analyzed. The causes come from both supply and demand of production technology. Information was collected through documentary research, surveys, interviews and focus groups. It was found that the cocoa producer is over 50 years old, owns his land and has limited labor and financial capital although he has access to credits. Cocoa crops, whose technology is traditional-conventional and traditional-organic, have an average of 2.5 hectares. The offer of technical assistance, while addressing almost all the required issues to grow cacao successfully, is mostly short, sporadic, discontinuous and collective. On the other hand, the demand is occasional, time-taking and poorly organized. That explains the relative low adoption of technology. The causes, among others, have to

do with the interest and technical abilities of the cacao grower and the cost of technological adoption. The increase of the adoption levels is related to the proper methods for technology transfer and to the differentiation of adopting cocoa producers. An on-demand technology transfer that is continuous and gradually directed from innovators to lagging adopters can have a significant impact.

Résumé

Pendant les 10 dernières années, la Colombie a augmenté en 70% sa production de cacao, passant de 33.480 tonnes en 2007 à 56.785 tonnes en 2016. Cette croissance répond spécialement à l'augmentation de la superficie des plantations et non pas à la hausse du rendement, lequel pendant les derniers 60 ans a gardé une moyenne de 0.4 t/ha. Voici la preuve du bas développement technologique dans la production du cacao. Et la raison n'est pas qu'il n'y a pas une offre technologique, mais c'est le manque d'adoption de cette technologie. Même s'il y a plusieurs causes, il est possible de trouver des facteurs communs et particuliers pour chaque cas. Dans ce sens, le but de ce travail est d'analyser le phénomène de l'adoption technologique dans des plantations cacaoyères des municipalités du Nilo et Yacopí au département de Cundinamarca, Colombie. On fait l'analyse du niveau d'adoption, les causes et les stratégies d'amélioration. Les causes sont étudiées partant de l'offre et aussi de la demande de technologie de la production. La collecte de données est faite à travers la recherche documentaire, sondages, enquêtes et groupes cible. Les résultats montrent que le producteur du cacao dépasse l'âge de 50 ans, il est propriétaire de son terrain, il est limité dans la disponibilité de main d'œuvre et de capital financier ; même ayant accès aux crédits en banque. Les plantations de cacao, dont la technologie est traditionnelle-conventionnelle et traditionnelle-organique, ont une superficie de 2.5 en moyenne. L'offre d'assistance technique, même si elle touche à presque tous les aspects relatifs à la réussite de la plantation du cacao, elle est plutôt courte, sporadique, discontinue et collective. Et d'autre part, la demande est occasionnelle, nécessiteuse et peu organisée. Donc, une basse adoption technologique. Parmi les causes, entre autres, il y a l'intérêt et les possibilités techniques du cacaoculteur et le coût de l'adoption technologique. La hausse des niveaux d'adoption est en relation avec les méthodologies appropriées de transfert de technologie et avec la différenciation des cacaoculteurs adoptants. Un transfert de technologie sous demande, continu et dirigé graduellement des innovateurs jusqu'aux adoptants en retard, pourrait avoir un impact considérable.

DETERMINANTES DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CACAO EN LAS REGIONES DE SAN MARTÍN, HUÁNUCO Y UCAYALI EN PERÚ

Jose Iturrios Padilla

Javier Alvarado

Alianza Cacao Perú

Resumen

Resumen Uno de los productos agrícolas de mayor crecimiento en el Perú ha sido el cacao. Este cultivo ha pasado en 16 años de 41,000 has sembradas a más de 140,000 has en el año 2016; asimismo la producción de cacao en ese mismo periodo pasó de 25,000 toneladas a 108,000 toneladas en el 2016. Asimismo, los rendimientos de cacao han ido en aumento, sobre todo desde el 2004 en donde el promedio a nivel nacional estaba en 486 kg por ha, en el 2016 el rendimiento promedio es de 769 kg por ha. Asimismo se estima que alrededor de 70,000 familias cultivan cacao en el Perú, es decir unos 350,000 peruanos dependen directamente de este cultivo. Las regiones de San Martín, Huánuco y Ucayali representan hoy un 60% de las hectáreas sembradas de cacao a nivel nacional y un porcentaje similar de la producción nacional de cacao. Cabe señalar que una porción significativa del crecimiento del cultivo del cacao en estas tres regiones se ha hecho para sustituir el cultivo de coca ilegal y gracias al apoyo técnico y financiero que por más de dos décadas ha venido brindando la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través del Programa de Desarrollo Alternativo en conjunto con el Gobierno Peruano. En estas tres regiones, en donde hasta hace unos años el cultivo de coca y el narcotráfico predominaba, actualmente se desarrolla una economía alternativa legal y rentable gracias al cultivo del cacao. Consolidar el éxito de esta estrategia de paz, legalidad y desarrollo pasa por lograr la sostenibilidad económica del pequeño productor de cacao. Un aspecto central de esa sostenibilidad es la productividad o los rendimientos por hectárea. El pequeño productor de estas tres regiones tiene en promedio tres hectáreas y una productividad promedio por hectárea de 750 kilos de grano seco. La Alianza Cacao Perú (ACP), una alianza público-privada apoyada USAID, tiene como misión mejorar la productividad del pequeño productor con la finalidad de aumentar sus ingresos y superar la pobreza. Si bien estos rendimientos sitúan al Perú como uno de los países con mayor productividad de cacao en el mundo, el potencial biológico de la planta es mucho mayor (4000 kilos / ha) y la evidencia de campo que disponemos nos sugiere que existe un margen bastante amplio para incrementar la productividad de los productores de cacao en estas tres regiones. Así pues, en las zonas de intervención de la ACP encontramos muchos pequeños productores que ya obtienen rendimientos de más 3,000 kilos de grano seco por hectárea. Lograr que las productividades de la mayoría de agricultores se acerqué a la de los agricultores líderes de mayor rendimiento, significaría un incremento muy importante en la producción e ingresos de estos pequeños productores. El objetivo central de la investigación es examinar cuales son las variables que influyen en el rendimiento del cultivo del cacao en las tres zonas de intervención de la ACP. La hipótesis principal del estudio es que la asistencia técnica junto a la fertilización tienen un impacto positivo y significativo sobre la productividad del cultivo del cacao. Otras variables que influirían en la productividad serían la educación y los años de experiencia en el cultivo. La ACP ha aplicado a finales del 2016 una encuesta a 1135 productores de cacao de las regiones de San Martín, Huánuco y Ucayali. Esta encuesta tiene un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 2.9%. Esta encuesta nos permitirá estimar un modelo econométrico que posibilitara probar o rechazar nuestra hipótesis.

Abstract

One of the fastest growing agricultural products in Peru has been cocoa. This crop has increased in 16 years from 41,000 hectares to more than 140,000 hectares in 2016. Likewise, cocoa production in the same period went from 25,000 tons to 108,000 tons. Similarly, cocoa yields have been increasing especially since 2004, when the national average was 486 kg per hectare. In 2016, the average yield was 769 kg per ha. It has been estimated that around 70,000 families grow cocoa in Peru, that is, about 350,000 Peruvians depend directly on this crop. The San Martin, Huanuco and Ucayali regions currently represent 60% of the hectares planted with cocoa nationwide and a similar percentage of the national production of cocoa. It should be noted that a significant part of the growth of cocoa crops in these three regions has taken place due to the substitutions of illegal coca crops, thanks to the technical and financial support provided by the United States Agency for International Development (USAID) for more than two decades through the Alternative Development Program in conjunction with the Peruvian Government. In these three regions, coca cultivation and drug trafficking was predominant a few years ago. Nowadays, a legal and profitable alternative economy is currently developing thanks to the cultivation of cocoa. To consolidate the success of this peace, legality and development strategy it is important to achieve economic sustainability of small cocoa producers. A central aspect of sustainability is productivity or yields per hectare. The small producer of these three regions has an average of three hectares and an average productivity of 750 kilos of dry grain per hectare. The mission of the Alianza Cacao Peru (ACP), a public-private partnership supported by USAID, is to improve the productivity of small producers in order to increase their income and help them overcome poverty. Although these yields place Peru as one of the countries with the highest cocoa productivity in the world, the biological potential of the plant is much higher (4.000 kilos/ha) and field evidence suggests that there is still a considerable margin to increase the productivity of cocoa in these three regions. Thus, in the intervention areas the ACP found many small producers who already have yields of more than 3.000 kilos of dry grain per hectare. If the majority of farmers had a productivity that was close to that of the leading farmers with the highest yields, there would be a very important increase in the production and income of these small producers. The main objective of the research is to examine the variables that influence the performance of the cocoa crop in the three intervention zones of the ACP. The main hypothesis of the study is that technical assistance along with fertilization have a positive and significant impact on productivity of the cocoa crop. Other variables that would influence productivity would be education and years of experience. The ACP administered a survey to 1.135 cocoa producers in the San Martin, Huanuco and Ucayali regions at the end of 2016. This survey had a confidence level of 95% and a 2.9% error margin. This survey will allow us to suggest an econometric model that would make it possible to prove or reject our hypothesis.

Résumé

Résumé. Le cacao est un des produits agricoles de plus grande croissance au Pérou. Cette culture est passée en 16 ans de 41.000 hectares à plus de 140.000 en 2016 ; et la production de graines est passée pendant cette même période de 25.000 tonnes à 108.000 tonnes en 2016. Par ailleurs, les rendements du cacao ont aussi augmentés, surtout depuis 2004 quand la moyenne nationale était de 486 kg/ha et en 2016 le rendement est en moyenne de 769 kg/ha. On calcule également que près de 70.000 familles cultivent du cacao au Pérou, c'est à dire que près de 350.000 péruviens dépendent directement de la culture de ce produit. Les régions de San Martín, Huánuco et Ucayali représentent aujourd'hui 60% des hectares cultivées à niveau national avec un pourcentage similaire de production nationale du cacao. Il y a lieu de signaler qu'une partie importante de la croissance de la production du cacao dans ces trois régions réponds au fait de la substitution de la culture illicite de coca et grâce à l'appui technique et financier pendant plus de deux décennies de l'Agence des

Etats-Unis pour le Développement International (USAID) à travers du Programme de Développement Alternatif conjointement avec le gouvernement du Pérou. Dans ces trois régions, où les plantations de coca et le trafic de drogues prévalaient, il se développe aujourd'hui une économie alternative légale et rentable grâce à la culture du cacao. Le succès de cette stratégie de paix, légalité et développement est le résultat de chercher la durabilité économique du petit producteur du cacao. Un aspect central de cette durabilité est la productivité et le rendement par hectare. Le petit producteur dans ces trois régions à une moyenne de trois hectares et une productivité de 750 kilos de graine sèche par hectare. L'Alliance Cacao Pérou (ACP), une alliance publique-privée aidée par USAID, a la mission d'améliorer la productivité du petit producteur afin d'augmenter son revenu et surmonter la pauvreté. Bien que ces rendements placent le Pérou comme un des pays avec la plus grande productivité de cacao dans le monde, le potentiel biologique de la plante est bien supérieur (4000 kilos/ha) et la preuve en terrain que nous avons suggère qu'il existe une marge assez grande pour augmenter la productivité des cacaoculteurs dans ces trois régions. Donc, dans les zones d'intervention de l'ACP on trouve beaucoup de petits producteurs qui parviennent déjà à des rendements de plus de 3.000 kilos de graine sèche par hectare. Si on parvient à ce que la productivité de la plupart des agriculteurs soit proche à celle des agriculteurs leaders de plus haut rendement, ce serait un énorme accroissement de la production et du revenu de ces petits producteurs. Le but central de la recherche est d'examiner qu'elles seraient les variables qui influencent le rendement de la plantation du cacao dans les trois zones d'intervention de l'ACP. L'hypothèse principale de l'étude est que l'assistance technique et la fertilisation ont un impact positif et significatif sur la productivité de la plantation du cacao. Autres variables qui pourraient influencer la productivité seraient l'éducation et les années d'expérience dans la plantation. Vers la fin de 2016, L'ACP a mené une enquête sur 1135 producteurs de cacao des régions de San Martín, Huánuco et Ucayali. Cette enquête a un niveau de fiabilité de 95% et une marge d'erreur de 2.9%. Elle nous permettra d'évaluer un modèle économétrique pour prouver ou rejeter notre hypothèse.

FARMERS KNOWLEDGE ATTITUDE AND PRACTICE ON COCOA CERTIFICATION IN SOUTHWEST NIGERIA

Solomon Famuyiwa

B. S. Famuyiwa, S. O. Aroyenu, E. A. Adeyemi, M. A. Okeniyi, E. A. Agbongiarhouyi, A. T. Yahaya
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

The study explored the levels of knowledge, attitude and practice of cocoa farmers in Southwest Nigeria towards certification process. It specifically examined the sources of information, factors militating the adoption of certification processes and identified the training needs. A set of pre-tested questionnaire was used to solicit information while multistage sampling procedure was used to select 60 respondents each from two locations Ilare in Osun and Ile-Oluji in Ondo States. Results revealed a mean age of 43.33 years, farming experience 22.70 years, farm size 8.73 ha and age of farm 22.15 years while yield was recorded as 14.14 tons. It was also established that 86% could read and write, 52.50% of the respondents were aware of certification process while only 35% had extension contact. Correlation analysis showed a positive and significant relationship at ($r = 0.315$ p)

Résumé

L'étude a exploré les niveaux de connaissance, l'attitude et le niveau de pratique des producteurs de cacao dans le sud-ouest du Nigeria à propos du processus de certification. On a particulièrement examiné les sources d'information, les facteurs qui œuvrent à l'adoption des processus de certification et les besoins de formation identifiés. Un ensemble de questionnaires préalablement testés a été utilisé pour demander des informations, tandis que la procédure d'échantillonnage en plusieurs étapes a été utilisée pour sélectionner 60 sondés provenant chacun de deux endroits: Ilare à Osun et Ile-Oluji dans l'État d'Ondo. Les résultats ont révélé un âge moyen de 43,33 ans, une expérience agricole de 22,70 ans, une taille de ferme de 8,73 hectares et un âge de ferme de 22,15 ans, tandis que le rendement était de 14,14 tonnes. Il a également été établi que 86% pouvaient lire et écrire, 52,50% des personnes interrogées connaissaient le processus de certification, tandis que seulement 35% en avaient une connaissance vague. L'analyse de corrélation a montré une relation positive et significative dans ($r = 0,315$ p).

Resumen

El estudio exploró los niveles de conocimiento, actitud y práctica de los productores de cacao en el suroeste de Nigeria sobre el proceso de certificación. Se examinaron específicamente las fuentes de información, los factores que militan en la adopción de procesos de certificación y las necesidades de capacitación identificadas. Se utilizó un conjunto de cuestionarios probados previamente para solicitar información, mientras que el procedimiento de muestreo de etapas múltiples se utilizó para seleccionar a 60 encuestados cada uno de dos lugares: Ilare en Osun e Ile-Oluji en el Estado de Ondo. Los resultados revelaron una edad promedio de 43.33 años, una experiencia agrícola de 22.70 años, un tamaño de granja de 8.73 hectáreas y una edad de granja de 22.15 años, mientras que el rendimiento se registró como 14.14 toneladas. También se estableció que el 86% podía leer y escribir, el 52,50% de los encuestados conocía el proceso de certificación, mientras que solo el 35% tenía contacto de extensión. El análisis de correlación mostró una relación positiva y significativa en ($r = 0.315$ p).

COCOA PRODUCTION AND PROCESSING TECHNOLOGY TRANSFER (CPPTT) IN NIGERIA: ISSUES AND CHALLENGES

Solomon Famuyiwa

B. S. Famuyiwa, S. O. Aroyeun, O. Olubamiwa

Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

Cocoa production and processing technology significantly contributes to the productivity, wealth, health and livelihood of all the stakeholders along cocoa value chain from the field to table in the producing nations. It affects the producing nations and individuals by creating food security and foreign exchange earning most especially in Nigeria. Due to rapid growth of cocoa production, processing and utilization technologies are characterized by series of challenges which are consequently affecting its marketing in Nigeria. Technology transfer has become a great issue of concern for stakeholders at every level of the value chain. However, the technology transfer is a very challenging process that contains enormous barriers and constrains such as lack of infrastructure, low knowledge of the people and consequential effect on fair trade. One of the major challenges is low level of research support by the Nation. This paper present and discusses what is; in technology transfer process, channels, challenges, barriers and way forward along the cocoa value chain as it affects Nigeria.

Résumé

La technologie de production et de transformation du cacao contribue de manière significative à la productivité, à la richesse, à la santé et aux moyens de subsistance de tous les acteurs de la chaîne de valeur du cacao, depuis le champ jusqu'à la table dans les pays producteurs. Elle affecte les nations et les producteurs en créant de la sécurité alimentaire et des entrées de devises, en particulier au Nigeria. En raison de la croissance rapide de la production de cacao, les technologies de transformation et d'utilisation sont caractérisées par une série de défis qui, par conséquent, affectent leur commercialisation au Nigeria. Le transfert de technologie est devenu une préoccupation majeure pour les parties prenantes à tous les niveaux de la chaîne de valeur. Cependant, le transfert de technologie est un processus très difficile qui comporte des obstacles et des limitations énormes comme le manque d'infrastructure, la faible connaissance des personnes et l'effet qui en résulte sur le commerce équitable. Un des principaux défis est le faible niveau de soutien à la recherche de la part de la nation. Ce document présente et discute au sujet de ce qu'est le processus de transfert de technologie, les canaux, les défis et la voie à suivre le long de la chaîne de valeur du cacao, puisqu'elle affecte le Nigeria.

Resumen

La tecnología de producción y procesamiento de cacao contribuye significativamente a la productividad, la riqueza, la salud y los medios de subsistencia de todos los interesados a lo largo de la cadena de valor del cacao desde el campo hasta la mesa en las naciones productoras. Afecta a las naciones y personas productoras creando seguridad alimentaria e ingreso de divisas, especialmente en Nigeria. Debido al rápido crecimiento de la producción de cacao, las tecnologías de procesamiento y utilización se caracterizan por una serie de desafíos que, en consecuencia, están afectando su comercialización en Nigeria. La transferencia de tecnología se ha convertido en una gran inquietud para las partes interesadas en todos los niveles de la cadena de valor. Sin embargo, la transferencia de tecnología es un proceso muy desafiante que contiene enormes barreras y limitaciones tales como la falta de infraestructura, el bajo conocimiento de las personas y el efecto consecuente sobre el comercio justo. Uno de los principales desafíos es el bajo nivel de apoyo a la investigación por parte de la Nación. Este documento presenta y discute lo que es; en el proceso de

transferencia de tecnología, canales, desafíos, desafíos y camino a seguir a lo largo de la cadena de valor del cacao, ya que afecta a Nigeria.

FACTORS INFLUENCING THE USE OF LABOUR SAVING TECHNOLOGIES ON COCOA FARMS IN NIGERIA

Justina Lawal

Dr. O.O. Oduwole, Dr. B.S. Famuyiwa
Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

The drudgery of farm operations on cocoa production is the bane of poor productivity and major cause of the non- involvement of youths in the cocoa business in the country. Labour Saving Technologies (LSTs) are the devices that reduce labour input thereby reducing the energy expended and overall cost of production on cocoa among farmers along the value chain at the same time improving production. Data were collected from the three high cocoa producing states in Nigeria using well structured questionnaire; two cocoa producing Local Government Areas (LGAs) were selected per state, 120 farmers were interviewed thus making a total of 360 respondents. The major objectives of the study were to identify the existing labour saving devices among farmers and to find the determinants of use of LSTs among cocoa farmers. The data collected were analyzed using descriptive and inferential statistics. Results of analysis revealed that 77.5 percent of the cocoa farm household heads were male, mean age of the household head was 44.97 ± 14.84 years, household size was 8 ± 3.5 persons, Farm size is 5.33 ± 3.94 hectares, mean age of cocoa trees was 18.71 ± 11.56 years, year of experience at 28.15 ± 14.41 years. Mainly 78.4 percent of the farming households use hired labour on their farms, 14.7 percent use family labour and only 56.9 percent of the farming households claim to use labour saving technologies on their farms. Majority of the farmers' use pump sprayers (86.5 %), motorcycles are owned by only a few 38%, Wheelbarrows is owned by 42.3%. The regression result shows that the use of labour saving technologies is determined by age of farmer, access to credit, years of cocoa farming experience, access to extension services, age and size of cocoa farms.

Résumé

Le travail ardu des exploitations agricoles dans la production de cacao est le tourment de la faible productivité et la principale cause du manque de participation des jeunes dans le commerce du cacao dans le pays. Les Technologies d'Economie de Main-d'œuvre (TAMO) sont les dispositifs qui réduisent l'entrée de main-d'œuvre, réduisant ainsi l'énergie consommée et le coût global de la production de cacao parmi les agriculteurs tout au long de la chaîne de valeur tout en améliorant la production. Les données ont été recueillies dans les trois États à production élevée de cacao du Nigéria en utilisant un questionnaire bien structuré; deux Zones de Gouvernement Local (AGL) productrices de cacao ont été sélectionnées par état, 120 agriculteurs ont été interrogés, pour un total de 360 sondés. Les principaux objectifs de l'étude étaient d'identifier les dispositifs d'économie de main-d'œuvre existants parmi les agriculteurs et de trouver les déterminants de l'utilisation des TAMO parmi les producteurs de cacao. Les données recueillies ont été analysées à l'aide de statistiques descriptives et inférentielles. Les résultats de l'analyse ont révélé que 77,5 pour cent des chefs de famille producteurs de cacao sont des hommes, l'âge moyen du chef de ménage est de $44,97 \pm 14,84$ années, la taille du ménage est de $8 \pm 3,5$ personnes, la taille de la ferme est de $5,33 \pm 3,94$ hectares, l'âge moyen des cacaoyers est de $18,71 \pm 11,56$ ans, l'année d'expérience moyenne est de $28,15 \pm 14,41$ ans. Principalement, 78,4% des ménages agricoles utilisent une main-d'œuvre salariée dans leurs exploitations agricoles, 14,7% utilisent la main-d'œuvre familiale et seulement 56,9% des ménages agricoles déclarent utiliser des technologies économes en main-d'œuvre dans leurs exploitations. . La plupart des pulvérisateurs à pompe sont utilisés par les agriculteurs (86,5%), seuls 38% d'entre eux possèdent des motocyclettes, et 42,3% des camions. Le résultat de la régression montre que l'utilisation des technologies pour l'économie

en main d'œuvre est déterminée par l'âge de l'agriculteur, l'accès au crédit, les années d'expérience dans la culture du cacao, l'accès aux services d'épandage, l'âge et la taille des exploitations de cacao.

Resumen

El trabajo arduo de las operaciones agrícolas en la producción de cacao es el tormento de la baja productividad y la principal causa de la falta de participación de los jóvenes en el negocio del cacao en el país. Las Tecnologías de Ahorro de la Mano de Obra (TAMO) son los dispositivos que reducen la entrada de mano de obra, reduciendo así la energía consumida y el costo general de producción del cacao entre los agricultores a lo largo de la cadena de valor al mismo tiempo que mejora la producción. Los datos fueron recolectados de los tres estados de alta producción de cacao en Nigeria utilizando un cuestionario bien estructurado; se seleccionaron dos Áreas de Gobierno Local (AGL) productoras de cacao por estado, se entrevistaron 120 agricultores completando un total de 360 encuestados. Los principales objetivos del estudio fueron identificar los dispositivos existentes de ahorro de mano de obra entre los agricultores y encontrar los determinantes del uso de TAMOs entre los productores de cacao. Los datos recolectados fueron analizados usando estadística descriptiva e inferencial. Los resultados del análisis revelaron que el 77.5 por ciento de las cabezas de familia de productores de cacao son hombres, la edad promedio de la cabeza del hogar es 44.97 ± 14.84 años, el tamaño del hogar es de 8 ± 3.5 personas, el tamaño de la granja es 5.33 ± 3.94 hectáreas, la edad media de los árboles de cacao 18.71 ± 11.56 años, año de experiencia a 28.15 ± 14.41 años. Principalmente, el 78.4 por ciento de los hogares agrícolas usan mano de obra contratada en sus granjas, el 14.7 por ciento usa mano de obra familiar y solo el 56.9 por ciento de los hogares agrícolas afirman usar tecnologías de ahorro de mano de obra en sus granjas. La mayoría de los pulverizadores con bomba de uso de los agricultores (86.5%), las motocicletas son sólo propiedad de un 38%, las carretillas son propiedad de un 42.3%. El resultado de la regresión muestra que el uso de tecnologías para el ahorro de mano de obra está determinado por la edad del agricultor, el acceso al crédito, los años de experiencia en el cultivo de cacao, el acceso a servicios de extensión, la edad y el tamaño de las granjas de cacao.

FARMERS' KNOWLEDGE, UTILIZATION AND PERCEPTIONS OF CRIG RECOMMENDED TECHNOLOGIES AND GOVERNMENT POLICIES TO ENHANCE COCOA PRODUCTIVITY

Mercy Assamoah

Frank Owusu-Ansah, Frederick Amon-Armah, Prince F. Brannor, Ofori Samuel, Comfort Ofosua Darkwa
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

This study aimed at assessing farmers' knowledge, utilisation and challenges associated with CRIG recommended cocoa technologies as well as farmers' perceptions of government policies on yield enhancing strategies in Ghana. Over 300 cocoa farmers in selected communities in four regions were interviewed using a formal questionnaire in 2016. Results indicated that there were marked variances between farmers' knowledge in terms of recommended practices and what they actually practised. While some over-indulge in the practices, others under utilize the recommendations; and both attitudes may lead to inefficiencies or abuse of pesticides. The majority of respondents supported the continuation of the government policies but suggested major reviews to making them more profitable. Others however, advocated for a replacement of the policies with a more sustaining effort such as open market policy with subsidy to cushion farmers to purchase inputs on their own. It is recommended that these farmers' perceptions and challenges be given critical reviews by Ghana Cocoa Board management to assess their usefulness for policy changes.

Résumé

Cette étude visait à évaluer les connaissances, l'utilisation et les défis des agriculteurs associés aux technologies du cacao recommandées par le CRIG, ainsi que la perception des agriculteurs des politiques gouvernementales sur les stratégies d'amélioration de la performance au Ghana. Plus de 300 producteurs de cacao dans des communautés sélectionnées dans quatre régions ont été interrogés à l'aide d'un questionnaire formel en 2016. Les résultats ont indiqué qu'il y avait des différences importantes entre les connaissances des agriculteurs en termes de meilleures pratiques et ce qu'ils pratiquaient réellement. Alors que certains se livrent trop à la pratique, d'autres utilisent peu les recommandations; et les deux attitudes peuvent conduire à l'inefficacité ou la mauvaise utilisation des pesticides. La plupart des sondés sont favorables à la poursuite de la politique gouvernementale, mais ils ont suggéré des révisions importantes pour les rendre plus efficaces. D'autres, cependant, ont préconisé un remplacement de la politique par un effort plus soutenu, comme la politique de marché ouvert avec des subventions pour indemniser les agriculteurs quand ils achètent leurs propres intrants. Il est recommandé que les perceptions et les défis des agriculteurs fassent l'objet d'analyses critiques de la part de la direction de la Junta del Cacao du Ghana afin d'évaluer leur utilité pour les changements de politique.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el conocimiento, la utilización y los desafíos de los agricultores asociados con las tecnologías de cacao recomendadas por CRIG, así como las percepciones de los agricultores sobre las políticas gubernamentales sobre estrategias de mejora del rendimiento en Ghana. Más de 300 productores de cacao en comunidades seleccionadas en cuatro regiones fueron entrevistados usando un cuestionario formal en 2016. Los resultados indicaron que había diferencias marcadas entre los conocimientos de los agricultores en términos de prácticas recomendadas y lo que realmente practicaban. Mientras algunos se entregan demasiado a las prácticas, otros casi no utilizan las recomendaciones; y ambas actitudes pueden conducir a ineficiencias o abuso de pesticidas. La mayoría de los encuestados apoyó la continuación de las políticas gubernamentales, pero sugirió importantes revisiones para hacerlas más rentables. Otros, sin embargo, abogaron por

un reemplazo de las políticas con un esfuerzo más sostenido, como la política de mercado abierto con subsidios para amortiguar a los agricultores al comprar sus propios insumos. Se recomienda que las percepciones y los desafíos de los agricultores reciban revisiones críticas de la gerencia de la Junta del Cacao de Ghana para evaluar su utilidad para los cambios de políticas.

VERS L'EMERGENCE D'UNE FILIERE CACAO D'EXCELLENCE EN MARTINIQUE

Sandra Adenet

Françoise Regina, Dominique Rogers

Pôle Agroalimentaire Régional de Martinique (PARM)

Résumé

De nombreux auteurs du XVII^e siècle ayant vécu en Martinique attestent de la présence de cacaoyers dans l'île, autour de 1660 et attribuent leur découverte aux Amérindiens. La localisation des premières plantations et l'identité des premiers propriétaires de cacaoyères de Martinique sont néanmoins l'objet de désaccords. Généralement, les auteurs privilégient la piste suivie récemment par Jean-Pierre Sainton qui affirme que la première cacaoyère de Martinique daterait de 1660, et qu'elle aurait été créée entre le Morne rouge et Saint-Pierre par le sieur Benjamin d'Acosta, un juif portugais chassé du Brésil. Depuis, l'histoire de la cacaoculture en Martinique a été jalonnée par différentes vagues d'introduction en provenance de divers pays. De plus, des épisodes cycloniques, sismiques et des maladies ont fortement impacté la culture de cacao. Aujourd'hui subsistent de nombreuses cacaoyères issues de cette histoire mouvementée et une étude a été conduite pour mieux connaître la composition du verger actuel. Les premiers résultats obtenus indiquent qu'il existe en Martinique une variabilité génétique très importante, diversité qui témoigne de ces nombreuses vagues d'introduction. Une cartographie de la présence des différents groupes génétiques révèle qu'il n'existe pas de zonation très précise des différents groupes sur l'île. L'intérêt croissant pour le cacao martiniquais provient des résultats très encourageants obtenus à partir des qualités organoleptiques des chocolats élaborés avec des fèves martiniquaises. Les premiers essais d'analyse sensorielle révèlent un fort potentiel aromatique du cacao martiniquais, probablement dû à un effet terroir favorable. Cette première étude devrait amener à une meilleure valorisation du cacao martiniquais et à une relance de la filière cacao sur le territoire et à terme, favoriser l'émergence d'une filière d'excellence.

Abstract

Many 17th century writers who lived in Martinique attest to the presence of cocoa trees on the island around 1660, and attribute their discovery to the Amerindians. The location of the first plantations and the identity of the first owners of cocoa in Martinique are nevertheless the subject of disagreements. Generally, the authors privilege the track followed recently by Jean-Pierre Sainton, who posits that the first cocoa of Martinique dates from 1660, and that it would have been created between Red Morne and Saint-Pierre by the Sieur Benjamin d'Acosta, a Portuguese Jew chased from Brazil. Since then, the history of cocoa farming in Martinique has been pervaded by different waves of introduction from various countries. In addition, cyclonic, seismic and disease events have strongly impacted cocoa crops. Today, there are still many cocoa farms remaining from this turbulent history, and a study was conducted to better understand the composition of the current orchard. The first results obtained indicate that there exists in Martinique a very important genetic variability, diversity which testifies to these numerous waves of introduction. A mapping of the presence of different genetic groups reveals that there is no very precise zonation of the different groups on the island. The growing interest in Martinique cocoa comes from the very encouraging results obtained from the organoleptic qualities of chocolates made with Martinican beans. The first sensory analysis tests reveal a strong aromatic potential of Martinican cocoa - probably due to a favorable terroir effect. This first study should lead to a better valuation of Martinique cocoa, a subsequent revival of the cocoa sector in the territory, and ultimately to foster the emergence of an excellence cocoa sector.

Resumen

Muchos escritores del siglo 17 que vivían en Martinica dan fe de la presencia de árboles de cacao en la isla alrededor del año 1660, y su descubrimiento se le atribuye a los amerindios. Sin embargo, la ubicación de las primeras plantaciones y la identidad de los primeros propietarios de cacao en Martinica son materia de desacuerdos. En general, los autores siguen el rastro que recientemente siguiera Jean-Pierre Sainton, quien postula que el primer cacao de Martinica se remonta al año 1660, y que habría sido creado entre Red Morne y San Pedro por Sieur Benjamin Acosta, un portugués Judío expulsado de Brasil. Desde entonces, la historia del cultivo de cacao en Martinica ha estado impregnado de diferentes olas de introducción de diversos países. Además, los eventos de índole sísmica, ciclónica y de enfermedades han tenido un fuerte impacto cultivos de cacao. Hoy en día, todavía hay un sinnúmero de plantaciones de cacao sobrevivientes de esta turbulenta historia, y se han llevado a cabo estudios encaminados a comprender mejor la composición actual de los cultivos. Los primeros resultados indican que existe en Martinica una gran variabilidad genética, la cual es testimonio de dichas numerosas oleadas de introducción. Un mapeo de la presencia de diferentes grupos genéticos revela que no existe una zonificación muy precisa de los diferentes grupos de la isla. El creciente interés en el cacao de Martinica procede de unos resultados muy alentadores en materia de las cualidades organolépticas de los chocolates hechos con granos de Martinica. Las primeras pruebas de análisis sensorial revelan un fuerte potencial aromático de cacao martinicano - probablemente debido a un efecto local favorable. Este primer estudio debería conducir a una mejor evaluación del cacao de Martinica, un ulterior resurgimiento del sector del cacao en el territorio, y el fomento de un sector emergente de cacao de excelencia.

MARKET LED TECHNOLOGY ADOPTION IN SOLOMON ISLANDS

David Guest

Andrew Sale, Moses Pelomo, Grant Vinning
The University of Sydney

Abstract

For the past 15 years cocoa exports from Solomon Islands have been monopsonistically structured with one company being responsible for over 90 percent of all exports. Beans invariably received the same price regardless of moisture content, bean count, or the cut-test results. Despite numerous training efforts by the country's regulatory authority, there was little if any improvement in quality. This was because the growers had no financial incentive to improve as they received the same price regardless of the quality of the cocoa delivered. An Australian aid funded Cocoa Livelihood Improvement Program in 2010 started the process of market reform. Cocoa growers were provided with marketing skills training in addition to the usual suite of production-oriented training. They were assisted to visit the market in Australia, Singapore, and Malaysia. The growers identified two separate markets – niche and bulk. For the first time they were given a clear enunciation of appropriate prices for appropriate quality. A company was formed to develop the direct market linkages to capture for the growers the potential premiums in the niche and high end bulk markets. Efforts concentrated on improving quality through adopting better fermentation and drying techniques. In May 2017 the company's growers were receiving SBD\$30.00 /kg when the average buying price was just SBD\$8.00. The growers are currently conducting a huge array of on-farm experiments to achieve higher quality. Experiments include different dimensions for fermentation boxes, and different thickness and types of timber used to build the boxes; the use of different plastics for “solar” and “sun” drying; treating the beans at night during the drying process, and, what is the appropriate break between the end of the fermentation and the beginning of drying. Many of these techniques are well known and thus are not new. But their adoption in Solomon Islands was due to the development of financial incentives through the market place. Technological adoption depends upon the growers being able to make money from the techniques and not the science base underpinning the technique.

Résumé

Au cours des 15 dernières années, les exportations de cacao des îles Salomon ont été structurées de manière monopolistique et l'une des entreprises est responsable de plus de 90 pour cent de toutes les exportations. Les grains ont reçu invariablement le même prix, quel que soit le taux d'humidité, le nombre de grains ou les résultats des tests de coupe. Malgré les nombreux efforts de formation de l'autorité de réglementation du pays, il y a eu peu ou pas d'amélioration de la qualité. En effet, les producteurs n'avaient aucune incitation financière à s'améliorer puisqu'ils recevaient le même prix quelle que soit la qualité du cacao livré. Un programme australien d'aide financée d'Amélioration des Moyens de Subsistance du Cacao a lancé en 2010 le processus de réforme du marché. Les cultivateurs de cacao ont été formés aux techniques de commercialisation en plus de la formation habituelle axée sur la production. Ils ont reçu une aide pour aller voir le marché en Australie, à Singapour et en Malaisie. Les producteurs ont identifié deux marchés distincts: niche et à foison. Pour la première fois, ils ont reçu une déclaration claire des prix appropriés pour la qualité appropriée. Une société a été créée pour développer des liens directs avec le marché afin de capter pour les producteurs les primes potentielles sur les marchés de niche et haut de gamme. Les efforts ont porté sur l'amélioration de la qualité en adoptant de meilleures techniques de fermentation et de séchage. En mai 2017, les producteurs de la société ont reçu 30,00 \$ SBD / kg lorsque le prix d'achat moyen était de seulement 8,00 \$ SBD. Les producteurs mènent une grande variété d'expériences agricoles pour

atteindre une qualité supérieure. Les expériences comprennent différentes dimensions pour les boîtes de fermentation, et différentes épaisseurs et types de bois utilisés pour construire les caisses; l'utilisation de différents plastiques pour le séchage "solaire" et "au soleil"; traiter les grains pendant la nuit pendant le processus de séchage, et quelle est la pause appropriée entre la fin de la fermentation et le début du séchage. Beaucoup de ces techniques sont bien connues et, par conséquent, ne sont pas nouvelles. Mais leur adoption aux Îles Salomon est due au développement d'incitations financières à travers le marché. L'adoption technologique dépend de la capacité des producteurs à gagner de l'argent avec les techniques et non avec la base scientifique qui soutient la technique.

Resumen

En los últimos 15 años, las exportaciones de cacao de las Islas Salomón se han estructurado de manera monopsonística y una de las empresas es responsable de más del 90 por ciento de todas las exportaciones. Los granos invariablemente recibieron el mismo precio independientemente del contenido de humedad, el conteo de granos o los resultados de la prueba de corte. A pesar de los numerosos esfuerzos de capacitación de la autoridad reguladora del país, hubo poca o ninguna mejora en la calidad. Esto se debió a que los productores no tenían ningún incentivo financiero para mejorar ya que recibían el mismo precio independientemente de la calidad del cacao entregado. Un Programa australiano de ayuda financiada de Mejora de los Medios de Subsistencia del Cacao inició en 2010 el proceso de reforma del mercado. A los cultivadores de cacao se les proporcionó capacitación en habilidades de mercadeo además del conjunto habitual de capacitación orientada a la producción. Fueron asistidos para visitar el mercado en Australia, Singapur y Malasia. Los productores identificaron dos mercados separados: nicho y a granel. Por primera vez se les dio una enunciación clara de precios apropiados para la calidad apropiada. Se formó una compañía para desarrollar los vínculos directos con el mercado para capturar para los productores las primas potenciales en el nicho y los mercados a granel de gama alta. Los esfuerzos se concentraron en mejorar la calidad mediante la adopción de mejores técnicas de fermentación y secado. En mayo de 2017, los productores de la compañía recibían SBD \$30.00/kg cuando el precio de compra promedio era de solo SBD \$8.00. Los productores están llevando a cabo una gran variedad de experimentos en granja para lograr una mayor calidad. Los experimentos incluyen diferentes dimensiones para las cajas de fermentación, y diferentes espesores y tipos de madera utilizados para construir las cajas; el uso de diferentes plásticos para el secado "solar" y "al sol"; tratar los granos en la noche durante el proceso de secado, y cuál es el quiebre adecuado entre el final de la fermentación y el comienzo del secado. Muchas de estas técnicas son bien conocidas y, por lo tanto, no son nuevas. Pero su adopción en las Islas Salomón se debió al desarrollo de incentivos financieros a través del mercado. La adopción tecnológica depende de que los productores puedan ganar dinero con las técnicas y no con la base científica que sustenta la técnica.

DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT FRAMEWORK FOR THE REHABILITATION AND SUSTAINABLE INTENSIFICATION OF COCOA PRODUCTION ON SMALL HOLDER FARMS

Nicholas Cryer

Eamon Haughey, Edmund Omane, Edward Kumah, Nimogon Guy-Abel Silue, Sarah Boyd
Mondelēz International

Abstract

Sustainable high productivity cocoa farming requires the holistic combination of the best planting material with appropriate fertilizer supply, comprehensive farm management practises, and sufficient knowledge. Many farmers currently do not achieve high productivity due to limitations in their farming situation. To aid the transition of farmers from a low input – low output situation to a highly profitable, high productivity situation there is a need to provide farmers with a detailed plan with which they can effectively develop their farm. We have developed a decision support framework that integrates the key activities that farmers take, and the impact of each activity of farm performance. This framework includes a calendar indicating the optimum time to conduct work; the amounts of resources required in terms of funding and labour, and an understanding of the impact of each activity in terms of increases to farm performance. Importantly, the level of risk, based on measurements of on-farm year-to-year variation in performance, are included. Comparing the financial implications of inputs vs. the benefits in yield and profit to the farmer allows a detailed and fully budgeted pathway to be provided for each individual farm. Here we present an overview of current tracks of research focussing on the promotion of Good Agricultural Practice. The research tracks are united in a conceptual decision support framework including a detailed economic understanding, which maps out the renovation of small holder cocoa farms.

Résumé

La culture durable du cacao à haute productivité nécessite la combinaison holistique du meilleur matériel de plantation avec un approvisionnement adéquat en engrais, des pratiques de gestion des exploitations intégrales et des connaissances suffisantes. De nombreux agriculteurs n'atteignent actuellement pas une productivité élevée en raison des limitations de leur situation agricole. Pour faciliter la transition des agriculteurs à faibles intrants – à faibles rendements vers une situation très rentable et très productive, il est nécessaire de fournir aux agriculteurs un plan détaillé leur permettant de développer efficacement leur exploitation. Nous avons développé un cadre d'aide à la décision qui intègre les activités clés des agriculteurs et l'impact de chaque activité sur la performance de l'exploitation. Ce cadre comprend un calendrier qui indique le moment optimal pour effectuer le travail; les montants de ressources nécessaires en termes de financement et de main-d'œuvre, et une compréhension de l'impact de chaque activité en termes d'augmentation de la performance des exploitations. Il est important de noter que le niveau de risque est inclus, en fonction des mesures d'une année sur l'autre de la variation de la performance de l'exploitation. En comparant les implications financières des intrants avec les avantages en termes de rendement et de bénéfices pour l'agriculteur, un chemin détaillé et entièrement budgétisé est fourni pour chaque ferme individuelle. Nous présentons ici un aperçu des pistes de recherche actuelles axées sur la promotion de bonnes pratiques agricoles. Les pistes de recherche sont réunies dans un cadre conceptuel d'aide à la décision qui comprend une compréhension économique détaillée, et qui établit la rénovation des petites exploitations de cacao.

Resumen

El cultivo sostenible de cacao de alta productividad requiere la combinación holística del mejor material de siembra con un suministro adecuado de fertilizantes, prácticas de manejo de granjas integrales y suficiente conocimiento. Muchos agricultores actualmente no alcanzan una alta productividad debido a las limitaciones en su situación agrícola. Para ayudar a la transición de los agricultores que se encuentran en una situación de bajos insumos - bajo rendimiento a una situación altamente rentable y de alta productividad, existe la necesidad de proporcionar a los agricultores un plan detallado con el que puedan desarrollar efectivamente su granja. Hemos desarrollado un marco de apoyo a la toma de decisiones que integra las actividades clave que los agricultores toman y el impacto de cada actividad en el rendimiento de la granja. Este marco incluye un calendario que indica el momento óptimo para realizar el trabajo; las cantidades de recursos requeridos en términos de financiamiento y mano de obra, y una comprensión del impacto de cada actividad en términos de aumentos en el rendimiento de la granja. Es importante destacar que se incluye el nivel de riesgo, basado en mediciones de la variación año a año en el rendimiento de la granja. Al comparar las implicaciones financieras de los insumos con los beneficios en rendimiento y ganancias para el agricultor, se brinda una vía detallada y totalmente presupuestada para cada granja individual. Aquí presentamos una visión general de las pistas actuales de investigación centradas en la promoción de Buenas Prácticas Agrícolas. Las pistas de investigación se unen en un marco conceptual de apoyo a la toma de decisiones que incluye un entendimiento económico detallado, que establece la renovación de las granjas de cacao pequeñas.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A GLOBAL COLLABORATIVE FRAMEWORK ON CACAO GENETIC RESOURCES RESEARCH: INCENTIVES, CONSTRAINTS AND INSTITUTIONAL STRUCTURES

Selim Louafi

Andrew Meter, Brigitte Laliberté, Viviana Medina

Centre International de Recherche Agronomie pour le Développement (CIRAD)

Abstract

Research in cacao genetics plays a crucial role for the sustainability of the cacao sector. Effective management and improvement of cacao genetic resources relies on the exchange of resources such as genetic material, data or knowledge between different countries and across continents. It often involves global collaboration among a range of diverse actors interested in cacao genetic resources but with different capacities, aspirations and motivations. The cacao genetic community has already engaged in large-scale research collaboration in the past especially through the international CFC/ICCO/Bioversity projects from 1998 to 2010 and a new collaborative initiative is currently being discussed, the Collaborative Framework for Cacao Evaluation CFCE. This paper aims at understanding the opportunities and constraints for the formation process of collaborative inter-organisational initiative in cacao genetic research. It identifies the range of challenges to be addressed by the cacao community to make more informed choices about definition of common objectives, process and governance structure in establishing a collaborative initiative. This paper draws from an analysis of a survey conducted in April 2016 on a sample of 391 people involved in cacao genetic resources related activities, a bibliographic analysis as well as an in-depth evaluation and interviews carried out on the CFC/ICCO/Bioversity projects, drawing out the key lessons learnt and recommendations. Preliminary results show that existing barriers can potentially play against global collaboration and undermine a perceived sense of convergent interests. However, these constraints are more than counterbalanced by the existence of institutions that have the ability to support global collaboration and by pre-existing social relationships, including the CFC/ICCO/Bioversity project, that reflect a sense of strategic interdependency among potential participants actors. Therefore, the community's capacity to build on the awareness of the benefits of global collaboration and to agree on global objectives will depend on its ability to overcome tensions created by geographical distances, disciplinary divides or differences in capacity and to design a collaborative framework that will take advantage of existing converging forces while minimizing the effects of diverging forces.

Résumé

La recherche sur la génétique du cacao joue un rôle crucial dans la durabilité du secteur du cacao. La gestion et l'amélioration efficaces des ressources génétiques du cacao reposent sur l'échange des ressources, telles que du matériel génétique, des données ou des connaissances entre différents pays et sur tous les continents. Il implique souvent une collaboration mondiale entre une variété d'acteurs intéressés par les ressources génétiques du cacao mais ayant des capacités, des aspirations et des motivations différentes. La communauté génétique du cacao a déjà participé à une collaboration de recherche à grande échelle dans le passé, notamment à travers les projets internationaux CFC / ICCO / Bioversity de 1998 à 2010 et une nouvelle initiative de collaboration est en cours de discussion, le Cadre Collaboratif pour l'Evaluation du Cacao (CFCE, pour ses sigles en anglais). Ce document vise à comprendre les opportunités et les limites du processus de formation de l'initiative de collaboration inter-organisationnelle dans la recherche génétique du cacao. Il identifie l'ensemble des défis que la communauté du cacao doit relever pour prendre des décisions plus éclairées sur la définition des objectifs communs, le processus et la structure de gouvernance pour établir une initiative de collaboration. Ce document

est basé sur l'analyse d'une enquête réalisée en avril 2016 sur un échantillon de 391 personnes impliquées dans des activités liées aux ressources génétiques du cacao, une analyse bibliographique et une évaluation approfondie et des entretiens menés sur les projets CFC / ICCO / Bioversity, en tirant les principales leçons apprises et des recommandations. Les résultats préliminaires montrent que les obstacles existants peuvent jouer contre la collaboration mondiale et nuire à la perception d'intérêts convergents. Cependant, ces limitations sont plus que compensées par l'existence d'institutions qui ont la capacité de soutenir la collaboration mondiale et les relations sociales préexistantes, y compris le projet CFC / ICCO / Bioversity, qui reflètent un sentiment d'interdépendance stratégique parmi les participants potentiels. Par conséquent, la capacité de la communauté à prendre conscience des avantages de la collaboration mondiale et à se mettre d'accord sur des objectifs mondiaux dépendra de sa capacité à surmonter les tensions créées par les distances géographiques, les divisions disciplinaires ou les différences de Cadre collaboratif qui tire parti des forces convergentes existantes tout en minimisant les effets des forces divergentes.

Resumen

La investigación en genética del cacao juega un papel crucial para la sostenibilidad del sector del cacao. La gestión eficaz y la mejora de los recursos genéticos del cacao se basan en el intercambio de recursos, como material genético, datos o conocimientos entre diferentes países y en todos los continentes. A menudo implica la colaboración global entre una variedad de actores interesados en los recursos genéticos del cacao pero con diferentes capacidades, aspiraciones y motivaciones. La comunidad genética del cacao ya participó en la colaboración de investigación a gran escala en el pasado, especialmente a través de los proyectos internacionales CFC/ICCO/Bioversity desde 1998 hasta 2010 y una nueva iniciativa de colaboración se está discutiendo actualmente, el Marco Colaborativo para la Evaluación de Cacao (CFCE por sus siglas en inglés). Este documento tiene como objetivo la comprensión de las oportunidades y limitaciones para el proceso de formación de la iniciativa de colaboración interorganizacional en la investigación genética del cacao. Identifica la gama de desafíos que debe abordar la comunidad del cacao para tomar decisiones más informadas sobre la definición de objetivos comunes, el proceso y la estructura de gobierno para establecer una iniciativa de colaboración. Este documento se basa en un análisis de una encuesta realizada en abril de 2016 sobre una muestra de 391 personas involucradas en actividades relacionadas con los recursos genéticos del cacao, un análisis bibliográfico y una evaluación en profundidad y entrevistas realizadas sobre los proyectos CFC/ICCO/Bioversity, sacando las lecciones clave aprendidas y recomendaciones. Los resultados preliminares muestran que las barreras existentes pueden jugar en contra de la colaboración global y perjudicar un sentido percibido de intereses convergentes. Sin embargo, estas limitaciones están más que compensadas por la existencia de instituciones que tienen la capacidad de apoyar la colaboración global y por las relaciones sociales preexistentes, incluido el proyecto CFC/ICCO/Bioversity, que reflejan un sentido de interdependencia estratégica entre los participantes potenciales. Por lo tanto, la capacidad de la comunidad para construir sobre la conciencia de los beneficios de la colaboración global y para acordar objetivos globales dependerá de su capacidad para superar las tensiones creadas por distancias geográficas, divisiones disciplinarias o diferencias en la capacidad y para diseñar un marco de colaboración que aprovecha las fuerzas convergentes existentes mientras minimiza los efectos de las fuerzas divergentes.

DEFINING A LIVING INCOME: LEARNINGS FROM DATA COLLECTIONS IN GHANA AND CÔTE D'IVOIRE

Friedel Hütz-Adams
Anna Laven, Roger Bymolt, Marcello Tyzler
SUDWIND-Institute

Abstract

The cocoa sector faces many challenges. According to the insufficient available data, most of the farmers in West Africa live below the poverty line, and are under pressure from high inflation rates and declining inflation-adjusted cocoa prices. According to the United Nations Guiding Principles on Business and Human Rights (UNGPs), companies are responsible for ensuring human rights violations do not occur within their value chains. The introduction of a 'living income' is important for avoiding human rights abuses: Without a living income many of the problems within the sector cannot be solved. One of the major difficulties in defining a living income is that, for a majority of farmers, a living income cannot be achieved through cocoa production alone. Neither price increases nor increased productivity and profitability may be sufficient to achieve a living income. Part of the solution may come from increased crop diversification. Increased diversification could both support farmers with non-cocoa income and additionally prevent the trend of declining real cocoa prices. This message may be difficult to swallow for companies which core business is cocoa and chocolate production. In this paper, the authors present robust quantitative and qualitative data on current income diversification strategies among 3000 cocoa growing households in Ghana and Côte d'Ivoire. This extensive data set is collected in November – December 2016 (Ghana) and February-March 2017 (Cdi) by KIT, in collaboration with local research partners ALC and ALP. The data will be used to contribute to the ongoing efforts to develop an approach on how to calculate a living income for cocoa growing households in these two countries. Furthermore it will develop roadmaps for different types of households to achieve this, and give recommendations for companies on what they can do to support a living income for cocoa farmers.

Résumé

Le secteur du cacao est confronté à de nombreux défis. Selon les données disponibles insuffisantes, la plupart des agriculteurs d'Afrique de l'Ouest vivent en dessous du seuil de pauvreté et ils sont poussés par une forte inflation et la baisse des prix du cacao ajustés à l'inflation. Selon les Principes directeurs des Nations Unies sur le commerce et les droits de l'homme (UNGP pour son sigle en anglais), les entreprises sont tenues de veiller à ce que les violations des droits de l'homme ne se produisent pas dans leurs chaînes de valeur. L'introduction d'un « revenu vital » est important afin de prévenir les violations des droits de l'homme : sans revenu vital, bon nombre de problèmes du secteur ne peuvent être résolus. L'une des principales difficultés pour définir un revenu vital est que pour la plupart des agriculteurs, il ne peut être atteint uniquement grâce à la production de cacao. Ni les hausses de prix et ni l'augmentation de la productivité et de la rentabilité ne peuvent être suffisantes pour obtenir un revenu vital. Une partie de la solution peut provenir d'une plus grande diversification des cultures. L'augmentation de la diversification pourrait aider les agriculteurs ayant des revenus qui ne sont pas liés au cacao et, de plus, éviter la tendance à la baisse des prix réels du cacao. Ce message peut être difficile à accepter pour les entreprises dont l'activité principale est la production de cacao et de chocolat. Dans cet article, les auteurs présentent de solides données quantitatives et qualitatives sur les stratégies de diversification des revenus actuels parmi 3000 ménages producteurs de cacao au Ghana et en Côte-d'Ivoire. Ce vaste ensemble de données recueillies en Novembre-Décembre 2016 (Ghana) et de Février à Mars 2017 (Côte-d'Ivoire) par KIT, en collaboration avec les partenaires locaux dans la recherche ALC et ALP. Les données seront utilisées pour contribuer aux efforts en cours pour développer une approche sur la façon de calculer un revenu vital pour les ménages qui cultivent le cacao dans ces deux pays. En outre, il développe des feuilles de route pour différents types de ménages pour y parvenir, et fait des recommandations aux entreprises sur ce qu'ils peuvent faire pour maintenir un revenu vital pour les producteurs de cacao.

Resumen

El sector del cacao enfrenta muchos desafíos. Según los datos disponibles insuficientes, la mayoría de los agricultores de África occidental viven por debajo de la línea de pobreza, y se ven presionados por las altas tasas de inflación y la disminución de los precios del cacao ajustados a la inflación. De acuerdo con los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos (UNGP por sus siglas en inglés), las empresas son responsables de garantizar que las violaciones de los derechos humanos no se produzcan dentro de sus cadenas de valor. La introducción de un "ingreso vital" es importante para evitar abusos contra los derechos humanos: sin un ingreso vital, muchos de los problemas dentro del sector no se pueden resolver. Una de las principales dificultades para definir un ingreso vital es que, para la mayoría de los agricultores, no se puede lograr un ingreso vital únicamente mediante la producción de cacao. Ni los aumentos de precios ni el aumento de la productividad y la rentabilidad pueden ser suficientes para lograr un ingreso vital. Parte de la solución puede provenir de una mayor diversificación de cultivos. El aumento de la diversificación podría apoyar a los agricultores con ingresos no relacionados con el cacao y, además, evitar la tendencia al descenso de los precios reales del cacao. Este mensaje puede ser difícil de aceptar para las empresas cuyo negocio principal es cacao y la producción de chocolate. En este documento, los autores presentan sólidos datos cuantitativos y cualitativos sobre las estrategias de diversificación de ingresos actuales entre 3000 hogares productores de cacao en Ghana y Costa de Marfil. Este extenso conjunto de datos se recopila en noviembre - diciembre de 2016 (Ghana) y de febrero a marzo de 2017 (Costa de Marfil) por KIT, en colaboración con los socios locales de investigación ALC y ALP. Los datos se usarán para contribuir a los esfuerzos en curso para desarrollar un enfoque sobre cómo calcular un ingreso vital para los hogares que cultivan cacao en estos dos países. Además, desarrollará hojas de ruta para diferentes tipos de hogares para lograr esto, y dará recomendaciones a las empresas sobre lo que pueden hacer para mantener un ingreso vital para los productores de cacao.

SHOCKS AND FACTORS INFLUENCING WELFARE AMONG COCOA FARMING HOUSEHOLDS IN CROSS-RIVERS STATE, NIGERIA

Justina Lawal

Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Abstract

Shocks are adverse events which generate reduction in income and influence the welfare of farming households of which cocoa farmers are not exempted; this study found the shocks peculiar to them and the factors influencing welfare among Cocoa Farming Households (CFHs) in cross rivers state. Primary data were collected with questionnaire using multi-stage technique; two local government areas (LGAs) were purposively chosen based on their volume of cocoa production and heavy presence of CFHs. From each of the LGAs, four villages were randomly chosen and in the third stage, 120 CFHs from Etung and Ikom LGAs were randomly selected proportionate to the number of CFHs in the villages. Data collected were subjected to descriptive analysis; and standard welfare function specified and estimated using the Logit Regression model. Results showed male headed households are 64.17% mean ages of household head cocoa farm and farm sizes as 45.93 ± 13.91 23.30 ± 16.46 years and 4.60 ± 3.50 ha respectively. Shocks experienced are downward price fluctuations pest and diseases incidences poor access to credit illness of household members poor harvest and labour shortage on cocoa farms. Factors influencing welfare negatively are illnesses of household members

Résumé

Les affrontements sont des événements adverses qui génèrent une diminution des revenus et une influence sur le bien-être des ménages agricoles, dont les producteurs de cacao ne sont pas exemptés. Cette étude a révélé que les affrontements propres à eux et les facteurs qui influent sur le bien-être des Foyers Producteurs de Cacao (HPC) dans l'État de Cross River. Les données primaires ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire qui utilise la technique à plusieurs étapes; deux Zones de Gouvernement Local (AGL) ont été délibérément choisies en fonction de leur volume de production de cacao et de la grande présence de HPC. Sur chacune des AGL, quatre hameaux ont été choisis au hasard, et dans la troisième étape, 120 HPC de l'AGL d'Etung et d'Ikom ont été choisis en proportion de la quantité de HPC dans les hameaux. Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse descriptive et la fonction de bien-être standard a été spécifiée et estimée à l'aide du modèle de Régression Logit. Les résultats ont montré que les ménages dirigés par des hommes sont 64,17% les âges moyens des cultures de cacao en tête de ménage et les tailles des exploitations de $45,93 \pm 13,91$ $23,30 \pm 16,46$ ans et $4,60 \pm 3,50$ hectares respectivement. Les impacts recensés sont les fluctuations des prix à la baisse, l'incidence des ravageurs et des maladies, le manque d'accès au crédit, la maladie des membres du foyer, la mauvaise récolte et la pénurie de main-d'œuvre dans les plantations de cacao. Les facteurs qui influencent négativement le bien-être sont les maladies des membres du foyer.

Resumen

Los choques son eventos adversos que generan una reducción en los ingresos e influyen en el bienestar de los hogares agrícolas, de los cuales los productores de cacao no están exentos. Este estudio encontró que los choques que les son particulares y los factores que influyen en el bienestar de los Hogares Productores de Cacao (HPC) en el estado de Cross River. Los datos primarios se recolectaron con un cuestionario usando la técnica de etapas múltiples; dos Áreas de Gobierno Local (AGL) se eligieron deliberadamente en función de su volumen de producción de cacao y la

gran presencia de HPC. De cada una de las AGL, se seleccionaron aleatoriamente cuatro aldeas y, en la tercera etapa, se seleccionaron aleatoriamente 120 HPC del AGL de Etung e Ikom en proporción a la cantidad de HPC en las aldeas. Los datos recolectados fueron sometidos a un análisis descriptivo y la función estándar de bienestar fue especificada y estimada mediante el modelo de Regresión Logit. Los resultados mostraron que los hogares con jefatura masculina son 64.17% las edades medias de los cultivos de cacao en cabeza de familia y los tamaños de las fincas en 45.93 ± 13.91 23.30 ± 16.46 años y 4.60 ± 3.50 hectáreas respectivamente. Los impactos experimentados son las fluctuaciones de los precios a la baja, las incidencias de plagas y las enfermedades, el acceso deficiente a créditos, la enfermedad de los miembros del hogar, la cosecha escasa y la escasez de mano de obra en las granjas de cacao. Los factores que influyen negativamente en el bienestar son las enfermedades de los miembros del hogar.

A TYPOLOGY OF YOUNG COCOA FARMERS IN GHANA - ATTITUDES, MOTIVATION AND ASPIRATIONS

Frederick Amon-Armah
Alvin Amoah, Nana Akua Anyidoho
Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)

Abstract

Average age of cocoa farmers over the decades suggest that most people tend to venture cocoa farming career at a latter age of their lives. While older farmers are less likely to well adopt good agricultural practices due to the drudgery nature of most cocoa farming activities and are more likely be risk averse in farm investments, young cocoa farmers are more likely to well adopt good agricultural practices to enhance yields and be less risk averse in terms of farm investments to pursue profit. However, a question to answer is whether all young cocoa farmers are the same. While the government, donor agencies and civil society organizations are making investments into young cocoa farmers with the objective to increase national production as well as secure the future of the Ghanaian cocoa industry, it is important to know the typology of youth within the farming communities in order to make judicious investments. This paper introduces the concept of young cocoa farmer typology as a means for targeting prudent investment and extension delivery. A survey was conducted in Offinso, Wassa Akropong and Asumura in the Ashanti, Western and Brong-Ahafo regions of Ghana respectively with a total of 120 young cocoa farmers. Using the two-step clustering approach, three types of young cocoa farmers were derived. These included, Positive young cocoa farmers (36.7%), Pessimistic young farmers (34%) and Stuck young farmers (29%). Results suggest that Young farmers' exposure and previous experiences in their immediate environment significantly affected their attitudes towards cocoa farming. Their attitudes further had significant influence on their motivations and future aspirations. It is argued that the future aspirations of these young farmers could significantly affect their investments into their cocoa farms hence the levels of their farm outputs.

Résumé

L'âge moyen des producteurs de cacao au cours des décennies suggère que la plupart des gens ont tendance à s'aventurer dans la carrière de la culture du cacao dans la dernière étape de leur vie. Bien que les agriculteurs plus âgés soient moins enclins à adopter de bonnes pratiques agricoles en raison de la nature lourde de la plupart des activités de la culture du cacao et qu'il soit plus probable qu'ils soient plus réticents au risque pour les investissements agricoles, il est plus probable que les jeunes producteurs de cacao adoptent de bonnes pratiques agricoles pour améliorer les rendements et être moins réticents au risque en termes d'investissements agricole pour obtenir du profit. Cependant, il faut répondre à la question de savoir si tous les jeunes producteurs de cacao sont égaux. Alors que le gouvernement, les organismes donateurs et les organisations de la société civile investissent dans de jeunes producteurs de cacao dans le but d'accroître la production nationale et d'assurer l'avenir de l'industrie cacaoyère du Ghana, il est important de connaître la typologie de la jeunesse dans les communautés agricoles pour faire des investissements judicieux. Ce document introduit le concept de typologie des jeunes producteurs de cacao en tant que moyen de concentrer l'investissement prudent et la livraison des extensions. Une enquête a été menée à Offinso, Wassa Akropong et Asumura dans les régions d'Ashanti, occidentale et de Brong-Ahafo au Ghana, avec un total de 120 jeunes producteurs de cacao. En utilisant l'approche de groupe en deux étapes, trois types de jeunes producteurs de cacao sont sortis du lot. Parmi ceux-ci: les jeunes producteurs de cacao optimistes (36,7%), les jeunes agriculteurs pessimistes (34%) et les jeunes agriculteurs bloqués (29%). Les résultats suggèrent que l'exposition des jeunes agriculteurs et les expériences antérieures dans leur environnement immédiat

ont significativement influencé leur attitude à l'égard de la culture du cacao. Leurs attitudes ont également eu une influence significative sur leurs motivations et leurs aspirations futures. On fait valoir que les aspirations futures de ces jeunes agriculteurs pourraient affecter de manière significative leurs investissements dans leurs plantations de cacao, d'où les niveaux de leurs produits agricoles.

Resumen

La edad promedio de los productores de cacao a lo largo de las décadas sugiere que la mayoría de la gente tiende a aventurarse en la carrera de cultivar cacao en la última etapa de sus vidas. Aunque es menos probable que los agricultores mayores adopten buenas prácticas agrícolas debido a la naturaleza pesada de la mayoría de las actividades de cultivo de cacao y es más probable que sean reacios al riesgo en las inversiones agrícolas, es más probable que los jóvenes productores de cacao adopten buenas prácticas agrícolas para mejorar los rendimientos y sean menos reacios al riesgo en términos de inversiones agrícolas para obtener ganancias. Sin embargo, una pregunta para responder es si todos los jóvenes productores de cacao son iguales. Mientras el gobierno, las agencias donantes y las organizaciones de la sociedad civil están haciendo inversiones en jóvenes productores de cacao con el objetivo de aumentar la producción nacional y asegurar el futuro de la industria de cacao de Ghana, es importante conocer la tipología de la juventud en las comunidades agrícolas para hacer inversiones sensatas. Este documento introduce el concepto de tipología de jóvenes productores de cacao como un medio para focalizar la inversión prudente y la entrega de extensiones. Se realizó una encuesta en Offinso, Wassa Akropong y Asumura en las regiones Ashanti, occidental y Brong-Ahafo de Ghana, respectivamente, con un total de 120 jóvenes productores de cacao. Utilizando el enfoque de agrupación en dos pasos, se derivaron tres tipos de jóvenes productores de cacao. Estos incluyeron: jóvenes productores de cacao optimistas (36.7%), jóvenes agricultores pesimistas (34%) y jóvenes agricultores atascados (29%). Los resultados sugieren que la exposición de los jóvenes agricultores y las experiencias previas en su entorno inmediato afectaron significativamente sus actitudes hacia el cultivo de cacao. Sus actitudes también tuvieron una influencia significativa en sus motivaciones y aspiraciones futuras. Se argumenta que las aspiraciones futuras de estos jóvenes agricultores podrían afectar significativamente sus inversiones en sus granjas de cacao, de ahí los niveles de sus productos agrícolas.

COCOANEXT - THE NEXUS OF TECHNOLOGY FOR COCOA RESEARCH DISSEMINATION AND SHARING

Antoinette Sankar

Pathmanathan Umaharan

Cocoa Research Centre, The University of the West Indies (CRC, The UWI)

Abstract

There is tremendous unrealised potential in the cocoa industry of the Caribbean, and while the neighbouring regions may have a greater measure of success, there is still significant room for improvement. Slow adoption of innovations, best practices and new technologies in the cocoa industry is in part due to lack of proper channels for information gathering and sharing among stakeholders. Stakeholders are more likely to adopt an innovation they know has been successfully tried and tested by other stakeholders in the industry. CocoaNexT is a Pan Caribbean website developed by Cocoa Research Centre for country-specific data, and information sharing. It is designed to disseminate information from research on propagation, cultivation, cocoa breeding, selection/variety improvement, post-harvest, and IP registration to cocoa farmers, breeders and other stakeholders of the Americas. CocoaNexT will serve as a platform for delivery and promotion of services such as: flavour consultation, propagation, cultivation, variety improvement, disease management, certification and, importantly, a portal to share information among stakeholders. Regional collaboration has been and continues to be vital for the continued development of this interactive medium to build momentum and pave the way for continuous improvement. Through this platform, stakeholders in each country will have access to a directory of expertise and practical knowledge base for all aspects of industry and a forum for collaboration to drive innovations forward to the benefit of the industry.

Résumé

Il existe un énorme potentiel non réalisé dans l'industrie caribéenne du cacao, et même si les régions voisines peuvent avoir un plus grand succès, il y a encore beaucoup de progrès à faire. La lente adoption des innovations, des meilleures pratiques et des nouvelles technologies dans l'industrie du cacao est due en partie au manque de canaux adéquats pour la collecte et l'échange d'informations entre les parties intéressées. Les parties prenantes sont plus susceptibles d'adopter une innovation dont ils savent qu'elle a été essayée et testée avec succès par d'autres parties prenantes de l'industrie. CocoaNexT est un site web pan-caribéen développé par le Centre de recherche sur le cacao pour avoir des données spécifiques à chaque pays et pour échanger des informations. Il est conçu pour diffuser des informations sur la propagation, la culture, l'amélioration du cacao, l'amélioration de la sélection / variété, l'après récolte et l'enregistrement de la propriété intellectuelle pour les producteurs de cacao, les améliorateurs et les autres parties intéressées des Amériques. CocoaNexT servira de plate-forme pour la fourniture et la promotion de services tels que: consultation de goût, propagation, culture, amélioration de variétés, gestion de maladies, certification et, surtout, un portail pour partager des informations entre les parties intéressées. La collaboration régionale a été et continue d'être vitale pour le développement continu de ce média interactif afin de créer un élan et d'ouvrir la voie à une amélioration continue. Grâce à cette plate-forme, les parties prenantes dans chaque pays auront accès à un répertoire d'experts et à une base de connaissances pratiques pour tous les aspects de l'industrie et à un forum de collaboration pour promouvoir les innovations au profit de l'industrie.

Resumen

Existe un enorme potencial no realizado en la industria del cacao del Caribe, y si bien las regiones vecinas pueden tener un mayor éxito, todavía hay mucho margen de mejora. La adopción lenta de innovaciones, mejores prácticas y nuevas tecnologías en la industria del cacao se debe en parte a la falta de canales adecuados para la recopilación y el intercambio de información entre las partes interesadas. Las partes interesadas tienen más probabilidades de adoptar una innovación que saben que ha sido ensayada y probada con éxito por otras partes interesadas en la industria. CocoaNexT es un sitio web pan-caribeño desarrollado por el Centro de Investigación del Cacao para tener datos específicos de cada país y para el intercambio de información. Está diseñado para diseminar información de investigaciones sobre propagación, cultivo, mejoramiento de cacao, mejora en la selección/variedad, poscosecha y registro de IP para productores de cacao, mejoradores y otras partes interesadas de las Américas. CocoaNexT servirá como una plataforma para la entrega y promoción de servicios tales como: consulta de sabor, propagación, cultivo, mejora de variedades, manejo de enfermedades, certificación y, lo que es más importante, un portal para compartir información entre las partes interesadas. La colaboración regional ha sido y continúa siendo vital para el desarrollo continuo de este medio interactivo para generar impulso y pavimentar el camino para la mejora continua. A través de esta plataforma, las partes interesadas en cada país tendrán acceso a un directorio de expertos y una base práctica de conocimiento para todos los aspectos de la industria y un foro de colaboración para impulsar las innovaciones en beneficio de la industria.

CHOCOLATE REVOLUTION

Nicolas Porchet

Carole Nordmann

Choba Choba AG and ACCC (Asociación de Cacaoteros Choba Choba)

Abstract

The great majority of smallholder cocoa farmers today are marginalized, trapped in poverty and without possibility to take their own decisions. They strongly depend on the stock market and chocolate industry, which is dominated by some few transnational corporations maximizing their profits. The common market logic with very low cocoa prices as its consequence keeps the farmers in poverty and encourages them to follow agricultural practices with detrimental impacts on the environment and the very sustainability of cocoa production. To address these challenges, Choba Choba – a Swiss-Peruvian venture – is prototyping a new social business model with cocoa smallholders and consumers at the very core of the value chain. Farmers are shareholders and decision makers of their own company, profit from its success, define the selling price of their cocoa and develop advanced capacities to produce high quality original cocoa in an ecological set-up including nature conservation and promotion of cocoa biodiversity. Through communication activities chocolate consumers around the world are more aware of the current tremendous challenges of the farmers and therefore choose sustainable products. They personally meet and exchange with the producers of their beloved and unique chocolate. The aim of this paper is to highlight the persistent challenges of smallholder cocoa producers and introduce the innovative social business model of Choba Choba, as a viable and life-changing model that can be replicated in the chocolate sector and beyond. The backbone of the model will be clearly explained through its theory of change jointly defined by the cocoa producers and the company staff. This will be followed by a description of the impact assessment system being set up to monitor the effects of the venture on the farmer's livelihoods and competencies, their natural environment, the sustainability of chocolate consumption and the scaling of impact within the global chocolate world. Finally, first tangible impacts after two years of activity will be shared such as the significant revenue increase and access to the "revolution fund" (5% of chocolate sales distributed to farmers), the first achievements in the preservation of biodiversity as well as other important less unquantifiable dimensions like improved competencies and self-esteem. Choba Choba's vision is a chocolate world in which smallholder cocoa producers are self-confident professional entrepreneurs with a direct connection to their consumers, live a prosperous and happy life in harmony with their environment and are an example for all the smallholder farmers in the world.

Résumé

La grande majorité des petits producteurs de cacao sont actuellement marginalisés, piégés dans la pauvreté et incapables de prendre leurs propres décisions. Ils dépendent fortement de la bourse et de l'industrie du chocolat, dominée par quelques sociétés transnationales qui maximisent leurs profits. La logique du marché commun avec des prix très bas du cacao maintient par conséquent les agriculteurs dans la pauvreté et les encourage à suivre des pratiques agricoles ayant des impacts négatifs sur l'environnement et la durabilité de la production de cacao elle-même. Pour relever ces défis, Choba Choba, une société suisse basée au Pérou, est en train de créer un prototype d'un nouveau modèle d'entreprise sociale avec des petits producteurs et des consommateurs de cacao au centre même de la chaîne de valeur. Les agriculteurs sont actionnaires et décideurs de leur propre entreprise, profitent de leur succès, définissent le prix de vente de leur cacao et développent des capacités avancées pour produire du cacao original de haute qualité dans une configuration écologique qui inclut la conservation de la nature et la promotion de la biodiversité du cacao. Grâce

à des activités de communication, les consommateurs de chocolat du monde entier sont plus conscients des énormes défis actuels des agriculteurs et, par conséquent, choisissent des produits durables. Ils se rencontrent personnellement et échangent avec les producteurs au sujet de leur chocolat adoré et unique. Le but de ce document est de mettre en évidence les défis persistants des petits producteurs de cacao et d'introduire le modèle social innovant de Choba Choba comme un modèle viable et transformateur qui peut être reproduit dans le secteur du chocolat et au-delà. L'épine dorsale du modèle sera clairement expliquée à travers sa théorie du changement définie conjointement par les producteurs de cacao et le personnel de l'entreprise. Par la suite, on décrira le système d'évaluation d'impact qui est configuré pour surveiller les effets de l'entreprise sur les moyens de subsistance et les compétences des agriculteurs, leur environnement naturel, la durabilité de la consommation de chocolat et l'augmentation de l'impact dans le monde global du chocolat. Enfin, les premiers impacts tangibles seront partagés après deux années d'activité, comme l'augmentation significative des revenus et l'accès au «fonds de la révolution» (5% des ventes de chocolat distribué aux agriculteurs), les premières réussites de la préservation de la biodiversité et d'autres dimensions importantes moins quantifiables telles que l'amélioration des compétences et l'estime de soi. La vision de Choba Choba est un monde de chocolat dans lequel les petits producteurs de cacao sont des entrepreneurs professionnels sûrs d'eux qui ont un lien direct avec les consommateurs, qui vivent une vie prospère et heureuse en harmonie avec leur environnement et qui sont un exemple à suivre pour tous les petits agriculteurs du monde.

Resumen

La gran mayoría de los pequeños productores de cacao en la actualidad están marginados, atrapados en la pobreza y sin posibilidad de tomar sus propias decisiones. Dependen en gran medida del mercado de valores y la industria del chocolate, que está dominada por algunas pocas empresas transnacionales que maximizan sus ganancias. La lógica del mercado común con precios del cacao muy bajos como consecuencia de ello mantiene a los agricultores en la pobreza y los alienta a seguir prácticas agrícolas con impactos perjudiciales para el medio ambiente y la propia sostenibilidad de la producción de cacao. Para enfrentar estos desafíos, Choba Choba, una empresa suizo peruana, está creando un prototipo de nuevo modelo de negocio social con pequeños productores y consumidores de cacao en el centro mismo de la cadena de valor. Los agricultores son accionistas y tomadores de decisiones de su propia empresa, se benefician de su éxito, definen el precio de venta de su cacao y desarrollan capacidades avanzadas para producir cacao original de alta calidad en una configuración ecológica que incluye la conservación de la naturaleza y la promoción de la biodiversidad del cacao. A través de las actividades de comunicación, los consumidores de chocolate de todo el mundo son más conscientes de los enormes desafíos actuales de los agricultores y, por lo tanto, eligen productos sostenibles. Ellos personalmente se encuentran e intercambian con los productores de su chocolate adorado y único. El objetivo de este documento es destacar los desafíos persistentes de los pequeños productores de cacao e introducir el modelo innovador de negocio social de Choba Choba, como un modelo viable y transformadora que puede ser replicado en el sector del chocolate y más allá. La columna vertebral del modelo se explicará claramente a través de su teoría de cambio definida conjuntamente por los productores de cacao y el personal de la empresa. Seguido a esto, se describirá el sistema de evaluación de impacto que se está configurando para supervisar los efectos de la empresa en los medios de vida y las competencias de los agricultores, su entorno natural, la sostenibilidad del consumo de chocolate y el aumento del impacto en el mundo global del chocolate. Finalmente, se compartirán los primeros impactos tangibles después de dos años de actividad, como el aumento significativo de los ingresos y el acceso al "fondo de la revolución" (5% de las ventas de chocolate distribuidas a los agricultores), los primeros logros en

la preservación de la biodiversidad y otras dimensiones importantes menos cuantificables como competencias mejoradas y autoestima. La visión de Choba Choba es un mundo de chocolate en el que los pequeños productores de cacao son empresarios profesionales seguros de sí mismos que tienen una conexión directa con sus consumidores, viven una vida próspera y feliz en armonía con su entorno y son un ejemplo para todos los pequeños agricultores del mundo.

THE INCOCOA WEBSITE AND VIRTUAL LIBRARY: IMPROVING INFORMATION SHARING WITHIN THE COCOA RESEARCH COMMUNITY

Michelle End

Dr. Chris J. Turnbull

INCOCOA/COCOA RESEARCH ASSOCIATION LTD

Abstract

Good communication and awareness of current and previous research activities are important in reducing unintentional duplication or repetition of previous research and in promoting collaborative activities to the ultimate benefit of the cocoa sector. There are numerous abstracts information services available, which help researchers access recently published literature. However, there is also a wealth of “grey literature”, such as institutional reports and bulletins, newsletters, conference and meeting reports, which is either unpublished or has been published in a non-commercial form and is often more difficult to find. The INCOCOA Virtual Library initiative sets out to improve access to this literature through links to existing bibliographic resources and by encouraging the cocoa community to contribute new resources. The INCOCOA groups are informal networks created to promote the exchange of ideas and information amongst cocoa scientists. The current groups under the INCOCOA umbrella are INAFORESTA (the international scientific group dedicated to the analysis and improvement of the relationships between people, cocoa, trees, forests and the environment), INCOPED (International Permanent Working Group for Cocoa Pests and Diseases), INCOSOM (International Group on Cocoa and Soil Management) and INGENIC (International Group for Genetic Improvement of Cocoa). The INCOCOA website (www.incocoa.org) provides a portal to each of the groups and includes a news section (Twitter Feed) and a resources section, which incorporates the Virtual Library. The library provides direct access to material published by the INCOCOA groups and allows users to query various bibliographic databases (using a web services approach) via a single search page. The user can opt to search in one or more of these databases and will be presented with a list of matching references. Depending on the source database and copyright restrictions, access may be provided to a digital version of the paper or a link to the website hosting the database. The databases currently linked include the Penn State database (June 2016, compiled from sources including PubMed and other abstract information service providers), the Cocoa Research UK library (mainly outputs from activities and projects supported by the UK industry), the Gerritsma database (compiled mid-1990's including many historic and grey literature sources), the ICGD library (literature on cocoa genetic resources) and the Campbell database (mainly literature on entomology and insect vectored diseases). Progress in expanding the range of linked databases and other developments for the INCOCOA group websites are discussed.

Résumé

Une bonne communication et la connaissance des activités de recherche actuelles et antérieures sont importantes pour réduire le double emploi involontaire ou la répétition de recherches antérieures et pour promouvoir les activités de collaboration au profit ultime du secteur du cacao. Il existe de nombreux résumés des services d'information disponibles qui aident les chercheurs à accéder à la littérature publiée récemment. Cependant, il y a aussi beaucoup de « littérature grise » sous forme de rapports et de bulletins institutionnels, des bulletins d'information, des rapports de conférences et de réunions, qui ne sont pas publiés ou dont la publication n'est pas commerciale et qui sont souvent plus difficiles à trouver. L'initiative de la bibliothèque virtuelle INCOCOA vise à améliorer l'accès à cette littérature par le biais de liens vers des ressources bibliographiques existantes et en encourageant la communauté du cacao à apporter de nouvelles ressources. Les groupes INCOCOA sont des réseaux informels créés pour promouvoir l'échange d'idées et d'informations entre les scientifiques du cacao. Les groupes actuels sous l'égide d'INCOCOA sont INAFORESTA (groupe scientifique international consacré à l'analyse et à l'amélioration des

relations entre les gens, le cacao, les arbres, les forêts et l'environnement), INCOPED (Groupe de travail international permanent pour les ravageurs et les maladies du Cacao), INCOSOM (Groupe international de gestion du cacao et des sols) et INGENIC (Groupe international pour l'amélioration génétique du cacao). Le site INCOCOA (www.incocoa.org) fournit un portail pour chacun des groupes et comprend une section de nouvelles (posts Twitter) et une section de ressources qui comprend la bibliothèque virtuelle. La bibliothèque fournit un accès direct au matériel publié par les groupes INCOCOA et permet aux utilisateurs de consulter plusieurs bases de données bibliographiques (en utilisant une approche des services Web) à travers une seule page de recherche. L'utilisateur peut choisir de rechercher une ou plusieurs de ces bases de données et se verra présenter une liste de références correspondantes. Selon la base de données source et les restrictions de droits d'auteur, l'accès à une version numérique du document ou à un lien vers le site Web hébergeant la base de données peut être fourni. Les bases de données actuellement liées comprennent la base de données Penn State (juin 2016, compilée à partir de sources comprenant PubMed et d'autres fournisseurs de services d'information abstraits), la UK Cocoa Research Library (principalement des produits d'activités et des projets soutenus par l'industrie au Royaume-Uni), la base de données Gerritsma (compilée au milieu des années 1990, dont beaucoup de sources historiques et de littérature grise), la bibliothèque ICGD (documentation sur les ressources génétiques du cacao) et la base de données Campbell (principalement de la littérature sur l'entomologie et les maladies transmises par les insectes). Les progrès dans l'expansion de la gamme des bases de données liées et d'autres développements pour les sites Web du groupe INCOCOA font l'objet de discussions

Resumen

La buena comunicación y el conocimiento de las actividades de investigación actuales y previas son importantes para reducir la duplicación involuntaria o la repetición de investigaciones previas y para promover actividades colaborativas para el beneficio último del sector del cacao. Existen numerosos resúmenes de servicios de información disponibles, que ayudan a los investigadores a acceder a la literatura publicada recientemente. Sin embargo, también existe una gran cantidad de "literatura gris", como informes y boletines institucionales, boletines informativos, informes de conferencias y reuniones, que no se publica o se ha publicado de forma no comercial y que a menudo es más difícil de encontrar. La iniciativa de la Biblioteca Virtual INCOCOA se propone mejorar el acceso a esta literatura a través de enlaces a recursos bibliográficos existentes y alentando a la comunidad del cacao a aportar nuevos recursos. Los grupos de INCOCOA son redes informales creadas para promover el intercambio de ideas e información entre los científicos del cacao. Los grupos actuales bajo el paraguas de INCOCOA son INAFORESTA (el grupo científico internacional dedicado al análisis y mejora de las relaciones entre las personas, cacao, árboles, bosques y el medio ambiente), INCOPED (Grupo de Trabajo Permanente Internacional para las Plagas y Enfermedades del Cacao), INCOSOM (Grupo Internacional del Manejo de Cacao y Suelos) e INGENIC (Grupo Internacional para la Mejora Genética del Cacao). El sitio web de INCOCOA (www.incocoa.org) proporciona un portal para cada uno de los grupos e incluye una sección de noticias (Publicaciones en Twitter) y una sección de recursos, que incorpora la Biblioteca Virtual. La biblioteca proporciona acceso directo al material publicado por los grupos de INCOCOA y permite a los usuarios consultar varias bases de datos bibliográficas (utilizando un enfoque de servicios web) a través de una única página de búsqueda. El usuario puede optar por buscar en una o más de estas bases de datos y se le presentará una lista de referencias coincidentes. Según la base de datos de origen y las restricciones de derechos de autor, se puede proporcionar acceso a una versión digital del documento o un enlace al sitio web que aloja la base de datos. Las bases de datos actualmente vinculadas incluyen la base de datos de Penn State (junio de 2016, compilada de fuentes que incluyen PubMed y otros proveedores de servicios de información abstracta), la biblioteca de Investigación del Cacao del Reino Unido (principalmente productos de actividades y proyectos respaldados por la industria del Reino Unido), la base de datos

Gerritsma (compilada a mediados de la década de 1990 incluyendo muchas fuentes históricas y de literatura gris), la biblioteca del ICGD (literatura sobre recursos genéticos del cacao) y la base de datos Campbell (principalmente literatura sobre entomología y enfermedades transmitidas por insectos). Se discuten los avances en la expansión de la gama de bases de datos vinculadas y otros desarrollos para los sitios web del grupo INCOCOA.

SCALING PATHWAYS FOR A CLIMATE SMART COCOA SECTOR

Christian Bunn

Mark Lundy, Richard Asare, Stephanie Daniels, Laurence Jassogne, Peter Läderach, Armando Martinez,
Sander Muilerman, Martin Noponen
International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)

Abstract

Climate change has been projected to change the geography of cocoa production unless production practices are adapted to novel conditions. Climate exposure mapping contributes to a better understanding of where, when and to what degree climate shifts will impact production and allows us to identify more resilient practices. However this information on its own does not lead to wide spread adoption. Scaling climate smart practices is therefore a priority to secure long term sustainability of the sector. Because cocoa production is a multi-decadal investment and many efficient measures to mitigate risk require a long lead time adaptive action should be taken now to avoid production losses from an incrementally changing climate. We argue that a multi-stakeholder approach will be required as no single technology or scaling pathway may account for the diversity of decision environments of the actors involved. Prioritization of climate change adaptation is challenged by the heterogeneity of projected hazards across space, high uncertainty of data to guide ex-ante decision making and a lack of tried and tested off the shelf approaches to deliver relevant information to cocoa practitioners. Making the cocoa sector climate smart will therefore need to link climate science as it develops with stakeholders along the supply chain, develop novel approaches to incentivize innovative climate risk management strategies, and build capacity within the sector to confront climate change at scale. We discuss the advantages and limits of four possible scaling pathways for climate smart cocoa. Voluntary certification, impact investing, private sector training, and policy guidance were considered. We classified these pathways by actors' incentives to prioritize long term viability over short term gains, flexibility to react to novel information, the number of farmers reached and the efficacy of action. Information was collected through a series of individual stakeholder interviews and workshops across the important cocoa origins of West Africa and Latin America and along the value chain. We find that no single pathway checks all preconditions for efficient scaling in isolation. Certifiers and incentive investors with their smaller constituencies were found to be more likely to base decisions on novel information and may act as catalysts to develop no-regret approaches that may be more acceptable for private and public actors. We therefore suggest a platform approach to scaling in which each actor embraces climate smart practices depending on their preferences and collaborates with other actors while incorporating novel information in an iterative fashion.

Résumé

Il est prévu que le changement climatique modifie la géographie de la production de cacao à moins que les pratiques de production ne s'adaptent aux nouvelles conditions. La cartographie de l'exposition climatique permet de mieux comprendre où, quand et dans quelle mesure les changements climatiques affecteront la production et nous permettra d'identifier les pratiques le plus résilientes. Cependant, cette seule information ne conduit pas à une adoption généralisée. Grimper les pratiques climatiquement intelligentes est donc une priorité pour assurer la durabilité du secteur à long terme. À cause du fait que la production de cacao est un investissement multi décennal et que de nombreuses mesures efficaces d'atténuation des risques exigent une longue période d'anticipation, des mesures d'adaptation doivent maintenant être prises pour éviter les pertes de production dues à un climat en constante évolution. Nous soutenons qu'une approche multi-acteurs sera nécessaire, car aucune technologie ou approche à échelle unique ne peut expliquer la diversité des environnements de prise de décision des acteurs impliqués. La priorisation de l'adaptation au changement climatique est remise en question par

l'hétérogénéité des risques projetés dans l'espace, la grande incertitude des données pour orienter la prise de décisions préliminaires et l'absence d'approches existantes prouvées pour fournir des informations pertinentes aux professionnels du cacao. Par conséquent, pour que le secteur du cacao soit plus intelligent climatiquement, il sera nécessaire de relier la science du climat au fur et à mesure que se développe avec les parties prenantes tout au long de la chaîne d'approvisionnement, de développer de nouvelles approches pour encourager des stratégies innovantes de gestion des risques climatiques et développer la capacité au sein du secteur pour faire face au changement climatique à grande échelle. Nous discutons les avantages et les limites de quatre voies d'escalade possibles pour le cacao climatiquement intelligent. La certification volontaire, l'investissement d'impact, la formation du secteur privé et l'orientation de politiques ont été considérées. Nous classons ces voies par les incitations des acteurs à prioriser la viabilité à long terme sur les gains à court terme, la flexibilité de réagir devant de nouvelles informations, le nombre d'agriculteurs touchés et l'efficacité de l'action. L'information a été collectée à travers une série d'entretiens individuels avec des parties prenantes et des ateliers sur les principales origines du cacao en Afrique de l'Ouest et en Amérique latine et dans la chaîne de valeur. Nous constatons qu'aucune route unique ne vérifie toutes les conditions préalables à une escalade efficace de manière isolée. Il a été constaté que les certificateurs et les investisseurs des encouragements avec leurs districts plus petits ont plus de possibilités de fonder leurs décisions sur de nouvelles informations et peuvent agir comme catalyseurs pour développer des approches non repentantes qui peuvent être plus acceptables pour les acteurs privés et publics. Par conséquent, nous suggérons une approche de plate-forme pour grimper où chaque acteur adopte des pratiques climatiquement intelligentes selon ses préférences et collabore avec d'autres acteurs tout en incorporant de nouvelles informations de manière itérative.

Resumen

Se ha previsto que el cambio climático cambie la geografía de la producción de cacao a menos que las prácticas de producción se adapten a las nuevas condiciones. El mapeo de la exposición climática contribuye a una mejor comprensión de dónde, cuándo y hasta qué punto los cambios climáticos afectarán la producción y nos permite identificar prácticas más resilientes. Sin embargo, esta información por sí sola no conduce a una adopción generalizada. Escalar las prácticas climáticamente inteligentes es, por lo tanto, una prioridad para garantizar la sostenibilidad del sector a largo plazo. Debido a que la producción de cacao es una inversión multidecadal y muchas medidas eficientes para mitigar el riesgo requieren un largo tiempo de anticipación, se deben tomar medidas adaptativas ahora para evitar pérdidas de producción debido a un clima en constante cambio. Sostenemos que se requerirá un enfoque de múltiples partes interesadas, ya que ninguna tecnología o vía de escala única puede explicar la diversidad de entornos de decisión de los actores involucrados. La priorización de la adaptación al cambio climático se ve desafiada por la heterogeneidad de los riesgos proyectados en el espacio, la alta incertidumbre de los datos para orientar la toma de decisiones preliminares y la falta de enfoques existentes probados para entregar información relevante a los profesionales del cacao. Por lo tanto, para que el sector del cacao sea más inteligente climáticamente, será necesario vincular la ciencia climática a medida que se desarrolla con las partes interesadas a lo largo de la cadena de suministro, desarrollar nuevos enfoques para incentivar estrategias innovadoras de gestión del riesgo climático y desarrollar la capacidad dentro del sector para enfrentar el cambio climático a gran escala. Discutimos las ventajas y los límites de cuatro posibles vías de escalamiento para el cacao climáticamente inteligente. Se consideraron la certificación voluntaria, la inversión de impacto, la capacitación del sector privado y la orientación de políticas. Clasificamos estas vías por los incentivos de los actores para priorizar la viabilidad a largo plazo sobre las ganancias a corto plazo, la flexibilidad para reaccionar ante la información novedosa, el número de agricultores alcanzados y la eficacia de la acción. La información se recopiló a través de una serie de entrevistas individuales con los interesados y talleres en los principales orígenes del cacao de África occidental y

América Latina y en la cadena de valor. Encontramos que ninguna ruta única verifica todas las condiciones previas para un escalamiento eficiente de forma aislada. Se encontró que los certificadores e inversores de incentivos con sus distritos más pequeños tienen más probabilidades de basar sus decisiones en información novedosa y pueden actuar como catalizadores para desarrollar enfoques sin arrepentimiento que pueden ser más aceptables para los actores privados y públicos. Por lo tanto, sugerimos un enfoque de plataforma para escalamiento en el cual cada actor adopta prácticas climáticamente inteligentes según sus preferencias y colabora con otros actores mientras incorpora información novedosa de forma iterativa.

COSTS AND TEMPORARY DISTRIBUTION OF INVESTMENT FOR THE GENETIC IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT OF A VARIETY CLONAL COCOA (THEOBROMA CACAO L.) HIGH PRODUCTIVITY

Teresa Casanova Mendoza

Freddy Amores Puyutaxi, Rey Loor Solórzano, Iván Garzón Catota, Ignacio Sotomayor Herrera, Omar Tarqui Freire, Juan Carlos Jiménez, Gladys Rodríguez Zamora, Hilton Guerrero Castillo
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Abstract

The present work was developed with the objective of providing cocoa sector of referential investment amounts to achieve a clonal variety genetically improved of cocoa of high productivity based on a case study. The type of research we used in this case is of nature descriptive and exploratory, using an analytical method. The sources of information used were meetings with researchers and former researchers of the National Program of Cocoa, with experience and knowledge of the various stages of the process of genetic improvement of cacao. Technical reports and publications of the Program also represented valuable sources of information. With the information obtained a database for analysis and processing based on the spreadsheet Excel was build. The process to get a genetically improvement variety of cocoa, the study was divided into five stages: 1. Selection and crossbreeding of parental genetic value and planting of hybrid plants in the field, 2. Establishment, evaluation of segregating progenies and selection of hybrid plants, 3. Cloning of plants selected for the establishment and evaluation of interclonales tests 4. Selection of clones with increased productivity and establishment of semi-commercial plots at multi-local level 5. Establishment of clonal gardens for the propagation of plant material for sowing, final report, registration in the Ecuadorian Institute of Intellectual Property (IEPI) and related technical publications. The total amount of investment to complete the process is USD\$ 3.551.096. Each stage requires the following amounts: USD\$ 1.836.744, USD\$ 1.005.952, USD\$ 262.883, USD\$ 318.973 and USD\$ 126.544, respectively. The estimated amounts for each stage was held in the following cost structure: Personnel, Services and Supplies, Equipment, Diffusion, Land and Infrastructure. The first stage demands more investment and the category of costs, which supports the greater weight of the investment, is Personnel, which represents 54,13% of expenditures.

Résumé

Le présent travail a été développé dans le but de fournir au secteur du cacao des quantités d'investissement de référence pour obtenir une variété clonée génétiquement améliorée de cacao à haute productivité basée sur une étude de cas. Le type de recherche que nous utilisons dans ce cas est de nature descriptive et exploratoire, en utilisant une méthode analytique. Les sources d'information utilisées ont été des réunions avec des chercheurs et d'anciens chercheurs du Programme national du cacao, ayant une expérience et une connaissance des différentes étapes du processus d'amélioration génétique du cacao. Les rapports techniques et les publications du programme constituent également des sources d'information précieuses. Avec les informations obtenues, une base de données a été créée pour l'analyse et le traitement basé sur la feuille de calcul Excel. Dans le processus d'obtention d'une variété de cacao génétiquement amélioré, l'étude a été divisée en cinq étapes: 1) Sélection et croisement de la valeur génétique parentale et plantation de plantes hybrides sur le terrain. 2) Établissement, évaluation des descendance en ségrégation et sélection des plantes hybrides. 3) Clonage de plantes sélectionnées pour la mise en place et l'évaluation d'essais interclonaux. 4) Sélection de clones ayant une productivité plus élevée et établissement de tracés semi-commerciaux au niveau multilocal. 5) Création de jardins clonaux pour la propagation du matériel végétal destiné à l'ensemencement, rapport final, enregistrement auprès de l'Institut équatorien de la propriété intellectuelle (IEPI) et publications techniques connexes. Le

montant total de l'investissement pour compléter le processus est de 3 551 096 USD. Chaque étape nécessite les montants suivants: 1 836 744 USD, 1 005 952 USD, 262 883 USD, 318 973 USD et 126 544 USD, respectivement. Les montants estimés pour chaque étape ont été exécutés dans la structure de coûts suivante: Personnel, Services et fournitures, Équipement, Diffusion, Terres et Infrastructure. La première étape nécessite plus d'investissements et la catégorie des coûts qui supporte le plus grand poids de l'investissement est le Personnel, avec 54,13% des dépenses.

Resumen

El presente trabajo fue desarrollado con el objetivo de proporcionar al sector del cacao cantidades de inversión referencial para lograr una variedad clonal genéticamente mejorada de cacao de alta productividad basada en un estudio de caso. El tipo de investigación que utilizamos en este caso es de naturaleza descriptiva y exploratoria, utilizando un método analítico. Las fuentes de información utilizadas fueron reuniones con investigadores y ex investigadores del Programa Nacional del Cacao, con experiencia y conocimiento de las diversas etapas del proceso de mejora genética del cacao. Los informes técnicos y las publicaciones del Programa también representaban valiosas fuentes de información. Con la información obtenida se construyó una base de datos para análisis y procesamiento basada en la hoja de cálculo Excel. En el proceso para obtener una variedad de cacao genéticamente mejorada, el estudio se dividió en cinco etapas: 1) Selección y cruzamiento del valor genético parental y plantación de plantas híbridas en el campo. 2) Establecimiento, evaluación de progenies segregantes y selección de plantas híbridas. 3) Clonación de plantas seleccionadas para el establecimiento y evaluación de ensayos interclonales. 4) Selección de clones con mayor productividad y establecimiento de parcelas semicomerciales a nivel multilocal. 5) Establecimiento de jardines clonales para la propagación de material vegetal para siembra, informe final, registro en el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI) y publicaciones técnicas relacionadas. El monto total de la inversión para completar el proceso es de USD \$3.551.096. Cada etapa requiere las siguientes cantidades: USD\$1.836.744, USD\$1.005.952, USD\$262.883, USD\$318.973 y USD\$126.544, respectivamente. Los montos estimados para cada etapa se llevaron a cabo en la siguiente estructura de costos: Personal, Servicios y Suministros, Equipos, Difusión, Terrenos e Infraestructura. La primera etapa exige más inversión y la categoría de costos, que soporta el mayor peso de la inversión, es el de Personal, que representa el 54,13% de los gastos.



 icco.org/iscr2017