ETH zürich

ETH Library

Structures du rendement et croissance des grains de triticale comparasion de genotypes de tailles differentes

Doctoral Thesis

Author(s):
Fossati, Dario

Publication date:
1995

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-001544398

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Thèse EPF No 11271

STRUCTURES DU RENDEMENT ET CROISSANCE DES GRAINS DE TRITICALE
COMPARAISON DE GENOTYPES DE TAILLES DIFFERENTES

Thèse présentée à

L'ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE ZURICH

pour l'obtention du titre de docteur ès sciences techniques

par

DARIO FOSSATI

Ing. agr. dipl. EPFZ

né le 27 août 1961

de Meride (TI)

Accepté sur proposition des

Prof. Dr. Stamp, rapporteur

Dr. A. Fossati, co-rapporteur

Dr. J.E. Schmid, co-rapporteur

Zurich, 1995

VI RÉSUMÉ, SUMMARY

Un programme de sélection du triticale a débuté il y a une vingtaine d'années en Suisse et différentes variétés issues de ce programme sont déjà homologuées dans plusieurs pays européens. L'amélioration du rendement, de la résistance à la verse et du poids spécifique du grain sont les objectifs prioritaires de ce programme.

En effet l'aspect du grain de triticale est parfois "ridé" et la malformation du grain se traduit souvent par des poids à l'hectolitre modestes. Parmi les lignées produites dans le but entre autres d'améliorer la résistance à la verse, les lignée courtes (< 120cm) et très courtes (< 100cm) n'ont ni un rendement en grain ni un poids spécifique satisfaisants. Pour mieux comprendre les défauts de ces lignées il faut déterminer quels sont les points faibles de leur structure du rendement et de leur formation du grain. Il faut également connaître quels liens existent entre la taille des plantes, la malformation du grain et le rendement. Au cours de ce siècle, le rendement du blé a été amélioré parallèlement à la réduction de la taille des plantes par l'introduction des gènes de nanisme, ce qui n'est pas encore le cas pour le triticale. Dans la revue de littérature les gènes de nanisme du blé tendre, du blé dur, du seigle ainsi que leur utilisation dans le triticale sont répertoriés. Si pour le blé, hormis des causes pathologiques, ce sont surtout les températures élevées pendant la croissance qui provoquent la malformation du grain, pour le triticale, les hypothèses sont plus nombreuses. Certaines se concentrent sur les perturbations lors de la formation de l'endosperme, d'autres insistent sur les déficiences lors de la synthèse de l'amidon et les dernières se réfèrent à la dégradation prématurée de l'amidon par des activités alpha-amylasiques.

Dans la phase préliminaire de ce travail, les relations entre la taille, le rendement et la formation du grain ont été vérifiées sur une centaine de variétés ou de lignées avancées du programme. Bien qu'il existe des corrélations entre ces trois caractères, elles sont suffisament faibles pour permettre d'exercer une certaine sélection. Toutefois, il n'y a pas dans ce matériel de lignées courtes qui aient un poids spécifique et une productivité satisfaisants. Il est donc nécessaire de mieux cerner leurs défauts avant de créer de nouvelles lignées courtes.

Des essais de rendement ont été conduits en 3 lieux pendant 2 ans pour déterminer la structure du rendement et d'autres caractéristiques de dix génotypes représentatifs, 5 longs et 5 courts, choisis parmi les lignées testées lors de la phase préliminaire. Ces essais révèlent 3 types de structures du rendement. Deux génotypes, une variété longue (Lasko) et une lignée courte, basent leur rendement sur un tallage très élevé. Leurs poids de mille grains est faible mais il est largement compensé par le nombre de grains produits au mètre carré. Certains, au contraire, ont un tallage toujours insuffisant qui n'est compensé ni par le nombre de grains par épi ni par le poids de mille grains. C'est le cas des génotypes qui ont probablement le gène de nanisme Rht3. Les autres lignées longues construisent leur rendement plutôt sur le poids de mille grains. La structure du rendement de ces 10 génotypes indique qu'un grand nombre de grains par mètre carré obtenu par un tallage abondant est la meilleure voie pour atteindre un rendement élevé.

La répartition de la matière sèche et de l'azote entre la paille et le grain montre que les lignées courtes n'ont pas un "indice de récolte" nettement supérieur aux lignées plus longues qui leur permettrait de compenser la plus faible production de matière sèche. Par l'amélioration de l'indice de récolte il y a certainement une possibilité d'augmenter le rendement du triticale car cet indice est en général plus faible que celui du blé. Bien que la traditionnelle corrélation négative entre le rendement et la teneur en protéine du grain soit observée dans les six milieux, certains génotypes s'écartent de cette relation et laissent supposer que l'augmentation du rendement ne conduira pas nécessairement à la diminution de la teneur en protéine du grain si on tient compte de ces génotypes dans le choix des géniteurs.

Les génotypes qui ont un poids spécifique médiocre ont, par rapport à leur indice de récolte, un "indice de récolte azotée" plus faible que celui des génotypes qui ont des grains mieux formés. Ils ont aussi, si on les compare avec des génotypes qui ont une structure du rendement et une taille similaire, une plus faible teneur en azote de la plante à la floraison et un transfert moins efficace de cet azote vers le grain. Ces observations laissent supposer que l'azote disponible à la floraison joue un rôle important dans la densité finale du grain.

Pendant deux ans on a observé en un lieu la croissance du grain des dix génotypes afin

d'étudier si la vitesse ou la durée de formation du grain influençait la densité du grain à maturité. On a pu en conclure que le grain le plus dense est celui qui a une durée (totale mais en particulier de la première phase) de croissance qui est longue et une vitesse d'accumulation de la matière sèche qui est modérée. Les volumes maximal et final atteints par ce grain sont modestes. Sa teneur en eau est faible lorsqu'il a ce volume maximal puis il se contracte en proportion du volume d'eau qu'il perd sans former des cavités.

Des températures trop élevées entre la floraison et la maturité étant, dans les céréales, un des facteurs principaux de malformation du grain, la croissance du grain a été également étudiée en chambres climatisées sous deux régimes de température (18/14°C et 23/19°C) pour déterminer si il existe des différences de sensibilité à ce stress entre 6 génotypes. Les observations ont confirmé celles effectuées en conditions naturelles. Le régime de températures élevées raccourcit la durée de la croissance et provoque une forte diminution du poids du grain. Par comparaison, sous le régime de températures fraîches le volume et le poids du grain sont plus importants mais la densité du grain n'est pas très élevée. Les conditions climatiques qui conduisent à la formation des grains les plus lourds ne sont donc pas forcément celles qui produisent les grains les plus denses. Certains génotypes sont moins sensibles que d'autres au stress thermique mais il est difficile de relier une des caractéristiques de leurs grains avec leur "thermostabilité". En tendance ce sont ceux dont la croissance est courte et qui ont des grains de poids faible, de densité et de volume moyens. De l'ensemble des informations et des hypothèses recueillies au cours de ce travail la définition de deux idéotypes, un pour des milieux extensifs de moyenne montagne, l'autre pour des régions céréalières traditionnelles, sont proposés.

SUMMARY

A triticale breeding program began 20 years ago in Switzerland, and several of the varieties from this program are already officially released in a number of European countries. The main objectives of the program are yield improvement, lodging resistance and the increase of the grain density.

Indeed, triticale grain often appear shrivelled, and the malformation can translate into a poor test weight. The lines produced in the effort to improve, among others, the resistance to lodging, are not characterised by satisfactory grain yields or test weight. This is unfortunately the case both for the semi-dwarf line (< 120cm) and the dwarf line (< 100cm). In order to better understand the shortcomings of these lines, it is necessary to determine the weaknesses of the yield components and of the grain filling. During this century, the yield of wheat was improved in parallel with a reduction in plant height due to the introduction of dwarf genes; this is not yet the case for triticale. In the literature review, dwarf genes for rye, for bread and durum wheat, and their use in triticale, are given. While elevated temperatures are mostly to blame for grain malformation in wheat, excluding pathological causes, a number of hypotheses have been put forward for the case of triticale. Some focus on the perturbation of endosperm formation; some others insist that the cause is rather a deficiency during starch synthesis; a third class involves the premature degradation of starch by alpha-amylase activity.

In the preliminary phase of this work, the relationships between the plant height, the yield, and the kernel formation were determined for about a hundred of varieties or advanced lines included in the program. The correlation between the three parameters are small enough to allow for a certain selection. However, in this study there are no dwarf lines characterised by a satisfactory test weight or productivity. Therefore, before creating new dwarf lines, it is necessary to characterise better their shortcomings.

Experiments were carried out at three different sites during two years in order to determine the yield components and other characteristics of the representative genotypes, five tall and five short, selected among the tested lines included in the preliminary phase. These experiments reveal three types of yield structure. Two of the genotypes, one tall (Lasko) and one short, rely on efficient tillering for their yield. The thousand-kernel weight is low, but this is more than compensated for by the number of kernels produced per square meter. Others, by contrast, are characterised by an insufficient tillering that is not compensated for either by the number of kernels per ear, or by the thousand-kernel weight. This is the case for those genotypes that have probably the dwarf gene Rht3. The other tall lines base their yield on the thousand-kernel weight. The yield structure of the

10 genotypes indicate that the best way to achieve a large yield is to take advantage of efficient tillering, which results in an high number of kernels per square meter.

The manner in which the dry matter and the nitrogen content are distributed between the straw and the kernels show that the short lines are not characterised by a harvest index that could compensate, relative to the taller lines, for the reduced production of dry matter. There is certainly the possibility of increasing the triticale yield by improving the harvest index, which is in general smaller than that for wheat. Even though the traditional negative correlation between the yield and the protein content is observed in the six areas, several genotypes deviate from this relationship, and suggest that the yield improvement will not necessarily lead to a loss in kernel protein content, if these genotypes are taken into account in the choice of the parent strains.

The genotypes that are characterised by a poor test weight have, relative to their harvest index, a "nitrogen harvest index" that is smaller than that of the genotypes characterised by better formed grains. If we compare them to those genotypes that have a similar yield structure and plant height, we would find that they have a lower nitrogen plant content at anthesis and a less efficient transfer of this nitrogen toward the kernels. These observations suggest that the available nitrogen at anthesis plays an important role in determining the final kernel density.

For two years we observed grain growth of ten genotypes at one site in order to study whether the rate and duration of the grain formation was related to the mature kernel density. From this study we could conclude that the densest grain is that which takes the longest to grow; the total growth period is longer, and it is in the first phase where the difference is greatest. Also, the rate of dry-matter accumulation is moderate for the densest kernel. The maximal and the final volumes achieved by this grain are modest. Even though the water content is small, the maximum volume is reduced during drying in proportion to the water loss, and no cavities are produced. One of the principal factors in cereal grain malformation is exposure to elevated temperatures between anthesis and maturity. We therefore studied temperature-induced stress on grain growth in climate-controlled chambers for two temperature ranges (18/14 °C and 23/19°C) to see what differences might exist among six genotypes. The observations confirmed the conclusions

obtained previously under natural conditions. The elevated temperature range shortens the growth duration and causes a sharp decrease in the grain weight. By comparison, in the cooler temperature range, the grain volume and weight are greater, but the kernel density is not very high. Climatic conditions that lead to the formation of the heaviest grain are therefore not necessarily those that produce the densest grain. Certain genotypes are less sensitive than others to thermal stress, but it is difficult to relate an individual characteristic of the grain with their "thermostability." In general, it is those characterised by short growth periods and by small, average-density kernels that are most thermostable.

From the information and hypotheses gathered during the course of this work, the definition of two ideotypes are proposed: one for the extensive area of the middle mountains, the other for the traditional cereal-growing regions.