

Diss. ETH No. 9791

**AGRONOMIC AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF
POSTFLOWERING DROUGHT TOLERANCE OF PEARL MILLET
(*PENNISETUM GLAUCUM* (L.) R.Br.) IN THE SAHEL**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

PETER BIELER

Dipl. Ing. Agr, ETH Zürich (Switzerland)
born March 7, 1963
citizen of Solothurn (SO)

accepted on the recommendation of
Prof.Dr.P.Stamp, examiner
Prof.Dr.J.J.Oertli, co-examiner

Zürich, 1992

1. Summary

Pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) as the most important crop in Sahelian subsistence farming faces various biotic and abiotic production constraints. One of the most cited and also most feared is postflowering drought stress, due to the irregular inter- and intra-seasonal rainfall pattern in the region. Grain filling has been previously described as being the most sensitive stage to drought stress in pearl millet. For this reason it is necessary to include postflowering drought tolerance in new varieties being developed in large scale breeding programs. Therefore a reliable screening technique has to be developed. A first step is to describe the effect of drought stress, and to characterize millet genotypes for their drought response, and to look for genotypic differences in various agronomic and physiological parameters which are probably important for drought tolerance. Various attempts have been reported in the literature. An approach to identify parameters responsible for a positive drought response (drought tolerance) by multiple regression to enable a classification of genotypes for their individual drought response is suggested.

Three hot off-season trials on the experimental site of the Sahelian Center of the International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) in Sadoré (Niger, West Africa) were carried out including a large number of millet genotypes of West African origin. Grain yield under drought stress was reduced by almost 50% compared to the irrigated control. Correlation analysis suggested individual panicle grain yield under postflowering drought conditions as a viable parameter for selection of drought tolerant genotypes. Inconsistency of the drought response over the three years data could be reduced in simple stability analysis.

Individual panicle yield as determined by grain number and grain size was further investigated. In a grain growth study a large number of millet genotypes were examined, for their grain filling characteristics under optimum conditions; and for their reaction under postflowering drought stress. It could be shown that the rate of dry matter accumulation in grains under drought stress remained unchanged.

However the grain filling period was significantly reduced, resulting in a smaller grain size. Additionally grain abortion after flowering reduced grain number per panicle under drought stress. The physiology of contrasting genotypes was studied for possible genotypic differences in the assimilate supply responsible for grain filling. Therefore, water soluble carbohydrates were analyzed in three genotypes under well-irrigated and under postflowering drought stress conditions. 75% to 100% of the total dry matter accumulation of the whole plant after anthesis was explained by dry matter increase in the panicle. The three genotypes with different drought response showed no differences in carbohydrate supply under well-irrigated conditions. No change in carbohydrate reserves occurred from before anthesis until the end of grain filling. Therefore most assimilates for grain filling came from current photosynthesis. Under drought stress the abilities to maintain photosynthesis and to mobilize stored carbohydrates were important to maintain grain filling. Genotypic differences in partitioning carbohydrates were identified but could not be adequately explained with the available information.

Further aspects of plant growth under drought stress were compared to the performance under well-irrigated conditions. Tillers were found to contribute 33 % to total grain yield under well-irrigated control and 21 % only under drought stress conditions. Synchronization of flowering in tiller panicles and in the main stem panicle was important for grain yield under postflowering drought stress. Rooting pattern at flowering, and the utilization of soil water after anthesis did not give a precise idea of genotypic behavior due to environmental variability. The wilting point of pearl millet was between 6% and 7% volumetric water content in the sandy soils of the research station.

Although postflowering drought tolerance of pearl millet could not be quantified in this study it was found that an eventual screening of genotypes has necessarily to be done in a drought nursery. Individual panicle grain yield as a selection criteria together with a stability analysis provides a basis for future breeding. However, the physiological mechanisms of grain filling, particularly influenced by the photoperiod sensitivity of dry matter partitioning, needs to be further investigated for pearl millet.

Résumé

Le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.), la plus importante culture dans l'agriculture de subsistance au Sahel, rencontre diverses contraintes à la production de nature biotique et abiotique. Une des plus citées et des plus craintes est la sécheresse post-florale due à l'irrégularité des pluies, entre les saisons et au sein des saisons. Le stade du remplissage des grains a déjà été décrit comme le plus sensible à la sécheresse dans le cycle de développement du mil. On a donc réalisé la nécessité d'inclure la résistance à la sécheresse post-florale dans programmes de sélection. Une technique sûre de criblage doit donc être mise au point. Une première démarche a consisté à décrire les effets de la sécheresse et à classer des génotypes de mil, selon leur réaction à la sécheresse, et de décrire des paramètres agronomique et physiologique responsable des réactions des génotypes différents. Différents essais ont été décrits dans la littérature. Une démarche visant à identifier les paramètres permettant une réaction positive à la sécheresse (résistance) a été faite à partir des régressions multiple; elle a conduit à classer des génotypes selon leurs réactions spécifiques à la sécheresse.

Trois essais en saison-sèche chaude sur le site expérimental du centre sahélien de l'Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-Arides (ICRISAT) à Sadoré (Niger, Afrique de l'Ouest) ont été menés avec un grand nombre de génotypes de mil provenant de l'Afrique de l'Ouest. Le rendement en grains, dans des conditions de sécheresse, a diminué de presque 50% comparativement aux témoins. Une analyse de corrélation a montré que le rendement en grains par panicule individuelle dans des conditions de sécheresse de post-floraison peut servir de paramètre pour sélectionner des génotypes résistants à la sécheresse. Les problèmes de variation de la réaction à la sécheresse pourraient être expliqués à travers une analyse de stabilité simple à partir des données sur trois ans.

Des recherches plus poussées ont été faites sur le rendement par panicule en fonction du nombre des grains et de leur masse. En suivant l'évolution pondérale

des grains, on a pu caractériser un grand nombre de génotypes de mil dans leurs modalités de remplissage des grains sous des conditions sub-optimales ainsi que dans leurs réactions à la sécheresse post-florale. Il a été découvert que le taux d'accumulation de matière sèche dans les grains demeure inchangé dans des conditions de sécheresse. Cependant la durée de remplissage des grains est notablement réduite avec pour conséquence, des grains moins gros. De plus, en cas de sécheresse, l'avortement des grains après la floraison en réduit le nombre. Le contexte physiologique a été étudié pour déceler d'éventuelles différences au niveau des génotypes pour la dévolution des photosynthates lors du remplissage des grains. Ceci a amené à analyser les hydrates de carbone solubles pour trois génotypes dans des conditions d'irrigation et de sécheresse post-floraison. L'accumulation totale de matière sèche de la plante entière, après l'anthèse, était due pour 75 à 100% à l'augmentation de la matière sèche du fait du développement des panicules. Trois génotypes choisis en fonction de leurs réactions différentes à la sécheresse n'ont pas montré de différences pour ce qui est de la dévolution des hydrates de carbone, dans de très bonnes conditions d'irrigation. La quantité des réserves d'hydrates de carbone avant l'anthèse n'a pas varié pendant le remplissage des grains. Donc, la plupart des assimilats jouant un rôle dans le remplissage des grains proviendraient de la photosynthèse courante. Les capacités à maintenir la photosynthèse sous conditions de sécheresse et de mobiliser les hydrates de carbone accumulés sont importantes pour assurer le remplissage des grains et pour que le grain puisse concurrencer d'autres facteurs comme la respiration. Des différences ont été décelées au niveau des génotypes dans leurs capacités de répartition des hydrates de carbone, mais n'ont pas pu être expliquées de manière appropriée, avec les informations disponibles.

D'autres aspects de la croissance de la plante sous des conditions de sécheresse, ont été examinés et comparés à la situation dans des conditions d'irrigation. Il a été constaté que les talles contribuaient pour 33% au rendement total en grains dans des conditions sub-optimales et pour 21% seulement dans des conditions de sécheresse. La simultanéité de floraison entre les panicules des talles et celles de la tige principale est importante pour le rendement en grains dans des conditions de sécheresse. L'examen du système racinaire à la floraison

et l'observation de l'utilisation de l'eau après l'anthèse n'ont pas donné une idée précise du comportement des génotypes en relation avec l'environnement. Le point de flétrissement pour le mil se situe entre 6 à 7% de contenu en eau volumétrique dans les sols sablonneux de la station de recherche.

Bien que la résistance du mil à la sécheresse post-florale n'ait pas pu être quantifiée dans ces travaux de recherche, ceux-ci ont permis de dégager la nécessité de mener un criblage de génotypes dans une pépinière sous conditions de sécheresse. Le rendement en grains par panicule individuelle comme critère de sélection ainsi qu'une analyse de stabilité constitueront une base pour la sélection dans le future. Cependant les mécanismes physiologiques du remplissage des grains sous l'influence notamment de la photosensibilité et de la répartition de la matière sèche, doivent faire l'objet de recherches plus avancées.