PN-ACT-557

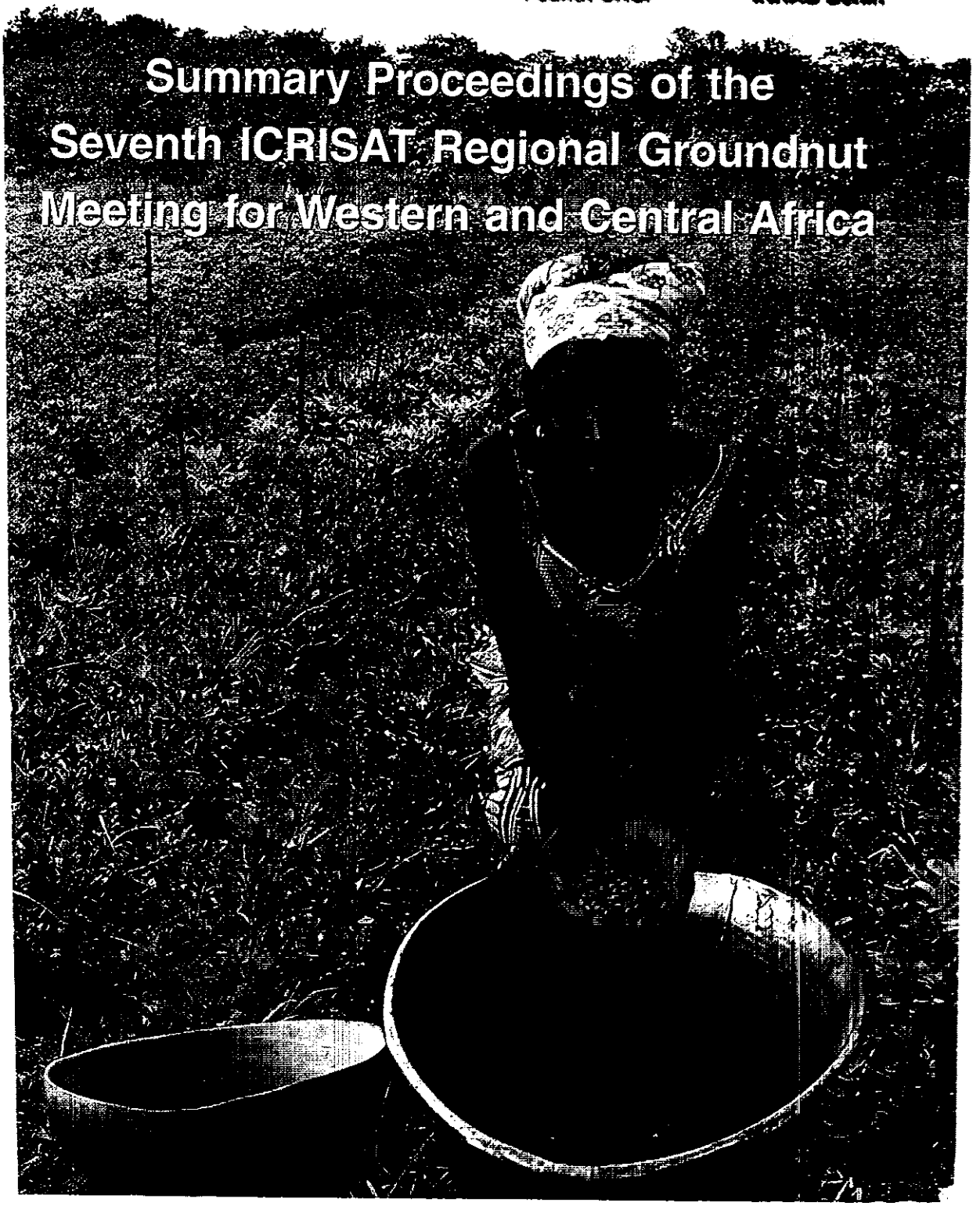
ICRISAT

CORAF

Peanut CRSP

INRAB Benin

Summary Proceedings of the Seventh ICRISAT Regional Groundnut Meeting for Western and Central Africa



Citation: Waliyar, F., and Adomou, M. (eds.). 2002. Summary proceedings of the Seventh ICRISAT Regional Groundnut Meeting for Western and Central Africa, 6–8 December 2000, Cotonou, Benin. (In En, Fr. Summaries in En, Fr.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 204 pp. ISBN 92-9066-450-9. Order code CPE/F 142.

Abstract

Researchers from 13 countries in West and Central Africa (Benin, Burkina Faso, Cameroon, Ghana, Mali, Mauritania, Nigeria, Senegal, and Togo), France, India, USA, and UK attended the Seventh ICRISAT Regional Groundnut Meeting, 6–8 Dec 2000 at Cotonou, Benin. Representatives from regional and international institutions as well as from non-governmental organizations and local farmers' associations also participated. The meeting was jointly organized by ICRISAT and INRAB, Benin, with support from Peanut CRSP, CORAF, and Sasakawa-Global 2000.

The main theme of the meeting was the "Aflatoxin research in WCA" and its objectives were to take stock of achievements in groundnut research and development in the region, enable participants to discuss constraints to groundnut production and the means to overcome them, identify future needs and facilitate collaboration between national, regional, and international partners. One of the sessions of the workshop also served as the third official meeting of the Aflatoxin Working Group that was created in 1994. The recommendations of this Working Group and those of the meeting as well as 27 papers that were presented are included in these proceedings.

The opinions in this publication are those of authors and not necessarily those of ICRISAT. The designations employed and the presentations of the material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ICRISAT concerning the legal status of any country, territory, city, or area, or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Where trade names are used this does not constitute endorsement of or discrimination against any product by the Institute.

B

PN-ACT 551

Summary Proceedings of the Seventh ICRISAT Regional Groundnut Meeting for Western and Central Africa

6–8 December 2000
Cotonou, Benin

Editors

Farid Waliyar and Moustapha Adomou

ICRISAT
International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India

2002

Sponsors

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Peanut Collaborative Research Support Program (Peanut CRSP)

Conférence des responsables de la recherche agronomique africains (CORAF)

Sasakawa-Global 2000 (SG 2000)

Organizing Committee

ICRISAT: F Waliyar, B R Ntare, Bintou Keita, A Traoré, and Boubakary Cissé

INRAB: J Detongnon, M Adomou, G Agbahunga, Henriette Hodonou Gotoechan, Calixte Houndonougbo, Antoine Affokpon, and Roger Degbessou

Acknowledgements

We are grateful to ICRISAT Management for supporting the organization of 7th ICRISAT Regional Groundnut Meeting for Western and Central Africa. Without their support this Workshop would not have been so successful.

We would like to thank all the donors – CORAF, Peanut CRSP, Sassakawa Global 2000, and INRAB for their financial support for organizing this workshop.

We would like to thank IITA, particularly Dr Peter Neuenschwander for all the support provided during the Workshop. We would also like to thank all the members of the organizing committee of ICRISAT and INRAB.

About ICRISAT

The semi-arid tropics (SAT) encompasses parts of 48 developing countries including most of India, parts of southeast Asia, a swathe across sub-Saharan Africa, much of southern and eastern Africa, and parts of Latin America. Many of these countries are among the poorest in the world. Approximately one-sixth of the world's population lives in the SAT, which is typified by unpredictable weather, limited and erratic rainfall, and nutrient-poor soils.

ICRISAT's mandate crops are sorghum, pearl millet, finger millet, chickpea, pigeonpea, and groundnut; these six crops are vital to life for the ever-increasing populations of the SAT. ICRISAT's mission is to conduct research that can lead to enhanced sustainable production of these crops and to improved management of the limited natural resources of the SAT. ICRISAT communicates information on technologies as they are developed through workshops, networks, training, library services, and publishing.

ICRISAT was established in 1972. It is one of 16 nonprofit, research and training centers funded through the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). The CGIAR is an informal association of approximately 50 public and private sector donors; it is cosponsored by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the United Nations Development Programme (UNDP), the United Nations Environment Programme (UNEP), and the World Bank.

Contents

Opening Session

Opening Speech 3
M Cosme Akpodji

Opening Remarks 5
F Waliyar

Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP) 7

Welcome Address 8
J Detongnon

Session 1: Agronomy

Performance of Groundnut Genotypes Introduced into Western Mali 11
Kodio Ondié

Influence of Pre-emergence Weeding and Depth of Sowing on the Emergence of Groundnut under Drought 13
M Sene

On-farm Agronomic Evaluation of CRSP Groundnut Varieties in Burkina Faso 15
Zagre Bertin and Sankara Philippe

Performance of the New ICRISAT Groundnut Lines in Togo 16
N Bitignime

Groundnut Farming in Mauritania 17
Sidi-R'Chid

Evaluation of a Group of Confectionery Groundnuts for Yield and Adaptability in Northern Cameroon 18
Thomas Mekontchou, Timothé, and T Schilling

Groundnut Production in Sierra Leone: Problems and Research Needs 19
M T Moseray

Session 2: Breeding

Genetics of Earliness as Measured by Days to First Flower in Groundnut 23
Zagre Bertin, Fanja Mondeil, and Didicr Balma

Breeding Groundnut for Resistance to Preharvest Aflatoxin Contamination 24
C Corley Holbrook, David M Wilson, and Michael E Matheron

Selection Technique for Fresh Seed Dormancy in Short-duration Varieties of Groundnut 27
Ousmane Ndoye and Charles E Simpson

Genetic Enhancement for Resistance to Aflatoxin Contamination in Groundnut 29
H D Upadhyaya, S N Nigam, and R P Thakur

Session 3: Pathology/Entomology

Progress in Combating Groundnut Rosette Disease in West and Central Africa: An Overview 39
B R Ntare, P E Olorunju, and F Waliyar

Simulating Yield of Groundnut as Affected by Leaf Spot Disease in Northern Benin 42
M Adomou, P V Vara Prasad, K J Boote, J Detongnon, and A O Sanni

Susceptibility of Groundnut Genotypes to Termite Attack and Fungal Infections 44
V C Umeh, F Waliyar, and A Traoré

Managing Groundnut Leaf Diseases in Northern Ghana with Fungicides, Neem Seed Extract, and Local Soap 46
F K Tsigbey, J E Bailey, and S K Nutsugah

Evaluation of Groundnut Rosette Resistant Varieties and Impact on Farmers' Livelihoods in the Teso System of Uganda 47
F M Kimmins, C Busolo-Bulafo, P van der Merwe, R A Naidu, and P Subrahmanyam

Soil Pests of Groundnut with Reference to Termites and their Role in Aflatoxin Contamination: A Review and Perspective for Future Research 49
O Youm, F Waliyar, V Umeh, M Yacouba, and B Ntare

Session 4: Aflatoxin

Management of Groundnut Contamination by Aflatoxin 53
F Waliyar, A Traoré, and R Tabo

Postharvest Control of Aflatoxin as Applied to African Confectionery Groundnut Sector 55
R Schilling

Molecular Strategy for Groundnut Preharvest Aflatoxin Elimination: Recent Advances and Future Prospects 57
Danièle Clavel

Methods for Aflatoxin Detection in Research 60
David M Wilson

Session 5: General

West Africa and Groundnuts in the Millennium: A Peanut CRSP Perspective 65
J H Williams

Development of High Protein Weaning Food by Extrusion Cooking Using Groundnut, Maize, and Soybean 67
W A Plahar, C K Gyato, and B Onuma Okezie

Nutritional Quality and Storage Stability of Extruded Weaning Food Based on Groundnut, Maize, and Soybean 68
W A Plahar, N T Annan, and B Onuma Okezie

Elements for a Reinforcement Project of Groundnut Seed Production in West and Central Africa 69
R Schilling

Groundnut Germplasm Project (GGP) 72

Groundnut Germplasm Project for West Africa: A Framework for a Follow-up 73
B R Ntare, A Mayeux, and J Ndjeunga

Closing Session

Closing Remarks 81
G Agbahunga

Recommendations

Recommendations 85

Participants 86

Opening Session

Opening Speech

M Cosme Akpodji[1]

Representative of the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Director General of Programme d'Appui à la Recherche Collaborative sur l'Arachide, Director of the Groundnut Germplasm Project, Members of the Cabinet, distinguished guests, ladies and gentlemen!

It is a real pleasure for me today December 6, 2000 to open the Seventh Regional Workshop on Groundnut in West and Central Africa.

First of all, I would like to wish a warm welcome in Benin to all of you, scientists from US universities, CIRAD (France), India, CORAF, and national agricultural research system of our sub-region.

I would also like to thank you for choosing Benin to host this meeting that is of great scientific scope.

This is an opportunity for me to address my sincere thanks to the Director General of ICRISAT for the active cooperation that their institute maintains with Benin through various programs and research network. This cooperation through sorghum, millet, and groundnut networks and the groundnut genetic resources management project, all of which support the development of the main crops in our sub-region, is highly appreciated.

Ladies and gentlemen, the organization of the current workshop shows the interest that we have for agricultural research in general and groundnut research in particular.

In Benin, groundnut occupied and still occupies an important place both in food crops and cash crops. In fact, the average sown area under groundnut in 1999 was 145 ha and the average production was 121 t. Besides, 66% of the area usable for agriculture is fit for this crop.

As for consumption, groundnut represents 4% of household expenditures in animal and vegetable products.

Groundnut is consumed grilled, boiled, or processed for oil and doughnuts. In terms of dietary constituents, the people of Benin obtain from groundnut 5% of their needs in calories, 8.5% in protein, and 20.5% in lipid.

Thus, ladies and gentlemen, despite the yield level that is still low, about 835 kg ha^{-1}, groundnut has an important place in the food in Benin.

1. Director of Cabinet of the Minister of Rural Development, BP 884 Cotonou, Benin.

PREVIOUS PAGE BLANK

Furthermore, as a legume that fixes atmospheric nitrogen, groundnut contributes to the restoration of soil fertility which plays a primordial role in human life. Hence, the Republic of Benin in the establishment of their rural development policy, has put an emphasis on the adoption of production systems associating groundnut in crop rotations which appreciably improve soil productivity.

The Beninese government is convinced that the most appropriate instrument to improve current yields is agricultural research. But to be effective and efficient, it should rely on a strong scientific cooperation at regional and international levels.

I appreciate holding the current workshop in Benin and also the workshop objectives to assess progress made in research accomplished over the last two years and to establish future collaboration between various partners involved in groundnut research. I remain convinced, in light of the high level and the scientific abilities of participants, that the work done in Cotonou (Benin) will lead to important recommendations that will contribute, with no doubt, to the development of groundnut channels in our sub-region. These results will influence, as far as we are concerned in Benin, the current redistribution of national research capacities in favor of this crop.

With these words of hope, I declare open today, Wednesday, 6 December 2000, the Seventh Regional Workshop on Groundnut in West and Central Africa.

Long live agricultural research in the service of development!

Long live regional and international scientific cooperation!

I wish full success to your workshop.

Thank you.

Opening Remarks

F Waliyar[1]

Director of the Cabinet of the Ministry of Rural Development, Director General of the Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), representatives of regional and international centers, representatives of Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP), representatives of national programs, participants, ladies and gentlemen!

Before starting, I would like to request to observe one minute silence in the memory of Dr K O Marfo, Director of SARI, Ghana, who died in a plane crash and Dr Olin Smith of the University of Texas A&M, USA, who passed away after a heart attack.

Thank you.

Allow me to welcome you at the Seventh Regional Groundnut Workshop for West and Central Africa.

The objectives of this meeting are:

- To assess progress made, particularly over the past two years.
- To develop collaboration between the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), national agricultural research systems (NARS), and other partners.
- To identify future needs for research on groundnut.
- To review the strategic plan for research on aflatoxin in West and Central Africa.

As you know, there are several constraints to groundnut production. Some technologies have been developed, particularly varietal improvement. But the real impact of research to date remains limited. It seems essential to me that the research community and the development actors make an effort so that results can reach farmers. There are several constraints for adoption of our technologies and we should try to understand them and come up with appropriate solutions. The lack of quality seed of improved varieties adapted to the needs of producers is one of the constraints that limit groundnut productivity in the sub-region.

Other research areas that are to be exploited include the improvement of groundnut quality as well as pod and haulm yields. For this we should have

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.

better planning strategy and give priority to different aspects of research. Hence we have planned to set up a working group in order to analyze priorities of future groundnut research and to propose to the assembly new research guidelines.

Regarding the aflatoxin issue that remains an important concern in the region, a strategic plan recommended by the last workshop was developed and sent to member countries of the aflatoxin working group. To date, this document was not finalized and we hope that this workshop will take the necessary time to review and amend it and adopt the recommendations.

At ICRISAT, we will continue our collaborative efforts with different NARSs since fruitful collaborations took place during the past two years through several collaborative projects. Among the most important changes regarding the research program in Africa, it is to be noted that ICRISAT put emphasis on natural resources management for which ICRISAT-Bamako is the center of excellence.

I would like to take this opportunity to thank CORAF, Peanut CRSP, and Sasakawa-Global 2000. I would also like to thank the Director, Natural Resource Management Program, ICRISAT for the financial support provided for the organization of this workshop.

I would like to sincerely thank our colleagues of INRAB for their best efforts to organize this workshop. I am sure the workshop will take place harmoniously and I would like to thank the entire group.

Mr President, let me wish a lot of success to the workshop and I hope that our results will be used and transferred by all means to needy farmers of these regions.

Thank you.

Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP)

Having thanked Dr F Waliyar for his invitation to the 7th workshop, Dr J H Williams defined the areas of intervention of Peanut CRSP:

- Food security (aflatoxin control)
- Production efficiency
- Socioeconomic constraints and impact analysis
- Problems of postharvest technologies (and marketing)

Concerning the impact of Peanut CRSP in the West African sub-region, he stated that development is slow due to several constraints including lack of funds resulting in difficulties in attaining the goals set.

Dr Williams also defined the role of Peanut CRSP:

- Establish partnership among universities and other institutions
- Address common problems

He stated that Peanut CRSP is America's political support for establishing a sustainable collaborative program.

Welcome Address

J Detongnon[1]

Representative of the Minister of Rural Development, representative of the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Mali; Director of Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP), representatives of international and regional organizations, distinguished guests, ladies and gentlemen!

On behalf of the scientific community of the National Agricultural Research System of Benin, I am pleased and honored to welcome you in the INFOSEC çonference room, wherein during the next three days we will participate in a workshop on groundnut research in West and Central Africa.

It is well known that groundnut is a very important food legume in our region. This workshop which is held every two years aims at measuring progress on research activities conducted on this crop over the last two years and to exchange views on issues of major interest.

We have unanimously decided during the last workshop held in Bamako, Mali in 1998 to hold the current workshop in Cotonou, Benin. Several communications will be presented during this workshop and several aspects of research in groundnut will be addressed: (1) Genetics and varietal improvement; (2) Agronomy; (3) Plant pathology; and (4) Food technology.

A special session on aflatoxin research will also be organized.

I would like to seize this opportunity to thank all those who have contributed to the effective organization of this workshop.

This is also a good venue to express my gratitude to the donors [United States Agency for International Development (USAID), European Union, and others], who do their best to bring substantial financial support to the accomplishment of our research activities in Benin.

The tasks we will have to go through over the three days are immense but I do not have any doubt on your capacity to overcome them. Before more authorized voices than my own express this, I wish all participants success in their work. Once again thank you and welcome to Benin.

Thank you.

1. Director General, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), BP 884 Cotonou, Benin.

Session 1: Agronomy

Performance of Groundnut Genotypes Introduced into Western Mali

Kodio Ondié[1]

Considered for a long time as the groundnut belt of Mali, the western part of Mali (Kayes) is presently the most important groundnut-producing zone. More than 90,000 ha of that zone is cultivated. Groundnut is the main crop cultivated after sorghum in the region and is one of the major staple foods of the people. Its importance as a cash crop in the economy of the region is justified by the establishment of a research center in the region. The varieties cultivated are those introduced long ago. They have suffered from genetic erosion and mixtures, and they no longer have the characteristics of a pure variety. Yields are generally low and hardly exceed 800 kg ha^{-1}, due mostly to several biotic and abiotic constraints (foliar diseases, drought, low plant density, etc.). An important on-station and on-farm research program has therefore been initiated for the past two years.

The objective of the program is to determine the agronomic performance of the new varieties of groundnut introduced in the region to transfer them on-farm for adoption by the farmers.

During the 1998/99 and 1999/2000 cropping seasons, joint regional trials were conducted in western Mali (Samé et Kita) by the Institut d'Economie Rurale (IER)/International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)-Groundnut Germplasm Project (GGP). These trials involved, among others, resistance to foliar diseases, rosette, and drought. These trials were sown in the second half of July. Several agronomic parameters were measured (number of emerging seedlings, number of plants at harvest, days to 50% flowering, incidence of diseases such as leaf spots and rosette, pod and haulm yields, and shelling percentage).

Resistance to leaf spots

The statistical analysis of variance of parameters measured showed significant differences between treatments. In spite of the leaf spot diseases, the yields of test varieties exceeded that of the control GH119-20. The

1. Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes/Samé, BP 281 Kayes, Mali.

PREVIOUS PAGE BLANK

severity of leaf spot varied between 3 and 5 on a 1–9 rating scale. ICGV 92099 was more productive, with a pod yield of 2.4 t ha^{-1} and a haulm yield of about 5.0 t ha^{-1}.

Resistance to rosette

Poor emergence was observed in all the plots due partly to damping-off and collar rot. The analysis of variance made on the pod and haulm yield parameters, plant density, and rosette incidence showed a considerable difference between treatments. During the past years we have noticed a reduction in the prevalence rate of rosette at the national level, and the disease incidence varied between 1 and 4 on 1–9 rating scale. Pod and haulm yields obtained were acceptable with an average of 1.3 t ha^{-1} and 2.0 t ha^{-1} respectively. The variety ICGV-SM 88761 was most susceptible to rosette (observation on the 60th day). Some varieties such as 249-8, ICGV 96894, and ICGV-IS 98814 performed better with haulm yields of 3.0, 3.1, and 3.0 t ha^{-1} respectively, which far exceed the two controls.

Resistance to drought

Favorable climatic conditions during 1999 did not make it possible to achieve the objective of the trial on drought tolerance. The pod yields obtained were very high. No drought period was observed during the vegetative phase. The average yield obtained was higher than 3 t ha^{-1}. The varieties ICGV 124, 55-21, and ICGV-MS 87003 with pod yields of 4.15, 3.99, and 3.95 t ha^{-1} respectively, proved to be the most productive in terms of pod production.

Influence of Pre-emergence Weeding and Depth of Sowing on the Emergence of Groundnut under Drought

M Sene[1]

In Sahel, the population density of groundnut is often affected by drought. Therefore, it is necessary to obstruct the harmful effects of drought during early stages of the crop to develop adapted cultural techniques. These techniques enable soil profile management to favor the conservation of soil surface humidity and efficient vaporization of soil water.

In Senegal, farmers practice pre-emergence weeding to suppress early competition for water use between groundnut seedlings and weeds. Pre-emergence weeding or hoeing are slightly modified techniques of flat weeding, utilized alone or in combination with burying of organic matter. This practice fits into the agricultural calendar and is adapted to the available equipment. In an off-season test which enabled to control the water supply, the minimal rainfall amount recommended to start groundnut sowing for each of the three types of rainy seasons were identified and used. In each case, we estimated the effect of pre-emergence weeding on early competition for water use between groundnut seedlings and weeds. Also, the effect of pre-emergence weeding or hoeing alone or associated with burying organic manure on the emergence of groundnut seedlings was studied.

The result of this test showed that pre-emergence suppresses early competition for water use between groundnut seedlings and weeds. Pre-emergence weeding or hoeing on the sowing line enables conservation of humidity of the broadbed more efficiently slowing down of the evaporation of the bare soil because of the mulch effect. Thus, there is a significant improvement of germination, emergence, and plant population. This positive effect on the emergence is even more conspicuous when there is limited rain during sowing.

1. Institut Sénégalais des Recherches Agricoles (ISRA), Centre National des Recherches Agronomiques (CNRA), BP 53 Bambey, Senegal.

The sowing depth which could not have been rigorously controlled in this study revealed to be a determinant factor of emergence. To estimate the impact on the emergence, a test under raining condition was conducted to compare the emergence depths of 2, 4, and 6 cm. The results of this test confirmed that at depth of 2 cm, germination is low as evident by low plant density. The depth of 4 cm appears as optimal as seeds are exposed to sufficient water content for germination during the initial phase of soaking.

On-farm Agronomic Evaluation of CRSP Groundnut Varieties in Burkina Faso

Zagre Bertin[1] and Sankara Philippe[2]

The objective of groundnut varietal improvement in Burkina Faso is to search for oil, confectionery, and edible (pods and haulms) varieties, which are both productive and tolerant to various diseases and to drought.

The strategy used is based on the development of varieties and introduction of plant material from other research institutions. In this perspective and within the framework of the collaboration between Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP) and Burkina Faso, some Peanut CRSP accessions were received and tested to identify varieties adapted to groundnut-growing conditions in Burkina Faso.

The test accessions included 12 varieties from an international trial. These varieties showed good performance in terms of yield. Such varieties were compared to a control, as part of on-farm test using a complete randomized block design with four replications during the 1999/2000 rainy seasons. The test was conducted at two sites: Niangoloko in the southwest (1000–1200 mm rainfall) and Gampela in the central region (700–900 mm rainfall) of Burkina Faso. The characters considered in this study were pod yields (g plant^{-1} and kg ha^{-1}) and 100-seed mass:

- At Niangoloko the variety W16 performed better than the other lines and the control for all the three traits considered, with pod yields of 12.99 g plant^{-1} and 1.1 t ha^{-1}, and 100-seed mass of 43.39 g.
- At Gampela, all the varieties tested behaved similarly for pod yield (g plant^{-1} and kg ha^{-1}), which resulted in a level of significance equal to zero. The good seeds of the variety W1 were much bigger than the others with 100-seed mass of 50 g followed by the variety W16 with 44.67 g.

The analysis of all the trials conducted in the two sites shows that all the varieties performed similarly for the traits studied. There is a significant correlation between the varieties and the sites.

1. INERA, 04 BP 8645 Ouagadougou, Burkina Faso.
2. Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso.

Performance of the New ICRISAT Groundnut Lines in Togo

N Bitignime[1]

Groundnut occupies a very important place in the nutrition of the Togolese because of its high protein content (32%) and its diverse uses. Production is, however, constrained by degeneration of the varieties and lack of high-yielding varieties, which limits the choice of the farmers in relation to their needs. To address this problem Togo acceded to the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) network for groundnut varietal test in the sub-region. The trials included groundnut confectionery varieties and long-duration varieties resistant to rosette. In 1999, 24 new varieties of these two series of coordinated trials were tested.

The aim of the experiment was to test the performance of these lines and their resistance to rosette, and to select the lines that performed better. The trial was conducted on-station at Sotouboua, in the central region of Togo in a complete randomized block. Some promising lines were identified. The following confectionery lines produced the highest pod yield: ICGV 93053 and ICGV 88434 produced 1.07 t ha^{-1} each. Four of the rosette resistant varieties performed better compared to other varieties. These varieties are UGA-4 (1.92 t ha^{-1}), ICGV-IS-96812 (1.45 t ha^{-1}), ICGV-IS-96846 (1.45 t ha^{-1}), and ICGV-IS-96814 (1.31 t ha^{-1}). The experiment is being pursued to confirm the findings during the 2000 and 2001 cropping seasons. The best lines selected shall be tested on-farm to find out those that can be disseminated to farmers.

1. Institut Togolais des Recherches Agricoles (ITRA)/LRA-SH, BP 88 Soutoboua, Togo.

Groundnut Farming in Mauritania

Sidi-R'Chid[1]

Groundnut occupies an important place in the cropping systems practiced in Mauritania. However, the causes of low production are many and the most prominent include:

- Use of archaic means of production by farmers.
- Irregularity and poor distribution of rainfall which constitute a serious handicap engendering some drought-prone areas during the cropping season. Hence, there is a need to search for extra-early- and early-maturing varieties.
- Low productivity (local varieties with very small seed, composed of 60–80% single seeded, 10–20% 2-seeded, and 10–15% of empty pods, often with growing cycles that are not adapted, etc.).
- Low soil fertility (deficient in phosphorus and nitrogen) and soils that are not adapted to groundnut farming (often very heavy or very light).
- Incidence of diseases, insect pests, and weeds, mainly species of Cyperaceae.
- Socioeconomic constraints (inputs, policy, marketing, etc.).

Groundnut is grown under different cropping systems in rainfed, irrigated, or recess conditions on different types of soils (sandy, heavy, and light). The yields are very low (250–450 kg ha^{-1}). The resistance/tolerance of groundnut to drought as amply confirmed in rainfed farming by some institutes has led to neglect of the opportunities this legume can offer on hydro-agricultural schemes in Mauritania. At present, the main concern of farmers is to make maximum use of the agricultural development facilities. The desire to stabilize production encourages farmers to practice groundnut farming by cultivation of lands that are not suitable for rice farming.

In 1995/96 and 1999/2000 some on-station studies were carried out and some varieties such as TS 32-1, Fleur 11, CN 94-C, JL 24, ICG (FDRS) 10, ICGS (E) 104, and ICGV 86015 were identified and proposed for dissemination/extension. In 1999/2000 at R'Kiz, Mauritania some varieties have confirmed their on-farm performance. These include: JL 24, ICGS 11, TS 32-1, CN 94-C, and Fleur 11 with yields ranging from 0.84 to 1.4 t ha^{-1} pods and 3.1 to 4.6 t ha^{-1} haulms.

1. CNRADA, BP 22 Kaedi, Mauritania.

Evaluation of a Group of Confectionery Groundnuts for Yield and Adaptability in Northern Cameroon

Thomas Mekontchou, Timothé, and T Schilling[1]

Five advanced confectionery groundnut lines developed at the Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) were evaluated on three sites during four cropping seasons. The American variety GH-119-20 was used as control. The pod yields produced by the lines CGS-310, CGS-531, and CGS-1406 were significantly higher than the control by about 42.6%, 37.6%, and 40% respectively. The 100-pod mass was similar in CGS-285, CGS-310, and CGS-162. The yields of all the lines (except CGS-285), when shelled was more than 60% and higher than that of the control, thus showing a good rate of pod filling.

The interaction between line × site × year is highly significant; it indicates that the lines are highly influenced by environment. It is therefore pertinent to recommend a yield stability study of such varieties in order to make available to farmers those which have proved their capacity and stability in some given ecologies.

Positive and significant correlations between pod and seed yields ($r = 0.97^{**}$), and also between grain yield and yield at shelling ($r = 0.42^{**}$) were observed.

Finally, in view of the demands of the confectionery groundnut market, the line CGS-310 appears to be better adapted to Northern Cameroon.

1. Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 163 Foumbot, Cameroon.

Groundnut Production in Sierra Leone: Problems and Research Needs

M T Moseray[1]

Groundnut is the most important grain legume in Sierra Leone. The area under groundnut cultivation was 36,000 ha in 1996; total production was 36,000 t and the average yield was 1.0 t ha^{-1}.

The fresh pods are boiled and the nuts are widely consumed while the dried nuts are either roasted and eaten directly, made into groundnut cake, or pounded into a paste which is used in preparing groundnut soup.

Groundnut yields in Sierra Leone have declined dramatically mainly due to the nine-year-old rebel war. Early leaf spot (*Cercospora arachidicola*) may become a major production constraint. Preliminary results in 1999 indicate that the disease severity was estimated at 80% and can cause up to 34% yield loss.

Results from other preliminary experiments showed the incidence of early leaf spot to be considerably lower at 5–7 sprays with the fungicide Kocide 101 while four different plant spacings had no significant effect on the disease at 60, 70, and 80 days after planting.

Lack of improved groundnut lines is one of the main constraints hindering improvement work not only at the Institute of Agricultural Research (IAR), but also in the entire country.

1. Institute of Agricultural Research (IAR), PMB 540, Freetown, Sierra Leone.

Session 2: Breeding

PREVIOUS PAGE BLANK

Genetics of Earliness as Measured by Days to First Flower in Groundnut

Zagre Bertin, Fanja Mondeil, and Didicr Balma[1]

Drought in Sudano Sahelian zone is manifested not only by a substantial reduction in the length of the rainy season but also by increased frequency of more or less dry spells during the cropping season. To cope with this situation, development of early-maturing varieties (75–80 days) is presently one of the major priorities of many groundnut-producing countries of the semi-arid zone.

Determination of maturity is essential for characterization of earliness. There are many techniques and characters for determining maturity (e.g., arginine dosage in seed, percentage of mature pods in relation to the total number of pods formed, 50% flowering, and scraping the outer part of the shell). There is little data available in literature on the origins of crosses, methods applied, and results obtained; most of this data lacks precision.

The problem often confronting breeders is the choice of parents for inclusion in a breeding program to select for early maturity in breeding populations. We are proposing the genetics of earliness by studying the inheritance of days to first flower in a 6 × 6 complete diallel cross F_1 progenies.

Six early-maturing varieties (75–90 days) with different genetic backgrounds and geographical origin were crossed in all possible combinations to produce 30 F_1 crosses. The 6 parents and 30 F_1 hybrids were grown in a randomized block design with 3 replications in 2 years at the Gampela research station located east of Ouagadougou (longitude 12°22' W and latitude 12°25' N). Each genotype was sown on two rows of 3 m, with a spacing of 40 × 15 cm. The days to first flower was recorded, and the data was analyzed using Griffing and Hayman methods of diallel analysis. The study showed that days to first flower in groundnut is favored by accumulation of dominant genes. A genitor with a majority of dominant genes will have a short cycle and therefore early in maturity. Inversely, a genitor with a majority of recessive genes will have a long cycle and therefore late in maturity. Heritabilities in narrow sense calculated by applying the Griffing and Hayman methods are 61% and 47% respectively.

1. INERA, 04 BP 8645 Ouagadougou 04, Burkina Faso.

PREVIOUS PAGE BLANK

Breeding Groundnut for Resistance to Preharvest Aflatoxin Contamination

C Corley Holbrook[1], David M Wilson[2], and Michael E Matheron[3]

There are two requirements for developing groundnut cultivars with resistance to preharvest aflatoxin contamination. First, there must be genetic variance for resistance. In other words, there must be a gene or genes for resistance. Second, reliable and efficient screening techniques must be available. These techniques are needed so that plants containing genes for resistance can be reliably and efficiently identified. When this project was initiated, techniques were not available for large-scale screening which is required for germplasm screening and/or plant breeding research. To be acceptable, the techniques must have a small number of escapes (uncontaminated susceptible samples) and a relatively low coefficient of variation (CV). A small number of escapes is needed to avoid selecting susceptible genotypes for additional study. A low CV is needed to accurately differentiate levels of resistance.

Aflatoxin contamination in groundnut is an extremely variable characteristic that primarily occurs under heat and drought stress. A study was conducted to develop a large-scale field system for screening groundnut germplasm for resistance to aflatoxin contamination. Yuma in Arizona, USA was chosen as a screening site since it consistently has hot and dry conditions. Before this study, it was unknown whether aflatoxin contamination would occur under the extreme soil temperatures that prevail in Yuma. This study demonstrated that aflatoxin contamination occurs in groundnut subjected to a late summer drought stress at Yuma. Through this study we also discovered that the use of subsurface irrigation during drought stress improved the screening system by resulting in higher and more consistent contamination. This system is being used to conduct large-scale field screening of groundnut germplasm for resistance to aflatoxin contamination.

A moveable greenhouse system was developed to provide a screening site at Tifton in Georgia, USA. Nine large rainout shelters were constructed. These structures can be moved in the field with tractors. They can be used three times each season. This system is being successfully used to screen groundnut for resistance to preharvest aflatoxin contamination at Tifton.

1. USDA-ARS, PO Box 748, Coastal Plain Experimental Station, Tifton, GA 31793, USA.
2. University of Georgia, Coastal Plain Experimental Station, Tifton, GA 31793, USA.
3. University of Arizona, Yuma, AZ, USA.

Artificial inoculation is frequently used when screening germplasm for resistance. It ensures uniform testing conditions and thus reduces the number of escapes and variation in the data which could mask genetic differences. The standard method for inoculation with *Aspergillus* has been a spore suspension in water applied at mid-bloom. This provided a high initial fungal pressure; however, soil populations of *Aspergillus* declined rapidly soon after inoculation. We developed a new method using cracked maize as a carrier for the fungus. The theory behind this new method was that maize would serve as a food base for the fungus and result in more stable fungal inoculum on the developing pods. The use of maize as a carrier resulted in significantly greater soil populations of *Aspergillus* at harvest than the use of water as a carrier. This inoculation technique will help reduce the inherent variability of preharvest aflatoxin contamination and is being used for germplasm screening.

The above screening technique was used to examine groundnut germplasm for resistance to preharvest aflatoxin contamination. The first set of germplasm examined was the core collection of the US Peanut Germplasm Collection. All accessions in this core collection were first examined in a preliminary screening test using five replications in a single environment. Genotypes which had low contamination levels in the preliminary screening were then examined for a second year using 10 replications in two environments. Fourteen core accessions were observed to have an average of 70% reduction in preharvest aflatoxin contamination in multiple years of testing. Six of these accessions (Core Numbers 66, 99, 158, 215, 276, and 522) exhibited 90% reduction in preharvest aflatoxin contamination in multiple years of testing. These genotypes have been entered in a hybridization program to combine the resistance with acceptable agronomic performance.

Groundnut is often subjected to drought stress during some part of the growing season. A large root system may improve the plant's ability to continue growth during drought. We conducted research that identified groundnut genotypes which have larger root systems than standard groundnut cultivars. We also evaluated genotypes with larger root systems in the field under drought stress conditions. Many of these lines exhibited good drought tolerance and three had high pod yield relative to the standard groundnut cultivars.

The effect of drought tolerance on aflatoxin contamination is not known. We conducted research to evaluate preharvest aflatoxin contamination in genotypes known to have varying levels of drought tolerance. Two drought tolerant genotypes, PI 145681 and Tifton 8, and a susceptible genotype,

PI 196754, were evaluated in two tests under rain protected shelters in Tifton. Drought and heat stress conditions were imposed for 40 days preceding harvest. The drought susceptible genotype had greater preharvest aflatoxin contamination than the check cultivar, Florunner. Both the drought tolerant genotypes had less preharvest aflatoxin contamination than Florunner in these tests.

Research is ongoing to identify indirect selection tools that may be used to select for resistance to preharvest aflatoxin contamination. An indirect selection tool could be very valuable in reducing the cost of selecting for low aflatoxin contamination. We have observed a moderate relationship between visual drought stress rating and aflatoxin contamination and between leaf temperature and aflatoxin contamination. It may be possible to use these measurements as indirect selection tools for resistance to preharvest aflatoxin contamination.

Selection Technique for Fresh Seed Dormancy in Short-duration Varieties of Groundnut

Ousmane Ndoye[1] and Charles E Simpson[2]

In groundnut (*Arachis hypogaea* L.), the early-maturing cultivars usually belong to the Spanish type (*A. hypogaea* L. subsp. *fastigiata* Waldron var. *vulgaris* Harz). Obtaining early-maturing cultivars with fresh seed dormancy is a major objective in some breeding programs, especially in the Sahel region of Africa where the rainy season is short and late rain may occur when the groundnut crop is physiologically mature. Germination of the seed prior to harvest alters both the quality and the quantity of groundnut yield.

A limited duration of fresh seed dormancy at harvest in the Spanish type is an important attribute as it can, at times of excessive and long-lasting rainfall at harvest, prevent serious pod yield loss and contamination by aflatoxins. However, little success has been achieved to introduce genetically controlled dormancy into the early-maturing subspecies *fastigiata*, although several breeders have attempted interspecific hybridization to obtain dormant Spanish type groundnuts.

The mode of inheritance of groundnut seed dormancy is not clearly understood. There are conflicting results in the few available studies on the subject. Most of these studies have used Virginia types (*A. hypogaea* L. subsp. *hypogaea* L.), which are long-duration (120–150 days) with dormant seeds, as their sources for dormancy.

The purpose of this study was to identify one or more selection criteria for effective screening for fresh seed dormancy in crosses between Spanish type cultivars. Crosses were made using the Spanish cultivar 73-30 that has fresh seed dormancy as a donor parent and Spanish cultivars (55-437 and Fleur 11) that lack dormancy.

Thirty lines from $F_{2:6}$ and $F_{2:7}$ progenies were evaluated in the field for two years (1999 and 2000) at two locations, Bambey and Nioro in Senegal. A split plot design with three replications was used; harvest dates were in the main plot and lines in subplots. The first harvesting date was at 90 days after planting; the second and third harvesting dates were scheduled later

1. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Centre National de la Recherche Agronomique (CNRA), BP 53 Bambey, Senegal.
2. Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University, PO Box 292, Stenphenville, TX 76041-0292, USA.

after 2 and 4 weeks respectively. Water was supplied as required. At harvest the number of sprouts for each plot was counted and 10 freshly harvested seeds were selected at random and incubated in petri dishes moistened with distilled water and placed at room temperature. The number of seeds that germinated at 24, 48, 72, and 96 h was counted. A seed was considered as germinated when the radicle was twice the diameter of the seed.

Lines that exhibited transgressive segregation were observed. Hence, the ones that were more dormant or as dormant as the dormant parent were selected. Most of these lines (number 2, 4, 9, and 24) belong to the cross 55-437 × 73-30. Fewer lines were observed in the cross Fleur 11 × 73-30 perhaps due to the fact that Fleur 11 is less dormant than 55-437. Using this technique it was possible to make effective selection for fresh seed dormancy in short-duration groundnut.

Genetic Enhancement for Resistance to Aflatoxin Contamination in Groundnut

H D Upadhyaya, S N Nigam, and R P Thakur[1]

Groundnut is an important oilseed crop cultivated in 96 countries worldwide on 23.8 million ha with an annual production of 30.97 million t. It is an important cash crop in several countries of Asia, which accounts for 57.13% of world area and Africa, which accounts for 37.24% area.

Aflatoxin contamination of groundnut is a widespread serious problem in most groundnut-producing countries where the crop is grown under rainfed conditions. The aflatoxin contamination does not affect crop productivity but it makes produce unfit for consumption as toxins are injurious to health. The marketability of contaminated produce, particularly in international trade is diminished to nil due to stringent standards of permissible limits on aflatoxin contamination set by the importing countries. The aflatoxin-producing fungus, *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*, can invade groundnut seed in the field before harvest, during postharvest drying and curing, and in storage and transportation. The semi-arid tropical environment is conducive to preharvest contamination when the crop experiences drought before harvest, whereas in the wet and humid areas, postharvest contamination is more prevalent. Research on aflatoxin contamination is not regularly carried out by all the groundnut-producing countries because of the complex nature of the problem and lack of qualified personnel and appropriate infrastructure. Nevertheless, some countries have been regularly monitoring groundnut and its products for aflatoxin at different stages (farm, markets, and storage). Aflatoxin contamination can be minimized by adopting certain cultural, produce handling, and storage practices. However, these practices are not widely adopted particularly by the small farmers in the developing countries, which contribute about 60% to the world groundnut production.

One of the possible means of reducing aflatoxin contamination of groundnut is the use of cultivars resistant to seed invasion by aflatoxin-producing fungi or to aflatoxin production. These cultivars will be of great value to the farmers in both developed and developing countries as there

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India.

is no cost input. Therefore, breeding for resistance to *A. flavus* and *A. parasiticus* and/or aflatoxin production can play a significant role in preventing aflatoxin contamination in groundnut and consequently associated economic losses and health hazards.

The alleviation of aflatoxin contamination through genetic manipulation has been attempted since mid-1970s. We have achieved significant progress; however, these efforts have not resulted in complete eradication of aflatoxin contamination. In this paper we have briefly discussed the status of research on finding a genetic solution to this problem.

Types of resistance

In groundnut, based on the site at which it is tested or cultivated, resistance to aflatoxin-producing fungi may be of three types: resistance to pod infection (pod wall); resistance to seed invasion and colonization (seed coat); and resistance to aflatoxin production (cotyledons). The fungi have to penetrate the pod wall and the seed coat to reach the cotyledons from which they derive their sustenance. Resistance to pod infection is attributed to pod-shell structure, while resistance to seed invasion and colonization is mostly physical, and has been correlated with thickness, density of palisade cell layers, absence of fissures and cavities, and presence of wax layers. There are conflicting reports regarding the role of fungistatic phenolic compounds in imparting resistance to seed colonization.

Sources of all the three types of resistance have been reported (Mehan 1989). These include Shulamit and Darou IV for resistance to pod infection, PI 337394 F, PI 337409, GFA 1, GFA 2, UF 71513, Ah 7223, J 11, Var 27, U 4-47-7, Faizpur, and Monir 240-30 for resistance to in vitro seed colonization by *A. flavus* (IVSCAF); and U 4-7-5 and VRR 245 for resistance to aflatoxin production. The importance of preharvest aflatoxin contamination was realized only in the late 1980s, and some of the IVSCAF-resistant genotypes (PI 337394 F, PI 337409, GFA 1, GFA 2, J 11, UF 71513, and Ah 7223) were reported to have considerably lower natural seed infection by *A. flavus* than various IVSCAF-susceptible genotypes (Mehan 1989).

The value of a resistant source depends upon the level and stability of its resistance. Resistance to pod infection has been reported to be highly variable and of a low level. Similarly, IVSCAF-resistance is not absolute and even the best sources show up to 15% seed colonization; only a few lines

(J 11, PI 337394 F, and PI 337409) have shown stable resistance. For aflatoxin contamination, resistance levels are not very high (Anderson et al. 1995). Highly significant genotype × environment interaction effects have been observed for aflatoxin contamination.

Relationships between types of resistance

There are conflicting reports on the relationship between IVSCAF-resistance and resistance to natural seed infection, and aflatoxin contamination in the field. At the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, India and in USA, though a significant reduction in the levels of seed infection by *A. flavus* under field conditions in the IVSCAF-resistant genotypes in comparison to the IVSCAF-susceptible genotypes was observed, the correlation was not perfect. In the breeding lines developed and evaluated, very low correlation (–0.07) was observed between IVSCAF and seed infection in the field, indicating two independent genetic mechanisms (Utomo et al. 1990, Upadhyaya et al. 1997). The high correlation observed in an earlier study (Mehan et al. 1987) might have been due to the inclusion of some selected germplasm lines; whereas the absence of correlation observed in breeding lines developed at ICRISAT Center (IC), Patancheru might have resulted from the recombination of genes controlling these mechanisms. Studies conducted, in the 1980s, in USA and at IC showed low levels of aflatoxin contamination in IVSCAF-resistant genotypes. However, the genotypes which were earlier reported to be resistant to IVSCAF or preharvest aflatoxin contamination contained high levels of aflatoxin, and when subjected to an extended period of heat and drought stress in USA, none of them was more resistant than the susceptible cultivar Florunner (Anderson et al. 1995). Highly significant genotype × environment interaction effects for aflatoxin contamination were observed in this study. The exact information on the relationship between different resistance mechanisms, their interactions, and possible contributions in reducing aflatoxin contamination have not been clearly established. Knowledge of these aspects is very crucial in developing strategies to reduce aflatoxin contamination.

Genetics of resistance

There are only few published reports on inheritance of resistance to seed infection, IVSCAF, and aflatoxin production, which give estimates of broad

sense heritability and combining ability. The high estimate (79%) of broad sense heritability for seed colonization was reported from USA in a cross involving PI 337409 (resistant) and PI 331326 (susceptible). The heritability estimates in later studies in USA were 55% in the cross involving AR 4 (resistant) and NC 7 (susceptible), and 63% in a cross between GFA 2 (resistant) and NC 7 (susceptible). At IC, the values were 60% in a cross involving J 11 (resistant) and OG 43-4-1 (susceptible) and 59% in a cross between two resistant parents, J 11 and Ah 7223.

The heritability estimates for resistance to seed infection have been reported to be low in USA: 27% in AR 4 × NC 7 and 33% in GFA 2 × NC 7 (Utomo et al. 1990). However, in our study the estimates were moderate to high (56–87%) (Upadhyaya et al. 1997). For resistance to aflatoxin production, the heritability estimates were reported as 20% in AR 4 × NC 7 and 47% in GFA 2 × NC 7. A report from USA stated that there is no significant correlation among the three types of resistance, indicating that they are controlled by different genes (Utomo et al. 1990).

A study on combining ability of IVSCAF-resistance using lines × tester analysis at IC indicated UF 71513 to be a good general combiner and Var 27 to be a poor combiner for resistance to IVSCAF. J 11 had non-significant general combining ability effect. In a diallel study, significant reciprocal effects were noticed in some crosses indicating maternal influence on testa structure (Rao et al. 1989).

The genetics of resistance mechanisms has not been clearly established. The allelic relationship among various sources for each resistance trait needs to be elucidated to enable breeders to pyramid the non-allelic genes for each resistance mechanism.

Genetic enhancement for resistance

Breeding efforts for resistance to pod infection have not received any attention. Further, it was assumed that if shell thickness was related to resistance, then resistance breeding would result in low shelling percentages or difficulty in shelling groundnut. In the past, seed colonization resistance received maximum attention due to the ease of screening procedures. Of late, natural seed infection and aflatoxin production have received increasing attention, although screening for resistance to aflatoxin production is expensive. A much cheaper enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)-based methodology has been developed at ICRISAT (Reddy et al. 1988).

Research on breeding for resistance to aflatoxin contamination is in progress in India, Senegal, Thailand, and USA. The groups at Tifton (USA) and IC (India) have successfully transferred IVSCAF-resistance to different genetic backgrounds. The group at Tifton produced six breeding lines GFA 1, GFA 2, AR-1, AR-2, AR-3, and AR-4 (Mixon 1983a, 1983b). GFA 1 and GFA 2 (both runner market types), whose yields were equal to or better than that of Florunner, had equal or less than average seed colonization than the resistant control genotype (PI 337409). The yield potentials of AR-U-2, AR-U-3, and AR-U-4 are too low for their practical use as commercial cultivars.

In India, resistance breeding activities are mainly conducted at IC and the National Research Center for Groundnut (NRCG) at Junagadh. At IC, research on breeding for resistance to aflatoxin contamination started in 1976. Several hundred breeding lines have since been tested for yield and IVSCAF-resistance, and many lines with IVSCAF-resistance and high yield have been identified. Four hundred and seventy-two lines were evaluated for preharvest seed infection and yield. Some of these have seed infection and colonization equal to or less than the best resistant control cultivar J 11, and high-yield potential across seasons/years and locations. Of these, ICGV 88145 and ICGV 89104 have been released as improved germplasm lines (Rao et al. 1995). Recently, we have identified and released three more lines, ICGVs 91278, 91283, and 91284 as improved germplasm (Upadhyaya et al. 2001). These lines had seed infection and colonization equal to or less than J 11 and high yield across seasons and locations. These lines have also been evaluated for yield and other agronomic traits in national programs in Thailand and Vietnam, where they performed very well (Upadhyaya et al. 1997). Three lines (ICGVs 87084, 87094, and 87110), bred at IC for resistance to seed infection were also found to be resistant in Niger, Senegal, and Burkina Faso in West Africa (Waliyar et al. 1994).

In Thailand and Senegal, PI 337394 F, PI 337409, UP 71513, and J 11 are commonly used as resistant donors. The lines AR-1, AR-2, AR-3, and AR-4 are also being used in Thailand as sources of resistance; 55-437 has been used in Senegal.

In the breeding scheme at IC, the selection for resistance traits is delayed until later generations. However, it would be desirable to screen segregating generations and select only resistant plants/progenies. This would require modification of screening techniques currently being used to make them more suitable at the single plant level.

Future prospects of breeding for aflatoxin resistance

Although researchers have not been able to locate germplasm lines which show complete resistance to fungi at the pod-wall, seed-coat, and cotyledon levels, it was expected that the levels of resistance could be improved further by pyramiding resistance genes from different and diverse sources. It was also thought that by combining the three different kinds of resistance in one genetic background, the problem of aflatoxin contamination could be overcome to a large extent. Unfortunately, the progress made so far in conventional breeding has not been able to meet these expectations. The recourse to biotechnology, through modification of the aflatoxin biosynthesis pathway or the use of variants of hydrolytic enzymes (chitinases and glucanases) to provide transgenic protection to groundnut against infection by aflatoxin-producing fungi may help in obtaining groundnuts free from aflatoxin. Genetic resistance alone may not be enough to eliminate the problem of aflatoxin contamination in groundnut. It will have to be complimented with good crop husbandry and postharvest practices.

References

Anderson, W.P., Holbrook, C.C., Wilson, D.M., and **Matheron, M.E.** 1995. Evaluation of preharvest aflatoxin contamination in several potentially resistant peanut genotypes. Peanut Science 22:29–32.

Mehan, V.K. 1989. Screening groundnut for resistance to seed invasion by *Aspergillus flavus* and aflatoxin production. Pages 323–334 *in* Aflatoxin contamination of groundnut: proceedings of the International Workshop, 6–9 Oct 1987, ICRISAT Center, India (McDonald, D., and Mehan, V.K., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Mehan, V.K., McDonald, D., and **Rajagopalan, K.** 1987. Resistance of peanut genotypes to seed infection by *Aspergillus flavus* in field trials in India. Peanut Science 14:14–17.

Mixon, A.C. 1983a. Two peanut germplasm lines, GFA-1 and GFA-2. Crop Science 23:1020–1021.

Mixon, A.C. 1983b. Peanut germplasm lines, AR-1, -2, -3, and -4. Crop Science 23:1021.

Rao, M.J.V., Nigam, S.N., Mehan, V.K., and McDonald, D. 1989. *Aspergillus flavus* resistance breeding in groundnut: progress made at ICRISAT Center. Pages 345–355 *in* Aflatoxin contamination of groundnut: proceedings of the International Workshop, 6–9 Oct 1987, ICRISAT Center, India (McDonald, D., and Mehan, V.K., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Rao, M.J.V., Upadhyaya, H.D., Mehan, V.K., Nigam, S.N., McDonald, D. and Reddy, N.S. 1995. Registration of peanut germplasm ICGV 88145 and ICGV 89104 resistant to seed infection *Aspergillus flavus*. Crop Science 35:1717.

Reddy, D.V.R., Nambiar, P.T.C., Rajeshwari, R., Mehan, V.K., Anjaiah, V., and McDonald, D. 1988. Potential of enzyme-linked immunosorbent assay for detecting viruses, fungi, bacteria, mycoplasma-like organisms, mycotoxins, and hormones. Pages 43–49 *in* Biotechnology in tropical crop improvement: proceedings of the International Biotechnology Workshop, 12–15 January 1987, ICRISAT, Patancheru, India. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

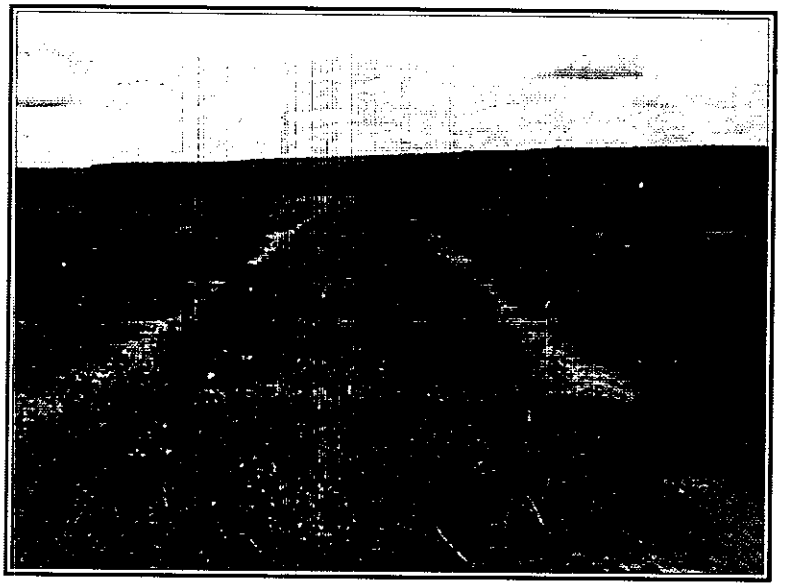
Upadhyaya, H.D., Nigam, S.N., Mehan, V.K., and Lenne, J.M. 1997. Aflatoxin contamination of groundnut – prospects of a genetic solution through conventional breeding. Pages 81–85 *in* Aflatoxin contamination problems in groundnut in Asia: proceedings of the First Working Group Meeting, 27–29 May 1996, Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam (Mehan, V.K., and Gowda, C.L.L., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

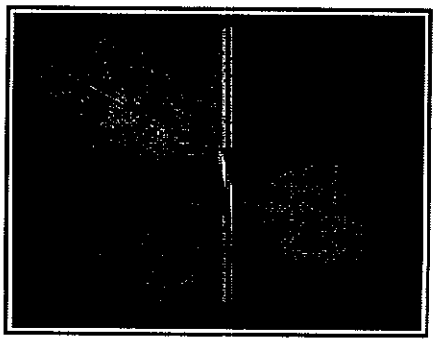
Upadhyaya, H.D., Nigam, S.N., Mehan, V.K., Reddy, A.G.S., and Yellaiah, N. 2001. Registration of *Aspergillus flavus* seed infection resistant peanut germplasm ICGV 91278, ICGV 91283, and ICGV 91284. Crop Science 41:559–600.

Utomo, S.D., Anderson, W.F., Wynne, J.C., Beute, M.K., Hagler, W.M. Jr., and Payne, G.A. 1990. Estimates of heritability and correlation among three mechanisms of resistance to *Aspergillus parasiticus* in peanut. Proceedings of the American Peanut Research and Education Society 22:26. (Abstract.)

Waliyar, F., Ba, A., Hassan, H., Bonkoungou, S., and **Bosc, J.P.** 1994. Sources of resistance to *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in groundnut in West Africa. Plant Disease 78:704–708.

Session 3: Pathology/Entomology





Progress in Combating Groundnut Rosette Disease in West and Central Africa: An Overview

B R Ntare[1], P E Olorunju[2], and F Waliyar[1]

Groundnut rosette is the most destructive disease of groundnut in West and Central Africa. Epidemics are sporadic and unpredictable but can cause substantial losses which are estimated at US$ 156 million per year across Africa. The disease is caused by a complex of three agents: groundnut rosette umbravirus (GRV) and its satellite RNAsat, and groundnut rosette assistor luteovirus (GRAV). All the three agents must be present together in the host plant for successful transmission of the disease by the aphid vector *Aphis craccivora*.

Disease management

Cultural practices

Earlier studies revealed that insecticide spraying to control aphids could be effective. They also showed that bringing forward sowing dates allowed the crop to establish before aphid populations reached their peak, and that using denser plant stands discouraged infestation, since aphids prefer light airy conditions. Small-scale farmers who grow groundnut, however, often face difficulties in adopting such practices. These adoption constraints coupled with dry years in the early 1980s led to rising aphid populations implying genetic resistance as potentially a more promising way forward.

Host-plant resistance

Pioneering research on the development of groundnut cultivars with resistance to rosette was initiated in early 1950s by the Institut de Recherche pour les Huiles et Oléagineux (IRHO). Sources of resistance to rosette were first discovered in 1952. These sources formed the basis for rosette resistance breeding programs throughout Africa. This resulted in the development of long-duration varieties such as 69–101 (120–125 days); RG1, RMP 12, and RMP 91 (140–150 days); and early-maturing

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.
2. Institute of Agricultural Research, Samaru, PMB 1044, Zaria, Nigeria.

PREVIOUS PAGE BLANK

types such as KH 149 A, KH 241 C, KH 241 D, and QH 243 C (90–100 days). Long-duration varieties are not adapted to the short-growing seasons of the dry savannah of West Africa, where the bulk of the crop is grown. The few short-duration rosette resistant varieties have poor agronomic characteristics and hence were not widely adopted by farmers. The challenge was to combine groundnut rosette resistance with early maturity (90–110 days), high-yielding Spanish types suitable for smallholder farmers in different ecosystems.

Germplasm screening

In 1990, the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) began screening global germplasm for resistance in Malawi. Over 12,500 germplasm lines have been screened to date. More than 130 long-duration Virginia types and 20 short-duration Spanish types were identified as resistant sources. In West Africa, with financial support from the Groundnut Germplasm Project (GGP), 2301 germplasm lines have been screened at Samaru in Nigeria. Sixty-five new sources of resistance to rosette were identified and 10 accessions were of short-duration (100 days). These additional sources of resistance should be invaluable in breeding programs to broaden the genetic base of resistance and ensure stability of resistance. All available rosette resistant lines of cultivated groundnut are susceptible to GRAV. Immunity to GRAV was identified in several wild *Arachis* species or accessions. This provides an opportunity to transfer immunity to GRAV into cultivated groundnut through conventional and/or biotechnological approaches.

Resistant varieties

Several high-yielding resistant breeding lines suitable for medium- and high-rainfall areas have been developed in Malawi and Nigeria. Excellent performance of these lines has been demonstrated in several countries including Mali, Burkina Faso, Ghana, and Nigeria. In partnership with the Institute of Agricultural Research (IAR) in Nigeria, short- (90–100 days) and medium-duration (115 days) rosette resistant cultivars combining high pod yield and other agronomic attributes have been developed. These yield 19–92% higher than the susceptible varieties under both natural and high rosette disease pressure. Promising lines have been made available to national programs in West and Central Africa. In Nigeria three early maturing rosette resistant lines (ICGV-IS 96894, ICGV-IS 96900, and ICIAR 18AT) have demonstrated excellent performance in farmer participatory on-farm trials.

Integrated disease mangement

Components of integrated disease management (resistant varieties + cultural practices) have been studied in Mali and are being verified in farmer participatory on-farm trials. Cultural practices can provide significant improvements in rosette control and yield. The use of insecticides was not an economically viable option during non-epidemic years. The ideal combination is high-yielding resistant varieties sown early at optimum density.

Perspectives

More concerted efforts are required to create a situation where available rosette resistance and management packages can be put into practice. Resistant material needs to be evaluated for performance against a range of variants of groundnut rosette disease agents in different environments. Immunity to GRAV has been identified in wild *Arachis* species and provides an opportunity to transfer this trait into cultivated groundnut through biotechnological approaches. Resistance to GRAV will reduce the disease considerably. Resistance to the aphid vector is a strategy being pursued in breeding for resistance. Plant resistance combined with cultural practices are key components for developing a successful management program against groundnut rosette. Understanding the epidemiological principles of the disease combined with resistance will lead to the development of sustainable integrated disease management strategies.

Simulating Yield of Groundnut as Affected by Leaf Spot Disease in Northern Benin

M Adomou[1], P V Vara Prasad[2], K J Boote[2], J Detongnon[1], and A O Sanni[1]

Groundnut crops in Benin often experience incidence of late leaf spot (*Cercosporidium personatum*) causing severe yield losses. The objective of this research was to use and test the ability of CROPGRO-groundnut model to simulate and quantify the effects of disease incidence on pod yield and dry matter production of early- and late-maturing groundnut cultivars grown under rainfed condition at different sowing dates in northern Benin. Two groundnut cultivars TS 32-1 and 69-101 were sown on three sowing dates between May and August during 1998 and 1999 at the Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) research station farm at Ina (10° N latitude and 2.95° W longitude).

Incidence and severity of leaf spot were assessed based on the visual rating scale of 1–9 developed by the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Similarly, defoliation was assessed by counting the number of nodes with missing leaflets and the total number of nodes on the main stem. These assessments were done at 15-day intervals when the plants were sampled for growth analysis. It was observed that during both the years there was severe incidence of leaf spot in both cultivars; score 7 to 8 in TS 32-1 and 7 in 69-101. The defoliation on the main stem caused by leaf spot resulted in significantly more rapid loss in leaf area for late-sown cultivars. This clearly suggests that late-sown crops are greatly damaged by leaf spot and defoliation than the early-sown crops.

CROPGRO-groundnut model was able to predict and simulate the observed pod and dry matter yield over time when inputs on diseased leaf area (%) and observed defoliation (%) were provided. The best fit was obtained with inputs on observed main stem defoliation (%) values (estimated without considering the first four nodes from which the branches are formed) and diseased leaf area (%) (estimated from ICRISAT leaf spot scale).

1. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), BP 884 Cotonou, Benin.
2. Department of Agronomy, University of Florida, Gainesville, Florida 32611, USA.

The data clearly suggests that regardless of disease, the model was able to predict pod yields accurately until 50–60 days after sowing during both the years for both cultivars at all sowing date treatments. Thereafter, the model without the defoliation and disease function over-predicts the pod yields; this is because the model assumes that there is no incidence of diseases and it predicts the potential yields. Once the disease subroutine is turned on and the incidence of disease and the modified defoliation functions are used, then the model predictions of both pod yields and total dry matter significantly improved and were close to the observed values. Overall, across all the sowing dates the long-duration cultivar 69-101 produced significantly greater pod and total dry weight when compared to the short-duration cultivar TS 32-1.

To estimate and quantify the yield losses due to disease incidence during 1998 and 1999, the predicted pod yields at maturity from the simulations without disease effects (potential yield) and the observed pod yields in different treatments were compared. The results show that yield losses due to the disease ranged from 38% to 75% depending on the time of sowing. Yield loss due to the disease generally increased with later sowing. For the third sowing date (D3) in 1999 the potential pod yield was substantially reduced due to drought. The potential yield for no water deficit was 5498 kg ha^{-1} and therefore yield loss due to disease only would have been 75%. With severe disease pressure in D3 in 1999, the simulated leaf area index was lower and there was little water deficit.

Yield losses due to occurrence of disease could be overcome by adopting proper pest management strategies such as application of fungicide and planning soon after the arrival of sufficient rains. Two or three applications of systemic fungicides such as Corvet CM (Fenpropimorphe, 18.8%; Mancozeb, 40.0%; Carbendazim, 5.0%) have been successfully used to control leaf spot and improve crop yields in substantial monetary gains for farmers in West Africa (F Waliyar, ICRISAT, personal communication). Therefore farmers must be educated about the advantages of application of fungicides to control leaf spot diseases.

Susceptibility of Groundnut Genotypes to Termite Attack and Fungal Infections

V C Umeh[1], F Waliyar[2], and A Traoré[2]

Surveys have shown that soil pests such as termites, white grubs, and millipedes constitute the most economically important pest problems in groundnut production in Western and Central Africa. Control measures are seldom applied by the small holding farmers that constitute majority of groundnut producers in the sub-region and thus yield losses are high. In recent times, efforts have been geared towards the amelioration of soil pest problems by conducting research on some control technologies that small holding farmers can afford and easily adopt.

Resistant/tolerant groundnut varieties were assessed against termites (the most damaging soil pest of groundnut in Mali) in a field trial conducted at the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) station in Samanko in Mali to identify varieties that could be further evaluated and recommended to farmers for adoption. Twenty groundnut varieties, ICGV 87084, ICGV 87110, ICGV 89063, ICGV 89112, ICGV 91283, J 11, 55-437, PI 337394 F, U1-2-1, U4-47-7, VF 715131, ICGV 87094, ICGV 89092, ICGV 87095, ICGV 91289, ICGV 7333, ICGV 7330, Fleur 11, NC Ac 343, and NC Ac 243 were planted in plots of 8 m × 4 m in a randomized complete block design. The test genotypes included short- and long-duration varieties (90–120 days). Single super phosphate at 100 kg ha^{-1} was applied to the plots at planting. No pesticide was applied to the plots. External observations were made on stems and leaves for soil pest damage at 14-day intervals starting from 30 days after planting (DAP). Root damage was observed at 40 DAP and at plant maturity in samples of ten uprooted plants per plot. At harvest, pod damage by termites was also assessed in each plot. Samples of pods of each variety were shelled and used in a laboratory bioassay to determine fungal infection.

Leaf or stem damage by *Microtermes* spp was observed in some plots, but the damage was low. Various degrees of susceptibility to root attack was

1. National Horticultural Research Institute, PMB 5432, Idi-Ishin, Jericho Reservation Area, Ibadan, Nigeria.
2. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.

observed in the test varieties. At 40 DAP, termite attack on roots was so low that the variety NC Ac 343 had no plant attacked by termites. At harvest NC Ac 243 had significantly ($P < 0.05$) lower mean number of plants plot^{-1} with root attack than ICGV 91289, Fleur 11, and ICGV 89092. However, there was no significant difference between the number of plants with attacked roots in NC Ac 243 and that of ICGV 89112, ICGV 87110, ICGV 91283, NC Ac 343, and 55-437 which also had low termite attack at harvest. Termite attack on pods was significantly low in NC Ac 343, NC Ac 243, ICGV 87094, and 55-437 but was significantly high in all other varieties.

Aspergillus flavus, *A. niger*, and *Fusarium* spp were identified as the most important fungal species which infected seeds of the test varieties. In most cases these appeared as mixed infection. NC Ac 243 was less susceptible to termite attack and was significantly less attacked by *A. niger*. *Aspergillus niger* infection was relatively low in J 11 and ICGV 91289. These results suggest that varieties less attacked by termites did not facilitate infection by *A. niger*. No significant difference was observed between the varieties infected by *A. flavus*; however, the infection was high (minimum 25%). The percentage of seed infected by *Fusarium* spp was also observed to be significantly low in varieties such as NC Ac 243 and NC Ac 343, although the values were not significantly different than those of U4-47-7, PI 337394 F, J 11, and ICGV 89112. Correlation between the percentage of damaged pods and *Aspergillus* infection ($r = 0.32$) was not significant.

The study shows the prospect of incorporating varietal resistance/ tolerance in the development of integrated pest management for termites.

Managing Groundnut Leaf Diseases in Northern Ghana with Fungicides, Neem Seed Extract, and Local Soap

F K Tsigbey[1], J E Bailey[2], and S K Nutsugah[1]

Losses due to foliar diseases (*Cercospora arachidicola, Cercosporidium personatum, Puccinia arachidis*) in Northern Ghana are major constraints to groundnut pod and vine yields. Farmers do not practice disease control procedures and perceive dead leaves as signs of crop maturity. Field experiments conducted at Nyankpala in 1999 evaluated the following products; tebuconazole, Folicur 3.6F at 0.22 kg ai ha^{-1} mixed with azoxystrobin, Abound 2.08F at 0.45 kg ai ha^{-1}, Topsin-M® 50WP at 0.35 kg ai ha^{-1}), 20% neem seed extract and 1% local soap ("Alata Samina"). Plots were sprayed at about 14-day intervals.

Folicur/Abound treated plots gave the highest vine and pod yield (9.9 and 1.7 kg $plot^{-1}$ respectively) and recorded the least disease score (2.3, Florida scale) as well as defoliation (1.6%). Untreated and neem-sprayed plots had the highest disease scores (9.5 and 8.3 respectively), highest defoliation (90.7% and 89.2%), and lowest yields (0.7 and 0.8 kg $plot^{-1}$). Defoliation in Topsin-M® treated plots was 27.2% and was predominantly due to groundnut rust attack which resulted in pod yield loss of 22.9%. Local soap was comparable to Topsin-M®. In the absence of adopting any control measure an average pod loss of 60% was recorded between plots sprayed with Folicur/Abound and those receiving no fungicide treatment.

In another experiment, local soap at two concentrations (1.0 and 2.5%) was compared to Folicur/Abound and Topsin-M®. Soap at both levels gave higher pod yields than the untreated control. Treatment with 1% soap had lower defoliation (72.3%) than both 2.5% soap and the control without spray (86.0% and 89.8% respectively). Therefore soap at 1% has shown consistency in the control of groundnut leaf diseases by reducing defoliation as well as increasing pod yields.

1. Savanna Agricultural Research Institute (SARI), PO Box 52, Nyankpala-Tamale, Ghana.
2. Department of Plant Pathology, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7616, USA.

Evaluation of Groundnut Rosette Resistant Varieties and Impact on Farmers' Livelihoods in the Teso System of Uganda

F M Kimmins[1], C Busolo-Bulafo, P van der Merwe[2], R A Naidu[3], and P Subrahmanyam[2]

The United Kingdom Department for International Development (DFID) recognizes that knowledge and technology underpin development but it has recently changed the emphasis from a sustainable agriculture research strategy to a framework which focuses on sustainable livelihoods. This approach considers the assets available to farmers and, in the case of agriculture, places it within the context of farmers' livelihoods, where health, education, markets, etc. play significant roles. The Crop Protection Programme (CPP) is one of the 12 research programs funded by DFID and its aim is to develop and promote pest management strategies through research that contributes to poverty alleviation. The sustainable livelihoods framework is helping the CPP to assess the impact of new crop protection technologies and their benefits to the poor and to identify the areas that need to be strengthened to facilitate uptake of sustainable pest management strategies.

The CPP groundnut evaluation project is using the framework to evaluate improved groundnut rosette resistant lines in the Teso system of Uganda and improve the adoption of successful varieties. It is important to note that the project builds upon almost four decades of research undertaken by the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), in collaboration with African national programs and advanced institutions in USA, France, and UK. We now have the opportunity to demonstrate the impact of these efforts and investment by trying to improve uptake at the farmer level.

The Government of Uganda requested assistance in the regeneration of agriculture in the Teso system of a traditional pastoral community in the east of Uganda. In 1998 an extensive needs assessment exercise was led by the National Agricultural Research Organization (NARO) and, in the case of

1. MR International, Pembroke Chatham Maritime, Chatham, Kent, UK.
2. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), PO Box 1096, Lilongwe, Malawi.
3. ICRISAT, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India.

groundnuts, improved rosette management was requested by both farmers and researchers. A previous CPP project had worked closely with ICRISAT-Malawi on rosette resistance mechanisms of the new improved short-duration rosette resistant lines and a new collaborative project was developed with the Serere Agricultural and Animal Production Research Institute (SAARI), CPP, and ICRISAT to evaluate these lines.

Stage 1 of the project involving a rapid rural appraisal of groundnut production in three districts of the Teso system has been completed and places the crop and disease in the context of farmers' livelihoods. The database provides information on farmers' varietal preferences, labor requirements, perceptions of rosette disease, and other production constraints, coping strategies, marketing strategies, and trusted information channels. The last category is being used to develop a communication strategy to promote new materials which perform well and are acceptable.

Stage 2 involves the survey of rosette incidence by researchers and over the last year we have estimated that rosette incidence on <40-day-old crops is 20–40% in the three target districts of Uganda. This confirms that rosette is a major constraint and the urgent need for improved disease resistant varieties to gain farmers' confidence in the crop.

Stage 3 concerns the evaluation of improved resistant material on-station and through farmer participatory seed selection and trials. This is in progress and involves training programs.

Stage 4 is concerned with developing linkages with implementing agencies in the local vicinity, i.e., extension offices and non-governmental organizations (NGOs) running farmer field schools. Outside the Teso system we are looking at marketing opportunities for groundnut and business opportunities for small entrepreneurs, i.e., quality seed producers, and groundnut processors.

The final stage will be the development of an action plan for SAARI and implementing agencies to attract direct bilateral funds from DFID and/or other donors to ensure the sustainability of the project once it has ended. It will identify acceptable varieties and effective dissemination routes to improve uptake. It should also identify potential markets for groundnut within Uganda, at least, and encourage farmers to increase production within and beyond the Teso system.

Soil Pests of Groundnut with Reference to Termites and their Role in Aflatoxin Contamination: A Review and Perspective for Future Research

O Youm[1], F Waliyar[1], V C Umeh[2], M Yacouba[2], and B R Ntare[1]

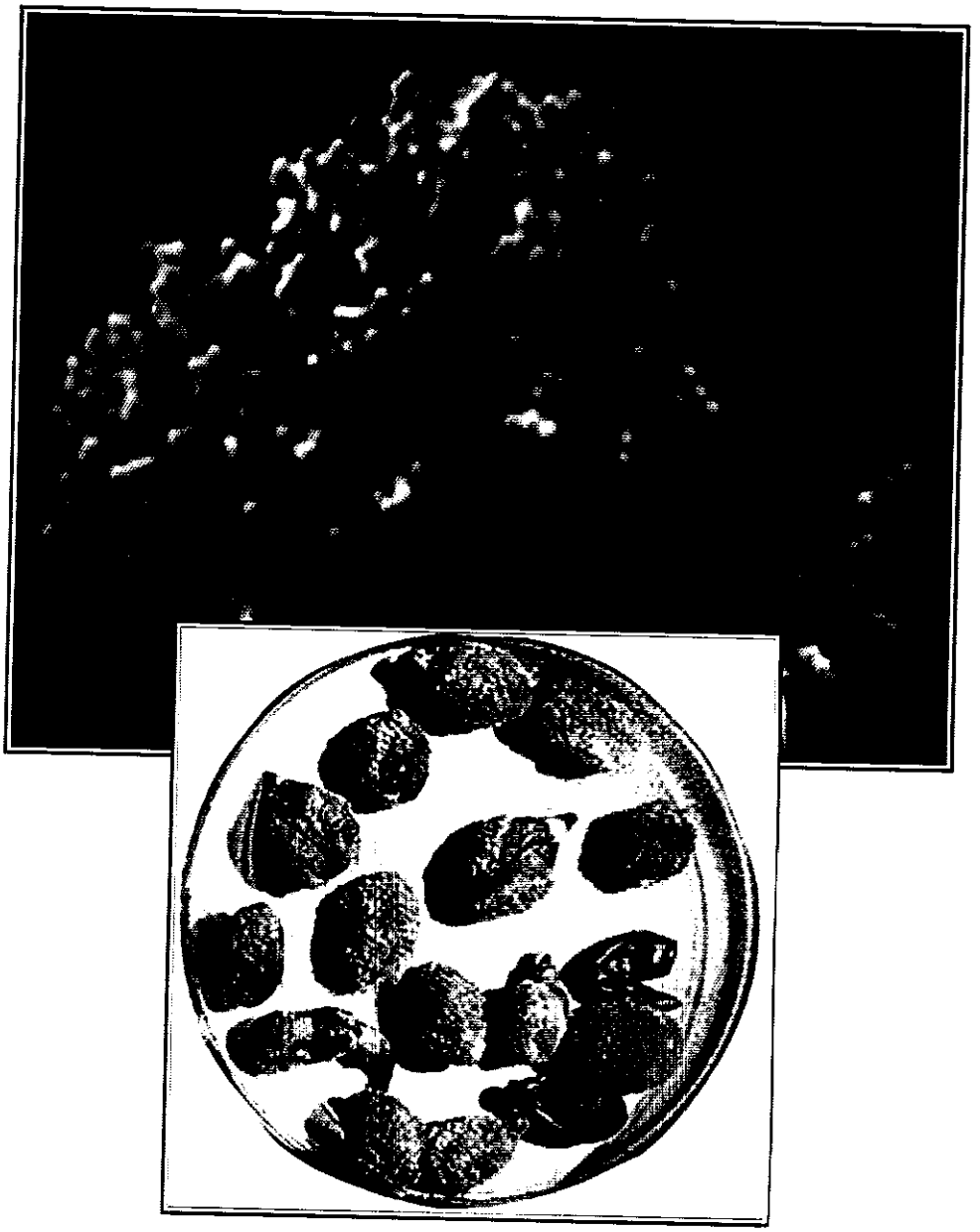
Many soil insect pests are reported to attack groundnut in West Africa, and extensive work in surveys and pest bio-ecology is described. Research findings in recent years have shown that termites (Isoptera: Termidae), white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae), and millipedes (Myriapoda: Odontopygidae) are the major groups of soil pests that are widespread and of economic importance in groundnut production. Other identified Coleopteran pests such as wireworms (Alateridae) and false wireworms (Tenebrionidae) are of occasional importance. The biology, symptoms of damage, and crop losses due to soil insect pests in most groundnut-growing areas in Sub-Saharan Africa are generally well covered in the literature.

Studies by several authors have also attempted to shed some light on the relationship between soil pest damage, specially termites and aflatoxin contamination. In general, severe damage by termites through scarification and penetration of pods resulted in an increase in *Aspergillus flavus* contamination in pods and seeds. This is evident in areas where termite damage was severe.

This review is not intended to repeat past extensive reviews, but to take a critical look at the issue on soil pests, specifically termite incidence and damage to groundnut, and how it relates to the incidence of *A. flavus* and associated aflatoxin contamination. Implications on current knowledge as well as on future strategic research to understand the relationships and factors involved, and also to develop ways to reduce pest damage and aflatoxin incidence are discussed.

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.
2. National Horticultural Research Institute, PMB 5432, Idi-Ishin, Jericho Reservation Area, Ibadan, Nigeria.

Session 4: Aflatoxin



PREVIOUS PAGE BLANK

Management of Groundnut Contamination by Aflatoxin

F Waliyar, A Traoré, and R Tabo[1]

Contamination of groundnut by aflatoxin is a major constraint to production in several countries. Such a phenomenon has an impact on exports and human and animal health. Infestation of groundnut by *Aspergillus flavus* occurs during the preharvest and postharvest periods. Preharvest infestation by *A. flavus*, which is responsible for production of aflatoxin, is very important in the semi-arid tropics when end-of-season drought occurs.

Management of aflatoxin contamination

Many national and international institutes, including the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), have focused on preharvest and postharvest management of aflatoxin. Studies on the climatic and edaphic factors and on control of their interactions in the fields have provided considerable information on the conditions for infestation by *A. flavus* before and after harvest. The findings of these studies have made it possible to make the following recommendations to farmers and major operators of the sector.

Postharvest practices

- Avoid damaging pods at the time of harvest.
- Avoid end-of-season drought effects by irrigating, if possible.
- Harvest only when crops are fully matured.
- Remove damaged pods.
- Dry pods up to relative humidity of 8%.
- Store pods away from insects and humidity.
- Avoid rehydrating the pods and seeds during storage.

Cultural practices

Several recommendations for aflatoxin control have been made involving adoption of certain cultural practices. For example, adjustment of sowing

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, BP 320 Bamako, Mali.

PREVIOUS PAGE BLANK

and harvesting dates, and application of gypsum are effective in preventing aflatoxin contamination. There is a need to develop and demonstrate the effectiveness of such cultural practices on-farm. Furthermore, technologies for water conservation in the soil profile, especially at the end of the cropping season, help in reducing aflatoxin contamination. Studies have shown that there is correlation between drought, termite damage, and seed contamination by *A. flavus*.

Effect of application of lime and organic matter on aflatoxin

Trials on the effects of lime, organic manure, and crop residues on different varieties of groundnut have been conducted in Mali and Niger. The main findings are given below.

Seed contamination

Application of lime reduces seed contamination by *A. flavus* by 47%, manure by 33%, crop residues by 24%, and combination of manure and crop residues by 56%.

Aflatoxin content

Application of lime reduces aflatoxin content in seed by 48%, manure by 32%, crop residues by 27%, combination of manure and lime by 72%, combination of lime and crop residues by 71%, combination of manure and crop residues by 56%, and combination of manure, lime, and crop residues by 83%.

Pod yields

Application of lime and crop residues improved pod growth; lime increased pod yield by 18%, manure by 9%, crop residues by 7%, and combination of manure and lime by 27%. Manure increased the yield of groundnut variety 55-437 by 51% as against 12% in J 11. Certain interactions are not really visible during the first year of treatment.

Postharvest Control of Aflatoxin as Applied to African Confectionery Groundnut Sector

R Schilling[1]

Contamination of groundnut products by aflatoxin, under the conditions in which they are produced by African farmers, can be controlled at three major levels: prevention of farm infestation up to harvest (treated elsewhere); postharvest on-farm prevention; and elimination of contaminated seed from the farm up to the initial stages of the industrial process. Detoxification of finished products is obtained through a sophisticated industrial technology. We shall deal with the intermediary phase of production of confectionery groundnut particularly vulnerable to aflatoxin contamination, which poses risks to human health in the production zones (self-consumption); very strict health measures are imposed on the international market (export).

Confectionery (edible) groundnut meant for the international market should meet some stringent sanitary and technological criteria. The product should particularly have very low aflatoxin content. Before being processed, the analysis of bulk samples show a strong correlation between the percentage of pod or seed damaged and the aflatoxin content. Of the total harvest, an average of 25–30% of the harvest contains 80–100% of aflatoxin.

Screening of batches of pods/seeds delivered to the collection point, therefore, makes it possible to improve particularly the sanitary quality of the product, especially as it will have been previously dried and threshed carefully. Storage, even if temporary, should be effected only when the rate of humidity of the pods is stabilized at 6–8%. The threshing technique (uprooting, cleaning for 48 h, careful separation of pods followed by manual sorting of pods and drying in small layers) helps in obtaining pods, which are practically aflatoxin-free, provided they are harvested when fully matured. There is therefore a relationship between the improved farming techniques which lead to high productivity and good quality, on one hand, and techniques specific to prevention of aflatoxin on the other hand. In both cases, the objective is essentially to produce a healthy and marketable product in abundance.

1. CIRAD-CA, Agronome Programme Cultures Alimentaires, TA70/01 34398 Montpellier, France.

The problem, with regard to pricing and collection, will be to acknowledge the good quality of the product by working out and offering interesting prices. An experiment conducted in Senegal made it possible to establish a proper correlation between the specific weight of groundnut (by weighing double decaliter of shells from each batch) and its quality (maturity and filling). Thus three qualities and three corresponding purchasing prices were defined, as in the case of cotton. This system was abandoned for lack of an organization to handle separately the three qualities collected. But it is to be revived within the framework of the confectionery groundnut recovery project launched recently in view of achieving an integrated control of *Aspergillus flavus* at all stages of the production process from the plant materiel used (tolerant varieties) to delivery of healthy products.

The techniques applied at the initial stages of the industrial process involved essentially removing the seed susceptible to *A. flavus* and containing toxins. There will be quality controls (visual and densimetric) followed by a series of operations including cleaning, elimination of free seed shelling, removal of debris and broken seed, grading, and finally, colorimetric sorting making it possible to remove the seed with abnormal color. In Senegal all these techniques combined with a control-certification program should lead to defining an internationally recognized label which will help improve the market of confectionery groundnut and meet the sanitary standards imposed by importing countries. Improving the quality of the final product will help to propose in upstream to producers, a more profitable price than the one offered for the ordinary production meant for oil extraction. Rational organization of the sector will lead to the treatment of first grade groundnut of exportable quality and low quality groundnut will be sent for oil extraction.

Molecular Strategy for Groundnut Preharvest Aflatoxin Elimination: Recent Advances and Future Prospects

Danièle Clavel[1]

The traditional methods used for studying host-plant resistance to *A. flavus* are not conducive to identifying the specific components or metabolites that directly affect aflatoxin biosynthesis. Moreover, after twenty years of research in this area, no valuable sources of resistance have been found, particularly in the groundnut germplasm. Since conventional breeding methods for controlling aflatoxin are partially effective, novel biotechnology methods are needed to develop preharvest host-plant resistance to aflatoxin accumulation. This research concerns improving knowledge on: (1) the fundamental biological mechanisms that regulate aflatoxin biosynthesis by the fungus; and (2) the host-plant resistance factors to aflatoxin accumulation.

The state of knowledge on biotechnological strategies will be analyzed at the following three levels: fungal, host-plant resistance, and effects of environmental factors (drought stress).

Fungal level

Gene manipulations are used for monitoring the molecular regulation of aflatoxin within the fungus. The successful cloning of genes involved in aflatoxin biosynthesis will lead to their use as "molecular tools" for identifying agents and compounds that may naturally inhibit the aflatoxin biosynthetic pathway and genes. The main results concern the mapping of a single 75 kilobase gene cluster, upon which reside several genes governing the aflatoxin biosynthetic pathway, and promoter-reporter gene technologies used in maize. On this species, gene constructions linking the *Ver1* gene, which is an aflatoxin biosynthesis gene, to the reporter gene GUS were used to measure aflatoxin related gene expression and *A. flavus*-GUS transformants were successfully used for assessing fungal growth and the degree of fungal infection in maize kernels.

1. CIRAD, CERAAS-CORAF, BP 3320 Thiès-Escale, Thiès, Senegal.

Host-plant resistance

Molecular markers

Molecular marker assays have detected little variation at the nucleic acid level, even though cultivated groundnut varieties show considerable variation in agronomic and morphological traits. Preliminary attempts to associate seed storage protein markers showing different electrophoretic profiles, with recognized aflatoxin resistance, have been unsuccessful. Groundnut marker assisted selection appears, therefore, to be a limited method especially in case of breeding for resistance to aflatoxin where there are no clear differences between resistant and susceptible genotypes. Another approach based on a better knowledge of biochemical mechanisms developed in response to the fungal infection and environmental change is being developed. The first step consists in establishing the identity of plant mechanisms that inhibit aflatoxin formation in groundnut. This is followed by research on the enhanced host-plant resistance by incorporating specific antifungal genes into plant varieties through genetic engineering. The existence of various methods for the transformation and regeneration of fertile plants render this approach realistic for groundnut.

Candidate gene for antifungal enzymes in groundnut

Groundnut produces stilbene phytoalexin in response to fungal infection. The gene encoding the stilbene synthase, which is a key enzyme in stilbene biosynthesis, was successfully expressed in tobacco. It is postulated that enhancing the production of stilbenes in groundnut seeds by gene transfer makes them less prone to fungal infection.

The lipoxigenase enzymes (LOXs), recently characterized and cloned, are suspected of playing an important role in the *Aspergillus*/seed interaction. *Pn* LOX1 (*Pn* for peanut) expression in groundnut cotyledon infected by *A. flavus* leads to a differential pattern of hydroperoxy linoleic acid, primary product of LOXs. Thus the study of LOXs expression might provide some support to screen genotypes.

Environmental factors: drought effects on maturation process and cell membrane stability

Drought has a strong effect on the biocompetitive (phytoalexins, antifungal protein) or protective compounds (phenols), which influence the growth of

A. flavus and aflatoxin synthesis. It also prevents proper maturation of groundnut seeds. Aflatoxin contamination decreases in seeds which are mature when harvested. As the moisture content in groundnut seed decreased during drought the capacity of the seed to produce phytoalexin decreased, resulting in fungal activity and aflatoxin contamination.

Due to their free-radical nature, fatty acid hydroperoxides and primary products of LOXs are capable of producing membrane damage and promoting cell death. *Pn*LOX1 gene being constitutively expressed in immature cotyledon, its activity is probably required for proper maturation of groundnut. Interestingly, some of the enzymes involved in the responses to fungal attacks such as chitinases, osmotins, peroxidases, and proteases are also involved in drought stress response through cell membrane-mediated mechanisms. Then, it is assumed that examining enzyme role and function, through cloning enzymes involved in cell membrane stability under infestation associated to drought controlled conditions, could lead to the detection of useful variations between genotypes, and provide molecular tools for selection of resistant lines.

Methods for Aflatoxin Detection in Research

David M Wilson[1]

The major constraint to successful research progress on reducing aflatoxin contamination in the field and marketplace worldwide on all crops is the cost and difficulty of aflatoxin measurement. There is a critical need for an easy and inexpensive screening method for aflatoxin content in research efforts. There has been relatively little effort put into simplified methods suitable for field work in the last 10 years. Since Charles Holiday retired from the United States Department of Agriculture (USDA) National Peanut Laboratory, Tifton, Georgia, USA and the advent of commercial aflatoxin products, there have been no concerted efforts to develop simple, inexpensive, and effective screening methods for aflatoxin determinations in groundnut. The method developed by Davis, Guy, and Deiner at Auburn University, USA led to the use of bromine or iodine in many HPLC and immunochemical methods that are currently used for quantitative analysis of aflatoxins, but no one has ever followed up their work to develop a screening method. There are also several other screening methods that show promise and need to be fully developed. The knowledge base for such methods exists. But the problem is how to develop a simple, cost-effective screening method that can be used in field research programs in aflatoxin management.

The USDA, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), universities, and several commercial concerns have developed immunochemical methods such as enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for aflatoxin measurement but this approach is limited by equipment and expertise in most cases. Other immunochemical methods are more labor intensive and not well suited for large numbers of samples because of cost factors. The University of Georgia, Tifton has made progress in developing a simplified HPLC method that requires no cleanup, but the HPLC needs to be maintained to keep operational. Binding the toxin on a matrix and shipping the material to a laboratory that can perform the analysis by TLC, HPLC, or immunochemical methods is another possible

1. Department of Plant Pathology, University of Georgia, Coastal Plain Experimental Staion, PO Box 748, Tifton, GA 31793, USA.

approach. The challenge is to optimize the methodology and to minimize the costs. Therefore, a major research thrust should be to develop such a screening method that can be used by any research scientist who will have confidence in the results.

In the last two years Dr Wellington Mubatanhema in our laboratory at Tifton has developed a simplified HPLC method for maize and groundnut, as part of his postdoctoral work supported by the USDA and the Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP). We had the opportunity this year to test the method using groundnut samples from the genetic screening program of Dr Corley Holbrook, USDA-ARS, Tifton. Briefly, Dr Holbrook uses the Vicam column and a fluorometer to read the aflatoxin B_1 + B_2 content. Dr Holbrook uses Aflatest B columns that only recognize aflatoxin B_1 and B_2 and do not see the G aflatoxins because the antibody has no affinity for the G aflatoxins. The method uses an average of 1.7 Vicam columns per test giving a recurring cost of about US$ 8.47 per sample for Vicam columns alone. Dr Mubatanhema used the same extraction, filtration, and dilution procedures that are in the Vicam extraction but he collected the extracts rather than running them through the Vicam column. The extracts were injected directly into the HPLC using a pre-column to guard the analytical column and the aflatoxins were separated on a C18 column. There were linear results from about 7 ppb total aflatoxins to over 50,000 ppb in maize and groundnut; the detection limit with this HPLC method was about 5 ppb total aflatoxins. If a lower detection limit is needed then one has to use existing verified methods for these samples. There is presently no suitable screening method for research on aflatoxin contamination of groundnut that is not excessively expensive because of material and labor costs. This kind of research is not a high technology approach; it is an attempt to control costs and improve efficiency in data collection. The method needs to be accurate from zero to 50,000 ppb of aflatoxins, but it does not necessarily have to indicate the small differences between 2 and 10 or 20 ppb of aflatoxins as would be required in a regulatory method. The intent of a screening method is to give a field researcher the ability to tell the difference between the high risk components and the low risk components of the management, environmental, or genetic factors that are important to the project. Once the broad separations are made then other methods that are more sensitive will be appropriate. Right now we have very sensitive methods that were developed for regulatory purposes and are not well suited to field research.

Hence, we have to incur very high cost for aflatoxin analysis and the relevant data is often not collected because of the cost factors.

Developing inexpensive efficient chemical and fungal screening methods will not solve the aflatoxin problem, but useful methods that can be used by any investigator will give us the opportunity to generate the relevant data to understand the problem. Then we can use this information to recommend management approaches in groundnut production and utilization that will actually help minimize aflatoxin contamination.

Session 5: General

West Africa and Groundnuts in the Millennium: A Peanut CRSP Perspective

J H Williams[1]

Research is undertaken to achieve a defined goal. If our goal was scientific progress we can point to many achievements and accomplishments. However, if our goal was the establishment of a vibrant groundnut industry in the region we can be less comfortable with the achievements to date. Looking into the future we need to address the reasons for less than desired progress and make amendments in what we do.

With a wide array of technical progress on the problem of aflatoxin we still find that aflatoxin is a major constraint to large-scale development in the region. Despite knowing what determines and influence aflatoxin contamination we find that most of the population is exposed to aflatoxins. About 33% of the population is exposed to levels that affect their general health. It is an urgent requirement to integrate and deploy all the available information and technologies. We need to examine the economics of this problem because it seems clear that they are not fully understood by the governments. This should be a priority for the scientists of the region, but they need to associate with those interested in the medical and public health areas.

Productivity of groundnut is less than half of the potential yield, despite a wide and impressive array of technologies that the scientists of the region have developed. Despite scientific progress yields are generally declining and we need to ask and answer hard questions if investments in agricultural research are to continue. We will also address labor as an issue in production. This is important because HIV will change labor availability and technologies appropriate for the future may be critical. It seems that the problems of technology adoption lie in the areas of policy, demand, social issues, and scale of operation. If we have little prospect of impact then research investments should stop.

We believe that new production technologies will only be adopted if they are sufficiently profitable to the justifiably sceptical farmers. One way to increase profitability to the farmer is to increase the demand by the

1. Peanut Collaborative Research Support Program, 1109 Experiment Street, Griffin, GA 30223, USA.

PREVIOUS PAGE BLANK

processors. We need to work with anyone of any scale who can create that demand. This means focusing on groundnut as a food and ingredient for higher valued products.

(A Program Supported by United States Agency for International Development (USAID) Grant No. LAG-G-00 96-90013-00.)

Development of High Protein Weaning Food by Extrusion Cooking Using Groundnut, Maize, and Soybean

W A Plahar[1], C K Gyato[1], and B Onuma Okezie[2]

A standardized extrusion cooking process was developed for the production of high protein weaning food based on groundnut, maize, and soybean. Major factors considered and evaluated in the product development process include the effects of blend formulation, extrusion temperature, and feed moisture content on ease of extrusion and product quality characteristics. The results showed that bulk density and hardness increased while expansion index decreased with increase in feed moisture content. At a fixed range of feed moisture content, however, product bulk density and firmness decreased while expansion index increased with increasing extrusion temperature. For ease of extrusion and best product quality in terms of sensory attributes and cooking properties, the following extrusion parameters were established for a blend formulation of 75% maize, 10% groundnut, and 15% soybean: feed particle size of 300–400 μm extruded using a screw speed of 500 rpm, with a feed rate of 4.6 kg min^{-1}, feed moisture content of 16–18%, and extrusion temperature of 100–105°C. Pair-wise comparison of the sensory attributes of porridges prepared from milled samples of the weaning foods showed detectable differences between the extruded products and the existing traditional counterparts, with very high scores for all the sensory attributes of the extruded products, especially the extruded raw (non-roasted) blend samples. In the Home-Use-Test, at least 92% respondents in two of the three major ecological zones of Ghana placed the overall sensory and functional characteristics of the extruded raw blend samples at 'highly acceptable'. The remaining 7% scored the sensory and functional quality attributes as 'acceptable'.

1. Food Research Institute, PO Box M20, Accra, Ghana.
2. Alabama A&M University, PO Box 1177, Normal, AL 35762, USA.

Nutritional Quality and Storage Stability of Extruded Weaning Food Based on Groundnut, Maize, and Soybean

W A Plahar[1], N T Annan[1], and B Onuma Okezie[2]

Samples of extruded high protein weaning foods were produced using a blend of groundnut, maize, and soybean to achieve the desired level of protein. Two sets of extruded products, based on a raw and a pre-roasted mix of ingredients were developed and characterized in terms of the hot paste viscosity characteristics, chemical and nutritional quality, amino acid composition, and storage stability. A comparative evaluation of the extruded products was undertaken in relation to two similar existing products: the traditional roasted maize flour weaning food, and the commercial product. In general, the extruded products had better nutritional quality than the traditional product as indicated by the high protein content and quality, and excellent rat growth response. For both types of extruded weaning foods developed, 60- to 100-fold increase in mean weight gain was recorded over the traditional sample. Correspondingly, the PER values of 2.3–2.5 were almost thrice the values obtained for the existing products. Significantly higher feed efficiency ratios were also obtained for the extruded products. Hematological data of test animals showed normal values of white blood cell (WBC) count, red blood cell (RBC) count, hemoglobin (Hb) levels, and packed cell volume (PCV) for all the weaning foods studied, except the existing traditional roasted maize flour. In terms of storage stability of the extruded products, predicted shelf life of 7.8–10.4 months was obtained for the extruded raw blend, and 5.6–7.1 months for the extruded pre-roasted blend when stored at the average ambient temperature of about 30°C in Ghana. In general, the pre-roasting treatment was found to reduce the quality characteristics of the extruded product.

1. Food Research Institute, PO Box M20, Accra, Ghana.
2. Alabama A&M University, PO Box 1177, Normal, AL 35762, USA.

Elements for a Reinforcement Project of Groundnut Seed Production in West and Central Africa

R Schilling[1]

Seed production systems: enquiry

The FAO/CORAF enquiry led to the following report:

- Voluminous groundnut seed, large and small with a low multiplication rate
- Low financial income from the crop = low request for certified seed
- Technical reference is insufficient; not much effort to improve the seed quality at postharvest level by farmers
- Seed production policies are not applied much or/and disparate
- Seed local capital is insufficient, mainly given by informal sector
- Institutional system is not very efficient = lack of foundation seed and coordination of supply and demand

Assessment of the seed production situation: operating consequences

Analysis of past experiences:

- Short-term project without durable effect
- Durable project characterized by:
  - Precise genealogical multiplication diagram
  - Centralized management of first generation and control function
  - Steady follow-up of first level seed (10% of the capital)
  - Seed leasing by cash sale or credit with reimbursement in kind or cash with interest

Competent and viable trader insertion in this system is not yet defined in the countries that started this change.

1. CIRAD-CA, Agronome Programme Cultures Alimentaires, TA70/01 34398 Montpellier, France.

Guidance proposals for a regional seed organization

- Reinforce varietal improvement national program and creation of regional program for common interest
- Standardization and uniformity of policies, procedures, legislation, and seed terminology
- Conservation and characterization of germplasm regional assembly
- Temporary maintenance of a multiplication foundation seed device to contribute to national program
- Maintenance of training, information, and technical support programs initiated by the Groundnut Germplasm Project (GGP) extended to seed sector
- Institutional support for a study on private trading sector and socio-economic constraints

For the seed production option, GGP experience and knowledge constitute an essential basis but still weak for downstream work to reach the ultimate objective: to make the required quality and quantity of groundnut seeds available to the small producers in Africa. This objective was established when GGP was initiated. Now, it is a matter of specifying the technical basis of an operation to be able to achieve it.

Experience of acquisition and the enquiry teaching led to the following fundamental guidance proposals, from which any groundnut seed production reorganization action in West and Central Africa should be inspired:

- Perpetuate and strengthen GGP acquisition.
- Establish, within national structures, a seed cell responsible for the contact between authorities and local operators, first, and also with the regional level (GGP).
- Global seed objective: Need of seed (survey of 14 countries) is around 600,000 t per year. It is accepted that a renewal by third of this capital, 200,000 t (level 2), is necessary to maintain the sowing capacity and ensure an appreciable productivity improvement. The last generation, leading to 200,000 t from 20,000 t, will be created either directly by farmers themselves from "mini-doses" used for sowing individual fields, either by cooperative management of their own seed production or by following local modalities which have to be defined.
- Devote important measures to level one (20,000 t) and involve private

professionals. In all scenarios, institutional sector will be limited in its actions to the key fields of foundation seed and controls. Quality norms will be established in function of users' technical level and investment capacity; norms would not have the effect, with the intention to follow international quality level, of imposing leasing price that would place certified seed out of reach of the small producer.

- Give responsibilities and strength to farmers' sector, which is in charge of level 2. This sector, called "informal", will take on the essential groundnut seed production. Progress will thus be made through this action of giving responsibilities and strength to the farmers' organization.
- Genealogical multiplication diagram and strategic stock central control.

Groundnut Germplasm Project (GGP)

A Working Group (WG) was constituted by the Groundnut Germplasm Project (GGP) under the guidance of CORAF with the following objectives:

- To exploit the results from the survey of the regional groundnut seed systems (1999);
- To continue the research work;
- To identify a plan of action for consolidating the GGP achievements; and
- To identify solutions to the constraints of groundnut seed sector.

The mandate of the WG was confirmed by the GGP Steering Committee in July 2000 and was approved by the FAO.

After a brief presentation of the objectives of the GGP and the reasons for constitution of the WG, two documents were presented during the Workshop. They were addressed to NARS of the groundnut-growing countries from the sub-region and to the institution member of GGP. This constitutes the first contribution of the WG and the mission allocated to them.

- The first document presents the GGP achievements from the start of the project and make the proposition for the actions to be taken on a continuous basis and consolidate the achievements which could constitute the scientific base for the backstopping of the operation for the seed production.
- The second document makes an exhaustive analysis of the information assembled during the regional survey of seed system. It also presents a typology of different situations and elaborates the technical basis for seed multiplication and distribution to farmers.

Groundnut Germplasm Project for West Africa: A Framework for a Follow-up

B R Ntare, A Mayeux, and J Ndjeunga[1]

The groundnut germplasm project (GGP) was initiated in 1996 and will end in June 2002 after an extension of one year at no cost. The International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) is the Project Executing Agency (PEA) in partnership with CIRAD and ISRA. The Common Fund for Commodities (CFC) through the Food and Agricultural Organization's Intergovernmental Group on Oilseeds, Oils and Fats (IGG/OOF) provided the grant. The goal is to enhance the productivity of groundnut and the sustainability of production systems in the West African region through provision of quality seed.

Accomplishments

The GGP has addressed groundnut production sustainability and biodiversity in the broad sense through project components consisting of germplasm assembly, maintenance and conservation, characterization of germplasm for traits of economic importance, germplasm distribution and exchange, foundation seed production, training and information dissemination. The project components addressed are of regional and/or global relevance.

Germplasm assembly and conservation

A short- and medium-term regional gene bank containing 6000 groundnut accessions has been established. A quarter of the accessions are from West African countries. Seed can be stored for up to 10 years without loss of viability, seedling vigor, or genetic integrity. In the short term, NARS can use this gene bank to duplicate their unique germplasm. There are opportunities for repatriation of groundnut germplasm to countries in the region on request.

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.

Germplasm characterization

The assembled germplasm has been characterized for the most important botanic and other agronomic traits. The data has been compiled in a catalog (Part I and II). In-country characterization and evaluation has been done in Nigeria, Mali, Burkina Faso, and Senegal and corresponding databases developed. Simplified groundnut descriptors have been compiled in a handbook and distributed to NARS in the region.

Germplasm evaluation

Germplasm has been screened for resistance to groundnut rosette disease. Seventy germplasm and over 100 breeding lines in various maturity groups with resistance to rosette were identified. Promising lines are being tested in regional adaptation nurseries and on-farm trials. The Institute of Agricultural Research (IAR), Nigeria has become a lead center for screening and breeding for resistance to groundnut rosette virus (GRV) in the region.

Peanut clump virus is soilborne as well as seedborne and is widespread in West Africa. The disease has implications in germplasm movement and exchange in the region. Germplasm and breeding lines are monitored for the occurrence of any seed transmitted viruses to ensure production and distribution of virus free seeds.

Among foliar diseases, early and late leaf spots and rust are the most important. Thirteen and 21 stable sources of resistance have been identified for early and late leaf spots, respectively. Over 80 sources of resistance to rust were identified. Agronomically acceptable lines are being evaluated in regional on-station and on-farm trials in several countries in the region.

Work on Aflatoxin contamination concentrated on screening varieties and germplasm. A number of lines resistant to *A. flavus* and aflatoxin contamination have been identified and promising lines evaluated in regional trials.

Drought is an important factor limiting groundnut production in the region. Work conducted by ICRISAT and CIRAD in association with ISRA/ CERAAS has resulted in varieties, which produce reasonable yield at dry sites in the region.

Crop diversification in irrigated area offers an opportunity for irrigated edible groundnuts, which results in excellent quality harvest. A number of promising varieties developed by ICRISAT and ISRA are being tested in regional trials.

Distribution and exchange of germplasm

Seed requests have been met wherever seed quantities are permitted. Rejuvenation standards have been applied to ensure production of good quality seed for distribution and also help avoid genetic shifts that may be caused by selection pressure imposed during crop growth. Technical aspects of quarantine procedures have been documented in consultation with NARS partners. General principles and procedures in germplasm transfer and exchange have been established.

Foundation seed multiplication

A 4-ha farm was developed at ISRA, Bambey, Senegal with appropriate facilities (irrigation, seed processing, storage, etc). The most frequently requested elite breeding lines were also multiplied. The project has assisted NARS to improve production of breeder and foundation seed. An alternative conservation method under modified atmosphere was developed. A regional review of groundnut seed production systems in West Africa found that limited availability of good quality seed of appropriate varieties for planting remains a major constraint to groundnut productivity in the region.

Training

The project has endeavored, wherever possible, to strengthen the capability of national programs in their task of genetic resources conservation and groundnut production in general. A number of workshops and training courses have been held to foster interaction between NARS scientists and to upgrade skills in a number of aspects of groundnut research and development.

Information dissemination

Project results have been published in annual reports, newsletters, catalogs, training manuals and electronic media. Project staff shared their achievements with their colleagues at regional and international conferences.

What needs to continue

Germplasm maintenance and conservation

Most national programs in the region still lack basic germplasm conservation facilities and have limited communication and documentation systems. The distribution of germplasm remains to be of paramount importance and may be attributed to conservation of the collections. The objective is thus to further strengthen conservation and utilization of groundnut genetic resources. One of the activities that could impact on ex-situ conservation of groundnut in West Africa is the search for an alternative to cold storage. Cold storage is considered to be the best conservation method, but it requires high investment and operational costs. This has significant implications for development. The expected outputs are:

- Safe and cost-effective ex-situ conservation of groundnut diversity.
- Evaluation of the impact of adoption of new varieties on biodiversity.
- Development of alternative low cost effective conservation methods.

Germplasm distribution

A working collection has been established at the regional level to reinforce and secure groundnut biodiversity. An appropriate system must be developed and maintained to facilitate access and distribution of germplasm to all stakeholders. The expected outputs are:

- Easy access to regional collection.
- Distribution of pest-free germplasm.

Variety promotion and demand assessment

A number of varieties have been screened and proven tolerant or resistant to foliar diseases, groundnut rosette, aflatoxin contamination, and drought. Varieties suitable to the confectionery market have also been identified. However, a range of constraints still remains unresolved. The project will build on gained experiences and those of other projects already in the region to increase farmer income through uptake of improved groundnut varieties.

The expected outputs are:

- Promotion of identified groundnut varieties with traits acceptable to farmers and processors using participatory procedures.

- Assessment of the medium-term demand for confectionery versus oil extraction, dual-purpose groundnut, etc. in rural communities of West Africa.
- Assessment of acceptability of new groundnut varieties, evaluation of constraints to broader adoption, and identification of options for resolving the constraints.
- Reliable mechanisms for developing, on a regular basis, new superior varieties that are required for introduction into national seed multiplication systems at frequent intervals.

Seed multiplication, distribution, and storage

The supply of improved seed in most West African countries remains insufficient. Therefore there is a need to strengthen the national seed systems to ensure that different categories of stakeholders have access to good quality breeder and foundation seeds in adequate quantities, at the right time and places and at affordable prices.

The expected outputs are:

- Opportunities for improving the efficiency of breeder and foundation seed production and distribution.
- Examination of the structure of incentives for the production and distribution of groundnut seed. Assessment of the relative roles of public and non-governmental organizations and private seed production and distribution channels.
- Diagnosis of groundnut-marketing problems and identification of options for resolution.
- Adoption of appropriate pricing policies for breeder, foundation, and certified seed aimed at sustainability of seed industry.
- Development of private sector enterprises into small-, medium-, and large-scale seed ventures.
- Dependable contract growers with entrepreneurial skills developed.
- Maintenance of high quality standards for all classes of seed through quality control and certification program.
- Improvement of various facets of seed production (processing and quality control).
- Institutional reforms leading to changes in the roles and responsibilities of the public sector, accelerating development of the seed programs, pricing of seeds, improving the effectiveness of seed certification, and quality control operations.
- Seed security stocks.

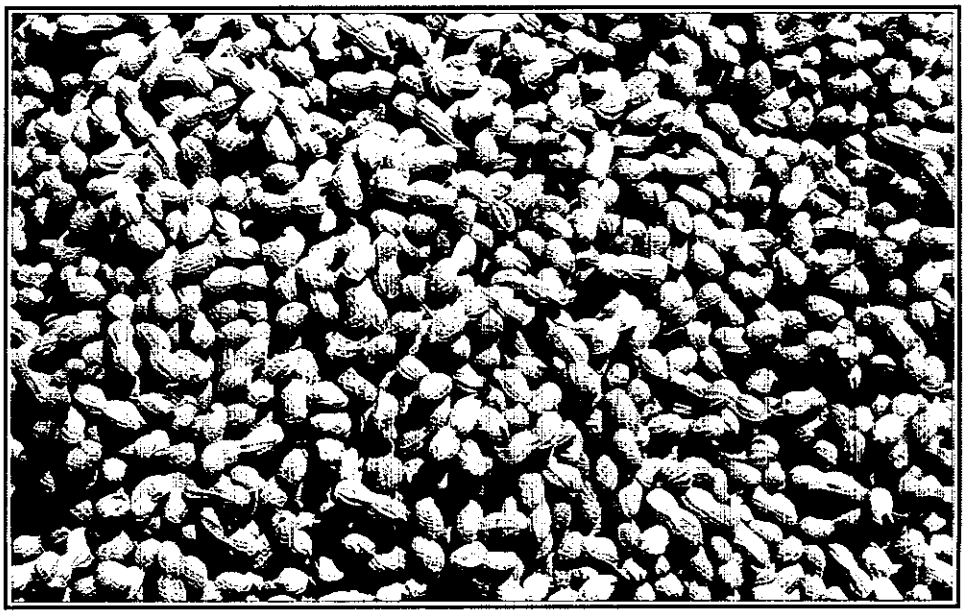
Documentation and information dissemination

Accessibility to information is still a major problem in NARS of West Africa. There is still a need to develop efficient documentation of information at NARS level in the form of databases such as prices, markets, seed laws, quarantine, intellectual property rights, input delivery systems, product quality, etc. These need to be disseminated widely.

The expected outputs are:

- Technical manuals and bulletins
- Newsletter
- Variety catalog and maps
- Targeted workshops
- Public awareness brochures

Clossing Session



Closing Remarks

G Agbahunga[1]

Dr Farid Waliyar, Representative of the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT); Dr Williams, Director of Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP); scientists from other national agricultural research systems (NARS); ladies and gentlemen!

You have been examining for three consecutive days, the major constraints to groundnut production in West and Central Africa in the light of the research activities carried out. You have particularly been concerned with the problems of production of improved seed. The aflatoxin problems which represent a particular threat to production have been strongly highlighted.

Moreover, on opening the workshop on Wednesday, 6 December 2000, the Permanent Secretary of the Minister of Rural Development of Benin, who stood in for the latter, presented to you the actual situation of groundnut sector in Benin and in the sub-region. He highlighted the expectations of Benin and also those of the entire sub-region. As far as agronomic research is concerned, the need to focus on impacts was highlighted as absolute necessity for scientists to meet the requirements of partners and decisions makers.

I have listened attentively to your rapporteur as well as the recommendations made by your workshop.

I can assure you that our hopes are filled. It is therefore my duty to forward to the Benin authority the recommendations and proposals addressed to them. These proposals will inform decisions on capacity building of the NARS and the support for the regional program. I can but highlight, at this juncture, the atmosphere of frank collaboration which prevailed throughout the Cotonou meeting, thus displaying the spirit of harmonious complementarity among the NARSs and international agricultural research centers (IARCs), with particular reference to ICRISAT, as well as regional and bilateral cooperation between countries and cooperation with universities of the North.

I cannot conclude this intervention without thanking ICRISAT, Peanut CRSP, CORAF, Sasakawa-Global 2000 and all the other partners who contributed effectively to the organization of the Cotonou workshop, which has been quite successful.

1. Representative of the Director General of INRAB, BP 884 Cotonou, Benin.

PREVIOUS PAGE BLANK

I would also like to commend the joint effort by ICRISAT and INRAB in organizing this workshop – an effort that has proved to be a success and I congratulate all the members of this team.

My special thanks go to Dr Farid Waliyar of ICRISAT. We have been told that he is the architect of this regional workshop on groundnut.

I thank the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) for providing this workshop with interpretation services.

My thanks also to all the participants who have come from far away places (Africa, Europe, and United States) as well as the local participants.

While wishing you safe journey back to your respective countries, I, on behalf of Benin, declare the Seventh Regional Workshop on Groundnut for West and Central Africa closed.

Thank you.

Recommendations

Recommendations

Special Session on Aflatoxin

The following recommendations were made during the session:

- In view of the complex nature of the subject it is henceforth necessary to adopt an integrated approach involving all the sectors engaged in ensuring food safety, with reference to aflatoxin (research, health, trade, economy).
- There are a lot of sectoral technical results; it is, however, necessary to group them together under a global model for management of contamination of groundnut by aflatoxin.
- Greater importance should be given to socioeconomic studies related to aflatoxin contamination, research on market development, economic cost of aflatoxin, etc.
- A strategic plan should be prepared taking into account all aspects of research, marketing, health extension work, etc. This plan is expected to serve as a basis for integration of research activities and search for new financing sources for the latter.

Recommendations

- All means available should be used to promote groundnut within the economies of countries in the region.
- Value adding opportunities need to be identified and developed to create better returns to farmers.
- Emphasis should be on groundnut as a food source rather than oil because of other competing vegetable oil sources (soybean, sunflower, and cotton).
- Groundnut is a source of essential nutrients and plays a significant role in reducing obesity problems.
- Market development is a fundamental requirement for promotion of groundnut.
- There is a need for a coordinated approach to groundnut research and development in the region.

PREVIOUS PAGE BLANK

Participants

Benin

J Detongnon
Director General
INRAB
BP 884 Cotonou
Tel: (229) 30 02 64
Fax: (229) 30 37 70
E-mail: inrabdg4@bow.intnet.bj

M Adomou
Responsable Programme Arachide
Direction Scientifique
INRAB
BP 884 Cotonou
Tel: (229) 30 02 64
Fax: (229) 30 37 70
E-mail: madomou@yahoo.com

Burkina Faso

Sankara Philippe
Université de Ouagadougou
03 BP 7021 Ouagadougou
Tel: (226) 36 48 60 / 21 15 97
Fax: (226) 30 72 42
E-mail: sankph@fast.univ-ouaga.bf

Cameroon

Thomas Mekontchou
Sélectionneur
IRAD
BP 163 Foumbot
Tel: (237) 44 58 14 / 44 22 27

France

R Schilling
CIRAD-CA
Agronome Programme Cultures Alimentaires
TA70/01 34398 Montpellier
Tel: 04 67 61 58 78
Fax: 04 67 61 56 93
E-mail: robert.schilling@cirad.fr

Ghana

P G Lokko
Senior Scientific Officer
Food Research Institute
PO Box M20
Accra
Tel: (233) 50 28 84
Fax: (233) 50 28 84
E-mail: plollo@libr.ug.edu.gh

W A Plahar
Director/Chief Research Scientist
Food Research Institute
PO Box M20
Accra
Tel: (233) 21 777 330 / 761209
Fax: (233) 21 777 647
E-mail: fri@ghana.com

F K Tsigbey
Pathologist
SARI
PO Box 52
Nyankpala-Tamale
Tel: (233) 71 22 411
Fax: (233) 71 23 483

India

H D Upadhyaya
ICRISAT
Patancheru 502 324, Andhra Pradesh
Tel: 91 40 329 6161
E-mail: h.upadhyaya@cgiar.org

Mali

Bamory Diarra
Chef de Laboratoire Biochimie
IER
BP 262 Sotuba, Bamako
Tel: (223) 24 24 49

J Ndjeunga
Agricultural Economist
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: j.ndjeunga@icrisatml.org

B R Ntare
Selectionneur/Principal Scientist
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: b.ntare@icrisatml.org

Kodio Ondié
Chef Programme Arachide
CRRA
BP 281
Kayes
Tel: (223) 252 2005
Fax: (223) 252 2005
E-mail: CRRA.kayes@ier.ml

R Tabo
Groundnut Phytopathologist
ICRISAT
BP 320 Bamako

A Traoré
Scientific Officer
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: a.traore@icrisatml.org

F Waliyar
Groundnut Phytopathologist
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: f.waliyar@icrisatml.org

Mauritania

Sidi-R'chid
Agronomist
CNRADA
BP 22 Kaedi
Tel: (222) 535 378
Fax: (222) 535 377
E-mail: cnrada@opt.mr

Nigeria

Cheick Dia
Interprète
IITA
OYO Road
Ibadan
Tel: (234) 2 241 2626
E-mail: c.dia@cgiar.org

V C Umeh
Entomologist
National Horticultural Research Institute
PMB 5432, Idi-Ishin
Jericho Reservation Area
Ibadan
Email: emnumea@skannet.com

Senegal

Arthur Dasylv
Production Semence
ISRA/CNRA
Chef Service Production Semences
BP 53 Bambey
Tel: (221) 973 63 36
Fax: (221) 973 63 37
E-mail: upse@telecomplus.sn

Danièle Clavel
Sélection arachide
CIRAD
CERAAS-CORAF
BP 3320 Thiès-Escale, Thiès
Tel: (221) 951 49 93
Fax: (221) 951 49 95
E-mail: clavel@cirad.fr
ceraas@sentoo.sn

Hanne Lamine
Free-lance
Communication/Interprète
BP 6482 Dakar Etoile
Tel: (221) 820 43 37 / 638 82 81
E-mail: hannelamine@hotmail.com
lhanne@telecomplus.sn

A Mayeux
Genetic Resources/Project Manager
CIRAD
GGP
BP 6478 Dakar Etoile
Tel: (221) 823 9265
Fax: (221) 823 9265
Email: mayeux@sonatel.sn

Ousmane Ndoye
Sélection/Chercheur
ISRA-CNRA
BP 53 Bambey
Tel: (221) 973 60 50
Fax: (221) 973 63 48
E-mail: ousndoye@syfed.refer.sn

M Sene
ISRA
BP 53 Bambey
Tel: (221 973 63 48
Fax: (221) 973 63 48
E-mail: modousen@refer.sn

Sierra Leone

M T Moseray
IAR
PMB 540, Freetown

Togo

N Bitignime
Agronome/Chef Programme
ITRA/CRA-SH
Légumineuses à Graines
BP 88 Sotouboua
Tel: (228) 53 00 32
Fax: (228) 53 00 32

UK

F M Kimmins
Entomologist/Deputy Manager
Crop Protection Programme
MR International
Pembroke Chatham Maritime
Chatham, Kent
Tel: 01634 883306
E-mail: F.M.KIMMINS@GRE.AC.UK

USA

C Corley Holbrook
Research Geneticist
USDA-ARS
PO Box 748
Costal Plain Experimental Station
Tifton, GA 31793
Tel: 912 - 386 3176
Fax: 912 - 386 3437
E-mail:
holbrook@tifton.cpes.peachnut.edu

Curtis Jolly
Agro-Economist, Professor/Researcher
Department of Agricultural Economics
Auburn University
AL 36830
Tel: 334 884 5613
Fax: 334 844 5639
E-mail: ejolly@acesag.auburn.edu

David M Wilson
Mycotoxin/Professor
Department of Plant Pathology
University of Georgia
Coastal Plain Experimental Station
PO Box 748
Tifton, GA 31793
Tel: 912 384 3368
Fax: 912 386 7285
E-mail:
Dwilson@tifton.cpes.peachnet.edu

Keith T Ingram
Agronomy/Associate Professor
Department of Crop and Soil Sciences
1109 Experiment Street
Griffin, GA 30223-1797
Tel: 1 720 412 4045
Fax: 1 720 229 3215
E-mail: kingram@griffin.peachnet.edu

Mike Bertelsen
Economist
OIRD Virginia Tech.
1060 Litton Reaves Hall Blacksburg,
VA 24061-0334
Tel: (540) 231 6338
Fax: (540) 231 6741
E-mail: bertl@vt.edu

Mohamed Ahmedna
Assistant Professor
Food Science and Nutrition
171 Carver Hall
North Carolina A&T State University
Greensboro, NC 27411
Tel: 336 334 7963
Fax: 336 334 7239
E-mail: ahmedna@ncat.edu

B Onuma Okezie
Professor, Food Science/Nutrition &
Director, International Programs
Alabama A&M University
Office of International Programs
PO Box 1177
Normal, AL 35762
Tel: (256) 851 54 18
Fax: (256) 851 51 96
E.mail: Ookezie@aamu.edu

Richard Mattes
Nutrition/Professor
Purdue University
212 Stone Hall
W Lafayette, IN 47907-1264
Tel: 765 494 0662
Fax: 765 494 0416
E-mail: MATTES@CFS.PURDUE.EDU

Terry Hardt
Government Officer
USAID
Suite A-52, 1730 W Lynn St
Arlington, VA 2209
Tel: 202 712 0434
E-mail: THARDT@USAID.GOV

J H Williams
Program Director, Peanut CRSP
University of Georgia
1109 Experiment Street
Griffin, GA 30223
Tel: 770 228 7312
Fax: 770 229 3337
E-mail: crspgrf@gaes.griffin.peachnet.edu
twillia@griffin.peachnet.edu

ICRISAT

CORAF

Peanut CRSP

INRAB Benin

Comptes rendus de la septième réunion régionale de l'ICRISAT sur l'arachide en Afrique occidentale et centrale

Référence: Waliyar, F. et Adomou, M. (ed.). 2002. Comptes rendus de la septième réunion régionale de l'ICRISAT sur l'arachide en Afrique occidentale et centrale, Cotonou, Bénin (En an, fr. Résumés en an, fr.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, Inde: Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides. 204 pp. ISBN ISBN 92-9066-450-9. Code de commande CPE/F 142.

Résumé

Des chercheurs provenant de 13 pays de l'Afrique occidentale et centrale (Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Ghana, Mali, Mauritanie, Nigéria, Sénégal, Tchad et Togo), de France, d'Inde, des USA et du Royame-Uni ont assisté à la septième réunion régionale sur l'arachide.

Des représentants des institutions régionales et internationales, des organisations non gouvernementales et des associations paysannes locales y ont également participé. La réunion a été conjointement organisée par l'ICRISAT et l'INRAB au Bénin avec l'appui de Peanut CRSP, de la CORAF, et du Sasakawa-Global 2000.

Ayant comme thème principal "le problème de l'aflatoxine en Afrique de l'Ouest et du Centre", la réunion a eu pour objectifs de faire le point sur les acquis de la recherche et du développement de l'arachide dans la région; de permettre aux participants d'examiner ensemble, les contraintes à la production arachidière et les moyens de les lever; d'identifier des besoins futurs; et de faciliter la collaboration entre les partenaires nationaux, régionaux et internationaux. L'une des séances de l'atelier a aussi servi de troisième réunion officielle du Groupe de travail sur les aflatoxines qui a été créé en 1994. Les recommandations de ce Groupe de travail et celles de la réunion sont incluses dans ces comptes rendus, aussi bien que les 27 communications présentées lors de la réunion.

Les avis exprimés dans cette publication sont ceux des auteurs et non pas forcément ceux de l'ICRISAT. Les appellations employées dans la publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'ICRISAT, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Si des spécialités commerciales sont nommées, cela ne signifie ni préférence, ni discrimination de la part de l'Institut à l'égard de certains produits.

Comptes rendus de la septiéme réunion régionale de l'ICRISAT sur l'arachide en Afrique occidentale et centrale

6–8 décembre 2000
Cotonou, Bénin

Editeurs

Farid Waliyar et Moustapha Adomou

ICRISAT
Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides
Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, Inde

2002

La réunion a été organisée sous l'égide de

Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT)

Institut National de Recherche Agronomique du Bénin (INRAB)

Programme d'appui à la recherche collaborative sur l'arachide (Peanut CRSP)

Conférence des responsables de la recherche agronomique africains (CORAF)

Sasakawa-Global 2000 (SG 2000)

Comité d'organisation

ICRISAT: F Waliyar, B R Ntare, Bintou Keita, Aoua Traoré, Boubakary Cissé

INRAB: J Detongnon, M Adomou, G Agbanhungba, Henriette Hodonou Gotoechan, Calixte Houndonougbo, Antoine Affokpon et Roger Degbessou

Remerciements

Nous sommes reconnaissants aux membres de comité de gestion de l'ICRISAT pour le soutien à l'organisation du 7ieme atelier sur l'arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre. Sans leur support nous n'aurions pas pu mener un atelier aussi réussi.

Nous remercions également les bailleurs de cet atelier (CORAF, Peanut CRSP, Sassakawa Global 2000 et INRAB) pour leur aide financière.

Nous voulons remercier l'IITA, particulièrement Dr Peter Neuenschwander pour sa collaboration efficace durant l'atelier.

Nous voulons remercier les membres de comité d'organisation des deux instituions (ICRISAT et INRAB)

L'ICRISAT

Les zones tropicales semi-arides (SAT) couvrent des régions de 48 pays en développement dont une majeure partie de l'Inde, des régions de l'Asie du Sud-Est, une bande de l'Afrique subsaharienne, une grande partie de l'Afrique australe et orientale et des régions de l'Amérique Latine. Bon nombre de ces pays sont parmi les plus pauvres du monde. Environ 1/6e de la population mondiale vit dans les zones tropicales semi-arides, qui se caractérisent par un climat imprévisible, une pluviométrie faible et irrégulière et des sols pauvres en éléments nutritifs.

Les cultures qui font partie du mandat de l'ICRISAT sont : le sorgho, le mil, l'éleusine, le pois chiche, le pois d'Angole et l'arachide. Ces six cultures sont vitales pour la survie de populations sans cesse croissantes des zones tropicales semi-arides. L'ICRISAT a pour mission de mener des recherches susceptibles d'aboutir à une production accrue et durable de ces cultures et à une meilleure gestion des maigres ressources naturelles des zones tropicales semi-arides. L'ICRISAT transmet les informations sur les technologies, au fur et à mesure qu'elles sont mises au point, par le biais d'ateliers, de réseaux, de formations, des services de documentation et de publication.

Créé en 1972, l'ICRISAT est l'un des 16 centres de recherche et de formation à but non lucratif financés par l'intermédiaire du Groupe Consultatif de Recherche Agricole Internationale (CGIAR). Le CGIAR est une association informelle d'environ 50 bailleurs de fonds du secteur public ou privé. Le CGIAR est financé conjointement par l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le Programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD), le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE) et la Banque Mondiale.

Table des matières

Séance d'ouverture

Allocution d'ouverture
M Cosme Akpodji 3

Discours d'ouverture
F Waliyar 6

Peanut CRSP (Programme d'appui à la recherche collaborative sur l'arachide) 8

Discours de bienvenue
J Detongnon 9

Séance 1: Agronomie

Performance des génotypes d'arachide introduits en zone ouest du Mali
Kodio Ondié 13

Influence du sarclobuttage de prélevée et de la profondeur de semis sur la densité à la levée en cas de sécheresse de début de cycle
M Sene 15

Evaluation agronomique en milieu paysan des variétés CRSP dans deux localités du Burkina Faso
Zagre Bertin et Sankara Philippe 17

Comportement des nouvelles lignées de l'ICRISAT au Togo
N Bitignime 18

La culture de l'arachide en Mauritanie
Sidi-R'Chid 19

Evaluation d'un groupe d'arachides de bouche pour le rendement et l'adaptabilité au Nord Cameroun
Thomas Mekontchou, Timothé et T Schilling 21

La production de l'arachide en Sierra Leone: problèmes et besoins de la recherche
M T Moseray 22

Séance 2: La sélection

Hérédité de la précocité sur la date de première floraison chez l'arachide
Zagre Bertin, Fanja Mondeil et Didicr Balma 25

Sélection de l'arachide pour la résistance à la contamination par l'aflatoxine avant la récolte
C Corley Holbrook, David M Wilson et Michael E Matheron 27

Techniques de sélection pour la dormance des graines fraîches chez les variétés précoces d'arachide 30
Ousmane Ndoye et Charles E Simpson

Amélioration génétique pour la résistance à la contamination de l'arachide par les aflatoxines 32
H D Upadhyaya, S N Nigam et R P Thakur

Séance 3: Pathologie/Entomologie

Progrès dans la lutte contre la maladie de la rosette chez l'arachide en Afrique occidentale et centrale : un apercu 43
Bonny R Ntare, P E Olorunju et F Waliyar

La simulation du rendement de l'arachide affectée par la cercosporiose tardive dans le nord du Bénin 46
M Adomou, P V Vara Prasad, K J Boote, J Detongnon et A O Sanni

Prédisposition de génotypes d'arachide à l'attaque des termites et aux infections fongiques 49
V C Umeh, F Waliyar et A Traoré

La gestion des maladies foliaires chez l'arachide dans le nord du Ghana avec l'utilisation de fongicides, d'extrait de graines de neem et du savon local 51
F K. Tsigbey, J E Bailey et S K Nutsuaah

Evaluation des variétés d'arachide résistantes à la maladie de la rosette et leurs impacts sur les conditions de vie des paysans dans le système Teso de l'Ouganda 53
F M Kimmins, C Busolo-Bulafo, P van der Merwe, R A Naidu et P Subrahmanyam

Nuisibles de l'arachide, cas des termites et leur rôle dans la contamination par l'aflatoxine : Aperçu et perspectives de recherches 55
O Youm, F Waliyar, V C Umeh, M Yacouba et B R Ntare

Séance 4: L'aflatoxine

La gestion de la contamination de l'arachide par l'aflatoxine 59
F Waliyar, A Traoré et R Tabo

Contrôle de l'aflatoxine après récolte : Application à la filière africaine de l'arachide de bouche 62
R Schilling

Stratégie moléculaire pour l'élimination de l'aflatoxine chez l'arachide à la pré-récolte: Progrès récents et perspectives 64
Danièle Clavel

Méthodes de détection des aflatoxines 67
David M Wilson

Séance 5: Général

L'Afrique de l'Ouest et les arachides dans le nouveau millénaire: Une perspective CRSP 73
J H Williams

Développement de l'aliment de sevrage à haute valeur protéique par extrusion par cuisson en utilisant l'arachide, le maïs et le soja 75
W A Plahar, C K Gyato et B Onuma Okezie

Qualité nutritionnelle et stabilité de conservation de l'aliment de sevrage à base d'arachide, de maïs et de soja 76
W A Plahar, N T Annan et B Onuma Okezie

Eléments pour un projet de renforcement de la production semencière d'arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre 77
R Schilling

Projet Germplasm Arachide (GGP) 80

Projet Germplasm Arachide pour l'Afrique de l'Ouest – Un cadre pour le futur 81
R Ntare, A Mayeux et J Ndjeunga

Séance de clôture

Allocution de clôture 89
G Agbahunga

Recommandations

Recommandations 93

Liste des participants 95

Séance d'ouverture

Allocution d'ouverture

M Cosme Akpodji[1]

Monsieur le Représentant du Directeur Général de l'ICRISAT;
Monsieur le Directeur Général du Programme d'appui à la recherche collaborative sur l'arachide;
Monsieur le Représentant du Conseil Ouest et Centre Africain de la Recherche pour le Développement Agricoles (CORAF);
Monsieur le Directeur du Projet Germplasm Arachide;
Messieurs les Conseillers Techniques;
Messieurs les Directeurs Généraux;
Chers Invités;
Mesdames, Messieurs;

C'est pour moi un réel plaisir de procéder ce jour, 6 décembre 2000, à l'ouverture du 7ème atelier régional sur l'arachide en Afrique occidentale et centrale.

Je voudrais tout d'abord souhaiter la bienvenue à vous tous, chercheurs venus des Universités Américaines, du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD /France), de l'Inde, du Conseil Ouest et Centre Africain de la Recherche pour le Développement et des Systèmes Nationaux de Recherche Agricole de notre sous-région, pour y prendre part.

Chers participants, je voudrais aussi vous remercier pour le choix porté sur le Bénin pour abriter cette rencontre de haute portée scientifique.

Votre présence à Cotonou témoigne également de l'intérêt que vous portez à la recherche agricole en général et à la recherche arachidière en particulier.

C'est l'occasion pour moi d'adresser mes sincères remerciements au Directeur Général de l'Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides (ICRISAT) pour la coopération active que son Institut entretient avec le Bénin à travers divers programmes et réseaux de recherche. Cette coopération est très appréciée au niveau des réseaux sorgho et mil, que sont ROCARS et ROCAFREMI, du réseau arachide, du

1. Director of Cabinet of the Minister of Rural Development, BP 884 Cotonou, Benin.

Projet de Gestion des Ressources Génétiques de l'Arachide, et d'autres encore, tous en appui au développement des cultures de base dans notre sous-région.

Mesdames et messieurs, au Bénin, l'arachide a occupé et occupe encore une place importante parmi, aussi bien les cultures vivrières que celles de rente. Notre pays présente une forte potentialité à la culture de l'arachide. En effet, 66% des surfaces utilisables pour l'agriculture sont aptes à cette culture. La superficie moyenne emblavée en 1999 est de 145.000 hectares pour une production moyenne de 121 000 tonnes.

L'arachide est consommée sous forme grillée, bouillie, transformée en huile et en beignets. Le béninois tire de l'arachide 5% de ses besoins en calories, 8,5% de ses besoins en protéines et 20,5% de ses besoins en lipides. C'est dire donc que, Mesdames et Messieurs, malgré le niveau de rendement encore faible, de l'ordre de 835 kg/hectare, l'arachide a une place très importante dans notre alimentation au Bénin. D'ailleurs, sur le plan de la consommation, les 4% de la valeur des dépenses des ménages en produits végétaux et animaux sont consacrés à l'achat de l'arachide ou de ses produits dérivés.

De plus, en tant que légumineuse fixatrice de l'azote atmosphérique, l'arachide contribue à la restauration de la fertilité de la ressource naturelle inestimable, qu'est le sol. Et nul n'ignore le rôle primordial que joue le sol dans la vie de l'homme. C'est de la terre que dépend encore aujourd'hui l'existence de l'homme.

La République du Bénin dans l'élaboration de sa politique de développement du secteur rural, a mis un accent particulier sur la recherche de solutions techniques appropriées tels les rotations, les assolements et les associations de culture, qui permettent d'élever très sensiblement la productivité des sols.

Le gouvernement béninois est convaincu que l'instrument le mieux approprié pour améliorer les faibles rendements observés actuellement est la recherche agricole. Aussi, les recherches sur l'arachide occupent -elles une place importante dans le plan directeur de la recherche agricole nationale. Mais le gouvernement est tout aussi convaincu que la recherche nationale doit s'appuyer sur une une forte coopération scientifique pour être plus efficace et efficiente.

C'est pourquoi, je voudrais apprécier à juste titre, la tenue de votre atelier au Bénin dont l'objectif est de faire le point des activités de

100

recherches réalisées au cours des deux dernières années et d'établir les bases futures de la collaboration entre les divers partenaires impliqués dans la recherche arachidière. Je puis vous assurer, Mesdames et Messieurs, du soutien du Gouvernement Béninois que j'ai l'honneur de représenter ici, ce matin.

Aussi suis-je d'ores et déjà convaincu, vu le niveau et les capacités scientifiques ici représentés, que les travaux de Cotonou aboutiront à d'importantes recommandations qui contribueront sans nulle doute, au développement de la filière arachidière dans notre sous-région. Je suis aussi persuadé que ces résultats influenceront en ce qui nous concerne au Bénin, le redéploiement des capacités nationales de recherche agricole en cours en faveur de cette culture d'arachide.

C'est sur ces mots d'espoir que je vous souhaite un bon séjour en terre hospitalière du Bénin, plein succès à vos travaux et je déclare ouvert ce jour mercredi 06 décembre 2000, le 7è atelier régional sur l'arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Vive la recherche agricole au service du développement,

Vive la coopération scientifique régionale et internationale,

Je vous remercie.

Discours d'ouverture

F Waliyar[1]

Monsieur le Directeur de Cabinet du Ministre du Développement Rural,
Monsieur le Directeur Général de l'INRAB,
Messieurs les Représentants des Centres internationaux et régionaux,
Messieurs les Représentants de la CORAF, de Peanut CRSP,
Messieurs les Représentants des programmes nationaux,
Chers participants,
Mesdames, Messieurs

Avant de commencer je voudrais vous demander d'observer une minute de silence à la mémoire de Dr K O Marfo, mort à la suite d'un accident d'avion et Dr Olin Smith de l'Université de Texas A&M, USA, mort d'une crise cardiaque.

Je vous remercie.

Permettez-moi de vous souhaiter la bienvenue à ce septième atelier régional sur l'arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Cette réunion a pour objectifs de :

- Faire le bilan des acquis, particulièrement des 2 dernières années.
- Développer des collaborations entre l'ICRISAT, les SNRA et les autres partenaires.
- Identifier les besoins futurs de la recherche sur l'arachide.
- Examiner le plan stratégique pour la recherche sur les aflatoxines en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Comme vous le savez, les contraintes de la production de l'arachide sont nombreuses. Certaines technologies ont été développées notamment dans le domaine du développement variétal. Mais l'impact réel de la recherche à ce jour reste timide. Il me paraît essentiel que l'ensemble de la recherche et les acteurs de développement fassent des efforts à ce que ces résultats arrivent au niveau des paysans. De nombreuses contraintes pour adoption de nos technologies existent et nous devons essayer de comprendre ces contraintes et d'apporter des solutions appropriées. L'indisponibilité de semence de qualité de variétés améliorées et adaptées aux besoins des producteurs est une des contraintes qui entravent la productivité d'arachide dans la sous-région.

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.

102

D'autres domaines de recherches restent à exploiter telle que l'amélioration de la qualité de l'arachide ainsi que son rendement en gousses et fanes. Pour cela nous avons besoin de faire une meilleure planification et d'accorder des priorités aux différents aspects de la recherche. C'est pour cette raison que nous avons prévu un groupe de travail afin d'analyser les priorités de la recherche future sur l'arachide et de proposer à l'assemblée de nouvelles orientations de recherche.

Concernant le problème de l'aflatoxine qui reste une préoccupation importante dans la région, un plan stratégique recommandé par le dernier atelier, a été développé et envoyé aux pays membres du groupe de travail sur l'aflatoxine.

A ce jour, ce document n'est pas finalisé et nous espérons que cet atelier prendra le temps nécessaire pour l'étudier, l'amender et l'adopter.

Du côté de l'ICRISAT, nous continuerons nos efforts de collaborations avec différents SNRA et des collaborations fructueuses ont pris place durant ces 2 dernières années à travers des projets collaboratifs.

Parmi les changements les plus importants concernant les programmes de recherche en Afrique, il faut noter que l'ICRISAT a mis l'accent sur la gestion des ressources naturelles, dont l'ICRISAT-Bamako est le centre d'excellence.

Je voudrais profiter de l'occasion pour remercier le CORAF, le Peanut CRSP, le Sasakawa-Global 2000 et bien sûr le Directeur du programme de la gestion des ressources naturelles de l'ICRISAT pour le support financier dans l'organisation de cet atelier.

Je voudrais sincèrement remercier les collègues de l'INRAB pour avoir tout fait pour organiser cet atelier. Je suis sûr que l'atelier se déroulera dans de très bonnes conditions et je tiens à remercier le groupe entier.

Monsieur le Président, permettez-moi pour finir de souhaiter beaucoup de succès aux travaux de cet atelier et j'espère que nos résultats de recherche seront utilisés et transférés par tous les moyens aux paysans nécessiteux de ces régions.

Je vous remercie.

Peanut CRSP (Programme d'appui à la recherche collaborative sur l'arachide)

Après avoir remercié le Dr F Waliyar pour son invitation à ce 7ème atelier, le Dr J H Williams a tout d'abord défini les domaines d'intervention du Peanut CRSP à savoir :

- la sécurité alimentaire (lutte contre l'aflatoxine)
- l'efficacité de la production
- les contraintes socio-économiques et l'analyse d'impact
- les problèmes de la technologie post-récolte (et commercialisation)

Concernant l'impact d'intervention du Peanut CRSP dans la sous-région Afrique de l'Ouest, il a entre autres déclaré que le développement est lent et que plusieurs contraintes sont à la base de cette lenteur (problème de la maladie du « Sida » entraînant des difficultés dans l'attente des objectifs fixés).

Il a aussi défini le rôle de l'intervention du Peanut CRSP à savoir :

- Partenariat entre les institutions universitaires
- Résoudre des problèmes communs

Le Peanut CRSP a affimé le Dr J H Williams est un soutien politique américain afin d'asseoir un programme durable de collaboration.

105

Discours de bienvenue

J Detongnon[1]

Monsieur le Conseiller Technique à la Recherche et à l'organisation paysanne
Monsieur le Représentant de l'ICRISAT
Monsieur le Directeur du CRSP Arachide
Messieurs les Représentants des Organisations internationales et régionales
Honorables invités
Mesdames, Messieurs,

Au nom de la communauté des chercheurs du Système National de Recherche Agricole du Bénin, j'ai le plaisir et l'insigne honneur de vous souhaiter la bienvenue dans cette sakke de conférence de l'INFOSEC, où pendant trois jours nous aurons à participer à l'atelier sur la recherche arachidière en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Il n'est plus un secret pour personne que l'arachide constitue une légumineuse vivrière importante pour notre région.

Monsieur le Directeur de Cabinet, cet atelier qui se tient tous les deux ans a pour objectif de faire le point sur les activités de recherche effectuées sur cette culture au cours des deux dernières années et d'échanger des informations sur des sujets préoccupants et d'intérêt majeur.

Nous avions unanimement décidé au cours du dernier atelier qui s'est tenu à Bamako au Mali en 1998, de tenir le présent atelier à Cotonou.

Plusieurs communications seront présentées au cours de cet atelier et aborderont des aspects aussi variées que sont :

- la génétique et l'amélioration variétale,
- l'agronomie,
- la phytopathologie,
- la technologie alimentaire,
- la modélisation.

Un accent particulier sera également mis sur la recherche sur l'aflatoxine.

Je saisis cette opportunité qui m'est offerte pour remercier tous ceux qui ont contribué à l'organisation et à la tenue effective de l'atelier.

C'est aussi le lieu de témoigner ma gratitude aux partenaires au

1. Director General, Institut National des Recherches du Bénin (INRAB), BP 884 Cotonou, Bénin.

développement qui ne ménagent aucun effort pour apporter un appui financier substantiel à la réalisation de nos activités de recherche (USAID, Union Européenne et tous les autres).

Les tâches qui nous attendent durant ces trois jours sont immenses, mais je ne doute pas de votre capacité à les surmonter. En attendant que des voix plus autorisées que la mienne le disent, je souhaite du courage à tous les participants pour le succès de nos travaux.

Une fois encore merci et bienvenue au Bénin.

Je vous remercie.

Séance 1: Agronomie

Performance des génotypes d'arachide introduits en zone ouest du Mali

Kodio Ondié[1]

Considérée depuis longtemps comme bassin arachidier du Mali, la zone ouest du Mali (Kayes) constitue de nos jours la plus importante zone de production de l'arachide. Plus de 90 000 ha y sont emblavés en moyenne en arachide chaque année. L'arachide est la principale culture après le sorgho dans la région et elle occupe une place prépondérante dans l'alimentation des populations. Son importance en tant que culture de rente dans l'économie de la région a justifié l'implantation d'une structure de recherche au niveau de la région. Les variétés cultivées sont celles introduites depuis longtemps. Elles ont subi beaucoup d'érosion génétique et de mélanges et ne répondent plus aux caractéristiques d'une variété pure. Les rendements sont globalement faibles ne dépassant guère les 800 kg ha^{-1}. Cela est dû en grande partie à plusieurs contraintes d'ordre biotiques et abiotiques (maladies foliaires, sécheresse, faible densité des plantes etc...). A ce titre, un important programme de recherche est engagé dans ce domaine depuis deux ans aussi bien en station qu'en milieu réel.

L'objectif de ce programme consiste à déterminer les performances agronomiques de nouvelles variétés d'arachide introduites afin de pouvoir les transférer en milieu réel pour adoption par les paysans.

Au cours des saisons agricoles 1998-1999 et 1999-2000, une série d'essais variétaux régionaux conjoints IER/ICRISAT-GGP ont été conduits dans la zone ouest du Mali (Samé et Kita). Il s'agit entre autre des essais pour la résistance aux maladies foliaires, à la rosette et à la sécheresse. Ces essais sont implantés dans la deuxième quinzaine du mois de juillet. Plusieurs paramètres agronomiques sont mesurés (nombre de plants levés et à la récolte, nombre de jours à 50% de floraison, attaques de maladies (cercosporiose, rosette), rendement goussses et fanes et rendement au décorticage). Les résultats obtenus sont assez intéressants et se résument comme suit :

1. Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes/Samé, BP 281 Kayes, Mali.

105

Résistance à la cercosporiose

l'analyse statistique (analyse de variance) des paramètres mesurés montre des différences significatives entre les traitements. Dans l'ensemble l'essai s'est bien comporté. Les résultats obtenus dépassent largement le rendement du témoin la GH119-20, malgré les attaques de la cercosporiose. La sévérité de l'attaque de la cercosporiose variait entre 3 et 5 dans l'échelle de notation des maladies de 1 à 9. La variété ICGV 92099 s'est montrée plus performante avec un rendement gousses de 2,4 t ha^{-1} et avec un rendement fanes avoisinant les 5,0 t ha^{-1}.

Résistance à la rosette

Une mauvaise levée a été observée sur l'ensemble des parcelles due en partie à une fonte de semis et à la pourriture du collet. Les analyses de variance effectuées sur les paramètres de rendement gousses et fanes, densité des plantes et attaques de rosette, montrent une différence hautement significative entre les traitements. Il faudra signaler qu'au cours de ces dernières années, nous avons rencontré moins de présence de rosette au niveau national, l'incidence de la maladie variait entre 1 à 4 dans l'échelle de notation des maladies de 1 à 9 sur l'ensemble des parcelles. Les rendements gousses et fanes obtenus étaient acceptables avec pour moyenne 1,3 t ha^{-1} et 2,0 t ha^{-1} respectivement. Concernant les attaques de rosette (observation au 60ème jour), on remarque que la variété ICGV-SM 88761 était la plus sensible. Certaines variétés telles que 249-8, ICGV 96894 et ICGV-IS 98814 ont réalisé les meilleures performances en rendement fane, 3,0 3,1 et 3,0 t ha^{-1} respectivement, dépassant largement les deux témoins utilisés.

Résistance à la sécheresse

Les conditions climatiques très favorables de l'année (1999) n'ont pas permis de répondre à l'objectif de l'essai qui porte sur la tolérance à la sécheresse. Les rendements gousses obtenus sont très élevés. Aucune période de sécheresse n'a été observée au cours de la phase végétative. Le rendement moyen obtenu de l'essai est supérieur à 3 t ha^{-1}. Les variétés ICGV 124, 55-21 et ICGV-MS 87003 avec respectivement 4,15, 3,99 et 3,95 t ha^{-1} se sont révélées les plus performantes en production de gousses.

Influence du sarclobuttage de prélevée et de la profondeur de semis sur la densité à la levée en cas de sécheresse de début de cycle

M Sene[1]

Au Sahel, la densité de population de l'arachide est souvent affectée par la sécheresse de début de cycle. Il est donc nécessaire pour enrayer les effets néfastes d'une sécheresse de début de cycle de mettre en oeuvre des techniques culturales adaptées. Ces techniques permettent un aménagement du profil cultural favorisant la conservation de l'humidité de surface et la valorisation efficace de l'eau du sol.

Au Sénégal, les paysans pratiquent le sarclage de prélevée à plat pour supprimer en partie la compétitition précoce pour l'utilisation de l'eau entre les plantules et les mauvaises herbes. Le sarclobuttage de prélevée est une technique légèrement modifiée du sarclage à plat, utilisé seul ou en combinaison avec l'enfouissement de matière organique. C'est une pratique qui a l'avantage de respecter le calendrier cultural et d'être adaptée aux équipements disponibles. Dans un essai de contre-saison permettant de contrôler les apports d'eau, les hauteurs de pluies minimales recommandées pour démarrer les semis de l'arachide pour chacun des trois types de saisons des pluies identifiés ont été utilisées. Dans chaque cas, on évalue l'effet du sarclobutage de prélevée, seul ou combiné avec un enfouissement de fumure organique, sur la qualité de la levée.

Les résultats de cet essai montrent que le sarclobuttage de prélevée sur la ligne de semis permet de mieux conserver l'humidité du lit de semences. Cela traduit le ralentissement de l'évaporation du sol nu grâce à l'effet mulch du sarclobuttage de prélevée. En conséquence, il se produit une amélioration significative de la germination et de la densité de population à la levée. Cet effet positif sur la levée est d'autant plus perceptible que la pluie de semis est faible.

La profondeur de semis qui n'a pas pu faire l'objet d'un contrôle rigoureux dans cette étude s'est révélée être un facteur déterminant de la

1. Institut Sénégalais des Recherches Agricoles (ISRA), Centre National des Recherches Agronomiques (CNRA), BP 53 Bambey, Senegal.

levée. En vue d'en évaluer l'impact sur la levée, un essai conduit en conditions pluviales a été mis en place où les profondeurs de semis mises en comparaison sont de 2, 4, et 6 cm.

Les résultats de cet essai confirment qu'à la profondeur de semis de 2 cm, la germination est faible expliquant la faible densité observée. La profondeur de 4 cm apparait comme la profondeur optimale permettant aux semences d'atteindre au cours de la phase initiale d'imbibition une teneur en eau suffisante pour la germination.

Evaluation agronomique en milieu paysan des variétés CRSP dans deux localités du Burkina Faso

Zagre Bertin[1] et Sankara Philippe[2]

L'amélioration variétale de l'arachide au Burkina Faso porte sur la recherche de variétés d'huilerie, de confiserie et de bouche à double objectif (gousses et fanes), productives, tolérantes aux différentes maladies et à la sécheresse.

La stratégie de travail est basée sur la création variétale et l'introduction de matériel végétal provenant d'autres organismes de recherche. Dans cette perspective et dans le cadre de la collaboration entre le Peanut CRSP et le Burkina Faso, du matériel a été reçu et testé dans le but d'identifier des variétés adaptées aux conditions de culture arachidière au Burkina Faso.

Le matériel végétal comprend 12 variétés issues d'un essai international et présumées avoir une bonne performance en rendement. Ces variétés sont comparées à un témoin dans un dispositif de blocs aléatoires complets avec quatre répétitions dans deux localités en milieu paysan durant la saison des pluies 1999-2000. Ces localités sont : Niangoloko au sud-ouest (1000-1200 mm) et Gampèla au centre (700-900 mm). Les caractères considérés dans cette étude concernent les rendements gousses (g pied^{-1} en kg ha^{-1}) et le poids de 100 bonnes graines.

- A Niangoloko, la variété W16 s'est révélée supérieure aux autres lignées et au témoin pour l'ensemble des trois caractères considérés avec 12,99 g pied^{-1} pour le rendement gousses par pied, 1,1 t ha^{-1} pour le rendement gousse et 43,39 g pour le poids de 100 bonnes graines.
- A Gampèla, il s'est avéré que toutes les variétés testées se comportent de la même manière pour les rendements gousses par pied et à l'hectare, ce qui s'est traduit par un degré de signification nul. Pour le poids de 100 bonnes graines, la variété W1 a les graines plus grosses que les autres avec 50 g suivie par la variété W16 avec 44,67.

L'analyse de regroupement des essais des deux localités a montré que toutes les variétés s'équivalent pour les caractères étudiés. Il existe une interation significative entre les variétés et les localités.

1. INERA, 04 BP 8645 Ouagadougou 04 - Burkina Faso.
2. Université de Ouagadougou 03 BP 7021 Ouagadougou 03 - Burkina Faso.

Comportement des nouvelles lignées de l'ICRISAT au Togo

N Bitignime[1]

L'arachide occupe une place très importante dans l'alimentation des populations du Togo de par sa teneur élevée en protéine végétale (32 %) et de ses utilisations diverses. Cependant la production est limitée par la dégénerescence des variétés et le manque de semences performantes. Ceci limite le choix des paysans par rapport à leurs besoins. Pour résoudre ce problème, le Togo a adhéré au réseau de tests variétaux d'arachide de l'ICRISAT dans la sous-région. Les introductions ont porté sur les variétés de bouche et les variétés à cycle long, résistantes à la rosette. En 1999, 24 nouvelles variétés de ces deux séries d'essais coordonnées ont été mises en expérimentation.

Le but de l'expérimentation était de tester le comportement de ces lignées et leur résistance à la rosette afin de sélectionner les plus performantes. L'essai a été réalisé en station à Sotouboua dans la région centrale du Togo. Le dispositif utilisé est le bloc aléatoire complet. Les résultats ont permis d'identifier des lignées prometteuses. Pour l'arachide de bouche, les lignées suivantes se dégagent en tête de classement sur le plan rendement, ICGV-93053 et ICGV 88434 avec 1,07 t ha^{-1} chacun. Pour les variétés résistantes à la rosette, 4 lignées se sont mieux comportées par rapport aux autres variétés. Il s'agit de UGA-4 avec 1,92 t ha^{-1}, de ICGV-IS-96812 et ICGV-IS-96846 avec 1,45 t h^{-1} chacune et puis ICGV-IS-96814 avec 1,31 t ha^{-1}. L'expérimentation se poursuit pour la confirmation des résultats au cours des campagnes 2000 et 2001. Les meilleures lignées retenues feront l'objet d'essais en milieu paysan afin de déterminer celles qui pourront être disséminées.

1. Institut Togolais des Recherches Agricoles (ITRA)/LRA-SH, BP 88 Soutoboua, Togo.

113

La culture de l'arachide en Mauritanie

Sidi-R'Chid[1]

L'arachide occupe une place importante parmi les cultures pratiquées en Mauritanie. Cependant les causes de la faible production sont multiples et les plus importantes sont :

- l'utilisation des moyens de production archaïques par les paysans.
- l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies qui sont un handicap sérieux engendrant des poches de sécheresse en saison de cultures, d'où la nécessité de recherches des variétés extra-précoces et précoces.
- la faible productivité du matériel végétal (variétés locales à graines très petites, composées de 60 à 80% de monograines, 10 à 20 % de bigraines, 10 à 15% des gousses vides, à cycle souvent inadapté, etc...).
- la faible fertilité des sols (carence en phosphore et en azote) et des sols mal adaptés à la culture de l'arachide (souvent très lourds ou très légers).
- les attaques de différents parasites (maladies, insectes et mauvaises herbes notamment les cypéracées).
- les contraintes socio-économiques (intrants, politique, commercialisation, etc...).

L'arachide est cultivée dans tous les systèmes de culture (pluvial, irrigué, décrue), sur différents types de sol (sablonneux, sols lourds et légers). Les rendements sont très faibles (250 à 450 kg ha^{-1}). La réputation de résistance/tolérance à la sécheresse de l'arachide, amplement confirmée en culture pluviale par quelques instituts a conduit à négliger les possibilités que peut offrir cette légumineuse sur les périmètres hydro-agricoles en Mauritanie. La préoccupation actuelle des agriculteurs est de rentabiliser les grands aménagements agricoles. Le souci de stabiliser la production incite les agriculteurs à pratiquer la culture arachidière en cultivant les sols qui ne répondent pas à la riziculture.

En 1995-1996 et 1999-2000, des travaux de recherche ont été conduits en station et ont permis d'identifier des variétés telles que : TS 32-1, Fleur 11, CN 94-C, JL 24, ICG (FDRS) 10, ICGS (E) 104 et ICGV 86015 pour être proposées à la vulgarisation.

1. CNRADA, BP 22 Kaedi, Mauritania.

En 1999-2000, à R'Kiz, en milieu paysan, certaines variétés ont confirmé leur performance. Il s'agit de JL 24, ICGS 11, TS 32-1, CN 94-C et Fleur 11 avec des rendements allant de 0,84 à 1,4 t ha^{-1} en coques et 3,1 à 4,6 t ha^{-1} en fanes.

115

Evaluation d'un groupe d'arachides de bouche pour le rendement et l'adaptabilité au Nord Cameroun

Thomas Mekontchou, Timothé et T Schilling[1]

Cinq lignées avancées d'arachide de bouche développées à l'Institut de la recherche agricole pour le développement (IRAD) ont été évaluées sur trois sites pendant quatre campagnes. La variété américaine GH-119-20, a été utilisée comme témoin. Les lignées CGS-310, CGS-531 et CGS-1406 ont donné des rendements gousses significativement supérieurs au témoin de l'ordre de 42,6%, 37,59% et 40% respectivement. Quant au poids de 100 gousses, le témoin a eu la même performance que les lignées CGS-285, CGS-310 et CGS-162. Toutes les lignées de l'IRAD exception faite de CGS-285, ont eu des rendements au décorticage de plus de 60% et significativement supérieurs au témoin, indiquant ainsi de bons taux de remplissage des gousses.

L'interaction lignée × site × année est hautement significative, ce qui indique que les lignées sont fortement influencées par l'environnement. Il convient alors de préconiser une étude de stabilité des rendements de ces variétés afin de mettre à la disposition des paysans, les variétés qui ont exprimé leur aptitude et stabilité dans des écologies données.

Des corrélations positives et significatives entre les rendements en gousses et en graines (r= 0,97**) d'une part, et entre le rendement en graines et le rendement au décorticage (r = 0,42**) d'autre part ont été observées.

Enfin, compte tenu des exigences du marché d'arachide de bouche, la lignée CGS-310 apparaît comme la mieux adaptée à la région du Nord Cameroun.

1. Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) BP 163 Foumbot, Cameroun.

La production de l'arachide en Sierra Leone: problèmes et besoins de la recherche

M T Moseray[1]

L'arachide est la légumineuse la plus importante en Sierra Leone. En 1996, 36 000 ha furent mis en production avec un rendement total de 36 000 t, soit 1 t ha^{-1} en moyenne.

Les graines des gousses fraîches et bouillies sont très prisées tandis que les graines séchées sont soit grillées et consommées directement, soit transformées en tourteaux d'arachide ou pilées en une pâte utilisée dans la préparation des sauces.

Les rendements d'arachide en Sierra Leone ont dramatiquement diminué principalement à cause de la rébellion des 9 dernières années. La maladie foliaire *Cercospora arachidicola* peut devenir une contrainte majeure à la production. Les résultats préliminaires de 1999 estiment la sévérité de la maladie à 80% et indiquent qu'elle peut conduire à des pertes de production de l'ordre de 34%.

Les résultats provenant d'autres essais préliminaires montrent que l'incidence de la maladie est considérablement réduite après 5 à 7 pulvérisations avec le fongicide Kocide 101, tandis que quatre différents types d'espacement des plantes n'ont pas d'effet significatif sur la maladie à 60, 70, et 80 jours après le semis.

Le manque de lignées améliorées d'arachides est une autre contrainte majeure au progrès de la recherche sur l'arachide, non seulement à l'Institut de recherche agricole, mais dans le pays entier.

1. Institute of Agricultural Research (IAR), PMB 540, Freetown, Sierra Leone.

117

Séance 2: La sélection

Hérédité de la précocité sur la date de première floraison chez l'arachide

Zagre Bertin, Fanja Mondeil et Didicr Balma[1]

Dans la zone soudano-sahélienne, la sécheresse se manifeste non seulement par la diminution importante de la longueur de la saison des pluies mais aussi par la fréquence accrue de périodes sèches plus ou moins longues pendant la saison de culture. Pour faire face à cette situation, la création de variétés précoces (75–80 jours) constitue à l'heure actuelle l'une des principales priorités de nombreux pays producteurs d'arachide de la zone semi-aride. Plusieurs méthodes sont employées pour évaluer la précocité chez l'arachide.

La détermination de la maturité est primordiale pour la caractérisation de la précocité. Généralement, le seuil de maturité adopté pour un pied ou une variété est de 75 % de gousses matures. Plusieurs techniques permettent de déterminer la maturité, le dosage de l'arginine dans la graine, le pourcentage des gousses mûres par rapport à la totalité de gousses formées (brunissement du parenchyme interne de la coque), la floraison à 50% et le grattage de l'extérieur de la coque.

Chez l'arahide, l'hérédité de la précocité est mal connue. Peu de données sont disponibles dans la littérature et nombre d'entre elles manquent de précisions sur l'origine des croisements, les méthodes employées et les résultats obtenus.

Le problème auquel sont souvent confrontés les sélectionneurs est le choix des parents à inclure dans un programme de sélection en vue d'obtenir des variétés précoces. Notre étude se propose une ébauche de solution par l'étude de l'héritabilité de la précocité sur la date de première floraison (par analyse diallèle complet 6 × 6 de variétés précoces de la génération F1), un autre moyen de détermination de la précocité. Cette mesure est préférée à la date de floraison à 50 % (couramment utilisée) non seulement parce que ces deux caractères ont une corrélation positive et significative mais également parce qu'elle est facile à collecter.

Le matériel végétal utilisé est constitué de six variétés précoces (75-90 jours) très différentes du point de vue de l'origine génétique et

1. INERA, 04 BP 8645 Ouagadougou 04, Burkina Faso.

géographique. Les croisements ont été réalisés selon le schéma diallèle incluant les réciproques par castration manuelle. Ils ont abouti à trente hybrides et six parents. L'expérimentation a été conduite en dispositif blocs de Fisher à trois répétitions durant deux années à la station expérimentale de Gampela. Cette station est sitée à 15 km à l'est de Ouagadougou à 12°22 de longitude ouest et 12°25 de latitude nord. Chaque génotype est semé sur deux lignes de 3m à un écartement de 40 × 15 cm. La date de première floraison a constituté le caractère mesuré. Les méthodes de Griffing et Hayman ont été utilisées pour l'interprétation des données.

L'étude a montré que :

- le caractère date de première floraison chez l'arachide est favorisé par accumulation de gènes dominants. Un géniteur ayant une majorité de gènes dominants aura un cycle court donc sera précoce. Inversement un géniteur possédant une majorité de gènes récessifs aura un cycle long.
- le choix des parents avant l'hybridation est nécessaire si l'objectif de sélection est la précocité – les héritabilités au sens strict calculées par Griffing et Hayman sont respectivement de 61 et 47%.

Sélection de l'arachide pour la résistance à la contamination par l'aflatoxine avant la récolte

C Corley Holbrook[1], David M Wilson[2] et Michael E Matheron[3]

Il y a deux conditions pour développer des cultivars résistants à la contamination par l'aflatoxine avant récolte. Premièrement, il doit y avoir une variabilité génétique pour la résistance. La deuxième condition pour développer la résistance est la disponibilité de techniques fiables et efficaces de criblage. Ces techniques sont nécessaires de sorte que les plantes contenant des gènes pour la résistance puissent être identifiées de manière sûre et efficace. Quand ce projet a été initié, il n'existait pas de techniques de criblage à grande échelle requises pour évaluer le matériel génétique et/ou pour la sélection de plantes. Pour être acceptables, les techniques doivent avoir un nombre restreint de rescapés (échantillons sensibles non contaminés) et un coefficient de variation relativement bas (CV). Un nombre restreint de rescapés est nécessaire pour éviter de choisir des génotypes sensibles pour une étude supplémentaire. Un bas CV est nécessaire pour différencier exactement les niveaux de résistance.

La contamination par l'aflatoxine chez l'arachide est une caractéristique extrêmement variable qui se produit principalement sous l'effet de la chaleur et de la sécheresse. Une étude a été entreprise pour développer un système de criblage à grande échelle du matériel génétique d'arachide pour la résistance à la contamination par l'aflatoxine au champ. Yuma en Arizona a été choisi comme site de criblage puisqu'il a constamment des conditions chaudes et sèches. Avant cette étude, on ignorait si la contamination par l'aflatoxine se produirait sous les températures extrêmes de sol qui se produisent à Yuma. Cette étude a démontré que la contamination par l'aflatoxine se produit sur l'arachide soumise à l'effet de la sécheresse d'été tardif à Yuma. A travers cette étude, nous avons également découvert que l'utilisation de l'irrigation en dessous de la surface du sol pendant la sécheresse a amélioré le système de criblage ayant pour résultat une contamination plus élevée et plus consistante. Ce système est en cours

1. USDA-ARS, PO Box 748, Coastal Plain Experimental Station, Tifton, GA 31793, USA.
2. University of Georgia, Coastal Plain Experimental Station, Tifton, GA 31793, USA.
3. University of Arizona, Yuma, AZ, USA.

d'utilisation pour un criblage au champ à grande échelle du matériel génétique d'arachide pour la résistance à l'aflatoxine.

Un système de serres mobiles a été développé pour fournir un site de criblage à Tifton. Neuf grands abris de protection contre les pluies ont été construits. Ces structures peuvent être déplacées au champ par des tracteurs. Elles peuvent être utilisées trois fois par saison. Ce système s'utilise avec succès pour cribler la résistance à la contamination par l'aflatoxine avant la récolte, à Tifton.

L'inoculation artificielle est fréquemment utilisée dans le criblage du matériel génétique pour la résistance. L'inoculation artificielle aide à assurer les conditions uniformes d'essai qui réduisent le nombre de rescapés et la variabilité dans les données qui pourraient masquer les différences génétiques. La méthode standard d'inoculation de l'arachide avec *Aspergillus* a été d'appliquer une suspension de spores dans l'eau à mi-floraison. Ceci a fourni une pression fongique initiale élevée, cependant, les populations d'*Aspergillus* dans le sol ont diminué rapidement peu de temps après l'inoculation. Nous avons développé une nouvelle méthode qui utilise le maïs cassé comme porteur pour le champignon. La théorie qui sous-tend cette nouvelle méthode était que le maïs servirait de base nutritionnelle au champignon qui développerait plus d'inoculum fongique stable sur les gousses en développement. L'utilisation du maïs comme porteur a eu comme conséquence des populations sensiblement plus élevées d'*Aspergillus* dans le sol à la récolte que l'utilisation de l'eau comme porteur. Cette technique d'inoculation aidera à réduire la variabilité inhérente de la contamination par l'aflatoxine avant la récolte. Elle a été également utilisée pour le criblage de matériel génétique.

Les techniques de criblage ci-dessus énumérées ont été employées pour examiner le matériel génétique d'arachide pour la résistance à la contamination par l'aflatoxine avant la récolte. Le premier groupe de matériel génétique examiné était le noyau de la collection de matériel génétique d'arachide des Etats-Unis. Toutes les accessions de ce noyau de la collection d'arachide ont été examinées pour la première fois dans un criblage préliminaire en utilisant cinq répétitions dans un seul environnement. Les génotypes qui avaient un bas niveau de contamination dans le criblage préliminaire ont été alors examinés pendant une deuxième année en utilisant 10 répétitions dans deux environnements. Quatorze accessions principales ont été observées ayant en moyenne une réduction de 70% de contamination avant récolte par l'aflatoxine sur plusieurs années de

test. Six de ces accessions (numéros de noyau 66, 99, 158, 215, 276, et 522) ont montré une réduction de 90% de contamination avant récolte par l'aflatoxine sur plusieurs années de test. Ces génotypes ont été introduits dans un programme d'hybridation pour combiner la résistance à une performance agronomique acceptable.

Les arachides sont souvent soumises au stress de sécheresse pendant une partie de la saison de culture. Un système racinaire dense peut améliorer la capacité de la plante à poursuivre sa croissance pendant la sécheresse. Nous avons conduit des travaux de recherche qui ont identifié des génotypes d'arachide ayant un système racinaire plus dense que les cultivars standards d'arachide. Nous avons également évalué ces génotypes d'arachide à système racinaire dense au champ dans des conditions de sécheresse. Plusieurs de ces lignées ont montré une bonne tolérance à la sécheresse et trois ont eu un rendement en gousses élevé comparativement aux cultivars standards d'arachide.

L'effet de la tolérance à la sécheresse sur la contamination par l'aflatoxine n'est pas connu. Nous avons conduit des travaux de recherche pour évaluer la contamination par l'aflatoxine avant la récolte des génotypes ayant des niveaux variables de tolérance à la sécheresse. Deux génotypes tolérants à la sécheresse, PI 145681 et Tifton 8, et un génotype non tolérant, PI 196754, ont été évalués dans deux essais sous abris protégés de la pluie à Tifton, GA. Les conditions de stress dû à la chaleur et à la sécheresse ont été imposées pendant 40 jours précédant la récolte. Le génotype non tolérant à la sécheresse a été plus largement contaminé par l'aflatoxine avant la récolte que le cultivar témoin, Florunner. Les deux génotypes tolérants à la sécheresse ont été moins contaminés par l'aflatoxine avant la récolte que Florunner dans ces essais.

La recherche est en cours pour essayer d'identifier les outils de sélection indirects qui peuvent être utilisés dans la sélection pour la résistance à la contamination par l'aflatoxine avant la récolte. Un outil indirect de sélection pourrait être précieux dans la réduction du coût de sélection pour la faible contamination par l'aflatoxine. Nous avons observé un rapport modéré entre l'estimation visuelle du stress de sécheresse et la contamination par l'aflatoxine et entre la température des feuilles et la contamination par l'aflatoxine. Il peut être possible d'utiliser ces mesures comme outils indirects de sélection pour la résistance à la contamination par l'aflatoxine avant la récolte.

Techniques de sélection pour la dormance des graines fraîches chez les variétés précoces d'arachide

Ousmane Ndoye[1] et Charles E Simpson[2]

Chez l'arachide (*Arachis hypogaea* L.), les variétés précoces appartiennent généralement au type spanish (A. *hypogaea* L. subsp. *Fastigiata* Waldron var. *vulgaris* Harz). L'objectif principal de certains programmes de sélection est l'obtention de variétés précoces avec la dormance des graines fraîches. Ceci est d'autant plus nécessaire pour les régions sahéliennes de l'Afrique où les saisons pluvieuses sont courtes et des pluies tardives peuvent tomber lorsque l'arachide est à maturité physiologique. La germination de la graine avant la récolte altère aussi bien la qualité que le rendement de l'arachide.

Une durée limitée de dormance des graines fraîches d'arachide du type spanish à la récolte est un important attribut puisqu'elle peut, au moment de pluies excessives et tardives à la récolte, réduire considérablement les pertes de rendement gousses et la contamination par les aflatoxines. Cependant, il y a eu peu de succès à ce jour, pour introduire la dormance génétiquement contrôlée dans les sous-espèces précoces *fastigiata*, bien que plusieurs sélectionneurs aient tenté une hybridation interspécifique en vue d'obtenir le type d'arachide spanish dormante.

Le mode d'héritage de la dormance des graines d'arachide n'est pas clairement compris. Il existe des résultats conflictuels dans le peu d'études disponibles sur le sujet. La plupart de ces études ont utilisé les types virginia (*A. hypogaea* L. subsp. *Hypogaea*), qui ont un long cycle (des cycles de 120 à 150 jours) qui utilisent des graines dormantes, comme sources de dormance.

Le but de cette étude est d'identifier un ou plusieurs critères de sélection pour un criblage effectif pour la dormance des graines fraîches sur des croisements entre les cultivars d'arachide de type spanish utilisant une variété du même groupe qui a la dormance (cultivar 73-30) comme parent donateur dans des croisements avec des génotypes du type spanish qui n'ont pas la dormance (cultivar 55-437 et Fleur 11).

1. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Centre National de la Recherche Agronomique (CNRA), BP 53 Bambey, Senegal.
2. Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University, PO Box 292, Stenphenville, TX 76041-0292, USA.

124

Dans un dispositif en parcelles subdivisées avec trois répétitions, où les dates de récolte constituaient la parcelle principale et les lignées les sous-parcelles, 30 lignées de descendance $F_{2:6}$ et $F_{2:7}$ ont été évaluées pendant deux ans (1999 et 2000) en champ et dans deux localités, Bambey et Nioro au Sénégal. La première récolte a été effectuée 90 jours après le semis. Les deuxième et troisième récoltes ont été réalisées 2 et 4 semaines respectivement après la première. L'eau était fournie au besoin. A la récolte, le nombre de repousses dans chaque parcelle a été compté et 10 graines fraîchement récoltées ont été sélectionnées au hasard. Mises en incubation dans des boîtes de Petri humectées d'eau distillée, ces graines ont été placées à la température ambiante de la salle. Le nombre de graines ayant germé au cours des 24, 48, 72, et 96 heures ont été comptées. Une graine a été considérée comme ayant germée lorsque la longueur de sa radicelle atteignait deux fois sa taille.

Des lignées qui montraient une ségrégation transgressive ont été observées. De là, celles qui étaient plus dormantes ou qui présentaient des caractéristiques de dormance proches des parents ont été sélectionnées. La plupart de ces lignées (numéros 2, 4, 9, et 24) appartiennent aux croisements 55-437 × 73-30. Peu de lignées ont été observées dans les croisements Fleur 11 × 73-30 sûrement du fait que Fleur 11 est moins dormante que 55-437.

L'utilisation de ces techniques a rendu possible la sélection effective pour la dormance chez les arachides précoces.

Amélioration génétique pour la résistance à la contamination de l'arachide par les aflatoxines

H D Upadhyaya, S N Nigam et R P Thakur[1]

L'arachide est une importante culture oléagineuse produite dans 96 pays dans le monde sur 23,80 millions d'hectares, avec une production annuelle de 30,97 millions de tonnes. L'arachide est une importante culture commerciale dans plusieurs pays asiatiques et africains. Les superficies totales cultivées en arachide dans ces deux régions représentent respectivement 57,13% et 37,24% de la superficie mondiale.

La contamination de l'arachide par les aflatoxines est un sérieux problème répandu dans tous les pays où l'arachide est produite en culture pluviale. La contamination par les aflatoxines n'affecte pas la productivité de la culture, mais elle rend le produit inapte à la consommation puisque les toxines sont mauvaises pour la santé. La commercialisation du produit contaminé, particulièrement dans le domaine international, est réduite à zéro à cause des normes strictes des pays importateurs pour la présence d'aflatoxines. Les champignons producteurs des aflatoxines, *Aspergillus flavus* et *A. parasiticus*, peuvent envahir les semences d'arachides dans le champ avant la récolte, et pendant le séchage et la salaison après la récolte. La contamination peut aussi avoir lieu au cours du stockage et du transport. L'environnement semi-aride est propice à la contamination avant la récolte lorsque la culture est soumise à des périodes de sécheresse avant la récolte, alors que dans les zones humides, la contamination après la récolte est plus fréquente. Les recherches sur les aflatoxines ne sont pas régulièrement conduites dans tous les pays producteurs d'arachide à cause de la complexité du problème et du manque de personnel qualifié et d'infrastructures appropriées. Cependant, la teneur en aflatoxines de l'arachide et de ses produits dérivés à différentes étapes de la filière (champs, marché et stockage etc.) est régulièrement suivie par certains pays. L'adoption de certaines pratiques culturales, de manutention du produit et de stockage peut minimiser la contamination par les aflatoxines. Cependant, l'adoption de ces pratiques n'est pas répandue, particulièrement par les petits

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, Inde.

126

producteurs des pays en développement qui contribuent à près de 60% de la production mondiale d'arachide.

Une méthode possible pour réduire la contamination de l'arachide par les aflatoxines est l'utilisation de variétés résistantes à l'invasion des semences par le champignon producteur d'aflatoxines, ou à la production d'aflatoxines. Ces variétés seront d'une grande utilité aux paysans aussi bien dans les pays développés que les pays en développement puisque la méthode n'exigerait pas l'utilisation d'intrants coûteux. Par conséquent, la sélection pour la résistance à *A. flavus*, et *A. parasiticus* et/ou à la production d'aflatoxines peut jouer un rôle significatif dans la prévention de la contamination de l'arachide par les aflatoxines, et par conséquent, réduire les pertes économiques et risques sanitaires associés.

La réduction de la contamination par les aflatoxines par les manipulations génétiques a été adoptée depuis le milieu des années 1970. Des progrès significatifs ont été obtenus; cependant, ces efforts n'ont pas aboutit à une éradication complète de la contamination par les aflatoxines. Dans ce document, nous discuterons brièvement du statut de la recherche dans ses efforts de résoudre ce problème par les manipulations génétiques.

Types de résistance

Selon le site où l'arachide est testée ou cultivée, la résistance au champignon producteur d'aflatoxines peut se manifester de trois différentes manières : résistance à l'infection des gousses (coque); résistance à l'invasion et la colonisation de la graine (tégument séminal); et résistance à la production d'aflatoxines (cotylédon). Les champignons doivent pénétrer les couches supérieures de la gousse pour atteindre les cotylédons d'où ils tirent leur subsistance. La résistance à l'infection des gousses est attribuée à la structure de la coque alors que la résistance à l'invasion et à la colonisation de la graine est principalement physique et a été liée à l'épaisseur, la densité des couches des cellules de la palissade, l'absence de fissures et de cavités, et la présence de couches de cire. Des rapports contradictoires existent quant au rôle de certains composés phénoliques dans l'octroi de la résistance à la colonisation des graines.

Des sources de tous les trois types de résistance ont été rapportées (Mehan 1989). Celles-ci comprennent Shulamit et Darou IV pour la résistance à l'infection de la gousse, PI 337394 F, PI 337409, GFA I, GFA 2, UF 71513, Ah 7223, J II, U 4-47-7, Var 27, Faizpur, et Monir 240-30 pour

la résistance à la colonisation in vitro des graines par *A. flavus* (IVSCAF); et U 4-7-5 et VRR 245 pour la résistance à la production d'aflatoxines. L'importance de la contamination par les aflatoxines après la récolte fut réalisée seulement en fin des années 1980 et certains génotypes résistants au IVSCAF (PI 337394 F, PI 337409, GFA I, GFA 2, J11, UF 71513, Ah 7223) ont un taux d'infection par *A. flavus* de nature considérablement plus faible que divers génotypes sensibles au IVSCAF (Mehan 1989).

La valeur d'une source de résistance dépend du niveau et de la stabilité de sa résistance. Il a été rapporté que la résistance à l'infection des gousses est très variable et d'un faible niveau. De même, la résistance à IVSCAF n'est pas absolue et même les meilleures sources de résistance indiquent une colonisation des graines allant jusqu'à 15%; seules quelques lignées (J 11, PI 337394 F, et PI 337409) ont montré une résistance stable. Pour la contamination par les aflatoxines, la résistance n'est pas très élevée (Anderson et al. 1995). Des effets significatifs d'une interaction génotype × environnement ont été notés pour la contamination par les aflatoxines.

Rapports entre les différents types de résistance

Des rapports contradictoires existent entre la résistance au IVSCAF et la résistance à l'infection naturelle des semences, et la contamination par les aflatoxines dans les champs. A l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT-Patancheru, Inde) ainsi qu'aux USA, bien qu'une réduction significative de l'infection des graines par *A. flavus* dans les champs fut observée au niveau des génotypes résistants au IVSCAF, la corrélation n'était pas parfaite. Une très faible corrélation (-0,07) fut observée dans les lignées développées et évaluées entre IVSCAF et l'infection des graines dans les champs, indiquant l'existence de deux mécanismes génétiques indépendants (Utomo et al. 1990, Upadhyaya et al. 1997). Les fortes corrélations observées dans une étude précédente (Mehan et al. 1987) pourraient être dues à l'inclusion de certaines lignées de matériel génétique, alors que l'absence de corrélation observée dans les lignées développées à l'ICRISAT-Patancheru pourrait résulter de la recombinaison des gènes contrôlant ces mécanismes. Des études conduites dans les années 1980 aux USA et au Centre ICRISAT ont indiqué de faibles niveaux de contamination par les aflatoxines chez les génotypes résistants à IVSCAF. Cependant, les génotypes qui furent précédemment citées comme résistantes à IVSCAF ou à la contamination

après-récolte contenaient des taux d'aflatoxines élevés, et lorsque ces génotypes étaient soumis à des périodes prolongées de stress hydrique et de température aux USA, aucun d'entre eux n'était plus résistant que le cultivar Florunner (Anderson et al. 1995). Des effets très significatifs d'une interaction génotype × environnement furent observés dans cette étude. L'information exacte sur les relations entre les différents mécanismes de résistance, leurs interactions, et possibles contributions à la réduction de la contamination par les aflatoxines n'a pas été clairement établie. La connaissance de ces aspects est primordiale dans le développement de stratégies visant à réduire la contamination par les aflatoxines.

Génétique de la résistance

Il existe peu de publications sur les mécanismes d'héritage de la résistance à l'infection des graines, à IVSCAF, et à la production des aflatoxines, qui donnent une estimation de l'héritabilité au sens large et de la capacité de combinaison. Les estimations élevées (79%) d'une héritabilité au sens large pour la colonisation des graines fut rapportée aux USA dans un croisement impliquant PI 337409 (résistant) et PI 331326 (sensible). Les estimations d'héritabilité dans des études subséquentes menées aux USA furent de 55% dans les croisements impliquant AR 4 (résistant) et NC 7 (sensible), et de 63% dans un croisement entre GFA 2 (résistant) et NC 7 (sensible). Au Centre ICRISAT, les valeurs étaient de 60% dans un croisement impliquant J 11 (résistant) et OG 43-4-1 (sensible) et de 59% dans un croisement entre deux parents résistants J II et Ah 7223.

Les estimations de la résistance à l'infection des graines furent rapportées être faibles aux USA: 27% chez AR 4 × NC 7 et 33% chez GFA 2 × NC 7 (Utomo et al. 1990). Cependant, dans notre étude les estimations étaient de modérées à élevées (56–87%) (Upadhyaya et al. 1997). Pour la résistance à la production d'aflatoxines, les estimations de l'héritabilité furent de 20% dans AR 4 × NC 7 et de 47% dans GFA 2 × NC 7. Un rapport des USA indique qu'il n'y a pas de corrélation significative entre les trois types de résistance, indiquant ainsi qu'elles sont contrôlées par différents gènes (Utomo et al. 1990).

Une étude sur la capacité de combinaison de la résistance à IVSCAF à l'aide d'une analyse lignées × testeur au Centre ICRISAT a indiqué que UF 71513 était généralement un bon combinant et Var 2 un mauvais combinant pour la résistance à IVSCAF. La capacité de combinaison de J 11 n'était pas

significative. Dans une étude diallèle, des effets réciproques significatifs furent notés dans certains croisements, ce qui indiquerait une influence maternelle sur la structure du tégument (Rao et al. 1989).

Les aspects génétiques des mécanismes de résistance n'ont pas été établis clairement. La relation allèlique entre les diverses sources pour chaque trait de résistance doit être élucidée pour permettre aux sélectionneurs de pyramider les gènes non-allèliques pour chaque mécanisme de résistance.

Amélioration génétique en vue de la résistance

Les efforts de sélection pour la résistance à l'infection des gousses n'ont reçu aucune attention jusqu'à présent. De plus, on assumait que si l'épaisseur de gousse était liée à la résistance, alors la sélection pour la résistance créerait des difficultés dans le décorticage ou donnerait de faibles taux de décorticage. Auparavant, la résistance à la colonisation des graines reçut un maximum d'attention à cause de la simplicité des procédures de criblage. Récemment, l'attention s'est de plus en plus portée sur l'infection naturelle des graines et la production des aflatoxines, bien que le criblage pour la résistance à la production des aflatoxines soit coûteux. Une méthodologie beaucoup moins coûteuse et fondée sur ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) a été développée à l'ICRISAT (Reddy et al. 1988).

La recherche sur la sélection pour la résistance à la contamination par l'aflatoxine est en cours en Inde, au Sénégal, en Thaïlande et aux USA. Les équipes de Tifton (USA), et du Centre ICRISAT (Inde), ont réussi à transférer la résistance à IVSCAF à différentes souches génétiques. L'équipe de Tifton a produit six lignées de sélection : GFA-1, GFA-2, AR-1, AR-2, AR-3, et AR-4 (Mixon 1983a, 1983b). La colonisation des graines chez GFA-1 et GFA-2 dont les rendements étaient égaux ou supérieurs à ceux de Florunner, était égale ou inférieure à la moyenne de colonisation des graines que le génotype résistant de contrôle (PI 337409). Les rendements de AR-U-2, AR-U-3, et AR-U-4 étaient trop bas pour une utilisation commerciale.

En Inde, les activités de sélection sont principalement conduites au Centre ICRISAT et au Centre national de recherche sur l'arachide (National Research Center for Groundnut - NRCG) à Junagadh. Au Centre ICRISAT, les recherches de sélection pour la résistance à la contamination par les aflatoxines ont débuté en 1976. Plusieurs centaines de lignées de sélection ont été testées depuis pour leur rendement et leur résistance à IVSCAF, et plusieurs lignées à haut rendement et résistantes à IVSCAF furent

130

identifiées. Quatre cent soixante douze (472) lignées furent évaluées pour l'infection après récolte et pour leur rendement. Certaines de ces lignées ont un niveau d'infection et de colonisation des graines inférieur ou égal au meilleur cultivar de contrôle J11, et de fortes potentialités de rendement durant toutes les saisons et dans diverses localités. Parmi celles-ci, ICGV 88145 et ICGV 89104 ont été diffusées comme lignées améliorées (Rao et al. 1995). Nous avons récemment identifié et diffusé trois autres lignées de matériel génétique amélioré : 91278, 91283, et 91284 (Upadhyaya et al. 2001). L'infection et la colonisation des graines de ces lignées est inférieure ou égale à J 11 et elles donnent des rendements élevés dans diverses localités. Au cours d'autres tests d'évaluation de rendement et de caractères agronomiques conduites en Thaïlande et au Vietnam, la performance de ces lignées fut très bonne (Upadhyaya et al. 1997). Trois lignées (ICGVs 87084, 87094 et 87110), sélectionnées au Centre ICRISAT pour la résistance à l'infection des graines se révélèrent résistantes aussi au Niger, au Sénégal, et au Burkina Faso en Afrique de l'Ouest (Waliyar et al. 1994).

En Thaïlande et au Sénégal, PI 337394 F, PI 337409, UP 71513, et J 11 sont fréquemment utilisés comme donneurs résistants. Les lignées AR-1, AR-2, AR-3, et AR-4 sont aussi utilisées en Thaïlande comme sources de résistance; 55-437 a été utilisée au Sénégal.

Dans le processus de sélection au Centre ICRISAT, la sélection pour les traits de résistance est retardée jusqu'au générations finales. Cependant, il serait désirable de cribler les générations et de sélectionner seulement les plantes/parents résistants. Cela exigerait la modification des techniques de criblage actuellement utilisées pour les rendre plus appropriées à l'échelle de la plante individuelle.

Perspectives de la sélection pour la résistance aux aflatoxines

Bien que les chercheurs n'aient pu identifier des lignées de matériel génétique indiquant une résistance complète au champignon aux niveaux de la coque, l'enveloppe de la graine et du cotylédon, on s'attendait à ce que la résistance puisse être améliorée en pyramidant les gènes de résistance de sources différentes et diverses. On a aussi pensé qu'en combinant les trois différents types de résistance en une seule source génétique, on pourrait résoudre une grande partie du problème des aflatoxines. Malheureusement, les progrès établis à ce jour par les efforts traditionnels de sélection n'ont pas pu répondre à ces attentes. Le recours à la biotechnologie, par la

modification du processus de biosynthèse ou l'utilisation de variations d'enzymes hydrolitiques (chitinases et glucanases) pour fournir une protection transgénique contre l'infection de l'arachide par les champignons producteurs d'aflatoxines peut aider à obtenir des arachides sans aflatoxine. La résistance génétique seule n'est pas suffisante pour éliminer le problème des aflatoxines chez l'arachide. Elle doit être soutenue par de bonnes pratiques culturales et techniques après-récoltes.

Références

Anderson, W.P., Holbrook, C.C., Wilson, D.M., and **Matheron, M.E.** 1995. Evaluation of preharvest aflatoxin contamination in several potentially resistant peanut genotypes. Peanut Science 22:29–32.

Mehan, V.K. 1989. Screening groundnut for resistance to seed invasion by *Aspergillus flavus* and aflatoxin production. Pages 323–334 *in* Aflatoxin contamination of groundnut: proceedings of the International Workshop, 6–9 Oct 1987, ICRISAT Center, India (McDonald, D., and Mehan, V.K., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Mehan, V.K., McDonald, D., and **Rajagopalan, K.** 1987. Resistance of peanut genotypes to seed infection by *Aspergillus flavus* in field trials in India. Peanut Science 14:14–17.

Mixon, A.C. 1979. Developing groundnut lines with resistance to seed colonization by toxin-producing strains of *Aspergillus flavus* species. Pests Articles News and Summaries 25:394–400.

Mixon, A.C. 1983a. Two peanut germplasm lines, GFA-1 and GFA-2. Crop Science 23:1020–1021.

Mixon, A.C. 1983b. Peanut germplasm lines, AR-, -2, -3, and -4. Crop Science 23:1021.

Rao, M.J.V., Nigam, S.N., Mehan, V.K., and **McDonald, D.** 1989. *Aspergillus flavus* resistance breeding in groundnut: progress made at ICRISAT Center. Pages 345–355 *in* Aflatoxin contamination of groundnut: proceedings of the International Workshop, 6–9 Oct 1987, ICRISAT Center, India (McDonald., and Mehan, V.K., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

132

Rao, M.J.V., Upadhyaya, H.D. Mehan, V.K., Nigam, S.N., McDonald. and **Reddy, N.S.** 1995. Registration of peanut germplasm ICGV 88145 and ICGV 89104 resistant to seed infection *Aspergillus flavus*. Crop Science 35:1717.

Reddy D.V.R., Nambiar, P.T.C., Rajeshwari, R., Mehan, V.K., Anjaiah, and **McDonald, D.** 1988. Potential of enzyme-linked immunosorbent assay for detecting viruses, fungi, bacteria, mycoplasma-like organisms, mycotoxins, and hormones. Pages 43–49 in Biotechnology in tropical crop improvement: proceedings of the International Biotechnology Workshop, 12–15 January 1987, ICRISAT, International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics.

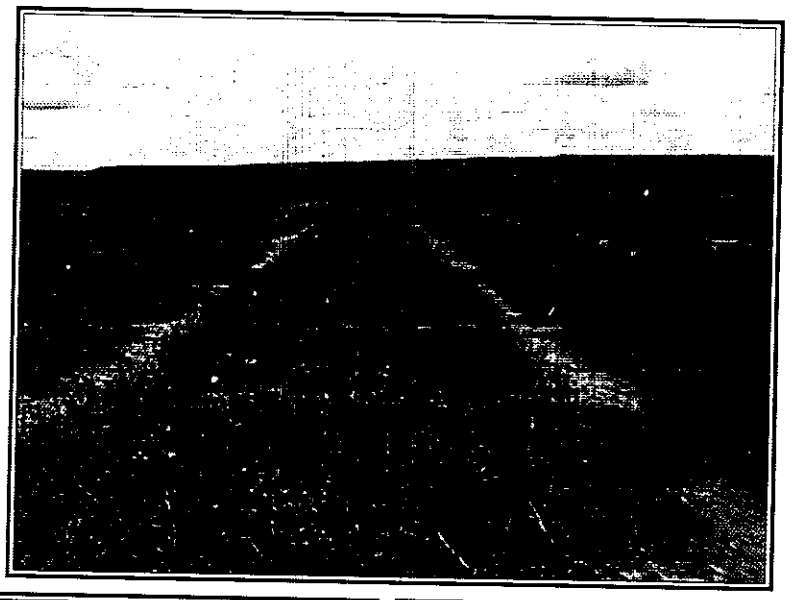
Upadnyaya, H.D., Nigam, S.N., Mehan, V.K., and **Lenne, J.M.** 1997. Aflatoxin contamination of groundnut-prospects of a genetic solution through conventional breeding. Pages 81–85 *in* Aflatoxin contamination problems in groundnut in Asia: proceedings of the First Working Group Meeting, 27–29 May 1996, Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam (Mehan, V.K., and Gowda, C.L.L., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics.

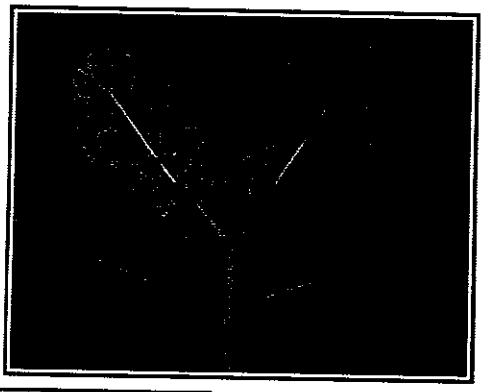
Upadhyaya, H.D., Nigam, S.N., Mehan, V.K., Reddy, A.G.S., and **Yellaiah, N.** 2001. Registration of *Aspergillus flavus* seed infection resistant peanut germplasm ICGV 91278, ICGV 91283, and ICGV 91284. Crop Science 41:599-600.

Utomo, S.D., Anderson, W.F., Wynne, J.C., Beute, M.K., Hagler, W.M. Jr., and **Payne, G.A.** 1990. Estimates of heritability and correlation among three mechanisms of resistance to *Aspergillus parasiticus* in peanut. Proceedings of the American Peanut Research and Education Society 22:26. (Abstract.)

Waliyar, F., Ba, A., Hassan, H., Bonkoungou, S., and **Bosc, J.P.** 1994. Sources of resistance to *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in groundnut in West Africa. Plant Disease 78:704–708.

Séance 3: Pathologie/Entomologie





Progrès dans la lutte contre la maladie de la rosette chez l'arachide en Afrique occidentale et centrale : un apercu

B R Ntare[1], P E Olorunju[2] et F Waliyar[1]

La rosette est la maladie la plus destructrice de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) en Afrique occidentale et centrale. Les épidémies sont sporadiques et imprévisibles. Elles peuvent cependant causer des pertes substantielles qui sont estimées à 156 millions $ par an à toute l'Afrique. La maladie est causée par un complexe de trois pathogènes : « umbravirus » de la rosette de l'arachide (GRV) et son satellite RNAsat, et « groundnut assistor luteovrius » (GRAV). Tous les trois pathogènes doivent être à la fois présents dans la plante hôte pour qu'il y ait transmission effective de la maladie par les pucerons (*Aphis craccivora*).

Gestion de la maladie

Pratiques culturales : Les études antérieures ont révélé que la pulvérisation en tant que moyen de lutte contre les pucerons peut être efficace. Elles ont également montré que les semis précoces permettaient à la culture de s'installer avant que la population de pucerons atteignent son pic, et que les fortes densités de peuplement des plants diminuaient l'infestation car les pucerons préfèrent les conditions aérées et éclairées. Les petits paysans qui cultivent l'arachide sont, cependant souvent confrontés aux difficultés d'adoption de telles pratiques. Ces contraintes d'adoption, ajoutées à la succession d'années de sécheresse au début des années 1980 qui ont conduit à l'augmentation des populations de pucerons, ont indiqué que la résistance génétique était potentiellement plus prometteuse à l'avenir.

Résistance de la plante hôte : Les premières recherches sur le développement des cultivars d'arachide résistants à la rosette ont été initiées au début des années 1950 par l'IRHO (Institut de Recherche pour les Huiles et les Oléagineux). Les sources de résistance à la rosette ont été

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.
2. Institute of Agricultural Research, Samaru, PMB 1044, Zaria, Nigeria.

découvertes pour la première fois en 1952. Ces sources ont été à la base des programmes de sélection pour la résistance à la rosette à travers toute l'Afrique. Cela a conduit au développement des variétés à cycle long comme 69-101 (120-125 jours), RG1, RMP 12 et RMP 91 (140-150 jours) et des variétés précoces telles KH 149 A, KH 241 C, KH 241 D et QH 243 C (90-100 jours). Les variétés tardives ne sont pas adaptées aux courtes saisons de culture de la savane sèche de l'Afrique, où la majeure partie de l'arachide est cultivée. Les quelques variétés précoces résistantes à la rosette ont des caractéristiques agronomiques très faibles et n'étaient donc pas largement adoptées par les paysans. Le défi était de combiner la résistance à la rosette et la précocité (90–110 jours) des variétés du type spanish très productives qui conviennent aux petits producteurs dans différents écosystèmes.

Criblage du matériel génétique: En 1990, l'ICRISAT a commencé à cribler au Malawi l'ensemble du matériel génétique de résistance. Plus de 12 500 lignées de matériel génétique ont été criblées à ce jour. Les sources de résistance ont été identifiées chez plus de 130 espèces de type Virginia à cycle long et 20 espèces du type spanish à cycle court. En Afrique de l'Ouest, avec l'appui financier du Projet de Gestion des Ressources Génétiques de l'Arachide (GGP), 2 301 lignées de matériel génétique ont été criblées à Samaru au Nigéria. Soixante cinq (65) nouvelles sources de résistance à la rosette ont été identifiées et 10 accessions étaient de courte durée (100 jours). Ces sources supplémentaires de résistance devraient être valorisées dans les programmes de sélection afin d'élargir la base génétique de la résistance et assurer sa stabilité. Toutes les lignées d'arachide cultivées résistantes à la rosette disponibles sont prédisposées à GRAV. L'immunité à GRAV a été identifiée chez plusieurs espèces sauvages (*Arachis*) ou accessions. Ceci donne l'occasion de transférer l'immunité à GRAV chez l'arachide cultivée à travers des approches conventionnelles et/ou biotechnologiques.

Variétés résistantes : Plusieurs lignées résistantes de croisement à hauts rendements et aptes aux zones à pluviométrie moyenne et forte ont été développées au Malawi et au Nigéria. Une excellente performance de celles-ci a été démontrée dans plusieurs pays, y compris le Mali, le Burkina Faso, le Ghana et le Nigéria. En partenariat avec l'« Institute for Agricultural Research » du Nigéria, des cultivars à cycle court (90-100 jours) et moyen (115 jours) résistants à la rosette et combinant rendement élevé en gousses

et autres caractéristiques agronomiques ont été créés. Les rendements de ces cultivars sont entre 19-92% plus élevés que les variétés sensibles tant en conditions naturelles qu'en conditions de forte pression de la maladie de la rosette. Des lignées prometteuses ont été fournies aux programmes nationaux en Afrique occidentale et centrale. Au Nigéria, trois lignées précoces résistantes à la rosette (notamment ICGV-IS 96894, ICGV-IS 96900 et ICIAR 18AT) ont démontré une excellente performance dans les essais participatifs avec les paysans.

Lutte intégrée : Les composantes de la lutte intégrée (variétés résistantes + pratiques culturales) ont été étudiées au Mali et sont en train d'être vérifiées dans les essais participatifs avec les paysans. Les pratiques culturales peuvent améliorer sensiblement les rendements et la lutte contre la rosette. L'utilisation des insecticides n'était pas une option économiquement viable les années où l'épidémie est faible. L'idéale serait d'associer les variétés résistantes à haut rendement avec le semis précoce et une densité optimum.

Perspectives : Il faut des efforts plus concertés en vue de créer une situation où on peut combiner l'utilisation de la résistance à la rosette disponible avec les modes de gestion. Le matériel résistant doit être évalué pour sa performance par rapport à plusieurs variantes de pathogènes de la maladie de la rosette de l'arachide et dans plusieurs environnements. L'immunité à GRAV a été identifiée offrant une opportunité de transférer cette immunité à l'arachide cultivée par des approches biotechnologiques. La résistance à GRAV réduira considérablement la résistance à l'inoculum de la maladie. La résistance au vecteur qui est le puceron est une stratégie qui se poursuit dans le croisement pour la résistance. La résistance de la plante combinée aux pratiques culturales sont les éléments clés pour le développement d'un bon programme de lutte contre la maladie de la rosette de l'arachide. La compréhension des principes épidémiologiques de la maladie combinée à la résistance conduira au développement de stratégies de lutte intégrée durables contre la maladie.

La simulation du rendement de l'arachide affectée par la cercosporiose tardive dans le nord du Bénin

M Adomou[1], P V Vara Prasad[2], K J Boote[2], J Detongnon[1] et A O Sanni[1]

La culture de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) est au Bénin souvent exposée à l'incidence de la cercosporiose tardive [*Cercosporidium personatum* (Berk. & Curtis) Deighton] provoquant ainsi de graves pertes de rendement. L'objectif de cette recherche était d'utiliser et de tester la capacité du modèle CROPGRO-groundnut à simuler et quantifier les effets de l'incidence de la maladie sur le rendement en gousses et sur la production de matière sèche chez les variétés précoces et tardives d'arachide. La culture a été réalisée pendant la saison des pluies et à différentes dates de semis dans le nord du Bénin. Deux variétés d'arachide TS 32-1 et 69-101 ont été utilisées à trois dates entre mai et août au cours des années 1998 et 1999 à la station de recherche de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) à Ina (10° latitude N et 2.95° longitude O).

L'incidence et la sévérité de la cercosporiose ont été évaluées sur la base de la notation en utilisant l'échelle de 1 à 9 de l'ICRISAT. De même, la défoliation a été évaluée en pourcentage du nombre de nœuds manquants (feuilles) par rapport au nombre total de nœuds sur la tige principale. Ces évaluations ont été effectuées à intervalles de 15 jours lors de l'échantillonnage des plantes pour l'analyse de croissance. Il a été observé que pendant les deux ans, l'incidence de la cercosporiose tardive chez les deux variétés était de 7-8 chez la TS 32-1 et de 7 chez la 69-101. Le pourcentage de la défoliation sur la tige principale causée par la cercosporiose a montré une perte foliaire significativement plus rapide pour les semis tardifs. Cela signifie clairement que les semis tardifs sont beaucoup plus rapidement endommagés par l'effet de la cercosporiose et de la défoliation par rapport aux semis précoces.

1. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), BP 884 Cotonou, Benin.
2. Department of Agronomy, University of Florida, Gainesville, Florida 32611, USA.

Le modèle CROPGRO-groundnut était en mesure de prédire et de simuler les rendements gousses et matière sèche observé dans le temps lorsque les données sur le pourcentage de feuilles nécrosées et le pourcentage de défoliation observée étaient fournies. La meilleure courbe était obtenue avec les valeurs de défoliation sur l'axe centrale (estimées sans les quatre premiers nœuds à partir desquels les nœuds sont formés) et le pourcentage de zone foliaire nécrosée par la cercosporiose (estimée avec l'échelle ICRISAT).

Les données montrent clairement que, sans tenir compte de la maladie, le modèle pouvait prédire avec précision les rendements gousses jusqu'à 50 à 60 jours après semis sur les deux années d'expérimentation avec les deux variétés et pour toutes les dates de semis. Par la suite, sans la fonction défoliation et maladie, le modèle surestime le rendement gousses; le modèle considère qu'il n'y a pas eu incidence de maladies sur la culture et donne l'estimation des rendements potentiels. Une fois que la maladie est prise en compte et que son incidence et les valeurs corrigées de la défoliation sont utilisées, les prédications du modèle aussi bien pour les rendements gousses que pour la matière sèche totale, sont significativement améliorées et proches des valeurs observées. Dans l'ensemble, pour toutes les dates de semis la variété tardive 69-101 a produit significativement plus de gousses et de matière sèche totale comparée à la variété précoce TS 32-1.

Afin d'estimer et de quantifier les pertes de rendements dues à l'incidence de la maladie au cours de 1998 et 1999, les rendements gousses évalués à la maturité sur la base des simulations sans les effets de la maladie (rendement potentiel) et ceux obtenus par les différents traitements ont été comparés. Les résultats montrent que les pertes de rendement dues à la maladie variaient de 38 à 75 % selon le moment des semis. Celles-ci ont généralement augmenté avec les semis tardifs. Pour la troisième date de semis (D3), en 1999 le rendement potentiel en gousse a été substantiellement réduit à cause de la sécheresse. Le rendement potentiel sans déficit hydrique était de 5498 kg ha^{-1} par conséquent la perte de rendement occasionnée par la maladie aurait été de 75 %. Avec une sévère pression de la maladie à la troisième date de semis en 1999, l'indice foliaire simulée était faible car il y avait un léger déficit hydrique.

Les pertes de rendement dues à l'action de la maladie pourraient être surmontées en adoptant des stratégies de lutte intégrée appropriées telles que l'application de fongicides et la pratique de semis précoce juste après

l'installation des pluies. Deux ou trois applications de fongicides systématiques tel que Corvet CM (Fenpropimorphe {18,8%}, Mancozeb {40,0%}, Carbendazim {5,0%}) ont été réalisées pour lutter efficacement contre la cercosporiose tardive et améliorer les rendements avec des gains monétaires substantiels pour les paysans en Afrique de l'Ouest (F. Waliyar, ICRISAT, communication personnelle). Par conséquent, les paysans doivent être éduqués sur les avantages de l'application des fongicides en vue de lutter contre les cercosporioses.

Prédisposition de génotypes d'arachide à l'attaque des termites et aux infections fongiques

V C Umeh[1], F Waliyar[2] et A Traoré[2]

Des enquêtes ont montré que les nuisibles du sol tels que les termites, les vers blancs et les mille-pattes constituent les principaux insectes dont les dégâts sont économiquement les plus importants dans la production arachidière en Afrique de l'Ouest et du Centre. Les mesures de lutte ont été rarement appliquées par les petits paysans qui constituent la majorité des producteurs d'arachide dans la sous-région; ce qui entraîne d'importantes pertes en rendement. Récemment, les efforts ont été orientés vers l'amélioration des problèmes liés aux nuisibles du sol par la conduite de recherche sur certaines technologies de lutte que les petits propriétaires peuvent s'acquérir et adopter facilement. L'utilisation de variétés d'arachide résistantes/tolérantes aux termites (l'insecte le plus nuisible à l'arachide au Mali) a été évaluée dans un essai conduit à la station de l'ICRISAT à Samanko, au Mali dans le but d'isoler les variétés qui pouvaient être davantage évaluées et recommandées aux paysans pour adoption.

Evaluation de génotypes d'arachide résistants/tolérants à Samanko

Des parcelles de 8m × 4m ont été semées dans un dispositif de blocs complets effectués au hasard de 20 variétés d'arachide, notamment : ICGV 87084, ICGV 87110, ICGV 89063, ICGV 89112, ICGV 91283, J 11, 55-437, PI 337394 F, U1-2-1, U4-47-7, VF 715131, ICGV 87094, ICGV 89092, ICGV 87095, ICGV 91289, ICGV 7333, ICGV 7330, Fleur 11, NC Ac 343 et NC Ac 243. Elles comprenaient les variétés précoces et tardives de 90 à 120 jours. 100 kg ha^{-1} de super-phosphate simple ont été appliqués au semis. Aucun pesticide n'a été appliqué aux parcelles pour contrôler les insectes ou les maladies. Des observations externes ont été effectuées sur les tiges et les feuilles pour constater les dégâts causés par les insectes à des intervalles de 14 jours à compter du 30ème jour après semis (JAS). Des dommages causés sur les racines ont été observés à 40 jours

1. National Horticultural Research Institute, PMB 5432, Idi-Ishin, Jericho Reservation Area, Ibadan, Nigeria.
2. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.

après semis et à la maturité de la plante sur des échantillons de dix plants déterrés par parcelle. A la récolte, les dégâts causés aux gousses par les termites ont également été évalués par parcelle. Des échantillons de gousses de chaque variété ont été décortiqués et utilisés dans un essai en laboratoire pour déterminer l'infection fongique.

Des dommages causés aux feuilles et aux tiges par *Microtermes* spp qui causent des galeries, ont été observés dans certaines parcelles, mais cela n'était pas important. De la prédisposition à l'attaque des racines a été observée à distance chez les 20 variétés. A 40 jours après semis, l'attaque des termites sur les racines était très faible et la variété NC Ac 343 ne présentait pas d'attaque de termites. A la récolte, NC Ac 243 avait de loin ($P<0,05$) un plus faible nombre moyen de plants/parcelle ayant subi des attaques aux racines par rapport à ICGV 91289, Fleur 11, et ICGV 89092. Cependant il n'y avait pas de différence significative entre le nombre de plants attaqués à la racine dans les parcelles de NC Ac 243 et de celle de ICGV 89112, ICGV 87110, ICGV 91283, NC Ac 343 et 55-437 qui avaient aussi présenté une attaque faible de termites à la récolte. L'attaque de la gousse était très faible dans les parcelles semées des variétés NC Ac 343, NC Ac 243, ICGV 87094, et 55-437. Les dégâts des termites sur les gousses chez les autres variétés étaient élevés.

Aspergillus flavus, *A. niger* et *Fuserium* spp ont été identifiées comme les espèces fongiques les plus importantes qui infectaient les graines des variétés testées. Dans la plupart des cas, elles apparaissaient comme infection mixte. La variété NC Ac 243 moins prédisposée à l'attaque des termites était significativement moins attaquée par *Aspergillus niger.* Les autres variétés qui avaient relativement peu d'infection de *A. niger* étaient J 11 et ICGV 91289. Ces résultats montrent que les variétés moins attaquées par les termites ne facilitaient pas l'infection de *Aspergillus niger.* Il n'y a pas de grandes différences observées entre les variétés infectées par *A. flavus* dont l'infection était élevée (au minimum 25%). Le pourcentage de graines infectées par *Fuserium* spp a été observé comme étant très faible chez des variétés telles que NC Ac 243 et NC Ac 343, bien que ces pourcentages ne soient pas très différents de ceux des variétés U4-47-7, PI 337394 F, J 11, et ICGV 89112. La corrélation entre les pourcentages des gousses endommagées et l'infection *Aspergillus* ($r=0,32$) n'était pas forte.

L'étude montre la perspective d'intégration de la résistance/tolérance variétale dans le développement de la lutte intégrée contre les termites.

142

La gestion des maladies foliaires chez l'arachide dans le nord du Ghana avec l'utilisation de fongicides, d'extrait de graines de neem et du savon local

F K Tsigbey[1], J E Bailey[2] et S K Nutsugah[1]

Les pertes de rendements dues aux maladies foliaires (*Cercospora arachidicola, Cercosporidium personatum, Puccinia arachidis*) dans le nord du Ghana constituent des contraintes majeures à la production des gousses et fanes d'arachide. Les paysans ne mettent pas en œuvre des procédures de lutte contre les maladies et perçoivent les feuilles nécrosées comme étant des signes de maturité de la culture.

Des essais de terrain conduits à Nyankpala en 1999 ont évalué les produits suivants : tebuconazole, Folicur 3,6F à la dose de 0,22 kg de matière active (m.a.) à l'hectare fut mélangé avec de l'azoxystrobin, Abound 2,08F à la dose de 0,45 kg ma ha^{-1}, Topsin-M® 50WP à la dose de 0,35 kg m.a.ha^{-1}, 20% d'extrait de graines de neem et 1% de savon local (« Alata Samina »). Les parcelles ont été pulvérisées en moyenne tous les 14 jours.

Les parcelles traitées à l'Abound/Folicur ont donné les meilleurs rendements fanes et gousses (9,9 et 1,7 kg/parcelle respectivement), et enregistré le plus bas score de maladies (2,3, échelle de Floride) et de défoliation (1,6%). Les parcelles non traitées et celles traitées à l'extrait de graines de neem avaient les scores les plus élevés de maladies (9,5 et 8,3 respectivement), les pourcentages de défoliation les plus élevés (90,7 et 89,2), et les rendements les plus faibles (0,7 et 0,8 kg/parcelle). La défoliation sur les parcelles traitées au Topsin-M® était de 27,2% et était surtout due à l'attaque de la rouille qui a entraîné une perte dans le rendement en gousses de 22,9%. L'effet du savon local était comparable à celui de Topsin-M®. En l'absence de l'adoption de mesure de lutte, une perte moyenne en gousses de 60% a été enregistrée entre les parcelles traitées avec Folicur/Abound et celles qui n'ont pas reçu de traitement fongicide.

1. Savanna Agricultural Research Institute (SARI), PO Box 52, Nyankpala-Tamale, Ghana.
2. Department of Plant Pathology, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7616, USA.

Dans un autre essai, le savon local à deux concentrations (1,0 et 2,5%) a été comparé au traitement Folicur/Abound et Topsin-M®. Le savon aux deux niveaux a donné des rendements en gousses plus élevés que le témoin non traité. Le traitement avec 1% de savon avait un pourcentage de défoliation plus faible (72,3) que celui avec 2,5% de savon et le témoin non traité qui ont donné respectivement 86,0 et 89,8%. En conséquence, le savon à la concentration de 1% a montré une efficacité dans la lutte contre les maladies foliaires en réduisant la défoliation et en augmentant les rendements en gousses.

Evaluation des variétés d'arachide résistantes à la maladie de la rosette et leurs impacts sur les conditions de vie des paysans dans le système Teso de l'Ouganda

F M Kimmins[1], C Busolo-Bulafo, P van der Merwe[2], R A Naidu[3] et P Subrahmanyam[2]

Le Département du développement international du Royaume-Uni reconnaît que la connaissance et la technologie soutiennent le développement mais il a récemment changé la stratégie de recherche agricole durable à un cadre qui se concentre sur des moyens de subsistance durables. Cette approche considère les acquis disponibles aux paysans et, dans le cas de l'agriculture, les place dans le contexte de vie du paysan, où la santé, l'éducation, la commercialisation, etc... jouent des rôles significatifs.

Le programme de protection des cultures (CPP) est l'un des 12 programmes de recherche financés par DFID et a pour but de développer et de favoriser des stratégies de lutte contre les nuisibles par la recherche contribuant ainsi à l'allégement de la pauvreté. Le soutien des ménages aide le CPP à évaluer l'impact de nouvelles technologies de protection des cultures et leurs avantages aux pauvres et à identifier les domaines à renforcer pour faciliter la stratégie de lutte contre les parasites.

Le projet d'évaluation de l'arachide du CPP s'emploie dans ce cadre à évaluer les lignes de résistance améliorées de la rosette dans le système Teso et à améliorer l'adoption des variétés fructueuses. Il est important de noter que le projet développe la recherche à travers l'ICRISAT depuis environ quatre décennies, en collaboration avec des programmes nationaux africains et des institutions développées aux Etats-Unis, en France et au Royaume-Uni.

Le gouvernement de l'Ouganda a demandé une assistance dans la regénération du système Teso, une tradition agricole de la communauté de l'est de l'Ouganda. En 1998, un exercice étendu d'évaluation des besoins a été mené par l'Organisation Agricole Nationale de Recherches (NARO) et,

1. MR International, Pembroke Chatham Maritime, Chatham, Kent, UK.
2. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), PO Box 1096, Lilongwe, Malawi.
3. ICRISAT, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India.

dans le cas de l'arachide, les paysans et les chercheurs ont demandé l'amélioration de la lutte contre la rosette. Un premier projet du CPP avait travaillé étroitement avec l'ICRISAT-Malawi sur les mécanismes de résistance des nouvelles lignées de cycle court à la rosette et un nouveau projet de collaboration a été développé avec l'Institut de Recherche Agricole et de Production Animale de Serere (SAARI), CPP et ICRISAT pour évaluer ces lignées.

L'étape 1 impliquant une évaluation rurale rapide de production d'arachide dans trois zones du système Teso a été accomplie et elle place la culture et la maladie dans les habitudes des paysans. La base de données fournit des informations sur les préférences variétales des paysans, les exigences du travail, les perceptions de la rosette et d'autres contraintes de la production, les stratégies de commercialisation et une source de bonne information. La dernière catégorie est employée pour développer une stratégie de communication pour favoriser de nouveaux matériels bien performants et acceptables.

L'étape 2 implique l'estimation de l'incidence de la rosette par les chercheurs. L'année passée, nous avons estimé que cette incidence sur les cultures inférieures à 40 jours était de 20 à 40% dans les trois zones cibles. Ceci confirme que la rosette est une contrainte importante et le besoin pressant de variétés améliorées résistantes à la maladie pour avoir la confiance des paysans pour la culture.

L'étape 3 concerne l'évaluation de matériels améliorés résistants en station par la participation des paysans dans la sélection des semences et des essais. Ceci est en progression et comprend des programmes de formation.

L'étape 4 pense au futur et est concernée par le développement de liens avec des agences de dévelopement c'est-à-dire les services de vulgarisation et les ONG locales. En dehors du système Teso, nous cherchons des opportunités pour la commercialisation de l'arachide et des débouchés pour de petits producteurs de semences de qualité et les transformateurs d'arachide.

L'étape finale sera le dévelopement d'un plan d'action pour SAARI et des agences d'exécution pour attirer les fonds bilatéraux directs de DFID et/ou d'autres bailleurs pour assurer la durabilité du projet une fois fini. Elle identifiera des variétés acceptables et des voies de diffusion efficaces pour améliorer la consommation. Elle devrait également identifier des marchés potentiels pour l'arachide en Ouganda et encourager les paysans à augmenter la production dans le système Teso et au delà.

Nuisibles de l'arachide, cas des termites et leur rôle dans la contamination par l'aflatoxine : Aperçu et perspectives de recherches

O Youm[1], F Waliyar[1], V C Umeh, M Yacouba[2] et B R Ntare[1]

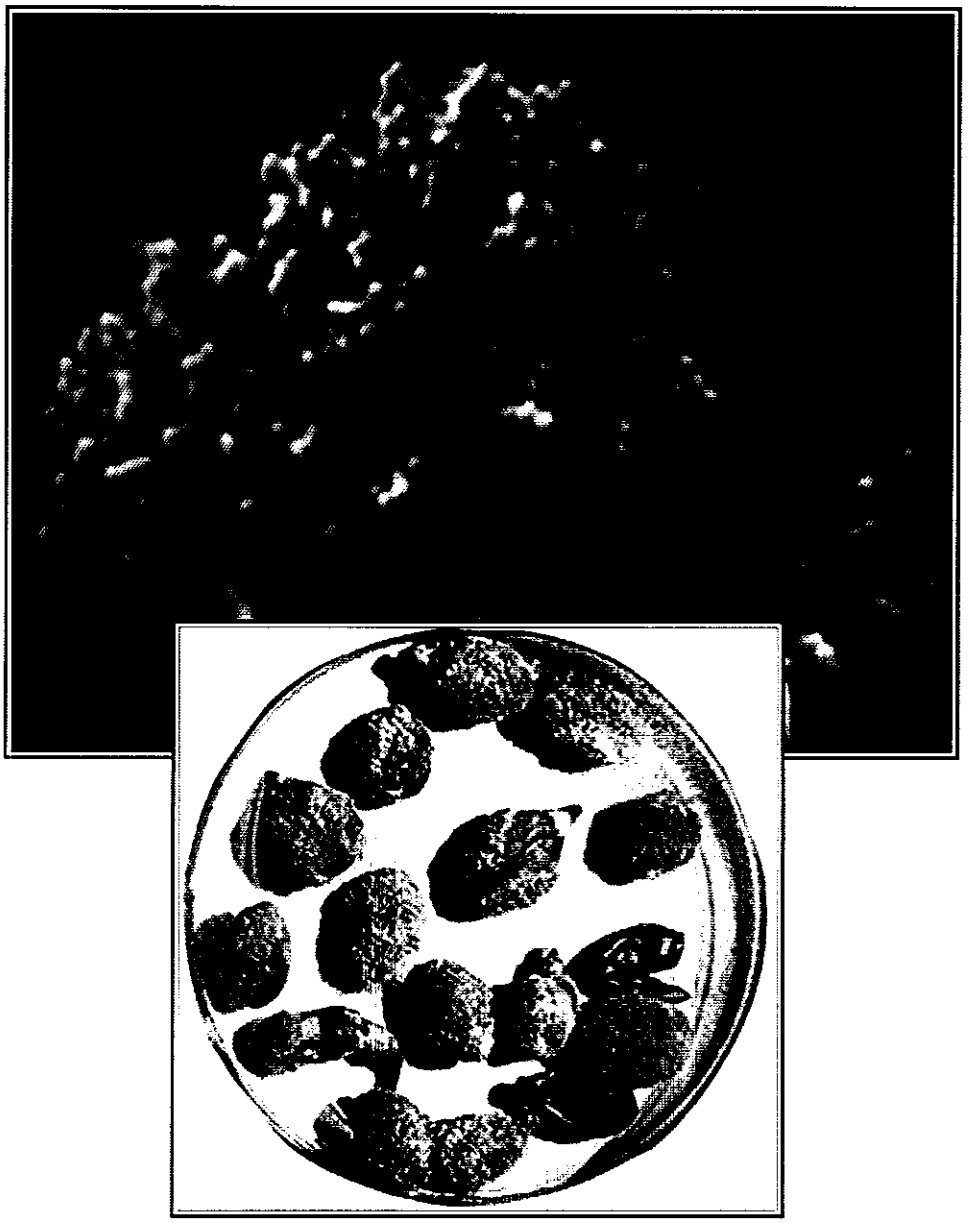
Il est dit que plusieurs nuisibles du sol attaquent l'arachide en Afrique de l'Ouest, et des enquêtes extensises et une lutte bio-écologie des nuisibles sont décrits. Les résultats de la recherche de ces dernières années montrent que les termites (Isoptera : termidae), les vers blancs (Coleoptera : scarabaeidae) et les mille-pattes (Myriapoda : Odontopygidae) sont les principaux groupes de nuisibles du sol qui sont répandus et économiquement importants dans la production d'arachide. Les autres coléoptères identifiés tels les vers fil de fer (Alateridae) et les faux vers fil de fer (Tenebrionidae) sont d'importance occasionnelle. La biologie, les symptômes des dégâts, les pertes de récoltes dues aux nuisibles du sol sont généralement bien couverts par la littérature dans la plupart des zones de culture de l'arachide en Afrique au sud du Sahara.

Des études menées par plusieurs auteurs ont tenté de mettre en relief la relation entre les dégâts dus aux nuisibles du sol, particulièrement les termites et la contamination à l'aflatoxine. En général, les dégâts causés par les termites à travers la scarification et la pénétration des gousses ont entraîné une augmentation de la contamination par *A. flavus* sur les gousses et les amandes. Ceci est plus évident dans les zones où les dégâts causés par les termites étaient graves.

Cette étude ne vise pas à répéter les études extensives du passé, mais à jeter un œil critique sur la question des nuisibles du sol, particulièrement l'incidence et les dégâts des termites sur l'arachide, et sa relation avec l'incidence de *A. flavus* et la contamination à l'aflatoxine qui y est associée. Les implications sur la connaissance actuelle, aussi bien que la recherche stratégique future pour comprendre non seulement les relations et les facteurs impliqués mais aussi pour développer des voies en vue de réduire les dégâts des nuisibles et l'incidence de l'aflatoxine, y sont discutées.

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.
2. National Horticultural Research Institute, PMB 5432, Idi-Ishin, Jericho Reservation Area, Ibadan, Nigeria.

Séance 4: L'aflatoxine



La gestion de la contamination de l'arachide par l'aflatoxine

F Waliyar, A Traoré et R Tabo[1]

La contamination de l'arachide par l'aflatoxine est une contrainte majeure à la production dans de nombreux pays. Ce phénomène a une incidence sur les exportations et la santé humaine et animale.

L'infestation de l'arachide par *Aspergillus flavus* intervient pendant les périodes de pré et post-récolte. L'infestation de pré-récolte par *A. flavus*, responsable de la production de l'aflatoxine, est très importante dans les zones tropicales semi-arides, particulièrement lorsqu'il y a une sécheresse de fin de saison.

Gestion de l'aflatoxine

De nombreux instituts nationaux et internationaux, dont l'ICRISAT, ont privilégié la recherche sur la gestion de l'aflatoxine en pré- et post-récolte. Des recherches, sur les facteurs climatiques et édaphiques, ainsi que sur le contrôle de leurs interactions dans les champs ont fourni des informations considérables sur les conditions de l'infestation par *A. flavus* avant et après la récolte, et les pertes de production dues à l'aflatoxine. Les résultats de ces recherches permettent de faire les recommandations ci-après à l'endroit des agriculteurs et principaux intervenants de la filière pour l'acquisition de structures de stockage et le traitement de l'arachide et de ses dérivés.

Pratiques après-récolte

- Eviter d'endommager les gousses au moment de la récolte
- Eviter les effets de sécheresse de fin de saison en irriguant les cultures en fin de cycle
- Ne récolter qu'à maturité complète
- Eliminer les gousses endommagées
- Sécher les gousses jusqu'à une humidité relative de 8%
- Stocker à l'abri des insectes et de l'humidité
- Eviter de rehydrater les gousses et les semences durant le stockage

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, BP 320 Bamako, Mali.

Pratiques culturales

De nombreuses recommandations pour le contrôle de l'aflatoxine ont été faites pour l'adoption de certaines techniques culturales. Quelques-unes comme l'ajustement des dates de semis et de récolte ou l'application de gypse sont efficaces dans la prévention de la contamination par l'aflatoxine.

Il a été établi qu'une corrélation existe entre la sécheresse, l'incidence des termites et la contamination des semences. Une période de sécheresse en fin de saison des pluies favorise la contamination par l'aflatoxine et augmente la population des termites.

Il reste nécessaire pour la recherche agricole de développer et de démontrer l'efficacité de ces pratiques culturales en milieu paysan. En outre, les technologies qui consistent à conserver l'eau dans le profil des sols, surtout en fin de saison de culture, permettent de réduire la contamination par l'aflatoxine.

Effet du chaulage et de la matière organique sur l'aflatoxine

Des essais sur les effets de la chaux, de la fumure organique, des résidus de récolte sur différentes variétés d'arachide ont été conduits au Mali et au Niger. Les principales conclusions se résument comme suit :

Contamination des graines par *A. flavus*

- L'application de la chaux reduit la contamination des graines de 47%
- La fumure de 33%
- Les résidus de culture de 24%
- La combinaison de la fumure et de résidus de culture de 56%

Teneur en aflatoxine dans les graines

- L'application de la chaux réduit la teneur en aflatoxine de 48%
- La fumure de 32%
- Le résidu de culture de 27%
- La combinaison de la fumure et de la chaux de 72%
- La combinaison de la chaux et des résidus de culture de 71%
- La combinaison de la fumure et des résidus de culture de 56%
- La combinaison de la fumure, chaux et des résidus de culture de 83%

Rendement en gousse

- L'application de la chaux et des résidus de récolte favorise la croissance des gousses.

- La chaux augmente le rendement en gousse de 18%
- La fumure de 9%.
- Les résidus de culture de 7%.
- La combinaison de la fumure et de la chaux de 27%
- La fumure augmente le rendement de la variété 55-437 de 51%, contre 12% pour J11.
- Certaines interactions ne sont pas réellement visibles durant la première année de traitement.

15

Contrôle de l'aflatoxine après récolte : Application à la filière africaine de l'arachide de bouche

R Schilling[1]

La lutte contre la contamination des produits arachidiers par l'aflatoxine, dans les conditions de la production paysannale africaine, peut s'exercer à trois principaux niveaux : la prévention de l'infestation au champ et jusqu'à la récolte (traité ailleurs); la prévention au champ après récolte et l'élimination des graines contaminées depuis le champ jusqu'aux premiers stades du processus industriel; la détoxification des produits finis, qui relève de la technologie industrielle lourde. Nous aurons à traiter de la phase intermédiaire dans le cas de la filière arachide de bouche, particulièrement vulnérable à la contamination, qu'il s'agisse des risques entraînés pour la santé humaine dans les zones de production (auto-consommation) ou des mesures sanitaires très strictes désormais imposées sur le marché international (exportation).

L'arachide de bouche destinée au marché international doit répondre à des critères technologiques et sanitaires astreignants. Le produit doit, en particulier, présenter des teneurs très faibles en aflatoxine. En amont de l'usinage, des analyses faites sur des récoltes tout venant mettent en évidence une corrélation forte entre le taux de gousses ou de graines avariées et la teneur en aflatoxines. La fraction de mauvaises graines, qui ne représente en moyenne que 25 à 30 % de la récolte, concentre 80 à 100 % des aflatoxines.

Un criblage des lots livrés sur les points de collecte permet donc d'améliorer notablement la qualité sanitaire du produit, d'autant plus qu'il aura été préalablement séché et battu avec soin. Le stockage, même temporaire, ne devra être effectué que lorsque le taux d'humidité des gousses sera stabilisé à 6-8 %. La technique du battage en vert (arrachage, ressuyage durant 48h, égoussage soigneux accompagné de tri manuel des gousses et suivi de séchage en couches minces) permet d'obtenir des gousses dites HPS pratiquement indemnes d'aflatoxine, à condition qu'elles aient

1. CIRAD-CA, Programme Cultures Alimentaires, TA70/01 34398 Montpellier, France.

152

été récoltées à bonne maturité. Il existe donc une convergence entre les techniques de culture améliorée qui conduisent à la réalisation de rendements élevés et de bonne qualité, et les techniques spécifiques à la prévention de l'aflatoxine. Dans les deux cas, il s'agit essentiellement d'aboutir à une production abondante d'un produit sain et marchand.

Le problème, au niveau de la fixation des prix et de la collecte, sera de sanctionner positivement la qualité du produit livré par la définition et la mise en œuvre d'un barème incitatif. Une expérience conduite au Sénégal a permis d'établir une bonne corrélation entre le poids spécifique des arachides (mesuré en pesant un double-décalitre de coques sur chaque lot) et la qualité de ces dernières (maturité, remplissage). Ainsi étaient définis, comme pour le coton, trois qualités et trois prix d'achat correspondants. Ce système a été abandonné faute d'une organisation permettant de traiter séparément les trois qualités collectées, mais il doit être repris dans le cadre du projet de relance de l'arachide de bouche mis en place récemment, avec le souci d'aboutir à un contrôle intégré de la contamination par *Aspergillus flavus* à tous les stades de la filière depuis le matériel végétal utilisé (variétés tolérantes) jusqu'à la livraison en usine des produits sains.

Les techniques appliquées aux premiers stades du processus industriel consistent essentiellement à écarter les graines susceptibles de contenir les toxines. On procédera à des contrôles de qualité (visuels et densimétriques), puis à une séquence d'opérations comprenant nettoyages, élimination des graines libres (LSK), décorticage, élimination des débris et demi-graines, gradage, suivi éventuellement de tri colorimétrique permettant d'écarter les graines de couleur anormale, puis de tris visuels. Au Sénégal, l'ensemble de ces techniques, jumelées avec un programme de contrôle-certification, doit aboutir à la définition d'un label internationalement reconnu permettant de mettre sur le marché de l'arachide de bouche répondant aux normes sanitaires imposées par les pays importateurs. L'amélioration de la qualité du produit final permettra de proposer au producteur, en amont, un prix beaucoup plus rémunérateur que celui pratiqué pour la production ordinaire destinée à l'extraction d'huile. L'organisation rationnelle de la filière conduira à traiter le premier choix en arachide de bouche de qualité export et à envoyer les refus à l'huilerie.

Stratégie moléculaire pour l'élimination de l'aflatoxine chez l'arachide à la pré-récolte: Progrès récents et perspectives

Danièle Clavel[1]

Les méthodes traditionnelles utilisées pour l'étude de la résistance à *A. flavus* ne conduisent pas à l'identification de composantes spécifiques ou de métabolites affectant directement la biosynthèse de l'aflatoxine. En plus, après vingt ans de recherche dans ce domaine, aucune source de haute résistance n'a été trouvée, particulièrement dans le germplasm de l'arachide. Puisque les méthodes conventionnelles de croisement de lutte contre l'aflatoxine sont partiellement efficaces, de nouvelles méthodes biologiques sont nécessaires en vue de développer la résistance à l'accumulation de l'aflatoxine à la pré-récolte chez la plante hôte. Cette recherche concerne l'amélioration de la connaissance sur :

- Les mécanismes biologiques fondamentaux régulant la biosynthèse de l'aflatoxine par le champignon,
- Les facteurs de résistance de la plante hôte à l'accumulation de l'aflatoxine.

L'état des connaissances sur les stratégies biotechnologiques seront analysées aux trois niveaux suivants : fongique, résistance de la plante hôte, et les effets des facteurs environnementaux (stress hydrique et thermique).

Niveau fongique

Des manipulations génétiques sont utilisées pour suivre la régulation moléculaire de l'aflatoxine au sein du champignon. Le clonage de gènes de biosynthèse de l'aflatoxine ayant été réalisé avec succès conduira l'utilisation de ceux-ci comme « outils moléculaires » d'identification des agents et des composés qui peuvent naturellement inhiber le processus biosynthèse de l'aflatoxine et des gènes. Ces principaux résultats concernent la cartographie d'un simple secteur de gènes de 75 kilobases dans lequel résident plusieurs gènes qui règlent le processus de biosynthèse de l'aflatoxine et les gènes « stimulants-rapporteurs » utilisé chez le maïs. Les constructions génétiques

1. CIRAD, CERAAS-CORAF, BP 3320 Thiès-Escale, Thiès, Senegal.

154

de cette espèce liant le gène *Ver 1*, qui est un gène de biosynthèse de l'aflatoxine, au gène GUS rapporteur, ont été utilisées pour mesurer l'expression du gène lié à l'aflatoxine. Les transformants *A. flavus*-GUS ont été utilisés avec succès pour évaluer la croissance fongique et le degré d'infection fongique dans les grains de maïs.

Résistance de la plante hôte

Marqueurs moléculaires

Les tests des marqueurs moléculaires ont détecté peu de variation au niveau de l'acide nucléique, bien que les variétés d'arachide cultivées montrent une variation considérable dans les traits agronomiques et morphologiques. Les tentatives préliminaires d'associer les marqueurs de protéines de semence stockées montrant différents profils d'électrophorèse, avec la résistance à l'aflatoxine reconnue, n'ont pas réussi. Par conséquent, la sélection assistée par marqueur chez l'arachide semble être une méthode limitée dans le cas du croisement pour la résistance à l'aflatoxine où il n'y a pas de différences claires entre les génotypes résistants et susceptibles. Une autre approche basée sur une meilleure connaissance des mécanismes biochimiques élaborés en réaction à l'infection fongique et le changement environnemental est en train d'être développée. Le premier pas consiste à établir l'identité des mécanismes de la plante qui inhibent la formation de l'aflatoxine chez l'arachide. Ceci est suivi par une recherche sur la résistance renforcée chez la plante hôte en intégrant des gènes antifongiques spécifiques dans les variétés de plantes à travers le génie génétique. L'existence de diverses méthodes de transformation et de régénération de plantes fertiles rend cette approche réaliste pour l'arachide.

Gène candidat pour les enzymes antifongiques chez l'arachide

L'arachide produit la phytoalexine stilbène en réaction à l'infection fongique. Le gène qui encode la synthase du stilbène, est une enzyme clé dans la biosynthèse de stilbène, a été exprimé avec succès chez le tabac. Il est postulé que l'accroissement de la production de stilbenes chez les graines d'arachide par le transfert génétique les rend moins sujet à l'infection fongique.

Les enzymes lipoxigenase (LOX), récemment caractérisées et clonées, sont soupçonnées de jouer un rôle important dans l'interaction *Aspergillus*/graine. L'expression *Pn* (pour arachide) LOX1 chez le cotylédon d'arachide

infecté par A. *flavus* conduit à un modèle différentiel d'acide linoléique hydroperoxique, des produits primaires de LOX. Donc l'étude de l'expression de LOX pourrait fournir un support pour le criblage des génotypes.

Facteurs environnementaux : effets de la sécheresse sur le processus de maturation et la stabilité de la membrane des cellules

Cette approche est basée sur l'observation établie que la sécheresse a un effet fort sur les composants biocompétitifs (phytoalexines, protéine antifongique) ou protecteurs (phenols), qui influent sur la croissance de *A. flavus* et la synthèse d'aflatoxine. La sécheresse empêche aussi la maturation correcte des grains d'arachide. La probabilité que les graines d'arachide récoltées mûres soient contaminées par l'aflatoxine est faible. Comme la teneur en eau de la graine d'arachide a diminué pendant la sécheresse, sa capacité à produire la phytoalexine a également diminué, conséquemment l'activité fongique et la contamination par l'aflatoxine.

A cause de la nature de leur radical, les acides gras hydropéroxides et les produits primaires de LOX sont capables de produire des dégâts aux membranes et de provoquer la mort de la cellule. Le gène *Pn*LOX1 étant la base constitutive du cotylédon immature, son activité est probablement exigée pour la maturation correcte de l'arachide. Il est intéressant de savoir que certaines enzymes impliquées dans les réponses aux attaques fongiques telles les chitinases osmotines, les péroxidases et les protéases, sont aussi impliquées dans la réponse au stress hydrique et thermique à travers les mécanismes des membranes cellulaires. Par conséquent, on assume que l'examen du rôle et de la fonction des enzymes, à travers le clonage des enzymes impliquées dans la stabilité des membranes des cellules infectées associé aux conditions de contrôle de la sécheresse, pourrait conduire à la détection de variations utiles entre génotypes, et fournir des outils moléculaires pour la sélection de lignées résistantes.

156

Méthodes de détection des aflatoxines

David M Wilson[1]

Le coût et la difficulté d'évaluer les aflatoxines constituent probablement les contraintes majeures au progrès de la recherche visant à réduire la contamination dans les champs et sur les marchés mondiaux, des cultures par les aflatoxines. La nécessité de développer une méthode de détection de l'aflatoxine qui soit facile et peu onéreuse est impérieuse. Au cours des 10 dernières années, peu d'efforts ont été consentis au développement de méthodes simples de détection des aflatoxines sur le terrain. Depuis la retraite de Charles Holiday du Laboratoire National des Arachides du Département de l'Agriculture des Etats-Unis (USDA) et l'avènement de produits commerciaux contre les aflatoxines, il n'y a pas eu d'efforts concertés pour développer des méthodes simples, peu coûteuses et efficaces permettant de déterminer la présence d'aflatoxines. La méthode développée par Davis, Guy, et Deiner de l'Université Auburn aux USA a conduit à l'utilisation du bromure ou de l'iode dans plusieurs méthodes HPLC et immuno-chimiques actuellement utilisées pour les analyses quantitatives des aflatoxines. Cependant, ces travaux n'ont pas été aboutis au développement d'une méthode de détection. Il y a aussi plusieurs autres méthodes prometteuses et qui devraient être développées à fond. Les connaissances permettant le développement de telles méthodes existent. Le problème est comment développer une méthode de détection simple, économique et utilisable sur le terrain par les programmes de contrôle de l'aflatoxine.

L'USDA, l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), certaines universités et plusieurs entreprises privées concernées, ont développé des méthodes immuno-chimiques telles que ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) permettant de mesurer les aflatoxines, mais dans la plupart des cas, cette approche est limitée par l'équipement et l'expertise requis. Les autres méthodes immuno-chimiques sont très laborieuses et inappropriées pour de grands nombres d'échantillons à cause de leurs coûts. L'université de

1. Department of Plant Pathology, University of Georgia, Coastal Plain Experimental Staion, PO Box 748, Tifton, GA 31793, USA.

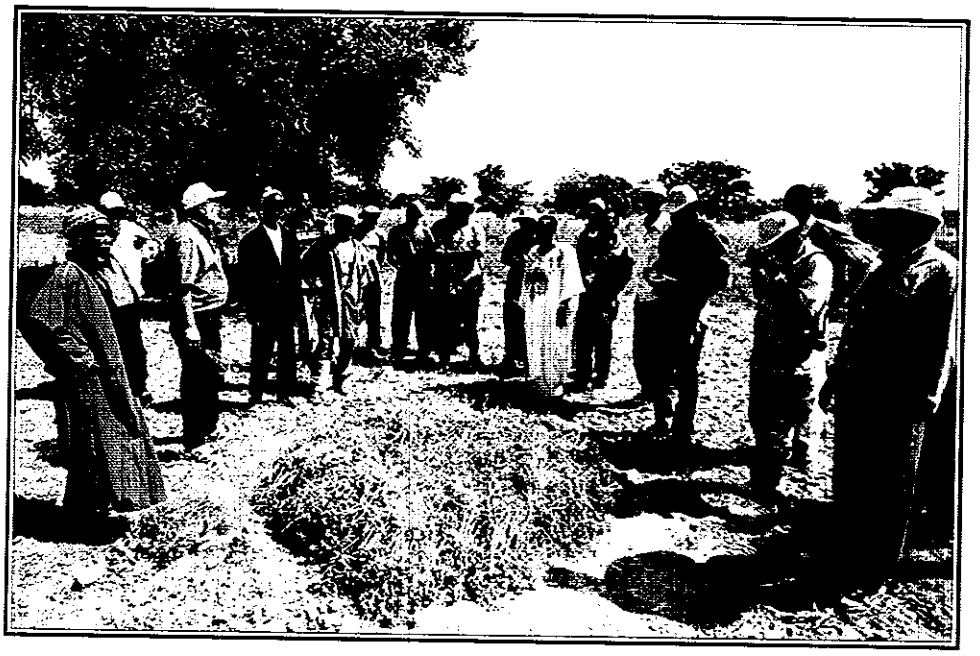
Georgie à Tifton, Georgie, USA, a obtenu des progrès dans le développement d'une méthode HPLC simplifiée, ne nécessitant pas de nettoyage, mais le HPLC doit être maintenu pour être opérationnel. Une autre approche serait de lier la toxine à une matrice et d'envoyer le matériel à un laboratoire capable de faire l'analyse par TLC, HPLC ou d'autres méthodes immuno-chimiques. Le défi est d'optimiser la méthodologie et de minimiser les coûts. Par conséquent, une tendance majeure de la recherche serait de développer une méthode de détection utilisable par tout chercheur qui aurait confiance en ses résultats.

Au cours des deux dernières années, Dr Wellington Mubatanhema de notre laboratoire de Tifton a développé une méthode HPLC simplifiée pour le maïs et pour l'arachide, dans le cadre de ses travaux de recherche financés par l'USDA et le Programme collaboratif d'appui à la recherche sur l'arachide (Peanut Collaborative Research Support Program, Peanut CRSP). Cette année, nous avons eu l'occasion de tester la méthode sur des échantillons d'arachide du programme de sélection génétique de Dr Corley Holbrook, USDA-ARS, Tifton. Brièvement, Dr Holbrook utilise la colonne Vicam et un fluoromètre pour déterminer la teneur en aflatoxin $B_1 + B_2$. Dr Holbrook utilise des colonnes Aflatest B qui reconnaissent seulement les aflatoxines B_1 et B_2, mais qui ne détecte pas les aflatoxines G parce que l'anticorps n'a aucune affinité pour les aflatoxines G. La méthode utilise en moyenne 1,7 colonnes Vicam par test, et coûte 8,47 $ par échantillon pour les colonnes Vicam seulement. Dr Mubatanhema a utilisé les mêmes procédures d'extraction, de filtration et de dilution que dans l'extraction Vicam, mais il a collecté les extraits au lieu de les faire passer à travers la colonne Vicam. Les extraits furent injectés directement dans le HPLC à l'aide d'une pré-colonne pour protéger la colonne analytique et sépara les aflatoxines sur une colonne C18. Les résultats furent de 7 parts par milliard d'aflatoxines à plus de 50 000 ppm chez le maïs et l'arachide. La limite de détection dans cette méthode HPLC était de 5 ppm d'aflatoxines. Lorsqu'une limite de détection plus faible est nécessaire, alors des méthodes vérifiées existantes doivent être utilisées pour ces échantillons. Dans le cadre de la recherche sur la contamination de l'arachide par les aflatoxines, il n'existe actuellement aucune méthode acceptable de détection qui ne soit excessivement chère à cause des coûts du matériel et de la main d'œuvre. L'approche dans ce genre de recherche n'est pas technologique : il s'agit de réduire les coûts et d'améliorer l'efficacité de la collection des données. La

méthode doit être précise de zéro à 50 000 ppm d'aflatoxines, mais elle ne doit pas nécessairement faire la différence entre 2 et 10 ou 20 ppm d'aflatoxines comme l'exigerait une méthode de réglementation. Le but d'une méthode de détection est de donner au chercheur qui travaille sur le terrain, la capacité de faire la différence entre les composantes à haut risque et celles à faible risque des différents facteurs de gestion, environnementaux et génétiques importants pour le projet. Une fois que les séparations générales auront été faites, l'utilisation de méthodes plus sensibles serait appropriée. Il existe aujourd'hui des méthodes très sensibles développées pour les besoins de la réglementation mais elles sont inappropriées pour la recherche sur le terrain. Par conséquent, les coûts des analyses d'aflatoxines sont très élevés et les données pertinentes ne sont souvent pas collectées à cause du facteur coût.

Le problème des aflatoxines ne sera pas réglé par le développement de méthodes de détections chimiques et fongicides, mais la disponibilité de méthodes utilisables par n'importe quel chercheur nous permettrait d'obtenir les données essentielles à la compréhension du problème. Cette information peut alors être utilisée dans les recommandations des techniques de gestion dans la production et l'utilisation de l'arachide permettant de réduire effectivement la contamination par les aflatoxines.

Séance 5: Général



L'Afrique de l'Ouest et les arachides dans le nouveau millénaire: Une perspective CRSP

J H Williams[1]

La recherche est entreprise pour atteindre un but bien défini. Si notre but était de réaliser le progrès scientifique, nous pouvons indiquer plusieurs réalisations. Cependant, si notre but était la création d'une industrie d'arachide dynamique dans la région, nous pouvons être moins à l'aise avec les réalisations à ce jour. En nous tournant vers l'avenir, nous devons nous interroger sur les raisons du faible progrès par rapports à nos désirs et ajuster ce que nous faisons.

Avec une gamme variée de progrès techniques sur le problème de l'aflatoxine, nous trouvons toujours qu'elle constitue la contrainte majeure au développement à grande envergure dans la région. Malgré notre connaissance de ce qui détermine et influence la contamination par l'aflatoxine, nous trouvons que la majorité de la population est exposée. Environ 33% des personnes sont exposées à des niveaux qui ont un impact sur leur santé en général et au delà sur leur productivité. Il est alors urgent d'intégrer et de déployer toutes les informations et technologies disponibles. Nous devons examiner l'économie de ce problème parce qu'il semble clairement qu'elle ne soit pas bien comprise des gouvernements. Cela doit être une priorité pour les chercheurs de la région. Ils doivent cependant s'associer à tous ceux qui s'intéressent au domaine médical et de la santé publique.

La productivité de l'arachide n'atteint même pas la moitié de son potentiel, malgré une gamme variée et impressionnante de technologies que les chercheurs de la région ont développées. En dépit du progrès scientifique, les rendements sont généralement en baisse et nous devons nous poser et répondre aux questions difficiles de savoir si les investissements dans la recherche agricole doivent continuer. Nous allons également traiter de la question de la main d'œuvre en tant que contrainte à la production. Ceci est important parce que le virus du sida va changer la

1. Peanut Collaborative Research Support Program, 1190 Experiment Street, Griffin, GA 30223, USA.

disponibilité de la main d'œuvre et les technologies appropriées pour l'avenir peuvent être critiques. Il semble que les problèmes de l'adoption des technologies se trouvent dans les domaines de la politique, de la demande, des questions sociales et de l'envergure de l'opération. Si nous disposons de peu de perspectives d'impact, alors les investissements dans la recherche doivent cesser.

Nous croyons que les nouvelles technologies de production ne seront adoptées que si elles sont suffisamment rentables pour les paysans qui sont à juste titre sceptiques. Une manière d'accroître la rentabilité aux paysans est d'augmenter la demande des transformateurs. Pour cela, nous devons travailler avec toute personne à quelque niveau qu'elle soit pour créer cette demande. Cela signifie qu'il faut mettre l'accent sur l'arachide en tant qu'aliment et un ingrédient pour des produits de plus grandes valeurs ajoutées.

(Un programme soutenu par l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID) Subvention N° LAG-G-0096-90013-00.)

Développement de l'aliment de sevrage à haute valeur protéique par extrusion par cuisson en utilisant l'arachide, le maïs et le soja

W A Plahar[1], C K Gyato[1] et B Onuma Okezie[2]

Un procédé standard de préparation par extrusion d'aliment de sevrage à base d'arachide, de maïs et de soja très riche en protéine a été développé. Les facteurs principaux considérés et évalués dans le procédé de développement du produit sont les effets de la formulation du mélange, la température d'extrusion et l'humidité de l'aliment qui facilitent l'extrusion ainsi que les caractéristiques de qualité du produit.

Les résultats ont montré que la densité apparente et la fermeté de la bouillie ont augmenté tandis que le taux d'expansion diminuait quand l'humidité de l'aliment augmentait. Cependant, dans un intervalle donné de la teneur en humidité de l'aliment, la densité apparente et la fermeté du produit ont diminué tandis que le taux d'expansion augmentait avec l'élévation de la température d'extrusion. Pour faciliter l'extrusion et avoir un produit de meilleure qualité en teme d'attributs sensoriels et de propriétés culinaires, les paramètres d'extrusion suivants ont été établis pour une formulation de mélange de 75% de maïs, 10% d'arachide et de 15% de soja: granulométrie de l'aliment 300-400 μm en utilisant une vitesse de 500 t/mn, un taux d'alimentation de 4,6 kg min^{-1}, une teneur en humidité de l'aliment de 16-18% et une température de 100°C-105°C. Une comparaison des attributs sensoriels de la bouillie à base de farine d'aliments de sevrage nous a permis de déceler des différences entre les produits extrudés et les produits similaires traditionnels, avec des notes très élevées pour tous les attributs sensoriels des produits extrudés, particulièrement les mélanges d'échantillons bruts extrudés (non cuits). Dans les tests domestiques, au moins 92% des résultats de deux des trois principales zones écologiques du Ghana ont classé toutes les caractéristiques sensorielles et fonctionnelles des mélanges d'échantillons bruts comme « fortement acceptables ». Les 7% restant ont marqué « acceptables » pour les attributs sensoriels et fonctionnels de qualité.

1. Food Research Institute, PO Box M20, Accra, Ghana.
2. Alabama A&M University, PO Box 1177, Normal, AL 35762, USA.

Qualité nutritionnelle et stabilité de conservation de l'aliment de sevrage à base d'arachide, de maïs et de soja

W A Plahar[1], N T Annan[1] et B Onuma Okezie[2]

Des échantillons d'aliments de sevrage à haute valeur protéique ont été produits en utilisant des mélanges d'arachide, de maïs et de soja pour obtenir le niveau de protéine désiré. Deux lots de produits extrudés, à base d'un mélange d'ingrédients bruts et pré-cuits ont été réalisés et caractérisés sur le plan de la viscosité de la pâte chaude, de la qualité chimique et nutritive, de la composition en acides aminés, et de la stabilité de conservation. Une évaluation comparative des produits extrudés a été entreprise par rapport à deux produits existants: l'aliment traditionnel de sevrage à base de farine de maïs cuite, et la version commerciale. En général, les produits extrudés se sont avérés d'une meilleure qualité nutritive comme indiqué par leur teneur élevée en protéine et leur qualité, de même que leur excellente réponse de croissance. Pour les deux types d'aliments de sevrage extrudés développés, les augmentations de poids enregistrées ont été de soixante à cent par rapport à l'échantillon traditionnel. Proportionnellement, les valeurs de PER qui ont chuté entre 2,3 à 2,5 étaient pratiquement trois fois les valeurs obtenues pour les produits existants. Le taux d'efficacité nutritionnelle obtenu a été aussi sensiblement plus élevé pour les produits extrudés. Les données hématologiques des animaux testés ont montré des valeurs normales de numération des globules blancs et des globules rouges, du taux d'hémoglobine et du volume des éléments agglutinés à l'exception de la farine traditionnelle cuite de maïs. En conservation, le mélange d'échantillons bruts extrudé garde sa stabilité durant 7,8–10,4 mois. La stabilité du mélange pré-cuit extrudé est de 5,6–7,1 mois une fois conservé à la température ambiante d'environ 30°C au Ghana. Il a été prouvé en général, que le traitement de pré-cuisson réduit les caractéristiques de qualité du produit extrudé.

1. Food Research Institute, PO Box M20, Accra, Ghana.
2. Alabama A&M University, PO Box 1177, Normal, AL 35762, USA.

164

Eléments pour un projet de renforcement de la production semencière d'arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre

R Schilling[1]

Les systèmes semenciers d'arachide : Etats des lieux

L'enquête FAO/CORAF a conduit au constat suivant :

- Graine d'arachide volumineuse, pondéreuse et fragile avec faible taux de multiplication.
- Faible revenu financier de la culture = faible demande en semences certifiées.
- Référentiel technique insuffisante, peu d'efforts pour améliorer qualité technologique des semences au niveau du post-récolte en milieu paysannal.
- Politiques et réglementations semencières peu appliquées et disparates.
- Capital semencier sous-régional insuffisant, fourni essentiellement par secteur informel.
- Système institutionnel peu performants = déficit en semences de base et défaut de coordination offre/demande.

Evaluation de la situation semencière : conséquences opérationnelles

Analyse des expériences du passé

- Projets fugaces sans effets durables.
- Projets durables caractérisés par :
  - Schéma de multiplication généalogique précis,
  - Gestion centralisé des premières générations et des fonctions de contrôle,
  - Suivi rapproché de la multiplication de niveau 1 (10% du capital),
  - Cession des semences au comptant ou à crédit avec remboursement en nature ou en espèces avec intérêt.

L'insertion, dans un tel dispositif, d'opérateurs commerciaux compétents et viables, ne sont pas encore clairement définies dans les pays qui ont entrepris cette mutation.

1. CIRAD-CA, Programme Cultures Alimentaires, TA70/01 34398 Montpellier, France.

165

Propositions d'orientations pour une organisation régionale de la production semencière

- Renforcer les programmes nationaux d'amélioration variétale et mise en œuvre de programmes régionaux pour les grands thèmes d'intérêt commun.
- Standardisation et mise en cohérence des législations, réglementations, procédures et terminologies semencières.
- Conservation et caractérisation d'une collection régionale du matériel génétique.
- Maintien à titre transitoire d'un dispositif de multiplication de semences de base en petites quantités, susceptible de contribuer à l'émergence de programmes nationaux.
- Maintien de l'action de formation, information et assistance technique initiée par le GGP avec extension au secteur semencier.
- Animation d'une réflexion, soutien institutionnel et mission d'études sur insertion du secteur commercial privé et les contraintes socio-économiques de la filière, bases techniques d'intervention

S'agissant de l'option semencière, les acquis du GGP constituent la base indispensable mais encore fragile, d'actions qui viendraient les compléter en aval et les rapprocher de leur objectif ultime: mettre les semences d'arachide à la disposition du petit producteur africain, en quantité et de qualité requises. Cet objectif a été posé dès la phase de définition du GGP; il s'agit à présent de définir les bases techniques d'une opération susceptible de le réaliser.

L'expérience acquise et les enseignements de l'enquête conduisent à proposer quelques orientations fondamentales dont devra s'inspirer toute action de réorganisation de la production semencière d'arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre :

- Pérenniser et consolider les acquis du GGP.
- Etablir, au sein des structures nationales, une cellule semencière chargée d'assurer le relais entre les autorités et les opérateurs locaux, d'une part, et le niveau régional (GGP) d'autre part.
- Suivre des objectifs semenciers globaux : Les besoins en semences (14 pays de l'enquête), sont d'environ 600 000 t an^{-1}. Il est admis qu'un renouvellement par tiers de ce capital, soit 200 000 t an^{-1} (Niveau 2), est nécessaire pour assurer le maintien de la capacité d'emblavement et une

166

amélioration sensible de la productivité. La dernière génération, conduisant de 20 000 t à 200 000 t, sera conduite soit directement par les agriculteurs eux-mêmes à partir de «mini-doses» servant à ensemencer des champs semenciers individuels, soit par des coopératives gérant leur propre production semencière ou selon des modalités à définir localement.

- Consacrer des moyens importants sur le niveau 1 (20 000 tonnes) et y impliquer des professionnels privés. Dans tous les cas de figure, le secteur institutionnel limitera son action aux domaines-clés de la semence de base et des contrôles. Les normes de qualité seront fixées en fonction du niveau de technicité et de la capacité d'investissement des utilisateurs ; elles ne devront pas avoir pour effet, dans l'intention de s'aligner sur les normes internationales, d'imposer des prix de cessions qui mettraient la semence certifiée hors de portée du petit producteur
- Dynamiser/responsabiliser le secteur paysannal, chargé en particulier du niveau 2. Le secteur paysannal, dit «informel», assume et assumera encore l'essentiel de la production semencière d'arachide. Le progrès passera donc par la responsabilisation et l'amélioration de la capacité productive des organisations paysannes
- Etablir un contrôle central du schéma généalogique et des stocks stratégiques.

Projet Germplasm Arachide (GGP)

Un groupe de travail (GT) a été constitué par le Projet Germplasm Arachide (GGP), sous l'égide du CORAF avec les objectifs suivants :

- Exploiter les résultats de l'enquête régionale semencière arachide (1999)
- Poursuivre la réflexion
- Identifier des actions susceptibles de consolider les acquis du GGP
- Pallier les principales contraintes du secteur semencier arachide.

Ce mandat a été confirmé par le Comité de Pilotage du GGP (juillet 2000) et a reçu l'approbation de la FAO.

Après un bref rappel des objectifs du GGP et l'origine de la constitution de ce GT, deux documents ont été présentés au cours de cet atelier, ils sont destinés aux SNRA des pays producteurs d'arachide de la sous-région et aux instances de tutelle du GGP. Ils constituent une première contribution du GT dans le cadre de la mission qui lui est confiée.

- Le premier document présente un état des acquis du GGP depuis sa mise en place et fait des propositions d'actions devant pérenniser et consolider les acquis et le dispositif opérationnel du GGP qui constituent la base scientifique et la bas arrière des opérations d'appui à la production semencière.
- Le second document fait une analyse exhaustive des informations réunies dans l'enquête régionale semencière, présente une typologie des situations rencontrées et une élaboration des bases techniques de la multiplication /diffusion des semences d'arachide en milieu paysannal.

Projet Germplasm Arachide pour l'Afrique de l'Ouest – Un cadre pour le futur

R Ntare, A Mayeux et J Ndjeunga[1]

Le Projet Germplasm Arachide (GGP) a débuté en 1996 et se termine en juin 2002 après une extension d'un an, sans coût. L'ICRISAT est l'agence responsable de la réalisation du projet (Project Executing Agency, PEA) en partenariat avec le CIRAD, l'ISRA. Le Common Fund for Comodities (CFC) à travers le groupe intergouvernemental sur les oléagineux, huiles et matières grasses (IGG/OOF) est le créditeur. L'objectif est d'améliorer la productivité de l'arachide et la pérennité des systèmes de production en Afrique de l'Ouest grâce à l'approvisionnement de semences de qualité.

Réalisations

Le GGP a traité la stabilité de la production d'arachide et la biodiversité au sens large, au travers des différentes composantes du projet s'adressant : au regroupement du germplasm, à sa maintenance et sa conservation, à la caractérisation de ce germplasm pour les caractères d'intérêt économique, à sa distribution et son échange, à la production de semences de base, à la formation et à la dissémination de l'information.

Collection et conservation de matériel génétique

Une banque de gènes pour la conservation à court et moyen termes du germplasm a été créée et regroupe 6000 accessions d'arachide. Environ 1500 de ces accessions proviennent des pays de l'Afrique de l'Ouest. Les semences peuvent être conservées jusqu'à 10 ans sans perte de viabilité, de vigueur et d'intégrité génétique. A court terme, les SNRA pourront utiliser cette banque de gènes pour dupliquer leurs matériels génétiques. Il y a possibilités également de rapatriement de matériels génétiques d'arachide dans les pays de la région sur demande.

Caractérisation du matériel génétique

Le germplasm conservé a été caractérisé pour les critères botaniques et agronomiques les plus pertinents. Cette caractérisation et évaluation, ont

1. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali.

été conduites chez des partenaires de la région comme le Nigéria, le Mali, le Burkina Faso et le Sénégal. Une base de données correspondant à ces différents critères a été développée. Des descripteurs simplifiés pour l'arachide ont été répertoriés dans un manuel qui a été distribué à l'ensemble des SNRA de la région.

Evaluation du matériel génétique

Le matériel génétique a été criblé pour la résistance à la maladie de la rosette. Soixante dix (70) accessions et plus de cent (100) lignées des différents groupes de maturité ont été identifiées. Les variétés les plus prometteuses sont testées dans un réseau d'essais régionaux ainsi que des essais multilocaux en milieu paysannal. L'Institut nigérian de recherche agricole (IAR) est devenu un centre de référence dans la région pour le criblage et la sélection de la résistance de l'arachide au virus de la rosette. Le virus de rabougrissement de l'arachide est transmis par le sol aussi bien que par les graines et est très répandu en Afrique de l'Ouest. Cette maladie a des implications dans le mouvement et l'échange de matériels génétiques dans la région. Le matériel génétique et les lignées de sélection sont recensés pour l'occurrence de tous virus transmis par graine pour assurer une production et distribution de semences saines.

Parmi les maladies foliaires, la cercosporiose précoce et celle tardive et puis la rouille sont les plus importantes. Treize (13) et vingt-et-une (21) sources de résistance à la cercosporiose hâtive et tardive et plus de 80 sources de résistance à la rouille ont été identifiées. Les lignées présentant des caractéristiques agronomiques acceptables ont été testées dans un réseau d'essais régionaux et multilocaux nationaux conduits dans plusieurs pays de la région.

En ce qui concerne la contamination par l'aflatoxine, des sources de résistance à *A. flavus* et à la contamination par l'aflatoxine ont été identifiées et évaluées dans un réseau d'essais régionaux.

La recherche sur la sécheresse conduite par l'ICRISAT, le CIRAD en collaboration avec l'ISRA/CERAAS a permis d'identifier des variétés pouvant assurer des rendements acceptables dans les zones agricoles de la régions marquées par un déficit pluviométrique.

La diversification des cultures dans les zones agricoles irriguées, qui donnent des récoltes de grandes qualités, offre une opportunité intéressante pour l'arachide de bouche. Un certain nombre de variétés adaptées au

170

marché de l'arachide de bouche ont été développées par l'ICRISAT et l'ISRA et sont testées dans la région.

Distribution et échange du matériel génétique

Les demandes en semences ont été satisfaites en fonction des quantités disponibles. Les standards pour la régénérescence ont été appliqués pour assurer une production de qualité des semences devant être distribuées et éviter une disjonction génétique qui pourrait être induite par les différentes pressions de sélection rencontrées au cours du cycle végétatif. Les aspects techniques et les procédures de quarantaine ont été documentées en consultation avec les SNRA partenaires. Les principes généraux et les procédures d'exécution d'échange du germplasm ont été établis.

Multiplication des semences de base

Une ferme semencière de 4 hectares a été réhabilitée à l'ISRA, Bambey, Sénégal, avec les équipements appropriés (irrigation, conditionnement des semences, stockage, etc) pour la production des variétés améliorées. Les variétés communément multipliées dans la région ont été également produites. Une méthode alternative de conservation sous atmosphère modifiée a été développée. Une étude régionale sur les systèmes semenciers arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre a montré que le manque de disponibilité en semences de variétés améliorées est la principale contrainte de la production d'arachide dans la région.

Formation

Le Projet s'efforce, partout où il en a la possibilité, de renforcer la capacité des programmes nationaux dans les domaines de conservation et production de ressources génétique. Plusieurs ateliers et cours de formation ont été conduits pour renforcer l'interaction entre les chercheurs des SNRA et pour améliorer les connaissances dans différents domaines de la recherche et du développement de l'arachide.

Dissémination de l'information

Les différents résultats du GGP ont été publiés dans des rapports annuels, bulletins d'information, catalogues, manuels techniques et autres moyens. Les chercheurs du projet partagent leurs résultats avec les collègues de la région dans des conférences régionales et internationales.

Ce qui doit être poursuivi

Maintien et conservation du matériel génétique

La plupart des programmes nationaux de la région manque d'équipement de base de conservation du matériel génétique et ont des systèmes de communication et de documentation limités. La diffusion du matériel génétique est d'une importance primordiale et peut être appréciée comme la raison de la conservation de ces collections. L'objectif est par conséquent de continuer le renforcement de l'utilisation et de la conservation des ressources génétique de l'arachide. Une des activités qui pourrait avoir un impact sur la conservation *ex situ* de l'arachide en Afrique de l'Ouest est la recherche d'une alternative à la conservation par chambre froide. Cette conservation par chambre froide est supposée être la meilleure méthode de conservation, mais elle requiert un fort coût d'investissement et de fonctionnement. Et cela a une relation significative sur le développement.
Il y a nécessité de renforcer les activités de conservation et d'utilisation des ressources génétiques de l'arachide avec les objectifs suivants :

- Garantir à coût rentable la conservation ex-situ de la diversité arachidière
- Evaluer l'impact de l'adoption de nouvelles variétés sur la biodiversité
- Développer des méthodes alternatives de conservation à coût réduit

Distribution du matériel génétique

Une collection de travail a été établie dans la région pour renforcer et sécuriser la biodiversité arachidière. Un système approprié doit être développé pour assurer l'accès et la distribution du germplasm pour tous les utilisateurs tout en garantissant la qualité sanitaire de ce matériel végétal.

Promotion des variétés et satisfaction de la demande

Parmi les variétés criblées, nombreuses sont celles qui ont montré une tolérance ou une résistance aux maladies foliaires, à la maladie de la rosette, à la contamination par l'aflatoxine et à la sécheresse. Des variétés répondant aux critères du marché de l'arachide de bouche ont également été identifiées. Les activités seront définies afin de valoriser l'expérience du projet ainsi que celle d'autres projets déjà opérationnels dans la région afin d'augmenter le revenu des producteurs par l'utilisation de ces variétés améliorées d'arachide.

Les résultats attendus sont :

- La promotion de variétés identifiées d'arachide aux caractères acceptables auprès des paysans et de l'industrie alimentaire grâce à des procédures participatives.
- Estimation de la demande à moyen terme en arachide de bouche plutôt que celle destinée à l'extraction d'huile, celle à double vocation, etc., dans les communautés rurales de l'Afrique de l'Ouest.
- L'estimation l'acceptabilité des nouvelles variétés d'arachide, évaluer les contraintes à une plus large adoption et identifier les options pour résoudre ces contraintes.
- De fiables mécanismes pour développer, sur une base régulière, de nouvelles variétés supérieures qui sont nécessaires aux injections à intervalles réguliers dans les systèmes nationaux de multiplication de semences.

Multiplication, distribution et stockage des semences

La distribution de semences d'arachide dans la majorité des pays de l'Afrique de l'Ouest reste insuffisante. Pour cela, il est nécessaire de renforcer les systèmes semenciers nationaux afin d'assurer que les différentes catégories d'utilisateurs auront accès à des semences de base de qualité, en quantité suffisante, en temps et place souhaités et à un prix abordable.

Les résultats attendus sont :

- Des opportunités pour améliorer l'efficacité de la sélection et la production semencière de base et de distribution.
- L'examination des structures incitatives de production et de distribution de semences d'arachide. L'estimation des rôles relatifs des organisations publiques, non gouvernementales et privées des canaux de production et distributions semencières.
- Le diagnostic des problèmes de la commercialisation de l'arachide et l'identification des moyens de les résoudre.
- L'adoption de règles appropriées de fixation des prix pour les semences de pré-base, celle de base ou celle certifiées de deuxième génération, cela pour assurer la durabilité de l'industrie semencière ; et la nécessité de décourager les paysans d'utiliser comme semence les graines issues de leur récolte.

- Le développement d'entreprises semencières du secteur privé d'échelle large, moyenne et petite.
- Des contrats fiables aux producteurs compétents et animés d'esprit d'entreprise.
- La maintenance de standards de hautes qualités pour toutes les classes de semences à travers des programmes forts de certification et de contrôle de qualité.
- L'amélioration de toutes les facettes de la production semencière.
- Des réformes institutionnelles amenant des changements des rôles et responsabilités du secteur public, accélérant le développement des programmes semenciers, la tarification des semences, améliorant leur certification, et les opérations de contrôle.
- Des stocks de sécurités de semences.

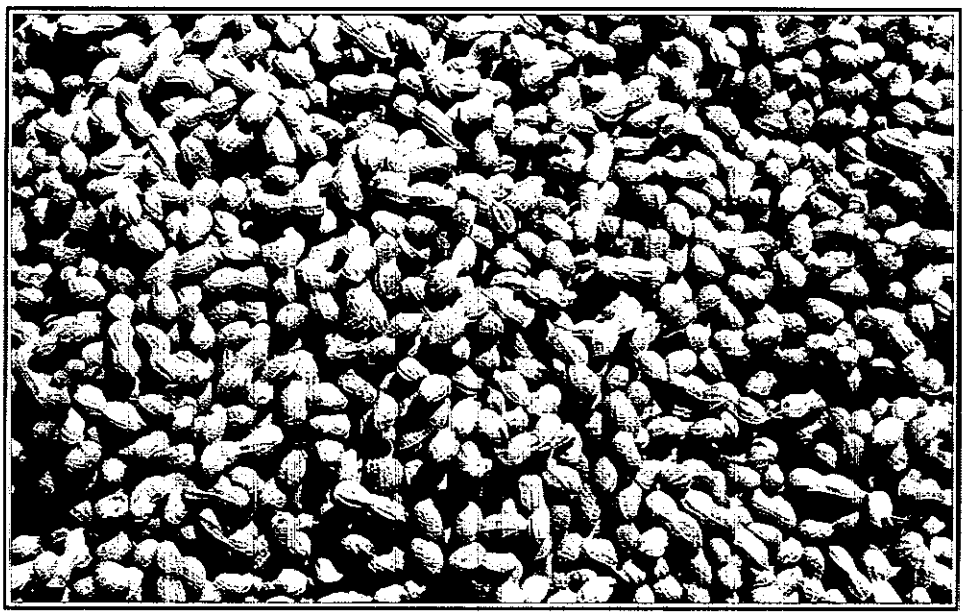
Documentation et dissémination de l'information

L'accessibilité de l'information demeure un problème majeur pour les SNRA de la région. Il y a aussi un besoin réel de développer des moyens efficaces de documentation sous la forme de bases de données concernant les prix, les marchés, la réglementation semencière, les services de quarantaine, les droits de propriété intellectuelle, la distribution des intrants et la qualité des produits. Ces informations doivent être largement diffusées.

Les résultats escomptés sont :

- Des bulletins et manuels techniques
- Des newsletters
- Des catalogues et cartes des variétés
- Des ateliers ciblés
- Des brochures d'informations publiques

Séance de clôture



Allocution de clôture

G Agbahunga[1]

Dr Farid Waliyar, le Représentant de l'ICRISAT
Dr Williams, Directeur de Peanut CRSP
Chercheurs des autres SNRA
Mesdames et Messieurs les Participantes et Participants

Vous avez trois jours durant examiné les grandes contraintes à la production arachidière en Afrique de l'Ouest et du Centre à la lumière des actions de recherche engagées. Vous vous êtes préoccupés particulièrement des problèmes de production de semences améliorées. Les problèmes d'aflatoxines qui constituent une menace particulière à la production n'ont pas été occultés.

Par ailleurs en ouvrant les travaux de cet atelier le mercredi 6 décembre 2000, le Directeur de Cabinet représentant le Ministre du Développement Rural du Bénin vous avait présenté la situation actuelle de la filière au Bénin et dans la sous-région. Il vous a fait part des attentes du Bénin et par extension de celles de toute la sous-région. Par rapport à la recherche agronomique et la nécessité de se préoccuper des impacts, il est apparu comme une impérieuse nécessité pour les chercheurs de s'accorder avec les exigences des partenaires et décideurs.

Je viens d'écouter avec une attention soutenue votre rapporteur ainsi que les recommandations formulées par votre atelier.

Je puis vous assurer que nos espoirs sont comblés. Je me ferai donc le devoir de transmettre aux autorités du Bénin,. les recommandations et motions qui leur sont adressées. Ces propositions éclaireront les décisions en ce qui concerne le renforcement des capacités de la Recherche Agricole Nationale et l'appui à apporter au Programme Régional. Je m'en voudrais de ne pas évoquer ici l'ambiance de franche collaboration qui a prévalu tout le long des assises de Cotonou, faisant ressortir l'esprit d'une complémentarité harmonieuse entre les SNRA et les CIRA, ici l'ICRISAT, ainsi que la coopération régionale, la coopération avec les pays du Nord et les Universités du Nord.

Je ne saurais terminer cette intervention sans remercier l'ICRISAT Peanut CRSP, le CORAF, le Sasakawa Global 2000 et tous les autres

1. Representative of the Director General of INRAB, BP 884 Cotonou, Benin.

partenaires qui ont contribué efficacement à la tenue de l'atelier de Cotonou qui pour ma part est une entreprise bien réussie.

Je voudrais apprécier l'organisation conjointe ICRISAT-INRAB qui a bien fonctionné et féliciter tous les membres de cette équipe.

Je voudrais remercier particulièrement Dr Farid Waliyar de l'ICRISAT. Il nous a été dit qu'il est la pièce maîtresse de cette organisation régionale autour de l'Arachide.

Merci à l'IITA qui a assisté l'organisation en nous pourvoyant l'interprétariat.

Merci à tous les participants venus de très loin (Afrique, Europe, Etats-Unis). Merci aux participants locaux.

En vous souhaitant tous un bon retour dans vos pays respectifs, je déclare clos au nom du Bénin, le 7ème Atelier Régional sur l'Arachide en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Je vous remercie.

Recommandations

Recommandations

Spécifiques à l'aflatoxine

Au cours de cette session, les recommandations suivantes ont été faites :

- à cause de la complexité du sujet, à l'avenir il est indispensable d'adopter une approche intégrée, impliquant tous les domaines intervenant dans l'innocuité alimentaire par rapport à l'aflatoxine (recherche, santé, commerce, économie etc.)
- beaucoup de résultats techniques existent d'une manière sectorielle, cependant, il est indispensable de les regrouper dans un modèle global de gestion de la contamination de l'arachide par l'aflatoxine
- il est recommandé d'accorder plus d'importance à l'étude des facteurs socio-économiques liés à la contamination par l'aflatoxine ; recherche sur le développement des marchés, le coût économique de l'aflatoxine etc.
- élaborer un plan stratégique prenant en compte toutes les préoccupations de la recherche, de la commercialisation, de la santé, de la vulgarisation etc. Ce plan servirait de repère pour l'intégration des activité de recherche et la référence pour la recherche de nouveaux financements pour celles-ci.

Générales

- Tous moyens disponibles doivent être utilisés pour promouvoir l'arachide au sein des économies des pays de la région.
- Afin de créer de meilleurs gains pour les paysans de la région, il est nécessaire d'identifier et de développer les opportunités profitables.
- Les efforts doivent être portés sur l'arachide en tant qu'aliment et non pas sur l'extraction d'huile, cela à cause de la compétition présente avec les autres huiles végétales (soja, tournesol et coton).
- L'arachide est une source de nutriments essentiels et joue un rôle significatif contre le problème de l'obésité.
- Le développement du commerce est une nécessité fondamentale à la promotion de l'arachide.
- Une approche coordonnée de la recherche arachidière et du développement dans la région est nécessaire.

Liste des participants

Bénin

J Detongnon
Director General
INRAB
BP 884 Cotonou
Tel: (229) 30 02 64
Fax: (229) 30 37 70
E-mail: inrabdg4@bow.intnet.bj

M Adomou
Responsable Programme Arachide
Direction Scientifique
INRAB
BP 884 Cotonou
Tel: (229) 30 02 64
Fax: (229) 30 37 70
E-mail: madomou@yahoo.com

Burkina Faso

Sankara Philippe
Université de Ouagadougou
03 BP 7021 Ouagadougou
Tel: (226) 36 48 60 / 21 15 97
Fax: (226) 30 72 42
E-mail: sankph@fast.univ-ouaga.bf

Cameroun

Thomas Mekontchou
Sélectionneur
IRAD
BP 163 Foumbot
Tel: (237) 44 58 14 / 44 22.27

France

R Schilling
CIRAD-CA
Agronome Programme Cultures
Alimentaires
TA70/01 34398 Montpellier
Tel: 04 67 61 58 78
Fax: 04 67 61 56 93
E-mail: robert.schilling@cirad.fr

Ghana

P G Lokko
Senior Scientific Officer
Food Research Institute
PO Box M20
Accra
Tel: (233) 50 28 84
Fax: (233) 50 28 84
E-mail: plollo@libr.ug.edu.gh

W A Plahar
Director/Chief Research Scientist
Food Research Institute
PO Box M20
Accra
Tel: (233) 21 777 330 / 761209
Fax: (233) 21 777 647
E-mail: fri@ghana.com

F K Tsigbey
Pathologist
SARI
PO Box 52
Nyankpala-Tamale
Tel: (233) 71 22 411
Fax: (233) 71 23 483

Inde

H D Upadhyaya
ICRISAT
Patancheru 502 324, Andhra Pradesh
Tel: 91 40 329 6161
E-mail: h.upadhyaya@cgiar.org

Mali

Bamory Diarra
Chef de Laboratoire Biochimie
IER
BP 262 Sotuba, Bamako
Tel: (223) 24 24 49

J Ndjeunga
Agricultural Economist
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: j.ndjeunga@icrisatml.org

B R Ntare
Selectionneur/Principal Scientist
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: b.ntare@icrisatml.org

Kodio Ondié
Chef Programme Arachide
CRRA
BP 281
Kayes
Tel: (223) 252 2005
Fax: (223) 252 2005
E-mail: CRRA.kayes@ier.ml

R Tabo
Groundnut Phytopathologist
ICRISAT
BP 320 Bamako

A Traoré
Scientific Officer
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: a.traore@icrisatml.org

F Waliyar
Groundnut Phytopathologist
ICRISAT
BP 320 Bamako
Tel: (223) 22 33 75
Fax: (223) 22 86 83
E-mail: f.waliyar@icrisatml.org

Mauritanie

Sidi-R'chid
Agronomist
CNRADA
BP 22 Kaedi
Tel: (222) 535 378
Fax: (222) 535 377
E-mail: cnrada@opt.mr

Nigeria

Cheick Dia
Interprète
IITA
OYO Road
Ibadan
Tel: (234) 2 241 2626
E-mail: c.dia@cgiar.org

V C Umeh
Entomologist
National Horticultural Research Institute
PMB 5432, Idi-Ishin
Jericho Reservation Area
Ibadan
Email: emnumea@skannet.com

Royaume-Uni

F M Kimmins
Entomologist/Deputy Manager
Crop Protection Programme
MR International
Pembroke Chatham Maritime
Chatham, Kent
Tel: 01634 883306
E-mail: F.M.KIMMINS@GRE.AC.UK

Sénégal

Arthur Dasylv
Production Semence
ISRA/CNRA
Chef Service Production Semences
BP 53 Bambey
Tel: (221) 973 63 36
Fax: (221) 973 63 37
E-mail: upse@telecomplus.sn

Danièle Clavel
Sélection arachide
CIRAD
CERAAS-CORAF
BP 3320 Thiès-Escale, Thiès
Tel: (221) 951 49 93
Fax: (221) 951 49 95
E-mail: clavel@cirad.fr
ceraas@sentoo.sn

Hanne Lamine
Free-lance
Communication/Interprète
BP 6482 Dakar Etoile
Tel: (221) 820 43 37 / 638 82 81
E-mail: hannelamine@hotmail.com
lhanne@telecomplus.sn

A Mayeux
Genetic Resources/Project Manager
CIRAD
GGP
BP 6478 Dakar Etoile
Tel: (221) 823 9265
Fax: (221) 823 9265
Email: mayeux@sonatel.sn

Ousmane Ndoye
Sélection/Chercheur
ISRA-CNRA
BP 53 Bambey
Tel: (221) 973 60 50
Fax: (221) 973 63 48
E-mail: ousndoye@syfed.refer.sn

M Sene
ISRA
BP 53 Bambey
Tel: (221 973 63 48
Fax: (221) 973 63 48
E-mail: modousen@refer.sn

Sierra Leone

M T Moseray
IAR
PMB 540, Freetown

Togo

N Bitignime
Agronome/Chef Programme
ITRA/CRA-SH
Légumineuses à Graines
BP 88 Sotouboua
Tel: (228) 53 00 32
Fax: (228) 53 00 32

USA

C Corley Holbrook
Research Geneticist
USDA-ARS
PO Box 748
Costal Plain Experimental Station
Tifton, GA 31793
Tel: 912 - 386 3176
Fax: 912 - 386 3437
E-mail:
holbrook@tifton.cpes.peachnut.edu

Curtis Jolly
Agro-Economist, Professor/Researcher
Department of Agricultural Economics
Auburn University
AL 36830
Tel: 334 884 5613
Fax: 334 844 5639
E-mail: ejolly@acesag.auburn.edu

David M Wilson
Mycotoxin/Professor
Department of Plant Pathology
University of Georgia
Coastal Plain Experimental Station
PO Box 748
Tifton, GA 31793
Tel: 912 384 3368
Fax: 912 386 7285
E-mail:
Dwilson@tifton.cpes.peachnet.edu

Keith T Ingram
Agronomy/Associate Professor
Department of Crop and Soil Sciences
1109 Experiment Street
Griffin, GA 30223-1797
Tel: 1 720 412 4045
Fax: 1 720 229 3215
E-mail: kingram@griffin.peachnet.edu

Mike Bertelsen
Economist
OIRD Virginia Tech.
1060 Litton Reaves Hall Blacksburg,
VA 24061-0334
Tel: (540) 231 6338
Fax: (540) 231 6741
E-mail: bertl@vt.edu

Mohamed Ahmedna
Assistant Professor
Food Science and Nutrition
171 Carver Hall
North Carolina A&T State University
Greensboro, NC 27411
Tel: 336 334 7963
Fax: 336 334 7239
E-mail: ahmedna@ncat.edu

B Onuma Okezie
Professor, Food Science/Nutrition &
Director, International Programs
Alabama A&M University
Office of International Programs
PO Box 1177
Normal, AL 35762
Tel: (256) 851 54 18
Fax: (256) 851 51 96
E.mail: Ookezie@aamu.edu

183

Richard Mattes
Nutrition/Professor
Purdue University
212 Stone Hall
W Lafayette, IN 47907-1264
Tel: 765 494 0662
Fax: 765 494 0416
E-mail: MATTES@CFS.PURDUE.EDU

Terry Hardt
Government Officer
USAID
Suite A-52, 1730 W Lynn St
Arlington, VA 2209
Tel: 202 712 0434
E-mail: THARDT@USAID.GOV

J H Williams
Program Director, Peanut CRSP
University of Georgia
1109 Experiment Street
Griffin, GA 30223
Tel: 770 228 7312
Fax: 770 229 3337
E-mail: crspgrf@gaes.griffin.peachnet.edu
twillia@griffin.peachnet.edu