

Analyse génétique des composantes du rendement du maïs en zone sèche au Burkina Faso

Drissa Hema, Soon Kwon Kim, Bakary Tio-Touré

Au Burkina Faso, on observe depuis 1970 un raccourcissement du cycle pluviométrique et une diminution globale des pluies associée à une grande variabilité annuelle.

C'est pourquoi la sélection de variétés de maïs tolérantes à la sécheresse, juste après le stade de maturation, est très importante dans une stratégie d'amélioration du rendement. Plusieurs tests ont été utilisés à cet égard dans la recherche de génotype tolérant au stress hydrique [1, 2]. Le rendement en grains apparaît corrélé avec le poids de 100 grains et le diamètre de l'épi. Plusieurs gènes interviennent dans le contrôle du poids de 100 grains [3, 4]. Notre travail porte sur l'étude du rendement grain et de ses composantes en condition de sécheresse, en vue d'une meilleure connaissance du déterminisme génétique de ces caractères, du mode d'action des gènes et de leur transmission.

Deux lignées fixées de maïs (Ku 1414 et TZi 25) ont été utilisées. Ku 1414 est une lignée tolérante à la sécheresse avec

un intervalle très court entre le temps de sortie des soies et la libération du pollen, une bonne ouverture stomatique, un poids de 100 grains et un rendement élevés ; au contraire la lignée TZi 25 est plutôt sensible à la sécheresse, à cause d'une faible ouverture stomatique, d'un intervalle plus long entre le temps de sortie des soies et la libération de pollen [4] avec un rendement et un poids de 100 grains peu élevés.

À partir de ces deux lignées parentales nous avons créé quatre types d'hybrides à Kamboinsé (Burkina Faso), à savoir :

- F1 = (Ku 1414 × TZi 25) ;
- F2 = (F1 autofécondé) ;
- BCR = (F1 × Ku 1414) ;
- BCS = (F1 × TZi 25).

L'évaluation au champ a été réalisée en 1994 et 1995 à la station de recherches agricoles de Kamboinsé (12° 28' de latitude Nord, 1° 32' de longitude Ouest et à une altitude de 296 mètres).

La moyenne pluviométrique sur dix années est de 790 mm/an avec une mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace. Dans cette zone soudanienne, le début des pluies est retardé et les poches de sécheresse sont de plus en plus fréquentes à des intervalles variables.

Les sols de Kamboinsé sont de type ferrugineux tropical lessivé, avec de faibles taux de matières organiques.

Les techniques culturales sont celles qui sont recommandées dans la zone. Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher complètement randomisé avec 4 répétitions (écartements de 75 cm entre les lignes et de 50 cm entre les poquets avec 2 plantes par poquet après

le démariage). Les plantes ont été suivies individuellement et, à la récolte, 85 épis ont été analysés pour chacun des parents Ku 1414 et TZi 25, 84 épis F1 issus du croisement Ku 1414 × Tzi 25, 392 épis F2 issus des autofécondations de F1, 396 épis BCR et 396 épis BCS.

Le poids de 100 grains (P100), le diamètre de l'épi (DE), la longueur de l'épi (LE), le nombre de rangs de grains (RG) et le nombre de grains par rang (G/R) ont été mesurés.

Les effets génétiques ont été évalués avec le logiciel GENSTAT dont les termes sont définis comme suit [5] :

- P1 = m + a + 1/2 d + aa - ad + 1/4 dd ;
- P2 = m - a - 1/2 a + aa + ad + 1/4 dd ;
- F1 = m + 1/2 d + 1/4 dd ;
- F2 = m ;
- BCR = m - 1/2 a + 1/4 aa ;
- BCS = m - 1/2 a + 1/4 aa ;

où m est la valeur moyenne des parents, a l'effet additif et d l'effet dominant.

La matrice de corrélation est calculée à partir du logiciel STATITCF.

Les moyennes observées et leurs écarts types sont présentés dans le *tableau 1*. En appliquant le test *t*, on observe une différence significative entre les deux lignées pour P100 LE et G/R mais non pour DE et RG.

Les valeurs de l'hybride F1 sont supérieures à celles du meilleur parent pour P100, DE et RG, mais, non pour LE et G/R ; ces valeurs varient entre 13,6 et 36,1. Les valeurs de F2 sont supérieures au meilleur parent pour P100, DE, G/R, et inférieures à F1 pour P100, LE, RG, G/R. L'hybride F1 (Ku 1414 × TZi 25) rétrocroisé avec le

D. Hema : Institut de l'environnement et des recherches agricoles, 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso.

S.K. Kim : Institut international d'agriculture tropicale, PMB 5320 Ibadan, Nigeria.

B. Tio-Touré : Université nationale, Faculté des sciences et techniques, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte-d'Ivoire.

Tirés à part : D. Hema

Tableau 1

Valeurs des moyennes et des écarts types pour les paramètres des composantes du rendement de l'hybride de maïs (Ku 1414 x TZi 25)

Paramètres	Matériels					
	P1	P2	F1	F2	BCR	BCS
P100 (g)	15,7 ± 0,7	13,0 ± 0,4	17,6 ± 0,3	16,4 ± 1,8	16,5 ± 2,8	16,6 ± 2,1
DE (mm)	34,7 ± 3,1	34,1 ± 2,3	36,1 ± 3,0	36,0 ± 4,4	37,4 ± 4,0	37,0 ± 3,8
LE (cm)	10,9 ± 1,8	13,0 ± 1,6	12,9 ± 2,2	12,4 ± 1,9	12,9 ± 1,9	13,6 ± 2,7
RG	11,7 ± 1,2	12,5 ± 1,5	13,6 ± 1,7	13,0 ± 1,9	13,0 ± 1,8	13,2 ± 1,5
G/R	25,2 ± 5,6	30,6 ± 4,8	30,8 ± 6,2	28,9 ± 7,2	29,7 ± 7,4	34,0 ± 5,5

P100 : poids de 100 grains ; DE : diamètre de l'épi ; LE : longueur de l'épi, NRG : nombre de rangs de grains ; G/R : nombre de grains par rang ; P1 : parent résistant Ku 1414 ; P2 : parent sensible TZi ; 25, F1 : Ku 1414 x TZi 25 ; F2 : F1 autofécondé ; BCR : rétrocroisement avec le parent résistant ; BCS : rétrocroisement avec le parent sensible.

Estimated means and standard errors for yield components of hybrid maize (Ku 1414 x TZi 25)

parent Ku 1414, donne des valeurs supérieures au meilleur parent pour P100, DE, RG et inférieures ou égales pour LE, G/R.

Le rétrocroisement de Ku 1414 x TZi 25 avec le parent TZi 25 donne des valeurs supérieures au meilleur parent pour les paramètres P100, DE, LE, RG, G/R. Les valeurs de F1, F2, BCR, BCS sont dans certains cas supérieures à celles du meilleur parent, ce qui indique la présence d'hétérosis.

On observe des effets additifs et dominants significatifs.

La proportion des effets de dominance d avec un signe positif est significativement plus élevée, avec des valeurs supérieures à celles d'additivité a.

Les valeurs des effets génétiques du type « dominant x dominant » [dd] sont significativement négatives (p = 0,01) et plus élevées que celles de « l'additif x additif » [aa] et « additif x dominant » [ad] pour tous les paramètres (tableau 2). L'héritabilité calculée est comprise entre 12,7 % (longueur épi) et 93,6 % (poids de 100 grains).

Le calcul de la matrice de corrélation (tableau 3) fait ressortir des associations positives hautement significatives (p = 0,01) entre LE et DE (r = 0,74**) d'une part, LE et G/R (r = 0,62**) d'autre part. On note également des corrélations significatives (p = 0,05) entre le rendement grain et p100 (r = 0,55*), DE et G/R (r = 0,53*).

Discussion et conclusion

La réduction du nombre de grains/m² à la suite d'avortements entraîne la réduction du rendement grain chez le maïs sous l'effet du stress hydrique [6].

Dans notre étude, la lignée Ku 1414 a un P100 de 15,7 g supérieur à TZi 25 (13,0 g), mais LE et G/R sont inférieurs. L'héritabilité est élevée pour P100 et DE (valeurs supérieures à 50 %), ce qui devrait permettre des progrès génétiques importants et rapides, indépendamment du milieu.

Les effets hétérotiques constatés reflètent la diversité et la distance génétique entre les deux lignées [7], la proportion

Tableau 2

Effets génétiques, écart type et héritabilité des paramètres de composantes de rendement de l'hybride de maïs Ku 1414 x TZi 25

	Effets génétiques						hns
	m	a	d	aa	ad	dd	
P100 (g)	13,5 ± 0,6**	1,3 ± 0,2*	7,4 ± 1,5**	0,9 ± 6 ns	2,4 ± 0,4**	- 3,3 ± 0,9**	93,6
DE (cm)	29,8 ± 1,3**	0,3 ± 0,2 ns	18,7 ± 2,9**	4,6 ± 1,2**	0,2 ± 0,8 ns	- 12,4 ± 1,9**	60,0
LE (cm)	8,5 ± 0,6**	- 1,0 ± 0,2*	11,4 ± 1,4**	3,4 ± 0,6**	0,7 ± 0,4 ns	- 7,0 ± 0,4**	12,7
RG	11,4 ± 0,6**	- 0,4 ± 0,1*	4,0 ± 1,3**	0,7 ± 0,5 ns	- 0,4 ± 0,4 ns	- 1,8 ± 0,9*	46,1
G/R	15,6 ± 2,1**	- 2,4 ± 0,5**	12,1 ± 2,0**	3,7 ± 1,4**	- 3,7 ± 1,4**	- 22,7 ± 3,3**	40,7

ns = non significatif ; * = significatif à 5 % ; ** = significatif à 1 %

m = moyenne des effets, a = effet additif, d = effet dominant, aa = additif x additif, ad = additif x dominant, dd = dominant x dominant. ; hns : héritabilité calculée.

Genetic effects, standard error and heritability of yield components of hybrid maize (Ku 1414 x TZi 25)

Tableau 3

Matrice des corrélations phénotypiques entre le rendement et les composantes du rendement du maïs

Rdt					
P100	0,55*				
DE	0,01	- 0,21			
LE	- 0,06	- 0,23	0,74**		
RG	0,21	0,12	0,11	0,12	
G/R	- 0,16	- 0,29	0,53*	0,62**	0,17
Rdt	P100	DE	LE	RG	G/R

* Significatif à 5 %.
 ** Significatif à 1 %.

Phenotypic correlation matrix for maize yield and yield components

des effets d étant plus élevée que celle des effets a. Enfin les effets dd sont négatifs et plus marqués que les effets aa ou ad.

Pour LE, DE, P100, RG, G/R et le rendement grain, les effets dominants sont importants [8]. Une superdominance a été observée pour le rendement grain [9]. Le calcul de la matrice de corrélation donne des associations positives significatives entre le rendement et P100 [4, 10], DE et LE, DE et G/R, enfin LE et G/R. P100 [11, 12] est extrêmement important dans l'élaboration du rendement, surtout

de 5 jours avant à 7 jours après les floraisons mâle et femelle [13], période au cours de laquelle la division cellulaire au niveau des ovules dans le sac embryonnaire est active. C'est pendant cette période que se détermine le nombre d'ovules par épi ; le grain grandit, accumule des réserves et mûrit. Le manque d'eau à ce stade affecte la sortie des soies, qui est le seul moyen de capture du pollen.

Au Burkina Faso, cette phase de formation et de remplissage du grain chez le maïs a lieu fin août-début septembre, période où il pleut régulièrement sans

interruption, d'où la faible influence du milieu sur P100.

L'héritabilité calculée (hns > 50) est élevée pour P100 [4] et DE. Elle est faible (hns < 50 %) pour la LE, G/R et RG.

La valeur élevée de l'héritabilité de P100 rejoint des résultats antérieurs [3].

P100 ainsi que les autres composantes du rendement ont des effets génétiques de type dominant avec une forte héritabilité pour P100, DE et une héritabilité faible pour les autres composantes. Grâce aux fortes héritabilités observées, on peut envisager un progrès génétique.

En utilisant la sélection récurrente comme S1 pour la création de populations synthétiques, le sélectionneur est en mesure de développer des populations de maïs plus performantes en zones sèches du Burkina Faso ■

Références

- Understander DJ. Yield and yield component response of maize to water stress in hybrids with different source of stress tolerance. *Maydica* 1987 ; 32 : 49-50.
- Fischer KS, Edmeades GO, Johnson EC. Selection for the improvement of maize yield under moisture deficits. *Field Crops Research* 1989 ; 22 : 227-33.
- Sandhu JS, Anand C. Inheritance of kernel weight in wheat. *Ind J Gen* 1987 ; 32 : 299-302.
- Hema D. *Étude de la résistance à la sécheresse chez le maïs. Analyse de la variabilité génétique de quelques caractères agrophysiologiques.* Thèse de doctorat ing. 1994 ; 147 p.
- Gambie EE. Gene effects in corn (*Zea mays* L.). II. Relative importance of gene effects for plant height and certain component attributes of yield. *Can JPS* 1962 ; 42 : 349-58.
- Claasen MM, Shaw RH. Water deficit effects on corn. I. Vegetative component. *Agronomy J* 1979 ; 62 : 649-52.
- Kim SK, Efron Y, Khadr F, et al. Registration of 16 maize streak virus resistant tropical maize parental inbred lines. *Crop Sci* 1987 ; 27 : 824-5.
- Bhala SY, Khehra AS. Genetic analysis of grain yield and other quantitative characters in maize (*Zea mays* L.) under varying plant densities. *Ind J Crop Imp* 1980 ; 7 : 25-31.
- Dhillon BS, Singh JD. Genetic analysis of grain yield and maturity in maize varieties. *Maydica* 1976 ; 21 : 129-35.
- Hadjichristodoulou A. Stability of 1,000 grains weight and its relation with other traits of barley in dry areas. *Euphytica* 1990 ; 51 : 11-7.
- Barloy J. Biologie de l'élaboration du rendement. In : *Physiologie du maïs.* INRA, CNRS, AGPM, 1983 : 163-70.
- Gay JP, Bloc D. Détermination des composantes du rendement en grain. In : *Physiologie du maïs.* INRA, CNRS, AGPM, 1983 : 181-8.
- Shaw RH. A weighted moisture stress index for corn in Iowa. *Iowa State J Res* 1974 ; 49 : 101-4.

Summary

Genetic analysis of maize yield components in dry areas of Burkina Faso

D. Hema, S.K. Kim, B. Tio-Touré

Erratic rainfall is a major maize production constraint in dry areas of Burkina Faso. The development of drought-tolerant maize germplasm is a major goal of our breeding programme, mainly based on 100-kernel weight P100. The present study involved genetic analysis and heritability of yield and yield components.

Using two inbred maize lines (Ku 1414, TZi 25) with different drought tolerances, we crossed, selfed, and backcrossed them with their respective parents to develop F1, F2, BCR, and BCS forms, respectively.

A randomized complete block design was used at Kamboinse Station. Data for yield (yld), ear diameter (ED), ear length (EL), kernel row number (KRN), kernel per row (K/R), 100-kernel weight (P100) were recorded in 1994 and 1995 (Table 1). Analysis of separate genetic factors highlighted dominant effects (Table 2). Heritability (hns) was high for P100 (0.94) and ED (0.60), and low (hns < 0.50%) for EL (0.13), KRN (0.46), and K/R (0.41).

The success of breeding procedures depends on the extent of genetic effects. The use of some highly heritable parameters (P100, ED) could reveal the best parents, thus making it possible to quickly improve crop yields.

We conclude that recurrent selection is an efficient genetic improvement strategy for developing maize populations adapted to dry areas of Burkina Faso.

Cahiers Agricultures 1999 ; 8 : 64-6.