中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:119~129 (2003)

玉米種子發芽之耐銨性及耐性組合力分析[1]

謝光照[2,4]　曹文隆[2]　楊金興[2]　盧煌勝[3]

摘　要

謝光照、曹文隆、楊金興、盧煌勝。2003。玉米種子發芽之耐銨性及耐性組合力分析。中華農業研究 52:119-129。

以 6 個玉米自交系及其相互雜交所獲得的 30 個 F_1 單交種爲材料，在銨離子〔NH_4^+〕5 種 (0, 5, 25, 50, 100 mM)濃度下，於恒溫(36±1°C)生長箱中進行發芽試驗。變方分析結果顯示銨離子濃度間、基因型間與銨離子濃度 x 基因型間之交感作用對所有發芽性狀均有極顯著之影響。其中發芽率、3 日發芽勢和發芽係數呈現隨著銨離子濃度之增加而下降之趨勢，當銨離子濃度達 50 mM 以上時，即明顯的阻礙種子發芽。不同的基因型間其耐性程度也有所差異。由 Griffing 之組合力分析，顯示平均發芽時間、發芽率、3 日發芽勢和發芽係數均受一般組合力(GCA)、特殊組合力(SCA)及正反交效應(RE)等遺傳基因所共同影響，其影響力之大小呈現 GCA> RE>SCA 之趨勢。在高銨濃度下(50 mM 以上)其 GCA/ SCA 均方比值呈現小於低銨濃度(5-25 mM)。所使用的自交系中以 TA85-17、H95 及 A661 具有較佳之耐銨性，而 F_1 單交種中以 ICAL210xA661、TA85-17xA661 及 A661xTA85-17 表現最佳之耐銨性。

關鍵詞：銨〔NH_4^+〕、玉米、發芽、組合力。

前　言

種子發芽及幼苗出土時期對於一植物族群是否存活爲一決定性的階段，而此時期的生長表現受溫度、溼度、光線(Chanway & Holl 1993; Fenner 1985; Grubb 1977)及土壤內鹽分(Gulzar *et al.*2001; Khan & Unger 1998; Vander Moezel & Bell 1987)等因子所影響。學者研究指出鹽類可能影響種子發芽的途徑：包括(1)由於鹽分含量的增加，水分潛勢下降，種子降低對水分的吸收量而無法發芽。(2)鹽直接對種子產生毒害作用(Pearce-Pinto *et al.*1990)。

玉米對 NH_4^+-N 及 NO_3^--N 的吸收及其利用之代謝效能有所不同，一般在蛋白質的合成利用上 NH_4^+-N 比 NO_3^--N 具有較高的效能(Schrader *et al.* 1972)。倘若玉米栽培上施用 NH_4^+態肥及添加硝化抑制劑後，能有效的抑制硝化菌把 NH_4^+-N 轉變成 NO_3-N 的量，則不但可減少氮肥的施用量，同時可大大的提高 NH_4^+-N 的利用效能且能減少 NO_3^--N 對地下水之汙染。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2154 號。接受日期：92 年 4 月 24 日。
2. 本所農藝組副研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所前農藝系研究員兼主任，現任苗栗區農業改良場場長。臺灣省　苗栗縣。
4. 通訊作者，電子郵件：x486045@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

植物的種類不同其耐鹽性及耐銨性也有所差異，研究顯示棉花種子在 1000ppm 的銨濃度下，其發芽率明顯地受到抑制(Megie *et al.*1967)。Barker 等人(1970)研究指出發芽中的種子易受銨離子的毒害而影響其發芽。Allard & Ohlrogge(1964)以 $NH_4H_2PO_4$ 及 $(NH_4)_2HPO_4$ 兩種不同的化合物爲氮肥進行發芽試驗，結果顯示 $(NH_4)_2HPO_4$ 所釋放的 NH_4^+ 對玉米種子發芽及出土有明顯的毒害作用，在 45ppm 的銨濃度下處理 2 天，玉米種子的發芽即受到毒害；而 Colliver & Welch(1970a, b)的試驗指出玉米種子鄰近的土壤內 $NH_3 + NH_4^+$ 濃度超過 1000ppm 時，玉米的發芽出現受抑制的現象，同時玉米幼苗根尖呈褐色及萎凋現象。

不論是鹽或銨對植物的影響，以發芽階段較其它生育時期來得大。本研究目的在探討不同銨濃度對不同種源玉米種子其發芽特性之影響，以作爲在發芽階段耐銨性篩選及將來育種之參考。

材料與方法

本研究以 6 個玉米(maize; Zea maize L.)自交系(ICAL210, Hi31, TA85-17, H95, A661, PH9)及其相互雜交之單交種 30 個爲材料(表 1)，配合 5 種硫酸銨濃度(0, 5, 25, 50, 100 mM)，pH 值爲 6.5 進行處理。裂區設計，銨濃度爲主區，基因型爲副區，三重複。每個基因型 50 粒/重複，於發芽皿中鋪吸水紙，然後將 50 粒種子放置於吸水紙上，種子之發芽面朝上，再於每個發芽皿中加入 30 ml 處理溶液，在 36±1°C 的恒溫生長箱進行發芽試驗。每日檢視並登錄發芽之種子數(胚根突破種皮 2 mm)。發芽勢的決定日數爲置床後 3 日之發芽勢。發芽率的決定日數爲置床後 10 日之發芽數。將所獲得之發芽數據進行計算下列發芽性狀：

(1)平均發芽日數 (mean germination time, day)= $\frac{\Sigma fv}{n}$

f：每日之發芽粒數，V：置床後之天數，n：總發芽數

(2)發芽率 (germination rate, %)= $\frac{n}{N} \times 100\%$

n：總發芽數，N：種子數

(3) 3 日發芽勢 (germination potential in 3 days, %)= $\frac{\text{3 日內總發芽數}}{\text{總種子數}} \times 100\%$

(4)發芽係數 (germination coefficient, %/day)= $\frac{\text{發芽率}}{\text{平均發芽日數}} \times 100\%$

然後將發芽性狀之數據進行變方分析及平均值顯著性比較，同時以 Griffing 之方法 1，模式 I 進行組合力分析(Griffing 1956)。

表 1. 全互交試驗所使用自交系之代碼、名稱及系譜

Table 1. The code, name and pedigree of inbred lines in diallel cross set

Code	Inbred lines	Pedigree
A	ICAL210	Cuban flint
B	Hi31	(B68×MV source) BC_5
C	TA85-17	RSC81-9001-12, S_4
D	H95	Oh43×CI90A
E	A661	Minn. Syn. AS-A
F	PH9	Tiniguib flint

結　果

玉米種子在不同銨濃度下，由 36 個基因型變方分析之結果列於表 2，可看出不同銨離子濃度間、基因型間與銨濃度 x 基因型間之交感作用等，對平均發芽時間、發芽率、3 日發芽勢和發芽係數等性狀之影響均達極顯著差異，表示不同銨離子濃度間其發芽性狀有明顯的不同影響；同時不同基因型間也表現出明顯的差異；而且在不同銨濃度下各基因型間的表現也不一致。

由不同銨濃度下發芽性狀之平均值比較(表 3)，顯示不同銨濃度對平均發芽時間的影響較小，而發芽率、3 日發芽勢和發芽係數則隨著銨濃度之增加其值漸變小，當銨濃度達 50mM 時其所受之影響更加明顯，即表示高銨濃度對發芽有明顯的阻礙作用。

各種銨濃度合併下，基因型之表現(表 4)，顯示平均發芽時間，在自交系之變異介於 1.766 (TA85-17) ~2.20 (A661)天之間，平均爲 1.90 天；而單交種的變異介於 1.54 (PH9xTA85-17) ~ 2.32(Hi31 x ICAL210) 天，其平均值爲 1.88 天。發芽率，在自交系之變異介於 47.06 (Hi31) ~ 84.53% (TA85-17)之間，平均爲 74.17%；而單交種的變異介於 62.0 (Hi31 x H95) ~90.66% (ICAL210xH95)，其平均值爲 82.52%。3 日發芽勢之表現，自交系之變異介於 23.60%(Hi31) ~ 48.19%(TA85-17)；而單交種的變異介於 27.64 (Hi31 x ICAL210) ~57.40% (PH9xHi31)，其平均值爲 45.25%。發芽係數之表現，在自交系之變異介於 46.93 (Hi31) ~ 84.53 %/day (TA85-17)，其平均值爲 73.24%；而單交種的變異介於 59.33 (Hi31 x ICAL210) ~ 93.86 %/day (TA85-17 x A661)，其平均值爲 81.65 %/day。綜合而論，平均的表現以單交種優於自交系。自交系則以 TA85-17 和 H95 表現較佳之發芽特性，而 Hi31 和 PH9 兩個自交系較差；單交種的表現以 ICAL210 x H95、TA85-17 x A661、H95 x TA85-17 和 PH9 x Hi31 較佳，呈現較短的平均發芽時間及較大的發芽率、3 日發芽勢和發芽係數。

表 2. 不同 NH_4^+濃度下 6×6 全互交組合發芽性狀變方分析之均方值

Table 2. Analysis of variance for germination characters of 6x6 diallel crosses germinated at five ammonium concentrations

Source	Df	Mean germination time	Germination rate	Germination potential in 3 days	Germination coefficient
Block	2	0.005	0.54	2.84	10.16
NH_4^+	4	0.395**[z]	6374.91**	1855.96**	6194.93**
Error(a)	8	0.007	30.23	19.68	33.29
Entry	35	0.624**	1492.38**	1039.61**	1601.68**
NH_4^+×entry	140	0.043**	181.34**	63.69**	182.31**
Error(b)	350	0.007	9.18	7.67	8.46

[z]**Significant at 0.01 probability level.

表 3. 不同 NH_4^+濃度下 36 個玉米基因型種子發芽性狀之平均值

Table 3. Means of seed germination characters of corn at five ammonium concentrations across 36 genotypes

Concentration of NH_4^+ (mM)	Mean germination time (day)	Germination rate (%)	Germination potential in 3 days (%)	Germination coefficient (%/day)
0	1.87	89.38	48.59	88.70
5	1.86	86.50	47.80	85.92
25	1.87	84.83	43.79	83.66
50	1.85	78.79	43.37	78.57
100	1.87	69.16	38.22	68.38
$LSD_{0.05}$	0.03	1.72	1.39	1.81

各種發芽性狀在不同銨濃度下個別組合力變方分析之結果(表 5)，可看出平均發芽時間、發芽率、3 日發芽勢和發芽係數等性狀，不論在何種銨濃度下，性狀的表現均受一般組合力(GCA)、特殊組合力(SCA)及正反交遺傳效應(RE)所共同影響，而其影響力的比重呈現 GCA> RE> SCA 之趨勢。同時各個發芽性狀在高銨濃度(50-100mM)下比低銨濃度(5-25mM)下具有較小的 GCA/ SCA 比值。

表 4. 各種 NH_4^+濃度合併下玉米 6 ×6 全互交組合間種子發芽性狀之平均值

Table 4. Means of seed germination characters of maize from 36- genotype combination.Data was maxed from five ammonium concentrations

Source	Mean germination time (day)	Germination rate (%)	Germination potential in 3 days (%)	Germination coefficient (%/day)
Inbred line				
Range	1.766-2.200 (TA85-17~A661)	47.06-84.53 (Hi31~TA85-17)	23.60-48.19 (Hi31~TA85-17)	46.93-84.53 (Hi31~TA85-17)
Average	1.90	74.17	39.89	73.24
Hybrid				
Range	1.540-2.320 (PH9xTA85-17~ Hi31xICAL 210)	62.00-90.66 (Hi31xH95~ICAL 210xH95)	27.64-57.40 (Hi31xICAL 210~PH9xhi31)	59.33-93.86 (Hi31xICAL 210~ TA85-17xA661)
Average	1.88	82.52	45.25	81.65
$LSD_{0.05}$	0.06	2.17	1.98	2.08

表 5. 不同 NH_4^+濃度下玉米種子各種發芽性狀組合力變方分析之均方值

Table 5. Mean squares of seed germination characters of maize from combining ability analysis, based on Griffing's model, method 1, at five ammonium concentrations

		Concentration of NH^+_4				
Source	Df	0	5	25	50	100
Mean germination time						
GCA	5	0.0598**[z]	0.1255**	0.0544**	0.0581**	0.1846**
SCA	15	0.0110**	0.0147**	0.0115**	0.0162**	0.0386**
RE	15	0.0453**	0.0979**	0.0600**	0.0473**	0.1161**
Error	70	0.0023	0.0043	0.0014	0.0010	0.0034
GCA/SCA		5.4300	8.5300	4.7300	3.5800	4.7800
Germination rate						
GCA	5	145.007**	420.488**	307.274**	252.869**	530.563**
SCA	15	59.730**	56.940**	64.041**	105.403**	230.175**
RE	15	59.896**	148.577**	114.977**	196.548**	136.577**
Error	70	4.376	3.146	2.125	3.775	1.876
GCA/SCA		2.420	7.338	4.790	2.390	2.300
Germination potential in 3 days						
GCA	5	110.311**	339.730**	163.196**	117.586**	233.788**
SCA	15	30.101**	17.856**	22.937**	48.071**	79.411**
RE	15	62.905**	142.232**	84.604**	114.010**	106.409**
Error	70	2.837	5.403	1.155	1.559	1.828
GCA/SCA		3.660	19.020	7.110	2.440	2.944
Germination coefficient						
GCA	5	153.106**	469.091**	346.770**	236.483**	547.733**
SCA	15	58.205**	53.252**	50.054**	108.025**	233.577**
RE	15	62.370**	173.481**	135.777**	197.096**	156.725**
Error	70	3.908	2.998	1.503	3.558	2.145
GCA/SCA		2.630	8.800	6.920	2.180	2.340

[z] **Significant at 0.01 probability level.

根據不同銨濃度下親本自交系各種發芽性狀之一般組合力效應值(表 6)，就平均發芽時間而言，不論在何種銨濃度下，TA85-17、H95 和 PH9 等三個自交系均爲負值，即表示此自交系所帶有之基因具有縮短平均發芽時間之效果；而 A661 及 Hi31 則爲正值，具有延長平均發芽時間之效應。就發芽率而言，不論在何種銨濃度下，Hi31 自交系均爲負值，即表示此自交系所帶有較多不利於發芽之基因存在；而 TA85-17 及 H95 兩個則爲正值，表示其帶有較多有利於發芽之基因，具有增加發芽率之效應存在。A661 在低銨濃度下表現爲負值，但在高銨濃度下(50-100mM)則呈現較大之正效應，表示在高銨濃度下 A661 轉而表現出增加發芽之特性。就 3 日發芽勢而言，不論在何種銨濃度下，Hi31 自交系爲負值，表示此自交系具有較爲分散不快速之發芽特性；而 TA85-17 及 H95 二個則爲較大之正值，表示此二個自交系具有較快速且集中之發芽特性；而 A661 在低銨濃度(0-25mM)下表現爲負值，但在高銨濃度下(50-100 mM)則呈現正效應，表示在低銨濃度下呈現分散且不快速之發芽特性，但在高銨濃度下 A661 則轉而表現出較快速且集中發芽之特性。就發芽係數而言，不論在何種銨濃度下，Hi31 自交系爲負效應值，表示 Hi31 自交系帶有較多不利於快速且集中發芽之基因；而 TA85-17 及 H95 則爲較大之正效

表 6. 不同 NH_4^+濃度下玉米親本自交系各種發芽性狀的一般組合力效應估值

Table 6. The general combining ability effect of seed germination characters of maize estimated in diallel cross, at five ammonium concentrations

	NH_4^+ conc.				
Inbred line	0	5	25	50	100
Mean germination time (day)					
A (ICAL210)	0.0217	-0.0203	0.0296	0.0326	-0.1431
B (Hi31)	0.0762	0.1760	0.0646	0.0546	0.1676
C (TA85-17)	-0.0601	-0.0698	-0.1117	-0.1048	-0.0181
D (H95)	-0.0113	-0.0634	-0.0142	-0.0106	-0.0617
E (A661)	0.0720	0.0654	0.0629	0.0799	0.1340
F (PH9)	-0.0985	-0.0878	-0.0312	-0.0517	-0.0787
S.E.(g_i-g_j)	0.0194	0.0268	0.0151	0.0130	0.0238
Germination rate (%)					
A (ICAL210)	2.9444	0.0555	1.0000	1.3703	-0.6111
B (Hi31)	-5.0000	-9.8888	-9.6666	-9.0185	-12.5000
C (TA85-17)	4.7222	6.0555	4.9444	2.2037	3.4444
D (H95)	0.2777	4.4444	2.4444	0.6481	3.8888
E (A661)	1.3333	-3.5555	-0.4444	4.0370	6.1111
F (PH9)	1.6111	2.8889	1.7222	0.7592	-0.3333
S.E.(g_i-g_j)	0.8540	0.7241	0.5952	0.7932	0.5591
Germination pontential in 3 days (%)					
A (ICAL210)	0.6648	0.8120	-0.3685	-0.2851	2.5935
B (Hi31)	-4.0935	-8.4574	-5.6712	-5.5546	-8.8398
C (TA85-17)	4.3898	4.8481	5.2814	3.8537	2.2824
D (H95)	0.0870	3.2814	1.0537	0.1453	2.4370
E (A661)	-2.6379	-4.4240	-1.9713	0.0564	0.4268
F (PH9)	1.5898	3.9398	1.6759	1.7842	1.0990
S.E.(g_i-g_j)	0.6876	0.9489	0.4389	0.5097	0.5520
Germination coeffcient (%/day)					
A (ICAL210)	3.2047	-0.1481	0.7222	1.4814	-0.1111
B (Hi31)	-5.1481	-10.2592	-10.1666	-8.8518	-12.9444
C (TA85-17)	4.6851	6.8518	5.8333	2.2592	3.3333
D (H95)	0.2963	4.7407	2.2777	0.8148	4.3888
E (A661)	-1.6481	-3.7592	0.1666	3.3703	5.5000
F (PH9)	-1.4259	2.5740	1.1667	0.9259	-0.1666
S.E.(g_i-g_j)	0.8071	0.7069	0.5006	0.7700	0.5979

應值，表示此二個自交系具有較多有利於快速且集中之發芽基因。A661 在低銨濃度(0-25mM)下表現爲負值，但在高銨濃度下(50-100mM)則呈現正效應，表示在低銨濃度下呈現分散且不快速之發芽特性，但在高銨濃度下 A661 則轉而表現出較快速且集中發芽之特性。

綜合各性狀的表現，在 100mM 銨濃度下，以自交系 TA85-17、H95 和 A661 表現出較佳之一般組合力。

在 100mM 銨濃度下，單交種發芽性狀之特殊組合力效應值(表 7)，就平均發芽時間而言，以 CxE (TA85-17 x A661)及 CxF (TA85-17 x PH9)具有較大之負效應值，而 BxC(Hi31 x TA85-17)則具有較大之正效應值，其變異介於 - 0.22~ 0.21 天。就發芽率而言，以 CxF (TA85-17 x PH9)和 DxE(H95 x A661)具有較大之負效應值，而 BxE(Hi31 x A661)和 BxF(Hi31 x PH9)則具有較大之正效應值，其變異介於 -3.28 ~ 20.67%。就 3 日發芽勢而言，BxC(Hi31 x TA85-17)、CxD(TA85-17 x H95)和 DxF(H95 x PH9)等三個具有較大之負效應值，而 BxF(Hi31 x PH9)和 CxE(TA85-17 x A661) 則具有較大之正效應值，其變異介於 - 2.54 ~ 10.21 %。就發芽係數而言，BxC (Hi31 x TA85-17)則具有較大之負效應值，而 BxE (Hi31 x A661)、BxF (Hi31 x PH9)和 CxE (TA85-17 x A661)等三個雜交組合則具有較大之正效應值，其變異介於 - 3.44 ~ 19.72 %/day。綜合各性狀之表現加以比較，以 BxE (Hi31 x A661)、BxF (Hi31 x PH9)和 CxE (TA85-17 x A661)三個組合在高氨濃度下仍然具有較佳的特殊組合力。

在 100mM 銨濃度下，單交種發芽性狀之正反交效應值(表 8)，就平均發芽時間而言，以 AxB 與 BxA 間具有最大之負的效應值；而 BxC 與 CxB 間具有最大之正的效應值，其正反交效應值之變異介於 -0.375 ~0.480 天。就發芽率而言，以 BxE 與 ExB、DxE 與 ExD 間具有最大之負的效應值；而 AxB 與 BxA 間具有最大之正的效應值，其正反交效應值之變異介於 -11.00 ~ 19.33%。就 3 日發芽勢而言，以 BxC 與 CxB 、BxF 與 FxB 之間具有最大之負的效應值；而 AxB 與 BxA、AxE 與 ExA 間具有最大之正的效應值，其正反交效應值之變異介於 -10.80 ~16.60%。就發芽係數而言，BxC 與 CxB、BxE 與

表 7. 在 100 mM[NH_4^+]濃度下 F_1 組合發芽性狀之特殊組合力效應值

Table 7. Effect of specific combining ability on the seed germination characters of maize. Data were estimated in diallel cross, at 100 mM ammonium concentrations

Genotype	Mean germination time (day)	Germination rate (%)	Germination potential in 3 days (%)	Germination coefficient (%/day)
AxB[z]	0.00	-0.72	0.42	0.33
AxC	-0.03	-1.67	-0.89	-1.61
AxD	0.04	6.22	2.89	6.00
AxE	0.08	-0.33	-1.32	-0.44
AxF	-0.05	3.11	2.48	3.22
BxC	0.21	-0.44	-2.54	-3.44
BxD	-0.08	3.11	1.81	3.50
BxE	-0.08	10.22	5.25	11.72
BxF	0.05	20.67	10.21	19.72
CxD	0.18	3.17	-2.47	3.22
CxE	-0.20	11.61	10.11	12.78
CxF	-0.22	-3.28	3.47	-2.56
DxE	-0.08	-2.83	-0.33	-2.28
DxF	0.13	-0.72	-2.47	1.28
ExF	-0.01	-1.28	-1.14	-1.06
$SE(S_{ij}-S_{ik})$	0.05	1.25	1.23	1.34
$SE(S_{ij}-S_{kl})$	0.05	1.12	1310	1.20

[z] A:ICAL210, B:Hi31, C:TA85-17, D:H95, E:A661, F:PH9.

ExB 之間具有最大之負的效應值；而 AxB 與 BxA、AxE 與 ExA 間具有最大之正的效應值，其正反交效應值之變異介於 -14.666 ~19.666%/day。綜合各性狀之表現加以比較，顯現母本細胞質所帶有之基因，在高銨濃度下，對發芽性狀有極大之影響力，尤其 AxB 與 BxA、AxE 與 ExA、BxC 與 CxB、BxE 與 ExB 間表現更爲明顯。

在 100 mM 銨濃度下，基因型的發芽性狀之平均值(表 9)，可看出，就平均發芽時間而言，自交系的變異介於 1.540(ICAL210) ~ 2.430 (A661)天；而單交種之變異介於 1.376 (PH9xTA85-17) ~ 2.45 天 (Hi31xPH9)之間。就發芽率而言，自交系的變異介於 11.3(Hi31) ~ 68.0%(H95)；而單交種之變異介於 36.0 (Hi31xICAL210) ~ 90.7%(A661xTA85-17)。就 3 日發芽勢而言，自交系的變異介於 5.4(Hi31) ~ 43.7%(H95)；而單交種之變異介於 15.8(Hi31xICAL210) ~ 55.4% (TA85-17x A661)之間。就發芽係數而言，自交系的變異介於 11.3(Hi31) ~ 68.0%/day (H95)；而單交種之變異介於 35.3(Hi31xICAL210) ~ 90.0%/day (TA85-17x A661)之間。綜合各性狀之表現，自交系中以 TA85-17、H95 及 A661 表現較佳，在高銨濃度下(100 mM)具有最大之耐性而仍能迅速發芽；而單交種中則以 AxE (ICAL210x A661)、CxE (TA85-17x A661)及 ExC (A661x TA85-17)等三個表現最佳之發芽特性。

表 8. 在 100mM [NH_4^+]濃度下 F_1 組合之正反交效應值

Table 8. Effect of reciprocal of seed germination characters of maize. Data were estimated in diallel cross, at 100 mM ammonium concentrations

Genotype	A[z]	B	C	D	E
Mean germination time (day)					
B	-0.375				SE(Rij)=0.041
C	0.061	0.480			SE(Rij-Rk1)=0.058
D	0.020	0.131	-0.095		
E	-0.271	0.055	-0.156	-0.235	
F	0.080	0.435	0.178	0.251	0.150
Germination rate (%)					
B	19.333				SE(Rij)=0.968
C	2.333	-10.333			SE(Rij-Rk1)=1.369
D	-5.333	-5.666	0.333		
E	11.666	-11.000	-0.333	-11.000	
F	6.666	-3.666	1.000	4.666	4.333
Germination poltential in 3 days (%)					
B	16.600				SE(Rij)=0.956
C	-0.083	-10.800			SE(Rij-Rk1)=1.352
D	-3.683	-5.666	2.116		
E	11.633	-6.200	4.383	-0.733	
F	1.933	-10.800	-5.783	-2.800	-0.716
Germination coefficient (%/day)					
B	19.666				SE(Rij)=0.880
C	2.000	-14.666			SE(Rij-Rk1)=1.464
D	-5.333	-5.333	0.666		
E	12.666	-11.333	0.000	-10.666	
F	6.666	-5.666	-1.000	4.000	4.000

[z] A:ICAL210, B:Hi31, C:TA85-17, D:H95, E:A661, F:PH9.

討 論

植物種子需有適當的水、氧氣、光線與溫度等環境配合才能順利發芽，乾燥的玉米種子在適當的溫度下，當吸水量達 44%時，不論光線的有無均能發芽。前人研究顯示當外在環境因子不適當，如溫度太高或太低(Derieux & Bonhomme 1990)、鹽分濃度過高(Gulzar *et al.* 2001; Khan & Ungar 1998; Vander Moezel & Bell 1987)或有害物質存在(Allard & Ohlrogge 1964; Barker *et al.* 1970; Megie *et al.* 1967)時種子的發芽便會受到阻礙。本試驗之結果顯示當銨濃度由 0 漸增加至 100 mM 時，玉米種子的發芽率、3 日發芽勢和發芽係數會隨著銨濃度的增加而下降，尤其在高銨濃度(50~100 mM)時更加明顯。而

表 9. 在 100 mM[NH_4^+]濃度下玉米不同基因型組合間種子發芽性狀之表現

Table 9. Seed germination characters of 36 genotypes combination of maize under application of ammonium at 100mM

Genotypes	Mean germination time (day)	Germination rate (%)	Germination potential in 3 days (%)	Germination coefficient (%/day)
A (ICAL210)	1.5	61.3	39.8	61.3
AxB	1.5	74.7	49.0	74.7
AxC	1.7	72.7	42.1	72.0
AxD	1.7	73.3	42.5	73.3
AxE	1.7	86.0	51.6	86.0
AxF	1.7	78.0	46.3	78.0
BxA	2.3	36.0	15.8	35.3
B (Hi31)	2.1	11.3	5.4	11.3
BxC	2.7	49.3	18.3	40.7
BxD	2.0	58.0	28.0	58.0
BxE	2.2	62.0	28.9	61.3
BxF	2.5	73.3	29.9	69.3
CxA	1.6	68.0	42.3	68.0
CxB	1.8	70.0	39.9	70.0
C (TA85-17)	1.9	66.7	35.1	66.7
CxD	1.9	80.0	42.6	80.0
CxE	1.6	90.0	55.4	90.0
CxF	1.7	68.0	39.3	68.0
DxA	1.7	84.0	49.8	84.0
DxB	1.8	69.3	39.3	68.7
DxC	2.1	79.3	38.4	78.7
D (H95)	1.6	68.0	43.7	68.0
DxE	1.6	65.3	40.0	65.3
DxF	2.1	76.7	36.5	75.3
ExA	2.2	62.7	28.3	60.7
ExB	2.0	84.0	41.3	84.0
ExC	1.9	90.7	46.7	90.0
ExD	2.1	87.3	41.5	86.7
E (A661)	2.4	64.0	26.5	58.7
ExF	2.1	78.0	37.9	76.7
FxA	1.5	64.7	42.5	64.7
FxB	1.6	80.7	51.5	80.7
FxC	1.4	70.0	50.9	70.0
FxD	1.6	67.3	42.1	67.3
FxE	1.8	69.3	39.3	68.3
F (PH9)	1.8	50.0	27.9	50.0
$LSD_{0.05}$	0.1	2.2	2.2	2.3

高銨濃度下玉米種子發芽受阻，可能由於水溶液中銨濃度過高造成水份潛勢下降，阻礙種子的吸水，或銨阻礙呼吸作用中之還原態 DPNH (diphosphopyridine nucleotide)氧化成 DPN 之電子傳遞過程之進行，造成對種子的毒害作用(Vines & Wedding 1960; Wedding & Vines 1959)，致使種子無法得到能量以順利發芽。

六個不同種源之玉米自交系及其相互雜交所獲得的 30 個單交種，在不同銨濃度下其發芽性狀的表現有明顯的耐性差異存在。自交系中以 TA85-17、H95 及 A661 表現較佳，在高銨濃度下(100 mM)具有最大之耐性而仍能迅速發芽；而單交種中則以 ICAL210x A661、 TA85-17x A661 及 A661x TA85-17 等三個之發芽特性表現最佳。經 Griffing 之組合力分析，顯示平均發芽時間、發芽率、3 日發芽勢和發芽係數等性狀，不論在何種銨濃度下，性狀的表現均受一般組合力(GCA)、特殊組合力(SCA)及正反交遺傳效應所共同影響，而其影響力的比重呈現 GCA>RE> SCA 之趨勢。

一般組合力主要受累加性基因所作用，而特定組合力則受顯性基因或非等位基因間之相互作用所影響(Sprague & Tatum 1942)。Rojas & Sprague (1952)認爲 GCA 與 SCA 變方的大小，可用於決定基因的作用型式；當 GCA 均方所佔的比例較大時，表示此等性狀由累加性基因所控制的比例佔較大部份。而 SCA 均方所佔的比例較大時，表示由顯性基因或非等位基因間之相互作用所控制佔較大比例；正反交效應顯著存在時，表示母本細胞質的不同亦有明顯的影響力。由本試驗種子發芽之耐銨性的組合力分析，顯示玉米種子發芽性狀，經由輪迴選種或愼選耐銨性強的母本自交系進行雜交種之選育，可有效改良並增強其耐銨性。

引用文獻

Allard, S. E., and A. J. Ohlrogge. 1964. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. VI. Germination and emergence of corn as affected by ammonia and ammonium phosphate. Agron. J. 56:309-313.

Barker, A. V., D. N. Maynard, B. Mioduchowska, and A. Buch. 1970. Ammonium and salt inhibitions of some physiological processes associated with seed germination. Physiol. Plant. 23:898-907.

Chanway, C. P., and F. B. Holl. 1993. Ecotypic specificity of spruce emergence-stimulating *Pseudomonas putida*. Forest Sci. 39:520-527.

Colliver, G. W., and L. F. Welch. 1970a. Toxicity of preplant anhydrous ammonia to germination and early growth of corn: I. Field studies. Agron. J. 62:341-346.

Colliver, G. W., and L. F. Welch. 1970b. Toxicity of preplant anhydrous ammonia to germination and early growth of corn: II. Laboratory studies. Agron. J. 62:346-348.

Derieux, M., and R. Bonhomme. 1990. Heat units requirements of maize inbred lines for pollen shedding and silking: Results of the European FAO network. Maydica 35:41-46.

Fenner, M. 1985. Seed ecology. P. 151. in Chapman and hall, London.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.

Grubb, J. P. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. Biol. Rev. 52:107-145.

Gulzar, S., M. A. Khan, and I. A. Ungar. 2001. Effect of salinity and temperature on the germination of *Urochodra setulosa* (Trin.) C. E. Hubbard. Seed Sci. & Technol. 29:21-29.

Khan, M. A., and I. A. Ungar. 1998. Seed germination and dormancy of *polygonum avicular* L. as influenced by salinity, temperature, and gibberellic acid. Seed Sci. & Technol.26:107-117.

Megie, C. A., R. W. Pearson, and A. E. Hiltbold. 1967. Toxicity of decomposing crop residues to cotton germination and seedling growth. Agron. J. 59:197-199.

Pearce-Pinto, G. V. N., P. G. Vander Moezel, and D. T. Bell. 1990. Seed germination under salinity stress in Western Australian species of *Eucaptus*. Seed Sci. & Technol. 18:113-118.

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 and specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923-932.

Vander Moezel, P. G., and D. T. Bell. 1987. The effect of salinity on the germination of some Western Australian *Eucalyptus* and *Melaleuca* species. Seed Sci. & Technol. 15:239-246.

Vines, H. M., and R. T. Wedding. 1960. Some effects of ammonia on plant metabolism and a possible mechanism for ammonia toxicity. Plant Physiol. 35:820-825.

Wedding, R. T., and H. M. Vines 1959. Inhibition of reduced diphospyridine nucleotide oxidation by ammonia. Nature 184:1226-1227.

Ammonium Tolerance of Seed Germination in Maize (*Zea mays* L.) and Their Combining Ability Analysis [1]

Guang-Jauh Shieh[2,4], Wen-Long Tsaur[2], King-Hsing Yang[2], and Hung-Shung Lu[3]

Summary

Shieh G. J., W. L. Tsaur, K. H. Yang and H. S. Lu. 2003. Ammonium tolerance of seed germination in maize (*Zea mays* L.) and their combining ability analysis. J. Agric. Res. China 52:119-129.

All possible cross combinations were made among six maize (*Zea mays* L.) inbred lines that selected from different germplasms. Seed germination test was carried out on Filter paper in petri dish. Three replicates, 50 seeds of each genotypes, were tested at five concentrations (0, 5, 25, 50, 100 mM) of ammonium (NH_4^+). Applied by 30 ml ammonium solution each petridish. After incubation of maize seed at 36±1℃ in controlled growth chamber for 10 days. Seed germination characters including mean time to germination, germination rate, germination potential in 3 day, and germination coefficient, were investigated. Analysis of variance indicated that four germination characters were highly affected by ammonium ion, genotype, and interaction between ammonium and genotype. The germination rate, germination potential in 3 days, and germination coefficient were decreased while the ammonium concentration increased. The retardation of seed germination was more significantly, when the ammonium concentration higher than 50 mM. In this trial, the degree of tolerance for ammonium showed variation in inbred lines. Based on Griffing's method of analysis, the result indicated that general combining ability (GCA), specific combining ability (SCA), and reciprocal effect (RE) significantly affected all germination characters at various ammonium concentrations. The contribution ratio order was GCA > RE > SCA. And the GCA / SCA ratio of germination characters in high NH_4^+ concentration (50 mM) were smaller than low NH_4^+ concentration. In this trial, the genotype TA85-17, H95, ICAL210 x A661, TA85-17x A661, and A661 x TA85-17 shoos'ed better ammonium tolerance when germinated at higher ammonium concentration.

Key word: Ammonium (NH_4^+), Maize, Germination, Combining ability.

---

1. Contribution No.2154 from Taiwan Agricultural Research Institude, Council of Agriculture. Acceptd : April 24, 2003.

2. Respectively, Associate Agronomist, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, Agronomy Division, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Former Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI; Currently, Director of Miaoli DAIS, Miaoli, Taiwan, ROC.

4. Corresponding author, e-mail：x486045@wufeng.tari.gov.tw ; Fax：(04)23302806.