

## 玉米族群 ETO Illinois 之遺傳變異與產量潛力<sup>1</sup>

盧煌勝 何千里 謝光照<sup>2</sup>

摘要：玉米族群 ETO Illinois C<sub>6</sub> 之219個同親兄妹後裔進行評估試驗，其平均開花期為76.3天，穗位高96.4公分，株高204.0公分，公頃子實產量8.02噸。開花期、穗位高、株高及產量之變異係數依序分別為3.3、10.7、6.0及17.2%。四個性狀之遺傳變方均達顯著。廣義遺傳率方面，開花期為66.2%，穗位高20.2%，株高42.7%，產量36.8%。ETO Illinois 為 CIMMYT 分離抗普通型銹病及煤紋病基因之重要族群之一，含有相當多的遺傳變異量，適應本省栽培環境，具高產潛力，將之納入育種計畫對本省飼料及青割玉米之改良應有助益。

關鍵詞：玉米、同親兄妹後裔、輪迴選種法、廣義遺傳率。

國際玉米小麥研究中心 (International Maize and Wheat Improvement Center, CIMMYT) 在玉米族群改良上通常採用改良式之同親兄妹輪迴選種法 (modified full-sib recurrent selection)。CIMMYT 每年進行15~20個族群之改良工作，每個族群或具有不同之適應性、成熟期、子粒顏色或其他性狀等；每個族群產生之250個同親兄妹後裔 (full-sib progenies, FS)，則送至世界各地進行國際性之後裔檢定試驗 (international progeny testing trials, IPTT)。IPTT 試驗地點一共有六處，包括墨西哥一處及其他國家或地區五處。各地點之試驗材料均含250個 FS 及包括六個對照品種。六個對照品種中，四個為共同對照，另二個為屬於地區性之推廣品種。根據各處之 IPTT 成績，遂以自交或系統內混交執行系統內改良 (within family improvement)，或選十個最佳系統重新組合並推進至 F<sub>2</sub> 成為試驗品種 (experimental variety, EV)；而最主要的係將獲選系統行逢機交配以產生下個循環選拔所需的種子<sup>(1,2)</sup>。

同親兄妹輪迴選種法為族群內改良方法的一種，其成效已為多位學者所肯定<sup>(11)</sup>。利用同親兄妹輪迴選種法的結果，Moll and Stuber (1971) 及 Moll *et al.* (1978) 發現玉米子實產量每一循環增加3%<sup>(6,8)</sup>。Zorrilla and Crane (1982) 在族群 Colus 02中，經三個循環的選拔，每一循環子實產量平均增加5.46%<sup>(43)</sup>。關於族群 Nebraska Krug之改良，Compton and Lonnguist (1982) 及 Stromberg and Compton (1989) 分別就 C<sub>4</sub>及C<sub>10</sub>作了比較<sup>(3,12)</sup>，在 C<sub>10</sub>時，子實產量平均每循環增進0.17噸/公頃，約為1.2%/cycle。Moll and Hanson (1984) 在族群 Jarvis 及 Indian Chief 中，亦分別得到每循環3.5%及1.4%之增進效果，唯在 C<sub>8</sub>之後已無明顯之進步<sup>(7)</sup>，推測有利顯性基因對玉米產量的影響可能遠大於累加性基因所致<sup>(5)</sup>。Pandey *et al.* (1986, 1987) 就 CIMMYT 利用同親兄妹輪迴選種改良之族群作一評估，發現四個循環以上之選拔後，有八個族群之子實產量增加1.3%/cycle，另四個族群增加2.1%/cycle<sup>(9,10)</sup>。Crossa and Gardner (1989)比較 CIMMYT 經同親兄妹輪迴選種法改良後之十個族群之遺傳變方成分 (genetic variance component,  $\hat{\sigma}_g^2$ ) 及遺傳與環境交

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1640 號。

2. 依序為本所農藝系研究員、助理研究員及助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

感之變方成分 (genetic x environment variance component,  $\hat{\sigma}_{ge}^2$ )，由於各個族群之  $\hat{\sigma}_{ge}^2 / \hat{\sigma}_g^2$  頗大，遂建議將後裔檢定地點作適當之歸類，以便提昇改良效果<sup>(4)</sup>。

臺灣省農業試驗所參加 CIMMYT 之國際合作試驗項目包括國際性之後裔檢定試驗 (IPTT)、試驗性品種試驗 (experimental variety trial, EVT) 及優良品種試驗 (elite variety trial, ELVT)。歷年來，經由此類合作試驗所獲得之種源與訊息甚多。本研究擬探討 IPTT 42 (即 ETO Illinois C<sub>6</sub> 之 219 個 FS) 主要農藝性狀及產量之遺傳變異與潛力，以為將其納入育種計畫之參考。

## 材料與方法

族群 ETO Illinois 屬於亞熱帶半馬齒種晚熟白色子粒玉米。CIMMYT 利用本族群分離抗普通型銹病 (*Puccinia polysora* Underw.) 及抗煤紋病 (*Helminthosporium turcicum* Pass.) 基因。其 C<sub>6</sub> 之 219 個同親兄妹後裔及 6 個對照品種：ETO Illinois C<sub>0</sub>、ETO Illinois C<sub>6</sub>、Tlanltizapan 8542、Across 8342、臺農 351 號 (Tainung No. 351) 及臺南 17 號 (Tainung No. 17) 於 1990 年秋作在農試所霧峰農場進行試驗，田間採簡方設計，二重複，單行區，行長 5m，行株距 75 × 25cm，公頃株數 53,333 株。三要素施肥量每公頃 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O 為 200 : 90 : 60kg，氮肥半量及磷鉀肥全量用作基肥一次施用，餘半量氮肥在播種後約一個月作追肥施用。其餘田間管理，包括除草、中耕、培土及灌溉等項，均依照一般玉米栽培法進行。

生育期間調查開花期、穗位高、株高、子實產量等性狀。開花期係以自播種日起至小區中 50% 植株達雄花始花所需之日數；穗位高係每小區逢機 5 株由地面至最上位雌穗基部之平均高度，以 cm 表示；株高係以上項相同之 5 株由地面至雄穗主軸頂端之平均高度，以 cm 表示；公頃子實產量以小區乾粒重經換算為 13.5% 含水率公頃子實重，以 t/ha 表示。

試驗資料估算變異係數 (coefficient of variation, cv)、平均值 (mean,  $\bar{x}$ )、頻度分布 (frequency of distribution)、基因型變方成分 (component of genotypic variation,  $\hat{\sigma}_g^2$ )、環境變方成分 (component of environmental variation,  $\hat{\sigma}_e^2$ ) 及廣義遺傳率 (broad sense heritability,  $\hat{h}_b^2$ )， $\hat{h}_b^2 = \hat{\sigma}_g^2 / (\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2 / r) \times 100$ ，r 為重複次數。

## 結果與討論

ETO Illinois C<sub>6</sub> 219 個 FS 之平均與六個對照種作一比較 (表 1)，開花期僅 Tlanltizapan 8542 顯著較之為遲，而臺南 17 號則顯著較之為早。穗位高方面，ETO Illinois C<sub>6</sub> FS、ETO Illinois C<sub>0</sub>、臺農 351 號及臺南 17 號相近，均顯著高於 ETO Illinois C<sub>6</sub> 及 Tlanltizapan 8542，並顯著低於 Across 8342。株高方面，ETO Illinois C<sub>6</sub> FS 顯著高於 ETO Illinois C<sub>0</sub>、ETO Illinois C<sub>6</sub> 及 Tlanltizapan 8542，且顯著低於 Across 8342、臺農 351 號及臺南 17 號。子實產量方面，ETO Illinois C<sub>6</sub> FS 與 ETO Illinois C<sub>6</sub> 及 Tlanltizapan 8542 相似，而顯著高於其他四個對照種。比較 ETO Illinois C<sub>0</sub> 及 ETO Illinois C<sub>6</sub> 之間之差異，約略可以看出，經六個循環之改良，開花期及株高變化並不明顯，而穗位高已降，產量則大為增加，此與多數利用同親兄妹輪迴選種法進行族群改良的結果一致<sup>(3,6,7,8,9,10,11,12,13)</sup>。ETO Illinois C<sub>6</sub> 及 ETO Illinois C<sub>6</sub> FS 之產量均高出本地推廣品種臺南 17 號及臺農 351 號甚多，其產量潛力或可供為本省飼料及青割玉米品種改良之材料。

本試驗中田間普通型銹病及煤紋病之發生率不高，在所有參試材料均無明顯差別。開花期、穗位高、株高及子實產量均屬數量性狀，本試驗中 ETO Illinois C<sub>6</sub> FS 此四個性狀之頻度分布均近似常態 (圖 1—4)。ETO Illinois C<sub>6</sub> FS 之開花期介於 70.5~83.5 天之間，平均 76.3 天，頻度分布中以 74.6~79.0 天者居多數 (130 個)，天數在 71.5 天以下 (4 個) 及 83.5 天以上 (1 個) 者均不多。穗位高介於 70.0~

Table 1. Means of 219 full-sib progenies (FS) of ETO Illinois C<sub>6</sub> and six checks.

Entry	Days to flowering (day)	Ear height (cm)	Plant height (cm)	Grain yield (t/ha)
ETO Illinois C <sub>6</sub> FS	76.3	96.4	204.0	8.02
ETO Illinois C <sub>6</sub>	75.0	96.2	192.0	6.84
ETO Illinois C <sub>6</sub>	76.5	84.6	183.6	8.63
Tlanltizapan 8542	80.9	65.3	177.4	9.00
Across 8342	76.1	106.7	218.3	5.33
Tainung No.351	76.1	102.9	215.9	5.81
Tainan No.17	74.5	103.3	217.8	6.24
LSD <sub>(0.05)</sub>	1.5	7.8	8.5	1.09

120.0cm，平均96.4cm，其中100.1~106.0cm者佔60個，82.1~88.0cm、88.1~94.0cm及94.1~100.0cm各佔31、37及33個。株高介於175.0~250.0cm，平均204.0cm，介於199.1~207.0cm者有56個，其次為207.1~215.0cm之44個，191.1~199.0cm之38個及215.1~223.0cm之35個。子實產量介於3.98~11.73t/ha之間，平均8.02t/ha，約有半數（103個）之產量介於7.19~8.78t/ha之間，其次較多的分別為6.39~7.18t/ha之38個及8.79~9.58t/ha之30個。四個性狀表現皆正常，足見族群 ETO Illinois 對本省之氣候環境頗為適應。開花期、穗位高、株高及產量之變異係數 (cv) 分別為3.3、10.7、6.0及17.2%。依 CIMMYT 過去在其他地區試驗之結果，產量 cv 以11~15%最多（約佔35%），其次為16~20%（約佔26%）；相較之下，本試驗資料仍在合理範圍內<sup>(1,2)</sup>。

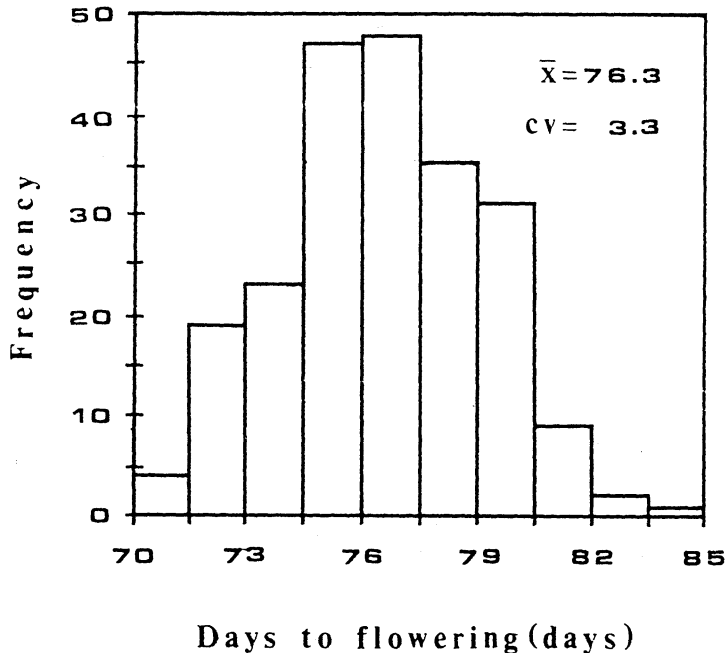


Fig 1. Distribution of days to flowering(days)of 219 FS progenies of population ETO Illinois C<sub>6</sub>.

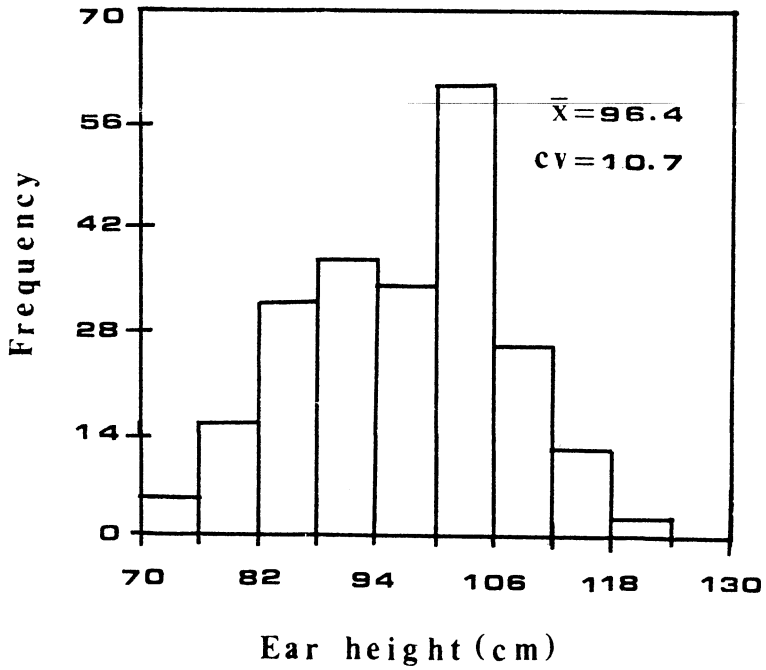


Fig 2. Distribution of ear height(cm) of 219 FS progenies of population ETO Illinois C<sub>6</sub>.

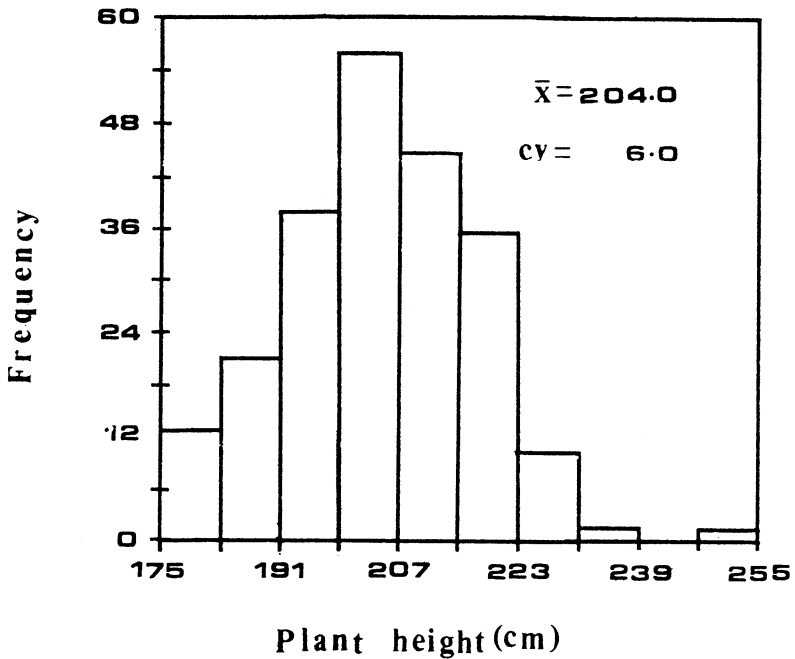


Fig 3. Distribution of plant height(cm) of 219 FS progenies of population ETO Illinois C<sub>6</sub>.

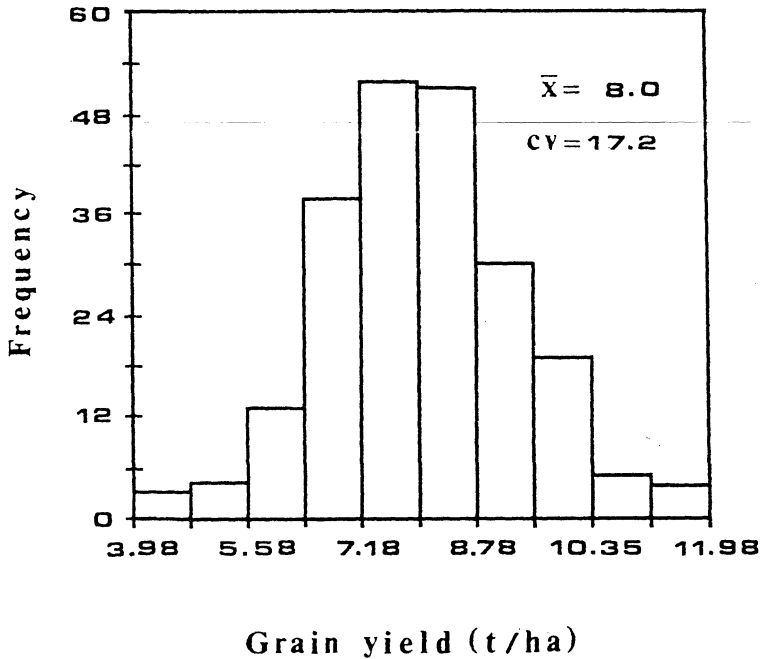


Fig 4. Distribution of grain yield (t/ha) of 219 FS progenies of population ETO Illinois C<sub>6</sub>.

變方分析結果，開花期、穗位高、株高及產量在各後裔間均有顯著的差異（表2）。四個性狀之  $\hat{\sigma}_g^2$  分別為4.3，21.6，64.7及0.7； $\hat{\sigma}_{ge}^2$  分別為4.4，170.5，173.7及2.4；四個性狀之  $\hat{h}_g^2$  則分別為66.2，20.2，42.7及36.8%。由  $\hat{h}_g^2$  之95%信賴限界得知，除穗位高外，其餘三個性狀之  $\hat{h}_g^2$  均顯著異於0，其中開花期之  $\hat{h}_g^2$  更顯著大於穗位高、株高及產量之  $\hat{h}_g^2$ 。Crossa and Gardner (1989) 估算 CIMMYT 十個族群之產量的  $\hat{\sigma}_g^2$  及  $\hat{\sigma}_{ge}^2$ ，以比較選拔成效，其每一循環每個族群所估得之 FS 變異及 FS 與地區間之交感效應均顯著存在。其中有五個族群於最後循環之產量高於其最初循環；另有許多族群最後循環之產量則未獲增進，有些甚至反而減少。究其理由，或可歸因於產量之選拔強度（selection intensity）太小，或同時作多種性狀選拔使產量之增進效果不彰（1987年 IPTT 42之選拔強度為14%<sup>(2)</sup>）。本研究僅以一期作一個地點之資料估算  $\hat{\sigma}_g^2$ ， $\hat{\sigma}_{ge}^2$  則無法估算。若不考慮上位性（epistasis）之存在，以 FS 估得之  $\hat{\sigma}_g^2$  主要包括累加性變方（additive variance， $\hat{\sigma}_a^2$ ，此處為  $\frac{1}{2}\hat{\sigma}_a^2$ ）及顯性變方（dominant variance， $\hat{\sigma}_d^2$ ，此處為  $\frac{1}{4}\hat{\sigma}_d^2$ ）二個部分。在交配設計上，因異親兄妹後裔（half-sib progeny, HS）或自交第一代後裔（selfing progeny, S<sub>1</sub>）之  $\hat{\sigma}_g^2$  均為  $\frac{1}{2}\hat{\sigma}_a^2$ ，若能將 HS 或 S<sub>1</sub> 也同時加以評估，將可清楚地劃分  $\hat{\sigma}_a^2$  及  $\hat{\sigma}_d^2$  所佔的比例，而對族群本身各項性狀之遺傳特性將有更多的瞭解。

Table 2. Analysis of variance for 219 full-sib progenies of ETO Illinois C<sub>6</sub>.

Source of variation	df	Mean squares			
		Days to flowering	Ear height	Plant height	Grain yield
Families	218	12.9**	213.6*	303.1**	3.8**
Pooled error	219	4.4	170.5	173.7	2.4

\*, \*\*, Significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

Table 3. Estimates of variance components and broad sense heritability from 219 full-sib progenies of ETO Illinois C<sub>6</sub>.

Estimate	Days to flowering	Ear height	Plant height	Grain yield
$\hat{\sigma}_g^2$	4.3	21.6	64.7	0.7
$\hat{\sigma}_e^2$	4.4	170.5	173.7	2.4
$\hat{h}_b^2$	66.2	20.2	42.7	36.8
	(56.4, 74.2) +	(-3.5, 38.8)	(25.6, 56.1)	(17.5, 51.1)

+ : Confidence intervals at 95% level for  $\hat{h}_b^2$  estimates are presented in parenthesis.

歷年來 CIMMYT 不斷建立廣泛遺傳背景的玉米基本族群，並利用改良式之同親兄妹輪迴選種法及國際性之後裔檢定來進行族群改良工作，以提供世界各地玉米育種之需。ETO Illinois 為 CIMMYT 用以分離抗普通型銹病及煤紋病基因之重要族群之一。本試驗結果顯示 ETO Illinois 可適應本省之氣候條件，其開花期、穗位高、株高及子實產量均具有相當多的遺傳變異量，同時具有高產潛力，將其納入玉米育種計畫對本省飼料及青割玉米之改良工作必有所助益。

### 參考文獻

1. CIMMYT. 1985. International Progeny Testing Trials. *In* Managing trials and reporting data for CIMMYT's International Maize Testing Program. CIMMYT Mexico. pp. 20.
2. CIMMYT. 1987. CIMMYT International Maize Testing Program. CIMMYT, Mexico. pp. 329.
3. Compton, W. A., and J. H. Lonquist. 1982. Multiplicative selection index applied to four cycles of full-sib recurrent selection in maize. *Crop Sci.* 22 : 981-983.
4. Crossa, J., and C. O. Gardner. 1989. Predicted and realized grain yield responses to full-sib family selection in CIMMYT maize (*Zea mays* L.) populations. *Theor. Appl. Genet.* 77 : 33-38.
5. Hanson, W. D., and R. H. Moll. 1986. An analysis of changes in dominance-associated gene effects under intrapopulation and interpopulation selection in maize. *Crop Sci.* 26 : 268-273.
6. Moll, R. H., C. C. Cockerham, C. W. Stuber, and W. P. Williams. 1978. Selection responses, genetic-environmental interactions, and heterosis with recurrent selection for yield in maize. *Crop Sci.* 18 : 641-645.
7. Moll, R. H., and W. D. Hanson. 1984. Comparisons of effects of intrapopulation and interpopulation selection in maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 24 : 1047-1052.
8. Moll, R. H., and C. W. Stuber. 1971. Comparisons of response to alternative selection procedures initiated with two populations of maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 11 : 706-711.
9. Pandey, S., A. O. Diallo, T. M. T. Islam, and J. Deutsch. 1986. Progress from selection in eight tropical maize populations using international testing. *Crop Sci.* 26 : 879-884.
10. Pandey, S., A. O. Diallo, T. M. T. Islam, and J. Deutsch. 1987. Response to full-sib selection in four maturity maize populations. *Crop Sci.* 27 : 617-622.
11. Sprague, G. F., and S. A. Eberhart. 1977. Corn breeding. *In* Corn and corn improvement. Sprague (ed.) . American Society of Agronomists, Wis. p. 305.
12. Stromberg, L. D., and W. A. Compton. 1989. Ten cycles of full-sib selection in maize. *Crop Sci.* 29 : 1170-1172.
13. Zorrilla, H. L., and P. L. Crane. 1982. Evaluation of three cycles of full-sib family selection for yield in the Colus 02 variety of maize. *Crop Sci.* 22 : 10-12.

## Genetic Variation and Yield Potential of Maize Population ETO Illinois<sup>1</sup>

H. S. Lu, C. L. Ho and G. J. Shieh<sup>2</sup>

### Summary

Evaluations of 219 full-sib progenies of maize population ETO Illinois C<sub>6</sub> were conducted at Taiwan Agricultural Research Institute. For days to flowering, ear height, plant height, and grain yield, mean values were 76.3 day, 96.4 cm, 204.0 cm, and 8.02 t/ha, respectively. Coefficients of variation of the four traits were 3.3, 10.7, 6.0 and 17.2%, respectively. Heritability estimates were 66.2, 20.2, 42.7 and 36.8% for days to following, ear height, plant height, and grain yield, respectively. ETO Illinois is one of the most important populations in CIMMYT for segregating for resistance to *Puccinia polysora* and *Helminthosporium turcicum*. This results indicated that population ETO Illinois contains amount of genetic variation. Its good adaptation and high-yield potential may be useful for improvement of field corn and forage corn in Taiwan.

Key words : Corn, Full-sib progeny, Recurrent selection, Broad sense heritability.

---

1. Contribution No. 1640 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Senior Agronomist, Assistant Agronomist and Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, 413, ROC.