中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）37(4)：360～365（1988）

優良單交種玉米之親本改良

I. 理想供給親自交系之鑑別[1]

盧 煌 勝[2]

摘要 利用8個玉米自交系親本及其28個 F_1 全互交（不包括反交）單交種所進行之田間試驗資料，估算（$\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E$）及 μG 值，以鑑別理想供給親自交系。理想供給親自交系具有與產量有關之顯性基因，而此類基因並不存在於一有待改良之單交種中。當設計 Hi25×CM103、UH-1×ICAL210 及 Pi77-4257 × Hi28 爲有待改良之單交種時，在不完全顯性之前提下，Pi77-4257 及 Oh545 將獲選爲 CM103 及 ICAL210 自交系改良之理想供給親。本試驗結果顯示：利用理想供給親進行優良單交種之親本改良，或爲玉米育種之另一有利途徑。

近年來，各類作物種源的搜集、保存已廣受作物育種家們的重視，種源利用潛力之評估工作也陸陸續續地在世界各地進行著，爲期育種工作之突破，作物育種家們莫不急於在種源中尋獲有價值的材料[11]。關於玉米育種方面，育種計畫之發展及其成功機率之研究，許多數量遺傳原理的建立，確實作了相當大的貢獻[1]。Hallauer and Miranda[9] 對外來玉米種源（exotic maize germplasm）之潛能與利用，以及輪迴選種方法之配合等等均作了很詳細的討論。Gerrish[8] 評估熱帶型及溫帶型種源之適應性，兼論雜種優勢模式之利用，見解頗爲獨到。Dudley[2,3,4,5,6] 研究發展基因轉移理論及鑑定理想供給親自交系或族羣（donor lines or populations with favorable alleles not present in P_1 or P_2 of a single cross）之方法，以協助育種家有效地達成單交種之親本改良目的。Gerloff[7] 比較三種估算相對基因座數目之方法，發現 Dudley 之 μG 估值[3] 與估算供給親之有利基因數目（此基因並不存在於待改良單交種之親本中），具最大的遺傳相關。

本研究係使用 Lee *et al.*[10] 之全互交試驗資料，依 Dudley[3] 提議之分析方式，探討鑑定理想供給親自交系之方法，及應用其在單交種之親本改良上之可行性，以供作物育種研究之參考。

材料與方法

本試驗使用之材料計有 Hi25、Oh545、UH-1、Pi77-4257、ICAL210、Hi28、CM103、及 CM109 等8個自交系及其部分全互交（不包括反交）之28個 F_1 組合，1984 年春作在農試所霧峰農場進行試驗。田間試驗採逢機完全區集設計，四重複，三行區，行長 5m，行株距 80×25cm，公頃株數50,000。肥料施用量爲 $N:P_2O_5:K_2O=200:90:60$ kg/ha，基肥包括 N 60kg、P_2O_5 及 K_2O 全量，播種後一個月及雄花抽穗前，分別加施 N 70 kg 各一次。其他田間管理，如除草、中耕、培土及灌溉，依一般玉米栽培法進行。成熟期，每小區逢機10株，取穗脫粒，估算子粒重量及含水

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1429 號。
2. 本所農藝系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

Table 1. Backgrounds of the eight inbreds evaluated.

Inbred line	Background
Hi25	(B14A×MV source) BC4 (Corn Belt dent)
Oh545	[(M14×CI187-2) Oh45]×[(Oh45A×Oh45T) Oh45] (Corn Belt dent)
UH-1	B68 derivative (Corn Belt dent)
Pi77-4257	Pioneer hybrid derivative (Corn Belt dent)
ICAL210	Cuban flint derivate (Colombia flint)
Hi28	(CM105 (India)×MV source) BC5 (India flint)
CM103	Colombia 1×38-11 (India flint)
CM109	Colombia hybrid derivative (India flint)

率，並換算爲 15.5%含水率子粒重。8 個自交系之背景資料列於表 1，其與 28個 F_1 組合之單株子粒產量 (g/plant) 則列如表 2。

Table 2. Grain yield (g/plant) of inbred lines (on diagonal) and single crosses (above diagonal)+.

Inbred line	Hi25	Oh505	UH-1	Pi77-4257	ICAL210	Hi28	CM103	CM109
Hi25	63	138	126	172	174	187	149	168
Oh545		98	176	158	184	178	167	172
UH-1			73	165	161	164	164	172
Pi77-4257				109	173	182	172	169
ICAL210					116	178	158	151
Hi28						120	158	166
CM103							94	149
CM109								108

+ LSD(0.05)=17 ; LSD(0.01)=23.

資料依 Dudley[3] 所提議之方法進行分析。本文中將 Hi25×CM103、UH-1×ICAL210 及 Pi77-4257×Hi28 設計爲有待改良之 3 個單交種，P_1 及 P_2 分別代表其父母本。8 個自交系除每一個單交組合之二親本外，所餘之 6 個自交系則當成供給親 (Pw, donor line)，其可能提供有利基因給單交種之親本。理想之 Pw 至少需具備一個以上之有利基因，而此基因並不存在於 P_1 或 P_2。利用理想 Pw 進行 P_1 或 P_2 改良，結果產生之 P_1' 或 P_2'，組成新的單交種 $P_1' \times P_2$ 或 $P_1 \times P_2'$，其產量必然優於原來之雜交組合 $P_1 \times P_2$。理想 Pw 之鑑別乃根據 Pw 中具有利基因之相對基因座數目的多寡 (μG) 來決定。至於利用理想 Pw 以改良 P_1 或者 P_2，乃由 Pw 與 P_1 及 P_2 之親疏程度作考慮，此種親疏關係以 $(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$ 計算之。μG 及 $(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$ 之計算公式列如表 3。

Table 3. Expectation of two estimators assuming complete dominance.

Equation+
$(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)=[2(P_2\times Pw)-2(P_1\times Pw)-P_2+P_1]/2$
$\mu G=[(P_1\times Pw)+(P_2\times Pw)-Pw-P_1-P_2-(P_1\times P_2)]/4$

+ P_1, P_2 are parental lines, and Pw is donor line.
$\mu C\times\mu F$ is the total relative number of loci for which P_1 and Pw have the same (either + or −) alleles while $\mu D+\mu E$ is the total relative number of loci for which P_2 and Pw have the same alleles.

結果與討論

單株子粒產量所估算之 $(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$ 及 μG 值，依單交組合之不同，分別列於表 4，5，6。在表 4，Hi25(P_1) × CM103(P_2) 設計爲有待改良之單交種，Oh545、UH-1、Pi77、

Table 4. Estimates of relative numbers of loci for grain yield per plant when Hi25×CM103 is $P_1\times P_2$.

Pw	$(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$	μG
Oh545	13.5*	− 24.8
UH-1	22.5*	− 22.3
Pi77-4257	− 15.5*	− 17.8
ICAL210	− 31.5*	− 22.5
Hi28	− 44.5*	− 20.3
CM109	− 34.5*	− 24.3
LSD (0.05)		2.4

* Significantly diffferent from 0 at $\alpha=0.05$.

4257、ICAL210、Hi28 及 CM109 分別爲 Pw。$(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$ 值顯示：Oh545 及 UH-1 之 $(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$ 同爲顯著正值，故與 Hi25 (P_1) 關係較爲接近，二者均可能充當改良 Hi25 之理想 Pw；而 Pi77-4257、ICAL210、Hi28 及 CM109 之 $(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$ 同爲顯著負值，故與 CM103(P_2) 關係較爲密切，可能作爲 CM103 之理想 Pw。另外由 μG 值觀之，所有 μG 均呈負值，就此而言，在完全顯性 (complete dominance) 之假設前提下，並無任一個自交系堪稱理想 Pw。不過，所有之 μG 之絕對值均大於 LSD (0.05)，因此推測：對子粒產量之控制，不完全顯性 (incomplete dominance) 或許比完全顯性更爲重要。在不完全顯性之假設前提下，比較 μG 之相對大小，則 Pi77-4257 之 μG (−17.8) 最大，故可作爲 CM103 之理想 Pw。

UH-1(P_1)×ICAL210(P_2) 組合 (表 5)，Hi25、Oh545、Pi77-4257、Hi28、CM103及 CM109 爲 Pw。其中與 UH-1 關係最爲相近之自交系爲 Hi25；與 ICAL210 關係密切的自交系包括 Oh545、Pi77-4257、CM103 及 CM109。考慮 μG 之相對值，在不完全顯性之假設前提下

Table 5. Estimates of relative numbers of loci for grain yield per plant when UH-1×ICAL210 is $P_1 \times P_2$.

Pw	$(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$	μG
Hi25	26.5*	− 28.3
Oh545	− 13.5*	− 22.0
Pi77-4257	− 13.5*	− 30.3
Hi28	− 7.5	− 32.0
CM103	− 27.5*	− 30.5
CM109	− 42.5*	− 33.8
LSD (0.05)		2.4

* Significantly different from 0 at $\alpha=0.05$.

，Oh545（$\mu G=-22.0$）應爲 ICAL210 之理想 Pw。表6之 Pi77-4257(P_1)×Hi28(P_2) 組合，6個測試之 Pw 中，僅 Oh545 及 CM103 分別與 Pi77-4257 及 Hi 28 關係至爲密切，但由 μG 值觀之，Oh545 爲-43.3，CM103 爲-43.8，均顯著小於 Hi25 之-28.8 及 UH-1 之 -38.8，故二者均無法作爲理想 Pw。

Table 6. Estimates of relative numbers of loci for grain yield per plant when Pi77-4257×Hi28 is $P_1 \times P_2$.

Pw	$(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu E)$	μG
Hi25	9.5	− 28.8
Oh545	14.5*	− 43.3
UH-1	− 6.5	− 38.8
ICAL210	− 0.5	− 44.0
CM103	− 19.5*	− 43.8
CM019	− 8.5	− 46.0
LSD (0.05)		2.4

* Significantly different from 0 at $\alpha=0.05$.

綜合以上三個單交種之分析結果，發現不完全顯性對玉米單株子粒產量之高低或許有某種程度的控制。Pw 與 P_1 及 P_2 之親疏關係，係根據相對基因座數目比較而得，大體而言，四個硬粒種（flint）自交系作爲 Pw 時，與單交種之硬粒種親本之密切關係相當一致；而四個馬齒種（dent）自交系作爲 Pw 時，與單交種之馬齒種親本之密切關係則隨單交組合之不同而有所變動。如在 Hi25×CM103 組合中（表4），馬齒種之 Pi77-4257 反而與硬粒種之 Hi 25 關係較爲密切；在 UH-1×ICAL210 組合中（表5），馬齒種之 Oh545 及 Pi77-4257 亦與硬粒種之 ICAL210 有較密切的關係。由是觀之，在玉米種源中，欲維持馬齒種×硬粒種之雜種優勢模式（heterosis pattern），

所選用之馬齒種及硬粒種材料，均需經過測試，而不能僅憑粒型加以劃分利用。此與 Gerrish[8] 探討熱帶型×溫帶型雜種優勢之現象，有相類似之結論。

在育種工作上，運用理想 Pw 進行優良單交種之親本改良（P_1 或 P_2），將是十分實用有效的[3]。就本文中之 UH-1(P_1)×ICAL210(P_2) 爲例，經比較 ($\mu C+\mu F$)−($\mu D+\mu E$) 及 μG 值結果，Oh545 爲 ICAL210 之理想 Pw。改良 ICAL210 的第一步，即將 ICAL210 與 Oh 545 雜交，產生 (ICAL210×Oh545) F_1，而後種植 F_1 植株，令其自交產生 F_2 種子，並在 F_2 分離世代開始選拔及繼續自交分離。由於 ICAL210（硬粒種）及 Oh545（馬齒種）在粒型上及單株產量上有較大的差異 (116：98g/plant, LSD (0.05)=17), F_1 自交分離前，可考慮先回交至 ICAL210 一次以上，如此將能提高在分離世代中選獲優良個體之機率[2]。

臺灣目前推廣之玉米品種，如臺農 1 號、臺農 351號及臺南 17號，其單位面積產量均已較舊有品種高出甚多。未來爲求產量的繼續突破，我們必須充分利用更多的自交系及族羣種源，藉此或可選育出兩個優秀自交系，組成更高產單交種完全取代現有品種；或選育出一個組合力甚高的自交系取代原有單交種之一個親本；亦可以考慮審愼評估自交系及族羣種源，鑑別出理想 Pw，以作爲優良單交種之親本改良來源[3,4,5,6]。當決定經由鑑別理想 Pw 自交系以改良單交種之親本時，假設欲改良之單交種是臺農 1 號（TA2808-176×TA3651-377），而可資利用的自交系一共有 20 個，首先只需將此20個自交系（Pw）分別與 TA2808-176 及 TA3651-377 雜交。次一期作進行產量比較試驗，材料包括：20個 Pw×TA2803-176 ，20個 Pw×TA3651-377、TA2803-176×TA3651-377、20個Pw、TA2808-176 及 TA3651-377 ，合計63個參試（41個單交種及22個自交系）。此一期作，也可同時生產所有 F_1 組合之 F_2 種子。根據 ($\mu C+\mu F$)-($\mu D+\mu E$) 及 μG 資料，即可鑑別何者爲理想 Pw。次一期作僅挑出有希望之 F_2 族羣（理想 Pw×TA2807-176 或理想 Pw×TA3651-377 之F_2）繼續選拔與自交分離。依循這種方式，當能有效地改良 TA2807-176 或 TA3651-377，增進雜種優勢，而達到提高單位面積產量之目標。此種利用理想供給親自交系進行優良單交種之親本改良方法，或爲玉米育種之另一有利途徑。

參考文獻

1. Bailey, T. B., Jr. 1977. Selection limits in self-fertilizing populations following the cross of homozygous lines. P. 399-412. In E. Pollak, O. Kempthorne, and T. B. Bailey, Jr. (ed.) Proc. Int. Conf. Quantitative Genetics. Iowa State Univ. 16-21 Aug. 1976. Iowa State Univ. Press. Ames.
2. Dudley, J. W. 1982. Theory for transfer of alleles. Crop Sci. 22：631-637.
3. Dudley, J. W. 1984a. A method of identifying lines for use in improving parents of a single cross. Crop Sci. 24：355-357.
4. Dudley, J. W. 1984b. A method for identifying populations containing favorable alleles not present in elite germplasm. Crop Sci. 24：1053-1054.
5. Dudley, J. W. 1987. Modification of methods for identifying populations to be used for improving parents of elite single crosses. Crop Sci. 24：940-943.
6. Dudley, J. W. 1988. Evaluation of maize populations as sources of favorable alleles. Crop Sci. 28：486-491.
7. Gerllof, J. E. 1985. Choice of method for identifying germplasm with superior alleles. Ph. D. Thesis, Iowa Stale Univ, Ames.
8. Gerrish, E. E. 1983. Indications from a diallel study for interracial maize hybridization in the corn belt. Crop Sci. 23：1082-1087.
9. Hallauer, A. R., and J. B. Miranda, FO. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State

Univ. Press. Ames.

10. Lee, T. C., G. J. Shieh, C. L. Ho, and J. R. Juang. 1986. Analysis of diallel sets of dent and flint maize inbreds for combining ability and heterosis. J. Agric. Res. China 35 (2) : 145-164.

11. Sprague, G. F. 1980. Germplasm resources of plants: their preservation and use. Ann. Rev. Phytopathol. 18 : 147-165.

Improvement of Parents of Elite Single Crosses in Maize

I. Identification of inbred lines with favorable alleles[1]

H. S. Lu[2]

Summary

Data from field evaluation of eight parental maize inbred lines and 28 F_1 diallel hybrids were used for estimation of $(\mu C+\mu F)-(\mu D+\mu C)$ and μG for identifying inbred lines containing dominant allele affecting grain yield, which are not already present in an elite cross. When Hi25×CM103, UH-1×ICAL210 and Pi77-4257×Hi28 were designated as the elite hybrids to be improved, if incomplete dominance is assumed, Pi77-4257 and Oh545 would be chosen to improve CM103 and ICAL210, respectively. Results of this study suggest the method may be useful in practical breeding programs.

1. Contribution No. 1429 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Corn Breeder, Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichugn, Taiwan 41301, ROC.