

Rapport de la session I. Génétique et amélioration variétale

Report of session I. Genetics and plant breeding

J. CHANTEREAU

Coordonnateur

N.D. YAGOUA

Président

R. KENGA, A.F. ASSAMOI

Rapporteurs

Les travaux exposés au cours de cette session consacrée à l'amélioration variétale ont porté sur :

- le photopériodisme et la sensibilité des sorghos aux températures ;
- les qualités des grains de sorgho pour le *tô* et le *bogobe* ;
- la caractérisation du génome du sorgho à l'aide du marquage moléculaire ;
- l'exploitation des guinea en sélection.

Résumé des communications

Le premier exposé était intitulé « Influence de la température nocturne sur la réponse photopériodique d'un écotype guinea ouest africain ». Deux méthodes ont été utilisées pour étudier l'influence des températures nocturnes sur un écotype guinea, Is 7680. La première méthode (Ceres) qui prend en compte les températures moyennes journalières n'a pas permis d'établir les paramètres génétiques du développement phénologique des plantes photopériodiques. La deuxième méthode basée sur les températures minimales nocturnes a ajusté de façon satisfaisante les données expérimentales au schéma de Major et Vergera. Il apparaît que Is 7680 est un cultivar très photopériodique dont l'induction florale a besoin de températures nocturnes élevées. La réaction de Is 7680 à la photopériode et aux températures nocturnes serait

commune à la plupart des sorghos guinea de la sous-région.

Le deuxième exposé a porté sur la « caractérisation de différentes réponses à la température et à la photopériode de cultivars africains de sorgho ». Le modèle utilisé pour déterminer la réaction de Is 7680 à la température et à la photopériode a été appliqué à deux cultivars d'origine différente : un kafir Is 9508 d'origine sud-africaine et un durra Ssm 973 du Sénégal. Après modélisation, le kafir est apparu non photopériodique à Samanko. Le durra est apparu très photopériodique en jours courts en ayant une durée thermique de son cycle végétatif très basse. C'est ce comportement qui expliquerait l'adaptation de ce durra à la culture de décrue qui est une culture de post-hivernage. La comparaison des caractéristiques thermo-photopériodiques des trois cultivars Is 7680, Is 9508, Ssm 973 montre des différences de comportement en fonction des aptitudes culturales.

Quelques précisions ont été demandées à la suite de ces deux exposés sur : 1) l'influence du régime hydrique sur les réactions observées, et 2) la précocité intrinsèque des sorghos. En ce qui concerne le régime hydrique, les semis ont été faits en saison pluvieuse et en contre-saison. Pour les semis de saison pluvieuse il a pu y avoir des stress hydriques dans certains cas. En contre-saison, l'alimentation hydrique a toujours été satisfaisante et donc ne doit pas avoir eu d'influence sur les réactions thermo-photopériodiques. La précocité intrinsèque est la durée de la phase végétative qui est incompressible. Elle

caractérise chaque génotype de façon spécifique quand celui-ci pousse en condition photopériodique optimale. Le cycle d'une variété ne peut pas être inférieur à sa précocité intrinsèque.

Le troisième exposé était intitulé « Etude du déterminisme génétique du photopériodisme des sorghos guinea ». Les sorghos de race guinea sont, en majorité, sensibles à la photopériode. Ceci leur confère une grande capacité d'adaptation vis-à-vis des contraintes climatiques et biotiques. Par contre, les variétés sélectionnées sont souvent non sensibles à la photopériode et ont des problèmes d'adaptation aux systèmes traditionnels de culture. Il s'est agi dans cette étude de mieux connaître le déterminisme génétique du photopériodisme en vue d'intégrer aux variétés améliorées un certain niveau de photosensibilité. Des études faites sur des F_1 et F_2 ont mis en évidence que la réponse à la photopériode était dominante et contrôlée par au moins deux gènes majeurs (dont le gène Ma1). De même, l'étude de lignées recombinantes suggère que plusieurs gènes ont une action sur le Bvp (*Basic vegetative phase*) et la sensibilité à la photopériode. Le marquage moléculaire devrait apporter de nouvelles informations sur le nombre et le rôle des gènes impliqués.

Le quatrième exposé a porté sur les « Causes et conséquences agronomiques du photopériodisme ». Les agriculteurs utilisent des variétés photopériodiques dont la durée du cycle varie en fonction de la date de semis. Ce comportement permet l'ajustement du cycle de culture aux longueurs probables de la saison des pluies. Le croisement réalisé entre un écotype guinea malien et une variété améliorée E 35-1 montre que le photopériodisme dépend d'un gène majeur pouvant facilement être transféré. Ceci devrait être exploité dans un programme de sélection.

Dans la discussion qui a suivi, des éclaircissements ont été demandés en ce qui concerne l'utilisation des gènes du nanisme et la possibilité d'utiliser des géniteurs à phyllochrone lent pour diminuer la taille du matériel photopériodique par diminution du nombre d'entre-nœuds. Il ressort que, dans la collection évaluée, un caudatum nain à phyllochrone lent ainsi qu'un guinea à phyllochrone lent et à entre-nœud court ont été identifiés. Les croisements ont été effectués et des lignées prometteuses ont été identifiées, qui feront l'objet d'études futures.

Le cinquième exposé était intitulé « Development of laboratory tests to evaluate sorghum quality ; relationships with some physico-chemical characteristics of the grains ». Deux tests ont été développés pour déterminer les qualités de grain de sorgho qui produiront un bon t \hat{o} et un bon bogobe. La qualité du t \hat{o} dépend de la qualité de la technologie de préparation et de la variété de sorgho. Le décorticage joue également un rôle important. De l'analyse de 32 cultivars

de sorgho, il ressort que les variétés riches en amylose et en amidon soluble donnent un t \hat{o} de meilleure qualité. Il est donc suggéré que ces caractères soient pris en compte dans les programmes de sélection. Un bon bogobe dépend de la technologie de préparation et de la variété de sorgho.

Cet exposé a donné lieu à une discussion, au cours de laquelle on a indiqué que le test mis au point pour la qualité du t \hat{o} faisait appel à un équipement coûteux mais qui a permis d'obtenir des résultats très précis. Cependant, d'autres laboratoires que celui du Cirad-Ca, notamment le laboratoire de l'1er au Mali, ont mis au point des tests plus simples mais aussi efficaces pour cribler les variétés en sélection. Des éclaircissements ont été apportés sur l'influence du milieu (acide, neutre, alcalin) et les conditions de conservation de grain pour la production du t \hat{o} . Sur ces différents points, il faut dire que :

- des études spéciales sur l'influence de la conservation des grains n'ont pas été réalisées. Par contre, plus la durée de conservation de la farine est longue, même en condition de froid, plus la qualité du t \hat{o} diminue ;
- en ce qui concerne la production des grains, on peut penser que les conditions climatiques ou agronomiques ont forcément un effet sur la qualité des grains ; l'augmentation trop forte de la teneur en protéines par suite d'utilisation d'engrais devrait intervenir de façon négative sur la qualité du t \hat{o} ; la farine contenant plus de protéines et donc moins d'amidon et d'amylose ;
- les tests au laboratoire ont été effectués en milieu neutre ; ceci rend possible l'exploitation des résultats dans plusieurs pays ;
- le milieu influence la consistance du t \hat{o} ; pour une même variété, un t \hat{o} préparé en milieu acide sera plus ferme qu'un t \hat{o} préparé en milieu alcalin.

Le sixième exposé a porté sur l'« Identification de locus intervenant dans l'expression de caractères quantitatifs pour l'amélioration du sorgho au Cirad ». Des techniques de marquage moléculaire développées par le Cirad ont été utilisées pour établir une carte génétique du sorgho. Deux zones génomiques majeures et indépendantes pour les composantes de la productivité et de la qualité du grain ont été identifiées, d'une part pour le poids et le nombre de grain par panicule, le poids de mille grains, la forme de la panicule et la faculté germinative et d'autre part pour la teneur en amylose du grain, la vitrosité du grain, la dureté du grain et un locus codant pour l'absence de couché brune. Les travaux futurs permettront de mieux comprendre le déterminisme génétique de ces caractères.

Lors de la discussion, des compléments d'informations ont été demandés sur des techniques de cartographie moléculaire plus simples que les Rflp pour les sélections assistées par marqueurs (Sam) et sur

l'intérêt pratique des cartographies moléculaires des gènes de sorgho. En ce qui concerne l'intérêt pratique des cartographies moléculaires, les techniques Sam sont utilisées dans les pays du nord par les compagnies privées et les instituts de recherche. Ces techniques permettent une sélection rapide avec l'utilisation de back-cross. En Afrique, elle devrait se développer dans des stations de recherche comme celle de l'Icrisat-Cirad. Les sélectionneurs nationaux devraient exprimer leur demande. Ces techniques sont adaptées au transfert de gènes de résistance à des maladies ou insectes. Les techniques Sam nécessitent un effort pluridisciplinaire. Il faut noter que les analyses Rflp sont des techniques lourdes et coûteuses demandant des gros moyens. La méthode Pcr et les techniques de marquage qu'elle utilise sont plus simples et moins chères. Elle devrait permettre de faciliter les sélections assistées par marqueurs.

Le septième exposé était intitulé « Utilisation des sorghos guinea en sélection dans le programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad ». Les sorghos guinea sont caractérisés par une grande diversité des caractères. Leur croisement avec des sorghos d'autres races donnent souvent des lignées peu intéressantes. Trois groupes génétiquement différenciés de sorgho guinea ont été identifiés ; ceci permettra de mieux orienter les croisements. Les travaux de sélection menés par l'équipe Icrisat-Cirad ont permis d'identifier l'accession Is 15401 qui est résistante au *Striga* et à la cécidomyie. De même la sélection généalogique a permis de développer deux lignées Cgm 19/9-1-1 et Cgm 39/22-1-2 qui donnent des rendements de 25 à 30 % plus élevés que ceux des autres guinea de la sous-région. La lignée Cirad 406 (= Icrisat 2001) a été également développée grâce aux croisements d'un sorgho guinea avec un sorgho caudatum en recombinaison des caractéristiques intéressantes des deux races.

Discussion générale et recommandations

Plusieurs sujets d'intérêt général ont été abordés dans la discussion générale :

- les nouvelles orientations de l'Icrisat et du Cirad ;
- les programmes de sélection orientés sur la qualité de grain ;
- l'utilisation de farines composées.

En ce qui concerne les nouvelles orientations de l'Icrisat et du Cirad, il y a nécessité de se concentrer de plus en plus sur une recherche stratégique. Ceci est une demande du système Cgiar et des bailleurs de fonds. La recherche appliquée devrait cependant se poursuivre en Afrique pour répondre aux demandes des utilisateurs et du développement. La collabora-

tion future avec les Snra devrait se faire sous la forme de programmes de chercheurs visiteurs afin que les différents chercheurs puissent travailler ensemble beaucoup plus étroitement. Des projets conjoints seront développés entre les partenaires.

Les critères de qualité de grain varient en fonction des utilisations. Actuellement l'accent est mis sur les qualités du grain servant à la production du *tô*. Il serait intéressant de travailler aussi sur les sorghos à bière. Des essais de fabrication de pain ou de pâtes alimentaires à partir de farines composées ont été menés dans de nombreux instituts de recherche dans les années 80. Il ressort que l'addition de 20 à 30 % de farine de sorgho n'altère pas la qualité du pain à condition que cette farine soit de bonne qualité.

Les principales recommandations ont été :

- poursuivre l'étude du déterminisme génétique de la sensibilité à la photopériode afin de permettre l'exploitation de ce caractère en amélioration variétale ;
- caractériser les aires d'adaptation des principales variétés locales de manière à fournir au sélectionneur, un référentiel technique, et au vulgarisateur une grille de décision dans le choix des variétés ;
- poursuivre la recherche de corrélations entre types de produit de transformation du sorgho et les caractéristiques technologiques, biochimiques du grain, de manière à fournir au sélectionneur un référentiel technique et aux transformateurs une grille de décision ;
- cribler le germoplasme local afin de mieux définir les domaines spécifiques d'utilisation des cultivars ;
- former les sélectionneurs dans l'utilisation des techniques de marquage moléculaire ;
- renforcer le partenariat entre les Snra, les Cirad et les institutions de recherches avancées (Ari) et lancer des projets collaboratifs dans le domaine du transfert de technologies nouvelles ;
- caractériser, sur le plan génétique, les interactions entre photopériodisme et qualité du grain.

Papers presented during this session devoted to sorghum breeding dealt with:

- sorghum response to photoperiod and temperature;
- sorghum grain quality for *tô* and *bogobe*;
- characterization of sorghum genome using molecular markers;
- use of guinea sorghums in breeding programs.

Summary of presentations

The first paper was titled « Influence of night temperature on the response to photoperiod of a West African guinea landrace ». Two methods were used to study the influence of night temperatures on the

guinea landrace IS 7680. Using the first method (CERES), which takes into account mean daily temperatures, it was not possible to establish the genetic parameters for the phenological development in this photoperiod sensitive landrace. The second method, based on minimum night temperatures fitted the experimental data satisfactorily to the Major and Vergera's model. IS 7680 was shown to be a highly photoperiod sensitive cultivar whose floral induction requires high night temperatures. Most guinea sorghums in the sub-region exhibit photoperiod and night temperature reactions similar to that of IS 7680.

The second presentation dealt with the « Characterization of various responses to temperature and photoperiod of African sorghum cultivars ». The model used to describe temperature and photoperiod response of IS 7680 was applied to IS 9508, a southern African kafir, and SSM 973, a durra from Senegal. The kafir cultivar showed no photoperiod sensitivity at Samanko. The durra cultivar showed a strong photoperiod reaction and a very low thermal duration of its vegetative period. This reaction is likely to explain the suitability of this durra cultivar for the receding moisture conditions of the post-rainy season in which it is cultivated. The three cultivars (IS 7680, IS 9508 and SSM 973) showed thermo-photoperiodic responses that correspond to their suitability for cultivation in contrasting environments.

Following these two presentations, clarification questions were asked on: 1) the influence of the moisture regime on the reactions observed, and 2) the intrinsic earliness in sorghums. Regarding the moisture regime, the rainy season sowings could have experienced occasional stress whereas the post-rainy season sowings had non limiting moisture conditions that should not have influenced the thermo-photoperiodic reactions. The intrinsic earliness is the minimum length of the vegetative phase. It is a characteristic of each genotype when it is grown under optimal photoperiod conditions. The vegetative period of a cultivar cannot be shorter than its intrinsic earliness.

The third paper was titled « Study of the genetics of photoperiod response in guinea sorghums ». Most guinea sorghums are photoperiod-sensitive, which make them highly adaptable to climatic and biotic constraints. On the other hand, improved cultivars are generally non-photoperiod sensitive and therefore not adapted to traditional cropping systems. The purpose of this study was to better understand the genetics of the photoperiod response to facilitate its incorporation into improved cultivars. Studies conducted on F_1 s and F_2 s showed that photoperiod response was dominant and controlled by at least two major genes (including the Ma1 gene). Similarly, the study of recombinant inbred lines suggested that several genes affect the Basic Vegetative Phase (BVP) and the sensi-

tivity to photoperiod. Molecular marker studies should provide more information on the number and role of the genes involved.

The fourth presentation dealt with the « Causes and agronomical consequences of photoperiod sensitivity ». Farmers sow photoperiod sensitive varieties whose growth durations vary according to the sowing date. This behavior makes it possible to adjust the growth duration to the length of the rainy season. Crossing a Malian guinea landrace with the improved variety E 35-1 showed that photoperiod sensitivity is under the control of a major gene which can be easily transferred. This result should be used by sorghum breeding programs.

In the discussion that followed, clarification questions were asked regarding the use of dwarf genes and the scope for using low phyllochron genitors to reduce the height of photoperiod sensitive material through reduced number and length of internodes. In the collection studied, a dwarf caudatum with low phyllochron and a short-internode guinea with low phyllochron were identified. Crosses were made and promising progenies were identified which will be studied further.

The fifth presentation was titled « Development of laboratory tests to evaluate sorghum quality; relationships with some physico-chemical characteristics of the grains ». Two tests were developed to determine grain sorghum qualities conducive to satisfactory tô and bogobe. Tô quality depends on the food preparation technique and on the sorghum variety used. Dehulling also plays an important role. The analysis of 32 sorghum cultivars showed that varieties with high amylose and soluble starch contents produced better tô. It was therefore suggested that these parameters be taken into account by breeding programs. As for bogobe, it was found that food quality depends both on the preparation technique and the sorghum variety used.

Discussion was opened regarding the precision and expense of equipment for tô quality tests. Other laboratories, notably that of IER in Mali, have developed tests which are simpler although as efficient as that of CIRAD-CA for varietal screening. Clarification was brought on the influence of the pH of the medium (acidic, neutral, alkaline) and the conditions of conservation of the grain used for tô preparation. It was notably said that:

- special studies on the specific effect of grain conservation were not conducted; on the other hand, the longer the period of flour conservation, even under cold conditions, the lower the tô quality;
- as for grain production, climatic and agronomic conditions necessarily affect grain quality; a too rapid increase of protein content following fertilizer use

would adversely affect *tô* quality, as protein content would be higher and starch and amylose contents reduced in the flour;

– laboratory tests were carried out in a neutral medium; this makes it possible to use the results in several countries;

– medium influences *tô* consistency; for a given variety, *tô* is prepared under acidic conditions is more consistent than when prepared under alkaline conditions.

The sixth presentation dealt with the « Identification of loci involved in the expression of quantitative characters for sorghum improvement at CIRAD ». Molecular marker techniques developed by CIRAD were used for establishing a genetic map of sorghum. Two major and independent zones in the genome were identified for productivity and quality component, notably weight and number of grains per panicle, thousand grain weight, panicle shape and germination rate on the one hand, and grain amylose content, grain vitosity and grain hardness on the other hand; a locus coding for the absence of subcoat was also identified. Future work will aim at a better understanding of the genetics of these characters.

During the discussion, additional information was requested on molecular mapping techniques that are simpler than RFLPs for Marker Assisted Selection (MAS), and on the practical use of mapping sorghum genes. As for the latter, it was indicated that MAS techniques are already in use in the northern hemisphere by the private sector and research institutes. These techniques make it possible to rapidly select using back-crossing. In Africa, these techniques could be developed in research stations such as that of ICRISAT-CIRAD. Breeders in NARS should express their needs. This technique is adapted to the transfer of genes for resistance to diseases or insects. MAS techniques require a multi-disciplinary effort. One should note that RFLP techniques are costly and require major facilities. The PCR marker technique is simpler and cheaper and should make MAS more feasible.

The seventh presentation was titled « Utilization of guinea sorghums by the breeding program of the ICRISAT-CIRAD Joint Sorghum Program ». Guinea sorghums are characterized by a large diversity of characters. Crossing them with sorghums from other races generally results in very low frequency of promising progenies. Three guinea groups were identified to be genetically distinct; this finding should facilitate the choice of crosses to make. Selection work conducted by the ICRISAT-CIRAD team resulted in the identification of the accession Is 15401 as resistant to *Striga* and sorghum midge. Similarly, pedigree breeding made it possible to develop two lines, CGM 19/9-1-1 and CGM 39/22-1-2 that outyield other gui-

neas from the sub-region by 25-30%. The CIRAD 406 (=ICRISAT 2001) line was also derived from a cross between guinea and caudatum sorghums in order to combine characters of interest from both races.

General discussion and recommendations

Several topics of general interest were addressed during the general discussion:

- new orientations of ICRISAT and CIRAD;
- grain quality-oriented breeding programs;
- use of composite flours.

Both ICRISAT's and CIRAD's new orientations represent an increased focus on strategic research. This emphasis is requested by both the CGIAR system and donors. However, applied research should be pursued in Africa to meet the requests of users and the development sector. Future collaboration with NARS should involve visiting scientist positions that enable scientists to work more closely together. Joint projects will be developed between partners.

Grain quality criteria vary according to end uses. Emphasis is now put on grain quality for *tô* preparation. It would be interesting to also work on sorghums with brewing qualities. In the eighties, attempts were made in numerous research institutions, to make bread or pastas from composite flours. They showed that adding 20-30% sorghum flour does not affect bread quality as long as a good quality sorghum flour is used.

The main recommendations were:

- pursue studies on the genetics of photoperiod sensitivity to facilitate its use in breeding programs;
- characterize the area of adaptation based on their photoperiod sensitivity of major landraces to facilitate their utilization by breeders development agents;
- pursue research on correlations between the various types of sorghum end-products and the processing ability and bio-chemical characteristics of the grain so as to provide breeders and the processing sector with essential basic information;
- evaluate local germplasm to better define the utilization domains of specific cultivars;
- train plant breeders in the utilization of molecular markers;
- strengthen partnership between NARS, IARCs and advanced research institutions (ARIs), and implement collaborative projects in the area of transfer of new technologies;
- determine the genetic components of the interactions between photoperiod response and grain quality.