



HAL
open science

Possibilites d'identification varietale du maïs au stade plantule

M.T. Chesneaux, Andre Kobilinsky

► **To cite this version:**

M.T. Chesneaux, Andre Kobilinsky. Possibilites d'identification varietale du maïs au stade plantule. Agronomie, 1982, 2 (1), pp.45-54. hal-02724237

HAL Id: hal-02724237

<https://hal.inrae.fr/hal-02724237>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Possibilité d'identification variétale du maïs au stade plantule

Marie-Thérèse CHESNEAUX (*) & André KOBILINSKY (**)

avec la collaboration technique de Joëlle COPPIN (*)

(*) I.N.R.A., Groupe d'Etude et de Contrôle des Variétés et des Semences, B.P. 55, F 06700 St Laurent du Var.

(**) I.N.R.A., Laboratoire de Biométrie, Centre de Recherches agronomiques, route de Saint Cyr, F 78000 Versailles

RÉSUMÉ

Maïs,
Analyse discriminante,
Identification variétale,
Plantules.

L'étude de quelques caractères observés en conditions artificielles a été menée sur des lignées de maïs au stade plantule. Elle concerne la hauteur des plantes et les dimensions de la 1^{ère} feuille. Ces caractères ainsi que le poids des graines et le pourcentage de plantes levées sont très influencés par les conditions d'obtention de la semence. Il est cependant envisageable de les utiliser pour identifier au moins partiellement 29 lignées en ayant recours à une méthode d'analyse discriminante. On ne constate pas d'influence du poids du grain sur les caractères observés. La finesse de la 1^{ère} feuille apparaît comme le caractère le plus intéressant pour distinguer les lignées.

SUMMARY

Maize
Discriminant analysis,
Varietal identification,
Seedlings.

Identification of maize varieties using morphological characteristics of the seedlings.

Seedling height and length and width of the first leaf were observed on 29 parental maize varieties. These characters, together with seed weight and percentage of seedling emergence, are very influenced by the year and place of seed production. Nevertheless it is possible to use them in a discriminant analysis to identify the variety or at least a small group of varieties to which an unknown seed belongs. There is no relation between seed weight and the other characters. The width of the first leaf seems to be the most interesting character for distinguishing the varieties.

I. INTRODUCTION

Pour évaluer les possibilités de distinction, l'homogénéité et la stabilité des cultivars, les principes directeurs publiés par l'Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales (UPOV-1973) préconisent d'observer chez l'espèce maïs, *Zea mays L.*, une série de caractères dont un nombre restreint se rapporte au stade plantule.

On sait aujourd'hui que le relief de la surface de la graine (PFAHLER *et al.*, 1975), la composition en polyphénols de la gaine de la 1^{ère} feuille (CHESNEAUX, 1979) apportent une information importante pour identifier des cultivars de maïs.

Par ailleurs, dans le cadre des études menées sur la croissance du maïs, plusieurs auteurs se sont intéressés depuis longtemps aux caractères morphologiques de la graine et de la plantule (HUNTER & KANNENBERG, 1972 ; ONDERDONK & KETCHESON, 1972 ; LEHENBAUER, 1914 ; EDWARD, 1974). Or il est apparu, dans une première série d'essais, que certains de ces caractères présentent un intérêt certain pour la distinction des lignées. C'est sur ces caractères, simples à observer, que porte le présent travail.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans un premier essai, 29 lignées parentales de variétés hybrides de maïs, fournies par la Française de Semences de Maïs, ont été utilisées.

Après pesée, les graines ont été semées en terrine plastique dans de la vermiculite imbibée d'eau à saturation, à une profondeur de 2 cm. Chaque terrine contenait 6 lignées, à raison de 12 graines par lignée semées sur une même rangée. L'ensemble des lignées a été répété 4 fois.

Une répétition est donc constituée par 5 terrines ; l'effet des terrines dans les répétitions a été négligé sur la base d'expériences antérieures qui ont également permis de vérifier la normalité statistique des données de base obtenues (moyennes de 12 plantules environ).

Les terrines étaient placées en chambre climatisée, à 22 °C constant, à une hygrométrie de 70 p. 100, des cadres lumineux mobiles fournissant un éclairage constant de 12 000 lux au niveau des plantules pendant 16 h sur 24. L'alimentation et l'arrosage étaient assurés par sub-irrigation à l'aide de la solution nutritive habituelle apportée 2 fois au cours de l'essai (CHESNEAUX, 1972).

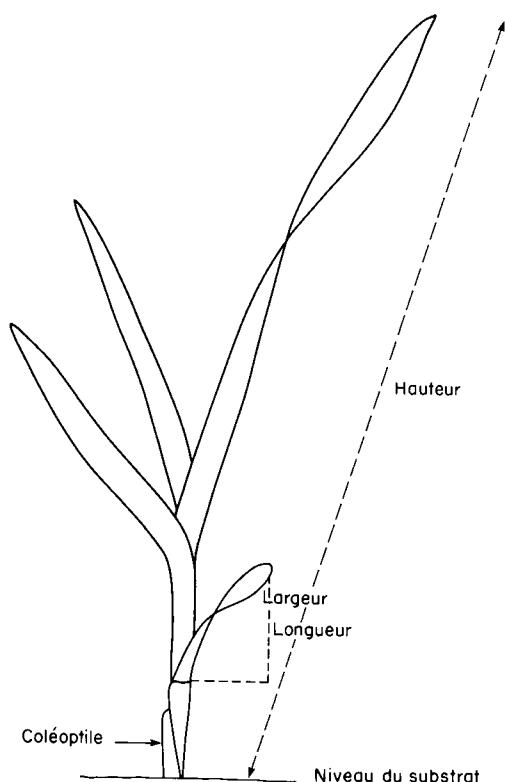


Figure 1
Schéma d'une plantule de maïs indiquant les différentes mesures effectuées.
Diagram of a maize seedling showing the different measures.

Quatorze jours après le semis, la hauteur de chaque plantule est mesurée et la 1^{ère} feuille est prélevée pour déterminer sa longueur et sa largeur. L'essai se termine 7 j plus tard par une nouvelle mesure de la hauteur des plantes (fig. 1 et 2).

Ces différentes observations constituent, avec la pesée préliminaire, les 5 séries de résultats suivantes :

1. Poids de 1 000 grains en g (Pds) ;
2. Hauteur des plantules en cm, à 14 j (H 14) ;
3. Longueur de la 1^{re} feuille en mm à 14 j (Long) ;
4. Largeur de la 1^{re} feuille en mm à 14 j (larg) ;
5. Hauteur des plantules en cm, à 21 j (H 21).

Dans un 2^e essai, on a étudié l'influence sur ces caractères des conditions d'obtention de la semence. Pour cela la même expérience a été réalisée à partir de 18 échantillons de graines, différant soit par la lignée, soit par le lieu ou l'année de production. On a utilisé 6 terrines par répétition ce qui a permis de semer dans chacune des 4 répétitions 2 rangées de 12 graines par échantillon.

III. RÉSULTATS

A. Essai préliminaire

Afin de déterminer l'influence éventuelle du poids du grain sur le développement ultérieur de la plantule, des grains appartenant à 4 lignées de maïs ont été pesés, puis soumis aux conditions de culture décrites précédemment (tabl. 1). Une analyse de covariance a montré que, pour une

TABLEAU 1

Poids du grain dans l'essai préliminaire
Weight of seeds in the preliminary experiment

Lignée	Effectif	Poids moyen des grains (g)	Poids minimum et maximum (g)
F 186	44	0,326	0,275-0,416
F 479	36	0,336	0,263-0,435
W 33	35	0,173	0,115-0,225
F 107	40	0,202	0,149-0,256



Figure 2
Aspect des plantules de quelques lignées après 14 jours de culture.
Appearance of 14-day old plants of some lines.

lignée donnée, les caractères H 14, H 21, Long, larg ne dépendent pas de façon significative du poids du grain. Dans ces conditions de culture très favorables, le poids du grain n'est donc pas un facteur limitant pour la croissance.

B. Essai portant sur les 29 lignées

Le tableau 2 donne l'ensemble des moyennes par lignée et la plus petite différence significative (ppds) pour les 5 caractères observés ainsi que pour 3 caractères qui s'en déduisent :

6. H 21 - H 14 : allongement de la plantule entre 14 et 21 j ;
7. Long/larg : indice de forme de la 1^{re} feuille ;
8. Long × larg : indice de surface de la 1^{re} feuille.

Des différences nettement significatives apparaissent pour chacun des caractères.

A partir des moyennes et de la matrice de covariance intralignées des 5 variables Pds, H 14, H 21, Long/larg, Long × larg, on a calculé pour chaque couple de lignées leur distance de Mahalanobis (RAO, 1965). Celles-ci sont toujours très significativement supérieures à 0. Les moyennes des caractères retenus, établies sur une quarantaine de plantules, permettent donc d'identifier sans ambiguïté la lignée.

Les 5 variables étudiées n'apportent cependant pas la

même information pour distinguer les lignées. Une analyse factorielle discriminante (recherche des combinaisons linéaires telles que les rapports des variances inter-lignées aux variances résiduelles soient maximum) (AFD) permet de former 3 groupes, peu corrélés entre eux :

- 1) Les indices de forme et de surface de la 1^{re} feuille, très discriminants ;
- 2) Le poids de la graine ;
- 3) Les hauteurs à 14 et 21 j, nettement moins discriminantes.

Les caractéristiques à retenir en priorité pour reconnaître une lignée sont donc les dimensions de la 1^{re} feuille. Cependant en ignorant l'une quelconque des variables, par exemple H 14, on réduit de façon significative les possibilités d'identification, au moins pour certaines lignées.

C. Essai portant sur l'origine des semences

1) Provenance, conservation des graines

La lignée et l'origine de chacun des 18 échantillons sont précisés dans le tableau 3. Ceux-ci ont été fournis soit par la Française de Semence des Maïs, soit par les stations I.N.R.A. de Mons ou de la Minière. Les années de production vont de 1974 à 1978. Les graines ont été conservées dans les pièces de stockage d'échantillons à température voisine de 10 °C.

TABLEAU 2

Moyennes des 8 caractères étudiés sur 29 lignées
Means of the 8 studied variables in 29 inbred lines

Lignée	Effectif total	Poids de 1 000 grains (g)	Hauteur (cm)		Allongement (cm)	Première feuille		Indice de forme Long./larg.	Indice de surface Long. × larg.
			à 14 j	à 21 j		Long. (mm)	larg. (mm)		
F 2	43	278,75	26,4	45,1	18,7	42,6	11,8	3,61	502,7
F 7	47	220,75	21,7	36,8	15,1	71,9	11,5	6,25	826,8
F 16	46	222,0	31,8	47,1	15,3	63,9	10,3	6,20	658,2
F 19	37	221,7	25,3	37,9	12,6	40,5	10,8	3,75	437,4
F 66	46	284,2	22,5	41,0	18,5	57,7	14,7	3,93	848,2
F 74	37	270,2	24,4	41,8	17,4	75,7	11,9	6,36	900,8
F 101	38	325,7	21,1	34,6	13,5	49,5	15,7	3,15	777,1
F 107	43	207,5	22,6	34,4	11,8	46,3	13,9	3,33	643,6
F 113	45	248,7	24,6	36,3	11,6	34,0	12,8	2,66	435,2
F 115	40	216,5	19,6	28,9	9,2	48,2	12,3	3,92	592,9
F 186	43	325,2	28,5	45,2	16,5	47,6	14,8	3,22	704,5
F 477	41	266,2	26,2	46,5	20,3	58,3	17,7	3,29	1 031,9
F 478	47	212,5	22,7	39,0	16,3	48,5	15,2	3,19	737,2
F 479	39	338,0	22,9	42,9	20,1	63,4	12,9	4,91	817,9
F 481	43	299,7	23,1	40,1	17,0	45,7	15,6	2,93	712,9
F 483	42	231,2	20,6	33,6	13,0	57,3	14,6	3,92	836,6
F 485	40	254,5	23,0	36,6	13,6	59,7	15,4	3,88	919,4
F 497	48	243,0	23,5	37,8	14,3	64,2	17,0	3,78	1 091,4
F 507	40	249,7	21,7	36,2	14,5	52,7	14,4	3,66	758,9
F 542	45	247,0	21,9	36,3	14,4	47,9	13,0	3,68	622,7
F 1 417	47	212,5	28,2	42,4	14,2	44,5	13,0	3,42	578,5
F 1 444	47	226,7	25,3	43,0	17,7	63,3	15,3	4,14	968,4
A 188	39	271,0	21,7	32,2	10,5	41,4	13,4	3,08	553,4
W 33	42	166,0	27,3	38,5	11,2	42,1	12,5	3,37	526,2
W 182 E	48	260,7	21,4	35,7	14,3	67,9	15,4	4,41	1 045,7
W 325 A	47	294,2	25,6	37,3	11,7	25,7	12,2	2,11	313,5
W 401	48	256,0	29,8	41,9	12,1	45,9	14,8	3,10	679,3
W H	43	277,2	25,4	45,7	20,3	52,6	14,6	3,60	768,0
W J	44	265,7	25,6	43,0	17,4	50,5	15,0	3,37	757,5
ppds	(pour 43)	15.0	1.9	2.3	2.3	2.4	0.55	0.18	54

TABLEAU 3

Effectif des plantes levées et moyennes des 5 caractères étudiés pour chaque origine
 Number of plants emerged and means of the 5 studied variables for each origin

Lignée	Origine	Code	Graines levées		Développement anormal		Effectif analysé	H 14	H 21	Long	larg	Pds
			Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage						
F 2	Frasema 76	7610	1	0- 6	5	1-12	90	15.3	26.6	41.7	10.5	272.4
	Frasema 77	7710	16	9-26	10	5-19	70	13.1	23.0	34.0	9.2	181.9
	La Minière 75	7520	0	0- 4	2	0- 8	94	13.8	24.9	42.0	10.9	227.1
	Mons 78	7830	12	6-21	22	14-33	62	11.1	21.4	29.9	9.9	269.1
F 7	Frasema 76	7611	20	13-31	4	1-11	72	13.4	19.4	59.9	9.5	156.3
	Mons 78	7831	26	18-37	7	3-15	63	11.9	19.7	50.8	10.5	240.6
F 101	Frasema 74	7412	15	9-25	11	5-20	70	13.5	21.6	46.2	14.3	299.0
	Mons 76	7632	11	5-20	4	1-11	81	13.1	21.2	44.2	13.1	229.5
F 107	Frasema 74	7413	11	5-20	24	16-35	61	15.3	22.4	36.2	12.1	208.1
	Frasema 76	7613	25	17-36	7	3-15	64	16.4	22.8	63.7	12.8	215.9
F 113	Frasema 74	7414	2	0- 8	3	0- 9	91	15.3	23.1	33.9	11.6	242.0
	Frasema 77	7714	12	6-21	11	5-20	73	15.2	24.8	32.9	10.7	272.0
W 401	Frasema 74	7415	1	0- 6	2	0- 8	93	18.5	27.1	42.1	13.0	252.2
	Frasema 78	7815	17	10-27	22	14-33	57	13.0	21.7	31.8	11.2	226.7
F 66	Frasema 77	7716	32	24-44	4	1-11	60	13.2	24.5	42.3	11.1	249.0
F 74	Frasema 77	7717	58	50-70	5	1-12	33	12.8	23.5	53.9	10.5	289.9
F 477	Frasema 77	7718	41	32-54	18	11-28	37	13.1	22.7	36.2	12.7	211.4
F 1417	Frasema 77	7719	3	0- 9	1	0- 6	92	16.2	25.8	31.5	10.6	218.4
PPds approximative (seuil 5 %)								0.9	1.1	2.5	0.5	10.2

Code : 2 premiers chiffres : année 3^e chiffre : lieu de production 4^e chiffre : année de production
 Plantes à développement anormal : 1^{re} feuille absente à 14 j, ou retard de croissance net
 Pourcentage : on donne l'intervalle de confiance au seuil 5 p. 100.

On s'intéresse dans ce qui suit essentiellement aux lignées pour lesquelles on a au moins 2 origines distinctes.

2) Remarques sur la levée

On observe des différences très marquées entre origines pour chacune des lignées F 2, F 113 et W 401 (tabl. 3). L'effet origine joue aussi et dans le même sens sur le nombre de plantes ayant un développement manifestement anormal (croissance très faible, feuille absente à 14 j) et qui ont été exclues de l'analyse.

3) Effet bloc

On observe des différences significatives entre les blocs pour la vitesse de croissance (H 24, H 21). Elles proviennent peut-être d'un incident incontrôlé dans la marche du

système de climatisation. Par contre, on n'a trouvé aucun effet des terrines dans les blocs.

4) Identification de l'échantillon

Chaque échantillon avait été divisé en 2 sous-échantillons de 48 graines avant l'expérience, les graines de chaque sous-échantillon étant semées à raison d'une rangée de 12 par répétition. La même analyse qu'au § B a été effectuée sur les 36 sous-échantillons ainsi obtenus, considérés comme distincts. Le résultat confirme ce qui avait été précédemment établi : à deux exceptions près, les seules distances de Mahalanobis non significativement différentes de 0 sont les distances entre sous-échantillons d'un même échantillon. La classification hiérarchique (fig. 3) regroupe d'ailleurs au niveau le plus bas ces couples homologues.

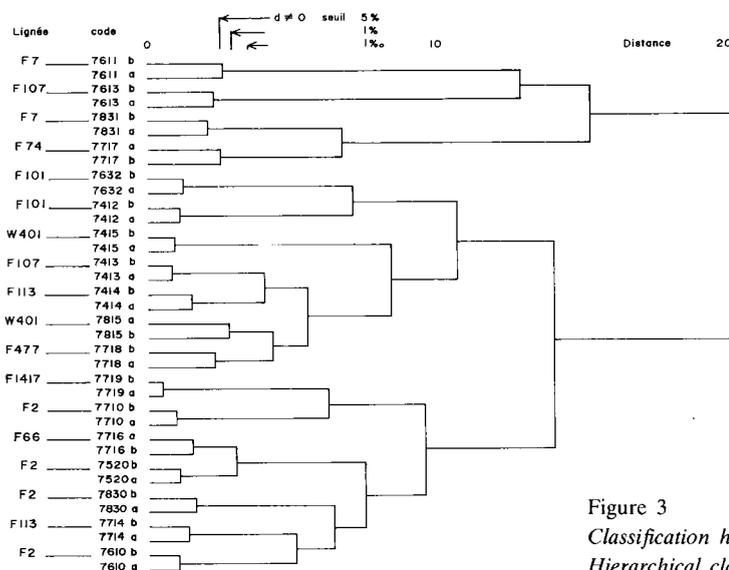


Figure 3
 Classification hiérarchique des sous-échantillons.
 Hierarchical classification of the sub-samples.

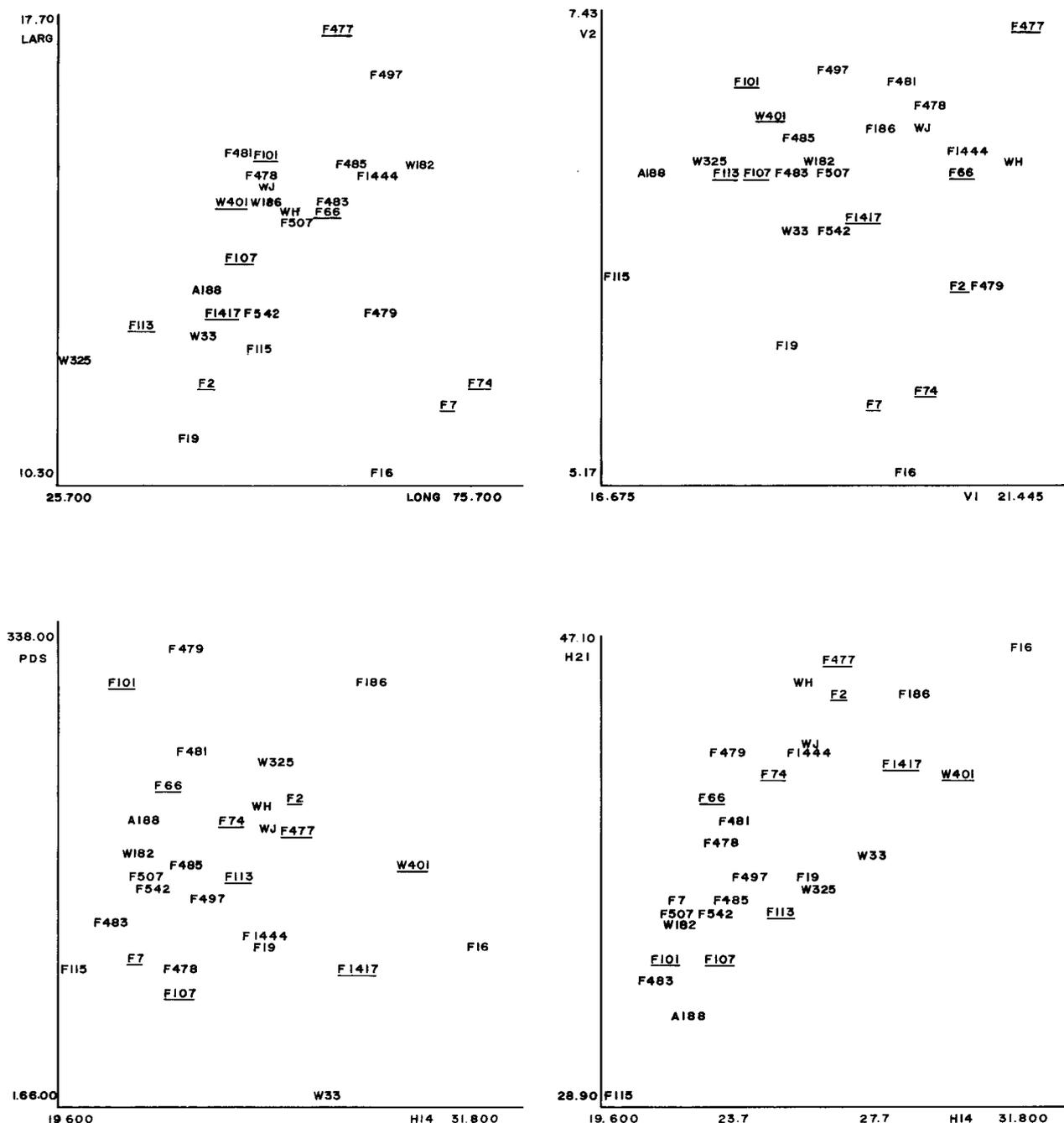


Figure 4
 Représentations graphiques des 29 lignées sur les différents caractères.
 Graphical representation of the 29 lines for the different variables.

5) L'effet origine

Si l'échantillon est facilement identifiable, il n'en est pas de même de la lignée lorsqu'on prend en compte les différentes origines. Ainsi la lignée F 107 (origine Frasema 74) est beaucoup plus proche de la lignée F 113 (origine Frasema 74) distance = 4 que de la lignée F 107 (origine Frasema 76) distance = 11,2. Quatorze échantillons d'une lignée différente de la lignée F 107 sont à une distance inférieure à 11,2 de la lignée F 107 (origine Frasema 74). L'effet origine est donc globalement aussi important ou même plus important que l'effet lignée.

Toutes les variables ne sont cependant pas également influencées par l'origine. Les rapports :

$$R = (CM_L - CM_E) / (CM_{O.L} - CM_E),$$

où CM_L , $CM_{O.L}$, CM_E sont les carrés moyens associés à l'effet lignée, à l'effet origine dans les lignées et à l'erreur, donnent une idée du pouvoir discriminant des différentes variables, lorsque, négligeant la variabilité à l'intérieur d'un échantillon, on cherche à séparer les lignées tout en regroupant les origines d'une même lignée (tabl. 4 et annexe). Par une méthode analogue à l'analyse factorielle discriminante, nous avons cherché de nouvelles variables synthétiques rendant le rapport R maximum (FD 1) ou au contraire minimum (FD 5) (tabl. 5).

Pour simplifier l'interprétation, les 2 premières fonctions discriminantes ont été remplacées par les variables :

$$V1 = 17 \text{ Log H } 21 - 10 \text{ Log H } 14 - 2 \text{ Log Pds} \quad (R = 23,4)$$

$$V2 = 4 \text{ Log (larg)} - \text{Log (Long)} \quad (R = 10,7)$$

TABLEAU 4
Carrés moyens (CM) et rapports discriminants (R)
Mean Squares (CM) and discriminant ratios (R)

ddl	Bloc	Lignées	Origine	Erreur	R
	CM _B	CM _L	dans les lignées CM _{O-L}		CM _L -CM _E CM _{O-L} -CM _E
	3	5	8	95	
Pds	924	91 940	109 801	970	0.84
H 14	684	350	230	7	1.54
H 21	1 492	661	285	10	2.37
H 21-H 14	213	468	44	5	11.84
Long	104	11 031	4 772	58	2.33
Larg	2	351	48	2	7.53
Long/Larg	.4	138	30	.5	4.63
Long × Larg	25 537	2 207 257	983 022	15 795	2.27
FD 1	122	225	12	2.4	23.96
FD 2	15	144	10	1	15.44
FD 3	26	53	11	1.6	5.51
FD 4	16	4	9	.2	0.45
FD 5	5	0	9	.2	-0.02
VH	128	263	23	3	13.13
V1	125	224	12	3	23.43
V2	.1	45	4	.2	10.68

FD 1 : 1^{re} fonction discriminante (rendant R maximum)

FD 2 : 2^e fonction discriminante, etc.

VH : Fonction discriminante sur 2 variables : Log H 21, Log H 14,

VH = 17 Log H 21-10 Log H 14.

V1, V2 : cf le texte.

V1 est pratiquement égale à la 1^{re} variable discriminante. La recherche d'une variable simple (3 coefficients nuls) peu liée à V1, suffisamment discriminante et assurant de plus une bonne concordance entre les rangs des lignées dans les 2 essais, a conduit au choix de V2.

L'examen du graphique V1, V2 (fig. 5) permet d'isoler plusieurs groupes de lignées :

- les lignées à feuille fine et accroissement fort (F 74, F 2) ;
- une lignée à feuille large et accroissement fort, facile à identifier (F 477) ;
- les lignées à feuille large et faible accroissement (F 101, F 107) ;
- une lignée à feuille fine et faible accroissement (F 7).

L'examen des 2 dernières fonctions discriminantes montre que l'origine joue d'une part sur le poids de la graine,

TABLEAU 5

Définition des fonctions discriminantes FD 1 à FD 5
Definition of the discriminant functions FD 1 to FD 5

	Log (H 14)	Log (H 21)	Log (Long)	Log (larg)	Log (Pds)
FD 1	- 8.5	15.3	0.1	- 1.8	- 1.4
FD 2	- 2.9	5.6	- 2.2	8.0	- 2.3
FD 3	- 8.5	7.6	1.9	4.4	- 2
FD 4	0.4	- 2.8	- 0.4	- 0.9	2.1
FD 5	0.8	0.3	1.0	- 1.0	1.5

Les nombres figurant dans le tableau sont les coefficients à appliquer aux logarithmes des variables pour obtenir les fonctions discriminantes.

d'autre part et de façon indépendante sur le développement général de la plantule. Ainsi les hauteurs à 14 et 21 j, la longueur de la 1^{re} feuille varient beaucoup avec l'origine, mais de façon concomitante.

D. Comparaison entre les deux essais (fig. 4 et 5)

1) Poids du grain

Dans l'ensemble les graines utilisées pour le 2^e essai sont de poids plus faible que celles qui ont servi au 1^{er} essai. Mais cette différence n'est pas systématique. Ainsi les graines des différents échantillons de F 107 ont des poids comparables. Les échantillons F 7 (Mons 78), F 113 (Frasema 77) et F 74 du 2^e essai ont des poids de 1 000 grains supérieurs aux échantillons correspondant du 1^{er} essai.

L'ordre des poids des lignées n'est pas le même dans les 2 essais. On note cependant que F 101 a un poids moyen très élevé dans les 2 cas tandis que F 7 et F 107 ont les graines les plus légères.

2) Dimensions de la 1^{re} feuille

Les feuilles sont moins larges et moins longues dans le 2^e essai à l'exception de F 107 (Frasema 76), dont la 1^{re} feuille est 2 fois plus longue que celle de F 107 (Frasema 74). Les positions respectives des lignées sur les graphiques ne sont pas exactement les mêmes dans les 2 essais, mais on retrouve les mêmes groupes de lignées sensiblement aux mêmes endroits.

3) Hauteur

L'effet « essai » est frappant : les plantules du 1^{er} essai sont 2 fois plus hautes que celle du 2^e au même âge. Cette différence entre les âges « biologiques » des plantules au moment des observations fait perdre de son intérêt à la comparaison des 2 graphiques H 14, H 21 (fig. 4 et 5). Il est peu probable que cet écart considérable de croissance soit dû uniquement à l'effet « origine ». Il est sans doute aussi imputable à des micro-variations inévitables dans les cultures en conditions artificielles (éclairage substrat — alimentation — vitesse d'imbibition). On peut aussi penser à une mauvaise conservation des semences. Mais cette hypothèse est peu conciliable avec l'absence de corrélation négative entre l'âge de la semence et la hauteur des plantules. Compte tenu de ce qui a été dit précédemment, il est également peu probable que les différences de hauteur soient dans une mesure importante une conséquence des différences entre les poids des graines.

4) Graphiques V1-V2

Seule la lignée F 7 a changé notablement de position : elle a poussé beaucoup moins entre 14 et 21 j dans le 2^e essai alors que sa hauteur à 14 j était déjà relativement faible. Ce mauvais comportement est à rapprocher de la différence hautement significative entre les pourcentages de plantes levées dans les 2 essais pour cette lignée.

IV. DISCUSSION

L'ensemble des caractères retenus est subdivisé en 3 groupes pour faciliter la discussion :

A. Poids du grain

Le poids du grain n'est pas en corrélation avec les autres caractères observés. Ceci constituait un préalable qui devait

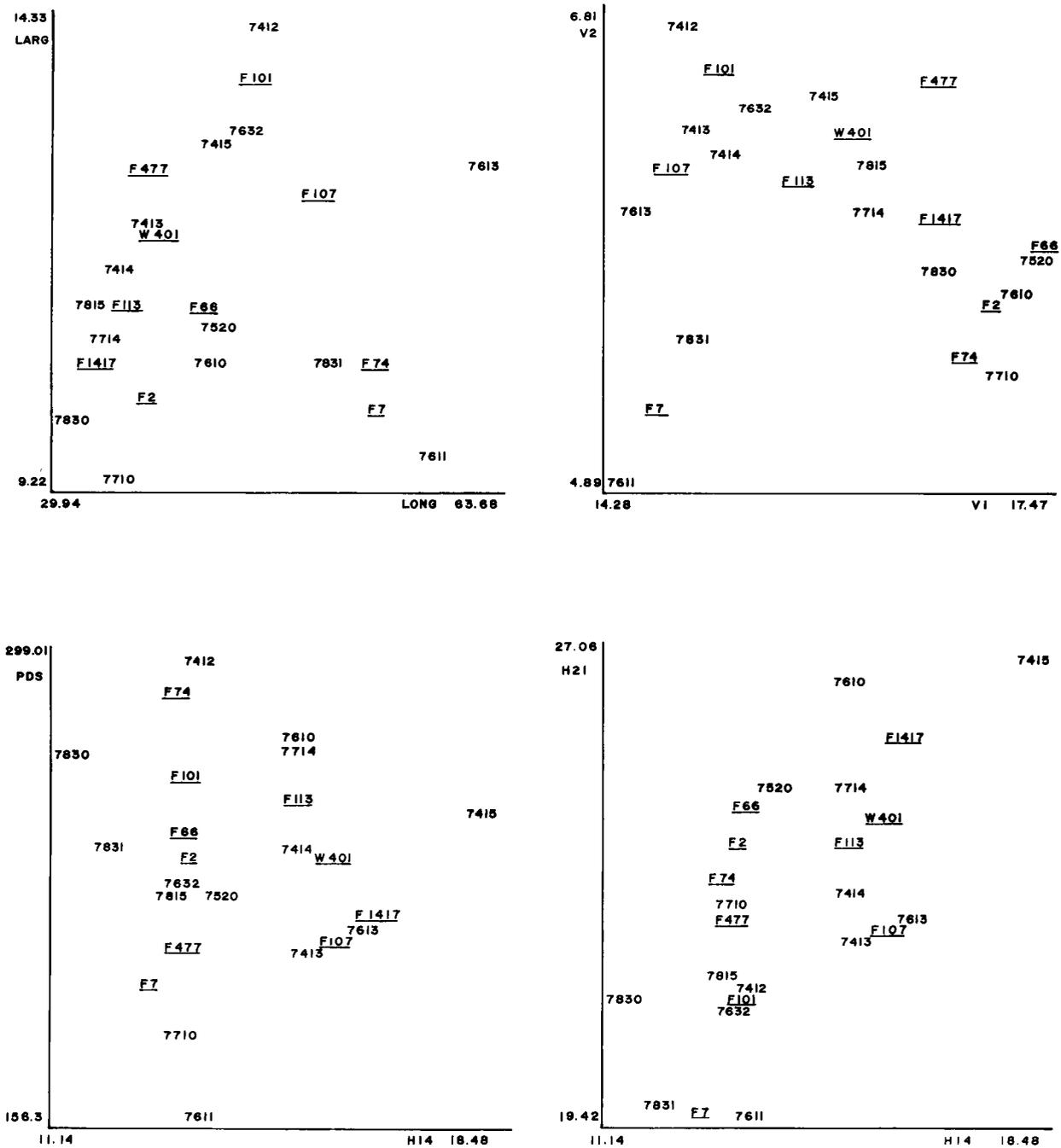


Figure 5
Représentations graphiques des 18 origines.
Graphical representation of the 18 origins.

être levé, car on sait que, chez le maïs, le poids du grain présente une variation individuelle intra-lignée extrêmement importante due à de multiples causes parmi lesquelles la position occupée par le grain sur la rafle. Bien que très dépendant de l'origine de la semence, ce caractère apporte cependant une information non négligeable pour distinguer les lignées.

B. Hauteurs successives de la plantule

En conditions artificielles, la plantule se développe à un rythme extrêmement rapide à partir de la sortie du coléoptile : dans le 1^{er} essai, la croissance est d'environ 3 cm par jour à partir de la sortie du coléoptile.

Si la hauteur à 14 j et donc, dans une moindre mesure, la

hauteur à 21 j apparaissent très liées à l'origine de la semence, il n'en est pas de même de la croissance entre 14 et 21 j. La prise en compte simultanée de H 14 et H 21 apporte donc une information essentielle pour distinguer certaines lignées. La variable la plus discriminante formée à partir de H 14 et H 21 est $H 21 - 0.6 H 14$ et non la différence $H 21 - H 14$. L'interprétation de ce résultat demanderait des expérimentations complémentaires, mais il n'est pas aberrant de penser que le poids réel plus important de H 21 par rapport à H 14 est lié à une moindre sensibilité vis-à-vis de l'origine des lignées à partir du moment où les lignées deviennent autotrophes. Le choix des dates auxquelles on mesure la hauteur est délicat. La croissance étant très influencée par l'environnement extérieur, il est sans doute souhaitable de choisir les dates de mesure des hauteurs en se

basant sur des critères biologiques (apparition de la ligule de la feuille 2 sur une lignée témoin par exemple...).

C. Caractères de la 1^{re} feuille

La variable V2 qui traduit la finesse de la 1^{re} feuille est très discriminante, même lorsque l'on prend en compte les variations dues à l'origine du grain. Une bonne concordance apparaît entre les résultats des 2 essais pour ce caractère, qui fait intervenir essentiellement la largeur. Longueur et surface apparaissent beaucoup plus liées à l'origine de la semence, donc moins fiable pour identifier les lignées.

Pour illustrer ce résultat, on se reportera à l'aspect de la 1^{re} feuille de quelques lignées après 14 jours de culture (fig. 6). Les différences de morphologie entre lignées apparaissent nettement sur cette figure.

Dans un but d'application pratique, il est utile de savoir que dans les conditions du 1^{er} essai, la feuille a atteint son maximum de développement entre le 14^e et le 17^e j. Après 21 j de culture elle peut être desséchée et par conséquent inobservable chez certaines lignées.

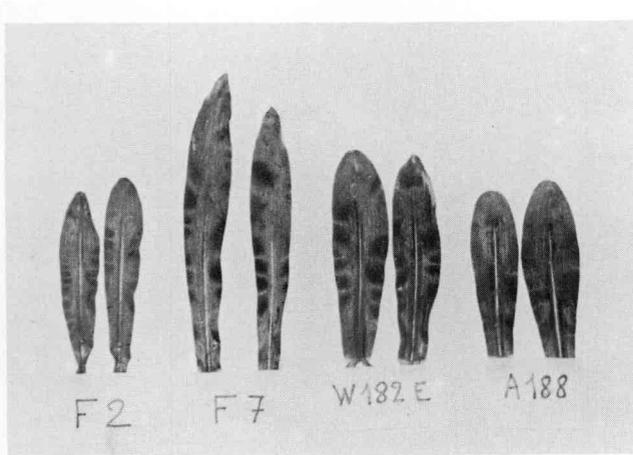


Figure 6
Aspect de la 1^{re} feuille de quelques lignées après 14 jours de culture.
Appearance of the first leaf of some lines after 14 days of cultivation.

D. Identification d'une lignée inconnue

L'annexe précise la méthode statistique d'identification à utiliser ici. Si l'on utilise pour identifier la lignée d'un échantillon inconnu un nombre suffisant de graines (≥ 40), la variabilité due au choix des graines dans l'échantillon est négligeable par rapport à la variabilité due aux conditions d'obtention et de conservation de l'échantillon. On doit donc pour pouvoir identifier correctement une lignée, étudier cette variabilité en mettant en culture simultanément le plus grand nombre possible d'échantillons d'origines diverses. Une fois connue cette variabilité il ne sera pas possible d'identifier à coup sûr la lignée, mais on pourra spécifier un groupe de lignées auquel appartient très probablement l'échantillon. Pour aller plus loin dans le processus d'identification, il faut déterminer les facteurs liés aux conditions de culture ou de conservation, qui influent d'une part sur le poids du grain, d'autre part sur le développement général de la plantule. La prise en compte de ces facteurs permettrait de corriger les caractéristiques observées pour les rendre plus indépendantes de l'origine.

V. CONCLUSION

De cette étude menée sur des caractères morphologiques du maïs au stade plantule, il ressort que l'accroissement au-delà du 14^e j de culture et la finesse de la 1^{re} feuille apportent une information intéressante et précise. L'emploi d'une méthode de discrimination devrait permettre d'augmenter la possibilité de distinction entre lignées par une utilisation optimale des observations enregistrées.

Les applications pratiques de cette méthode paraissent évidentes aussi bien pour l'étude de matériel en cours de sélection que pour les descriptions et contrôles ultérieurs des lignées et des hybrides. On peut penser par exemple à rechercher des relations avec des caractères agronomiques, ou à caractériser une variabilité génétique.

Reçu le 29 mai 1981.
Accepté le 29 septembre 1981.

ANNEXE

1. Analyse factorielle discriminante du 2^e essai

Il est commode pour faire comprendre la démarche suivie d'utiliser le cadre du modèle aléatoire suivant pour chacune des 5 variables étudiées :

$$y_{ijk,l} = \mu + \gamma_k + \alpha_i + \beta_{ij} + \varepsilon_{ijk,l}$$

k : bloc
i : lignée
j : origine dans la lignée (échantillon)
l : répétition (sous-échantillon)

Les aléatoires α_i , β_{ij} , $\varepsilon_{ijk,l}$ sont supposées indépendantes

$$\text{var}(\alpha_i) = \sigma_\alpha^2 \quad \text{var}(\beta_{ij}) = \sigma_\beta^2 \quad \text{var}(\varepsilon_{ijk,l}) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{n_{ijk,l}}$$

où $n_{ijk,l}$ est l'effectif (≤ 12) des plantes ayant levé.

Au plan multivariate, on note Σ_A , Σ_B et Σ_R les matrices de covariance associées à σ_α^2 , σ_β^2 et σ_ε^2 .

Si S_A , S_B , sont les matrices de carrés et produits moyens associées aux effets lignées, origine dans les lignées (ajustés pour les blocs) et S_R la matrice des carrés et produits moyens résiduels, on a :

$$\begin{aligned} E(S_A) &= a_1 \Sigma_A + a_2 \Sigma_B + \Sigma_R \\ E(S_B) &= b_2 \Sigma_B + \Sigma_R \\ E(S_R) &= \Sigma_R \end{aligned}$$

où a_1 , a_2 , b_2 sont des constantes dépendant uniquement du plan d'expérience.

On cherche une combinaison linéaire des variables de départ qui sépare au mieux les lignées tout en étant le moins possible influencée par l'origine de la semence.

Mathématiquement cette recherche peut se traduire par la recherche de :

$$\max \frac{c' \Sigma_A c}{c' \Sigma_B c}$$

ou ce qui revient au même par la recherche du maximum de :

$$\frac{c'(a_1 \Sigma_A + a_2 \Sigma_B) c}{c'(b_2 \Sigma_B) c} = \frac{a_1 c' \Sigma_A c}{b_2 c' \Sigma_B c} + \frac{a_2}{b_2}$$

Remplaçant $a_1 \Sigma_A + a_2 \Sigma_B$ et $b_2 \Sigma_B$ par leurs estimations sans biais $S_A - S_R$ et $S_B - S_R$ on est amené naturellement à la méthode utilisée pour analyser le 2^e essai consistant à chercher le maximum de $c'(S_A - S_R) c / c'(S_B - S_R) c$.

Pour faciliter l'interprétation, cette méthode a été utilisée à partir des log des variables (Log H 14, Log H 21, Log Long, Log larg, Log Pds).

Les coefficients a_1 , a_2 , b_2 sont proportionnels aux nombres de plantes par origine. Aussi lorsqu'il y a beaucoup de répétitions pour

chaque origine (n_{ijk} grand), a_1 , a_2 et b_2 sont grands et donc S_R est négligeable. Cette méthode donne alors sensiblement les mêmes résultats qu'une analyse factorielle discriminante prenant comme inter, l'Inter « lignées » et comme intra, l'Inter « origine dans lignées ». En revanche, avec un nombre de répétitions « petit », l'analyse discriminante donnerait des résultats sensiblement différents et ne répondant absolument pas à l'objectif poursuivi.

2. Prise en compte de la variation entre origine dans la discrimination entre lignées

Si l'on veut identifier la lignée d'un échantillon inconnu, il importe de tenir compte de la variabilité due à l'origine. Pour préciser de quelle façon il faut en tenir compte, nous supposons qu'un nombre r de graines de l'échantillon sont semées et que pour chacune des variables analysées on a un modèle du type :

$$y_{ij..}^m = \alpha_i^m + B_{ij}^m + \epsilon_{ij..}^m$$

où m est l'indice associé à la variable

i est la lignée inconnue

j l'origine de cette lignée

Pour m fixé, les B_{ij}^m et $\epsilon_{ij..}^m$ sont des aléatoires indépendantes et

$$\text{var}(B_{ij}^m) = \sigma_{B_i}^2; \text{var}(\epsilon_{ij..}^m) = \sigma_{\epsilon}^2$$

Au plan multivariate, on a l'indépendance entre les vecteurs

$$\mathcal{B}_{ij} = (B_{ij}^1, \dots, B_{ij}^5)' \text{ et } \mathcal{E}_{ij..} = (\epsilon_{ij..}^1, \dots, \epsilon_{ij..}^5)'$$

et $\text{cov}(\mathcal{B}_{ij}) = \Sigma_B$, $\text{cov}(\mathcal{E}_{ij..}) = \Sigma_{\epsilon}$

On suppose connus les moyennes variétales α_p^m et les matrices de covariance Σ_{B_p} et Σ_{ϵ_p} correspondant aux différentes lignées (ce qui veut pratiquement dire que ces paramètres auront été préalablement estimés sur un nombre important d'échantillons d'origines différentes).

Alors si l'on suppose la multinormalité de \mathcal{B}_{ij} et de $\mathcal{E}_{ij..}$, on montre que le vecteur $\mathcal{Y}_{ij} = (\bar{y}_{ij..}^1, \dots, \bar{y}_{ij..}^5)'$ formé par les moyennes des 5 variables sur les r graines est exhaustif pour la détermination des α_i^m , donc pour la détermination de la lignée inconnue i .

Posant $C_{ij}^m = B_{ij}^m + \bar{\epsilon}_{ij..}^m$, on obtient le modèle classique :

$$\bar{y}_{ij..}^m = \alpha_i^m + C_{ij}^m$$

où la matrice de covariance du vecteur aléatoire

$$C_{ij} = (C_{ij}^1, \dots, C_{ij}^5)' \text{ est } \Sigma_{B_i} + \frac{\Sigma_{\epsilon_i}}{r}$$

Notant $\mathcal{A}_p = (\alpha_p^1, \dots, \alpha_p^5)$, le vecteur des moyennes pour la lignée p , on obtient donc la règle d'affectation suivante :

● L'échantillon appartient à la lignée p dont il est le plus proche au sens de la distance (de Mahalanobis) :

$$(\mathcal{Y}_{ij} - \mathcal{A}_p)' \left(\Sigma_{B_p} + \frac{\Sigma_{\epsilon_p}}{r} \right)^{-1} (\mathcal{Y}_{ij} - \mathcal{A}_p)$$

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Chesneaux M. T., 1972 — Rythme de développement en conditions artificielles d'une série d'orges de printemps et alternatives. *Ann. Amélior. Plant.* **22** (4), 415-419.

Chesneaux M. T., 1979 — Contribution à la différenciation des cultivars de maïs au stade jeune à l'aide de polyphénols. *Ann. Amélior. Plant.* **29** (4), 427-437.

Edward K. L., 1974 — Growth responses and their characteristics in corn root and coleoptile segments. *Diss. Abstr. int.* **35** (6), 2587 B-2588 B.

Hunter R. B., Kannenberg L. W., 1972 — Effects of seed size on emergence, grain yield and plant height in corn. *Can. J. Plant Sci.*, **52**, 252-256.

Lehenbauer P. A., 1914 — Growth of maize seedlings in relation to temperature. *Physiol. Res.*, **1**, 247-288.

Onderdonk J. J., Ketcheson J. W., 1972 — A standardization of terminology for the morphological description of corn seedlings. *Can. J. Plant Sci.* **52** (6), 1003-1006.

Pfahler P. L., Linskens H. F., De Cock A. W., 1975 — Identification of maize (*Zea mays* L.) cultivars by the surface relief of the kernel pericarp. *Euphytica*, **24**, 53-58.

Rao C. R., 1965 — *Linear statistical inference and its applications*, John Wiley, New York, 618 p.

X..., 1973 — Principes directeurs pour la conduite de l'examen des caractères distinctifs de l'homogénéité de la stabilité. Maïs (*Zea mays* L.). *Broch. UPOV*, 17 p.