



Towards Sustainable Sorghum Production, Utilization, and Commercialization in West and Central Africa

*Vers une production, utilisation et
commercialisation durables du sorgho en
Afrique occidentale et centrale*



West and Central Africa Sorghum Research Network
Réseau ouest et centre africain de recherche sur le sorgho

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides



Citation: Akintayo, I. and Sedgo, J. (ed.). 2001. Towards sustainable sorghum production, utilization, and commercialization in West and Central Africa: proceedings of a Technical Workshop of the West and Central Africa Sorghum Research Network, 19-22 April 1999, Lome, Togo. Bamako, BP 320, Mali: West and Central Africa Sorghum Research Network; and Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 000 pages. ISBN 92-9066-4330-9. Order code CPE 131.

Abstract

This publication contains selected papers and recommendations of the technical workshop organized by the West and Central Africa Sorghum Research Network (ROCARS) "Towards sustainable sorghum production, utilization, and commercialization in West and Central Africa", 19-22 April 1999, at Lome, Togo. Delegates from the national agricultural research systems (NARS) of Benin, Burkina Faso, Cameroon, Central African Republic, Chad, Cote d'Ivoire, Gambia, Ghana, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal, and Togo attended the workshop. Participants also included representatives of the following regional and international organizations: Comité inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS), Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), ICRISAT, International Fertilizer Development Center (IFDC-Africa), USAID Collaborative Research Support Program on Sorghum and Pearl Millet (INTSORMIL), West and Central Africa Millet Research Network (ROCAFREMI), United Nations Economic Commission for Africa (UNECA), as well as representatives of nongovernmental organizations (NGOs), and the private sector.

The main objectives of the workshop were to review the Network activities, give an opportunity to sorghum researchers and their partners to exchange views and information, and plan future activities. Sorghum production and utilization, networks and food self-sufficiency, partnerships and technology exchange, and impact evaluation were some of the subjects that were discussed during the technical sessions. Presentations are reproduced in the original language of submission. The Preface and a brief report of the workshop, including the recommendations, are in English.

Résumé

Vers une production, utilisation et commercialisation durables du sorgho en Afrique occidentale et centrale. L'ouvrage présente des communications sélectionnées ainsi que les recommandations de l'atelier organisé par le Réseau ouest et centre africain de recherche sur le sorgho (ROCARS) sur le thème "Vers une production, utilisation et commercialisation durables du sorgho en Afrique occidentale et centrale" du 19 au 22 avril 1999 à Lomé, au Togo. Les participants de l'atelier ont compris les délégués des systèmes nationaux de recherche agricole (SNRA) suivants: Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Centrafrique, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Mali, Mauritanie, Niger, Nigéria, Sénégal, Tchad et Togo. Ont aussi pris part les représentants des organisations régionales et internationales suivantes: le Comité inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS), le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), le Centre international pour le développement des engrais (IFDC), le Programme international de recherche collaborative sur le sorgho et le mil (INTSORMIL), le Réseau ouest et centre africain de recherche sur le mil (ROCAFREMI), la Commission économique des Nations unies pour l'Afrique (UNECA) ainsi que des représentants des organisations non gouvernementales (ONG) et du secteur privé.

L'atelier a eu pour objectif d'évaluer les activités des 2 dernières années du ROCARS, d'échanger d'expériences et d'informations entre les chercheurs et les partenaires et de définir les grandes orientations stratégiques des activités futures du ROCARS. Les thèmes ont porté sur la production et l'utilisation du sorgho, des réseaux et l'autosuffisance alimentaire, le partenariat et le transfert de technologies, et l'évaluation de l'impact. Les communications sont dans la langue d'origine. La Préface et un compte-rendu bref de l'atelier, y compris les recommandations, sont en anglais.



Towards Sustainable Sorghum Production, Utilization, and Commercialization in West and Central Africa

Proceedings of a Technical Workshop of the
West and Central Africa Sorghum Research Network

Vers une production, utilisation et commercialisation durables du sorgho en Afrique occidentale et centrale

*Comptes rendus d'un Atelier technique du Réseau
ouest et centre africain de recherche sur le sorgho*

Edited by / *Edité par*
I. Akintayo and/et J. Sedgo



WCASRN/ROCARS

West and Central Africa Sorghum Research Network
Réseau ouest et centre africain de recherche sur le sorgho

ICRISAT, BP 320 Bamako, Mali



ICRISAT

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides

Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India/Inde

2001



The opinions expressed in this publication are those of the authors and not necessarily those of ROCARS or ICRISAT. The designations employed and the presentation of the material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ROCARS or 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 ROCARS or ICRISAT.

Les avis exprimés dans cette publication sont ceux des auteurs et non pas forcément ceux du ROCARS ou de l'ICRISAT. Les appellations employées dans la publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du ROCARS ou 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 du ROCARS ou de l'ICRISAT à l'égard de certains produits.



Contents/*Table des matières*

Preface	v
A Brief Report of the Workshop	vii
Technical Papers	
Résultats préliminaires des études de transformation et de diversification de l'utilisation du sorgho au Mali Berthé Aissata Bengaly, Fatimata Cissé, Mariko Fadima Siby, Alpha Kergna et Awa Konaté	1
Substitution partielle de la farine de blé ou autres farines par la farine de sorgho en boulangerie, biscuiterie et produits locaux ('Ablo', 'Kome') K. Laré Ali et K. Amouzou Djalé	15
Potentialités d'utilisations des sorghos guinea tan au Burkina Faso Laurencia Ouattara, Gille Trouche, Geneviève Fliedel et Bréhima Diawara	24
Development of Tan/White Sorghum Cultivars in West and Central Africa Aboubacar Touré and Issoufou Kapran	42
Valorisation des produits à base de sorgho au Tchad Kagne Pombe	52
Evaluation of Agronomic and Nutritional Characteristics of Released/Recommended Sorghum Varieties in Ghana J.T. Manful, I.D.K Atokple, and J. Gayin	60
Transformation et commercialisation des céréales: expériences de l'UCODAL Mariko Fadima Siby	67
Contraintes et opportunités dans la transformation des céréales – que peut faire la recherche? Samsonna Biego	72
Importance des équipements de transformation primaire et secondaire dans la promotion des produits à base de sorgho - expérience de l'ITA du Sénégal A. Ndoye	77
Présentation de l'ASCOMA Coulibaly Salimata Diarra	83
Les sorghos à double usage J. Chantereau, D. Friot, G. Roberge et A. Vivien	90
<i>Striga</i> Control: Mechanisms and Strategies for Promoting Sustainable Sorghum Production in Africa with Special Emphasis on Host Plant Resistance Bettina I. G. Haussmann and Dale E. Hess	101



Interacting Effect of Head Bugs, Molds, and Climate on Sorghum Grains in West and Central Africa A. Ratnadass, D.R. Butler, P.S. Marley, O. Ajayi, R. Bandyopadhyay, M.A. Hamada, D.E. Hess, F. Assamoi, I.D.K. Atokple, J. Beyo, O. Cisse, D. Dakouo, M. Diakite, S. Dossou-Yovo, B. Le. Diambo, I. Sissoko, M.B. Vopeyande, and I. Akintayo	120
Production, Utilization, and Marketing of Sorghum in Southern Africa Region A Babatunde Obilana	141
Reactions of Sorghum Genotypes to Leaf, Panicle, and Grain Anthracnose (<i>Colletotrichum graminicola</i>) under Field Conditions in Mali D. E. Hess, R. Bandyopadhyay, and I. Sissoko	163
Prospects for a Pearl Millet and Sorghum Food Processing Industry in West Africa Semi-Arid Tropics Jupiter Ndjeunga and Carl H. Nelson	178
Contributions du PROCELOS dans la lutte pour la sécurité alimentaire au Sahel Mamadou Diouf	217
Amélioration des techniques traditionnelles de production de tchapalo en Côte d'Ivoire Koffi Augustin Yao et Moussa Ouattara	221
Transfer of the Utilization of Sorghum Composite Flour for Bread and Confectioneries to End-users in Kaduna State, Nigeria P.S. Chindo, B. Ahmed, and O. J. Macaver	226
Farmers' Participatory Selection of Sorghum and Pearl Millet Varieties in Nigeria S.C. Gupta, A.O. Ogunbile, I. Angarawai, I.E. Ezeaku, and S.E. Aladele	232
Understanding Farmers' Seed Management as a Basis for Participatory Breeding H. F. W. Rattunde, E. Weltzien R., A. Touré, M. B. Diarra, and B. Sidibaye	243
The Experience of Winrock International with Seed Multiplication in West Africa through On-farm Seed Project and On-farm Productivity Enhancement Program Alphonse Faye and Pierre Antoine	251
Impact économique de la recherche et de la vulgarisation des variétés améliorées de sorgho: Le cas de la Région des Savanes au Togo Kossi M. Sedzro	258
New Sorghum and Millet Cultivar Introduction in Sub-Saharan Africa: Impacts and Policy Implications Mohamed M. Ahmed, John H. Sanders, and Wilhelm T. Nell	283
Participants	302



Preface

Both sorghum and pearl millet constitute more than 90% of the total area planted to cereals in the Sahel. Sorghum alone accounts for 51% of the total cereal area in Burkina Faso, 34% in Nigeria, 31% in Mali, and 27% in Niger. Thus, true food security will be hard to achieve in the Sahel without a significant improvement in the production, use, and marketing of these two major staple cereals.

During the past few years, ROCARS with the support from United States Agency for International Development (USAID) has been giving emphasis on assisting countries from West and Central Africa toward improving their performance in the areas of production, use, and marketing of sorghum as a staple crop in the sub-region. A better and diversified use of sorghum grain should result in a higher market value of the crop, providing higher revenues and incentives to the producer. Consequently, production, use, and marketing factors are very much interrelated and therefore, should be considered as such, if a significant impact on the promotion of sorghum as a staple crop has to be made in the sub-region.

It is in an attempt to review the progress achieved in these key areas in relation to the promotion of sorghum in the sub-region that this workshop entitled *Towards a sustainable sorghum production, use, and marketing in West and Central Africa* was organized during 19-22 April 1999 in Lome, Togo.

The purpose of this book is to present important technical papers that were presented during the workshop. The book deals with the latest achievements obtained by scientists and experts in the area of production and utilization of sorghum as a staple crop in West and Central Africa. Several promising varieties of sorghum, thanks to research, are now being recommended for use by farmers and food technologists, after several years of rigorous testing under both on-station and on-farm conditions. Meanwhile, new challenges or investigation areas are also being discovered and therefore should be taken into account in future research work. Several techniques of processing and/or grinding Sorghum grain to produce flour for making bread and various snacks have been proposed. In some countries, such as Côte d'Ivoire, Ghana, and Zimbabwe, the industrial use of sorghum for brewing alcoholic beverages is increasing. Consequently, it is quite possible in future to observe a gradual shift of sorghum from its traditional role as a mere staple crop toward virtually becoming both a cash and industrial crop in countries where the economic demand and other related conditions prevail enough to warrant such a change.

The book also sheds light on some possible collaboration between ROCARS and other existing networks with similar interests and/or objectives. An example of such collaboration was given by CILSS/PROCELOS, which is one of the leaders in the promotion of improved local food products referred to as "*Produits Agro-Alimentaires Transformés*" in the CILSS countries.

Transfer of appropriate technologies for use by producers and other end-users, such as food technologists and entrepreneurs has been one of the major priorities of interest during the past several years to ROCARS member countries. Techniques and technologies, which

are already being applied with some degree of success for improving both the utilization and marketing of sorghum in some countries, are described.

The book also provides information on how much impact has been achieved, and if not, the conditions under which a desired beneficial impact can be reached from the use of existing sorghum-related techniques and technologies.

This book could serve as a valuable reference to farmers, students, agricultural scientists, and food technologists worldwide as well industrial companies that are all concerned with food security matters and particularly with the promotion of sorghum production, utilization, and marketing in West and Central Africa. In addition, it could also serve as a valuable resource to libraries of agricultural research institutions, colleges, and universities in sub-Saharan Africa.

A Brief Report of the Workshop

The workshop was held under the auspices of His Excellency the Minister of Agriculture, Animal Husbandry, and Fishery, Government of Togo, who was represented by his Cabinet Director.

Participation

- The delegates of the following National Agricultural Research Systems (NARS): Benin, Burkina Faso, Cameroon, Chad, Côte d'Ivoire, Central African Republic, The Gambia, Ghana, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal, and Togo.
- The representatives of the following regional and international organizations, and Universities:
 - Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)
 - International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)
 - International Sorghum and Millet Collaborative Research Program (INTSORMIL)
 - Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)
 - International Fertilizer Development Center (IFDC-Africa)
 - West and Central Africa Millet Research Network (ROCAFREMI)
 - West and Central Africa Sorghum Research Network (ROCARS)
 - University of Hohenheim (Germany)
 - United Nations Economic Commission for Africa (UN-ECA)
 - WINROCK International/Senegal
- The Representatives of non-governmental organizations (NGOs) and of the Private Sector:
 - Centre Technique de Ressources (CTR), Burkina Faso
 - Centrale de Transformation des Produits Agricoles (CTRAPA), Burkina Faso
 - Promotion des Céréales Locales au Sahel (PROCELOS), CILSS, Burkina Faso
 - Food Research Institute (FRI), Ghana
 - Association des Consommateurs du Mali (ASCOMA), Mali
 - Centre Agro-Entreprise (Chemonics International/USAID), Mali
 - Unité de Conditionnement des Denrées Alimentaires (UCODAL), Mali
 - Institut de Technologie Alimentaire (ITA), Senegal
 - Réseau d'Etude et d'Action pour le Développement Intégré (ONG-READI), Togo

Objectives of the Workshop

- Evaluation of activities conducted by ROCARS during the past two seasons
- Exchange of experience and information between researchers of the subregion and partners



- Development of major strategic orientations of future activities to be undertaken by ROCARS
- The renewal of the ROCARS Steering Committee by half of its members.

Proceedings

Following the official opening session and the exhibition of sorghum-based food products and of literature on sorghum, the deliberations of the workshop were structured as follows:

- Presentation of the different reports of ROCARS.
- Technical sessions on:
 - Sorghum production and utilization
 - Networks and Food self-sufficiency
 - Partnership and technology transfer
 - Impact assessment
 - Reflection Groups

Reflection Groups

Three reflection groups were formed on the following themes:

1. Strategies for sustainable seed production and distribution
2. Strengthening of the interactions between all stakeholders in the sorghum subsector
3. Approaches for the transfer of sustainable technologies

Recommendations

1. Taking into consideration that the same players are intervening in the same Agro-Ecological Zones of the Millet and Sorghum Networks; and considering that the experiences of both Networks are complementary and that their aim is better management of human and financial resources, the Workshop recommends that collaboration between ROCARS and ROCAFREMI be reinforced.
2. Considering the tedious and manual aspect of existing traditional techniques and the important role of processing in the diversification and the utilization of sorghum, the workshop recommends:
 - the inventory of technologies, materials and equipment of sorghum processing which are available in the region,
 - the exchange of experiences and technologies between the ROCARS member countries and other African countries.
3. To make sorghum seed production and distribution sustainable, the workshop recommends to ROCARS to:
 - Assist member countries in the production of foundation seeds
 - Collect data on the seed industries of member countries
 - Assist member countries in developing seed production projects

- Organize exchange and training workshops on all aspects of seed production and distribution.
4. To strengthen interactions between all stakeholders of the sorghum subsector, the workshop recommends:
 - the development in each country of a forum for dialogue, which will involve all players (researchers, extension workers, producers, small and medium scale firms, private sector, consumers, etc.).
 - Rules and procedures and a controlling system for standardized quality of seeds and grains.
 5. Taking into account the complex and complementary nature of the factors of production, the workshops recommends to ROCARS:
 - the integration of the different disciplines in the context of a participatory research
 6. The workshop welcomed the memorandum of understanding for collaboration signed between INTSORMIL and ROCARS on 6 August 1997 and encourages the Network to pursue such an endeavor.
 7. The workshop also appreciated the work done by the Steering Committee and the Coordination Unit in developing the Strategic Plan and for the quality of results obtained. The workshop urged the Steering Committee to do everything possible for the implementation of the Strategic Plan.

The workshop is highly grateful to the members of the Steering Committee, especially for their noteworthy contribution to the Network.

Election of the Steering Committee

In a plenary session, the Steering Committee was renewed by 50% of its members in conformity with the Statutes of the Network. Thus, the new Steering Committee is composed as follows:

Dr. Badiori Ouattara, Burkina Faso
 Mrs. Aissata Bengaly Berthé, Mali
 Dr. Ibrahim D. K. Atokple, Ghana
 Mr. Augustin Koffi Yao, Côte d'Ivoire
 Dr. Rita Agboh-Noameshie, Togo
 Mr. Alphonse Yehouenou, Benin
 Mr. Youssouf Adam Imat, Chad

Vote of Thanks

The workshop is grateful to USAID for financial support without which the Network could not reach its objectives.

It extends special thanks to ITRA, ICRISAT in Mali, Niger, Nigeria and Zimbabwe for providing human resources and materials in the preparation, and organization of this meeting.

It is grateful to INTSORMIL, which has accepted to participate in the meeting, thus showing its interest in developing collaboration with the Network.

It is grateful to CIRAD/France, ICRISAT/India and the following institutions for having shared their knowledge and experiences with the Network stakeholders: International Fertilizer Development Center (IFDC-Africa), University of Hohenheim (Germany), United Nations Economic Commission for Africa (UN-ECA), and WINROCK International/Senegal.

It thanks ROCAFREMI for its participation in this meeting and for having shared its approaches and results obtained in the field of millet research.

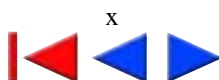
It congratulates and thanks the following institutions for their participation and for showing to the participants the technologies that they are generating in the field of processing equipment of agricultural products: the Centre Technique de Ressources (CTR), the Centrale de Transformation des Produits Agricoles (CTRAPA), and the CILSS/PROCELOS (Promotion des Céréales Locales au Sahel) in Burkina Faso, the Food Research Institute (FRI) in Ghana, the Association des Consommateurs du Mali (ASCOMA), the Centre Agro-Entreprise (Chemonics International/USAID), and the Unité de Conditionnement des Denrées Alimentaires (UCODAL) in Mali; the Institut de Technologie Alimentaire (ITA) in Senegal.

It congratulates the Coordination Unit of ROCARS for its professionalism in the preparation and organization of this meeting.

It thanks the Directors and the National Coordinators of Network member NARS for efforts made in conducting Network activities as well as for their active participation in this meeting.

It extends special thanks to the Interpreters who have enabled good communication and fruitful exchanges throughout the meeting.

It congratulates and thanks the Steering Committee for efforts made and work accomplished throughout their mandate.



Résultats préliminaires des études de transformation et de diversification de l'utilisation du sorgho au Mali

Berthé Aissata Bengaly, Fatimata Cissé, Mariko Fadima Siby, Alpha Kergna et Awa Konaté¹

Résumé

La situation alimentaire du Mali et des autres pays sahéliens de la sous-région est caractérisée par une instabilité inter-annuelle avec de fréquents déficits céréaliers. En vue d'atteindre les objectifs de sécurité alimentaire à court et moyen termes l'augmentation et/ou la diversification des sources de revenus des paysans, la culture intensive des céréales, en particulier celle du sorgho, est appelée à jouer un rôle capital, en raison de sa grande productivité et de sa convenance à un grand nombre d'utilisations potentielles.

L'objectif global de cette étude est la diversification de l'utilisation du sorgho afin de permettre d'atteindre à terme la sécurité alimentaire et l'amélioration du revenu des paysans, des transformateurs.

La problématique de la sécurité alimentaire a amené le ROCARS à entreprendre cette étude au Mali à travers le laboratoire de technologie alimentaire sur la valorisation des produits à base de sorgho (produits de première transformation et seconde transformation).

Les produits transformés de sorgho sont largement consommés en Afrique occidentale. Au Mali le sorgho est surtout consommé sous forme de plats traditionnels (*couscous, moni, tô*). Le sorgho occupe une place dominante dans l'alimentation de la population aussi bien rurale qu'urbaine. La consommation par "capita" est estimée à 168 kgs par an sur un total de 203 kg de céréales.

La bonne image du sorgho laisse augurer des possibilités de diversification de l'alimentation, notamment en zone urbaine, à travers des formes plus attrayantes sur le plan culinaire, nutritionnel et économique: farine, grits, sorgho étuvé, produits soufflés, roulés, farine composée pouvant associer le sorgho au blé. Il faut, toutefois, signaler que des travaux restent à faire pour identifier et diffuser la gamme des produits à base de farine composée et de continuer les recherches sur les équipements et la qualité des produits. L'aptitude des produits à la conservation et la rentabilité des activités sont également à étudier, car elles constituent aussi des contraintes au développement d'une valeur ajoutée par les transformateurs.

1. Institut d'Economie Rurale (IER), BP 262 Sotuba, Bamako, Mali.



Introduction

La transformation des céréales locales reste, sauf exceptions, une activité reléguée au niveau domestique ou artisanale. Les quantités achetées et préparées correspondent en général à la ration quotidienne du ménage, à la fois pour des raisons économiques, d'habitudes, et de difficultés de conservations. Ces raisons laissent difficilement entrevoir le développement des produits nouveaux à partir d'entreprises structurées à destination des zones rurales.

Les résultats des enquêtes de ECOFIL (Economie des filières de l'IER) ont montré que l'une des principales contraintes auprès des paysans est le manque de sources de revenu. Ce manque de revenu s'explique par le fait que les principales productions sont des céréales qui se vendent très mal, étant donné qu'il n'existe aucune transformation qui puisse les valoriser. Une transformation adéquate ajouterait donc un plus à la valeur de nos céréales.

Aussi il est important de signaler que l'utilisation du sorgho est limitée par sa qualité «grainière». En effet, les variétés que l'on trouve sur le marché sont généralement à couche brune, ce qui ne convient pas à proprement parler à l'utilisation industrielle.

Le laboratoire de technologie alimentaire a fait des essais de substitution partielle de farine de blé par la farine de sorgho et de maïs dans la fabrication de pain en 1997. Dans le cadre des projets ROCARS, INTSORMIL et WECAMAN, le laboratoire de technologie alimentaire a fait des tests de préparation de pâtisserie et de biscuits avec certains pâtisseries et industriels avec des résultats très satisfaisants.

Au Soudan, on produit du pain contenant 15% de sorgho. Au Bénin, des biscuits ont été obtenus par le mélange de mil, sorgho, soja, arachide. Au Sénégal, le laboratoire de l'ITA a procédé à la substitution de farine de blé par le mil pour la fabrication de pain composé.

Au Nigéria, la farine de sorgho a été mélangée à l'amidon de manioc pour faire du pain. Au Mali, le programme de sélection du Mali a mis au point une variété N'Ténimissa issue du croisement de "zera zera" (variété éthiopienne) et la variété "bimbiri soumalé" qui a donné de bons résultats aussi bien dans la préparation des plats traditionnels que dans l'utilisation industrielle. Cette variété est essentiellement dans l'unité pilote de transformation au Mali.

Objectifs de l'étude

- Les objectifs visés par cette étude étaient comme suit:

Objectif général

- Diversifier et améliorer l'utilisation du sorgho et des équipements post-récolte

Objectifs spécifiques

- Mettre au point des produits de première transformation du sorgho avec évaluation du coût de production
- Mettre au point des produits de boulangerie, pâtisserie, biscuiterie à base de farines composées de céréales à des prix accessibles



- Faire des recherches sur les moulins et décortiqueurs qui donneraient une granulométrie adéquate pour la préparation de ces différents produits
- Procéder à l'implantation d'une unité pilote de transformation pour la production de produits de première transformation de sorgho

Matériels et méthodes

Caractérisation des variétés

Le but principal de cette caractérisation est de cribler le matériel génétique des différents essais du programme INTSORMIL et ROCARS en vue de leur adaptabilité aux exigences des consommateurs.

La variété N'Ténimissa a été caractérisée et comparée à un certain nombre de variétés de différentes localités (Tableau 1) du point de vue de sa qualité organoleptique, physique, et chimique. Ces mêmes caractéristiques ont été vérifiées pour N'Ténimissa de différentes localités (Tableaux 1-3). Cette phase de l'étude a duré trois ans et a été financée par INTSORMIL.

Les analyses des échantillons ont porté sur le matériel de l'essai avancé de rendement tardif (EADT) de Sotuba (63 échantillons) et de l'essai préliminaire de rendement de sorgho Cinzana (32 échantillons), l'Essai avancé de rendement de sorgho cycle tradif de Cinzana et l'Essai punaise des panicules (23 échantillons), et l'EADT Soukoula (57 échantillons). Toutes les variétés ont été analysées du point de vue des caractéristiques culinaire et physico-chimique. Un accent particulier a été mis sur la considération des paramètres culinaires. La méthodologie utilisée était la suivante: le prélèvement des échantillons est effectué par la méthode des quarts.

Evaluation physique

Vitrosité

La vitrosité des grains a été déterminée en faisant une coupe longitudinale du grain à l'aide du scalpel; et la valeur de la vitrosité est donnée par simple lecture. Elle varie de 1 à 5: 1 = très vitreux, 2 = vitreux, 3 = semi vitreux, 4 = farineux, 5 = très farineux

Poids de 1000 grains

Le poids de 1000 grains a été déterminé par comptage de 200 grains de sorgho qui est ensuite pesé pour déterminer le poids. Ainsi par extrapolation, on détermine le poids de 1000 grains de sorgho.

Rendement au décortilage

Le rendement en grains décortiqués a été évalué sur 20 grammes après décortilage au « TADD » pendant 3 et 5 minutes. Un rendement supérieur ou égal à 75% est considéré comme étant « très bon » tandis qu'un : rendement inférieur ou égal à 40% est évalué comme étant « très mauvais ».



Evaluation des caractéristiques chimiques

Taux de grains à couches brunes

Ce taux a été déterminé par le test à l'eau de javel: 50 grains sans glume sont placés dans un tube à essai avec 10 ml de solution d'eau de javel contenant 0.2% de KOH. Les tubes sont placés dans un bain-marie à 65 C pendant 15 minutes. Les grains sont ensuite rincés à l'eau et étalés sur papier filtre. Les grains à couches brunes sont colorés en maron foncé ou noir.

Test de flottaison

Il est utilisé pour évaluer la densité du grain à l'aide du NaN_3 (densité=1.205). Les grains sont placés dans la solution et remués avec une spatule. Les grains à forte densité tombent au fond du recipient et ceux à faible densité flottent au dessus de la solution. On compte le taux de grains flottants et on calcule ainsi le taux de flottaison.

Teneur en cendre

La teneur en cendre a été déterminée par incinération de 3-5 grammes d'échantillon à 600 C pendant une nuit.

Taux d'humidité

L'humidité a été déterminée par la méthode « AACC 1984 » en plaçant 2 grammes d'échantillon pendant 2 heures dans l'étuve à une température 130 C. La teneur en eau est déterminée à partir de la perte en poids de l'échantillon.

Evaluation culinaire

Couleur

Aussitôt après cuisson, elle a été déterminée par observation visuelle. Elle est notée de 1 (bonne) à 5 (mauvaise). L'échantillon est comparé aux couleurs standards sélectionnées à cet effet.

Consistance du t^ô

Elle a été notée manuellement ou à l'aide de pénétromètre 24 heures après cuisson. Elle est évaluée sur un échelle de 1 (très bonne) à 5 (très mauvaise).

Les variétés de l'essai « EAP Cinzana » ont un bon rendement au décortilage; la moyenne au décortilage étant de 76.33% est en général très bon. Par contre, la variété « 95-EPRS-GII 1019 » a un mauvais rendement au décortilage qui est de l'ordre de 41% pour 5 minutes et un bon rendement au décortilage 50% pour 3 minutes.

Les variétés ont généralement un bon rendement au décortilage. Le seul problème que l'on peut, toutefois, relever c'est le poids de 1000 grains des grains qui reste généralement faible et qui pourrait jouer sur le rendement du grain au champ.

N'Tenimissa a un très bon rendement au décortilage par rapport à beaucoup de variétés introduites.



Production des produits de première transformation de sorgho

Cette phase de l'étude a été effectuée en collaboration avec « UCODAL » (Unité de Conditionnement des Denrées Alimentaires).

La variété de sorgho utilisée pour cette phase de l'étude est N'Ténimissa. Elle a été transformée en farine, gritz, couscous et sorgho étuvé qui ont été placés dans les supermarchés. Le décorticage s'est fait pratiquement à sec, avec cependant une légère aspersion visant à ramollir le péricarpe et à réduire son emiettement lors de l'opération. En ce qui concerne la mouture, les broyeurs à marteau de type « Cormall » ont été utilisés. Les produits de première transformation ainsi obtenus se conservent au moins 8 mois avec une humidité de 7%. Des prélèvements de farines ont été faits tous les mois pour contrôler l'odeur, la consistance et le goût du tô.

Produits de deuxième transformation du sorgho

La consommation des pâtisseries, biscuits gagne une place de plus en plus importante dans notre alimentation. La principale céréale utilisée dans les confiseries est le blé qui n'est pas suffisamment produit dans la sous région. Cela engendre une dépendance vis à vis de l'étranger conduisant à des importations massives de blé estimées à 27100 tonnes en 1994-1995 et à 38600 tonnes pour l'année 1995-1996 (Direction Nationale des Industries - DNI). Une étude menée par la filière « maïs » de l'IER en 1992 a estimé qu'une substitution de l'ordre de 5% de la farine de blé par celle du maïs, entraînerait un besoin de 1500 tonnes de farine de maïs ou de sorgho par an.

Par ailleurs, le prix du blé ne cesse d'augmenter depuis un certain temps sur le marché international, ce qui pèse lourdement sur la balance de paiement des pays consommateurs non producteurs de blé.

C'est pour cela que la recherche est beaucoup plus poussée vers la substitution de la farine de blé par les farines de nos différentes céréales locales (sorgho, maïs, etc.).

L'objectif était de valoriser le sorgho en lui ajoutant une valeur ajoutée par la transformation.

Les analyses se sont portées sur le test préliminaire des biscuits et des pâtisseries faits à base de farine composée sorgho/blé. Les différentes substitutions étaient respectivement de 10%, 20%, 30%, et 40%. Tous ces produits ont été analysés du point de vue de leurs caractéristiques organoleptiques et culinaires. Le matériel végétal était constitué par la variété de sorgho N'Ténimissa.

Ainsi les activités se sont déroulées en deux phases. La première phase a concerné la production de la farine de sorgho avec une granulométrie voisine à celle du blé. Ce travail a été fait par le laboratoire de technologie alimentaire et l'UCODAL. La mouture a été faite par des moulins à marteau.



La deuxième activité a été essentiellement axée sur le choix des pâtisseries qui a été fait sur la base du volontariat. La général Alimentaire du Mali (GAM) et le groupe Achcar ont participé à l'étude.

Les biscuits ont été préparés avec des taux de substitution de 10%, 20%, 30%, 40%, de blé par le sorgho. Une évaluation a été faite du point de vue de la qualité organoleptique, aspect visuel et technologique des produits.

L'évaluation du coût de production et l'étude du marché ont été effectuées par ECOFIL (Economie des filières). Les produits ainsi testés ont été vulgarisés.

Les données ont été collectées en distribuant des fiches de dégustation à des consommateurs de différentes couches sociales. Les données ainsi collectées ont été analysées par SAS (Système d'Analyse Statistique). Les résultats d'analyses se présentent donc comme suit:

Le test auprès des consommateurs a donné des résultats assez satisfaisants du point de vue goût, les dégustateurs ont préféré les biscuits à 20% de sorgho aux autres biscuits à 40% de sorgho ont été les plus appréciés du point de vue texture couleur et odeur du point de vue de la conservation aucune différence n'a été observée entre les différents biscuits.

Il ressort de l'analyse des différents paramètres organoleptiques que les biscuits de farine à 20% et 40% de sorgho sont mieux appréciés par rapport aux biscuits de farine à 10% et 30% de sorgho.

Conclusion

A l'issue de cette étude, on relève que les problèmes majeurs qui continuent d'entraver la transformation du sorgho sont entre autres:

- L'absence de grain de qualité sur le marché local pour la transformation industrielle
- L'indaptation des emballages pour les produits transformés..
- Le coût très élevé des emballages.
- Et le manque de promotion pour les nouveaux produits à base de sorgho.



Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des échantillons EARS DT Cinzana.

Variétés	Rendement au décortilage		Consistance t \hat{o}		Couleur t \hat{o}		Vitrosité	Poids de 1000 grains	KOH	Densité	Humi- dité	Cendre
	3 min	5 min	3 min	5 min	3 min	5 min						
93-SP-F6-GII-5	76.66	64.5	2	1.5	1	1	2.86	23.2	0	0	8.14	0.88
93-SP-F6-GII-8	74	61.33	1.5	1	1	1	3.03	20.66	0	0.33	7.47	0.92
93-SP-F6-GII-9	73.17	58.17	2.16	1.5	1	1	3.13	21.73	0	1	.19	0.95
93-SP-F6-GII-10	69.83	56.33	2.5	2	1	1	2.97	17.33	0	2	7.62	1.23
93-SP-F6-GII-13	67.17	66.50	2.16	1.5	1	1	3	22.93	0	0	8.12	0.86
93-SP-F6-GII-15	70.83	2.5	1.5	1	1	1	2.93	22.13	0	0	8.32	0.99
93-SP-F6-GII-21	75.5	59.83	2	2	1	1	2.06	17.6	0	0	7.84	0.95
93-SP-F6-GII-22	70.83	71	1.5	1	1	1	2.86	17.73	0	0	8.32	0.96
93-SP-F6-GII-26	72.67	65.33	1.5	1	1	1	3.17	16.4	0	0.33	7.73	0.99
93-SP-F6-GII-27	77.83	68	2.5	1.5	1	1	2.93	19.6	0	0.33	6.82	1.06
93-SP-F6-GII-38	80.17	70.33	1.66	1	1	1	2.10	21.33	0	0.33	7.63	0.97
93-SP-F6-GII-111	76.50	57.67	2.5	2	1	1	3.3	24.8	0	1.33	8.15	0.97
93-SP-F6-GII-113	75.50	66.	2.16	2	1	1	3.6	25.46	0	9	7.24	0.92
93-SP-F6-GII-14	76	69.33	1.83	1.5	1	1	2.43	18.66	0	1	8.14	1.06
MIP-90-30-21	72	64.83	2.16	1.5	1	1	3.16	26.66	0	5	6.85	1.02
MIP-25-58	79.33	70.50	2	1.5	1	1	2.16	23.2	0	0	7.14	1.04
MIK-86-30-20	81.67	74.67	1.5	1	1	1	2.33	23.60	0	0.33	7.65	0.98
MIK86-30-20	75.17	69.67	1.16	1	1	1	3.1	21.80	0	0	8.15	1.16
MIP-90-25-60	88.27	74.75	1	1	1.25	1	2.8	20.8	0	0.66	8.02	1.12
MIK-86-30-16	87.33	78.33	1.83	1.5	1	1	2.53	18.53	0	0	8.02	1.20
MIK-86-30-41	87.67	78	1.33	1	1	1	2.13	20.66	0	0	7.01	1.25
MIK-90-30-42	90.33	78.33	1.83	1.5	1	1	2.3	18.13	0	0	7.69	1.16
94-EPRS-GII-1051	83.17	73.17	2	1	1	1	2.40	19.73	0	4.33	8.08	1.02

Suite page suivante

Tableau 1. Suite

Variétés	Rendement au décortilage		Consistance tô		Couleur tô		Vitrosité	Poids de 1000 grains	KOH	Densité	Humi- dité	Cendre
	3 min	5 min	3 min	5 min	3 min	5 min						
94-EPRS-GII-1136	73	54.83	1.83	1.5	1	1	3.03	18.13	0	8.66	8.43	0.95
94-EPRS-GII-1069	73.83	62	1.5	1	1	1	2.06	18	0	2.33	7.74	0.74
94-EPRS-GII-1070	75.83	66.33	1.5	1	1	1	2.53	20	2	1	8.09	0.92
94-EPRS-GII-1016	77.18	62.77	1.5	1	1	1	2.47	20.2	0	0	8.72	0.70
94-EPRS-GII-1071	64.17	64.17	1.5	1	1	1	3	20.93	0	0	8.42	0.59
94-EPRS-GII-1123	74.33	62.50	1.5	1	1	1	3.1	24.13	0	0	7.89	0.35
94-EPRS-GII-1137	76.17	55.50	1.5	1	1	1	2.03	18	0	2.33	7.98	0.95
94-EPRS-GII-2012	86.83	73.17	1.5	1	1	1	2.2	25.20	0	0	8.62	1.28
94-EPRS-GII-1119	82.33	73.67	1	1	1	1	2.36	19.6	0	0.33	7.33	0.89
94-EPRS-GII-1095	86.17	77.83	1.83	1.5	1	1	2.3	19.46	0	1.66	7.83	1.23
94-EPRS-GII-1054	68.67	51.67	1.5	1	1	1	3.16	25.2	0	0.33	8.07	0.97
94-EPRS-GII-1046	79.83	68.17	1.66	1.5	1	1	2.97	18.27	0	1.66	8.12	0.90
94-EPRS-GII-1122	80.50	69.67	1.66	1.5	1	1	2.01	20.36	0	0.33	8.049	1.01
94-EPRS-GII-1024	81.33	69.17	2.16	2	1	1	2.47	21.73	1.33	0.33	8.48	0.74
94-EPRS-GII-1001	67	51	1.5	1	1	1	2.46	28.86	0	0.33	8.19	0.92
94-EPRS-GII-1037	80.60	59.83	1.33	1	1	1	3.66	28.86	0	0.66	6.98	0.78
94-EPRS-GII-1047	61	43.67	1	1	1	1	3	21.46	0	2.33	6.75	0.66
95-EPRS-GII-1059	67.67	55.33	1	1	1	1	3.2	19.47	3.33	2.33	8.04	0.78
95-EPRS-GII-1015	68	60.5	1.33	1	1.33	1	3.9	22.13	0	2	7.95	1.11
95-EPRS-GII-1088	76.33	59.83	1.33	1	1	1	2.60	22	0	2	7.22	0.86
95-EPRS-GII-1030	77.50	68.67	1.66	1	1	1	2.97	22.93	0	0	8.48	1.18
95-EPRS-GII-1092	69.67	57.87	1.5	1	1	1	3.01	18.53	0	0	8.57	0.92
95-EPRS-GII-1027	69.50	57	1.5	1	1	1	3.03	28	0	1	7.78	1.20
95-EPRS-GII-1085	79.17	66.33	1.5	1	1	1	3	22	0	8.66	8.22	1.12

Suite page suivante

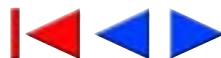


Tableau 1. Suite

Variétés	Rendement au décortilage		Consistance tô		Couleur tô		Vitrosité	Poids de 1000 grains	KOH	Densité	Humi- dité	Cendre
	3 min	5 min	3 min	5 min	3 min	5 min						
95-EPRS-GII-1074	82.33	73.33	1.33	1	1	1	3	25.86	0	1.66	7.60	1.15
95-EPRS-GII-1032	79.83	63	1.33	1	1	1	2.83	21.46	0	0	8.7	0.93
95-EPRS-GII-1019	50	41	1.5	1	1	1	2.5	24	0	1.66	6.76	1.10
95-EPRS-GII-1055	77	65.33	1.5	1	1	1	3	22.66	2	0.66	7.84	0.93
95-EPRS-GII-1011	82.50	69	1	1	1	1	2.30	24.93	0	3	6.76	1.10
95-EPRS-GII-1005	77.66	64.50	1.33	1	1	1	2.20	20.40	2.66	0	7.84	0.96
95-EPRS-GII-1014	69.17	56.17	1.66	1.5	1	1	2.90	23.60	4.66	2.66	8.03	1.12
93-EPRS-GII-1094CT1	74.67	52.67	1.5	1	1	1	3.03	21.73	1.33	0.66	8.20	0.90
93-EPRS-GII- 1094CT12	76.67	67	1.66	1	1	1	2.83	21.06	4.66	0.66	8.47	0.96
GM 19/9-1-1	76.50	63.50	1.66	1	1	1	3.2	17.73	0	1.33	7.04	1.15
CGM -3922-1-2	73.83	62.33	1.5	1	1	1	3.03	15.93	0.66	0	8.57	0.93
CEM-326-11-5-1-1	83.83	73.67	1.5	1	1	1	2.92	22.93	1.33	0	7.60	1.26
N°TENIMISSA	82.33	68.83	1	1	1	1	2.76	21.20	0.66	0	7.97	0.97
CSM -388	86	77.17	1.5	1	1	1	2.47	18.4	0.66	0	8.74	1.35
89-SK-F4-184-1PL	66.83	56.63	1.5	1	1	1	2.80	28.66	0	0.66	8.05	1.3
LOCAL	81.67	71.60	1.66	1.	1	1	2.26	19.33	0.66	0	8.36	1.57
X	76.33	63.96	1.62	1.19	1.01	1	2.68	21.37	4	1.22	8.02	1.01
LSD	3.11	4.12	0.76	0	0.09	0	0.29	0.82	0	0.33		
CV	2.50	54.58	29.10	59.86	5.11	29.10	6.65	2.41	0.48	1.18		



Tableau 2. Caractéristiques des essais de Kita.

Variétés	Rendement au décorticage		Consistance tô		Couleur tô		Vitrosité	Poids 1000 grains	KOH	Densité	Humidité	Cendre
	3min	5min	3min	5min	3min	5min						
MIK-86-25-16	77.83	67.66	2.83	2.16	1	1	2.9	24.92	1.33	0.33	6.25	1.39
IPS-0018	75.10	48.66	1.66	1	1	1	3.73	23.06	100	4	6.56	0.87
MIK-86-30-42	80	68.16	2.66	1	1	1	2.56	20.13	1.33	0.33	6.32	0.88
IPS-0001	80	68.16	2.66	1	1	1	2.56	19.46	8	1.33	6.25	1.39
MID-88-10-01	83.16	71.83	2.5	1	1	1	1.86	16.66	2	0	5.75	0.55
94-EPRS-GII-1124	70.50	58.50	2.83	1	1	1	3.13	25.33	5.33	2.33	6.68	0.87
94-EPRS-GII-1126	73	59.50	3	1	1	1	3.23	22.13	6	2.66	6.61	0.91
94-EPRS-GII-1104	15.33	4.66	1.83	1	1	1	4.2	20.93	0	14.66	6.56	0.55
94-EPRS-GII-1002	62.83	50.83	3	1	1	1	2.76	23.86	2.33	0	6.49	1.06
94-EPRS-GII-1077	69.5	57.33	2.66	2	1	1	3.53	25.06	44.66	3	6.54	0.75
94-EPRS-GII-1050	73.33	63.67	1.83	1.66	1	1	1.76	19.06	8	0.33	6.5	0.86
94-EPRS-GII-1009	67.5	53.66	2	2	1	1	1.9	24.13	1.33	4	6.54	1
94-EPRS-GII-1027	25.33	13.33	2	1	1	1	1.9	24.26	2	12	6.54	1
94-EPRS-GII-1072	72.16	53.66	1.66	1.66	1	1	2.93	21.81	7.33	1.66	6.78	1.05
94-EPRS-GII-1004	62.50	48.83	2.5	2	1	1	3.46	21.33	0	4	6.63	
94-EPRS-GII-1021	31.50	18.3	1	1	1	1	2.93	21.86	2	9.66	6.27	0.83
94-EPRS-GII-1001	37	27.16	1.83	1.66	1	1	1.96	22.40	215.33	6.66	6.51	0.57
94-EPRS-GII-1040	76.5	65.33	2.5	1.66	1	1	1.56	20.40	2.66	0.33	6.75	0.83
94-EPRS-GII-1007	76.66	36.90	3	2	1	1	3.5	17.46	94	0.66	6.46	1.13
BIMBIRI S.	85	75.66	1.5	1.16	1	1	2.23	18.26	4.66	0	6.20	1.39
FOULATIEBA	78.5	66.83	1.5	1	1	1	2.23	22.13	0	1	6.20	1.0
N'TNIMISSA	78.5	66.83	1.5	1	1	1	2.20	22.53	0	0.33	6.25	0.60
LOCAL	76.16	66.83	1.83	1	1	1	1.9	20.26	0	0.66	6.64	1.067
X	65.65	53.18	0	1.85	1	1	1.9	26.5	0			
LSD	3.04	3.28	0.38	0.39	0	0	0.38	0.84	2			
CV	2.81	3.75	0	13.05	0	0	8.62	2.47	7.33			

Les essais de la localitéde Kita ont eu un rendement moyen de 65.65% au décorticage. Pour le tô, les tests de couleur et de consistance ont également donné de bons résultats.

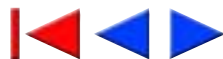


Tableau 3. Les caractéristiques physico-chimiques des variétés de Soukoula.

Variété	Rendement au décortilage		Consistance tô		Couleur tô		Vitrosité	Poids 1000 grains		KOH	Densité	Humidité	Cendre
	3min	5min	3min	5min	3min	5min							
	93-SP-F6-GII-5	75.33	67.5	1.5	1	1		1	3.06				
93-SP-F6-GII-8	66.33	66.33	3	2	1	1	2.93	23.06	0	13.33	9.06	0.86	
93-SP-F6-GII-10	69	67.5	3	2	3	2	2.96	19.46	0	25	8.58	0.92	
93-SP-F6-GII-13	72.5	61.83	2.5	2	1	1	3.46	16.66	56.66	23.33	9.88	0.74	
93-SP-F6-GII-15	74.33	61.16	2.5	2	1	1	2.46	25.33	0	26	8.79	0.81	
93-SP-F6-GII-22	76.16	66.66	3	2	1	1	2.3	22.13	0	14	11.67	0.86	
93-SP-F6-GII-26	81.50	74.66	1.75	1	1	1	3	20.93	0	3.33	8.86	0.97	
93-SP-F6-GII-27	81	75.16	2	1.5	1	1	2.1	23.86	0	7	7.03	0.75	
93-SP-F6-GII-38	62.66	52.5	2	2	1	1	3.63	25.06	0	37.33	10.05	0.54	
93-SP-F6-GII-111	68.16	61.83	2	1.5	1	1	3.23	19.06	0	34	10.95	0.75	
93-SP-F6-GII-113	73.83	62.5	2	1.5	1	1	2.1	24.13	0	16	10.99	0.84	
93-SP-F6-GII-14	70.66	61.33	2.5	1.5	2.5	2	3.43	24.26	0	35	8.45	0.73	
MIK-86-30-20	83	79.83	3	1.5	1.5	1.5	1.96	21.81	100	4.66	8.33	0.91	
MIK86-30-20	85	80.83	1.5	1.5	2	1.5	1.13	21.33	10.66	1.33	9.85	0.96	
MIP-90-25-60	89.16	82.5	2	2	1	1	1.5	21.86	20	1.33	9.62	1.13	
MIK-86-30-16	89.33	76	3	1.5	2	1.5	1.1	22.40	10	0	8.39	1.11	
MIK-86-30-41	87.5	80.66	2	2	1	1	2.13	20.40	34.66	1	12.57	0.93	
MIK-90-30-42	81.83	71	2.5	1.5	1	1	2.8	17.46	8	12	10.80	0.59	
94-EPRS-GII-1051	68.5	56.33	2.5	1	1	1	4.03	18.26	0	9.33	9.36	0.97	
94-EPRS-GII-1136	75	56.33	2.5	2	1	1	2.7	22.13	0	16.33	10.14	0.81	
94-EPRS-GII-1069	71	63.15	2.5	1.5	1	1	3.0	22.53	0	8	10.49	0.76	
94-EPRS-GII-1070	79	70	1.5	1	1	1	2.8	20.26	38	8	12.28	0.51	
94-EPRS-GII-1016	76.83	68.16	2	1.5	1	1	2.73	26.5	2	16.33	9.23	0.65	
94-EPRS-GII-1071	76	68.16	1.5	1	1	1	3.3	23.60	0	12.66	10.07	0.55	

Suite page suivante

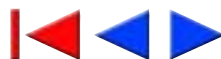


Tableau 3. Suite

Variété	Rendement au décortilage		Consistance tô		Couleur tô		Vitrosité	Poids 1000			Densité	Humidité	Cendre
	3min	5min	3min	5min	3min	5min		grains	KOH				
94-EPRS-GII-1137	69.66	59.5	2.5	1	1	1	2.1	23.33	0	4.66	11.30	0.53	
94-EPRS-GII-2012	85	79.83	3	2.5	1.5	1.5	1.5	22.66	4.66	2	7.64	0.97	
94-EPRS-GII-1119	86	81.5	2	2.5	1	1	1.5	30.40	28	9.33	9.74	1.08	
94-EPRS-GII-1095	75.5	62	2	1	1	1	3.5	21.73	0	7.33	9.47	0.93	
94-EPRS-GII-1054	77	74.5	3	1.5	1	1	1.3	19.86	0	10	11.55	0.94	
94-EPRS-GII-1046	75.5	65.5	2	2	1	1	2.73	20.66	0	7.33	9.11	0.97	
94-EPRS-GII-1122	75.5	65	2	2	1	1	3.23	22.93	0	18	10.76	0.80	
94-EPRS-GII-1024	70.16	57.66	3	2	1	1	3.06	30.13	0	9.33	11.53	0.69	
94-EPRS-GII-1001	75.83	62.33	2	1.5	1	1	3.83	25.2	4	14.66	8.76	0.84	
94-EPRS-GII-1037	69.66	58.15	2	2.5	1	1	4.03	24.93	2	44.66	10.91	058	
94-EPRS-GII-1047	66.83	55	1.5	1.5	1	1	3.36	21.60	0	48	10.20	0.84	
95-EPRS-GII-1059	63.66	50.33	3.5	2	1	1	3.46	22.26	0	8	11.37	0.70	
95-EPRS-GII-1015	77.33	79.83	1.5	2	1	1	2.96	21.06	0	23.33	9.26	0.85	
95-EPRS-GII-1088	73.83	61.33	3	3	1	1	3.2	29.46	0	28.33	8.02	0.83	
95-EPRS-GII-1030	73.66	62.66	1.5	2.5	1	1	3.3	21.06	0	31.33	11.51	1.07	
95-EPRS-GII-1092	69.83	62.66	2.5	1.5	1	1	3.36	28	4	32.66	10.22	0.79	
95-EPRS-GII-1027	75.83	70	1.5	1	1	1	1.7	23.06	6	23.33	9.12	0.73	
95-EPRS-GII-1085	75.83	64.66	1.5	1	1	1	3.4	24.4	0.66	33	9.20	1.09	
95-EPRS-GII-1074	75.5	61.03	2	2	1	1	3.76	21.06	0	12	9.49	0.90	
95-EPRS-GII-1032	67.66	66.33	2	1	1	1	3.57	24.13	0	17.33	9.32	0.73	
95-EPRS-GII-1019	83.66	70	2.5	1	1	1	3.03	18.66	0	41	10.81	0.74	
95-EPRS-GII-1055	78	59.66	2	1.5	1	1	3.43	25.20	0	12.66	8.93	0.85	
95-EPRS-GII-1011	69.83	64.5	2	1.25	1	1	3.43	24.8	0	15,55	9.02	0.69	
95-EPRS-GII-1005	74.83	63.66	1.5	1.75	1	1	3	24.13	2	13	9.97	0.91	
95-EPRS-GII-1014	72.33	69.66	1.5	1.5	1	1	3.46	22.53	10	15	12.04	0.90	

Suite page suivante



Tableau 3. Suite

Variété	Rendement au décortilage		Consistance tôte		Couleur tôte		Vitrosité	Poids 1000 grains		KOH	Densité	Humidité	Cendre
	3min	5min	3min	5min	3min	5min		grains	grains				
	93-EPRS-GII-1094CT1	79.33	54.66	2	1.5	1		1	3				
93-EPRS-GII-1094CT12	67.83	54.66	1.5	1	1	1	3.36	20.66	0	13	10.14	0.66	
CGM -3922-1-2	85.5	74	3	3	1	1	1.96	19.10	0	0	10.52	0.83	
CEM-326-11-5-1-1	73.66	63.66	2	1.5	1	1	3.26	30.93	0	0	10.11	0.57	
N'TENIMISSA	88.16	81.66	1.5	1	1	1	2.9	27.06	0	0	9.35	1.20	
CSM -388	80.5	70.5	2	1.5	2	1.5	2.7	21.06	18.66	0	7.13	1.22	
89-SK-F4-184-1PL	65	49.6	2	1.5	1	1	4.06	22.10	0	0	9.22	0.60	
LOCAL	72.16	60.03	1.5	1	1	1	3.26	20.15	1.33	0	10.80	0.56	
X	74.30	67.21	2.16	1.63	1.1	1.06	2.76	22.90	4.33	14.70	9.82	0.82	
LSD	6.33	4.95	1.90	1.56	1.01	0.92	1.78	1.65	1.45	1.78	2.33	0.78	
CV	12.13	5.51	13.78	1.98	1.27	23.10	10.45	10.89	12.56	1.15	9.56	2.56	

Tableau 4. Paramètres statistiques de l'évaluation du biscuit à 10% de sorgho.

Paramètres	Paramètres sensoriels						
	Statistiques	Texture	Odeur	Goût	Couleur	Arôme	Acceptabilité
Minimum	1	1	1	1	1	1	1.4
Maximum	9	9	9	9	9	9	9
STD	2,13	2,06	1,87	2,31	2,05	1,57	
Moyenne	6,75	7,30	7,08	6,60	6,52	6,78	
Covar, %	31,51	28,17	26,42	35,0	1,50	23,18	

9= J'aime énormément, 8= J'aime beaucoup, 7= J'aime modérément, 6= J'aime un peu, 5= Je suis indifférent, 4= Je n'aime pas beaucoup, 3= Je n'aime pas, 2= Je n'aime pas du tout, 1= Je deteste



Tableau 5. Paramètres statistiques de l'évaluation du biscuit à 20% de sorgho.

Paramètres statistiques	Paramètres sensoriels					
	Texture	Odeur	Goût	Couleur	Arôme	Acceptabilité
Minimum	1	1	1	3	2	2,2
Maximum	9	9	9	9	9	9
STD	2,2	1,74	1,67	1,51	1,88	1,41
Moyenne	6,93	7,09	7,48	7,56	6,92	7,23
Covar, %	31,74	24,55	22,28	9,99	27,18	9,49

9= J'aime énormément, 8= J'aime beaucoup, 7= J'aime modérément, 6= J'aime un peu, 5= Je suis indifférent, 4= Je n'aime pas beaucoup, 3= Je n'aime pas, 2= Je n'aime pas du tout, 1= Je deteste

Tableau 6. Paramètres statistiques de l'évaluation du biscuit à 30% de sorgho.

Paramètres statistiques	Paramètres sensoriels					
	Texture	Odeur	Goût	Couleur	Arôme	Acceptabilité
Minimum	1	1	1	2	3	
Maximum	9	9	9	9	9	9
STD	2,09	1,81	1,58	1,90	1,63	1,30
Moyenne	6,71	7,40	7,27	7,19	6,87	7,06
Covar,%	30,37	24,54	21,78	26,42	23,73	18,36

9= J'aime énormément, 8= J'aime beaucoup, 7= J'aime modérément, 6= J'aime un peu, 5= Je suis indifférent, 4= Je n'aime pas beaucoup, 3= Je n'aime pas, 2= Je n'aime pas du tout, 1= Je deteste

Tableau 7. Paramètres statistiques de l'évaluation du biscuit à 40% de sorgho.

Paramètres statistiques	Paramètres sensoriels					
	Texture	Odeur	Goût	Couleur	Arôme	Acceptabilité
Minimum	1	2	1	1	2	2
Maximum	9	9	9	9	9	9
STD	2,09	1,57	1,70	1,53	1,79	1,33
Moyenne	7,07	7,40	7,44	7,90	6,82	7,32
Covar , %	29,56	21,18	22,86	19,41	26,28	18,12

9= J'aime énormément, 8= J'aime beaucoup, 7= J'aime modérément, 6= J'aime un peu, 5= Je suis indifférent, 4= Je n'aime pas beaucoup, 3= Je n'aime pas, 2= Je n'aime pas du tout, 1= Je deteste

Tableau 8. Composition chimique des biscuits à 20% de sorgho pour 100 g de biscuits.

Glucides	76.2 g
Protéines	8.17 g
Lipides	10.8 g
Cendre	0.74
Eau	4.50
Energie	421 g



Substitution partielle de la farine de blé ou autres farines par la farine de sorgho en boulangerie, biscuiterie et produits locaux ('Ablo', 'Kome')

K. Laré Ali et K. Amouzou Djalé¹

Résumé

L'utilisation de la farine composée de sorgho en boulangerie, biscuiterie et autres produits dérivés locaux constitue une des alternatives possibles de promotion de cette céréale. Dans la présente étude, on a d'une part partiellement substitué la farine de blé avec les farines de certaines variétés de sorgho dans la fabrication du pain et des biscuits, et d'autre part totalement remplacé la farine de maïs par ces mêmes farines dans la préparation des produits locaux (Ablo, Kome). Les produits obtenus se sont avérés être des denrées de qualité satisfaisante. Certaines variétés de sorgho dont notamment la Tchanlori, Sada bepo, Sovarto1, Sovarto 27, et Sovarto 41 ont en particulier donné des produits locaux (Ablo, Kome) meilleurs à ceux obtenus avec la farine de maïs. Ces mêmes variétés introduites en remplacement partiel du blé en boulangerie et biscuiterie ont donné des produits de bonne qualité, équivalents à ceux obtenus avec le blé seul. Ces résultats ainsi démontrent que de nouvelles perspectives en matière d'une utilisation diversifiée du sorgho sont désormais possibles et partant susceptibles de contribuer à promouvoir aussi bien la production agricole que la sécurité alimentaire au Togo.

Introduction

Au Togo, le sorgho constitue la deuxième céréale produite après le maïs. La production moyenne annuelle est estimée à environ 112 158 tonnes métriques au cours de la période allant de 1982 à 1992 (source DESA). Le sorgho est cultivé dans toutes les régions du Togo, sauf dans le région Maritime.

Il constitue avec le mil un des aliments de base dans la partie septentrionale du Togo. Il est consommé sous forme de bouillie, pâte cuite (Sabe, Moutou) avec ou sans fermentation préalable, Massa, boissons alcoolisées (Tchakpalo, Tchoucoutou,).

Le pain et ses produits dérivés occupent de plus en plus une place prépondérante dans l'alimentation des populations en Afrique de l'Ouest et particulièrement au Togo. Ce changement des habitudes alimentaires dû en partie au développement rapide des villes, a en particulier contribué à une augmentation sensible des importations du blé dans la sous

1. Technologie Alimentaire, ITRA/CRASS, Lome, Togo.



région. En effet l'importation du blé représente aujourd'hui à elle seule près de 70 à 75% volume céréalier total importé

La dévaluation du FCFA, qui a eu pour conséquence une augmentation rapide du coût des céréales importées, tels que le blé, de riz, etc., exige donc que des solutions appropriées notamment en matière de production, transformation et commercialisation des produits céréaliers locaux dont le sorgho soient rapidement trouvées. Une des alternatives possibles est la promotion des farines composées à base de sorgho en vue d'une fabrication moins coûteuse du pain, des pâtisseries (gâteaux, biscuits) et autres produits dérivés locaux (Ablo, Kome) tout en maintenant ou en améliorant la qualité nutritive de ces diverses denrées.

Ce projet ROCARS qui vise en particulier à promouvoir une meilleure utilisation des farines composées de sorgho a permis de produire, grâce à des choix de substitutions judicieuses de la farine de blé ou du maïs, plusieurs denrées alimentaires de qualité.

L'objet de la présente communication est donc de faire le point des principaux résultats obtenus à ce jour et d'en dégager les perspectives pour une meilleure sécurité alimentaire au Togo.

Méthodologie

Caractéristiques des produits

Produits locaux

Ablo est une pâte légèrement salée et sucrée. Elle se prépare à partir de farine simple ou composée de sorgho additionnée de farine de blé et de divers ingrédients (levure, sel, sucre). L'ensemble est homogénéisé, pétri et façonné en boulettes emballées dans des feuilles végétales, sachets plastiques ou autres récipients. La cuisson se fait à la vapeur, ou au four. Un bon Ablo est caractérisé par sa texture élastique et sa consistance ferme. Un bon Ablo présente outre mesure de larges alvéoles et possède un arôme et une odeur caractéristiques de la matière première utilisée.

Kome est une pâte fermentée de texture grossière. Elle se prépare à partir du Mawè, qui est un produit consistant de saveur acide (pH= 3,5-4,0). Pour son élaboration, le sorgho est nettoyé, décortiqué, lavé, concassé, tamisé à sec. On obtient ainsi la farine et le gritz qui, sont laissés au repos pendant 2 à 4 heures avant d'être moulu finement. Après addition d'eau et pétrissage, le produit est laissé en fermentation pendant 24 à 72 heures. Le Mawè est additionné d'eau et brassé au cours de la cuisson. On obtient une pâte visqueuse et consistante, qui est façonnée en boulettes, emballées dans des spaltes de maïs. La cuisson se fait à la vapeur. Un bon Kome est caractérisé par sa consistance ferme et, sa saveur acide. Un bon Kome doit également avoir un arôme et une odeur qui sont caractéristiques de la matière première utilisée.

Pains et pâtisseries

Pain:Le pain de farine composée (blé/sorgho) a été fabriqué en utilisant une substitution proportionnelle de 15% de la farine de blé avec la farine de sorgho



Biscuits: Les biscuits de farine composées (blé/sorgho) ont été fabriqués en utilisant une substitution proportionnelle de 50% de la farine de blé avec la farine de sorgho.

Choix des partenaires

Les principaux partenaires qui ont pris part à ce projet sont des restauratrices d'Ablo et Kome et des boulangers.

Choix des restauratrices d'Ablo et Kome

Une enquête préliminaire a d'abord été menée auprès de 20 restauratrices d'Ablo et 22 pour le Kome. Toutes ces restauratrices proviennent du sud-Togo dans trois localités distinctes, représentant une zone de forte production et consommation de ces produits. Ces localités en question sont Lomé, Kpalimé, Tsévié. Après plusieurs suivis et essais de dégustations des produits, trois restauratrices ont finalement été retenues pour participer dans ce projet. Ces restauratrices se répartissent comme suit: - 1 restauratrice de Kome à Lomé; 1 restauratrice d'Ablo à la vapeur à Lomé; et 1 restauratrice d'Ablo au four à Tsévié.

Choix des boulangers

Les boulangers retenus pour ce projet proviennent de la boulangerie moderne «BOMACO» à Lomé. Ce choix surtout s'explique par le fait que BOMACO est une boulangerie moderne réceptive aux innovations technologiques et qui a toujours su se montrer comme étant un partenaire privilégié de l'ITRA.

Essais expérimentaux

Les grandes étapes de ces essais qui se sont déroulés en laboratoire sont comme suit:

Ablo

Matériel végétal

- variétés locales: Tchanlori et Sada bepo
- variétés améliorées: Sorvato 1, Sorvato 27, Sorvato 28 et Sorvato 41
- ingrédients: farine de blé, sel, sucre, levure, eau
- le maïs a servi de témoin

Matériel technique

- bassines en aluminium, cuvettes, marmites en fonte, seaux, louches, moules, tamis, paniers, four en terre cuite, spatules en bois, emballages plastiques et végétaux (feuilles de bananiers).



Méthode de préparation

Pour la préparation d'Ablo, le sorgho est trié, nettoyé, lavé. Ensuite, on procède à une première mouture (grossière) puis à une humidification légère. Un premier tamisage (grossier) permet de récupérer le son. Un deuxième tamisage (fin) sépare la farine fine de la semoule. La semoule lavée, essorée et additionnée de farine fine précédemment obtenue est de nouveau légèrement humidifiée. Elle absorbe de l'eau et est moulue finement. Un tiers de cette farine est pétri avec de l'eau et du sel, et cuit pour obtenir de la bouillie qui est refroidie. A cette bouillie froide, on ajoute les deux tiers restants de la farine, la farine de blé, les ingrédients (sucre, levure boulangère, levure chimique). Le tout est pétri, malaxé puis laissé au repos pendant 4 à 6 heures pour la levée de la pâte. On emballe enfin dans des films plastiques, des récipients ou feuilles de bananiers. La cuisson se fait au four ou à la vapeur.

Le pourcentage de farine utilisée est 100% sorgho. Au total, deux essais ont été réalisés pour ce produit.

Kome

Matériel végétal

- variétés locales: Tchanlori et Sadabepo
- variétés améliorées: Sorvato 1, Sorvato 27, Sorvato28 et sorvato 41
- ingrédients: sel, eau
- le maïs a servi de témoin

Matériel technique

- bassines en aluminium, cuvettes, marmites en fonte, seaux, louches, moules, tamis, paniers, four en terre cuite, spatules en bois, emballages plastiques et végétaux (spathes de maïs)

Méthode de préparation

Pour la préparation de Kome, le sorgho est trié, nettoyé, lavé et moulu grossièrement puis tamisé. Le son est jeté et les gros grains sont humidifiés légèrement et tassés une première fois. Ensuite, on procède à une seconde mouture (fine), à l'humidification et à un second tamisage pour la fermentation pendant au moins 24 heures. Après la fermentation, le produit est malaxé avec de l'eau, précuit et pétri puis refroidi. Enfin on confectionne des boules qu'on emballe dans des spathes de maïs. La cuisson se fait à la vapeur. Le pourcentage de farine utilisée est 100% sorgho. Au total, deux essais ont été réalisés pour ce produit.

Pains et produits de pâtisserie (biscuits)

Pour la fabrication du pain et des biscuits, des farines de sorgho ont été produites.



Farine de sorgho

Matériel végétal

- sorgho (blanc et rouge)

Matériel technique

- bassines en aluminium, cuvettes, tamis, moulin à meules

Méthode d'obtention

Le sorgho est vanné, trié, puis lavé, concassé et tamisé avec un tamis à grosses mailles (2,5 mm ou 2.500 mm) Le son est jeté et les gros grains de nouveau tamisés avec cette fois-ci un tamis à mailles fines (0,450 mm ou 450 mm.). On obtient de la farine qu'on conserve et le gritz est de nouveau lavé, essoré, séché et mélangé et mélangé à la farine conservée puis moulu finement. On obtient ainsi de la farine qui pourra être utilisé pour la panification et la fabrication des biscuits Ces essais ont été réalisés à la boulangerie moderne «BOMACO».

Pain

Matériel végétal

- farine de sorgho, variété sorvato 1 (blanche), farine de blé
- ingrédients: beurre « margarine », sel, eau, levure, améliorant de panification, poudre levante (pyrophosphate et bicarbonate de soude)

Matériel technique

- matériel de boulangerie

Le pourcentage utilisé était de 85% pour la farine de blé contre 15% pour celle du sorgho.

Méthode de fabrication

La panification s'est déroulée conformément à la méthode classique de fabrication. En d'autres termes, cela a consisté à:

- doser les farines (blé, sorgho), les ingrédients, faire le mélange, couler l'eau et pétrir dans un pétrin mécanique
- après pointage (1ère fermentation), diviser la pâte en pâtons, peser, découper, façonner et apprêter en bannetons sur couche ou sur plaque pour la 2è fermentation.
- et après fermentation de l'apprêt, couper (inciser) les pâtons, enfourner par chariot ou par pelle, puis cuire, défourner et refroidir.



Biscuits

Matériel végétal

- farine de sorgho, variété sorvato 1 (blanche), sorvato 28 (rouge) farine de blé
- ingrédients: margarine, sel, eau, levure, améliorant de panification, poudre levante (pyrophosphate et bicarbonate de soude), sirop de sucre interverti, vanille

Matériel technique

- Matériel de boulangerie.

Le pourcentage utilisé ici était de 50% pour la farine de blé contre 50% pour celle du sorgho

Méthode de fabrication

La méthode classique de fabrication a également été utilisée. Cela a donc consisté à:

- préparer et doser les farines et les ingrédients
- mélanger jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et laisser reposer et
- découper selon la forme souhaitée et faire cuire au four

Evaluation des divers produits (tests d'acceptabilité)

Pour étudier l'acceptabilité des différents produits (Ablo, Kome, pain, biscuits) , des questionnaires de dégustations ont été élaborés. Un panel de dix personnes a constitué le jury de dégustation des produits. Les critères d'appréciation du jury étaient comme suit: aspect, texture, arôme, goût, odeur, couleur, consistance, et acceptabilité. Afin de parvenir à une appréciation globale, un système de notation a également été utilisé: Très bon: 5, Bon: 4, Passable: 3, Médiocre: 2, Mauvais: 1.

Résultats et discussion

Résultats d'enquête

Les restauratrices de Kome et d'Ablo sont toutes du sexe féminin dont l'âge varie de 25 à 50 ans avec une moyenne d'âge de 40 ans; ceci s'explique par le fait que ce sont les femmes qui s'occupent généralement des activités de transformation alimentaire et de restauration (qui constituent des activités rémunératrices); elles sont en majorité d'ethnie: Ewé (73 à 80%), Mina (9 à 15%), Ouatchi (5 à 9%) et autres.

- L'enquête a été menée seulement dans trois (03) sites (zones de peuplement de ces ethnies) et surtout parce que ces produits sont originaires de ces lieux.
- le temps d'activité varie de 0,5 à 30 ans avec une moyenne de 15 ans;
- les produits transformés sont toujours le maïs et quelques fois le riz;
- les produits obtenus sont Ablo, Kome et quelques fois Akassa, Akpan et Aklui;



- les équipements sont traditionnels et modernes: bassines en aluminium, cuvettes, marmites en fonte, seaux, louches, moules, tamis, paniers, four en terre cuite; les restauratrices souhaitent toutes pouvoir s'acheter des équipements modernes afin d'alléger certaines tâches pénibles, d'augmenter les rendements et de réduire les pertes.

Résultats des essais expérimentaux

Ablo

D'après les essais technologiques réalisés, il a été dégagé un procédé de préparation d'Ablo à la vapeur ou au four.

Les variétés locales Tchanlori, Sada bepo et améliorées Sorvato 1, Sorvato 27, Sorvato 41 sont adaptées pour la préparation d'Ablo. Les produits obtenus présentent une bonne texture, une consistance acceptable et une bonne levée. La couleur des produits n'a pas d'importance particulière selon les consommateurs.

Kome

Il ressort de l'avis de beaucoup de consommateurs, que la variété Sorvato 1 donne des produits locaux (Ablo, Kome) de meilleure qualité que ceux préparés à base de maïs. Toutes les caractéristiques ont été appréciées par la mention très bon et bon.

Pain et biscuits

De l'avis des consommateurs, le pain (blé 85%, sorgho 15%) est de bonne qualité et diffère peu du pain 100% blé. La différence se trouve au niveau du volume du pain. Pour un même poids le pain de farine composée est légèrement plus petit. Les biscuits obtenus sont de qualité acceptable.

Résultats des tests d'acceptabilité

Le classement des variétés en fonction de la qualité des produits obtenus a donné les résultats suivants:

Ablo

1^{er} Sorvato 41, 2^e Tchanlori, 3^e Sorvato 1, 4^e Sada bepo, 5^e Sorvato 27; 6^e maïs, 7^e Sorvato 28

Kome

1^{er} Tchanlori, 2^e Sada bepo, 3^e Sorvato 1, 4^e Sorvato 27, 5^e Sorvato 41, 6^e maïs, 7^e Sorvato 28
Les variétés de sorgho Tchanlori, Sada bepo, Sorvato 1, Sorvato 27, Sorvato 41 donne de bons produits qui peuvent être meilleurs ou équivalents à ceux réalisés à base de maïs.



Toutefois, des analyses complémentaires restent nécessaires afin de pouvoir déterminer les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques, et organoleptiques des divers produits et par variété.

Pain

48% des évaluateurs ont accordé la mention très bon contre 52% qui ont simplement jugé bon ce pain fabriqué à partir de la farine de sorgho.

La variété Sorvato 1 donne avec le blé du pain que certains consommateurs et dégustateurs ont estimé meilleur que certains pains commercialisés à Lomé. Ils estiment que ce pain est très bon pour être commercialisé et pensent que cette technologie peut déjà être transférée en boulangerie.

Un financement complémentaire devrait permettre d'acquérir un décortiqueur, afin d'améliorer la qualité des sous-produits et des produits. Cela devrait également permettre de faire des essais avec d'autres variétés de sorgho.

Biscuits

Les variétés Sorvato 1 et Sorvato 28 ont donné des biscuits de qualité acceptable. Il faudra à l'avenir améliorer l'aspect et faire des essais avec d'autres variétés de sorgho.

Analyse des rendements

L'analyse des rendements de farines de sorgho a donné les résultats suivants:

Variété de sorgho	Quantité de sorgho (kg)	Quantité de farine (kg)	Pourcentage (%)
Sorvato 1	15,00	8,65	58
Sorvato 28	10,00	4,50	45

Les rendements obtenus s'expliquent par la méthode de production de farine utilisée. Cette méthode occasionne plus de pertes. L'utilisation d'un décortiqueur mécanique pour la transformation primaire du sorgho par la voie sèche permettra de vérifier cette hypothèse

Cependant, Sorvato 28 donne un rendement plus faible (45%) par rapport à Sorvato 1 (58%) parce que c'est une variété farineuse tandis que Sorvato 1 est une variété vitreuse. Les indices physico-chimiques des farines de sorgho se présentent comme suit::

Variété de sorgho	Teneur en eau (%)	Teneur en cendres (% poids sec)	Teneur en protéines (% poids sec)	pH
Sorvato 1	8,0	0,76	7,8	6,0
Sorvato 28	8,2	1,3	8,6	5,8

Selon la Norme mondiale CODEX-STAN 173-1989

La teneur en eau doit être régie par les BPF. Elle ne doit cependant pas dépasser 15%.



La teneur en cendres ne doit pas être inférieure à 0,9% ni supérieure à 1,3% sur la base du poids sec. La teneur en protéines (Nx6,25) ne doit pas être inférieure à 8,5% sur la base du poids sec.

Les faibles teneurs en cendres, protéines, sont dues sûrement à la méthode de production des farines utilisée; qui a nécessité des lavages; d'où des pertes en matières minérales et autres.

Les rendements des produits locaux (Ablo,Kome) préparés à base de sorgho sont sensiblement les mêmes que ceux obtenus à base de maïs.

Conclusion

L'exécution de la première partie du projet ROCARS (Utilisation de la farine composée de sorgho) a permis de déterminer certaines variétés de sorgho adaptées à la fabrication du pain, des biscuits et à la préparation de produits locaux (Ablo et Kome) de bonne qualité. Les essais de préparation d'Ablo et de Kome ayant donné des résultats satisfaisants dans la partie méridionale du Togo, il s'avère nécessaire de conduire des essais aussi dans la partie septentrionale du pays (zone de forte production et de consommation de sorgho). Les recherches à venir mettront particulièrement l'accent sur les caractéristiques technologiques (physico-chimiques, biochimiques et organoleptiques) des variétés sus-mentionnées et la qualité nutritionnelle des produits obtenus. Ces recherches devront également permettre de faire une étude socio-économique de la production/vente des produits, de les promouvoir et de faire une vulgarisation efficace des techniques et des produits. Ceci devrait permettre de stimuler la production du sorgho en vue de satisfaire une demande potentiellement croissante car, la génération de nouveaux produits à base de sorgho offre désormais de nouvelles perspectives ainsi que des débouchés intéressants pour les producteurs du monde rural au Togo.



Potentialités d'utilisations des sorghos guinea tan au Burkina Faso

Laurencia Ouattara¹, Gille Trouche², Geneviève Fliedel³ et Bréhima Diawara¹

Résumé

Une étude de la diversité des caractères agromorphologiques suivie d'une caractérisation physique, nutritionnelle et technologique ont porté sur une série d'écotypes et de lignées sélectionnées sorgho guinea tan, comparées à deux variétés témoins.

Au total 12 variétés réparties en 36 échantillons de grains entiers et en 12 échantillons de farines ont été étudiées.

Les résultats de cette étude montrent que la productivité est bonne pour la plupart des variétés étudiées à l'exception d'une seule, la CG 34/4-3-2. Aussi, les lignées sélectionnées présentent une diversité assez importante pour les caractères morphologiques et certains caractères agronomiques.

Par ailleurs, les résultats des analyses physiques, nutritionnelles et technologiques des grains et farines montrent qu'aucune des variétés étudiées n'est tendre, elles sont vitreuses ou semi-vitreuses et aptes au décorticage à l'exception de l'écotype G 1636. Cependant, la composition biochimique des farines montre que 10 variétés sont susceptibles de donner des tô fermes par leur teneur suffisamment riche en amylose, c'est-à-dire supérieure à 24% MS et moyennement faible en cendres et protéines (Fliedel et al. 1989, 1994).

Au terme de cette étude, 9 parmi les 12 variétés étudiées paraissent aptes pour une éventuelle diffusion/vulgarisation auprès des utilisateurs et producteurs.

Introduction

Les cultures céréalières au Burkina Faso sont principalement destinées à l'alimentation humaine. Parmi les céréales qui sont cultivées, le sorgho occupe le premier rang avec une superficie qui s'élève à 1,2 million d'hectares. Sa production annuelle est estimée à 960 000 tonnes (MA/DSAP 1995).

Les variétés de sorgho cultivées appartiennent principalement à deux races: les guinea et les caudatum.

Les sorghos de race guinea sont les plus répandus (93% des variétés locales de sorgho) en raison de leur plus grande adaptation au milieu et de la bonne qualité de leurs grains pour la préparation des plats traditionnels (Zongo 1991).

1. Institut de recherche des sciences appliquées et technologies (IRSAT), 03 BP 7047 Ouagadougou, Burkina Faso

2. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)/ Institut d'études et de recherches agricoles (INERA), 01 BP 476, Ouagadougou, Burkina Faso.

3. CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier. Cedex 1, France.



Au sein des variétés locales de race guinea, environ 3% possèdent le caractère tan (Zongo 1991). Celles-ci présentent un double avantage contrairement aux autres variétés guinea. En effet, les guinea tan ne possèdent pas de pigment d'anthocyane sur la plante et sur le grain. Cette spécificité permet à cette variété de produire des grains blancs non tachetés et de donner ainsi des farines blanches qui peuvent présenter une grande diversité d'utilisation. Comme les autres variétés locales guinea, cette variété a un potentiel de rendement limité (faible aptitude à l'intensification) et présente selon certains auteurs une certaine sensibilité vis-à-vis des maladies foliaires (anthracnose). Un programme d'amélioration de cette variété de sorgho est en cours à Saria (INERA/CIRAD) et des croisements de type guinea x guinea et de type guinea x caudatum ont permis déjà de sélectionner de nouvelles lignées prometteuses.

Des travaux de caractérisation physico-chimique, technologique et organoleptique des grains, farines, semoules et produits dérivés sont réalisés sur plusieurs variétés afin d'identifier les sorghos aptes à la transformation et acceptés par les utilisateurs et les consommateurs.

Ces différentes activités répondent à un double objectif:

- l'évaluation des potentialités agronomiques et de la diversité de ces variétés,
- l'évaluation de la qualité nutritionnelle et technologique des variétés de sorgho guinea tan

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Nous avons choisi pour la présente étude dix variétés de sorgho guinea tan et deux variétés témoins, une caudatum tan et une guinea anthocyanée (Tableau 1).

Méthodes

Dispositif expérimental au champ

Les 12 variétés ont été semées dans deux sites de la région Centre du Burkina Faso, Saria et Gampèla, durant la campagne 1998-1999. Le dispositif expérimental était de type blocs de Fisher avec trois répétitions. Chaque parcelle élémentaire consistait en 3 lignes de 10 m de long. Les écartements au semis étaient de 0,80 m entre les lignes et 0,30 m entre les poquets. Un démariage à une plante par poquet a été effectué une dizaine de jours après la levée. La fertilisation appliquée a été celle recommandée par l'INERA à savoir 100 kg ha⁻¹ engrais « coton » (14N-23P-14K) au démariage et 50 kg ha⁻¹ à la montaison.

Toutes les observations concernant les caractères agronomiques et morphologiques ont été réalisées sur la ligne centrale de chaque parcelle élémentaire représentant la parcelle utile. Les caractères morphologiques ont été mesurés pour 10 plantes de chaque parcelle utile. Les caractères agronomiques ont été mesurés sur la totalité des plantes de chaque parcelle utile. Les échantillons de grains analysés ont été prélevés sur les récoltes de la totalité des parcelles élémentaires.



La préparation des farines

Le décortiquage mécanique: des lots de 7 kg de grains de chaque variété sont humidifiés par aspersion d'eau et passés au Décortiqueur mécanique de type Engelberg.

Le broyage: les grains décortiqués sont vannés ensuite nettoyés à l'eau, puis séchés. Après séchage, chaque lot de grains décortiqués est broyé avec un broyeur à marteaux de type Electra.

Evaluation de la texture du tô

Le protocole de préparation du tô au Laboratoire: les matières premières utilisées dans la fabrication du tô sont la farine et l'eau: 16,6 grammes de farine à 11,5% d'humidité sont pesés dans un bêcher en inox. On introduit 90 ml d'eau millipore et l'on obtient ainsi un lait de farine. Le bêcher est ensuite plongé dans un bain-marie bouillant (position du thermostat 4) pendant 20 minutes sous agitation mécanique à 400 tr par mn.

Mesure de la texture du tô par compression: après cuisson, le tô est immédiatement coulé dans deux cylindres en inox (2 cm de haut et 4 cm de diamètre) posés chacun sur une plaque de verre et rehaussés de 0,5 cm par une bande adhésive puis stockés pendant 24 heures dans une étuve à 35 °C et 85% d'humidité relative afin d'éviter une déshydratation en surface. Le lendemain, la bande adhésive est enlevée et le surplus du tô décapité avec un fil de pêche. A l'aide d'un emporte pièce on réalise des pâtons de tô aux dimensions constantes de 3 cm de diamètre et 2 cm de haut.

La texture du tô est évaluée à l'aide d'une machine universelle de traction compression Instron type 4300. Le principe de fonctionnement de l'appareil consiste à compresser l'échantillon (pâton de tô) entre une plaque et un piston préalablement enduit d'huile de paraffine. Une imprimante reliée à l'appareil enregistre une force de résistance à la compression au cours du déplacement du piston à une vitesse de 5 mm par mn. La force qui permet de rompre l'échantillon est la force de mesure de la texture.

L'analyse sensorielle

Pour chaque variété, les farines obtenues ont servi à la préparation d'un plat traditionnel couramment consommé au Burkina Faso: le tô. Le tô a été dégusté par un groupe de dégustateurs, et la qualité des grains pour le tô a été évaluée suivant les quatre critères qui sont: la consistance du tô à la bouche, la consistance du tô au toucher, le goût et la couleur du tô (Tableau 9). Une note allant de 1 à 3 a été affectée à chaque critère de qualité et la moyenne des notes a été calculée pour chaque variété: 1= mauvais; 2 = passable; 3 = bon.

Les analyses

Au total 12 variétés de sorgho réparties en 36 échantillons de grains entiers et en 12 échantillons de farines provenant de grains décortiqués ont été analysées. Pour chaque échantillon, les analyses ont été effectuées en double et les moyennes des résultats ont été retenues.



Les analyses physiques

Les analyses physiques ont été essentiellement portées sur le grain entier.

Le rendement au décortiquage à 5 min: il est obtenu après décortiquage des grains pendant 5 min au TADD (Tangential Abrasive, Dehulling Device). Ce décortiqueur est constitué d'un disque abrasif en carborundum qui tourne horizontalement sous une plaque en acier de 8 coupelles. Chaque coupelle est remplie avec 30 g de grains entiers. Le rendement au décortiquage est le pourcentage de la masse des grains décortiqués par rapport aux grains entiers pesés au départ.

L'indice de dureté (PSI): il est déterminé selon la méthode mise au point par Fliedel et al. (1989), après broyage de 20 g de grains d'humidité comprise entre 11,5 et 13,5% dans un broyeur à aiguilles type Falling Number KT 30 (tête de broyage semoule grossière, réglage 4) et tamisage du broyat pendant 1 mn au travers d'un tapis de 250 µm de maille (tamiseur à courant d'air Alpine type 200 LS). L'indice de taille des particules ou PSI représente le pourcentage de broyat passant au travers du tamis. Plus le grain est dur, plus le PSI est faible.

L'indice de vitrosité du grain: il est déterminé selon la méthode visuelle de Maxon et al. (1971). Chaque grain d'un échantillon représentatif de 10 grains est sectionné longitudinalement en son milieu. On estime visuellement les proportions d'albumen vitreux et farineux. Une note de 1 à 5 est attribuée à chaque grain à 0,15 près. La note 1 correspond à un albumen totalement vitreux et la note 5 à un albumen totalement farineux. La moyenne de 20 grains représente l'indice de vitrosité moyen de la variété.

Les analyses biochimiques

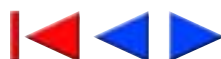
La teneur en eau: elle est déterminée par différence de pesée d'un échantillon de 5 g avant et après passage à l'étuve à 130 °C pendant 2 h (cf. NF: VO3-707).

La teneur en protéines: la méthode de Kjeldahl est utilisée pour la détermination de la teneur en protéines. L'azote organique de l'échantillon de grains entiers broyés ou de farines est transformé en azote minéral sous forme ammoniacal (NH₄)₂SO₄ grâce à l'action oxydante de l'acide sulfurique concentré bouillant en présence d'un catalyseur. Après déplacement par la soude (base forte que l'on ajoute en excès), l'ammoniac est distillé puis titré en présence d'un réactif coloré par acidimétrie. La teneur en protéines totales est calculée en multipliant la quantité d'azote par un facteur de conversion 6,25, soit 16% d'azote dans les protéines (cf. NF: VO3-650).

La teneur en cendres: les cendres sont obtenues par pesée différentielle d'un échantillon de 5 g de grains ou de farines après calcination à 600 °C pendant une nuit.

La teneur en amylose: elle est déterminée par une Analyse Enthalpique Différentielle (AED) ou DSC (Differential Scanning Calometry) avec un Perkin Elmer DSC 7 (Perkin Elmer, Norwalk, CT) en utilisant des capsules hermétiques en inox (Mestres et al. 1996). Son principe repose sur la mesure des différences d'enthalpie entre un échantillon et une référence soumise à une cinétique de chauffage et de refroidissement linéaires.

On détermine la variation d'enthalpie de la formation de complexes entre l'amylose et un monoglycéride ajouté (extrait à partir de jaune d'œuf). La capsule de l'échantillon (10-11



mg de farine dans 50 µl de L µ lysophosphatidyl choline 2%) et la capsule de référence (50 µl d'eau ultrapure) sont chauffées de 35 °C à 160 °C à 8 °C /mn, maintenues à 160 °C pendant 2 mn et refroidies de 160 °C à 60 °C à 10 °C/mn. L'exotherme de formation de complexes entre l'amylose et le phospholipide au cours du refroidissement est proportionnel à la teneur en amylose de l'échantillon qui est déterminé par comparaison à un témoin (100% d'amylose pure de pomme de terre).

La solubilité et le gonflement: ces deux paramètres sont déterminés sur les bouillies préparées à partir d'une suspension de farine (7,1% m.s, soit 2 g de farine sèche dans 28 g d'eau) ayant suivi tout le cycle de cuisson refroidissement au RVA selon le profil de température décrit ci-dessus (Mestres et al. 1996). Après centrifugation pendant 10 mn à une vitesse de 5000 g et 25 °C, le surnageant et le culot sont pesés séparément (Ps et Pc) puis séchés à 100 °C pendant 24 et 48 h afin de déterminer leur matière sèche: MSs et MSc).

Quatre paramètres sont calculés: l'indice de solubilité (S), le pouvoir de gonflement (G), la concentration en matériel soluble dans le surnageant (SM) et la fraction volumique de la phase dispersée (j) selon les formules suivantes:

$$S (\% \text{ m.s}) = 100 \times MSs/2$$

$$G (\text{g/g}) = (Pc - MSc) / MSc$$

$$SM (\text{mg/ml}) = MSs (Ps - MSs)$$

$$F = (27,25 - (Ps - MSs)) / 27,25$$

où 27,25 est le volume total calculé (cm³) de la bouillie en considérant que la densité spécifique de la farine est de 1,5 g/cm³.

La teneur en tanins: la méthode de référence utilisée pour le dosage des tanins est celle donnée par la Communauté Européenne (1984). L'extraction des tanins se fait par le diméthylformamide par agitation. Après filtration ou centrifugation, on additionne du citrate d'ammonium de fer (III) et de l'ammoniaque à une partie aliquote du surnageant ou du filtrat et on procède à la mesure spectrométrique de l'absorbance de la solution ainsi obtenue à 525 nm. On détermine la teneur en utilisant une courbe d'étalonnage établie à partir d'acide tannique.

Résultats et discussion

Caractérisations agronomiques et morphologiques des variétés

A Saria, la saison des pluies 1998 a démarré tardivement et s'est réellement installée au cours de la première semaine de juillet, ce qui explique la date tardive des semis qui ont lieu d'ordinaire vers le 15 juin. Par la suite, les pluies ont été régulières et assez abondantes jusqu'au 11 octobre avec en particulier un mois de septembre exceptionnellement pluvieux (206 mm). Le cumul pluviométrique a atteint 802 mm, ce qui est supérieur à la pluviométrie moyenne des dix dernières années (environ 700 mm).

Au niveau phytosanitaire, cette campagne agricole a été caractérisée par une très forte incidence des maladies foliaires (anthracnose, taches zonées et bandes de suie) et une incidence élevée des moisissures des grains et des attaques de chenilles, spittle bugs (*Poophilus costalis*) et punaises de panicules.



En ce qui concerne les caractéristiques morphologiques des variétés étudiées, les résultats suivants ont été obtenus (Tableau 2):

La hauteur de tige des douze variétés testées varie de 1,88 m pour la variété Sarioso 10 à 3,12 m pour la variété Fibmega; l'analyse de variance a permis de mettre en évidence deux groupes de variétés significativement distincts. Le premier groupe caractérisé par une hauteur de tige d'environ 3 m rassemble tous les écotypes, plus les lignées sélectionnées Nazongala tan et CG 34/4-3-2, soit 7 variétés sur 12 étudiées. Le deuxième groupe caractérisé par une hauteur de tige proche de 2 m réunit les autres lignées sélectionnées, y compris la variété sélectionnée caudatum Sarioso 10.

Le diamètre basal de la tige principale varie de 1,2 à 1,8 cm; pour ce caractère morphologique, il n'y a pas de relation nette entre les valeurs observées et la nature ou l'origine des variétés.

Pour le tallage basal utile, qui correspond au nombre moyen de talles basales fructifères (avec des grains) par plante, il apparaît une grande diversité parmi les douze variétés étudiées. Les variétés G 1481 et CG 34/4-3-2 se singularisent par un tallage basal utile supérieur à 1 tandis que Sarioso 10 et G 1636 présentent un tallage faible et presque nul.

Pour la longueur des panicules et le nombre d'étages de ramifications primaires, il existe également une diversité assez élevée au sein de l'échantillon de variétés étudiées. Les variétés Sarioso 9 et Nazongala tan présentent les longueurs de panicules les plus élevées et Sarioso 10 la plus faible longueur de panicule. De manière générale, les variétés locales ou locales améliorées ont des panicules plus longues (et plus lâches) que les variétés sélectionnées guinea, avec pour exception la variété G 1636. Pour le nombre d'étages de ramification, la variété Kaapêlga a la valeur la plus élevée (14) et Sarioso 10 et Cauma-20-20 la plus faible valeur (8). Pour ce dernier caractère, la distinction entre les variétés locales et sélectionnées n'est pas aussi marquée que pour la longueur des panicules.

Le diamètre maximum de la panicule n'apparaît pas ici comme un caractère très variable et discriminant pour les variétés étudiées; toutefois, on peut signaler que la variété Cauma 20-20 montre le diamètre de panicule le plus important (11,2 cm) et qu'à l'inverse Kaapêlga et Sarioso 10 présentent les diamètres de panicules les plus faibles (8,4 et 8,5 cm).

Concernant les caractéristiques agronomiques qui sont dans le cas de cette étude, la durée du cycle semis-floraison et les composantes du rendement, les résultats marquants de l'essai conduit à Saria sont les suivants (Tableau 3):

La durée du cycle semis-floraison varie de 66 jours pour la variété la plus précoce (Kaapêlga) à 79 jours pour la variété la plus tardive G 1636. L'analyse de variance permet de différencier deux groupes de variétés significativement distincts pour la durée de cycle. Le groupe des variétés « précoces », se caractérise par une durée de cycle comprise entre 66 et 72 jours et réunit en majorité les variétés locales, à l'exception de G 1636, et la variété sélectionnée CG 27/7-1; compte tenu du semis tardif de cet essai, cette précocité observée chez la plupart des variétés locales traduit en réalité leur sensibilité élevée à la photopériode. Le groupe des variétés « tardives » qui ont une durée de cycle comprise entre 76 et 79 jours, rassemble les autres variétés sélectionnées et G 1636.

Au niveau de la productivité en grain, il n'est pas mis en évidence de différence significative entre les variétés testées pour le poids de grain par plante et le rendement grain. Pour le rendement grain, les variétés les plus performantes sont dans l'ordre G 1481,



Nongomsoba, CG 27/7-1 et les deux variétés témoins Sarioso 9 et Sarioso 10. A l'inverse, les variétés sélectionnées CG 34/4-3-2 et CEF 395/9-2-3 se révèlent peu productives dans cet essai. Compte tenu du semis tardif et des pressions parasitaires observées (spittle bugs et punaises), les variétés les plus tardives ont été ici assez fortement handicapées pour le rendement grain, en particulier au niveau de la composante du rendement poids de 1000 grains, par rapport aux variétés photopériodiques qui ont été plus précoces.

Au niveau des composantes du rendement, la variété CG 34/4-3-2 se distingue en obtenant la plus faible valeur pour le poids de grain par panicule (20g) et en étant significativement inférieure à toutes les autres variétés. La variété Sarioso 10 obtient le meilleur nombre de grains par panicule (2395) et apparaît ici significativement supérieure à toutes les autres variétés. A l'opposé, CG 34/4-3-2 donne le plus faible nombre de grains (1173). La gamme de variation pour les autres variétés se situe entre 1500 et 1900 grains par panicule. Pour le poids de 1000 grains, on observe une différence significative entre les variétés locales qui ont un poids de 1000 grains compris entre 21,5 et 25 g, et les variétés sélectionnées qui présentent des poids de 1000 grains plus faibles, compris entre 16,5 et 19g. Si ces derniers résultats traduisent une certaine tendance chez les variétés sélectionnées guinea, ils doivent être toutefois nuancés pour Sarioso 10 car comme indiqué précédemment, le retard de semis a eu un effet négatif sur le remplissage des grains des variétés les moins photopériodiques et donc les plus tardives.

A partir des résultats obtenus dans l'essai de Saria, une Analyse en Composante Principale (ACP) a été réalisée avec l'ensemble des caractères agro-morphologiques et certains caractères du grain (vitrosité) pour l'ensemble des douze variétés. Les trois premiers axes de l'A.C.P expliquent 82% de la variation totale étudiée. L'axe 1 qui représente 37% de la variation totale, est défini par les variables décrivant le type morphologique de la variété (hauteur, longueur de panicule, tallage, diamètre tige) et la variable durée du cycle semis-floraison. L'axe 2 qui explique 27% de la variation totale est déterminé par les variables de productivité (rendement grain, poids grain par plante et par panicule) et la variable vitrosité.

La projection des variétés dans le plan défini par les axes 1 et 2 permet d'individualiser deux groupes de variétés plus deux variétés isolées:

Groupe 1: groupe des écotypes et écotypes améliorés hauts, à panicules longues et nombreuses ramifications primaires, tallage moyen à fort, photopériodiques (faible durée du cycle semi-floraison) et avec une productivité moyenne à bonne. Ce groupe rassemble les variétés Nongomsoba, Fibmega, Kaapêlga, G 1481, Nazongala tan et Sarioso 9.

Groupe 2: groupe des lignées sélectionnées guinea de hauteur moyenne, panicules assez longues, tallage faible à moyen, durée de cycle variable, productivité moyenne à bonne, grains assez petits. Ce groupe réunit les variétés CG 27/7-1, Cauma 20-20, CEF 395/9-2-3 et G 1636.

Variétés isolées:

CG 34/4-3-2: type haut avec panicule longue, tallage assez fort, productivité faible et petits grains vitreux;



Sariaso 10: type assez court, panicule courte peu ramifiée, bonne productivité, assez tardif (faible sensibilité à la photopériode), tallage faible, grains peu vitreux.

Caractérisations physico-chimiques et technologiques des variétés

Pour les analyses physiques des grains, la dureté, la vitrosité, le rendement au décortiquage à 5 min ainsi que la couleur du grain ont été déterminés (Tableau 4). La dureté du grain évaluée par la méthode du PSI (Particule Size Index) a donné des valeurs comprises entre 10,3 et 17,8 pour les différentes variétés étudiées. Selon la classification du PSI établie par FLIEDEL et al. (1989) pour le sorgho, aucune de ces variétés n'est tendre, elles sont très dures (le PSI est inférieur à 13), dures (le PSI est compris entre 13 et 16) ou de dureté moyenne (le PSI est compris entre 16 et 19). Elles donnent des rendements au décortiquage à 5 mn supérieurs à 75% ce qui témoigne leur grande aptitude au décortiquage à l'exception de la variété locale G 1636 (69,5%). Quant à l'indice de vitrosité des grains, il varie de 1,7 à 3,5; on s'aperçoit que la plupart des grains étudiés sont vitreux (l'indice de vitrosité est inférieur à 3), sauf trois variétés (Nongomsoba, G 1636, Sariaso 10) qui sont semi vitreuses (l'indice de vitrosité est compris entre 3 et 4) à tendance farineuse et qui correspondent à des duretés intermédiaires. Toutefois, on s'aperçoit que les grains les plus durs (Fibmega, Kaapêlga, G 1481, CG 27/7-1) sont les plus vitreux avec des rendements au décortiquage les plus élevés (supérieurs à 85%). Seule la variété CG 34/4-3-2 ne répond pas à ce constat car très vitreuse et de dureté moyenne.

Les variétés étudiées se caractérisent par leur teneur moyenne en protéines et en cendres. Cependant, d'une variété à l'autre, les teneurs en cendres et en protéines varient très peu, de 1,4 à 1,6 (% ms) pour les cendres et de 10,2 à 12,5 (% ms) pour les protéines (Tableau 5).

La variété locale G 1636 se distingue par une teneur plus élevée en protéines et cendres, suivi de CG 34/4-3-2. Par contre pour la teneur en tanins, la variation est plus importante au sein des variétés étudiées, de 0,09 à 0,41 (% ms). Seule la variété Cauma 20-20 a une forte teneur en tanins (0,41% ms), les autres ayant des teneurs beaucoup plus faibles. SEREME et al. (1994) ont classé les variétés de sorgho selon leur teneur en tanins et proposé des utilisations correspondantes en alimentation. Selon ces auteurs, les variétés de sorgho à forte teneur en tanins (teneur en tanins supérieure à 0,4% ms), comme la variété Cauma 20-20 ne sont pas recommandées pour la préparation des mets suivants: tô, couscous, bouillie, zoom-koom. Cependant, elles peuvent servir pour la préparation du dolo (bière locale). Les autres variétés qui sont soit des variétés à faible teneur en tanins (teneur en tanins inférieure ou égale à 0,2% ms), soit des variétés à teneur moyenne en tanins (teneur en tanins comprise entre 0,2 et 0,4% incluse) peuvent servir pour la préparation du tô, couscous, bouillie, zoom-koom (Tableau 6).

Parmi les variétés étudiées, quatre variétés (G 1636, CEF 395/9-2-3, CG 34/4-3-2, Sariaso 10) présentent une mauvaise aptitude au décortiquage mécanique (décortiquage effectué avec un Décortiqueur Engelberg), ce qui correspond à des rendements au décortiquage très faibles (inférieurs à 70%) (Tableau 7). Les autres présentent des rendements supérieurs à 75% avec ou non des grains brisés. Par ailleurs, les variétés qui possèdent les meilleurs rendements sont celles dont les grains ne se brisent pas lors du



décorticage. Il s'agit de deux variétés locales (Fibmega, Kaapêlga) et des variétés sélectionnées (Nazongala tan, CG 27/7-1) et de la variété témoin Sariasio 9). Celles qui enregistrent énormément de brisures ont les plus faibles rendements.

Comme pour le grain entier, on a déterminé la teneur en protéines et en cendres des farines (Tableau 8). De plus, on a caractérisé l'amidon, caractère essentiel qui explique la qualité du grain pour la préparation du tô. Pour cela, les teneurs en amylose et la solubilité (solubilité de la farine dans l'eau à la température de cuisson) de l'amidon ont été déterminées pour les douze variétés étudiées, les valeurs varient de 22,4 à 26,5 (% ms), et de 17,4 à 30,3 (mg/ml). Deux des variétés étudiées, une locale (G 1636) et une témoin (Sariasio 10) ont de faibles teneurs en amylose et avec une faible solubilité contrairement aux autres qui présentent une plus grande solubilité avec des teneurs plus élevées en amylose. De même, ces deux variétés possèdent des teneurs importantes en cendres et en protéines. Selon les travaux de Fliedel et al. (1994), les variétés de sorgho qui possèdent une teneur en amylose inférieure à 24 (% ms) ne sont pas aptes à donner un tô d'une bonne fermeté. D'autres auteurs comme Bore (1989), Diarra (1989) et Bello et al. (1990) ont également mis en évidence l'importance de l'amylose sur la fermeté du tô et l'influence négative des cendres, lipides, protéines sur la fermeté. Ainsi, une farine riche en amylose et pauvre en cendres, en lipides et en protéines est apte à donner un tô ferme.

Les mesures de fermeté du tô donnent des forces de compression variant de 7,81 à 22,50 N (Tableau 9). Sur les douze variétés étudiées, dix donnent un tô dont la force de compression est supérieure à 15 N. Selon l'échelle d'évaluation de la qualité du tô établie par Fliedel et al. (1995), les variétés dont le tô a une force de compression supérieure à 12 N sont bien acceptées et de très bonne qualité lorsque cette force dépasse les 15 N. En deçà de 10 N, c'est le cas des deux autres variétés (G 1636, Sariasio 10), le tô est mou et non apprécié et les variétés sont dites de mauvaises qualité pour la préparation du tô. Ces résultats viennent confirmer les travaux des auteurs qui ont montré que la fermeté du tô est liée à la teneur en amylose. De plus, ils confirment les conclusions précédentes.

L'analyse sensorielle sur le tô a porté sur huit variétés de sorgho. L'évaluation des cinq critères de qualité du tô a donné des moyennes comprises entre 1,65 et 2,90 (Tableau 10). Un classement des variétés les plus performantes à la plus mauvaise a été effectué. Une comparaison des résultats sur l'analyse sensorielle avec ceux de fermeté du tô reste en accord, c'est-à-dire que les variétés bonnes sur le terrain le sont également au laboratoire à l'exception de la variété G 1481 qui s'avère mauvaise sur le terrain et bonne au laboratoire et de la variété Sariasio 10 qui s'avère bonne sur le terrain et mauvaise au laboratoire. Le décorticage manuel plus poussé pour la variété Sariasio 10 (73% de rendement au décorticage) et trop faible pour la variété G 1481 (91%) peut très bien expliquer de tels résultats.

Conclusion

La diversité agromorphologique est assez faible parmi les écotypes guinea tan étudiés. La variété G 1636 est tout de même très différente des écotypes originaires de la région Centre; elle est sans doute plus adaptée à la région Ouest.



Cependant, il existe une diversité assez importante parmi les lignées sélectionnées liée à leur origine génétique, pour les caractères morphologiques et certains caractères agronomiques (durée du cycle et photopériodique) et certaines composantes du rendement comme le poids de 1000 grains.

La plupart des écotypes guinea tan et certaines lignées sélectionnées ont montré dans cet essai de Saria une productivité équivalente à celle de Sariaso 9 et Sariaso 10, même si ce dernier a un potentiel plus élevé. Cela confirme d'autres résultats obtenus au cours des trois dernières années. Seule la variété CG 34/4-3-2 paraît trop limitée par ce rendement par rapport à Sariaso 9 pour être proposée à la vulgarisation.

Parallèlement, les résultats des analyses physico-chimiques et technologiques montrent que les variétés bonnes pour le tô sont les variétés à grains très durs ou durs qui sont à la fois aptes au décorticage et qui possèdent une teneur en amylose supérieure à 24 (% ms). Ces résultats de laboratoire restent en accord avec les résultats du terrain, c'est-à-dire que les variétés faiblement aptes au décorticage de laboratoire le sont également avec le décortiqueur de terrain (décortiqueur mécanique) et les variétés bonnes pour le tô au laboratoire sont également bonnes sur le terrain. Une poursuite des essais d'utilisations de ces variétés de grains pour la fabrication des aliments de complément, des semoules, des biscuits est envisagée et permettra sans doute d'identifier les variétés qui se prêtent au mieux à ces type de transformations dites secondaires. Par ailleurs des relations entre caractéristiques physico-chimiques et technologiques permettront de comprendre les bases de la qualité de ces produits.

Références

Bello, A. B., Rooney, L. D. et Waniska, R-D. 1990. Factors affecting quality of sorghum tô, a thick porridge. *Cereal Chem.* 67 (1): 20-25.

Bore, Assa, Kante. 1989. Les facteurs qui affectent la qualité de la bouillie épaisse ou tô de sorgho. Session d'échange de l'ACCT: Technologie de transformations des produits alimentaires de base en Afrique.

Chantereau, J. et Nicou, R. 1991. Les sorghos: Le technicien d'agriculture tropicale, N° 18.G-P. Maisonneuve et Larose et ACCT.

Chantereau, J., Luce, C., Ag Hamada, M. et Trouche, G. 1997. L'utilisation des sorghos guinéa en sélection dans le programme conjoint sur le sorgho ICRISAT-CIRAD. Présenté à l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho ICRISAT-CIRAD, 17-20 mars 1997, Bamako, Mali.

Da, S. 1994. Valorisation des guinéa dans un programme de création variétale pour la zone nord-guinéenne. Communication présentée à l'atelier de formation sur les variétés locales de sorgho ICRISAT-CIRAD, 10-14 octobre 1994, Samanko, Mali.

Diarra, S. B. 1990. Influence des caractéristiques physico-chimiques du sorgho sur la texture du tô. Rapport de stage, Laboratoire de Technologie des Céréales du CIRAD-CA, Montpellier.



- Faure, J.** 1992. Pâtes alimentaires à base de sorgho et de maïs et produits extrudés. *In* Utilization of sorghum and millets (Gomez, M.I., House, L.R., Rooney, L.W., et Dendy, D.A.V., éd.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, Inde: ICRISAT.
- Fliedel, G., Grenet, C., Gontard, N. et Pons B.** 1989. Dureté, caractéristiques physico-chimiques et aptitude au décorticage des grains de sorgho. Montpellier, France: Laboratoire de technologie des céréales, IRAT-CIRAD.
- Fliedel, G.** 1994. Evaluation de la qualité du sorgho pour la fabrication du tô. *Agriculture et développement* 4: 12-21.
- Fliedel, G.** 1996. Caractérisation et valorisation du sorgho. Le grain et sa transformation pour l'alimentation humaine. Montpellier, France: Laboratoire de technologie des céréales, IRAT-CIRAD.
- Haidara, M.** 1994. Transformation technologique du sorgho au Mali et acceptabilité des variétés en milieu paysan. Communication présentée à l'atelier de formation sur les variétés locales de sorgho ICRISAT-CIRAD, 10-14 octobre 1994, Samanko, Mali.
- Journal officiel des Communautés Européennes.** 1984. Méthode de référence pour le dosage des tanins n° L 197/19 du 24 juillet.
- Mestres, C., Matencio, F., Pons, B., Yajid, M. et Fliedel, G.** 1996. A rapid method for the determination of amylose content by using differential scanning calorimetry. *Starch/starke*. 48 (1): 2-6.
- Sapin, P.** 1983. Le sorgho et son amélioration. Collection Mémoires et travaux de l'IRAT/CIRAD.
- Sereme, A., Kouda, B., et Nacro, M.** 1994. Tannins in utilisation of sorghum grain in Burkina Faso. Pages 331-334 *in* Plant Foods for Human Nutrition 46. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Songre, L.** 1997. Mise au point d'une méthode d'évaluation de la consistance de l'ugali de sorgho. Comparaison avec la méthode du tô. Mémoire d'ingénieur, Laboratoire de Technologie des Céréales du CIRAD-CA, Montpellier, France.
- Vaksmann, M., Traore, S. B. et Niangado, O.** 1996. Le photopériodisme des sorghos africains. *Agriculture et Développement* 9: 13-18.
- Zongo, J.D.** 1991. Ressources génétiques des sorghos (*Sorghum bicolor* L. Moench) du Burkina Faso: évaluation agromorphologique et génétique. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire.



Tableau 1. Nature génétique et origine des variétés évaluées.

Variétés	Nature génétique	Origine
Variétés guinea tan		
Nomgomsoba	Ecotype amélioré	Burkina Faso (Kombissiri)
Fibmega	Ecotype	Burkina Faso (Fara Poura)
Kaapêlga	Ecotype	Burkina Faso (Manga)
G 1636 (HVS 17)	Ecotype	Burkina Faso (Pissila)
G 1481 (IS 14 379)	Ecotype	Zimbabwe
Nazongala tan	Lignée sélectionnée	Mutation au sein de Nazongala
CEF 395/9-2-3	Lignée sélectionnée	Lignée tirée du croisement L11'Sepon 82
CG 27/7-1	Lignée sélectionnée	Lignée tirée du croisement L11'54-14
CG 34/4-3-2	Lignée sélectionnée	Lignée tirée du croisement 87-31'53-49
Cauma 20-20	Lignée sélectionnée	Lignée tirée du croisement 69-20'IS 2807
Variétés témoins		
Sariaso 10	Lignée sélectionnée <i>caudatum tan</i>	Lignée tirée du croisement 193-2'IRAT 10
Sariaso 9	Ecotype amélioré guinea <i>anthocyanée</i>	Burkina Faso (Kombissiri)



Tableau 2. Caractéristiques morphologiques des dix variétés guinea tan étudiées en 1998 et des deux variétés témoins ‡ Saria.

Variétés	Hauteur tige (cm)	Diamètre basal de la tige principale (cm)	Tallage basal utile	Longueur de la panicule (cm)	Diamètre maximum de la panicule (cm)	Nombre d'étages de ramifications primaires
Nongomsoba	298a ¹	1,5bc	0,8bc	43b	8,8bc	13ab
Fibmega	312a	1,4c	0,7bc	43b	9,2bc	9cd
Kaapelga	288a	1,3c	0,6bc	41b	8,4c	15a
G 1636	279a	1,8a	0,2c	35c	9,5bc	9cd
G 1481	275a	1,2c	1,6a	42b	10,5ab	10c
Nazongala tan	309a	1,4c	0,7bc	45ab	9,2bc	14ab
CEF 395/9-2-3	211b	1,8a	0,5bc	36c	9,6bc	9cd
CG 27/7-1	205b	1,4c	0,9bc	28d	9,8abc	12b
CG 34/4-3-2	281a	1,5bc	1,2ab	37c	9,3bc	13ab
Cauma 20-20	227b	1,5bc	0,6bc	28d	11,2a	8d
Sariaso 10	188b	1,7ab	0,3c	23 e	8,5c	8d
Sariaso 9	302a	1,5bc	0,9bc	47 a	9,2bc	14ab
Moyenne	265	1,5	0,7	37	9,4	11
F variété	HS	HS	HS	HS	HS	HS
CV (%)	6,7	7,5	33,6	4	7	8,1
ETR (ddl=22)	18	1,1	0,25	1,5	0,7	1

1. Test de comparaison des moyennes de Newman et Keuls†: les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de risque alpha = 5%



Tableau 3. Caractéristiques agronomiques des dix variétés guinea tan étudiées en 1998 et des deux variétés témoins ‡ Saria.

Variétés	Durée du cycle semis floraison (jours)	Poids de grains par plante (g)	Poids de grains par panicule	Nombre de grains par panicule	Poids de 1000 grains (g)	Rendement grain (kg ha ⁻¹)
Nongomsoba	71b ¹	65	35a	1573bc	22,3ab	1899
Fibmega	69bc	67	41a	1618bc	25,1a	1867
KaapÍlga	66c	53	35a	1629bc	21,5b	1547
G 1636	79a	53	41a	1643bc	24,7ab	1466
G 1481	69bc	79	33a	1797b	18,6c	2396
Nazongala tan	72b	57	34a	1542bc	22,2ab	1627
CEF 395/9-2-3	78a	44	33a	1996b	16,5c	1226
CG 27/7-1	69bc	64	32a	1845b	17,4c	1859
CG 34/4-3-2	76a	36	20b	1173c	17,0c	1050
Cauma 20-20	72b	55	35a	1873b	18,5c	1474
Sariasio 10	78a	61	45a	2395a	18,9c	1771
Sariasio 9	71b	64	37a	1645bc	22,6ab	1859
Moyenne	72	58	35	1728	20,4	1670
F variété	HS	NS	HS	HS	HS	NS
CV (%)	2,1	25,1	15,5	12,3	6,5	29,7
ETR (ddl=22)	1,5	14,6	5,4	213	1,3	496

(1) Test de comparaison des moyennes de Newman et Keuls: les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de risque alpha = 5%

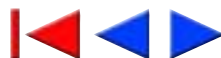


Tableau 4. Caractéristiques physiques des grains.

Variétés	PSI ¹	Vitrosité ²	Rendement au décortiquage en laboratoire à 5 mn ¹ (%)	Couleur du grain ¹
Nongomsoba	16,0	3,2	85,6	Blanc
Fibmega	11,7	2,5	85,8	Blanc mat peu tâché
Kaapêlga	10,3	2,3	91,3	Blanc
G 1636	17,8	3,3	69,5	Blanc jaunâtre
G 1481	11,2	2,8	90,6	Blanc
Nazongala tan	16,5	3,2	81,7	Blanc tâché
CEF 395/9-2-3	13,5	2,7	84,3	Blanc
CG 27/7-1	13,2	2,8	86,3	Blanc
CG 34/4-3-2	15,4	1,7	84,1	Blanc
Cauma 20-20	13,4	2,8	81,1	Blanc mat
Sariasio 10	15,4	3,5	81,6	Blanc jaunâtre
Sariasio 9	14,5	3	89,1	Blanc tâché

1. Analyse effectuée au CIRAD-CA, Equipe Qualité des Produits, Montpellier.

2. Analyse effectuée à l'INERA, Ouagadougou.

Tableau 5. Caractéristiques biochimiques des grains.¹

Variétés	Protéines (%ms)	Cendres (%ms)	Tanins (%ms)
Nongomsoba	10,2	1,6	0,32
Fibmega	10,2	1,5	0,21
Kaapêlga	10,9	1,4	0,31
G 1636	12,5	1,6	0,26
G 1481	10,4	1,4	0,31
Nazongala tan	10,2	1,5	0,30
CEF 395/9-2-3	10,7	1,5	0,17
CG 27/7-1	10,3	1,4	0,11
CG 34/4-3-2	12,2	1,5	0,32
Cauma 20-20	11,4	1,5	0,41
Sariasio 10	10,3	1,5	0,37
Sariasio 9	10,2	1,5	0,09

1. Analyse effectuée à l'IRSAT, Département DTA, Ouagadougou.



Tableau 6. Classification des variétés selon leur teneur en tanins et selon leurs possibilités d'utilisations.

Variétés	Groupes de teneur en tanins	Utilisations
CEF 395/9-2-3 CG 27/7-1 Sariaso 9	Groupe 1 (< 0,2 %)	Tô, Zoom-Koom, Couscous, Bouillie
Nongomsoba Fibmega Kaapêlga G 1636 G 1481 Nazongala tan CG 34/4-3-2 Sariaso 10	Groupe 2 (> 0,2 % et <0,4 %)	Tô, Zoom-Koom, Couscous, Bouillie
Cauma 20-20	Groupe 3 (> 0,4 %)	Dolo

Groupe 1 : variété à faible teneur en tanins (teneur en tanins < 0,2 % (ms))

Groupe 2 : variété à teneur moyenne en tanins (teneur > 0,2 % et < 0,4 % (ms))

Groupe 3 : variété à forte teneur en tanins (> 0,4 % (ms))

Tableau 7. Aptitude au décortiquage mécanique des grains.¹

Variétés	Rendement au décortiquage (%)	Appréciation du décortiquage	Etat des grains après décortiquage
Nongomsoba	80,2	Assez bon	Présence de grains brisés
Fibmega	83,42	Très bon	Grains intacts
Kaapêlga	81,4	Bon	Grains intacts
G 1636	57,1	Assez bon	Beaucoup de brisures
G 1481	83,7	Assez bon	Grains intacts mais d'aspect jaunâtre
Nazongala tan	81,4	Bon	Grains intacts mais d'aspect jaunâtre
CEF 395/9-2-3	69,7	Passable	Présence de grains brisés
CG 27/7-1	87,4	Mauvais	Grains intacts
CG 34/4-3-2	66,8	Bon	Beaucoup de brisures
Cauma 20-20	76	Bon	Présence de grains brisés
Sariaso 10	61,1	Passable	Beaucoup de brisures
Sariaso 9	86,8	Passable	Grains intacts

1. Essai effectuée dans une petite entreprise à Ouagadougou.



Tableau 8. Caractéristiques biochimiques des farines.¹

Variétés	Amylose (% ms)	Solubilité amidon (mg/ml)	Cendres (% ms)	Protéines (% ms)
Nongomsoba	25,8	29,5	0,8	10,8
Fibmega	26,2	29,2	0,8	11,0
Kaapêlga	26,5	28,2	0,7	11,2
G 1636	22,4	20,5	1,1	13,9
G 1481	25,8	30,3	0,5	10,3
Nazongala tan	25,7	30,3	0,8	10,5
CEF 395/9-2-3	24,2	24,5	0,9	11,3
CG 27/7-1	25,6	28,4	0,8	10,3
CG 34/4-3-2	25,0	27,1	0,8	12,5
Cauma 20-20	25,6	29,1	0,8	12,4
Sariaso 10	22,7	17,4	1,1	11,4
Sariaso 9	25,6	29,6	0,7	11,01

1. Analyse effectuée au CIRAD-CA, Equipe Qualité des Produits, Montpellier.

Tableau 9. Résultats sur les tests de fermeté du tô.¹

Variétés	Fermeté du tô préparé au laboratoire (N)
Nongomsoba	21,05
Fibmega	20,40
Kaapêlga	22,50
G 1636	9,06
G 1481	19,03
Nazongala tan	21,05
CEF 395/9-2-3	15,83
CG 27/7-1	19,34
CG 34/4-3-2	20,82
Cauma 20-20	15,60
Sariaso 10	7,81
Sariaso 9	20,25

1. Analyse effectuée au CIRAD-CA, Equipe Qualité des Produits, Montpellier.



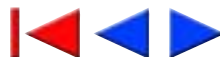
Tableau 10. Résultats du test de dégustation du tũ † Saria (Février 1999).

VariÉtÈs	Rendement d'Écorticage manuel (%)	Aptitude au d'Écorticage manuel	Note d'apprÉ-ciation de la consistance du tũ Couleur du tũ	Note d'apprÉ-ciation de la consistance du tũ en au toucher ¹	Bouche ¹	Note d'apprÉ-ciation de conservation du tũ aprÈs 24 h ¹	Note globale d'apprÉ-ciation de la qualitÈ du tũ ²
CG 34/4-3-2	88	Facile	Blanc	2,89	2,83	3	2,90
Nazongala tan	83	Facile	Blanc crÈme	2,83	2,89	3	2,90
Sariato 9	83	Facile	Rose	2,72	2,67	3	2,74
CEF 395/9-2-3	79	Difficile	Blanc crÈme	2,78	2,61	3	2,73
Sariato 10	73	Difficile	Blanc	2,56	2,44	3	2,70
Nongomsoba	75	Facile	Blanc crÈme	2,50	2,56	3	2,60
CG 27/7-1	83	Facile	Gris	2,44	2,40	3	2,52
G 1481	91	facile	Rose foncÈ	1,89	1,89	1	1,65

1. Note d'apprÉ-ciation des critÈres d'Éfinissant la qualitÈ du tũ selon une Échelle de 1 † 3 o^r

1 = mauvais†; 2 = passable†; 3 = bon

2. Note globale de la qualitÈ du tũ = moyenne pondÈrÈe des notes attribuÈes pour chacun des 5 critÈres en appliquant un coefficient 1 aux critÈres de couleur, consistance au toucher et go^t et un coefficient 2 aux critÈres consistance en bouche et conservation aprÈs 24 heures.



Development of Tan/White Sorghum Cultivars in West and Central Africa

Aboubacar Touré¹ and Issoufou Kapran²

Abstract

Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), is a staple commodity for millions of people in Africa and Asia. It is the fifth most widely produced crop in the world. In the developed countries, the traditional end-use for grain sorghum has been almost exclusively in animal feeding, and very little of the grain was ever used for food or industrial purposes. However, breeding programs have focused on developing new type of cultivars or hybrids, which will produce superior quality whole grain flour. Today, there is considerable interest worldwide in the development of higher quality grain in sorghum. Efforts to improve tan plant sorghums have increased since specific markets were identified and food grade sorghums were sold to those markets at premium prices. Plant color and grain color are the two most important traits that impact the grain quality of sorghum. Both of these traits are simply inherited and can be modified very easily using traditional breeding techniques. There are many other traits that affect grain quality besides plant color and grain color. All of these traits must be present for hybrids to produce high quality grain. The development of a new tan plant straw glume sorghum which possesses excellent guinea traits and yield potential provides an opportunity to develop new food and industrial products, which could enhance demand and stabilize prices. This paper presents an overview of sorghum traits that provide an excellent example of improving grain quality using very simple genetic methods.

Introduction

Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), the fifth most widely produced crop in the world, is the traditional cereal crop for millions of people in West Africa. In this area it represents about 37% of the total food grain production. In 1996, total grain production was 10 544 000 tons for a harvested acreage of 11 678 000 ha, about 90% of which was accounted for by Nigeria, Mali, Burkina Faso, and Niger (FAO 1997). Sorghum is used in the preparation of several national diets and in the making of local beers. Yields are generally low and vary between 200 and 900 kg ha⁻¹.

Some of the general characteristics of grain sorghum are presented in Table1. Sorghum starch is 70-80% amylopectin and 30-20% amylose. Waxy endosperm sorghums have 100% amylopectin. Sorghum is high in fiber. The ash fraction is rich in phosphorus and potassium and low in calcium and sodium. The grain is rich in the soluble fat and B-vitamins. Unlike wheat, there is no gluten in the sorghum grain (Miller 1997).

1. Institut d'économie rurale (IER), BP 438 Bamako, Mali, West Africa.

2. Institut national de recherches agronomiques du Niger (INRAN), BP 429 Niamey, Niger, West Africa.



Sorghum grits, meals, and flour can be used to produce a wide array of baked goods when mixed with wheat flour. Sorghum can be puffed, popped, shredded, and flaked to produce ready-to-eat breakfast cereals. Extrusion of sorghum produces acceptable snacks, cereals, and pre-cooked cereals.

Breeding programs should focus on developing new type of cultivars or hybrids that will produce superior quality whole grain flour. Today, there has been considerable interest worldwide in the development of higher quality grain in sorghum. Efforts to improve tan plant sorghums have increased since specific markets were identified and food grade sorghums were sold to those markets at premium prices.

Most Important Traits that Affect Sorghum Grain Quality

Food-quality and feed-quality sorghums differ for numerous phenotypic traits, but plant color and grain color are the two most important traits that impact the grain quality of sorghum. Both of these traits are simply inherited and can be modified very easily using traditional breeding techniques.

Of the two traits, plant color is the most critical trait in determining grain quality. Plant color refers to the necrotic plant color that the vegetative tissues express in the absence of chlorophyll. The sorghum plant produces an array of pigments (anthocyanins etc.,) that color the seeds, roots, stem, leaves, panicle branches, glumes, and pollen. Two genes designated P and Q (Rooney and Miller 1982) control plant color in sorghum. Depending on the interaction of alleles at these loci, the three plant colors observed in sorghum are tan, red or purple (Table 2). The red color appears to be luteolinidin and white or colorless is luteoforol (Miller 1997). Tan plants are very light colored because they do not produce any pigments, while red and purple plants produce darker plants because of the presence of specific pigments in the vegetative tissues.

Sorghum plant color strongly affects the color of the glumes. Glumes are the maternal plant tissues in the panicle that holds the developing caryopses after pollination. While glume color is not completely controlled by the same genes that control plant color, plant color dictates the range of color that may be observed in the glumes. For example, purple-plant genotypes generally have purple glumes, while tan-plant genotypes generally have light glumes.

Glume color plays a critical role in determining grain quality because the pigments in dark glumes are often leached by rainfall from the glumes into the mature seed. These pigments not only leach into the pericarp of the seed, but they stain the endosperm as well. This staining on the pericarp produces undesirable splotching and colors on the whole grain, and if the staining penetrates the endosperm, any flour milled from this grain is off-color and has unacceptable quality. Staining occurs on both red and white grained genotypes and is a function of plant and glume color. Therefore, red and purple plants have staining problems, while tan plants do not. The absence of plant pigment eliminates the problem of staining on the seed.



Grain color is also an important trait that affects grain quality in sorghum. The color of the pericarp determines the color of the seed. Pericarp color in sorghum is controlled by two genes, designated R and Y (Rooney and Miller 1982). Interactions between these two genes produces three pericarp colors in sorghum: red, yellow and white (Table 3). An array of different genetic loci modify grain color and appearance (Rooney and Miller 1982). Plant color and seed color are controlled by different gene so it is relatively simple to identify genotypes with white grain-tan plant, red grain-tan plant, white grain-red plant, red grain-red plant, white grain-purple plant, and red grain-purple plant.

Limitations of the First Sorghum Hybrids and Improved Cultivars in the West and Central Africa Region

The early experimental progenies and hybrids showed poor grain quality (low yield of decorticated grain, black specks, and poor flour color). The resulting tô (traditional food) had unacceptable texture, color, and keeping properties. Early hybrid evaluations involved only a limited number of closely related hybrids and, quite often, unadapted male sterile genotypes were used as the female parents of the hybrids. Quite often the male parents were lines derived from variety development programs that did not specifically target hybrids.

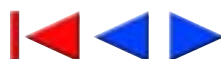
Constraints to adoption of the first hybrids and cultivars included lodging, severe leaf diseases, head bugs damage, grain mold, *Striga*, and poor adaptation to soil stresses and poor grain quality. Guinea varieties were able to produce vitreous grain under post-anthesis drought stress while under identical conditions, exotic-based materials had poor grain filling. The grain of local guineas gave higher decortication yields and superior storage quality compared to the early exotic hybrids. The expression of superior hybrid yield potential was often limited in higher productivity conditions by lodging, and elsewhere by head bug damage.

The photoperiod insensitivity of these hybrids also represented a disadvantage for the prevalent farming systems. The photoperiod sensitivity possessed by most local varieties helps to modify the time of flowering such that grain maturity occurs under dry conditions after termination of the rains (Touré et al. 1998).

Improvement of Grain Quality in Sorghum

Plant breeders should consider yield in terms of useful quantities of food produced per unit of land (Rooney et al. 1996). Breeding for yield without regard for quality is a mistake. Farmers in the semi-arid tropics have not planted improved sorghum varieties because they are susceptible to weathering and head bugs and have unacceptable processing and food properties (Rooney et al. 1996). Sorghum breeders must recognize that food quality in many areas is critically important and is an essential part of the grain yield.

Breeding programs work to introgress many important traits such as grain quality, drought resistance, disease resistance, and insect resistance into elite material. All of this material is then used to breed for more elite genotypes that may be used as parents for



hybrids or as cultivars themselves, depending on the breeding objective. In West Africa, a major priority should be to develop improved local varieties or hybrids that are resistant to molds, weathering, soil stresses, and head bugs and have photoperiod sensitivity and good food quality.

When combining plant and grain color together, the best food quality genotypes are those with tan plant color. The dark pigmented genotypes have been unacceptable for feed and food products because of dark glumes in the harvested grains that cause specking problems during processing and staining of the endosperm. Tan plant genotypes do not have either problem. Therefore, grain color is important only if the plant color is tan (Rooney 1997). White grain and tan plant genotypes are better for food quality products because they mill without any possibility of color contaminating the flour during decortication. However, some red grain and tan plant genotypes have very suitable grain quality and can be used in food products if the grain is decorticated effectively. It is important to note that not all white grain and tan plants will have acceptable food quality and grain quality traits. There are many other traits that affect grain quality besides plant color and grain color. All of these traits must be present for hybrids to produce high quality grain.

Mainly kernel size, shape, density, hardness, structure, presence of a pigmented testa, pericarp thickness, and color determine the milling quality of sorghum. Plants breeders can use grain hardness, density, and ease of pericarp removal for early generation selection for sorghum quality. Then laboratory milling and cooking tests can be conducted in advanced generations followed by large-scale processing and cooking trials for advanced breeding materials

Mold and head bugs in the rainy season cause physical, chemical and structural changes in sorghum that significantly affect also the food and nutritional quality of sorghum. They cause staining and significantly reduce the milling value of the grain. The development of tan photoperiod-sensitive cultivar with loose panicle, straw glume color, and head bug resistance will help to avoid the mold-head bugs problem. Tan sorghum with improved grain quality with better processes will generate acceptable end-use products that can be competitive with imported grain. The hybrids should also have adequate production stability vis-a-vis resistance to insect pests, e.g., head bug, resistance to disease, e.g., anthracnose, grain mold, and ability to regulate date of maturity (through photoperiod sensibility or controlled date of sowing).

Grain quality and food quality were found to be important for human food. Breeding programs should emphasize the development of tan hybrids for human food uses because it was recognized that the red grain color was not as acceptable as white. The strategy will be to create an economic value of F_1 hybrids for market or subsistence. Thus, hybrids should have some grain yield superiority over local varieties, good quality of grain for milling and storage properties, and for food preparation. The quality of sorghum can be significantly improved by the development of white-seeded, tan, photoperiod-sensitive cultivars with straw glume color, which can be processed into acceptable food products that can be marketed successfully.

It is possible to reduce effects of molds, insects, and weathering on grain quality in many producing areas by the production of white, tan plant sorghum with straw-colored glumes. This is critically important in West Africa, where head bugs and molds have significantly



devastated the new improved types. Sorghum selected with specific characteristics, such as white pericarp, round seed, intermediate to hard endosperm, colorless (tan) plant color, colorless (straw) color glumes, normal or waxy endosperm, white or yellow endosperm will produce superior sorghum products for human food consumption

Therefore, head bug resistance, grain mold/weathering resistance, and proper maturity are essential. In humid zone, late maturing, photoperiod-sensitive sorghums are needed to assure grain maturity after the rainy season. In the drier areas, where drought stress is severe, earlier, less photosensitive material can be used, and drought-tolerant sorghums generally perform well.

Breeding Procedures

Breeding procedures to develop both varieties and parents of hybrids have much in common. Pedigree breeding has been the most common technique. Crosses of exotic x exotic parents; exotic x locals crosses and local x local crosses have generally been used. Backcrossing has been used to transfer and develop new A-lines.

Important contribution to increasing yield can be made from the incorporation of resistance traits. Some sources of traits are more difficult to use than others. The guineas have been difficult to improve. The difference between variety development and hybrid development occurs when promising cultivars are identified. In hybrid development, test-crossing to evaluate parents in hybrid performance is very important to be sure that the hybrid will have the desired traits. The important consideration is the phenotype of the hybrid, so this must be kept in mind in selecting parents. In variety development, segregant families of crosses should be subjected to several cycles of selection in multiple environments in subsequent years. Exposing these families to different biotic and abiotic stresses will result in an ideal selection pressure to select a new type of sorghum with desired traits (yield, adaptation, grain quality, photosensitivity).

The utilization of populations can be another effective approach. Seeds of promising plants in populations can be sown as head rows for selection and crossed with existing good breeding stock for further selection. The most common method for transferring traits is backcrossing. The technique is most effective for simply inherited traits, but with quantitative traits, one or two backcrosses are possible; then new parents are selected by pedigree breeding.

The Mali Experience

In Mali white-seeded, tan-plant guinea-type breeding lines have been developed from the direct cross of guinea with Zerazera, Malisor 84-7, and Sureno. Progenies showed loose panicle and a large number of seeds per panicle. They also had long glumes and vitreous grain. Inadequate seed number was one of the drawbacks of some of our earlier experimental progeny like 83-SB-474, which had excellent traits except for seed number per panicle (Touré al.1998).

N'Ténimissa, a new tan plant straw glume color sorghum, possesses excellent guinea traits and yield potential (Table 4). It has a white endosperm and a thin pericarp. N'ténimissa



could be useful in processing because it has a white, tan plant that has some photoperiod sensitivity, which means it matures near the end of the rainy season. These white, tan plant sorghum lines produce excellent flour which can be used for bread and biscuits (Table 5). The new tan plant, guinea-type breeding materials provide an opportunity to develop new food and industrial products, which could enhance demand and stabilize prices.

The Niger Experience

The approach of pedigree breeding has been favored since the 60s. Work of the French institute IRAT resulted in the development of improved variety L-30 from a cross between introduced line 137-62 and local cultivar Janjare. Despite its high yield potential, L-30 was abandoned by farmers soon after its release because of food quality problems (especially poor keeping quality). Taking this as a lesson, food quality became an important criterion of selection when the Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN), was created in 1975.

The most successful open-pollinated varieties are SEPON-82 and 90 SN-7, selected from exotic crosses containing SEPON germplasm in the pedigree (Sorghum Elite Progeny Observation Nursery). Both have tan plant color and white grain, but are of different maturities (short duration: 90 SN-7; medium duration: SEPON-82). The two varieties have been tested in Niger as well as in regional trials where they expressed high yield potential. SEPON-82 has been released to extension since the early 1990s; it produces white flour and in tests conducted across sorghum growing areas of Niger it was found highly suitable for tuwo (thick porridge) preparation. Variety 90 SN-7 ranked number 1 in ROCARS trials during 1997, and is in pre-extension trials in Niger.

Experimental hybrids were made using local varieties as well as exotic lines as pollinators on seed parents provided by INTSORMIL or ICRISAT. Although well adapted to the environment, most landraces were poor parents in that their hybrids expressed little heterosis for yield and/or tend to lodge. Nevertheless, a systematic study of heterosis was convincing as to the superiority of hybrids over open-pollinated varieties under the harsh growing conditions of Niger. An experiment involving 90 hybrids, their parents, and local controls was reported by Kapran (1988). Hybrids were earlier maturing, taller, and higher yielding than their parents (Table 6). When the 67% hybrid superiority for grain yield was split into irrigated and rainfed potential, it was found that relative heterosis is higher in rainfed environments (66%); this indicates that hybrid advantage was not limited to ideal situations. In comparison with local controls, hybrids were also significantly earlier maturing and higher yielding by a margin of 65% (Table 7). Again this yield superiority was observed both under irrigated (61%) and rainfed conditions (49%). These results set the pace for further evaluation of sorghum hybrids in Niger and led to the identification and release of NAD-1, a medium-maturing, white-seeded hybrid with a yield potential of 3 tons ha⁻¹ (Axtell et al. 1997). In tuwo preparation tests across sorghum producing areas of Niger, NAD-1 was rated as being at least as acceptable as the local variety.

In general the potential impact of improved sorghum varieties has been consistently demonstrated in Niger. The importance of food quality parameters and grain/flour color is emphasized and should be further studied especially in light of the need for value-added



sorghums. Tan plant color is an advantage as can be seen in comparing flour of SEPON82 (tan) and NAD-1 (red) under certain environments, however other important physicochemical factors must be considered, including mold resistance, grain hardness, waxy/nonwaxy endosperm.

Conclusion

Greater utilization of sorghum can occur through use of improved varieties and hybrids, improved technologies, and government policy changes that promote indigenous cereal. The future of sorghum relies on the development of new end uses for sorghum. The grain quality of sorghum must be improved in all sorghum hybrids to meet the needs of future sorghum users. The development and use of white grain with tan plant hybrids provide an excellent example of improving grain quality using very simple genetic methods. Additional research and improvement in tan hybrids are needed to provide all of the sorghum-growing regions with improved grain quality.

References

Axtell, J.D., Kapran, I., Ibrahim, Y., Ejeta, G., House, L., Maunde, B., and Andrews, D. 1997. Heterosis in sorghum and pearl millet. The genetics and exploitation of heterosis in crops. Paper presented in an International Symposium, CIMMYT, Mexico D.F, Mexico.

Kapran, I. 1988. Evaluation of the agronomic performance and food quality characteristics of experimental sorghum hybrids in Niger, West Africa. MS thesis. USA: Purdue University.

Miller, R.F. 1997. Value added market potentials of white food grade sorghum. Paper presented at the Workshop on Grain Sorghum for the 21st Century: Working Together as an Industry, 19-20 November 1997, Corpus Christi, Texas, USA.

Rooney, L.W. and Miller, F.L. 1982. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. Pages 143-162 *in* the proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality, 28-31 October 1981, ICRISAT, Patancheru, India. Patancheru, India: ICRISAT.

Rooney, L.W., Waniska, R.D., and Subramanian. R. 1996. Overcoming constraints to utilization of sorghum and millet. Paper presented at the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet, 23-27 September 1996, Lubbock, Texas, USA.

Rooney L. W. 1997. Potential and progress in the development of improved quality sorghums. Paper presented at the Workshop on Grain Sorghum for the 21st Century: Working Together as an Industry, 19-20 November, 1997, Corpus Christi, Texas.

Touré A., Traoré, K. Bengaly, A., Scheuring, J.F., Rosenow, D.T., and Rooney, L.W. 1998. The potential of local cultivars in sorghum improvement in Mali. *African Crop Science Journal* Vol. 6 (1): 1-7 pp.



Table1. Some of the general characteristics of sorghum grain.

Characteristics	Content
1000-kernel weight	29-32g
Starch content	74-75%
Protein content	9-11%
Oil content	3.5%
Crude fiber	2-3%
Ash	2%

Source: Miller 1997.

Table 2. Genotype and phenotype associated with plant color in sorghum.

Plant Color	Genotype
Tan	ppqq
Red	P-qq
Purple	P-Q-

Source: Rooney and Miller 1982.

Table 3. Genotype and phenotype associated with grain color in sorghum.

Pericarp Color	Genotype
Red	R-Y-
Lemon yellow	rrY-
White	rryy

Source: Rooney and Miller 1982.



Table 4. Parents and progeny means for grain yield and other traits measured at Sotuba in 1994 and 1995.

	Grain Yield (kg ha ⁻¹)	Seeds/ Panicle	1000 Seed Weight (g)	Days to 50% Flowering	Plant Height (m)
N'ténimissa	2440	2961	19.89	88	3.23
Bimbiri Soumalé x Malisor 84-7	1350	3504	11.95	92	1.62
CSM 388 x Malisor 84-7	1620	1971	16.84	86	2.66
Malisor 84-7 x TiJmarfing	950	1945	14.75	92	2.47
CSM 388 x Sureno	1080	3050	8.65	94	2.29
Bimbiri Soumalé	960	2112	20.85	104	4.43
Zerazera	1860	2894	12.53	67	1.06
CSM 388 ¹	2090	2923	21.03	92	3.87
Malisor 84-7 ¹	1250	3272	14.32	82	1.32
Tiémarfing ¹	1990	3050	20.79	84	3.88
Sureno	1460	3174	10.84	84	1.96
Mean	1550	2805	15.68	88	2.62
CV (%)	32.22	27.75	6.73	6.54	17.23
Significance	**	**	**	**	**
LSD	390	508.5	1.02	5.61	0.42

Source: Touré et al. (1998).

** significant at 0.01 level

1. Released cultivars

Table 5. Milling properties of sorghum varieties grown in Mali in 1996¹.

	N'ténimissa	Control (Local)	N'darila	Dususuma	89-SK-F4- 192-2PL
1000-kernel weight (g)	21.4	20.5	21.3	21.3	27.0
Decortication yields (3.0 min)%	86.0	85.0	75.0	82.0	72.0
Decortication yields (5.0 min)%	68.8	79.0	54.0	72.0	54.2
Vitrosity ²	2.8	3.1	3.0	3.1	3.4
Tô consistency ³	1.5	1.0	1.0	1.2	2.0
Tô color ⁴	1	1	1	1	1
Plant color	tan	purple	tan	tan	tan

Source Touré et al. (1998).

1. Data based on mean of four observations on grain grown at Yrimadio, Mali in 1996

2. 1-5 basis; 5 = soft, 1 = vitreous

3. 1-5 basis; 5 = soft, 1 = consistent

4. 1-5 basis; 5 = very poor, 1 = good, the color was acceptable from all the varieties after decortication.



Table 6. Mean performance of 90 experimental sorghum hybrids and their parents, and average heterosis for three agronomic traits in Niger, 1986-87

Trait	Mean for all		Heterosis		
	Parents	Hybrids	Overall	Irrigated	Rainfed
Maturity (days to 50% flowering)	67	65	-7	--	--
Plant height (cm)	123	155	+35	--	--
Grain yield (kg ha ⁻¹)	1297	1863	+67	+45	+66

Source: Kapran 1988.

Table 7. Average maturity and grain yield for 90 experimental sorghum hybrids and two controls in Niger, 1986-87.

Entry	Maturity	Overall Grain Yield		Grain Yield, Irrigated		Grain Yield, Rainfed	
	(50% flowering)	(kg ha ⁻¹)	(% controls)	(kg ha ⁻¹)	(% controls)	(kg ha ⁻¹)	(% controls)
Hybrids	65c	1863a	165	2582	161	1799	149
Controls	72ab	1129b	100	1605	100	1204	100

Source: Kapran (1988)



Valorisation des produits à base de sorgho au Tchad

Kagne Pombe¹

Introduction

Au Tchad, la culture du sorgho s'étend de la zone soudanienne à la zone sahélienne sur plus de 600 000 hectares pour une production moyenne de 380 000 tonnes, ce qui le place au premier rang au point de vue de la production céréalière.

Toute cette production sert à la fabrication de plats traditionnels et de boissons locales pour des millions de Tchadiens. Les principaux plats traditionnels sont la boule (ou pâte épaisse) et la bouillie tandis que les formes courantes de boissons sont la bili bili et le almé-tabache.

La gamme limitée des produits précités et leur caractère traditionnel tendent à rendre stagnant la demande en sorgho et n'incitent pas par conséquent, à l'accroissement de la production.

Dans le but de trouver de nouveaux débouchés au sorgho en tant que matière première, l'équipe de la Technologie Rurale de l'Institut tchadien de recherche agronomique pour le développement (ITRAD) s'est fixée les axes prioritaires suivants en matière de recherche:

- mettre au point un produit intermédiaire entre le soumbi traditionnel et le biscuit, et ce en rapport avec le style alimentaire des citadins (« prêt à consommer »)
- déterminer le taux maximum de la farine de sorgho à incorporer à la farine de blé pour produire des douédé mixtes ou nouille traditionnelle dans le contexte local
- générer d'autres produits nouveaux à base du sorgho: les biscuits, les fritures (essoua et tchin-tchin);
- stabiliser le kissar frais ou crêpe par voie de séchage
- pré-diffuser les résultats obtenus auprès des femmes ou hommes intéressés par la valorisation des produits alimentaires locaux à l'occasion d'une journée porte-ouverte.

Matériel et méthodes

Matériel

Le matériel de base se compose des trois variétés de sorgho suivantes:

- IRAT-204, fournie par la Station Semencière de Gassi;
- berbère rouge et berbère blanc, en provenance de Salamât (région sud-est du Tchad) et disponibles sur le marché local (voir caractéristiques de ces variétés au Tableau 1)

1. Institut tchadien de recherche agronomique pour le développement (ITRAD), BP 5400 N'Djamena, Tchad.



Méthodes

Produits de première transformation

Les opérations unitaires relatives à la production de l'ensemble de nos farines ont été menées selon le contexte local.

Celles de nettoyage, de vannage et de lavage ont été reprises plusieurs fois afin de débarrasser au maximum les grains des particules indésirables et des grains malsains. Le séchage des grains et farines a été réalisé par exposition au soleil direct. Le décortiquage et la mouture ont été l'oeuvre des décortiqueurs et moulins de quartier, d'où la qualité médiocre de la farine. Le tamis ordinaire, utilisé au demeurant, a été remplacé par un tamis confectionné au moyen d'une toile en nylon.

Produits de deuxième transformation

Le douédé

Vendu sur le marché à raison de 50 FCFA le sachet de 80 grammes, le douédé est une sorte de nouille locale produite surtout à base de la farine de blé importée et prête à l'emploi culinaire.

Dans le but de trouver des solutions à la hausse perpétuelle des prix de la farine importée, nous nous sommes proposés, en nous référant aux travaux de Miche (1978), de produire des douédé mixtes sorgho / blé avec la machine ordinaire à nouille, disponible sur le marché de la place.

La tenue des pâtes hydratées aux opérations unitaires et celle des douédé mixtes à la cuisson ont été les principaux paramètres pris en compte dans le choix des produits finis.

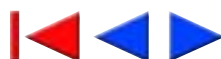
Le soubiam

Le soubiam est une spécialité propre aux Moundang (ethnie peuplant une partie de la région sud-ouest du Tchad et nord-est du Cameroun) obtenue par incorporation de la farine de sorgho cuit et fermenté à la pâte d'arachide, au sucre ou miel et éventuellement épicée. De longue durée de conservation (6 mois au moins), le produit un véritable coupe-faim consommé entre les principaux repas surtout pendant les moments précédant les durs travaux.

Sa teneur élevée en pâte d'arachide rend sa prise directe mal aisée, raison pour laquelle le soubiam est souvent délayé dans l'eau avant d'être consommé. Aussi, a-t-il été constaté que dans son processus traditionnel d'élaboration, le séchage des grains cuits et fermentés constitue la seule mesure prise pour réduire la biomasse microbienne.

Ainsi, pour contourner l'étape de délayage de ce produit et améliorer en même temps sa qualité sanitaire, la recherche a eu recours à la chaleur sèche pour mettre au point un produit intermédiaire, dénommé «soubiam» c'est à dire soubiam amélioré, entre le soubiam originel et le biscuit

Le Tableau 2 donne la gamme des produits finis élaborés avec les trois variétés de sorgho. La friabilité a été le seul paramètre apprécié dans le choix des produits finis. Notons que la pâte d'arachide est obtenue à partir des graines torréfiées au point d'être franchement dorée avant le broyage.



Le kissar

Le kissar est une crêpe locale, généralement, préparée à base du mil, du riz ou du maïs, mélangé au blé et. beaucoup plus consommée dans le milieu musulman tchadien où elle accompagne une sauce de légumes à base de viande ou de poisson. Le produit, d'une saveur sucrée et acidulée, est vendu sur le marché à l'état frais ou séché à raison de 25 Frs cfa l'unité. Sa durée de conservation n'excède pas 48 h et les invendus sont généralement séchés ou immédiatement trempés dans l'eau pour être consommés sous forme de boisson. Notons que les formes séchées que l'on consomme généralement délayées dans de l'eau ou du lait ne subissent aucune forme de traitement visant à améliorer leur qualité sanitaire.

L'objectif recherché est d'élaborer des kissar à base du sorgho mélangé à une quantité marginale de blé pour améliorer sa tenue et de donner au produit fini une forme régulière et attrayante en emballage, la voie de stabilisation choisie étant le séchage solaire traditionnel.

Résultats et discussions

Le douédé

Le Tableau 3 présente les caractéristiques technologiques des « douédé » mixtes sorgho cru / blé observées au cours des opérations unitaires. Il en ressort que la tenue des pâtes mixtes hydratées s'affaiblit de plus en plus lorsque leur teneur en farine de sorgho augmente, ce qui se manifeste par un accroissement des pertes caractérisées par un effritement des brins et de la pâte hydratée au cours des opérations unitaires. La coloration des produits finis tire, quant à elle, du brunâtre au blanchâtre.

Ainsi, pour toutes les variétés de sorgho confondues et en se référant au comportement technologique du douédé blé pur, il nous a été possible d'adjoindre à la farine de blé 30% de la farine de sorgho cru sans affecter de façon significative la tenue des pâtes et des brins à toutes les opérations unitaires. Au-delà de ce taux, le manque de la tenue devient plus perceptible, surtout au cours du laminage et du tréfilage.

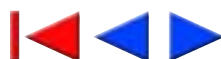
Aux taux d'incorporation inférieurs à 20%, la coloration brunâtre observée chez les témoins persiste sur les douédé mixtes. Celle-ci est totalement masquée par le sorgho au seuil d'incorporation de 40% et intermédiaire à 30%. En outre, l'augmentation de la teneur en farine composée en sorgho tend à enrichir la coloration des brins en points sombres, coloration due sans nul doute à la qualité médiocre de la farine de sorgho.

Par ailleurs, d'une variété de sorgho à une autre, les différences observées dans la tenue des pâtes mixtes au laminage et au tréfilage, ont été moins significatives car, au-delà du taux d'ajout de 30%, le contour irrégulier des pâtes laminées devient manifeste.

Les essais visant à améliorer la visco-élasticité des pâtes mixtes hydratées par l'emploi de la farine de sorgho cuit ont donné des résultats comparables à ceux obtenus uniquement avec de la farine de sorgho cru.

En effet, pour des taux d'incorporation de sorgho cuit supérieurs à 30% dans la farine composée, les mêmes phénomènes observés avec l'emploi de la farine de sorgho cru commencent à apparaître au cours du laminage et du tréfilage (Tableau 4).

Cependant quelques particularités ont été observées avec l'utilisation de la farine de berbère rouge cuit.



- à des taux d'incorporations inférieurs à 40%, la tenue des pâtes hydratées s'avère meilleure aux opérations unitaires.. Au delà de ce taux, la texture de celles-ci se révèle être plus collante et impossible à laminier;
- le volume apparent des mêmes pâtes diminue de plus en plus avec l'augmentation de leur teneur en farine de berbère rouge cuit (Tableau 5).

Test de cuisson des douédé mixtes

Il a pour objet d'apprécier l'aspect, la tenue et le poids des douédé mixtes après la cuisson par comparaison aux témoins. La méthodologie consiste à laisser cuire 50 g de chaque type de douédé mixtes pendant 6 mn environ dans 750 ml d'eau portée au préalable à ébullition. Le produit de cuisson est pesé après égouttage et refroidissement, son aspect et sa couleur comparés à ceux du douédé blé pur cuit dans les mêmes conditions.

Le Tableau 6 récapitule les résultats moyens obtenus sur les trois variétés de sorgho utilisées. Nous constatons que le poids des produits cuits croît linéairement avec l'augmentation de leur teneur en sorgho. Leur aspect et leur tenue à la cuisson commencent à s'altérer véritablement à concurrence de 50% de sorgho.

Le soubiam

Les premiers essais portant sur le soubiam n'ont montré aucun enjeu majeur s'agissant de la saveur, de la couleur et de la durée de conservation du produit. Néanmoins, sa texture s'est révélée plus friable compte tenu du fait que le mélange des ingrédients est réalisé sans ajout d'eau, raison pour laquelle l'essentiel de nos travaux s'est porté sur l'amélioration de la texture du produit fini.

Au regard des résultats (Tableau 7) obtenus, les soubiam des trois variétés de sorgho utilisées manifestent une faible friabilité lorsque leurs teneurs en farine de sorgho cuit et fermenté et en pâte d'arachide correspondent aux proportions respectives de 45: 35 ou 40 : 40 quoiqu'au toucher, quelques particules peuvent se détacher encore du produit. En dehors de ces taux, leur friabilité apparaît encore plus prononcée. En outre, il a été constaté que le soubiam de type III (45% de sorgho et de 35% d'arachide), quoique de faible friabilité, est plus difficile à élaborer en raison de la faible quantité d'arachide incorporée.

La particularité variétale constatée, porte essentiellement sur le berbère rouge car, comparativement aux autres variétés, la meilleure consistance et la meilleure coloration ont été obtenues avec celui-ci. Cela serait probablement lié à la couleur de son enveloppe et à la nature plus collante de son gel.

Le kissar

Les essais portant sur la mise au point du kissar à base du sorgho nous ont permis de définir sa formulation. Qu'il s'agisse de saveur, de couleur ou de texture, les produits élaborés avec chacune des trois variétés de sorgho s'apparentent tout à fait dans leur état frais ou séché aux témoins préparés habituellement à base du riz, du mil ou du maïs et vendus sur le marché.

Cependant, la stabilisation du kissar à base du sorgho par voie de séchage suivie du transfert de la technologie aux utilisateurs—objet de nos travaux—comporte certains



enjeux inhérents au produit fini lui-même qu'il faille lever par rapport à ses concurrents élaborés à base des céréales locales pré-citées.

En effet, le séchage confère au produit fini des formes irrégulières dont le conditionnement en sachets ne suscite aucun attrait particulier face à ses homologues existant déjà sur le marché. En plus, le kissar vendu à l'état séché constitue un sous produit (les invendus récupérés) du kissar frais en raison de sa faible durée de conservation.

En marge de ces principaux travaux, il nous a été donné en nous référant à Onabolu et Coll. (1998) de pouvoir substituer la farine du manioc par celle du sorgho dans la mise au point des produits nouveaux tels que les biscuits, 'oreillette' », 'chinchin' et 'essou'. La particularité tient, en outre, à la tendance de valoriser des produits locaux comme le beurre de vache fondu, la pâte d'arachide, etc. Leur qualité organoleptique et leur durée de conservation ne présentent pas d'insuffisances majeures à ce jour en dehors de la texture rigide du chinchin et d'essou qui nécessite d'être améliorée.

Conclusion

Dans le but de trouver de nouveaux débouchés au sorgho et de limiter en même temps la fuite des devises due à l'importation de la farine de blé, il nous a été possible de substituer au blé 30% de sorgho dans la mise au point des douédés mixtes avec la machine manuelle disponible sans altérer de façon significative la couleur, la tenue et l'aspect de ceux-ci après le séchage ou la cuisson. Ces résultats concluants, à notre avis, restent reproductibles avec chacune des trois variétés de sorgho utilisées, à savoir le berbère rouge, le berbère blanc et l'IRAT-204. L'option consistant à utiliser la farine de sorgho cuit n'a pas été du tout bénéfique en terme d'amélioration de la visco-élasticité de la pâte hydratée. Elle ne peut donc être retenue pour la suite de nos travaux car le faible rendement en farine des grains cuits et l'énergie indispensable à leur cuisson constituent des facteurs limitants.

Le soumbiam de type IV, c'est à dire composé de 40% de farine de sorgho cuit et fermenté, de 40% de pâte d'arachide et de 20% de sucre est celui qui a été retenu au terme de nos essais, compte tenu de son caractère moins friable par rapport aux autres types et de la facilité à obtenir rapidement une pâte onctueuse en pilant un tel mélange. Néanmoins, quelques travaux visant à l'amélioration de la texture du produit fini restent à parfaire avant de soumettre effectivement le produit aux éventuels bénéficiaires. Parmi les trois variétés de sorgho utilisées, le berbère rouge d'Amtiman manifeste une aptitude plus accrue à l'élaboration du soumbiam.

Les essais portant sur la mise au point et le séchage du kissar de sorgho nous ont permis d'aboutir à une meilleure maîtrise du processus de fabrication. Cependant, faire du kissar de sorgho séché un produit principal sur un marché occupé par les invendus d'autres céréales locales ne nous semble pas une activité promotrice pour les bénéficiaires de cette technologie. Une modification du goût du kissar de sorgho par apport d'ingrédients nouveaux pourrait, à notre avis, le rendre plus compétitif sur le marché.

La journée porte-ouverte a été pour la recherche une occasion de pré-vulgariser ces résultats obtenus à l'issue de la première phase d'exécution dudit projet aux formatrices sollicitées des différents ONGs et services publics de la place. Elle a également permis au public N'djaménois d'apprécier et déguster nos produits à base du sorgho (cf rapport avril 1999).



Perspectives

En tenant compte des résultats obtenus pendant la campagne 1998 / 99, l'équipe entend:

- dans le cadre de la pré-diffusion des acquis sur le douédé, identifier et collaborer avec les artisanes-vendeuses de la place pour estimer la rentabilité du nouveau processus mis au point et surtout, le seuil d'acceptabilité du douédé mixte sorgho / blé par les consommateurs;
- sur le soumbiam, améliorer sa texture par incorporation des liants qui restent à définir avant de procéder à sa vulgarisation proprement dite. Il en est de même pour le chinchin et l'essoua.
- sur le kissar, améliorer sa saveur par apport de nouveaux ingrédients avant de faire du séchage de kissar à base du sorgho une activité principale;
- sur les produits de friture, identifier et collaborer avec les artisanes-vendeuses de beignets pour introduire dans un premier temps, les « oreillettes » et suivre leur seuil d'acceptabilité par les consommateurs et leur rentabilité;
- sur les biscuits, étudier sa faisabilité avec les boulangers artisanaux de Nguelendeng (localité située à 150 km de N'Djamena) en faisant concevoir des moules et plaques appropriées au besoin.



Tableau 1. Caractéristiques des variétés.

Variétés	Taux d'humidité	Taux de pureté (%)	Couleur	Poids 100 grains	Vitrosité
IRAT-204	11,60	99	Blanche	1,99	4
Berbère rouge	10,15	94	Rouge	3,85	3
Berbère blanc	10,23	86	Blanche	5,30	3

Tableau 2. Gamme des soubiam mis au point.

Types de soubiam	Proportion des composants (%)		
	Arachide	Sorgho	Sucre
I	25	55	20
II	30	50	20
III	35	45	20
IV	40	40	20
V	45	35	20
VI	50	30	20
VII	55	25	20

Tableau 3. Comportement des pâtes mixtes hydratées aux opérations unitaires.

Observations ^{m1}	Teneurs des douédé mixtes en farine de sorgho cru				
	10%	20%	30%	40%	30%
Tenue de la pâte hydratée aux O.U	Bonne	Bonne	Moyenne	Faible	Faible
Pertes aux O.U (2)	Négligeables	Négligeables	Faibles	Elevées	Elevées
Coloration des brins sèches	Brunâtre	Brunâtre	+ ou - Brunâtre	Blanchâtre	Blanchâtre

1. Observations faites par comparaison au douédé blé pur Opérations unitaires (OU).
2. Les pertes concernent l'effritement des brins ou de la pâte hydratée aux O.U.

Tableau 4. Caractéristiques technologiques des douédé mixtes blé/berbère blanc ou IRAT-204 cuit.

Observations	Teneurs des douédé mixtes en farine de berbère blanc cuit ou IRAT-204 cuit				
	10%	20%	30%	40%	50%
Tenue de la pâte hydratée aux OU	Bonne	Bonne	Moyenne	Faible	Faible
Pertes OU (1)	Négligeables	Négligeables	Faibles	Faibles	Elevée
Coloration des douédé mixtes	Brunâtre	Brunâtre	Brunâtre	Brune	Brune
Volume apparent de pâte hydratée	Identique	Supérieur ou égal	Supérieur ou égal	Supérieur	Nettement-supérieur



Tableau 5. Caractéristiques technologiques des douédé mixtes blé/berbère rouge.

Observations	Teneurs des douédé en farine de berbère rouge cuit.				
	10%	20%	30%	40%	50%
Tenue de la pâte hydratée aux O.U	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Nulle
Pertes aux 0.U	Négligeables	Négligeables	Négligeables	Faibles	Elevées
Coloration des douédé mixtes	Brunâtre	Brunâtre	Brune	Brune	Brun-foncé
Volume apparent de pâte hydratée	Identique	Inférieur ou égal	Inférieur	Intérieur	Nettement inférieur

Tableau 6. Comportement des douédés mixtes à la cuisson.

Caractéristiques	Types de douédé mixtes					
	0% Sorgho	10% Sorgho	20% Sorgho	30% Sorgho	40% Sorgho	50% Sorgho
Poids initial (g)	50	50	50	50	50	50
Poids final (g)	200	220	250	270	280	290
Aspect	Bon	Bon	Bon	Bon	Moyen	Médiocre
Tenue	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Médiocre

Tableau 7. Friabilité et coloration des types de soubiam mis au point.

Caractéristiques	Types de soubiam						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Friabilité	Elevée	Moyenne	Faible	Faible	Moyenne	Elevée	Elevée
Couleur	Brunâtre	Brunâtre	Brune	Brune	Brun-foncé	Brun-foncé	Brun-foncé
Durée de pilage	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible



Evaluation of Agronomic and Nutritional Characteristics of Released/Recommended Sorghum Varieties in Ghana

J.T. Manful, I.D.K Atokple, and J. Gayin¹

Abstract

Seven sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) varieties were characterized according to their agronomic, nutritional, and anti-nutritional properties. These varieties included three early maturing (Naga White, Kadaga, and Kapaala), two medium-duration (NSV 1 and NSV 2), and two late-duration (Local 29 and Mankaraga).

This study essentially revealed that these varieties were either from the Caudatum or Guinea races of sorghum plant heights. Specifically, they ranged from 190 cm to 280 cm for the short-duration varieties; 400 cm to 410 cm for the medium-duration varieties; and over 500 cm for the long-duration varieties. With respect to growth cycle, days to maturity ranged between 95 and 110 days for the short-, 140 and 150 days for the medium-, and 160 and 170 days for the long-duration varieties. Potentially, these varieties had yields that varied from 3.0 to 5.0 t ha⁻¹. There were in addition marked differences among the varieties in terms of photoperiod sensitivity. Indeed all the three early varieties performed as photoperiod neutral whereas the medium- and the long-duration varieties on the other hand appeared quite similar to photoperiod sensitive crops.

Proximate analysis further showed that the NSV 1 had the highest protein and mineral contents, hence suggesting its likely higher suitability for infant food formulation among all the varieties being evaluated. Kapaala and Naga White could also be useful for malting and brewing trials, owing to their relatively low protein content but high carbohydrate levels. Finally, the analysis revealed that Kadaga as well as Naga White and NSV 2 had much higher anti-nutritional characteristics or tannin contents compared to all the remaining varieties under consideration.

Introduction

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) is one of the most important staple crops in northern Ghana. It is cultivated throughout the savannah agroecological zone of northern Ghana, covering about 41% of the total land area of the country. The crop is consumed in the form of stiff porridge (tuo zaafi), thin porridge (koko) or fried dumpling (maasa). It is used

1. Savanna Agricultural Research Institute (SARI), P.O. Box 52, Tamale, Ghana.

2. Food Research Institute (FRI), P.O. Box M. 20, Accra, Ghana.



in brewing local opaque beer (pito) while the leaves provide fodder for farm animals and the stalks used in fencing, roofing, weaving baskets, and mats and as fuel wood (Obilana 1995).

The major breeding objective of the sorghum improvement program in Savanna Agricultural Research Institute (SARI) is to produce varieties with specific characteristics or traits that can be of widespread use in their natural milieu or environment. Some of these characteristics include their ability to adapt and produce, high yields as well as ability to respond to a wide spectrum of management practices and resistance to major diseases and pests. Such varieties should add to already existing improved varieties, so that the farmer can grow them in whichever farming or crop systems he/she chooses to. From the farmer's standpoint, consistency in yields and quality are usually more important in the face of frequent unpredictable vagaries of the environment than quantity per se. On the other hand, varieties of past releases, such as Naga White and Kadaga in 1971 and Framida in 1989 were selected for earliness, improved harvest index, and high productivity. Since farmer preferences depend upon the consumption value of the grain and its market price, grain deterioration and inherent food quality problems have become crucial for the extension of those released high-yielding genotypes. The current research thrust in sorghum genetic enhancement program emphasizes acceptable grain qualities in association with other desirable agronomic traits. From 1970 to the present, about seven sorghum varieties have been developed and either released or recommended for release.

Though a number of products could be prepared from sorghum, the appearance, texture, taste, shelf life, digestibility, and overall acceptability of the food are greatly affected by the variety of the sorghum. It is, therefore, important to screen both the traditional and improved varieties for their agronomic, physical, and chemical properties to ascertain the grain quality and its suitability for certain specific uses as well as their performance in the field.

Specifically, this study was designed to:

- determine the agronomic and nutritional properties of released/recommended sorghum varieties; and
- use available information to assist in determining the best possible uses that can be made of these varieties

Materials and Methods

Field Evaluation

The seven-released/recommended sorghum varieties, namely Kadaga, Naga White, Kapaala, Mankaraga, NSV 1, NSV 2, and Local 29 went through multi-locational trials and on-farm evaluations for several years. For the on-station trial, randomized complete block designs with four replications were used and this was modified with the on-farm evaluations where the individual farmers constituted the replications. While Kapaala was a crossbreed introduced from ICRISAT, the other six varieties were improved local germplasm, which were released or recommended for release based on their performance. To characterize the sorghum germplasm, data were collected on various agronomic traits. Analytical tests were also carried out on them.



Analytical Tests

The 1000-grain mass as well as other physical characteristics were determined using the methods outlined by Gomez et. al. (1997). Proximate composition was determined using the AACC (1986) Standard Methods of analysis. The tannin contents of the varieties were determined using the procedure of Burns (1963), Maxon and Rooney (1972), and Prince et al. (1978).

Results and Discussion

Table 1 shows some taxonomic and agronomic characteristics of the seven sorghum varieties. While Naga White and Kapaala belong to the Caudatum race, the other five are of the Guinean race. Surveys have shown that the latter race dominates in Ghana. The seven varieties also show differences in plant color.

While Kapaala has the tan color, Naga White and Kadaga are red and NSV 1, NSV 2, Mankaraga, and Local 29 have brown stalks. Genetically, red is dominant to brown and this is also dominant to tan; a phenomenon that makes a rather easy identification of hybrids. The tan color also serves as a gene-marker for resistance to many leaf diseases. Naga White and Kapaala have erect and semi-compact heads and this is a distinguishing characteristic of the Caudatum race. The loose and drooping head of the other five varieties is also unique to the Guinean race. The compact head creates a humid microclimate, which is conducive for headbug infestation and associated grain molds. On the other hand, the loose and drooping heads are quite dry, thus conferring some resistance in the Guinean sorghums to panicle insects and diseases.

Apparently, plant height tends to be positively related to maturity. Unlike maize, the grain yield in sorghum is negatively related to maturity. This probably explains why the short-duration varieties like Naga White, Kadaga, and Kapaala tend to have higher yield potentials than the medium- and late-duration varieties, which are taller. The geographical area in which a cultivar or species is productive can be limited by the day length required for its floral initiation (Fehr 1987). This photoperiod requirement can vary between and within species. There were marked differences among the varieties in terms of photoperiod sensitivity. While all the three early varieties are photoperiod neutral, the medium- and the long-duration varieties are quite photoperiod-sensitive. The implication is that the photoperiod-insensitive varieties have wider adaptability than the sensitive ones.

Table 2 shows some of the physical quality characteristics of the sorghum varieties. The cultivars of sorghum evaluated showed some variations for the selected parameters. The 1000-grain mass is a measure of grain size and density. The mean 1000-grain mass was 28.0 g. Local 29 variety recorded the highest value of 32.7 g indicating that out of the seven varieties, it had the largest grain. Kadaga and Mankaraga followed with 31.1 g and 30.8 g respectively. NSV 1 had the smallest grain size with a 1000-grain mass of 23.6 g.

Seed coat color is important because it influences the color of any product made from that grain. For instance, if the grain is to be milled and used for porridge meal, a white to light color is generally preferred and in some communities of northern Ghana a reddish seed color is preferred in brewing the local alcoholic beverage, pito.



Color is therefore an important attribute of local preparations, such as *koko* and *tuo zaafi*. Four of the improved varieties were comparable to the white color of the Local 29 variety. These were Mankaraga, NSV 1, Kapaala and Naga White.

Even though they were all bi-colored, the white color dominated making them closer to the white Local 29. Kadaga and NSV 2 had dark grain colors of red and brown respectively. This means that these varieties would not be the most sought after ones in the preparation of foods like *koko* and *tuo* since white to cream appearance is an important parameter with respect to consumer acceptability of these foods.

Pericarp thickness affects dehulling loss and milling yields. Grains with thin pericarps need a shorter dehulling time than thick pericarp grain. NSV 1 and Local 29 had pericarps of medium thickness. The pericarps of the remaining varieties were thin. This means Mankaraga, Kadaga, NSV 2, Naga White, and Kapaala may have a relatively shorter dehulling time than NSV 1 and Local 29.

Of all the varieties evaluated, only NSV 2 and Naga White showed the presence of a testa. Endosperm color, like testa affects the color of milled products while endosperm texture affects hardness, hence the milling yield. The endosperm color was white to translucent for all the varieties but the endosperm texture showed differences. NSV 2, Mankaraga, and Local 29 had about 80% of the endosperm being vitreous with a 20% floury inner part. NSV 1 and Kapaala showed an almost totally vitreous endosperm texture. Kadaga had a very floury endosperm of about 80% with about 20% vitrosity.

The proximate compositions of the varieties are shown in Table 3. The nutritional status of all the varieties fall within the generally expected range for sorghum (McCance and Widdowson 1992). Kadaga and Local 29 had the highest ash contents of 1.6% with the others ranging between 1.3% and 1.5%. The mean fat content of the varieties was 3.97%. Kapaala and Kadaga had high values of 4.8% and 4.7% respectively with Naga White having the least of 3.0%. Kadaga, Mankaraga, NSV 1, and NSV 2 showed higher protein content than Local 29 variety. NSV 1 had the highest protein content of 12.1%. Naga White and Kapaala had lower values of 9.5% and 9.2% respectively.

The varieties had a mean carbohydrate content of 73.88%. Naga White had the highest carbohydrate content of 76.3% and Mankaraga, the least value of 72.0%. The mineral contents of the cultivars also were within the levels stated by Hulse et. al. (1980) and McCance and Widdowson (1992). For the major minerals (calcium, phosphorus, and iron), there was little variability among the varieties. However, Naga White had higher calcium content of 11.8 mg per 100 g. Kadaga, NSV 1, and NSV 2 had greater amounts of phosphorus than the Local 29. The mean iron content of the varieties was 1.96 mg per 100 g. Kadaga had the highest amount of 2.5 mg per 100 g.

In sorghum, tannins are predominantly found in the pericarp and pigmented testa layer. Therefore, generally red and brown sorghums that have testa are usually high in tannins. Tannins in sorghum have agronomic advantages such as protecting the seed from attack by molds, insects, and birds and from pre-harvest germination. They also have anti-nutritional effects. For instance, they are usually bound to and precipitate proteins thereby reducing their availability to the body (Hahn et al. 1984). Kadaga had the highest tannin content of 9.10 mg-catechin equivalent (CE) per gram of sample (Table 4). Other varieties with high tannin contents were Naga White and NSV 2 with 5.45 mg CE per g and 3.38 mg CE per g



respectively. The remaining varieties all had tannin level of less than 1.0 mg CE per g of sample. This means that with the exception of Kadaga, Naga White, and NSV 2, the other recommended varieties have tolerable levels of the anti-nutritional factor, tannin.

It could be concluded that NSV 1, which is rich in protein, high in energy with good amounts of minerals, would be suitable for infant food formulation. Kapaala and Naga White are high in carbohydrate with low levels of protein. This makes them good candidates for malting and brewing trials. Traditionally they may be useful for the brewing of pito, an alcoholic beverage. The levels of tannins in all the varieties apart from Kadaga, Naga White, and NSV 2 were within tolerable limits.

Acknowledgments

The authors are greatly indebted to NARP for financial support for this work that otherwise would not be possible. For permitting us to publish this work, we wish to express our gratitude to the Directors of SARI and FRI. Our technicians deserve special thanks for the good work done.

References

- AACC (American Association of Cereal Chemists).** 1983. Approved methods of the AACC, 8th Edn. St. Paul, Minnesota, USA: AACC Inc.
- Burns, R. E.** 1963. Methods of tannin analysis for forage crop evaluation. Georgia Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 32:1-4.
- Fehr, W. R.** 1987. Principles of cultivar development: theory and technique. Vol.1. New York, USA: Macmillan Pub. Co.
- Gomez, M. I., Obilana, A. B., Madzvamuse, D. F., and Monyo, E.S.** 1997. Manual of Laboratory Procedures for Quality Evaluation of Sorghum and Pear Millet. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.
- Hahn, D. H., Rooney, L. W., and Earp, C.F.** 1984. Tannins and phenols of sorghum. Cereal Foods World 29 (12): 776-779.
- Hulse, J. H., Ling, E. M., and Pearson, O. E.** 1980. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. London, UK: Academic Press.
- Maxon, E. D. and Rooney, L. W.** 1972. Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. Cereal Chemistry 49: 719-729.
- McCance, R. A. and Widdowson, E. M. (eds.).** 1992. The composition of foods. 5th Ed. UK: Royal Society of Chemistry.
- National Research Council of USA.** 1996. Lost crops of Africa. Vol. 1. USA: Grains National Academy of Science.
- Obilana, A.B.** 1995. Review of sorghum and millet improvement program in northern Ghana. A consultant report submitted to SARI, Ghana.
- Price, M. L. Van Scoyoc, S., and Butler, L. G.** 1978. A critical evaluation of the vanillin reactions as an assay for tannins in sorghum grain. Journal. of Agricultural Food Chemistry 25:1214-1218.



Table 1. Some taxonomic and agronomic characteristics of seven sorghum varieties.

Variety	Race	Plant color	Panicle shape	Plant height (cm)	Maturity (days)	Potential yield (t ha ⁻¹)	Photo-periodism
Naga White	Caudatum	Red	Erect and semi-compact	190-200	95-100	5.0	Insensitive
Kadaga	Guinea	Red	Drooping and loose	270-280	100-105	3-4	Insensitive
Kapaala	Caudatum	Tan	Erect and semi-compact	200-210	100-110	4-5	Insensitive
NSV-1	Guinea	Brown	Drooping and loose	400-410	140-150	3-4	Sensitive
NSV-2	Guinea	Brown	Drooping and loose	400-410	140-150	3.0	Sensitive
Mankaraga	Guinea	Brown	Drooping and loose	>500	160-170	3.4	Sensitive
Local 29	Guinea	Brown	Drooping and loose	>500	160-170	3-4	Sensitive

Table 2. Physical quality characteristics of seven sorghum varieties.

Variety	Seed Color	Pericarp Thickness	Testa	Endosperm Color	Endosperm Texture	100 Grain Mass (g)
Mankaraga	Yellow and White	Thin	Absent	White	Vitreous	0.8
Kadaga	Red	Thin	Absent	White	Floury	31.1
NSV 1	Yellow and Gray	Medium	Absent	White	Vitreous	23.6
NSV 2	Gray and Brown	Thin	Present	White	Vitreous	24.2
Local 29	Gray and Brown	Medium	Absent	White	Vitreous	32.7
Naga White	White and Brown	Thin	Present	White	Floury	27.5
Kapaala	Yellow	Thin	Absent	White	Vitreous	26.1



Table 3. Proximate composition of some sorghum varieties.

Variety	Moisture (%)	Ash (%)	Fat (%)	Protein (%)	Carbo-hydrate (%)	Energy
Local 29	10.2	1.6	4.4	9.6	74.2	423
Kadaga	9.8	1.6	4.7	11.5	72.4	378
Naga White	9.7	1.5	3.0	9.5	76.3	370
Kapaala	9.5	1.4	4.8	9.2	95.1	380
Mankaraga	11.6	1.5	4.1	10.8	72.0	368
NSV 1	8.8	1.3	3.6	12.1	74.2	378
NSV 2	11.3	1.4	3.2	11.1	73.0	365
Mean	10.12	1.47	3.97	10.54	73.88	380.28
LSD	0.92	0.10	0.66	0.85	1.41	18.21

Table 4. Mineral and tannin contents of recommended sorghum varieties.

Variety	Calcium (mg per 100 g)	Phosphorus (mg per 100 g)	Iron (mg per 100 g)	Tannin (mg CE per g)
Local 29	11.7	61	2.0	0.30
Kadaga	9.5	78	2.5	9.10
Naga White	11.8	60	2.0	5.45
Kapaala	11.1	51	1.5	0.14
Mankraga	11.5	60	2.0	0.59
NSV 1	10.1	75	2.0	0.62
NSV 2	11.0	67	1.7	3.38



Transformation et commercialisation des céréales: expériences de l'UCODAL

Mariko Fadima Siby¹

Résumé

Les céréales constituent l'essentiel des cultures vivrières au Mali. En effet, elles sont produites par environ 90% des agriculteurs et constituent économiquement 25% du PIB (produit intérieur brut). Selon les résultats de l'enquête nationale réalisée en 1989 par la Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique (DNSI) sur le budget-consommation des ménages, il ressort que la composante « mil/sorgho » vient en première position des céréales consommées par tête (139,4 kg par tête par an), suivie du riz décortiqué en seconde position (34 kg par tête par an) et enfin le maïs en troisième position (27,13 kg par tête par an).

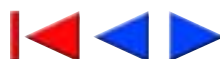
Compte tenu de l'importance des céréales dans l'alimentation des consommateurs maliens, l'unité de transformation et de conditionnement de denrées alimentaires (UCODAL) a entrepris depuis 1988 un certain nombre d'activités visant essentiellement à une meilleure valorisation des produits agricoles locaux, et particulièrement ceux-là qui utilisent les céréales comme matières premières de base. La présente communication a pour but dans un premier temps de donner un aperçu rapide de l'UCODAL en tant qu'association et ensuite faire le point de ses activités et acquis depuis la date de sa création à ce jour.

Introduction

L'UCODAL a été créée en 1986 et a démarré ses activités en 1988. Elle a comme objectifs de:

- Valoriser les produits agricoles locaux
- Mettre à la disposition des populations des produits alimentaires sains, propres à la consommation humaine
- Veiller au respect des normes d'hygiène et de qualité
- Alléger le travail domestique des femmes
- Offrir du travail aux femmes

1. Unité de transformation et de conditionnement de denrées alimentaires (UCODAL), BP 1580 Bamako, Mali.



Expériences de l'UCODAL dans la transformation et la commercialisation des céréales

Avant de se lancer dans la transformation des céréales UCODAL a débuté ses activités par les productions de condiments couramment utilisés dans les sauces et de la pâte d'arachide. En 1989, elle ajouta à sa gamme de production, la transformation des céréales.

La première céréale transformée fut le fonio, compte tenu essentiellement de la pénibilité de sa préparation au niveau domestique. Le fonio fut mis sur le marché sous forme de couscous précuit (appelé communément fôyô) prêt à l'emploi.

Ce fut une expérience heureuse car ce produit fut vite accepté d'abord par les expatriés avant d'acquiescer par la suite un très grand succès auprès du consommateur malien. Ce succès nous a fait comprendre que nous avons touché à un besoin réel de la ménagère malienne, c'est à dire la mise à la disposition de produits directement utilisables. Nous avons alors décidé d'étendre nos activités à d'autres céréales.

Les produits primaires à base de céréales (farines, brisures et semoules) sont consommés quotidiennement dans tous les ménages au Mali aussi bien en milieu rural qu'en ville. En effet, les habitudes alimentaires sont basées sur la bouillie de farine ou de brisures le matin, et le tô ou couscous le soir, souvent accompagné de bouillie.

Les céréales laissent augurer des possibilités de diversification de l'alimentation notamment en zone urbaine et à travers des formes plus attrayantes sur le plan culinaire, nutritionnel et économique (farine, produits roulés, couscous, etc.).

Promotion des produits locaux par UCODAL

UCODAL a eu à mettre sur le marché:

Les produits à base de mil

A partir de 1990, nous avons commencé à vendre la farine fine de mil pour la préparation de la bouillie. Ce produit est généralement bien vendu à l'approche du mois de carême. Il est beaucoup demandé par les maliens vivant en France. En 1995 d'autres produits à base de mil ont vu le jour. Il s'agit notamment de:

Mono kuru

Les granulés de farine fraîche de mil pour la préparation de la bouillie. Après la granulation, le produit est séché. Il se vend bien mais comme la farine, à la période de carême.

Dègué: Thiakry

C'est aussi un produit roulé mais aromatisé avec beaucoup d'ingrédients traditionnels et salé. Ce produit n'a pas eu un succès éclatant comme on s'y attendait. Pourtant, le Dègué



jouit d'une très grande popularité dans la société malienne. Il est consommé à toutes les occasions: baptême, mariage, décès etc.). Il est vrai que les ingrédients utilisés ne font pas l'unanimité des goûts. Il fallait travailler ce produit afin qu'il puisse être accepté par un grand nombre de consommateurs.

Nous avons alors substitué certains ingrédients traditionnels par d'autres arômes afin que le Dègué que nous mettons sur le marché affiche une certaine particularité et qu'il soit accepté et par les consommateurs maliens et les non maliens. Grâce à cette nouvelle initiative, notre vente de Dègué depuis juillet 1998 est passée de 20 kg par mois en moyenne à 200 kg par mois.

Cette expérience nous fait comprendre que si l'entreprise doit mettre un produit déjà connu traditionnellement sur le marché, elle doit le travailler de manière à lui apporter une valeur ajoutée supérieure tout en gardant évidemment la technologie de base (afin d'éviter sa dénaturalisation) pour encourager le consommateur à aller vers ce produit.

C'est dire que l'entreprise ne doit pas se limiter à une simple imitation du produit traditionnel.

Couscous Bassi mugu

C'est un couscous prêt à l'emploi qui se mange avec du lait sans aucune préparation préalable. Son succès fut immédiat. Les étudiants l'ont même surnommé «le laisser passer pour célibataires».

Farine infantile

Avec du mil, maïs, et niébé qui est tout récente.

Les produits à base de maïs

En 1995, nous avons mis sur le marché

- du couscous de maïs, fermenté et non fermenté
- la brisure de maïs précuite

Le test ne fut concluant pour ces deux produits.

Nous estimons que la non acceptation de ces produits est due surtout au manque d'un programme de promotion pour les accompagner. Il est entendu que les Maliens n'ont pas l'habitude de manger des céréales fermentées.

Pendant nous comptons revenir sur le marché avec le maïs transformé dans le cadre d'une collaboration que UCODAL vient d'entreprendre avec Sasakawa Global 2000/Mali pour la promotion du QTP Maize. La 1ère action est la production de la farine de pâtisserie pour les boulangeries.

Les produits à base de sorgho

En 1992, UCODAL a fait un test de marché avec le couscous de sorgho précuit. Malheureusement, ce premier test n'a pas été concluant comme pour les produits à base de



maïs, ce produit n'a pas bénéficié d'un support promotionnel. Bien que le couscous de sorgho ne soit pas un produit nouveau pour le consommateur malien, sa mise sur le marché à l'état précuit prêt à l'emploi est quant même nouveau.

Depuis 1998, UCODAL, en collaboration avec le laboratoire de technologie alimentaire de l'Institut Economique Rurale est en train de faire un test de marché pour certains produits à base de sorgho (brisure, semoule, farine, couscous, amuse gueules).

Les objectifs de cette collaboration sont:

- Valoriser et promouvoir la consommation du sorgho
- Produire, conditionner et mettre sur le marché des produits à base de sorgho prêts à l'emploi
- Mettre sur le marché des nouveaux produits à base de sorgho mis au point par la recherche

Les objectifs spécifiques:

- Relancer la consommation du sorgho en mettant sur le marché des produits à base de sorgho prêts à l'emploi
- Reprise de la consommation de certaines recettes à base de sorgho et qui ont tendance à disparaître
- Faire connaître les recettes à base de sorgho méconnus par les ménagères

Nous espérons que dans un délai bref, des habitudes traditionnelles culinaires à base de sorgho seront reprises, que les nouveaux produits mis au point par la recherche seront reconnus et acceptés par les consommateurs et que le régime alimentaire sera mieux diversifié. Dans ce cadre, UCODAL a déjà mis sur le marché:

- La semoules de sorgho pour la préparation du laro et du fôyô
- La brisure de sorgho pour la préparation du sari et du riz de sorgho
- La farine pour la préparation du tô et du couscous
- Les brisures issus du sorgho étuvé et le nouga de sorgho seront bientôt mis sur le marché

Notre approche pour les produits de première transformation est de faire accompagner les différents produits de propositions de recettes.

Farines infantiles à base de céréales

UCODAL vient de mettre sur le marché des farines infantiles à base de céréales. Ce sont:

- Mil + Maïs + Niébé etc.
- Sorgho + Maïs + Niébé etc.
- Riz + Fonio + Maïs + Poisson etc.

Elle vient d'avoir un marché de 24 mois avec le Centre canadien d'étude et de coopération internationale (CECI) lors d'un appel d'offre dans le cadre d'un projet de lutte contre la malnutrition infantile des quartiers périphériques de Bamako.



La transformation du riz

Quant à la transformation du riz, la seule expérience de UCODAL est la farine infantile. Cependant nous envisageons de mettre sur le marché dans le deuxième semestre de 1999 la semoule de riz pour la préparation du couscous.

Conclusion

Compte tenu des nombreuses occupations quotidiennes, les ménages urbains préfèrent acheter les produits prêts à l'emploi. Il est évident que si le riz a un grand succès auprès des consommateurs urbains c'est parce que sa préparation est très rapide et qu'il est généralement commercialisé après décorticage contrairement au mil/sorgho et le maïs qui sont le plus souvent commercialisés en l'état. La ménagère doit consacrer beaucoup de temps et d'efforts pour le décortiquer et les rendre sous forme de produits directement utilisables.

Le prix du produit fini étant fonction du prix d'acquisition de la matière première, il est évident qu'il serait préférable de se ravitailler sur les lieux de production au moment où les prix sont les plus bas. Malheureusement les petites entreprises n'ont pas cette capacité financière. Un programme de promotion des produits transformés conséquent est indispensable pour la relance de leur consommation.



Contraintes et opportunités dans la transformation des céréales - que peut faire la recherche?

Samsonna Biego¹

Résumé

Au regard de l'évolution constante des technologies de transformations agro-alimentaires, le rôle de la recherche et développement dans le processus du développement économique reste capital. En effet, l'exploitation appropriée des acquis de la recherche dans les secteurs agro-alimentaires peut avoir un impact positif sur le développement économique et social et surtout aider à garantir une meilleure sécurité alimentaire grâce à une amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments. Le processus de la mondialisation en cours avec ses probables mutations et innovations technologiques interpelle les acteurs de la recherche à promouvoir une meilleure stratégie de transfert et d'innovation technologique basée sur la valorisation des ressources locales. Toutefois, cela ne saurait se faire sans l'implication directe ou indirecte de toutes les parties concernées, à savoir notamment les entreprises, les agro-industries, les institutions de recherche et de financement, les pouvoirs publics, sans oublier bien sûr les consommateurs auxquels appartient généralement le dernier mot.

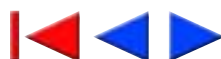
Mon intervention s'articulera sur cinq points, à savoir:

- l'introduction
- les contraintes
- les opportunités
- la conclusion
- et les recommandations

Introduction

La transformation des céréales est l'opération qui peut et doit valoriser les produits agricoles. Le sorgho est largement utilisé dans l'alimentation humaine au Burkina Faso sous plusieurs formes. Ainsi, il est consommé comme plat principal sous forme de tô ou de couscous, au petit déjeuner sous forme de bouillie ou encore sous forme de boissons (dolo, sirop, etc.). Mais cette transformation se fait-elle sans difficultés? Explorons l'environnement de l'activité et tirons les conclusions qui s'imposent.

1. Centrale de transformation des produits agricoles (CTRAPA), 06 BP 10100 Ouagadougou, Burkina Faso.



Les contraintes

Plusieurs contraintes (technologiques, scientifiques, socio-économiques et organisationnelles) entravent cette utilisation. Toutefois, nous nous limiterons ici uniquement aux contraintes d'ordre technologique et organisationnel.

Les contraintes technologiques

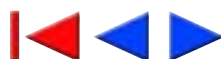
Il y a une méconnaissance des technologies de transformation et une inadaptation de celles connues. Le manque d'information sur ces technologies handicape les acteurs de la transformation qui n'ont que souvent leur bonne volonté et leur courage pour affronter un domaine apparemment simple mais en réalité assez complexe. Deux contraintes majeures se posent au transformateur.

- La première contrainte est la mauvaise qualité de la matière première caractérisée par un taux élevé d'impureté. Cette contrainte est elle-même liée à une autre contrainte à savoir d'équipements appropriés de récolte et de transformation des céréales? Nous constatons qu'après les récoltes, les céréales sont battues à même le sol à l'aide de bâtons ou des engins motorisés. Il en résulte des grains mêlés à des impuretés (cailloux, morceaux de bois, etc.) en quantités souvent importantes.
- La deuxième contrainte majeure est le décortilage. Un mauvais dégermage ne permet pas une bonne conservation des farines.
- Mais il existe d'autres contraintes: le séchage et les emballages. Malgré l'abondance du soleil, le séchage pose toujours des problèmes. L'emballage qui est approprié aux produits céréaliers est semble-il le papier craft. Cet emballage est rare dans nos régions.
- Il faut noter également la contrainte "qualité". Les procédés de bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication ne sont pas encore bien implantés dans nos unités.

Les contraintes organisationnelles

La filière n'est pas organisée. Elle est aussi désarticulée, ce qui sans doute rend toute maîtrise de l'activité assez difficile dans ces conditions. Une bonne organisation de la filière nous permettra de lever les imperfections qui, non résolues, risquent de nous confiner dans la médiocrité et nous reléguer dans un "ghetto" d'arriération économique. Nous devons faire un pari sur l'avenir par la mise en place de technologies, de gestion d'infrastructures adaptées à nos réalités. Face à tous ces dangers qui entravent l'avenir de milliers d'hommes et de femmes, que faire?

Nous constatons que la valorisation des résultats de la recherche constitue une préoccupation actuelle de la recherche. Cet intérêt manifeste de promouvoir une valorisation effective des résultats de recherche doit nous guider à mettre en place un cadre au niveau du ou des réseaux pour trouver des solutions au problème de la transformation.



Les opportunités

Je n'ai pas fait cas de transfert de technologies dans les contraintes, car, en réalité de nos jours, les chercheurs ont compris qu'il faut trouver. Ils ont trouvé certes, mais les bénéficiaires (consommateurs en particulier) en général ignorent pratiquement tout du travail de la recherche. Si la transformation ne joue pas son rôle pour encourager la production et la consommation de nos céréales, on aura l'impression de faire du "sur place". C'est là aussi qu'on peut vulgariser les résultats de la recherche, vu que les transformateurs ont le plus souvent plus de contacts avec les consommateurs alors que ces derniers semblent n'avoir pratiquement aucun lien direct avec la recherche.

Les études sociologiques démontrent que les citoyens cherchent à varier leur alimentation dans la mesure de leurs moyens et sont généralement attirés par les produits extra-africains. Face à cette réalité, on relève que la production agricole qui offre de bonnes perspectives de développement reste peu connue des transformateurs dans son volet caractérisation variétale. La transformation agro-alimentaire des produits locaux apporte une réponse à la recherche de diversification alimentaire offrant des produits modernes aux consommateurs.

La recherche et le développement des produits nouveaux et l'amélioration qualitative de ceux existant à partir des potentialités agricoles locales sont source de création d'emplois et de richesse.

L'institutionnalisation d'un forum sur la recherche scientifique et technologique serait une démarche positive qui ouvrirait les voies d'un partenariat entre les réseaux (ROCAFREMI, ROCARS, INTSORMIL, WECAMAN) pour soutenir l'action de la transformation en unissant leurs efforts (financier, technique, et humain). Je salue l'action du ROCAFREMI qui dans son programme dit "P5" tente de trouver une solution à nos problèmes de cailloux dans la matière première. Une action conjuguée des réseaux permettra de mettre au point d'autres outils ou moyens qui seront adaptés à nos besoins, à savoir notamment:

- le décorticage
- les emballages
- le séchage

Conclusion

La mondialisation de l'économie sous l'impact des profondes mutations et innovations technologiques interpelle les acteurs de la recherche à promouvoir une stratégie dynamique de transfert et d'innovation technologique basée sur la valorisation des ressources locales en impliquant: les entreprises, les institutions de recherche, de financement, les pouvoirs publics, les consommateurs.

L'exploitation des acquis de la recherche dans les secteurs agro-alimentaires peut avoir un impact significatif sur le développement économique et social et peut aider à garantir la sécurité alimentaire ainsi que la qualité nutritionnelle des aliments.

Les agro-industries ont été à la base de l'industrialisation de nombreux pays développés. L'agro-industrie revêt une importance capitale:



- elle est utilisatrice de forte intensité de main d'œuvre
- elle offre une perspective de croissance économique par les exportations.

Le défi de la croissance économique et la création de grands ensembles (UEMOA, CEDEAO) interpellent aujourd'hui tous les acteurs pour prendre une décision en faveur de l'industrialisation du secteur agricole.

Au regard de l'évolution constante de la technologie en transformation, emballage et conservation des denrées alimentaires, le rôle de la recherche et développement dans le processus du développement économique reste capital.

Recommandations

Au niveau des opérateurs économiques

Le secteur privé est aujourd'hui reconnu pour être le moteur du développement. Les opérateurs économiques, pour jouer pleinement leur rôle, doivent pouvoir faire confiance en la capacité de la recherche pour leur proposer des procédés et technologies innovantes, capables de répondre à des préoccupations spécifiques: maîtrise de l'énergie, ergonomie du travail, gestion des approvisionnements, maîtrise et contrôle de la qualité, marketing des produits, recherche et élaboration de nouveaux produits. Il importe de:

- développer le partenariat avec la recherche pour développer des produits modernes et compétitifs
- développer le professionnalisme dans toutes leurs activités
- organiser périodiquement des journées de l'agro-industrie
- participer au financement de la recherche

Au niveau de la recherche

Une collaboration avec les promoteurs pourrait ouvrir des possibilités de dépassement de la recherche fondamentale pour évoluer positivement vers la recherche développement en permettant une application concrète des résultats et acquis de la recherche. Il importe donc de:

- développer une culture scientifique des technologies
- organiser des tables rondes pour la vulgarisation des résultats de la recherche entre la recherche d'une part et le secteur privé et partenaires au développement, d'autre part
- encourager les opérateurs économiques dans la valorisation des résultats de la recherche
- recenser et moderniser les technologies alimentaires traditionnelles pour accroître la productivité et améliorer la qualité
- créer des alliances stratégiques avec les agriculteurs et les agro-industries, l'industrie et les institutions de recherche au niveau sous-régional, régional et international
- assister les PME dans l'élaboration, le suivi et le contrôle des normes de qualité



Au niveau des institutions de financement

Le financement de la PME reste un problème qui ne trouve pas facilement de réponses satisfaisantes au Burkina Faso. Les différents produits financiers devraient répondre aux besoins de financement. Il faut des crédits d'investissement adaptés; c'est-à-dire des crédits à moyen et long terme. Le court terme dans ce cas devient un risque réel pour le bailleur et mortel pour le promoteur.

Au niveau des partenaires

La formation et l'information sont nécessaires pour permettre aux promoteurs de développer leur savoir-faire pour la maîtrise des nouvelles technologies dans leur domaine d'activités. Il importe donc, pour les partenaires au développement de:

- donner un appui technique et financier aux réseaux
- appuyer le partenariat Nord-Sud et Sud-Sud dans le domaine de la recherche
- appuyer les organisations professionnelles de l'agro-industrie pour des programmes de formation dans le domaine de la maîtrise du contrôle de qualité, marketing
- appuyer les rencontres d'échanges Sud -Sud, Nord-Sud entre les différents acteurs de la recherche scientifique et technologique de l'agro-alimentaire



Importance des équipements de transformation primaire et secondaire dans la promotion des produits à base de sorgho - expérience de l'ITA du Sénégal

A. Ndoye¹

Introduction

Le Sénégal et la plupart des pays africains ont pris conscience que pour gagner le pari de l'autosuffisance et de la sécurité alimentaires, ils doivent disposer d'une puissante base technique pour pouvoir adapter, améliorer et innover comme éventuellement concevoir des technologies pour la transformation et la conservation des produits alimentaires.

Les pouvoirs publics de nos pays s'efforcent dans la limite de leurs ressources disponibles et avec l'appui de leurs partenaires au développement d'asseoir cette base technique pour l'acquisition, l'assimilation et la diffusion des processus et produits d'ordre technique et technologique touchant le domaine de la transformation et de la conservation des denrées alimentaires.

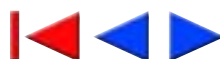
Soucieuses dès le début des indépendances d'atteindre l'autosuffisance et la sécurité alimentaires, les autorités sénégalaises ont créé en 1963 l'outil de développement agroalimentaire, qu'est l'Institut de technologie alimentaire (ITA) afin d'aider à la mise en place d'un système harmonieux de développement agricole et agro-industriel basé sur l'exploitation rationnelle des produits agricoles locaux.

Le mil et le sorgho, constituant la nourriture de base d'une grande partie de la population de la région sahélienne, l'ITA s'est très tôt intéressé à la mécanisation de leur transformation en raison de la pénibilité des technologies traditionnelles qui exigent des femmes une somme de travail considérable.

L'argument le plus convaincant en faveur de la mise au point de système mécanique de transformation du mil et du sorgho, à l'instar de ce qui existe pour le blé, est que ce sont les populations et les petites et moyennes entreprises de transformation des céréales qui en ont fait la demande, car, ces acteurs ont compris que les procédés mécaniques, contrairement aux méthodes traditionnelles, ont la capacité de stimuler l'économie tout en encourageant l'utilisation des ressources locales.

Il est à noter qu'un fait principal domine les changements intervenus au Sénégal dans les systèmes après récolte des céréales locales depuis une trentaine d'année: la diffusion de petits moulins et décortiqueurs polyvalents (maïs, mil, sorgho), dans les villes comme en milieu rural.

1. Institut de technologie alimentaire (ITA), BP 2765 Dakar, Sénégal.



Ce développement semble être fait d'abord spontanément par l'initiative privée même s'il a été par la suite largement encouragé par les institutions de recherches, les gouvernement et les organismes d'appui au développement (ONG notamment).

Au départ importés, les moulins et décortiqueurs sont maintenant pour la plupart construits sur place par des entreprises sénégalaises qui les exportent dans la sous-région ouest africaine

Acquis de recherche de l'ITA dans la transformation du mil et du sorgho

Transformation primaire

Les études menées par l'ITA sur la transformation primaire des céréales, telles le mil et le sorgho a mis en évidence le rôle déterminant de certains équipements sur l'acceptabilité des produits finis.

Préambule

Le mil comme le sorgho renferme généralement du fait des opérations de battage utilisées des impuretés (sable, pierres, débris métalliques, grains étrangers, etc.) dont la présence dans le lot de grains n'affecte pas seulement l'odeur et le goût des produits finis, mais aussi leur stabilité et acceptabilité. En conséquence, divers équipements doivent donc être utilisés pour l'élimination de ces impuretés (tamiseur, épierreur, pièges, etc.).

Par ailleurs une attention toute particulière doit être portée sur la qualité phytosanitaire en raison de la présence possible d'insectes ravageurs sur ces deux céréales. La matière première doit subir après nettoyage un traitement phytosanitaire avant toute transformation. Le procédé de stabilisation utilisé est la fumigation au photoxin, méthode radicale d'élimination des insectes, parasites du mil et du sorgho. Il s'agira de veiller à disposer de locaux appropriés pour un tel traitement.

Tamisage-Calibrage

Le tamisage-calibrage du mil et du sorgho par un équipement approprié sur base d'un choix judicieux de tamis permet la séparation des grains étrangers d'un certain calibre et d'avoir des grains uniformément décortiqués, donc des produits finis de bel aspect et présentant de meilleures qualités organoleptiques.

Epierrage

Du fait des pratiques traditionnelles de battage, les grains de mil et de sorgho peuvent renfermer des pierres qu'il importe de séparer par un séparateur densimétrique, communément appelé épierreur. Un tel équipement qui permet d'éliminer notamment des pierres de la taille des grains de mil et sorgho difficiles à séparer par tamisage est plus qu'indispensable pour préserver la qualité des produits finis.



Un modèle approprié pour la petite et moyenne entreprise est en cours de développement dans un programme ROCAFREMI coordonné par l'ITA.

Piège à débris métalliques

Dans le souci de préserver la santé des consommateurs et aussi le matériel de transformation, le piège à débris métalliques constitue une étape importante du processus de transformation du mil et du sorgho. Il s'agit d'un aimant placé à un endroit précis de la ligne de transformation pour la rétention de ces débris.

Séparateur de sable

La présence de sable dans les produits dérivés du mil et du sorgho est la cause du rejet de ces produits par les consommateurs urbains. Ceci est bien compris des transformateurs artisanaux et semi-industriels qui emploient une main d'œuvre spécialisée dans l'élimination de ce sable par un procédé traditionnel tamisage/vannage.

Les tests menés par l'ITA sur le séparateur de sable utilisé dans le cas du blé indiquent qu'un tel équipement est tout aussi efficace avec le mil et le sorgho.

Décortiqueur

L'opération de décortilage revêt une importance fondamentale dans la ligne de transformation du mil et du sorgho puisque conditionnant l'acceptabilité des produits finis. Le décortilage est une phase cruciale car il permet d'éliminer l'indigestible glucidique, les sons, tout en prenant soin de préserver l'assise protéique adjacente, la couche à aleurone riche en composés vitaminiques.

Parmi les décortiqueurs testés par l'ITA, le décortiqueur canadien du Laboratoire Régional des Prairies (LRP) a donné les meilleurs résultats. Les modèles du décortiqueur du LRP fabriqué au Sénégal sont équipés de disques résinoïdes abrasifs importés qui présentent l'inconvénient d'être coûteux et d'usure rapide. Des disques striés fabriqués localement avec le concours du secteur de l'artisanat sont en expérimentation dans le cadre d'un programme coordonné par l'ITA et financé par ROCAFREMI.

Moulins

Les recherches menées par l'ITA qui avaient pour but de mettre au point une technique de production de farine et semoules conformes aux besoins des consommateurs ont abouti à la technique dite de la « mouture sèche ». L'option pour la mouture sèche a été l'aboutissement d'études et de tests sous-tendus par des analyses physiques, chimiques, microbiologiques et organoleptiques nécessaires pour l'appréciation correcte de la qualité des produits de première transformation (farines et semoules).

Il a été établi que les farines et semoules produites par décortilage et mouture mécanique de grains de sorgho et de mil non humidifiés peuvent être conservés pendant six mois sans précautions particulières en raison de leur faible teneur en eau (10 %). La mouture par voie



sèche peut être effectuée soit par un moulin à meules soit par un broyeur à marteaux, soit par un moulin à cylindres. L'expérience de l'ITA sur la mouture nous a conduit à proposer:

- Les moulins à marteaux pour la préparation des farines
- Les moulins à cylindre cannelés pour la production de semoule (sankhal)

Les essais de mouture avec des moulins à marteaux ont montré qu'il est possible de modifier les caractéristiques des farines par un changement des tamis du moulin qui en déterminent la granulométrie. Les moulins à cylindres cannelés donnent de meilleur rendement en semoule (sankhal).

Traitement au détacheur à broches entoleter

Au cours du stockage du mil ou du sorgho comme de toute céréale, il y a un risque d'infestation; risque qu'on peut contrôler par un examen périodique et des traitements de fumigation et ceci pendant un certain temps puisqu'il y a la probabilité de présence d'œufs d'insectes ou de larves dans le mil destiné à la transformation. La taille microscopique de ces derniers contribue à leur maintien en vie à travers toutes les étapes de la transformation y compris la mouture. Le fait de soumettre la farine de mil à une force centrifuge accompagné d'un effet de cisaillement, comme c'est le cas avec l'Entoleter, permet de détruire ces œufs et ces larves; donc d'avoir des produits emballés exempts d'insectes. Le traitement à «l'entoleter» est donc une opération de stabilisation phytosanitaire utile pour garantir une longue conservation des produits de mouture, la farine notamment.

L'importance de ces différents équipements ci-dessus énumérés a amené l'ITA à proposer un diagramme pour la transformation industrielle du mil et du sorgho; diagramme établi à l'issue de tests de production industrielle de farine et semoule de mil aux Grands Moulins de Dakar en 1986. Cette technologie permet aujourd'hui de produire des farines de granulométries variées pour la panification, la préparation du couscous et du «arraw», de bouillies et autres recettes mais aussi des semoules de grosseur désirée.

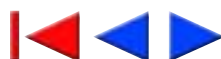
Transformation secondaire

Les efforts de promotion des céréales locales entreprises par les pouvoirs publics avec l'appui de la recherche agricole et agro-alimentaire et des bailleurs de fonds se sont traduits au Sénégal par la création d'unités semi-industrielles dotées d'équipements appropriés pour la première transformation du mil, du sorgho et du maïs en farines et semoules diverses.

Les promoteurs propriétaires de ces unités de transformation ont diversifié leurs activités par la production de granulés traditionnels à valeur ajoutée intéressante (couscous - arraw, tiacry) obtenus à partir de farine.

L'inexistence d'équipements appropriés pour la préparation de ces granulés fait qu'ils ont recours à la technique traditionnelle de granulation manuelle; tâche quotidiennement confiée à des femmes transformatrices regroupées dans leur arrière-cour.

Pour répondre au besoin d'équipements appropriés pour la transformation secondaire de la farine en couscous, ou «arraw», l'ITA a développé dans le cadre d'un programme financé par le CRDI (Centre canadien de recherche pour le développement international) un paquet technologique composé:



- d'un granulateur polyvalent arraw/couscous
- d'un tamiseur mécanique
- d'un séchoir à gaz

Le granulateur polyvalent arraw/couscous qui constitue la principale innovation de ce paquet technologique est composé des parties essentielles suivantes:

- d'un tambour à fond sphérique
- de pâles avec section longitudinale épousant la forme du fond tambour
- de couteaux rotatifs

Le tamiseur-calibreur mécanique proposé pour la classification des couscous, arraw et tiacry en granulés de taille homogène est issu de l'adaptation d'un tarare polycéréales commercialisé par une entreprise locale, la Sismar.

Le séchoir à gaz a fait l'objet d'un transfert de technologie à partir du Burkina-Faso où il a été développé par l'ONG Atesta. En plus des technologies touchant l'obtention des granulés traditionnels que sont le couscous, le arraw et le tiacry, l'ITA s'est aussi intéressé à d'autres produits pouvant être obtenus à partir de la transformation secondaire du mil et du sorgho en ayant recours aux équipements pour d'autres céréales:

- pain
- boisson au mil
- biscuits
- crêpes de mil
- farine infantile.

Dans le cas spécifique du pain, l'ITA a développé un pain composé baptisé «Pain riche» renfermant 85% de blé et 15% de mil. Il est obtenu en ayant recours aux équipements classiques de la panification et en utilisant la technique dite de pétrissage intensifié séparé «PIS». Cette technique consiste à pétrir séparément les deux farines et à ajouter la pâte de mil à deux minutes de la fin du pétrissage intensifié de la farine de blé. Ce pain riche qui est bien apprécié des consommateurs est actuellement fabriqué par de nombreuses boulangeries de Dakar et de certaines régions, Thiès et St-Louis notamment. Sa promotion par une plus large diffusion à travers le pays est prise en charge par le Programme de Promotion des Céréales locales de l'Union Européenne.

Conclusion

De cette expérience sénégalaise, il ressort que la disponibilité d'équipements et de technologies appropriées pour la transformation primaire et secondaire du mil et du sorgho est un préalable à leur consommation plus étendue en milieu urbain comme rural.

Les résultats techniques obtenus dans ce domaine par l'ITA et le secteur privé ont encouragé les pouvoirs publics et leurs partenaires au développement à appuyer sans relâche la promotion de la consommation en zone urbaine des céréales locales, le mil et le sorgho notamment.

Cet appui du fait des possibilités actuelles au niveau approvisionnement, profite essentiellement aux secteurs de la transformation semi-industrielle et artisanale qui de nos jours proposent aux consommateurs des produits dérivés du mil et du sorgho prêts à l'emploi (farine, semoule, couscous, arraw, biscuits, pains).



Il demeure que les efforts pour asseoir une base technique pour l'acquisition, l'assimilation et la diffusion des processus et produits d'ordre technique touchant le domaine de la transformation primaire et secondaire des céréales locales devront être maintenus et renforcés.

Ceci est la seule condition pour garantir la qualité des produits dérivés et amener à leur consommation encore plus étendue en milieu urbain et rural.

Références

ITA/FAO. 1974. Etude de la mouture du mil et du sorgho. Rapport technique Projet ITA/FAO.

Esatman, P. 1982. Adieu au pilon: un nouveau système de mouture mécanique en Afrique. Ottawa, Canada: IDRC.

ITA/USAID. 1986. Etude de la transformation du mil. Rapport technique ITA/USAID.

Broutin, C. et Sokona, K. 1993. La transformation artisanale et semi-industrielle des céréales sèches au Sénégal. Etude diagnostic et proposition d'actions, ENDA-GRAF, FCCAA.

ITA/CRDI. 1999. Rapport final Projet ITA/CRDI.

ROCAFREMI. 1999. Rapport technique. Projet ROCAFREMI.



Présentation de l'ASCOMA

Coulibaly Salimata Diarra¹

Résumé

Créée le 11 janvier 1991, l'Association des consommateurs du Mali, communément appelé ASCOMA, est à but non lucratif et composée de volontaires tous bénévoles. Outre le Bureau National, elle a créé des antennes dans les six communes du District de Bamako, dans des quartiers de la capitale et dans certains cercles et régions du Mali. Les quatre fonctions de l'ASCOMA consistent à :

- Informer, sensibiliser et éduquer les consommateurs
- Représenter les consommateurs et défendre leurs intérêts auprès de l'Etat, des Services publics, des instances législatives, des organes de producteurs de biens et services et des distributeurs. L'ASCOMA est présente dans plus d'une vingtaine de structures publiques, para publiques et privées
- Appuyer les populations dans leur organisation pour leur accès aux denrées et biens de première nécessité et pour la lutte contre la pauvreté. L'atelier de 1995 un an après la dévaluation se plaçait dans ce cadre là et a traité des secteurs clefs
- Développer la collaboration, la coopération et les échanges avec les autres services techniques, les organisations Africaines et Internationales de consommateurs et autres partenaires visant les mêmes objectifs

C'est en raison de cette troisième fonction que l'ASCOMA est appelée à s'impliquer dans la promotion des entreprises et services travaillant dans le sens de la transformation et la valorisation de nos produits locaux, en vue d'obtenir des substituts à des produits importés qui sont coûteux et donc difficilement accessibles aux consommateurs notamment les plus démunis qui constituent la majeure partie de nos populations.

Introduction

L'action de l'ASCOMA se fonde sur les Principes pour la protection des consommateurs (PDPC) et des huit droits fondamentaux reconnus par l'Organisation des Nations Unies depuis le 5 avril 1985. Ces droits fondamentaux notamment comprennent :

- Le droit à la satisfaction des besoins essentiels, c'est à dire droit à la nourriture, à la santé, à l'habillement, au logement...
- Le droit à la sécurité des biens et services et la sécurité des procédés de production
- Le droit à l'information pour un choix averti
- Le droit au choix entre une variété de produits et de services

1. Association des consommateurs du Mali (ASCOMA), BP 8061 Bamako, Mali.



- Le droit à la représentation dans les instances de prises de décision pouvant affecter les intérêts des Consommateurs autrement dit le droit d’être entendu .
- Le droit à la réparation des torts quand le consommateur se sent lésé ou est victime d’un abus.
- Le droit à l’éducation
- Le droit à un environnement sain.

Membre à part entière de l’Organisation internationale des consommateurs (OIC) (ou CI en anglais), dont le siège est à Londres (Royaume Uni) l’ASCOMA relève du Bureau Régional pour l’Afrique basé à Hararé au Zimbabwe . Aussi au delà des huit droits du consommateur, l’ASCOMA est tenue d’inclure dans son travail et dans sa démarche, la promotion des devoirs des consommateurs (obligation naturelle liée à toute réclamation de droits). Et on retiendra que le consommateur devrait être:

- Averti
- Actif
- Socialement responsable
- Ecologiquement responsable
- Solidaire car l’intérêt de chaque consommateur se combine presque toujours avec celui d’autres personnes.

Une attention particulière et soutenue est accordée à l’accessibilité financière et géographique des consommateurs aux soins de santé, à la salubrité des aliments introduits sur le marché, à la lutte pour des services publics à des prix décentes et à la protection de l’environnement. Une place de choix doit être accordée aussi aux femmes compte tenu de leur rôle majeur dans les interactions de marché, dans la famille et la société; le soutien à leurs activités et le renforcement de leurs capacités de femmes sont prioritaires au niveau international et local pour en faire des consommatrices actives, engagées et responsables.

Les difficultés de l’ASCOMA

On retiendra les difficultés de mobilisation des consommateurs, que je lierai d’une part à la jeunesse du concept en Afrique, à l’analphabétisme et à la mauvaise compréhension ou perception de cette bataille. La plupart des gens et mêmes de haut niveau arrivent difficilement à établir le lien entre consommation et développement, mode de consommation et dépendance. Il a été noté au niveau de l’OIC que ces difficultés sont les mêmes pour les autres associations africaines de consommateurs.

Le rôle des Associations de consommateurs dans la promotion des produits locaux

Pour l’OIC et ses membres, la Sécurité alimentaire s’entend par l’accès de tous et à tout moment à une alimentation suffisante et saine. Et c’est grâce à son action auprès de la FAO



que la notion «Saine» a été retenue à Rome en 1996 dans le Concept de la sécurité alimentaire mondiale pour le consommateur.

Notre aspiration va vers une alimentation suffisante et saine, mais aussi variée et bien équilibrée pour s'accommoder à d'autres droits du consommateur que sont le droit à la santé et le droit au choix. Alors les Associations africaines de consommateurs doivent:

- Veiller à l'information et l'éducation du consommateur
- Susciter la création de toutes formes de structures de transformation et de vulgarisation des produits locaux .
- Agir de manière à ce que l'adoption de normes internationales ne nuise pas aux produits locaux (cas du couscous de mil à côté du blé à Abuja en 1997) .

Aussi notre position doit être sous-tendue par des actions concrètes d'appui aux consommateurs pour l'accès à des produits de qualité et à moindre coût préservant ainsi leurs intérêts économiques.

En conséquence dès sa création, l'ASCOMA dans le cadre de sa stratégie de collaboration intersectorielle a noué des rapports très étroits tant avec le PRMC conduit par la cellule canadienne qu'avec le Procelos ainsi que le Laboratoire de technologie alimentaire à Sotuba, le Laboratoire central vétérinaire et bien entendu avec les promoteurs privés de produits locaux et la Fédération des artisans du Mali. Ainsi malgré le manque de moyens et de ressources financières, l'ASCOMA a pu mener des actions sur le terrain.

Quelques actions déjà menées par l'ASCOMA

Le PRMC

En nommant un représentant auprès de cette structure, l'ASCOMA a pu prendre part directement à toutes les discussions, aux rencontres, aux conférences et aux séminaires décisifs dans les orientations nationales du pays en la matière.

Concrètement sur le terrain, elle a pu avec le Programme de restructuration du marché céréalier (PRMC) procéder à des séances de démonstration et à des émissions radio diffusées et télévisées sur le Crible classificateur qui est une innovation technologique permettant un nettoyage correct des céréales avant leur mise en vente sur le marché. Des missions à l'intérieur du pays avec le PRMC ont été conduites avec la participation effective du représentant de l'ASCOMA.

Le PROCELOS

Le représentant de l'ASCOMA pendant des années a régulièrement participé à toutes les actions menées par le Procelos dont la responsable ici présente a envoyé à l'ASCOMA une lettre élogieuse sur la contribution de qualité dont son représentant a fait preuve. Je veux parler de Mme Mariko de UCODAL, son témoignage ici sera le bienvenu.

D'autres actions concrètes proposées par l'ASCOMA en partenariat avec le Projet de promotion des produits locaux (PROCELOS) et les Promoteurs privés n'ont pas pu être réalisées faute de financement.



La Direction nationale des affaires économiques et le syndicat des boulangers

L'ASCOMA s'est impliquée dans le lancement du Mali Buru dont la promotion favoriserait l'utilisation du maïs en tant que produit de substitution et/ou complémentaire au blé. D'autres efforts restent à faire pour atteindre au Mali, les excellents résultats obtenus dans des pays voisins comme le Burkina Faso dont la qualité du pain n'a rien à envier à la baguette parisienne.

L'OPAM et la DNAE

L'ASCOMA se trouve à la base de l'extension à certains produits de système d'information sur le marché céréalier (SIM) réalisé et diffusé une fois par semaine et couvrant l'ensemble du pays. L'ASCOMA a également participé à la première foire organisée par l'OPAM sur les produits céréaliers en vue de faire établir par les uns et les autres le lien qu'il y a entre les consommateurs, les producteurs et les distributeurs et privilégier ainsi la collaboration intersectorielle dans l'intérêt des différents intervenants.

Le Laboratoire central vétérinaire (LCV) et le Projet pour l'amélioration de la productivité animale et l'exportation (APEX)

L'ASCOMA au delà des tests de qualité demandés sur certains produits douteux, a tenu des conférences débats dans les six communes du District de Bamako sur la qualité du lait et ses dérivés, ces produits vendus et consommés dans le District de Bamako présentaient des dangers et menaces pour la santé des populations.

Ces différentes conférences ont suscité beaucoup d'intérêt tant pour les producteurs et les transformateurs que les consommateurs et ont augmenté à l'époque le taux des adhésions à l'ASCOMA. Le séminaire qui a suivi ces rencontres a également bénéficié d'une large participation des unités semi industrielles productrices de lait et aussi des éleveurs, que nous visions en fait pour améliorer la qualité de leur production en respectant les normes d'hygiène et de qualité qu'exige un tel produit de large consommation tant pour les jeunes enfants que pour les personnes âgées déjà reconnues comme des couches vulnérables.

Suite à la dévaluation du franc CFA et en vue d'en atténuer les effets, l'ASCOMA a initié un programme d'émissions radiodiffusées avec Radio «Klédu» pour informer les consommateurs sur leurs droits et devoirs, les orienter dans le marché et vers les produits de substitution.

Des thèmes spécifiques étaient développés sur la qualité nutritive de certains produits et les avantages comparatifs qu'ils offrent par rapport aux produits importés dont certains d'ailleurs présentent parfois des dangers tant pour la santé individuelle que et pour le bien être familial. Parmi ces produits privilégiés il y avait:

- Le Frufru (à base de mil) en substitution au pain devenu cher et de mauvaise qualité
- Le Sumbala (à base de Nèré) hypotenseur contre les cubes Najini favorisant l'hypertension et les maladies cardio-vasculaires et respiratoires.



- Le poisson séché et fumé riche en protéine mieux toléré par le troisième âge.
- Le haricot riche en protéines offrant plusieurs modes de préparation.
- Le sorgho qui offre plusieurs modes de préparation et peut se substituer au riz trop cher par rapport au pouvoir d'achat des populations.
- Le maïs et le fonio dont l'adaptation au régime de certains malades tels les diabétiques, les ulcéreux et les obèses constitue un atout de consommation non négligeable.
- Les légumes et fruits et leur place dans la santé et l'équilibre de l'alimentation familiale.

Des débats ont été également menés sur les médicaments en DCI et la nécessaire complémentarité à développer entre la médecine moderne et la médecine traditionnelle ainsi que les risques liés à l'auto-médication et la vente illicite des médicaments par terre.

L'ASCOMA a aussi participé à des rencontres, forums, séminaires et autres expositions sur les produits locaux et ceci à divers niveaux. Enfin l'expérience des Boucheries Témoins aurait pu réussir si les critères définis à la conception du projet avaient été respectés et le minimum de moyens accordés à l'ASCOMA.

Propositions concrètes ou perspectives en faveur des produits locaux

Compte tenu des défis majeurs à relever chaque acteur socio-économique en Afrique doit s'atteler à être toujours concret dans son approche; aussi les associations de consommateurs doivent œuvrer dans le sens de répondre de plus en plus aux problèmes réels qui se posent quotidiennement aux populations notamment dans la satisfaction de leurs besoins essentiels dont le premier est celui de se nourrir et sans lequel les autres droits ne peuvent être abordés. Et c'est en restant dans cette logique, que l'ASCOMA entend mener des actions concrètes pour armer les consommateurs par la maîtrise de leurs droits et devoirs, la défense de leurs intérêts économiques et sociaux par une meilleure utilisation des revenus de ménages.

Aussi en partenariat avec les différents intervenants en matière de produits locaux, l'ASCOMA propose:

- La conception d'un programme concis d'information et d'éducation des consommateurs sur leurs droits et devoirs et la connaissance des produits locaux disponibles (canaux presse parlée et écrite au niveau local, régional et national)
- La création et l'animation d'un magasin spécialisé de vente des produits locaux avec des conseils culinaires et nutritionnels dans le District de Bamako et qui pourrait s'étendre aux capitales régionales si l'expérience de Bamako s'avère concluante.
- L'organisation d'une journée nationale de produits locaux qui pourrait couvrir l'ensemble du territoire et se déroulera dans toutes les capitales régionales. Elle pourrait coïncider avec la Journée Mondiale de l'Alimentation et prendra en compte l'évolution des résultats de recherche ainsi que les préoccupations conjoncturelles des consommateurs pour l'année en cours.
- L'organisation d'une campagne ponctuelle pour la diffusion de résultats de recherche sur un produit précis qui pourrait être de large consommation ou qui a des atouts nutritionnels importants.



- L'organisation de concours culinaires au plan local et national en vue de promouvoir un produit précis suite à un constat de carence spécifique au niveau d'une population ciblée, dans une zone déterminée et en fonction des problèmes nutritionnels révélés avec une large couverture médiatique.
- L'insertion dans la presse écrite des idées, explications, ou développements récents relatifs aux droits du consommateur et aux recettes culinaires en faveur de la promotion des produits locaux ciblés.
- La confection et la diffusion de brochures culinaires ASCOMA axées sur les recettes novatrices et leurs apports nutritionnels.
- Le développement de partenariat très étroit avec des groupements de femmes et des écoles pour la vulgarisation de recettes attestées.
- La création d'un label ASCOMA en récompense aux meilleurs produits sur le marché et testés à différents niveaux .
- L'identification de personnes ou groupes relais; leur responsabilisation avec appui pour la vulgarisation locale de certains produits locaux. En fait, il s'agit de développer les actions de proximité en faveur du consommateur et partant l'encourager à consommer local.
- La tenue régulière de Forum d'échanges entre les Associations Africaines de Consommateurs et les transformateurs de produits, les groupements de femmes et les services de recherche (niveau national et inter africain) .
- L'organisation d'échanges culinaires entre les écoles dans le même quartier, la même commune, la même ville , le même pays.
- La mise en place d'émissions télévisées et radiodiffusées axées uniquement sur les produits locaux.
- L'instauration et le développement des échanges intracommunautaires au plan local, régional et national pour influencer positivement sur les habitudes de consommation en utilisant les groupes organisés.
- L'appui aux Associations de consommateurs pour l'information, l'éducation et l'orientation des consommateurs et la réalisation de leurs projets. Notamment la création de coopératives telles que c'est le cas au Sénégal, en Inde, au Bangladesh etc.
- Enfin sous l'égide du Mouvement consommateur en Afrique, créer dans chaque pays (capitale) une Boutique africaine où les consommateurs auront le choix entre les différentes spécialités typiques qui caractérisent chaque pays et ceci en partenariat direct avec le Procélos et les transformateurs locaux et d'autres spécialistes. Une certaine envelopure qui cadre avec l'Intégration permettra d'atteindre les objectifs visés.

Conclusion

En cette phase de mondialisation des économies, de globalisation des marchés, d'intégration régionale et de nécessaire lutte contre la faim et la pauvreté croissante dans nos pays; la promotion des produits locaux à travers leur transformation valorisation et leur large vulgarisation s'avère être une des voies les mieux indiquées pour offrir plus d'alternatives locales au plus grand nombre de nos populations.



Et l'utilisation des technologies appropriées favorisera l'expansion des petites et moyennes entreprises par un changement positif des habitudes et modes de consommation et constituera un moyen efficace de développement durable.

Nous réussirons ainsi à:

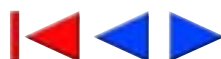
- Améliorer la qualité des produits, assurer la diversité et l'équilibre alimentaire familial
- Rendre nos produits locaux plus compétitifs sur le marché local et national et sur les marchés extérieurs
- Susciter les initiatives créatrices de revenus et réduire la pauvreté notamment celle des femmes
- Combattre la faim et promouvoir la production agricole en vue d'une meilleure sécurité alimentaire
- Réduire la fuite des capitaux pour les orienter vers de véritables programmes de développement humain durable

Cependant il y a lieu de comprendre que cette promotion des produits locaux implique des interférences et nécessite des interactions, des différentes compétences disponibles au niveau des différents acteurs que sont:

1. Les chercheurs
2. Les producteurs
3. Les transformateurs
4. Les distributeurs
5. Les consommateurs
6. Les décideurs à quel que niveau que ce soit
7. La communauté des bailleurs de fonds et donateurs
8. Autres institutions, ONG, et personnes ressources

Avec pour cible principale des femmes ménagères- des groupements de femmes organisées et des élèves qui sont les véritables vecteurs incontournables dans toute action visant à aboutir à des changements dans les habitudes et modes de consommation reconnus unanimement très difficiles à inverser.

En comprenant que la politique de consommation doit être incluse dans toute politique de développement en Afrique, nos pays et gouvernants gagneraient à appuyer davantage les Associations africaines de consommateurs pour qu'elles jouent pleinement et efficacement leur rôle dans la réalisation de cette vision partagée et conformément aux Principes directeurs de protection des consommateurs adoptés par les Nations unies en 1985. En d'autres termes c'est une vérité établie de dire que l'union fait la force, l'union protège, l'union développe, et c'est ensemble que nous réussirons sûrement ce pari dans l'intérêt bien compris de notre pays et de toute l'Afrique.



Les sorghos à double usage

J. Chantereau¹, D. Friot², G. Roberge² et A. Vivien¹

Résumé

En Afrique de l'Ouest et du Centre, le sorgho est d'abord cultivé pour son grain qui est destiné à l'alimentation humaine. Il apparaît cependant de plus en plus intéressant de considérer simultanément la valeur de la paille pour l'alimentation animale. Cette paille doit contribuer à satisfaire les besoins de nourriture des cheptels en augmentation croissante. Il est possible d'améliorer celle-ci par des travaux de sélection. Nous rapportons une étude qui montre l'existence chez le sorgho d'une variabilité élevée pour des caractères comme l'importance de la biomasse, le rapport feuille/grain et la richesse en sucres des tiges. Ces caractères permettent d'augmenter, en premier lieu, la valeur énergétique des parties végétatives pour une utilisation sous forme séchée ou ensilée par des opérations appropriées de récolte, stockage et d'éventuelles complémentations azotée et minérale. En combinant judicieusement de bonnes caractéristiques du grain et de la paille, la sélection doit donc aboutir à des variétés de sorgho à double usage exploitables à la fois pour l'alimentation humaine et animale. Avec un tel type de matériel, les paysans disposeraient de cultivars plus valorisants que ceux qu'ils cultivent actuellement.

Introduction

En Afrique de l'Ouest, on constate une augmentation des cheptels dont celui des ruminants (Secrétariat d'Etat à la Coopération, CIRAD-EMVT, 1997). Plusieurs raisons expliquent cette évolution:

La sécheresse qui a provoqué la désertification des savanes a aussi causé la descente des éleveurs transhumants vers des terroirs traditionnellement réservés aux agriculteurs. Des éleveurs se sont sédentarisés et des agriculteurs sont devenus des agro-éleveurs. Ces changements ont facilité, notamment dans les zones cotonnières, le développement de la culture attelée avec un usage croissant du fumier pour maintenir ou restituer la fertilité des terroirs (Giraudy et Samake 1995). Dans le même temps, les marchés urbains sont devenus plus demandeurs de produits animaux en raison des flux migratoires des campagnes vers les villes et de la croissance démographique. Par ailleurs, ces populations urbaines en forte croissance changent progressivement leurs habitudes alimentaires en augmentant leur demande en produits laitiers ou carnés.

Afin de faire face à ces besoins, il est nécessaire d'améliorer les systèmes d'alimentation des animaux avec les sous-produits des cultures et éventuellement des cultures fourragères.

1. Centre de coopération internationale de recherche agronomique pour le développement (CIRAD)-CA, BP 5035 Montpellier, France.

2. CIRAD-EMVT, BP 3035 Montpellier, France.



Le sorgho dont les surfaces et la production augmentent dans les régions de l’Afrique de l’Ouest où sa rusticité et ses exigences limitées en eau lui confèrent un avantage sur le maïs (ICRISAT et FAO 1997), pourrait répondre efficacement à cet objectif.

Le sorgho y est cultivé pour son grain réservé à l’alimentation humaine. Jusqu’à récemment, la paille des variétés locales très largement cultivées apparaissait comme un résidu de peu d’intérêt qui était soit brûlé, soit laissé à la vaine pâture des animaux en divagation. Aujourd’hui, les paysans portent plus d’intérêt à cette paille qu’ils récoltent et entreposent pour nourriture aux animaux durant la saison sèche. Ainsi, cette pratique qui était connue dans certaines zones à forte pression foncière se généralise donc. Il reste que les résidus de récolte du sorgho se caractérisent par une faible teneur en azote (environ 4%) et sucres solubles (environ 3%) ainsi qu’une faible digestibilité de la matière sèche constituée de 70 à 80 % de parois (Ouedraogo et al. 1995).

A ce jour, la paille des sorghos grains a été peu étudiée par la recherche. Cependant, il existe dans la diversité de l’espèce des potentialités pour l’amélioration de cette paille alors qu’elle est normalement peu différente de celle du maïs ou de mil. L’exploitation de ces potentialités couplée avec un traitement technique approprié permettrait de proposer des variétés de sorghos à double usage c’est à dire pouvant servir à l’alimentation des hommes et des animaux. Des cultivars ainsi sélectionnés pour leur valeur fourragère tout en maintenant leur valeur pour la nutrition humaine présenteraient un grand intérêt.

Schématiquement, deux types de sorghos à double usage peuvent se concevoir sur la base:

- d’un partage des produits de récolte: le grain est destiné aux hommes, la paille aux animaux. Ce type de sorgho est déjà important en Inde (Rattunde 1998). Il s’agit alors de sorghos à double usage au sens étroit,
- d’un partage des aires de production: une partie des surfaces emblavées est destinée aux animaux pour faire de l’ensilage, l’autre partie sert à la nourriture des hommes. Ces sorghos ensilage capable de produire des graines pour l’alimentation humaine donneraient plus d’alternatives à la gestion variétale.

Pour chacun des cas, notre but est de mieux définir les situations favorables à leur exploitation, les caractères susceptibles d’amélioration génétique et les procédés techniques de valorisation. Cette présentation y contribue en donnant également quelques résultats de travaux récents impliquant le CIRAD. Comme les sorghos à double usage ont été peu étudiés, les données et résultats présentés ont un caractère préliminaire.

Sorghos à double usage «sensus stricto»

Situations favorables à l’exploitation des sorghos à double usage

Les situations favorables à l’exploitation des sorghos à double usage sont celles:

- des terroirs où la culture attelée est importante, c’est à dire essentiellement les zones cotonnières. Il y existe un pressant besoin de nourrir convenablement les animaux de trait en saison sèche pour les maintenir aptes à travailler dès le début de l’hivernage,



- des zones climatiques où les contraintes climatiques et de fertilité sont limitantes pour une culture du maïs sans risque et, en revanche, favorables à celle du sorgho. Ces zones climatiques sont schématiquement définies par les isohyètes allant de 700 à 900 mm.

Caractères génétiques du sorgho à sélectionner

Il convient de considérer les caractères pris en compte pour les sorghos grains. Il est aussi nécessaire d'en sélectionner d'autres qui paraissent intéressants pour l'amélioration de la valeur fourragère avec pour objectif:

- Dans le domaine des caractéristiques agronomiques
 - une croissance rapide avec une biomasse importante
 - la résistance à la verse
 - la sénescence tardive du feuillage («stay green»)
 - un rapport feuille/tige élevé
 - Dans le domaine des caractéristiques directement liées à la valeur alimentaire:
- une tige sans épaisseur ni dureté excessive
 - la richesse en sucres
 - une faible teneur en durrhine
 - le caractère tan?
 - une nervure brune («brown midrib»)

Quelques-uns de ces caractères sont à déterminisme simple comme le caractère tan ou celui de nervure brune (Doggett 1988). Ce dernier caractère est associé à une diminution importante de la teneur en lignine de la tige et une augmentation conséquente de la digestibilité de la plante (Fritz et al. 1981).

Les autres caractères sont complexes et mal compris (Bramel Cox et al. 1995). Certains ont de plus l'handicap de réagir fortement au milieu comme la production de biomasse et à un degré moindre la teneur en durrhine.

Le caractère richesse en sucres nous paraît important pour l'amélioration de la valeur fourragère de sorghos à double usage: il fait référence aux sucres solubles et fermentescibles présents dans l'appareil végétatif. On en reconnaît deux types:

- les oses simples et inversibles à savoir essentiellement le glucose et le fructose
- un sucre cristallisable, le saccharose

Leur teneur varie au cours du cycle. L'accumulation de saccharose commence après la montaison et se poursuit régulièrement jusqu'au stade grain pâteux. Dans le même temps, la teneur en glucose et fructose qui est maximum au moment de l'élongation des noeuds décline jusqu'à la maturité physiologique (Petrini et al. 1993). Sur la base d'aptitudes différentes à synthétiser les deux types de sucres, on distingue des sorghos à sirop et des sorghos sucriers «sensus stricto». La teneur globale en sucre passe par un maximum vers une vingtaine de jours avant la maturité (Schaffert et Gourley 1982).

La sélection de tous ces caractères propres à la plante doit améliorer la valeur des pailles dont les composantes sont:



- la facilité de récolte et de stockage
- la quantité
- l'ingestibilité
- la digestibilité

Une estimation de la contribution des caractères à l'obtention des qualités souhaitées pour les composantes de la valeur des pailles est présentée dans le Tableau 1.

Certains caractères sont positifs pour une partie des composantes et négatifs pour l'autre. C'est le cas de la forte croissance ou du caractère nervure brune.

Il y a aussi des caractères antagonistes comme la résistance à la verse qui est négativement liée au caractère de finesse de tige ou encore le caractère nervure brune qui conduit à un manque de solidité de la tige par diminution de lignine.

Cependant, en terme quantitatif, il n'y a pas de corrélation négative notable entre productions de grain et de paille chez les sorghos à double usage (Rattunde 1998). En revanche, il existe des incertitudes. Ainsi on évalue mal:

- les conséquences de l'acquisition de certains caractères comme la richesse en sucre sur l'attractivité exercée vis-à-vis d'ennemis des cultures (micro-organismes et insectes),
- la capacité des sucres à se conserver dans les pailles. Il semble qu'il existe une corrélation négative entre le rendement grain et le maintien d'une teneur élevée en sucres dans la tige à maturité (Vietor et Miller 1990). Déjà, ce que l'on sait de la dynamique des sucres incline à privilégier les sorghos riches en saccharose plutôt que riches en oses simples et réversibles dont la teneur diminue après la montaison. Cependant, il conviendrait de vérifier si ce point de vue est justifié,
- l'intérêt du caractère « tan » pour l'ingestibilité et la digestibilité des pailles.

Dans ce contexte, un sorgho à double usage demande de réaliser des compromis entre un certain nombre d'exigences contradictoires (telles résistance verse–finesse de la tige).

Procédés techniques de valorisation

Plusieurs procédés peuvent préserver voir améliorer la qualité de la paille:

- ainsi une paille coupée et séchée le plus tôt possible après la récolte des panicules a une meilleure valeur alimentaire que si elle est coupée après sa sénescence complète. C'est pour faciliter ce résultat que le caractère sénescence tardive est sélectionné. Par ailleurs, il est recommandé de sécher la paille en la préservant au maximum de contamination par la terre,
- le hachage des pailles améliore leur ingestibilité et leur digestibilité,
- enfin, le traitement des pailles à l'urée assure une complémentation en azote qui est le facteur le plus limitant de leur valeur alimentaire. Ces pailles peuvent être complémentées avec des tourteaux.

Ces procédés sont cependant mobilisateurs de temps et de moyens que l'agriculteur n'a pas toujours surtout au moment des récoltes. Ils sont donc surtout justifiés si celui-ci a pour spéculation de faire de l'embouche ou de la production de lait.



Etude d'une collection de sorghos sucrés

En dépit de l'importance de la biomasse liée à une grande taille, il est difficile de trouver chez les sorghos « guinea » locaux ouest africains les qualités requises pour conduire à un bon fourrage. Un premier travail à faire est d'exploiter la diversité des autres sorghos cultivés existants. Nous l'avons entrepris à partir d'une collection d'une centaine de sorghos sucrés (plus de la moitié venant de l'ICRISAT) cultivés à Montpellier en 1998. Douze variétés ont été récoltées au stade grain pâteux pour des analyses dont les résultats sont en cours d'obtention. L'accent est mis sur:

- l'évaluation des caractéristiques des plantes jouant sur la qualité fourragère (Tableau 2). Les teneurs en sucres solubles qui y sont présentées sont le résultat de mesures au réfractomètre Brix faites au moment de la coupe des tiges,
- l'établissement de la valeur alimentaire qui rend compte de la digestibilité et l'ingestibilité des pailles de ces sorghos (Tableau 3). Cette valeur alimentaire met en jeu plusieurs notions:
- la valeur énergétique exprimée en UFL (unité fourragère lait) ou UFV (unité fourragère viande) qui dépendent de la digestibilité de la matière organique (DMO) estimée par des méthodes chimiques ou enzymatique in vitro,
- la valeur azotée principalement dépendante de la teneur en azote totale (Matière azotée totale ou MAT ' N total x 6,25) qui est exprimée, soit en matière azotée digestible: MAD = MAT-50 (en g par kg MS), soit en protéine digestible dans l'intestin grêle: PDI. Ces PDI sont les PDIN permises par l'azote ou les PDIE permises par l'énergie; la plus petite de ces valeurs est limitante et donc retenue,
- les valeurs minérales et vitaminiques

Les résultats montrent une forte variabilité des caractères variétaux impliqués dans la valeur des pailles. Il y a notamment de grandes variations pour le rapport feuille/tige qui est un des caractères ayant le plus d'impact sur l'ingestibilité. Avec des numéros comme le V32 ou le V40, un bon rapport feuille/tige est associé avec un haut rendement en matière sèche. D'autre part, les teneurs en sucres selon la méthode « Brix » atteignent parfois des valeurs élevées. Avec ces résultats préliminaires, il paraît possible de sélectionner des sorghos sucrés, producteurs de matière sèche avec une proportion limitée de tiges.

La variabilité des UFL est assez limitée alors que celle de la valeur azotée mesurée par le MAD est plus importante avec cependant un cas particulier: la variété V44 victime de maladies foliaires. Si on rapporte ces résultats au caractère «tan» des plantes (Tableau 1), l'anthocyane du feuillage ne semble pas jouer sur les éléments de la valeur alimentaire. Il peut néanmoins diminuer l'ingestibilité des pailles ce que nous n'avons pas pu évaluer.

Le Tableau 4 établit des corrélations entre quelques caractéristiques variétales et certaines des mesures de valeur énergétique et azotée des sorghos étudiés. intéressante corrélation positive entre teneur en sucre et valeur énergétique mesurée par UFL ($r = 0,69$) est mise en évidence. Elle est illustrée par la Figure 1. Il serait important de vérifier ce résultat dans le cas d'appareils végétatifs récoltés au moment de la maturité des grains. En revanche, la richesse en sucre est plutôt liée négativement avec la valeur azotée.



Sorghos ensilage

Situations favorable à l'exploitation des sorghos ensilage

Il est difficile de rencontrer, en Afrique de l'Ouest, des conditions favorables aux sorghos ensilage qui n'ont pas été véritablement diffusés jusqu'à présent. Un préalable à leur adoption paraît être:

- leur culture près d'unités laitières ou d'embouche péri-urbaines qui seules peuvent permettre de rentabiliser la mise en oeuvre de techniques d'ensilage
- leur culture dans des zones climatiques favorables au sorgho qui sont celles schématiquement définies par les isohyètes allant de 700 à 900 mm.

Caractères génétiques à sélectionner

Tous les caractères pris en compte pour la sélection de sorghos grain sont à sélectionner en même temps qu'une grande partie des caractères jugés intéressants pour la paille. Plus précisément, il convient de sélectionner:

- dans le domaine des caractéristiques agronomiques:
 - une croissance rapide avec une biomasse importante
 - la résistance à la verse
 - une sénescence tardive du feuillage («stay green»)
 - un rapport équilibré grain/paille de ~ 0,4
- dans le domaine des caractéristiques directement liées à la valeur alimentaire:
 - une tige sans épaisseur ni dureté excessive
 - la richesse en sucres
 - le caractère tan?
 - une nervure brune («brown midrib»)

Par rapport au sorgho à double usage, nous considérons peu important le caractère teneur en durrhine (car celle-ci est détruite par l'ensilage). Il faut par ailleurs accorder plus d'attention au bon équilibre entre les parties végétatives et reproductives qu'au rapport feuille/tige. Enfin, sorghos à sirop ou sorghos riches en saccharose sont tous deux intéressants pour l'ensilage. Leurs différents types de sucres orientent les fermentations vers celles de type lactique qui conduisent rapidement à de bas pH et donc une bonne conservation de l'ensilage.

L'amélioration de ces caractères dans le sens souhaité, doit permettre d'obtenir un produit adapté à l'ensilage dont l'intérêt est défini par les composantes suivantes:

- la quantité
- la facilité de récolte
- la facilité de hachage
- l'ingestibilité des pailles
- la digestibilité



Les considérations concernant la contribution des caractères de la plante à l'obtention des différences requises pour un bon ensilage sont sensiblement les mêmes que celles émises pour les sorghos à double usage grain/paille.

Procédés techniques de valorisation

Compte tenu de la dynamique des sucres et de la nécessité de récolter un matériel pas trop fibreux, il faut récolter avant la maturité du grain. Le moment optimum se situe vers le stade où le grain perd sa couleur verte pour prendre sa couleur définitive.

Un ensilage doit être réalisé rapidement et être bien tassé pour éviter les renouvellements d'air et plus un sorgho est riche en sucres, meilleure sera la fermentation (Ministère de la Coopération et Cirad-EMVT 1994).

Conclusion

Il existe, en Afrique de l'Ouest, une demande pour une utilisation fourragère des pailles des cultures vivrières. Le sorgho peut contribuer à satisfaire ce besoin ainsi que le montre la commercialisation des pailles des «Muskwaris» au Cameroun. Cette valorisation des sorghos doit être soutenue par la sélection avec l'obtention de sorghos à double-usage. Dans ce but, il convient d'identifier les caractères les plus intéressants à améliorer. La richesse en sucre de la tige fait partie de ceux-là et paraît liée à la valeur énergétique des paille. Il convient également d'exploiter la variabilité existant chez les sorghos. Celle-ci est réelle et montre que l'on peut y sélectionner des variétés donnant des plantes le plus proches possible des objectifs visés c'est à dire pouvant produire de la paille nutritive pour le bétail. Les améliorations envisagée de la valeur alimentaire des pailles peuvent cependant avoir des incidences sur les caractères agronomiques ou d'adaptation aux conditions paysannes des sorghos. Il est donc nécessaire de poursuivre les études et de confronter les résultats variétaux en cours d'obtention aux réalités du terrain.

Références

Bramel-Cox, P.J., Kumar, K.A., Handcock, J.D. et Andrews, D.J. 1995. Sorghum and millets for forage and feed. Pages 325-364 *in* Sorghum and Millets Chemistry and Technology (Dendy, D.A.V., ed.). USA: American Association Cereal Chemists, Inc.

Fritz, J.O., Cantrell, R.P., Lechtenberg, V.L., Axtell, J.D. et Hertel, J.M. 1981. Brown midrib mutants in sudangrass and grain sorghum. *Crop Science* 21: 706-709.

Giraudy, F. et Samake, S. 1995. La production et l'utilisation de la fumure organique par les exploitations de la zone Mali-Sud. Mali: Compagnie malienne pour le développement des textiles. 9 pp.

ICRISAT et FAO. 1997. L'économie mondiale du sorgho et du mil. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, Inde: ICRISAT; et 00100 Rome, Italie: FAO.



Ministère de la Coopération et Cirad-EMVT. 1994. Fiche n°3: Les réserves Forragères III - L'ensilage. Paris, France: Ministère de la Coopération; Montpellier, France: CIRAD-EMVT.

Ouedraogo, C.L., Nassa, S. et Nianogo, A.J. 1995. Contraintes liées à l'utilisation des pailles de céréales dans l'alimentation des ruminants. Pages 189-195 *in* Proceedings of the workshop on Processing and Utilization of Sorghum and Related Cereals in Africa, Ouagadougou, Burkina Faso, 22-26 novembre 1993.

Petrini, C., Belletti, A. et Salamini, F. 1993. Accumulation and distribution of dry matter and soluble carbohydrates in two sweet sorghum cultivars: influence of sowing date and harvesting time. *European Journal of Agronomy* 2(3): 185-192.

Secrétariat d'Etat à la coopération, Cirad-EMVT, BDPA-Scetagri. 1997. Etude sur la compétitivité des filières de productions animales en Afrique sub-saharienne et à Madagascar.

Schaffert, R.E. et Gourley, L.M. 1982. Sorghum as energy source. Pages 605-623 *in* Sorghum in the Eighties (House L.R., Mughogho L.K., Peacock J.M., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, Inde: ICRISAT.

Rattunde, H.F.W. Early-maturing dual-purpose sorghums: Agronomic trait variation and covariation among landraces. *Plant Breeding* 117: 33-36.

Vietor, D.M. and Miller, F.R. 1990. Assimilation, partitioning, and nonstructural carbohydrates in sweet compared with grain sorghum. *Crop Science* 30:1109-1115.

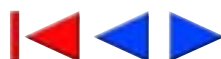


Tableau 1. Contribution attendue des caractères variétaux aux composantes de la valeur des pailles.

Composante de la Valeur des Pailles	Quantité	Facilité de récolte et de Stockage	Ingestibilité	Digestibilité
Croissance rapide avec une forte biomasse	+	-		
Résistance à la verse		+	-	-
Sénescence tardive (stay green)		+	+	+
Rapport élevé feuille/tige			+	+
Tige sans épaisseur et dureté excessives (sensibilité verse)		-	+	+
Richesse en sucre des pailles			+	+
Faible teneur en durrhine				+
Nervure brune (sensibilité verse)		-	+	+
Caractère tan			+?	+?

+: contribution positive

- : contribution négative

: absence supposée de contribution

Tableau 2. Caractères plantes observés ou mesurés à la récolte au stade grains pâteux.

V14	270	82	527	an.	blanche	0,40	11,2
V21	175	76	377	an.	verte	0,72	6,3
V29	200	79	506	tan	blanche	0,33	11,5
V32	180	74	556	an.	jaune	0,59	6,1
V33	180	79	558	an.	verte	0,46	10,3
V36	140	71	311	tan	verte	1,15	8,0
V37	120	71	400	tan	blanche	1,03	3,0
V38	145	68	311	tan	verte	0,47	7,5
V40	145	74	592	tan	verte	0,60	5,6
V44	245	68	421	tan	verte	0,28	11,6
T1	165	68	476	an.	blanche	0,87	2,1
T2	300	89	885	an.	jaune/verte	0,41	14,3

T1: sorgho témoin français non sucrés (Beldone)

T2: sorgho témoin français sucrés (Super Sile)



Tableau 3. Mesures de la valeur énergétique et azotée des tiges + feuilles récoltées au stade grain pâteux.

V14	0,68	60,6	33
V21	0,66	60,1	37
V29	0,69	60,0	23
V32	0,66	59,9	34
V33	0,68	61,5	40
V36	0,67	60,1	32
V37	0,68	61,7	54
V38	0,70	62,8	55
V40	0,68	60,6	38
V44	0,69	59,8	4
T1	0,63	59,0	45
T2	0,70	60,7	25

T1: sorgho témoin français non sucré (Beldone)

T2: sorgho témoin français sucré (Super Sile)

Tableau 4. Corrélations entre caractères “plante” et éléments de la valeur alimentaire.

UFL	0,34	0,35	0,22	0,69**
dMO	-0,23	0,02	-0,13	0,07
MAD	-0,66*	-0,24	-0,28	-0,68*

* Coefficient de corrélation significatif au seuil 5%

** Coefficient de corrélation significatif au seuil 1%



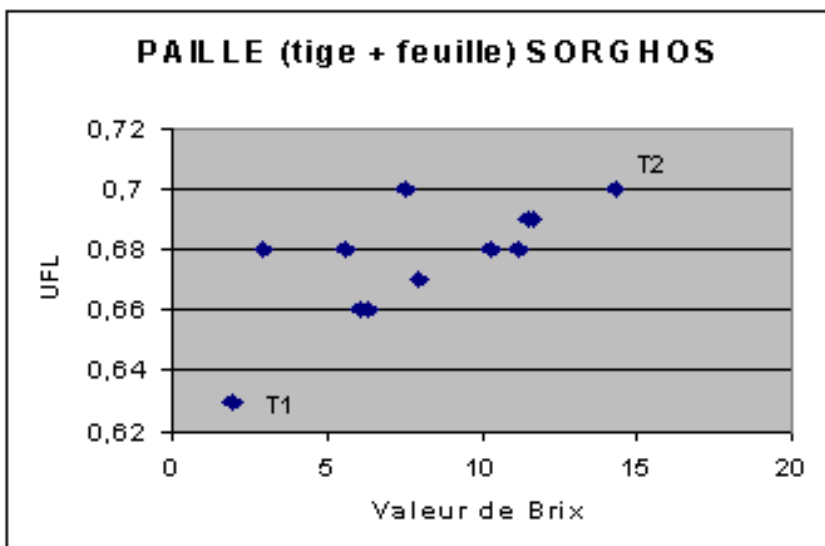


Figure 1. Liaison entre la richesse en sucre des tiges mesurée par réfractomètre Brix et la valeur énergétique des pailles mesurée en UFL ($R=0,69$).



***Striga* Control: Mechanisms and Strategies for Promoting Sustainable Sorghum Production in Africa with Special Emphasis on Host Plant Resistance**

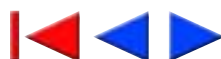
Bettina I. G. Haussmann¹ and Dale E. Hess²

Abstract

Striga species constitute a major biotic constraint to sorghum production in sub-Saharan Africa. About two-thirds of fields planted to cereal in 17 sub-Saharan African countries are estimated to be seriously infested by these parasitic weeds. Successful *Striga* management depends on the development and regular application of integrated control systems. Adapted, productive *Striga*-resistant sorghum varieties could be a highly efficient management component as they require no additional inputs other than improved seed. However, known resistance sources in sorghum are frequently low-yielding with poor agronomic background. Insufficient information on the genetics of resistance to *Striga* and the difficulty of evaluating resistance in the field have seriously limited research progress. The agar-gel assay is the first inexpensive, rapid and reliable laboratory screening tool permitting the characterization of cereal genotypes for a well-defined resistance mechanism, i.e., low stimulation of *Striga* seed germination. Efforts are underway to develop other assays screening for individual resistance mechanisms. Strategies in *Striga* resistance breeding should include: characterization of crop germplasm and improvement of available resistance sources for agronomic characters; transfer and pyramiding of resistance genes into adapted genotypes; development of *Striga*-resistant parent lines for use in hybrids or open-pollinated synthetic varieties; and development of random-mating populations with multiple sources of resistance. Due to parasite variability and significant genotype x environment interactions, multi-locational testing is recommended. The development of marker-assisted selection techniques for broad-based *Striga* resistance is underway. The approach is promising, since most *Striga* resistance tests are difficult, expensive and unreliable; the parasite is quarantined; and resistance genes are partly recessive. In the short to medium term, selection of adapted sorghum genotypes for use in integrated *Striga* control packages could contribute to sustained sorghum production in *Striga*-infested areas of sub-Saharan Africa.

1. University of Hohenheim, Institute of Plant Breeding, Seed Science, and Population Genetics, 70593 Stuttgart, Germany.

2. ICRISAT, B.P. 320 Bamako, Mali.



Introduction

The parasitic flowering weeds *Striga hermonthica* (Del.) Benth. and *S. asiatica* (L.) Kuntze are major biotic constraints to sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] production in sub-Saharan Africa. Of lesser economic importance are *S. aspera* (Willd.) Benth and *S. forbesii* Benth. Total annual yield losses in all cereals due to *S. hermonthica* have been estimated to amount to US\$ 7 billion (M'boob 1986). Two-thirds of fields used for cereal production in 17 sub-Saharan African countries are estimated to be seriously infested by these parasitic weeds (Kim et al. 1998). In this presentation, current aspects of *Striga* control in sorghum are reviewed with special emphasis on host plant resistance breeding.

Methods of *Striga* Control

Striga control methods can be grouped into three major categories with complementary objectives: (1) reduction of the *Striga* seed bank in infested soils; (2) reduction of new *Striga* seed production; and (3) reduction of the spread of *Striga* seeds to uninfested fields. A viable control strategy should integrate at least one control method from each of the three major categories (Obilana 1990). Individual control approaches may be classified as cultural, physical, chemical, or biological (Table 1).

Whereas countless experiments have been conducted to investigate *Striga* control approaches, few methods, if any, have had much impact in farmers' fields. In order to be adopted, *Striga* control practices must simultaneously improve crop yields, enhance soil fertility, and be accepted by farmers (Berner et al. 1996a; Kroschel 1998). Due to the diversity of farming systems in Africa, research and extension should work towards promoting those *Striga* control strategies that best address local needs, i.e., ecological systems, cultural backgrounds, population density, food preferences, market accessibility, degree of technological input in the farm, etc. (Doggett 1988; Bengaly and Dufour 1997; Kroschel 1998; Sallé 1998). On-farm participatory research may be one of the most effective ways of identifying farmers' ability to combat *Striga* in sub-Saharan Africa. In addition, information campaigns which aim at increasing public awareness and knowledge of *Striga* biology and control options should be carried out as often as needed (Obilana 1990; Dembélé and Konaté 1991; Berner et al. 1996a; Kroschel 1998).

Breeding for *Striga* Resistance in Sorghum

Adapted, *Striga*-resistant sorghum varieties can be a major component of integrated *Striga* control packages. However, breeding progress has been limited, owing to insufficient information on the genetics of *Striga* resistance, as well as difficulties involved in evaluating *Striga* resistance in the field.

Definition of Resistance to *Striga*

A crop genotype that can grow under *Striga* infested conditions while supporting significantly fewer *Striga* plants and producing higher yields than a susceptible cultivar is



called resistant (Doggett 1988; Ejeta et al. 1992). In contrast, tolerant genotypes tend to support as many *Striga* plants as susceptible genotypes, but without concomitant reduction in grain yield or overall productivity. Cultivation of tolerant cultivars may lead to an increased *Striga* seed bank over time, however (Doggett 1988).

Resistance Mechanisms

Because *Striga* is an obligate parasite, interactions between *Striga* and its host plant play a crucial role in the survival of the parasite. Crop genotypes which can interfere with one or more stages of the parasite's life cycle may be resistant. The following (potential) resistance mechanisms have been suggested (Ejeta et al. 1992; Ejeta and Butler 1993; Berner et al. 1995; Wegmann 1996):

- low production of germination stimulant
- mechanical barriers (e.g., lignification of cell walls)
- inhibition of germ tube exoenzymes by root exudates
- phytoalexin synthesis (phytoalexins are low molecular weight secondary metabolites, which serve as a self defense mechanism for the plant. They are produced in response to pathogen attack)
- post attachment hypersensitive reactions
- antibiosis
- unfavorable phytohormone supplied by the host
- insensitivity to *Striga* toxin (e.g., maintenance of photosynthetic efficiency)
- avoidance through root growth habit (e.g., fewer roots in the upper 15 to 20 cm)

Frick et al. (1996) demonstrated the absence of haustorial inducer to be an improbable resistance mechanism. Syringic acid was efficiently metabolized (under mild conditions) by horseradish peroxidase to the haustorial inducer 2,6-dimethoxy-parabenzquinone. Since syringic acid is an ubiquitous metabolite of lignin biosynthesis and peroxidase reactions are involved in almost all pathogenic processes, haustorial inducer is probably produced by most host plants.

Screening Techniques and Selection Traits

Precise and reliable screening techniques are indispensable prerequisites to breeding for resistance to any biotic or abiotic stress factor (Vasudeva Rao 1985). Individual or simple mechanisms conferring resistance to *Striga* may be screened in the laboratory, whereas complex resistance mechanisms must be assessed under field conditions. Screening in pots combines some advantages of both, providing superior control over environmental conditions (compared to the field), but with the disadvantage of a largely artificial root environment. Because of the inconsistent genetic correlation with the reaction to *Striga* under field conditions (Hausmann et al. 1998), screening with pot trials appear to be of rather limited use in breeding programs.



Screening for Individual Resistance Mechanisms in the Laboratory

The agar-gel assay developed by Hess et al. (1992) provides a simple means for screening host genotypes for low stimulation of *Striga* seed germination. Preconditioned *Striga* seeds are dispersed in agar in Petri dishes, a germinating sorghum seed is added to each dish, and the maximum distance between sorghum rootlets and germinated *Striga* seeds (“germination distance”) is measured after three to five days. Entries with a germination distance below 10 mm are classified as low-stimulant types.

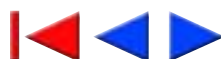
Other laboratory tests that have been developed include: 1) techniques to identify low stimulant producing genotypes (Vasudeva Rao 1985); 2) *in vitro* growth systems to detect hypersensitivity reactions (Lane et al. 1991 a, b; Ejeta, pers. communication); 3) histological studies of host roots to elucidate mechanical barriers (Vasudeva Rao 1985); 4) *in vitro* culture of sorghum cells treated with extracts of *Striga* plants to screen for resistance to the *Striga* toxin (Ejeta et al. 1992); 5) evaluation of extracts of host roots or other tissues for their ability to kill *in vitro* cultures of suspended *Striga* cells (Ejeta et al. 1992). These tests are generally laborious, and therefore may not be suitable for employment in large selection programs .

Screening for Complex Resistance under Field Conditions

Field screening allows evaluation of materials not only for their reaction to *Striga* but also for other important traits such as grain yield, grain quality, disease resistance, and general agronomic performance. Nevertheless, accuracy in field screening, especially with regard to *Striga* resistance may be hampered by a number conditions which include: heterogeneity of infestation in naturally-infested fields, large environmental effects on *Striga* emergence, and complex interactions between host, parasite and environment affecting parasite establishment and its reproductive ability. Improved accuracy in field tests can on the other hand be attained through the following techniques:

- infestation with *Striga* seeds
- increased number of replications
- specific plot layout
- appropriate experimental design
- inclusion of a susceptible check at regular intervals

The site selected for artificial infestation with *Striga* should be on-station, well drained and absolutely level, inasmuch as sloped fields tend to favor the displacement of *Striga* seeds through the run-off during heavy rains. Sufficient *Striga* seeds must be collected prior to the artificial infestation procedure. Three to four kg of clean, viable *Striga* seed are sufficient to heavily infest an experimental area of one hectare. To achieve uniform infestation, the field must be divided into plots of equal size or rows of equal length. Equal



amounts of *Striga* seed are weighed, mixed with fine dry sand, and uniformly distributed in each plot (or row). Alternatively, the *Striga* seed/sand mixture may be applied to individual planting holes. The latter method, however, is less true to conditions of naturally-infested farmers' fields.

When performing *Striga* resistance genetic studies requiring very high precision, the number of replications can be increased up to six. This normally requires a reduction in plot size, owing to the limited availability of uniformly infested fields. In order to achieve high precision in field tests, a specific plot layout was developed as follows. Each plot consists of two rows, separated from the adjacent entry by one empty row. This arrangement has several advantages. For each entry, traits can be assessed in both rows, and no land is lost to border rows. In addition, neighbor effects are reduced due to the empty row, and more light reaches the ground, enhancing *Striga* emergence and development. Finally, *Striga* counts are made easier since there is more available space between the plots.

With large trials including many entries, the natural heterogeneity of the field can be at least partially taken care of by selecting appropriate experimental designs, such as the incomplete block or lattice designs (Cochran and Cox 1957).

Susceptible check varieties may be included at frequent intervals so that all observations can be expressed as percentage values relative to the nearest susceptible check. Carried to an extreme, this would result in the checkerboard layout, where each test variety is surrounded by the susceptible cultivar. The checkerboard layout requires considerable space and, hence, reduces the number of entries which can be evaluated or the number of replications which can be employed. In addition, experimental accuracy may not always be improved by converting measured plot values to a percent of the nearest check (Ransom et al. 1990). This may be due to the fact that the reaction of the susceptible check is estimated with an experimental error as well. Using multiple checks is therefore required only when small experiments are carried out in extremely heterogeneous fields.

Entries may also be evaluated simultaneously under infested and non-infested conditions in adjacent strips of the same field (Berner et al. 1995). This technique, which allows for quantification of yield reduction and convenient assessment of stress symptoms, is being widely used in breeding maize for tolerance to *Striga* at the International Institute for Tropical Agriculture (IITA). After each experiment, the area is planted with a highly efficient trap crop for two seasons and then treated with ethylene to germinate any remaining *Striga*. Thereafter, the field can be infested anew for other screening experiments (D. Berner, pers. communication).

Data collection in field trials includes *Striga* development traits and traits quantifying the reaction of the host plants.

With regard to *Striga*, parameters that are frequently monitored and assessed include: days to *Striga* appearance in each plot; days to the onset of *Striga* flowering in each plot; total number of emerged *Striga* plants; number of flowering *Striga* plants; and number of *Striga* plants with seed capsules. Counts are often made at two-week intervals during the season, generally beginning two or three weeks after *Striga* emerges in the experiment. However, when resources are limited, the number of *Striga* counts may be limited to only two, performed at around 70 and 90 days after planting. The counts may be accompanied by a visual estimation of *Striga* vigor (see Appendix), inasmuch as five *Striga* plants of 5 cm



height will differ significantly from five fully-developed 40 cm *Striga* plants with numerous branches, flowers and capsules. Multiplying the *Striga* count with the average *Striga* vigor in each plot provides a new measure which we call “*Striga* severity”. *Striga* counts or severity estimates from several successive dates can also be combined to “area under *Striga* progress curves”, using the common formula for area under disease progress curves (AUDPC, Shaner and Finney 1977). *Striga* dry matter may be another trait of interest, but it is difficult to measure and usually has a large error variance. It is correlated to *Striga* counts, vigor score, and *Striga* index. The assessment of the number of subterranean attached *Striga* plants is very laborious and is generally restricted to small trials or selected entries in a large trial.

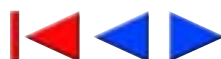
Using emerged *Striga* number as a resistance measure can entail a lot of work when infestation is high, and lead to problems when extremely susceptible varieties are evaluated, especially in both maize (Kim 1998) and sorghum. Very susceptible plants frequently support fewer emerged *Striga* plants due to reduced vigor. Selection for *Striga* resistance should therefore always consider both acceptable grain yield and reduced number of emerged or flowering *Striga* plants (Doggett 1988). When the two traits are combined in to one index, selection favors those genotypes, which are resistant (reduced emerged *Striga*) and tolerant of the parasite in reduced numbers (acceptable yield).

In addition, or as alternative to measuring grain yield, visual *Striga* damage or syndrome ratings (see Appendix) have been recommended (Kim 1991 1994; Efron 1993). The rating on a 1 to 9 scale reflects host plant damage by *Striga* in the form of leaf chlorosis or firing (scorching), poor ear or panicle development, and stunting. Evaluation is recommended about two weeks after anthesis, and the rating is reportedly useful to assess tolerance to *Striga* in maize. However, in sorghum, specific, *Striga*-induced symptoms are infrequent and may only occur under extremely high infestation levels.

If data from non-infested control plots are available, a *Striga* tolerance index may be calculated as the ratio of grain yield under *Striga*-infested and *Striga*-free conditions. Number of emerged *Striga* plants, rating of host plant damage (*Striga* syndrome), yield under infested conditions and agronomic performance under *Striga*-free conditions may also be combined to selection indices.

Sources of Resistance

A number of sorghum cultivars or breeding Radar and Framida (SRN 4841) from South Africa, IS 15401 from Cameroon, Seguetanas from West Africa, 555 and N-13 from India, IS-9830 from Sudan, Najjad, ICSV 1002 BF (from a cross between Framida and E 35-1), ICSV 1007 BF, CS 54, CS 95, KSV 4, SSV 6, SRN 6838, SAR (*Striga asiatica* resistant)-lines developed by ICRISAT (including SAR 16, SAR 19, SAR 33), IS 1005, IS 1006, IS 7777, IS 7739, IS 6961, IS 1260, IS 8140, IS9934, 14825, IS 14829, IS 14907, IS 14928, and SRN-39 (Ramaiah 1986; Carson 1988; Anaso 1990; Obilana 1990; Dembelé and Konaté 1991; Olivier et al. 1991, Carsky et al. 1996). SRN-39 is currently under extensive investigation at Purdue University. Among wild relatives, resistance has been expressed by *Sorghum versicolor* (Lane et al. 1995).



Different resistance mechanisms have been described by the above-mentioned authors for different sources of resistance, i.e., low production of the germination stimulant (SRN 39, IS 9830, Framida, 555, SAR lines, IS 15401); mechanical barriers (N 13, Framida); antibiosis (SRN 39, N 13); and hypersensitivity (SAR 16, SAR 19, SAR 33, *Sorghum versicolor*). However, more knowledge is needed about individual resistance mechanisms in different sources of resistance.

Genetics of Resistance

The low stimulation of *S. asiatica* seed germination by the sorghum cultivars Framida, 555, and SRN-39 has been shown to be controlled by a single recessive gene (Ramaiah et al. 1990; Vogler et al. 1996). Differing GCA effects for the germination distance in the agar-gel assay (using *S. hermonthica*) indicated that the alleles (or genes) for low stimulant production may differ for 555 and Framida (Hausmann et al. 1996 1999).

F1-diallel studies and line × tester analyses with sorghum clearly indicated the presence of genetic variation for stimulation of *S. hermonthica* seed germination in the agar-gel assay, the number of above-ground *Striga* plants supported in pots, and the number of emerged *Striga* under field conditions. Although additive-genetic effects were preponderant, non-additive effects contributed also significantly to the expression of the various resistance characters (Shinde and Kulkarni 1982; Ramaiah 1984 1987; Hausmann et al. 1996 1999).

Estimates of broad-sense heritabilities in the agar-gel assay were 0.97 and 0.91 for germination distances of lines and hybrids, respectively (Hausmann et al. 1996). In field trials combined across two locations each in Mali and Kenya, estimated broad-sense heritabilities in two sorghum recombinant inbred populations ranged between 0.70 and 0.82 for various *Striga* resistance traits (Hausmann et al. 1998). In the same study, the genotype × environment interaction variance was highly significant.

Heterosis for *Striga* resistance depends on the genetic materials included in the study and may be positive or negative (Ramaiah 1984). Sorghum hybrids derived from crosses between a resistant and a susceptible parent were reported to be susceptible (Rana et al. 1982, Obilana 1984), pointing to partial or complete dominance of genes for susceptibility. Consequently, it was concluded that both parents of a hybrid should be selected for *Striga* resistance.

Variability within and among *Striga* Species, and Stability of Resistance

In field trials across diverse geographic regions, the total genotype × environment interaction variance contains two kinds of interactions: interaction effects between genotypes and locations; and interaction effects between genotypes and putative *Striga* races or biotypes. The two types of interaction effects, however, cannot be separated. *Striga* is a highly variable parasite and seems to have extraordinary plasticity and capacity to adapt to new hosts (Ejeta et al. 1992; Koyama 1998). Resistance to *Striga* is partially species-specific, i.e., resistance to *S. asiatica* does not necessarily hold against *S. hermonthica* and



vice versa (Ramaiah 1987). Some sorghum varieties were resistant in some locations and susceptible in others. This may be due to the presence of specific *Striga* races or biotypes with differing virulence or aggressiveness. *Striga hermonthica* populations specific for sorghum and millet have been reported, whereas other populations are able to attack both host species (Vasudeva Rao and Musselman 1987; Freitag et al. 1996). Koyama (1998) reported low selection pressure on *Striga* populations growing on susceptible sorghum varieties, and increased selection pressure (reducing the genetic variance of *Striga*) on tolerant and resistant varieties. Using isozyme and RAPD (random amplified polymorphic DNA) marker techniques, Koyama (1998) found that *Striga* samples from West Africa were more closely related to each other than to those from East Africa. In addition to a genetic basis, edaphic and climatic factors can also affect the virulence/aggressiveness of *Striga*.

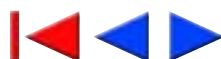
Precise information on the genetics of the parasite's virulence is limited. Therefore, a better understanding of the variation for virulence among *Striga* populations would be required to direct the effective deployment of resistance genes against these complex biotrophic plants (Lane et al. 1997). There is also need to resolve origin and relatedness of parasitic races, and to elucidate the observed race × variety interactions. The fact that *Striga hermonthica* plants are extremely difficult to self renders this a particularly difficult topic to address.

Breeding Strategies

Both, inter-specific variability among *Striga* spp. as well as intra-specific variations within a given species must be taken into account when breeding for *Striga* resistance (Ramaiah 1987; Ejeta et al. 1992). In order to obtain stable, polygenic resistance, breeding materials should be evaluated against different *Striga* morphotypes, host-specific races and at various locations/under differing environmental conditions (Ramaiah 1987). However, in so doing, quarantine regulations must be strictly respected, and *Striga* species or strains should not be introduced into regions where they do not already occur.

Besides multi-location testing, other breeding strategies have also been reported in the literature (Ramaiah 1987; Kim 1991 1994 1998; Ejeta et al. 1992, Ejeta and Butler 1993; Efron 1993; Berner et al. 1995). These approaches seek to:

- characterize crop germplasm and improve the currently available sources of resistance for better agronomic performance;
- transfer resistance genes into genotypes better adapted to target areas;
- pyramid resistance genes to obtain more durable and stable, polygenic resistance;
- develop *Striga*-resistant parent lines to be used in hybrid breeding programs;
- develop open-pollinated synthetic varieties by recombining resistant inbred lines;
- develop random-mating populations with multiple sources of resistance using recurrent selection procedures;
- include wild relatives in the breeding programme;
- develop and employ marker-assisted selection techniques for broad-based *Striga* resistance, and;



- develop a low-emergence pool from traditional African cultivars, improved inbreds and hybrids, and wild relatives for further selection in laboratory and field (pertains to the IITA maize breeding programme).

The dearth of reliable single-plant screening techniques capable of distinguishing between resistant and susceptible plants in segregating populations constitutes a major drawback. Selection for *Striga* resistance is usually deferred until true breeding progenies are produced. This implies that a large number of progenies has to be advanced before the trait of interest can be assessed. This procedure would be both time- and cost-intensive, however. The development of laboratory assays which allow for the non-destructive, rapid and inexpensive evaluation of individual plants, would largely facilitate early generation testing and increase selection efficiency. To date, the only practical assay screens for the low stimulant character (Hess et al. 1992). The agar-gel assay can be an excellent tool to transfer the low stimulant gene(s) to local adapted cultivars using classical backcross procedures. With its high heritability, the germination distance measured in the agar-gel assay also fulfills one prerequisite for an indirect selection trait. However, coefficients of correlation between the germination distance and *Striga* resistance in pot trials or under field conditions are variable due to variations in both the genetic material being evaluated and test location (Hausmann et al. 1996b, and unpublished data). Breeders must also bear in mind that selection for low germination distance in parent or early generation lines, although attractive, could result in a loss of valuable materials possessing resistance mechanisms other than low-stimulant production.

Use of Molecular Markers

Traditionally, selection is based on phenotype. The phenotype of a plant is determined not only by its genetic composition but also by the environment in which it is grown. Unfortunately, more often than not, the effects of the environment tend to mask those of the genotype. Consequently, phenotype does not constitute a perfect measure of the plant's genetic potential. As early as 1923, Sax proposed identifying and selecting minor genes of interest by linkage with major genes (i.e., markers) which can be scored more easily. Generally, there exist three types of markers: morphological markers, isozyme markers, and DNA markers.

DNA markers are preferable because they can be assessed most accurately and are practically unlimited in number. Restriction fragment length polymorphisms (RFLPs) have been most widely used, but the method is laborious and expensive. Polymerase chain reaction (PCR)-based markers like RAPDs (Random amplified polymorphic DNAs), AFLPs (Amplification fragment length polymorphisms), and especially SSRs (Simple sequence repeats) are becoming increasingly popular as they require less sophisticated laboratory equipment and are more cost-efficient, i.e., yielding more data points per time and chemical input.

In order to find genes or quantitative trait loci (QTL) by their linkage to DNA-markers (in our case for resistance to *Striga*), two lines which differ widely for *Striga* resistance and marker genotype must be crossed and the progeny selfed for one or several generations. Due to recombination and segregation of the various resistance genes, the resulting mapping



population (F2 or any further inbred generation) will reveal a wide spectrum of resistance, ranging from extremely susceptible to highly resistant with all levels in between. This population is evaluated for *Striga* resistance, and at the same time the DNA profile of each individual plant or line is examined in the laboratory for marker loci. The data are then analyzed for co-segregation, i.e., linkage of the markers with the resistant phenotypes (Stuber 1990).

In principle, the association of marker genotype and resistant phenotype could be assessed directly in the F2 generation. However, the level of quantitative resistance to *Striga* cannot be accurately measured on a single plant, but must be assessed in replicated field experiments. Therefore, F2:3 lines (F3 plants tracing back to the same F2 plant, also called F3 families) or further inbred generations are frequently used. They may also be referred to as recombinant inbred lines (RILs).

The utility of DNA markers in resistance breeding is based on finding tight linkage between these markers and the resistance genes of interest. In subsequent marker-assisted breeding programs, such linkage permits inference of the presence of a resistance gene by identifying the DNA marker instead of evaluating the materials for resistance traits. Selection, particularly among early segregating generations, can then be done in the absence of parasite (Tanksley et al. 1989; Melchinger 1990). The accuracy of locating resistance genes (QTL) by their linkage to DNA markers depends on the number of markers applied and the uniformity of their distribution within the genome, the size of the mapping population, the phenotypic distance between the parents, and the heritability of the trait. High number of applied markers, even distribution, large mapping population, large phenotypic distance between the parents, and high heritability of the trait of interest all contribute to increase the accuracy of locating QTL. Multi-locational testing and a large number of replications can partially compensate for a low heritability value.

The integration of molecular marker selection techniques into plant breeding promises enhanced, quicker movement of desirable genes among varieties, and allows the transfer of novel genes from related wild species (Tanksley et al. 1989). Detecting resistance genes by their linkage to DNA markers makes it possible to screen for many different resistance genes simultaneously, without the need to inoculate with pathogens. Pyramiding of resistance genes to provide durable resistance is therefore greatly facilitated. When resistance genes are transferred from wild relatives into a cultivated crop, molecular markers can assist in selecting against the undesired genetic background of the donor parent (Melchinger 1990).

According to Melchinger (1990), the application of marker-assisted selection is particularly advantageous when:

- resistance tests are difficult, complex, expensive and unreliable;
- the pathogen is quarantined;
- breeding materials are advanced in off-season nurseries where the pathogen does not occur;
- resistance genes are recessive, i.e., restricting the utility of backcross schemes.

Striga resistance breeding in cereals is one case in point. The low-stimulant gene of the *Striga*-resistant variety SRN 39 has been mapped at Purdue University, although details are yet unpublished (G. Ejeta, and J. Bennetzen, pers. communication).



In the collaborative ICRISAT/University of Hohenheim project, efforts are underway to identify and map genes for qualitative and quantitative resistance to *Striga hermonthica* in two recombinant inbred sorghum populations, derived from the crosses (1) IS 9830 x E 36-1 (low-stimulant *Striga*-resistant x high-stimulant *Striga*-susceptible line), (2) N 13 x E 36-1 (“mechanically resistant” x high-stimulant *Striga*-susceptible line). Although field data are complete, additional molecular data is being produced. First results are expected by August 1999.

Routine use of DNA markers is severely limited by its significant cost and the time required to conduct marker analyses (Melchinger 1990; Paterson et al. 1991). More efficient and simpler laboratory methods are needed and are likely to be developed in the near future. Consequently, the prospects for cost-effective implementation of marker-based techniques in breeding for *Striga* resistance are promising. It is worth noting, however, that they will never completely replace classical breeding.

Genetic Engineering

Genetic engineering permits the transfer of resistance genes from any organism into chosen crops. In the case of *Striga* resistance, the main limitation is the lack of well-defined resistance genes.

At Purdue University, efforts are underway to isolate the low-stimulant (*lgs*) gene from the *Striga*-resistant variety SRN 39, with the final aim of transferring it into maize (J. Bennetzen, pers. communication). For sorghum, however, it should be easier to transfer the low-stimulant gene through use of the agar-gel assay and classical backcrossing procedures for recessive genes, at least until transformation of sorghum is possible on a routine basis.

In a different approach (again at Purdue University), researchers are trying to find genes in maize which are activated specifically at the site of *Striga* infection. The aim is to isolate the regulatory region (promotor) of such a gene, and use it to regulate a suicide gene that would be assembled and transformed into maize. The suicide gene could be Barnase, which encodes a ribonuclease that destroys all RNA in the cell, causing it to die. Hence infected cells would die, thereby denying *Striga* any opportunity to acquire host nutrients. This would basically mimic hypersensitive necrosis (J. Bennetzen, pers. communication).

To achieve immediate, cost-effective selective control of parasitic weeds by herbicides, Gressel et al. (1994 1996) proposed the introduction of transgenic, herbicide-resistant crops. In maize, a single recessive gene *XA-17* confers resistance to Acetolactatesynthase (ALS)-inhibiting herbicides like the sulfonyleurea herbicide “nicosulfuron” or the imidazolinone herbicide “imazaquin”. Seed treatment with imazaquin has been shown to be an effective, inexpensive, practical measure to control *Striga* in maize, with immediate benefit to the farmers (Berner et al. 1996 1997; Abayo et al. 1998).

According to the above-mentioned authors, herbicide resistance in crops affected by parasitic weeds have several positive properties. They: (1) allow the control of the parasitic weeds, often at very low dose rates; (2) are effective against several strains or species of the parasite; and (3) replace cultivation methods for control of other weeds. The greater efficacy and lower labor time and energy requirements of herbicides are the major reasons for their cost effectiveness. Nevertheless, it should be noted that some herbicides may have a



negative impact on the environment. In addition, herbicide resistance should only be used in crops which do not crossbreed with related weeds in the same locality. But, even if this condition is met, there is still a possibility for herbicide resistance to evolve within the parasitic weeds. The high natural frequency of such mutations and the huge seed output of *Striga* only serve to exacerbate the problem. Nevertheless, the low number of generations per year and the large soil seed bank of susceptible parasitic weeds should serve to slow down the rate of evolution of resistant populations.

Breeding for Improved Integrated *Striga* Control

Besides selection for host plant resistance, sorghum breeders could also consider selecting genotypes with adaptation to specific integrated *Striga* control packages. This could contribute to a more sustainable sorghum production in *Striga*-infested areas. For example, the interaction between local sorghum cultivars and fertilizer application and/or intercropping with legumes could be studied with the aim to select varieties with the highest positive interaction effects for grain yield and suppression of *Striga*.

Selection could also be aimed at identifying highly efficient trap and catch crop cultivars using the laboratory assay developed by Berner *et al.* (1996a). With respect to sorghum, cultivars selected for high stimulation of *S. gesnerioides* seed germination could contribute to a reduction of the *S. gesnerioides* seed bank in the soil when used in crop rotations (Berner and Williams 1998).

References

- Abayo, G.O., English, T., Eplee, R.E., Kanampiu, F.K., Ransom, J.K., and Gressel, J. 1998. Control of parasitic witchweeds (*Striga* spp.) on corn (*Zea mays*) resistant to acetolactate synthase inhibitors. *Weed Science* 46: 459-466.
- Anaso, A.B. 1990. Evaluating sorghum varieties for resistance to witchweed (*Striga hermonthica*) in Nigerian Guinea Savanna. *Applied Agricultural Research* 5: 293-297.
- Babiker, A.G.T., Ahmed, N.E., Mohamed, A.H., El Mana, M.E., and El Tayeb, S.M. 1993. *Striga hermonthica* on sorghum: chemical and cultural control. Pages 907-911 in *Proceedings of Brighton Crop Protection Conference - Weeds- 1993*.
- Bengaly, M., and Defoer, T. 1997. Perception paysanne de l'ampleur du *Striga* et de sa répartition sur le terroir villageois. *Agriculture et Développement* 13: 52-61.
- Berner, D.K., Cardwell, K.F., Faturoti, B.O., Ikie, F.O., and Williams, O.A. 1994. Relative roles of wind, crop seeds, and cattle in dispersal of *Striga* spp. *Plant Disease* 78: 402-406.
- Berner, D.K., Carsky, R. Dashiell, K., Kling, J., and Manyong, V. 1996. A land management based approach to integrated *Striga hermonthica* control in sub-Saharan Africa. *Outlook in Agriculture* 25: 157-164.



- Berner, D.K., Ikie, F.O., and Green, J.M.** 1997. ALS-inhibiting herbicide seed treatments control *Striga hermonthica* in ALS-modified corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 11: 704-707.
- Berner, D.K., Kling, J.G., and Singh, B.B.** 1995. *Striga* research and control, a perspective from Africa. *Plant Disease* 79: 652-660.
- Berner, D.K., and Williams, O.A.** 1998. Germination stimulation of *Striga gesnerioides* seeds by hosts and non-hosts. *Plant Disease* 82: 1242-1247.
- Carsky R.J., Singh, L., and Ndikawa, R.** 1994. Effect of herbicide and handweeding on current and subsequent season *Striga hermonthica* density on sorghum. *International Journal of Pest Management* 40: 111-116.
- Carsky R.J., Ndikawa, R., Kenga, R., Singh, L., Fobasso, M., and Kamuanga, M.** 1996. Effect of sorghum variety on *Striga hermonthica* parasitism and reproduction. *Plant Varieties and Seeds* 9: 111-118.
- Carson, A.** 1988. Development and testing of a control package for *Striga hermonthica* on small-scale holdings in the Gambia. *Tropical Pest Management* 34: 97-101
- Cochran W.G., and Cox, G.M.** 1957. *Experimental Designs*. Second Edition. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Dembélé, B., and Konaté, A.** 1991. Recherche sur le *Striga* au Mali: Synthèse des résultats de la campagne 1990-91. Pages 88-90 in *Improving Striga Management in Africa*. Proceedings, Second General Workshop of the Pan-African *Striga* Control Network (PASCON), 23-29 June 1991, Nairobi, Kenya.
- Doggett, H.** 1988. Sorghum. 2nd edition. *Tropical Agriculture Series*. Essex, England: Longman Scientific & Technical.
- Efron, Y.** 1993. Screening maize for tolerance to *Striga hermonthica*. *Plant Breeding* 110: 192-200.
- Ejeta, G., and Butler, L.G.** 1993. Host plant resistance to *Striga*. Pages 561-569 in *International Crop Science I*. 1993. Madison, WI 53711, USA: Crop Science Society of America.
- Ejeta, G., Butler, L.G., and Babiker, A.G.** 1992. New approaches to the control of *Striga*. *Striga Research at Purdue University*. Research Bulletin RB-991. West Lafayette, IN, USA: Agricultural Experiment Station, Purdue University.
- Freitag, J., Hess, D.E., Welz, H.G., and Geiger, H.H.** 1996. Pearl millet and sorghum specific races of *Striga hermonthica* in Niger. Pages 472-478 in *Advances in Parasitic Plant Research*, Proceedings of the Sixth International Parasitic Weed Symposium, April 16-18, 1996, Cordoba, Spain (M.T. Moreno, J.I. Cubero, D. Berner, D. Joel, L.J. Musselman, and C. Parker, eds.).
- Frick, E., Frahne, D. and Wegmann, K.** 1996. Biochemical synthesis of 2,6-Dimethoxy-parabeno-quinone - a haustorial stimulant of *Striga asiatica* (L.) Kuntze. *Natural Product Letters* 9:1/53 - 1/59.



Gressel, J., Kleifeld, Y., and Joel, D.M. 1994. Genetic engineering can help control parasitic weeds. Pages 406-418 in *Biology and Management of Orobanche*, Proceedings of the Third International Workshop on *Orobanche* and Related *Striga* Research, (A.H. Pieterse, J.A.C. Verkleij, and S.J. ter Borg, eds.). Amsterdam, the Netherlands: Royal Tropical Institute.

Gressel, J., L. Segel, and J.K. Ransom. 1996. Managing the delay of evolution of herbicide resistance in parasitic weeds. *Int. J. of Pest Management* 42:113-129.

Haussmann, B.I.G., D.E. Hess, B.V.S. Reddy, H.G. Welz, and H.H. Geiger. 1996. Quantitative-genetic parameters for resistance to *Striga hermonthica* in sorghum. Pages 681-688 in *Advances in Parasitic Plant Research*. Proceedings of the Sixth International Parasitic Weed Symposium, April 16-18, 1996, Cordoba, Spain. (M.T. Moreno, J.I. Cubero, D. Berner, D. Joel, L.J. Musselman, and C. Parker, eds.).

Haussmann, B.I.G., D.E. Hess, B.V.S. Reddy, H.G. Welz, and H.H. Geiger. 1999. Analysis of resistance to *Striga hermonthica* in diallel crosses of sorghum. Proceedings of the Fourth General Workshop of the Pan-African *Striga* Control Network (PASCON), October 28-November 1, 1996, Bamako, Mali.

Haussmann, B.I.G., G.O. Omany, D.E. Hess, B.V.S. Reddy, H.G. Welz, and H.H. Geiger. 1998. Evaluation of two recombinant inbred sorghum populations for resistance to *Striga hermonthica* in field, pot, and laboratory studies. Poster presented at the Tropentag, University of Giessen, December 3-4, 1998, Giessen, Germany.

Hess, D.E., and G. Ejeta. 1992. Inheritance of resistance to *Striga* in sorghum genotype SRN 39. *Plant Breeding* 109:233-241.

Hess, D.E., G. Ejeta, and L.G. Butler. 1992. Selecting genotypes expressing a quantitative biosynthetic trait that confers resistance to *Striga*. *Phytochemistry* 31:93-497.

Hoffmann, G., P. Marnotte, and D. Dembélé. 1997. Emploi d'herbicides pour lutter contre *Striga hermonthica*. *Agriculture et Développement* 13:58-62.

Joel, D.M., Y. Kleifeld, D.Losner-Goshen, G. Herzlinger, and J. Gressel. 1995. Transgenic plants against parasites. *Nature* 374: 220-221.

Kim, S.-K. 1991. Breeding for tolerance and general resistance in maize: a novel approach to combating *Striga* in Africa. Pp. 168-176 in *Improving Striga management in Africa*, Proceedings, Second General Workshop of the Pan-African *Striga* Control Network (PASCON), 23-29 June 1991, Nairobi, Kenya.

Kim, S.-K. 1994. Genetics of maize tolerance of *Striga hermonthica*. *Crop Science* 34: 900-907.

Kim, S.K., J.M. Fajemisin, C. Thé, A. Adepoju, J. Kling, B. Badu-Apraku, M. Versteeg, R. Carsky, and S.T.O. Lagoke. 1998. Development of synthetic maize populations for resistance to *Striga hermonthica*. *Plant Breeding* 118: 203-209.



Koyama, M.L. 1998. Genetic variability of *Striga hermonthica* and stability of resistance in sorghum. PhD thesis, Wye College, University of London, UK.

Kroschel, J. 1998. Summary of GTZ's experiences in parasitic weed research. Pages 25-26 in Combating Parasitic Weeds through Horizontal Resistance, Proceedings of the International Workshop organized by IARI-KNU/ICF, PASCON-FAO, STRC-OAU, KNACF and KOICA, 27-28 August 1997, Brussels (S.K. Kim, R.A. Robinson, K. Atkinson, V.O. Adetimirin, C. Thé, and G. Sallé, eds.). Seoul, Republic of Korea: International Agricultural Research Institute (IARI) of the Kyungpook National University (KNU), Taegu / International Corn Foundation (ICF). 66 pp.

Lane, J.A., J.A. Bailey, and P.J. Terry. 1991a. An *in-vitro* growth system for studying the parasitism of cowpea (*Vigna unguiculata*) by *Striga gesnerioides*. Weed Research 31: 211-217.

Lane, J.A., M.J. Kershaw, T.H.M. Moore, D.V. Child, P.J. Terry, and J.A. Bailey. 1991b. An *in-vitro* system to investigate the parasitism of cereals by *Striga* species and resistance of cowpea to *Alectra vogelii*. Pages 37-240 in Proceedings of the Fifth International Symposium of Parasitic weeds, June 1991, Nairobi, Kenya (J.K. Ransom, L.J. Musselman, A.D. Worsham, and C. Parker, eds.).

Lane, J.A., D.V. Child, T.H.M. Moore, and J.A. Bailey. 1995. Wild relatives of cereals as new sources of resistance to *Striga*. Page 13 in: Parasitic Plants: Biology and Resistance. International Workshop, 30 May - 2 June 1995, IACR-Long Ashton Research Station, Bristol, UK.

Lane, J.A., D.V. Child, G.C. Reiss, V. Entcheva, and J.A. Bailey. 1997. Crop resistance to parasitic plants. The Gene-for-Gene Relationship in Plant Parasite Interactions (I.R. Crute, E.B. Holub, and J.J. Burdon, eds.). UK: CAB International 1997.

M'Boob, S.S. 1989. A regional programme for *Striga* control in West and Central Africa. Pp. 190-194 in Proceedings FAO/OAU All-African Government Consultation on *Striga* Control, Maroua, Cameroon, 20-24 October 1986 (T.O. Robson, and H.R. Broad, eds.).

Melchinger, A.E. 1990. Use of molecular markers in breeding for oligogenic disease resistance. Plant Breeding 104: 1-19.

Obilana, A.B. 1984. Inheritance of resistance to *Striga* (*Striga hermonthica* Benth) in sorghum. Protection Ecology 7: 305-311.

Obilana, A.B. 1990. Strategies and recommendations for *Striga* control in sorghum and millets. Proceedings, Sixth EARSAM Regional Workshop on Sorghum and Millet Improvement in Eastern Africa. Eastern Africa Regional Sorghum and Millet (EARSAM). P.O. Box 30786, Nairobi, Kenya: OAU/ SAFGRAD/ ICRISAT.

Olivier, A. 1995. Le *Striga*, mauvaise herbe parasite des céréales africaines: biologie et méthodes de lutte. Agronomie 15: 517-525.



Olivier, A. 1996. La relation entre le *Striga hermonthica* et ses hôtes: une synthèse. Can. J. Bot. 74: 1119-1137.

Olivier A., K.V. Ramaiah, and G.D. Leroux. 1991. Selection of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties resistant to the parasitic weed *Striga hermonthica* (Del.) Benth. Weed Research 31: 219-225

Odhiambo, G.D., and J.K. Ransom. 1995. Long term strategies for *Striga* control in Western Kenya. Pages 234-239 in Proceedings of the Fourth Eastern and Southern Africa Maize Conference. CIMMYT, Harare (D. Jewell, S. Waddington, J.K. Ransom and K. Pixly, eds.).

Paterson, A.H., S.D. Tanksley, and M.E. Sorrells. 1991. DNA markers in plant improvement. Adv. Agron. 46: 39-90.

Ramaiah, K.V. 1984. Patterns of *Striga* resistance in sorghum and millets with special emphasis on Africa. Pages 71-92 in Proceedings of the International Workshop on the Biology and Control of *Striga*, Dakar, Senegal, 14 - 17 November 1983. France: ICSU.

Ramaiah, K.V. 1986. Summary report of *Striga* research carried out in Burkina Faso from 1979 to 1985. Ouagadougou, Burkina Faso: ICRISAT/Burkina Faso Cooperative Program.

Ramaiah, K.V. 1987. Breeding cereal grains for resistance to witchweed. Pages 227 - 242 in Parasitic Weeds in Agriculture, Volume I *Striga* (L.J. Musselman, ed.). Florida, USA: CRC Press.

Ramaiah, K.V., V.L. Chidley, and L.R. House. 1990. Inheritance of *Striga* seed-germination stimulant in sorghum. Euphytica 45: 33 - 38.

Ramaiah, K.V., C. Parker, M.J. Vasudeva Rao, and L.J. Musselman. 1983. Manuel d'identification et de lutte contre le *Striga*. ICRISAT Bulletin d'Information N° 15. Patancheru 502324, Andhra Pradesh: Inde.

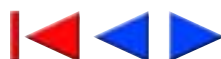
Rana, B.S., Hanumantha Rao, C., Rao, V.J.M., and Reddy, B.B. 1982. Strategies for breeding sorghum varieties resistant to *Striga*. Discussion Proceedings of ICRISAT-AICSIP(ICAR) Working Group Meeting on *Striga* Control, ICRISAT Center, 30 September - 1 October 1982. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.

Ransom, J.K., Eplee, R.E., and Langston, M.A. 1990. Genetic variability for resistance to *Striga asiatica* in maize. Cereal Research Communications 18: 329-333.

Sallé, G. 1998. EEC Project: experiences on *Striga* control in Africa. Pages 23-24 in Combating Parasitic Weeds through Horizontal Resistance, Proceedings, International Workshop organized by IARI-KNU/ICF, PASCON-FAO, STRC-OAU, KNACF and KOICA, 27-28 August 1997, Brussels (S.K. Kim, R.A. Robinson, K. Atkinson, V.O. Adetimirin, C. Thé, and G. Sallé, eds.). Seoul, Republic of Korea: International Agricultural Research Institute (IARI) of the Kyungpook National University (KNU), Taegu/International Corn Foundation (ICF). 66 pp.



- Sax, K.** 1923. The association of size differences with seed coat pattern and pigmentation in *Phaseolus vulgaris*. *Genetics* 8: 552-560.
- Shaner, G., and Finney, R.E.** 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- Shinde, V.K., and Kulkarni, N.** 1982. Genetics of resistance to *Striga asiatica* in sorghum. Pages 134-140 in *Proceedings, ICRISAT-AICSIP (ICAR) Working Group Meeting on Striga Control*. ICRISAT Center 30 Sept. - 1 Oct. 1982. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.
- Stuber, C.W.** 1990. Biochemical and molecular markers in plant breeding. *Plant Breeding Review* 9: 37-61.
- Tanksley, S.D., Young, N.D., Paterson, A.H., and Bonierbale, M.W.** 1989. RFLP mapping in plant breeding: new tools for an old science. *Biotechnology* 7: 257-264.
- Vasudeva Rao, M.J.** 1985. Techniques for screening sorghums for resistance to *Striga*. ICRISAT Information Bulletin No. 20. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.
- Vasudeva Rao, M.J., and Musselman, L.J.** 1987. Host specificity in *Striga* spp. and physiological strains. Pages 13-25 in *Parasitic weeds in Agriculture, Volume I Striga* (L.J. Musselman, ed.). Florida, USA: CRC Press.
- Vogler, R.K., Ejeta, G., Butler, L.G.** 1996. Inheritance of low production of *Striga* germination stimulant in sorghum. *Crop Sci.* 36: 1185-1191.
- Wegmann, K.** 1996. Biochemistry of host/parasite relations. Sixth Parasitic Weed Symposium, Cordoba, Spain. Manuscript available with Eberhard-Karls University, Institute of Chemical Plant Physiology, Correnstr. 41, D-72076 Tübingen, Germany.



Appendix

***Striga* Vigor Score**

- 0 = no emerged *Striga* plants
- 1 = average height of *Striga* plants £ 5 cm, without branches
- 2 = average height of *Striga* plants 6-20 cm, without branches
- 3 = average height of *Striga* plants 6-20 cm, with branches
- 4 = average height of *Striga* plants 21-30 cm with £ 5 branches
- 5 = average height of *Striga* plants 21-30 cm, with > 5 branches
- 6 = average height of *Striga* plants 31-40 cm, with £10 branches
- 7 = average height of *Striga* plants 31-40 cm, with > 10 branches
- 8 = average height of *Striga* plants >40 cm, with £ 10 branches
- 9 = average height of *Striga* plants >40 cm, with > 10 branches

***Striga* Syndrome Ratings in Maize**

- 1 = Normal maize growth; no visible symptoms.
- 2 = Scattered small and vague, whitish leaf blotches visible. Otherwise, normal plant growth.
- 3 = Blotching and streaking easily noticeable. Mild wilting. Only a trace of scorching, restricted to tips of leaves.
- 4 = Extensive blotching and streaking, mild wilting. Only a trace of leaf scorching. Slight but noticeable stunting and reduction in ear and tassel size.
- 5 = Extensive blotching and streaking, wilting. Leaf scorching on a small portion of the leaf area. Moderate stunting; ear and tassel size reduction.
- 6 = Extensive streaking, now obscuring the blotches, turning to scorching. Leaf scorching covering about a third of the leaf area. About one-third reduction in plant height. Reduced stem diameter, reduced ear and tassel size.
- 7 = Extensive streaking/scorching, turning gray and necrotic. About half of the plant's surface is scorched. Severe stunting, about 50% reduction in height. Noticeable reduction in stem diameter and in ear and tassel size. Some stalks breaking.
- 8 = Scorching on most of the leaf area. Stunting reduces height by more than 50%. Stalks look thin and weak; many are broken.
- 9 = Virtually all leaf area scorched; two-thirds or more reduction in height; most stems collapsing; no useful ear formed; no pollen production; plants dead or nearly dead.

(Source: IITA. 1993. *Striga* Research Methods - A manual. Draft Edition. PMB 5320, Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture.

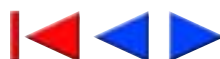
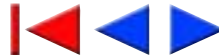


Table 1. Summary of *Striga* control methods in cereals.

Type of method	Category		
	Reduction of the <i>Striga</i> seed bank in infested soils	Reduction of new <i>Striga</i> seed production	Reduction of the spread of <i>Striga</i> seeds to uninfested fields
Cultural movement	<ul style="list-style-type: none"> - Rotation with Trap crops: Soybean, cotton, sunflower, groundnut Catch crops: Sudangrass, susceptible hosts -Organic manure to promote natural soil suppressiveness 	<ul style="list-style-type: none"> -Resistant crops -High plant density -Delayed planting -Transplanting -Mixed cropping of cereals and legumes 	<ul style="list-style-type: none"> -Measures against soil erosion -Phytosanitary methods -Clean seeds or planting material -Management of livestock
Physical	<ul style="list-style-type: none"> -Deep ploughing -Soil solarization 	<ul style="list-style-type: none"> -Weeding (manual or mechanical) 	<ul style="list-style-type: none"> -Measures against soil erosion
Chemical	<ul style="list-style-type: none"> -Fertilization: N and P to promote natural soil suppressiveness -Soil fumigation: Methyl bromide -Germination stimulants: Ethylene, Strigol, Strigol analogs 	<ul style="list-style-type: none"> -Fertilizer application at high rates -Herbicides: 2,4 D, Triclopyr, Dicamba, Chlorsulfuron, Paraquat, Imazaquin (in herbicide-resistant crop) -Antitranspirants 	
Biological	<ul style="list-style-type: none"> -Soil inundation with microbes that destroy <i>Striga</i> seeds, i.e., <i>Fusarium</i> species 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Fusarium</i> species -<i>Azospirillum brasiliense</i> -<i>Smicronyx</i> species 	

References: Doggett 1988; Carson 1988; Obilana 1990; Dembèlè and Konaté 1991; Babiker et al. 1993; Berner et al. 1994 1996 1997; Carsky et al. 1994; Odhiambo and Ransom 1994; Gressel et al. 1996; Olivier 1995 1996; Hoffmann et al. 1997; Abayo et al. 1998; Kroschel 1998; Sallé 1998.



Interacting Effect of Head Bugs, Molds, and Climate on Sorghum Grains in West and Central Africa

A. Ratnadass¹, D.R. Butler², P.S. Marley³, O. Ajayi⁴,
R. Bandyopadhyay⁵, M.A. Hamada¹, D.E. Hess⁶, F. Assamoi⁷,
I.D.K. Atokple⁸, J. Beyo⁹, O. Cisse¹⁰, D. Dakouo¹¹, M. Diakite¹²,
S. Dossou-Yovo¹³, B. Le Diambo¹⁴, I. Sissoko⁶, M.B. Vopeyande¹⁵,
and I. Akintayo¹⁶

Abstract

A regional sorghum head bug and grain mold variety trial was conducted in 1996 and 1997 on respectively 15 and 13 research stations from 10 West and Central African countries, in a split-plot design with and without insecticidal protection. It allowed us to update our knowledge on species and generic composition of the entomofauna and the mycoflora of sorghum panicles, and damage caused to a range of cultivars in the region, to identify sorghum genotypes with reasonably high and stable resistance to both head bugs and grain molds, and to elucidate the relationships between the weather, head bug, and grain mold damage and their various interactions. Two cultivars exhibited consistently high levels of resistance over years and locations, both to head bugs and grain molds, namely IS 14384 and CGM 39/17-2-2. Conversely, S34 was particularly susceptible to both stresses. The trial showed a very clear efficiency of the insecticidal treatment on head bug incidence, as well as, although to a lesser extent, on grain mold incidence, thus confirming the critical role played by head bugs as factors aggravating mold infection. Although sorghum grain microflora varied little from one site to another (with genera *Phoma* and *Fusarium* dominating, followed by *Curvularia*) there were large variations in the specific composition

-
1. ICRISAT-CIRAD, Samanko, BP 320 Bamako, Mali.
 2. Cocoa Research Unit, University of the West Indies, St Augustine, Trinidad and Tobago.
 3. IAR, Samaru, Ahmadu Bello University, PMB 1044, Zaria, Nigeria.
 4. ICRISAT-Nigeria, PMB 3491 Kano, Nigeria.
 5. ICRISAT-Patancheru, Andhra Pradesh 502 324, India.
 6. ICRISAT-Mali, Samanko, BP 320 Bamako, Mali.
 7. IDESSA, BP 121 Ferkessedougou, Côte d'Ivoire.
 8. SARI, P.O. Box 52 Tamale, Ghana.
 9. IRAD, BP 33 Maroua, Cameroon.
 10. IER/CRRA de Sotuba, BP 438 Bamako, Mali.
 11. INERA/CRREA de Farako-ba, BP 910 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
 12. IRAG Bordo/Kankan, BP 1523 Conakry, Guinea.
 13. INRAB, SRCV-Ina, BP 3 Ndali, Benin.
 14. Station de Bebedjia, BP 31 Moundou, Chad.
 15. ICRA, BP 122 Bangui-Lakouanga, Central African Republic.
 16. WCASRN, s/c ICRISAT-Mali, Samanko, BP 320 Bamako, Mali.



of the head bug entomofauna across sites. This variability in the entomofauna also translated into the virtual absence of any significant correlation between head bug incidence and those weather factors examined. In the case of grain mold, it is high relative humidities during early plant growth (5-40 das) on the one hand, and then between end of flowering and harvest (65-125 das) on the other hand, that are the most strongly correlated with mold incidence (TGMR). The relationships between RHmax and grain mold scores in the scatter diagrams are clearly non-linear, and show a marked increase in grain mold scores when the RH exceeds a threshold of about 95%. Future research directions are proposed.

Introduction

Panicle-feeding bugs, particularly of the family “Miridae”, have recently become a major pest for sorghum, which constitutes a common staple crop in West and Central Africa .

The list of heteropteran bugs other than mirids attacking sorghum has been provided in Ratnadass and Ajayi (1995). The head bug mirid complex is dominated by *Eurystylus oldi* Although Poppius has variously been reported as *E. bellevoeyi* (Reuter), *E. rufocunealis* Poppius, *E. marginatus* Odhiambo, and *E. risbeci* Schouteden. Stonedhal (1995), it is now established that all these earlier reports referred to the same and only species, which is *E. oldi*. This species is now being reported among major sorghum pests in Benin, Burkina Faso, Cameroon, Chad, Côte d’Ivoire, Mali, Niger, Nigeria, Senegal and Togo (Ajayi and Ratnadass 1998).

Feeding and oviposition of these mirids on maturing sorghum grains result in severe quantitative and qualitative losses, particularly on improved compact-headed types. Thus, these pests have become a serious threat to the increase of sorghum production through adoption of improved cultivars (Ratnadass et al. 1994; Ratnadass et al. 1995a; Ratnadass et al. 1998a).

In West Africa, grain molds are rare in farmers’ fields. Most local sorghum varieties in normal years develop the grain toward the end of the rainy season when humid conditions are practically nonexistent.

However, grain molds and weathering effects are major problems with introduced genotypes maturing during relatively high rainfall (Thomas 1992).

Under these conditions, harvested grain yields are often reduced, but more significantly, grain quality is adversely affected. The physical effects of molds on the grain may include discolored pericarp, softened and chalky endosperm, decreased grain size and density, sprouting, presence of mycotoxins, and altered composition of phenolic compounds.

Grain mold is caused by non-specialized fungi (generally weak parasites or saprophytes) of several genera that are widely distributed in nature (Forbes et al. 1992). These include *Fusarium moniliforme* Sheld., *Curvularia lunata* (Wakker), *Phoma sorghina* (Sacc.), *Alternaria* and *Cladosporium* species.

While grain mold fungal infection may be unaided, namely by ways of dissemination through seed-borne, soil-borne and air-borne spores and entry of the causal fungi under suitable conditions of high humidity, this infection can be aided by biotic factors especially insects. Early indications as to how this phenomenon was occurring in the sub-region showed that even on traditional cultivars that ripened when the humidity was still high,



grain could be attacked by fungi which invaded the seed directly through punctures made by sucking insects (Harris 1962). Further indications were provided by Steck et al. (1989) and Sharma et al. (1992) who reported that bug-damaged grains showed greater severity of mold incidence.

The first clear evidence of this relationship in the West and Central Africa sub-region was provided by Ratnadass et al. (1995b). Experiments carried out by IER at Sotuba, Mali, in 1990 and 1991 clearly demonstrated the strong relationship between head bugs and grain molds, namely that fungicide application only slightly affected bug damage, whereas in both years, grain mold infection was greater on unprotected than on fungicide-protected panicles. On the other hand, panicles protected from bugs alone with a plastic bag had no more pathogen infection than panicles protected either by fungicide alone, or both by fungicide and plastic bag.

Work at Samaru, Nigeria, in the 1995 wet season by Marley and Malgwi (1996) have also shown the influence of head bugs on grain molds. Results showed clearly that bug-damaged grains had higher grain mold infection and higher number of fungal colonies isolated than non-damaged grains..

Some sources of resistance to both stresses have been identified and used in breeding programs (Ratnadass et al., 1995a; Bandyopadhyay et al. 1988; Singh et al. 1995).

The objectives of the Regional Sorghum Head Bug and Grain Mold Trial were:

- 1) To update information on species and genera composition of sorghum panicle insect pest and grain mold complexes in the region, and on losses caused by these pests on a range of sorghum genotypes.
- 2) To identify sorghum genotypes with reasonably high and stable resistance to head bugs and/or grain molds in the west and central Africa region;
- 3) To elucidate the impact of weather parameters on sorghum head bug population dynamics, grain mold epidemics, and their various interactions;

Materials and Methods

The Regional Sorghum Head Bug and Grain Mold Trial was conducted in 1996 and 1997 in 15 and 13 stations, respectively (Table 1).

The trial was planted on one date, in a split-plot design with 3 replications [main plots = insecticide treatment (T: treated; NT : untreated) ; subplots = varieties], and conducted under natural infestation by head bugs and infection by grain molds.

The twenty-one (21) varieties tested were as follows:

- Eight head bug resistant varieties: 1. ICSV 905; M 943208-1; 3. Malisor 84-7; 4. 87W810; 5. 91W113-2-1; 6. 82 Sel 1-Grain dur; 7. R 6078; 8. 87-SB-F4-54-2
- Ten grain mold resistant varieties: 9. IS 30469C-1526-4; 10. IS 30469C-1518T-5; 11. IS 14384; 12. IS 21658; 13. CEM-328/1-1-1-2; 14. CEM-328/3-3-1-1; CCGM-1/19-1-1; 16. CGM-39/17-2-2; 17. ICSV 1079; 18. CEM-326/11-5-1-1
- One head bug and grain mold susceptible variety: 19. S 34
- One regional standard check: 20. Nagawhite
- One local check: 21. Local



Dates of sowing (DOS) and local cultivars at the different stations are given in Table 1. Individual plots generally consisted of 2 rows of 5 meters each, with an inter-row spacing of 0.75meter. These dimensions were, however, slightly modified in some cases, depending on locally suggested recommendations .

Main plots were separated from each other by two rows of the fast growing, head bug susceptible variety ICSV 197, which provided wind break/infestor rows, planted 2-3 weeks before test entries. Locally recommended cultural practices were followed, notably in terms of fertilizer applications. Except for the panicle treatments that are part of the protocol, no insecticide was applied after the heading stage of the sorghum crop.

Insecticide protection consisted of three applications (sprays) of EC cypermethrin (0.02%) or deltamethrin (12.5 g ha⁻¹), depending on availability, at weekly intervals starting from complete anthesis, using hand sprayers. Cypermethrin was used at Bagauda, Cinzana, Samaru, Maroua, Bordo, andPoumbaindi, while delatamethrin was used at Samanko, Longorola, Bebedjia and Ina. At Nyankpala, ULV lambda-cyhalothrin was applied (24 g ha⁻¹).

The following observations were recorded: time to 50% flowering, head bug population, midge, head bug and grain mold damage, germination rate and grain yield.

The number of days from sowing until 50% of the plants in the two rows had reached anthesis was recorded. Head bug population was assessed at the dough stage; three weeks after flowering, the number of *Eurystylus* head bugs was obtained by shaking vigorously in a transparent polyethylene bag and counting adults and nymphs from five panicles randomly chosen and tagged at flowering on the first row.

Before harvest, five panicles randomly chosen on the second row were visually scored for midge damage, using a 1-9 scale based on degree of chaffiness of whole panicles (1 = less than 10%, and 9 = more than 80% head chaffiness). At the same time on the same row, another set of five randomly chosen panicles was scored for head bug damage, using a 1-9 rating scale where 1 = all grains fully developed, of which less than 10% showing a few head bug feeding punctures and 9 = > 75% grains remaining undeveloped and barely visible outside the glumes.

In addition, from the first row of each plot, another 5 randomly selected panicles were harvested 2 weeks after physiological maturity (black layer formation), threshed separately and threshed grains evaluated for mold, using the following 1-9 rating scale, based on the grain surface area colonized by fungi (1 = no mold, and 9 = more than 75% grain surface area molded); this method is referred to as TGMR (Threshed Grain Mold Rating: Bandyopadhyay and Mughogho 1988). Germination tests in Petri dishes were carried out on 100 grains in each of the above harvests.

In 1996 at each location, all insects sampled on the first (unprotected) replication of head bug susceptible control S 34 were preserved in 70% ethanol for further identification, and 50 g threshed seeds from all varieties of each treatment were analyzed qualitatively for grain mold damage. Namely at each location, 42 samples (21 samples from treated plots and 21 from non-treated plots), i.e. materials from all replicates of each treatment for each variety were bulked and 50 g taken as a sample.

Combined analyses of variance were performed on data across stations and over both years, using STATITCF software (ITCF 1991). Sets of field observations that could be



included in these combined analyses are given in Table 2. *One* indicates a data set included and *zero* indicates a data set not available or omitted because of too many missing data.

In addition, the following daily meteorological data were recorded and reported by each station collaborator: rainfall, minimum and maximum temperatures, minimum and maximum relative humidity, from planting to harvest. The disease incidence and insect infestation levels during each season at each site were expected to be affected by the weather pattern throughout the growing season, not only the conditions when assessments were made at grain maturity.

Correlations between disease and weather variables in different seasons can be obtained with a computer program called “window” (Coakley et al., 1988). The program calculates the means or totals of each weather variable over different periods or “windows of time”, and correlates these with disease or infestation scores. Windows are chosen to begin on each day from the start of the growing season and vary in length, so that weather over the whole growing season is examined. The most significant correlations can be selected from a large matrix of results, to indicate times when weather may affect the disease or insect attack. Table 2 gives weather data sets that could be included in the “window” analysis. *One* indicates a data set included and *zero* indicates a data set not available or omitted because too unreliable to be of value in the analysis.

In the “window” program, nine variables are derived from the weather data: precipitation frequency (PF), total precipitation (TP), number of consecutive days with precipitation (DWP), number of consecutive days without precipitation (DOP), mean maximum temperature (Tmax), mean minimum temperature (Tmin), mean temperature range (Trange), mean maximum relative humidity (RHmax) and mean minimum relative humidity (RHmin). When calculating totals or means, missing values are ignored. Eight windows of time were selected (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 days), and derived weather variables calculated for each day from the date of sowing.

The program was run on the following parameters: head bug damage score on unprotected plots, and grain mold score (TGMR) on both unprotected and insecticide-protected plots. For each of these parameters, 15 analyses were conducted (namely the mean of all 21 genotypes, and values for 14 individual genotypes), with the nine weather variables, which made a total of 405 analyses.

Results

Results of the combined analyses of variance for time to 50% flowering, head bug population (after square root transformation), midge visual score, head bug damage score, grain mold score, germination rate (after arcsine transformation) and grain yield are given in Tables 4 and 5. Those of microflora analyses on 8 stations in 1996 are given in Table 6.

Results on head bug populations should be considered with care, since in some locations, all bugs were counted, not only *E. oldi*, which on the other hand was not the dominant species. At Ina (Benin) in 1996, *E. oldi* was present, but *Dysdercus voelkeri* (Heteroptera: Pyrrhocoridae) was dominant. At Bordo (Guinea) where *E. oldi*'s incidence was negligible, *D. voelkeri* and *Spilostethus* sp. (Heteroptera: Lygaeidae) were dominant, followed by *Creontiades pallidus* (Heteroptera: Miridae) and *Mirperus jaculus* (Heteroptera:



Alydidae). At Bebedjia and Soumbé, *E. oldi*'s incidence was reported as minor, as compared to that of *Megacoelum apicale* (Heteroptera: Miridae), *M. jaculus*, *D. voelkeri* and *Spilostethus* sp. in the latter location.

The level of head bug damage was generally low in both years, but insecticide treatment had a very clear effect on head bug damage although to a lesser extent on mold infection, germination, midge damage and grain yield. As for grain mold infection, the most significant interaction was between location and year. In the case of head bug scores, there were highly significant interactions between location and year, and between location and cultivar.

The slight damage both by head bugs and grain mold on cultivars IS 14384 and CGM 39/17-2-2 on the one hand, and the excessive damage recorded on S34, are remarkable.

The analysis of data from observations on the grain microflora showed that on 12 stations, the *Fusarium* and *Phoma* genera were dominant (infesting each about 30% of the grains), followed by *Curvularia* (18%), while the incidence of *Penicillium* was negligible. The combined analysis of data from 8 stations showed that:

- insecticide application did not significantly affect the presence of any of the three fungus genera;
- there were highly significant differences between the varieties, except for *Phoma*, and interactions between treatments, varieties and sites were highly significant, except for *Curvularia*;
- IS 14384 and Nagawhite were less infected by *Fusarium*, whereas R 6078 and IS 14384 were less infected by *Curvularia*.

In the search for empirical relationships between climatic parameters and head bug and grain mold damage scores, cut-off dates were determined from mean time to 50% flowering.

When considering trial means of unprotected plots, no highly significant correlations ($P < 0.001$) were found between head bug scores and any of the climatic parameters considered, whereas 116 and four significant ones were found between mean mold score and maximum relative humidity, respectively for untreated, and treated plots. The number of such correlations increased dramatically when considering genotypes individually, notably on untreated plots.

As for untreated plots, the correlation between mean grain mold score and number of highly significant correlations for the 14 cultivars was itself highly significant ($r = 0.771$, $P < 0.001$).

Scatter diagrams corresponding to highest correlations between RHmax and grain mold scores are also provided in Figs. 1 to 7.

Discussion

Although the head bug infestation and damage levels was generally rather low during the two years of experiment, two cultivars exhibited consistently high levels of resistance over years and locations, both to head bugs and grain molds, namely IS 14384 and CGM 39/17-2-2. Conversely, S34 was particularly susceptible to both stresses.



IS 14384 was reported as grain mold resistant by Bandhyopadhyay et al. (1988). This guinea cultivar from Zimbabwe, although red-grained, has no testa and its tannin content is low. Its grain is hard (Jambunathan et al. 1992).

CGM 39/17-2-2 is a progeny derived from a cross between the guinea cultivar no. 87-31 in the Senegalese collection and a guinea landrace from Senegal (no. 62-15 in the Senegalese collection, and no. 1058 in the Gervex CIRAD collection) (Chantereau and Luce, pers. comm. 1999).

Although Singh et al. (1996) reported cultivars white-grained sorghum cultivars IS 30469C-1526-4 and IS 30469C-1518T-5 reasonably resistant to grain mold in India, this was not confirmed in this study, which however supported other observations in Mali (Bandhyopadhyay and Sissoko, unpublished data).

Nagawhite, CEM 326/11-5-1-1, CEM 328/1-1-1-2 and CEM 328/3-3-1-1 outyielded the other cultivars. CEM 326/11-5-1-1 that has also been named CIRAD 406 or ICSV 2001, is a pure line variety developed by pedigree selection from a cross between IS 9225 (a Ugandan guinea landrace with high grain quality and anthracnose resistance), and F2-20 (an improved Senegalese caudatum line) (Chantereau et al. 1997). CEM 328/1-1-1-2 and CEM 328/3-3-1-1 are two progenies of a cross between F2-20 and I-24 (a high yielding caudatum cultivar from Senegal) (Chantereau and Luce, pers. comm. 1999).

In terms of germination, the best cultivar was CEM 326/11-5-1-1, followed by ICSV 1079 and CCGM 1/19-1-1, a progeny derived from a cross between a sterile caudatum panicle taken from a ms3 composite, and a guinea landrace from Southern Africa (no. 50-8 in the Senegalese collection, and no. 3 in the Gervex CIRAD collection) (Chantereau and Luce, pers. comm. 1999).

We also showed a very clear efficiency of the insecticidal treatment on head bug incidence, as well as, although to a lesser extent, on grain mold incidence, thus confirming the critical role played by head bugs as factors aggravating mold infection. In this respect, these results complement those obtained by IER at Sotuba in 1990 and 1991, where plastic bag protection could have affected exposure to grain mold inoculum, which was not the case with insecticide protection.

However, in some cases, grain mold incidence was high even with low head bug damage, following insecticidal protection, or on head bug resistant cultivars such as 87-SB-F4-54-2, Malisor 84-7 and 87W810.

One should note that although sorghum grain microflora varied little from one site to another (with genera *Phoma* and *Fusarium* dominating, followed by *Curvularia*) there were large variations in the specific composition of the head bug entomofauna across sites. Notably, *E. oldi* was not the dominant species on all stations. This resulted in a mixed reaction of some cultivars recognized as head bug resistant such as Malisor 84-7, as it is susceptible to heteropteran bugs such as *Dysdercus* or *Spilostethus* (Ratnadass, personal observations) which were the dominant species in some stations.

This variability in the entomofauna also translated into the virtual absence of any significant correlation between head bug incidence and those weather factors examined. This is not a surprise since even species belonging to the same mirid family such as *Eurystylus* and *Creontiades* (which happened to be dominant on some stations), can exhibit opposite relationships with weather (Ratnadass and Butler, unpublished data).



In the case of grain mold, it is high relative humidities during early plant growth (5-40 das) on the one hand, and then between end of flowering and harvest (65-125 das) on the other hand, that are the most strongly correlated with mold incidence (TGMR).

The relationships between RHmax and grain mold scores in the scatter diagrams are clearly non-linear, and show a marked increase in grain mold scores when the RH exceeds a threshold of about 95%. The pattern is similar in both critical periods, early (5-40 das) and late (65-125 das) in the growing season, however it is only in the second period that a direct effect of mold infection or sporulation on the grain is possible.

It is likely that high relative humidity would affect grain mold in two ways; one by providing suitable conditions for infection, and the other by its effect on sporulation. High maximum RH would be associated with extended periods of surface wetness on the plants, which would provide congenial conditions for infection by the pathogens. It is also interesting to note that sporulation (needed for the development of grain mold symptoms) only occurs at values greater than about 95% RH (Butler and Bandyopadhyay, unpublished data).

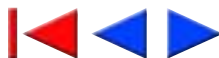
It could be that high humidity during the first critical period would favor sporulation at the source of inoculum, and infection and mold growth on the first leaves of sorghum plants. The source of inoculum at this stage would probably be plant debris on the soil surface, but could also be sporulation on alternative hosts since grain mold fungi are not very host specific. At a later stage when the first leaves become senescent, they would serve as a source of inoculum for infection of panicles. It appears that this first colonization, although it does not result in significant damage or lesions on leaves, is nonetheless critical. Support for this hypothesis is given by the striking fact that correlations are not highly significant from the DOS, but about a week later, corresponding to sorghum plant emergence.

Among the three cultivars for which matrices of correlation coefficients are figured, it is striking that it is only with S 34 that correlations are not so high in the first critical period. S 34 is the most head bug susceptible genotype, so it might be that the “secondary” assisted infection is dominant and masks any effect of primary infection. Actually, for head bug resistant cultivars 87-SB-F4-54-2 and Malisor 84-7, it is the primary infection that seems to dominate (more and higher correlation coefficients).

Support for the importance of head bug-aided infection is also given by the striking fact that correlations are not highly significant from the time of flowering, but a few days later, corresponding to early milk stage of the grain, when it appears outside the glumes and becomes accessible to head bugs.

While earlier studies reported by Ratnadass et al. (1998b), using the “window” analysis, have shown the influence of RHmin and Tmin at the time of grain filling, on *E. oldi* population dynamics, little is known about the epidemiology of grain mold (Forbes et al. 1992). Knowledge at the time of the review by Williams and Rao (1981) was probably well-stated by their comment, “generally it seems that wet weather following flowering is necessary for grain mold development and the longer wet period, the greater the mold development”.

Although the present study suggests hypotheses to explain relationships between head bugs, grain molds and weather, detailed greenhouse and field experiments should be conducted to find the relationship of wetness, relative humidity at different stages of plant



development, both on early leaves and on the panicle. These studies under controlled conditions could encompass several pathogenic species, separately.

Also, the effectiveness of early foliar fungicide treatments in reducing later grain mold incidence should be conducted to determine the part played by pathogen development on young leaves and inoculum availability on the same leaf when they become senescent, on later infection of the panicle by molds. At the same time, a closer look should be given to pathogens present on young sorghum plants.

Lastly, factors associated with genotypic resistance to both stresses, particularly on IS 14384 and CCGM 39/17-2-2, should be further investigated.

Acknowledgements

We thank Ms A.M. Malgwi at Samaru, and Messrs A. Yehouenou and C. Dossou-Sognon at Ina, G. Trouche at Fada-Kouaré, S. Koyabay at Soumbé, F. Halla Nkloh and J.A. Koné at Ferkessédougou, F. Adua at Nyankpala, I. Ouattara at Cinzana, B. Cissé, D. Diarra and C.A.T. Thiéro at Samanko, and M. Touré and A.B. Diallo at Longorola for their help in conducting these trials.

References

Ajayi, O. and Ratnadass, A. 1998. Sorghum insect pest distribution and losses in West and Central Africa. Pages 81-90 *in* Panicle insect pests of sorghum and pearl millet: proceedings of an International Consultative Workshop, 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger (Nwanze, K.F. and Youm, O., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.

Bandyopadhyay, R. and Mughogho, L.K. 1988. Evaluation of field screening techniques for resistance to sorghum grain molds. *Plant disease* 72:500-503.

Bandyopadhyay, R., Mughogho, L.K., and Prasada Rao, K.E. 1988. Sources of resistance to sorghum grain molds. *Plant disease* 72:504-508.

Chantereau, J., Luce, C., Hamada, M. Ag, and Fliedel, G. 1997. Selection of a sorghum line, ICSV 2001 combining productivity and grain quality. *International Sorghum and Millets Newsletter* 38:35-37.

Coakley, S.M., McDaniel, L.R., and Line, R.F. 1988. Quantifying how climatic factors affect variation in plant disease severity: a general method using a new way to analyze meteorological data. *Climate Change* 12:157-175.

Forbes, G.A., Bandyopadhyay, R., and Garcia, G. 1992. A review of sorghum grain mold. Pages 265-272 *in* Sorghum and millets diseases: a second world review (de Milliano, W.A.J., Frederiksen, R.A., and Bengston, G.D., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.

Harris, E. 1962. Diseases of Guineacorn. Samaru Technical Notes Vol. II. Al. 1. 13 pp.



ITCF. (Institut technique des céréales et fourrages) 1991. STATITCF, Version 5. Boigneville, France: ITCF.

Jambunathan, R., Kherdekar, M.S., and Stenhouse, J.W. 1992. Sorghum grain hardness and its relationship to mold susceptibility and mold resistance. *J. Agric. Food Chem.* 40:1403-1408.

Marley, P.S. and Malgwi, A. 1996. Studies on headbug/grain mold interaction in Nigeria. Paper presented at the 25th Annual Conference of the Nigerian Society for Plant Protection, NAERLS, Ahmadu Bello University, Samaru, Zaria, 20-24 May 1996.

Ratnadass, A., Ramaiah, K.V., Sharma, H.C., and Cissé, B. 1994. Réaction de variétés de sorgho aux attaques de la punaise des panicules *Eurystylus immaculatus* Odhiambo (Heteroptera, Miridae) en Afrique de l'Ouest. Pages 333-343 in *Progress in Food Grain Research and Production in Semi-Arid Africa: Proceedings of the SAFGRAD Inter-Network Conference, 7-14 Mar 1991, Palais des Congrès, Niamey, Niger* (Menyonga, J.M., Bezuneh, T., Yayock, J.Y., and Soumana, I., eds). Ouagadougou, BP 1783, Burkina Faso: SAFGRAD.

Ratnadass, A., Ajayi, O., Fliedel, G., and Ramaiah, K.V. 1995a. Host-plant resistance in sorghum to *Eurystylus immaculatus* in West Africa. Pages 191-199 in *Panicle insect pests of sorghum and pearl millet: proceedings of an International Consultative Workshop, 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger* (Nwanze, K.F. and Youm, O., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.

Ratnadass, A., Doumbia, Y.O., and Ajayi, O. 1995b. Bioecology of sorghum head bug *Eurystylus immaculatus* and crop losses in West Africa. Pages 91-102 in *Panicle insect pests of sorghum and pearl millet: proceedings of an International Consultative Workshop, 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger* (Nwanze, K.F. and Youm, O., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.

Ratnadass, A., Cissé, B., Coulibaly, M.F., Fliedel, G., and Chantereau, J. 1998a. Host plant resistance to *Eurystylus oldi* in West Africa. Pages 113-117 in *Panicle insect pests of sorghum and pearl millet: proceedings of an International Consultative Workshop, 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger* (Nwanze, K.F. and Youm, O., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.

Ratnadass, A., Cissé, B., and Butler, D. 1998b. Bioecology of the panicle-feeding bug *Eurystylus oldi* Poppius (Heteroptera: Miridae), a key pest of sorghum in Mali. Pages 105-111 in *amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre: actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho ICRISAT-CIRAD, 17-20 Mar 1997, Bamako, Mali* (Ratnadass, A., Chantereau, J. and Gigou, J. eds). Montpellier, BP 5035, France: CIRAD-CA.

Sharma, H.C., Doumbia, Y.O., and Diorisso, N.Y. 1992. A headcage technique to screen sorghum for resistance to mirid head bug *Eurystylus immaculatus* Odh. in West Africa. *Insect Science and its Application* 13:417-427.



Singh, S.D., Navi, S.S., Stenhouse, J.W., and Prasada Rao, K.E. 1995. Grain mold resistance in white grain sorghum. *International Sorghum and Millets Newsletter* 36:95-96

Steck, G.J., Teetes, G.L., and Maiga, S.D. 1989. Species composition and injury to sorghum by panicle feeding bugs in Niger. *Insect Science and its Application* 10:199-217.

Thomas, M.D. 1992. Sorghum diseases in western Africa. Pages 25-29 *in Sorghum and millets diseases: a second world review* (de Milliano, W.A.J., Frederiksen, R.A. and Bengston, G.D. eds). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT.

Williams, R.J. and Rao, K.N. 1981. A review of sorghum grain molds. *Tropical Pest Management* 27:200-211.



Table 1. Dates of sowing (DOS) and local cultivars on the different stations where the WCASRN Regional Sorghum Head Bug and Grain Mold Trial was conducted in 1996 and 1997.

Country	Station	DOS		1996	1997	Local Cultivar
		Longitude	Latitude			
Benin	Ina	02°44'E	09°58'N	01/07	22/07	Blanc de Karimana
Burkina Faso	Fada-Kouaré	0°10'E	12°05'N	27/07	-	Nongossomba
	Farako-ba	04°20'W	11°06'N	-	16/07	Gnofing
Cameroon	Maroua	14°30'E	10°30'N	05/07	10/07	Damougari
CAR	Soumbe	17°36'E	06°29'N	22/07	-	Koï
	Poumbaindi	16°25'E	07°05'N	-	21/07	IKI 164
Chad	Bebedjia	16°34'E	08°41'N	05/06	11/06	GOOP
Cote d'Ivoire	Ferkessedougou	05°12'W	09°36'N	29/07	05/08	NWS 63 D
Ghana	Nyankpala	0°58'W	09°25'N	11/07	11/07	Kapaala
Guinea	Bordo	09°18'W	10°23'N	19/07	09/07	Lombogbe
Mali	Cinzana	03°56'W	13°18'N	18/07	25/07	CSM 219E
	Longorola	05°41'W	11°21'N	06/07	11/07	Locale Sikasso
	Samanko	08°07'W	12°32'N	10/07	09/07	CSM 388
Niger	Bengou	03°30'E	11°59'N	25/07	-	Local B.K.C.
Nigeria	Bagauda	08°30'E	11°40'N	08/07	07/07	Gaya early
	Samaru	07°38'E	11°11'N	26/07	17/07	NR 71182

Table 2. Field data sets that could be included in the combined analysis of variance.

Station	No.	HB Score	TGMR	% Germ	No.	Midge Score	Grain Yield
	HB/5 Panicles				Days 50% Fl.		
Ina	1	1	1	1	1	1	0
Maroua	1	1	1	0	1	1	0
Ferkessedougou	1	1	1	1	1	1	1
Nyankpala	1	1	1	1	1	1	1
Bordo	1	1	1	1	1	0	1
Cinzana	1	1	1	1	1	1	1
Longorola	1	1	1	1	1	1	1
Samanko	1	1	1	1	1	1	1
Bagauda	0	0	0	1	0	1	1
Samaru	1	1	1	1	0	0	0
TOTAL	9	9	9	9	8	8	7



Table 3. Weather data sets that could be included in the “window” analysis.

Year	Station	Rainfall	Tmax	Tmin	RHmax	RHmin
1996	Ina	1	1	1	0	0
1997	Ina	1	1	1	0	0
1997	Farako-ba	1	1	1	1	1
1996	Maroua	1	1	1	0	0
1997	Maroua	1	0	0	0	0
1996	Soumbe	1	1	1	0	0
1997	Poumbaindi	1	1	1	1	1
1996	Bebedjia	1	1	1	1	1
1997	Bebedjia	1	1	1	1	1
1996	Ferkessedougou	1	1	1	1	1
1997	Ferkessedougou	1	1	1	1	1
1996	Nyankpala	1	1	1	1	1
1997	Nyankpala	1	1	1	1	1
1996	Bordo	1	1	1	1	1
1997	Bordo	1	1	1	1	1
1996	Cinzana	1	1	1	0	0
1997	Cinzana	1	0	0	0	0
1996	Longorola	1	1	1	1	1
1997	Longorola	1	1	1	0	0
1996	Samanko	1	1	1	1	1
1997	Samanko	1	1	1	1	1
1996	Bagauda	1	1	1	1	1
1997	Bagauda	1	1	1	1	1
1996	Samaru	1	1	1	0	0
1997	Samaru	1	1	1	1	1
	Total	25	23	23	16	16



Table 4. Mean squares (MS) and their significance (P), from combined analysis of variance of no. of head bugs per 5 panicles, head bug visual score, grain mold visual score, and germination rate.

Source of Variation	No. HB/5 Pan. ¹			HB Score ²		TGMR ²		% Germ. ³	
	MS	DF	P	MS	P	MS	P	MS	P
Total	503	19.26	-	3.64	-	1.65	-	383.11	-
F3 (Site)	8	234.40	*	24.35	**	74.82	**	10785.19	ns
F4 (Year)	1	104.53		1.14	-	3.86	-	526.33	-
F1 (Treatment)	1	2854.66	*	230.80	*	140.95	*	13589.81	*
F2 (Cultivar)	13	14.55	*	4.31	***	23.83	***	774.68	**
F3 X F4	8	67.67	***	3.24	***	8.70	***	3289.98	***
F3 X F1	8	248.31	*	8.26	*	17.58	ns	1069.77	ns
F3 X F2	104	4.72	**	0.97	***	2.22	**	180.36	**
F4 X F1	1	15.83	**	0.98	ns	0.02	ns	3.56	ns
F4 X F2	13	5.12	***	0.53	*	0.89	*	162.81	***
F1 X F2	13	7.02	ns	1.21	*	1.52	*	84.88	ns
F3XF4XF1	8	45.13	***	1.87	***	5.73	***	807.63	***
F3XF4XF2	104	2.77	***	0.42	**	1.20	***	105.97	***
F3XF1XF2	104	4.58	*	0.35	ns	0.70	ns	35.53	ns
F4XF1XF2	13	3.50	**	0.23	ns	0.50	ns	56.48	*
F3XF4XF1XF2	104	2.90	***	0.30	ns	0.54	ns	33.32	ns

Signification at the F test: *, ** and *** = significant respectively at the 5%, 1% and 0.1% levels; ns = not significant at the 5% level

1. Data analyzed after square root transformation
2. Damaged rated on a 1-9 scale
3. Data analyzed after arcsine transformation



Table 5. Mean squares (MS) and their significance (P), from combined analysis of variance of no. of days to 50% flowering, midge visual score, and grain yield.

Source of Variation	No. Days 50% Fl.			Midge Score ¹			Yield ²		
	DF	MS	P	DF	MS	P	DF	MS	P
Total	639	43.85	-	575	1.71	-	335	0.74	-
F3 (Site)	7	728.21	ns	7	21.02	ns	5	16.20	ns
F4 (Year)	1	270.17	ns	1	32.28	ns	1	4.50	-
F1 (Treatment)	1	0.13	ns	1	30.75	*	1	27.40	ns
F2 (Cultivar)	19	696.16	***	17	6.85	**	13	2.29	***
F3 X F4	7	486.35	***	7	21.40	***	5	3.44	***
F3XF1	7	2.82	ns	7	3.84	ns	5	2.32	ns
F3XF2	133	16.74	***	119	2.01	***	65	0.48	*
F4XF1	1	0.13	ns	1	0.10	ns	1	1.63	***
F4XF2	19	86.19	***	17	1.44	*	13	0.21	ns
F1XF2	19	3.15	ns	17	0.39	ns	13	0.18	ns
F3XF4XF1	7	6.35	ns	7	1.06	ns	5	0.54	**
F3XF4XF2	133	9.57	***	119	0.77	**	65	0.32	***
F3XF1XF2	133	2.68	ns	119	0.53	*	65	0.11	ns
F4XF1XF2	19	2.00	ns	17	0.44	ns	13	0.20	ns
F3XF4XF1XF2	133	2.74	ns	119	0.36	ns	65	0.09	ns

Signification at the F test: *, ** and *** = significant respectively at the 5%, 1% and 0.1% levels;

ns = not significant at the 5% level

1. Damaged rated on a 1-9 scale

2. In t.ha⁻¹; plot size 3.75 m²



Table 6. Complex of fungi observed on 19 entries of the WCASRN Regional Head Bug and Grain Mold Trial (1996 Rainy Season)¹.

Fungus Genus	<i>Fusarium</i>			<i>Phoma</i>			<i>Curvularia</i>		
	T	NT	Mean	T	NT	Mean	T	NT	Mean
M 943208-1	20(21) ²	32 (33)	26 (27 abc)	30 (31)	35 (35)	32 (33)	15 (16)	15 (17)	15 (17 ab)
Malisor 84-7	26 (28)	32 (34)	29 (31 abc)	36 (35)	40 (38)	38 (36)	9 (12)	10 (14)	10 (13 ab)
87 W 810	29 (31)	31 (30)	30 (31 abc)	30 (30)	40 (39)	35 (35)	11 (14)	18 (20)	14 (17 ab)
91 W 113-2-1	25 (27)	30 (32)	27 (30 abc)	35 (34)	34 (35)	35 (35)	14 (18)	19 (22)	16 (20 ab)
82-Sel 1-Grain dur	26 (28)	29 (31)	27 (30 abc)	32 (33)	37 (36)	34 (35)	23 (24)	13 (17)	18 (21 ab)
R 6078	30 (32)	36 (36)	33 (34 a)	24 (26)	36 (36)	30 (31)	7 (11)	8 (12)	8 (11 b)
87-SB-F4-54-2	29 (29)	36 (37)	32 (33 ab)	27 (30)	33 (32)	30 (31)	16 (19)	16 (19)	16 (19 ab)
IS 30469C-1526-4	27(29)	39 (37)	33 (33 ab)	33 (32)	36 (37)	35 (34)	15 (17)	8 (11)	12 (14 ab)
IS 30469C-1518T-5	33 (34)	33 (32)	33 (33 ab)	24 (27)	34 (34)	29 (30)	15 (17)	16 (20)	16 (19 ab)
IS 14384	15 (18)	22 (25)	18 (22 c)	34 (35)	33 (34)	33 (35)	11 (13)	9 (12)	10 (13 ab)
IS 21658	25 (28)	32 (32)	28 (30 abc)	38 (36)	28 (30)	33 (33)	15 (18)	12 (15)	14 (17 ab)
CEM 328/1-1-1-2	32 (33)	28 (28)	30 (31 abc)	29 (29)	32 (32)	30 (30)	16 (19)	22 (25)	19 (22 a)
CEM 328/3-3-1-1	32 (33)	30 (30)	31 (32 ab)	32 (32)	39 (37)	35 (34)	10 (13)	14 (17)	12 (15 ab)
CGM 1/19-1-1	32 (33)	31 (32)	31 (33 ab)	24 (26)	32 (32)	28 (29)	13 (16)	16 (19)	15 (17 ab)
CCGM 39/17-2-2	19 (22)	27 (29)	23 (25 abc)	36 (36)	34 (34)	35 (35)	15 (16)	11 (15)	13 (15 ab)
ICSV 1079	31(32)	36 (36)	33 (34 a)	29 (31)	30 (31)	29 (31)	15 (16)	16 (18)	15 (16 ab)
CEM 326/11-5-1-1	24 (26)	26 (27)	25 (27 abc)	37 (35)	34 (33)	36 (34)	17 (21)	16 (20)	17 (20 ab)
S 34	30 (31)	24 (27)	27 (29 abc)	25 (25)	36 (36)	31 (30)	15 (17)	18 (20)	17 (18 ab)
Nagawhite	21 (23)	23 (23)	22 (23 bc)	29 (29)	42 (40)	35 (35)	17 (19)	19 (21)	18 (20 ab)
Mean	26 (28)	30 (31)	28 (30)	31(31)	35 (35)	33 (33)	14 (17)	15 (18)	14 (17)
F Test ³									

Continued

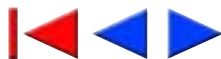


Table 6 continued

Fungus Genus	<i>Fusarium</i>			<i>Phoma</i>			<i>Curvularia</i>		
	T	NT	Mean	T	NT	Mean	T	NT	Mean
F1 X F2			(ns)			(ns)			(ns)
F3(site) X F1			(***)			(***)			(***)
F3 X F2			(***)			(***)			(ns)
F3 X F1 X F2			(**)			(***)			(ns)
ETR			(± 7.6)			(± 9.9)			(± 7.8)

1. Split-plot designs with 3 reps: T = Insecticide treated; NT = untreated.
Combined analysis of the microflora data from 8 stations: Samanko, Longorola and Cinzana (Mali); Bagauda and Samaru (Nigeria); Bordo (Guinea); Maroua (Cameroon); Soumbe (CAR)
2. Values after arcsine transformation are given in parentheses.
3. Signification at the F test: **, *** = significant respectively at the 1% and 0.1% levels; ns = not significant at the 5% level. Means followed by the same letter are not statistically different at the 5% level by the Newman-Keuls method.



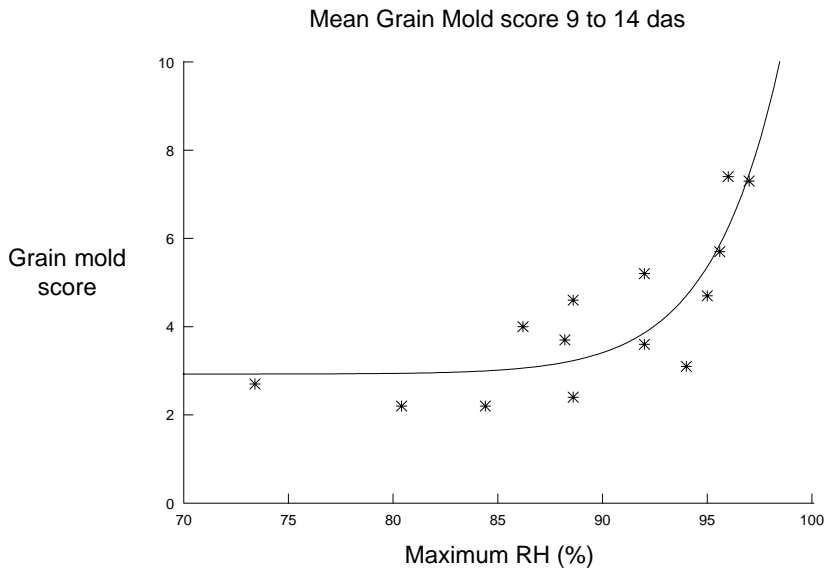


Figure 1. The relationship between Maximum RH from 9 to 14 das and grain mold scores for the mean of 21 genotypes. The equation of the fitted line is: $y = 11.13*(x/100)^{29.84} + 2.93$ ($r^2 = 0.71$).

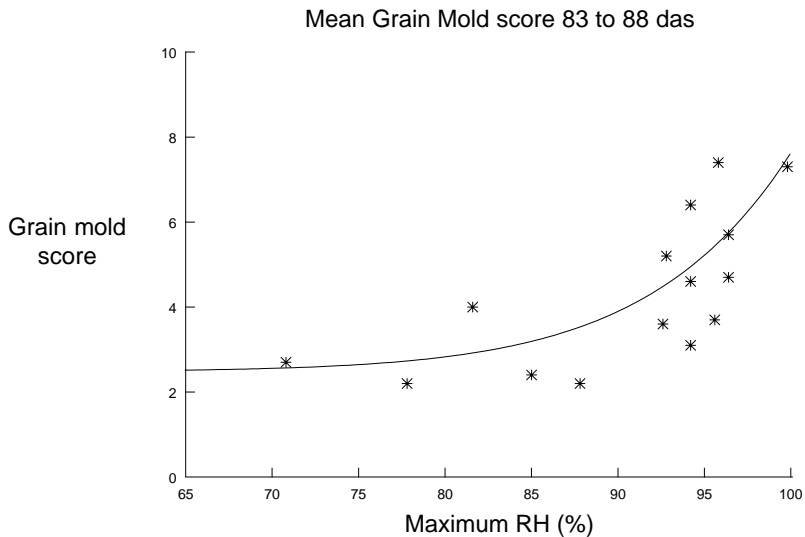


Figure 2. The relationship between Maximum RH from 83 to 88 das and grain mold scores for the mean of 21 genotypes. The equation of the fitted line is: $y = 5.11*(x/100)^{14.43} + 2.48$ ($r^2 = 0.60$).



S 34 73 to 78 das

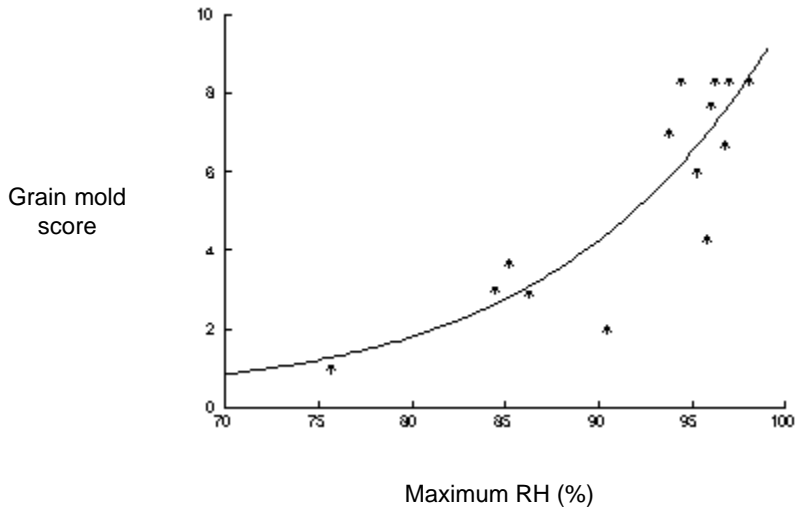


Figure 3. The relationship between Maximum RH from 73 to 78 das and grain mold scores for S 34. The equation of the fitted line is:
 $y = 9.48*(x/100)^{8.59} + 0.39$ ($r^2 = 0.75$)

Malisor 84-7 9 to 14 das

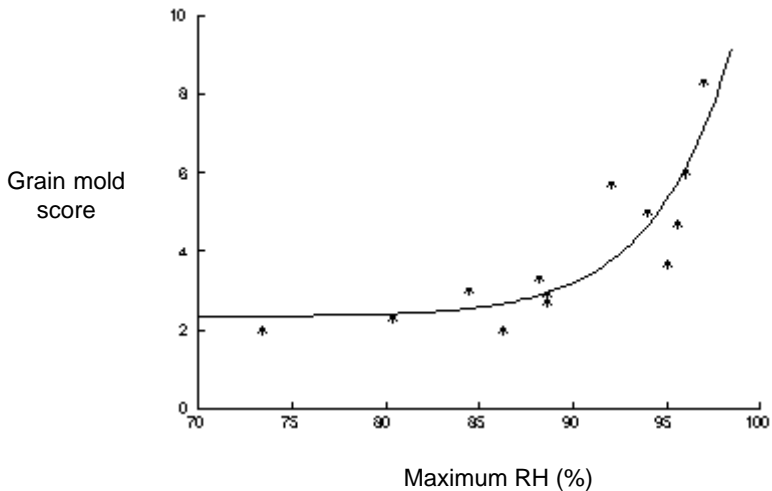


Figure 4. The relationship between Maximum RH from 9 to 14 das and grain mold scores for Malisor 84-7. The equation of the fitted line is:
 $y = 9.70*(x/100)^{23.2} + 2.36$ ($r^2 = 0.76$).



Malisor 84-7 87 to 92 das

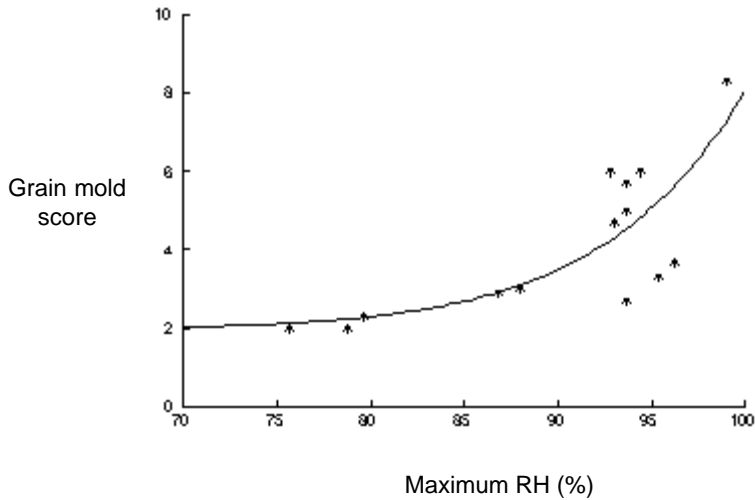


Figure 5. The relationship between Maximum RH from 87 to 92 das and grain mold scores for Malisor 84-7. The equation of the fitted line is: $y = 6.07*(x/100)^{13.23} + 1.97$ ($r^2 = 0.61$).

87-SB-F4-54-2 8 to 13 das

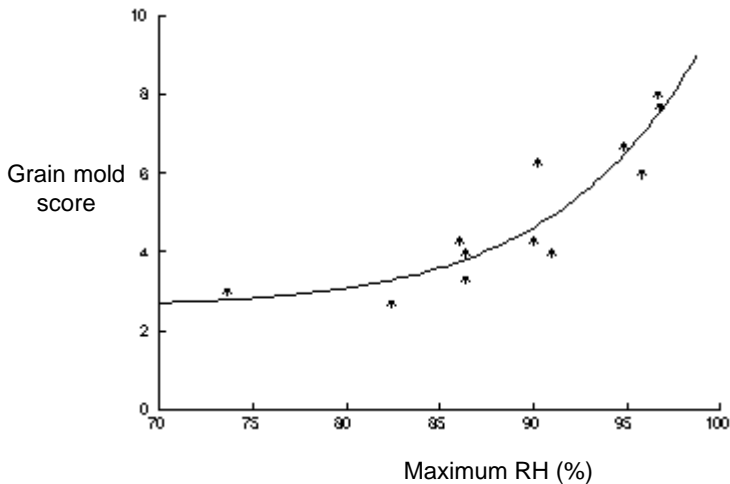


Figure 6. The relationship between Maximum RH from 8 to 13 das and grain mold scores for 87-SB-F4-54. The equation of the fitted line is: $y = 7.45*(x/100)^{12.5} + 2.64$ ($r^2 = 0.84$).



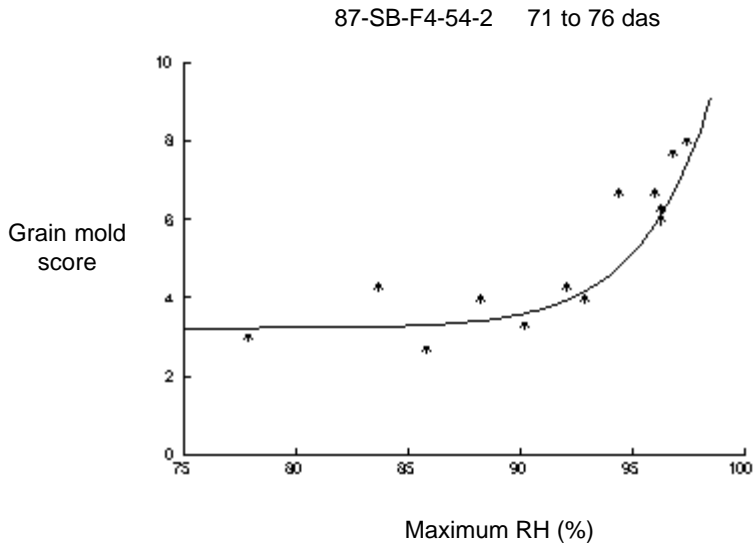


Figure 7. The relationship between Maximum RH from 71 to 76 das and grain mold scores for 87-SB-F4-54. The equation of the fitted line is: $y = 9.44*(x/100)^{25.8} + 3.23$ ($r^2 = 0.87$).



Production, Utilization, and Marketing of Sorghum in Southern Africa Region

A Babatunde Obilana¹

Abstract

The Southern Africa Development Community (SADC) countries cultivate only 1.6 million ha of grain sorghum resulting in a combined (communal small scale and commercial large scale) average production of 1.1 million t. The largest producers and consumers being Tanzania (663 000 ha), Mozambique (376 000 ha), South Africa (155 000 ha) and Zimbabwe (132 000 ha). Of the 11 SADC countries (out of 14) that grow grain sorghum, Botswana leads in per capita consumption with 12% total cereal caloric intake being sorghum.

Utilization of sorghum in the southern Africa region is distinctively traditional and industrial. Traditionally, all the 11 SADC countries consume sorghum as: 1. food, in form of the stiff porridge, called Sadza, Ugali or Bogobe; 2. drink, in form of the alcoholic home brews; and non-alcoholic drinks called Mahewu and other beverages; 3. snacks in the form of sweetcane sorghum, and pop sorghum; 4. as feed in form of grain, bran, crop residue feeding and silage. There are other non-food indigenous uses in form of broom, mulch and manure.

Industrially, the major use of sorghum (approximately 70% of total uses) is in commercial malting and brewing of the popular opaque beer called Chibuku or Kibuku. Industrial malting and brewing occur most commonly in South Africa and Zimbabwe. However, malting for food, using non-tannin sorghum is the next popular use, as is milling for food meal, in South Africa and Botswana. Research and Development into these two areas are starting. Very little of sorghum is used in feed in SADC region. Only South Africa, and to a less extent Zimbabwe have started using red-grained sorghum, classified as GL, and little white-grained sorghum, which are becoming available in the last few years, in feed, in place of the commonly used maize grain, which is now becoming expensive.

The role played by SADC/ICRISAT Sorghum and Millet Improvement Program (SMIP) in this continuum of production - utilization - marketing for commercialization, through development of good white food grain sorghums, grain quality assessments and marketing/pricing policy research, is highlighted.

1. ICRISAT, Matopos Research Station, P O Box 776, Bulawayo, Zimbabwe.



Introduction

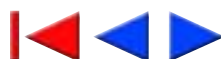
The semi-arid areas of SADC encompass, on an average, 40 - 60% of the small-holder populations in 11 of the 14 countries of the region. In these areas, majority of farmers experience food deficits at least every other year because of the maize culture and over emphasis on cultivation of maize which is being forced into marginal poor soil agro-ecologies where the crop is least adapted. As such, sorghum is grown in the very dry areas, and covers 10 - 25% of national arable areas of Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, Tanzania and Zimbabwe. In Angola, Namibia, South Africa and Zambia, the sorghum areas cover 5 - 10%; while it is <5% of the national arable areas in South Africa and Swaziland (ICRISAT and FAO 1996).

Production (totaling 1.6 million ha) remains characterized by low yields (totaling 1.1 million tons) and extensive, low-input, rain-fed cultivation. Much of the crop is grown by small-scale farmers at the subsistence level (0.20 - 4.0 ha per household). Only in two countries of the SADC region, South Africa and Zimbabwe are there any larger scale commercial level sorghum production. In South Africa, this sector covers two provinces, Mpumalanga and Free State which cover 85.4% of the area under sorghum, (Pretorius 1998). The total area planted to sorghum in the national arable area of South Africa is only 1.3% (compared to 31.6% planted to maize). In Zimbabwe, <5% is grown commercially in the wetter agroecological regions for brewing and malting.

In the SADC region, sorghum is grown primarily for food by the subsistence farming population in the arid and semi-arid areas. However, majority of the sorghum grown for commercial sector is used primarily for malting and brewing “opaque” beer. An “opaque” beer which can be described as both fermented alcoholic drink and food is a thin fermented porridge which has undergone souring through lactic acid fermentation.

In the majority of SADC member countries sorghum is used for home consumption as food or beer with very little being traded. The subsistence level production has been determined by the food consumption requirements. Since the food consumption requirements are limited, alternative markets will need to be developed for the surplus production of grains that is already arising as a result of improved food grain quality cultivars and impact being generated by SADC/ICRISAT SMIP in the region. Before and presently, sorghum is 90% traded in the informal rural markets with only 10% or less being sold commercially for the brewing industries to make Opaque beer. In the past two years, some commercial trading is starting in the rural communities with the proliferation of small-scale millers (for food and meal) in Botswana. This phenomenon, as revolutionary and innovative as it is for sorghum in the region, is facing some constraints linked with growth, while its spill-over potential to other countries is being looked into.

The objectives of this paper are to: 1. present and describe production, utilization and marketing scenarios of sorghum in the SADC region, 2. discuss the role ICRISAT is playing in these, production - utilization - marketing continuum (commercialization).



Sorghum Production in SADC Region

Between 1992 and 1994, an average of 1.604 million ha of sorghum (S), and 0.997 million ha of pearl millet (M) were cultivated annually in the 11 SADC countries (Anon 1995). Figure 1 shows how these areas cropped are distributed among the countries. Tanzania (663 000 ha S and 345 000 ha M.), Mozambique (376 000 ha S and 51 000 ha M), South Africa (155 000 ha S and 21 000 ha M) and Zimbabwe (132 000 ha S and 272 000 ha M) are the highest producers for the two cereals combined.

Table 1 shows the production, consumption and some basic economic indicators for sorghum and pearl millet in 11 SADC countries. Significant observations are the relationships between the sorghum and pearl millet share in total cereal production, and the relative areas of the two cereal crops in the countries. Though the sorghum and pearl millet areas cropped. (Figure 1 and Table 1) in some of the countries (Angola, Botswana, Lesotho and Namibia) seem small, the share of the two crops in total cereal hectareage are very large (Table 1). Botswana has the highest with 84% (mostly sorghum) with Namibia, a far second, with 45% (mostly pearl millet). Both Mozambique and Tanzania have good percentage shares for sorghum (25% and 21%, respectively) in these highest producing countries. In Zimbabwe, 18% of pearl millet, and half of this (9%) of sorghum, contribute to share of total cereal area. Data in Table 2 strengthens this scenario for relativities of cropped area with importance of the crops to people in SADC countries. In total caloric intake, (Table 2), Botswana and Namibia (millet only, again, lead the SADC countries in per capita consumption of sorghum and millet (12% and 24%, respectively) relative to all cereals. In both these countries, together with Tanzania and Lesotho, caloric intake in the population from sorghum and millet are higher than for rice and wheat (in Tanzania alone) and maize (in Namibia). On the average across the 11 SADC countries, both crops also contribute to higher caloric intake of the 131 million population, than wheat (Table 2).

Both sorghum and pearl millet have been described in this section because of the interrelatedness of the two crops in same agroecologies and people. As indicated earlier, in both South Africa and Zimbabwe, communal area production are very much separated from the commercial sector production. In South Africa, for example, 13.3% of the 155 000 ha cultivated to sorghum are in the communal areas of Northern and Northwest Provinces. In Zimbabwe, six of the nine provinces in the country have semi-arid areas and grow sorghum, with large communal hectarages in Matabeleland North and South, Masvingo, Midlands and Buhera district of Manicaland Province. In Malawi, 90% the sorghum is grown in the Shire Valley. Sorghum production in Mozambique and Tanzania are extensive, and in Tanzania it covers the whole country, including the central plateau with the lake Victoria Basin. In Botswana, sorghum cultivation is restricted to the eastern strip extending from extreme north to extreme south.

Utilization

The uses of sorghum in the SADC (southern Africa) region can be identified under two scenarios, traditional and industrial. These two scenario shave stayed separated for more than five decades as a result of the institutional maize-based economics in the region.



In this region, maize is the staple food and together with wheat and barley, are the crops on which agro-industries are mainly based. As a result, the traditional uses of sorghum tend to be obscured and less mentioned and popularized. On the other hand, however, the same sorghum plays the major role in industrial malting processes to make the popular opaque beer called by several names: Chibuku, Kibuku, and other opaque beer derivatives.

Traditional Uses

Food Use

Region wide, approximately 1541 kg of cereals are consumed per person, in one year, in SADC, out of which sorghum accounts for only 77 kg (a mere 5%). The major form of indigenous consumption is a stiff sorghum porridge called Sorghum Sadza or Sorghum Ugali or Mabele Meal, or Bogobe prepared from sorghum meal. Botswana consumes most sorghum (Table 2) in the region as Bogobe, followed by Lesotho and Tanzania. The preparation of this stiff porridge is described by Boling and Eisener (1982). This sorghum porridge can be fermented or non-fermented. Other food preparations, with different consistences or feel, include different types of porridges made from different meal or flour fractions: Ting (a fermented porridge) from cracked dehulled sorghum, Mosokwane (a firm non-fermented porridge), Sorghum Rice (cracked dehulled sorghum that is boiled), Roast Sorghum Meal (to prepare soft or stiff porridge).

Beverages and Drinks

There are three or four main drinks prepared from sorghum. These can be fermented or non-fermented, alcoholic or non-alcoholic. The major form of consumption among these, is the fermented alcoholic drink called by several vernacular names across the SADC region. It is commonly referred to as Home Brew, based on malted sorghum, because it is indigenously processed at home, though the ingredients can be home grown or home malted or available as already industrially processed sorghum malt sold in small packages. The Home Brew is called by several indigenous names, including: Kibuku, Chibuku, Umqombothi

The fermented non-alcoholic beverage or drink is preferred by most people (including mothers, babies and children) who do not like or take alcohol but like the taste and nutrition of sorghum drinks. These are made indigenously from malted sorghum, millets or raw maize which are good sources of lactobacili which enhances souring from the lactic acid produced. The resulting drinks, most popular of which is called Mahewu or Amahewu, are usually highly acidic (with low pH) and sour.

Snacks

A major source of energy and cash income is the snacking consumption of sweet cane. This is really sweet sorghum stalk, with high sucrose and brick content from indigenously identified and selected sorghum varieties, just in the soft dough stage of the grain on the immature head. The consumption can be intense and very widespread in all the 11 countries of the SADC during the cane harvest season. The pattern of consumption is very seasonal,



occurring only in the mid-season and before the grains are harvested. The quantity of consumption is such that, series of scotch-carts (two/four wheeled carts drawn by donkeys, mules, bullocks) picking vehicles and even 1 - 5 ton lorries (occasionally) get involved in the transportation of the sweet cane from the forms to the urban and peri-urban areas, where they are sold for cash.

Other snack foods include: pop sorghum (some of the indigenous and improved sorghum cultivars are excellent papers), steamed bread and boiled grain at soft dough stages.

Feed Use

Indigenous use of sorghum as animal feed is restricted to the homestead, as crop residue for small and large farm animals, silage for large farm animals and as grain for poultry.

Other Non-Food Indigenous Uses

The most important non-food indigenous use of sorghum is in thatching roofs and fencing compounds. This usage, together with use as crop residue by the communal farmers is various in extent from country to country; and not as extensive as in West and Central Africa. Another non-food use is the conversation of the panicle head of Broomcorn sorghum sub-species into a broom used for sweeping compound grounds.

Other non-food uses include the weaving of sorghum stalks into mats; and use in fields as mulch and manure.

Industrial Uses

In the last 20 - 30 years, the industrial use of sorghum in SADC region emphasized processing for human consumption. Industrial uses were concentrated in two countries initially in South Africa and Zimbabwe, and later started in Botswana. The processing of sorghum center around malting process and manufacture, used in the brewing of opaque beer. Due to changing local national and regional market needs, the sorghum agro-industry diversified into research, development and production of commercial primary and secondary products, such as meals, flours, breakfast foods, energy malt drinks and snack foods.

Malting and Brewing Opaque Beer

More than 70% of total industrial uses of sorghum in SADC is in the form of malt and in brewing the alcoholic fermented beer, described as Opaque Beer. The malting process and brewing techniques have been technologically advanced in South Africa, as the major country, followed by Zimbabwe. The resulting alcoholic beer, commonly called Chibuku or Kibuku, is an unstrained fermented thin porridge that has been doubly fermented through lactic acid fermentation (*Lactobacillus leichmannii* inoculated) followed by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) fermentation. Details of this brewing process was described by Novellie (1982). Consumer preference for the opaque beer is a pinkish or light brown drink. This preference thus determine the grain colour and processing quality of sorghum used. Thus the sorghum type used and malted for opaque beer brewing are soft, brown-grained,



with testa (which contains condensed tannins) and high diastatic power (classed as GH category in South Africa), Sooliman (1993).

The malting process, which simply is the germination of grain in moist air under controlled conditions, has been described by Taylor (1993 and 1998). Industrially, malting of sorghum in southern Africa region, has as objectives, the production of non-alcoholic breakfast foods, malted drinks, Mahewu and meal, and alcoholic drinks mainly the opaque beer. The final product is determined by the category of grain used. The alcoholic drinks are processed from brown-grained sorghum with condensed tannins (category GH in South Africa). The malting of red-grained sorghum with no condensed tannins (category GM in South Africa) result in human food and drink products. Detailed description of the production of non-alcoholic fermented drink (Mahewu) and alcoholic opaque beer (Chibuku) were provided by Novellie (1982a and 1982b)

Brewing opaque beer is the most commercially widespread industrial use of sorghum in southern Africa (SADC) region. Approximately 200,000 tons of sorghum are malted annually for the production of opaque beer in the SADC region, (Taylor 1993). Two-thirds of this is malted in open-air outdoor malting floors, and used mostly for home brewing. One-third is malted in modern pneumatic type maltings, and the product is used mostly for industrial brewing of opaque beer.

Some 20 million hectolitres of opaque beer are brewed by more than a dozen brewing companies, per annum in southern Africa (SADC). More than 40 million hectolitres, double the industrial brewing, are brewed at home as home brews. Packaging of the different forms of opaque beer and home brew powders are diverse with added advertisements.

Some commercial products of sorghums available in southern Africa region are listed by Obilana and Monyo (1998)

Industrial Use

Food Use

Industrially, the major food uses of sorghum in SADC region are in the form of malted drinks, breakfast foods and snacks. Most of these are produced in South Africa. The use of sorghum as food in meal or stiff porridge, in the industrial sector, is very limited. It is only recently, not more than two to three years ago, that white-grained and red-grained sorghums are being dehulled and milled to produce meal for stiff porridge.

Few of such commercially packaged sorghum meal (flour to make sorghum Sadza or Bogobe or Ugali) are coming into the supermarkets in very small quantities in Zimbabwe, South Africa and Botswana. The proliferation of small commercial millers, that produce sorghum meal for Bogobe, are most significant in Botswana.

It is in this area of food use (and feed use) both traditional and industrial, that ICRISAT has played a significant role (Obilana 1998). The sorghum milling process and technology is not as well developed as in wheat or maize; and definitely far behind the malting technology in the SADC region, especially in South Africa. The SADC/ICRISAT SMIP is facilitating research and development in these areas of milling of sorghum to achieve food security and enhanced commercialization in the SADC region.



Feed Use

As component of animal feed, there is an increasing awareness of the nutritional value of sorghum, since much research is being done into its potential nutritional value. However, some animal producers are still weary to use sorghum in their animal diets. Reasons for these may be due to types and categories of sorghums that are produced and available for feed millers.

In animal feed, grain sorghum can be used as grain bran (industrial by-product from milling), crop residue, and silage. In South Africa, only 17% of the total sorghum produced are sold as stockfeed, by 1996 (Viljoen 1998). Very little or zero amount of grain sorghum is used in other SADC countries, for industrial stockfeed. The reasons given being poor pricing and poor knowledge about quality and processing of sorghum. However, the little quantity of sorghum grain used in feed are for monogastric animals and poultry rather than ruminants.

Presently, approximately 95% of the sorghum used in stockfeed in South Africa are red grained, categorized as GL class, with no condensed tannins and low diastatic activity. In both monogastric animals and poultry (especially broilers), feeding value of the low (or zero) tannin sorghums are similar to that of maize (Douglas et. al. 1993; Brand et. al. 1992) and offer an excellent alternative in diets for the production of non-pigmented poultry products (Brand et.al. 1990, Leeson and Summers 1991). The comparison of the nutrient value of sorghum grown in South Africa, with maize, shows that the feeding value of sorghum is approximately 85 - 97% of maize (Cousins et al. 1981). Similar observations were made earlier from the amino acid composition of improved sorghum varieties from Nigeria and their potential use in poultry feed (Okoh et al. 1982).

With the crude protein content of sorghum varying between 6.8 to 19.6% (Subramanian et al. 1990), it is obvious that cultivar effects and environmental (rainfall, fertilizers, other biotic and abiotic factors) interaction do influence composition and use of sorghum in animal feed.

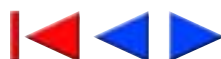
Very little industrial use of grain sorghum in silage and crop residue has been reported in southern Africa. The potential feeding value of crop residue of improved sorghum cultivars were earlier reported in Nigeria (Alhassan et al. 1987). In collaboration with the commercial farmers in Zimbabwe, SADC/ICRISAT SMIP started looking at the potential use of short season grain sorghum as silage in the drier areas of Matebeleland North and South. Table 3 shows the range of trait values that would be usable in dairy and beef cattle feed as silage and the possible choice of sorghum cultivars (Obilana 1998).

Other Industrial Uses

There are no other industrial and non-food uses of grain sorghum in SADC, as at present. However, series of research and development efforts are now beginning into the use of sweet sorghum as alternative to sugar cane in fuel energy (ethanol which is mixed with petrol commonly used in vehicles in SADC).

Marketing

The SADC region is overshadowed by a maize-based economy, including production, consumption and agro-based industrial developments on cereals. The production and usage



of grain sorghum has, for more than four decades, centered around the malt market for the production of sorghum opaque beer. However, the sorghum industry is now expanding in the region as a result of two major factors: 1. an emerging milling capability and 2. the development and availability of improved good quality grain sorghum types. This has led to increasing product development and product improvement, which are resulting in new sorghum products that are now finding ready markets and acceptance by new breed of sorghum consumers. However, unfavorable pricing policies, inappropriate use of new processing technologies, limited access and inadequate quantities of appropriate grain quality types, lack of adequate grain transportation and industrial storage, together with the image of sorghum, are still hindering the improved marketing and utilization of grain sorghum. Grain shortages have compounded the situation further.

In the majority of SADC countries, sorghum (and millet) are used for home consumption as food or beer with very little being traded. The little that is being traded are mostly under informal sector with two or three countries (Botswana, South Africa and Zimbabwe) engaged in formal sector trading. With the advent of SADC/ICRISAT (Sorghum and Millet Improvement Program) SMIP in the region, and their achievements of developing more than 20 improved food quality, white-grained sorghum varieties and hybrids, in collaboration with SADC NARS, surplus production of sorghum are expected from the semi-arid areas. Since the traditional food consumption requirements are limited, alternative markets should be developed to accommodate trade in the surplus grains, with industry.

Grain market policies have for several decades discriminated against household consumption in semi-arid areas of the SADC region. Prior to the liberalization of marketing rules in some of the countries, e.g. Zimbabwe and Botswana, all the sorghum grain had to pass through the Grain Marketing Board or Agricultural Marketing Board, respectively. In South Africa, grain markets passed through the Grain Boards which have now been disbanded. Presently, in these three countries, sorghum grain markets are now between buyer, producer and processor. In most instances, it is on contract production basis, especially for the brown-grained sorghum (with Breweries for opaque beer brewing) and the red-grained or few white-grained sorghums (with millers for food meal).

In addition to the high industrial use and marketing of grain sorghum in South Africa and Zimbabwe, for both malting and brewing purposes, Botswana has witnessed rapid growth in the sorghum milling industry. This proliferation of small to medium-scale sorghum millers started some five years back in 1993/94. They produce and market sorghum meal for Bogobe (stiff porridge) and Tshwala (thin porridge) breakfast porridge, using local white-grained sorghum (Segaolane) and imported red-grained tannin-free sorghums from South Africa. This phenomenon of rapid growth of small sorghum mills has been attributed to:

- development and availability of processing equipment (dehullers and grinding mills) in-country, and training support with backup repairs from the Rural Industries Innovation Center (RIIC, Kanye, Botswana).
- strong demand and consumption for sorghum meal in retail shops
- availability of (though not adequate in supply) excellent, white-grained, food quality sorghum varieties, Segaolane (improved local) and Macia (improved cross-bred variety from SADC/ICRISAT SMIP)
- government financial assistance in the form of grants for the establishment of small-scale sorghum mills.



The main constraint faced by the sorghum industry in Botswana is the high cost of grain imports from South Africa. Domestic sorghum, though augmented by the release and production of the new improved white variety Macia, still has constraints in its use. These constraints to using Segalane variety have been low production, low yields, high sorghum prices in the rural food market and low sorghum prices offered by the Botswana Agricultural Marketing Board. Such constraints are not found in South Africa, and are different from what obtains in Zimbabwe. In Zimbabwe, the encouragement of drought relief shipments, year after year, to drought semi-arid areas, and reliance on maize meal shipped into all rural village markets from urban processors, skews the market situation. According to Rohrbach et al. (1997) policies are needed to facilitate investment by small-scale private traders in grain trade.

Role of ICRISAT in the Commercialization of Sorghum in SADC Region

The role ICRISAT is playing, through its regional SADC/ICRISAT Sorghum and Millet Improvement Program (SMIP), in the commercialization of sorghum in the (southern Africa) region is well detailed by Obilana (1997).

In the majority of SADC member countries, sorghum and millet are used for home consumption as food or beer with very little being traded. Since the food consumption requirements are limited, alternative markets should be developed for surplus production of the grains. Therefore, in response to this scenario, in the Phase III (1993-1998) of SADC/ICRISAT SMIP, emphasis in crop product quality which started in the regional program in 1987, continued to be on the evaluation of the grain for various end uses. Emphasis was placed on uses important to the rural market and for household food and nutrition security. Such traits as grain hardness for extended storage and ease of processing are included. In general, screening tests included physical and chemical analysis of all cultivars moving through advanced testing, on-farm verification and towards release. SMIP assists national programs in carrying out these tests in their national laboratories and/or at Matopos laboratories in the regional headquarters.

The evaluation of grain quality of improved sorghum cultivars, for several end-uses, has been a complimentary activity of the breeding program in SADC/ICRISAT SMIP. While breeding improved genotypes for the region during SMIP Phases I-II, their grain qualities were also assessed in the SMIP laboratory at Matopos. The objectives of these activities were to: a) compile database of grain qualities present in the more than 2500 genotypes developed and selected during the period, and b) assist the national program and private sector scientists and researchers compile documentation and information to support their cultivar releases and promotion. Assessment of the grain qualities was made on 14 physical and physico-chemical traits in the SMIP Food Technology laboratory and pilot plant at Matopos, Zimbabwe. A database for more than 2500 cultivars have been compiled and a manual of laboratory procedures for grain quality assessments produced. White-grained and brown-grained varieties and hybrids with specific end use traits have been developed. Grain quality assessment for specific end uses are continuing for new, better productive cultivars.



Information on 14 grain quality traits analyzed for 2-6 years involving 416 national and regional trials for 10 released cultivars in three priority countries, with spill over to six other SADC countries, are detailed by Obilana (1998). This information, together with the database generated for the more than 2500 sorghum genotypes, have been used to 1) define possible limits and ranges for milling, malting and stockfeed requirements; 2) to classify the released cultivars into three groups for milling (meal and flour), malting (food and brewing) and stockfeed (Table 6). It is proposed that these two levels of grain quality characterization are used, in combination with other grain processing information and categories from other organizations in Botswana, South Africa and Zimbabwe, to develop standards and a grading system for sorghum grains marketed and procured for the processing industry. This is one of the roles being played presently by SADC/ICRISAT, in the commercialization of sorghum in the SADC region.

The regional SADC/ICRISAT Sorghum and Millet Improvement Program (SMIP), had accumulated very useful and significant database on the grain qualities of over 2500 sorghum cultivars. This assessment of quality has provided means of characterizing the different variety grain traits with range of several end uses, processes and products. The range of values of white-, red-, and brown-grained sorghum varieties and hybrids for eight physical and chemical grain traits, are shown in Table 4. The hardness score is an indicator of grain storability after harvest and milling quality for food. We found white-grained sorghum to have hardest grains with 63% hard and 0% soft grains in the range of 2.6-4.8 score. They also have zero tannin content, and gross protein of 11% showing their excellent quality for nutrition. Brown-grained sorghum varieties and hybrids were found to be softest with only 3% hard and 74% soft grains in a range of 1.4 - 3.8 score. They also have 0.5 - 5.0% ce (catechin equivalent) for tannins, indicating their non-suitability for food per se. Red-grained sorghums are intermediate of these two, although with little or no tannins. The high tannin (high molecular weight polyphenols) content of brown-grained sorghum present in the dark thin layer of testa immediately under the pericarp, make them anti-nutritional.

In addition to their good storability, the white-grained sorghums also have very high milling qualities, with flour yields ranging from 73-91%, relative to brown-grained sorghum with 64-86%. Thus a very significant and highly positive correlation (average of $r=0.70$) was established for grain hardness and milling yield in improved sorghum cultivars. Interestingly, considering food security component of the thin fermented porridge (Chibuku or opaque beer) together with good quality grain (meal or flour for baking), some of the improved white-grained sorghum variety and hybrids have equally good qualities (range of 15-73 SDU values) as the brown-grained sorghum (range of 28-74 SDU values) for malting and brewing. This finding by SADC/ICRISAT disproves the common belief that only brown-sorghum are good for malting, and shows the significant achievement of the regional program in developing multipurpose sorghum and pearl millet varieties.

The intermediate grain characteristics of the red-grained (with red pericarp but no dark testa layer containing tannins as in brown sorghum) sorghum cultivars permit their cultivation in serious bird problem areas to prevent bird damage, and usable for both food and feed. Extensive production of similar-colored (including white sorghum) sorghum cultivars in contiguous farms also effectively control bird damage per unit farms. This is a good farm management approach to solving bird problem.



In its role for assessing grain qualities of sorghum and pearl millet, and carrying out preliminary processing of primary products for several end uses, SADC/ICRISAT has worked in close collaboration with the SADC National Agricultural research Systems (NARS) scientists, Universities in SADC region and Advanced Institutions in Europe and USA, and farmers. SADC/ICRISAT Sorghum and Millet Improvement Program (SMIP) sees its roles and response in the following areas:

1. Provide the structure for efficient research into public regional goods

At the inception of the food technology sub-program in 1987 in SADC/ICRISAT SMIP, the first activity was to construct a physical facility to house the sub-program. With the thrust of the food technology research being, characterization and evaluation of grain quality for product development, laboratories and adjoining offices together with a pilot plant were constructed. These facilities, completed in 1989, were built to complement the breeding programs, with the premise that utilization needed to be linked with breeding at the research station level, so that grain types could be linked with several end uses and products. The laboratories were equipped with instruments for physical, physio-chemical and chemical analyses of grain. The pilot plant was equipped, only partially, with dehulling, milling and baking facilities. The complex has a rheological kitchen for palatability testing and analysis. These food technology complex facilities were to serve the consumers in research and industry utilizing sorghum and millet, by providing information which is lacking on the usability and nutritional attributes of the grains.

2. Modification and development of laboratory procedures and methods

Selection criteria and standard procedures were developed for screening and analyzing grain quality, processing technologies and products. Laboratory methods available elsewhere outside the region were introduced and modified appropriately to suit regional conditions, and situations within the NARS of the SADC region. Procedures were modified for dehulling, milling and product development processes. A useful technique was developed for objectively measuring colour of semi-solid products and flour of grains, both dry and wet stages, using an Agron reflectance meter, Gomez et al. (1997). This technique is now being used widely for our grains and primary product testing. The method has also been made available to some NARS, public and private sector in the region. We have used the technique to assist some millers in the evaluation of sorghum cultivars and their flour for commercial milling.

3. Grain quality assessment and product testing

The focus of food technology of sorghum and pearl millet in SADC/ICRISAT SMIP, is on grain quality evaluation and primary processing. ICRISAT's role is to emphasize grain quality screening for several end uses, based on its comparative advantage. This advantage lies in its capacity to develop and generate hundreds of new improved breeding lines, varieties, hybrid parental lines and hybrids with various attributes, and also access the world indigenous pearl millet and sorghum germplasm of farmers, used in characterizing these diverse array of improved and unimproved sorghum and pearl millet genotypes. These traits include:

- qualitative grain traits of - color, pericarp thickness, testa, endosperm texture and hardness



- quantitative grain traits of - percent moisture content, percent water absorption, 100-kernel weight, percent floaters, percent dehulling loss, percent milling yield, percent size fractions, Agron readings for flour colour, tanning content and malting (diastatic units determination) behavior.

Grain quality and range of values for 14 traits have been compiled and summarized for more than 2500 cultivars (Tables 4 and 5). Included are the 27 sorghum released by eight SADC NARS, more than 1500 varieties and hybrids from 10 countries and three private sectors in the region and indigenous farmer germplasm from Namibia, Zimbabwe and Tanzania. Malting enhanced the nutritional qualities of both sorghum and pearl millet. As reported by Obilana and Gomez (ICRISAT 1994), brown-grained sorghum showed an average loss of 30% of tannins with range of 8-60% on malting. The commercial control, DC 75 with one of the highest tannin contents of 5.0 ce, showed a loss of only 16% of tannins on malting.

Towards generating information and data for increased use and acceptance of sorghum meal, promising improved red-grained and white-grained sorghum varieties, which are in on-farm verification trials in the region, were evaluated for product quality (porridge and meal), compared with white and yellow maize. On the basis of porridge color, texture, flavor and general acceptability, results of the comparative sensory evaluation and consumer testing, (Gomez 1993), demonstrated that the sorghum meals from white and red grains were comparable in all parameters to white maize meal (the staple food in SADC countries) and were equally acceptable. The sorghum meals were, in addition, rated higher than yellow maize meal in Zimbabwe. Results showed that both red-grained and white-grained sorghum, if selected and milled for optimum quality using CRM process (conditioned to 16% moisture an droller milled) for enhanced flour yield, have equally good meal as white maize. Buff-colored meal from sorghum is preferred.

Grain quality evaluation of sorghum and pearl millet is continuing for the newly improved, early maturing and drought resistant lines, varieties and hybrids.

4. Documentation and dissemination of information developed

Laboratory procedures, compiled from existing sources and modified in several ways to suit the SADC/ICRISAT SMIP's use; and quality parameters focused on grain, primary products such as flour, meal and malt, and secondary products such as baked flour, steamed flour and porridge, have been published in a technical manual (Gomez et al. 1997). A database was created to serve as an empirical reference document derived from field and laboratory results. The manual describes rapid techniques for routine screening, the chemical methods of evaluation, and covers product preparation and testing with specific reference to bread, cookies and porridge. The manual ends with its unique empirical database of 39 tables which present grain-quality and malting test for selected lines, varieties and hybrids of sorghum and pearl millet developed in the region.

5. Use of data and information derived from grain quality assessment to support NARS variety release process

The series of data and array of information generated by SADC/ICRISAT SMIP, in collaboration with NARS, on grain and product qualities of sorghum and pearl millet, form very strong supporting evidences to support farmer acceptance data and assist the NARS to



complete documentation for releasing their varieties and hybrids. Such compilation and series of tables (ICRISAT 1995) have been used to complete the documentation of recent sorghum and pearl millet improved variety and hybrid releases in Botswana, Malawi, Namibia, Mozambique, Tanzania and Zimbabwe.

6. Training in food technology of sorghum and pearl millet

In addition to the development of physical facilities and carrying out grain quality screening and product testing activities at Matopos, the regional ICRISAT program also supported training in sorghum and millet food technology. The aims of the training program are: I. to enable the trained scientists to work as food technology researchers within the SADC NARS, II. to directly link production and utilization of the grains. The training provided between 1987 and 1994 by the program outside the region (basic education) and within the region (on-the-job in the respective NARS, and at the food technology laboratory in Matopos) is a novel approach in the region.

Eleven people (7 women and 4 men from 7 SADC countries) received support from SMIP for the academic training in food technology. Most of these returned home in 1993. Of the 11, one received a diploma in laboratory analysis, one PhD in food science and technology, eight got MSc degrees in food science/technology, and one completed an MSc in nutrition.

Besides long-term degree training, SMIP has also offered series of short courses annually, lasting 3 weeks - 3 months, in such specialized areas as consumer preferences, quality control, grain quality determination, for internship students, technicians and graduates/scientists. Attachment to industry and research institutions, and NARS-to-NARS research travel, are also other forms of training facilitated by SMIP.

7. Facilitate public and scientific awareness for grain quality assessment with its implication on utilization and end products, through:

- demonstrations of laboratory procedures, several end uses and available commercial products from sorghum and pearl millet for food and nutrition security. These demonstrations are put up during farmer field days, scientists field days for NARS, and relevant symposia and workshops which are organized at both national and regional levels.
- assessment of NARS interests and involvement in sorghum and pearl millet food technology. A critical examination and specific assessment of the status of food technology research and development relating to sorghum and pearl millet in SADC region was undertaken by SADC/ICRISAT SMIP in Oct. 1994-Jan 1996. The fate of the SMIP-trained food technologists in the whole food technology research environment in the region was also addressed. The series of findings were reported in a study report by R K Oniango in association with Obilana, Taylor and Rohrbach (1996). This consultancy report formed the basis for the regional workshop on Sorghum and Pearl Millet Food Technology in SADC Countries, held in Harare, Zimbabwe, January 1996. The proceedings (edited by Obilana 1996) among other sections, summarized detailed and lengthy discussions on specific activities for strengthening the sorghum and pearl millet food technology sector in the region. This included the establishment



of working groups on human resources development and database enhancement, and the creation of an information exchange network for food technologists. A proposal was also made that SACCAR should consider inviting industrialists to participate in their deliberation on food technology. It is expected that these recommendations and others in the study report and workshop proceedings would lead to enhanced production, utilization and marketing of sorghum and pearl millet, for food and nutrition security and commercialization in the SADC region. This expectation is being achieved, in the form of increased awareness, demand and use of grain sorghum in the milling and feed industries. It has formed the background for developing the expected Intermediate Result (IR) 2.1: Market Systems Linking Grain Producers and Industrial Consumers, within SMIP Phase IV results framework; which is being implemented for the next five years 1998-2003.

References

Alhassan, W.S., Obilana, A.B., and Bello, S.A. 1987. Yield and potential feeding value of straws of grain sorghum cultivars developed in Nigeria. *Animal Feed Science and Technology* 17(4): 285-295.

Anon. 1995. UNFAO, AGROSTAT.

ICRISAT and FAO. 1996. The world sorghum and millet economics: facts, trends and outlook. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT; Rome, Italy: FAO. 68 pages.

Anon. 1993. SADC Food Security Quarterly Bulletin, No.4.93. SADC Regional Early Warning Unit, Harare, Zimbabwe.

Boling, M.B., and Eisner, N. 1992. Bogobe: Sorghum Porridge of Botswana. Pages 32-35 in *Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality*, 28-31 October 1981, ICRISAT, India. Patancheru 502 324, A.P., India: ICRISAT.

Brand, T.S., Badenhorst, T.H.A., Ras, M.N., Siebrits, F.K., Kemm, E.H., and Hays, J.P. 1990. Normal and hetero-yellow endosperm grain sorghum as substitute for maize in pig diets. *South Africa Journal of Animal Science* 20: 229.

Brand, T.S., Badenhorst, H.A., Kemm, E.H., Siebrits, F.K., and Hays, J.P. 1992. Studies on the chemical composition and digestible energy content of South Africa grain sorghum. *South African Journal of Animal Science* 22: 43.

Cousins, B.W., Tanksley, T.D., Knabe, D.E., and Zobrisk, T. 1981. Nutrient digestibility and performance of fed sorghum varying in tanning concentration. *Journal of Animal Science* 53: 1524.

Douglas, J.H., Sullivan, T.W., Gonzalez, N.J., and Beck, M.M. 1993. Differential age response of turkeys to protein and sorghum tannin levels. *Poultry Science* 72:1944-1951



Gomez, M.I. 1993. Comparative evaluation and optimization of a milling system for small grain. Pages 463-471 *in* Cereal science and technology - impact on a changing Africa (J.R.N Taylor, P.G. Randall and J.H. Viljoen, ed.). Pretoria. South Africa: CSIR.

Gomez, M.I., Obilana, A.B., Martin, D.F., Madzvamuse, M., and Monyo, E.S. 1997. Manual of laboratory procedures for quality evaluation of sorghum and pearl millet. Technical Manual No. 2 (In En. Abstracts in En, Fr.) Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT. 116 pp. ISBN 92-9066-348-0.

ICRISAT Southern and Eastern Africa Region. 1995. Annual Report 1994. P O Box 776, Bulawayo, Zimbabwe: ICRISAT Southern and Eastern Africa Region.

ICRISAT Southern and Eastern Africa Regional Program. 1994. Annual Report 1993. P O Box 776, Bulawayo, Zimbabwe: SADC/ICRISAT Sorghum and Millet Improvement Program (SMIP).

Leeson, S. and Summers, J.D. 1991. Commercial Poultry Nutrition. Ontario, Canada: University Books.

Novellie, L. 1982. Fermented Beverages. Pages 113-120 *in* Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality, 28-31 October 1981, ICRISAT, India. Patancheru 502 324, A.P., India: ICRISAT.

Novellie, L. 1982. Fermented Porridges. Pages 121-128 *in* Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality, 28-31 October 1981, ICRISAT, India. Patancheru 502 324, A.P., India: ICRISAT.

Obilana, A.B. (ed.). 1996. Sorghum and pearl millet food technology in SADC countries: proceedings of a regional workshop, 29-30 Jan. 1996, Harare, Zimbabwe. (In En. Summaries in En, Fr, Pt.) P O Box 776, Bulawayo, Zimbabwe: ICRISAT Southern and Eastern Africa Region. 84 pp.

Obilana, A.B. 1997. The role of SADC/ICRISAT in grain quality assessment for regional food security. Presented at the fourteenth SAAFOST International Congress and Exhibition in confirmation with ECSAFOST, ICC-SA and ARC-Irene. CSIR Conference Center, Pretoria, Republic of South Africa, 1-4 Sep. 1997. 21 pp.

Obilana, A.B. 1998. Breeding sorghum grain types for specific end-uses - Role of SADC/ICRISAT. Presented at the Workshop on Sorghum End Use Quality Assessment. University of Pretoria, Department of Food Science, Pretoria, South Africa. 1-4 December 1998. 16 pp.

Okoh, P.N., Obilana, A. Tunde, Njoku, P.C. and Aduku, A.O. 1982. Proximate and amino acid composition of improved Nigerian sorghum varieties and their potential for utilization in poultry feed production. *Animal Feed Science and Technology.* 7:359-364.

Oniango, R.K. 1996. Sorghum and pearl millet food technology in the SADC countries: a report of study for the SADC/ICRISAT Sorghum and Millet Improvement Program (SMIP). P O Box 776, Bulawayo, Zimbabwe: ICRISAT Southern and Eastern Africa Region. 100 pp.



Pretorius, A.J. 1998. Sorghum production guidelines. Presented at the INTSORMIL Sorghum End Use Quality Assessment Workshop. 1-4 December 1998. Department of Food Science, University of Pretoria, South Africa. 22 pp.

Rohrbach, D.D., Mutiro, K.T., Obilana, A.B., and Heinrich, G.M. 1997. The role of sorghum and pearl millet in the future of nutrition and food security in the semi-arid communal area of Zimbabwe. Presented to the National Nutritional Symposium in the Future of Food and Nutrition Security in Zimbabwe, 16 June 1997, Bulawayo Sun Hotel, Bulawayo, Zimbabwe. 16 pp.

Sooliman, A.O.G. 1993. Sorghum processing at the crossroads in South Africa. Pages 497-507 in *Cereal Science and Technology: Impact on a Changing Africa* (Taylor, J.R.N., Randall, P.G., and Viljoen, J. H., ed.). Pretoria South Africa: CSIR.

Subramanian, V.N., Seetharama, R., Jambunathan, P.V., and Rao. 1990. Evaluation of protein quality of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 38: 1344.

Taylor, J.R.N. 1993. sorghum malt: its current use and future potential for breeding in southern Africa. Pages 413-431 in *Cereal Science and Technology: Impact on a Changing Africa*. (Taylor, J.R.N., Randall, P.G. and Viljoen, J.H., ed.). Pretoria, South Africa: CSIR.

Taylor, J.R.N. 1998. Sorghum malting science and malt assessment. Presented at the Workshop on Sorghum End Use Quality Assessment, University of Pretoria, Department of Food Science, Pretoria, South Africa, 1-4 December 1998. 7 pp.

Viljoen, J. 1998. Sorghum as animal feed - end uses, grain and feed quality assessment. Presented at the Workshop on Sorghum End Use Quality Assessment, University of Pretoria, Department of Food Science, Pretoria, South Africa, 1-4 December 1998. 15 pp.

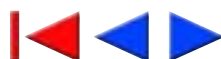


Table 1. Production, consumption and basic economic indicators for sorghum and pearl millet in 11 SADC countries.*

	Angola	Botswana	Lesotho	Malawi	Moz.	Namibia	S. Africa	Swaz.	Tanzania	Zambia	Zimbabwe
Sorghum area											
1992-94 av. (1000 ha)	55	83	42	42	376	13	155	1	663	42	132
Sorghum production											
1992-94 av. (1000 t)	28	21	42	14	124	6	337	1	595	28	69
Sorghum share in total cereal area 1991-93 av. (%)	14.2 ¹	84.1 ²	23.7	3.6 ²	25.0	- ²	5.4 ²	2.5	21.0	3.8	9.0
Per caput sorghum consumption 1992-94 av. (kg per yr)	6.2 ¹	-	-	-	9.5	-	-	-	17.8	1.6	6.2
Growth rate of sorghum production 1985-94 (% per yr)	-0.1 ¹	-	-	-	-7.8	-	-	-	-0.7	-1.4	-7.1
Millet area 1992-94 av. (1000 ha)	55	6	0	18	51	165	21	0	345	64	272
Millet production 1992-94 av. (1000 t)	28	2	0	9	19	37	10	0	230	49	67
Millet share in total cereal area 1991-93 av. (%)	- ¹	- ²	0	- ²	3.0	44.6 ²	- ²	0	10.0	8.7	18.0
Per caput millet consumption 1992-94 av. (kg per yr)	- ¹	-	0	-	0.2	-	-	0	6.4	1.3	4.5
Growth rate of millet production 1985-94 (% per yr)	- ¹	-	0	-	12.2	-	-	0	-7.0	13.6	-11.4

1. Data for Angola combines both sorghum and pearl millet

2. Data for Botswana, Malawi, Namibia and South Africa are combined for both sorghum and pearl millet.

* Information in the table are derived from both UNFAO, AGROSTAT (Anon 1995) and Anon 1996.



Table 2. Relative contribution of sorghum and pearl millet to cereal caloric intake in SADC countries.

Country	Estimated per capita cereal consumption (kg per annum)	Share of cereals in total caloric intake				
		All Cereals	Maize	Wheat	Rice	Sorghum/Millet
Angola	61	35	27	4	2	2
Botswana	138	56	31	11	2	12
Lesotho	219	75	49	17	n-a	9
Malawi	159	67	61	2	2	2
Mozambique	82	44	29	5	5	5
Namibia	101	60	23	13	n-a	24
Swaziland	192	75	64	10	1	n
Tanzania	141	38	26	1	5	6
Zambia	147	69	62	4	n-a	2
Zimbabwe	163	62	47	8	n-a	7
Average	138	58	41	7	3	8

n-a not available; n negligible

Source: SADC Food Security Quarterly Bulletin, No. 4.93, SADC Regional Early Warning Unit.

Table 3. Range of whole plant qualities in different improved grain sorghum types for silage (animal feed) in drought prone areas.

Traits	Silage use	
	Dairy cattle	Beef cattle
Plant type	Tall, long season bulky and tillering; purple or tan color	Semidwarf, short to medium season, bulky or tillering, tan plant color
Green biomass	High (70 - 120 t ha ⁻¹)	Medium to low (60 - 40 t ha ⁻¹)
Dry matter (DM)%	Low to medium (28 - 35)	Medium to high (35 - 55)
Metabolizable energy (ME)	9 - 11 mega joules	11 - 13 mega joules
Convertible protein (CP)	5.0 - 8.0%	5.0 - 7.0%
Crude fibre (CF)	25 - 30%	22 - 35%
Examples of improved cultivars with the desirable traits combination	PATO SDS 2690-2	PHOFU Town



Table 4. Range of grain qualities in different sorghum types for several end uses.

Grain Traits	Range of Values		
	White Sorghum	Red Sorghum	Brown Sorghum
Hardness Score ^a	2.6-4.8 ^b	1.7-4.7 ^b	1.4-3.8 ^b
Flour Yield (%)	72.60-90.82	69.23-88.20	64.20-86.20
Water Absorption (%)	3.8-11.8	4.2-13.1	5.1-14.8
Flour Color:			
Dry Agron Reading	68.3-82.5	59.5-76.8	50.7-72.1
Wet Agron Reading	48.8-63.6	32.2-55.4	24.4-48.8
Malting Quality (SDU Values) ⁺	14.68-73.34	15.90-72.62	28.28-74.17
Tannin Content (% CE)	0	0.0-0.5	0.5-5.0
Gross Protein (%)	10.9		

^aHardness scale

^bPercent genotypes, for each sorghum type, in each hardness category

	White	Red	Brown
1.0 - 2.5 = Soft	0	14.3	74.2
2.6 - 3.4 = Intermediate	36.6	44.5	23.1
3.5 - 5.0 = Hard	63.4	41.2	2.7

⁺SDU = Sorghum Diastatic Unit



Table 5: Grain quality parameters of sorghum and pearl millet, and their respective ranges desirable for milling and malting.

Parameter	Milling ^a		Malting ^b	
	Sorghum	Pearl Millet	Sorghum	Pearl Millet
Grain Color	White/Cream/ Yellow/Red	White/Ivory/Cream/ Yellow/Grey	Brown/Red	N.A
Pericarp	Thin	N.A ^c	N.A	N.A
Testa	No	N.A	Yes	N.A
Endosperm Texture	Pearly to Intermediate	Pearly to Intermediate	Chalky	Chalky to Intermediate
Visual hardness	3.0 - 5.0	2.5 - 4.0	1.0 - 2.5	1.0 - 2.5
Kernel Weight	>2.0g	>1.1g	N.A	N.A
Floaters	<48%	<60%	>40%	>40%
Milling Yield	>75%	>80%	<70%	N.A
Size Fractions	>80% in Medium/Large	>20% in Large	N.A	N.A
Dry Agron Reading	>75.0	>52.0	N.A	N.A
Water Absorption	<12.5%	<12.5%	>12.5%	>10.0%
Tannins	None to low	N.A	Intermediate to low	N.A
Diastatic Power	N.A	N.A	>35	>35

^aSecondary products from milling can include porridge meal and flour for use in baking bread (a 20% substitution can be used) and cookies (a 50% substitution can be used) as well as pasta (a 10% substitution can be used).

^bSecondary products from malting can include beer, non-alcoholic malt drinks and malt foods.

^cN.A = not applicable



Table 6. Classification of some released, grown and potentially usable cultivars of sorghum into categories for milling, malting and stockfeed, in the SADC region.

Milling Types	Malting Types	Stockfeed Types
High rank (meal and flour)	High Condensed Tannins (Brewing)	High rank
Phofu/Macia - white	DC 75 - brown	All the milling types - as grain
SV1/Chokwe/MRS 12 - white	Red Swazi - brown	Pato - as silage
SV2 - white	SDS 3472 - brown	SDS 2690-2 - as silage
Larsvyt 46 85 - white	SDSL 90152 - white	Phofu - as silage
BSH 1 - white	SDSH 378 - brown	Town - as silage
Segaolane - white	MMSH 413 - brown	
Pirira 1 - white	MMSH 375 - brown	
Pirira 2 - white	SDSH 409 - brown	
Sima - white	Macia - white	
Kuyuma - white	BSH 1 - white	
Pato - creamy white	SDSR 91038 - white	
	SDSR 91051 - red	
Low Rank	Low Condensed Tannins (Food)	
Tegemeo - creamy white	MRS 13 - red	
Town - red	MRS 94 - brown	
	Mahube - red	
	SDSL 89473 - red	
	SDSL 88298 - red	
	Larsvyt 19 - red	
	SDS 1948-3 - red	



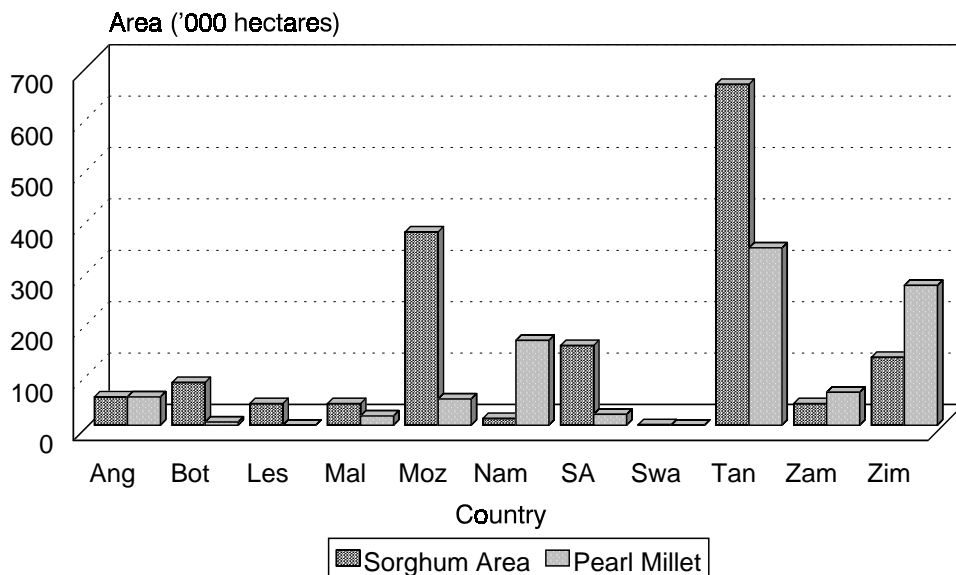


Figure1. Sorghum and millet grain production in SADC countries - average area cropped 1992 to 1994.

Source: UNFAO, AGROSTAT 1995 (Anon. 1995)

