

玉米幼苗莖葉及根系性狀之全互交分析

謝光照 何千里 盧煌勝

台灣省農業試驗所

摘要：六個玉米自交系親本及其三十個單交組合，於1991年秋作進行溫室試驗，資料利用Griffing方法3作固定模式全互交分析。試驗結果，6~7葉齡的玉米幼苗，雜交種比自交系具有較大的苗高、葉片數、主根數、根鮮重、地上部鮮重、根體積、植株總乾重及根系比例。幼苗莖葉及根系性狀的一般組合力(General combining ability, GCA)及特定組合力(Specific combining ability, SCA)均方均達極顯著。所調查之性狀的GCA/SCA比值大於1，顯示累加性基因之作用較大於非累加性基因之作用。主根數及根體積具有正反交效應存在。玉米幼苗莖葉及根系之性狀有明顯的雜種優勢，主根數為11.46%~41.43%、根鮮重為42.8%~224.8%、根體積為25.9%~176.1%、根系比例為-0.62%~36.16%。幼苗莖葉性狀及根系性狀間之相關均極顯著，由於葉片數與主根數、根鮮重、根體積、根系比例均為極顯著正相關，利用葉片數作為改良幼苗根系之選拔指標，或為可行之方法。

關鍵語：玉米、一般組合力、特定組合力、雜種優勢

Diallel analysis of seedling shoot and root system characteristics in maize¹

Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho and Hung-Shung Lu

Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, Republic of China.

Abstract. Six inbred lines and their thirty single cross hybrids were evaluated for seedling shoot and root system characteristics in greenhouse studies conducted in fall of 1991. Results of Griffing's method 3 model I diallel analysis indicated that both general (GCA) and specific (SCA) combining ability were highly significant for all characteristics. Additive effects accounted for major part of the total variation. Recip-

rocal effects (RE) were found in primary root number and root volume. Heterosis ranged from 11.46% for primary root number to 224.84% for fresh root weight. Highly significant positive correlations were observed between leaf number and root system characteristics. This result indicated that leaf number could be a useful selection index for improving seedling root system.

Key words: Maize, General combining ability, Specific combining ability, Heterosis. jl-r22

前 言

玉米根系生長於土壤中，具有二大功能：(一)吸收—根系吸收水份及養份，經莖內維管束之運轉至葉部，進行光合作用、蒸散作用及其它生理作用，以利於生長與發育；(二)固著—根系固定植株於土壤中，以支持植物體，其固定植株之強度與植株之倒伏有密切關係(Beck et al. 1988, Hile 1988, Varlet-Grancher et al. 1987)。良好的根系發育與土壤充分的供給養份是促進作物生長與增加產量的必要條件，因此更顯示了根系對作物生長的重要性。Dai et al. (1988)指出玉米根系大部份分佈在0~10cm之表層土壤內，僅有5.6%的根深可達40cm以下。玉米根系的發育與地上部的發育密切關係(Anderon 1988, E et al. 1988)。

O'toole and Bland(1987)，Ulger et al. (1988)等均指出玉米根系在基因型間有顯著的變異；主根數主要受到基因型 效應所控制(Jordan 1987)。Hile (1988)由世代平均值法分析，顯示根系大小及根數的遺傳變方中，以顯性效應佔大部份；而二次根則由累加性及顯性基因兩者共同控制。控制玉米根系由第2-5節位所伸出的根，顯示GCA效應大於SCA效應，且根數易受環境效應所影響(Varlet-Grancher 1987)。Hidayat-UR-Rahman et al. (1990)以4 x 4全互交為材料也顯示根系介量(Root parameter)在基因型間有顯著變異，主要由SCA效應所控制，而根數及根乾重有正反交效應存在，雜種優勢值介於27.1%~137.8%之間。

Ochesanu and Cabulea (1990a, b)利用全互交材料，分別於3-4、6-7、9-12葉齡期進行根系介量的研究，發現根長、總根數、根體積、根鮮重乾重及地上部乾重等性狀由GCA均方所佔的比例較大，而根體積、根鮮重及根乾重則具有細胞質效應(cytoplasmic effect)；幼苗葉片數與某些根介量呈現顯著正相關，因此建議在植株達6-7葉齡時，以幼苗葉片數為選拔指標，經由輪迴選種或慎選母本進行雜交種之選育可有效的改良根系性狀。本研究以六個自交系親本及其全互交雜種為材料，利用溫室進行試驗，以探討玉米幼苗莖葉及根系性狀作為玉米育種參考之可行性。

材料與方法

本試驗所使用之材料，將其代號、名稱、系譜、來源及粒型，詳列如表1：

上述六個自交系及全互交三十個F₁雜交種為材料，於1991年秋作於溫室進行試驗。以500ml紙杯裝細砂，然後每杯加入台肥39號複合肥料1.6g，混合均勻，種二粒玉米種子，每一重複四杯，重複四次，完全隨機排列於塑膠框內(每框放24杯)。於幼苗出土後間苗，每杯僅留一株，出土後兩星期達6~7葉齡期調查每株幼苗莖葉及根系性狀，調查方法如下：

- (1) 苗高(seedling height)：由幼苗基部量至葉片最長部位之高度，以cm為單位。
- (2) 葉片數(leaf number)：幼苗出現之葉片數。
- (3) 主根數(primary root number)：由莖基部突出長超過1 cm之根(含冠根及種子根)的數目。
- (4) 根鮮重(fresh root weight)：每株根系經擦乾水份後，剪下根系測其單株根系之鮮重，以g為單位。
- (5) 幼苗鮮重(fresh shoot weight)：每株地上部幼苗之鮮重，以g為單位。
- (6) 根體積(root volume)：根經過清洗後，以拭紙吸乾根系表面水份，然後放入100 ml量筒內，加入50 ml水，振動使水泡溢出後，度量單株根系之體積，以cm³為單位。
- (7) 整株乾重(total dry weight)：幼苗單株放於紙袋內，以烘乾機60°C烘48小時後，取出稱其根系及地上部乾重之總和，以g為單位。
- (8) 根系比例(root ratio)：根乾重／整株乾重之比值，以%表示之。

試驗所得之數據，進行變方分析，平均值顯著性比較，再以Griffing(1956)方法3 Model I 進行組合力分析。雜種優勢(heterosis, H)之估算， $H = [(Y_{ij} + Y_{ji}) - (Y_{ii} + Y_{jj})] / (Y_{ii} + Y_{jj}) \times 100$ ，Y_{ii}及Y_{jj}分別為二自交系親本，Y_{ij}及Y_{ji}為其正反雜交種。

結果與討論

根系生長於土壤中，為玉米重要的地下部器官，具有吸收、固著、儲藏及合成各類有機質之功能。許多學者為明瞭根系與抗倒伏之關係，乃針對根部進行研究(Beck et al. 1988,

Table 1. Backgrounds of the six parental lines evaluated

Code	Inbreds	Pedigree	Origin	kernel form
A	Hi 25	(B14A x MV source) BC ₅	Hawaii, USA	Dent
B	Hi 31	(B68 x MV source) BC ₅	Hawaii, USA	Dent
C	Hi 33	(Mo17 x MV source) BC ₅	Hawaii, USA	Dent
D	Antiqua-2D	Antiqua	Caribbean	Flint
E	SW 654	Suwan-1 derivative	Thailand	Flint
F	TA80-2598-44	(TA80-2598 x Suwan-1) BC ₃	TARI, Taiwan	Flint

Hile 1988, Varlet-Grancher et al. 1987) , 同時發現性狀在品系間有顯著差異。本試驗結果亦顯示雜交種比自交系在出土後兩週, 具有較大的苗高、葉片數、主根數、根鮮重、地上部鮮重、根體積、整株乾重、根系比例(表2), 自交系間或雜交種間變異均相當大, 此與學者 Ootoole and Bland(1987), Ulger et al.(1988)與Jordan(1987)之研究發現相符。由平均值比較, 可得知出土後二週的苗高以DxF, ExA, ExB, ExC, ExF等較高, 而以自交系B最矮。葉片數以BxE, BxF較多, 以自交系D最少。主根數以AxE, BxD, DxA, ExA等較多, 最少者為自交系F。根系鮮重以DxF, ExA, FxD較大, 而以自交系B最少。地上部鮮重以AxE, ExB, ExC, ExF較大, 而自交系B及D則較少。根體積以AxE, AxF, DxE, DxF及FxD組合較大, 而自交系A及B較小。總乾重以ExA及AxE較重, 自交系B最輕。根系比例以DxF及AxF最大, 最小者為自交系C。

一般組合力主要受累加性基因所作用, 特定組合力則受顯性基因或非等位基因之相互作用所影響(Sprague and Tatum 1942)。Rojas and Sprague (1952)認為GCA與SCA變方的大小, 可用於決定基因的作用型式。本試驗資料經組合力分析結果(表3), 所有性狀的GCA及SCA效應均達極顯著。而苗高、主根數、地上部鮮重、根體積、整株乾重有正反交效應存在, 此與Hidayat-UR-Rahman et al. (1990), Ochesanu and Cabulea (1990a, b)之結果相同。進一步由GCA/SCA均方比值觀之, 顯示根體積、苗高、葉片數、主根數、根鮮重、地上部鮮重、整株乾重及根系比例等性狀, 則以GCA均方所佔的比例較大, 表示此等性狀由累加性基因所控制的比例佔較大部份, 此結果亦與Ochesanu and Cabulea (1990a, b)之結果相符合。玉米幼苗莖葉及根系性狀, 經由輪迴選種或慎選母本進行雜交種之選育, 應可得到有效的改良。

六個親本自交系經組合力分析所獲之一般組合力效應, 列於表4, 由表中可看出, 苗高方面, 自交系A、D、E及F等為正的效應, 而B及C兩自交系為負的效應。出土兩週後的葉片數, B及F為正效應外, 其餘四個自交系均為負的一般組合力效應。主根數的表現, A及D為正效應, 而B、C、E及F等四個自交系則為負效應。根鮮重B及C為負效應外, 其餘四個自交系則為正效應。地上部鮮重, 自交系的表現, C、E及F為正效應外, 其餘自交系均為負效應。根體積方面, 馬齒種自交系B及C為負效應, 而三個硬粒種自交系則均為正效應, 顯示硬粒種自交系比馬齒種自交系具有增進根系體積的能力。整株乾重的表現, 自交系B、C及F為負效應, 而A、D及E等為正效應。根系比例, 自交系中的B、C及E等為負的效應, 而A、D及F等為正效應。全互交分析之特定組合力效應(表5), 可看出雜交組合中, DxF之苗高、AxE之葉片數、主根數、根鮮重、地上部鮮重、根體積、總乾重及BxE之根系比例等均具有最大且正效應的特定組合力效應。同時顯示不論是苗高、葉片數、根鮮重、地上部鮮重、根體積、整株乾重、根系比例等性狀, 大部份同粒型組合呈現負的特定組合力效應, 而異粒型組合則大多數為正的特定組合力效應。一般而言, 異粒型組合間或由於具有較大的歧異性, 所以F₁雜種能有正的效應表現, 然而, 有些同粒型組合中(如DxF), 可能具有較大的遺傳歧

Table 2. Means for seedling shoot and root system characteristics of six parental lines and their diallel hybrids

Inbred or hybrid	Seedling height (cm)	Leaf number (No.)	Primary root number (No.)	Fresh weight(g)		Root volume (cm ³)	Total dry weight (g)	Root ratio (%)
				Root	Shoot			
A	31.8	5.65	9.2	1.72	3.45	2.44	0.61	30.6
B	24.4	5.90	7.4	1.45	2.60	2.35	0.46	27.6
C	29.8	5.83	6.8	2.33	5.06	3.40	0.86	25.4
D	27.8	5.35	7.0	1.90	2.68	2.96	0.54	31.3
E	39.6	6.03	7.1	3.84	5.41	5.42	1.20	29.3
F	28.8	6.15	6.0	1.99	3.14	2.85	0.47	25.6
Inbred x	30.4	5.82	7.3	2.21	3.22	3.24	0.69	28.3
A x B	32.3	5.70	9.7	2.40	3.53	3.52	0.70	32.3
A x C	34.4	6.20	8.8	4.03	6.02	5.21	1.08	31.9
A x D	36.7	5.95	9.9	4.28	5.76	5.17	1.15	32.5
A x E	39.9	6.23	10.5	5.49	7.91	7.09	1.48	30.9
A x F	36.2	6.43	9.7	5.80	6.09	7.10	1.10	39.0
B x A	27.8	5.83	8.8	2.61	3.73	3.53	0.63	32.7
B x C	31.1	6.20	8.7	3.79	6.01	4.71	1.06	29.3
B x D	32.1	6.50	10.5	4.05	5.41	5.02	1.06	31.4
B x E	28.5	6.55	10.0	4.07	5.66	4.92	0.93	32.5
B x F	28.6	6.85	9.1	3.76	5.14	5.39	0.83	33.5
C x A	33.5	6.27	9.3	3.99	6.69	5.39	1.17	29.2
C x B	30.3	5.95	7.1	2.80	4.94	3.98	0.87	27.0
C x D	34.3	5.90	9.4	4.11	5.95	5.47	1.20	30.1
C x E	29.5	5.95	8.0	3.36	5.78	4.52	0.75	25.6
C x F	29.4	6.48	9.0	4.05	5.41	5.72	0.84	33.2
D x A	35.7	6.23	10.5	4.78	6.06	6.16	0.98	34.0
D x B	33.8	6.15	9.1	4.12	5.19	5.44	1.10	32.9
D x C	37.1	5.98	8.1	4.31	6.28	5.50	1.22	30.1
D x E	33.5	5.53	7.5	3.79	5.53	4.99	1.04	30.8
D x F	41.9	6.48	9.3	6.06	6.57	7.88	1.12	39.5
E x A	45.3	6.48	10.4	6.32	8.65	7.69	1.75	31.8
E x B	42.3	6.23	9.0	5.13	7.22	6.71	1.40	30.5
E x C	42.7	6.35	8.2	5.46	7.93	7.28	1.44	29.5
E x D	39.5	5.98	8.3	4.47	6.83	5.55	1.35	29.4
E x F	41.5	6.10	8.2	4.73	7.39	6.22	1.40	28.9
F x A	37.9	6.53	10.2	4.99	6.53	6.70	1.24	34.4
F x B	34.3	6.45	8.4	4.23	5.13	5.44	0.92	33.7
F x C	33.7	6.40	8.8	4.93	6.12	6.25	0.80	35.3
F x D	40.1	6.40	9.0	6.56	6.92	8.15	1.34	38.0
F x E	34.0	6.20	8.5	4.07	6.60	5.30	1.07	29.4
Hybrid \bar{x}	35.3	6.22	9.1	4.42	6.10	5.73	1.10	32.0
LSD(5%)	3.4	0.58	1.2	2.27	1.11	1.24	0.33	4.0

Table 3. Mean squares for seedling shoot and root system characteristics of a 6 x 6 diallel set

Source of variation	Df	Seedling height (cm)	Leaf number (No.)	Primary root number (No.)	Fresh weight(g)		Root volume (cm ³)	Total dry weight (g)	Root ratio (%)
					Root	Shoot			
G C A	5	51.84**	0.16**	2.14**	2.49**	3.88**	3.63**	0.18**	39.30**
S C A	9	11.84**	0.12**	0.85**	1.33**	1.17**	1.76**	0.06**	7.20**
R E	15	19.11**	0.03	0.37*	0.34	0.41**	0.48**	0.03**	2.00
Error	87	1.47	0.04	0.18	0.65	0.15	0.19	0.01	2.00
GCA/SCA		4.38	1.33	2.52	1.87	3.32	2.06	3.00	5.46

*,** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

Table 4. Estimates of general combining ability effects for seedling shoot and root characteristics of six parental inbreds in a 6x6 diallel set

Inbred	Seedling height (cm)	Leaf number (No.)	Primary root number (No.)	Fresh weight(g)		Root volume (cm ³)	Total dry weight (g)	Root ratio (%)
				Root	Shoot			
A	0.89	-0.04	0.09	0.06	-0.003	0.03	0.013	0.0110
B	-3.95	0.03	-0.03	-0.89	-1.130	-1.08	-0.240	-0.0053
C	-2.08	-0.06	-0.66	-0.41	0.018	-0.41	-0.031	-0.0227
D	1.52	-0.13	0.11	0.29	-0.061	0.25	0.078	0.0111
E	3.00	-0.07	-0.26	0.34	1.062	0.37	0.212	-0.0257
F	0.61	0.27	-0.05	0.62	0.113	0.85	-0.036	0.0316
S.E.(g-g)	0.38	0.01	0.05	0.05	0.040	0.05	0.002	0.0001

異性，致F₁雜種仍表現頗為可觀之特定組合力效應(Moll et al. 1962, Paterniani and Lonnquist 1963)。

雜種優勢、特定組合力與種源的歧異性之間有著密切的關係，本試驗結果顯示各性狀均有明顯之雜種優勢存在(表6)，而基因型間之雜種優勢大小差異頗大，此結果與Hidayat-UT-Rahman et al.(1990)之發現相符。玉米幼苗苗高的雜種優勢範圍介於4.0%~44%；葉片數介於-0.22%~12.44%；主根數雜種優勢的變異範圍介於11.46%~41.43%；根鮮重介於42.7%~224.84%；地上部鮮重的雜種優勢介於30.98%~132.07%；根體積的變異範圍介於25.96%~176.13%；植株總乾重介於6%~141.93%；根系比例之變異範圍介於-0.62%~36.16%。雜交種中以AxD、BxD及DxF組合之各性狀具有較大的雜種優勢。

關於幼苗莖葉與根系性狀間之相關係數，列於表7。由表中可看出相關係數在葉數與主根數、根鮮重、根體積、根系比例；主根數與根鮮重、根體積、根系比例；根鮮重與根體積、根系比例；根體積與根系比例等性狀間均達極顯著，此與Ochesanu and Cabulea (1990a,b)之試驗結果完全一致。由於幼苗葉片數與主根數、根鮮重、根體積及根系比例均為極顯著正相關，因此，利用葉片數作為玉米幼苗根系改良之選拔指標，可能為一可行之途徑。

Table 5. Estimates of specific combining ability effects for seedling shoot and root system characteristics of thirty combinations in a 6x6 diallel set

Combination	Seedling height (cm)	Leaf number (No.)	Primary root number (No.)	Fresh weight(g)		Root volume (cm ³)	Total dry weight (g)	Root ratio (%)
				Root	Shoot			
A x B	-2.61	-0.44	-0.65	-1.081	-1.338	-1.15	-0.252	-0.0005
A x C	-0.09	0.12	-0.25	-0.057	0.244	-0.05	0.003	-0.0028
A x D	-1.46	0.05	0.12	-0.241	-0.125	-0.34	-0.044	-0.0094
A x E	3.44	0.25	0.76	1.087	1.121	1.26	0.243	0.0085
A x F	0.28	0.03	0.12	0.293	0.098	0.29	0.050	0.0043
B x C	1.43	-0.11	-0.46	0.220	0.488	0.11	0.089	-0.0104
B x D	0.13	0.21	0.64	0.271	0.398	0.33	0.098	-0.0043
B x E	1.08	0.21	0.70	0.741	0.406	0.79	0.062	0.0259
B x F	-0.48	0.13	-0.23	-0.151	0.054	-0.09	0.003	-0.0106
C x D	1.00	-0.09	0.20	-0.092	0.059	-0.08	0.018	-0.0071
C x E	-0.08	0.07	-0.05	0.068	-0.324	0.21	0.022	0.0043
C x F	-2.25	0.01	0.56	-0.139	-0.467	-0.19	-0.133	0.0161
D x E	-3.27	-0.26	-1.02	-0.916	-0.920	-1.08	-0.241	-0.0040
D x F	3.60	0.09	0.06	0.978	0.597	1.18	0.167	0.0248
E x F	-1.16	-0.26	-0.40	-0.980	-0.283	-1.19	-0.087	-0.0346
S.E. (S _{ij} -S _{ik})	1.14	0.03	0.14	0.139	0.131	0.16	0.005	0.0002
S.E. (S _{ij} -S _{ki})	0.76	0.02	0.09	0.093	0.087	0.11	0.003	0.0001

Table 6. Heterosis for seedling shoot and root system characteristics of fifteen hybrids in a 6x6 diallel set

Hybrid	Seedling height (cm)	Leaf number (No.)	Primary root number (No.)	Fresh weight(g)		Root volume (cm ³)	Total dry weight (g)	Root ratio (%)
				Root	Shoot			
A x B	6.8	-0.2	12.4	57.7	19.8	47.1	24.0	11.7
A x C	10.2	8.7	13.3	98.0	49.4	81.8	52.3	9.0
A x D	21.4	10.6	26.5	150.2	92.9	110.0	84.3	7.4
A x E	19.1	8.7	28.9	112.0	86.8	88.0	78.2	4.7
A x F	22.2	9.7	30.8	191.1	91.3	160.9	116.5	30.6
B x C	13.1	3.6	11.4	74.3	43.0	51.2	45.1	6.2
B x D	26.2	12.4	36.7	143.7	100.8	97.0	114.9	9.1
B x E	10.5	7.1	31.1	73.6	60.7	49.6	40.7	10.7
B x F	18.3	10.3	30.6	132.5	78.9	108.2	87.4	26.3
C x D	23.9	6.2	26.5	98.7	58.1	72.8	71.5	6.1
C x E	4.0	3.8	16.3	42.7	30.9	33.9	6.5	0.8
C x F	7.7	7.5	38.5	117.3	40.5	91.8	22.7	34.3
D x E	8.2	1.1	12.4	43.7	52.8	25.9	37.1	-0.6
D x F	44.9	11.9	41.4	224.8	132.0	176.1	141.9	36.1
E x F	10.3	1.0	27.2	50.8	63.5	39.4	47.9	6.1
S.E.	10.5	4.1	10.1	54.1	30.0	44.3	39.0	12.2

Table 7. Correlation coefficients among seedling shoot and root system characteristic of thirty-six genotypes

Characteristic	Leaf number	Primary root number	Fresh root weight	Root volume
Primary root number	0.47**			
Fresh root weight	0.63**	0.55**		
Root volume	0.63**	0.51*	0.98**	
Root ratio	0.45**	0.58**	0.59**	0.58**

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

誌謝：本研究係台省農業試驗所研究報告第1686號。

引用文獻

- Anderson, E. L. (1988) Tillage and N fertilization effects on maize root growth and root: shoot ratio. *Plant Soil* 108: 245-251.
- Beck, D. L., L. L. Darrah, and M. S. Zuber. (1988) Relationship of root tensile strength to vertical root pulling resistance in maize. *Crop Sci.* 28:571-573.
- Dai, J. Y., Y. J. E, and W. L. Gu. (1988) Studies on the relationship between root growth and yield in maize (*Zea mays*). II. The interaction of root system and maize leaves of maize and its relation with yield. *Acta Agronomica Sinica* 14:310-314.
- E, Y. J., J. Y. Dai, and W. L. Gu. (1988) Studies on the relationship between root growth and yield in maize. I. Relationships between growth and absorption of roots and growth and development of the aboveground parts of maize. *Acta Agronomica Sinica* 14:149-154.
- Griffing, B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Boil. Sci.* 9:463-493.
- Hidayat-UR-Rahman, A. Boe, Z. W. Wicks, III, and G. G. Scholten. (1990) Diallel analysis for seedling root characteristics in maize. *Maize Abstr.* 6:#3286.
- Hile, G. C. (1988) Estimation of genetic effects and relationship of root morphological traits to vertical-pulling resistance in maize. *Maize Abstr.* 4:#50.
- Jordan, M. O. (1987) Establishment of the root system in maize. I. Importance of some plant-related parameters. *Agronomie* 7:365-371.
- Moll, R. H., W. S. Salhuana, and H. F. Robinson. (1962) Heterosis and genetic diversity in variety crossed of maize. *Crop Sci.* 2:197-198.
- Ochesanu, C., and I. Cabulea. (1990a) Genetic determination of the root system and correlations with growth period, yield and lodging resistance in maize. *Maize Abstr.* 6:#1414.
- Ochesanu, C., and I. Cabulea. (1990b) Studies on the genetic control of the root system in maize. *Maize Abstr.* 6:#3311.
- O'toole, J. C., and W. L. Bland. (1987) Genotypic variation in crop plant root systems. *Adv. Agron.* 41:91-145.
- Paterniani, E., and J. H. Lonquist. (1963) Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 8:504-507.
- Rojas, B. A., and G. F. Sprague. (1952) A comparison of variance components in corn yield trials: III General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agron. J.* 44:462-466.

-
- Sprague, G. E., and L. A. Tatum. (1942) General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Ulger, A. C., G. Kahnt, and H. C. Becker. (1988) Root characteristics of maize inbred lines and hybrids in controlled environments and in field trials. *Maize Abstr.* 4:#796.
- Varlet-Grancher, C., M. Derieux, M. O. Jordan, P. Girardin, and D. Picard. (1987) Rate of appearance of primary roots in maize. II. Variation observed in several genotypes. *Agronomie* 7:695-702.

收稿日期：82年12月31日，接受刊登日期：83年8月31日

編輯：黃懿秦

通訊作者：謝光照（電話：04-3302301轉113，傳真：04-3302806）