

SPECIAL EDITION THE ICAC RECORDER

*Cooperation for Development: Results
and Impacts of Joint ICAC-CFC Activities*



Technical Information Section

**VOL. XXIX NO. 4
DECEMBER 2011**

English, Français & Español



*The ICAC RECORDER (ISSN 1022-6303) is published four times a year by the Secretariat of the International Cotton Advisory Committee, 1629 K Street, NW, Suite 702, Washington, DC 20006-1636, USA.
Editor: M. Rafiq Chaudhry <rafiq@icac.org>. Subscription rate: \$205.00 hard copy, \$170.00 electronic version.
Copyright © ICAC 2011. No reproduction is permitted in whole or part without the express consent of the Secretariat.*



Cooperation for Development: Results and Impacts of Joint ICAC-CFC Activities

Introduction

The International Cotton Advisory Committee (ICAC) is the International Commodity Body (ICB) for cotton and cotton textiles designated by the Common Fund for Commodities (CFC). The CFC, based in Amsterdam, The Netherlands, is an intergovernmental financial institution established by the United Nations. While currently 42 governments are members of the ICAC, the Fund has a membership of 105 governments and 10 institutions. The institutions that are members of the CFC include the Andean Community, African Union (AU), Caribbean Community (CARICOM), Common Market for Eastern & Southern Africa (COMESA), Eurasian Economic Community (EAEC), East African Community (EAC), European Union (EU), Economic Community of West African States and South African Development Community (SADC).

As an ICB, the ICAC can sponsor projects for financing by the CFC. Under the procedures, member governments of the ICAC and CFC can prepare proposals for submission to the ICAC Secretariat for consideration. The CFC manual for preparation of projects, available online at http://www.common-fund.org/data/content/manual-long_version.pdf is the main source for guidance on project preparation. The ICAC Secretariat has also developed a template for project proposals specific to cotton. Research institutions and the private sector can also initiate projects, but it is recommended to send projects to the ICAC Secretariat through ICAC's designated Coordinating Agencies in member countries or through the CFC formal representatives (Governors) in countries that are not members of the ICAC.

Projects are reviewed by the ICAC Secretariat to ensure proper format and technical feasibility in line with commodity needs and the interests of small producers in developing countries. The projects must be international in scope, be problem oriented and entail a novel approach. Once a project is found fit for further processing, the ICAC Secretariat submits the projects to the Standing Committee of the ICAC. The Standing Committee must approve all projects, except relatively small "Fast Track" projects, before submission to the Fund for consideration. The CFC secretariat also reviews projects for their completeness and evaluates them internally before taking them to their Consultative Committee. The Consultative Committee of the Fund considers in detail all technical aspects of project proposals and makes recommendations for final approval by the Executive Board of the CFC. The Consultative Committee and Executive Board meet only twice a year.

Once a project has been approved, a project appraisal report ("project document"), and a project agreement are completed before project activities start, usually within a couple of months. The ICAC Secretariat serves as the supervisory body, and the project is executed by a designated project-executing agency (PEA) preferably located in one of the collaborating countries.

Since the recognition of the ICAC as an ICB, CFC has approved 26 cotton projects as of December 2011. Out of 26 projects, 24 projects were submitted by ICAC to CFC, 14 regular projects and 12 'Fast Track' projects. All the Fast Track projects have been completed. Five of the 14 regular projects are ongoing while others have been completed. This special issue of *The ICAC RECORDER* entitled 'Cooperation for Development: Results and Impacts of Joint ICAC-CFC Activities' summarizes important results achieved and their impacts on yield and quality of cotton. While the project CFC/ICAC 1 was not supposed to address a specific problem, six other projects have reached a stage where their impacts can be assessed after completion.

The ICAC-CFC collaboration for the last two decades has benefitted cotton in many ways. Research institutes, especially those in developing countries, have limited resources to initiate new research or deal with newer problems. The ICAC-CFC collaboration brought additional funding to cotton research. The ICAC Secretariat has encouraged researchers to develop problem-oriented projects and many times helped countries to find the best collaborators and beneficial arrangements for implementing a successful project. The CFC/ICAC projects enhanced international collaboration on cotton across countries and in some cases even across continents. Developed and developing countries were able to work together on common issues among countries. The CFC/ICAC projects brought together international experts for finding efficient and cost effective solutions. A final workshop for dissemination of research results to other countries has been an integral component of all CFC/ICAC projects.

Perusal of the current issue of *The ICAC RECORDER* clearly shows that the projects presented in this report benefitted millions of small growers in the project countries. One project has quantified the project benefits in terms of monetary gains at US\$95 million from 1997-2009. This amount alone is more than the cost of all the 26 projects to which CFC, European Union and national governments contributed, mostly in the form of grants. Cotton growers escaped from losses in the project countries, and in most cases benefits are still accruing. The five ongoing projects will bring similar benefits to cotton growers.

The ICAC Secretariat, on behalf of its member governments, is thankful to all collaborators whose joint work resulted in significant contributions to the cotton sector. The Secretariat also expresses its sincere thanks to the CFC, European Union and national donor agencies in the project countries.

M. Rafiq Chaudhry, Ph.D.
Head
Technical Information Section
International Cotton Advisory Committee

Foreword

Cotton is truly a crop of developing countries although it is also cultivated in a few developed countries. Cotton being a cash crop is a major source of foreign exchange earnings, for both, small and large cotton producing countries. The cotton sector as such provides a major source of employment and income to more than 250 million people involved in various production and processing stages of the supply chain. The relative importance of the cotton sector in each economy depends of course on the overall level of development. In that regard it should be acknowledged that for a great number of developing countries, the production and marketing of cotton is vital for income creation at micro- as well as at macro-economic levels. Increasing productivity of cotton production and stepping up of value-addition to raw cotton (by-) products are crucial developments that can make a substantive difference in the livelihood of small-scale cotton producers and workers in the sector.

The International Cotton Advisory Committee (ICAC) focuses on the interests of the cotton sector at large by raising awareness, providing information and serving as a catalyst for cooperation on issues of international significance. The Common Fund for Commodities (CFC) is mandated by its 105 member countries to support commodity development activities leading to a strengthened income-generating capacity of primary commodity producers and to reduced vulnerability to erratic commodity price fluctuations. A strong and effective co-operation between the two organizations in the last more than twenty years, since the establishment of the Common Fund, has resulted in a substantive portfolio of projects which were submitted by the ICAC and funded by the Common Fund for Commodities. Currently the portfolio stands at 26 projects (14 regular and 12 smaller "Fast Track" projects), with a total value of nearly US\$70 million to which the Fund contributed almost US\$30 million. The ICAC, in its role as the Fund's designated International Commodity Body for cotton, provided techno supervisory functions to oversee the implementation of these projects.

The current special edition of *The ICAC RECORDER* highlights six CFC/ICAC projects, which have been implemented and already completed. The projects covered a broad range of topics, from crop management and pest control to by-product utilization. Common elements of all are that they addressed a specific commodity (cotton) problem that was international in scope and the projects were implemented on a multi-country basis, in accordance with the Fund's commodity rather than country approach. Results of the projects have been made (and are still) available for the full membership of both organizations. The purpose of presenting the overview of these projects is to reflect the results and specifically the impacts that the projects (small in size as they may have been) have had in different countries where they were implemented. It is our hope that the projects had direct and indirect impacts on cotton production in many countries in the world. The work done in the projects brought income or saved millions of dollars to small growers in the project countries.

Also included in this publication is a brief overview of the full CFC/ICAC project portfolio (as on December 2011), reflecting both completed and on-going projects. It is hoped that this publication will serve as a source of information about the impact of joint ventures by the CFC, ICAC and national governments in many countries.

Amb. Ali Mchumo
Managing Director
Common Fund for Commodities

Terry P. Townsend
Executive Director
International Cotton Advisory Committee

Retrospective Summary of Completed CFC Projects

TABLE OF CONTENTS - TABLE DES MATIERES - CONTENIDO

Integrated Pest Management for Cotton (CFC/ICAC 03).....	1
Integrated Management of the Cotton Boll Weevil in Argentina, Brazil and Paraguay (CFC/ICAC 04).....	4
Genome Characterization of Whitefly-Transmitted Geminivirus of Cotton and Development of Virus-Resistant Plants Through Genetic Engineering and Conventional Breeding (CFC/ICAC 07).....	7
Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness (CFC/ICAC 11).....	13
Sustainable Control of the Cotton Bollworm, <i>Helicoverpa armigera</i> , in Small-scale Cotton Production Systems (CFC/ICAC 14).....	16
Utilization of Cotton Plant By Produce for Value-Added Products (CFC/ICAC 20).....	22
Cotton Projects Supported by the Common Fund for Commodities.....	27
=====	
Introduction.....	37
La lutte intégrée contre les ravageurs du coto (CFC/ICAC 03).....	39
La lutte intégrée contre le charançon de la capsule du cotonnier en Argentine, au Brésil et au Paraguay (CFC/ICAC 04).....	42
Caractérisation génomique des gémiviruses transmis par la mouche blanche au cotonnier et développement de plantes résistantes aux virus grâce à l'amélioration variétale conventionnelle et au génie génétique (CFC/ICAC 07).....	45
Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage (CFC/ICAC 11).....	51
Lutte durable contre le ver de la capsule, <i>Helicoverpa armigera</i> , dans les systèmes de production du coton à petite échelle (CFC/ICAC 14).....	54
Utilisation des produits dérivés du cotonnier pour la fabrication de produits à valeur ajoutée (CFC/ICAC 20).....	61
Projets cotonniers financés par le Fonds commun pour les produits de base	67
=====	
Introducción.....	77
Manejo integrado de plagas del algodón (CFC/ICAC 03).....	79
Manejo integrado de plagas para el picudo del algodón en Argentina, Brasil y Paraguay (CFC/ICAC 04).....	82
Caracterización genómica de los gémiviruses transmitidos por la mosca blanca y desarrollo de plantas resistentes al virus mediante ingeniería genética y selección genética convencional (CFC/ICAC 07).....	85
Mejoramiento de la comerciabilidad del algodón producido en zonas afectadas por la pegajosidad (CFC/ICAC 11).....	92
Control sostenible del gusano de la cápsula del algodón, <i>Helicoverpa armigera</i> , en sistemas de producción algodonera en pequeña escala (CFC/ICAC 14).....	95
Aprovechamiento de los tallos del algodono en productos de valor añadido (CFC/ICAC 20).....	102
Proyectos del algodón apoyados por el Fondo Común para los Productos Básicos	107

Integrated Pest Management for Cotton (CFC/ICAC 03)

Jonathan Spenser, CEO, TerraVerde Agriculture; former Project Manager for "Integrated Pest Management for Cotton (CFC/ICAC 03), Israel

Duration:	September 13, 1994 to September 30, 1999
Countries:	Egypt, Ethiopia, Israel and Zimbabwe
Collaborating Institutions:	The Israeli Cotton Production and Marketing Board Ltd. Israel Tel Aviv University, Israel Agricultural Engineering Institute, Israel Institute of Plant Protection, Israel Granot-Sivan Enterprises, Israel Plant Protection Research Institute, Egypt Commercial Cotton Growers Association, Zimbabwe Ethiopian Agricultural Research Organization, Ethiopia
Project Executing Agency:	The Israeli Cotton Production and Marketing Board Ltd. Israel

=====

The project "Integrated Pest Management for Cotton (CFC/ICAC 03)" was a research project that took place in Israel, Egypt, Zimbabwe and Ethiopia during the years 1994 through 1999. Most work on the project was undertaken in Israel followed by Egypt. The project was an initiative of the International Cotton Advisory Committee (ICAC) together with the Israel cotton industry leadership in particular the Israeli Cotton Production and Marketing Board Ltd. and funded together with the participating parties by the Common Fund for Commodities (CFC).

The main goal of the project was to increase cotton profitability down the industry value chain through implementation of "Integrated Pest Management" (IPM). The concept was to increase yield and production profitability and to produce high quality, non-sticky lint, amidst a major threat to the entire industry in multiple countries from sucking pests at the time, particularly whitefly *Bemisia tabaci*. In addition, the project aimed to build-up an environmentally sustainable and safe approach in chemical development and application.

Specific project objectives were formulated into a collaborative research strategy designed to accomplish and realize the main goal at the grower and downstream yarn industry levels. These included:

- Development of less toxic and less costly insecticides;
- Improvement of existing spraying equipment and development of new sprayers;
- Development of new application methods;
- Promotion of biological control measures;
- Determination of techno-economic thresholds (for pest control); and
- Dissemination of technology through production of techno-economic guidelines, training of staff from major cotton producing developing countries and technology trials and demonstrations in farmers' fields.

The project CFC/ICAC/03 was conceived during the early 1990's.

Whitefly (particularly *Bemisia tabaci* and in some locations other honeydew generating species) was causing havoc to growers in various parts of the world by devastating yields and revenues and creating major concerns for the textile industry due to sticky cotton, a result of honeydew contamination excreted on lint by these pests.

Comprehension of whitefly behavior in many countries at the time was only beginning to emanate from research institutions. For example, debates were still on going amongst scientists regarding the actual definition of the species and different "types" that had apparently emerged based on variation in the daunting virulence of different populations. Those were the heydays of sticky cotton projects at the industry level. A perception had developed that the pest might be uncontrollable and that solutions should be sought from within the spinning/ yarn industry. The development of stickiness detection devices, lint heating, washing and lint cleaning machines are examples of this approach.

Insect growth regulators as means of pest control were only at the deregulation stage in many countries at the time and field control against whitefly was based on ineffective spraying. Multiple applications of highly toxic materials on adult whitefly at short intervals were a standard. These devastated the biological balance; caused outbreaks of secondary pests; increased the risk of pest resistance development to insecticides; cost a fortune and eroded profitability; were an environmental disaster and safety hazard; and worst of all hardly controlled the pest at all because nymphal stages were not affected whatsoever. Techno-economic thresholds for chemical treatment on adult stages of whitefly were not only useless; they turned out to be a total misconception in the control of the pest.

The 1988 season in Israel saw a crop failure due to an exceptionally aggressive outbreak of whitefly. A mission team was convened and thereafter, various multi-disciplinary research groups were established to tackle this critical crisis and whitefly management was regarded top priority in research and development efforts set and managed by the Israeli cotton industry leadership before the onset of the project.

These were the circumstances for the conception of "Integrated Pest Management for Cotton (CFC/ICAC 03)", a research project, with an impressive quantity of strong and collaborative research based on existing teams and expertise involving motivated cotton specialists in the four participating countries. In retrospect, many fingerprints of the project components can be identified within the industry and can be linked to the results of the massive research and development efforts that went on globally during that time, which CFC/ICAC 03 was an important part of.

Admittedly, although major efforts were made to develop a new class of environmentally friendly oil based chemicals together with new and efficient application methods; these were never commercialized in a big way. However, details of practical achievements of the project can be summarized as follows:

- As it turned out, insect growth regulators (IGRs) for pest control in cotton were becoming commercial during the 1990's.
- At the onset of the project in 1994/95 it became clear that the target pest stage to combat is nymphs as opposed to the concept of adult stage control. The oil based materials and application methods thereof targeted these young stages.
- In the framework of the project precise techno-economic thresholds were developed for control of the nymph stages particularly stages 2 and 3.
- Not only did these suit the novel products of the project they also suited the emerging IGRs and it turned out that the project supported the appropriate use of the existing IGR (Buprofezin) and the materials that followed for whitefly nymph control such as Pyriproxyfen, Diafenthiuron and others.
- The concept of developing edible substances into pesticide formulations realized during the project duration followed the concept of nymph control with non-toxic targeted materials, in parallel to IGR development and introduction.

Some pesticide manufacturers who use edible substances in their pesticides, particularly for organic crops, have further developed the oil-based formulations. Reports from Egypt state specifically that the usage of mineral oil for controlling sucking insect pests became more established and usage of low volume spraying by economy micron ULVA in controlling sucking insect pests became more widespread for small holder cotton producers (The ULVA is a hand-held spinning disc sprayer designed for low volume (LV) and ultra-low volume (ULV) controlled droplet application of insecticides and fungicides).

The know-how developed in the field trial stages led to systematic scouting methods relating levels of infestation to plant stage development in order to time the control of whitefly nymphs, which is now practiced for the application of IGRs, mineral oils and other materials on different crops including organic agriculture practices.

Regarding insecticide usage and natural enemies, insecticide treatments were usually applied as many as 14 times a season in the late 1980's resulting in decimation of the natural enemy fauna, environmental upsets and resistance build-up of the pest populations. This was very true in regards to *B. tabaci* against

which most insecticides were not effective then. With the onset of IGR production, it became evident that these new materials, if used correctly, could revolutionize whitefly control. However, it was necessary to determine the parameters under which this would be possible. Therefore, a study was undertaken in 1990-1993 to determine relationships between the first IGR used (Buprofezin) and the parasitoid natural enemies attacking *B. tabaci*. The results showed that, if used correctly, there might even be synergism between the material that kills very young whitefly nymphs and the parasitoids that control the later stages while being unaffected by the material. This information was used in the project and the knowledge that various levels of parasitoids could be used freely and in synergy with IGR's was introduced for cotton pest control. Accordingly, parasitoid levels and their effects were shown to be reliable. Moreover, the species *Encarsia sophia* (as *E. transvena*) was introduced into Egypt, which became established there. The reliance on natural enemies enabled to design policies of reduced spray applications in cotton.

The insecticide use that amounted to as many as 14 treatments per season was dramatically reduced due to above referred studies. The project work proved the efficacy of natural enemies and demonstrated the differential effects of different materials on the pest and parasitoids. Thus, the introduction and encouragement of using certain materials as a result of project studies enabled formulation of new management strategies.

Regarding spray technologies that were developed and the scientific knowledge that was gained during the CFC/ICAC 03 project, the know-how was used for design of several agricultural machines and processes:

- Raz Sprayers Inc. (Israel) developed the short-range air-assistance drop-tube technology into a greenhouse sprayer that is dedicated to spraying cordoned crops such as tomatoes, peppers and cucumber.
- Micron Inc. (UK) developed the same technology into a short-range air-assistance drop-tube utilizing their special nozzles.

Both companies adapted the technology with the required modifications for the specific applications they worked on.

Another practical achievement of the project was the practice of knowledge dissemination.

Training seminars in participating countries were an integral



Figure 1: A Sprayer Developed by the Project CFC/ICAC 03

part of the project. Methodology of know-how sharing, in-field teaching and the value of demonstration plots to participants, extension personnel and farmers in some cases were an example of knowledge flow from research to the field level. Specifically the significance of scouting and usage of threshold levels as a decision point were conveyed to farm advisors, scouts and the levels above them.

The value of precise application and farmer performance in introducing new know-how were topics that were emphasized during training sessions. The concept of training courses to promote application of knowledge as a part of a research and development project has been demonstrated. Finally, the project contributed to the trend of environmentally friendly agricultural management as a component of modern production.

In retrospect, 10 years post-project, sucking pests, particularly whitefly in Israel, Egypt and in other countries has become a manageable and predictable pest. In Israel, control methodology based on know-how obtained during the project

period and primarily related to the project itself is implemented as part of the routine management system to this day. Spray applications have been reduced dramatically to 1-2 applications against whitefly per season and the level of understanding of sucking pest behavior with special reference to *Bemisia tabaci* and its biological system has improved significantly.

Not only is whitefly no longer a critical pest in Israel or in many other countries, its control has become so routine and effective that it has been removed from the high priority research and development list and is now considered a challenge of the past that has been put in check.

The project "Integrated Pest Management for Cotton (CFC/ICAC 03)" provided a major contribution to the extensive research and development efforts that took place globally to combat a major threat to cotton, with significant results impacting the industry to this day.

Additional information on the project proposal and results achieved is available at:

<<http://icac.org/projects/CommonFund/IPMC/english.html>>.

----- 0 -----

Integrated Management of the Cotton Boll Weevil in Argentina, Brazil and Paraguay (CFC/ICAC 04)

Duration:	June 30, 1995 to June 30, 2001
Countries:	Argentina, Brazil and Paraguay
Collaborating Institutions:	Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (IASCAV), Argentina Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Argentina Consejo Nacional del Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina Empresa de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Brazil Instituto Agronomico Parana (IAPAR), Brazil Instituto Biologico, Brazil Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG), Paraguay Dirección de Investigación Agrícola (DIA), Paraguay Instituto Agronómico Nacional (IAN), Paraguay
Project Executing Agency:	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria-SENASA (National Service for Phytosanitary and Agro Food Quality), Argentina

=====

The project "Integrated Management of the Boll Weevil" in Argentina, Brazil and Paraguay was initiated as an example to prioritize integrated pest management and to emphasize international cooperation. The National Service for Phytosanitary and Agro Food Quality (SENASA), Argentina was responsible for coordination of project work but actual research was undertaken at many locations by more than one organization within a country. In Brazil and Paraguay, national coordinators, as in Argentina, facilitated in collection of research results and dissemination to SENASA. The Ministries of Agriculture in Brazil and Paraguay were actively involved in the implementation of the project.

The Mexican boll weevil also commonly called cotton boll weevil *Anthonomus grandis* invaded Brazil in 1983 from where it arrived Paraguay in 1991. The weevil continued its journey in the south and reached Argentina in 1994. Consequences of boll weevil spread and the difficulty to control were already known from the experience in the USA and Central American countries. From the past experience, insecticide control was not considered to be a successful option. Boll weevil's presence in the southern cone of South America threatened over three million hectares of cotton planted in the three project countries. The three project countries, bordering each other, realized the complexities involved in the boll weevil control and the governments joined hands to put up a joint defense against the pest.

The boll weevil showed no signs of stopping its journey at the time of drafting the project. The main theme of the project was to improve productivity of cotton farmers through the development and implementation of integrated pest management practices effective for the control of boll weevil with a cost effective methods and minimal impact on the environment. The project approved by the Common Fund for Commodities in September 1994 had the following specific objectives:

- Evaluation of existing knowledge and identification of functional elements useful for the development of location specific package, and definition of regional strategic plans.
- Study ecology and biology of boll weevil in cotton agro ecosystems in subtropical areas of Argentina, Brazil and Paraguay.
- Adapt acquired and developed low cost and environmentally acceptable technologies to local cotton production conditions/systems.
- Transfer technology and information to farmers and extension departments in the three countries to minimize social costs and environmental impact on natural resources.

Main Project Findings

Alternate Hosts

The project found that a number of plant species belonging to the families Malvaceae, Compositae, Solanaceae, Euphorbiaceae and Leguminosae serve as alternate hosts for the boll weevil when cotton is not available in the field. Cotton is a preferred host but when it is not yet flowering or if there are no bolls on the plant the boll weevil will survive on pollen grains of above mentioned species plants. The seasonal fluctuation and selectivity with regard to the pollen intake by the boll weevil, has been demonstrated to be independent from the place the samples were taken. Exotic species from the family Malvaceae like *Hibiscus tiliaceus*, *Hibiscus schizopetalus*, *Hibiscus sabdariffa*, *Abelmoschus esculentus* and *Hibiscus rosa-sinensis* are not alternate hosts for the boll weevil under natural conditions. Not only for feeding, these species were also not found to be suitable as reproductive hosts. Sampling and collection of plants during different seasons and from different sites also showed that there are a plenty of entomophylic plants belonging to diverse families, which are not visited by boll weevils as a food source.

Phenology and Population Dynamics

The boll weevil attract and kill tube could be used as a component of the IPM and also to assess the level of boll weevil adult population in the field during the crop season and during the off cotton season. Abundant rain and supply of alternate species pollen grains provide food for the boll weevil and let the pest survive though at a lower rate than cotton. The project work concluded that in the beginning of the cotton season, the boll weevil infestation starts from the perimeter of the cotton fields. The boll weevil infestation under field conditions becomes highly important when the crop is 100 days old and onward. Rooting out and destroying stubbles delayed appearance of boll weevil on the new crop. The adult boll weevil population was monitored all the year around from the number of catches in the pheromone traps. The data from 1995-2000 showed that maximum weevils were caught in the traps during the months of May, July and August in most years.

Insecticide Use and Resistance Monitoring

In the framework of the project, trials were conducted, mainly in Brazil where the pest had already established at the time of initiation of the project, to compare different insecticides, formulations and recommended doses for efficient control of the boll weevil. Results showed that the most effective products were endosulfan, deltamethrin and beta cyfluthrin. Fenvalerate was found to be ineffective and, addition of exonfre did not increase the performance of insecticides. The project developed a resistance diagnostic method for local populations of the area. The method provides a quick, simple and reliable tool that allows an in situ assessment of resistance. The method was patented in Argentina and Paraguay in 1999 and 2000 respectively. The method developed in the project is an alternative to the lab bioassays method, which is not only highly specialized technically but also takes much longer to get results.

Biological Control

Parasitoids *Bracon bulgaris*, *Cataloculus grandis* and predator *Euborellia annulipes* were identified in the lab and found destroying boll weevil in the field. *C. grandis* larvae were more prevalent and active against the boll weevil though adult females could also kill larvae and pupae of the boll weevil by injecting toxins. The project work showed that newly emerged boll weevil adults are most vulnerable for parasitization. *C. grandis* has also been studied extensively in the USA as a potential candidate for parasitization of boll weevil. But, since boll weevil population has been going down as a result of boll weevil eradication program, there was no need to rear *C. grandis* and release in the field. The project undertook parthenogenesis studies on *C. grandis* and concluded that fertilized females lay eggs and produce females and males while unfertilized females produce only males. The sex ratio studies showed that females exposed to three males produced more females than those females subjected to other combinations.

Population Characteristics

The Random Amplified Polymorphic DNA (RAP-DNA) work showed that populations from non-cotton growing areas are genetically different from populations associated to cotton

areas. The non-cotton area population in Argentina established from the past whenever cotton was grown in that area. The boll weevil population from cotton areas in Paraguay and Formosa province (bordering Paraguay) in Argentina related to the population from Brazil.

Application of Project Findings

At the time of initiation of the project, the boll weevil had not been researched enough to develop a strategy. The knowledge acquired since 1983 was not enough to have a proper control of the pest what to talk of a stopping the pest spread to the south and invade Paraguay and Argentina. There is no doubt that once the boll weevil was identified in both the countries, the three countries required a joint defense plan for implementation. In this regard the first attempt was to understand the insect from every aspects of its life cycle. This is where the project contributed the most and information generated in the project still provides guidance for policy planners and researchers not only in the project countries but also other boll weevil affected countries in the area including Bolivia and Colombia. It was concluded that the adult boll weevil survives between the two cotton seasons and high rates of winter survival lead to high population of the boll weevil on cotton in the following season. The best application of these results has been the formation and implementation of the CFC/ICAC 36FT 'Integrated Pest Management (IPM) Techniques for Sustainability of Small Cotton Growers in the Southern Cone of South America with a Pilot Project for 400 Small Farmers in Formosa, Argentina.' The pest, which does not go into diapause in Argentina, was targeted so that minimum population could emerge and move to cotton fields.

The knowledge about the alternate host species, feeding behavior and preference of the boll weevil and seasonal fluctuation of the boll weevil population helped to forecast control measures by predicting which places may have natural reservoirs of the pest.

The project knowledge about feeding behavior and population dynamics allowed restricting dispersion of the boll weevil and avoid infestation of the crop. The pheromone trap catches showed that the boll weevil population was higher from 1995-1997 but remained much lower from 1998-2000. Lower boll weevil population for three years demonstrated the impact of trap crops, border treatment and stubble destruction. Since the project is over, wide scale use of attract and kill tube has been promoted by governments in a number of countries in the region including Argentina, Colombia and Paraguay. The situation with Brazil has been different because of a major shift in the cotton area from the north to the mid south. The mid south area, the Brazilian Savannas, now occupies 99% of the cotton area and being new to cotton did not have boll weevil pressure. During the early 1990s, the severely boll weevil affected states were in the north where most cotton was grown. Cotton growers in Brazil who are comparatively new to cotton do not have much experience in tackling with boll weevil but now they are using the information developed in the project and northern part of Brazil. The difference is extrapolation of small scale farming system practices to a large scale farming system in the Savannas.

On the basis of insecticide use trials conducted in the project, operational factors such as type of insecticide, dose and application method are used in the boll weevil affected areas in the region to develop a strategy that delays the development of resistance to commonly used insecticide products. The project findings like hard water reduces efficacy of certain chemicals are helpful in selecting suitable (less saline) water for spraying. It is an important contribution of the project that presence of mineral salts lowers bioavailability of the active ingredient in the selected insecticides. The resistance detection methods on the field population based on in situ conditions is very helpful for identification of level of resistance to various products. The method involves exposing the field population to double the dose necessary to kill 95% of the population. The method being least expensive provides a viable commercial option.

Mineral and vegetable oils as a substitute of insecticides were tried. Oils sprayed on the boll weevil in the field results in cuticle softening effect, suggesting that the mode of action is physical mechanism. The project did not make any

solid recommendations on mineral and vegetable oils other than that more research work was needed. Mineral oils and vegetable oils are not used to control boll weevil in any country yet and there are no plans in the project countries to bring them to commercial scale. The work done on mineral and vegetable oils is not enough to make a commercial recommendation.

The knowledge gathered in the project CFC/ICAC 04 provided basis for most recommendations currently followed in the project countries. Results were effectively transferred to researchers, planners and growers. The project organized workshops and published 75 different reports/papers, mostly in Spanish, during the life of the project. The project was initiated at the right time and left a long-term impact on tackling the boll weevil in the region. Consequently, the boll weevil is still within manageable levels.

Additional information on the project proposal and results achieved is available at:

<<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Boll/english.html>>.

-----0-----

Genome Characterization of Whitefly-Transmitted Geminivirus of Cotton and Development of Virus-Resistant Plants Through Genetic Engineering and Conventional Breeding (CFC/ICAC 07)

Yusuf Zafar¹ and Judith K. Brown²

Duration: January 1, 1996 to December 31, 2001
 Countries: Pakistan, UK and USA
 Collaborating Institutions: National Institute for Biotechnology and Genetic Engineering (NIBGE), Pakistan
 Cotton Research Institute, Faisalabad, Pakistan
 University of Arizona, Tucson, Arizona, USA
 John Innes Centre, UK
 Project Executing Agency: National Institute for Biotechnology and Genetic Engineering, Pakistan

=====

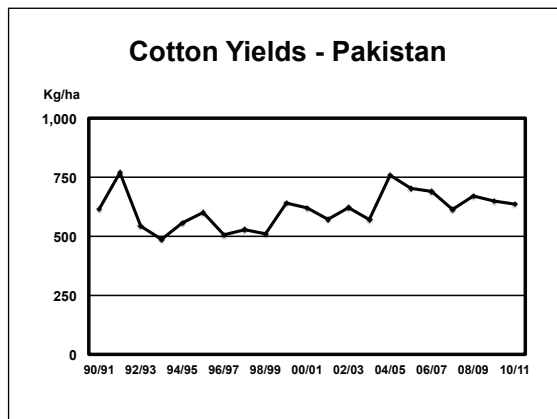
Pakistan is the fourth in global ranking of cotton production (over two million tons produced in 2010/11). Pakistan shared about 8% of world production. Cotton is the backbone of the economy of the country as it accounts for 8.2% of the value added in the agriculture sector and about 2% to GDP. Nearly 65% of foreign exchange earnings of the country are based on cotton based textile products. Cotton production in Pakistan is however constrained among other common problems with a unique issue of cotton leaf curl virus (CLCuV) disease, which caused an epidemic in 1992-93 season. The first epidemic of cotton leaf curl disease occurred in Africa (Nigeria, 1912; Sudan, 1924; Tanzania, 1926) followed by cotton leaf crumple disease, which broke out in the Southwestern USA in the 1950's, and then cotton leaf curl with enation symptoms in the Punjab region of Pakistan. Despite the somewhat different symptoms observed in each of the locations, it was not known until this project supported by the Common Fund for Cotton was carried out, whether the same or similar viral pathogens caused the disease in all of the locations. The one factor shared in common by all of the outbreaks was the association of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) with symptom development. Based on typical virus symptoms and results from research carried out at the University of Arizona, USA that demonstrated the association of a new type of virus containing ssDNA (Geminiviridae) with cotton leaf crumple disease in the USA, whitefly-transmitted geminiviruses were therefore suspected as the causal agents in Africa and Pakistan.

When the disease appeared on vast area in Pakistan, the research community and surveillance system were unable to restrict this problem to a particular zone. The research system in Pakistan was not geared to manage this problem at that time and the CLCuV problem took everybody including researchers, extension workers, pesticide companies and farmers by surprise. The initial focus of the five year project (1996-2001) was to determine the identity of the causal agents of leaf curl disease in the three major areas still affected by the diseases, to understand the extent of suspect viral genetic diversity. A second objective was to develop detection methods to assist cotton breeders in their efforts to identify resistant varieties.

The third objective was to employ conventional breeding and consider possible transgenic strategies for virus management based on ensuing knowledge of diversity, distribution, and prevalence of the suspect viral agents involved. Although ambitious, significant headway was made through this international collaboration that not only laid the foundation for but also set the stage for future work on cotton virus research worldwide.

Contributors of CLCuV Research in Pakistan

The foremost issue in 1992/93 was to understand the causal organism of this devastating disease. The financial loss in production during 1993-98 was estimated at five billion US dollars. Cotton production particularly in the Punjab province that contributes over 80% of the total production in the country declined from 1.53 million tons (9 million bales) to less than one million ton (6 million bales). Cotton yields dropped from 769 kg/ha in 1991/92 to 487 in 1993/94, 37% drop in two years.



1) Director General, Agri. & Biotechnology Division, Pakistan Atomic Energy Commission, Pakistan
 2) Professor, School of Plant Sciences, The University of Arizona, Tucson, AZ 85721 USA

The Government of Pakistan initiated a mega national project (1995-97) involving 33 sub-projects at a cost of five million US dollars with financial support from the Asian Development Bank (ADB). There were 33 sub projects within the umbrella project and among them, the second largest component was related to cotton biotechnology, which included molecular virology, cotton transformation, genetic engineering and cotton genomics. This project laid the foundation of molecular virology and cotton biotechnology in the country. The National Institute for Biotechnology and Genetic Engineering (NIBGE) was a leading partner in the both sectors. An abrupt closure of the ADB sponsored project in December 1997 put a grinding halt to most of the research and development efforts in cotton biotechnology. However, CFC/ICAC 07 sponsored tripartite project entitled 'Genome Characterization of Whitefly-Transmitted Geminivirus of Cotton and Development of Virus-Resistant Plants Through Genetic Engineering and Conventional Breeding' kept the research going at NIBGE. It also brought together one of the best experts in the area from USA (Dr. Judith K. Brown, University of Arizona), the UK (Dr. Peter Markham and Dr. Rob Briddon, John Innes Centre) and Pakistan (Dr. Kausar A. Malik and his team at NIBGE, Pakistan) to deal with a challenging problem. Since then the Government of Pakistan through various ministries and international funding agencies (FAO/ IAEA, IFS Sweden, ICGB Italy, EU Brussels, USDA Washington and ACIAR Australia) provided funding for the management of cotton leaf curl virus.

Understanding of Cotton Leaf Curl Virus

The causal agent of cotton leaf curl disease (CLCD) in Pakistan was discovered to be Cotton leaf curl virus (CLCuV) which belong to genus, *Begomovirus*, family, Geminiviridae– a genus of unusual plant viruses containing a single-stranded DNA genome. This is in contrast to most other plant viruses, which are RNA viruses. Thus, the challenge in Pakistan was unique. The virus was isolated, purified, molecular characterized, and Koch's Postulates were proven. A surveillance system was put in place to characterize cotton virus from different locations and also during different seasons. A comprehensive picture thus emerged revealed that several strains/types of begomoviruses are responsible for this disease. So far nearly 09 full-length sequences have been deposited to gene bank from China, India and Pakistan. Another unique feature was presence of a satellite component (referred to as a beta satellite), which was found to be responsible for symptom development in experimentally inoculated tobacco plants. Without this component virus was unable to cause severe symptoms. Despite this knowledge and the ability to isolate satellites from infected cotton plants, it has proven difficult to reproduce the disease symptoms in cotton plants inoculated with a cloned viral genome and the associated beta satellite component.

Even so, the understanding of virus responsible for causing disease provided two-fold benefit in the management of the problem. First it made possible to develop molecular based (PCR based) diagnostic tests for epidemiology and secondly provided handle to mobilize certain genes of virus to put into cotton plant to exploit cross protection mechanism by employing tool of genetic engineering. These two developments paved the way for a strong foundation of molecular virology and biotech cotton development in Pakistan.

Diversity of Monopartite Begomoviruses Associated with CLCuD

Cotton leaf curl disease on the Indian subcontinent is associated with several distinct begomoviruses and strains thereof. Initial studies of the disease in Pakistan in the early 1990s suggested that the disease was associated with begomoviruses. Then, only bipartite and monopartite begomoviruses were known to be infectious and cause disease symptoms when cloned viral components were used to experimentally inoculate plants, the satellites associated with some monopartite begomoviruses were not identified until 1999-2000. No evidence for the presence of a DNA B component was found, leading to the conclusion that the disease was caused by a monopartite begomovirus, even though inoculation of plants with the monopartite begomovirus (now, *Cotton leaf curl Multan virus* [CLCuMV]) cloned from symptomatic plants was difficult to inefficient/poorly infectious to cotton resulted in low rates of infection and symptoms were not identical to those observed under field conditions. This suggested the possibility that some other virus or non-viral factor might also be required to reproduce the disease symptoms. Because begomovirus ssDNA was shown to be experimentally transmissible between cotton plants by the whitefly vector *B. tabaci* it seemed likely that the putative additional component was probably also some type of ssDNA molecule.

An early diversity study of begomoviruses associated with CLCuD concluded that four begomoviral strains or variants were prevalent in cotton in Pakistan. Three of those viruses are considered distinct species; cotton leaf curl Multan virus (CLCuMV), cotton leaf curl Alalabad virus (CLCuAV) and cotton leaf curl Khokhran virus (CLCuKV). Further studies have revealed a number of additional species including papaya leaf curl virus associated with symptomatic cotton plants in India. In northwestern India many of the viruses identified in Pakistan have been shown to be present together with yet another distinct species, cotton leaf curl Rajasthan virus (CLCuRaV). The latter species was later identified in Pakistan cotton and tomato plants.

More recently the genetic make-up of begomoviruses in Pakistan has changed dramatically. The virus associated with resistance breaking in cotton across Pakistan has been shown to be a distinct recombinant begomovirus, cotton leaf curl Burewala virus (CLCuBuV). This virus consists of sequences derived from two of the begomovirus species associated with the CLCuD epidemic during the 1990s, CLCuMuV and CLCuKoV. It was found however that this virus lacks one of the usual complement of genes encoded by begomoviruses. As was the case for the epidemic in the 1990s, the virus associated with resistance breaking in cotton (CLCuBuV) has spread into India and new problems have arisen owing to infection by CLCuBuD in previously resistant varieties, which resulted in severe losses to the Pakistan and Indian cotton crops during 2009/10.

Throughout the epidemic of CLCuD in most of Pakistan during the 1990s, the cotton-growing region of southern Sindh province remained largely unaffected by the disease. For this reason, the farmers there were not growing resistant cotton varieties. However, during 2003/04 the disease appeared in central and lower Sindh, causing substantial yield losses. This

coincided with introduction of cotton varieties not approved by the Government authorities for cultivation, since they are highly susceptible to CLCuD. Analysis of the begomoviruses associated with the outbreak has shown the presence in Sindh of CLCuKoV and a newly identified recombinant species for which the name cvvvotton leaf curl Shadadpur has been proposed. The reason for the differences between Sindh and the rest of Pakistan, with respect to the incidence of CLCuD and the diversity of associated begomoviruses, remains unclear. However, the presence in Sindh of a distinct biotype of *B. tabaci*, with possible distinct host ranges and virus vectoring specificities, has been suggested (Monsoor *et al.*, 2011).

Transmission of Virus - Pakistan

The CFC/ICAC 07 project unequivocally proved that whitefly *Bemisia tabaci* is the only vector for the spread of virus. It was also proven that the virus was not transmitted through air, other insects or by seed. This important observation that CLCuV problem is a tri-component (virus-whitefly-host) opened a new avenue of contribution of whitefly towards cotton leaf curl disease. However, it was soon observed that economic threshold level (ETL) of whitefly where direct damage of whitefly occurs has no relationship with the transmission of virus. Few whiteflies are sufficient to spread the viral disease. Thus, control of whitefly though important component of management of the disease but was not enough to eradicate the disease. The European Union (EU) funded project at National Agriculture Research Council (NARC), Islamabad, Pakistan with Scottish Crop Research Institution (SCRI), Dundee, UK and another group in Valencia, Spain carried out survey and molecular characterization of whitefly in Pakistan. The study pointed out that whitefly prevalent in Pakistan belongs to K-biotype while in southern part of Sindh, B-biotype was also occasionally found. Thus, scientific studies provided enough data to formulate

control strategies for the cotton leaf curl disease in the country. Use of systemic insecticides for controlling sucking insects including whitefly as a seed dressing is now a routine among cotton farmers in the country.

Alternate Hosts of CLCuV

The cotton crop in the country is normally harvested in November/December each year and planted in May/June. Despite the apparent break in the life cycle of virus, disease continued to appear in the next cotton season. The CFC/ICAC 07 project had an important component to look for alternate hosts. A scientific study was carried out to screen various host plants as whitefly visited almost all the crop plants. Only those alternate host plants were considered important from which whitefly could re-transmit virus to the cotton plant. A controlled study pointed out okra, China rose, chilli and tomato as important alternate hosts for cotton leaf curl virus. This vital information contributed in the management of cotton leaf curl virus through mass campaign by the extension departments in the Punjab and Sindh. The findings also avoided an ecological disaster, which could take place if a decision had been made to eliminate crops from cultivation that whitefly visited frequently. These studies have been well documented in the international journals (Hussain *et al.*, 2003).

Development of Virus Resistant Cotton

The most viable and sustainable solution for disease was to develop cotton, which could resist attack of cotton leaf curl virus. The CFC/ICAC 07 project had two components to this task. Conventional breeding was the responsibility of the Cotton Research Institute, Faisalabad, Pakistan, a collaborator in the project, while genetic engineering aspects were assigned to NIBGE, Faisalabad. Both groups joined hands to combat this problem. The CFC/ICAC project for the first time brought biotechnologists and conventional breeders on a table. This strategy paid a great deal as many biotech varieties from collaboration efforts are now reaching farmers. This collaboration has now been further strengthened by the Punjab Agriculture Research Board of the Government of Punjab by making this contact an obligatory component of any funding.

Conventional Breeding

Pakistan is fortunate to have commodity based (cotton, wheat, sugar cane, rice, etc.) research centers spread all over the country. Cotton research institutes immediately launched a screening program of all available (local & exotic) germplasm in the areas that were hotspots of the disease. Out of thousands of accessions tested, breeders were fortunate to have discovered 3-4 germplasm lines of *G. hirsutum*, which were devoid of any disease symptoms upon infection of virus containing whitefly or through grafting. These germplasm lines (LRA 5166, CP-15/2, Cedex and Reba) were extensively exploited in breeding programs as donors for virus resistance. The Cotton Research Institute, Faisalabad under the CFC/ICAC project developed two famous varieties (FH 900 and FH 901). Based on similar mechanism the Central Cotton Research Institute, Multan, a federal government institute, developed series of virus resistant varieties including CIM-285, CIM-443, CIM-448, CIM-496 and



Figure 1 : Cotton leaf Curl Virus Affected Crop

CIM-1100. These efforts along with virus diagnostic, vector (whitefly) management, eradication of alternate hosts provided a respite and the country was so close to getting rid of cotton leaf curl disease (See chart "Cotton Yields in Pakistan" on page 7). Pakistan achieved a record production of 2.4 million tons (14.2 million bales) in 2003/04. This breakthrough was mostly driven by information gained from new research, in particular, the CFC/ICAC project. National breeders were truly the flag bearer for this success story.

Genetic Engineering for Virus Resistant Cotton

Genetically engineered biotech cotton and Round-up ready cotton was launched in the USA in 1995/96 and that was the time when development of cotton leaf curl virus resistance through genetic engineering was adopted as a strategy to solve this problem. Genetic engineering apparently is very simple to describe as moving gene(s) from one organism to another organism. However, in practical it is very complex to adopt. This technology involves multiple aspects and requires high level of infrastructure and expertise. Moreover, issue of intellectual property or patents and biosafety issues are other stumbling blocks in the way to access biotechnology uses.

The CFC/ICAC project strengthened research on cotton biotechnology and laid a strong foundation for a biotech cotton development program at NIBGE. Currently, the biotech cotton development program of the NIBGE is on the top among the public sector institutes in the country. The human resource was trained in the labs of collaborators in the USA and UK and along with other best labs in the UK, USA and Australia. Cotton transformation is now like an assembly line where specialized groups on gene isolation, gene, transformation gene expression and evaluation, molecular marker and biosafety evaluation perform work at NIBGE.

Pathogen derived resistance (PDR) means using a virus gene to combat a virus disease. Pathogen derived resistance was the first strategy which was employed to have virus resistant biotech cotton. The molecular virology group at NIBGE provided genes to be introduced into cotton. Coat protein (CP), replication associated genes (AC1), etc., were introduced. The replication associated genes based transgenic model was developed and evaluated in the green house (Asad *et al.*, 2003).

In the absence of biosafety laws in the country, voluntary code was adopted for evaluation and a containment facility was developed. Genetically altered virus resistant cotton was evaluated for traits and then tested in the field. Meanwhile cotton virus developed some changes (mutation) in its genetic make-up (Zafar, 2002) and overcame the resistance developed through employing a gene from the old virus (Mansoor *et al.*, 2003). In biotech resistance both components (host & pathogen) are living organisms thus prone to adoption and difficult to manage.

The cotton leaf curl disease has shown to be associated with several viruses of the genus Begomoviruses that were collectively referred to cotton leaf curl virus. Now multi-prong strategies have been put in place where multiple layers of genetically engineered resistances are being incorporated

against this disease. The durable solution is still elusive.

The other approach in genetic modification technology is to look for resistance gene analogues (RGA) in the virus resistant (immune) diploid cotton (*G. arboreum*). Fundamental work was initiated in this direction during the project. It is a conventional approach and requires many years of long-term commitment. Resistance is there but inter species barriers are responsible for slow progress. Work, initiated in the project, continues at the Cotton Research Institute, Faisalabad in collaboration with the Central Cotton Research Institute, Multan who also started a similar work. This daunting task might become more feasible once whole genome sequence of diploid cottons becomes available in the public database.

Related Activities in Pakistan

The CFC/ICAC 07 project was operational from 1996 to 2001 with four groups (NIBGE, Cotton Research Institute, Faisalabad, Dr. Judith Brown of the University of Arizona, USA and Dr. Peter Markham/Dr. Rob Briddon, John Innes Center, UK) jointly working to solve a national problem in cotton production in Pakistan. This collaborative research avenue opened more opportunities for cotton researchers in the country. The Central Cotton Research Institute, Multan organized a regional meeting of the Asian Cotton Research and Development Network in Multan in 1999 where CFC/ICAC project work was presented for the benefit of participants from India, China and Uzbekistan. NIBGE strengthened relations with the Common Fund for Commodities and hosted "Regional Consultation of genetically modified cotton for risk assessment and opportunities for small-scale cotton growers" under another CFC sponsored project (CFC/ICAC 34FT). More recently, ICAC organized regional meeting of cotton growing countries in Lahore, Pakistan from February 23-25, 2011. Once again the work done in CFC/ICAC 07 and activities continued after the completion of the project were highlighted through many papers presented by NIBGE researchers. All these activities are testimony to a very strong presence of CFC/ICAC in the country. Upon completion of tripartite CFC/ICAC 07 project, a principle investigator of the John Innes Centre, UK Dr. Rob W. Briddon decided to join NIBGE at Faisalabad, Pakistan. Since 2003, Dr. Rob W. Briddon is conducting research on geminiviruses in Pakistan as a visiting professor under Higher Education Commission of the Government of Pakistan. Dr. Briddon's presence at NIBGE is a significant contribution of the project. His continuous presence is a proof of his solid commitment to the challenging task of understanding and management of the cotton leaf curl disease in Pakistan.

The area affected by the disease and its consequences in terms of financial losses could have such implications for the national economy that the Government could not rely on a single or a few projects. The CFC/ICAC project along with other national and international projects have played a major role in the containment of the disease. The disease could not be eliminated but has certainly been checked. The knowledge accumulated against the vector and virus has paid high dividend to the national exchequer. Farmers benefitted directly, not in terms of increasing yields but definitely in terms of saving losses.

Recently (2010/11), a new, collaborative research project was

initiated between the United States Department of Agriculture and several of its Agriculture Research Service (ARS) laboratories (Mississippi, Texas), The University of Arizona (USA), NIBGE (Pakistan), Centre for Excellence in Molecular Biology of the University of Punjab-Lahore (Pakistan), Central Cotton Research Institute, Multan (Pakistan), Cotton Research Institute, Faisalabad (Pakistan) to combat resistance breaking strains of CLCuV and the diverse whitefly vector haplotypes now recognized to spread the viruses in Pakistan. Many of these partners have worked together in the past and have a renewed commitment to solving this new crisis in Pakistan, as well as to preventing the further spread of these viruses. Approaches involve new generation sequencing to study viral diversity at the strain and species levels, transgenic as well as conventional breeding for virus resistance, haplotyping of whitefly vector populations in relation to the particular begomovirus-associations in cotton growing regions of Pakistan, development of SNP-based diagnostics to detect cotton-infecting begomovirus-satellite complexes, and RNA-interference mediated control of the whitefly vector.

Conclusion

The Cotton leaf curl virus is a unique challenge to cotton production in Pakistan for the last almost two decades. The disease is mostly affecting cotton area in the Punjab, which is a major growing area in the country. Cotton leaf curl disease has now been reported from India and China and from some parts of Uzbekistan. CFC/ICAC 07 project, which was operational in Pakistan in collaboration with partners from the UK and USA from 1996 to 2001 consolidated research capacity in cotton biotechnology. The four sub-components of the projects related to understanding of virus and its vector (whitefly) and management of the disease through conventional breeding and by employing modern tools like marker assisted selection and genetic engineering. At present, the public sector cotton biotechnology program for developing genetically altered cotton for virus resistant, insect resistant, herbicide, salinity tolerance, drought tolerance and for fiber improvement are at various stages of development and evaluation. Cotton infecting viruses that are closely related to CLCuV-Pakistan are now known to occur widespread in Burkina Faso, Cameroon, Egypt, and Sudan among other locations. They are thus far all monopartite viruses that are associated with beta and/or alpha satellites. In the Western Hemisphere CLCrV is the only species of cotton infecting virus is recognized, although genomic variability ranges from ~89-100% between isolates. The spread of CLCuMV and its satellite (Multan and Burewala) into India, and the recent introduction of the Multan strain of virus and satellite into China poses a new threat to these cotton producing countries, and worldwide, if the virus is not contained to the existing areas of infection. Ornamental plants are one major potential vehicle as are any plant species that can harbor viruliferous whiteflies, which are capable of transmitting begomoviruses for their lifetime once the virus has been acquired. International cooperation to restrict movement of these and other whitefly-transmitted viruses is crucial to the long term sustainability of cotton production, and of other crop plants such as chili, cucurbits, and tomato that are hosts of at least some of the begomoviral species and strains that also infect cotton.

The project published a long list of articles and reports but only the work quoted above is referenced here.

Additional information on the project proposal and results achieved is available at:

<<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Leaf/english.html>>.

References Consulted and Resulting from the Project

- Asad, S., W.A. Haris, A. Bashir, Y. Zafar, K.A. Malik, M.N. Malik and C.P. Lichtenstein. 2003. Transgenic tobacco expressing geminiviral RNAs are resistant to the serious viral pathogen causing cotton leaf curl disease. *Archives of Virology* 148, 2341-2352.
- Briddon, R.W., S.E. Bull, I. Amin, S. Mansoor, I.E. Bedford, N. Rishi, S.S. Siwatch, Y. Zafar, A.M. Abdel-Salam and P.G. Markham. 2004. Diversity of DNA 1; a satellite-like molecule associated with monopartite begomovirus-DNA β complexes. *Virology* 324: 462-474.
- Briddon, R.W., S.E. Bull, I. Amin, A.M. Idris, S. Mansoor, I.D. Bedford, P. Dhawan, N. Rishi, S.S. Siwatch, A.M. Abdel-Salam, J.K. Brown, Y. Zafar and P.G. Markham. 2003. Diversity of DNA β : a satellite molecule associated with some monopartite begomoviruses. *Virology* 312:106-121.
- Briddon, R.W., S. Mansoor, I.D. Bedford, M.S. Pinner and P.G. Markham. 2000. Clones of cotton leaf curl geminivirus induce symptoms atypical of cotton leaf curl disease. *Virus Genes* 20:17-24.
- Briddon, R.W., S. Mansoor, I.D. Bedford, M.S. Pinner, K. Saunders, J. Stanley, Y. Zafar, K.A. Malik and P.G. Markham. 2001. Identification of DNA components required for induction of cotton leaf curl disease. *Virology* 285:234-243.
- Brown, J.K. and M.R. Nelson. 1984. Geminat particles associated with cotton leaf crumple disease in Arizona. *Phytopathology* 74:987-990.
- Brown, J.K., J.D. Mihail and M.R. Nelson. 1987. Effects of cotton leaf crumple virus on cotton inoculated at different growth stages. *Plant Dis.* 71:699-703.
- Brown, J.K. and M.R. Nelson. 1987. Host range and vector relationships of cotton leaf crumple virus. *Plant Dis.* 71:522-524.
- Brown, J.K. and J. Bird. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean basin. *Plant Dis.* 76:220-225.
- Brown, J.K., A.M. Idris, I. Torres-Jerez, G.K. Banks and S.D. Wyatt. 2001. The core region of the coat protein gene is highly useful for establishing the provisional identification and classification of begomoviruses. *Arch. Virol.* 146:1-18.
- Harrison, B.D., Y.L. Liu, S. Khalid, S. Hameed, G.W. Otim-Nape and D.J. Robinson. 1997. Detection and relationships of cotton leaf curl virus and allied whitefly-transmitted geminiviruses occurring in Pakistan. *An. Appl. Biol.* 130:61-75.
- Hussain, M., S. Mansoor, I. Amin, S. Iram, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003. First report of cotton leaf curl disease affecting chilli peppers. *Plant Pathology.* 52:809.
- Idris, A.M. and J.K. Brown. 2007. Genetic diversity of Cotton leaf

- crumple virus in the Western Hemisphere. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-4*, Sept 10-14, 2007; Lubbock, TX. CD-ROM.
- Kirkpatrick, T.L. and C.S. Rothrock (eds.). 2001. Compendium of cotton diseases. 2 ed. APS Compendium of Plant Disease Series. St. Paul, Minn.
- Kumar, A., J. Kumar and J. Khan. 2010. Sequence characterization of cotton leaf curl virus from Rajasthan: phylogenetic relationship with other members of geminiviruses and detection of recombination. *Virus Genes*. In press.
- Mansoor, S., R.W. Briddon and Y. Zafar. 2006. Geminivirus disease complexes; the threat is spreading. *Trends in Plant Sciences*, Vol.11 (5): 209-212.
- Mansoor, S., I. Amin, M. Hussain, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003. The breakdown of resistance in cotton to cotton leaf curl disease in Pakistan. *Plant Pathology* 52, 784.
- Mansoor, S., I. Amin, S. Iram, M. Hussain, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003a. Breakdown of resistance in cotton to cotton leaf curl disease in Pakistan. *Plant Pathol.* 52:784.
- Mansoor, S., I. Bedford, M.S. Pinner, J. Stanley and P.G. Markham. 1993. A whitefly-transmitted geminivirus associated with cotton leaf curl disease in Pakistan. *Pakistan J. Bot.* 25:105-107.
- Mansoor, S., R.W. Briddon, S.E. Bull, I.D. Bedford, A. Bashir, M. Hussain, M. Saeed, M.Y. Zafar, K.A. Malik, C. Fauquet and P.G. Markham. 2003b. Cotton leaf curl disease is associated with multiple monopartite begomoviruses supported by single DNA b. Arch. *Virology* 148:1969-1986.
- Mansoor, S., S.H. Khan, A. Bashir, M. Saeed, Y. Zafar, K.A. Malik, R.W. Briddon, J. Stanley and P.G. Markham. 1999. Identification of a novel circular single-stranded DNA associated with cotton leaf curl disease in Pakistan. *Virology* 259:190-199.
- Shahid, M.S., S. Mansoor and R.W. Briddon. 2007. Complete nucleotide sequences of cotton leaf curl Rajasthan virus and its associated DNA b molecule infecting tomato. Arch. *Virology* 152:2131-2134.
- Tuttle, J.R., A.M. Idris, J.K. Brown, C.H. Haigler and D. Robertson. 2008. Extensive geminivirus-mediated gene silencing from Cotton leaf crumple virus enhanced by low temperatures in *Gossypium hirsutum*. *Plant Physiol.* doi10.1104/pp.108.123869.
- Wilson, F.D. and J.K. Brown. 1991. Inheritance of resistance to cotton leaf crumple virus in cotton. *J. Hered.* 80:508-509.
- Zafar, Y., 2002. Emergence of a new cotton leaf curl virus strain in Pakistan. *The ICAC Recorder USA*: June 2002: 10.
- Zafar, Y., S. Mansoor, S. Asad, R.W. Briddon, M. Idress, W. Sultan Khan, P. Markham, J.K. Brown and K.A. Malik. 2003. Genome characterization of whitefly-transmitted geminivirus of cotton and development of virus-resistant plants through genetic Engineering and conventional breeding. *The ICAC Recorder*, June: 2003 12-16.
- Zhou, X., Y. Liu, D.J. Robinson and B.D. Harrison. 1998. Four DNA-A variants among Pakistani isolates of cotton leaf curl virus and their affinities to DNA-A of geminivirus isolates from okra. *J. Gen. Virol.* 79:915-923.

Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness (CFC/ICAC 11)

Jean-P. Gourlot¹, Abdin² M. Ali, Abdelrahman Abdellatif³ and A.R. Abdalla²

Duration:	January 1, 1997 to April 30, 2001
Countries:	France and Sudan
Collaboration Institutions:	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement CIRAD (Centre for International Cooperation in Agronomic Research for Development), France Institut Français du Textile et de l'Habillement (IFTH), France The Sudan Cotton Company Ltd., Sudan Cotton Program, Agricultural Research Corporation (ARC), Sudan
Project Executing Agency:	The Sudan Cotton Company Ltd., Sudan

=====

The project partners in one of the final documents of the CFC/ICAC 11 "Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness" stated as follows: "On a long-term basis, the stickiness classification tool should be economically viable, and should improve the image of Sudanese cotton." Almost ten years after, it is possible to check this conclusion against real facts.

The Problem to be Fixed

Stickiness originates from various sources: vegetal parts, oil traces, waxes, plant sugars, and insect sugars. The most important and problematic cause of stickiness is insect sugars. Along the years, insect sugars have become an important contaminant detected in sticky cotton. Stickiness induces production and quality losses as sticky points remain in the material from fiber in the field to the textiles products in the industry. It is known that the behavior of contaminated fibers during the textile process is highly dependent upon the quantity and the type of the main sugars present in cottons. The contaminated fibers induce at least a loss in quality up to disruptions during spinning and further processing steps; in this situation, higher processing costs are observed and many times yarn quality is diminished. To overcome this problem, additional processing steps are sometimes used – further increasing processing costs – and/or discounts in raw prices materials are demanded in compensation. The vicious circle is then started, giving a bad reputation to this cotton origin, inducing further automatic discount on the raw material.

The idea was then to check if a classification–separation of the sticky cotton from the non-sticky–could be achieved according to a given stickiness threshold. The stickiness threshold had to be determined using extensive spinning tests. The project CFC/ICAC 11 was implemented from 1997 to 2001 with funding from the Common Fund for Commodities, Sudan and CIRAD, France. Every collaborating institution made counter-part contributions.

Some Solutions Brought by the Project

The fiber quality testing lab at the Cotton Research Station of the ARC at Wad Medani was equipped with several Stickiness Cotton Thermometers (SCT) to have detail testing of stickiness in the Sudanese cotton. After a proper training of the technicians, the Stickiness Cotton Thermometers were employed for checking stickiness in the Sudanese cotton by production zones. Complementary studies were also carried out using the High Speed Stickiness Detectors (H2SD) available at CIRAD, France. From these experiments, it was learnt that, under given sampling and analyzing conditions, a classification is possible for stickiness using these stickiness measuring devices. The spinning tests carried out at the Institut Français du Textile et de l'Habillement concluded that a common worldwide threshold for sticky or non sticky cotton cannot be deduced for all cotton. Indeed, the spinning companies usually define and set their equipment according to the specific products they produce. Therefore, each customer may require a given threshold to be applied for categorization of stickiness level. As a consequence, calculation of a litigation risk, taking into account every threshold, will be difficult. Indeed, the stickiness behavior of a cotton, as measured by SCT and H2SD, is given in terms of number of sticky points. This number follows a Poisson distribution in the best cases or an over-dispersed distribution with various parameters in the worst cases.

The ARC also made researches on cultural practices during the project that would allow stickiness-free production. In the meantime, it was learnt that some regions producing non-sticky cottons within Sudan had additional know-how on managing the cropping system. Therefore, meetings took place to share that knowledge with other regions producing sticky cottons for a larger application within the country after the end of the project. Lessons from the non sticky producing regions were practiced by Sudanese farmers in the sticky producing regions leading to a long-term improvement in production as far as stickiness was concerned. ARC also made researches on cultural

1) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France

2) Sudan Cotton Company, Karthoum, Sudan

3) Agricultural Research Corporation, Wad Medani, Sudan

practices that would allow stickiness-free productions, which were also applied by farmers.

In general terms, it was demonstrated that the following characterization was very important:

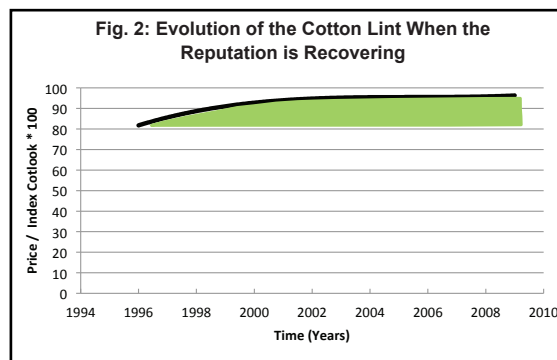
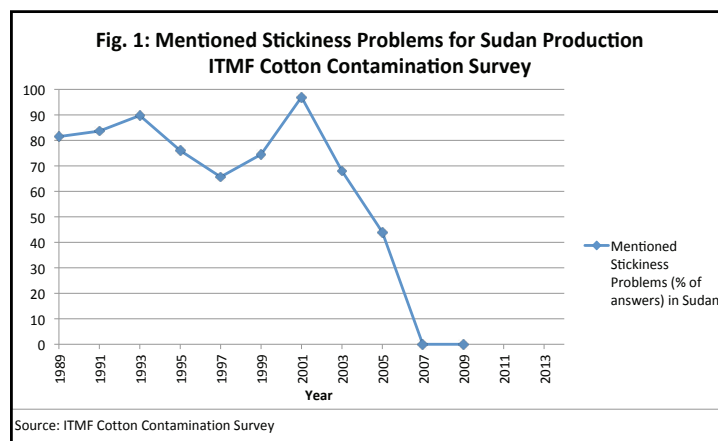
- Allow a cartography of the situation(s) in order to find the most problematic area(s) for understanding reasons and finally to propose solutions to be applied at various levels from field to a spinning mill;
- Favor discussions between Sudanese stakeholders to come to joint efforts and common decisions; these discussions contributed to develop local solutions, which were applied with success as the problem is now fixed;

Aiming at solving the stickiness problem in a country reinforces the necessity of using descriptive tools to characterize the situations. At the end of the project, the equipment and the laboratory remained property of ARC and SCC, and these tools are still used for characterizing the stickiness of Sudanese cotton, the SCC is then able to sort its deliveries to its customers.

The Actual Situation

Indeed, the current stickiness situation is far better than it was at the end of the CFC/ICAC/11 project in 2001. Sudan is not anymore mentioned in the Cotton Contamination Surveys of the International Textiles Manufacturers Federation as a producer of contaminated origin. The chart below clearly shows that the positive answers – the ones stating that stickiness was observed in delivered lots – have been continuously decreasing since 2001 to a point where less than 5 answers were recorded (in 2007 and 2009, Figure 1). Please note that 2001 was the year of the end of the Project when practical knowledge on avoiding stickiness in the country from better in-field practices was shared among various regions in Sudan.

Information from Sudan shows that since the end of the Project, Sudan has been testing bale lots and more and more lots have been marked as non-sticky by the Sudan Cotton Company Limited for internal labeling. Therefore, from 2001 on, stickiness problem began to decrease. As stickiness began



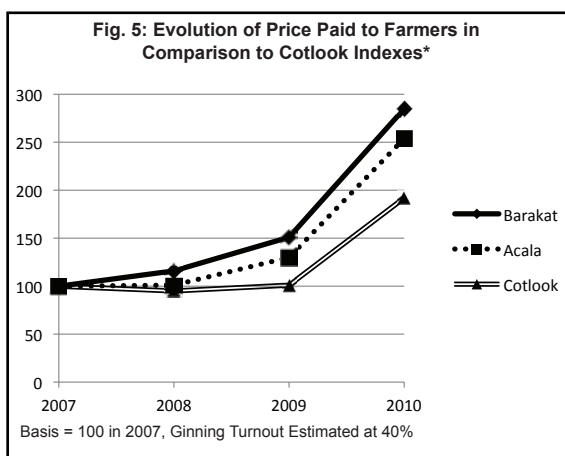
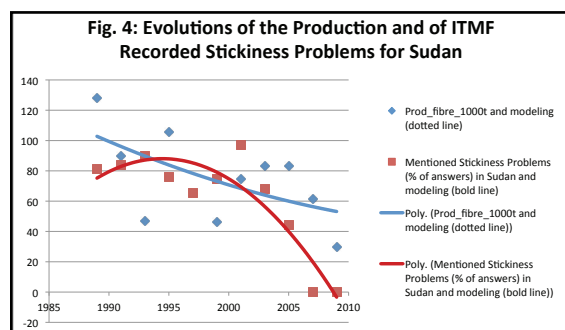
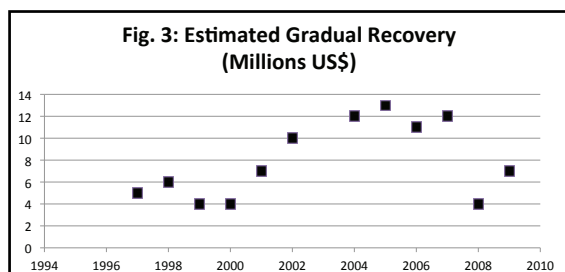
to decrease, the Sudan Cotton Company improved image of the Sudanese cotton and its reputation, leading to decreasing financial discounts for its deliveries to customers. Furthermore, an increasing share of Sudan production (at a level of 90% nowadays) came to no financial discount at all. The Figure 2 shows an increasing trend of financial and commercial gains as a result of recovery in reputation for Sudanese cotton: customers trust the technical measures in place to fight against stickiness. The sticky cotton, though in small quantities, is now identified and sold separately.

Note: The ratio "price gain by the Sudan Cotton Company Limited to Cotlook A Index is increasing with the time, rising to a plateau before starting a new increase in the recent years. The shaded area shows the gain achieved due to CFC/ICAC 11 Project (base 1996-97 crop where the Project began).

In the absence of the CFC/ICAC/11 project, Sudan would have continued selling cotton at the same discount over years i.e. at around 80% of the Cotlook A Index. The shaded area in Figure 2 represents the loss of turnover that Sudan would have suffered from because of stickiness. Taking into account total production per year (ICAC statistics) and the "price/Cotlook A Index" simulated data from Figure 2, it is clear that Sudan made an additional turnover year after year because of the project work (Figure 3). All together, the gain in turnover is at a level of US\$95 million over the period from 1997-2009.

As an additional proof, the comparison of the evolutions of both the productions and the stickiness problems as recorded in the ITMF Surveys shows that the number of problems is decreasing much faster than any trend of the productions achieved from 1989 on (Figure 4). Indeed, the main reason for decreasing production is incentive given for producing other goods than cotton in Sudan.

The stickiness data given in Figure 4 is from the ITMF. The situation with regard to stickiness is still improving as a proper retribution comes to all stakeholders for their better practices. In consequence, the retribution for a better quality is also benefiting to the producers as seen in Figure 5 where the price paid to farmers per unit mass of seed-cotton is increasing faster than the Cotlook A Index.



*Data from:

- http://www.cotlook.com/index.php?action=more_indices&from_day=1&from_month=1&from_year=2010&to_day=1&to_month=1&to_year=1996&view=3
- Cotlook estimate for 2010 from http://www.schottfabrics.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=58
- Sudan Cotton Company Limited.

Note : In Sudan, reference is made to B Index in 2007 and to A Index for later seasons.

Conclusion

The project CFC/ICAC/11 has enabled Sudan to isolate the problem of stickiness. In the past, all cotton was discounted because of the risk that some was sticky. Now merchants are able to confidently buy and sell non-sticky cotton and thus avoid discounts on that cotton. The problem was solved due to important activities as training sessions (extension services, workshops for the improvement of stakeholders' practices), innovation transfer, cooperation within and between countries, research results and transfer of these results into the "real" world. All these finally favored the recovery of a good reputation by Sudan for its cotton production and benefit to the Sudanese producers for their improved practices. The ultimate goal of a project is the efficacy of the application of its findings along time; after the end of the Project CFC/ICAC/11, it is now sure that findings have been applied for a success requiring ten years for a recovery.

Additional information on the project proposal and results achieved is available at:

<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Stickiness/english.html>.

Bibliography

ITMF, *Cotton Contamination Survey*. 1993 to 2009, International Textile Manufacturers Federation: Zürich (CHE).

Sustainable Control of the Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera*, in Small-scale Cotton Production Systems (CFC/ICAC 14)

Keshav R. Kranthi, Director, Central Institute for Cotton Research, Nagpur, India

Duration:	October 1, 2000 to July 1, 2005
Countries:	China, India, Pakistan and UK
Collaborating Institutions:	Nanjing Agricultural University, China National Agro-Technical Extension and Service Centre, China Central Institute for Cotton Research, Nagpur, India Tamil Nadu Agricultural University, India Punjab Agricultural University, Ludhiana, India Central Cotton Research Institute, Multan, Pakistan Department for International Development (DFID), UK Natural Resources Institute, UK Rothamsted Experimental Research Station, UK Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)
Project Executing Agency:	Natural Resources International Ltd. UK

=====

A project "Sustainable Control of the Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera*, in Small-scale Cotton Production systems" was sponsored by the Common Fund for Commodities to be executed by China, India, Pakistan and UK. The overall objective of the project was to develop, apply, and disseminate cropping systems and pest management practices for cost-effective and sustainable control of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera*. The project aimed to build on existing knowledge and experiences for the further development of efficient methods, resulting in substantially reduced uses of hazardous pesticides and increased profitability for cotton producers. The main purpose of the project was to develop tools necessary to enable rational, economically and environmentally acceptable control of the insecticide resistant cotton bollworm *Helicoverpa armigera* in small-scale cotton production systems. Although direct project activities are focussed on the resource-poor Asian producers/production systems, throughout the project due emphasis was given to ensure that the ultimate outcome of the project would also be relevant and applicable to the small African producers who were also facing higher production costs and crop losses due to the cotton bollworm.

For about two decades during 1980 to 2000, cotton production and economy in India were in constant crisis due to insecticide resistant cotton bollworm *Helicoverpa armigera* which was responsible for excessive use of insecticides, accounting for 70% of the total insecticides used on cotton. Cotton consumed about 50% of the total insecticides used in India. The resistance problem in China and Pakistan also had severe consequences in terms of insecticide use on cotton and stagnation of yields. In China, resistance to insecticides was at its peak in the early 1990s. Average cotton yield in China dropped to as low as 660 kg/ha in 1992/93. The failure to control bollworms after many insecticides sprays (because of a resistance problem) also affected yields in Pakistan but the problem was over shadowed by the appearance of the cotton leaf curl disease. In

India, despite the excessive use of insecticides production was low at about 250-300 kg per hectare and stagnant. Insecticide resistance in cotton bollworms forced farmers to use insecticides more frequently and most of the time in the form of cocktails, thus leading to inefficient pest control, ecological disturbances and environmental pollution. Farmers struggled to control these pests by using all the available insecticides in all possible combinations. The crop failures were traced to the inefficacy of almost all the commonly used insecticides in controlling cotton pests. Frequent bollworm outbreaks in cotton caused crisis in cotton farming. By the end of 1992, studies showed that the Indian strains of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* exhibited resistance to almost all insecticides that were recommended for its control.

Subsequently, the Indian Council of Agricultural Research (ICAR) initiated a collaborative research program with the Natural Resources Institute (NRI), UK in 1992, with the major objective of helping Indian farmers to combat the insecticide resistant cotton bollworm. A group of researchers from the International Crop Research Institute for Semi-arid Tropics (ICRISAT), India on the secondment from NRI, UK; the Indian Agricultural Research Institute, (IARI) New Delhi; the Central Institute for Cotton Research Nagpur; the Andhra Pradesh Agricultural University and the Tamilnadu Agricultural University started a systematic study to understand the intensity of the problem and develop strategies to combat it. By 1995, a series of scientific papers were published by the group to show evidence of resistance. The team offered suggestions helpful in combating the problem of bollworm resistance to insecticides. The ICAR-NRI collaborative program continued into the next phase from 1996 to 1999 with a major aim to utilize results of the previous project through area-wide dissemination of Insecticide Resistance Management (IRM) pest management strategies. The project was successful in demonstrating that the new IRM techniques incorporating eco-toxicological perspectives lent efficacy and sustainability in cotton pest management.



Figure 1: Cotton Bollworm Feeding on a Boll

Though the IRM strategies were found to bring about a great amount of relief to farmers, there have been certain key issues that had to be addressed to make cotton pest management more sustainable. The issues related to alignment usage of insecticide groups during a season to ensure that predator-parasitoid ecosystems were least disturbed, pests were controlled effectively and pest management would be sustainable for the longest possible time. Studies were undertaken to understand the basic aspects of resistance related to mechanisms and genetics of resistance and inter-relationships of the resistance mechanisms of different insecticide groups. Apart from these, two major issues were to develop devices to detect spurious and fake insecticides and field detection of insecticide resistant bollworms. The Common Funds for Commodities (CFC), Netherlands, the International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, the Natural Resources International (of the UK) and the ICAR initiated a project CFC/ICAC 14 in October 2000 with collaborative efforts of researchers from China, India, Pakistan and the UK to address these issues. The Common Fund for Commodities funded the project with contributions from the UK Department for International Development (DFID) and the international pesticide industry's Insecticide Resistance Action Committee and all the national governments and, supervised/coordinated by the International Cotton Advisory Committee.

The four year project resulted in the following significant research results:

- A global review of the impact of cotton insecticides on pests and their natural enemies embedded in specially designed software 'Helibase' which allows the user to query all the world's published information on cotton bollworm insecticidal control was developed.
- Detailed mapping from regular insect samples collected in the field of the levels of resistance to the major cotton insecticide groups across the cotton growing areas of China, India and Pakistan.
- A thorough understanding of the genetic and molecular basis of all the underlying biological mechanisms by which the cotton bollworm is able to survive insecticides (reducing the amount of insecticide coming in, detoxifying it inside the body and even changing the shape of molecules in the nervous system on which the insecticide acts in the body, in such a way as to prevent the insecticide binding with them). The pattern of presence of these defence mechanisms proves to be complex and controls which chemicals are strongly

resisted where, allowing the design of better targeted insecticide use programs.

- An understanding of which mixtures of chemicals can be expected to work in which situations. Some commonly used mixtures of pyrethroids and organophosphate insecticides can help to control pyrethroid-resistant bollworms, but in general mixtures turn out to be no more effective in killing the pest than the single most-effective component of the mixture. Since spraying mixtures rapidly selects for multiple biochemical mechanisms of resistance, which gives problems in using a range of insecticides, mixtures are only to be recommended in very specific circumstances.
- The project ran massive field trials at multiple sites across Asia, which enabled measurements of insecticide resistance made in the laboratory on caterpillars collected from the field in a given area to tell us what the effectiveness of control of the pest in the field will be with that chemical. This tells researchers which insecticides can be recommended for use and where.
- With antiquated, and mainly manual, spray equipment used across the region, the project identified which equipment (including spray nozzles) can be safely used, and in what manner, to deliver effective bollworm management. Many of pieces of equipment in current use are simply not able to deliver this.
- Such a large proportion of the commercial insecticides available in the region are sub-standard (badly formulated or watered-down) – over a quarter of all samples taken in one North Indian study – that CICR Nagpur has developed immunological, on the spot, dip-stick pest kits for pesticide quality. This enables farmers and dealers to cheaply check the quality of a tin of pesticide in a few minutes at the point of sale, rather than going through a cumbersome, expensive and time consuming government laboratory analytic process.
- CICR has also developed similar dip-stick kits which can be used on single crushed caterpillars to determine whether they are resistant to a particular insecticide or not. These tests can be used in the field to say whether a particular chemical is going to be useful for spraying in any particular area.
- Insecticide Resistance Management (IRM) strategies were devised based on the use of a rational and sensible sequence of insecticides that would be effective on the bollworms, but caused least harm to insects and beneficial organisms that kill the harmful pests. The sequence of insecticides ensured rotation of insecticide groups based on unrelated resistance mechanisms. The strategies were designed on the resistance risk assessment results, pest control efficacy, ecological selectivity (based on International Organization of Biological Control-IOBC rating) and environmental risk assessment (based on Environmental Impact Quotient-EIQ rating).

Utilization of the CFC/ICAC 14 Results

The CFC/ICAC 14 project was successful in developing an enhanced understanding of the basic aspects of insecticide resistance especially related to the proper placement of

insecticides in an IRM window-format based on the mode of action, mechanisms of resistance and mode of inheritance of resistance. The current IRM strategies incorporate biotech cotton, new pesticides and IPM components to ensure efficient pest management with least dependence on harmful insecticides. IRM strategies are being implemented in 250 to 1,000 villages each year all over India, with financial support from the Ministry of Agriculture, India. Currently, in India the damage caused by the American bollworm *Helicoverpa armigera* is negligible on cotton and is perceived as manageable on other crops. This situation has arisen primarily because of large-scale cultivation of biotech cotton, extensive implementation of IRM and introduction of new insecticides that are effective in pest management. Insecticide use on cotton has declined significantly during the past 7 to 8 years. China also introduced biotech cotton in the first few years of commercialization of biotech cotton. Pakistan continued its focus on tackling the leaf curl virus that spread to the whole cotton belt in the country and adopted biotech a few years later. Biotech cotton is worth mentioning here because it provided a cushion to tackle the resistance problem and also served as an important component of the IPM. It is just a chance that project CFC/ICAC 14 coincided with the introduction of biotech cotton in the region. The project impact would have been more apparent in the absence of biotech cotton.

Though IRM and IPM strategies continued to be implemented extensively in China, India and Pakistan during the past 10 years and resulted in immense benefits, insect resistant biotech cotton that was introduced in India in 2002, garnered major credit for effective bollworm management. Data clearly show that biotech cotton was effective in bollworm management and contributed significantly towards reduction in insecticide usage for bollworm control in India and China. Insecticide use declined in Pakistan but not with the same margin as in India because of enhanced demand to control whitefly, a vector of leaf curl virus disease. In India, over the past 7-8 years, insect resistant biotech cotton has played a major role in effectively protecting the crop from bollworms, especially the American bollworm, *Helicoverpa armigera*, thus preventing yield losses. However, insecticide usage was on a constant declining trend because of intensive implementation of IRM strategies in India, much before the introduction of biotech cotton, and biotech cotton has only accelerated the process. Pesticide usage was 71,130 metric tons in 1991 declined to 43,580 metric tons by the year 2000 and further declined to 27,439 metric tons in 2008. The biotech technology and extensive implementation of IRM technologies, resulted in reduction of insecticide usage from 46% in 2001 to less than 26% after 2006 and 21% during the last two years 2009 and 2010. The reduction in insecticide usage in India from US\$160 million (Rs. 7,180 million) in 2004 for cotton lepidopteran caterpillars to US\$25 million (Rs. 1,100 million) with only US\$5 million (Rs. 230 million) for the control of cotton bollworm in 2010, can be seen as a spectacular achievement of pest management work of which CFC/ICAC 14 is a part.

There is a common perception that the introduction of biotech cotton was alone responsible for the yield increase and insecticide reduction in India. However a critical perusal of data shows that the increase in area under biotech cotton alone did not have any significant correlation with increases in

yields India. The national average lint yield was 463 kg/ha when the biotech cotton area was less than 6% in 2004 and reached a mere 495 kg/ha in 2010 when the area under biotech cotton increased to 9.4 million hectares at 85% of the total 11.1 million hectares. Thus maximum gains of yield enhancement up to 463 kg/ha in 2004 from meager 300 kg/ha in 2001, were obtained due to other technologies such as IRM, before the increase in biotech cotton area in India. In China, tackling the resistance problem benefitted in terms of recovery in yield. In Pakistan it was the stability or least decline in yields that accounts for the benefit. In India, the turn-around has been attributed to large-scale cultivation of biotech cotton, implementation on IPM and IRM on a large scale by the Ministry of Agriculture and ICAR, the introduction of some highly productive cotton hybrids, increase in cotton area in productive areas, increase in check dams and drip irrigation systems, increase in hybrid cotton area from 40% to 90% and introduction of 6-7 new effective insecticide molecules for bollworm control and sucking pest management. Over the past five years there has been a significant leap in the production in India. During 2004 and 2005 India produced about 4.1 million tons each year, 4.8 million tons in 2006 and 5.2 million tons during 2007/08. India's growing cotton is having a perceptible impact on the global import-export scenario. The country has been producing at least 1 to 1.5 million tons in excess of domestic consumption over the past few years. India became a leading global exporter of raw cotton with exports ranging from 0.6 to 1.5 million tons. The Draft National Fiber Policy 2010-20 has projected the consumption of cotton by the Textile Industry at 7 million tons by 2019/20, an increase of 68% over the estimated cotton consumption by the textile industry in the current year. In light of the current changes, the necessity for specific tools and technologies related to detection of insecticide resistant *Helicoverpa armigera* and spurious pesticides has declined considerably. However, the technologies are now available and can be used by any interested researchers wherever needed.

Development of IRM Strategies under CFC/ICAC 14 and Their Implementation

The IRM technologies were developed based on results from the CFC/ICAC 14 project and dissemination/implementation program was led from CICR, Nagpur and funded by the Ministry of Agriculture, Government of India under the Technology Mission on Cotton (TMC) Mini-Mission II (MM-II) programme. The Mini-Mission II of the Technology Mission on Cotton aimed to establish sustainable cotton pest management systems in India that lead to the overall reduction of insecticide resistance and enhance pest control efficacy of the recommended molecules. Initially the IRM strategies were successfully implemented on a pilot scale in 25 villages in various parts of the country for 5 years from 1996-2001 under the NRI-ICAR project. Subsequently the dissemination plans were up scaled from 2002 with the support of ICAR and the Ministry of Agriculture. The programme was developed based on 10 years of resistance research at CICR. It aimed to bring about a radical change in the farmer perceptions on pesticide usage in cotton thereby bringing about a drastic reduction in the overall use of pesticides and a concomitant decrease in insecticide resistance in cotton pests. The results of the farmer participatory approaches were found

to be very encouraging and farmer awareness underwent a massive sweep as was evident from the enormous reduction in the usage of pesticides in all the regions that implemented the programme.

A total number of nine state coordinators from national institutes or universities worked along with the state agriculture departments to supervise the programme implementation through 32 district coordinators and 56 research fellows. From 260 to 1,010 field workers, who were stationed in the villages, were employed each year over the past 10 years. Thus far, 26 insecticide resistant monitoring centers have been established under the project so as to enable farmers take up properly guided decisions on the appropriate choice of insecticides. Over five years of implementation, the project succeeded in managing bollworms effectively through minimum usage of insecticides and a concomitant increase in the cotton yields and beneficial fauna in the cotton eco-system all over the country. The number of states, districts, villages, farmers and area covered under IRM strategies over five years as well as targeted numbers for the current year are shown on the table below.

The IRM program, utilizing results of the resistance work including CFC/ICAC 14, was implemented in two phases. The first phase from 2002-06 and the second phase continues from 2007 to 2012. During the five-year period from 2002-06, the IRM project was implemented on 315,559 hectares in 2,635 villages in 28 districts of 10 cotton-growing states of India with a funding of US\$2.58 million from the Ministry of Agriculture, Government of India under the Mini-Mission II of the Technology Mission on Cotton. A detailed survey was carried out all through 2002-2006 to evaluate the overall impact of the project in terms of the net financial gains gained by farmers. The total economic benefit was estimated to be US\$41.8 million from yield increase and US\$17.47 million from savings on pesticides. During the next five year period from 2007-2010, the IRM strategies were disseminated by 150,128 farmers on 290,561 hectares in 2,602 villages of 30 districts from 10 different states across India. Implementation of the program resulted in yield increases estimated at a net additional benefit of US\$12.2 million and a saving on reduction in insecticide use accounting for US\$5.7 million, thus adding up to a total additional benefit of US\$17.9 million due to the project. No doubt, the CFC/ICAC 14 project contributed to these benefits via the knowledge developed in the project.

The IRM project used results from the CFC/ICAC 14 project to disseminate strategies, which had a tremendous impact on the pesticide use patterns in India. In China and Pakistan

the results were used differently but the level of resistance to insecticides is almost at the same level (Gill and Ahmed, 2005). The significant reduction in insecticides (pyrethroids and a few organophosphates such as monocrotophos and phosphomidan) that would disrupt ecosystems to favor bollworm infestations and outbreaks coupled with increase in insecticides such as spinosad and emamectin benzoate that cause fitness problems in the bollworm, thus resulting in reduced infestations. This was evident more so in north India, wherein biotech cotton was introduced only in 2005 and the bollworms were gone almost completely from 2003. The effect compounded with the effect of biotech cotton and today there is not any perceptible problem from bollworms in any part of the country. Therefore, some of the work related to detection of insecticide resistant bollworms and the detection of spurious insecticides is now being perceived as less relevant under the current circumstances

Development and Use of Insecticide Quality Kit

Small holders in developing countries of Asia and Africa are subjected to several problems most of which are related to the quality of inputs such as seeds and pesticides. Though the government laboratories conduct tests to assess purity of pesticides, hybrid seeds and biotech seed lots, the number of such laboratories and access by small scale holders are constraints. Moreover, there have been no tests available in China, India and Pakistan that could be employed directly under field conditions or on the test site itself to detect a 'sub-standard' or 'spurious' nature of the inputs, mainly biotech crops or pesticides. Additionally, the problem of insecticide resistant bollworms had become so severe that small holders were desperately and unsuccessfully using over-doses of insecticides and insecticide cocktails for pest management in the project countries. The CFC/ICAC 14 project was set out to develop simple farmer usable technologies that could empower them to conduct testing 'on-site' and establish prima-facie evidence, before they convince themselves of the quality of inputs. The CFC/ICAC 14 project resulted in the development of a simple new technology in the form of 'dip-sticks' to detect insecticide resistant bollworms and sub-standard pesticides. The antibody based immunological technique commonly called 'dip-stick' offers a simple inexpensive means of detecting several agriculturally important analytes such as those present in biotech crops, pesticides, bio-pesticides etc., for quality assessment and other purposes such as pest and disease diagnostics.

Insecticide residue analysis and quality control of commercial formulations are carried out using conventional methods involving gas and liquid chromatography. The methods are highly sensitive and reliable but are expensive, time consuming, involve multiple steps in sample preparation and analysis, and require skilled analysts. Multi-step sample cleanup procedures are used in conventional insecticide residue analysis followed by gas chromatography (GC) or high-pressure liquid chromatography (HPLC). Immunoassays are highly sensitive

Area Covered Under URM Program

Year	No. States	Districts	Villages	Farmers	Area (Ha.)
2002/03	10	26	273	2,801	2,781
2003/04	10	26	300	5,372	13,816
2004/05	11	27	444	20,525	59,232
2005/06	11	26	571	43,282	102,886
2006/07	10	33	1,047	62,289	136,844
2007/08	10	31	840	49,149	92,191
2008/09	10	32	851	45,557	80,124
2009/10	10	33	662	38,472	80,003
2010/11	10	21	249	16,950	38,242

and selective analytical tools for detecting trace amounts of chemicals such as pesticides and have recently emerged as an alternative to the traditional methods. Dipstick immunoassays that allow a qualitative on-site determination of analytes, use a membrane as antibody-coating support and rely on color development as seen with the naked eye. These lateral-flow immunoassays are simple to develop, have now emerged as the method of choice for detecting pesticides. Colloidal-gold based immunochromatographic lateral-flow assays provide an elegant platform to devise diagnostic kits to facilitate simple, inexpensive and rapid detection of analytes and also offer a distinct advantage of simplified sample preparation and increased sample throughput. Therefore kits developed using the dipstick format are now considered as highly suitable for developing countries, where the problem of substandard insecticides is acute and detecting them is a challenge.

Diagnostic Tools to Detect Insecticide Resistant Insects

Cotton pest management over the past few decades has been particularly affected due to insecticide resistance, which was a consequence of excessive use of insecticides on the crop. Several efforts were made all over the world to develop methods for faster detection of insecticide resistant insects and thereafter devise region specific integrated pest management systems. However, thus far there have been no examples of any reliable and robust methods that could assist in rapid detection of resistant insects directly under field conditions. The immuno-chromatographic methods are best suited for such application and have thus far not used anywhere. Resistance detection in individual insects of field populations enables to assess frequency of the resistant phenotypes. This not only assists in documenting the severity of the prevalent problem and the impending resistance potential, but also helps in making pest control decisions. Generally biochemical or molecular markers that co-segregate with resistance are isolated and used to design diagnostic kits. In many cases the markers are resistance

conferring molecules such as metabolic enzymes or genes that encode biomolecules that enable insects survive insecticides.

Insects metabolize insecticides to nontoxic or less toxic forms through a process called 'detoxification' and sometimes to more toxic intermediates, a process called 'activation'. Many research groups used classical colorimetric assays in microtitre plates to detect resistance associated with increased general esterase activity, or with insensitive acetylcholinesterase (AChE). Filter paper-spot tests were initially devised to detect esterase-B mediated resistance in mosquitoes. The test was later used for other insect species to detect resistance. There are several conventional, biochemical and molecular methods to detect and monitor resistance. Inventions could be made based on immuno-chromatography to detect resistant insects. The method has an additional advantage of being extremely simple, very rapid and highly reliable. The method can enable even illiterate farmers to use the strips to detect insecticide resistant insects in their fields and also to estimate the percentage of such individual insects in field situation. The immuno-strip test takes 10 minutes to complete.

The resistance detection 'dip-strips' that are based on polyclonal antisera raised against resistance associated esterase isozymes isolated from *H. armigera*. The kits are designed to detect resistance to carbamate and organophosphate group of insecticides. The use of 20-40 strips would be adequate to determine the resistance frequencies in a region within a radius of about 20 km. The resistance detection kits have the potential to reduce un-necessary spray application of resistance prone insecticides to an extent of US\$37.5 million to US\$50 million per year. The kits were patented as 'Rapid detection of insecticide resistant insects' on 3rd January 2006, with due acknowledgement to the CFC. The output of the project was also published in December 2005 issue of the *ICAC RECORDER* (Russell, 2005). The technology of the insecticide resistance detection kits was published as a brochure by the ICAC in 2009 (Kranthi, 2009).

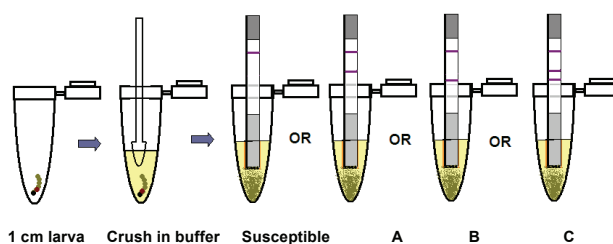


Figure 2. Schematic Diagram of the Steps Involved in the Use of Lateral Flow Assembly to Detect Insect Resistance to Two or More Insecticides

- Step 1. Place a 3-4th instar *H. armigera* larva (1-1.5 cm length) in a plastic vial.
 - Step 2. Pour 0.5 ml buffer (provided with the kit)
 - Step 3. Crush the larva in buffer with a pestle.
 - Step 4. Place the dip-stick into the homogenate as per the instructions provided.
 - Step 5. Wait for 10 minutes until the strip is saturated with the capillary flow of the solution.
 - Step 6. Appearance of only one purple band at the upper portion indicates susceptible larva.
- Results as shown in figures A, B or C represent the following
- Result A: Positive for HaE5 and resistant to quinalphos
- Result B: Positive for HaE9 and resistant to methomyl
- Result C: Positive for both HaE5 and HaE9, therefore resistant to quinalphos and methomyl

The kits were validated and tested in the ten cotton growing states of India. CICR is continuing with the insecticide resistance monitoring studies extended to the Bt cotton as well. The CICR, Nagpur held a dissemination workshop for all the participating centres at Nagpur during 27-29th June 2005. The meeting was held in conjunction with the 3rd Meeting of the Asian Cotton Research and Development Network. Thus, a large number of participants from Asian countries participated and familiarized with the kits. All technologies and entire set of results of the project were presented at the meeting. The resistance detection strips were described, demonstrated and distributed to several participants. In India, researchers, extension workers and farmers were trained and provided with the kits during 2006 and 2007 as part of the country-wide insecticide resistance management programme funded by the Ministry of Agriculture, Government of India. One handbook and one manual, were published, which contain resistance research methods for researchers and strategies for sustainable control of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* in small scale production systems that were devised using the project results.

Thus the results from the CFC/ICAC 14 project on elucidation of biochemical and molecular mechanisms and genetics of bollworm resistance to the major groups of insecticides, their inter-relationships, thus providing leads to position various groups of insecticides in a window strategy that would form the basis for sustainable pest management. The technology of farmer usable kits developed under CFC/ICAC 14 project is available as open-access to all researchers as published in the paper Kranthi *et al.*, (2009) to detect insecticide purity. It can also be used to detect insecticide resistant insects and biotech seed purity using the same principles. The output is a major advance that can be utilized to develop region or country specific kits that can be very useful for pest management.

Acknowledgement

The Common Fund for Commodities (CFC) funded the project CFC/ICAC 14 in addition to governments, through their local institutions in China, India, Pakistan and the UK. The project was executed at the Central Institute for Cotton Research, India, Nanjing Agricultural University, China and Central Cotton Research Institute, Multan, Pakistan and the Natural Resources Institute, UK. Overall supervision was provided by the ICAC. The project was a joint effort of many people in four countries. The author appreciates and acknowledges the support from collaborators in China, India, Pakistan and the UK. Special thanks are due to Dr. Derek Russell, NRI, UK, who served as a project manager and provided technical guidance to all the partners. The author is also very thankful to the CFC, ICAC, Dr. C.

D. Mayee, Former Chairman Agricultural Scientists Recruitment Board, New Delhi and Dr. Sandhya Kranthi, CICR, Nagpur, for their support in the implementation of the project.

Additional information on the project proposal and results achieved is available at:

<<http://www.icac.org/projects/CommonFund/BollWorm/english.html>>.

References

- Arif, M.I., M. Ahmad and D.A. Russell. 2004. Insecticide resistance profile from 1991-2002 for *Helicoverpa armigera* in Pakistan. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-3*, Cape Town, South Africa, March 9-13, 2003, pp 1174-1176.
- Gill, Muhammad Islam and Mushtaq Ahmed. 2005. Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* in Pakistan. *The ICAC RECORDER*, Vol. XXIII, No. 2, June 2005.
- Kranthi, K.R., D.R. Jadhav, S. Kranthi and D.A. Russell. 2005. Insecticide resistance management strategies for *Helicoverpa*. In Sharma H. C. (Ed) *Heliothis/Helicoverpa* management – Emerging trends and strategies for future research. Chap 22, pp 405-430. Oxford and IHB Publishing Co., New Delhi, pp 469.
- Kranthi, K.R. 2009. Development of simple dip-strips to detect insecticide resistant cotton bollworm. *Helicoverpa armigera* under small-scale farmer conditions. Central Institute for Cotton Research, PB No. 2, Shankarnagar PO, Nagpur 44010, India.
- Kranthi, K.R., M. Davis, C. D. Mayee, D.A. Russell, R.M. Shukla, U. Satija, M. Kshirsagar, D. Shiware and S. Kranthi. 2009. Development of a colloidal-gold based lateral-flow immunoassay kit for 'quality-control' assessment of pyrethroid and endosulfan formulations in a novel single strip format. *Crop Protection*, Vol. 28, Issue 5, pp 428-434.
- Regupathy, A., K. Kranthi, J. Singh, I. Iqbal, Y. Wu and D.A. Russell. 2004. Patterns and magnitude of insecticide resistance levels in India, Pakistan and China. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-3*, Cape Town, South Africa, March 9-13, 2003, pp 1211-1219.
- Russell, Derek. 2005. Insecticides in sustainable control of the bollworm (*Helicoverpa armigera*) in small-scale cotton production systems (Report of the Project CFC/ICAC 14). *The ICAC RECORDER*, Vol. XXIII, No. 4, December 2005.
- Russell, Derek and K.R. Kranthi, Eds. 2006. Cotton bollworm control in small-scale cotton production systems. CFC Technical Paper 45. Common Fund for Commodities, Amsterdam, The Netherlands.

Utilization of Cotton Plant By Produce for Value-Added Products (CFC/ICAC 20)

A.J. Shaikh, Director, Central Institute for Research on Cotton Technology, Mumbai, India

Duration: October 1, 2004 to December 31, 2009
 Countries: India
 Project Executing Agency: Central Institute for Research on Cotton Technology, India

=====

In most countries of the world, cotton farming brings only a meager net profit to producers. High input costs, low productivity characteristic of rainfed farming and high incidence of pests and diseases are the main reasons for low farm income in India and other similar countries. It has been realized that the farmer's income can be augmented if by-products and wastes generated in cotton cultivation are put to effective utilization.

The Central Institute for Research on Cotton Technology (CIRCOT), India directed its research efforts towards developing technologies for making particle board and paper from cotton stalks, which are largely considered a waste material once the harvest is over. Preliminary studies have shown that composition of cotton stalks is similar to that of the most common species of hardwood. The CIRCOT technology for particle board making comprises chipping of cotton stalks to appropriate mesh size (1.5-2.0 cm), mixing the chips with urea formaldehyde or phenol formaldehyde, preparation of 3-layered mat (coarser particles in the middle and finer ones on the top and bottom layers) and pressing the mat between heated platens of a hydraulic press. The boards thus made under standard conditions of resin concentration, pressure, temperature etc., are of acceptable quality meeting the Bureau of Indian Standards (BIS) specifications.

Project Rationale and Objectives

Although CIRCOT researches had established the potential of cotton stalks for use in particle board and hardboard manufacture many years back, the particle board industry was not coming forward to adopt the CIRCOT technology as it was developed only on a laboratory scale. It was, therefore, necessary to carry out pilot scale trials and industrial trials to convince the particle board industry about the acceptability of cotton stalks as an alternate raw material. Equally important was the need to evolve a mechanism for collection and chipping of cotton stalks from vast cotton fields and transportation of the chips to the particle board and hardboard plants and thus ensure uninterrupted supply of raw material. All these efforts would ultimately provide data for techno-economic evaluation of the CIRCOT technologies. The project CFC/ICAC 20 was conceived with such objectives in view. A feasibility study was undertaken in the project CFC/ICAC 27 in May/June 2003 with the idea to seek additional advice to implement the project CFC/ICAC 20.

Following were the six components which spelt out the technical program under the project CFC/ICAC 20:

Component 1

Analysis and optimization trials of required logistical (including organizational) arrangements for collection and transportation

of cotton stalks from the field to production units, including possible setting-up of pre-processing units at the field level

Component 2

Trials for minimum and optimum levels of cleaning and pre-processing of cotton stalks into chips suitable for processing, at field level and at factory site

Component 3

Pilot plant production of cotton stalks-based particle boards

Component 4

Utilization of cotton stalks for the production of binderless boards

Component 5

Evaluation of technical/financial feasibility of the proposed processes

Component 6

Dissemination of project results at national and international levels

Collection and Transportation of Cotton Stalks - Component 1

The availability of cotton stalks by state in India was assessed by means of questionnaires handed over to farmers in person at several centers. A simple mechanical device was found to be convenient for uprooting cotton stalk but a special machine was designed for cleaning stalks. The logistics of collection and transporting cotton stalks was worked out by employing bullock carts, tractor-trolleys and lorries. The chipping trials involved different types of machines. The study led to the recommendation of a model for cotton stalk supply chain.

It has been confirmed that on an average a hectare of rainfed cotton produced 1.3 tons of clean stalk chips while an irrigated hectare produced five tons of cotton stalk chips. Based on this production potential, a catchment area of about 6,000 ha of rainfed cotton will be required for a plant producing 20 tons particle boards per day. Ideally cotton stalk should be transported from cotton farms in bullock carts or tractor trolleys to the chipping center situated not beyond 5 km from the farms. For chipping, a machine mounted on a 22 HP tractor to deliver 7-8 tons chips in 8 hours and installed within 50 km radius was found to be appropriate. Chipped material could then be transported to the particle board factory in lorries, which would accommodate about 6 tonnes of chips. Appropriate industrial utilization of cotton stalk processed in this manner promises the cotton farmer an additional income of about US\$13.0/ha



Figure 1: Logistics of Cotton Stalks Collection, Chipping and Transportation

(Indian Rs. 650/ha) of a rainfed hectare and about US\$ 50.0/ha (Indian Rs.2,500/ha) of an irrigated hectare.

Pre Processing of Cotton Stalks - Component 2

A cotton stalk cleaning system was designed as a part of the project activity. The machine removes boll rinds, leaves, soil, fibers, etc., from cotton stalks. Trials showed that the machine is effective in removing unwanted plant parts and soil from the stalks and making them ready for chipping. The cleaning system is to be installed at the chipping center. The waste generated during cleaning of stalks, after reduction by chipping to 10 mesh size, has proved to be suitable for making briquettes of standard quality.

Making Particle Boards - Component 3

A pilot plant of one ton per day capacity for particle board manufacture, incorporating all the technical features of a commercial plant, was designed and set up at the Ginning Training Centre of CIRCOT at Nagpur. Several trials were undertaken on the pilot plant for refining and fine-tuning of the technology so that it becomes readily acceptable by particle board industries presently using other raw materials. The pilot plant is also useful for demonstration to convince entrepreneurs about merits of the CIRCOT technology. After refinement, the technology was scaled up by conducting large-scale production trials in three existing particle board manufacturing plants.

From the above trials it was concluded that the CIRCOT technology can be adopted in commercial production of particle boards without any modifications in the plant and machinery. The boards manufactured in all the three factories were found to be of good quality meeting the Bureau of Indian Standards specifications in respect of tensile strength, modulus of rupture

and water absorption properties. Blending trials showed that cotton stalk blends well with bagasse and mulberry stalks to produce particle boards of standard quality characteristics.

Making Binder Less Boards - Component 4

The CIRCOT technology for making binderless boards involves pulping of cotton stalks by steaming the stalk chips under 15 kg/cm^2 pressure for 2 minutes in a way what is known as 'thermo-mechanical pulping'. The pulp thus obtained is spread into a mat and the latter pressed between heated platens of a hydraulic press. A 3-step pressure cycle at a temperature of 160°C would result in the formation of binderless boards of acceptable quality.

The method standardized on a laboratory scale was applied to large-scale trials at a commercial hardboard manufacturing plant. Cotton stalks' pulp alone as well as in blend with bagasse pulp in 50:50 ratio was used for making binderless boards of about 2.5 mm thickness. The boards thus made had quality characteristics (Modulus of Rupture and water absorption) meeting specifications of the Bureau of Indian Standards. It was also ascertained that addition of cotton stalks material to the extent of 10% with hardwood gives boards of the same quality as that of 100% hardwood boards. It is recommended



Figure 2: Pilot Plant at Ginning Training Center, Nagpur, India

that existing plants manufacturing binderless boards from hardwood and bagasse can use cotton stalk as a substitute/additional raw material.

Technical Feasibility of the Processes - Component 5

Techno-economic feasibility of particle board manufacture from cotton stalk was worked out on the basis of data from industrial trials conducted in one particle board factory in Pune and another in Mysore, India. Cost estimations for 10 ton per day and 20 ton per day plants were also done. A 10 ton per day plant involving a capital investment of US\$1.6 million (Rs. 60 million) is shown to command a profitability of about 20% if cotton stalks are used as a raw material. A plant with a higher capacity of 20 ton per day would bring higher returns of up to 33%.

The economic viability of cotton stalks as raw material for particle board manufacturing was ascertained through a 30 tons trial in an existing factory presently using bagasse. Substantial differences between production cost and selling price of cotton stalk boards of 9 mm and 18 mm thickness entailing a profitability of about 25% were worked out. The trial thus showed that factories currently using bagasse could use cotton stalks as an additional or alternative raw material for board manufacture.

Water Absorption and Thickness Swelling of the Particle Boards

Raw Material %		Water Absorption %		Thickness Swelling %
Bagasse	Cotton Stalks	Two hours	24 Hours	Two Hours
100	0	36	73	8.3
67	33	37	77	8.7
50	50	38	77	9.3
33	67	39	76	9.3
0	100	41	78	10.1

Mechanical Properties of Particle Boards

Raw Material %		Modulus of Rupture (N/mm ²)	Screw Strength Withdrawal (N)	International Bond Strength (N/mm ²)
Bagasse	Cotton Stalks			
100	0	16.9	1342	0.34
67	33	15.0	1325	0.34
50	50	15.4	1324	0.31
33	67	12.7	1326	0.31
0	100	12.7	1325	0.31

Dissemination of Project Results - Component 6

Recognizing the fact that publicity is vital for the successful transfer of a new technology especially when it employs an unconventional raw material like cotton stalks, CIRCOT conducted several awareness meetings in different centers in India. These meetings were intended to sensitize farmers on the potential of cotton stalks in making composite boards and thus encourage them to organize collection and chipping of stalks, an important task in the successful transfer of CIRCOT technology. It was equally important to convince entrepreneurs

and owners of already existing particle board factories about the technical feasibility and commercial viability of CIRCOT technologies for particle board and hardboard manufacture from cotton stalks.

Besides organizing seminars and awareness meetings, CIRCOT scientists presented technical papers at national and international fora discussing the new technologies and the findings of the CFC/ICAC 20. The advantages of using cotton stalks, including the economic, social and environmental benefits that CIRCOT technologies can fetch, were emphasized in these papers.

Thanks to the extensive use of publicity instruments, the technologies for cotton stalk utilization are becoming popular. Sooner or later, 10 ton per day and 20 ton per day composite board factories are most likely to be set up in different parts of the country. Existing factories manufacturing boards from other materials like hardwood and bagasse are also likely to start using cotton stalks as an alternative/additional raw material.

Post Project Scenario

- *M/s. Rushil Décor Ltd.* has Installed 100 ton per day particle board plant in Dhrangadhra Block Surendranagar District, Gujarat. Their annual requirement for cotton stalks is 50,000 tons. In Surendranagar district alone, cotton is planted on about 460 thousand hectares with an estimated stalks' availability of 1.4 million tons. This evinces the fact that availability of stalks is not a problem. *M/s. Rushil Décor Ltd.* has developed a novel method of collection and transportation based on CIRCOT's study (CFC/ICAC 20). The company has earmarked six collection centers each producing cotton on 8,000, 10,000, 12,000, 15,000 and 25,000 ha. The stalks are directly purchased, through identified contractors' village institutions and through small help groups. This project has generated approximately 400,000 man-days employment annually by providing jobs to about 1,000 farmers and 5,000 farm laborers.

- *M/s. Godavari Particle Board Plant* near Nanded, Maharashtra started using cotton stalks in combination with bagasse. The plant has a capacity of 10 tons per day. CIRCOT monitored the collection and chipping activity for two seasons and now they are doing the activity independently.
- *M/s. Aurobindo Laminations* in Nagpur have used cotton stalk chips for making particle boards and are eager to use the same provided a group undertakes the supply chain activity. In 2011, a women group has taken the initiative to establish cotton stalk supply chain.
- A particle board plant with a capacity of 20 tons per day based on cotton stalks is coming up in Washim near Akola,



Fig. 3 Particle Boards from Cotton Stalks at Rushil Décor Limited, India

Maharashtra, India. The Ministry of Social Welfare, Govt. of Maharashtra sanctioned a loan of US\$1.51 million (Rs. 68 million) to Tulsai Magasvargiy Audyogik Sahakari Sanstha (Tulsai Backward Industrial Co-operative Society). The work on the construction of building has already begun and the machinery installation is expected to be completed in 2011.

- Cotton stalks in Sirsa, Haryana

In northern India, where cotton is grown under irrigated conditions, cotton stalks are normally cut and removed immediately after picking. This is necessary as the time to prepare land and plant wheat is limited. Earlier farmers were not adequately compensated from this valuable biomass. In view of sudden shortage of other biomass going in for fuel

purpose, the price of cotton stalks has gone up. In 2010, for the first time farmers received as high as Rs. 8,650 (US\$192/ha) for stalks from one hectare. This situation is going to continue and farmers are going to benefit from cotton stalks.

- Dry cotton stalks in and around Akola, Amaravati and Jalgaon were sold at Rs.2,000/ton (US\$45/ton) in 2010. This was mainly due to the shortage of wood and a number of small entrepreneurs contacted CIRCOT for information about supply chain mechanism.

International Efforts

In May 2010, India deputed a high level delegation of experts to C4 countries for formulating an effective co-operative program and to explore business and investment opportunities. Dr. S. Sreenivasan, Ex Director, CIRCOT, who served as Project Director of CFC/ICAC 20 for most of the time, was one of the members of the delegation. During the trip Dr. Sreenivasan effectively highlighted the achievements of the CFC sponsored project and elaborated how value addition to cotton stalks could benefit the cotton farming community.

As a follow-up of the visit, a detailed Technical Assistance Programme has been drawn on the basis of the feedback received from the delegates. One of the possible interventions proposed by India in the post-harvest processing and value-addition sector is "Use of cotton stalks for value-added activities like particle board preparation," the technology for which is available at CIRCOT. This technology could be demonstrated and promoted in Cv4 countries, thereby paving the way for additional income to cotton farmers and also to find alternate use of biomass. A comprehensive training program for researchers, extension officials and other government agencies is proposed to be organized at CIRCOT for effective utilization of biomass/by-products generated during cotton cultivation and modes of developing entrepreneurship in this area.

Apart from this the International Trade Centre, Switzerland organized a visit of delegates during 14th -27th November, 2010 to India under the South-South Cooperation for development of cotton in the African countries namely, Ethiopia, Kenya, Malawi, Mozambique, Tanzania, Uganda, Zambia and Zimbabwe and promote business relations between India and African countries. The delegation comprised of about 30 members visited CIRCOT, Mumbai and particle board demonstration plant at Nagpur. The delegation was highly impressed with the CIRCOT technology and a detailed program of cooperation is being worked out between India and African countries through South-South Cooperation to promote the technology in African countries.

Conclusions

A supply chain model comprising collection, cleaning and chipping of cotton stalks and their transportation to board manufacturing factories was formulated in the project CFC/ICAC 20. The pilot plant and large-scale industrial trials were conducted for making particle board and hardboard from cotton stalks. The techno-economic feasibility of manufacturing boards from cotton stalk was



Figure 4: Particle Board Plant Under Construction at Washim, India



Figure 5: Particle Board Preparation at M/s. Godavari Particle Board Plant, India



Figure 6: Foreign Delegates Visiting the CIRCOT Particle Board Pilot Plant

demonstrated to the board industry, which is now convinced about its potential. In the not-very-distant future, many particle board manufacturers are likely to start using cotton stalks as an alternative raw material in place of sugarcane bagasse and hardwood. Once the industrial uses of this agro waste picks up, the farmers will be able to earn additional income from the sale of cotton stalks. Growth of industrial activity, rural employment generation and conservation of forest resources are other national benefits that will follow.

Additional information on the project proposal and results achieved is available at:

<http://www.icac.org/projects/CommonFund/20_ucbvp/english.html>.

References

CIRCOT. Cotton Stalks: An Additional Raw Material to Board Industry. CIRCOT Leaflet No. 63. Central Institute for Research on Cotton Technology, India.

CIRCOT. Utilization of Cotton Plant By-produce for Value Added Products CFC/ICAC 20. Highlights of Achievements. Central Institute for Research on Cotton Technology, India.

CIRCOT. Book of papers presented at the International Workshop on Utilization of Cotton Plant By-produce for Value Added Products, Nagpur, India, November 9-11, 2009.

Cotton Projects Supported by the Common Fund for Commodities (As of December 2011)

Regular Projects:

1*	CFC/ICAC/01:	Cotton Production Prospects for the 1990s
2*	CFC/ICAC/03:	Integrated Pest Management for Cotton
3*	CFC/ICAC/04:	Integrated Pest Management of the Cotton Boll Weevil in Argentina, Brazil and Paraguay
4*	CFC/ICAC/07:	Genome Characterization of Whitefly-Transmitted Geminiviruses of Cotton and Development of Virus-Resistant Plants through Genetic Engineering and Conventional Breeding
5*	CFC/ICAC/11:	Improvement of Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness
6*	CFC/ICAC/12:	Improvement of Cotton Marketing and Trade System in Eastern and Southern Africa
7*	CFC/ICAC/14:	Sustainable Control of the Cotton Bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> in Small-Scale Production Systems
8	CFC/ICAC/17:	Pilot Project on Price-Risk Management for Cotton Farmers
9*	CFC/ICAC/20:	Utilization of Cotton Plant By-Products for Value-Added Products
10	CFC/ICAC/33:	Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton for the Cotton Producing Developing Countries in Africa
11	CFC/ICAC/37:	Improving Cotton Production Efficiency in Small-scale Farming Systems in East Africa (Kenya and Mozambique) through better vertical integration of the supply chain
12	CFC/ICAC/38:	Prevention of Seed Cotton Contamination in West Africa (Burkina Faso, Côte d'Ivoire and Mali)
13	CFC/ICAC/40:	ProCotton: Improving Productivity and Marketing of Cotton through Strengthening Selected Producer Organizations in Eastern Africa
14	CFC/ICAC/44:	Development of National Cotton Classing Systems in Kenya and Mozambique

Fast Track Projects:

1*	CFC/ICAC/16FT:	Resistance Management of <i>Helicoverpa armigera</i> to Pyrethroids in West Africa (Survey)
2*	CFC/ICAC/19FT:	Price Risk Management for Cotton – Consultancy Study
3*	CFC/ICAC/21FT:	Investigation of the Incidence, Epidemiology and Population Dynamics of Cotton Diseases in the Southern and Eastern Africa Region
4*	CFC/ICAC/23FT:	Cotton Facts
5*	CFC/ICAC/25FT:	Sustainable Cotton Production in West Africa
6*	CFC/ICAC/27FT:	Cotton Stalks – Study
7*	CFC/ICAC/30FT:	Preparation for the Commercial Standardization of Instrument Testing
8*	CFC/ICAC/32FT:	Production and Marketing of Uncontaminated Cotton in Mali
9*	CFC/ICAC/34FT:	Regional Consultation on Genetically Modified Cotton for Risk Assessment and Opportunities for Small-scale Cotton Growers
10*	CFC/ICAC/36FT:	Integrated Pest Management (IPM) Techniques for Sustainability of Small Cotton Growers in the Southern Cone of South America with a Pilot Project for 400 Small Farmers in Formosa Argentina
11	CFC/CFC/27FT:	Development of Risk Management Strategies for Cotton Producers in Mozambique
12*	CFC/CFC/29FT:	Pan African Cotton Meeting, 2011, Cotonou, Benin

Note: Projects marked with * are operationally completed. When in the texts mentioning is made of final technical reports, these can be accessed through the ICAC web site <www.icac.org> or (soon) through the CFC web site <www.common-fund.org>.

Regular Projects

The International Cotton Advisory Committee (ICAC) is a recognized International Commodity Body on cotton with the Common Fund for Commodities (CFC). ICAC submitted 24 of the 26 the cotton projects to the CFC. The only exceptions are CFC/CFC/27 and CFC/CFC/29, which were initiated by the CFC and executed respectively by the Food and Agriculture Organization (FAO) and United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). For additional information on any project refer to the ICAC web page at <http://www.icac.org/projects/CommonFund/english_projects.html>.

CFC/ICAC/01: Cotton Production Prospects for the 1990s

Project Executing Agency	The World Bank
Project Cost	US\$1,182,405
Common Fund Grant	US\$529,619
Counterpart Contribution	US\$652,786

The project examined the strategic problems facing cotton-producers. The study was undertaken in Brazil, China, India, Mali, Mexico, Pakistan, Tanzania and Uzbekistan from 1993 to 1995. For more details visit <http://www.icac.org/projects/CommonFund/english_projects.html> or refer to the World Bank Technical Paper No. 287.

CFC/ICAC/03: Integrated Pest Management for Cotton

Project Executing Agency	Israel Cotton Production and Marketing Board, Israel
Project Cost	US\$5,390,270
Common Fund Grant	US\$3,074,620
Counterpart Contribution	US\$2,315,650

The project increased cotton farmers' income by improving yields and quality of cotton, thereby reducing the cost of cotton processing by textile industries through the reduction of sticky cotton. In turn, this protected farmers and the environment from insecticide contamination. The results of the project were published in the CFC Technical Paper No. 10 and 11 (available in English and French).

CFC/ICAC/04: Integrated Pest Management of the Cotton Boll Weevil in Argentina, Brazil and Paraguay

Project Executing Agency	Servicio Nacional de Sanidad e Calidad Vegetal Agroalimentaria (SENASA), Argentina
Project Cost	US\$8,213,170
Common Fund Grant	US\$1,971,280
Counterpart Contribution	US\$6,241,890

The project aimed to develop a low cost, socially acceptable and environmentally safe system of boll weevil management. The project resulted in the development of scientific and practical knowledge on the presence and behavior of the boll weevil. Field experiments and training activities were undertaken involving trainers and extension agents as well as farmers directly. International workshops were held and the proceedings were published. A final workshop was held in Fortaleza, Brazil in June 2001. The Final Technical Report (in English and Spanish) was published in 2002 as CFC Technical Paper No. 16.

CFC/ICAC/07: Genome Characterization of Whitefly-Transmitted Geminiviruses of Cotton and Development of Virus-Resistant Plants through Genetic Engineering and Conventional Breeding

Project Executing Agency	National Institute for Biotechnology and Genetic Engineering, Pakistan
Project Cost	US\$3,926,518
Common Fund Grant	US\$1,549,770
Counterpart Contribution	US\$2,376,748

The objective of the project was to minimize losses suffered by cotton growers from whitefly-transmitted leaf curl virus disease. The project had three major components; characterization of geminiviruses of cotton, development of *in-vitro* transformation systems for cotton and development of geminivirus-resistant genotypes of cotton. The project resulted in a broad range of scientific literature. The project results were presented at an international conference held in Dubai in September 2003. For more details refer to CFC Technical Paper No. 22.

CFC/ICAC/11: Improvement of Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness

Project Executing Agency	Sudan Cotton Company (SCC), Sudan
Project Cost	US\$2,059,988
Common Fund Grant	US\$1,101,093
Counterpart Contributions:	
SCC	US\$310,298
Agric. Research Corp.	US\$67,499
CIRAD	US\$358,787
Institute Textile de France	US\$207,026
ICAC	US\$15,285

The project, based in Sudan and France, was designed to avoid and tackle with sticky cotton. The project established reliable and acceptable methods of determining the level of stickiness, which helped to curtail the current practice of indiscriminate price discounts to Sudanese cotton. The final technical report of the project was published as CFC Technical Paper No. 17. The proceedings of the final workshop as well as a detailed technical report are available on the ICAC web site.

CFC/ICAC/12: Improvement of Cotton Marketing and Trade System in Eastern and Southern Africa

Project Executing Agency	United Nations Office for Project Services (UNOPS)
Project Cost	US\$11,084,305
Common Fund Grant	US\$3,609,586
Common Fund Loan	US\$5,717,250
Counterpart Contributions:	
Uganda	US\$729,519
Tanzania	US\$382,200
Co-financing:	
Local Banks	US\$630,000
ICAC	US\$ 15,750

The central objective of the project was to establish a transparent and an efficient marketing system within the framework of a liberalized market and increase income from production and marketing. Main achievements of the project include:

- Adoption of Warehouse Receipt as document of title (legislation) in Uganda and Tanzania, thereby securing the interests of lenders and other third-parties to whom the receipts are transferred.
- Development of a market information system assuring timely dissemination of reliable information (It has been institutionalized in Tanzania).
- Lending operations using WRS in cotton sector have started, including the assessment of the system in two pilots involving Nyakatonzi Cooperative Union as the ginner/warehouse operator. Participating farmers earned significantly higher income from seedcotton.

CFC/ICAC/14: Sustainable Control of the Cotton Bollworm *Helicoverpa armigera* in Small-Scale Production Systems

Project Executing Agency	Natural Resources International Ltd., UK
Project Cost	US\$4,493,445
Common Fund Grant	US\$2,258,503
Co-financing	US\$1,087,594
Counterpart Contribution	US\$1,147,348

The overall objective of the project was to tackle the insecticide resistance problem and devise practices for a cost-effective and sustainable control of the cotton bollworm. Three national workshops were held in each of the Asian countries. In West Africa results were presented at a workshop organized jointly with CIRAD, France. Apart from a range of scientific publications, the project also published a manual on "Monitoring, Mechanisms and Management of Insecticide Resistance." A final publication, a Handbook on Cotton Bollworm Control, was published as a final output of the project (CFC Technical Paper No. 45).

CFC/ICAC/17: Pilot Project on Price Risk Management for Cotton Farmers

Project Executing Agency	---
Project Cost	US\$1,698,501
Common Fund Grant	US\$1,514,751
Co-financing	US\$183,750

The overall objective of the project was to reduce the exposure of smallholder cotton farmers to short-term fluctuations in world market prices. The project planned to test a feasibility of using various price-risk management instruments by groups of farmers in developing cotton-producing countries, whereby a key feature should be that the instruments are market-based and function without subsidy. The project is not operational. Following several attempts to find effective implementation arrangements the project had been suspended and addressed to the ICAC for reformulation.

CFC/ICAC/20: Utilization of Cotton Plant By-Product for Value-Added Products

Project Executing Agency	Central Institute for Research on Cotton Technology (CIRCOT), India
Project Cost	US\$2,190,486
Common Fund Grant	US\$918,886
Counterpart Contribution	US\$1,271,600

This project focused on the use of cotton stalks for making particle-boards and binder less boards. The project is completed and a final international dissemination event took place in November 2009. The project's comprehensive final technical report was published as CFC Technical Paper No. 58.

CFC/ICAC/33: Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton for Cotton Producing Developing Countries in Africa

Project Executing Agency	Faserinstitut Bremen e.V., Germany
Project Cost	US\$7,788,052
Common Fund Grant	US\$2,034,697
Co-financing	US\$3,000,000 (European Union)
Counterpart Contribution	US\$2,753,355

The primary objective of the project was to improve the integrity of cotton trade by establishing a reliable system of cotton classing based on HVI data. The project is operational since December 2007 and will conclude in March 2012. The programmed regular "round trials" (reviewing quality and consistency of testing results from cotton laboratories) are ongoing 4 times a year. The two Regional Technical Centers have been established in Mali and Tanzania. Technical research to facilitate/strengthen operations of the regional testing centers is ongoing and regional consultations have initiated to ensure institutional sustainability of the two centers. A final dissemination meeting will be held mid January 2012. Updated information is available at the project's web site <www.csitc.org>. The final workshop proceedings and CFC Technical Report will be available on the ICAC web page by mid 2012.

CFC/ICAC/37: Improving Cotton Production Efficiency in Small-scale Farming Systems in East Africa (Kenya and Mozambique) through better vertical integration of the supply chain

Project Executing Agency	CABI Africa
Project Cost	US\$2,527,700
Common Fund Grant	US\$535,320
Co-financing	US\$1,000,000 (European Union)
Counterpart Contribution	US\$992,380

The project sets out to improve the profitability and competitiveness of smallholder cotton producers and make cotton production an attractive enterprise. The project will develop integrated crop management system that result in more sustainable production of cotton. The project, approved in October 2009, is fully operational with active participation of cotton growers in both countries. Training curricula have been developed and farmer field schools have been set up in both countries. Base line studies have been undertaken to measure the progress. The project is currently in its second year and initial results look promising.

CFC/ICAC/38: Prevention of Seed Cotton Contamination in West Africa (Burkina Faso, Côte d'Ivoire and Mali)

Project Executing Agency	International Fertilizer Development Center, IFDC-West Africa
Project Cost	US\$7,000,000
Common Fund Grant	US\$2,000,000
Co-financing	US\$3,500,000 (European Union)
Counterpart Contribution	US\$1,500,000

The project aims to produce least contaminated cotton and bring higher price to producers. Once the system gained credibility, farmers' income is expected to increase by 5-10% of the current income. The project will target producer cooperatives with a total of some 27,000 farmers as well as cotton companies to reduce contamination in 100,000 tons of seed cotton over a 3-year period. The CFC approved the project in October 2009. After conclusion of the required formal documentation and the necessary within-country consultations on necessary involvement and support structures, the project started in mid 2010. Training programs for both extension staff as well as directly involved farmer groups have been developed and undertaken. Initial results from the first harvest look promising but the final analysis of both crop quality and price formation for that harvest is still awaited. Based on increased demand, activities in Burkina Faso and Mali have been expanded to include more farmers than initially envisaged.

CFC/ICAC/40: ProCotton: Improving Productivity and Marketing of Cotton through Strengthening of Selected Producer Organizations in Eastern Africa

Project Executing Agency	Solidaridad, The Netherlands
Project Cost	US\$840,000
Common Fund Grant	US\$500,000
Counterpart Contribution	US\$340,000

The project intends to provide a range of services to selected producer organizations, thereby increasing producer incomes in an efficient and sustainable manner. Based on self-assessments (if need be supported by project expertise) producer organizations can request support from the project in five fields: technical assistance (focus on agronomic practices); access to finance; market access; capacity building; and diversification/value-addition. The current project is a pilot activity to assess the perspectives of using this approach to effectively access and support producer organizations in the African cotton sector, based on successful experiences with other commodities in other regions. The CFC approved the project in April 2011. The project has made an effective start-up in both project countries (Tanzania and Zambia) in October 2011.

CFC/ICAC/44: Development of National Cotton Classing Systems in Kenya and Mozambique

Project Executing Agency	Wakefield Inspection Services Ltd., Tanzania
Project Cost	US\$3,110,000
Common Fund Grant	US\$1,160,000
Counterpart Contribution	US\$1,950,000

The project will induct national classing structures and marketing systems based on HVI data. Based on the confirmed, practical and visible government commitment, it is expected that by the end of the project, effective and operational instrument-based cotton classing will cover 100% of the each country's crop, giving producers more insight in the market value of their produce. The CFC approved the project in September 2011. Effective start-up in both countries is foreseen for the 1st quarter of 2012.

Fast Track Projects

CFC/ICAC/16FT: Resistance Management of *Helicoverpa armigera* to Pyrethroids in West Africa (Survey)

Project Executing Agency	Institute National de Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso
Project Cost	US\$30,000
Common Fund Grant	US\$30,000

The regional project was designed to assess the status of *Helicoverpa armigera*'s resistance to insecticides and review control techniques for devising a cost-efficient control strategy. Analyses were conducted on the basis of national surveys and existing and newly found data, and the results discussed in a regional workshop in Ouagadougou in November 2001.

CFC/ICAC/19FT: Price Risk Management for Cotton – Consultancy Study

Project Executing Agency	CPM Group, New York, USA
Project Cost	US\$60,000
Common Fund Grant	US\$60,000

The objective of the above study was to prepare a framework for assessment of the pre-conditions for the successful implementation of the price-risk management instruments. The cotton study was commissioned early in 2002. The findings of the report have been taken into account for the final design of the main project CFC/ICAC/17.

CFC/ICAC/21FT: Investigation of the Incidence, Epidemiology and Population Dynamics of Cotton Diseases in the Southern and Eastern African Region

Project Executing Agency	Southern and Eastern African Cotton Forum (SEACF)
Project Cost	US\$70,000
Common Fund Grant	US\$57,500
Counterpart Contribution	US\$12,500

The project was to provide practical information on the status of knowledge and impact of main cotton diseases prevalent in the region (e.g. bacterial blight, Fusarium- and Verticillium wilt and Alternaria leaf spot). A workshop was held in Kampala on 10/11 September 2002 to discuss outcome of the findings.

CFC/ICAC/23FT: Cotton Facts

Project Executing Agency	International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington DC, USA
Project Cost	US\$40,000
Common Fund Grant	US\$20,000
Counterpart Contribution	US\$20,000

The project aimed at producing a publication entitled *Cotton Facts*, a comprehensive and easy to read handbook containing fundamental, common, specific facts about cotton, focusing on all aspects of cotton production, marketing and use. The ICAC staff prepared and published *Cotton Facts* in March 2004 (CFC Technical Paper No. 25). The publication is available on sale at publications@icac.org.

CFC/ICAC/25FT: Sustainable Cotton Production in West Africa

Project Executing Agency	United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)
Project Cost	US\$180,000
Common Fund Grant	US\$75,000
Counterpart Contribution	US\$105,000

The project aimed to provide a thorough analysis of current cotton production systems in the region. A consultancy study was commissioned and the report of the consultant was discussed during a regional workshop. The report is published as a CFC Technical Paper No. 41.

CFC/ICAC/27FT: Cotton Stalks - Study

Project Executing Agency	Central Institute for Research on Cotton Technology (CIRCOT), India
Project Cost	US\$120,000
Common Fund Grant	US\$120,000

The project was to provide practical information on availability of cotton stalks that can be collected and processed as an input for "cotton stalk board" production as envisaged by the main project CFC/ICAC/20.

CFC/ICAC/30FT: Preparation for the Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton for Cotton Producing Developing Countries in Africa

Project Executing Agency	Faserinstitut Bremen e.V., Germany
Project Cost	US\$142,415
Common Fund Grant	US\$101,138
Counterpart Contribution	US\$41,277

The Fast Track project had the dual objective to facilitate ongoing consultations on outlining the core elements/requirements of a global system of quality control based on instrument testing of cotton and on defining the parameters, which determine the involvement and actual participation of African cotton producing countries in such a global system. The project resulted in the formulation of a full-scale project CFC/ICAC/33.

CFC/ICAC/32FT: Production and Marketing of Uncontaminated Cotton in Mali

Project Executing Agency	Institut d'Economie Rurale (IER), Mali
Project Cost	US\$90,000
Common Fund Grant	US\$50,000
Counterpart Contribution	US\$40,000

The project aimed to assess the level and causes of contamination in seedcotton, and to determine the relative importance thereof in the overall cotton production/value chain, in particular with regard to the impact it has on the income generating capacity of small cotton producers. A final technical report was prepared in March 2008, which included recommendations for a possible structural approach to address cotton contamination at the source. A regular project CFC/ICAC/38 emerged from this study.

CFC/ICAC/34FT: Regional Consultation on Genetically Modified Cotton for Risk Assessment and Opportunities for Small-scale Cotton Growers

Project Executing Agency	International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA)
Project Cost	US\$160,000
Common Fund Grant	US\$120,000
Counterpart Contribution	US\$40,000

The project was approved for sharing science based information and actual experiences related to the advantages and disadvantages of the introduction of genetically modified cotton. The focus was on the Asian experiences with adequate attention for Eastern African interests (and participation). The proceedings of the consultation (held in Faisalabad, Pakistan) have been published as CFC Technical Paper No. 53.

CFC/ICAC/36FT: Integrated Pest Management (IPM) Techniques for Sustainability of Small Cotton Growers in the Southern Cone of South America with a Pilot Project for 400 Small Farmers in Formosa, Argentina

Project Executing Agency	Ministry of Production, Formosa, Argentina
Project Cost	US\$369,200
Common Fund Grant	US\$120,000
Counterpart Contribution	US\$249,200

The project aimed to demonstrate that judicious use of spraying, supported by an efficient network of traps can effectively control the boll weevil to a level where profitable production is feasible. The project was completed in 2008 and a detailed final technical report was published for use in the national program in Argentina to fight the cotton boll weevil and in the regional co-ordination of these efforts.

CFC/CFC/27FT: Development of Risk Management Strategies for Cotton Farmers in Mozambique

Project Executing Agency	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Project Cost	US\$146,000
Common Fund Grant	US\$120,000
Counterpart Contribution	US\$26,000

The issue of commodity producers being exposed to production risks (weather) and market risks (price) is gaining recognition as one of the important elements of the "resource curse". The proposed project identifies one mechanism, on the example of cotton production by smallholders, which diverts resources from income generation to subsistence production as a means of mitigation production risks of cash crops. The project will evaluate the feasibility of financial risk mitigation instruments based on the existing operations of a local microfinance institution. Currently baseline survey studies are being undertaken and stakeholder meetings are scheduled for later in the year 2011.

CFC/CFC/29FT: Pan African Cotton Meeting, 2011 Cotonou, Benin

Project Executing Agency	United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)
Project Cost	US\$227,000
Common Fund Grant:	US\$120,000
Co-financing	€ 100,000 (European Union/ACP)
Counterpart Contribution	US\$26,000

The project facilitated the organization of a meeting of all stakeholders involved in the cotton sector in Africa with the objective of starting the process of developing a long-term roadmap for the future. The meeting took place on June 27-29, 2011. Based on the extensive consultations that took place during the meeting, UNCTAD (in consultation with lead representative cotton actors) has drafted a proposed roadmap. The final version of the roadmap will be published early in 2012.

XXXXXX

Résumé rétrospectif des projets CFC achevés



Section de l'information technique

VOLUME XXIX NO. 4
DECEMBRE 2011

Français

Français

Coopération pour le développement : Résultats et impacts des activités conjointes ICAC-CFC

Introduction

Le Comité consultatif international du coton (ICAC) est l'organisme international de produit (OIP) pour le coton et les textiles de coton désigné par le Fonds commun pour les produits de base (CFC). Le CFC, basé à Amsterdam, aux Pays-Bas, est une institution financière intergouvernementale établie par les Nations unies. Alors que 42 gouvernements sont actuellement membres de l'ICAC, le Fonds compte 105 gouvernements et 10 institutions. Parmi les institutions membres du CFC, on peut citer la Communauté andine, l'Union africaine (UA), la Communauté des Caraïbes (CARICOM), le Marché commun de l'Afrique orientale et australe (COMESA), la Communauté économique eurasiennne (EAEC), la Communauté de l'Afrique de l'Est (CAE), l'Union européenne (UE), la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest et la Communauté de développement de l'Afrique du Sud (SADC).

En tant qu'OIP, l'ICAC peut parrainer des projets financés par le CFC. Selon les procédures, les gouvernements membres de l'ICAC et du CFC peuvent préparer des propositions qui sont soumises au Secrétariat de l'ICAC pour examen. Le manuel du CFC pour la préparation des projets est la principale source de conseils en la matière (le manuel est disponible en ligne à l'adresse suivante : http://www.common-fund.org/data/content/manual-long_version.pdf). Le Secrétariat de l'ICAC a également défini un modèle pour la rédaction des propositions de projet spécifiques au coton. Des institutions de recherche et le secteur privé peuvent également lancer des projets, mais il est recommandé d'envoyer les projets au Secrétariat de l'ICAC via les organismes de coordination désignés de l'ICAC dans les pays membres ou les représentants officiels du CFC (Gouverneurs) dans les pays non membres de l'ICAC.

Les projets sont examinés par le Secrétariat de l'ICAC afin de garantir la forme prescrite et la faisabilité technique conformément aux besoins des produits de base et aux intérêts des petits producteurs dans les pays en développement. Les projets doivent être de portée internationale, axés sur la résolution des problèmes et novateurs dans leur approche. S'il est décidé de donner suite à une proposition de projet, le Secrétariat de l'ICAC soumet le projet à la Commission permanente de l'ICAC. Cette dernière doit approuver tous les projets, à l'exception des projets Fast Track relativement petits, avant leur présentation au Fonds où ils seront examinés. Le Secrétariat du CFC étudie également les projets pour leur exhaustivité et les évalue en interne avant de les soumettre au Comité consultatif du Fonds. Ce Comité consultatif procède à un examen détaillé de l'ensemble des aspects techniques des propositions de projet et formule des recommandations pour l'approbation finale par le Conseil exécutif du CFC. Le Comité consultatif et le Comité exécutif se réunissent seulement deux fois par an.

Lorsqu'un projet est approuvé, un rapport d'évaluation du projet ("project document") et une convention de subvention sont préparés, généralement en quelques mois, avant le commencement des activités du projet. Le Secrétariat de l'ICAC sert d'organe de contrôle et le projet est mis en œuvre par une agence d'exécution de projet (AEP), située de préférence dans un des pays partenaires.

Depuis la reconnaissance de l'ICAC en tant qu'OIP, le CFC a approuvé 26 projets sur le coton (données de décembre 2011). Sur ces 26 projets, 24 ont été soumis par l'ICAC au CFC, soit 14 projets réguliers et 12 projets Fast Track. Tous les projets Fast Track sont terminés. Cinq des 14 projets réguliers sont en cours et d'autres ont été menés à terme. Ce numéro spécial du *RECORDER* de l'ICAC intitulé « Coopération pour le développement : Résultats et impacts des activités conjointes ICAC-CFC » résume les résultats importants obtenus ainsi que leurs impacts sur le rendement et la qualité du coton. Alors que le projet CFC/ICAC/1 n'était pas censé traiter un problème spécifique, six autres projets ont atteint un stade auquel leurs retombées peuvent être évaluées après achèvement.

La collaboration ICAC-CFC des 20 dernières années a été utile pour le secteur coton à de nombreux égards. Les instituts de recherche, surtout dans les pays en développement, disposent de ressources limitées pour lancer de nouvelles recherches ou traiter de nouveaux problèmes. La collaboration ICAC-CFC a apporté un financement supplémentaire pour la recherche cotonnière. Le Secrétariat de l'ICAC a encouragé les chercheurs à définir des projets axés sur la résolution des problèmes et a souvent aidé les pays à trouver les meilleurs collaborateurs et les dispositions les plus avantageuses pour une mise en œuvre réussie du projet. Les projets CFC/ICAC ont amélioré la collaboration internationale sur le coton entre les pays et, dans certains cas, entre les continents. Les pays industrialisés et les pays en développement ont été en mesure de travailler ensemble sur des enjeux communs aux différents pays. Les projets CFC/ICAC ont réuni des spécialistes internationaux dans la recherche de solutions efficaces et rentables. Un dernier atelier visant à diffuser les résultats des recherches à d'autres pays a constitué un volet tout à fait essentiel de l'ensemble des projets CFC/ICAC.

Il ressort clairement de la lecture attentive de ce numéro du *RECORDER* de l'ICAC que les projets présentés dans ce rapport ont été profitables pour des millions de petits cultivateurs dans les pays partenaires. Les gains monétaires d'un des projets ont été évalués à 95 millions USD sur la période 1997-2009. À lui seul, ce montant est supérieur au coût de l'ensemble des 26 projets auxquels le CFC, l'Union européenne et les gouvernements nationaux ont apporté leur contribution, essentiellement sous forme de subventions. Dans les pays où les projets ont été développés, les cultivateurs de coton ont évité des pertes et, dans la plupart des cas, ils en retirent encore des avantages. Les cinq projets en cours apporteront des bénéfices similaires aux producteurs de coton.

Le Secrétariat de l'ICAC, au nom de ses gouvernements membres, est reconnaissant envers tous les collaborateurs dont les travaux conjoints ont contribué de manière significative au secteur cotonnier. Le Secrétariat tient également à exprimer ses sincères remerciements au CFC, à l'Union européenne et aux agences donatrices nationales dans les pays couverts par les projets.

M. Rafiq Chaudhry, Ph.D.
Responsable
Section d'information technique
Comité consultatif international du coton

Avant-propos

Le coton est véritablement une culture des pays en développement, bien qu'il soit également cultivé dans quelques pays industrialisés. En tant que culture de rente, le coton représente une source majeure de recettes en devises, tant pour les petits que les grands pays producteurs de coton. Le secteur cotonnier est un important pourvoyeur d'emplois et de revenus pour plus de 250 millions de personnes engagées dans les diverses étapes de la production et de la transformation de la chaîne d'approvisionnement. L'importance relative de la filière coton dans chaque économie dépend évidemment du niveau global de développement. À cet égard, il faut reconnaître que, pour un grand nombre de pays en développement, la production et la commercialisation du coton sont essentielles pour la création de revenus aux niveaux microéconomique et macroéconomique. L'accroissement de la productivité de la production cotonnière et le renforcement de la valorisation des produits (dérivés) du coton brut représentent des évolutions cruciales pouvant faire une différence considérable dans les moyens de subsistance des petits producteurs et des travailleurs du secteur cotonnier.

Le Comité consultatif international du coton (ICAC) se concentre sur les intérêts du secteur cotonnier dans son ensemble, en renforçant les connaissances, en fournissant des informations et en jouant un rôle de catalyseur pour la coopération sur des enjeux de portée internationale. Les 105 membres du Fonds commun des produits de base (CFC) lui ont donné pour mandat de soutenir les activités de développement des produits de base en vue d'augmenter la capacité des cultivateurs de produits de base primaires à engendrer des revenus et de réduire la vulnérabilité aux fluctuations erratiques des prix des produits de base. Une coopération solide et efficace entre les deux organisations depuis plus de 20 ans (depuis la création du Fonds commun) a fait naître un portefeuille important de projets soumis par l'ICAC et financés par le Fonds commun des produits de base. Actuellement, ce portefeuille compte 26 projets (14 projets réguliers et 12 projets Fast Track plus petits) pour une valeur totale de près de 70 millions USD, auxquels le Fonds a apporté une contribution de pratiquement 30 millions USD. L'ICAC, en tant qu'organisme international de produit de base désigné pour le coton dans le cadre du Fonds, assure des fonctions de contrôle technique pour superviser la mise en œuvre de ces projets.

Ce numéro spécial du *RECORDER* de l'ICAC met en exergue six projets CFC/ICAC, qui ont été réalisés et terminés. Les projets couvrent un large éventail de sujets, de la gestion des cultures à la lutte contre les ravageurs, en passant par l'utilisation des produits dérivés. Tous les projets ont en commun de traiter un problème spécifique à un produit de base (le coton) ayant une portée internationale, et leurs mises en œuvre ont été effectuées sur une base multi-pays, conformément à l'approche produit du Fonds, au lieu d'une approche par pays. Les résultats des projets ont été mis à la disposition (et ils le sont toujours) de l'ensemble des membres des deux organisations. La présentation d'une vue d'ensemble de ces projets vise à refléter les résultats et, plus particulièrement, les impacts des projets (aussi petits qu'ils aient pu être) dans les différents pays concernés. Nous espérons que les projets ont eu des répercussions directes et indirectes sur la production cotonnière dans de nombreux pays du monde. Les travaux menés dans le cadre des projets ont créé des revenus ou permis d'économiser des millions de dollars pour les petits cultivateurs dans les pays concernés.

Cette publication comprend également un bref aperçu de l'ensemble du portefeuille des projets CFC/ICAC (données de décembre 2011), reflétant les projets achevés et les projets en cours. Nous espérons que cette publication servira de source d'information sur l'impact des activités conjointes entre le CFC, l'ICAC et les gouvernements de nombreux pays.

Amb. Ali Mchumo
Directeur général
Fonds commun pour les produits de base

Terry P. Townsend
Directeur exécutif
Comité consultatif international du coton

La lutte intégrée contre les ravageurs du coton (CFC/ICAC/03)

*Jonathan Spenser, PDG, TerraVerde Agriculture;
ancien directeur du projet sur « la lutte intégrée contre les ravageurs du coton » (CFC/ICAC/03), Israël*

Durée du projet :	13 septembre 1994 – 30 septembre 1999
Pays :	Égypte, Éthiopie, Israël et Zimbabwe
Institutions participantes :	Cotton Production and Marketing Board Ltd., Israël Université de Tel Aviv, Israël Institut d'ingénierie agricole, Israël Institut de protection des plantes, Israël Granot-Sivan Enterprises, Israël Institut de recherche sur la protection des plantes, Égypte Association des producteurs commerciaux de coton, Zimbabwe Organisation éthiopienne de recherche agricole, Éthiopie
Organisme exécuteur du projet :	Cotton Production and Marketing Board Ltd., Israël

=====

Le projet intitulé « La lutte intégrée contre les ravageurs du coton (CFC/ICAC/03) » était un projet de recherche mis en œuvre en Israël, en Égypte, au Zimbabwe et en Éthiopie sur la période 1994-1999. La plus grande partie des travaux a été réalisée en Israël, puis en Égypte. Le projet est né d'une initiative du Comité consultatif international du coton (ICAC), conjointement avec des chefs de file du secteur cotonnier israélien, en particulier le Cotton Production and Marketing Board Ltd, et a été cofinancé par les parties concernées et le Fonds commun pour les produits de base (CFC).

Ce projet avait pour objectif principal d'accroître la rentabilité du coton dans l'ensemble de la chaîne de valeur de la filière par la mise en œuvre de la « lutte intégrée contre les ravageurs » (LIR). Le principe était le suivant : augmentation du rendement et de la rentabilité de la production et obtention d'une fibre non collante de haute qualité, alors que les insectes suceurs constituaient une menace sérieuse pour l'ensemble du secteur dans de nombreux pays à l'époque, particulièrement la mouche blanche *Bemisia tabaci*. Par ailleurs, le projet visait à développer une approche écologiquement durable et sûre pour l'élaboration et l'utilisation des produits chimiques.

Des objectifs spécifiques au projet ont été définis dans une stratégie de recherche collaborative destinée à atteindre et à réaliser l'objectif principal aux niveaux du cultivateur et du secteur de la filature en aval. On peut citer les objectifs suivants :

- Mise au point d'insecticides moins toxiques et moins coûteux ;
- Amélioration du matériel de pulvérisation existant et développement de nouveaux pulvérisateurs ;
- Élaboration de nouvelles méthodes d'utilisation des insecticides ;
- Promotion de mesures de lutte biologique ;
- Détermination de seuils techno-économiques (pour lutter contre les ravageurs) et

- Diffusion de la technologie par la définition de lignes directrices techno-économiques, la formation du personnel des pays en développement grands producteurs de coton ainsi que des essais et démonstrations de la technologie sur le terrain.

La conception du projet CFC/ICAC/03 remonte au début des années 1990. La mouche blanche (en particulier *Bemisia tabaci* et, à certains endroits, d'autres espèces produisant du miellat) occasionnait des ravages pour les producteurs dans différentes parties du monde en impactant de manière dévastatrice les rendements et les revenus et en faisant naître des préoccupations importantes pour l'industrie textile à cause du coton collant, conséquence de la contamination de la fibre par le miellat sécrété par ces ravageurs.

À l'époque, la compréhension du comportement de la mouche blanche commençait à peine à émaner des instituts de recherche dans de nombreux pays. Par exemple, le débat entre les scientifiques était toujours ouvert sur la définition même des espèces et des différents « types » qui s'étaient apparemment développés selon la variation de virulence inquiétante des différentes populations. Les projets menés sur le coton collant ont connu, à ce moment, leurs beaux jours au niveau de la filière. L'idée s'était formée que le ravageur pouvait être incontrôlable et que des solutions devaient être recherchées au sein du secteur de la filature/de la fabrication des filés. La mise au point d'appareils de détection du collage et de machines de chauffe, de lavage et de nettoyage de la fibre illustre cette approche.

En tant que méthode antiparasitaire, les régulateurs de croissance des insectes se trouvaient seulement au stade de la déréglementation dans un grand nombre de pays à ce moment-là et la lutte sur le terrain contre la mouche blanche consistait en des pulvérisations inefficaces. De nombreuses applications de produits extrêmement toxiques sur des mouches blanches adultes à de courts intervalles étaient courantes. Ces produits avaient un impact dévastateur sur l'équilibre biologique, provoquaient l'apparition de parasites

secondaires, augmentaient le risque de développement d'une résistance des ravageurs aux insecticides, coûtaient une fortune et érodaient la rentabilité. Ils représentaient un désastre pour l'environnement et un danger pour la sécurité. Pire que tout, ils ne permettaient pratiquement pas d'éliminer le ravageur car les stades nymphaux n'étaient pas du tout ciblés. Les seuils techno-économiques du traitement chimique des mouches blanches adultes n'étaient pas seulement inutiles : ils se sont avérés être une incompréhension totale de la lutte contre le ravageur.

La récolte du coton de la campagne 1988 a été mauvaise en Israël à cause d'une recrudescence exceptionnellement agressive de la mouche blanche. Une équipe de mission a été réunie et, par la suite, divers groupes de recherche pluridisciplinaire ont été établis pour s'attaquer à cette crise critique et la lutte contre la mouche blanche a été considérée comme la première priorité des efforts de recherche et de développement mis en œuvre et dirigés à l'initiative de l'industrie cotonnière israélienne avant le début du projet.

Telles étaient les circonstances liées à la conception du projet sur la « lutte intégrée contre les ravageurs du coton » (CFC/ICAC/03) : un projet de recherche, bénéficiant d'une quantité impressionnante de recherches solides et collaboratives reposant sur des équipes et des connaissances existantes impliquant des spécialistes du coton motivés dans les quatre pays concernés. Rétrospectivement, de nombreux éléments du projet peuvent être identifiés au sein du secteur et associés aux résultats des efforts de recherche et de développement massifs qui se sont poursuivis à l'échelle mondiale à cette période, et dont le projet CFC/ICAC/03 a constitué une partie importante.

Certes, bien que des efforts considérables aient été déployés pour mettre au point une nouvelle classe de produits chimiques à base d'huile respectueux de l'environnement, de pair avec de nouvelles méthodes d'application efficaces, ces produits n'ont jamais été commercialisés à grande échelle. Toutefois, on peut résumer les détails des réalisations concrètes du projet comme suit :

- En réalité, la commercialisation des régulateurs de croissance des insectes (RCI) pour lutter contre les ravageurs du coton a commencé pendant les années 1990.
- Au début du projet, en 1994/95, il est apparu clairement que la nymphe était le stade de développement du parasite à cibler, par opposition à l'idée d'un contrôle des insectes adultes. Les produits à base d'huile et les méthodes d'application visaient donc ces premiers stades de développement.
- Dans le cadre du projet, des seuils techno-économiques précis ont été déterminés pour éliminer les insectes aux stades nymphaux, particulièrement les stades de croissance 2 et 3.
- Non seulement ces seuils étaient adaptés aux nouveaux produits formulés pendant le projet, mais, en outre, ils correspondaient aux RCI en développement et il s'est avéré que le projet était en phase avec l'utilisation préconisée des RCI existants (buprofézine) et des produits mis au point ultérieurement pour contrôler les nymphes de mouches blanches (pyriproxifène, diafenthion et d'autres).

- L'idée d'incorporer des substances comestibles dans les formulations de pesticides matérialisée pendant la durée du projet découlait du concept de l'élimination des nymphes avec des produits ciblés non toxiques, parallèlement au développement et à l'introduction de RCI.

Certains fabricants de pesticides utilisant des substances comestibles dans leurs produits, particulièrement pour les cultures organiques, ont ultérieurement créé des formulations à base d'huile. Des rapports provenant d'Égypte mentionnent spécifiquement que le recours à l'huile minérale dans la lutte contre les insectes suceurs s'est mieux établie et que la pulvérisation à bas volume à l'aide du Micron ULVA économique contre les insectes suceurs s'est généralisée auprès des petits cultivateurs de coton. L'ULVA est un pulvérisateur portatif à disque rotatif pour l'application d'insecticides et de fongicides par gouttelettes contrôlées à bas volume (BV) et ultrabas volume (UBV).

Le savoir-faire développé grâce aux essais sur le terrain a conduit à des méthodes de comptage systématique mettant en relation les niveaux d'infestation et le stade de croissance des cotonniers afin de déterminer le meilleur moment pour éliminer les nymphes de mouches blanches, ce qui se pratique désormais pour l'application des RCI, des huiles minérales et d'autres produits sur différentes cultures, y compris dans l'agriculture organique.

En ce qui concerne l'utilisation des insecticides et les ennemis naturels, les cultures étaient habituellement pulvérisées avec des insecticides jusqu'à 14 reprises par campagne à la fin des années 1980, entraînant la décimation de la faune d'ennemis naturels, des dégradations environnementales et le développement d'une résistance chez les populations de ravageurs. Cette situation se vérifiait bien dans le cas de *B. tabaci* contre lequel la plupart des insecticides étaient inefficaces à l'époque. Avec le début de la production des RCI, il devint évident que ces nouveaux produits, s'ils étaient utilisés correctement, pouvaient révolutionner la lutte contre la mouche blanche. Cependant, il était nécessaire de déterminer les paramètres de leur utilisation. Une étude a donc été menée de 1990 à 1993 afin d'établir les relations entre le premier RCI utilisé (buprofézine) et les ennemis naturels parasitoïdes attaquant *B. tabaci*. Selon les résultats, dans le cas d'une utilisation appropriée, une synergie pouvait exister entre le produit qui tue les très jeunes nymphes de la mouche blanche et les parasitoïdes exerçant un contrôle aux stades de développement ultérieurs, tout en étant insensibles à l'insecticide. Cette information a été mise à profit dans le projet, et la connaissance selon laquelle il était possible d'utiliser des parasitoïdes à des degrés divers librement et en synergie avec des RCI a été appliquée dans la lutte contre les ravageurs du coton. En conséquence, les quantités de parasitoïdes et leurs effets ont été démontrés. De plus, l'espèce *Encarsia sophia* (par exemple, *E. transvena*) a été introduite en Égypte, où elle s'y est établie. Le recours possible aux ennemis naturels a permis d'élaborer des politiques basées sur un nombre réduit de pulvérisations des cultures de coton.

Le nombre d'applications d'insecticides (s'élevant jusqu'à 14 traitements par campagne) a diminué de façon radicale grâce aux études susmentionnées. Les travaux réalisés dans le cadre

du projet ont prouvé l'efficacité des ennemis naturels et ont démontré les effets spécifiques de différents produits sur le ravageur et les parasitoïdes. Ainsi, l'introduction de certains produits et l'encouragement à les utiliser, à la suite des études liées au projet, ont permis de définir de nouvelles stratégies de lutte contre les ravageurs.

En ce qui concerne les technologies de pulvérisation développées et les connaissances scientifiques acquises pendant le projet CFC/ICAC/03, le savoir-faire a été utilisé pour concevoir plusieurs machines et processus agricoles :

- Raz Sprayers Inc. (Israël) a mis au point un pulvérisateur à tube verseur pour le traitement de courte portée à l'aide d'un flux d'air des cultures à croissance droite telles que la tomate, le poivron et le concombre.
- Micron Inc. (UK) a développé la même technologie dans un pulvérisateur à tube verseur pour le traitement de courte portée utilisant leurs buses spéciales.



Figure 1 : Pulvérisateur mis au point dans le cadre du projet CFC/ICAC/03

Ces deux entreprises ont adapté la technologie suivant les modifications nécessaires aux applications spécifiques ciblées.

La diffusion des connaissances a été une autre réalisation concrète du projet. L'organisation de séminaires de formation dans les pays participants a fait partie intégrante du projet. La méthodologie du partage du savoir-faire, l'enseignement sur le terrain et la valeur des parcelles de démonstration présentées aux participants, au personnel de vulgarisation et aux cultivateurs, dans certains cas, illustrent l'échange des

connaissances, du secteur de la recherche jusque dans le champ. Plus particulièrement, l'importance du comptage des insectes et de l'utilisation de niveaux-seuils en tant que moteurs des décisions en matière de lutte a été soulignée auprès des conseillers agricoles, du personnel chargé du comptage des ravageurs et des personnes à des niveaux de responsabilité supérieurs.

L'importance d'une application précise des produits et des performances des cultivateurs dans la mise en pratique des nouvelles connaissances étaient des thèmes mis en exergue pendant les séances de formation. Le concept des cours de formation visant à promouvoir l'utilisation des connaissances dans le cadre d'un projet de recherche et de développement a été démontré. Enfin, le projet a contribué à la tendance d'une lutte agricole respectueuse de l'environnement en tant qu'élément de la production moderne.

Rétrospectivement, 10 ans après la réalisation du projet, les insectes suceurs, en particulier la mouche blanche en Israël, en Égypte et dans d'autres pays, sont devenus des ravageurs contrôlables et prévisibles. En Israël, la méthodologie antiparasitaire, reposant sur le savoir-faire acquis pendant la période du projet et résultant principalement du projet lui-même, est appliquée jusqu'à aujourd'hui en tant que composante du système de lutte quotidien. Les pulvérisations contre la mouche blanche ont été sensiblement réduites à 1 ou 2 applications par campagne et le degré de compréhension du comportement des insectes suceurs, particulièrement en ce qui concerne *Bemisia tabaci* et son système biologique, s'est nettement amélioré.

Non seulement la mouche blanche n'est plus un ravageur d'importance critique en Israël ou dans de nombreux autres pays, mais son contrôle est devenu si routinier et si efficace qu'il ne figure plus sur la liste des principales priorités de la recherche et du développement et qu'il est considéré comme un défi maîtrisé appartenant au passé.

Le projet sur la « lutte intégrée contre les ravageurs du coton » (CFC/ICAC/03) a apporté une contribution majeure aux efforts soutenus de recherche et de développement déployés à l'échelle mondiale pour combattre une menace principale pesant sur le coton, avec des résultats significatifs impactant la filière jusqu'à aujourd'hui.

Un complément d'information sur la proposition de projet et les résultats obtenus est disponible à l'adresse suivante :

<<http://icac.org/projects/CommonFund/IPMC/english.html>>.

La lutte intégrée contre le charançon de la capsule du cotonnier en Argentine, au Brésil et au Paraguay (CFC/ICAC/04)

Durée du projet :	30 juin 1995 – 30 juin 2001
Pays :	Argentine, Brésil et Paraguay
Institutions participantes :	Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal - IASCAV (Institut argentin de la santé et de la qualité des végétaux), Argentine Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA (Institut national de technologie agricole), Argentine Universidad Nacional del Nordeste – UNNE (Université nationale du Nord-Est), Argentine Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET (Conseil national des recherches scientifiques et techniques), Argentine Empresa de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (Société brésilienne de recherche agricole), Brésil Instituto Agronómico Parana - IAPAR (Institut agronomique du Paraná), Brésil Instituto Biológico (Institut de biologie), Brésil Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG (Ministère de l'Agriculture et du Bétail), Paraguay Dirección de Investigación Agrícola – DIA (Direction de la recherche agricole), Paraguay Instituto Agronómico Nacional – IAN (Institut national d'agronomie), Paraguay
Organisme exécuteur du projet :	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria-SENASA (Service national de la santé et de la qualité agroalimentaire), Argentine

=====

Le projet portant sur la « lutte intégrée contre le charançon de la capsule en Argentine, au Brésil et au Paraguay » a été lancé pour accorder la priorité à la lutte intégrée contre les ravageurs et insister sur l'importance de la coopération internationale. Le Service national de la santé et de la qualité agroalimentaire (SENASA), en Argentine, était chargé de la coordination des travaux menés dans le cadre du projet, mais les recherches elles-mêmes ont été réalisées à de nombreux endroits par plusieurs organisations au sein d'un pays. Au Brésil et au Paraguay, les coordinateurs nationaux, tout comme ceux en Argentine, ont facilité le rassemblement des résultats des recherches et leur diffusion au SENASA. Le ministère de l'Agriculture du Brésil et celui du Paraguay ont activement participé à la mise en œuvre du projet.

Au Mexique, le charançon du coton, aussi communément appelé le ver de la capsule du cotonnier (*Anthonomus grandis*) a envahi le Brésil en 1983 avant de se propager au Paraguay en 1991. Le parasite a continué à se répandre dans le Sud et il est apparu en Argentine en 1994. Les conséquences de cette propagation et la difficulté à lutter contre ce ravageur étaient déjà connues par l'expérience aux États-Unis et dans les pays d'Amérique centrale. Au regard de l'expérience accumulée, l'utilisation des insecticides n'était pas considérée comme un choix judicieux. La présence du charançon de la capsule dans le cône sud de l'Amérique du Sud constituait une menace pour la production cotonnière sur plus de trois millions d'hectares dans les trois pays couverts par le projet. Ces trois pays limitrophes ont pris conscience des complexités inhérentes au contrôle du charançon de la capsule et leurs gouvernements ont décidé d'établir une défense conjointe face au ravageur.

Le charançon de la capsule ne présentait aucun signe annonciateur de l'arrêt de sa progression au moment de l'élaboration du projet. Ce dernier avait pour objectif principal de renforcer la productivité des cultivateurs de coton en définissant et en mettant en place des pratiques efficaces de lutte intégrée contre le ravageur avec des méthodes rentables et un impact minimal sur l'environnement. Le projet approuvé par le Fonds commun pour les produits de base en septembre 1994 reposait sur les objectifs spécifiques suivants :

- Évaluation des connaissances existantes et identification d'éléments fonctionnels utiles pour l'élaboration de mesures spécifiques locales et définition de plans stratégiques régionaux ;
- Étude de l'écologie et de la biologie du charançon de la capsule dans les écosystèmes agricoles des zones subtropicales de l'Argentine, du Brésil et du Paraguay ;
- Adaptation des technologies acquises et développées, à faible coût et écologiquement acceptables, aux conditions/systèmes locaux de production du coton et
- Transfert des technologies et de l'information aux producteurs et aux services de vulgarisation dans les trois pays afin de minimiser les coûts sociaux et l'impact environnemental sur les ressources naturelles.

Principaux résultats du projet

Hôtes alternatifs

Le projet a permis de découvrir qu'un nombre d'espèces végétales appartenant à la famille des malvacées, des composées, des

solanacées, des euphorbiacées et des légumineuses servaient d'hôtes alternatifs au charançon de la capsule lorsque le coton n'était pas cultivé. Le cotonnier est un hôte préféré, mais, quand il ne porte pas encore de fleurs ou de capsules, le charançon de la capsule survit en se nourrissant des grains de pollen des espèces susmentionnées. Il a été démontré que la fluctuation et la sélectivité des prises de pollen par le charançon de la capsule pendant une campagne cotonnière étaient indépendantes du lieu de prélèvement des échantillons. Des espèces exotiques de la famille des malvacées telles que *Hibiscus tiliaceus*, *Hibiscus schizopetalus*, *Hibiscus sabdariffa*, *Abelmoschus esculentus* et *Hibiscus rosa-sinensis* ne sont pas des hôtes de substitution du charançon de la capsule dans des conditions naturelles, non seulement pour se nourrir, mais également à des fins de reproduction. L'échantillonnage et la collecte de plantes pendant des campagnes distinctes et sur des lieux différents ont également montré l'existence de nombreuses plantes entomophiles appartenant à diverses familles, qui ne sont pas ciblées par les charançons de la capsule comme source alimentaire.

Phénologie et dynamique des populations

L'« *Attract and Kill Tube* » (tube qui attire et tue le ravageur dans un piège à phéromone) pourrait être une composante de la LIR et servir à évaluer l'importance de la population adulte du ravageur dans le champ pendant et en dehors de la campagne cotonnière. Les pluies abondantes et les grains de pollen d'hôtes de substitution en profusion représentent une source de nourriture pour le charançon de la capsule et permettent au ravageur de survivre, mais à un plus faible taux que sur les cotonniers. Selon les conclusions des travaux du projet, au début de la campagne cotonnière, l'infestation par le charançon de la capsule commence dans le périmètre des champs de coton. Cette infestation sur le terrain devient extrêmement importante lorsque le cycle végétatif atteint 100 jours et par la suite. Le déracinement et la destruction des chaumes retardaient l'apparition des charançons de la capsule sur la culture suivante. La population adulte de charançons de la capsule a fait l'objet d'une surveillance pendant toute l'année à partir du nombre de prises dans les pièges à phéromone. Les données recueillies sur la période 1995 à 2000 montrent que des quantités maximales de charançons ont été capturées dans les pièges pendant les mois de mai, de juillet et d'août la plupart des années.

Utilisation des insecticides et surveillance de la résistance

Des essais ont été menés dans le cadre du projet, principalement au Brésil où le ravageur était déjà établi au moment du lancement du projet, afin de comparer différents insecticides, formulations et dosages recommandés pour éliminer efficacement le charançon de la capsule. Selon les résultats, les produits les plus efficaces étaient l'endosulfan, la deltaméthrine et la beta-cyfluthrine. Le fenvalérate n'était pas efficace et l'ajout d'exonfre n'augmentait pas la performance des insecticides. Le projet a permis de développer une méthode de diagnostic de la résistance pour les populations locales de la région. Cette méthode est un outil rapide, simple et fiable permettant une évaluation in situ de la résistance. Elle a été brevetée en Argentine et au Paraguay en 1999 et en 2000, respectivement. Cette méthode mise au point grâce au projet est une alternative

aux bio-essais en laboratoire, qui sont hautement spécialisés sur le plan technique et dont les résultats sont nettement plus longs à obtenir.

Lutte biologique

Les parasitoïdes *Bracon bulgaris* et *Cataloculus grandis* ainsi que le prédateur *Euborellia annulipes* ont été identifiés en laboratoire et tuent le charançon de la capsule dans le champ. Les larves de *C. grandis* étaient présentes en plus grand nombre et étaient plus actives, bien que des femelles adultes puissent également tuer des larves et des nymphes du ravageur par injection de toxines. Les travaux menés dans le cadre du projet ont montré que les charançons de la capsule adultes nouvellement émergés étaient les plus vulnérables face aux prédateurs. *C. grandis* a également fait l'objet d'études approfondies aux États-Unis afin de déterminer son parasitisme potentiel du charançon de la capsule. Cependant, depuis la réduction des populations de charançons de la capsule grâce au programme d'éradication de ce ravageur, il n'était plus nécessaire d'élever *C. grandis* et de le libérer dans les champs. Des études sur la parthénogénèse chez *C. grandis* ont été menées pendant le projet et ont permis d'arriver aux conclusions suivantes : les femelles fertilisées pondent des œufs et produisent des femelles et des mâles, alors que les femelles non fertilisées produisent uniquement des mâles. Les études sur la répartition par sexe ont révélé que les femelles exposées à trois mâles produisaient plus de femelles que celles soumises à d'autres combinaisons.

Caractéristiques des populations

Les travaux sur l'amplification aléatoire de l'ADN polymorphe ont montré que les populations de ravageurs provenant des zones de production autre que le coton diffèrent génétiquement de celles associées aux zones de culture du coton. En Argentine, les populations des zones non cotonnières s'établissaient par le passé à chaque fois que du coton était cultivé sur ces terres. Les populations de charançons de la capsule des zones cotonnières au Paraguay et dans la province de Formosa (limitrophe avec le Paraguay) en Argentine pouvaient être associées génétiquement à celles du Brésil.

Utilisation des résultats du projet

Au commencement du projet, les recherches sur le charançon de la capsule étaient insuffisantes pour définir une stratégie d'éradication. Les connaissances acquises depuis 1983 ne permettaient pas un contrôle efficace du ravageur, on ne pouvait donc pas envisager d'arrêter l'avancée du parasite vers le sud et l'invasion du Paraguay et de l'Argentine. Il est évident que, lorsque le charançon de la capsule a été identifié dans ces deux pays, le Brésil, le Paraguay et l'Argentine avaient besoin d'un plan de défense conjoint à mettre en œuvre. À cet égard, la première tentative a consisté en la compréhension de chaque aspect du cycle de vie de l'insecte. Il s'agit de la principale contribution du projet et les données générées dans le cadre de celui-ci fournissent aujourd'hui encore des lignes directrices aux planificateurs de politiques et aux chercheurs, non seulement dans les pays couverts par le projet, mais également dans d'autres touchés par le charançon de la capsule dans la région, dont la Bolivie et la Colombie. On a conclu que le charançon de la

capsule adulte survivait entre les deux campagnes cotonnières et que des taux élevés de survie hivernale entraînaient une population de charançons de la capsule importante sur le coton lors de la campagne suivante. La meilleure utilisation de ces résultats a consisté en l'élaboration et la mise en œuvre du projet CFC/ICAC 36FT sur les « Techniques de lutte intégrée contre les ravageurs (LIR) pour la durabilité des petits producteurs de coton dans le cône sud de l'Amérique du Sud conjointement à un projet pilote pour 400 petits exploitants agricoles dans la province de Formosa, Argentine ». Le ravageur, qui n'entre pas en diapause en Argentine, était ciblé de manière à ce qu'une population minimale puisse se développer et attaquer les champs de coton.

Les connaissances sur les espèces d'hôtes alternatifs, le comportement et les préférences du charançon en termes de nourriture et la variation des populations de charançons selon les campagnes ont contribué à planifier des mesures de lutte reposant sur la prévision des endroits susceptibles de constituer des réservoirs naturels pour le ravageur.

Les connaissances tirées du projet sur le comportement alimentaire et la dynamique des populations ont permis de restreindre la dispersion du charançon de la capsule et d'éviter l'infestation des cultures. Les prises dans les pièges à phéromone ont montré que la population de charançons de la capsule était plus importante entre 1995 et 1997, mais qu'elle restait sensiblement inférieure entre 1998 et 2000. Une baisse de la population de charançons de la capsule pendant trois ans a démontré l'effet des cultures-pièges, du traitement des bordures de champ et de la destruction des chaumes. Depuis l'achèvement du projet, l'utilisation à grande échelle de l'"Attract and Kill Tube" est encouragée par les gouvernements dans un nombre de pays de la région, dont l'Argentine, la Colombie et le Paraguay. La situation est différente au Brésil en raison d'un déplacement important des terres cotonnières du Nord vers le centre-Sud. La zone du centre-Sud (les savanes brésiliennes) représente désormais 99 % de la superficie cotonnière et, étant donné que le coton était une nouvelle culture sur ces terres, on n'observait pas de pression du charançon de la capsule. Au début des années 1990, les États du Nord, qui constituaient la plus grande partie de la culture du coton, étaient gravement touchés par le ravageur. Les producteurs brésiliens de coton, novices dans cette culture comparativement aux producteurs des autres pays, n'avaient pas beaucoup d'expérience en ce qui concerne le problème du charançon de la capsule, mais, à présent, ils utilisent l'information acquise grâce au projet et dans le Nord du pays. La différence se situe au niveau de l'extrapolation des pratiques utilisées dans les petits systèmes de production agricole à de grands systèmes de production dans les savanes.

Sur la base des essais sur l'utilisation des insecticides réalisés dans le cadre du projet, des facteurs opérationnels tels que le type d'insecticides, le dosage et la méthode d'application sont employés dans les zones touchées par le charançon de la capsule dans la région afin d'élaborer une stratégie retardant le développement d'une résistance aux produits insecticides les plus couramment utilisés. Les résultats du projet (par ex. l'eau calcaire rend certains produits chimiques moins efficaces) sont utiles pour sélectionner une eau adaptée (moins saline) pour les pulvérisations. Contribution importante du projet : la présence de sels minéraux réduit la biodisponibilité de l'ingrédient actif dans les insecticides choisis. Les méthodes de détection de la résistance chez les populations des champs suivant les conditions in situ sont d'une grande aide pour identifier le degré de résistance à divers produits. Cela implique d'exposer la population de ravageurs observée sur le champ à un dosage deux fois plus élevé que celui nécessaire pour tuer 95 % de la population. Cette technique, moins coûteuse, représente une option commerciale viable.

Les huiles minérales et les huiles végétales ont été testées en remplacement des insecticides. Les huiles pulvérisées sur le charançon de la capsule dans le champ ont entraîné un ramollissement de la cuticule, ce qui suggère que le mode d'action est un mécanisme physique. Le projet n'a pas permis de formuler des recommandations solides sur ces huiles en dehors de la nécessité d'effectuer des travaux de recherche supplémentaires. A ce jour, les huiles minérales et les huiles végétales ne sont utilisées dans aucun pays pour éliminer le charançon de la capsule et les pays couverts par le projet n'envisagent pas leur utilisation à l'échelle commerciale. Les travaux menés sur les huiles minérales et les huiles végétales sont insuffisants pour formuler une recommandation commerciale.

Les connaissances acquises grâce au projet CFC/ICAC/04 ont servi de base à la plupart des recommandations actuellement suivies dans les pays couverts par le projet. Les résultats ont été diffusés efficacement aux chercheurs, aux planificateurs et aux cultivateurs. Des ateliers ont été organisés et 75 rapports/ documents différents ont été publiés, principalement en espagnol, pendant la durée du projet. Ce projet a été lancé au bon moment et a laissé un impact à long terme sur le contrôle du charançon de la capsule dans la région. En conséquence, le ravageur reste maintenu à des niveaux gérables.

Un complément d'information sur la proposition de projet et les résultats obtenus est disponible à l'adresse suivante :

<<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Boll/english.html>>.

Caractérisation génomique des géminivirus transmis par la mouche blanche au cotonnier et développement de plantes résistantes aux virus grâce à l'amélioration variétale conventionnelle et au génie génétique (CFC/ICAC/07)

Yusuf Zafar¹ et Judith K. Brown²

Durée du projet :	1 ^{er} janvier 1996 – 31 décembre 2001
Pays :	Pakistan, Royaume-Uni et États-Unis
Institutions participantes :	Institut national de biotechnologie et d'ingénierie génétique (NIBGE), Pakistan Institut de recherche cotonnière, Faisalabad, Pakistan Université d'Arizona, Tucson, Arizona, États-Unis John Innes Center, Royaume-Uni
Organisme exécuter du projet :	Institut national de biotechnologie et d'ingénierie génétique, Pakistan

=====

Le Pakistan est le quatrième producteur mondial de coton (avec une production de plus de deux millions de tonnes en 2010/11). La part du Pakistan dans la production mondiale correspondait à environ 8 % lors de cette campagne. Le coton est le pilier de l'économie du pays, représentant 8,2 % de la valeur ajoutée du secteur agricole et près de 2 % du PIB. Environ 65 % des recettes en devises du pays proviennent de produits textiles à base de coton. Toutefois, à côté d'autres problèmes courants, la production cotonnière au Pakistan est soumise à une contrainte unique liée au virus de la frisolée du cotonnier (CLCuV), à l'origine d'une épiphytie lors de la campagne 1992/93. La première épiphytie de la maladie de la frisolée du cotonnier s'est produite en Afrique (au Nigéria en 1912, au Soudan en 1924 et en Tanzanie en 1926), suivie de la maladie du rabougrissement des feuilles du cotonnier, qui est apparue dans le Sud-Ouest des États-Unis dans les années 1950, et de la frisolée du cotonnier avec des symptômes d'énation dans la région du Punjab au Pakistan. Malgré les symptômes quelque peu différents observés dans chaque zone, on ignorait si les agents pathogènes viraux provoquant la maladie étaient identiques ou similaires dans toutes les régions jusqu'à la mise en œuvre de ce projet financé par le Fonds commun pour les produits de base. Le facteur commun aux infestations était l'association de la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Genn.) au développement des symptômes. Selon les symptômes viraux typiques et les résultats des recherches menées à l'Université d'Arizona, aux États-Unis, démontrant l'association d'un nouveau type de virus à ADNsb (Geminiviridae) à la maladie du rabougrissement des feuilles du cotonnier aux États-Unis, les chercheurs ont donc suspecté les géminivirus transmis par la mouche blanche d'être les agents étiologiques en Afrique et au Pakistan.

Lorsque la maladie est apparue sur une vaste superficie au Pakistan, ni le système de surveillance ni les chercheurs n'étaient en mesure de restreindre ce problème à une zone particulière. Le système de recherche pakistanaï était inadapté pour gérer ce problème à cette époque et le virus CLCuV a pris tout le monde par surprise, aussi bien les chercheurs que le personnel de vulgarisation, les fabricants de pesticides et les cultivateurs. Le premier objectif de ce projet quinquennal

(1996-2001) était d'identifier les agents étiologiques de la frisolée dans les trois zones principalement touchées par la maladie afin de comprendre l'étendue de la diversité génétique virale suspectée. Le deuxième objectif visait à mettre au point des méthodes de détection pour aider les sélectionneurs spécialisés dans le coton dans leurs efforts d'identification de variétés résistantes. Le troisième objectif était de recourir à l'amélioration variétale conventionnelle et d'envisager des stratégies transgéniques possibles pour gérer le virus sur la base des connaissances obtenues sur la diversité, la distribution et la prévalence des agents viraux suspectés impliqués. Bien qu'ambitieux, des progrès importants ont été réalisés grâce à cette collaboration internationale, qui a posé les fondations et jeté les bases des futurs travaux de recherche sur les virus infectant le cotonnier à l'échelle mondiale.

Contributeurs aux recherches sur CLCuV au Pakistan

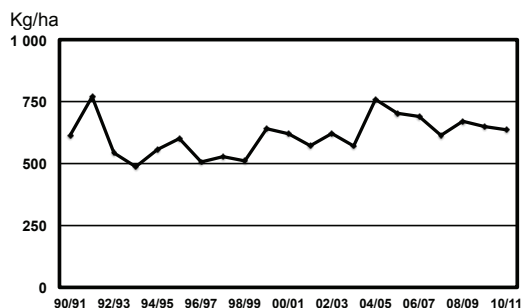
En 1992/93, l'enjeu crucial était de comprendre l'organisme causal de cette maladie dévastatrice. Les pertes financières en termes de production étaient estimées à cinq milliards USD pour la période 1993-1998. La production cotonnière, en particulier dans la province du Punjab, qui représente plus de 80 % du volume total réalisé dans le pays, a chuté de 1,53 million de tonnes (9 millions de balles) à moins d'un million de tonnes (6 millions de balles). Les rendements cotonniers ont chuté de 769 kg/ha en 1991/92 à 487 kg/ha en 1993/94 (- 37 % en deux ans).

Le gouvernement du Pakistan a lancé un mégaprojet à l'échelle nationale (1995-1997) impliquant 33 sous-projets pour un coût de cinq millions USD, avec le soutien financier de la Banque asiatique de développement (BAD). Trente-trois sous-projets étaient englobés dans le projet et, parmi ces sous-projets, la deuxième composante la plus importante était liée à la biotechnologie appliquée au coton, y compris la virologie moléculaire, la transformation du coton, le génie génétique et la génomique du coton. Ce projet a jeté les bases de la virologie moléculaire et de la biotechnologie appliquée

1) Directeur général, Division de technologie agricole et de biotechnologie, Commission pakistanaise de l'énergie atomique, Pakistan

2) Professeur, École des sciences végétales, Université d'Arizona, Tucson, AZ 85721, États-Unis

Rendements du coton - Pakistan



au coton dans le pays. L'Institut national de biotechnologie et d'ingénierie génétique (NIBGE) a été un partenaire de premier plan dans les deux domaines. Un arrêt soudain du parrainage du projet par la BAD en décembre 1997 a paralysé la plus grande partie des efforts de recherche et de développement en matière de biotechnologie du coton. Toutefois, le projet tripartite parrainé par le CFC intitulé la « caractérisation génomique des géminivirus transmis par la mouche blanche au cotonnier et développement de plantes résistantes aux virus grâce à l'amélioration variétale conventionnelle et au génie génétique » (CFC/ICAC/07) a permis de poursuivre les recherches au NIBGE. Le projet a également réuni les meilleurs spécialistes en la matière des États-Unis (Dr Judith K. Brown, Université d'Arizona), du Royaume-Uni (Drs Peter Markham et Rob Briddon, John Innes Centre) et du Pakistan (Dr Kausar A. Malik et son équipe, NIBGE) pour traiter ce problème de taille. Depuis lors, le gouvernement du Pakistan, via divers ministères et organismes internationaux de financement (FAO/IAEA, IFS-Suède, ICGB-Italie, UE-Bruxelles, USDA-Washington et ACIAR-Australie) a accordé une aide financière pour la gestion du virus de la frisolée.

Comprendre le virus de la frisolée du cotonnier

On a découvert que l'agent causal de la frisolée (CLCD) au Pakistan était le virus de la frisolée du cotonnier (CLCuV), qui appartient au genre *Begomovirus*, famille Geminiviridae – un genre inhabituels de virus des plantes dont le génome est un simple brin d'ADN circulaire. Ces virus se distinguent de la plupart des autres virus des plantes, qui sont des virus à ARN. Par conséquent, le défi au Pakistan était unique. Le virus a été isolé, purifié, caractérisé moléculairement et le postulat de Koch a été vérifié. Un système de surveillance a été mis en place pour caractériser le virus infectant le cotonnier, pour différents endroits, mais également pour des campagnes différentes. Une vue d'ensemble s'est donc dégagée, révélant que plusieurs souches/types de bégomovirus étaient responsables de cette maladie. À ce jour, pratiquement neuf séquences pleine longueur ont été déposées auprès d'une banque de gènes en Chine, en Inde et au Pakistan. Une autre particularité était la présence d'une composante satellite (appelée satellite bêta), responsable du développement des symptômes chez des plantes de tabac inoculées expérimentalement. Sans cette

molécule, le virus était incapable de provoquer des symptômes sévères. Malgré cette découverte et la capacité à isoler les satellites des cotonniers infectés, il s'est avéré difficile de reproduire les symptômes de la maladie chez des cotonniers inoculés avec un génome viral cloné et la composante satellite bêta associée.

Toutefois, la compréhension du virus responsable de l'apparition de la maladie a présenté un double avantage pour la gestion du problème. D'une part, on a pu mettre au point des tests de diagnostic moléculaires (basés sur la PCR) pour l'épidémiologie. D'autre part, les chercheurs ont pu mobiliser certains gènes du virus pour les transférer au cotonnier afin d'exploiter le mécanisme de protection croisée en ayant recours au génie génétique. Ces deux avancées ont préparé la voie à des bases solides pour le développement de la virologie moléculaire et du coton biotech au Pakistan.

Diversité des bégomovirus monopartites associés à CLCuD

Sur le sous-continent indien, la maladie de la frisolée du cotonnier est associée à plusieurs bégomovirus distincts et souches en résultant. Les premières études sur la maladie menées au Pakistan au début des années 1990 ont suggéré l'association de la maladie aux bégomovirus. À ce moment-là, on savait seulement que les bégomovirus monopartites et bipartites étaient infectieux et déclenchaient l'apparition des symptômes de la maladie lorsque des éléments viraux clonés étaient utilisés pour inoculer des plantes de manière expérimentale, les satellites associés à certains bégomovirus monopartites n'ayant pas été identifiés avant 1999-2000. La présence de la molécule ADN β n'a pas été prouvée, menant à la conclusion que la maladie était causée par un bégomovirus monopartite, même si l'inoculation de plantes avec le bégomovirus monopartite (à l'heure actuelle : le virus de la frisolée *Multan*, CLCuMV), cloné à partir de plantes symptomatiques, a été un vecteur très peu contagieux pour le coton, produisant ainsi des taux d'infection faibles. De plus, les symptômes n'étaient pas identiques à ceux observés sur le terrain. On a suggéré qu'un autre virus ou facteur non viral était nécessaire pour reproduire les symptômes de la maladie. Étant donné que les chercheurs ont pu montrer que le bégomovirus à ADNsb était transmissible de manière expérimentale entre les cotonniers par le vecteur de la mouche blanche *B. tabaci*, il semblait probable que le composant supplémentaire putatif soit également un type de molécule ADNsb.

Selon les conclusions d'une étude précédente sur les bégomovirus associés à CLCuD, quatre souches ou variants du virus étaient répandus sur le cotonnier au Pakistan. Trois de ces virus sont considérés comme des espèces distinctes : le cotton leaf curl Multan virus (CLCuMV), le cotton leaf curl Alalabad virus (CLCuAV) et le cotton leaf curl Khokhran virus (CLCuKV). Des études supplémentaires ont permis de découvrir d'autres espèces, dont le papaya leaf curl virus, associés à des cotonniers symptomatiques en Inde. Dans le Nord-Ouest de l'Inde, on a mis en évidence la présence de nombreux virus identifiés au Pakistan et d'une autre espèce distincte : le cotton leaf curl Rajasthan virus (CLCuRaV). Cette dernière espèce a été identifiée ultérieurement sur des cotonniers et des plants de tomate au Pakistan.

Plus récemment, le profil génétique des bégomovirus a radicalement changé au Pakistan. On a montré que le virus capable de briser la résistance au Pakistan est un recombinant distinct, le cotton leaf curl Burewala virus (CLCuBuV). Ce virus se compose de séquences dérivées de deux espèces de bégomovirus responsables de l'épiphytie de CLCuD dans les années 1990, CLCuMuV et CLCuKoV. Toutefois, les chercheurs ont découvert que ce virus ne contenait pas l'un des compléments de gènes habituels codés par les bégomovirus. Comme ce fut le cas lors de l'épiphytie des années 1990, le virus capable de briser la résistance (CLCuBuV) s'est répandu en Inde et de nouveaux problèmes sont apparus en raison de l'infection par CLCuBuD de variétés qui étaient résistantes précédemment, ce qui a entraîné des pertes sévères dans la culture de coton au Pakistan et en Inde en 2009/10.

Tout au long de l'épiphytie causée par CLCuD sur pratiquement l'ensemble du Pakistan dans les années 1990, la région de production cotonnière du Sud de la province du Sindh a été largement épargnée par la maladie. C'est pour cette raison que les producteurs de cette région n'ont pas cultivé de variétés de coton résistantes au virus. Toutefois, en 2003/04, la maladie est apparue dans le Centre et le Sud du Sindh, provoquant des pertes de rendement considérables. Cela a coïncidé avec l'introduction de variétés de coton non autorisées à la culture par les autorités gouvernementales, en raison de leur sensibilité élevée à CLCuD. L'analyse des bégomovirus associés aux infestations a révélé la présence de CLCuKoV au Sindh et identifié un nouveau recombinant que les chercheurs ont proposé d'appeler cotton leaf curl Shadadpur. Les raisons des différences existantes entre le Sindh et le reste du Pakistan, en termes d'incidence de CLCuD et de diversité des bégomovirus associés, restent incertaines. Toutefois, la présence au Sindh d'un biotype distinct de *B. tabaci*, avec la possibilité d'une gamme hôte et de spécificités vectorielles du virus distinctes a été suggérée (Monsoor *et al.*, 2011).

Transmission du virus - Pakistan

Le projet CFC/ICAC/07 a prouvé clairement que la mouche blanche *Bemisia tabaci* est le seul vecteur de propagation du virus. Il a également été démontré que le virus n'était pas transmis par voie aérienne par d'autres insectes ou par la semence. Cette observation importante, plus précisément le CLCuV qui constitue un problème à trois composants (virus-mouche blanche-hôte), a renforcé le rôle de la mouche blanche dans la maladie de la frisolée. Toutefois, on a rapidement observé que le niveau seuil économique (NSE) auquel la mouche blanche provoque des dégâts directs ne pouvait pas être mis en relation avec la transmission du virus. Un faible nombre de mouches blanches est suffisant pour propager cette virose. Par conséquent, le contrôle de la mouche blanche, bien qu'étant un élément important de la gestion de la maladie, n'a pas été suffisant pour éradiquer cette dernière. Le projet mené au Conseil national de recherche agricole (NARC), Islamabad, Pakistan, en collaboration avec l'Institut écossais de recherche sur les cultures (SCRI), Dundee, Royaume-Uni, et un autre groupe de chercheurs à Valence, Espagne, et financé par l'Union européenne (UE), a permis d'étudier la mouche blanche et d'en réaliser la caractérisation moléculaire. L'étude a montré que la mouche blanche la plus répandue au Pakistan

appartenait au biotype K et que le biotype B était également observé occasionnellement dans le Sud du Sindh. Les études scientifiques ont donc fourni suffisamment de données pour formuler des stratégies de contrôle de la frisolée dans le pays. L'utilisation d'insecticides systémiques pour éliminer les insectes suceurs, y compris la mouche blanche, sous forme d'un traitement de la semence est désormais une pratique courante pour les cultivateurs de coton dans le pays.



Figure 1 : Culture infectée par le virus de la frisolée

Hôtes alternatifs de CLCuV

Au Pakistan, le coton est normalement récolté en novembre/décembre et semé en mai/juin chaque année. Malgré la rupture apparente du cycle de vie du virus, la maladie était toujours présente la campagne cotonnière suivante. Le projet CFC/ICAC/07 a joué un rôle important dans la recherche d'hôtes alternatifs. Une étude scientifique a été réalisée afin d'identifier diverses plantes hôtes, étant donné que la mouche blanche était observée sur pratiquement toutes les cultures. Seules les plantes hôtes permettant à la mouche blanche de retransmettre le virus au cotonnier ont été considérées comme étant importantes. Selon une étude contrôlée, l'okra, l'hibiscus, le piment et la tomate sont des hôtes alternatifs importants pour le virus de la frisolée. Cette information essentielle a contribué à la gestion du virus de la frisolée grâce à la mise sur pied d'une campagne de masse par les services de vulgarisation au Punjab et au Sindh. Les résultats de l'étude ont également permis d'éviter un désastre écologique, qui aurait pu se produire s'il avait été décidé d'éliminer les cultures fréquemment visitées par la mouche blanche. Ces études ont été bien documentées dans les revues internationales (Hussain *et al.*, 2003).

La mise au point des cotons résistants aux virus

La solution la plus viable et la plus durable à la maladie de la frisolée était la mise au point de variétés de coton résistantes

au virus de la frisolée. Deux volets du projet CFC/ICAC/07 y étaient consacrés. L'amélioration variétale conventionnelle a été confiée à l'Institut de recherche cotonnière, Faisalabad, Pakistan, un des collaborateurs du projet, alors que les aspects liés au génie génétique ont été attribués au NIBGE, Faisalabad. Les deux groupes ont collaboré pour lutter contre ce problème. Pour la première fois, spécialistes en biotechnologie et sélectionneurs conventionnels se sont assis à la même table. Cette stratégie a été très payante car de nombreuses variétés de coton biotech issues des efforts collaboratifs sont désormais disponibles pour les producteurs. Cette collaboration est à présent encore renforcée par le Conseil de recherche agricole du gouvernement qui fait de cette collaboration un élément obligatoire à tout financement.

La sélection variétale conventionnelle

Le Pakistan a la chance de disposer de centres de recherche sur les produits de base (coton, blé, canne à sucre, riz, etc.) répartis sur l'ensemble de son territoire. Les instituts de recherche sur le coton ont immédiatement lancé un programme de dépistage de tout le matériel génétique (local et exotique) disponible dans les zones sensibles (« hotspots ») au regard de la maladie. Sur les centaines d'accessions testées, les sélectionneurs ont réussi à découvrir trois ou quatre lignées de matériel génétique de *G. hirsutum* ne présentant aucun symptôme de la maladie après infection par la mouche blanche porteuse du virus ou par greffe. Ces lignées de matériel génétique (LRA 5166, CP-15/2, Cedex et Reba) ont été très largement utilisées dans les programmes d'amélioration variétale en tant que donneurs pour la résistance au virus. L'Institut de recherche cotonnière, Faisalabad, a mis au point deux variétés célèbres dans le cadre du projet CFC/ICAC : FH 900 et FH 901. Suivant un mécanisme similaire, l'Institut central de recherche sur le coton, Multan, un institut du gouvernement fédéral, a créé une série de variétés résistantes aux virus, dont CIM-285, CIM-443, CIM-448, CIM-496 et CIM-1100. Ces avancées, cumulées au diagnostic du virus, à la gestion du vecteur (mouche blanche) et à l'éradication des hôtes alternatifs, ont apporté un moment de répit, et le pays était sur le point d'être débarrassé de la frisolée (cf. graphique "Rendements du coton au Pakistan à la page 46). Le Pakistan a enregistré une production record de 2,4 millions de tonnes (14,2 millions de balles) en 2003/04. Ce progrès était principalement induit par les informations acquises grâce aux nouvelles recherches, en particulier le projet CFC/ICAC. Les sélectionneurs nationaux ont véritablement été les porte-drapeaux de cette réussite.

Le génie génétique pour les cotons résistants aux virus

Le coton biotech génétiquement modifié et le coton Roundup Ready® sont utilisés aux États-Unis depuis la campagne 1995/96. C'est ainsi que le développement d'une résistance au virus de la frisolée par le génie génétique a été choisi comme stratégie pour résoudre ce problème. En apparence, le génie génétique peut être défini très simplement comme le transfert d'un ou de plusieurs gènes d'un organisme à un autre. Toutefois, cette technologie est très complexe dans la pratique. Elle englobe de multiples aspects et nécessite un niveau élevé d'infrastructures et de connaissances. Par ailleurs, la question de la propriété

intellectuelle ou des brevets ainsi que d'autres préoccupations en termes de biosécurité sont d'autres pierres d'achoppement dans l'accès à la biotechnologie.

Le projet CFC/ICAC a renforcé la recherche menée sur la biotechnologie appliquée au coton et a jeté des bases solides pour un programme de création de variétés de coton biotech au NIBGE. À l'heure actuelle, ce programme figure parmi les programmes les plus importants des instituts du secteur public dans le pays. Le personnel a reçu une formation dans les laboratoires de collaborateurs aux États-Unis et au Royaume-Uni, ainsi que dans d'autres laboratoires, parmi les meilleurs, au Royaume-Uni, aux États-Unis et en Australie. La transformation du coton ressemble désormais à une « ligne d'assemblage », où des groupes spécialisés dans l'isolement des gènes, la transformation des gènes, l'expression génique et son évaluation, les marqueurs moléculaires et l'évaluation de la biosécurité travaillent ensemble au NIBGE.

La résistance dérivée d'un agent pathogène (PDR) est l'utilisation d'un gène du virus pour combattre une maladie virale. Cette résistance a été la première stratégie adoptée pour obtenir un coton biotech résistant au virus. Le groupe de virologie moléculaire au NIBGE a fourni des gènes destinés à être insérés dans le génome du cotonnier. La protéine de l'enveloppe (PE), les gènes associés à la réplication (AC1), etc., ont été utilisés. Le modèle transgénique basé sur les gènes associés à la réplication a été mis au point et évalué en serre (Asad *et al.*, 2003).

En l'absence de législation en matière de biosécurité dans le pays, un code volontaire a été adopté pour l'évaluation du coton et une installation de confinement a été établie. On a testé les traits du coton génétiquement modifié résistant au virus. Ensuite, le coton a fait l'objet d'essais sur le terrain. Entre-temps, le virus a muté (modifications de sa composition génétique) (Zafar, 2002) et a surmonté la résistance développée en employant un gène de l'ancien virus (Mansoor *et al.*, 2003). En ce qui concerne la résistance biotech, les deux composants (l'hôte et l'agent pathogène) sont deux organismes vivants : ils sont donc enclins à l'adaptation et difficilement contrôlables.

On a montré que la frisolée était associée à plusieurs virus du genre bégomovirus collectivement dénommés virus de la frisolée. Désormais, des stratégies à plusieurs volets ont été mises en place suivant lesquelles des couches multiples de résistance issues du génie génétique sont intégrées face à cette maladie. Une solution durable est toujours hors de portée.

L'autre approche utilisée dans les technologies de modification génétique consiste à rechercher des analogues de gènes de résistance (RGA) dans le coton diploïde (*G. arboreum*) résistant au virus (immunisé). Le travail de fond a débuté dans cette direction pendant le projet. Il s'agit d'une approche conventionnelle qui nécessite un engagement à long terme. Une résistance existe bien, mais les barrières inter-espèces sont responsables de la lenteur des progrès. Les travaux démarrés dans le cadre du projet se poursuivent à l'Institut de recherche cotonnière, Faisalabad, en collaboration avec l'Institut central de recherche sur le coton, Multan, qui a également commencé un travail similaire. Ce défi colossal pourrait devenir plus réalisable lorsque le séquençage du génome entier des cotons diploïdes sera disponible dans la base de données publique.

Activités connexes au Pakistan

Le projet CFC/ICAC/07 a été mis en œuvre de 1996 à 2001, en quatre groupes (le NIBGE, l'Institut de recherche cotonnière - Faisalabad, le Dr Judith Brown de l'Université d'Arizona - États-Unis et les Drs Peter Markham et Rob Briddon, du John Innes Centre - Royaume-Uni) travaillant de concert pour résoudre un problème national touchant la production du coton au Pakistan. Ces recherches menées en collaboration ont ouvert de nouvelles possibilités pour les chercheurs pakistanais spécialisés dans le coton. L'Institut central de recherche sur le coton, Multan, a organisé une réunion régionale du Réseau asiatique de recherche et de développement pour le coton à Multan en 1999, à l'occasion de laquelle les travaux du projet CFC/ICAC ont été présentés pour le bénéfice des participants de l'Inde, de la Chine et de l'Ouzbékistan. Le NIBGE a renforcé les relations avec le Fonds commun pour les produits de base et a accueilli la « Consultation régionale sur le coton génétiquement modifié pour l'évaluation des risques et des opportunités pour les petits producteurs de coton » dans le cadre d'un autre projet parrainé par le CFC (CFC/ICAC/34FT). Plus récemment, l'ICAC a organisé une réunion régionale des pays producteurs de coton au Lahore, Pakistan, du 23 au 25 février 2011. Une nouvelle fois, les réalisations du projet CFC/ICAC/07 et les activités poursuivies après l'achèvement du projet ont été mises en exergue dans différents communiqués présentés par des chercheurs du NIBGE. Toutes ces activités témoignent d'une très forte présence du CFC et de l'ICAC dans le pays. Après l'achèvement du projet tripartite CFC/ICAC/07, le Dr Rob W. Briddon, un chercheur principal du John Innes Centre, Royaume-Uni, a rejoint le NIBGE à Faisalabad, Pakistan. Depuis 2003, le Dr Rob W. Briddon effectue des recherches sur les gémiviruses au Pakistan en qualité de professeur invité, sous l'égide de la Commission de l'enseignement supérieur du gouvernement du Pakistan. La présence du Dr Briddon au NIBGE est une contribution importante pour le projet. Son assiduité témoigne de son engagement solide à l'égard du défi difficile de la compréhension et de la gestion de la frisolée au Pakistan.

La superficie touchée par la maladie et les conséquences de cette dernière en termes de pertes financières pourraient avoir des implications telles pour l'économie nationale qu'un seul ou quelques projets seraient insuffisants pour le gouvernement. Le projet CFC/ICAC ainsi que d'autres projets nationaux et internationaux ont joué un rôle majeur dans l'endiguement de la maladie. La frisolée n'a pas pu être éliminée, mais elle est certainement contenue. Les connaissances acquises sur le vecteur et le virus ont été payantes pour le budget de l'État. Les producteurs ont retiré un bénéfice direct, pas en termes d'accroissement des rendements, mais certainement en termes limitation des pertes.

Récemment (2010/11), un nouveau projet de recherche collaborative a été créé entre le ministère américain de l'Agriculture et plusieurs de ses laboratoires du Service de recherche agricole - ARS (Mississippi, Texas), l'université d'Arizona (États-Unis), le NIBGE (Pakistan), le Centre pour l'excellence dans la biologie moléculaire de l'université de Punjab-Lahore (Pakistan), l'Institut central de recherche sur le coton (Multan, Pakistan), l'Institut de recherche cotonnière (Faisalabad, Pakistan) afin de s'attaquer au problème des souches de CLCuV capables de briser la résistance et des

divers haplotypes vecteurs de la mouche blanche dont on sait désormais qu'ils propagent les virus au Pakistan. Nombre de ces partenaires avaient travaillé ensemble par le passé et ont renouvelé leur engagement pour résoudre cette nouvelle crise au Pakistan, mais également pour empêcher ces virus de se propager davantage. Parmi les approches adoptées, on peut citer le séquençage des nouvelles générations pour étudier la diversité virale aux niveaux des souches et des espèces, l'amélioration variétale conventionnelle et par le génie génétique pour la résistance au virus, l'haplotypage des populations vectorielles de mouches blanches par rapport aux associations particulières de bégomovirus dans les régions de production du coton au Pakistan et le développement de diagnostics utilisant les SNP afin de détecter les complexes satellites des bégomovirus s'attaquant au cotonnier et le contrôle à médiation par l'interférence de l'ARN du vecteur (mouche blanche).

Conclusion

Le virus de la frisolée représente un défi unique pour la production cotonnière au Pakistan depuis presque 20 ans. La maladie touche essentiellement la région du Punjab, une zone importante de production dans le pays. Des cas de frisolée ont été signalés en Inde et en Chine, ainsi que dans certaines parties de l'Ouzbékistan. Le projet CFC/ICAC/07, mis en œuvre au Pakistan en collaboration avec des partenaires du Royaume-Uni et des États-Unis de 1996 à 2001, a consolidé la capacité de recherche sur la biotechnologie appliquée au coton. Les quatre sous-composantes du projet portaient sur la compréhension du virus et de son vecteur (la mouche blanche) ainsi que la gestion de la maladie par l'amélioration variétale conventionnelle et l'utilisation de techniques modernes telles que la sélection assistée par marqueurs et le génie génétique. Actuellement, le programme de biotechnologie pour le coton du secteur public visant le développement de coton génétiquement modifié pour la résistance aux virus, aux insectes et aux herbicides, la tolérance à la salinité et à la sécheresse et l'amélioration de la fibre sont à différents stades de développement et d'évaluation. On sait désormais que les virus infectant le cotonnier, qui sont étroitement proches de CLCuV observé au Pakistan, sont largement répandus au Burkina Faso, au Cameroun, en Égypte et au Soudan, entre autres. Il s'agit donc jusqu'ici de virus monopartites associés à des satellites bêta et/ou alpha. Dans l'hémisphère occidental, CLCrV est la seule espèce de virus reconnue à l'origine de l'infection des cotonniers, bien que la variabilité génomique varie entre 89 % et 100 % entre les isolats. La propagation de CLCuMV et de ses satellites (Multan et Burewala) en Inde, ainsi que l'introduction récente de la souche du virus Multan et de son satellite en Chine constitue une nouvelle menace pour ces pays producteurs de coton. Il en va de même à l'échelle mondiale si le virus n'est pas confiné aux zones actuelles d'infection. Les plantes ornementales constituent un vecteur potentiel important, à l'instar de toute espèce de plante-refuge de mouches blanches virulifères capables de transmettre les bégomovirus pendant leur cycle de vie, une fois que le virus est acquis. La collaboration internationale visant à limiter la transmission de ces virus ainsi que d'autres virus véhiculés par la mouche blanche est essentielle pour la viabilité à long terme de la production cotonnière et celle d'autres cultures telles que le piment, les cucurbitacées et la tomate,

hôtes de certaines espèces et souches de begomovirus qui infectent également le coton.

De nombreux articles et rapports ont été publiés dans le cadre du projet, mais seuls les travaux susmentionnés sont repris dans les références.

Un complément d'information est disponible à l'adresse suivante :

<<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Leaf/english.html>>.

Références consultées et résultant du projet

- Asad, S., W.A. Haris, A. Bashir, Y. Zafar, K.A. Malik, M.N. Malik and C.P. Lichtenstein. 2003. Transgenic tobacco expressing geminiviral RNAs are resistant to the serious viral pathogen causing cotton leaf curl disease. *Archives of Virology* 148, 2341-2352.
- Briddon, R.W., S.E. Bull, I. Amin, S. Mansoor, I.E. Bedford, N. Rishi, S.S. Siwath, Y. Zafar, A.M. Abdel-Salam and P.G. Markham. 2004. Diversity of DNA 1; a satellite-like molecule associated with monopartite begomovirus-DNA β complexes. *Virology* 324: 462-474.
- Briddon, R.W., S.E. Bull, I. Amin, A.M. Idris, S. Mansoor, I.D. Bedford, P. Dhawan, N. Rishi, S.S. Siwath, A.M. Abdel-Salam, J.K. Brown, Y. Zafar and P.G. Markham. 2003. Diversity of DNA β : a satellite molecule associated with some monopartite begomoviruses. *Virology* 312:106-121.
- Briddon, R.W., S. Mansoor, I.D. Bedford, M.S. Pinner and P.G. Markham. 2000. Clones of cotton leaf curl geminivirus induce symptoms atypical of cotton leaf curl disease. *Virus Genes* 20:17-24.
- Briddon, R.W., S. Mansoor, I.D. Bedford, M.S. Pinner, K. Saunders, J. Stanley, Y. Zafar, K.A. Malik and P.G. Markham. 2001. Identification of DNA components required for induction of cotton leaf curl disease. *Virology* 285:234-243.
- Brown, J.K. and M.R. Nelson. 1984. Geminate particles associated with cotton leaf crumple disease in Arizona. *Phytopathology* 74:987-990.
- Brown, J.K., J.D. Mihail and M.R. Nelson. 1987. Effects of cotton leaf crumple virus on cotton inoculated at different growth stages. *Plant Dis.* 71:699-703.
- Brown, J.K. and M.R. Nelson. 1987. Host range and vector relationships of cotton leaf crumple virus. *Plant Dis.* 71:522-524.
- Brown, J.K. and J. Bird. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean basin. *Plant Dis.* 76:220-225.
- Brown, J.K., A.M. Idris, I. Torres-Jerez, G.K. Banks and S.D. Wyatt. 2001. The core region of the coat protein gene is highly useful for establishing the provisional identification and classification of begomoviruses. *Arch. Virol.* 146:1-18.
- Harrison, B.D., Y.L. Liu, S. Khalid, S. Hameed, G.W. Otim-Nape and D.J. Robinson. 1997. Detection and relationships of cotton leaf curl virus and allied whitefly-transmitted geminiviruses occurring in Pakistan. *An. Appl. Biol.* 130:61-75.
- Hussain, M., S. Mansoor, I. Amin, S. Iram, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003. First report of cotton leaf curl disease affecting chilli peppers. *Plant Pathology*. 52:809.
- Idris, A.M. and J.K. Brown. 2007. Genetic diversity of Cotton leaf crumple virus in the Western Hemisphere. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-4*, Sept 10-14, 2007; Lubbock, TX. CD-ROM.
- Kirkpatrick, T.L. and C.S. Rothrock (eds.). 2001. Compendium of cotton diseases. 2 ed. APS Compendium of Plant Disease Series. St. Paul, Minn.
- Kumar, A., J. Kumar and J. Khan. 2010. Sequence characterization of cotton leaf curl virus from Rajasthan: phylogenetic relationship with other members of geminiviruses and detection of recombination. *Virus Genes*. In press.
- Mansoor, S., R.W. Briddon and Y. Zafar. 2006. Geminivirus disease complexes; the threat is spreading. *Trends in Plant Sciences*, Vol.11 (5): 209-212.
- Mansoor, S., I. Amin, M. Hussain, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003. The breakdown of resistance in cotton to cotton leaf curl disease in Pakistan. *Plant Pathology* 52, 784.
- Mansoor, S., I. Amin, S. Iram, M. Hussain, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003a. Breakdown of resistance in cotton to cotton leaf curl disease in Pakistan. *Plant Pathol.* 52:784.
- Mansoor, S., I. Bedford, M.S. Pinner, J. Stanley and P.G. Markham. 1993. A whitefly-transmitted geminivirus associated with cotton leaf curl disease in Pakistan. *Pakistan J. Bot.* 25:105-107.
- Mansoor, S., R.W. Briddon, S.E. Bull, I.D. Bedford, A. Bashir, M. Hussain, M. Saeed, M.Y. Zafar, K.A. Malik, C. Fauquet and P.G. Markham. 2003b. Cotton leaf curl disease is associated with multiple monopartite begomoviruses supported by single DNA b. Arch. *Virol.* 148:1969-1986.
- Mansoor, S., S.H. Khan, A. Bashir, M. Saeed, Y. Zafar, K.A. Malik, R.W. Briddon, J. Stanley and P.G. Markham. 1999. Identification of a novel circular single-stranded DNA associated with cotton leaf curl disease in Pakistan. *Virology* 259:190-199.
- Shahid, M.S., S. Mansoor and R.W. Briddon. 2007. Complete nucleotide sequences of cotton leaf curl Rajasthan virus and its associated DNA b molecule infecting tomato. Arch. *Virol.* 152:2131-2134.
- Tuttle, J.R., A.M. Idris, J.K. Brown, C.H. Haigler and D. Robertson. 2008. Extensive geminivirus-mediated gene silencing from Cotton leaf crumple virus enhanced by low temperatures in *Gossypium hirsutum*. *Plant Physiol.* doi10.1104/pp.108.123869.
- Wilson, F.D. and J.K. Brown. 1991. Inheritance of resistance to cotton leaf crumple virus in cotton. *J. Hered.* 80:508-509.
- Zafar, Y., 2002. Emergence of a new cotton leaf curl virus strain in Pakistan. *The ICAC Recorder USA*: June 2002: 10.
- Zafar, Y., S. Mansoor, S. Asad, R.W. Briddon, M. Idress, W. Sultan Khan, P. Markham, J.K. Brown and K.A. Malik. 2003. Genome characterization of whitefly-transmitted geminivirus of cotton and development of virus-resistant plants through genetic Engineering and conventional breeding. *The ICAC Recorder*, June: 2003 12-16.
- Zhou, X., Y. Liu, D.J. Robinson and B.D. Harrison. 1998. Four DNA-A variants among Pakistani isolates of cotton leaf curl virus and their affinities to DNA-A of geminivirus isolates from okra. *J. Gen. Virol.* 79:915-923.

Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage (CFC/ICAC/11)

Jean-P. Gourlot¹, Abdin² M. Ali, Abdelrahman Abdellatif³ et A.R. Abdalla²

Durée du projet :	1er janvier 1997 - 30 avril 2001
Pays :	France et Soudan
Institutions participantes :	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), France Institut Français du Textile et de l'Habillement (IFTH), France Soudan Cotton Company Ltd. (SCC), Soudan Programme Coton, Société de recherche agricole (ARC), Soudan
Organisme exécuteur du projet :	Soudan Cotton Company Ltd., Soudan

=====

Dans le rapport final du projet CFC/ICAC/11 (« Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage »), les partenaires de ce projet ont déclaré : « À long terme, l'outil de classement du collage devrait être économiquement viable et devrait assurer une amélioration du coton soudanais ». Près de dix ans plus tard, il est possible de vérifier cette conclusion à la lumière de faits réels.

Le problème à résoudre

Le collage du coton provient de diverses sources : parties végétales, traces d'huile, cires, sucres de la plante et excréments sucrés (miellat) des insectes. Le miellat représente la cause de collage la plus importante et la plus problématique. Au fil du temps, le miellat est devenu un important contaminant identifié dans le coton collant. Le collage entraîne des pertes en termes de production et de qualité car les points collants restent dans la matière, à partir du moment où la fibre se trouve dans le champ jusqu'à la production industrielle des textiles. On sait que le comportement des fibres contaminées pendant le processus de transformation textile dépend fortement de la quantité et du type des principaux sucres présents dans le coton. Les fibres contaminées induisent au moins une perte de la qualité, voire des perturbations pendant la filature et les étapes suivantes de la transformation. Dans ces circonstances, les coûts de transformation sont plus élevés et les filés sont souvent de moins bonnes qualités. Pour surmonter ce problème, des étapes viennent parfois s'ajouter à la transformation, ce qui augmente encore les coûts de ce processus, et/ou des décotes sont exigées sur le prix des matières premières en compensation. On entre donc dans un cercle vicieux, où cette origine du coton acquiert une mauvaise réputation, entraînant d'autres réductions automatiques sur la matière brute.

Ainsi, l'idée était de vérifier si une combinaison classement-séparation des parties collantes/non collantes du coton pouvait être réalisée suivant un seuil de collage donné. Le seuil de collage a dû être déterminé par des essais de filature approfondis. Le projet CFC/ICAC/11 a été mis en œuvre de 1997 à 2001 avec le financement du Fonds commun pour les produits de base, le Soudan et le CIRAD, en France. Chaque institution participante a versé des contributions de contrepartie.

Quelques solutions apportées par le projet

Le laboratoire d'évaluation de la qualité de la fibre à la station de recherche sur le coton de l'ARC, Wad Medani, a été équipé de plusieurs thermodétecteurs du collage du coton (SCT) afin d'obtenir une analyse détaillée du collage du coton soudanais. Après une formation adéquate des techniciens, les thermodétecteurs du collage du coton ont été utilisés pour mesurer le collage dans le coton soudanais par zone de production. Des études complémentaires ont également été menées avec les H2SD (High Speed Stickiness Detectors) disponibles au CIRAD, France. Ces expériences ont permis de comprendre que, dans des conditions d'échantillonnage et d'analyse données, il est possible d'établir un classement du collage en utilisant ces instruments de mesure du collage. Selon les conclusions des essais de filature réalisés à l'Institut Français du Textile et de l'Habillement, un seuil mondial commun pour le coton collant ou non collant ne peut pas être dérivé pour l'ensemble du coton. En effet, les usines de filature définissent et configurent normalement leurs machines suivant la spécificité des textiles à produire. Donc, chaque client peut exiger un seuil à appliquer pour la catégorisation du degré de collage. En conséquence, il sera difficile d'évaluer un risque de litige, en tenant compte de chaque seuil. En effet, la fraction collante d'un coton, telle que mesurée par le SCT et l'H2SD, est donnée en termes de nombre de points collants. Ce nombre suit une distribution de Poisson dans le meilleur des cas ou une distribution « sur-dispersée » avec divers paramètres dans le pire des cas.

Pendant le projet, l'ARC a également mené des recherches sur les pratiques culturelles susceptibles de développer une production sans coton collant. Dans l'intervalle, on a appris que certaines régions productrices de cotons non collants au Soudan détenaient un savoir-faire supplémentaire en matière de gestion du système de culture. En conséquence, des réunions ont été organisées afin de partager ces connaissances avec les autres régions produisant du coton collant et pour élargir leurs applications dans le pays après la fin du projet. Les leçons provenant des régions productrices de cotons non collants ont été mises en pratique par des cultivateurs soudanais dans les régions de production de coton collant, entraînant une

1) Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France

2) Soudan Cotton Company Ltd, Karthoum, Soudan

3) Société de recherche agricole, Wad Medani, Soudan

amélioration à long terme de la production en termes de collage. Des recherches ont également été réalisées par l'ARC sur des pratiques culturales qui permettraient des productions sans collage, lesquelles ont également été mises en œuvre.

D'une manière générale, il a été démontré que la caractérisation suivante est très importante :

- Permettre une cartographie de la ou des situations pour déterminer le ou les domaines les plus problématiques afin d'en comprendre les raisons et proposer des solutions à appliquer à divers niveaux, du champ jusqu'à l'usine de filature ;
- Encourager les échanges entre les parties prenantes soudanaises pour arriver à des efforts concertés et des décisions communes. Ces discussions ont contribué à l'élaboration de solutions locales, mises en œuvre avec succès car le problème est à présent résolu.

Un projet visant à résoudre le problème du collage dans un pays permet de renforcer le besoin de recourir à des outils descriptifs pour caractériser les situations. Au terme du projet, les machines et le laboratoire sont restés la propriété de l'ARC et de la SCC et ces machines sont toujours utilisées pour caractériser le collage du coton soudanais. La SCC est donc en mesure de classer ses livraisons aux clients.

La situation actuelle

En fait, la situation actuelle du collage du coton est bien meilleure qu'au terme du projet CFC/ICAC/11 en 2001. Le Soudan n'est plus cité dans les "Cotton Contamination Surveys" de la Fédération internationale des industries textiles comme une origine de production de coton contaminée. Le tableau ci-dessous montre que les réponses positives, c.-à-d. celles affirmant que du coton collant a été identifié dans les lots livrés, ont diminué de manière continue depuis 2001 à moins de 5 réponses enregistrées (en 2007 et en 2009, Figure 1). Il convient de noter que 2001 est la dernière année du projet et que les connaissances utilisables pour éviter le collage dans le pays, grâce à de meilleures pratiques dans le champ, ont été diffusées dans les diverses régions du Soudan.

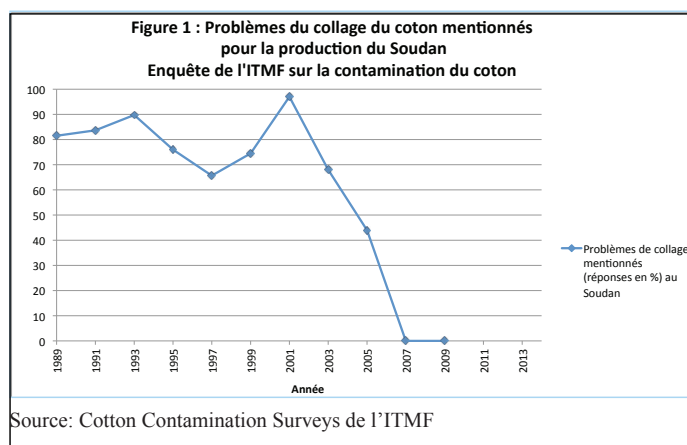
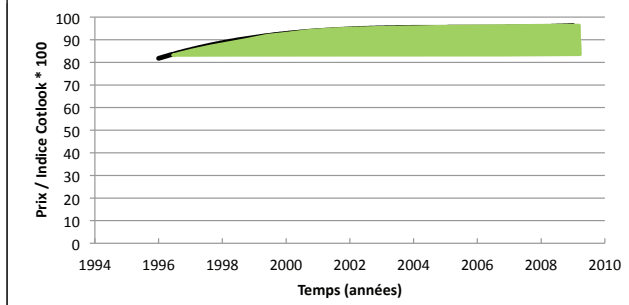


Figure 2 : Évolution des prix du filé après le rétablissement de la réputation du coton

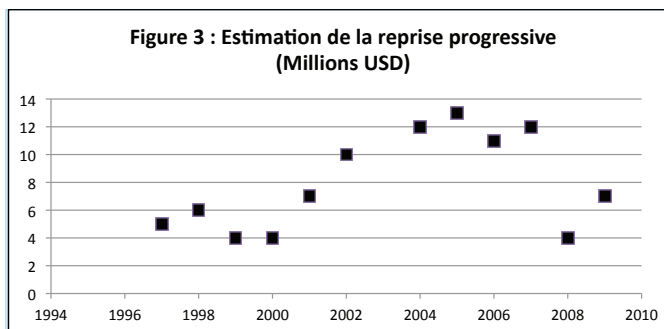


Selon les données provenant du Soudan, le pays a analysé des lots de balles depuis la fin du projet, et de plus en plus de lots ont été identifiés comme « non collants » par la Soudan Cotton Company Limited pour l'étiquetage interne. En conséquence, le problème du collage s'est atténué depuis 2001. Étant donné que cette contamination a commencé à diminuer, la Soudan Cotton Company a permis d'améliorer l'image et la réputation du coton soudanais, entraînant une diminution des décotes financières imposées aux livraisons aux clients. De plus, une part plus importante de la production soudanaise (à hauteur de 90 % à l'heure actuelle) n'a pas du tout été pénalisée financièrement. La Figure 2 montre une tendance haussière des gains financiers et commerciaux du fait du rétablissement de la réputation du coton soudanais : les consommateurs ont confiance dans les mesures techniques en vigueur pour lutter contre le collage. Le coton collant, bien que présent en faibles quantités, est désormais identifié et vendu séparément.

Remarque : Le ratio de la hausse des prix par la Soudan Cotton Company Limited à l'Indice A de Cotlook augmente au fil du temps, atteignant un plateau avant le début d'une nouvelle augmentation ces dernières années. La zone sombre illustre le gain réalisé grâce au projet CFC/ICAC/11 (récolte de base 1996-97 au commencement du projet).

En l'absence du projet CFC/ICAC/11, le Soudan aurait continué à vendre son coton avec la même décote année après année, à un prix équivalant environ 80 % de l'Indice A de Cotlook. La zone sombre de la Figure 2 représente la perte de chiffre d'affaires que le Soudan aurait subie à cause du collage. En tenant compte de la production annuelle dans sa totalité (statistiques de l'ICAC) et des données de simulation « prix/Indice A de Cotlook » de la Figure 2, il est clair que le Soudan a su générer des recettes supplémentaires année après année grâce à la mise en œuvre du projet (Figure 3). Globalement, le gain en chiffre d'affaires s'élève à 95 millions USD sur la période 1997-2009.

Preuve supplémentaire, la comparaison de l'évolution des productions à celle des problèmes du collage, tels qu'ils sont suivis par les analyses de l'ITMF, montre que le nombre de problèmes diminue beaucoup plus rapidement que toute tendance des productions enregistrées depuis 1989 (Figure 4). En effet, une baisse de production s'explique principalement par des



mesures d'encouragement pour la production de biens autres que le coton au Soudan.

Les données sur le collage présentées dans la Figure 4 proviennent de l'ITMF. La situation concernant le collage s'améliore encore, étant donné qu'une rétribution équitable est distribuée à toutes les parties prenantes pour leurs meilleures pratiques. En conséquence, la rétribution pour une meilleure qualité profite également aux producteurs : le prix versé aux cultivateurs par unité de masse de coton-graine augmente plus rapidement que l'Indice A de Cotlook (Figure 5).

Conclusion

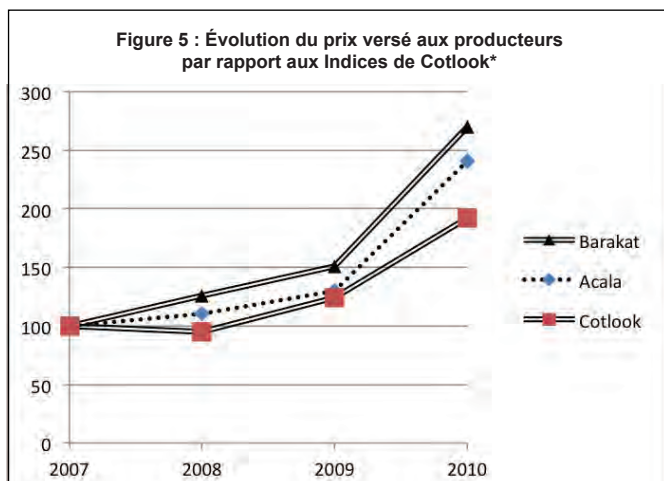
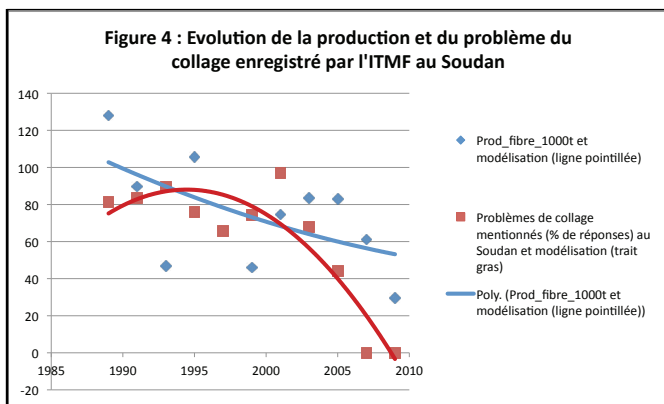
Le projet CFC/ICAC/11 a permis au Soudan d'isoler le problème du collage. Par le passé, des décotes financières étaient appliquées à l'ensemble du coton à cause du risque de collage d'une partie du coton. À présent, les négociants peuvent acheter et vendre en toute confiance du coton non collant et, donc, éviter des décotes sur ce coton. Le problème a été résolu grâce à des activités importantes telles que des séances de formation (services de vulgarisation, ateliers pour l'amélioration des pratiques des parties prenantes), le transfert d'innovation, la coopération intra et inter pays, les résultats des recherches et la diffusion de ces résultats dans le monde « réel ». Toutes ces activités ont finalement soutenu la revalorisation de la production cotonnière au Soudan et ont été profitables pour les producteurs soudanais en ce qui concerne l'amélioration de leurs pratiques. L'objectif final d'un projet est l'application efficace de ses conclusions dans la durée. Au terme du projet CFC/ICAC/11, il est maintenant certain que l'utilisation des conclusions du projet a permis le rétablissement de la réputation du coton soudanais après 10 ans.

Un complément d'information sur la proposition de projet et les résultats obtenus sont disponibles à l'adresse suivante :

<<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Stickness/english.html>>.

Bibliographie

ITMF, *Cotton Contamination Survey*. 1993 to 2009, International Textile Manufacturers Federation: Zürich (CHE).



Base = 100 en 2007, rendement d'égrenage estimé à 40 %.

*Source des données :

- http://www.cotlook.com/index.php?action=more_indices&from_day=1&from_month=1&from_year=2010&to_day=1&to_month=1&to_year=1996&view=3 ;
- Estimation de l'Indice de Cotlook en 2010 : http://www.schottfabrics.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=58
- Soudan Cotton Company Limited.

Remarque : Au Soudan, l'indice B est la référence en 2007 et l'indice A est utilisé pour les campagnes suivantes.

Lutte durable contre le ver de la capsule, *Helicoverpa armigera*, dans les systèmes de production du coton à petite échelle (CFC/ICAC/14)

Keshav R. Kranthi, Directeur, Institut central de recherche sur le coton, Nagpur, Inde

Durée du projet :	1 ^{er} octobre 2000 – 1 ^{er} juillet 2005
Pays :	Chine, Inde, Pakistan et Royaume-Uni
Institutions participantes :	Université agricole de Nanjing, Chine Centre national de vulgarisation et de service de technique agricole, Chine Institut central de recherche sur le coton, Nagpur, Inde Université agricole du Tamil Nadu, Inde Université agricole du Penjab, Ludhiana, Inde Institut central de recherche sur le coton, Multan, Pakistan Département pour le développement international (DFID), Royaume-Uni Institut des ressources naturelles, Royaume-Uni Station de recherche expérimentale de Rothamsted, Royaume-Uni Comité d'action sur la résistance aux insecticides (IRAC)
Organisme exécuteur du projet :	Natural Resources International Ltd., Royaume-Uni

=====

Un projet intitulé « Lutte durable contre le ver de la capsule, *Helicoverpa armigera*, dans les systèmes de production du coton à petite échelle » a été parrainé par le Fonds commun pour les produits de base pour être exécuté par la Chine, l'Inde, le Pakistan et le Royaume-Uni. L'objectif général du projet était d'élaborer, d'appliquer et de diffuser des systèmes de culture et des pratiques de gestion des ravageurs pour lutter de manière rentable et durable contre le ver de la capsule *Helicoverpa armigera*. Le but du projet consistait à s'appuyer sur les connaissances et les expériences existantes afin de poursuivre le développement de méthodes efficaces permettant de réduire considérablement l'utilisation de pesticides dangereux et d'améliorer la rentabilité des producteurs de coton. Le principal objectif du projet était de mettre au point les outils nécessaires à une lutte rationnelle, économiquement et écologiquement acceptable contre le ver de la capsule *Helicoverpa armigera* résistant aux insecticides dans les systèmes de production du coton à petite échelle. Bien que les activités directes du projet se soient concentrées sur les systèmes de production et les cultivateurs les plus démunis en Asie, le projet visait, tout au long de sa mise en œuvre, à assurer que les résultats finaux soient également pertinents et applicables aux petits producteurs africains, également confrontés à des coûts de production plus élevés et subissant des pertes de production à cause du ver de la capsule.

Pendant près de deux décennies environ, entre 1980 et 2000, la production et l'économie du coton en Inde ont été en permanence en crise à cause du ver de la capsule *Helicoverpa armigera* résistant aux insecticides et responsable de l'utilisation excessive d'insecticides, soit 70 % de tous les insecticides appliqués sur le coton. Le coton a consommé environ 50 % de l'ensemble des insecticides utilisés en Inde. Le problème de la résistance en Chine et au Pakistan a également entraîné de graves conséquences liées à l'utilisation des insecticides sur le coton et à la stagnation des rendements. En Chine, la résistance aux insecticides a atteint son pic au début des années 1990. Le rendement moyen du coton en Chine est tombé à 660 kg/ha en 1992/93. L'incapacité à éliminer les vers de la capsule après de nombreuses pulvérisations d'insecticides (à cause

d'un problème de résistance) a également porté atteinte aux rendements au Pakistan, bien que le problème soit passé au second-plan en raison de l'apparition de la frisolée du cotonnier. En Inde, malgré une utilisation excessive d'insecticides, la production n'atteignait que 250-300 kg environ par hectare et stagnait. La résistance aux insecticides chez les vers de la capsule a poussé les producteurs à augmenter la fréquence d'utilisation des insecticides, la plupart du temps sous la forme de « cocktails », ce qui a rendu la lutte contre les ravageurs inefficace et généré des troubles écologiques ainsi qu'une pollution environnementale. Les producteurs ont tenté tant bien que mal de lutter contre ces ravageurs en ayant recours à tous les insecticides disponibles dans toutes les combinaisons possibles. Les pertes de production étaient dues à l'inefficacité de la quasi-totalité des insecticides couramment utilisés pour lutter contre les ravageurs du coton. Les infestations fréquentes de vers de la capsule sur le coton ont provoqué une crise dans la culture cotonnière. A la fin de 1992, des études ont montré que les souches indiennes du ver de la capsule *Helicoverpa armigera* présentaient une résistance à la quasi-totalité des insecticides recommandés pour éliminer l'insecte.

Par la suite, le Conseil indien de recherche agricole (ICAR) a lancé un programme de recherche en collaboration avec l'Institut des ressources naturelles (NRI), Royaume-Uni, en 1992, avec pour principal objectif d'aider les producteurs indiens à combattre le ver de la capsule résistant aux insecticides. Un groupe de chercheurs de l'Institut international de recherche sur les cultures pour les régions tropicales semi-arides (ICRISAT), Inde, envoyés par le NRI, Royaume-Uni ; de l'Institut indien de recherche agricole, (IARI), New Delhi ; de l'Institut central de recherche sur le coton, Nagpur ; de l'Université agricole de l'Andhra Pradesh et de l'Université agricole du Tamil Nadu ont démarré une étude systématique afin de comprendre l'intensité du problème et de développer des stratégies en vue de l'éradiquer. En 1995, une série d'articles scientifiques ont été publiés par le groupe afin de prouver cette résistance. L'équipe a émis de propositions qui ont contribué à lutter contre le problème de la résistance du ver de la capsule aux insecticides. Le programme de collaboration



Figure 1 : Ver de la capsule en train de se nourrir sur une capsule

ICAR-NRI s'est poursuivi lors d'une nouvelle phase entre 1996 et 1999 en vue, principalement, d'exploiter les résultats du projet précédent en diffusant, dans la région, des stratégies de lutte contre les ravageurs reposant sur la gestion de la résistance aux insecticides (GRI). Le projet a réussi à démontrer que les nouvelles techniques de GRI intégrant des perspectives écotoxicologiques permettaient une maîtrise efficace et durable de la lutte contre les ravageurs du coton.

Bien que les stratégies de GRI aient beaucoup aidé les producteurs, certaines questions clés devaient être traitées pour rendre la lutte contre les ravageurs du coton plus durable. Ces questions concernaient l'utilisation en alignement de groupes d'insecticides pendant une campagne afin de perturber le moins possible les écosystèmes prédateur-parasitoïde, de lutter efficacement contre les ravageurs et de maintenir la gestion des ravageurs le plus longtemps possible. Des études ont été réalisées pour comprendre les aspects fondamentaux de la résistance liés aux mécanismes et à la génétique de la résistance, et aux relations croisées des mécanismes de résistance des différents groupes d'insecticides. En outre, deux objectifs majeurs consistaient à mettre au point des appareils destinés à repérer les insecticides fallacieux et à détecter sur le terrain les vers de la capsule résistants aux insecticides. Le Fonds commun pour les produits de base (CFC), Pays-Bas, le Comité consultatif international du coton (ICAC), Washington, le Natural Resources International Ltd. (Royaume-Uni) et l'ICAR ont lancé le projet CFC/ICAC/14 en octobre 2000, en collaboration avec des chercheurs de Chine, d'Inde, du Pakistan et du Royaume-Uni en vue de traiter ces questions. Le Fonds commun pour les produits de base a financé le projet grâce à des contributions du Département pour le développement international (DFID) du Royaume-Uni, du Comité d'action sur la résistance aux insecticides de l'industrie internationale des pesticides et de l'ensemble des gouvernements nationaux. Ce projet a été supervisé/coordonné par le Comité consultatif international du coton.

Ce projet de quatre ans a permis d'obtenir les résultats de recherche significatifs suivants :

- Un examen global de l'impact des insecticides pour le coton sur les ravageurs et leurs ennemis naturels a été repris dans le logiciel « Helibase » développé spécialement à cet effet et permettant à l'utilisateur de consulter toutes les informations publiées dans le monde sur le contrôle du ver de la capsule par des insecticides.
- Une cartographie détaillée des niveaux de résistance face aux principaux groupes d'insecticides pour le coton dans les zones de culture cotonnière en Chine, en Inde et au Pakistan. Cette description a été réalisée à partir d'échantillons d'insectes réguliers recueillis dans le champ.
- Une compréhension approfondie de la base génétique et moléculaire de tous les mécanismes biologiques sous-jacents qui permettent au ver de la capsule de survivre aux insecticides (réduction de la quantité d'insecticide pénétrante, détoxification à l'intérieur de l'organisme et même modification de la forme des molécules dans le système nerveux sur lequel agit l'insecticide dans le corps pour éviter que l'insecticide ne se lie à elles). Le modèle de présence de ces mécanismes de défense se révèle complexe et vérifie quels sont les produits chimiques qui font l'objet de la plus grande résistance et où se manifeste cette résistance, ce qui permet de concevoir des programmes d'utilisation des insecticides plus ciblés.
- Une compréhension des mélanges de produits chimiques censés être efficaces et dans quelles situations. Certains mélanges d'insecticides pyréthroïdes et organophosphorés généralement utilisés peuvent aider à lutter contre les vers de la capsule résistants aux pyréthroïdes, mais il arrive souvent que ces mélanges ne soient pas plus efficaces pour tuer les ravageurs que le composant unique le plus efficace du mélange. Dans la mesure où les mélanges à pulvériser ciblent rapidement plusieurs mécanismes biochimiques de résistance, ce qui pose problème pour l'utilisation d'une gamme d'insecticides, ces mélanges sont uniquement recommandés dans des circonstances très spécifiques.
- On a procédé, dans le cadre du projet, à des essais sur le terrain à grande échelle sur plusieurs sites en Inde. Ces essais ont permis d'évaluer la résistance aux insecticides en laboratoire sur des chenilles recueillies dans un champ situé dans une zone donnée. Le but était de déterminer l'efficacité de la lutte contre les ravageurs dans le champ avec ce produit chimique. Les chercheurs savent désormais quels insecticides peuvent être recommandés et à quel endroit.
- Sur la base de l'équipement de pulvérisation archaïque, et principalement manuel, utilisé dans la région, le projet a permis de déterminer le type d'équipement (y compris les buses de pulvérisation) pouvant être utilisé en toute sécurité ainsi que le mode d'utilisation, afin de garantir une lutte efficace contre les vers de la capsule. Une grande partie du matériel actuellement utilisé n'est tout simplement pas en mesure d'assurer un tel résultat.
- Le nombre d'insecticides commerciaux disponibles dans la région et ne répondant pas aux normes minimales (mal formulés ou coupés avec de l'eau) – plus d'un quart de l'ensemble des échantillons recueillis dans le cadre d'une étude réalisée dans le Nord de l'Inde – est tellement élevé que le CICR Nagpur a mis au point des kits immunologiques jaugeurs (« dipstick ») instantanés destinés à évaluer la qualité des pesticides. Les producteurs et les détaillants peuvent ainsi vérifier à peu de frais la qualité d'un bidon de pesticides en quelques minutes.

au point de vente, plutôt que de passer par un processus d'analyse contraignant, coûteux et chronophage dans un laboratoire gouvernemental.

- Le CICR a également développé des kits jaugeurs similaires pouvant être utilisés sur des chenilles écrasées afin de déterminer leur résistance à un insecticide particulier. Ces tests peuvent être utilisés dans le champ afin d'évaluer l'efficacité d'un produit chimique en particulier s'il est pulvérisé dans une zone spécifique.
- Les stratégies de gestion de la résistance aux insecticides (GRI) ont été conçues sur la base de l'utilisation d'une séquence raisonnable et sensée d'insecticides efficaces sur les vers de la capsule tout en attaquant le moins possible les insectes et les organismes utiles qui tuent les ravageurs nuisibles. La séquence d'insecticides a assuré la rotation des groupes d'insecticides sur la base de mécanismes de résistance non liés. Les stratégies ont été développées suivant les résultats de l'évaluation du risque de la résistance, l'efficacité du contrôle des ravageurs, la sélectivité écologique (basée sur l'évaluation de l'Organisation internationale de lutte biologique-IOBC) et de l'évaluation des risques environnementaux (basée sur l'évaluation du quotient d'impact environnemental-EIQ).

Utilisation des résultats du projet CFC/ICAC/14

Le projet CFC/ICAC/14 a permis une meilleure compréhension des aspects fondamentaux de la résistance aux insecticides, en particulier en ce qui concerne l'utilisation correcte des insecticides conformément à la GRI sur la base du mode d'action, des mécanismes de résistance et du mode d'hérédité de la résistance. Les stratégies actuelles de GRI comprennent le coton biotech, les nouveaux pesticides et les composants de LIR afin de garantir une gestion efficace des ravageurs tout en dépendant le moins possible d'insecticides nocifs. Les stratégies de GRI sont mises en œuvre dans 250 à 1000 villages chaque année en Inde et bénéficient du soutien financier du ministère de l'Agriculture indien. Actuellement, les dégâts causés en Inde par le ver de la capsule du Nouveau Monde *Helicoverpa armigera* sont insignifiants sur le coton et considérés comme gérables sur d'autres cultures. Cette situation s'explique essentiellement par la culture à grande échelle du coton biotech, la mise en œuvre étendue de la GRI et l'introduction de nouveaux insecticides efficaces dans la lutte contre les ravageurs. L'utilisation d'insecticides sur le coton a diminué de manière significative au cours des 7 à 8 dernières années. La Chine a également introduit le coton biotech au cours des premières années de commercialisation de ce dernier. Le Pakistan a continué de se concentrer sur l'éradication de la frisolée du cotonnier qui se répandait dans toute la ceinture cotonnière du pays et adopté le coton biotech quelques années plus tard. Il est pertinent de mentionner le coton biotech dans la mesure où il a agi comme un tampon face au problème de résistance et est également apparu comme un composant essentiel de la LIR. C'est un hasard si le projet CFC/ICAC/14 a coïncidé avec l'introduction du coton biotech dans la région. L'impact du projet aurait été perçu de façon plus évidente en l'absence du coton biotech.

Bien que l'application des stratégies de GRI et de LIR soit restée très répandue en Chine, en Inde et au Pakistan au cours de ces 10 dernières années et qu'elle aient généré des avantages conséquents, le coton biotech résistant aux insectes, introduit en Inde en 2002, a été reconnu comme un moyen de gestion efficace du ver de la capsule. Les données indiquent clairement que le coton biotech a permis de contrôler efficacement le ver de capsule et a contribué de manière significative à la réduction de l'utilisation des insecticides pour éliminer le ravageur en Inde et en Chine. L'utilisation d'insecticides a diminué au Pakistan, mais pas autant qu'en Inde en raison de la nécessité accrue de lutter contre la mouche blanche, vecteur de la frisolée du cotonnier. En Inde, au cours des 7 à 8 dernières années, le coton biotech résistant aux insectes a joué un rôle majeur dans la protection efficace des cultures contre les vers de la capsule, en particulier le ver de la capsule du Nouveau Monde, *Helicoverpa armigera*, et a donc permis d'éviter des pertes de rendement. L'utilisation d'insecticides était néanmoins en recul permanent en raison de la mise en œuvre intensive des stratégies de GRI en Inde, bien avant que l'introduction du coton biotech n'ait accéléré le processus. L'utilisation de pesticides (71 130 tonnes en 1991) est tombée à 43 580 tonnes en 2000 et a continué de baisser en 2008 (27 439 tonnes). La biotechnologie et la mise en œuvre intensive des stratégies de GRI ont entraîné une réduction de l'utilisation des insecticides : 46 % en 2001 à moins de 26 % après 2006 et 21 % en 2009 et 2010. La réduction de l'utilisation d'insecticides en Inde de 160 millions USD (7 180 millions INR) en 2004 pour les chenilles de lépidoptères du cotonnier à 25 millions USD (1 100 millions INR) avec 5 millions USD (230 millions INR) à peine consacrés à la lutte contre le ver de la capsule en 2010, peut être considérée comme un résultat spectaculaire du travail de gestion des ravageurs, dont fait partie le projet CFC/ICAC/14.

Il existe une perception générale selon laquelle l'introduction du coton biotech est à elle seule à l'origine de la hausse du rendement et de la réduction de l'utilisation des insecticides en Inde. Pourtant, une lecture critique des données montre que cette augmentation de la superficie consacrée au coton biotech n'a pas de lien significatif avec les hausses de rendement en Inde. Le rendement moyen national de la fibre était de 463 kg/ha lorsque la superficie cotonnière biotech représentait moins de 6 % en 2004 et a atteint à peine 495 kg/ha en 2010 quand elle est passée à 9,4 millions d'hectares, soit 85 % de la superficie totale (11,1 millions d'hectares). La hausse maximale du rendement (de 300 kg/ha à peine en 2001 à 463 kg/ha en 2004) provient d'autres technologies telles que la GRI, avant l'augmentation de la superficie cotonnière biotech en Inde. En Chine, la lutte contre le problème de résistance a entraîné une amélioration du rendement. Au Pakistan, l'avantage s'est traduit par une stabilité ou une baisse moins importante de la production. En Inde, le redressement du rendement a été attribué à la culture massive du coton biotech, à la mise en œuvre de la LIR et de la GRI à grande échelle par le ministère de l'Agriculture et l'ICAR, à l'introduction de plusieurs hybrides de coton hautement productifs, à l'augmentation de la superficie cotonnière dans les zones productives, à la hausse du nombre de barrages de contrôle et de systèmes d'irrigation goutte à goutte, à l'augmentation de la superficie cotonnière hybride de 40 % à 90 % et à l'introduction de 6 à 7 nouvelles molécules insecticides efficaces destinées à lutter contre le ver de la capsule et à gérer les ravageurs suceurs. Au cours des cinq

dernières années, une hausse significative de la production a été observée en Inde. En 2004 et en 2005, l'Inde a produit environ 4,1 millions de tonnes de coton. Cette production est passée à 4,8 millions de tonnes en 2006 et à 5,2 millions de tonnes en 2007/08. La production de coton de l'Inde a un impact visible sur le scénario import-export mondial. Ces dernières années, la production a été excédentaire de 1 million à 1,5 million de tonnes par rapport à la consommation intérieure. L'Inde est devenue l'un des premiers exportateurs mondiaux de coton brut avec des exportations allant de 600 000 tonnes à 1,5 million de tonnes. D'après les prévisions du Projet de politique nationale sur les fibres 2010/20, l'utilisation de coton par l'industrie du textile devrait s'élever à 7 millions de tonnes d'ici 2019/20, soit une augmentation de 68 % par rapport à la consommation de coton par le secteur textile estimée pour l'année en cours. Compte tenu des changements actuels, le besoin d'outils et de technologies spécifiques pour détecter *Helicoverpa armigera* résistant aux insecticides et les faux pesticides a considérablement diminué. Les technologies sont néanmoins disponibles et peuvent être utilisées par tous les chercheurs intéressés.

Développement de stratégies de GRI dans le cadre du projet CFC/ICAC/14 et mise en œuvre

Les technologies de GRI ont été développées sur la base des résultats du projet CFC/ICAC/14 et le programme de diffusion/mise en œuvre dirigé depuis le CICR, Nagpur, et financé par le ministère de l'Agriculture du gouvernement de l'Inde dans le cadre du programme Mini-Mission II (MM-II) de la Mission technologique sur le coton (TMC). Cette Mini-Mission II avait pour but de mettre en place des systèmes de gestion des ravageurs du coton durables en Inde afin de réduire globalement la résistance aux insecticides et d'améliorer l'efficacité des molécules recommandées dans la lutte contre les ravageurs. Au départ, les stratégies de GRI ont été mises en œuvre avec succès à l'échelle pilote dans 25 villages situés dans différentes parties du pays pendant 5 ans, de 1996 à 2001, dans le cadre du projet NRI-ICAR. Les plans de diffusion ont ensuite été élargis à partir de 2002 avec le soutien de l'ICAR et du ministère de l'Agriculture. Le programme a été élaboré à partir de 10 années de recherche sur la résistance au CICR. L'objectif était de modifier radicalement la manière dont les producteurs percevaient l'utilisation des pesticides sur le coton de façon à entraîner une nette réduction de l'utilisation globale des pesticides et, parallèlement, une diminution de la résistance aux insecticides chez les ravageurs du coton. Les résultats des approches participatives des cultivateurs se sont révélés très encourageants. La prise de conscience des producteurs a énormément évolué, comme en a témoigné la diminution notable de l'utilisation des pesticides dans toutes les régions ayant implémenté le programme.

Au total, neuf coordinateurs de l'État provenant d'instituts ou d'universités

nationaux ont collaboré avec les ministères d'État chargés de l'agriculture afin de superviser l'exécution du programme via 32 coordinateurs à l'échelle du district et 56 chercheurs. Entre 260 et 1 010 hommes de terrain, basés dans les villages, ont été employés chaque année ces 10 dernières années. Jusqu'à présent, 26 centres de surveillance de la résistance aux insecticides ont été établis dans le cadre du projet afin de permettre aux cultivateurs de prendre des décisions pour lesquelles ils auront été correctement conseillés et d'opter ainsi les solutions appropriées en matière d'insecticides. Au cours de ses cinq années d'exécution, le projet a permis de gérer efficacement les vers de la capsule grâce à une réduction au minimum de l'utilisation d'insecticides et à une augmentation simultanée du rendement du coton et de la faune utile dans l'écosystème du coton à travers le pays. Le nombre d'États, de districts, de villages, de producteurs et la superficie concernés par les stratégies de GRI au cours de ces cinq années, ainsi que les chiffres visés pour la campagne correspondante, sont indiqués ci-dessous.

Le programme de GRI, qui a exploité les résultats des travaux menés sur la résistance, y compris le projet CFC/ICAC/14, a été mis en œuvre en deux phases. La première phase s'est déroulée entre 2002 et 2006 et la seconde a débuté en 2007 et se terminera en 2012. Pendant cinq ans, entre 2002 et 2006, le projet de GRI a été implémenté sur 315 559 hectares dans 2 635 villages situés dans 28 districts de 10 États producteurs de coton en Inde et financé à hauteur de 2,58 millions USD par le ministère de l'Agriculture, gouvernement de l'Inde dans le cadre de la Mini-Mission II de la Mission technologique sur le coton. Une étude approfondie a été menée de 2002 à 2006 afin d'évaluer l'impact global du projet en termes de bénéfices financiers nets réalisés par les producteurs. L'avantage économique total a été estimé à 41,8 millions USD (augmentation du rendement) et à 17,47 millions USD (économies réalisées sur les pesticides). Les cinq années suivantes (2007 à 2010), les stratégies de GRI ont été diffusées par 150 128 producteurs sur 290 561 hectares dans 2 602 villages de 30 districts de 10 États indiens différents. La mise en place du programme a entraîné des hausses du rendement correspondant à un bénéfice supplémentaire net de 12,2 millions USD et une économie liée à la réduction de l'utilisation des insecticides estimée à 5,7 millions USD, soit un bénéfice supplémentaire total de 17,9 millions USD grâce au projet. Il ne fait aucun doute que le projet CFC/ICAC/14 a contribué à ces bénéfices grâce aux connaissances développées pendant son implémentation.

Zones couvertes par le programme GIR

Année	Nombre d'États	Districts	Villages	Producteurs	Superficie (ha)
2002/03	10	26	273	2 801	2 781
2003/04	10	26	300	5 372	13 816
2004/05	11	27	444	20 525	59 232
2005/06	11	26	571	43 282	102 886
2006/07	10	33	1 047	62 289	136 844
2007/08	10	31	840	49 149	92 191
2008/09	10	32	851	45 557	80 124
2009/10	10	33	662	38 472	80 003
2010/11	10	21	249	16 950	38 242

Le projet de GRI a utilisé les résultats du projet CFC/ICAC/14 afin de diffuser les stratégies qui avaient exercé un impact considérable sur les modèles d'utilisation des pesticides en Inde. En Chine et au Pakistan, les résultats ont été exploités différemment, mais le niveau de résistance aux insecticides est pratiquement identique (Gill et Ahmed, 2005). Une réduction significative de l'utilisation des insecticides (pyréthroides et quelques organophosphates tels que le monocrotophos et le phosphamidon) qui perturberaient les écosystèmes et favoriseraient les infestations et les attaques de vers de la capsule, combinée à une augmentation de l'utilisation d'insecticides tels que le spinosad et l'emamectine benzoate qui portent atteinte à la santé du ver de la capsule, ont donc entraîné une diminution des infestations. Ceci était plus évident encore dans le Nord de l'Inde où le coton biotech n'a été introduit qu'en 2005, alors que les vers de la capsule avaient presque entièrement disparu depuis 2003. Cet effet s'est combiné à celui du coton biotech et, aujourd'hui, plus aucun problème lié au ver de la capsule n'est signalé dans le pays. En conséquence, une partie des travaux portant sur la détection des vers de la capsule résistants aux insecticides et l'identification des insecticides fallacieux est désormais considérée comme moins pertinente compte tenu des circonstances actuelles.

Développement et utilisation du kit d'identification de la qualité des insecticides

Les petits exploitants des pays en développement d'Asie et d'Afrique sont confrontés à plusieurs problèmes dont la plus grande partie est liée à la qualité des intrants tels que les semences et les pesticides. Bien que les laboratoires gouvernementaux réalisent des tests afin de mesurer la pureté des pesticides, des semences hybrides et des lots de semences de coton biotech, le nombre de laboratoires de ce type et leur accès par les petits exploitants sont limités. De plus, en Chine, en Inde et au Pakistan, il n'existe aucun test qui pourrait être utilisé directement sur le terrain ou sur le site de test même pour détecter la nature « non conforme aux normes minimales » ou « fausse » des intrants, principalement en ce qui concerne les cultures biotech ou les pesticides. Par ailleurs, le problème des vers de la capsule résistants aux insecticides a atteint un tel niveau de gravité que les petits exploitants ont utilisé désespérément et sans succès des surdoses d'insecticides ou des « cocktails » d'insecticides pour lutter contre les ravageurs dans les pays concernés par le projet. Le projet CFC/ICAC/14 a été lancé afin de développer des technologies simples qui permettraient aux cultivateurs de réaliser des tests « sur le terrain » et d'établir un début de preuve avant de se convaincre de la qualité des intrants. Le projet CFC/ICAC/14 a permis de développer une nouvelle technologie simple sous la forme de jauges (« dipsticks ») destinés à détecter les vers de la capsule résistants aux insecticides et les pesticides non conformes aux normes minimales. La technique immunologique basée sur les anticorps communément appelée « dipstick/jaugeur » est un outil simple et peu coûteux qui permet d'identifier plusieurs substances à analyser qui sont importantes sur le plan agricole telles que celles présentes dans les cultures biotech, les pesticides, les bio-pesticides, etc., et ce, en vue d'évaluer la

qualité mais aussi pour d'autres fins comme les diagnostics des ravageurs et des maladies.

L'analyse des résidus d'insecticides et le contrôle de la qualité des formulations commerciales sont réalisés au moyen de méthodes classiques faisant appel à la chromatographie gazeuse et liquide. Les méthodes se distinguent par leur caractère hautement sensible et fiable, mais elles sont également onéreuses, prennent du temps, impliquent de multiples étapes dans la préparation et l'analyse des échantillons et nécessitent l'intervention d'analystes expérimentés. Des procédures de nettoyage d'échantillons en plusieurs étapes sont appliquées dans le cadre de l'analyse classique des résidus d'insecticides suivie d'une chromatographie gazeuse (CG) ou d'une chromatographie liquide à haute pression (CLHP). Les immunodiagnosics sont des outils analytiques très sensibles et sélectifs destinés à détecter des traces de produits chimiques tels que les pesticides et sont récemment apparus comme une alternative aux méthodes classiques. Les jauges (« dipsticks ») immunodiagnosics permettant l'évaluation sur le terrain de la qualité des substances à analyser, utilisent une membrane en tant que support de revêtement des anticorps et reposent sur une coloration visible à l'œil nu. Ces immunodiagnosics sur membrane sont simples à développer et sont désormais considérés comme la méthode de choix pour détecter les pesticides. L'immunochromatographie sur membrane (« lateral flow » - écoulement latéral) par marquage à l'or colloïdal constitue une belle plateforme pour concevoir des kits de diagnostic permettant la détection aisée, peu coûteuse et rapide de substances à analyser et offre également un net avantage en termes de préparation simplifiée des échantillons et d'augmentation du nombre d'échantillons. Les kits développés de type « dipstick » sont donc désormais considérés comme parfaitement adaptés aux pays en développement où le problème des insecticides non conformes aux normes minimales est grave et où leur détection constitue un défi.

Outils de diagnostic pour la détection des insectes résistants aux insecticides

Ces dernières décennies, la lutte contre les ravageurs du coton a été particulièrement affectée par la résistance aux insecticides, conséquence d'une utilisation excessive d'insecticides sur les cultures. Des efforts ont été déployés à plusieurs reprises partout dans le monde en vue de développer des méthodes de détection plus rapide des insectes résistants et de concevoir ensuite des systèmes de lutte intégrée contre les ravageurs spécifiques aux régions. Toutefois, il n'existe actuellement aucun exemple de méthodes fiables et solides capables de contribuer à une détection rapide des parasites résistants directement dans des conditions réelles. Les méthodes immunochromatographiques sont les mieux adaptées à une telle application et n'ont donc jamais été utilisées jusqu'à présent. La détection de la résistance chez les insectes individuels des populations des champs permet d'évaluer la fréquence des phénotypes résistants. Elle contribue non seulement à documenter la gravité de ce problème prépondérant et le potentiel de résistance imminent, mais également à prendre des décisions en matière de lutte contre les ravageurs. En général, les marqueurs biochimiques et moléculaires qui co-ségrègent avec la résistance sont isolés

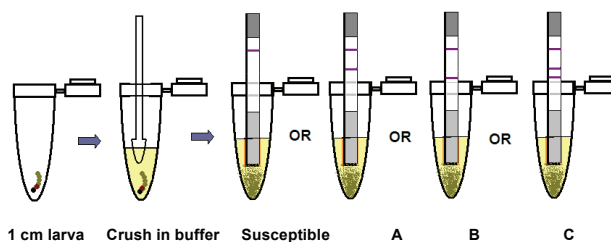


Figure 2 : Diagramme schématisant les étapes pour la détection de la résistance des insectes à deux insecticides ou plus par la technique de immunochromatographie sur membrane (« lateral flow »)

- Étape 1. Placer une larve *H. armigera* du 3^e ou 4^e instar (longueur de 1-1,5 cm) dans une fiole en plastique
 Étape 2. Verser 0,5 ml de solution tampon dans le récipient (fournie avec le kit)
 Étape 3. Écraser la larve dans le récipient avec un pilon
 Étape 4. Placer le jaugeur (« dipstick ») dans le broyat conformément aux instructions fournies
 Étape 5. Attendre 10 minutes jusqu'à ce que la bande soit imbibée de solution
 Étape 6. L'apparition d'une seule bande pourpre sur la partie supérieure de la bandelette indique la sensibilité de la larve
 Les résultats présentés dans les figures A, B et C sont les suivants :
 Résultat A : positif pour HaE5 et résistance au quinalphos
 Résultat B : positif pour HaE9 et résistance au méthomyl
 Résultat C : positif pour HaE5 et HaE9, et donc, résistance au quinalphos et au méthomyl

et utilisés pour développer des kits de diagnostic. Dans de nombreux cas, les marqueurs sont des molécules qui confèrent une résistance telles que les enzymes ou les gènes métaboliques codant pour des biomolécules qui permettent aux insectes de survivre aux insecticides.

Les insectes métabolisent les insecticides en substances non toxiques ou moins toxiques par un processus appelé « détoxification » et parfois en produits toxiques (« activation »). De nombreux groupes de recherche ont eu recours à des analyses colorimétriques classiques sur plaques de microtitrage pour détecter la résistance associée à une hausse de l'activité estérase générale ou à une acétylcholinestérase (AChE) insensible. Les tests aléatoires sur papier filtre ont été conçus au départ pour détecter la résistance à médiation par l'estérase-B chez les moustiques. Par la suite, le test a été utilisé sur d'autres espèces d'insectes afin d'identifier leur résistance. Il existe plusieurs méthodes classiques, biochimiques et moléculaires pour détecter et surveiller la résistance. Des inventions basées sur l'immunochromatographie pourraient être mises au point pour détecter les insectes résistants. La méthode présente des avantages supplémentaires : extrême simplicité, grande rapidité et degré élevé de fiabilité. La méthode permet même aux cultivateurs analphabètes d'utiliser les bandelettes pour identifier les insectes résistants aux insecticides dans leurs champs et d'évaluer le pourcentage de ce type d'insectes individuels en conditions réelles. Le test « bandelette » utilisant l'immunochromatographie peut être réalisé en 10 minutes.

Les bandelettes « dipsticks » de détection de la résistance utilisent des antisérums polyclonaux dirigés contre des isoenzymes d'estérase associées isolées de *H. armigera*. Les kits sont conçus pour détecter la résistance au groupe d'insecticides des carbamates et des organophosphatés. L'utilisation de 20 à 40 bandelettes serait idéale pour déterminer les fréquences de résistance dans un rayon d'environ 20 kilomètres au

sein d'une région. Les kits peuvent permettre de réduire le nombre de pulvérisations inutiles d'insecticides auxquels les ravageurs développent une résistance, soit une économie entre 37,5 millions USD à 50 millions USD par an. Les kits ont été brevetés sous la désignation « Kits de détection rapide des insectes résistants aux insecticides » le 3 janvier 2006, en faisant dûment mention de la contribution du CFC. Les résultats du projet ont également été publiés dans le numéro de décembre 2005 du *RECORDER* de l'ICAC (Russell, 2005). La technologie des kits de détection de la résistance aux insecticides a été publiée sous forme de brochure par l'ICAC en 2009 (Kranthi, 2009).

Les kits ont été validés et testés dans les dix États producteurs de coton de l'Inde. Le CICR, Nagpur, poursuit ses études de surveillance de la résistance aux insecticides, qui ont également été étendues au coton biotech. Il a organisé un atelier de diffusion pour tous les centres participants à Nagpur du 27 au 29 juin 2005. La réunion a eu lieu parallèlement à la troisième réunion du Réseau asiatique de recherche et de développement pour le coton. Ainsi, un grand nombre de participants provenant de pays d'Asie ont assisté à l'événement et ont eu l'occasion de se familiariser avec les kits. Toutes les technologies et l'éventail complet des résultats du projet ont été présentés lors de la réunion. Les bandelettes de détection de la résistance ont été décrites, ont fait l'objet de démonstrations et ont été distribuées à plusieurs participants. En Inde, des chercheurs, des membres du personnel de vulgarisation et des cultivateurs ont suivi des formations et ont reçu des kits en 2006 et en 2007 dans le cadre du programme de gestion de la résistance aux insecticides à l'échelle nationale financé par le ministère de l'Agriculture du gouvernement de l'Inde. Un précis et un manuel ont été publiés : ils décrivent les méthodes de recherche sur la résistance destinées aux chercheurs et les stratégies de lutte durable contre le ver de la capsule *Helicoverpa armigera* dans les systèmes de production à petite échelle qui ont été élaborées sur la base des résultats du projet.

Les résultats du projet CFC/ICAC/14 sur l'explication des mécanismes biochimiques et moléculaires et la génétique de la résistance des vers de la capsule aux principaux groupes d'insecticides, ainsi que leurs interrelations, fournissent des pistes pour positionner divers groupes d'insecticides dans une stratégie "fenêtre" qui constituerait la base d'une lutte durable contre les ravageurs. La technologie des kits utilisables par les producteurs et développés dans le cadre du projet CFC/ICAC/14 est disponible pour tous les chercheurs pour mesurer la pureté des insecticides (Kranthi *et al.*, 2009). Elle peut également servir à détecter les insectes résistants aux insecticides et à évaluer la pureté des semences de coton biotech sur la base des mêmes principes. Le résultat s'est traduit par une avancée majeure qui peut être utilisée pour développer des kits spécifiques à la région ou au pays pouvant s'avérer très utiles dans la gestion des ravageurs.

Remerciements

Le Fonds commun pour les produits de base (CFC) a financé le projet CFC/ICAC/14, avec les gouvernements via leurs institutions locales en Chine, en Inde, au Pakistan et au Royaume-Uni. Le projet a été réalisé à l'Institut central pour la recherche sur le coton, Inde, l'Université agricole de Nanjing, Chine, l'Institut central de recherche sur le coton, Multan, Pakistan, et l'Institut des ressources naturelles, Royaume-Uni. La supervision globale du projet a été assurée par l'ICAC. Ce projet est le fruit d'efforts conjoints déployés par de nombreuses personnes dans quatre pays. L'auteur est reconnaissant du soutien accordé par les collaborateurs de Chine, d'Inde, du Pakistan et du Royaume-Uni. Il tient à remercier spécialement le Dr Derek Russell, NRI, Royaume-Uni, pour sa participation en qualité de chef de projet et ses conseils techniques à tous les partenaires. L'auteur remercie également le CFC, l'ICAC, le Dr C. D. Mayee, l'ancien président du Comité de recrutement des scientifiques agricoles, New Delhi, et le Dr Sandhya Kranthi, CICR, Nagpur, pour leur contribution à l'exécution du projet.

Un complément d'information sur la proposition de projet et les résultats obtenus est disponible à l'adresse suivante :

<<http://www.icac.org/projects/CommonFund/BollWorm/english.html>>

Références

- Arif, M.I., M. Ahmad and D.A. Russell. 2004. Insecticide resistance profile from 1991-2002 for *Helicoverpa armigera* in Pakistan. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-3*, Cape Town, South Africa, March 9-13, 2003, pp 1174-1176.
- Gill, Muhammad Islam and Mushtaq Ahmed. 2005. Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* in Pakistan. *The ICAC RECORDER*, Vol. XXIII, No. 2, June 2005.
- Kranthi, K.R., D.R. Jadhav, S. Kranthi and D.A. Russell. 2005. Insecticide resistance management strategies for *Helicoverpa*. In Sharma H. C. (Ed) *Heliothis/Helicoverpa* management – Emerging trends and strategies for future research. Chap 22, pp 405-430. Oxford and IHB Publishing Co., New Delhi, pp 469.
- Kranthi, K.R. 2009. Development of simple dip-strips to detect insecticide resistant cotton bollworm. *Helicoverpa armigera* under small-scale farmer conditions. Central Institute for Cotton Research, PB No. 2, Shankarnagar PO, Nagpur 44010, India.
- Kranthi, K.R., M. Davis, C. D. Mayee, D.A. Russell, R.M. Shukla, U. Satija, M. Kshirsagar, D. Shiware and S. Kranthi. 2009. Development of a colloidal-gold based lateral-flow immunoassay kit for 'quality-control' assessment of pyrethroid and endosulfan formulations in a novel single strip format. *Crop Protection*, Vol. 28, Issue 5, pp 428-434.
- Regupathy, A., K. Kranthi, J. Singh, I. Iqbal, Y. Wu and D.A. Russell. 2004. Patterns and magnitude of insecticide resistance levels in India, Pakistan and China. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-3*, Cape Town, South Africa, March 9-13, 2003, pp 1211-1219.
- Russell, Derek. 2005. Insecticides in sustainable control of the bollworm (*Helicoverpa armigera*) in small-scale cotton production systems (Report of the Project CFC/ICAC 14). *The ICAC RECORDER*, Vol. XXIII, No. 4, December 2005.
- Russell, Derek and K.R. Kranthi, Eds. 2006. Cotton bollworm control in small-scale cotton production systems. CFC Technical Paper 45. Common Fund for Commodities, Amsterdam, The Netherlands.

Utilisation des produits dérivés du cotonnier pour la fabrication de produits à valeur ajoutée (CFC/ICAC/20)

A.J. Shaikh, Directeur, Institut central de recherche en technologie cotonnière, Mumbai, Inde

Durée du projet : 1^{er} octobre 2004 – 31 décembre 2009

Pays : Inde

Organisme exécuteur du projet : Institut central de recherche en technologie cotonnière, Inde

=====

Dans la plupart des pays du monde, la culture du coton ne rapporte qu'un maigre bénéfice net aux producteurs. Le coût élevé des intrants, la faible productivité caractéristique de l'agriculture pluviale et la forte incidence des ravageurs et des maladies comptent parmi les raisons principales des bas revenus agricoles en Inde et dans d'autres pays similaires. On a réalisé que les revenus des cultivateurs pouvaient être augmentés si les produits dérivés et les déchets générés par la culture du coton sont utilisés de manière efficace.

L'Institut central de recherche en technologie cotonnière (CIRCOT), Inde, a orienté ses efforts de recherche vers le développement de technologies de production de panneaux de particules et de papier à partir de tiges de cotonnier, lesquelles sont généralement considérées comme une matière de rebut lorsque la récolte est terminée. Des études préliminaires ont montré que la composition des tiges de cotonnier est identique à celle des espèces de bois durs les plus répandues. La technologie du CIRCOT pour la fabrication de panneaux de particules consiste à broyer les tiges de cotonnier jusqu'à l'obtention de copeaux de la taille de numéro de tamis appropriée (entre 1,5 cm et 2,0 cm), à mélanger les copeaux avec de l'urée-formaldéhyde ou du phénol-formaldéhyde, à préparer un mat à trois couches (les particules plus grosses au milieu, les plus fines sur les couches supérieure et inférieure) et à presser ce mat entre des plaques chauffants d'une presse hydraulique. Les panneaux fabriqués de la sorte, conformément aux conditions standard en termes de concentration de résine, pressage, température, etc., sont d'une qualité acceptable au regard des spécifications du Bureau indien de normalisation (BIS).

Justification et objectifs du projet

Bien que les recherches menées au CIRCOT aient permis d'établir le potentiel de l'utilisation des tiges de cotonnier pour la fabrication de panneaux de particules et de panneaux durs de nombreuses années auparavant, l'industrie de la production des panneaux de particules n'était pas disposée à adopter la technologie du CIRCOT car elle avait seulement été développée à l'échelle du laboratoire. Il s'avérait donc nécessaire de mener des tests à l'échelle pilote et des essais industriels afin de convaincre les fabricants de panneaux de particules de l'acceptabilité des tiges de cotonnier en tant que matière brute de substitution. Tout aussi important était le besoin de mettre au point un mécanisme pour la récolte et le broyage des tiges de cotonnier provenant d'immenses champs de coton et le transport des copeaux vers les usines de production de panneaux de particules et de panneaux durs, et ce, afin de

garantir un approvisionnement ininterrompu de la matière première. En fin de compte, tous ces efforts devaient fournir des données pour une évaluation techno-économique des technologies du CIRCOT. Le projet CFC/ICAC/20 a été pensé afin de réaliser ces objectifs. Une étude de faisabilité a été réalisée dans le cadre du projet CFC/ICAC/27 en mai/juin 2003, dans l'idée de solliciter des conseils supplémentaires pour la mise en œuvre du projet CFC/ICAC/20.

Les six composantes prévues dans le programme technique exécuté dans le cadre du projet CFC/ICAC/20 sont les suivantes:

Composante 1

Analyse et essais d'optimisation des dispositions logistiques nécessaires (y compris au niveau organisationnel) pour la récolte et le transport des tiges de cotonnier du champ vers les unités de production, y compris la mise en place possible d'unités de préparation sur le terrain

Composante 2

Essais afin de déterminer les niveaux minimal et optimal de nettoyage des tiges de cotonnier et de broyage en copeaux à une taille adaptée à la transformation, au niveau du champ et dans l'usine

Composante 3

Fabrication de panneaux de particules à partir de tiges de cotonnier à l'usine pilote

Composante 4

Utilisation de tiges de cotonnier pour la fabrication de panneaux sans liant

Composante 5

Évaluation de la faisabilité technique/financière des processus proposés

Composante 6

Diffusion des résultats du projet aux niveaux national et international

Récolte et transport des tiges de cotonnier - Composante 1

La quantité de tiges de cotonnier disponible dans chaque État d'Inde a été évaluée au moyen de questionnaires remis personnellement aux cultivateurs dans plusieurs centres. Un simple dispositif mécanique s'est avéré pratique pour déraciner les tiges de cotonnier, mais une machine spéciale a été conçue pour le nettoyage des tiges. La logistique de la récolte et du



Figure 1 : Logistique de la récolte, de la mise en copeaux et du transport des tiges de cotonnier

transport des tiges de cotonnier s'est articulée autour de l'emploi de chars à bœufs, de chariots tracteurs et de camions. Les tests de mise en copeaux ont été réalisés avec différents types de machines. L'étude a permis de formuler une recommandation sur un modèle de chaîne d'approvisionnement des tiges de cotonnier.

Il a été confirmé qu'un hectare de coton cultivé dans des conditions pluviales produisait en moyenne 1,3 tonne de copeaux de tiges propres, contre 5 tonnes pour un hectare irrigué. Suivant ce potentiel de production, une superficie de collecte d'environ 6 000 ha de coton pluvial sera nécessaire pour une usine produisant 20 tonnes de panneaux de particules par jour. Idéalement, les tiges de cotonnier devraient être transportées des exploitations de coton dans des chars à bœufs ou des chariots tracteurs vers le centre de mise en copeaux situé à une distance maximale de 5 kilomètres des exploitations de coton. Pour la mise en copeaux, une machine montée sur un tracteur de 22 CV pouvant livrer entre 7 et 8 tonnes de copeaux en 8 heures et installée dans un rayon de 50 km a été jugée appropriée. Les copeaux pouvaient alors être transportés vers l'usine de fabrication des panneaux de particules par camion d'une capacité d'environ 6 tonnes de copeaux. L'utilisation industrielle appropriée des tiges de cotonnier transformées de cette manière est la promesse d'un revenu supplémentaire pour le cultivateur d'environ 13,0 USD/ha (650 INR/ha) pour le coton pluvial et d'environ 50,0 USD/ha (2 500 INR/vha) pour le coton irrigué.

Préparation des tiges de cotonnier - Composante 2

Un système de nettoyage des tiges de cotonnier a été conçu dans le cadre des activités du projet. La machine élimine les restes de capsule, les feuilles, la terre, les fibres, etc., des tiges de cotonnier. Les essais ont montré l'efficacité de la machine pour enlever les parties végétales indésirables et la terre des

tiges et les préparer pour la mise en copeaux. Le système de nettoyage doit être installé au centre de broyage. Les déchets générés pendant le nettoyage des tiges, après mise en copeaux à une taille de numéro tamis 10, se sont avérés adaptés à la production de briquettes d'une qualité standard.

Fabrication de panneaux de particules - Composante 3

Une usine pilote d'une capacité de production journalière d'une tonne de panneaux de particules, intégrant toutes les caractéristiques techniques d'une usine commerciale, a été conçue et établie au Centre de formation à l'égrenage du CIRCOT, Nagpur. Plusieurs essais ont été réalisés à l'usine pilote afin de perfectionner et d'ajuster la technologie, de manière à la rendre facilement acceptable pour le secteur de la fabrication de panneaux de particules utilisant d'autres matières premières. L'usine pilote est également

utile pour faire des démonstrations permettant de convaincre les industriels des mérites de la technologie du CIRCOT. Après perfectionnement, la technologie a été diffusée grâce à la réalisation d'essais de production à grande échelle dans trois usines de fabrication de panneaux de particules existantes.

Les essais susmentionnés ont permis de conclure que la technologie du CIRCOT pouvait être adoptée à l'échelle de la production commerciale des panneaux de particules, sans modification de l'usine ou de l'équipement. Les panneaux



Figure 2 : Usine pilote au Centre de formation à l'égrenage, Nagpur, Inde

fabriqués dans les trois usines ont été jugés de bonne qualité en ce qui concerne les propriétés de résistance à la traction, de résistance à la rupture et d'absorption de l'eau au regard des spécifications du Bureau indien de normalisation. Les essais sur des mélanges de tiges de cotonnier avec des tiges de bagasse et de mûrier ont donné des panneaux de particules présentant des caractéristiques de qualité standard.

Fabrication de panneaux sans liant – Composante 4

La technologie du CIRCOT pour la fabrication de panneaux sans liant consiste à réduire les tiges de cotonnier en pâte par traitement à la vapeur des copeaux de tiges sous une pression de 15 kg/cm² pendant 2 minutes (« procédé de pâte thermomécanique »). La pâte ainsi obtenue est étalée sur un mat, qui est pressé entre des plaques chauffantes d'une presse hydraulique. Un cycle de pression en 3 étapes à une température de 160°C permettrait de fabriquer des panneaux sans liant d'une qualité acceptable.

La méthode normalisée à l'échelle du laboratoire a été appliquée à des essais à grande échelle dans une usine de production de panneaux durs commerciaux. De la pâte de tiges de cotonnier seule et un mélange avec de la pâte de bagasse (rapport 50:50) ont été utilisés pour fabriquer des panneaux sans liant d'une épaisseur d'environ 2,5 mm. Les panneaux fabriqués de la sorte présentaient les caractéristiques de qualité (résistance à la rupture et absorption de l'eau) conformes aux spécifications du Bureau indien de normalisation. Il a également été établi que l'ajout de tiges de cotonnier (10 %) à du bois dur permettrait d'obtenir des panneaux d'une qualité équivalente à celle des panneaux fabriqués entièrement avec du bois dur. On peut recommander aux usines existantes fabricant des panneaux sans liant à partir de bois dur et de bagasse d'utiliser des tiges de cotonnier en tant que matière première de substitution/supplémentaire.

Faisabilité technique des processus - Composante 5

La faisabilité techno-économique de la production de panneaux de particules à partir de tiges de cotonnier a été évaluée sur la base de données provenant d'essais industriels réalisés dans deux usines de production de panneaux de particules, l'une à Pune, l'autre à Mysore, Inde. L'estimation des coûts pour des usines produisant 10 tonnes et 20 tonnes de panneaux de particules par jour a également été réalisée. Une usine avec une capacité de production de 10 tonnes/jour avec un investissement en capital de 1,6 million USD (60 millions INR) devrait entraîner une rentabilité d'environ 20 % si des tiges de cotonnier sont utilisées comme matière première. Une usine avec une capacité de production supérieure (20 tonnes de

Absorption de l'eau et gonflement en épaisseur des panneaux de particules

Matière première (%)		Absorption de l'eau (%)		Gonflement en épaisseur (%)
Bagasse	Tiges de cotonnier	Après deux heures	Après 24 heures	Après deux heures
100	0	36	73	8,3
67	33	37	77	8,7
50	50	38	77	9,3
33	67	39	76	9,3
0	100	41	78	10,1

Propriétés mécaniques des panneaux de particules

Matière première (%)		Résistance à la rupture (N/mm ²)	Résistance à l'arrachement des vis (N)	Force d'adhésion internationale (N/mm ²)
Bagasse	Tiges de cotonnier			
100	0	16,9	1342	0,34
67	33	15,0	1325	0,34
50	50	15,4	1324	0,31
33	67	12,7	1326	0,31
0	100	12,7	1325	0,31

panneaux de particules/jour) permettrait une hausse des revenus jusqu'à 33 %.

La viabilité économique des tiges de cotonnier en tant que matière première pour la production de panneaux de particules a été établie par un essai reposant sur la fabrication de 30 tonnes de panneaux de particules dans une usine existante utilisant de la bagasse. On a observé des différences importantes entre le coût de production et le prix de vente des panneaux de tiges en cotonnier d'une épaisseur de 9 mm et de 18 mm qui ont engendré une rentabilité d'environ 25 %. En conséquence, cet essai a montré que les usines utilisant de la bagasse pourraient employer des tiges de cotonnier comme matière première supplémentaire ou alternative pour la fabrication des panneaux.

Diffusion des résultats du projet - Composante 6

Reconnaissant le fait que la publicité est essentielle à la réussite du transfert d'une nouvelle technologie, particulièrement lorsque cette dernière repose sur l'utilisation d'une matière première non traditionnelle comme les tiges de cotonnier, le CIRCOT a organisé plusieurs réunions de sensibilisation dans différents centres en Inde. Ces réunions avaient pour objectif de faire les cultivateurs prendre conscience du potentiel des tiges de cotonnier dans la fabrication de panneaux composites et de les encourager à organiser la récolte et la mise en copeaux des tiges, une tâche importante pour la réussite du transfert de la technologie du CIRCOT. Il importait tout autant de convaincre les industriels et les propriétaires d'usines opérationnelles de fabrication de panneaux de particules de la faisabilité technique et de la viabilité commerciale des technologies du CIRCOT pour la production de panneaux de particules et de panneaux durs à partir de tiges de cotonnier.

En plus de l'organisation de séminaires et de réunions de sensibilisation, les scientifiques du CIRCOT ont présenté des articles techniques lors de rencontres nationales et internationales destinées à discuter des nouvelles technologies et des résultats du projet CFC/ICAC/20. Les avantages de l'utilisation des tiges de cotonnier, y compris les bénéfices économiques, sociaux et environnementaux que les technologies du CIRCOT peuvent rapporter, ont été mis en exergue dans ces articles.

Grâce à l'utilisation intensive d'outils publicitaires, les technologies reposant sur l'utilisation des tiges de cotonnier deviennent populaires. Tôt ou tard, des usines de fabrication de panneaux composites d'une capacité de production journalière de 10 tonnes et de 20 tonnes verront très probablement le jour dans différentes parties du pays. Il y a également des chances que des usines existantes de production de panneaux à partir d'autres matériaux tels que le bois dur et la bagasse commencent à utiliser des tiges de cotonnier en tant que matière première de substitution/supplémentaire.

Scénario après la réalisation du projet

- *M/s. Rushil Décor Ltd.* a établi une usine de fabrication de panneaux de particules avec une capacité de production de 100 tonnes de panneaux/jour dans le district de Dhrangadhra Block Surendranagar, Gujarat. Leur besoin annuel en tiges de cotonnier s'élève à 50 000 tonnes. Dans le district de Surendranagar à lui seul, le coton est cultivé sur environ 460 000 hectares, soit une disponibilité de tiges estimée à 1,4 million de tonnes. La disponibilité des tiges ne constitue donc pas un problème. *M/s. Rushil Décor Ltd.* a mis au point une nouvelle méthode pour la récolte et le transport basée sur l'étude du CIRCOT (CFC/ICAC/20). La société travaille avec six centres de collecte responsables de superficies de 8 000, 10 000, 12 000, 15 000 et 25 000 ha. Les tiges sont achetées directement, via des institutions de village de contractants désignés et des petits groupes d'entraide. Ce projet a généré environ 400 000 personnes-jours par an, à savoir du travail pour environ 1 000 cultivateurs et 5 000 ouvriers agricoles.
- L'usine de fabrication de panneaux de particules *M/s. Godavari*, située à proximité de Nanded, Maharashtra, a commencé à utiliser des tiges de cotonnier, en combinaison avec de la bagasse. L'usine a une capacité de production de 10 tonnes de panneaux/jour. Le CIRCOT a assuré le suivi des activités de récolte et de mise en copeaux pendant deux campagnes et la société réalise désormais ces activités de manière indépendante.
- *M/s. Aurobindo Laminations*, Nagpur, a utilisé des copeaux de tiges de cotonnier pour produire des panneaux de particules et souhaite vivement continuer, à condition qu'un groupe prenne en charge l'activité liée à la chaîne d'approvisionnement. En 2011, un groupe de femmes a pris l'initiative d'établir une chaîne d'approvisionnement des tiges de cotonnier.



Figure 3 : Panneaux de particules à partir de tiges de cotonnier à Rushil Décor Limited, Inde

- Une usine de fabrication de panneaux de particules avec une capacité de production de 20 tonnes par jour et utilisant des tiges de cotonnier est sur le point de voir le jour à Washim, à proximité d'Akola, Maharashtra, Inde. Le ministère de la Protection sociale du gouvernement du Maharashtra a autorisé un prêt de 1,51 million USD (68 millions INR) à Tulsai Magasvargiy Audyogik Sahakari Sanstha (Société coopérative industrielle Tulsai Backward). Les travaux de construction des bâtiments ont déjà commencé et l'installation des machines devrait être terminée en 2011.

- Tiges de cotonnier à Sirsa, Haryana

Dans le Nord de l'Inde, qui est une zone irriguée, les tiges de cotonnier sont normalement coupées et retirées des



Figure 4 : Usine de production de panneaux de particules en construction à Washim, Inde



Figure 5 : Préparation de panneaux de particules à l'usine M/s. Godavari, Inde

champs immédiatement après la récolte du coton. Cette opération est nécessaire car le temps pour préparer la terre et semer le blé est limité. Auparavant, les cultivateurs étaient insuffisamment rémunérés pour cette précieuse biomasse. Compte tenu de la pénurie soudaine d'autres biomasses, qui ont été destinées au carburant, le prix des tiges de cotonnier a augmenté. En 2010, pour la première fois, les cultivateurs ont reçu 8 650 INR pour les tiges de cotonnier/hectare (192 USD/ha). Cette situation va se poursuivre et les cultivateurs en seront les bénéficiaires.

- Des tiges sèches de cotonnier d'Akola, d'Amaravati, de Jalgaon et des alentours, ont été vendues pour 2 000 INR/tonne (45 USD/tonne) en 2010. Ceci s'explique principalement par la pénurie de bois et par le fait que de petits industriels se sont entretenus avec le CIRCOT pour obtenir des renseignements sur le mécanisme d'approvisionnement des tiges de cotonnier.

Efforts déployés à l'échelle internationale

En mai 2010, l'Inde a chargé une délégation de haut niveau composée d'experts de formuler un programme de coopération efficace et d'explorer les possibilités de transactions et d'investissement pour les pays du C4. Le Dr S. Sreenivasan, ancien directeur du CIRCOT et directeur de la plus grande partie du projet CFC/ICAC/20, était un des membres de la délégation. Pendant le séjour, le Dr Sreenivasan a réussi à mettre en évidence les réalisations du projet parrainé par le CFC et à expliquer de manière détaillée la manière dont la valeur ajoutée apportée aux tiges de cotonnier pouvait représenter un avantage pour la communauté agricole cotonnière.

À la suite de la visite, un programme d'aide technique détaillé a été élaboré à partir des observations des délégués. «L'utilisation de tiges de cotonnier pour des activités à valeur ajoutée telles que la préparation de panneaux de particules » faisait partie des contributions possibles proposées par l'Inde dans le processus post-récolte pour l'apport de valeur ajoutée. Cette technologie est disponible au CIRCOT. Elle pourrait faire l'objet de présentations et de promotion dans les pays du C4, ouvrant ainsi la voie à des revenus supplémentaires pour les producteurs de coton et à l'utilisation d'autres biomasses. Une proposition porte sur l'organisation d'un programme de formation complet au CIRCOT destiné aux chercheurs, aux représentants des services de vulgarisation et à d'autres agences gouvernementales. Ce programme repose sur l'utilisation efficace de la biomasse/des produits dérivés issus de la culture du coton et les moyens de développement de l'entrepreneuriat dans ce domaine.

Le Centre du commerce international, Suisse, a également organisé une visite de délégués du 14 au 27 novembre 2010 en Inde dans le cadre de la Coopération Sud-Sud pour le développement du coton dans les pays africains (Éthiopie, Kenya, Malawi, Mozambique, Tanzanie, Ouganda, Zambie et Zimbabwe), laquelle est chargée de la promotion des relations commerciales entre l'Inde et les pays africains. La délégation, composée d'environ 30 membres, a visité le CIRCOT, Mumbai, et une usine de démonstration de production de panneaux de particules à Nagpur. La délégation a été extrêmement impressionnée par la technologie du CIRCOT et un programme approfondi de coopération est en cours d'élaboration entre

l'Inde et les pays africains via la Coopération Sud-Sud dans le but de promouvoir la technologie dans les pays africains.

Conclusions

Un modèle de chaîne d'approvisionnement comprenant la récolte, le nettoyage et la mise en copeaux des tiges de cotonnier, ainsi que leur transport vers des usines de production de panneaux, a été élaboré dans le cadre du projet CFC/ICAC/20. Des essais ont porté sur la fabrication de panneaux de particules et de panneaux durs à partir de tiges de cotonnier dans une usine pilote et au niveau industriel à grande échelle. La faisabilité techno-économique de la production de panneaux à partir de tiges de cotonnier a été démontrée au secteur de la fabrication de panneaux, qui est désormais convaincu du potentiel de cette technologie. Dans un avenir proche, il est probable que de nombreux fabricants de panneaux de particules commencent à utiliser des tiges de cotonnier comme matière première de



Figure 6 : Délégués étrangers en visite à l'usine pilote de production de panneaux de particules du CIRCOT

substitution à la place de la canne à sucre et du bois dur. Lorsque les utilisations industrielles de ce déchet agricole prendront de la vitesse, les producteurs seront en mesure de retirer un revenu supplémentaire de la vente des tiges de coton. La croissance de l'activité industrielle, la création d'emplois en zones rurales et la conservation des ressources forestières sont d'autres avantages à venir à l'échelle nationale.

Un complément d'information sur la proposition de projet et les résultats obtenus est disponible à l'adresse suivante :

<http://www.icac.org/projects/CommonFund/20_ucbvp/english.html>.

Références

CIRCOT. Cotton Stalks: An Additional Raw Material to Board Industry. CIRCOT Leaflet No. 63. Central Institute for Research on Cotton Technology, India.

CIRCOT. Utilization of Cotton Plant By-produce for Value Added Products CFC/ICAC 20. Highlights of Achievements. Central Institute for Research on Cotton Technology, India.

CIRCOT. Book of papers presented at the International Workshop on Utilization of Cotton Plant By-produce for Value Added Products, Nagpur, India, November 9-11, 2009.

----- 0 -----

Projets cotonniers financés par le Fonds commun pour les produits de base (Dernière mise à jour : Décembre 2011)

Projets réguliers :

1*	CFC/ICAC/01 :	Perspectives de la production cotonnière pour les années 1990
2*	CFC/ICAC/03 :	La lutte intégrée contre les ravageurs du coton
3*	CFC/ICAC/04 :	La lutte intégrée contre le charançon de la capsule du cotonnier en Argentine, au Brésil et au Paraguay
4*	CFC/ICAC/07 :	Caractérisation génomique des géminivirus transmis par la mouche blanche au cotonnier et développement de plantes résistantes aux virus grâce à l'amélioration variétale conventionnelle et au génie génétique
5*	CFC/ICAC/11 :	Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage
6*	CFC/ICAC/12 :	Amélioration du système de commercialisation et de négoce du coton en Afrique orientale et australe
7*	CFC/ICAC/14 :	La lutte durable contre le ver de la capsule, <i>Helicoverpa armigera</i> , dans les systèmes de production du coton à petite échelle
8	CFC/ICAC/17 :	Projet pilote sur la gestion du risque de prix pour les producteurs de coton
9*	CFC/ICAC/20 :	Utilisation des produits dérivés du cotonnier pour la fabrication de produits à valeur ajoutée
10	CFC/ICAC/33 :	Normalisation commerciale de l'évaluation du coton par instruments pour les pays en développement producteurs de coton en Afrique
11	CFC/ICAC/37 :	Amélioration de l'efficacité de la production cotonnière dans les petits systèmes agricoles en Afrique orientale (Kenya et Mozambique) grâce à une meilleure intégration verticale de la chaîne d'approvisionnement
12	CFC/ICAC/38 :	Prévention de la contamination du coton-graine en Afrique occidentale (Burkina Faso, Côte d'Ivoire et Mali)
13	CFC/ICAC/40 :	ProCotton : Amélioration de la productivité et de la commercialisation du coton grâce au renforcement d'organisations de producteurs sélectionnées en Afrique orientale
14	CFC/ICAC/44 :	Mise au point de systèmes nationaux de classement du coton au Kenya et au Mozambique

Projets Fast Track :

1*	CFC/ICAC/16FT :	Gestion de la résistance de <i>Helicoverpa armigera</i> aux pyréthroïdes en Afrique occidentale (Enquête)
2*	CFC/ICAC/19FT :	Gestion du risque de prix pour le coton – Étude de consultant
3*	CFC/ICAC/21FT :	Enquête sur l'incidence, l'épidémiologie et la dynamique des populations de vecteurs des maladies du cotonnier dans la région de l'Afrique australe et orientale
4*	CFC/ICAC/23FT :	Cotton Facts
5*	CFC/ICAC/25FT :	Production durable du coton en Afrique occidentale
6*	CFC/ICAC/27FT :	Les tiges de cotonnier – Étude
7*	CFC/ICAC/30FT :	Préparation de la normalisation commerciale de l'évaluation par instruments
8*	CFC/ICAC/32FT :	Production et commercialisation de coton non contaminé au Mali
9*	CFC/ICAC/34FT :	Consultation régionale sur le coton génétiquement modifié pour l'évaluation des risques et des opportunités pour les petits producteurs de coton
10*	CFC/ICAC/36FT :	Techniques de lutte intégrée contre les ravageurs (LIR) pour la durabilité des petits cultivateurs de coton dans le cône Sud de l'Amérique du Sud conjointement à un projet pilote pour 400 petits exploitants agricoles dans la province de Formosa, Argentine
11	CFC/CFC/27FT :	Élaboration de stratégies de gestion des risques pour les producteurs de coton du Mozambique
12*	CFC/CFC/29FT :	Réunion panafricaine sur le coton, 2011, Cotonou, Bénin

Remarque : les projets marqués d'un astérisque (« * ») sont opérationnellement achevés. Lorsque des rapports techniques finaux sont mentionnés dans le texte, ils sont accessibles sur le site Web de l'ICAC (www.icac.org) ou (prochainement) sur celui du CFC (www.common-fund.org).

Projets réguliers

Le Comité consultatif international du coton (ICAC) est l'organisme international de produit reconnu pour le coton auprès du Fonds commun pour les produits de base (CFC). L'ICAC a soumis 24 des 26 projets cotonniers au CFC. Les projets CFC/CFC/27 et CFC/CFC/29 sont les seules exceptions : ils ont été lancés et exécutés par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED). Pour un complément d'information sur un projet, veuillez consulter la page Web de l'ICAC suivante : http://www.icac.org/projects/CommonFund/english_projects.html.

CFC/ICAC/01 : Perspectives de la production cotonnière pour les années 1990

Organisme exécutateur du projet :	Banque mondiale
Coût du projet :	1 182 405 USD
Financement du CFC :	529 619 USD
Contribution de contrepartie :	652 786 USD

Le projet a examiné les problèmes stratégiques rencontrés par les producteurs de coton. L'étude a été menée au Brésil, en Chine, en Inde, au Mali, au Mexique, au Pakistan, en Tanzanie et en Ouzbékistan de 1993 à 1995. Pour de plus amples détails, consultez la page Web suivante : http://www.icac.org/projects/CommonFund/english_projects.html ou le document technique N°287 de la Banque mondiale.

CFC/ICAC/03 : La lutte intégrée contre les ravageurs du coton

Organisme exécutateur du projet :	Cotton Production and Marketing Board Ltd., Israël
Coût du projet :	5 390 270 USD
Financement du CFC :	3 074 620 USD
Contribution de contrepartie :	2 315 650 USD

Le projet a permis une augmentation des revenus des producteurs grâce à une amélioration des rendements et de la qualité du coton, abaissant ainsi le coût de la transformation du coton par le secteur textile via la réduction du coton collant. À son tour, ceci a protégé les cultivateurs et l'environnement de la contamination par les insecticides. Les résultats du projet ont été publiés dans les documents techniques N° 10 et 11 du CFC (disponibles en anglais et en français).

CFC/ICAC/04 : La lutte intégrée contre le charançon de la capsule du cotonnier en Argentine, au Brésil et au Paraguay

Organisme exécutateur du projet :	Service national de la santé et de la qualité agroalimentaire (SENASA), Argentine
Coût du projet :	8 213 170 USD
Financement du CFC :	1 971 280 USD
Contribution de contrepartie :	6 241 890 USD

Le projet avait pour but de mettre au point un système socialement acceptable et respectueux de l'environnement à moindre coût pour contrôler le charançon de la capsule du cotonnier. Le projet a permis de développer des connaissances scientifiques et pratiques sur la présence et le comportement du charançon de la capsule. Des expériences sur le terrain et des activités de formation ont été menées, impliquant directement des formateurs, du personnel de vulgarisation et des producteurs. Des ateliers ont été organisés à l'échelle internationale et des comptes-rendus ont été publiés. Un dernier atelier s'est tenu à Fortaleza, Brésil, en juin 2001. Le rapport technique final (en anglais et en espagnol) a été publié en 2002 (Document technique N°16 du CFC).

CFC/ICAC/07: Caractérisation génomique des gémiviruses transmis par la mouche blanche au cotonnier et développement de plantes résistantes aux virus grâce à l'amélioration variétale conventionnelle et au génie génétique

Organisme exécutateur du projet :	Institut national de biotechnologie et d'ingénierie génétique, Pakistan
Coût du projet :	3 926 518 USD
Financement du CFC :	1 549 770 USD
Contribution de contrepartie :	2 376 748 USD

L'objectif du projet était de minimiser les pertes encourues par les cultivateurs de coton à cause de la maladie de la frisolée transmise par la mouche blanche. Ce projet reposait sur trois composantes : la caractérisation des gémiviruses du coton, le développement de systèmes de transformation *in-vitro* du coton et la création de génotypes de coton résistants aux gémiviruses. Le projet a donné le jour à un large éventail de publications scientifiques. Les résultats du projet ont été présentés lors d'une conférence internationale organisée à Dubai en septembre 2003. Pour de plus amples détails, veuillez consulter le document technique N°22 du CFC.

CFC/ICAC/11 : Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage

Organisme exécuteur du projet :	Sudan Cotton Company Ltd. (SCC), Soudan
Coût du projet :	2 059 988 USD
Financement du CFC :	1 101 093 USD
Contributions de contrepartie :	
SCC	310 298 USD
Société de recherche agricole	67 499 USD
CIRAD	358 787 USD
Institut Français du Textile et de l'Habillement	207 026 USD
ICAC	15 285 USD

Le projet, exécuté au Soudan et en France, a été pensé pour éviter et maîtriser le problème du coton collant. Il a permis d'établir des méthodes fiables et acceptables pour la détermination du degré de collage, ce qui a contribué à mettre un terme à la pratique actuelle consistant à appliquer sans discernement des décotes financières au coton soudanais. La publication du rapport technique final est le document technique N°17 du CFC. Le compte-rendu de l'atelier final et un rapport technique détaillé sont disponibles sur le site Web de l'ICAC.

CFC/ICAC/12 : Amélioration du système de commercialisation et de négoce du coton en Afrique orientale et australe

Organisme exécuteur du projet :	Bureau des Nations unies pour les services d'appui aux projets (UNOPS)
Coût du projet :	11 084 305 USD
Financement du CFC :	3 609 586 USD
Prêt du CFC :	5 717 250 USD
Contributions de contrepartie :	
Ouganda	729 519 USD
Tanzanie	382 200 USD
Cofinancement	
Banques locales	630 000 USD
ICAC	15 750 USD

Le projet avait pour objectif principal d'établir un système de commercialisation transparent et efficace dans le cadre d'un marché libéralisé et d'accroître les revenus issus de la production et de la commercialisation. Parmi les principales réalisations du projet, on peut citer :

- l'adoption du reçu d'entrepôt en tant que titre représentatif (réglementaire) en Ouganda et en Tanzanie, protégeant ainsi les intérêts des prêteurs et autres tierces parties auxquelles les reçus sont transférés ;
- la mise en place d'un système d'information sur le marché assurant la diffusion en temps opportun de données fiables (le système a été institutionnalisé en Tanzanie) et
- le démarrage d'opérations d'emprunt reposant sur les reçus d'entrepôt dans le secteur cotonnier, y compris l'évaluation pilote du système au sein de deux sites pilotes, dont l'Union coopérative Nyakatonzi en tant qu'égreneur/gestionnaire d'entrepôt. Les revenus des producteurs participants reçus pour le coton-graine ont augmenté de manière importante.

CFC/ICAC/14 : La lutte durable contre le ver de la capsule, *Helicoverpa armigera*, dans les systèmes de production du coton à petite échelle

Organisme exécuteur du projet :	Natural Resources International Ltd., Royaume-Uni
Coût du projet :	4 493 445 USD
Financement du CFC :	2 258 503 USD
Cofinancement :	1 087 594 USD
Contribution de contrepartie :	1 147 348 USD

L'objectif général du projet était de s'attaquer au problème de la résistance aux insecticides et de concevoir des pratiques pour lutter de manière rentable et durable contre le ver de la capsule du cotonnier. Trois ateliers nationaux ont été organisés dans chacun des pays asiatiques. En Afrique occidentale, les résultats ont été présentés à l'occasion d'un atelier préparé conjointement avec le CIRAD, France. À côté d'un éventail de publications scientifiques, un manuel sur la surveillance, les mécanismes et la gestion de la résistance aux insecticides a également été publié dans le cadre du projet. Enfin, un précis sur la lutte contre le ver de la capsule a également été publié (Document technique N°45 du CFC).

CFC/ICAC/17 : Projet pilote sur la gestion du risque de prix pour les producteurs de coton

Organisme exécuteur du projet :	---
Coût du projet :	1 698 501 USD
Financement du CFC :	1 514 751 USD
Cofinancement :	183 750 USD

L'objectif global du projet était de réduire l'exposition des petits exploitants cultivant du coton aux variations à court terme des prix sur le marché mondial. Il était prévu d'évaluer la faisabilité de l'utilisation de divers instruments de gestion du risque de prix par des groupes de cultivateurs dans les pays en voie de développement producteurs de coton. Un élément clé devait être que les instruments se basent sur le marché et fonctionnent sans subvention. Le projet n'est pas opérationnel. Après plusieurs tentatives pour trouver des modalités de mise en œuvre efficaces, le projet a été suspendu et il a été demandé à l'ICAC de le reformuler.

CFC/ICAC/20 : Utilisation des produits dérivés du cotonnier pour la fabrication de produits à valeur ajoutée

Organisme exécuteur du projet :	Institut central de recherche en technologie cotonnière (CIRCOT), Inde
Coût du projet :	2 190 486 USD
Financement du CFC :	918 886 USD
Contribution de contrepartie :	1 271 600 USD

Ce projet était axé sur l'utilisation des tiges de cotonnier pour la fabrication de panneaux de particules et de panneaux sans liant. Le projet est terminé et une rencontre internationale finale de diffusion des résultats a été organisée en novembre 2009. Un rapport technique final complet sur le projet a été publié (Document technique N°58 du CFC).

CFC/ICAC/33 : Normalisation commerciale de l'évaluation du coton par instruments pour les pays en développement producteurs de coton en Afrique

Organisme exécuteur du projet :	Faserinstitut Bremen e. V., Allemagne
Coût du projet :	7 788 052 USD
Financement du CFC :	2 034 697 USD
Cofinancement :	3 000 000 USD (Union européenne)
Contribution de contrepartie :	2 753 355 USD

L'objectif principal du projet était d'améliorer l'intégrité des flux commerciaux de coton grâce à l'établissement d'un système fiable de classement du coton reposant sur les données HVI. Le projet est opérationnel depuis décembre 2007 et s'achèvera en mars 2012. Les séries d'essais régulières programmées (vérification de la qualité et de la cohérence des résultats des essais provenant de laboratoires d'analyse du coton) sont réalisées quatre fois par an. Deux centres techniques régionaux ont été établis, l'un au Mali, l'autre en Tanzanie. La recherche technique visant à faciliter/renforcer les activités des centres régionaux d'évaluation est en cours et des consultations régionales ont débuté afin de garantir la durabilité institutionnelle des deux centres. Une rencontre finale pour la diffusion des résultats sera organisée à la mi-janvier 2012. Des informations actualisées sont disponibles sur le site Web du projet (www.csitc.org). Le compte-rendu de l'atelier final et le rapport technique du CFC seront disponibles sur le page Web de l'ICAC à la mi-2012.

CFC/ICAC/37 : Amélioration de l'efficacité de la production cotonnière dans les petits systèmes agricoles en Afrique orientale (Kenya et Mozambique) grâce à une meilleure intégration verticale de la chaîne d'approvisionnement

Organisme exécuteur du projet :	CABI Africa
Coût du projet :	2 527 700 USD
Financement du CFC :	535 320 USD
Cofinancement :	1 000 000 USD (Union européenne)
Contribution de contrepartie :	992 380 USD

Le projet vise à améliorer la rentabilité et la compétitivité des petits producteurs de coton et à faire de la production cotonnière une entreprise attrayante. Le projet permettra de développer un système de lutte intégrée des cultures entraînant une production plus durable du coton. Ce projet, approuvé en octobre 2009, est entièrement opérationnel et bénéficie de la participation active de producteurs de coton dans les deux pays. Des programmes de formation ont été élaborés et des fermes-écoles ont été établies dans les deux pays. Des études de base ont été entreprises afin de mesurer les progrès. Le projet est actuellement dans sa deuxième année d'exécution et les premiers résultats semblent prometteurs.

CFC/ICAC/38 : Prévention de la contamination du coton-graine en Afrique occidentale (Burkina Faso, Côte-d'Ivoire et Mali)

Organisme exécuteur du projet :	Centre international de développement des engrais, IFDC-Afrique occidentale
Coût du projet :	7 000 000 USD
Financement du CFC :	2 000 000 USD
Cofinancement :	3 500 000 USD (Union européenne)
Contribution de contrepartie :	1 500 000 USD

Le projet a pour objectif de produire du coton moins contaminé et d'entraîner une augmentation des prix pour les producteurs. Lorsque le système aura gagné en crédibilité, les revenus des cultivateurs devraient être supérieurs de 5 % à 10 % par rapport aux recettes actuelles. Le projet se concentrera sur des coopératives de producteurs représentant un total de 27 000 cultivateurs et des compagnies cotonnières dans le but de réduire la contamination de 100 000 tonnes de coton-graine sur une période de 3 ans. Le CFC a approuvé le projet en octobre 2009. Après la réalisation de la documentation officielle requise et des consultations nationales nécessaires sur les besoins en termes d'engagement et de structures de soutien, le projet a commencé à la mi-2010. Des programmes de formation, pour le personnel de vulgarisation et pour les groupes de producteurs directement associés au projet, ont été élaborés et mis en œuvre. Les résultats initiaux provenant de la première récolte s'annoncent prometteurs, mais l'analyse finale de la qualité de la production et de la formation des prix de cette récolte est toujours attendue. Compte tenu de la demande accrue, les activités au Burkina Faso et au Mali ont été étendues pour englober un plus grand nombre de producteurs que prévu initialement.

CFC/ICAC/40 : ProCotton : Amélioration de la productivité et de la commercialisation du coton grâce au renforcement d'organisations de producteurs sélectionnées en Afrique orientale

Organisme exécuteur du projet :	Solidaridad, Pays-Bas
Coût du projet :	840 000 USD
Financement du CFC :	500 000 USD
Contribution de contrepartie :	340 000 USD

Le projet est destiné à fournir un éventail de services à des organisations de producteurs sélectionnées, de manière à accroître les revenus des cultivateurs efficacement et durablement. Sur la base d'autoévaluations (si des compétences dans la gestion de projets sont nécessaires), les organisations de producteurs peuvent demander de l'aide dans le cadre du projet, et ce, dans cinq domaines : assistance technique (axée sur les pratiques agronomiques), accès au financement; accès aux marchés, renforcement des capacités et diversification/création de valeur ajoutée. Le projet en cours est une activité pilote visant à évaluer les perspectives de l'utilisation de cette approche pour offrir un accès et un soutien efficaces aux organisations de producteurs du secteur cotonnier africain, qui reposeront sur des expériences réussies avec d'autres produits de base dans d'autres régions. Le CFC a approuvé le projet en avril 2011. Le projet a connu un démarrage efficace dans les deux pays couverts par le pays (Tanzanie et Zambie) en octobre 2011.

CFC/ICAC/44 : Mise au point de systèmes nationaux de classement du coton au Kenya et au Mozambique.

Organisme exécuteur du projet :	Wakefield Inspection Services Ltd., Tanzanie
Coût du projet :	3 110 000 USD
Financement du CFC :	1 160 000 USD
Contribution de contrepartie :	1 950 000 USD

Le projet établira des structures de classement et des systèmes de commercialisation basés sur les données HVI à l'échelle nationale. Suivant l'engagement confirmé, concret et visible du gouvernement, on s'attend à ce qu'un système de classement du coton par instruments efficace et opérationnel couvre 100 % de la production de chaque pays au terme du projet, permettant aux producteurs de mieux comprendre la valeur marchande de leur produit. Le CFC a approuvé le projet en septembre 2011. Le démarrage effectif dans les deux pays est prévu pour le 1^{er} trimestre 2012.

Projets Fast Track

CFC/ICAC16FT : Gestion de la résistance de *Helicoverpa armigera* aux pyréthroïdes en Afrique occidentale (Enquête)

Organisme exécuteur du projet :	Institut national de recherche Agricole (INERA), Burkina Faso
Coût du projet :	30 000 USD
Financement du CFC :	30 000 USD

Ce projet régional a été mis en œuvre pour évaluer le degré de résistance de *Helicoverpa armigera* aux insecticides et examiner les techniques de contrôle afin d'élaborer une stratégie de lutte rentable. Des analyses ont été réalisées sur la base d'enquêtes nationales et de données nouvellement obtenues. Les résultats ont été discutés à l'occasion d'un atelier régional à Ouagadougou en novembre 2001.

CFC/ICAC/19FT : Gestion du risque de prix pour le coton – Étude de consultant

Organisme exécuteur du projet :	CPM Group, New York, États-Unis
Coût du projet :	60 000 USD
Financement du CFC :	60 000 USD

L'objectif de l'étude susmentionnée était de préparer un cadre pour l'évaluation des conditions pré-requises à la mise en place avec succès d'instruments de gestion du risque de prix. L'étude sur le coton a été demandée au début 2002. Les conclusions du rapport ont été prises en compte pour la conception final du projet principal (CFC/ICAC/17).

CFC/ICAC/21FT : Enquête sur l'incidence, l'épidémiologie et la dynamique des populations de vecteurs des maladies du cotonnier dans la région de l'Afrique australe et orientale.

Organisme exécuteur du projet :	Forum sur le coton d'Afrique australe et orientale (SEACF)
Coût du projet :	70 000 USD
Financement du CFC :	57 500 USD
Contribution de contrepartie :	12 500 USD

Le projet avait pour objectif de fournir des informations concrètes sur l'état des connaissances et l'impact des principales maladies du cotonnier les plus répandues dans la région (par ex. la flétrissure bactérienne, la fusariose, la verticilliose et l'alternariose). Un atelier a été organisé à Kampala les 10 et 11 septembre 2002 afin de discuter de la suite à donner aux conclusions du projet.

CFC/ICAC/23FT : Cotton Facts

Organisme exécuteur du projet :	Comité Consultatif International du Coton (ICAC), Washington DC, États-Unis
Coût du projet :	40 000 USD
Financement du CFC :	20 000 USD
Contribution de contrepartie :	20 000 USD

Le projet visait la production d'une publication intitulée *Cotton Facts*, à savoir un précis exhaustif et facile à lire contenant des faits fondamentaux, courants et spécifiques sur le coton et se concentrant sur tous les aspects de la production, de la commercialisation et de l'utilisation du coton. Le personnel de l'ICAC a préparé et publié *Cotton Facts* en mars 2004 (Document technique N°25 du CFC). La publication est disponible à la vente à l'adresse suivante : publications@icac.org.

CFC/ICAC/25FT : Production durable du coton en Afrique occidentale

Organisme exécuteur du projet :	Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED)
Coût du projet :	180 000 USD
Financement du CFC :	75 000 USD
Contribution de contrepartie :	105 000 USD

Le projet avait pour but de fournir une analyse approfondie des systèmes actuels de production du coton dans la région. Une étude a été demandée à un consultant et le rapport de ce dernier a été discuté à l'occasion d'un atelier régional. Le rapport publié est le document technique N°41 du CFC.

CFC/ICAC/27FT : Les tiges de cotonnier - Étude

Organisme exécuteur du projet :	Institut central de recherche en technologie cotonnière (CIRCOT), Inde
Coût du projet :	120 000 USD
Financement du CFC :	120 000 USD

Le projet a été mené afin de fournir des informations concrètes sur la disponibilité des tiges de cotonnier pouvant être récoltées et transformées en tant qu'intrant pour la production de « panneaux de particules à base de coton », conformément à la conception du projet principal (CFC/ICAC/20).

CFC/ICAC/30FT : Préparation de la normalisation commerciale de l'évaluation du coton par instruments pour les pays en développement producteurs de coton en Afrique

Organisme exécuteur du projet :	Faserinstitut Bremen e.V., Allemagne
Coût du projet :	142 415 USD
Financement du CFC :	101 138 USD
Contribution de contrepartie :	41 277 USD

L'objectif de ce projet Fast Track était double : faciliter les consultations en cours expliquant les composantes/exigences fondamentales d'un système mondial de contrôle de la qualité reposant sur l'évaluation du coton par instruments et définissant les paramètres déterminant l'engagement et la participation réelle des pays africains producteurs de coton dans un tel système mondial. Le projet a conduit à la formulation d'un projet à grande échelle, à savoir le projet CFC/ICAC/33.

CFC/ICAC/32FT : Production et commercialisation de coton non contaminé au Mali

Organisme exécuteur du projet :	Institut d'économie rurale (IER), Mali
Coût du projet :	90 000 USD
Financement du CFC :	50 000 USD
Contribution de contrepartie :	40 000 USD

Grâce à ce projet, il était question d'évaluer le degré de contamination du coton-graine et les causes de cette contamination et de déterminer son importance relative au regard de la production/chaîne de valeur du coton dans son ensemble, en particulier son impact sur la capacité des petits cultivateurs de coton à générer des revenus. Un rapport technique final a été préparé en mars 2008, avec des recommandations sur une approche structurelle possible afin de traiter la contamination du coton à la source. Un projet régulier (CFC/ICAC/38) a vu le jour à la suite de cette étude.

CFC/ICAC/34FT : Consultation régionale sur le coton génétiquement modifié pour l'évaluation des risques et des opportunités pour les petits producteurs de coton

Organisme exécuteur du projet :	Service international pour l'acquisition des applications agrobiotechnologiques (ISAAA)
Coût du projet :	160 000 USD
Financement du CFC :	120 000 USD
Contribution de contrepartie :	40 000 USD

Le projet a été approuvé dans le but de partager des informations scientifiques et des expériences réelles sur les avantages et les désavantages de l'utilisation du coton issu du génie génétique. Le projet était axé sur les expériences en Asie, tout en portant une attention particulière aux intérêts (et à la participation) des pays d'Afrique orientale. Le compte-rendu de la consultation (menée à Faisalabad, Pakistan) a été publié (Document technique N°53 du CFC).

CFC/ICAC/36FT : Techniques de lutte intégrée contre les ravageurs (LIR) pour la durabilité des petits cultivateurs de coton dans le cône Sud de l'Amérique du Sud conjointement à un projet pilote pour 400 petits exploitants agricoles dans la province de Formosa, Argentine

Organisme exécuteur du projet :	Ministère de la Production, Formosa, Argentine
Coût du projet :	369 200 USD
Financement du CFC :	120 000 USD
Contribution de contrepartie :	249 200 USD

Le projet visait à démontrer la faisabilité de l'utilisation judicieuse des pulvérisations dans un réseau efficace de pièges afin de réduire efficacement l'incidence du charançon de la capsule à un niveau où la production est rentable. Le projet s'est achevé en 2008 et un rapport technique final destiné à être utilisé dans le cadre du programme national argentin de lutte contre le charançon et de la coordination régionale de ces efforts.

CFC/CFC/27FT : Élaboration de stratégies de gestion des risques pour les producteurs de coton du Mozambique

Organisme exécutateur du projet :	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
Coût du projet :	146 000 USD
Financement du CFC :	120 000 USD
Contribution de contrepartie :	26 000 USD

Le thème de l'exposition des cultivateurs de produits de base aux risques liés à la production (conditions climatiques) et au marché (prix) est de plus en plus reconnu comme l'un des aspects importants de la "malédiction des ressources". Le projet proposé identifie un mécanisme, s'inspirant de la production du coton par les petits cultivateurs, qui détourne les ressources de la génération des revenus vers la production de subsistance comme moyen de d'atténuation des risques de production des cultures de rente. Le projet évaluera la faisabilité des instruments de réduction des risques financiers sur la base des activités existantes d'une institution de microfinance locale. Actuellement, des études de base sur des enquêtes sont menées et des réunions des parties prenantes sont planifiées à une date ultérieure en 2011.

CFC/CFC/29FT : Réunion panafricaine sur le coton, 2011, Cotonou, Bénin

Organisme exécutateur du projet :	Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED)
Coût du projet :	227 000 USD
Financement du CFC :	120 000 USD
Cofinancement :	100 000 € (Union européenne/ACP)
Contribution de contrepartie :	26 000 USD

Le projet a facilité l'organisation d'une réunion de l'ensemble des parties prenantes de la filière coton en Afrique dans l'objectif de démarrer un processus de définition de pistes d'avenir à long terme. La réunion s'est tenue du 27 au 29 juin 2011. Sur la base des consultations intensives organisées pendant la réunion, la CNUCED (en consultation avec des chefs de file représentants le secteur cotonnier) a préparé un projet de « feuille de route pour l'avenir ». La version finale de ce document sera publiée au début 2012.

XXXXXX

Resumen Retrospectivo de los Proyectos CFC Completados



Sección de Información Técnica

**VOLUMEN XXIX NO. 4
DICIEMBRE 2011**

Español

Español

Cooperación para el desarrollo: Resultados e impactos de las actividades conjuntas CFC/ICAC

Introducción

El Comité Consultivo Internacional del Algodón (CCIA) es el Organismo Internacional de Productos Básicos (OIPB) para el algodón y los textiles de algodón designado por el Fondo Común para los Productos Básicos (CFC, por sus siglas en inglés). El CFC, con sede en Ámsterdam, Países Bajos, es una institución financiera internacional creada por las Naciones Unidas. En la actualidad, si bien el CCIA cuenta con 42 gobiernos miembros, el Fondo Común tiene una membresía de 105 gobiernos y 10 instituciones. Entre estas últimas se encuentran la Comunidad Andina, la Unión Africana (UA), la Comunidad del Caribe (CARICOM, por sus siglas en inglés), el Mercado Común del África Oriental y Meridional (COMESA, por sus siglas en inglés), la Comunidad Económica de Eurasia (EURASEC, por sus siglas en inglés), la Comunidad de África Oriental (CAO), la Unión Europea (UE), la Comunidad Económica de Estados de África Occidental (CEDEAO) y la Comunidad para el Desarrollo de África Meridional (SADC, por sus siglas en inglés).

Como organismo internacional de productos básicos, el CCIA tiene la potestad de patrocinar proyectos con financiamiento del CFC. Conforme a los procedimientos, los gobiernos miembros del CCIA y del CFC pueden preparar propuestas y presentarlas a la Secretaría del CCIA para su consideración. El manual del CFC para la preparación de proyectos, disponible en línea en <http://www.common-fund.org/data/content/manual-long_version.pdf>, es la principal fuente de orientación para la elaboración de proyectos. La Secretaría del CCIA también ha creado su propia pauta específicamente para proyectos vinculados con el algodón. Las instituciones de investigación y el sector privado también pueden iniciar proyectos, pero se recomienda que todo proyecto se envíe a la Secretaría del CCIA por mediación de las agencias coordinadoras designadas por ese organismo en los países miembros o por medio de los representantes formales del CFC (Gobernadores) en los países que no son miembros del CCIA.

Los proyectos son revisados por la Secretaría del CCIA para asegurarse de que tengan el formato debido y la factibilidad tecnológica en consonancia con los requerimientos de los productos básicos y los intereses de los pequeños productores de los países en desarrollo. Los proyectos deben ser de alcance internacional, orientados a problemas específicos y de enfoque novedoso. Cuando un proyecto recibe el visto bueno, la Secretaría lo somete al Comité Permanente del CCIA. Todos los proyectos, excepto los relativamente pequeños de rápida ejecución, deben recibir la aprobación del Comité Permanente antes de presentarse a la consideración del Fondo Común. La Secretaría del CFC también revisa los proyectos para garantizar que estén completos y hace su propia evaluación interna antes de llevarlos ante su Comité Consultivo. El Comité Consultivo del Fondo realiza un estudio detallado de todos los aspectos técnicos de los proyectos propuestos y hace sus recomendaciones al Comité Ejecutivo del CFC para su aprobación definitiva. El Comité Consultivo y el Comité Ejecutivo se reúnen solo dos veces al año.

Tan pronto como un proyecto ha recibido la aprobación, se redacta un informe de evaluación del proyecto, y un acuerdo sobre el proyecto antes de que comiencen las actividades del proyecto, lo que suele demorar unos dos meses. La Secretaría del CCIA funge como órgano supervisor mientras que el proyecto en sí lo ejecuta la Agencia Ejecutora de Proyecto (PEA, por sus siglas en inglés), preferiblemente con sede en uno de los países colaboradores.

Desde el reconocimiento de CCIA como parte del OIPB y hasta diciembre de 2011, el CFC ha aprobado 26 acuerdos vinculados con el algodón. De esos 26 proyectos, 24 fueron sometidos al CFC por el CCIA, 14 de tipo ordinario y 12 de ejecución rápida o 'Fast Track'. Todos los proyectos de ejecución rápida han sido completados. Cinco de los proyectos ordinarios están en fase de ejecución y los demás ya han concluido. El presente número especial del *ICAC RECORDER* titulado 'Cooperación para el desarrollo: Resultados e impactos de las actividades conjuntas CCIA - CFC', resume los importantes adelantos logrados y los efectos que han tenido sobre los rendimientos y la calidad del algodón. Si bien el proyecto CFC/ICAC 1 no fue concebido para abordar un problema determinado, otros seis han alcanzado un nivel de ejecución que permitirá, una vez acabados, evaluar sus impactos.

La colaboración entre el CCIA y el CFC durante las últimas dos décadas ha reportado diversos beneficios al algodón. Las instituciones de investigación, sobre todo las de los países en desarrollo, tienen recursos demasiados limitados como para lanzar nuevos proyectos o abordar problemas más recientes. La colaboración entre el CCIA y el CFC ha atraído fondos adicionales a la investigación del algodón. La Secretaría del CCIA ha alentado a los investigadores a desarrollar proyectos orientados a la solución de problemas y, en muchas ocasiones, ha ayudado a los países a hallar los mejores colaboradores y a negociar los acuerdos más propicios para la ejecución exitosa de un proyecto determinado. Los proyectos del CFC/ICAC han potenciado la colaboración transfronteriza en materia del algodón y, en algunos casos, hasta entre continentes. Los países desarrollados así como las naciones en desarrollo lograron trabajar conjuntamente para resolver problemas comunes. Los proyectos del CFC/ICAC han logrado reunir expertos internacionales para encontrar las soluciones más eficientes y eficaces. En todos los casos, los proyectos del CFC/ICAC han culminado con un taller final para difundir los resultados de la investigación entre los demás países.

Bastaría con una mirada al presente número del *ICAC RECORDER* para ver claramente como los proyectos presentados han beneficiado a millones de pequeños productores en los países participantes. En uno de los proyectos se cuantificaron los beneficios monetarios que ellos han acarreado y se llegó a la conclusión de que entre 1997 y 2009 los beneficios ascendieron a US\$95 millones. Esa cantidad, por sí sola, sobrepasa el costo de los 26 proyectos que recibieron contribuciones del CFC, la Unión Europea y los gobiernos nacionales, mayormente en forma de donativos. Los productores de algodón provenientes de los países que participaron en los proyectos lograron operar sin pérdidas y, en la mayoría de los casos, los beneficios se siguen sumando. Los cinco proyectos que siguen en fase de ejecución también aportarán beneficios similares a los productores algodoneiros.

La Secretaría del CCIA, a nombre de sus gobiernos miembros, desearía agradecer a todos los colaboradores que, con su trabajo conjunto, han contribuido significativamente al sector algodoneiro. La Secretaría también desea expresar su más sincero agradecimiento al CFC, la Unión Europea y los organismos nacionales donantes en los países participantes en los proyectos.

M. Rafiq Chaudhry, PhD
Jefe de la Sección de Información Técnica
Comité Consultivo Internacional del Algodón

Prólogo

El algodón es un cultivo típico de los países en desarrollo, pero también se cultiva en algunos países desarrollados. Como cultivo comercial, el algodón es una de las más importantes fuentes de ingresos en moneda convertible, tanto para los países pequeños productores como para los mayores productores. El sector algodonero, como tal, es un gran proveedor de empleo y de ingresos para más de 250 millones de personas que participan en las diversas actividades de producción y procesamiento a lo largo de la cadena de suministro del algodón. El peso relativo del sector algodonero en cada economía depende, por supuesto, del nivel general de desarrollo. En ese sentido, debe reconocerse que para un gran número de países en desarrollo, la producción y comercialización del algodón es de vital importancia para la creación de ingresos, tanto a nivel microeconómico como a nivel macro. El aumento de la productividad del cultivo del algodón así como el desarrollo del valor agregado de la fibra y sus subproductos serían adelantos vitales que reportaría una sustancial mejora en el nivel de vida de los pequeños productores y de los trabajadores agrícolas del sector.

El Comité Consultivo Internacional del Algodón (CCIA) concentra sus esfuerzos en promover los intereses del sector algodonero en general creando conciencia, disseminando información y sirviendo de catalizador para la colaboración en temas de importancia internacional. Los 105 países miembros del Fondo Común para los Productos Básicos (CFC, por sus siglas en inglés) le han conferido el mandato de apoyar el desarrollo de actividades en la esfera de los productos básicos que fomenten el aumento de la capacidad de generación de ingresos entre los productores primarios de productos básicos, así como de reducir la vulnerabilidad a la errática volatilidad de los precios de los productos básicos. La cooperación robusta y efectiva que se ha producido entre las dos organizaciones durante los 20 años transcurridos desde el establecimiento del Fondo Común ha producido una cuantiosa cartera de proyectos que fueron propuestos por el CCIA y financiados por el CFC. En estos momentos, esa cartera cuenta con 26 proyectos (14 de tipo ordinario y 12 proyectos menores de ejecución rápida "Fast Track"), con un valor total de casi US\$70 millones, de los cuales unos US\$30 millones fueron contribución del Fondo. El CCIA, en su papel de Organismo Internacional de Productos Básicos dedicado al algodón por designación del CFC, cumplió funciones de supervisión y de asesoría técnica durante la implementación de los proyectos.

El presente número especial del *ICAC RECORDER* resalta seis proyectos CFC/ICAC que han sido ejecutados y completados. Esos proyectos cubrieron una amplia gama de temáticas, desde el manejo de los cultivos y el control de las plagas hasta el aprovechamiento de los subproductos. Los proyectos compartieron una serie de elementos comunes, entre ellos: estar dirigidos a un producto básico específico (el algodón), haber contado con una participación internacional y haber sido ejecutado por varios países, conforme al enfoque del Fondo de centrarse en un producto básico y no en un país. Desde la conclusión de los proyectos, los resultados se hallan a disposición de todos los miembros de ambas organizaciones. La finalidad de ofrecer un resumen panorámico de esos proyectos es presentar los resultados y, sobre todo, resaltar los impactos que han tenido (por modestos que hayan sido) en los diversos países en que se han implementado. Esperamos que los proyectos hayan tenido impactos directos e indirectos en muchos países del mundo. Los resultados de los proyectos trajeron ingresos adicionales o ahorraron millones de dólares a los pequeños productores de los países participantes.

También se incluye en el presente número un breve resumen de la cartera completa de proyectos CFC/ICAC hasta el mes de diciembre de 2011, con un desglose de los proyectos ya completados y aquellos que todavía están en ejecución. Se espera que esta publicación sirva de fuente de información sobre el impacto de los trabajos realizados por el CFC, el CCIA y los gobiernos nacionales de muchos países.

Emb. Ali Mchumo
Director Gerente
Fondo Común para los Productos Básicos

Terry P. Townsend
Director Ejecutivo
Comité Consultivo Internacional del Algodón

Manejo integrado de plagas del algodón (CFC/ICAC 03)

Jonathan Spenser, CEO, TerraVerde Agriculture; antiguo Gerente de Proyecto para "Manejo Integrado de Plagas del Algodón (CFC/ICAC 03)", Israel

Duración:	13 de septiembre de 1994 a 30 de septiembre de 1999
Países:	Egipto, Etiopía, Israel y Zimbabwe
Instituciones colaboradoras:	Junta de Producción y Comercialización de Algodón de Israel Universidad de Tel Aviv, Israel Instituto de Ingeniería Agrícola de Israel Instituto de Fitoprotección, Israel Empresas Granot-Sivan, Israel Instituto de Investigaciones sobre Fitoprotección, Egipto Asociación de Productores Comerciales de Algodón, Zimbabwe Organización de Investigación Agrícola de Etiopía
Agencia ejecutora del proyecto:	Junta de Producción y Comercialización de Algodón de Israel

=====

El proyecto "Manejo Integrado de Plagas del Algodón (CFC/ICAC 03)" fue un proyecto de investigación que se ejecutó en Israel, Egipto, Zimbabwe y Etiopía entre 1994 y 1999. La mayor parte del trabajo del proyecto se llevó a cabo en Israel, y después en Egipto. El proyecto obedeció a una iniciativa del Comité Consultivo Internacional del Algodón (CCIA) encabezada por la industria algodonera israelí, en especial, la Junta de Producción y Comercialización de Algodón, S.L., y financiada conjuntamente por las partes participantes y el Fondo Común para los Productos Básicos (CFC).

El objetivo principal del proyecto fue mejorar la rentabilidad del algodón a lo largo de la cadena de valor de la industria mediante la ejecución del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Conceptualmente, el proyecto se diseñó con miras a elevar la rentabilidad de la producción y los rendimientos, y producir fibra de alta calidad, sin pegajosidad, en medio de la gravísima amenaza que representaban para toda la industria las plagas de chupadores en múltiples países, en especial, la mosca blanca *Bemisia tabaci* en esos momentos. Además, el proyecto tuvo por finalidad estructurar un enfoque sostenible e inocuo desde el punto de vista ambiental para el desarrollo y aplicación de los productos químicos.

Se desarrollaron objetivos específicos para el proyecto y se agruparon en una estrategia de investigación colaborativa encaminada a cumplir y lograr la meta principal tanto para los productores como para la industria de la hilaza. Entre esos objetivos se incluyeron los siguientes:

- Desarrollo de insecticidas menos tóxicos y menos costosos;
- Mejoramiento de los equipos de rociado existentes y desarrollo de nuevos aspersores;
- Desarrollo de nuevos métodos de aplicación;
- Promoción de medidas de control biológico;
- Determinación de umbrales técnico-económicos (para el control de plagas), y

- Difusión de la tecnología a través de la elaboración de directrices técnico-económicas, formación de personal proveniente de los principales países en desarrollo productores de algodón, y ensayos y demostraciones de tecnología en los campos de los productores.

El proyecto CFC/ICAC/03 se concibió durante los primeros años del decenio de 1990. La mosca blanca (en especial, *Bemisia tabaci*) y, en algunos lugares, otras especies generadoras de mielecilla) estaba causando grandes estragos a los productores en diversas partes del mundo, arrasando con los rendimientos y los ingresos, y creando serias preocupaciones en el seno de la industria textil debido al algodón pegajoso, resultado de la contaminación con la mielecilla excretada sobre la fibra por esas plagas.

En esa época, las instituciones de investigación comenzaban apenas a generar los conocimientos sobre el comportamiento de la mosca blanca en muchos países. Ejemplo de ello eran los debates que seguían desarrollándose en el seno de la comunidad científica acerca de la verdadera definición de la especie y de los diferentes tipos que, según las variaciones observadas en la anonadante virulencia de diferentes poblaciones, se habían hecho evidentes. Eran los momentos de auge de los proyectos sobre el algodón pegajoso a nivel industrial. Se había desarrollado la percepción de que era posible que la plaga fuera incontrolable y que las soluciones deberían buscarse en la industria de la hilatura / hilaza. El desarrollo de dispositivos para detectar la pegajosidad, el calentamiento de la fibra y las máquinas para el lavado y la limpieza de la fibra son ejemplos de ese enfoque.

En aquellos momentos, los reguladores del crecimiento de los insectos como medio para controlar las plagas estaban escasamente en la etapa de liberalización en muchos países y el control de la mosca blanca en los campos se basaba en rociados ineficaces. Lo normal eran las aplicaciones de materiales altamente tóxicos sobre las moscas blancas adultas a intervalos breves. Ello causó la devastación del equilibrio biológico,

ocasionó brotes de plagas secundarias, aumentó el riesgo de que las plagas desarrollaran resistencia a los insecticidas, costó una fortuna y erosionó la rentabilidad, se convirtió en una catástrofe y en un peligro para la seguridad, y, lo peor de todo, casi no ejerció control alguno porque no se logró afectar las fases ninfales. Los umbrales técnico-económicos para el tratamiento con productos químicos en las fases adultas de la mosca blanca no solo eran inútiles sino que resultaron ser una concepción totalmente errónea para el control de la plaga.

La temporada de 1988 en Israel vio fracasar la cosecha debido a un brote excepcionalmente agresivo de mosca blanca. Se convocó a un equipo de misión y después se crearon diversos equipos multidisciplinarios de investigación para tratar de resolver esa grave crisis y el manejo de la mosca blanca se consideró de alta prioridad en los esfuerzos de investigación y desarrollo fijados y gestionados por la dirigencia de la industria algodonera israelí antes del inicio del proyecto.

Esas eran las condiciones reinantes en que se concibió el "Manejo Integrado de Plagas del Algodón (CFC/ICAC 03)", proyecto que generó una cantidad impresionante de investigación sólida y colaboración y que, aprovechando los equipos y pericias existentes, aglutinó a especialistas en algodón muy motivados de los cuatro países participantes. Retrospectivamente, se pueden identificar muchas huellas que los componentes del proyecto dejaron dentro de la industria y se pueden vincular con los resultados de los ingentes esfuerzos de investigación y desarrollo que se hicieron globalmente durante ese tiempo, de los que fue parte importante el CFC/ICAC 03.

Es menester reconocer que, si bien se hicieron grandes esfuerzos por desarrollar una nueva clase de productos químicos basados en aceites, amistosos para el medio ambiente, así como métodos de aplicación nuevos y eficientes, esos productos nunca se comercializaron en gran escala. Sin embargo, podemos resumir los detalles de logros prácticos del proyecto como sigue:

- Como después se vio, los reguladores del crecimiento en los insectos (RC) para el control de las plagas en el algodón empezaron a comercializarse en los años 90.
- Al iniciarse el proyecto en 1994/95, se vio claramente que el momento de atacar la plaga era la fase ninfal, en contraposición al concepto de control de la plaga en la fase adulta. Los materiales basados en el aceite y sus métodos de aplicación se centraron en esas fases tempranas.
- En el marco del proyecto, se desarrollaron umbrales técnico-económicos para el control de las fases ninfales, sobre todo en las fases 2 y 3.
- Los umbrales no solo se avenían a los productos nuevos del proyecto sino que también a los RCI emergentes y resultó que el proyecto apoyaba el uso apropiado de los RCI (Buprofezin) existentes y los materiales que siguieron para el control de la ninfa de la mosca blanca, tales como Piriproxifen, Diafenthiuron y otros.
- El concepto de desarrollar sustancias comestibles y convertirlas en formulaciones de plaguicidas que se manejó durante la duración del proyecto sucedió al concepto del control de la ninfa con materiales diana no-tóxicos, en paralelo con el desarrollo e introducción de los RCI.

Algunos fabricantes de plaguicidas que emplean sustancias comestibles en sus productos, sobre todo para cultivos orgánicos, han seguido desarrollando las formulaciones con base de aceite. Informes de Egipto señalan específicamente que el uso de aceite mineral para controlar las plagas de insectos chupadores se afianzó más y el empleo de rociados de bajo volumen con un económico aspersor micrón ULVA para el control de dichas plagas se generalizó más entre los pequeños productores de algodón. ULVA es un rociador manual de disco rotativo diseñado para aplicaciones controladas de insecticidas y fungicidas de bajo volumen (BV), y ultra bajo volumen (UBV).

Los conocimientos expertos desarrollados en las fases de ensayo en el terreno llevaron a métodos sistemáticos de inspección relacionando los niveles de infestación con el desarrollo de la fase de la planta a fin de programar el control de las ninfas de la mosca blanca que se practica ahora para la aplicación de RCI, aceites minerales y otros materiales a diferentes cultivos, incluidas las prácticas agronómicas orgánicas.

Respecto del empleo de insecticidas y los enemigos naturales, los tratamientos con insecticidas normalmente se aplicaban hasta 14 veces en una temporada a finales de los años 80, por lo que se diezmo la fauna de enemigos naturales, se perturbó el medio ambiente y se fortaleció la resistencia de las poblaciones de plagas. Ello fue muy cierto en el caso de *B. tabaci*, el cual no era muy eficaz en aquel entonces contra la mayoría de los insecticidas. Al iniciarse la producción de RCI, quedó claro que esos nuevos materiales, de usarse correctamente, serían capaces de revolucionar el control de la mosca blanca. Sin embargo, era necesario determinar los parámetros dentro de los que sería posible ejercer ese control. Por consiguiente, se emprendió un estudio en 1990-1993 para determinar las relaciones entre el primer RCI empleado (Buprofezin) y los enemigos naturales parasitoides que atacaban *B. tabaci*. Los resultados demostraron que, de utilizarse correctamente, pudiera darse un sinergismo entre el material que destruye ninfas de mosca blanca muy jóvenes y los parasitoides que controlan las fases posteriores sin que estuvieran siendo afectados por el material. Esa información se utilizó en el proyecto, y se introdujo la noción de que para el control de las plagas del algodón, podían emplearse diversos niveles de parasitoides libremente y en sinergia con los RCI. Por ende, quedó demostrado que eran confiables los niveles de parasitoides y sus efectos. Además, se introdujo en Egipto la especie *Encarsia sophia* (como *E. transvena*), y allí se estableció. La eficacia de los enemigos naturales permitió diseñar protocolos de rociados de frecuencia reducida en el algodón.

El uso de insecticidas en cantidades de hasta 14 tratamientos con insecticidas por temporada, se redujo drásticamente gracias a los estudios mencionados anteriormente. El trabajo del proyecto demostró la eficacia de los enemigos naturales y los efectos diferenciales de distintos materiales sobre las plagas y los parasitoides. Por consiguiente, la introducción y la promoción del uso de ciertos materiales como resultado de los estudios del proyecto hicieron posible la formulación de nuevas estrategias de manejo.

Las tecnologías de rociado que se desarrollaron y los conocimientos científicos que se adquirieron durante el proyecto CFC/ICAC 03 se conjugaron con los conocimientos

expertos en el diseño de varias maquinarias y procesos agrícolas:

- Raz Sprayers Inc. (Israel) desarrolló la tecnología del tubo cuentagotas de corto alcance asistido por aire convirtiéndolo en un rociador de invernadero que se utiliza para rociar cultivos tipo cordones tales como tomates, pimientos y pepinos.
- Micron Inc. (Reino Unido) convirtió la misma tecnología en un tubo cuentagotas de corto alcance asistido por aire utilizando sus boquillas especiales.

Ambas compañías adaptaron la tecnología incluyendo las modificaciones requeridas para las aplicaciones específicas en las que trabajaban.



Figura 1: Rociador desarrollado por el Proyecto CFC/ICAC 03

Otro logro útil del proyecto fue la práctica de la difusión de los conocimientos. Los seminarios de formación en los países participantes fueron parte integrante del proyecto. La metodología para compartir los conocimientos, la enseñanza en el terreno y el valor de las parcelas de demostración para los participantes, el personal de extensión y los productores en algunos casos fueron ejemplos del flujo de conocimientos de las investigaciones hacia el nivel del terreno. Específicamente, se hizo llegar la importancia de la inspección y el uso de niveles de umbral

como punto decisorio a los asesores agrónomos, los inspectores y sus jerarquías superiores.

El valor de la precisión en las aplicaciones y el desempeño del productor en la introducción de nuevos conocimientos expertos fueron temas que se destacaron durante las sesiones de formación. Quedó validada la idea de ofrecer cursos de capacitación para fomentar la aplicación de los conocimientos como parte de los proyectos de investigación y desarrollo. Finalmente, el proyecto contribuyó a la tendencia de contar con un manejo agrícola amistoso para con el medio ambiente como componente de la producción moderna.

En retrospectiva, 10 años después del proyecto, las plagas chupadoras, en especial la mosca blanca en Israel, Egipto y otros países se han vuelto más manejables y previsibles. En Israel, la metodología de control basada en los conocimientos obtenidos durante el período del proyecto y relacionada con el propio proyecto se ejecuta hasta el día de hoy como parte del sistema de manejo habitual. Las aplicaciones de rociados contra la mosca blanca se han reducido marcadamente a 1 ó 2 por temporada y ha mejorado significativamente el nivel de comprensión sobre el comportamiento de las plagas chupadoras, con referencia especial a *Bemisia tabaci* y su sistema biológico.

La mosca blanca no solo ha dejado de ser una plaga crítica en Israel y otros muchos países, sino que también su control se ha vuelto tan habitual y eficaz que se ha eliminado de entre las altas prioridades que figuran en la lista de investigación y desarrollo, y ahora se considera un reto del pasado que ya se ha superado.

El proyecto "Manejo Integrado de Plagas del Algodón (CFC/ICAC 03)" hizo una gran contribución a los enormes esfuerzos de investigación y desarrollo que se realizaron globalmente para combatir una amenaza grave al algodón, con importantes resultados que hasta hoy siguen afectando la industria.

Para más información sobre la propuesta de proyecto y los resultados alcanzados, dirijase a <<http://icac.org/projects/CommonFund/IPMC/english.html>>

Manejo integrado de plagas para el picudo del algodón en Argentina, Brasil y Paraguay (CFC/ICAC 04)

Duración:	30 de junio de 1995 a 30 de junio de 2001
Países:	Argentina, Brasil y Paraguay
Instituciones colaboradoras:	Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (IASCAV), Argentina Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Argentina Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina Empresa de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Brasil Instituto Agronómico Paraná (IAPAR), Brasil Instituto Biológico, Brasil Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG), Paraguay Dirección de Investigación Agrícola (DIA), Paraguay Instituto Agronómico Nacional (IAN), Paraguay
Agencia ejecutora del proyecto:	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria-SENASA, Argentina

=====

El proyecto "Manejo integrado del picudo en Argentina, Brasil Paraguay" se inició como ejemplo de la importancia de priorizar el manejo integrado de plagas y de destacar la cooperación internacional. El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) de Argentina fue responsable de la coordinación de las labores del proyecto, pero las investigaciones reales se emprendieron en muchos sitios por más de una organización dentro de un país. En Brasil y Paraguay, los coordinadores nacionales, así como en Argentina, facilitaron la recopilación de los resultados de las investigaciones y la difusión a SENASA. Los Ministerios de Agricultura en Brasil y Paraguay participaron activamente en la ejecución proyecto.

El picudo mexicano, al que también suele denominarse picudo del algodón *Anthonomus grandis*, invadió Brasil en 1983 y de allí pasó a Paraguay en 1991. El picudo continuó su viaje hacia el sur y llegó a Argentina en 1994. Las consecuencias de la extensión del picudo y la dificultad de controlarlo ya se conocían debido a la experiencia en Estados Unidos y los países de América Central. Sobre la base de las experiencias pasadas, el control mediante el uso de insecticidas no se consideraba una opción favorable. La presencia del picudo en el cono sur de Sudamérica era una amenaza para más de tres millones de hectáreas de algodón sembrado en tres países del proyecto. Esos tres países, con fronteras comunes, se percataron de las complejidades que entrañaba el control del picudo y los gobiernos aunaron sus esfuerzos para presentar una defensa conjunta contra la plaga.

En el momento en que se elaboró el proyecto, el picudo no daba muestras de detenerse en su viaje. El objetivo fundamental del proyecto era mejorar la productividad de los productores de algodón mediante el desarrollo y la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas que fueran eficaces para el control del picudo, que aplicaran métodos rentables y que tuvieran impacto mínimo sobre el medio ambiente. El proyecto aprobado por el Fondo Común para los Productos Básicos en septiembre de 1994 se fijó los siguientes objetivos específicos:

- Evaluación de los conocimientos existentes e identificación de los elementos funcionales útiles para el desarrollo de paquetes específicos para cada sitio y definición de planes de estrategias regionales
- Estudio de la ecología y la biología del picudo en los agro-ecosistemas del algodón en zonas subtropicales de Argentina, Brasil y Paraguay
- Adaptación de tecnologías adquiridas o desarrolladas, de bajo costo y aceptables para el medio ambiente, a las condiciones / sistemas de producción locales del algodón
- Transferencia de tecnología e información a los productores y los departamentos de extensión en los tres países a fin de minimizar los costos sociales y el impacto ambiental sobre los recursos naturales.

Principales hallazgos del proyecto

Hospederos alternos

El proyecto detectó que una serie de especies de plantas que pertenecían a las familias Malvaceae, Compositae, Solanaceae, Euphorbiaceae y Leguminosae servían de hospederos alternos para el picudo cuando el algodón en el campo no estaba disponible. El algodón es el hospedero preferido pero, si no ha comenzado a florecer o si todavía no hay cápsulas en la planta, el picudo sobrevive alimentándose de granos de polen de las especies antes mencionadas. Ha quedado demostrado que la fluctuación y la selectividad estacionales del picudo respecto de la ingesta de polen son independientes del lugar donde se tomaron las muestras. Especies exóticas de la familia Malvaceae, tales como *Hibiscus tiliaceus*, *Hibiscus schizopetalus*, *Hibiscus sabdariffa*, *Abelmoschus esculentus* y *Hibiscus rosa-sinensis*, no son hospederos alternos del picudo en condiciones naturales. Se vio que esas especies, aparte de no servir como alimento, tampoco servían como hospederos. El muestreo y la recolección de plantas durante distintas estaciones y en sitios diferentes

también demostraron que existen muchísimas variedades de plantas entomófilas pertenecientes a diversas familias, que no son visitadas por los picudos como fuentes de alimento.

Fenología y dinámica poblacional

El tubo matapicudo pudiera incorporarse al MIP y también utilizarse para evaluar el nivel de la población adulta de picudos presente en el terreno, dentro y fuera de la temporada de cultivo. La abundancia de lluvias y de granos de polen de especies alternativas proporciona alimento al picudo y permite que la plaga sobreviva, aunque en menor escala que con el algodón. Los resultados del proyecto demostraron que al comienzo de la temporada algodonera, la infestación del picudo se inicia en el perímetro de los campos algodoneros. La infestación de picudo en condiciones de terreno adquiere mayor importancia cuando el cultivo tiene 100 días o más. Arrancar y destruir los rastrojos demoró la aparición del picudo en el cultivo nuevo. Durante todo el año se estuvo monitoreando la población de picudos adultos basándose en el número de capturas encontradas en las trampas de feromonas. Los datos de 1995-2000 mostraron que, en casi todos los años, el número máximo de picudos se capturó en las trampas durante los meses de mayo, julio y agosto.

Uso de insecticidas y monitoreo de la resistencia

En el marco del proyecto, se realizaron ensayos sobre todo en Brasil, donde la plaga ya se había establecido antes de iniciado el proyecto para comparar los distintos insecticidas, formulaciones y dosis recomendadas para el control eficiente del picudo. Los resultados demostraron que los productos más eficaces fueron endosulfán, deltametrina y beta ciflutrin. Se determinó que el fenalverato no había surtido efecto y que la adición de exonfré no había mejorado el desempeño de los insecticidas. El proyecto elaboró un método para el diagnóstico de resistencia frente a las poblaciones locales de la zona. El método, que constituye un instrumento rápido, sencillo y confiable que permite evaluar la resistencia *in situ*, se patentó en Argentina y Paraguay en 1999 y 2000, respectivamente. El método desarrollado durante el proyecto se puede utilizar como alternativa a los bioensayos de laboratorio, que no solo requieren una elevada especialización técnica sino que también demoran más en llegar a los resultados.

Control biológico

Se identificaron los parasitoides *Bracon bulgaris*, *Cataloculus grandis* y el depredador *Euborellia annulipes* en el laboratorio y se halló que estaban destruyendo el picudo en el terreno. Se encontró que las larvas de *C. grandis* eran más prevalentes y activas contra el picudo aunque las hembras adultas eran también capaces de destruir larvas y pupas del picudo inyectándoles toxinas. Los trabajos del proyecto arrojaron que los picudos adultos recién salidos eran más vulnerables a la parasitación. También se ha estudiado extensamente *C. grandis* en Estados Unidos como posible candidato para la parasitación del picudo. Sin embargo, dado que la población de picudos ha ido disminuyendo como resultado del programa de erradicación de esa plaga, no fue necesario criar *C. grandis* y liberarlos en los campos. El proyecto realizó estudios de partenogénesis en *C. grandis* y concluyó que las hembras fecundadas ponían huevos y producían machos y hembras, mientras que las hembras no

fecundadas producían solo machos. Los estudios sobre la razón entre los sexos demostraron que las hembras expuestas a tres machos produjeron más hembras que las hembras sometidas a otras combinaciones,

Características poblacionales

Los trabajos de Amplificación Aleatoria de ADN Polimórfico arrojaron que las poblaciones de zonas donde no se cultiva algodón son genéticamente diferentes de las poblaciones asociadas con zonas algodoneras. La población de la zona no algodonera en Argentina se establecieron desde las épocas en que se cultivaba algodón allí. Las poblaciones de picudos de las zonas algodoneras de Paraguay y de la provincia argentina de Formosa, colindante con Paraguay, están emparentadas con las poblaciones de Brasil.

Aplicación de los hallazgos del proyecto

En el momento de iniciarse el proyecto, el picudo no había sido suficientemente investigado como para desarrollar una estrategia. Los conocimientos adquiridos desde 1983 no bastaban para ejercer control adecuado de la plaga, y mucho menos detener la difusión de la plaga hacia el sur y la invasión de Paraguay y Argentina. No cabe duda de que una vez que en esos dos países se identificó el picudo, los tres países se vieron necesitados de implementar un plan de defensa conjunto. En ese sentido, los primeros esfuerzos se encaminaron a conocer mejor todos los aspectos del ciclo de vida del insecto. Fue esa la mayor contribución del proyecto y la información generada como parte de éste sigue proporcionando orientaciones a los planificadores de políticas e investigadores, no solo en los países del proyecto sino además en otros países de la zona afectada por el picudo, incluidos Bolivia y Colombia. También se vio que el picudo adulto sobrevive el período entre dos temporadas, y la elevada tasa de supervivencia invernal contribuye a hacer más densas las poblaciones de picudo que se encuentren en el algodón la temporada siguiente. La mejor aplicación de esos resultados consistió en la preparación y ejecución del CFC/ICAC 36FT 'Técnicas para el Manejo Integrado de Plagas (MIP) para la Sostenibilidad de los Pequeños Productores de Algodón en el Cono Sur de América del Sur con un Proyecto Piloto para 400 Pequeños Agricultores en Formosa, Argentina.' La plaga, que no entra en diapausa en Argentina, focalizó la atención a fin de que pudiera surgir una población mínima y pasar a los campos.

Los conocimientos acerca de las especies hospedadoras alternativas, el comportamiento y las preferencias del picudo en cuanto a alimentación, y la fluctuación estacional de sus poblaciones contribuyeron a determinar las medidas de control al predecir los lugares donde pudiera haber reservorios naturales de la plaga.

Los conocimientos del proyecto acerca del comportamiento alimentario y la dinámica poblacional hicieron posible restringir la dispersión del picudo y evitar la infestación del cultivo. Las capturas obtenidas con las trampas de feromonas demostraron que la población de picudos fue mayor entre 1995 y 1997, pero que permaneció mucho más baja entre 1998 y 2000. La reducción en la población de picudos durante tres años demostró el impacto de los cultivos trampa, el tratamiento fronterizo y la destrucción de rastrojos. Desde que finalizó el proyecto, los gobiernos han venido promoviendo el empleo

en gran escala de tubos de atracción y destrucción en diversos países de la región, incluidos Argentina, Colombia y Paraguay. La situación con Brasil ha sido diferente debido a un traslado en masa de la zona algodonera del norte al centro-sur. La zona centro-sur, las sabanas brasileñas, que ahora abarca el 99% de la superficie algodonera total, como es nueva en el cultivo del algodón, no tiene presión del picudo. A principios del decenio de 1990, los estados severamente afectados por el picudo eran los del norte, donde se cultivaba la mayor parte del algodón. Los productores de algodón en Brasil comparativamente nuevos en el cultivo no tienen mucha experiencia en la lucha contra el picudo, pero ahora están aprovechando la información desarrollada en el proyecto y en la experiencia de los de la parte norte de Brasil. La diferencia reside en extrapolar las prácticas de los sistemas agronómicos en pequeña escala a sistemas grandes de producción agrícola en las sabanas.

Sirviéndose de los ensayos sobre el uso de insecticidas llevados a cabo en el proyecto, los factores operacionales como tipo de insecticida, dosis y método de aplicación, se están empleando en las zonas de la región afectadas por el picudo con el fin de desarrollar una estrategia que demore el desarrollo de resistencia a los productos insecticidas de uso común. Los hallazgos del proyecto (como por ejemplo, que el agua dura reduce la eficacia de algunos productos químicos), son útiles para seleccionar el agua adecuada (menos salina) para rociar. Es una importante contribución haber detectado que la presencia de sales minerales reduce la biodisponibilidad del ingrediente activo en insecticidas seleccionados. Los métodos de detección de la resistencia en las poblaciones en el terreno basados en condiciones *in situ* son muy útiles para identificar el nivel de

resistencia a varios productos. El método entraña exponer la población en el campo al doble de la dosis necesaria para destruir el 95% de ella. El método de menor costo sería una opción comercial viable.

Se realizaron ensayos utilizando aceites minerales y vegetales como sustitutos de los insecticidas. Los aceites rociados sobre el picudo en el terreno tienen el efecto de suavizar la cutícula, lo que sugiere que su modo de acción es un mecanismo físico. El proyecto no formuló ninguna recomendación sólida sobre los aceites minerales y vegetales que no fuera que se siguiera investigando. Los aceites minerales y vegetales no se están utilizando aún en ningún país para controlar el picudo y no existe ningún plan en los países del proyecto para llevarlos a escala comercial. El trabajo que se ha hecho con los aceites minerales y vegetales no basta para hacer una recomendación comercial.

Los conocimientos recopilados en el proyecto CFC/ICAC 04 sirvieron de base para la mayoría de las recomendaciones que se siguen actualmente en los países del proyecto. Los resultados se transfirieron con éxito a investigadores, planificadores y productores. El proyecto organizó talleres y publicó 75 informes / trabajos diferentes, su mayoría en español, durante su período de duración. El proyecto se inició en el momento oportuno y dejó tras de sí un impacto de larga duración en cuanto a la solución del problema del picudo en la región. Por consiguiente, el picudo se mantiene aún en niveles manejables.

Para más información sobre la propuesta de proyecto y los resultados alcanzados, diríjase a <<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Boll/english.html>>

----- 0 -----

Caracterización genómica de los geminivirus transmitidos por la mosca blanca y desarrollo de plantas resistentes al virus mediante ingeniería genética y selección genética convencional (CFC/ICAC 07)

Yusuf Zafar¹ y Judith K. Brown²

Duración:	1 de enero de 1996 a 31 de diciembre de 2001
Países:	Pakistán, Reino Unido y Estados Unidos.
Instituciones colaboradoras:	Instituto Nacional de Biotecnología e Ingeniería Genética (NIBGE, por sus siglas en inglés), Pakistán Instituto de Investigación del Algodón, Faisalabad, Pakistán Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, Estados Unidos Centro John Innes, Reino Unido
Agencia ejecutora del proyecto:	Instituto Nacional de Biotecnología e Ingeniería Genética, Pakistán

=====

Pakistán es el cuarto mayor productor de algodón del mundo (más de dos millones de toneladas producidas en 2010/11). Pakistán representa el 8% de la producción mundial. El algodón es la columna vertebral de la economía del país, ya que cuenta con el 8,2% del valor agregado en el sector agrícola, y cerca del 2% de PNB. Casi el 65% de los réditos del país en moneda libremente convertible se basan en productos basados en el algodón y los textiles de algodón. Sin embargo, la producción algodoneira en Pakistán se ve limitada, entre otras cosas, por una variedad singular de la enfermedad del virus de la rizadura de la hoja del algodoneiro (CLCuV, por sus siglas en inglés), que alcanzó proporciones epidémicas en la temporada de 1992/93. La primera epidemia de la enfermedad de la rizadura de la hoja tuvo lugar en África (Nigeria, 1912; Sudán, 1924; Tanzania, 1926), seguida de la enfermedad del arrugamiento de la hoja que se desató en el suroeste de Estados Unidos en el decenio de 1950, y después la rizadura de la hoja del algodoneiro con síntomas de enación que se desató en la región del Punjab, Pakistán. A pesar de los síntomas más o menos diferentes que se observan entre los diversos sitios, no se supo hasta la conclusión del proyecto apoyado por el CFC, si se trataba del mismo virus u otro patógeno viral similar que estaba causando la enfermedad en los distintos lugares. El único factor que tuvieron en común todas las epidemias fue que los síntomas se desarrollaron en presencia de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Genn.).

Tomando en cuenta los síntomas típicos de los virus junto con los resultados de las investigaciones realizadas en la Universidad de Arizona, EE.UU., donde se demostró que existía una asociación entre un nuevo tipo de virus de ssADN (Geminiviridae) y la enfermedad del arrugamiento de la hoja del algodoneiro en Estados Unidos, se hizo evidente que la mosca blanca era el vector de los geminivirus que podían ser los agentes causantes de la enfermedad en África y Pakistán.

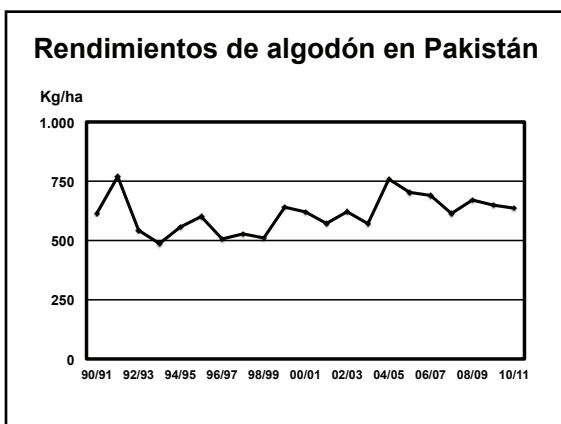
Cuando la enfermedad apareció en una vasta zona de Pakistán, ni los investigadores ni el sistema de vigilancia lograron circunscribir el problema a una zona en particular. En aquella época, el sistema de investigación no estaba en condiciones de enfrentarse al problema del CLCuV y tomó por sorpresa a todos, investigadores, trabajadores de extensión, compañías de plaguicidas y productores. El objetivo inicial del proyecto quinquenal (1996-2001) fue determinar la identidad de los agentes causantes de la enfermedad de la rizadura de la hoja en las tres zonas principales que seguían afectadas por la enfermedad para poder entender el grado de diversidad genética del virus sospechoso. El segundo objetivo fue diseñar métodos de detección para asistir a los seleccionadores de algodón en sus esfuerzos por identificar variedades resistentes. El tercer objetivo fue emplear los conocimientos acerca de la diversidad, distribución y prevalencia de los agentes virales sospechosos y aplicar la selección convencional y/o considerar posibles estrategias transgénicas para el manejo de los virus. A pesar de ser un proyecto ambicioso, se logró avanzar gracias a la colaboración internacional que no solo echó los cimientos, sino que además preparó las condiciones para el trabajo futuro en la investigación de los virus que afectan al algodón en todo el mundo.

Contribuyentes a la investigación del CLCuV en Pakistán

El problema de mayor importancia en 1992/93 era conocer el organismo causante de esa devastadora enfermedad. Las pérdidas de ingresos debidas a la reducción de la producción en 1993-98 se estimaron en unos US\$5.000 millones de dólares. La producción algodoneira, sobre todo en la provincia del Punjab, que representa más del 80% de la producción total del país, se contrajo de 1,53 millones de toneladas (9 millones de fardos)

1) Director General, División de Agricultura y Biotecnología, Comisión de Energía Atómica, Pakistán

2) Profesora, Facultad de Fitociencia, Universidad de Arizona, Tucson, AZ 85721, Estados Unidos



a menos de un millón de toneladas (6 millones de fardos). Los rendimientos del algodón descendieron de 769 kg/ha en 1991/92, a 487 en 1993/94, es decir, una pérdida de un 37% en dos años.

En 1995-97, el gobierno de Pakistán lanzó un mega-proyecto nacional con 33 sub-proyectos a un costo total de cinco millones de dólares con el apoyo financiero de Banco Asiático de Desarrollo (BAsD). Entre estos 33 sub-proyectos amparados por el proyecto sombrilla, el segundo componente en importancia fue el relacionado con la biotecnología del algodón, que incluía: virología molecular, transformación del algodón, ingeniería genética, y genómica del algodón. Ese proyecto sentó los cimientos de la virología molecular y la biotecnología del algodón en el país. El Instituto Nacional de Biotecnología e Ingeniería Genética (NIBGE, por sus siglas en inglés) fue uno de los principales asociados en ambos sectores. El cierre repentino en diciembre de 1997 de ese proyecto patrocinado por el BAsD puso en alto a la mayor parte de los esfuerzos de investigación de la biotecnología del algodón. Sin embargo, el proyecto tripartita patrocinado por CFC/ICAC 07, titulado "*Caracterización genómica de los geminivirus del algodón transmitidos por la mosca blanca y desarrollo de plantas resistentes al virus mediante ingeniería genética y selección genética convencional*", mantuvo el programa de investigación en el NIBGE. También logró reunir para abordar ese difícil problema a algunos de los mejores especialistas en ese campo: de Estados Unidos, la Dra. Judith K. Brown de la Universidad de Arizona; del Reino Unido, los Drs. Peter Markham y Rob Briddon, del Centro John Innes; y de Pakistán, el Dr. Kausar A. Malik y su equipo del NIBGE de Pakistán. Desde entonces, el gobierno pakistaní, en colaboración con diversos ministerios y organismos financiadores (FAO / OIEA, IFS en Suecia; ICGEB en Italia; UE en Bruselas; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en Washington, y ACIAR en Australia), ha venido proporcionando el apoyo financiero para el manejo del virus de la rizado de la hoja del algodón.

Virus de la rizado de la hoja del algodón

Se descubrió que el agente causante de la enfermedad de la rizado de la hoja del algodón (CLCD) en Pakistán era el virus de la rizado de la hoja del algodón (CLCuV) que

pertenece al género *Begomovirus*, familia Geminiviridae – género inusual de fitovirus cuyo genoma contiene una hebra única de ADN. Ese fenómeno contrasta con la mayoría de los fitovirus, que son virus de ARN. Por eso es que el desafío en Pakistán era tan singular. El virus fue aislado, purificado, caracterizado por métodos moleculares y se demostraron los postulados de Koch. Se aplicó un sistema de vigilancia para caracterizar los virus del algodón de diferentes lugares, así como en diferentes estaciones del año. De esa manera se llegó a la conclusión general de que la enfermedad era producida por varias cepas / tipos de begomovirus. Hasta ahora se han depositado en el banco genético de China, India y Pakistán casi 9 secuencias completas. Otra característica singular fue la presencia de un componente satélite, denominado *satélite beta*, el cual se determinó que era responsable de la aparición de síntomas en plantas de tabaco experimentalmente inoculadas. Sin ese componente, el virus no fue capaz de producir síntomas severos. A pesar de ese conocimiento y de la capacidad de aislar satélites de algodones infectados, ha resultado difícil reproducir los síntomas de la enfermedad en algodones inoculados con un genoma viral clonado y el componente beta satélite asociado.

De todas formas, el conocimiento del virus que provoca la enfermedad rindió un doble beneficio para el manejo del problema. En primer lugar, posibilitó el desarrollo de pruebas diagnósticas moleculares (basadas en la reacción en cadena de la polimerasa) para la epidemiología y; en segundo lugar, proporcionó el método para movilizar ciertos genes víricos y expresarlos en el algodón a fin de emplear las herramientas de la ingeniería genética para aprovechar los mecanismos de protección cruzada. Esos dos acontecimientos desbrozaron el camino para el desarrollo de la virología molecular y del algodón biotecnológico en Pakistán.

Diversidad de begomovirus monopartitas asociados con la CLCuD

La enfermedad de la rizado de la hoja del algodón en el subcontinente indio se da en asociación con varios begomovirus distintos y diversas cepas de éstos. Los estudios iniciales de la enfermedad en Pakistán a principios del decenio de 1990 indicaron que la enfermedad estaba asociada con los begomovirus. En aquella época, solo se conocía que los begomovirus bipartitas y monopartitas eran infecciosos y capaces de provocar los síntomas de enfermedad cuando se utilizaban componentes víricos clonados para inocular plantas de modo experimental. Los satélites asociados con algunos begomovirus monopartitas no se identificaron hasta 1999-2000. Como no se halló ninguna evidencia de la presencia de un componente de ADN B, se llegó a la conclusión de que la enfermedad la causaba un begomovirus monopartita, a pesar de que las plantas inoculadas con ese begomovirus (en la actualidad, virus de la rizado de la hoja del algodón de Multán [CLCuMV]) clonado a partir de plantas sintomáticas, resultó ser un vector poco contagioso al algodón, por lo que las tasas de infección fueron bajas y los síntomas no eran iguales a los observados en condiciones de terreno. Ese fenómeno sugirió la posibilidad de que fuera necesaria la presencia de algún otro virus o factor no vírico para reproducir los síntomas de la enfermedad. Como quiera que ya se había demostrado

que era posible transmitir experimentalmente el begomovirus de ssADN de un algodón a otro por medio del vector de la mosca blanca *B. tabaci*, parecía probable que el componente adicional putativo fuera también algún tipo de molécula de ssADN.

En uno de los primeros estudios de begomovirus en asociación con CLCuD se llegó a la conclusión de que había cuatro cepas de begomovirus presentes en el algodón en Pakistán. Tres de esas cepas de begomovirus se consideraban especies diferentes: el virus Multan de la rizadura de la hoja del algodón (CLCuMV); el virus Alalabad de la rizadura de la hoja del algodón (CLCuAV); y el virus Khokhran de la rizadura de la hoja del algodón (CLCuKV). En estudios ulteriores se identificaron especies adicionales, incluido el virus de la rizadura de la hoja de la papaya en asociación con algodones sintomáticos en India. En el noroeste de India se han detectado muchos de los virus identificados en Pakistán en asociación con otra especie diferente, el virus Rajasthan de la rizadura de la hoja del algodón (CLCuRaV). Más adelante esa especie también habría ser detectada en algodones y tomates en Pakistán.

Más recientemente se comprobó que la composición genética de los begomovirus en Pakistán ha cambiado dramáticamente. El virus que logró vencer la resistencia del algodón a todo lo largo y ancho de Pakistán se ha identificado como un begomovirus recombinante distinto, el virus *Burewala* de la rizadura de la hoja del algodón (CLCuBuV). Ese virus consiste en secuencias derivadas de dos de las especies de begomovirus asociadas con las epidemias de CLCuD de los años 90, CLCuMuV y CLCuKoV. Sin embargo, se comprobó que ese virus carece de uno de los complementos de genes codificados por los begomovirus. Al igual que en la epidemia de los años 90, el virus al que se le atribuye haber vencido la resistencia del algodón (CLCuBuV) se ha difundido en India y han surgido nuevos problemas debidos a la infección por CLCuBuD en variedades que hasta ahora habían sido resistentes. Como resultado, las cosechas de algodón en Pakistán e India sufrieron severas pérdidas en la temporada de 2009/10.

Durante toda la epidemia de CLCuD que asoló la mayor parte de Pakistán durante el decenio de 1990, la región algodонера del sur de la provincia de Sindh permaneció casi totalmente libre de enfermedad. Por eso se explica que los productores de esa región no estuvieran cultivando variedades resistentes de algodón. Sin embargo, en la temporada de 2003/04 la enfermedad apareció en las zonas del centro y sur de Sindh, provocando sustanciales pérdidas en los rendimientos. Ello coincidió con la introducción de variedades de algodón que no habían sido aprobadas para el cultivo por las autoridades gubernamentales por ser altamente vulnerables a CLCuD. El análisis del begomovirus asociado con el brote de la epidemia corroboró la presencia en Sindh de CLCuKoV y una nueva especie recombinante para la cual se ha propuesto el nombre de *virus Shadadpur de la rizadura de la hoja del algodón*. La razón de esa gran diferencia entre Sindh y el resto de Pakistán en cuanto a la incidencia de CLCuD y la diversidad de begomovirus asociados, sigue siendo un misterio. Sin embargo, se ha sugerido (Monsoor *et al.*, 2011) que el factor determinante pueda ser la presencia en Sindh de un biotipo diferente de *B. tabaci*, con posibles hospederos diferentes y diferentes especificaciones como vector.

Transmisión del virus - Pakistán

El proyecto CFC/ICAC 07 demostró fehacientemente que la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) es el único vector en la difusión del virus. También quedó demostrado que no se transmitía ni por aire ni por otros insectos, ni tampoco por la semilla. Esa observación importante de que el problema del CLCuV tiene tres componentes (virus - mosca blanca - hospedero) abrió una nueva vía para determinar la contribución de la mosca blanca a la enfermedad de la rizadura de la hoja. Sin embargo, pronto se observó que el nivel del umbral económico de la mosca blanca donde ocurre el daño directo causado por ella no tiene relación alguna con la transmisión del virus. Unas pocas moscas blancas bastan para difundir la enfermedad viral. Es por eso que el control de la mosca blanca, pese a ser un componente importante del manejo de la enfermedad no era suficiente para erradicar la enfermedad. La Unión Europea (UE) financió el proyecto en el Consejo Nacional de Investigación Agrícola (NARC), Islamabad, Pakistán junto con la Institución Escocesa de Investigación de Cultivos (SCRI, por sus siglas en inglés), Dundee, Reino Unido, y otro grupo de Valencia, España, realizaron una encuesta sobre la mosca blanca en Pakistán, así como su caracterización molecular. El estudio señaló que la mosca blanca que predominaba en Pakistán pertenecía al biotipo K, mientras que en la parte meridional de Sindh, el biotipo B se encontraba ocasionalmente. Vemos así que los estudios científicos proporcionaron suficientes datos para formular estrategias de control de la enfermedad de la rizadura de la hoja del algodón en el país. Ahora es práctica habitual entre los productores locales la aplicación de insecticidas sistémicos para controlar los insectos chupadores, incluida la mosca blanca.



Figure 1 : Cultivo afectado por el virus de la rizadura de la hoja

Otros hospederos del virus de la rizadura de la hoja (CLCuV)

La cosecha del algodón en el país normalmente se recolecta en noviembre / diciembre de cada año y el cultivo se siembra en mayo / junio. Pese a la evidente rotura del ciclo de vida del virus, la enfermedad sigue apareciendo en la siguiente temporada algodonera. El proyecto CFC/ICAC 07 tuvo un importante componente en la búsqueda de hospederos alternativos. Se realizó un estudio científico con el objetivo de revisar diversas plantas hospederas dado que la mosca blanca visitaba casi todas los cultivos. Se consideraron importantes solo las plantas hospederas alternativas desde donde la mosca blanca podía retransmitir el virus al algodonero. Un estudio controlado indicó que el quimbombó, el marpacífico, el ají y el tomate, eran hospederos alternativos importantes para el virus de la rizadura de la hoja. Esa información vital contribuyó al manejo del virus de la rizadura del algodón a través de una campaña de masas realizada por los departamentos de extensión en el Punjab y Sindh. Los hallazgos también contribuyeron a evitar un desastre ecológico de no haberse tomado la decisión de eliminar los cultivos que la mosca blanca visitaba con frecuencia. Esos estudios han estado bien documentados en las publicaciones especializadas internacionales (Hussain *et al.*, 2003).

Desarrollo del algodón resistente al virus

La solución más viable y sostenible para la enfermedad fue desarrollar un tipo de algodón que fuera resistente al ataque del virus de la rizadura de la hoja del algodonero. El proyecto CFC/ICAC 07 contó con dos componentes para esa tarea. La selección genética fue responsabilidad del Instituto de Investigación del Algodón de Faisalabad, Pakistán, para colaborador en el proyecto, mientras que los aspectos de ingeniería genética se asignaron al NIBGE, en Faisalabad. Ambos grupos aunaron sus esfuerzos para luchar contra ese problema. El proyecto CFC/ICAC por primera vez atrajo a especialistas en biotecnología y genetistas convencionales a una misma mesa. La estrategia rindió muchísimo ya que muchas variedades biotec resultado de los esfuerzos de la colaboración, ahora están llegando a las manos de los productores. Esa colaboración se ha visto reforzada aun más por la Junta de Investigación Agrícola del gobierno del Punjab al hacer de ese contacto, un componente obligatorio de cualquier financiación.

Selección genética convencional

Pakistán goza de la suerte de contar con centros de investigación dedicados a materias primas (algodón, trigo, caña de azúcar, arroz, etc.) diseminados por todo el país. Los institutos de investigación sobre el algodón inmediatamente lanzaron un programa de exploración de todo el germoplasma (local y exótico) disponible en las zonas donde existían focos de la enfermedad. De los millares de accesiones examinados, los genetistas tuvieron la fortuna de descubrir que, después de haber sido infectados con el virus portado por la mosca blanca o mediante injerto, hallaron unas 3-4 líneas de germoplasma de *G. hirsutum*, sin síntoma de enfermedad alguna. Esas líneas de germoplasma (LRA 5166, CP-15/2, Cedex y Reba) fueron explotadas extensamente en programas de selección genética como donantes para variedades resistentes. El Instituto de

Investigación sobre el Algodón de Faisalabad, como parte del proyecto CFC/ICAC, desarrolló dos variedades famosas (FH 900 y FH 901). Basándose en un mecanismo similar, el Instituto Central de Investigación del Algodón de Multán, institución del gobierno federal, desarrolló una serie de variedades resistentes al virus, incluidas las CIM-285, CIM-443, CIM-448, CIM-496 y CIM-1100. Esos esfuerzos, unidos al diagnóstico del virus, el manejo del vector (mosca blanca) y la erradicación de hospederos alternativos proporcionaron un respiro. El país se hallaba más cerca que nunca de librarse de la enfermedad de la rizadura de la hoja del algodonero. (Véase el gráfico "Rendimientos de algodón en Pakistán de la página 86). Pakistán logró un récord de producción de 2,4 millones de toneladas (14,2 millones de fardos) en 2003/04. Ese salto fue impulsado en mayor medida por la información obtenida con las nuevas investigaciones, en especial, el proyecto CFC/ICAC. Los genetistas nacionales fueron verdaderos abanderados en esa victoria.

Ingeniería genética para obtener algodón resistente al virus

El algodón obtenido por ingeniería genética y el algodón Roundup Ready fueron lanzados en Estados Unidos en 1995/96 y fue entonces cuando se adoptó como estrategia para resolver el problema del uso de la ingeniería genética para desarrollar la resistencia al virus de la rizadura de la hoja en el algodonero. Evidentemente la ingeniería genética es muy fácil de describir diciendo que consiste en mover un gen o genes de un organismo a otro. No obstante en la práctica, es muy compleja de adoptar. Esa tecnología comprende múltiples aspectos y requiere un alto nivel de infraestructura y conocimientos expertos. Además, los problemas de la propiedad intelectual o las patentes y los relacionados con la bioseguridad son obstáculos adicionales en el camino para lograr acceso a los usos de la biotecnología.

El proyecto CFC/ICAC robusteció la investigación sobre la biotecnología del algodón y sentó las bases sólidas de un programa para el desarrollo del algodón biotec en NIBGE. Actualmente el programa para el desarrollo del algodón biotec de NIBGE marcha a la cabeza de los institutos del sector público del país. Los recursos humanos fueron formados en los laboratorios colaboradores en Estados Unidos y el Reino Unido, y además en otros excelentes laboratorios de esos dos países y de Australia. La transformación del algodón es ahora como una línea de ensamblaje donde grupos especializados en el aislamiento de genes, transformación de genes, expresión y evaluación de genes, marcadores moleculares y evaluación de la bioseguridad realizan sus labores en NIBGE.

Se entiende por resistencia derivada de un patógeno (PDR) el usar el gen del virus para combatir la enfermedad viral. La resistencia derivada de un patógeno fue la primera estrategia que se empleó para conseguir un algodón biotec resistente al virus. El grupo de virología molecular de NIBGE proporcionó genes para introducir en el algodón. Se introdujeron la proteína de recubrimiento (CP), los genes asociados a la replicación (AC1), etc. Se desarrolló el modelo transgénico basado en genes asociados a la replicación y se evaluó en condiciones de invernadero (Asad *et al.*, 2003).

Ante la ausencia de legislación sobre bioseguridad en el país, se adoptó un código voluntario para la evaluación y se creó una

instalación de contención. Se evaluó el algodón modificado por ingeniería genética resistente al virus y se le sometió a prueba en el terreno. Mientras tanto, el virus del algodón sufrió algunos cambios (mutaciones) en su composición genética (Zafar, 2002) y venció la resistencia desarrollada mediante el empleo de un gen del viejo virus (Mansoor *et al.*, 2003). Ambos componentes en la resistencia biotec (hospedero y patógeno), son organismos vivos y por tanto, proclives a la adaptación y difíciles de manejar.

La enfermedad de la rizadura de la hoja del algodón ha resultado estar asociada con diversos begomovirus a los que colectivamente se refieren bajo el término virus de la rizadura de la hoja del algodón. En la actualidad se han establecido estrategias de diversas vías en los casos en que se estén incorporando capas múltiples de resistencias obtenidas por ingeniería genética para luchar contra la enfermedad. Todavía no se ha alcanzado la solución definitiva.

Otro enfoque en la tecnología de la modificación genética es tratar de encontrar genes análogos de resistencia (RGA) en el algodón diploide (*G. arboreum*) resistente al virus (inmune). Se emprendieron trabajos fundamentales en esa dirección durante el proyecto. Es un enfoque convencional y requiere muchos años de compromiso a largo plazo. La resistencia existe pero así también barreras interespecies que hacen que el progreso sea más lento. Los trabajos iniciados durante el proyecto en el Instituto de Investigación sobre el Algodón de Faisalabad se continúan en colaboración con el Instituto Central de Investigación sobre el Algodón de Multán, el cual ya había comenzado a realizar trabajos similares. La labor pudiera hacerse más factible una vez que la secuencia de todo el genoma de los algodones diploides esté disponible en la base de datos público.

Actividades conexas en Pakistán

El proyecto CFC/ICAC 07 estuvo en funcionamiento entre 1996 y 2001, con cuatro grupos (NIBGE, el Instituto de Investigación sobre el Algodón de Faisalabad; la Dra. Judith Brown de la Universidad de Arizona, EE.UU. y el Dr. Peter Markham / Dr. Rob Briddon del Centro John Innes, Reino Unido) que trabajaron conjuntamente para resolver un problema nacional sobre la producción de algodón en Pakistán. Esa vía de investigación colaborativa abrió muchas oportunidades para los investigadores del país dedicados al algodón. El Instituto Central de Investigación sobre el Algodón de Multán organizó una reunión regional de la Red Asiática de Investigación y Desarrollo del Algodón en Multán en 1999, donde se presentaron trabajos del proyecto CFC/ICAC en beneficio de los participantes de India, China y Uzbekistán. NIBGE fortaleció relaciones con el Fondo Común para los Productos Básicos y acogió la "Consulta regional sobre el algodón modificado genéticamente para evaluar los riesgos y las oportunidades de los pequeños productores de algodón" como parte de otro proyecto auspiciado por el CFC (CFC/ICAC 34FT). Más recientemente, el CCIA organizó una reunión regional de países productores de algodón en Lahore, Pakistán del 23 al 25 de febrero de 2011. Nuevamente en muchas monografías presentadas por los investigadores de NIBGE se destacaron los trabajos realizados en el CFC/ICAC 07 y las actividades que habían continuado una vez que el proyecto fue completado. Todas esas actividades son testimonio de la gran presencia del

CFC/ICAC en el país. Al concluir el proyecto tripartita CFC/ICAC 07, el Dr. Rob W. Briddon, investigador principal del Centro John Innes, del Reino Unido, decidió unirse a NIBGE en Faisalabad, Pakistán. Desde 2003, el Dr. Rob W. Briddon ha estado realizando investigaciones sobre geminivirus en Pakistán como profesor visitante bajo la Comisión de Educación Superior del gobierno de Pakistán. La presencia del Dr. Briddon en NIBGE es una contribución significativa del proyecto. Su ininterrumpida presencia es prueba de su inquebrantable compromiso con la difícil tarea de comprender y manejar la enfermedad de la rizadura de la hoja del algodón en Pakistán.

La zona afectada por la enfermedad y sus consecuencias en cuanto a pérdidas financieras, pudiera tener consecuencias para la economía nacional en donde el gobierno no puede depender, ya sea por un proyecto único o por varios otros. El proyecto CFC/ICAC y otros proyectos nacionales e internacionales han desempeñado un papel preponderante en la contención de la enfermedad. La enfermedad no pudo eliminarse pero ciertamente ha sido contenida. Los conocimientos acumulados para luchar contra el vector y el virus han redundado en altos dividendos para el erario público. Los productores se beneficiaron directamente, no en cuanto a aumentos en los rendimientos pero decididamente sí en cuanto a la prevención de pérdidas.

Recientemente (2010/11) se inició un nuevo proyecto de investigación colaborativo entre el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y varios de los laboratorios pertenecientes a su Servicio de Investigación Agrícola (ARS) (Mississippi, Texas), la Universidad de Arizona (EE.UU.), NIBGE (Pakistán), el Centro de Excelencia en Biología Molecular de la Universidad de Punjab-Lahore (Pakistán), el Instituto Central de Investigación sobre el Algodón de Multán (Pakistán) y el Instituto de Investigación sobre el Algodón de Faisalabad (Pakistán) para combatir las cepas del CLCuV que rompen la resistencia y los diversos haplotipos vectores de la mosca blanca reconocidos actualmente como transmisores de virus en Pakistán. Muchos de esos asociados trabajaron juntos en el pasado y han reafirmado su compromiso de hallar la solución a esa nueva crisis en Pakistán, así como de evitar que esos virus continúen difundiendo aun más. Entre los enfoques se cuentan con la secuenciación de una nueva generación para estudiar la diversidad viral en los niveles de cepa y de especies, selección genética transgénica y convencional para conferir resistencia al virus, clasificación haplotípica de poblaciones vectoras de mosca blanca en relación con las asociaciones determinadas de begomovirus en las regiones cultivadoras de algodón en Pakistán, desarrollo de diagnósticos basados en el polimorfismo de nucleótido simple (SNP) a fin de detectar los complejos satélites del begomovirus que infectan al algodón, y control del vector de la mosca blanca mediado por iARN.

Conclusión

El virus de la rizadura de la hoja del algodón es un desafío muy singular que viene amenazando la producción de algodón en Pakistán desde hace casi veinte años. La enfermedad afecta mayormente la zona algodoneira del Punjab, una de las zonas productoras más importante del país. La enfermedad de la rizadura del algodón se ha reportado hasta el momento en India y China, y en algunas partes de Uzbekistán. El proyecto

CFC/ICAC 07 que ejecutó Pakistán en colaboración con sus asociados del Reino Unido y Estados Unidos entre 1996 y 2001, consolidó las capacidades de investigación en la biotecnología del algodón. Los cuatro subcomponentes del proyecto estaban relacionados con la comprensión del virus y su vector (mosca blanca), y el manejo de la enfermedad empleando métodos de selección convencionales y herramientas modernas como la selección asistida por marcadores y la ingeniería genética. En el presente, el programa de biotecnología del algodón del sector público encaminado al desarrollo de algodón modificado genéticamente para la resistencia a los virus, insectos y herbicidas; tolerancia a la salinidad y a la sequía, y mejoramiento de la fibra, se halla en diversas etapas de desarrollo. Los virus que infectan el algodón y que están estrechamente relacionados con CLCuV-Pakistán ahora se sabe que están diseminados ampliamente en Burkina Faso, Camerún, Egipto y Sudán, entre otros. Son hasta el momento, virus monopartitas que están asociados con satélites alfa y/o beta. En el hemisferio occidental, el CLCrV es la única especie reconocida de virus que infecta el algodón, a pesar de que la diferencia genómica entre sus aislados va de ~89 a 100%. La extensión del CLCuMV y su satélite (Multán y Burewala) por India, y la reciente introducción de la cepa del virus de Multán y su satélite en China, presenta una nueva amenaza para esos países productores de algodón y para todo el mundo si no se confina el virus a las zonas de infestación existentes. Las plantas ornamentales son un importante vehículo potencial como lo es también cualquier especie de planta que pueda acoger moscas blancas portadoras de virus, capaces de transmitir los begomovirus durante su vida una vez adquirido el virus. La cooperación internacional dirigida a restringir el movimiento de ese y otros virus transmitidos por la mosca blanca, es esencial para la sostenibilidad a largo plazo de la producción de algodón y de otros cultivos como el ají, las cucurbitáceas y el tomate, que sirven de hospederos al menos a unas cuantas especies y cepas begomovirales que también afectan el algodón.

Información adicional - El proyecto publicó una larga lista de artículos e informes pero sólo se referencia el trabajo citado supra.

Para más información sobre la propuesta de proyecto y los resultados alcanzados, diríjase a <<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Leaf/english.html>>

Referencias consultadas y resultantes del proyecto

- Asad, S., W.A. Haris, A. Bashir, Y. Zafar, K.A. Malik, M.N. Malik and C.P. Lichtenstein. 2003. Transgenic tobacco expressing geminiviral RNAs are resistant to the serious viral pathogen causing cotton leaf curl disease. *Archives of Virology* 148, 2341-2352.
- Briddon, R.W., S.E. Bull, I. Amin, S. Mansoor, I.E. Bedford, N. Rishi, S.S. Siwath, Y. Zafar, A.M. Abdel-Salam and P.G. Markham. 2004. Diversity of DNA 1; a satellite-like molecule associated with monopartite begomovirus-DNA β complexes. *Virology* 324: 462-474.
- Briddon, R.W., S.E. Bull, I. Amin, A.M. Idris, S. Mansoor, I.D. Bedford, P. Dhawan, N. Rishi, S.S. Siwath, A.M. Abdel-Salam, J.K. Brown, Y. Zafar and P.G. Markham. 2003. Diversity of DNA β : a satellite molecule associated with some monopartite begomoviruses. *Virology* 312:106-121.
- Briddon, R.W., S. Mansoor, I.D. Bedford, M.S. Pinner and P.G. Markham. 2000. Clones of cotton leaf curl geminivirus induce symptoms atypical of cotton leaf curl disease. *Virus Genes* 20:17-24.
- Briddon, R.W., S. Mansoor, I.D. Bedford, M.S. Pinner, K. Saunders, J. Stanley, Y. Zafar, K.A. Malik and P.G. Markham. 2001. Identification of DNA components required for induction of cotton leaf curl disease. *Virology* 285:234-243.
- Brown, J.K. and M.R. Nelson. 1984. Geminale particles associated with cotton leaf crumple disease in Arizona. *Phytopathology* 74:987-990.
- Brown, J.K., J.D. Mihail and M.R. Nelson. 1987. Effects of cotton leaf crumple virus on cotton inoculated at different growth stages. *Plant Dis.* 71:699-703.
- Brown, J.K. and M.R. Nelson. 1987. Host range and vector relationships of cotton leaf crumple virus. *Plant Dis.* 71:522-524.
- Brown, J.K. and J. Bird. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean basin. *Plant Dis.* 76:220-225.
- Brown, J.K., A.M. Idris, I. Torres-Jerez, G.K. Banks and S.D. Wyatt. 2001. The core region of the coat protein gene is highly useful for establishing the provisional identification and classification of begomoviruses. *Arch. Virol.* 146:1-18.
- Harrison, B.D., Y.L. Liu, S. Khalid, S. Hameed, G.W. Otim-Nape and D.J. Robinson. 1997. Detection and relationships of cotton leaf curl virus and allied whitefly-transmitted geminiviruses occurring in Pakistan. *An. Appl. Biol.* 130:61-75.
- Hussain, M., S. Mansoor, I. Amin, S. Iram, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003. First report of cotton leaf curl disease affecting chilli peppers. *Plant Pathology*. 52:809.
- Idris, A.M. and J.K. Brown. 2007. Genetic diversity of Cotton leaf crumple virus in the Western Hemisphere. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-4*, Sept 10-14, 2007; Lubbock, TX. CD-ROM.
- Kirkpatrick, T.L. and C.S. Rothrock (eds.). 2001. Compendium of cotton diseases. 2 ed. APS Compendium of Plant Disease Series. St. Paul, Minn.
- Kumar, A., J. Kumar and J. Khan. 2010. Sequence characterization of cotton leaf curl virus from Rajasthan: phylogenetic relationship with other members of geminiviruses and detection of recombination. *Virus Genes*. In press.
- Mansoor, S., R.W. Briddon and Y. Zafar. 2006. Geminivirus disease complexes; the threat is spreading. *Trends in Plant Sciences*, Vol.11 (5): 209-212.
- Mansoor, S., I. Amin, M. Hussain, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003. The breakdown of resistance in cotton to cotton leaf curl disease in Pakistan. *Plant Pathology* 52, 784.
- Mansoor, S., I. Amin, S. Iram, M. Hussain, Y. Zafar, K.A. Malik and R.W. Briddon. 2003a. Breakdown of resistance in cotton to cotton leaf curl disease in Pakistan. *Plant Pathol.* 52:784.
- Mansoor, S., I. Bedford, M.S. Pinner, J. Stanley and P.G. Markham. 1993. A whitefly-transmitted geminivirus associated with cotton leaf curl disease in Pakistan. *Pakistan J. Bot.* 25:105-107.

- Mansoor, S., R.W. Briddon, S.E. Bull, I.D. Bedford, A. Bashir, M. Hussain, M. Saeed, M.Y. Zafar, K.A. Malik, C. Fauquet and P.G. Markham. 2003b. Cotton leaf curl disease is associated with multiple monopartite begomoviruses supported by single DNA b. Arch. *Viol.* 148:1969-1986.
- Mansoor, S., S.H. Khan, A. Bashir, M. Saeed, Y. Zafar, K.A. Malik, R.W. Briddon, J. Stanley and P.G. Markham. 1999. Identification of a novel circular single-stranded DNA associated with cotton leaf curl disease in Pakistan. *Virology* 259:190-199.
- Shahid, M.S., S. Mansoor and R.W. Briddon. 2007. Complete nucleotide sequences of cotton leaf curl Rajasthan virus and its associated DNA b molecule infecting tomato. Arch. *Viol.* 152:2131-2134.
- Tuttle, J.R., A.M. Idris, J.K Brown, C.H. Haigler and D. Robertson. 2008. Extensive geminivirus-mediated gene silencing from Cotton leaf crumple virus enhanced by low temperatures in *Gossypium hirsutum*. *Plant Physiol.* doi10.1104/pp.108.123869.
- Wilson, F.D. and J.K. Brown. 1991. Inheritance of resistance to cotton leaf crumple virus in cotton. *J. Hered.* 80:508-509.
- Zafar, Y., 2002. Emergence of a new cotton leaf curl virus strain in Pakistan. *The ICAC Recorder USA*: June 2002: 10.
- Zafar, Y., S. Mansoor, S. Asad, R.W. Briddon, M. Idress, W. Sultan Khan, P. Markham, J.K. Brown and K.A Malik. 2003. Genome characterization of whitefly-transmitted geminivirus of cotton and development of virus-resistant plants through genetic Engineering and conventional breeding. *The ICAC Recorder*, June: 2003 12-16.
- Zhou, X., Y. Liu, D.J. Robinson and B.D. Harrison. 1998. Four DNA-A variants among Pakistani isolates of cotton leaf curl virus and their affinities to DNA-A of geminivirus isolates from okra. *J. Gen. Virol.* 79:915-923.

-----0-----

Mejoramiento de la comerciabilidad del algodón producido en zonas afectadas por la pegajosidad (CFC/ICAC 11)

Jean-P. Gourlot¹, Abdin² M. Ali, Abdelrahman Abdellatif³, y A.R. Abdalla²

Duración:	1 de enero de 1997 al 30 de abril de 2001
Países:	Francia y Sudán
Instituciones colaboradoras:	Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo – CIRAD, Francia Instituto Francés de Textiles y Confecciones (IFTH, por sus siglas en francés), Francia Compañía Algodonera de Sudán (SCC) Programa Algodonero, Corporación de Investigación Agrícola (ARC), Sudán
Agencia ejecutora del proyecto:	Compañía Algodonera de Sudán

=====

En uno de los documentos finales del CFC/ICAC 11 "Mejora de la comerciabilidad del algodón producido en zonas afectadas por la pegajosidad", los asociados en el proyecto expusieron lo siguiente: "Sobre una base a largo plazo, el instrumento de clasificación de la pegajosidad debe ser económicamente viable y debe mejorar la imagen del algodón sudanés". Casi diez años después, se puede verificar esa conclusión frente a hechos reales.

El problema que hay que resolver

La pegajosidad tiene diversos orígenes: partes vegetales, trazas de aceite, ceras, azúcares de las plantas y azúcares de los insectos. La causa más importante y problemática de la pegajosidad reside en los azúcares de los insectos. A lo largo de los años, los azúcares de los insectos se han convertido en un contaminante importante detectado en el algodón pegajoso. La pegajosidad induce pérdidas en la producción y la calidad dado que los puntos pegajosos permanecen en el material desde la fibra en el campo hasta los productos textiles en la industria. Se sabe que el comportamiento de la fibra contaminada durante el proceso textil depende en gran medida de la cantidad y el tipo de los principales azúcares presentes en los algodones. Las fibras contaminadas inducen desde una pérdida de calidad, cuando menos, hasta disrupciones durante la hilatura y otros pasos del procesamiento; en esa situación, se observan mayores costos de procesamiento y en muchas ocasiones la calidad disminuye. Para resolver ese problema, a menudo se ejecutan otros pasos en el procesamiento lo que aumenta los costos, y / o se exige como compensación descuentos en los precios de la materia prima. Así se inicia el círculo vicioso que da una mala reputación a ese origen del algodón e impone más descuentos automáticos sobre la materia prima.

Surgió entonces la idea de verificar si la clasificación (la

separación del algodón pegajoso del no- pegajoso) se podía lograr de conformidad con un umbral determinado de pegajosidad. Ese umbral hubo que determinarlo empleando pruebas generalizadas de hilatura. El proyecto CFC/ICAC 11 se ejecutó entre 1997 y 2001 con financiación del Fondo Común para los Productos Básicos, Sudán y CIRAD, Francia. Todas las instituciones colaboradoras hicieron contribuciones de contraparte.

Algunas soluciones derivadas del proyecto

El laboratorio de pruebas de calidad de la fibra en la Estación de Investigaciones Algodoneras de la ARC en Wad Medani, se dotó de varios termodetectores de pegajosidad del algodón (SCT, por sus siglas en inglés) para realizar pruebas minuciosas de la pegajosidad del algodón sudanés. Los técnicos recibieron la capacitación adecuada y luego se emplearon los termodetectores del algodón para determinar la pegajosidad en el algodón sudanés, por zona de producción. También se realizaron estudios complementarios utilizando detectores de pegajosidad de alta velocidad (H2SD) disponibles en CIRAD, Francia. Esos experimentos permitieron determinar que, en determinadas condiciones de muestreo y análisis, es posible clasificar la pegajosidad utilizando dispositivos para medirla. Las pruebas de hilatura llevadas a cabo en el Instituto Francés de Textiles y Confecciones arrojaron que no se puede deducir un umbral mundial común para el algodón pegajoso ni para el algodón no-pegajoso. Ciertamente, las compañías de hilatura normalmente gradúan sus equipos conforme al producto específico que producen. Por lo tanto, cada cliente puede necesitar que se utilice un umbral determinado para categorizar el nivel de pegajosidad. En consecuencia, sería difícil calcular el riesgo de litigio de manera que se tengan en cuenta todos y cada uno de los umbrales. De hecho, el comportamiento de la pegajosidad del algodón, medido por SCT y H2SD, se da

1) Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRD), Montpellier, Francia

2) Compañía algodонера de Sudán (SCC, por sus siglas en inglés), Karthoum, Sudán

3) Corporación de Investigación Agrícola (ARC, por sus siglas en inglés), Wad Medani, Sudán

en términos de número de puntos pegajosos. Ese número, en el mejor de los casos, sigue una distribución de Poisson, y en el peor, una distribución de dispersión excesiva con diversos parámetros.

Durante el proyecto, la ARC también realizó investigaciones sobre las prácticas de cultivo que contribuirían a lograr una producción libre de pegajosidad. Mientras tanto, se halló que algunas regiones productoras de algodones no-pegajosos dentro de Sudán tenían conocimientos avanzados acerca del manejo del sistema de cultivo. Por lo tanto, se celebraron las reuniones para compartir esos conocimientos con otras regiones donde se producía algodón pegajoso a fin de que se pudieran aplicar de manera más amplia dentro del país, una vez concluido el proyecto. Los productores sudaneses llevaron a la práctica las lecciones provenientes de las regiones productoras de algodón no-pegajoso y, gracias a ello, tuvo lugar una mejora a largo plazo en la producción referente a la pegajosidad. La ARC también realizó investigaciones sobre prácticas agronómicas que redundarían en producciones libres de pegajosidad, prácticas que también aplicaron los productores.

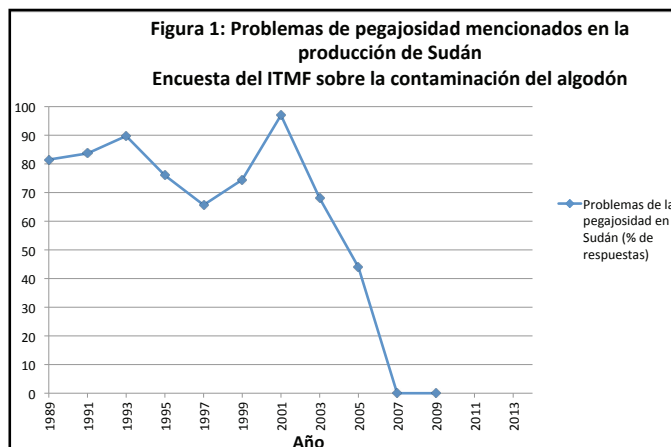
En general, se demostró que revisten gran importancia las medidas que aparecen a continuación:

- Representación cartográfica de la situación o situaciones con el propósito de identificar la zona o zonas más problemáticas para comprender las causas de los problemas y luego proponer soluciones que se aplicarían a diversos niveles, desde el campo hasta la hilandería;
- Fomento de discusiones entre los interesados sudaneses para que logren aunar esfuerzos y llegar a decisiones comunes; esos debates contribuyeron al desarrollo de soluciones locales, que se aplicaron con éxito dado que el problema ha sido solucionado ya.

La intención de resolver el problema de la pegajosidad en un país refuerza la necesidad de utilizar instrumentos descriptivos para caracterizar las situaciones. Al final del proyecto, el equipamiento y el laboratorio quedaron como propiedad de la ARC y la SCC, y esos instrumentos aún se emplean para caracterizar la pegajosidad del algodón sudanés. Desde entonces es que la SCC ha podido organizar las entregas por cliente.

La situación real en la actualidad

Ciertamente, la situación actual de la pegajosidad es mucho mejor que la que existía al concluir el proyecto CFC/ICAC 11 en 2001. Sudán ya no se menciona en las Encuestas de Contaminación del Algodón de la Federación Internacional de Fabricantes de Textiles como productor con contaminación de origen. Figura 1 muestra claramente que las respuestas positivas – las que reportan que se observó pegajosidad en lotes entregados – han ido decreciendo sostenidamente desde 2001 al punto en que se registran menos de 5 respuestas positivas (en 2007 y en 2009, figura 1). Obsérvese por favor que 2001 fue el año en que el proyecto se finalizó y cuando se compartieron

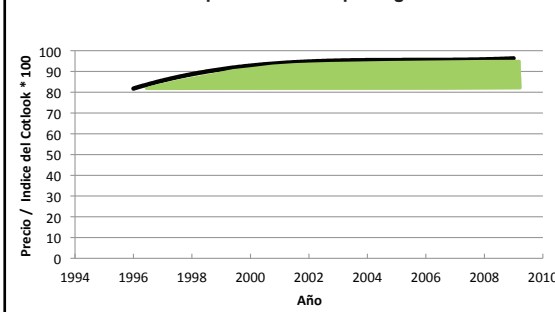


entre las diversas regiones del Sudán conocimientos prácticos sobre la prevención de la pegajosidad en el país gracias al empleo de mejores prácticas en el terreno.

La información proveniente de Sudán muestra que desde que se concluyó el proyecto, el país ha estado sometiendo a prueba lotes de fardos y el número de fardos marcados como no-pegajosos por la SCC para etiquetado interno, ha ido en constante aumento. Por ende, desde 2001 en adelante, el problema de la pegajosidad ha ido decreciendo. Con la reducción de la pegajosidad, la SCC ha logrado mejorar la imagen del algodón sudanés así como su reputación, lo que hizo que se redujeran los descuentos en los precios de las entregas a sus clientes. Además, a una porción creciente de la producción de Sudán (actualmente en el nivel del 90%) no se le impuso descuento alguno. La figura 2 muestra una tendencia creciente en las ganancias financieras y comerciales como resultado de haber logrado el algodón sudanés recobrar su buen nombre: los clientes confían en las medidas técnicas existentes para combatir la pegajosidad. Aunque en pequeñas cantidades, el algodón pegajoso ahora se identifica y se vende por separado.

Nota: La razón "ganancia en los precios por parte de la SCC a Índice A del Cotlook ha ido en aumento con el tiempo y se elevó hasta alcanzar una meseta antes de reiniciar el aumento en años recientes. La parte sombreada muestra la parte del aumento

Figura 2: Evolución del precio del algodón sudanés gracias a la recuperación de su prestigio



atribuible al proyecto CFC/ICAC 11 (como base la cosecha de 1996-97 cuando comenzó el proyecto).

De no haber existido el proyecto CFC/ICAC 11, Sudán habría continuado vendiendo algodón con el mismo descuento durante años, es decir, cerca del 80% del Índice A del Cotlook. La superficie sombreada en la figura 2 representa la pérdida que Sudán habría sufrido como resultado de la pegajosidad. Teniendo en cuenta la producción total por año (estadísticas del CCIA) y los datos simulados "precio: Índice A del Cotlook" tomados de la figura 2, resulta evidente que Sudán logró aumentos en sus ingresos año tras año gracias los trabajos del proyecto (figura 3). En su conjunto, los ingresos aumentaron hasta el nivel de US\$95 millones durante el período 1997-2009.

Como prueba adicional, la comparación entra la evolución en la producción y la solución de los problemas de la pegajosidad, según las Encuestas del ITMF, muestra que el número de problemas se va reduciendo con mayor rapidez que cualquier tendencia en la producción registrada a partir de 1989 (figura 4). Ciertamente, la razón principal del descenso en la producción es el incentivo que se proporciona a la producción de otros bienes diferentes del algodón en Sudán.

Los datos de pegajosidad que aparecen en la figura 4 son del ITMF. La situación relacionada con la pegajosidad sigue mejorando al recibir los interesados retribución debida por sus mejores prácticas. Por consiguiente, la retribución por mayor calidad también está beneficiando a los productores como se ve en la figura 5, donde el precio pagado al productor por unidad de masa de algodón en rama aumenta con más rapidez que el Índice A del Cotlook.

Figura 3: Recuperación gradual estimada (Millones de US\$)

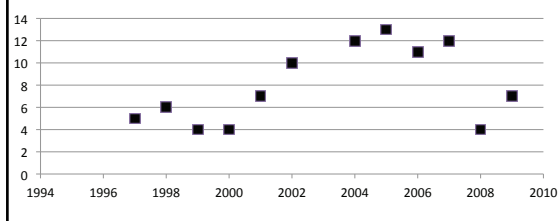


Figura 4: Evolución de la producción y problemas de la pegajosidad de Sudán registrada por la ITMF

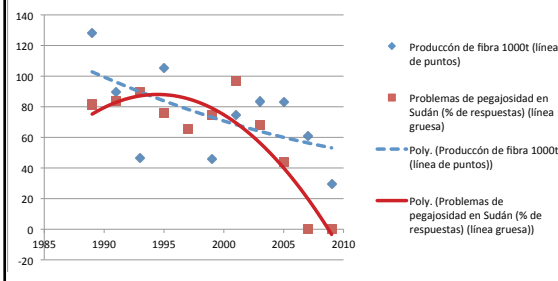
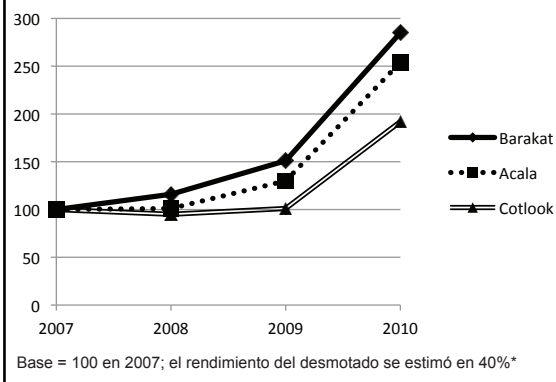


Figura 5: Evolución en los precios pagados a los productores en comparación con los Índices del Cotlook*



*Datos de:

- <http://www.cotlook.com/index.php?action=more_indices&from_day=1&from_month=1&from_year=2010&to_day=1&to_month=1&to_year=1996&view=3>
- Cotlook estimate for 2010 from <http://www.schottfabrics.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=58>
- Sudan Cotton Company Limited. Observación: En Sudán, se hace referencia al Índice B en 2007 y al Índice A para temporadas posteriores.

Conclusiones

El proyecto CFC/ICAC 11 ha permitido a Sudán aislar el problema de la pegajosidad. En el pasado, todo el algodón se gravaba con un descuento a causa del posible riesgo de que parte de éste fuera pegajoso. Actualmente, los comerciantes pueden comprar y vender con confianza algodón no pegajoso y evitar así los descuentos. El problema se resolvió con actividades importantes como sesiones de formación (servicios de extensión, talleres para mejorar las prácticas de los interesados), transferencia de innovaciones, cooperación dentro de los países y entre ellos, resultados de investigación y su transferencia al mundo "real". En resumen, todo lo anterior favoreció la recuperación de la buena reputación de la producción de algodón de Sudán y aportó beneficios a los productores sudaneses gracias a la mejora en sus prácticas. La meta última de un proyecto es la eficacia en la aplicación de sus hallazgos en un período determinado; luego de concluido el proyecto CFC/ICAC 11, se tiene la certeza de que los hallazgos han sido aplicados con éxito luego de diez años de esfuerzos por recuperar su prestigio.

Para más información sobre la propuesta de proyecto y los resultados alcanzados, diríjase a <<http://www.icac.org/projects/CommonFund/Stickness/english.html>>

Referencias

ITMF, *Cotton Contamination Survey*. 1993 to 2009, International Textile Manufacturers Federation: Zürich (CHE).

Control sostenible del gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*, en sistemas de producción algodonera en pequeña escala (CFC/ICAC 14)

Keshav R. Kranthi, Director, Instituto Central para la Investigación del Algodón, Nagpur, India

Duración:	1 de octubre de 2000 al 1 de julio de 2005
Países:	China, India, Pakistán y Reino Unido
Instituciones colaboradoras:	Universidad Agrícola de Nanjing, China Centro Nacional de Extensión y Servicios Agrotécnicos, China Instituto Central para la Investigación del Algodón, Nagpur, India Universidad Agrícola Tamil Nadu, India Universidad Agrícola del Punjab, Ludhiana, India Instituto Central de Investigación sobre el Algodón, Multán, Pakistán Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID, por sus siglas en inglés), Reino Unido Instituto de Recursos Naturales, Reino Unido Estación Experimental de Investigación de Rothamsted, Reino Unido Comité de Acción contra la Resistencia a los Insecticidas, (IRAC, por sus siglas en inglés)
Agencia ejecutora del proyecto:	Sociedad Internacional de Recursos Naturales, Reino Unido

=====

El Fondo Común para los Productos Básicos auspició el proyecto "Control sostenible del gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*, en sistemas de producción de algodón en pequeña escala" para que fuera ejecutado por China, India, Pakistán y el Reino Unido. El objetivo principal del proyecto fue desarrollar, aplicar y difundir los sistemas agronómicos y las prácticas de manejo de plagas para el control rentable y sostenible del gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*. El proyecto estuvo diseñado con el fin de aprovechar los conocimientos y las experiencias adquiridas para el desarrollo ulterior de métodos eficaces que redundasen en el uso sustancialmente reducido de plaguicidas peligrosos, y en mayores ganancias para los productores de algodón. La finalidad principal del proyecto consistió en desarrollar los instrumentos necesarios para posibilitar el control racional, lucrativo y ambientalmente aceptable del gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*, resistente a los insecticidas en sistemas de producción de algodón en pequeña escala. Si bien las actividades directas del proyecto se centran en productores / sistemas de producción asiáticos de exiguos recursos, durante todo el proyecto se hizo el debido énfasis en asegurar que el resultado último del proyecto fuera además pertinente y aplicable a los pequeños productores africanos que también se enfrentaban a costos de producción más elevados y a pérdidas de cultivos causadas por el gusano de la cápsula del algodón.

Durante unos veinte años, de 1980 al año 2000, la producción y la economía del algodón en India estuvieron en constante crisis debido al gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*, resistente a los insecticidas y responsable de su uso excesivo (70% del uso total de los insecticidas aplicados al algodón). El algodón consumía cerca del 50% del total de los insecticidas utilizados en India. El problema de la resistencia en China y

Pakistán también acarrió graves consecuencias en términos del uso de insecticidas en el algodón y el estancamiento de los rendimientos. En China, la resistencia a los insecticidas llegó a su nivel más alto a inicios del decenio de 1990. El rendimiento promedio del algodón en China descendió a solo 660 kg/ha en 1992/93. La imposibilidad de controlar los gusanos de la cápsula luego de muchas aspersiones de insecticidas (debido al problema de la resistencia), también afectó los rendimientos en Pakistán, pero el problema se vio opacado por el surgimiento de la enfermedad de la rizadura de la hoja del algodonero. En India, pese al uso excesivo de insecticidas, la producción fue baja solo 250-300 kg por hectárea, y además, permaneció estancada. La resistencia del gusano de la cápsula a los insecticidas obligó a los productores a emplear insecticidas con mayor frecuencia y la mayoría de las veces en forma de cóctel, lo que condujo a un control de plagas ineficiente, a trastornos ecológicos y a contaminación ambiental. Los productores luchaban contra esas plagas usando todos los insecticidas disponibles en todas las combinaciones posibles. Los fracasos de las cosechas se achacaron a la ineficacia para controlar las plagas del algodón que demostraron casi todos los insecticidas de uso más corriente. Brotes frecuentes del gusano de la cápsula en el algodón causaron crisis en la agricultura algodonera. Para fines de 1992, los estudios demostraron que las cepas indias del gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*, exhibían resistencia a casi todos los insecticidas que se recomendaban para su control.

Con posterioridad, en 1992, el Consejo Indio de Investigación Agrícola (ICAR, por sus siglas en inglés) inició un programa de investigación colaborativo con el Instituto de Recursos Naturales (NRI, por sus siglas en inglés), del Reino Unido, con el objetivo central de ayudar a los productores indios a combatir el gusano de la cápsula del algodón resistente a los insecticidas.

Un grupo de investigadores del Instituto Internacional de Investigación en Cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT, por sus siglas en inglés) de India, en prestación de servicios del NRI, Reino Unido; el ICAR de Nueva Delhi; el Instituto Central de Investigación del Algodón de Nagpur; la Universidad Agrícola de Andhra Pradesh; y la Universidad Agrícola de Tamil Nadu, iniciaron un estudio sistemático con el fin de llegar a un conocimiento cabal de la intensidad del problema y desarrollar estrategias para combatirlo. En 1995, el grupo publicó una serie de trabajos científicos donde ofrecían pruebas de la resistencia. El equipo ofreció sugerencias prácticas para combatir el problema de la resistencia del gusano de la cápsula a los insecticidas. El programa colaborativo ICAR-NRI continuó hacia su siguiente fase de 1996 a 1999, con el propósito fundamental de aprovechar los resultados del proyecto previo mediante la difusión de las estrategias de manejo de las plagas por toda la zona, comprendidas en el Manejo de la Resistencia a los Insecticidas (MRI). El proyecto logró demostrar que las nuevas técnicas del MRI que incorporaban perspectivas ecotóxicas proporcionaban eficacia y sostenibilidad al manejo de las plagas del algodón.



Figura 1: Gusano de la cápsula del algodón alimentándose de una cápsula

Aunque se halló que las estrategias del MRI aliviaban grandemente a los productores, ha habido algunos problemas clave que hubo que abordar para que el manejo de las plagas del algodón resultara más sostenible. Los problemas tenían que ver con el uso alineado de grupos de plaguicidas durante una temporada para garantizar que los ecosistemas depredador-parasitoide se perturbaran al mínimo, las plagas se controlaran con efectividad, y el manejo de plagas resultara sostenible durante el mayor tiempo posible. Se emprendieron estudios para lograr conocer los aspectos básicos de la resistencia relacionada con sus mecanismos y genética, y las interrelaciones de los mecanismos de resistencia de los diferentes grupos de insecticidas. Aparte de esos problemas, se presentaron otros dos de gran importancia: desarrollar dispositivos para detectar insecticidas espurios y fraudulentos, e identificar en el terreno los gusanos de la cápsula resistentes a los insecticidas. El Fondo Común para los Productos Básicos (CFC), Países Bajos, el Comité Consultivo Internacional del Algodón (ICAC), Washington, la Sociedad Internacional de Recursos Naturales del Reino Unido, e ICAR, iniciaron el proyecto CFC/ICAC 14 en octubre del año 2000 con esfuerzos colaborativos de investigadores de China, India, Pakistán y el Reino Unido a fin de abordar esos

problemas. El CFC financió el proyecto con contribuciones del Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido y del Comité de Acción contra la Resistencia a los Insecticidas de la industria internacional de plaguicidas, y de todos los gobiernos nacionales, y con la supervisión / coordinación del Comité Consultivo Internacional del Algodón.

El proyecto de cuatro años arrojó los siguientes resultados de investigación:

- Un examen general del impacto de los insecticidas sobre las plagas del algodón y sus enemigos naturales incorporado a un *software* 'Helibase' diseñado especialmente con ese fin, y que permite al usuario buscar toda la información publicada en el mundo acerca del control del gusano de la cápsula del algodón mediante el empleo de insecticidas.
- Un mapa detallado de la distribución geográfica basada en las muestras de insectos recolectadas en el terreno identificando los niveles de resistencia a los principales grupos de insecticidas que se aplican al algodón en las zonas de cultivo de China, India y Pakistán.
- Conocimiento cabal de las bases genéticas y moleculares de todos los mecanismos biológicos subyacentes que posibilitan la supervivencia del gusano de la cápsula del algodón frente a los insecticidas (reduciendo la cantidad de insecticidas, detoxificándolo dentro del cuerpo y hasta cambiando la forma de las moléculas en el sistema nervioso sobre las que actúa el insecticida en el organismo, de manera tal que le impida enlazar con ellas. El patrón de presencia de esos mecanismos de defensa ha resultado ser complejo y controla a qué sustancias químicas se va a ofrecer fuerte resistencia y dónde, permitiendo de esa forma diseñar programas de uso de insecticidas mejor dirigidos.
- Conocimiento de las combinaciones de productos químicos que deben funcionar y las situaciones en las que se recomienda usarlas. Algunas combinaciones de insecticidas piretroides y organofosfatados utilizadas corrientemente contribuyen al control de los gusanos de la cápsula resistentes a los piretroides pero, en general, la eficacia de las combinaciones para destruir la plaga es igual a la eficacia de su componente más efectivo. Dado que las combinaciones que se asperjan seleccionan rápidamente los múltiples mecanismos bioquímicos de resistencia, lo que ocasiona problemas en el uso de toda una variedad de insecticidas, se recomienda su uso solo en circunstancias muy específicas.
- Ensayos masivos en diversos sitios por toda Asia como parte del proyecto, lo que permitió medir la resistencia a los insecticidas en el laboratorio utilizando orugas recolectadas en el terreno en una zona dada. Los resultados determinaron la eficacia de cada sustancia química para el control de la plaga en el terreno. De ese modo los investigadores determinan los insecticidas cuyo empleo deben recomendar en cada lugar.
- Teniendo en cuenta que el equipo de aspersión utilizado en toda la región era anticuado y esencialmente manual, se identificó el tipo de equipamiento (incluidas las boquillas de aspersión) y la forma en que podía utilizarse sin peligro para manejar con eficacia el gusano de la cápsula. Muchos de los

equipos que están en uso en estos momentos sencillamente no sirven para ese fin.

- Dado que una elevada proporción de los insecticidas comerciales disponibles en la región (más de la cuarta parte de todas las muestras tomadas en un estudio realizado en el norte de India) no cumple las normas de calidad (mala formulación o dilución excesiva), el CICR de Nagpur desarrolló “kits” o estuches de pruebas inmunológicas con varillas de inmersión para aplicar *in situ* a fin de determinar la calidad de los plaguicidas. Ello permite a los productores y distribuidores verificar sin mucho gasto la calidad de un bote de plaguicida en pocos minutos en el punto de venta, en lugar de tener que atravesar por el proceso del análisis de laboratorio gubernamental engorroso, costoso y prolongado.
- El CICR ha desarrollado además “kits” con varillas de inmersión que pueden usarse utilizando una sola oruga triturada para determinar si es resistente o no a determinado tipo de insecticida. Esas pruebas pueden realizarse en el terreno para verificar si va a resultar útil rociar un producto químico en una zona determinada.
- Diseño de estrategias de MRI sobre el uso de una secuencia de insecticidas racional y lógica que fuera eficaz contra los gusanos de la cápsula, pero que causara daño mínimo a los insectos y organismos beneficiosos que destruyen las plagas nocivas. La secuencia de insecticidas garantizaba la rotación de los grupos de insecticidas basándose en mecanismos de resistencia ajenos. Las estrategias se diseñaron basándose en los resultados de la evaluación del riesgo de la resistencia, la eficacia del control, la selectividad ecológica (según la calificación de la Organización Internacional de Control Biológico – OICB) y la evaluación del riesgo ambiental (según la calificación del Cociente de Impacto Ambiental - CIA).

Utilización de los resultados del CFC/ICAC 14

El proyecto CFC/ICAC 14 consiguió desarrollar conocimientos más profundos sobre los aspectos básicos de la resistencia a los insecticidas, en especial en lo relacionado a la ubicación adecuada de los insecticidas en un formato de ventana del MRI basado en el modo de acción, los mecanismos de resistencia y el modo en que se hereda la resistencia. Las estrategias actuales de MRI incorporan el algodón biotec, los nuevos plaguicidas y los componentes del MIP con el fin de garantizar un manejo eficiente de las plagas con dependencia mínima de los insecticidas dañinos. Las estrategias de MRI se están aplicando entre 250 y 1.000 poblados al año por toda India, con el apoyo financiero del Ministerio de Agricultura del país. Actualmente, el daño que ha causado el gusano de la cápsula americano *Helicoverpa armigera* en India es insignificante y se percibe como igualmente manejable en otros cultivos. Esa situación se ha manifestado sobre todo debido al cultivo en gran escala del algodón biotec, la aplicación generalizada del MRI y la introducción de nuevos insecticidas eficaces para el manejo de plagas. El uso de insecticidas en el algodón ha descendido significativamente durante los últimos 7-8 años. China también introdujo el algodón biotec en los primeros años de comercializado ese algodón. Pakistán continuó centrándose

en la solución del problema del virus de la rizadura de la hoja que se difundió por todo el cinturón algodonnero del país y adoptó el biotec unos cuantos años después. Vale mencionar el algodón biotec aquí, debido a que sirvió de respaldo para resolver el problema de la resistencia y también se integró como componente importante del MIP. Fue solo por azar que el proyecto CFC/ICAC 14 coincidiera con la introducción del algodón biotec en la región. El impacto del proyecto habría sido más evidente de no haber estado presente el algodón biotec.

Si bien las estrategias de MRI y de MIP continuaron aplicándose de manera generalizada en China, India y Pakistán durante los últimos 10 años y aportaron grandes beneficios, el algodón biotec resistente a los insectos que se introdujo en India en 2002, recibió el mayor reconocimiento por el manejo eficaz del gusano de la cápsula. Las estadísticas muestran claramente que el algodón biotec fue eficaz en el manejo del gusano de la cápsula y contribuyó significativamente a la reducción del uso de insecticidas para el manejo de esa plaga en India y China. El uso de insecticidas disminuyó en Pakistán pero no por igual margen que en India debido a la creciente demanda para controlar la mosca blanca, vector de la enfermedad del virus de la rizadura de la hoja. En India, en los últimos 7-8 años, el algodón biotec resistente a los insectos ha desempeñado un papel preponderante en la protección efectiva del cultivo contra los gusanos de la cápsula, en especial el gusano de la cápsula americano *Helicoverpa armigera*, evitando así las pérdidas en los rendimientos. Sin embargo, el uso de insecticidas siguió disminuyendo sostenidamente debido a la aplicación intensiva de estrategias de MRI en India, mucho antes de la introducción del algodón biotec, cuyo papel ha sido sencillamente el de acelerar el proceso. El uso de plaguicidas fue de 71.130 toneladas métricas en 1991, descendió a 43.580 toneladas métricas en el año 2000 y continuó bajando hasta quedar en 27.439 toneladas métricas en 2008. La tecnología biotec y la extensa aplicación de las tecnologías de MRI redujeron en la reducción en el uso de insecticidas: de un 46% en 2001 a menos del 26% después de 2006 y al 21% durante los últimos dos años, 2009 y 2010. El uso de insecticidas pasó de US\$160 millones (Rs. 7.180 millones) en 2004 contra las orugas lepidópteras del algodonnero, a US\$25 millones (Rs. 1.100 millones); solo US\$5 millones (Rs. 230 millones) se dedicaron al control del gusano de la cápsula del algodón en 2010. La reducción en el uso de insecticidas puede considerarse como un logro espectacular del trabajo de manejo de plagas del que forma parte el CFC/ICAC 14.

Existe la percepción generalizada de que la introducción del algodón biotec fue, por sí sola, responsable del aumento en los rendimientos y la reducción de los insecticidas en India. Si embargo un examen crítico de los datos muestra que solamente el aumento en la superficie dedicada al algodón biotec no tuvo correlación significativa alguna con los aumentos en los rendimientos indios. En 2004 el rendimiento promedio nacional de fibra fue de 463 kg/ha en momentos en que la superficie sembrada de algodón biotec era de menos del 6%, y alcanzó casi 495 kg/ha en 2010 cuando la superficie dedicada al algodón biotec aumentó a 9,4 millones de hectáreas, es decir, cuando representaba el 85% de la superficie total de 11,1 millones de hectáreas. Puede verse así que el nivel máximo del aumento (463 kg/ha en 2004 partiendo de escasos 300 kg/ha en 2001), se obtuvo gracias a otras tecnologías tales como el MRI antes de que se extendiera la superficie sembrada de algodón biotec en

India. En China, la solución del problema de la resistencia se benefició de la recuperación en los rendimientos. En Pakistán fue la estabilidad o un descenso mínimo en los rendimientos lo que explica el beneficio. En India, el viraje favorable se atribuyó al cultivo en gran escala del algodón biotec, la aplicación masiva del MIP y del MRI por parte del Ministerio de Agricultura y el ICAR, la introducción de algunos algodones híbridos altamente productivos, la expansión de las superficies algodonerías en zonas productivas, el aumento en el número de micropresas y sistemas de irrigación por goteo, la extensión de la superficie dedicada al algodón híbrido de un 40% a un 90%, y la introducción de 6 ó 7 moléculas de insecticidas eficaces para el control del gusano de la cápsula y el manejo de las plagas de chupadores. Durante los últimos cinco años, se dio un importante salto en la producción india. En 2004 y 2005 India produjo alrededor de 4,1 millones de toneladas de algodón cada año, 4,8 millones de toneladas en 2006, y 5,2 millones de toneladas durante 2007/08. El cultivo de algodón en India está teniendo un efecto perceptible sobre la situación mundial de las importaciones y las exportaciones. El país ha estado produciendo por lo menos entre un millón y un millón y medio de toneladas por encima del consumo interno en los últimos años. India se convirtió en uno de los principales exportadores de fibra de algodón con volúmenes de entre 0,6 y 1,5 millones de toneladas. El Proyecto de Política Nacional de Fibras 2010-20 ha proyectado el consumo de algodón por parte de la industria textil en 7 millones de toneladas para 2019/20, lo que representaría un aumento del 68% respecto del consumo estimado de algodón por la industria textil el presente año. A la luz de los cambios actuales, ha disminuido considerablemente la necesidad de contar con herramientas y tecnologías específicas para la detección del *Helicoverpa armigera* resistente a los insecticidas y los plaguicidas espurios. Sin embargo, ahora ya se dispone de esas tecnologías que los investigadores interesados pueden usar dondequiera que las necesiten.

Desarrollo e implementación de estrategias de MRI conforme al CFC/ICAC 14

Las tecnologías de MRI se desarrollaron sobre la base de los resultados del proyecto CFC/ICAC 14, y el programa de propagación / implementación se dirigió desde el Instituto Central de Investigación del Algodón (CICR), Nagpur, con financiación del gobierno indio por intermedio de su Ministerio de Agricultura como parte del programa de la Mini-Misión II (MM-II) de la Misión Tecnológica del Algodón (MTA). La Mini-Misión II (MM-II) de la MTA se realizó para establecer en India sistemas sostenibles de manejo de las plagas de algodón con la finalidad general de reducir la incidencia de la resistencia a los insecticidas y aumentar la eficacia de las moléculas recomendadas. Desde un inicio, las estrategias de MRI se realizaron con éxito en escala piloto en 25 aldeas de diversas partes del país durante los cinco años comprendidos entre 1996 y 2001 de conformidad con el proyecto NRI-ICAR (Instituto Nacional de Recursos / Consejo Indio de Investigaciones Agrícolas). A partir del 2002

Superficie cubierta bajo el programa de MRI

Año	Estados	Distritos	Aldeas	Agricultores	Superficie (ha)
2002/03	10	26	273	2.801	2.781
2003/04	10	26	300	5.372	13.816
2004/05	11	27	444	20.525	59.232
2005/06	11	26	571	43.282	102.886
2006/07	10	33	1.047	62.289	136.844
2007/08	10	31	840	49.149	92.191
2008/09	10	32	851	45.557	80.124
2009/10	10	33	662	38.472	80.003
2010/11	10	21	249	16.950	38.242

se aumentó la escala de implementación con el apoyo del ICAR y el Ministerio de Agricultura. El programa se desarrolló basado en la experiencia de investigación acumulada del CICR y tuvo como finalidad producir un cambio radical en las percepciones de los productores sobre el empleo de los plaguicidas en el algodón, de modo que condujera a una reducción drástica en el empleo general de plaguicidas. Se esperaba que esa reducción ayudaría a frenar el desarrollo de resistencia entre las plagas que afectan al algodón. Los resultados del enfoque basado en la participación de los productores resultaron muy alentadores y, como lo evidencia la reducción en el empleo de plaguicidas en todas las regiones donde se ejecutó el programa, la percepción de los productores sufrió un cambio diametral.

Un total de nueve coordinadores procedentes de institutos y universidades nacionales, colaboraron junto con los departamentos de los estados en la supervisión del programa cuya ejecución contó con 32 coordinadores distritales y 56 investigadores. También participaron entre 260 y 1.010 trabajadores de terreno, quienes fueron ubicados en las aldeas en cada año durante los 10 últimos años. Hasta el momento, se han establecido 26 centros para la detección del desarrollo de resistencia a los insecticidas de conformidad con el proyecto para brindar a los agricultores orientaciones más acertadas sobre la selección de insecticidas. Durante los cinco años de implementación, el proyecto logró un control efectivo del gusano de la cápsula con un empleo mínimo de insecticidas y con el aumento concomitante de los rendimientos y de la fauna beneficiosa del ecosistema algodonería a todo lo largo y ancho del país. El número de estados, distritos, aldeas, productores y superficie cubierta por las estrategias de MRI durante los cinco años, así como la cantidad planificada para el presente año, aparecen en el cuadro de arriba.

El programa de MRI basado en los resultados de investigación, incluidos los trabajos del proyecto CFC/ICAC 14, se ejecutó en dos fases. La primera se extendió de 2002 a 2006 y la segunda, aún en proceso, se extenderá de 2007 a 2012. Durante el quinquenio de 2002 a 2006, el proyecto de MRI se aplicó en 315.559 hectáreas, en 2.635 aldeas, de 28 distritos de 10 estados algodonerías de India con un monto total de fondos de US\$2,58 millones proporcionados por el Ministerio de Agricultura, del gobierno de India, por conducto de la Mini-Misión II de la Misión Tecnológica del Algodón (MTA). Durante todo el período de 2002 a 2006, se realizó una encuesta pormenorizada para determinar el impacto general del proyecto en términos de beneficios financieros netos aportados a los productores. El beneficio económico total se estimó en US\$41,8 millones del aumento de los rendimientos, y otros US\$17,47 millones procedentes de los ahorros en plaguicidas. Durante el próximo quinquenio, de

2007 a 2010, las estrategias de MRI se extendieron a 150.128 agricultores en 290.561 hectáreas; en 2.602 poblados de 30 distritos de 10 estados algodoneeros en todo el territorio nacional indio. La implementación del programa produjo aumentos de los rendimientos cuyos beneficios adicionales netos se elevaron a US\$12,2 millones, con una reducción en el uso de insecticidas por valor de US\$5,7 millones, lo que lleva a un beneficio total adicional de US\$17,9 millones atribuibles al proyecto. No queda la menor duda de que fueron los conocimientos desarrollados gracias al proyecto CFC/ICAC 14 la mayor contribución al logro de esos beneficios. El proyecto de MRI aprovechó los resultados de éste proyecto para divulgar una serie de estrategias que tuvieron un poderoso impacto sobre las pautas de consumo de plaguicidas en India.

China y Pakistán, por su parte, aprovecharon los resultados de modo diferente, pero sus logros, pero los niveles de resistencia a los insecticidas, están casi al mismo nivel (Gill y Ahmed, 2005). Se produjo una reducción significativa de los insecticidas (piretroides y algunos organofosforados, como monocrotofos y fosfomidan) capaces de perturbar los ecosistemas en favor del desarrollo de infestaciones y brotes de gusanos de la cápsula; conjuntamente, aumentaron los insecticidas, como el spinosad y el benzoato de emamectina que minan el estado general de los gusanos de la cápsula y coadyuvan a la reducción de las infestaciones. Lo anterior se hizo evidente, sobre todo, en el norte de India donde no fue hasta 2005 que se introdujo el algodón biotec, y para el 2003 el gusano de la cápsula había casi desaparecido. Esos adelantos se multiplicaron por los efectos del algodón biotec de tal modo que hoy en día no existe ningún problema detectable con el gusano de la cápsula en ninguna parte del país. Estos logros que son parte del trabajo relacionado con la detección de gusanos de la cápsula resistentes a los insecticidas, así como la detección de insecticidas espurios, se considera menos urgente en la actualidad.

Desarrollo y uso de los estuches (*kits*) para verificar la calidad de los insecticidas

Los pequeños productores en los países en desarrollo de Asia y África se ven obligados a enfrentarse a diversos problemas, la mayoría de ellos vinculados con la calidad de insumos tales como las semillas y los plaguicidas. Los laboratorios del gobierno, claro está, realizan pruebas para determinar la pureza de los insecticidas, las semillas híbridas y los lotes de semillas biotec, pero se ven limitados por el reducido número de estos laboratorios y por la dificultad de acceso de los pequeños productores. Además, en China, India y Pakistán no se cuenta con pruebas que se puedan utilizar directamente en condiciones de campo o en el mismo punto de prueba para determinar si los insumos no están dentro de la norma o si son 'espurios', sobre todo entre los cultivos biotec y los plaguicidas. Además, el problema de los gusanos de la cápsula resistentes a los insecticidas se había hecho tan severo que, en su desesperación, los pequeños productores de los países participantes en los proyectos comenzaron a utilizar, infructuosamente, cantidades exageradas de insecticidas y cócteles de insecticidas para manejar las plagas. El proyecto CFC/ICAC 14 fue diseñado para desarrollar técnicas sencillas, capaces de ser empleadas por los mismos agricultores para realizar ensayos *in situ* y acopiar evidencia *prima facie* antes de decidirse por la calidad de

determinados insecticidas. El proyecto CFC/ICAC 14 produjo una nueva y sencilla técnica basada en una varilla de inmersión ('dip-stick') para detectar los gusanos de la cápsula resistentes a los insecticidas y los plaguicidas que no cumplen la norma. Esa técnica (*dip-stick*), basada en técnicas inmunológicas, ofrece un medio sencillo y barato para la detección de varios analitos importantes para la agricultura como los que se encuentran en cultivos biotec, plaguicidas, bioplaguicidas, etc., y también para determinaciones de calidad y otros fines, tales como los diagnósticos de plagas y enfermedades.

El análisis de los residuos de los insecticidas y el control de la calidad de las formulaciones comerciales se realizan por métodos convencionales que requieren cromatografía líquida y de gases. Esos métodos son altamente sensibles y confiables, pero resultan costosos, consumen mucho tiempo y requieren múltiples pasos de análisis y preparación de muestras, así como analistas muy preparados. En el análisis convencional de residuos de insecticidas se emplean procesos de limpieza de muestras de múltiples pasos seguidos de cromatografía de gases (CG) o cromatografía líquida de alta presión (HPLC, por sus siglas en inglés). Los inmunoensayos son herramientas analíticas altamente sensibles y selectivas para detectar trazas de sustancias químicas como plaguicidas y, por eso, en tiempos recientes han surgido como método alternativo a los tradicionales. Los inmunoensayos por varilla de inmersión permiten una determinación cualitativa, *in situ*, de los analitos, emplean una membrana como soporte del recubrimiento de los anticuerpos y se basan en un cambio de color visible a simple vista. Esos inmunoensayos de flujo lateral son fáciles de desarrollar y se perfilan como el método idóneo para la detección de plaguicidas. Los ensayos inmunocromatográficos de flujo lateral con técnica de oro coloidal constituyen una plataforma elegante para la creación de *kits* diagnósticos que brinden un método sencillo y barato de detección de analitos con la gran ventaja, además, de que la preparación de las muestras es más sencilla y su procesamiento más rápido. Por lo tanto, los *kits* desarrollados con el formato de varilla de inmersión ya se consideran idóneos en alto grado para los países en desarrollo, donde el problema de los insecticidas deficientes es muy serio y su detección constituye un reto.

Herramientas diagnósticas para detectar insectos resistentes a los insecticidas

En décadas recientes, el manejo de plagas en el algodón se ha visto afectado en gran medida por el desarrollo de resistencia a los insecticidas, fenómeno que fue provocado por el uso excesivo de insecticidas en el cultivo. Se hicieron múltiples esfuerzos en todo el mundo por desarrollar métodos más rápidos de detección de insectos resistentes a los insecticidas y, después, por diseñar para cada región su propio sistema de manejo integrado de plagas. Sin embargo, hasta la fecha, no se ha visto ningún ejemplo de métodos seguros y confiables de asistir en la detección rápida, directamente en el terreno, de insectos resistentes a los insecticidas. Los mejores métodos para lograr esa identificación rápida son los inmunocromatográficos, pero hasta ahora no se han aplicado en ningún lugar. La detección de resistencia por insectos individuales de una población en el campo permite valorar la frecuencia de los fenotipos resistentes. Así, no solo se ayuda a documentar la

severidad del problema presente y potencial en un terreno determinado, sino que resulta útil a la hora de tomar decisiones respecto del control de las plagas. Por lo general, se aíslan marcadores bioquímicos o moleculares que co-segregan junto con la resistencia y se emplean para diseñar *kits* diagnósticos. En muchos casos, los marcadores son moléculas que confieren la resistencia, tales como enzimas metabólicas o genes que codifican para las biomoléculas que permiten a los insectos sobrevivir a los insecticidas.

Los insectos logran metabolizar los insecticidas para convertirlos en formas inocuas o menos tóxicas por un proceso llamado de 'detoxificación' y, a veces, a formas intermedias más tóxicas por un proceso llamado de 'activación'. Muchos grupos de investigación emplearon ensayos colorimétricos clásicos en placas de microtitulación para detectar la resistencia en asociación con un aumento general de la actividad de esterasa, o con acetilcolinesterasa insensible (ACE). Inicialmente, se diseñaron unas "pruebas de manchas" en papel de filtro específicamente para detectar la resistencia mediada por esterasa B en mosquitos. Más adelante se empleó la prueba para detectar resistencia en distintas especies de insectos. Existen varios métodos convencionales, bioquímicos y moleculares para detectar y monitorear la resistencia. Sería posible crear equipos basados en la inmunocromatografía para detectar insectos resistentes. El método tiene la ventaja adicional de que es sumamente sencillo, muy rápido y altamente confiable. Con ese tipo de método, hasta los productores analfabetos serían capaces de emplear las tiras de prueba para detectar insectos resistentes a los insecticidas en sus campos, y también de hacer estimaciones del porcentaje de esos insectos individuales en condiciones de terreno. La prueba con "inmunotira" demora solo 10 minutos en hacerse.

Las tiras de inmersión para detectar la resistencia se basan en antisueros policlonales cultivados contra isoenzimas de esterasa asociadas a la resistencia y aisladas de *H. armigera*. Los kits están diseñados para detectar resistencia a los grupos de insecticidas organofosfatados y de carbamato. Bastaría con unas 20-40 tiras para determinar la frecuencia de la resistencia en una región dentro de un radio de unos 20 kilómetros. Los kits de detección de resistencia permitirían reducir las aplicaciones innecesarias de insecticidas sobre insectos que tienden a desarrollar resistencia, con lo que se ahorrarían entre US\$37,5 millones y US\$50 millones por año. La descripción que aparece en la patente del kit, registrada el 3 de enero de 2006, lo define como "Detección rápida de insectos resistentes a los insecticidas". También aparece en cada kit el debido reconocimiento al CFC así como sus usos. Los resultados generales del proyecto figuran en el número de diciembre de 2005 del *ICAC RECORDER* (Russell, 2005). La tecnología de los kits de detección de resistencia a los insecticidas la publicó el CCIA en forma de folleto en 2009 (Kranthi, 2009).

Los kits fueron validados y probados en los 10 estados productores de algodón de India. El Instituto Central para la Investigación del Algodón (CICR) continúa sus estudios de seguimiento de la resistencia a los insecticidas, ahora ampliados para incluir el algodón Bt. Del 27 al 29 de junio de 2005, la sede del CICR en Nagpur celebró en esa localidad un taller de divulgación para los centros participantes. La reunión tuvo lugar conjuntamente con la 3a Reunión de la Red Asiática de Investigación y Desarrollo del Algodón, por lo que un gran número de participantes de los países asiáticos lograron participar y familiarizarse con los kits. Toda la tecnología y un juego completo de los resultados del proyecto fueron presentados en la reunión. Varios ejemplares de las tiras de detección de resistencia fueron descritos, demostrados y entregados a varios participantes. En India, investigadores,

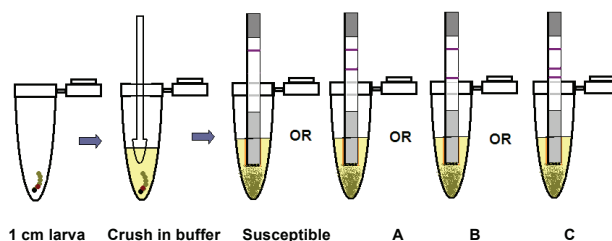


Figura 2: Diagrama esquemático de los pasos que entraña el uso del equipo de flujo lateral para detectar resistencia de los insectos a dos o más insecticidas

Paso 1. Colocar una larva de *H. armigera* de 3-4^{to} instar (1-1,5 cm de longitud) en un frasco plástico

Paso 2. Verter 0,5 ml de solución que viene en el *kit*

Paso 3. Triturar la larva en la solución del tampón con un mortero

Paso 4. Colocar la varilla de inmersión en el homogenado siguiendo las instrucciones del *kit*

Paso 5. Esperar 10 minutos hasta que la tira se sature por el flujo capilar de la solución.

Paso 6. Observar la tira. La aparición de una sola banda púrpura en la porción superior indica la presencia de una larva susceptible.

Los resultados que se muestran en las figuras A, B y C representan lo siguiente:

Resultado A: Positivo para HaE5 y resistente al quinalfos

Resultado B: Positivo para HaE9 y resistente al metomil

Resultado C: Positivo al HaE5 y al HaE9, por lo tanto, resistente a quinalfos y metomil

trabajadores de extensión y productores recibieron kits y la capacitación correspondiente durante 2006 y 2007 como parte de un programa de manejo de la resistencia desarrollado a todo lo largo y ancho del país, financiado por el Ministerio de Agricultura del gobierno de India. Se publicó un folleto y un manual con explicaciones de los métodos de investigación de la resistencia para investigadores, así como estrategias sostenibles que fueron desarrolladas de los resultados del proyecto para el control del gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*, en sistemas de producción de pequeña escala.

De esa manera, se dieron a conocer los resultados del proyecto CFC/ICAC 14 sobre la investigación de los mecanismos bioquímicos y moleculares y la genética de la resistencia del gusano de la cápsula a algunos de los más importantes grupos de insecticidas y sus interrelaciones. Todo lo anterior sirvió de guía para posicionar varios grupos de insecticidas en una estrategia de “ventanas” que formaría las bases de un manejo sostenible de plagas. Se facilita a todos los investigadores acceso libre a la tecnología de los kits para uso directo de los productores, desarrollada como parte del proyecto CFC/ICAC 14. El trabajo publicado por Kranthi *et al.* (2009) acerca de la detección de la pureza de los insecticidas puede utilizarse en el desarrollo de kits para detectar insectos resistentes a los insecticidas y también la pureza de las semillas biotec mediante el empleo de los mismos principios. Los hallazgos constituyen un salto adelante que podrá aprovecharse para desarrollar kits específicos para países y regiones donde podrán ser muy útiles en el manejo de las plagas.

Reconocimientos

El Fondo Común para los Productos Básicos (CFC) financió el proyecto CFC/ICAC 14 junto con los gobiernos, por medio de sus instituciones locales en China, India, Pakistán y el Reino Unido. El proyecto se ejecutó en el Instituto Central para la Investigación del Algodón (CICR) en India; en la Universidad Agronómica de Nanjing, China; en el Instituto Central para la Investigación del Algodón, Multán, Pakistán; en el Instituto de Recursos Naturales del Reino Unido. La supervisión general estuvo a cargo del CCIA. El proyecto fue un esfuerzo conjunto de muchas personas en cuatro países. El autor aprecia y reconoce el apoyo de los colaboradores en China, India, Pakistán y el Reino Unido. Nuestro agradecimiento especial para el Dr. Derek Russell del Instituto de Recursos Naturales del Reino Unido, quien prestó servicio en calidad de Gerente de Proyecto y brindó orientación técnica a todos los asociados. El autor también está muy agradecido al CFC, al CCIA, al Dr. C. D. Mayee, antiguo presidente de la Junta

de Contrataciones de Científicos Agrónomos de Nueva Delhi, y al Dr. Sandhya Kranthi, CICR de Nagpur, por el apoyo brindado en la ejecución del proyecto.

Para más información sobre la propuesta de proyecto y los resultados alcanzados, diríjase a <<http://www.icac.org/projects/CommonFund/BollWorm/english.html>>

Referencias

- Arif, M.I., M. Ahmad and D.A. Russell. 2004. Insecticide resistance profile from 1991-2002 for *Helicoverpa armigera* in Pakistan. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-3*, Cape Town, South Africa, March 9-13, 2003, pp 1174-1176.
- Gill, Muhammad Islam and Mushtaq Ahmed. 2005. Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* in Pakistan. *The ICAC RECORDER*, Vol. XXIII, No. 2, June 2005.
- Kranthi, K.R., D.R. Jadhav, S. Kranthi and D.A. Russell. 2005. Insecticide resistance management strategies for *Helicoverpa*. In Sharma H. C. (Ed) *Heliothis/Helicoverpa* management – Emerging trends and strategies for future research. Chap 22, pp 405-430. Oxford and IHB Publishing Co., New Delhi, pp 469.
- Kranthi, K.R. 2009. Development of simple dip-strips to detect insecticide resistant cotton bollworm. *Helicoverpa armigera* under small-scale farmer conditions. Central Institute for Cotton Research, PB No. 2, Shankarnagar PO, Nagpur 44010, India.
- Kranthi, K.R., M. Davis, C. D. Mayee, D.A. Russell, R.M. Shukla, U. Satija, M. Kshirsagar, D. Shiware and S. Kranthi. 2009. Development of a colloidal-gold based lateral-flow immunoassay kit for ‘quality-control’ assessment of pyrethroid and endosulfan formulations in a novel single strip format. *Crop Protection*, Vol. 28, Issue 5, pp 428-434.
- Regupathy, A., K. Kranthi, J. Singh, I. Iqbal, Y. Wu and D.A. Russell. 2004. Patterns and magnitude of insecticide resistance levels in India, Pakistan and China. *Proceedings of the World Cotton Research Conference-3*, Cape Town, South Africa, March 9-13, 2003, pp 1211-1219.
- Russell, Derek. 2005. Insecticides in sustainable control of the bollworm (*Helicoverpa armigera*) in small-scale cotton production systems (Report of the Project CFC/ICAC 14). *The ICAC RECORDER*, Vol. XXIII, No. 4, December 2005.
- Russell, Derek and K.R. Kranthi, Eds. 2006. Cotton bollworm control in small-scale cotton production systems. CFC Technical Paper 45. Common Fund for Commodities, Amsterdam, The Netherlands.

Aprovechamiento de los tallos del algodón en productos de valor añadido (CFC/ICAC 20)

A.J. Shaikh, Director, Instituto Central para la Investigación Tecnológica del Algodón, India

Duración: 1 de octubre de 2004 al 31 de diciembre de 2009
Países: India
Agencia ejecutora del proyecto: Instituto Central para la Investigación Tecnológica del Algodón (CIRCOT, por sus siglas en inglés), India

=====

En la mayoría de los países del mundo, la agricultura algodonera genera escasas ganancias para los productores. Los elevados costos de los insumos, la baja productividad característica de la agricultura de secano y la alta incidencia de plagas y enfermedades son las principales razones de los bajos ingresos en India y otros países semejantes. Se ha ganado conciencia acerca de que sería posible aumentar los ingresos de los productores si se aprovecharan los subproductos y desechos resultantes del cultivo del algodón.

El CIRCOT dirigió sus esfuerzos de investigación para el desarrollo de tecnologías para la fabricación de tableros de partículas y papel partiendo de los tallos del algodón, considerados en gran medida material de desecho una vez concluida la cosecha. Estudios preliminares han demostrado que la composición de los tallos del algodón es similar a la de las especies más comunes de madera dura. La tecnología de CIRCOT para la fabricación de tableros de partículas comprende triturar los tallos del algodón hasta llevarlos al tamaño de malla apropiado (1,5 cm - 2.0 cm), mezclar las astillas con urea-formaldehído o fenol-formaldehído, preparar un colchón de 3 capas (las partículas más bastas en el medio y las más finas en la capa superior e inferior), y comprimir el colchón entre las platinas calientes de una prensa hidráulica. Los tableros fabricados con esa técnica y en condiciones normalizadas de concentración de resina, presión, y temperatura, son de calidad aceptable y cumplen con las especificaciones de la Oficina de Normas de la India (BIS, por sus siglas en inglés).

Fundamentos y objetivos del proyecto

Aunque las investigaciones de CIRCOT habían corroborado la posibilidad de usar los tallos de algodón en la fabricación de tableros de partículas y madera dura, la industria no había adoptado la tecnología de CIRCOT dado que ésta se había desarrollado solo en escala de laboratorio. Por ende, resultó necesario llevar a cabo ensayos pilotos y de nivel industrial para convencer a la industria de tableros de partículas, de la conveniencia de aceptar los tallos del algodón como materia prima alterna. Resultó igualmente importante desarrollar un mecanismo para recolectar y triturar los tallos de algodón en los vastos campos y transportar las astillas a las plantas de elaboración de tableros y madera dura, y garantizar así el suministro ininterrumpido de la materia prima. Todos esos esfuerzos en última instancia proporcionarían datos para la evaluación técnico-económica de las tecnologías de CIRCOT. El proyecto CFC/ICAC 20 se concibió precisamente con ese fin. En

mayo – junio de 2003 se emprendió un estudio de factibilidad bajo el proyecto CFC/ICAC 27 con la intención de recabar asesoramiento adicional para ejecutar el proyecto CFC/ICAC 20.

A continuación figuran los seis componentes explicativos del programa técnico en virtud del proyecto CFC/ICAC 20:

Componente 1

Ensayos de análisis y optimización de los arreglos logísticos (incluidos los organizativos) requeridos para la recolección y transporte de los tallos de algodón desde los campos hasta las unidades de producción, incluido el posible establecimiento de unidades de pre-procesamiento en el nivel de campo

Componente 2

Ensayos para determinar los niveles óptimos y mínimos de limpieza y pre-procesamiento de los tallos de algodón para convertirlos en astillas adecuadas para el procesamiento, tanto en los campos como en la fábrica

Componente 3

Planta piloto de producción de tableros de partículas basados en tallos de algodón

Componente 4

Aprovechamiento de los tallos de algodón en la producción de tableros sin adhesivos

Componente 5

Evaluación de la factibilidad técnico-financiera de los procesos propuestos

Componente 6

Divulgación de los resultados del proyecto a nivel nacional e internacional

Recolección y transporte de los tallos de algodón - Componente 1

Se evaluó en India la disponibilidad de los tallos de algodón en cada estado empleando cuestionarios que se entregaban personalmente a los productores en varios centros. Se consideró conveniente utilizar un sencillo dispositivo mecánico para arrancar de raíz los tallos de algodón pero hubo que diseñar una máquina especial para limpiar los tallos. Asimismo, se elaboró una logística para la recolección y el transporte de los tallos de algodón utilizando carretas de bueyes, vagonetes tiradas por tractores y camiones. Para los ensayos de trituración



Figura 1: Logística para la recopilación, trituración y transporte de tallos de algodón

se emplearon diferentes tipos de máquina. El estudio culminó con la recomendación de un modelo para el suministro de tallos de algodón.

Ha quedado confirmado que, como promedio, una hectárea de algodón cultivado en condiciones de secano produce 1,3 toneladas de astillas de tallo limpias, mientras que una hectárea bajo riego producía 5 toneladas de astillas de tallo de algodón. Sobre la base de ese potencial productivo, se requeriría una superficie de captación de unas 6.000 ha de algodón de secano para abastecer una planta que produjera 20 toneladas de tableros de partículas al día. Idealmente, los tallos de algodón deberían transportarse en carretas de bueyes o en vagonetas tiradas por tractores desde las plantaciones de algodón hasta el centro de trituración situado dentro de un radio de 5 km de los campos. Para la trituración se consideró apropiado instalar una máquina montada sobre un tractor de 22 HP capaz de entregar 7-8 toneladas de astillas en 8 horas; la máquina estaría ubicada dentro de un radio de 50 km. El material triturado se transportaría a las fábricas de tableros de partículas en camiones que transportarían alrededor de 6 toneladas de astillas. El aprovechamiento industrial apropiado de los tallos del algodón procesados de esa forma, promete al productor un ingreso adicional de unos US\$13.0/ha (Rs indias 650/ha) en hectáreas de secano, y unos US\$ 50.0/ha (Rs. indias 2.500/ha) en plantaciones bajo riego.

Pre-procesamiento de los tallos de algodón - Componente 2

Como parte de las actividades del proyecto, se diseñó un sistema de limpieza de tallos de algodón. La máquina elimina las cáscaras de las cápsulas, las hojas, la tierra, y las fibras de los tallos de algodón. Los ensayos mostraron que la máquina es eficaz para eliminar de los tallos, partes de las plantas indeseables y tierra, y dejarlos listos para la trituración. El sistema de limpieza debería instalarse en el centro de trituración. Los desperdicios

generados por la limpieza de los tallos, luego de reducirlos a tamaño de malla no. 10, ha resultado adecuado para la conformación de briquetas de calidad estándar.

Fabricación de tableros de partículas - Componente 3

Se diseñó una planta piloto con una capacidad de producción de tableros de partículas de una tonelada por día, que incorporaba todas las características técnicas de una planta comercial; la planta piloto se estableció en el Centro de Formación en Desmotado de CIRCOT en Nagpur. Se emprendieron varios ensayos en la planta piloto para perfeccionar y ajustar la tecnología de modo que resultara aceptable de inmediato para las industrias de tableros de partículas que actualmente usan otras materias primas. La planta piloto es también útil como demostración a fin de convencer a los empresarios de los méritos de la

tecnología de CIRCOT. Luego de perfeccionada, la tecnología se desarrolló a escala comercial sometiéndola a ensayos de producción en gran escala en tres plantas de fabricación de tableros de partículas.

Los ensayos anteriores demostraron que la tecnología de CIRCOT puede emplearse en la producción comercial de tableros de partículas sin modificación alguna de la planta



Figura 2: Planta piloto del Centro de Formación en Desmotado en Nagpur, India

ni de la maquinaria. Se halló que los tableros producidos en las tres fábricas eran de buena calidad y cumplían con las especificaciones de la Oficina de Normas de la India respecto de la resistencia tensil, módulo de ruptura y propiedades de absorción de agua. Los ensayos de mezclas demostraron que los tallos del algodón se mezclaban bien con el bagazo y los tallos de la morera para producir tableros de partículas de características de calidad estándar.

Fabricación de tableros sin adhesivos - Componente 4

La tecnología de CIRCOT para la fabricación de tableros sin adhesivos entraña convertir los tallos de algodón en pulpa sometiendo las astillas al vapor a una presión de 15 kg/cm² durante dos minutos, conociéndose como "pulpeado termomecánico". La pulpa que se obtiene se esparce hasta formar un colchón, que luego se comprime entre las platinas calientes de una prensa hidráulica. Luego de un ciclo de presión de 3 pasos a una temperatura de 160°C, se obtienen tableros sin adhesivos de calidad aceptable.

El método estandarizado en el laboratorio se puso en práctica en ensayos a gran escala realizados en una planta de producción comercial de tableros de madera dura. La pulpa de tallos de algodón, pura o mezclada con pulpa de bagazo en una proporción 50:50, se usó para fabricar tableros sin adhesivos de unos 2,5 mm de espesor. Las características (módulo de ruptura y absorción de agua) de los tableros obtenidos de esa forma cumplían con las especificaciones de la Oficina de Normas de la India. También se corroboró que la adición de hasta un 10% de material proveniente de los tallos de algodón a la madera dura, confiere a los tableros la misma calidad que si hubieran sido fabricados un 100% con madera dura. Se recomienda a las plantas existentes productoras de tableros sin adhesivos a partir de madera dura y bagazo, que usen tallos de algodón como sustituto / materia prima adicional.

Factibilidad técnica de los procesos - Componente 5

La factibilidad técnico-económica de la fabricación de tableros de partículas partiendo de tallos de algodón se calculó sobre la base de datos de ensayos industriales realizados en una fábrica de tableros de partículas en Pune y otra en Mysore, India. También se hicieron las estimaciones de costo para plantas con una capacidad de producción de 10 toneladas y 20 toneladas al día, respectivamente. Se demostró que una planta capaz de producir 10 toneladas diarias con requerimientos de inversión de capital de US\$1,6 millones (Rs. 60 millones), tenía un margen de ganancia de cerca del 20% cuando se usaban tallos de algodón como materia prima. Una planta con una mayor capacidad de producción de 20 toneladas al día generaría ganancias de hasta un 33%.

Se verificó la viabilidad económica de los tallos de algodón como materia prima para la fabricación de tableros de partículas

Absorción de agua y aumento de grosor de los tableros de partículas

Materia prima %		Absorción de agua %		Hinchamiento %
Bagazo	Tallos de algodón	2 horas	24 horas	2 horas
100	0	36	73	8,3
67	33	37	77	8,7
50	50	38	77	9,3
33	67	39	76	9,3
0	100	41	78	10,1

Propiedades mecánicas de los tableros de partículas

Materia prima %		Módulo de ruptura (N/mm ²)	Resistencia a la extracción de tornillos (N)	Fuerza de adhesión internacional (N/mm ²)
Bagazo	Tallos de algodón			
100	0	16,9	1342	0,34
67	33	15,0	1325	0,34
50	50	15,4	1324	0,31
33	67	12,7	1326	0,31
0	100	12,7	1325	0,31

mediante la ejecución de un ensayo de 30 toneladas en una fábrica que en la actualidad utiliza bagazo. Se identificaron diferencias sustanciales entre los costos de producción y el precio de venta de tableros de tallos de algodón de 9 mm y 18 mm de espesor que generaban un margen de ganancia de cerca del 25%. El ensayo demostró que las fábricas que actualmente emplean bagazo podían utilizar tallos de algodón como materia prima adicional o alterna en la fabricación de tableros.

Divulgación de los resultados del proyecto - Componente 6

Conocedor de que la publicidad es esencial para la transferencia exitosa de una nueva tecnología, cuando se emplea especialmente una materia prima no convencional como los tallos de algodón, el CIRCOT sostuvo varias reuniones en diferentes centros en India. Esas reuniones tuvieron como finalidad sensibilizar a los agricultores frente a la posibilidad de emplear tallos de algodón en la fabricación de tableros de partículas y estimularlos de ese modo a organizar la recolección y la trituración de tallos, importante tarea para transferir con éxito la tecnología de CIRCOT. Resultaba igualmente importante convencer a los empresarios y a los dueños de las fábricas de tableros de partículas acerca de la factibilidad técnica y la viabilidad comercial de las tecnologías de CIRCOT para la fabricación de tableros de partículas y madera dura partiendo de los tallos del algodón.

Además de organizar seminarios y reuniones de concienciación, los científicos de CIRCOT presentaron en foros nacionales e internacionales documentos técnicos en los que se examinaban las nuevas tecnologías y los hallazgos del CFC/ICAC 20. En dichos trabajos se hizo énfasis en las ventajas de aprovechar los tallos de algodón, incluidos los beneficios económicos, sociales y ambientales que pueden derivarse de las tecnologías de CIRCOT.

Gracias al uso extensivo de los instrumentos publicitarios, se están popularizando las tecnologías para el uso de los tallos de algodón. Tarde o temprano, con toda probabilidad se establecerán en diferentes partes del país fábricas de tableros de partículas con capacidades productivas de 10 ó 20 toneladas

al día. Es probable también que muchas de las ya existentes que fabrican tableros de partículas partiendo de otros materiales, como la madera dura y el bagazo, empiecen a utilizar los tallos del algodón como materia prima alterna / adicional.

Situación post-proyecto

- *M/s. Rushil Décor Ltd.* ha instalado en el distrito Dhrangadhra Block Surendranagar de Gujarat, una planta de tableros de partículas con una capacidad productiva de 100 toneladas diarias. Su requerimiento anual de tallos de algodón es de 50.000 toneladas. En el distrito de Surendranagar, se siembra algodón únicamente, en unas 460.000 hectáreas y se estima que la disponibilidad de tallos es de 1,4 millones de toneladas. Ello indica que la disponibilidad de tallos no causa problemas. *M/s. Rushil Décor Ltd.* ha desarrollado un método nuevo de recolección y transporte basado en el estudio de CIRCOT (CFC/ICAC 20). La compañía ha seleccionado seis centros de recolección con producciones de algodón en 8.000, 10.000, 12.000, 15.000 y 25.000 hectáreas. Los tallos se compran directamente a través de instituciones comunitarias de contratantes reconocidos así como de pequeños grupos de apoyo. Ese proyecto ha generado cerca de 400.000 hombres/días de empleo al proporcionar trabajo a cerca de 1.000 agricultores y 5.000 peones.
- *M/s Godavari, planta de tableros de partículas* cerca de Nanded, Maharashtra, comenzó a usar tallos de algodón combinados con bagazo. La planta cuenta con una capacidad de 10 toneladas al día. CIRCOT supervisó las actividades de recolección y trituración durante dos temporadas y ahora la fábrica está realizando sus actividades de forma independiente.
- *M/s. Aurobindo Laminations* en Nagpur ha venido usando astillas de tallos de algodón en la fabricación de partículas y mostró su disposición de continuar empleándolos siempre y cuando algún grupo asumiera las actividades de la cadena de suministro. En 2011, un grupo de mujeres tomó la iniciativa de establecer una cadena de suministro de tallos de algodón.
- Se está construyendo una planta de tableros de partículas en Washim cerca de Akola, en Maharashtra, India, con una



Figura 4 Preparación de tableros de partículas en la planta de tableros de partículas M/s. Godavari, India



Figura 5: Planta de tableros de partículas en construcción en Washim, India

capacidad de 20 toneladas diarias. El Ministerio de Bienestar Social del gobierno de Maharashtra, aprobó un préstamo de US\$1,51 millones (Rs. 68 millones) a Tulsai Magasvargiy Audyogik Sahakari Sanstha (Tulsai Backward Industrial Co-operative Society). El trabajo de construcción del edificio ya ha comenzado y se espera que se complete el montaje de las máquinas en 2011.

• Tallos de algodón en Sirsa, Haryana

En la zona norteña de India, donde se cultiva algodón en condiciones de irrigación, los tallos de los algodóneros normalmente se cortan y se retiran del campo inmediatamente después de la cosecha. Ello es necesario dado que el tiempo con que se cuenta para preparar la tierra y sembrar el trigo es limitado. Anteriormente, no se compensaba adecuadamente a los agricultores por esa biomasa tan valiosa. En 2010, debido a la súbita escasez de otros tipos de biomasa que se destinaban a combustible, el precio de los tallos de algodón subió y por primera vez los productores llegaron a recibir hasta Rs. 8.650 (US\$192/ha) por los tallos extraídos de una hectárea. Esa situación va a continuar y los productores obtendrán beneficios de los tallos de algodón.

- Se vendieron tallos de algodón secos por valor de Rs. 2.000/ton (US\$45/ton) en Akola, Amaravati y Jalgaon y sus alrededores en 2010. Ello se debió, sobre todo, a la escasez de madera y al pequeño número de empresarios que se dirigieron a CIRCOT solicitando información acerca del mecanismo de la cadena de suministro.



Figura 3 Tableros de partículas de tallos de algodón en Rushil Décor, Ltd, India

Esfuerzos internacionales

En mayo de 2010, India envió una delegación de expertos de alto nivel a los países del C4 para que se formulara un programa cooperativo eficaz y se exploraran las oportunidades de negocios e inversiones. El Dr. S. Sreenivasan, antiguo Director de CIRCOT y quien sirvió como Director de Proyecto del CFC/ICAC 20 casi todo el tiempo, fue uno de los miembros de la delegación. Durante el viaje, el Dr. Sreenivasan destacó eficazmente los logros del proyecto patrocinado por el CFC y explicó cómo la adición de valor a los tallos de algodón redundaría en beneficio de la comunidad algodонера.

Como resultado de la visita, se elaboró un Programa de Asistencia Técnica sobre la base de la retroalimentación recibida de los delegados. Una de las posibles intervenciones propuestas por India en el sector de procesamiento y adición de valor posterior a la cosecha, es el "Uso de los tallos del algodón en actividades de adición de valor como la preparación de tableros de partículas", tecnología disponible en el CIRCOT. Esa tecnología se puede

demostrar y promover en los países del C4, lo que prepararía el camino para que los productores de algodón pudieran percibir ingresos adicionales y aprovecharan la biomasa en otros usos. Se propone una organización en el CIRCOT de un programa de formación integral para investigadores, agentes de extensión así como para otras agencias gubernamentales sobre el uso eficaz de la biomasa / subproductos generados durante el cultivo del algodón y modalidades para el desarrollo de la iniciativa empresarial en esa esfera.

Aparte de lo anterior, el Centro de Comercio Internacional de Suiza organizó una visita a India de un grupo de delegados del 14 al 27 de noviembre de 2010 en virtud de la Cooperación Sur-Sur para el desarrollo del algodón en los países africanos, a saber, Etiopía, Kenia, Malawi, Mozambique, Tanzania, Uganda, Zambia y Zimbabwe, para el fortalecimiento de las relaciones comerciales entre India y los países africanos. La delegación compuesta por unos 30 miembros visitó el CIRCOT en Mumbai, y también la planta de demostración para la fabricación de tableros de partículas en Nagpur. La delegación se mostró muy impresionada con la tecnología de CIRCOT y, entre India y los países africanos, se está preparando un programa de cooperación a través de la Cooperación Sur-Sur destinado a promover la tecnología en los países africanos.

Conclusiones

Como parte del proyecto CFC/ICAC 20, se formuló un modelo de cadena de suministro que comprendía la recolección, limpieza y trituración de tallos de algodón y su transporte a las fábricas de tableros. Se realizaron ensayos en planta piloto y también en escala industrial centrados en la fabricación de tableros de partículas y de madera dura utilizando los tallos del algodón. La factibilidad técnico-económica de fabricar tableros de tallos de algodón quedó demostrada ante la industria de los tableros, ahora convencida de su potencial. En un futuro no muy lejano, muchos fabricantes de tableros de partículas probablemente comiencen a usar los tallos de algodón como materia prima alternativa en lugar del bagazo de la caña de azúcar y la madera dura. Una vez que se popularicen los usos industriales de ese desecho agrícola, los productores podrán obtener ingresos adicionales provenientes de la venta de los tallos de algodón. El aumento de las actividades industriales, la generación de empleos y la conservación de los recursos forestales están entre los beneficios nacionales que se percibirán.

Para más información sobre la propuesta de proyecto y los resultados alcanzados, diríjase a http://www.icac.org/projects/CommonFund/20_ucbvp/english.html

Referencias

CIRCOT. Cotton Stalks: An Additional Raw Material to Board Industry. CIRCOT Leaflet No. 63. Central Institute for Research on Cotton Technology, India.

CIRCOT. Utilization of Cotton Plant By-produce for Value Added Products CFC/ICAC 20. Highlights of Achievements. Central Institute for Research on Cotton Technology, India.

CIRCOT. Book of papers presented at the International Workshop on Utilization of Cotton Plant By-produce for Value Added Products, Nagpur, India, November 9-11, 2009



Figura 6: Delegados extranjeros visitan la planta piloto de fabricación de tableros de partícula en CIRCOT

Proyectos del algodón apoyados por el Fondo Común para los Productos Básicos

(hasta diciembre de 2011)

Proyectos ordinarios:

1*	CFC/ICAC/01:	Perspectivas de la producción algodonera para el decenio de 1990
2*	CFC/ICAC/03:	Manejo integrado de plagas del algodón
3*	CFC/ICAC/04:	Manejo integrado de plagas para el picudo del algodón en Argentina, Brasil y Paraguay
4*	CFC/ICAC/07:	Caracterización genómica de los geminivirus transmitidos por la mosca blanca y desarrollo de plantas resistentes al virus mediante ingeniería genética y selección genética convencional
5*	CFC/ICAC/11:	Mejoramiento de la comerciabilidad del algodón producido en zonas afectadas por la pegajosidad
6*	CFC/ICAC/12:	Mejoramiento del sistema de comercialización y comercio del algodón en África oriental y meridional
7*	CFC/ICAC/14:	Control sostenible del gusano de la cápsula algodón, <i>Helicoverpa armigera</i> , en sistemas de producción algodonera en pequeña escala
8	CFC/ICAC/17:	Proyecto piloto sobre el manejo del riesgo de los precios para los productores de algodón
9*	CFC/ICAC/20:	Aprovechamiento de los tallos del algodonero en productos de valor añadido
10	CFC/ICAC/33:	Normalización comercial de las pruebas instrumentales en el algodón para los países en desarrollo productores de algodón en África
11	CFC/ICAC/37:	Mejoramiento de la eficiencia en la producción de algodón en los pequeños sistemas de producción en África oriental (Kenia y Mozambique) mediante una mejor integración vertical de la cadena de suministro
12	CFC/ICAC/38:	Prevención de la contaminación del algodón en rama en África occidental (Burkina Faso, Côte d'Ivoire y Mali)
13	CFC/ICAC/40:	ProCotton: Mejoramiento de la productividad y la comercialización del algodón mediante el fortalecimiento de organizaciones de productores seleccionadas en África oriental
14	CFC/ICAC/44:	Desarrollo de sistemas nacionales de clasificación del algodón en Kenia y Mozambique

Proyectos de ejecución rápida:

1*	CFC/ICAC/16FT:	Manejo de la resistencia de <i>Helicoverpa armigera</i> a los piretroides en África occidental (encuesta)
2*	CFC/ICAC/19FT:	Manejo del riesgo de los precios en el algodón — Estudio de consultoría
3*	CFC/ICAC/21FT:	Investigación sobre incidencia, epidemiología y dinámica poblacional de las enfermedades del algodón en las regiones meridional y oriental de África
4*	CFC/ICAC/23FT:	Datos sobre el algodón (<i>Cotton Facts</i>)
5*	CFC/ICAC/25FT:	Producción algodonera sostenible en África occidental
6*	CFC/ICAC/27FT:	Tallos del algodonero – estudio
7*	CFC/ICAC/30FT:	Preparativos para la normalización comercial de las pruebas instrumentales
8*	CFC/ICAC/32FT:	Producción y comercialización del algodón no-contaminado en Mali
9*	CFC/ICAC/34FT:	Consulta regional sobre algodón modificado por ingeniería genética para la evaluación del riesgo y las oportunidades para los pequeños productores de algodón
10*	CFC/ICAC/36FT:	Técnicas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para la sostenibilidad de los pequeños productores de algodón en el cono sur de Sudamérica con un proyecto piloto para 400 pequeños agricultores en Formosa, Argentina
11	CFC/CFC/27FT:	Desarrollo de estrategias de manejo del riesgo para los productores de algodón en Mozambique
12*	CFC/CFC/29FT:	Reunión Panafricana sobre el Algodón, 2011, Cotonú, Benin

Nota: Los proyectos marcados con (*) están completos en el orden operacional. Cuando en el texto se hace mención de los informes técnicos finales, dichos documentos pueden encontrarse en el sitio *web* del CCIA: <www.CCIA.org>, o próximamente en el sitio *web* del CFC: <www.common-fund.org>.

Proyectos ordinarios

El Comité Consultivo Internacional del Algodón (CCIA) es reconocido como Órgano Internacional de Productos Básicos para el algodón ante el Fondo Común para los Productos Básicos (CFC). El CCIA presentó 24 de los 26 proyectos para al algodón al CFC. Las únicas excepciones fueron el CFC/CFC/27 y el CFC/CFC/29, que fueron iniciados por el CFC y ejecutados, respectivamente, por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD). Para más información sobre cualquiera del proyecto diríjase a: <http://www.icac.org/projects/CommonFund/english_projects.html>.

CFC/ICAC/01: Perspectivas de la producción aldonera para el decenio de 1990

Agencia ejecutora del proyecto:	Banco Mundial
Costo del proyecto:	US\$1,182.405
Donación del Fondo Común:	US\$529.619
Contribución de la contraparte:	US\$652.786

El proyecto examinó los problemas estratégicos que encaraban los productores de algodón. El estudio se emprendió en Brasil, China, India, Mali, México, Pakistán, Tanzania y Uzbekistán, y abarcó desde 1993 hasta 1995. Para más detalles, visite <http://www.icac.org/projects/CommonFund/english_projects.html> o refiérase al Documento Técnico No. 287 del Banco Mundial.

CFC/ICAC/03: Manejo integrado de plagas del algodón

Agencia ejecutora del proyecto:	Junta Israelí de Producción y Comercialización del Algodón
Costo del proyecto:	US\$5,390.270
Donación del Fondo Común:	US\$3,074.620
Contribución de la contraparte:	US\$2,315.650

El proyecto elevó los ingresos de los productores mediante el mejoramiento de los rendimientos y la calidad del algodón. Al disminuir la cantidad de algodón pegajoso, se redujo el costo de procesamiento en que incurrieron las industrias textiles; además, se protegió a los productores y al medio ambiente contra la contaminación por insecticidas. Los resultados del proyecto se publicaron en los Documentos Técnicos del Banco Mundial No. 10 y 11, disponibles en inglés y francés.

CFC/ICAC/04: Manejo integrado de plagas para el picudo del algodón en Argentina, Brasil y Paraguay

Agencia ejecutora del proyecto:	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Vegetal Agroalimentaria (SENASA), Argentina
Costo del proyecto:	US\$8,213.170
Donación del Fondo Común:	US\$1,971.280
Contribución de la contraparte:	US\$6,241.890

El proyecto tuvo como objetivo desarrollar un sistema de manejo del picudo de bajo costo, socialmente aceptable e inocuo para el medio ambiente. El proyecto generó conocimientos científicos y prácticos sobre la presencia y el comportamiento del picudo. Se emprendieron experimentos y actividades de formación con la participación de capacitadores y agentes de extensión, directamente junto con los productores. Se celebraron talleres internacionales y se publicaron las actas correspondientes. En junio de 2001, en Fortaleza, Brasil, se realizó un taller final. El informe técnico final se publicó (en inglés y español) en 2002 como Documento Técnico del CFC No. 16.

CFC/ICAC/07: Caracterización genómica de los geminivirus transmitidos por la mosca blanca y desarrollo de plantas resistentes al virus mediante ingeniería genética y selección genética convencional

Agencia ejecutora del proyecto:	Instituto Nacional de Biotecnología e Ingeniería Genética, Pakistán
Costo del proyecto:	US\$3,926.518
Donación del Fondo Común:	US\$1,549.770
Contribución de la contraparte:	US\$2,376.748

El objetivo del proyecto consistió en minimizar las pérdidas sufridas por los productores de algodón causadas por la enfermedad del virus de la rizada de la hoja transmitida por la mosca blanca. El proyecto constó de tres componentes principales: caracterización de los geminivirus del algodón, desarrollo de sistemas de transformación *in vitro* para el algodón, y desarrollo de genotipos de algodón resistentes a los geminivirus. El proyecto produjo una amplia gama de literatura científica. Los resultados del proyecto se presentaron en una conferencia internacional celebrada en Dubai en septiembre de 2003. Para más detalles diríjase al Documento Técnico del CFC No. 22.

CFC/ICAC/11: Mejoramiento de la comerciabilidad del algodón producido en zonas afectadas por la pegajosidad

Agencia ejecutora del proyecto:	Compañía Algodonera de Sudán (SCC)
Costo del proyecto:	US\$2,059.988
Donación del Fondo Común:	US\$1,101.093
Contribuciones de las contrapartes:	
SCC	US\$310.298
Corp. de Investigación Agrícola	US\$67.499
CIRAD	US\$358.787
Instituto Textil de Francia	US\$207.026
CCIA	US\$15.285

El proyecto, con sedes en Sudán y Francia, se diseñó con el fin de prevenir y resolver el problema del algodón pegajoso. El proyecto sentó métodos confiables y aceptables para determinar el nivel de pegajosidad, con lo que ayudó a frenar la práctica de aplicar descuentos indiscriminados a los precios del algodón sudanés. El informe técnico final del proyecto se publicó como Documento Técnico del CFC No. 17. Las actas del taller final así como un informe técnico detallado están disponibles en el sitio web del CCIA.

CFC/ICAC/12: Mejoramiento del sistema de comercialización y comercio del algodón en África oriental y meridional

Agencia ejecutora del proyecto:	Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS)
Costo del proyecto:	US\$11,084.305
Donación del Fondo Común:	US\$3,609.586
Préstamo del Fondo Común:	US\$5,717.250
Contribuciones de las contrapartes:	
Uganda	US\$729.519
Tanzania	US\$382.200
Cofinanciación:	
Bancos locales	US\$630.000
CCIA	US\$15.750

El objetivo central del proyecto consistió en establecer un sistema de comercialización transparente y eficiente en el marco de un mercado liberalizado y aumentar los ingresos provenientes de la producción y la comercialización. Entre los principales logros del proyecto se incluyen:

- Adopción del Recibo de Almacén como documento de título (legislación) en Uganda y Tanzania, con lo que se aseguran los intereses de los prestamistas y otros terceros a quienes se transfieren los recibos.
- Desarrollo de un sistema de información sobre el mercado que garantiza la divulgación oportuna de informaciones confiables (se ha institucionalizado en Tanzania).
- Implementación del sistema de recibos de almacén (WRS, por sus siglas en inglés) en las operaciones de préstamos en el sector algodonero, incluida la evaluación del sistema en dos proyectos-pilotos con la participación de la Unión Cooperativa de Nyakatonzi como desmotador/operador de almacén. Los productores participantes obtuvieron ingresos significativamente superiores por su algodón en rama.

CFC/ICAC/14: Control sostenible del gusano de la cápsula del algodón, *Helicoverpa armigera*, en sistemas de producción algodonera en pequeña escala

Agencia ejecutora del proyecto:	Sociedad Internacional de Recursos Naturales, Reino Unido
Costo del proyecto:	US\$4,493.445
Donación del Fondo Común:	US\$2,258.503
Cofinanciación:	US\$1,087.594
Contribución de la contraparte:	US\$1,147.348

El objetivo general del proyecto fue resolver el problema de la resistencia a los insecticidas y elaborar prácticas para hacer que el control del gusano de la cápsula del algodón fuera rentable y sostenible. Se celebraron tres talleres nacionales, cada uno en un país asiático. En África occidental los resultados se presentaron en un taller organizado conjuntamente con CIRAD, Francia. Aparte de la amplia gama de publicaciones científicas, el proyecto también publicó un manual acerca de *Monitoreo, mecanismos y manejo de la resistencia a los insecticidas*. Una publicación final titulada *Manual sobre el control del gusano de la cápsula del algodón* apareció como resultado final del proyecto (Documento Técnico del CFC No. 45).

CFC/ICAC/17: Proyecto piloto sobre el manejo del riesgo de los precios para los productores de algodón

Agencia ejecutora del proyecto:	---
Costo del proyecto:	US\$1,698.501
Donación del Fondo Común:	US\$1,514.751
Cofinanciación:	US\$183.750

El objetivo general del proyecto fue reducir la exposición de los pequeños productores de algodón a las fluctuaciones a corto plazo en los precios de los mercados mundiales. El proyecto se diseñó para comprobar la factibilidad de que grupos de productores en los países en desarrollo algodóneros emplearan diversos instrumentos para el manejo de los precios. Una de las condiciones clave debía ser que los instrumentos estuvieran basados en el mercado y funcionaran sin subsidios. El proyecto no ha entrado en operación. Luego de varios intentos por hallar arreglos eficaces de implementación, el proyecto fue suspendido y remitido al CCIA para su reformulación.

CFC/ICAC/20: Aprovechamiento de los tallos del algodón en productos de valor añadido

Agencia ejecutora del proyecto:	Instituto Central de Investigación sobre Tecnología del Algodón (CIRCOT), India
Costo del proyecto:	US\$2,190.486
Donación del Fondo Común:	US\$918.886
Contribución de la contraparte:	US\$1,271.600

El proyecto se centró en el uso de los tallos del algodón para la fabricación de tableros de partículas y tableros sin adhesivos. El proyecto se completó y su divulgación internacional definitiva se realizó en noviembre de 2009. El informe técnico final integral se publicó como Documento Técnico del CFC No. 58.

CFC/ICAC/33: Normalización comercial de las pruebas instrumentales en el algodón para los países en desarrollo productores de algodón en África

Agencia ejecutora del proyecto:	Faserinstitut Bremen e.V., Alemania
Costo del proyecto:	US\$7,788.052
Donación del Fondo Común:	US\$2,034.697
Cofinanciación:	US\$3,000.000 (Unión Europea)
Contribución de la contraparte:	US\$2,753.355

El objetivo fundamental del proyecto consistió en fortalecer la integridad del comercio del algodón mediante el establecimiento de un sistema confiable de clasificación del algodón basado en datos obtenidos mediante IAV. El proyecto entró en operación en diciembre de 2007 y concluirá en marzo de 2012. Las "rondas de ensayos" normales programadas (para revisar la calidad y congruencia de los resultados de las pruebas provenientes de los laboratorios algodóneros) siguen realizándose cuatro veces al año. Los dos Centros Técnicos Regionales se establecieron en Mali y Tanzania. Están en curso las investigaciones técnicas destinadas a facilitar / fortalecer las operaciones de los centros de prueba regionales; ya se han iniciado las consultas a nivel regional para garantizar la sostenibilidad de los dos centros. La reunión final de divulgación se celebrará a mediados de enero de 2012. Se dispone de información actualizada en el sitio *web* del proyecto: <www.csitc.org>. Las actas finales del taller y el Informe Técnico del CFC se podrán acceder en la página *web* del CCIA desde mediados de 2012.

CFC/ICAC/37: Mejoramiento de la eficiencia en la producción de algodón en los pequeños sistemas de producción en África oriental (Kenia y Mozambique) mediante una mejor integración vertical de la cadena de suministro

Agencia ejecutora del proyecto:	CABI Africa
Costo del proyecto:	US\$2,527.700
Donación del Fondo Común:	US\$535.320
Cofinanciación:	US\$1,000.000 (Unión Europea)
Contribución de la contraparte:	US\$992.380

El proyecto se propuso aumentar las ganancias y la competitividad de los minifundistas productores de algodón y hacer de la producción algodónera un negocio atractivo. El proyecto desarrollará un sistema integrado de manejo del cultivo que resulte en una producción de algodón mucho más sostenible. El proyecto, aprobado en octubre de 2009, está en plena operación y cuenta con la activa participación de los cultivadores de algodón de ambos países. Se han preparado planes de formación y se han creado escuelas de productores en el terreno en los dos países. Se han emprendido estudios de línea de base para medir el progreso. El proyecto está en estos momentos en su segundo año y los resultados iniciales son promisorios.

CFC/ICAC/38: Prevención de la contaminación del algodón en rama en África occidental (Burkina Faso, Côte d'Ivoire y Mali)

Agencia ejecutora del proyecto:	Centro Internacional de Desarrollo de Fertilizantes, IFDC-Africa occidental
Costo del proyecto:	US\$7,000.000
Donación del Fondo Común:	US\$2,000.000
Cofinanciación:	US\$3,500.000 (Unión Europea)
Contribución de la contraparte:	US\$1,500.000

El proyecto aspira a producir algodón con la menor contaminación posible y hacer que los productores reciban precios más elevados. Una vez que el sistema haya ganado credibilidad, se espera que los ingresos de los productores aumenten entre un 5% y un 10% más de lo que ingresan ahora. El proyecto estará dirigido a cooperativas de productores con un total de unos 27.000 productores, así como compañías algodoneras, con el propósito de que se reduzca la contaminación en 100.000 toneladas de algodón en rama durante un período de 3 años. El CFC aprobó el proyecto en octubre de 2009. Luego de completar la documentación oficial de rigor y las consultas internas requeridas en el país sobre las estructuras de participación y de apoyo necesarias, el proyecto despegó a mediados de 2010. Se desarrollaron programas de formación para el personal de extensión y para los grupos de productores directamente involucrados; los cursos ya se están impartiendo. Los resultados iniciales de la primera cosecha parecen prometedores pero todavía hay que esperar el análisis final de la calidad de la cosecha y la formación de precios correspondiente. En vista al aumento en la demanda, las actividades en Burkina Faso y Mali se han expandido hasta incluir más productores que los que de inicio se previeron.

CFC/ICAC/40: ProCotton: Mejoramiento de la productividad y la comercialización del algodón mediante el fortalecimiento de organizaciones de productores seleccionadas en África oriental

Agencia ejecutora del proyecto:	Solidaridad, Países Bajos
Costo del proyecto:	US\$840.000
Donación del Fondo Común:	US\$500.000
Contribución de la contraparte:	US\$340.000

El proyecto tiene como finalidad proporcionar una gran variedad de servicios a organizaciones de productores seleccionadas, y de ese modo elevar los ingresos de los productores de manera eficiente y sostenible. Sobre la base de las autoevaluaciones (de ser necesario con apoyo de conocimientos expertos del proyecto), las organizaciones de productores pueden solicitar apoyo al proyecto en cinco esferas: asistencia técnica (centrándose en prácticas agronómicas); acceso a financiación; acceso a mercados; fomento de capacidad, y diversificación / adición de valor. El proyecto actual es una actividad piloto encaminada a evaluar las perspectivas del empleo de ese enfoque para lograr acceso efectivo a las organizaciones de productores en el sector algodonero africano y prestarles apoyo práctico aprovechando las experiencias positivas con otros productos básicos en otras regiones. El CFC aprobó el proyecto en abril de 2011. El proyecto tuvo un comienzo feliz en los dos países, Tanzania y Zambia, en octubre de 2011.

CFC/ICAC/44: Desarrollo de sistemas nacionales de clasificación del algodón en Kenia y Mozambique

Agencia ejecutora del proyecto:	Sociedad de Servicios de Inspección Wakefield, Tanzania
Costo del proyecto:	US\$3,110.000
Donación del Fondo Común:	US\$1,160.000
Contribución de la contraparte:	US\$1,950.000

Basándose en los datos obtenidos mediante IAV, el proyecto implantará estructuras de clasificación nacionales y sistemas de comercialización. Basándose en los compromisos gubernamentales confirmados, prácticos y visibles, se espera que para cuando finalice el proyecto, el 100% de los cultivos de cada país esté cubierto por un sistema de clasificación del algodón eficaz y operacional basado en instrumentos y que desarrolle mayores habilidades en los productores para determinar el valor de sus productos agrícolas. El CFC aprobó el proyecto en septiembre de 2011. Se prevé la puesta en marcha efectiva en ambos países para el primer trimestre de 2012.

Proyectos de ejecución rápida ("Fast Track")

CFC/CCIA16FT: Manejo de la resistencia de *Helicoverpa armigera* a los piretroides en África occidental (encuesta)

Agencia ejecutora del proyecto:	Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INERA), Burkina Faso
Costo del proyecto:	US\$30.000
Donación del Fondo Común:	US\$30.000

El proyecto regional fue diseñado para valorar el estado de la resistencia de *Helicoverpa armigera* a los insecticidas y estudiar las técnicas de control para diseñar una estrategia económicamente factible. Los análisis se realizaron sirviéndose de las encuestas nacionales, de otras informaciones existentes y nuevas, así como de los resultados discutidos en un taller regional celebrado en Ouagadougou en noviembre de 2001.

CFC/ICAC/19FT: Manejo del riesgo de los precios en el algodón - estudio de consultoría

Agencia ejecutora del proyecto:	Grupo CPM, Nueva York, Estados Unidos
Costo del proyecto:	US\$60.000
Donación del Fondo Común:	US\$60.000

El objetivo del estudio fue la preparación de un marco destinado a evaluar las condiciones necesarias para la implementación exitosa de los instrumentos de manejo del riesgo de los precios. El estudio del algodón se hizo oficial a principios de 2002. Los hallazgos de ese estudio se han tomado en cuenta en el diseño final del proyecto principal CFC/ICAC/17.

CFC/ICAC/21FT: Investigación sobre incidencia, epidemiología y dinámica poblacional de las enfermedades del algodón en las regiones meridional y oriental de África

Agencia ejecutora del proyecto:	Foro Algodonero de África Austral y Oriental (SEACF)
Costo del proyecto:	US\$70.000
Donación del Fondo Común:	US\$57.500
Contribución de la contraparte:	US\$12.500

El proyecto tuvo como fin acopiar información práctica acerca del estado del conocimiento de las principales enfermedades del algodón en la región (e.g., brazo negro, marchitez por *Fusarium* y por *Verticillium*, y mancha foliar por *Alternaria*) y su impacto. Se celebró un taller en Kampala el 10 y el 11 de septiembre de 2002 para discutir los resultados de los hallazgos.

CFC/ICAC/23FT: Datos sobre el algodón (*Cotton Facts*)

Agencia ejecutora del proyecto:	Comité Consultivo Internacional del Algodón (CCIA), Washington DC, Estados Unidos
Costo del proyecto:	US\$40.000
Donación del Fondo Común:	US\$20.000
Contribución de la contraparte:	US\$20.000

El objetivo del proyecto fue producir un libro titulado *Cotton Facts (Datos sobre el algodón)*. Manual amplio y fácil de leer con información fundamental, común y específica acerca del algodón y de todos los aspectos de su producción, comercialización y uso. El personal del CCIA preparó y publicó *Cotton Facts* en marzo de 2004 (Documento Técnico del CFC No. 25). La publicación está disponible y se puede adquirir en la siguiente dirección <publications@icac.org>.

CFC/ICAC/25FT: Producción algodонера sostenible en África occidental

Agencia ejecutora del proyecto:	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD)
Costo del proyecto:	US\$180.000
Donación del Fondo Común:	US\$75.000
Contribución de la contraparte:	US\$105.000

El proyecto se diseñó para proporcionar un análisis exhaustivo de la situación de los sistemas actuales de producción de algodón en la región. Se ordenó un estudio de consultoría y el informe del consultor se discutió en un taller regional. El informe aparece publicado como Documento Técnico del CFC No. 41.

CFC/ICAC/27FT: Tallos del algodónero - Estudio

Agencia ejecutora del proyecto:	Instituto Central de Investigación sobre la Tecnología del Algodón (CIRCOT), India
Costo del proyecto:	US\$120.000
Donación del Fondo Común:	US\$120.000

El proyecto se diseñó para proporcionar información práctica sobre la disponibilidad de tallos del algodónero que puedan ser acopiados y procesados como materia prima para la producción de "tableros de tallos del algodón" como se prevé en el proyecto principal CFC/ICAC/20.

CFC/ICAC/30FT: Preparativos para la normalización comercial de las pruebas instrumentales del algodón en los países en desarrollo algodóneros en África

Agencia ejecutora del proyecto:	Faserinstitut Bremen e.V., Alemania
Costo del proyecto:	US\$142.415
Donación del Fondo Común:	US\$101.138
Contribución de la contraparte:	US\$41.277

Este proyecto de rápida ejecución tuvo un objetivo doble: facilitar las consultas en curso encaminadas a identificar los elementos fundamentales / requisitos de un sistema mundial de control de la calidad basado en las pruebas instrumentales del algodón, y definir los parámetros que determinarían la vinculación y la participación efectiva de los países africanos productores de algodón en dicho sistema mundial. El proyecto condujo a la formulación de un proyecto a escala completa: CFC/ICAC/33.

CFC/ICAC/32FT: Producción y comercialización del algodón no-contaminado en Mali

Agencia ejecutora del proyecto:	Instituto de Economía Rural (IER), Mali
Costo del proyecto:	US\$90.000
Donación del Fondo Común:	US\$50.000
Contribución de la contraparte:	US\$40.000

El proyecto se diseñó para evaluar el grado de severidad y las causas de la contaminación del algodón en rama y determinar el peso relativo de esa contaminación en la cadena general de producción / valor del algodón, en especial, su impacto sobre la capacidad de generar ingresos para los pequeños productores de algodón. Se preparó un informe final técnico en marzo de 2008 que incluyó recomendaciones sobre un posible enfoque estructural a fin de combatir la contaminación en su origen. De ese estudio emergió un proyecto ordinario: el CFC/ICAC/38.

CFC/ICAC/34FT: Consulta regional sobre algodón modificado por ingeniería genética para la evaluación del riesgo y las oportunidades para los pequeños productores de algodón

Agencia ejecutora del proyecto:	Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agro- Biotec (ISAAA)
Costo del proyecto:	US\$160.000
Donación del Fondo Común:	US\$120.000
Contribución de la contraparte:	US\$40.000

El proyecto fue creado para intercambiar información científica y experiencias prácticas vinculadas con las ventajas y desventajas de la introducción del algodón genéticamente modificado. Los debates se centraron en las experiencias asiáticas con énfasis en los intereses (y la participación) de los estados de África oriental. Las actas de la consulta (celebrada en Faisalabad, Pakistán) aparecen publicadas como Documento Técnico del CFC No. 53.

CFC/ICAC/36FT: Técnicas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para la sostenibilidad de los pequeños productores de algodón del cono sur de Sudamérica con un proyecto piloto para 400 pequeños agricultores en Formosa, Argentina

Agencia ejecutora del proyecto:	Ministerio de Producción, Formosa, Argentina
Costo del proyecto:	US\$369.200
Donación del Fondo Común:	US\$120.000
Contribución de la contraparte:	US\$249.200

El proyecto tuvo como finalidad demostrar que el uso racional de las aplicaciones de insecticidas con el apoyo de una red eficiente de trampas, es capaz de controlar el picudo hasta el punto de hacer que la producción de algodón sea económicamente factible. El proyecto se completó en 2008 y se publicó un informe técnico final pormenorizado para su uso en el programa nacional argentino de lucha contra el picudo, así como en la coordinación regional de esos esfuerzos.

CFC/CFC/27FT: Desarrollo de estrategias de manejo del riesgo para los productores de algodón en Mozambique

Agencia ejecutora del proyecto:	Organización para la Agricultura y la Alimentación
Costo del proyecto:	US\$146.000
Donación del Fondo Común:	US\$120.000
Contribución de la contraparte:	US\$26.000

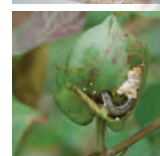
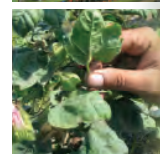
El problema de los riesgos que corren los productores de productos básicos a causa de las inclemencias del tiempo y las altas y bajas del mercado (precios), está ganando reconocimiento como uno de los elementos más importantes de la “maldición de los recursos.” El proyecto propuesto identifica un mecanismo, basado en el ejemplo de los pequeños productores de algodón, en el que se desvían recursos de la producción generadora de ingresos hacia la producción de subsistencia como medio para mitigar los riesgos implícitos en los cultivos comerciales. El proyecto evaluará la factibilidad de los instrumentos de mitigación del riesgo financiero sobre la base de las operaciones ya existentes de una institución local de micro-financiación. En la actualidad se están haciendo los estudios basales y las reuniones de las partes interesadas están programadas para más adelante en el año 2011.

CFC/CFC/29FT: Reunión Panafricana sobre el Algodón, 2011, Cotonú, Benin

Agencia ejecutora del proyecto:	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD)
Costo del proyecto:	US\$227.000
Donación del Fondo Común:	US\$120.000
Cofinanciación:	€100.000 (Unión Europea /ACP)
Contribución de la contraparte:	US\$26.000

El proyecto facilitó la organización de todas las partes participantes en el sector algodonero en Africa con la finalidad de lanzar el proceso de elaboración de una hoja de ruta a largo plazo de cara al futuro. La reunión se celebró del 27 al 29 de junio de 2011. Sobre la base de las extensas consultas sostenidas durante la reunión, UNCTAD, en consulta con los principales representantes del sector algodonero, ha diseñado un proyecto de hoja de ruta. La versión definitiva de la hoja de ruta se publicará a principios de 2012.

XXXXXX



International Cotton Advisory Committee (ICAC), 1629 K Street, NW, Suite 702,
Washington DC 20006, USA
Telephone +1-202-4636660
Fax + 1-202-4636950
secretariat@icac.org
www.icac.org



Common Fund for Commodities (CFC), P.O. Box 74656, 1070 BR
Amsterdam, The Netherlands
Telephone: +31-20-5754949
Fax: +31-20-6760231
managing.director@common-fund.org
www.common-fund.org



International Year of Natural Fibres
The United Nations declared 2009 the International Year of Natural Fibres
Fax +39-06-57054495
IYNF-2009@fao.org
www.naturalfibres2009.org/