ISSN 0376—477X

中華農業研究

第三十八卷　　第三期

目次

不同粒重水稻品種葉片形態與氮素代謝性狀差異比較……魏夢麗　張富洲　劉大江…277

期作對青割玉米生長與收穫適期之影響……謝光照　盧煌勝　劉孔生　何千里　呂宗佳…291

同時進行族羣內與族羣間改良對玉米產量雜種優勢之改變……盧煌勝…306

千里達山藥之生產能力與品質分析研究……劉新裕…312

三島柴胡臺農1號之育成……劉新裕　徐原田　胡敏夫　邱喜美…326

基因型與環境交感效應之迴歸分析的擴充——共點模式……呂秀英…335

睡香玉花藥培養及其癒合組織再生株之變異……紀海珊　蔡新聲…346

落花生果莢黑斑病之發生及其防治法……程永雄　鄭安秀　陳紹崇　杜金池…353

氰氮化鈣防治豌豆萎凋病之機制……羅朝村　林益昇…365

雜糧收穫機械使用成本之研究……陳加忠　賴建洲…374

中華民國七十八年九月

臺灣省農業試驗所出版

中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峯鄉

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）38(3)：277～290 (1989)

不同粒重水稻品種葉片形態與氮素代謝性狀差異比較[1]

魏夢麗　張富洲　劉大江[2]

摘要　本試驗以大粒型品種 Pegonil、中粒型品種臺農67號與兩個粒重較高之臺農67號近同源系爲主要材料，比較其間葉片形態性狀、氮素代謝酵素活性及維管束性狀的差異，藉以探討影響具不同粒重水稻種源光合及氮素代謝能力之機制。與大粒型品種比較，中粒型品種葉長自上位葉至下位葉顯著增加，葉寬減幅極小，田間透光度較佳，且下位葉比葉重較高，有利於光合作用表現。大粒品種葉片氮素濃度雖然較高，在穀粒充實期間葉綠素及可溶性蛋白質濃度降低的幅度與速率却高於中粒品種，亦即受老化影響，生理活性快速衰退。自抽穗期以後，glutamine synthetase活性逐漸降低，近成熟期時之活性以臺農67號爲高，而Pegonil之proteinase活性則超過臺農67號三倍以上，顯示中粒型品種具有較高的氮素同化能力；glutamate dehydrogenase活性在穀粒充實期間的變化不大，推測對氮素代謝的影響較小。兩個同交系統的含氮化合物濃度及氮素代謝作用表現不受粒重影響，較趨近中粒親本臺農67號。造成品種間氮素代謝差異的主因，可能爲穀粒對氮素需求的積儲强度。臺農67號葉脈數與葉脈頻度較 Pegonil爲高，篩管面積則較小，尚難據以判定輸導能力之强弱，但臺農67號篩管面積與維管束面積比值顯著較高，而兩個同交系統之維管束面積亦顯示雜種優勢，爲具有利用價值之生理性狀，有必要對此變異性再加研究。

光合作用與氮素同化作用是決定作物生長與產量表現最重要的兩項因子，就水稻而言，不同基因型間產量的差異可以經由光合作用與氮素同化作用予以解釋，在實際生產方面，利用株型改良、栽培密度調節、施肥技術及選用耐肥品種亦可達增產目的。本所農藝系作物生理研究室在比較不同粒重水稻品種生理性狀的研究中，發現大粒品種多具有較高的葉片與穀粒氮素濃度[2]及單葉光合作用速率，以及較低的氮素利用效率（未發表資料）；經培育多個臺農67號近同源系，其粒重較臺農67號高20—30%，產量相近但未能超越，在植株氮素累積與分配方面，亦有別於大粒型親本[3]，因此認爲有必要針對不同粒重品種，探討影響光合作用與氮素同化用的機制，藉以在謀求擴大積儲容積以提高水稻產量潛能的過程中，獲得更多的參考訊息。

密植栽培情況下，植冠內部透光率是影響光合成能力的重要因素[6]，大粒型水稻品種的單葉面積大，但葉面積指數低，株高則依品種而有異，唯有關葉片在植冠內的立體結構，尚缺資料可爲依據。另一方面，葉片維管束性狀經由影響輸導能力而與光合速率及植株乾物生產能力有關[20]，Malik *et al.*[18] 並認爲水稻葉片維管束數目可顯現雜種優勢，有加以研究利用的價值；不同粒重水稻品種在這方面的表現如何，仍有待探討。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1469號。本試驗承行政院農業委員會補助（77農建-7.1-糧-03-4），謹致謝意。
2.本所農藝系助理、助理與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

水稻的氮素同化作用主要經由glutamine synthetase (GS)與glutamate synthase (GOGAT)系統進行[10]，穀粒充實期間葉片氮素轉移至子粒[26]，產生老化現象，但在品種之間亦有程度上的差異[11]，後者並被認爲是決定氮素代謝的主要因素[21]。此一氮素再轉移作用受穀粒對氮素之積儲强度左右[22]，換言之，水稻抽穗後的氮素同化能力也受到影響；大粒型品種雖具較高之粒重與穀粒氮素濃度，但其氮素收穫指數則與一般栽培品種無異，其間關鍵如何，值得予以探究。

本試驗採用大、中粒型水稻品種爲材料，針對上述葉片形態及生理性狀進行研究，並以中粒型栽培品種臺農67號之粒重型近同源系參與比較，以期究明粒重與各性狀間的關係，從而由積儲容積觀點對水稻產量生理有所瞭解，供爲今後改良品種及栽培方法之參考資料。

材料與方法

本試驗分別於民國76年第一、二期作及民國77年第一期作在臺灣省農業試驗所農場進行，所使用之大粒型水稻品種包括Pegonil與Mira，穎果（糙米）千粒重爲41.10及 34.23g，中粒型品種包括臺農67號與臺農70號，穎果千粒重爲22.23及 21.14g；又於76年二期作開始，採用臺農67號與 Pegonil 雜交後回交臺農 67 號五次並自交五次之系統一個 （ BC-5/F-5） 及回交六次並自交四次之系統一個 (BC-6/F-4)爲材料，穎果千粒重爲28.95與28.67g，收穫後繼續於77年一期作試驗，分別爲BC-5/F-6與BC-6/F-5 系統。兩個回交系統在回交與早期自交選育過程中，除著重千粒重較臺農67號高25%以上外，並以臺農67號爲準，注重株型及一株穗數與一穗穎花數表現，以期選育具大粒特性之近同源系，供爲進行生理性狀比較試驗之合宜材料。

各期作水稻栽培時之行株距均爲30×15cm，採用單本植，小區面積在 3×6m 以上，重複四次，採用完全逢機區集設計。施用之肥料量均爲$N : P_2O_5 : K_2O = 150 : 58 : 90$kg/ha，其中氮肥60kg/ha與磷、鉀肥全量以基肥施用，其餘之氮素分兩次用爲追肥；栽培管理依慣行法爲之。

民國76年一期作時，Pegonil 與 Mira 品種分別於移植後61日與52日抽穗，臺農67號與70號於移植後75日抽穗；第二期作時 Pegonil品種於移植後51日抽穗，臺農67號與兩個回交系統於移植後68日抽穗；民國77年第一期作 Pegonil品種於移植後58日抽穗，臺農67號與回交系統於移植後73日抽穗。在各次試驗中，均自抽穗期開始每間隔 3 至 7 日取樣一次，至成熟期爲止。每次取樣時自每小區逢機選取大分蘖10至20個，將劍葉定爲第一葉，依葉位區分葉片樣品，測定項目包括葉長、葉寬、葉面積、比葉重、氮素濃度、葉綠素濃度、可溶性蛋白質濃度、游離氨基酸濃度及proteinase、glutamate dehydrogenase （GDH） 與GS等三種與氮素代謝有關的酵素活性，並切片觀察葉片構造，計算主脈 （major vein） 與細脈 （minor vein） 數目，測量維管束及篩管組織面積。在不同期作試驗中，僅分別針對部份水稻材料進行部份性狀之分析與調查，實際測定項目詳列於表 2 至表 7 。

葉面積係以LI-3000葉面積儀 （美國LI-COR公司） 測定；葉片乾重係使用送風乾燥箱，以100°C烘乾 2 小時及 80°C烘乾46小時後秤量；氮素濃度係將乾燥樣品磨粉後以 semi-micro Kjeldahl法分析；葉綠素及可溶性蛋白質濃度則分別仿照 Wintermans and de Mots[29] 與 Lowry *et al.*[14] 法測定；游離氨基酸依Yemm and Cocking[30] 方法分析；三種氮代謝酵素proteinase、GS與GDH活性分別依照Sung[25]、Antonielli *et al.*[5] 及 Streit and Feller[24] 方法並予修改後測定。葉脈數目計算係於水稻抽穗後一週取第二葉片中段，經石臘包埋、切片及 Safranin-fast green染色後以顯微鏡觀察，主脈直徑約爲細脈直徑兩倍；主脈之維管束及篩管組織面積係依 Housley and Peterson[13] 之方法估算。

所有試驗結果均經變方分析，品種及系統間差異達顯著水準者並以鄧肯氏多變域測定 (Duncan's New Multiple Range Test) 予以比較。

結　果

本試驗所使用水稻材料之粒型及粒重資料列於表 1 ，其中Pegonil與Mira屬大粒型品種，兩者穎果（糙米）長度均在8mm以上，但Pegonil品種之粒長（8.09mm）及長／寬比（2.25）小於 Mira

Table 1. Dimensions (mm) and weight (mg/grain) of brown rice of four varieties and two backcross strains differing in grain weight.

Variety/Strain	Length	Width	Thickness	L/W	Weight
Pegonil	8.09 b*	3.60 a	2.19 c	2.25	41.10 a
Mira	8.74 a	3.15 bc	2.78 a	2.77	34.23 b
Tainung 67	5.13 e	3.23 b	2.03 d	1.59	22.23 d
Tainung 70	5.44 d	3.07 c	2.00 d	1.77	21.14 e
BC-5/F-5**	5.61 c	3.20 b	2.15 c	1.75	28.95 c
BC-6/F-4**	5.08 e	3.30 b	2.29 b	1.54	28.67 c

* Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.
**Backcross offsprings from Tainung 67×Pegonil.

（分別爲8.74mm及3.21），亦即具有較短粒型；兩品種穎果重依次爲41.10與 34.23mg。臺農67號與臺農70號爲推廣品種，粒長各爲5.13及5.44mm，粒寬爲 3.23與3.07mm，以臺農67號之粒型稍短，兩者之穎果重分別爲 22.23及21.14mg兩個回交品系的長度與寬度與輪迴親臺農67號相近，但厚度（2.15-2.29mm）高於臺農67號（2.03mm），千粒重則接近29mg，超過臺農67號約30%。

民國76年第一期作係採用上述兩個大粒型品種及兩個中粒型品種進行試驗，於抽穗後一週選取大分蘖，依葉位區分葉片，測定長、寬及面積，所得結果列於表 2 。劍葉以 Mira品種最長（26.9cm），Pegonil品種及臺農67與70號介於19.2-21.5cm之間，差異未達顯著水準；第二葉以 Mira與Pegonil品種較長，臺農67與70號較短，但第三葉長度則未顯示品種間差異。綜合而言，水稻分蘖之葉片長度以劍葉最短，低節位葉片較長，大粒品種上位葉片較中粒型品種爲長。在葉寬方面，劍葉與第二葉均以Pegonil與Mira品種較寬，臺農67號與70號較窄，但第三葉差異較小，除臺農70號外，其它三個品種相近；葉寬有自上位葉至下位葉逐漸變窄的表現，大粒品種變窄的幅度大於中粒型品種。葉片長度與寬度的比值在品種間變異較小，劍葉以 Pegonil較低（14.3），其它三個品種均在17左右，第二葉無品種間差異，在25.6—28.1之間，第三葉以臺農70號之35.8較高，Mira品種最低（30.1）。

各節位葉片之面積資料亦列於表 2 ，劍葉葉面積以 Mira 品種最高（23.5cm²），Pegonil 略低（20.8cm²），唯兩品種間之差異未達 5 %顯著水準；臺農67號與70號分別爲 17.7及14.2cm²。第二葉面積顯著大於劍葉面積，仍以大粒型品種最高，臺農67號居次，臺農70號最低；大粒品種第三葉面積有較第二葉爲小的趨勢，中粒品種則繼續增加，各品種間面積的差異並不明顯。三個葉片的總葉面積仍以Mira品種最高，達87.1cm²，而Pegonil、臺農67號與臺農70號品種面積依序遞減，分別較Mira低9.5、16.4及 28.9%。各葉位葉片面積佔總面積的比例亦因品種粒型而異（表 2），相對於中粒型品種而言，大粒品種上位葉片所佔比例較高，而下位葉片所佔比例較低，趨勢頗爲明顯。

在比葉重方面，劍葉以 Mira品種最高，達 7.13mg/cm²，數值偏高，其代表性猶待確定；其它三個品種的差異不明顯，介於4.10—4.70之間。第二葉比葉重以 Pegonil略低，第三葉則以臺農67號

Table 2. Comparison of dimensions, specific leaf weight and N concentration of leaf blades at heading stage among four rice varieties differing in grain weight (1st crop, 1987).

Character	Variety	Flag Leaf	Second Leaf	Third Leaf	Total
Leaf Area (cm^2/leaf)	Pegonil	20.8 ab*	30.8 a	27.2 a	78.8 b
	Mira	23.5 a	32.7 a	30.9 a	87.1 a
	Tainung 67	17.7 bc	26.2 b	28.9 a	72.8 b
	Tainung 70	14.2 c	20.5 c	27.3 a	62.0 c
Leaf Area (% of total)	Pegonil	26.3 ab	39.1 a	34.6 c	100.0
	Mira	27.0 a	37.5 ab	35.5 bc	100.0
	Tainung 67	24.3 ab	36.0 b	39.7 ab	100.0
	Tainung 70	22.9 b	33.1 c	44.0 a	100.0
Leaf Length (cm)	Pegonil	21.5 b	34.5 ab	35.8 a	
	Mira	26.9 a	37.1 a	36.1 a	
	Tainung 67	21.3 b	30.9 bc	35.7 a	
	Tainung 70	19.2 b	26.6 c	35.4 a	
Leaf Width (cm)	Pegonil	1.50 a	1.27 a	1.05 ab	
	Mira	1.58 a	1.32 a	1.20 a	
	Tainung 67	1.23 b	1.13 b	1.06 a	
	Tainung 70	1.11 b	1.04 b	0.99 b	
Length/Width Ratio	Pegonil	14.3 b	27.2 a	34.1 ab	
	Mira	17.0 a	28.1 a	30.1 b	
	Tainung 67	17.3 a	27.3 a	33.7 ab	
	Tainung 70	17.3 a	25.6 a	35.8 a	
Spec. Leaf Wt. (mg/cm^2)	Pegonil	4.70 b	4.29 b	3.10 c	
	Mira	7.13 a	5.60 a	4.34 b	
	Tainung 67	4.10 b	4.69 ab	5.23 a	
	Tainung 70	4.57 b	4.67 ab	4.53 b	
N Conc. (%)	Pegonil	2.90 a	1.99 bc	1.53 c	
	Mira	2.66 ab	2.51 a	2.15 a	
	Tainung 67	2.30 c	1.87 c	1.69 bc	
	Tainung 70	2.45 bc	2.12 b	1.77 b	

* Means with the same letter within each column of an individual category are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

最高，臺農70號與Mira其次，最低者仍爲Pegonil（表2）。在不同葉位間比較，發現中粒型品種上、下位葉片之比葉重變異不大（臺農70號），或有自上至下漸增的趨勢（臺農67號），大粒型品種則以上位葉明顯高於下位葉。

Pegonil 品種劍葉氮素濃度顯著較臺農 67 號及70 號爲高，但在第二與第三葉片，大粒品種中僅Mira具有較高的氮素濃度，Pegonil第三葉片濃度甚至有低於中粒型品種的趨向（表2）。

民國76年第一期作水稻抽穗後，劍葉與第三葉葉片葉綠素及可溶性蛋白質濃度的經時變化列於表3。一般而言，葉綠素濃度似有偏低趨勢，原因尚難確定；抽穗時劍葉葉綠素濃度以 Mira 最高，抽穗後 4 日以臺農67號最低；其後濃度逐漸下降，下降之速率與幅度以大粒品種egonil最高，臺農67號最低。抽穗後一週內，各品種第三葉葉綠素濃度相近，其後以臺農67號較高，趨勢與劍葉的表現相似

Table 3. Comparison of chlorophyll and soluble protein concentrations (mg/gfw) in the leaf blades during grain-filling among rice varieties differing in grain weight (1st crop, 1987).

Variety	Days after Heading						
	0	4	7	11	14	18	21
			Chlorophyll, flag leaf				
Pegonil	1.42 b*	1.65 a	1.33 b	1.24 a	1.10 a	0.46 b	0.29 c
Mira	1.69 a	1.86 a	1.57 a	1.16 a	—	0.68 b	0.59 b
Tainung 67	1.47 b	1.33 b	1.27 b	1.26 a	1.12 a	1.08 a	0.88 a
			Chlorophyll, third leaf				
Pegonil	1.04 a	1.31 a	1.21 a	0.88 b	0.48 b	0.30 b	0.18 c
Mira	1.20 a	1.16 a	1.09 a	0.81 b	0.67 b	0.34 b	0.38 b
Tainung 67	1.22 a	1.35 a	1.26 a	1.08 a	0.87 a	0.61 a	0.55 a
			Soluble protein, flag lefa				
Pegonil	56.03 a	51.31 b	46.16 b	46.32 a	41.49 b	31.90 b	27.60 b
Mira	51.56 a	61.52 a	58.74 a	49.21 a	51.77 a	38.30 a	32.49 ab
Tainung 67	45.63 b	49.59 b	41.80 b	38.44 b	38.17 b	37.95 a	35.94 a
			Soluble protein, third leaf				
Pegonil	39.89 a	41.93 a	36.92 a	29.98 b	23.35 c	19.72 c	14.47 b
Mira	36.15 a	41.77 a	38.23 a	35.39 a	27.60 b	25.58 b	—
Tainung 67	37.24 a	39.34 a	37.84 a	34.06 a	31.90 a	31.95 a	26.88 a

* Means with the same letter within each column of an individual category are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

。劍葉可溶性蛋白質濃度（表 3）方面，抽穗後兩週內多以大粒型品種爲高，其後濃度之降低速率以 Pegonil 最快，臺農67號最慢，抽穗後第21日時，反以臺農67號之濃度最高。第三葉葉片可溶性蛋白質濃度在抽穗後一週內未顯示品種間差異，其後之表現與劍葉相同，濃度以臺農67號爲高， Mira 居次，Pegonil品種最低。

七十六年二期作續以 Pegonil 與臺農67號品種劍葉葉片爲材料進行分析，試驗的結果發現抽穗後一週內，Pegonil 之葉綠素及可溶性蛋白質濃度雖或較臺農67號爲高，但自第三至四週期間則均較低（表 4），與一期作之試驗結果相同。兩個回交系統植株劍葉葉綠素濃度的表現有異，BC-5/F-5 系

Table 4. Comparison of chlorophyll, soluble protein and free amino acid concentration and activities of glutamate dehydrogenase (GDH) and glutamine synthetase (GS) in the flag leaf blades among rice varieties/strains differing in grain weight at periods during grain-filling (2nd crop, 1987).

Character	Variety	Days after Heading				
		0	7	14	21	28
Chlorophyll (mg/gfw)	Pegonil	2.48 a*	2.52 a	1.92 bc	1.31 c	0.61 b
	Tainung 67	2.67 a	2.17 c	2.20 ab	1.67 ab	1.50 a
	BC-5/F-5**	2.46 a	2.33 b	2.44 a	1.80 a	—
	BC-6/F-4**	2.42 a	2.04 d	1.75 c	1.61 b	—
Sol. Protein (mg/gfw)	Pegonil	51.6 a	54.6 a	43.2 a	25.1 b	18.9 b
	Tainung 67	54.6 a	47.8 b	43.1 a	34.5 a	31.1 a
	BC-5/F-5	49.4 a	43.7 bc	45.2 a	30.8 a	—
	BC-6/F-4	41.3 b	42.0 c	43.6 a	31.7 a	—
Free Amino Acid (μmol/gfw)	Pegonil	49.1 a	35.2 b	45.5 a	21.5 d	17.5 b
	Tainung 67	43.5 b	32.0 b	35.9 b	25.9 b	24.2 a
	BC-5/F-5	41.3 b	42.8 a	38.4 ab	24.1 c	—
	BC-6/F-4	35.1 c	32.2 b	36.3 b	30.4 a	—
Glutamate DH (μmol/gfw · min)	Pegonil	0.18 c	0.40 a	0.28 a	0.27 a	0.25 a
	Tainung 67	0.28 b	0.27 c	0.28 a	0.29 a	0.30 a
	BC-5/F-5	0.26 b	0.30 bc	0.23 b	0.26 a	—
	BC-6/F-4	0.32 a	0.35 ab	0.32 a	0.27 a	—
Glu. Synthetase (μmol/gfw · min)	Pegonil	1.92 d	2.28 a	2.45 a	1.27 c	1.11 b
	Tainung 67	2.18 b	2.22 a	1.78 c	1.72 a	1.73 a
	BC-5/F-5	2.23 a	1.82 b	1.93 bc	1.53 b	—
	BC-6/F-4	2.14 c	1.78 b	2.01 b	1.68 a	—

* Means with the same letter within each column of an individual category are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.
**Backcross offsprings of Tainung 67×Pegonil.

統與臺農67號有相似之處，而 BC-6/F-4 於抽穗後濃度下降較爲明顯，絕對值亦較低（表 4）；兩個系統可溶性蛋白質濃度的差異不大，除於抽穗後一週內以 BC-6/F-4 略低外，均與臺農67號類似，接近成熟時並較Pegonil品種爲高。

同期作各品種及系統植株第二葉葉片在抽穗期的葉綠素濃度相近，爲2.17-2.49mg/gfw（表 5），臺農67號與BC-5/F-5葉綠素濃度在兩週內的降低並不明顯，且多高於 Pegonil 與 BC-6/F-4 系統；就抽穗後的整個降幅而言，仍以大粒型品種Pegonil幅度最大，抽穗後第28日之濃度僅爲 0.48mg/gfw，不及臺農67號之半。抽穗後21日兩個粒重較高回交品系第二葉葉綠素濃度雖與粒重較輕之臺農

Table 5. Comparison of chlorophyll, soluble protein and free amino acid concentrations and activites of glutamate dehydrogenase (GDH) and glutamine synthetase (GS) in the second leaf blade among rice varieties and backcross strains differing in grain weight at periods during grain-filling (2nd crop, 1987).

Character	Variety	Days after Heading				
		0	7	14	21	28
Chlorophyll (mg/gfw)	Pegonil	2.39 a*	2.43 a	1.88 bc	1.03 b	0.48 b
	Tainung 67	2.49 a	2.46 a	2.13 ab	2.02 a	1.27 a
	BC-5/F-5**	2.17 a	2.23 b	2.24 a	1.45 ab	—
	BC-6/F-4**	2.27 a	2.02 c	1.78 c	1.43 ab	—
Sol. Protein (mg/gfw)	Pegonil	58.9 a	46.4 b	35.8 ab	19.7 c	17.1 b
	Tainung 67	46.2 b	50.3 a	37.3 a	31.8 a	30.1 a
	BC-5/F-5	37.9 c	36.3 c	35.9 ab	27.0 b	—
	BC-6/F-4	37.7 c	35.6 c	32.5 b	28.8 ab	—
Free Amino Acid (μ mol/gfw)	Pegonil	56.0 a	29.9 b	32.3 a	18.0 b	14.0 b
	Tainung 67	36.4 b	36.6 a	27.3 b	25.2 a	19.9 a
	BC-5/F-5	33.7 b	29.5 b	27.1 b	22.4 ab	—
	BC-6/F-4	34.2 b	33.8 ab	25.3 b	23.0 a	—
Glutamate DH (μ mol/gfw • min)	Pegonil	0.20 c	0.42 a	0.32 a	0.22 a	0.19 a
	Tainung 67	0.28 b	0.29 b	0.27 bc	0.23 a	0.22 a
	BC-5/F-5	0.29 b	0.30 b	0.24 c	0.24 a	—
	BC-6/F-4	0.35 a	0.31 b	0.28 b	0.24 a	—
Glu. Synthetase (μ mol/gfw • min)	Pegonil	1.93 b	2.10 a	2.14 a	1.03 c	0.96 b
	Tainung 67	2.00 a	2.26 a	1.65 c	1.46 ab	1.40 a
	BC-5/F-5	2.02 a	1.67 b	1.89 b	1.37 b	—
	BC-6/F-4	1.89 b	1.73 b	1.49 c	1.58 a	—

* Means with the same letter within each column of an individual category are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.
**Backcross offsprings of Tainung 67×Pegonil.

67號差異不顯著，但已有偏低傾向（表 5），與劍葉的表現不同；第28日時葉片老化更爲明顯，田間觀察顯示葉片黃化程度遠超過臺農67號。抽穗後一週內 Pegonil 與臺農67號品種第二葉葉片可溶性蛋白質濃度超過兩個回交系統，第14日之差異較不顯著，第21日以後反以 Pegonil 品種最低（表 5），則與劍葉的變化趨勢相同。

七十七年第一期作分析臺農67號與 Pegonil 品種第二葉葉綠素濃度，確定七十六年兩個期作的試驗結果，即大粒型品種 Pegonil 葉片所含葉綠素與可溶性蛋白質在穀粒充實後期有快速降低的現象；抽穗後14日以後，臺農67號兩項成分的濃度均超過 Pegonil（表 6）即爲證明。

Table 6. Comparison of chlorophyll, soluble protein and free amino acid concentrations and activities of glutamate dehydrogenase (GDH), glutamine synthetase (GS) and proteinase activities in the second leaf blade (from top) between rice varieties Pegonil and Tainung 67 (TNG 67) at periods during grain-filling (1st crop, 1988).

Character	Variety	Days after Heading							
		0	4	7	11	14	18	21	26
Chlorophyll	Pegonil	3.24 a*	2.84 a	2.86 a	2.64 a	1.50 b	0.77 b	0.68 b	0.43 b
(mg/gfw)	TNG 67	3.05 a	2.81 a	2.66 a	2.43 a	2.21 a	1.38 a	1.16 a	0.74 a
Sol. Protein	Pegonil	43.3 a	43.5 b	41.8 a	35.4 a	23.7 b	19.6 b	19.5 b	18.0 a
(mg/gfw)	TNG 67	46.7 a	44.6 a	38.6 a	36.5 a	32.8 a	20.0 a	23.9 a	20.6
Free Amino Acid	Pegonil	33.7 a	26.6 a	22.7 a	20.4 a	16.4 a	13.2 a	13.4 a	12.6 a
(μ mol/gfw)	TNG 67	23.3 b	24.2 a	19.1 b	14.1 b	13.5 b	12.7 a	10.9 b	10.4 a
Glutamate DH	Pegonil	0.24 a	0.40 a	0.28 a	0.27 a	0.21 a	0.21 a	0.21 a	0.17 b
(μ mol/gfw • min)	TNG 67	0.25 a	0.25 b	0.33 a	0.29 a	0.13 b	0.22 a	0.23 a	0.22 a
Glu. Synthetase	Pegonil	2.38 b	2.64 a	2.42 a	2.29 a	1.90 a	1.28 b	1.18 b	1.03 a
(μ mol/gfw • min)	TNG 67	3.12 a	2.47 b	2.57 a	2.61 a	1.76 a	1.74 a	1.51 a	1.26 a
Proteinase	Pegonil	9.00 a	5.69 a	3.71 a	1.43 b	0.72 a	4.39 a	5.31 a	6.32 a
(μ mol/gfw • min)	TNG 67	7.17 b	4.87 a	4.28 a	2.54 a	0.92 a	1.83 b	1.18 b	2.03 b

* Means with the same letter within each column of an individual category are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

在葉片游離氨基酸濃度方面，品種間比較並無一定的變化趨勢，七十六年第二期作劍葉葉片在抽穗後14日內，Pegonil 品種的濃度均較臺農67號爲高，其後的表現相反（表 4）；兩品種第二葉葉片濃度在抽穗後14日內互有高低，之後仍以臺農67號較高（表 5）。七十七年第一期作整個穀粒充實期間，Pegonil 品種第二葉葉片游離氨基酸濃度或高於臺農67號，或與之相近（表 6），表現不同於七十六年之試驗結果。七十六年試驗回交品系 BC-5/F-5 劍葉離氨基酸濃度在抽穗後兩週內均較BC-6/F-4 爲高（表 4），但第二葉之濃度並無差異（表 5）；與臺農67號比較，劍葉部份互有高低，第二葉部份則頗爲相近。

抽穗後兩個與氮素代謝有關的酵素（GS 與GDH）活性變化資料列於表 4 — 6；比較七十六年二

期作臺農67號及 Pegonil 品種劍葉與第二葉之酵素活性，Pegonil 的 GDH 活性於抽穗期較低，抽穗後一週又較高，其後之差異不顯著（表 4 — 5）。七十七年一期作之第二葉片則未呈現此一趨勢，八次取樣分析結果除間以Pegonil略高外，兩品種的活性相似（表 6）。除抽穗期之外，兩個回交系統與臺農67號的GDH活性大多相同（表 4 — 5）。綜合而言，GDH 活性在不同粒型的兩個品種及兩個回交系統間的變異並無一定規則。

在Pegonil與臺農67號葉片GS活性的比較方面，七十六年二期作（表 4 — 5）與七十七年一期作（表 6）均有類似的表現，即臺農67號的活性於抽穗期及子粒充實後期較高，但在抽穗後 1 至 2 週期間，則或與Pegolni品種相同，或有偏低之趨向。回交系統 BC-5/F-5劍葉GS活性在抽穗期超過其他品種及系統，但在抽穗後 3 週則反以 BC-6/F-4略高。綜合兩個期作的試驗結果，就同一品種或系統而言，水稻葉片 GS 活性在抽穗後兩週內多維持於一定水準，變化不大，但在穀粒充實後期之降低極爲明顯；於品種及系統間比較，則未能顯示一定的趨勢。

七十七年第一期作測定Pegonil與臺農67號葉片 proteinase活性的結果列於表 6 ；此一分解蛋白質酵素之活性於抽穗期最高，之後明顯下降，於抽穗後再度上升，至成熟期爲止。品種間比較發現酵素活性多以 Pegonil 品種爲高，尤以充實後期的差異最爲顯著，在抽穗後21至26日間，Pegonil品種的活性在 5.31-6.32 μmol/gfw • min 之間，爲同一期間臺農67號活性（ 1.18-2.03 μmol/gfw • min）之三倍左右。

本試驗於七十七年第一期作同時以第二葉位葉片爲材料，利用解剖方式測定主脈與細脈數目，並測量維管束與篩管部位之面積，以期對不同粒重品種及系統的輸導組織有初步瞭解，所得結果列於表 7 。在葉片主脈數方面，以臺農67號之16.6個最多，Pegonil 與兩個回交系統較少，且後三者間差異不顯著。細脈數則以回交系統BC-5/F-6最多（53.4），Pegonil品種最少（48.6）。

在維管束面積方面 ，一個特點爲回交系統 BC-6/F-5最大 ，爲其他品種或系統之1.18～2.04倍（表 7），Pegonil品種與BC-5/F-6居次，臺農67號最小。篩管面積則以 BC-6/F-5最大，臺農67號仍然爲最小。至於篩管面積與維管束面積之比值，則以臺農67號與 Pegonil品種最高，介於0.314～0.364之間，維管束面積最大之BC-6/F-5反而最低（0.265），爲差異最明顯之處。

Table 7. Number and dimension of vascular bundle in the second leaf at 7 days after heading of rice varieties/strains differing in grain weight (1st crop, 1988)

Variety	Number of Vascular Bundle			Area (sq. mm) of		
	Major	Minor	Total	Bundle	Phloem	Ratio*
Pegonil	15.0 b**	48.6 c	63.6 b	0.0350 b	0.0110 b	0.314 ab
Tainung 67	16.6 a	49.6 bc	66.2 a	0.0228 c	0.0083 b	0.364 a
BC-5/F-6***	15.0 b	53.4 a	68.4 a	0.0395 b	0.0115 b	0.291 b
BC-6/F-5***	14.4 b	50.4 b	64.8 b	0.0465 a	0.0123 a	0.265 c

* Ratio of phloem area to total bundle area.
**Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.
***Backcross offsprings of Tainung 67×Pegonil.

討　論

大粒型水稻品種之穎果重雖然高達一般栽培品種之兩倍（表 1），但因分蘖數及一穗穎花數偏低

，產量遠不及一般品種，又因其他農藝性狀表現欠佳，並不具有經濟栽培價值[3]；但另一方面，如何增大積儲（穗部）容積以提高水稻產量潛能，亦爲學者所重視[27,28]。事實上，大粒型品種在生理表現方面有其特色[2]，如能深入瞭解，或仍有可供利用之價值。

有關不同粒重水稻品種株型（plant type）的報告甚少，本試驗由不同節位葉片形態的觀點，比較兩個大粒型與兩個中粒型品種的異同，發現相當顯著的差異。大粒品種（Mira）之劍葉較其他品種爲長，並具大最大劍葉面積；中粒型品種葉長自上向下遞增，至第三節位仍極明顯，大粒型品種第二、三葉雖長於劍葉，但相互間已無差異；此外，大粒種上位葉寬極顯著超過中粒品種，均顯示大粒品種上層植冠具較大葉面積與較高之相對葉面積密度（leaf area density），其田間透光率與光能利用效率（radiation use efficiency）受限於遮陰作用，應不利於產量表現[6,23]，此一推論並可由各節位葉面積占總葉面積之比例得到證明（表 2）。再由比葉重資料得知，中粒型品種各節位葉片比葉重相似或有向下遞增的趨勢（表 2），而大粒品種則明顯的自上向下遞減，亦即下位葉之光合成潛能較弱，在密植栽培條件下的產量將因有效葉面積不足而低落，對 Mira 品種而言，此一效應尤其顯著。

魏與劉[2]及魏等[3]均曾報告大粒型水稻品種葉片具有較高的氮素濃度，本試驗於不同節位葉片間進行分析，雖再次證明此一結論，但僅以Mira品種或劍葉的表現最爲明顯（表 2），Pegonil及臺農67號與臺農70號則以劍葉氮素濃度最高，並向下位葉逐漸降低，降幅以 Pegonil品種最大。由氮素濃度、比葉重及葉面積資料得知，大粒型品種下位葉片單位面積所含氮素量較低，受光度又差，依據 Sinclair and Horie[23]綜合多項報告所得結論，推測在羣落狀況下，大粒型品種的光能利用效率及光合速率必然不如中粒型品種。

水稻葉片葉綠素與可溶性蛋白質濃度與單葉光合作用速率有顯著的正相關關係[19]，也可用爲生理活性的指標[10]；本試驗之水稻在抽穗後一週內，大粒型品種劍葉葉綠素與可溶性蛋白質濃度高於中粒型品種（表 3－4），又經由比葉重與葉片氮素濃度資料（表 2）計算，大粒品種劍葉含氮量爲 1.4-1.9g/m^2，中粒品種爲1.0-1.1g/m^2，由於在0.13-1.6gN/m^{2}的範圍內，葉片光合作用速率與氮素含量呈正相關[23,31]，推測大粒型品種之劍葉可能亦具較高之單位葉面積光合成能力；與 Oritani *et al.*[19] 利用大、小葉水稻品種試驗，發現單葉面積大小與單位葉面積光合能力成反比之結果不同，可能爲使用材料有異所致。

上述不同粒型品種間葉綠素及可溶性蛋白質濃度在抽穗期的的差異，並未於第二與三葉內發現，而且至抽穗後二或三週，濃度反以中粒品種爲高，差異並多達極顯著水準（表 3－6），且大粒品種因分蘖數少而葉面積指數（LAI）較低，因此就全株而言，光合作用生產力應仍以中粒型品種爲高。

在本試驗中，葉片葉綠素與可溶性蛋白質濃度均以劍葉及抽穗後早期最高，下位葉及穀粒充實中、後期較低（表 3－6），此一現象固然爲老化（monocarpic senescence）的必然結果[15,17]，但與穀粒在充實過程中對氮素需求的積儲强度（sink strength）亦有密切相關，雖然 Sinclair and de Wit[22]曾指出，就配合光合物質生產的氮素需要量（N requirement for photosynthate production）而言，水稻遠低於其他主要作物，但穀粒充實期間源於葉片之氮素再轉移現象仍極明顯[26]；由於RuBP carboxylase（可溶性蛋白質最主要成分）及與葉綠素成複合體之蛋白質爲再轉移氮素首要來源[9]，同化能力因而大幅下降。大粒品種穀粒氮素濃度遠高於中粒型栽培品種[3]，復受粒重影響，對氮素的需求量較高，穀粒充實期間的葉片蛋白質分解可能較爲快速，影響生育後期之生理活性。

兩個回交後代之粒重雖明顯超過臺農67號，穀粒氮素濃度則與之相近（資料未列出），而其劍葉與第二葉在穀粒充實期間之葉綠素及可溶性蛋白質濃度變化，亦較接近臺農67號；應與回交系統均以臺農67號爲輪迴親育成有關，同時亦顯示粒重較高之品種或品系，也可能具有不同的氮素供需關係。

水稻於抽穗後開始老化過程，植株內經分解蛋白質而產生之氨基酸並不大量累積於葉片，主要轉

運至穗部[10]，本試驗中水稻葉片游離氨基酸含量以抽穗期最高，之後逐漸降低（表4－6），其含量與Yuan and Shien[33]的結果相同，變化趨勢與 Mae *et al.*[16]的結果相近；於品種間比較，七十六年第二期作在抽穗後兩週內，劍葉與第二葉之含量以大粒型品種 Pegonil較高，其後低於臺農67號，七十七年第一期作多以 Pegonil品種較高，兩期作的試驗結果並不完全相同，可能與穀粒充實速率以及氮素累積速率有關。

葉片內參與分解蛋白質而產生氨基酸的酵素（proteolytic enzyme）很多，proteinase不但僅爲其中之一[11]，而且與水稻老化葉片中蛋白質及游離氨基酸含量的關係並不明確[7,16]。表6資料顯示葉片 Proteinase 活性以抽穗時最高，於穀粒充實中期降低，後期又顯著上升，與 Mae *et al.*[16] Frith and Dalling[11]的報告相同，但此一後期活性上升的現象則尚難予以解釋。雖然葉片老化過程中proteinase的各種生化特性頗爲複雜，又牽涉其他水解酵素的共同作用[10]，不易判定其生理意義，但本試驗中水稻抽穗後18～26日間，Pegonil品種葉片 proteinase活性顯著上升，超過臺農67號三倍以上，而葉綠素及可溶性蛋白質的濃度却低於臺農67號（表7），仍然顯示穀粒充實後期Pegonil的生理活性較爲低落[11]，並且具有與臺農67號相異之氮素代謝。

Glutamine在氮素代謝作用中居於中心地位，本試驗亦探討兩個與其相關酵素的活性；在大、中粒型品種間比較，抽穗後兩週內GS活性高而穩定，其後明顯下降，降幅以Pegonil品種較大，其活性並顯著低於臺農67號；GDH 活性於穀粒充實期間雖亦略有下降趨勢，但幅度並不明顯，且於不同粒型品種間多無差異存在（表4－6）；Yuan and Shien[33]及Yuan[32]報告水稻葉片內兩個酵素活性具有期作性差異，本試驗則未發現此一趨向。Feller[10]曾經指出，在許多作物的老化過程中，葉片內GS活性下降，但剩餘活性仍足以將氨基酸分解所產生之NH_3再予同化，而 GDH活性則較穩定，甚至在老化後期會有上升現象，並認爲 GDH主要係參與 glutamate的分解，而非合成。本試驗第二期作接近成熟時，臺農67號與Pegonil品種劍葉GS活性仍高達抽穗期之58—79%，第二葉爲50～70%（表4－5），第一期作之第二葉爲40～43%（表6），顯示依然具有頗高之氮素同化能力，而臺農67號的表現又優於Pegonil；同一期間GDH活性僅爲GS活性之20%以下，因此不論GDH在水稻穀粒充實後期的主要作用爲合成或分解glutamate，應不爲影響氮素代謝的主要酵素。

造成臺農67號與 Pegonil 品種老化過程中氮素代謝差異的機制爲何，猶待探討；Cheng and Kao[7]以水稻幼苗爲材料，認爲自根部產生之 cytokinins 可對葉片生理活性產生作用，但是 Ray and Choudhuri[21]則假設生殖生長期間以養分自葉片轉運至穀粒的影響最大；本試驗並未進行與植物荷爾蒙有關之分析，但由於大粒型品種Pegonil具有較高的穀粒充實速率[1]，以及較高的粒重與穀粒氮素濃度，亦即積儲對氮素具有强烈需求，極可能在全株氮素供需不平衡的情況下，對氮素代謝造成影響。

於第一期作水稻抽穗一週後，調查第二葉片最寬處主脈與細脈數目之結果顯示，臺農67號主脈數多於Pegonil，細脈數相近，總數則較多，回交系統 BC-5/F-6 亦有較高之細脈與總脈數（表7）。品種間葉片或莖部脈數的變異，於水稻[18]、小麥[4]、大麥[12]燕麥[13]均曾有報導，並被認爲經由影響輸導能力而與乾物質累積有關；單就此一觀點而言，臺農67號優於大粒品種 Pegonil。另一項有關輸導能力的因子爲篩管面積，臺農67號每一篩管面積較 Pegonil低35%，而總脈數僅多4%，因此篩管總面積遠不如Pegonil品種，依據Peterson *et al.*[20]的解釋，輸導能力亦可能較低。

另一方面，臺農67號上位葉片恆窄於Pegonil，如計算葉脈頻度（vein frequency，即單位葉寬所含脈數），則又以臺農67號較高。Crookson and Moss[8]比較十個C_3型與十個C_4型作物的脈間距離（interveinal distance），發現C_3型作物平均爲 0.27mm，脈間葉肉細胞數爲9～15個，C_4型作物平均爲0.11mm，脈間葉肉細胞數僅爲2個，推論與C_4型作物之高輸導效率及高光合作用能力有關；依據此項假說，則Pegonil品種的表現又可能優於臺農67號。

由於決定輸導能力的三個因素爲篩管面積（phloem area）與被轉運物質的濃度（concentra-

tion）及速度（velocity），相互間又可能有交感作用[20]，頗爲複雜；此外，在燕麥中發現維管束性狀與許多產量構成要素相關，但與粒重間則無一定關係存在[13]，因此研究維管束性狀雖然極具意義，但如欲藉此判別大粒型品種 Pegonil與中粒型品種臺農67號的輸導能力差異及與粒重或產量間的關係，仍需更廣泛深入的研究予以證明。唯本試驗發現臺農67號篩管面積與維管束面積之比值高達0.364，較其他品種及系統高14～28%，而兩個回交系統之維管束面積顯著超過親本品種，其中 BC-6/F-5之面積更高達0.0465mm²，較親本品種高25～51%，顯示有雜種優勢存在，與 Malik *et al.*[18] 的報告相符，可能爲有利用價值的生理性狀，值得再予深入探討。

引用文獻

1. 周煒裕。1983。水稻穀粒大小之充實特性與遺傳之研究。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。臺中市。
2. 魏夢麗、劉大江。1986。去葉處理與栽培密度對大粒型水稻品種產量表現的影響。中華農業研究 35：413—423。
3. 魏夢麗、郭益全、劉大江。1988。水稻粒重變異與產量及相關生理性狀間關係之研究。中華農學會報 142：26—41。
4. Altus, D. P. and M. J. Canny. 1982. Loading of assimilates in wheat leaves. I. The specialization of vein types for separate activities. Aust. J. Plant Physiol. 9 : 571-581.
5. Antonielli, m., G. F. Soldatini, M. Lupattelli and G. Venanzi. 1982. A comparison of the metabolism of the ear and accompanying organs in *Zea mays* L. II. Ammonia assimilating enzymes and free amino acid pool . Z. Pflanzenphysiol. Bd. 108 : 49-55.
6. Causton, D. R. and J. C. Venus. 1981. The Biometry of Plant Growth Analysis. Edward Arnold, London. pp. 16-64.
7. Cheng, S. H. and C. H. Kao. 1984. The role of proteolytic enzymes in protein degradation during senesence of rice leaves. Physiol. Plant. 62 : 231-237.
8. Crookston, R. K. and D. N. Moss. 1974. Interveinal distance for carbohydrate transport in leaves of C_3 and C_4 grasses. Crop Sci . 14 : 123-125.
9. Dalling, M. J. 1985. The physiological basis of nitrogen redistribution during grain filling in cereals. In: Exploitation of Physiological and Genetic Variability to Enhance Crop Productivity (J. E. Harper, L. E. Schrader and R. W. Howell, eds.). Amer. Soc. Plant Physiol., Rockville, MD.
10. Feller, U. 1986. Proteolytic enzymes in relation to leaf senescence. In: Plant Proteolytic Enzymes (M. J. Dalling, ed.). Vol. II. CRC Press, Boca Raton, Florida.
11. Frith, G. J. T. and M. J. Dalling. 1980. The role of peptide hydrolases in leaf senescence. In:Senescence in Plants (K. V. Thiamann, ed.). CRC Press, Boca Raton. Florida.
12. Hanson, J. C. and D. C. Rasmusson. 1975. Leaf vein frequency in barley. Crop Sci. 15 : 248-251.
13. Housley, T. L. and D. M. Peterson. 1982. Oat stem vascular size in relation to kernel number and weight. I. Controlled environment. Crop Sci. 22 : 259-263.
14. Lowry, W. M., N. J. Rosebrough. A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193 : 265-275.
15. Mae, T., A. Makino and K. Ohira. 1983. Changes in the amount of Ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase synthesized and degraded during the life span of rice leaf (*Oryza sativa* L.), Plant & Cell Physiol. 24 : 1079-1086.
16. Mae. T., T. Hoshino and K. Ohira. 1985. Proteinase cativities and loss of nitrogen in the senescing leaves of field grown rice (*Oryza sativa* L.). Soil Sci. Plant Nutr. 31 : 589-600.
17. Makino, A., T. Mae and K. Ohira. 1984. Relation between nitrogen and Ribuloes-1, 5-bisphos phate carboxylase in rice leaves from emegence through senescence. Plant & Cell Physiol.

25 : 429-437.

18. Malik, S., R. Robles, A. Aguilar and B. S. Vergara. 1988. Rice heterosis for panicle branching, spikelet number and vascular bundle number. Intl. Rice Res. Newsl. 13(3) : 8. Intl. Rice Res. Inst., Los banos, Philippines.
19. Oritani, T., T. Enbutsu and R. Yoshida . 1979. Studies on nitrogen metabolism in crop plants. XVI. Changes in photosynthesis and nitrogen metabolism in relationa to leaf area growth of several rice varieties. Japan J. Crop Sci. 48 : 10-16.
20. Peterson, D. M., T. L. Housley and T. M. Luk. 1982. Oat stem vascular size in relation to kernel number and weight. II. Field environment. Crop Sci. 22 : 274-278.
21. Ray, S. and M. A. Choudhuri. 1981. Mobilization of metabolites from leaves to grains as the cause of monocarpic senescence in rice. Plant Physiol. 68 : 1345-1348.
22. Sinclair, R. R. and C. T. de Wit. 1975. Comparative analysis of photosynthate and nitrogen requirement in the production of seeds by various crops. Science 189 : 565-567.
23. Sinclair, T. R. and T. Horie. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: A review. Crop Sci. 29 : 90-98.
24. Streit, L. and U. Feller. 1982. Changing activities of nitrogen-assimilating enzymes during growth and senescenece of dwarf beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Z. Pflanzenphysiol. Bd. 108 : 273-281.
25. Sung, J. M. 1987. Enzymatic changes during the senescence of field grown rice. J. Agri. Assoc. China 139 : 8-16.
26. Thom, W. O., T. C. Miller and D. H. Brown. 1981. Foliar fertilization of rice after midseason. Agron. J. 73 : 411-414.
27. Venkateswarlu, B., B. S. Vergara and R. M. Visperas. 1988. Influence of photosynthetically active radiation on grain density of rice. Crop Sci. 27 : 1210-1214.
28. Wei, M. L., Y. C. Kuo and D. J. Liu. 1984. Physiological studies of rice tillers. II. Productivity of varieties differing in grain volume. J. Agri. Res. China 33 : 12-23.
29. Wintermans, J. F. G. M. and A. de Mots. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls and their pheophytins in ethanol. Biophys. Acta 109 : 448-453.
30. Yemm, E. W. and E. C. Cocking. 1955. The determination of amino acids with ninhydrin. Analyst. 80 : 209-213.
31. Yoshida, S. and V. Coronel. 1976. Nitrogen nutrition, leaf resistance, and leaf photosynthetic rate of the rice plant. Japan Soc. Soil Sci. Plant Nutr. 22 : 207-211.
32. Yuan, H. F. 1982. Seasonal variations in biosynthesis of amides during rice growth. Bot. Bull. Academia Sinica 23 : 1-25.
33. Yuan, H. F. and Y. S. Shien. 1980. Seasonal variations of nitrate reductase, glutamate dehydrogenase and the soluble nitrogenous compounds during rice growth. Bot. Bull. Academia Sinica 21 : 35-52.

Comparison of Leaf Morphology and N Metabolism Among Rice Genotypes Differing in Grain Weight[1]

M. L. Wei, F. C. Chang and D. J. Liu[2]

Summary

A medium-grain variety, Tainung 67 , a large-grain variety, Pegonil, and two each of their BC_5 and BC_6 offsprings with caryopsis weight about 28.5mg were used to study morphological, vascular, and N metabolism characters in their leaves. The purpose of this study was to clarify the mechanism governing the difference in photosynthesis and N metabolism among rice genotypes differing in grain weight. Compared to the large-grain Pegonil, leaf length of Tainung 67 increased significantly from upper to lower node positions, and decrease in leaf width was less significant, indicating higher light transmission ratio within canopy and hence a possible higher photosynthetic rate. Concentrations of leaf N and soluble protein at heading was higher for Pegonil, however, the decreases thereafter was also significant. A higher rate of senescence and loss of physiological activities were therefore suggested. Activity of glutamine synthetase decreased after heading, and it was higher for Tainung 67 as the plants approached maturity. On the other hand, proteinase activity of Pegonil was three times higher than that of Tainung 67. It was thus concluded that the capacity of N assimilation was higher for Tainung 67 during the grain-filling period. The two backcross offsprings performed similar to Tainung 67 in terms of changing concentrations of N-containing compounds and N assimilation ability after heading, as no effect of grain-weight was observed in these genotypes. Tainung 67 was high in total vein number and vein frequency, but lower in phloem area than Pegonil. The data obtained failed to assess difference in vascular capacity between the two varieties. However, the highest phloem to vascular area ratio and heterosis in vascular area found in the two backcross offsprings are considered as superior physiological characters which might be of value for future variety improvement.

[1] Contribution No. 1469 from Taiwan Agricultural Research Institute. This research was supported in part by a grant from Council of Agriculture, Executive Yuan, Republic of China.

[2] Respectively, Research Assistant, Research Assistant and Senior Agronomist, Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）38(3)：291～305（1989）

期作對青割玉米生長與收穫適期之影響[1]

謝光照[2]　盧煌勝[2]　劉孔生[2]　何千里[2]　呂宗佳[3]

摘要　本研究以三個不同成熟期之玉米品系，臺南白（早熟）、E47（中熟）及 H41（中晚熟），自民國76年秋至77年春，在農試所進行春、秋、裡等三期作之試驗，以探討期作對青割玉米生長及收穫適期之影響。試驗結果摘要如下：

1.期作間在吐絲期、株高、單株葉面積、成熟期百粒重、直線生長速率、有效充實期及全株乾重等性狀均爲差異極顯著。品種間及品種×期作交感效應在多數性狀亦是差異互見。

2.同時考慮青割鮮草量、乾草量、含水率、果穗百分比及總營養消化率，臺灣中部地區春、秋、裡作玉米青割適期分別爲吐絲後21—28天、28—35天及50—60天爲宜。

3.性狀間之相關性顯示：子粒含水率可作爲整株含水率之判定標準，並提供青割適期另一方便且可靠之依據。

作物的產量是一個相當複雜的性狀，它同時受許多遺傳與環境因子的控制。氣候環境因子中對作物生長影響最直接的爲溫度與日照，Hunter *et al.*[17] 報告指出，玉米植株平均每日乾物質生產量，以在較長日照下較多，主要是由於每株有較大的葉面積，可增加光合產物的製造；在較低溫度下，玉米子粒產量則大，主要是子粒充實期之時間增長及開花後有較高比例的乾物質累積在子粒所致；較長日照及較低溫度的聯合運作下，植株最後的乾物重及子粒產量均達最大。一般玉米供源（source）的大小是由單株葉面積與光合作用速率所共同組成，而供源的大小，會受溫度高低及日照長短所影響。Landi and Cunti[21] 指出，玉米生長於 20°C 以下的溫度植株葉面積會減少。Wilson *et al.*[36] 則有溫度升高會增加玉米單株葉面積之研究結果。Coligado and Brown[8] 發現同時增加溫度及光週期（日照長度），會增加玉米單株葉片數。而根據 Russell and Stuber[29] 報告，對玉米總葉片數之影響，光週期小於溫度。Warrington and Kanemasu[34] 認爲玉米植株的葉片數隨品種而異，主要受溫度、光週期影響；溫度對葉片數的反應爲曲線的；而日照長度對葉片數的反應，則爲日長增加葉片數亦隨之增加。

玉米子粒的生長受積儲（sink）的大小與積儲活性所共同作用。Hunter *et al.*[17], Breuer *et al.*[4] 等認爲，子粒充實期的長短主要受溫度影響。而 Jones *et al.*[19] 則發現，溫度對玉米子粒充實速率及子粒充實期具有很大的影響，子粒充實期常因溫度升高而縮短。盧[2] 以臺農 351號及臺南11號爲材料，進行不同期作下光合產物供源、積儲和營養要素的分配與玉米產量的關係研究，指出臺灣中部裡作玉米適值低溫，單株葉面積較小，限制了玉米供源及積儲強度之發揮，而使其乾物產量最低，一般臺灣中部裡作生物產量的限制因子主要爲供源不足；春作玉米營養生長期之溫度與日照強度不高，而生殖生長期則有明顯之升高，在此種環境下，葉部發育良好，單株葉面積大，但因植株老化快速而使葉片持續期（LAD-leaf area duration）值低，供源強度亦因而降低，又因高溫而縮短子粒

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1470 號。

2.本所農藝系助理研究員、副研究員、副研究員、助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.國立宜蘭農工專科學校園藝科教授。臺灣省　宜蘭市。

充實期，積儲强度亦因有效充實期 (EFPD-effective filling period duration) 縮短而減少，故春作子粒產量主要限制因子爲供源不足及積儲之持續期過短；秋作營養生長期的溫度、日照均高而生殖生長期則均低，因此不僅有利於葉片之發育，且有利於其功能之維持，並能延長子粒充實期，故秋作 LAD 值相當高，約爲裡作二倍，雖因低溫低日照使淨同化速率 (NAR-net assimilation rate) 值較低，但其供源强度潛能極高，子粒的發育不僅粒數多，且有足够充實期使其百粒重亦高。秋作玉米在子粒達生理成熟時，尙有半數的葉片維持綠色，顯示仍有供源可資利用，故子粒積儲能力不够或爲秋作玉米子粒產量之主要限制因子。

有關青割玉米整株乾物質產量、品質與收穫期整株含水率、子粒含量、子粒含水率、可消化性總乾物重等之關係研究報告頗多。Fairey [14]、Phipps and Weller [25]、Daynard and Hunter [12] 指出，當收穫期延後時，莖葉、苞葉與穗軸的可消化性百分比減少，但整株產量的子粒比例增加部分則具有互補作用，以維持整株固定之可消化性物質，因此收穫期早晚對整株乾物重的可消化性百分率影響極小。Daynard and Hunter [12] 就八個雜交種的試驗結果顯示，當玉米整株達最大乾物質產量時，其整株含水率爲66—70%，相對的子粒含水率爲45—50%，子粒含水率與整株的乾物質產量、子粒乾物質產量、整株含水率之二次迴歸係數均爲極顯著值。Hume and Campbell [16] 認爲，玉米整株乾物質達最大時，子粒的產量可達最大，此一時段，碳水化合物可重新代謝，由莖稈轉移至子粒，但地上部整株的乾物質並未增加，這一段過渡期約爲 3 週或更長。Cummins [11]、Caldwell and Perry [7] 發現，玉米整株具有最大乾物質產量時，其整株的含水率約在 65—67%。Daynard and Hunter [12] 也得到類似的結果，玉米整株含水率降至65—68%時，可減少在貯藏時因醱酵造成汁液的流失，並可獲得最大乾物質產量及飼養值 (feeding value)，因而建議當玉米子粒含水率在 45% 時，其整株含水率約爲 65—68%，收割可獲得最大的乾物質產量，且最適作青貯料。Phipps and Weller [25] 指出，玉米整株含水率達75%時或之前，整株可得最大乾物質產量。Rutger [30] 則認爲當整株含水率在50—65%時，整株的乾物質產量最大。Ledrew *et al.* [22] 相信，玉米在達最大乾物質產量時，其玉米整株含水率與玉米成熟所需的熱量 (CHU-corn heat unit) 之間的相關不顯著，即在獲得最大總乾物質時之整株含水率，不受雜交種的成熟速率 (maturity rating) 所影響；而獲得最大總乾物重時之子粒含水率，則受玉米品種的成熟速率及整個生長季熱量的累積 (seasonal-CHU accumulation) 所影響。

McAllan and Phipps [23] 報告中指出，玉米整株與穗的乾物重隨成熟時間之增加，呈穩定性的增加；莖及稈之乾物重却隨時間之增加而減少。而植株各部位，在整個生長季節，其纖維素含量 (cellulose content) 並沒有明顯的增加。Cummins [11] 以爲，玉米整株鮮重隨成熟度之增加而減少，而總乾物質產量隨成熟度之增加而增加，然後呈現下降現象；其中果穗乾物重隨成熟度一直增加至糊熟期 (dough stage)，然後維持一定；莖稈乾物重隨成熟度之增加呈下降現象，至糊熟期而維持穩定現象；葉片乾物重一般隨成熟度之增加而下降；報告中同時指出，玉米果穗的可消化性物質含量 (IVDDM-in vitro digestible dry matter)，隨成熟度的增加而增加，然後持平至糊熟期值達到最大；葉片中 IVDDM 一般隨成熟度之增加而減少；莖稈中的 IVDDM，當水份供應充足時，隨成熟度之增加而增加。Bryant *et al.* [5]、Byer and Ormiston [6]、Johnson and McClure [18] 等人均曾發現，玉米青貯料的品質隨成熟度之增加而增加，至糊熟期爲最大。Roth *et al.* [28]。指出；玉米果穗／莖葉比值與可消化性的乾物質百分比呈正相關，表示果穗比例越高其 IVDDM 越高。Fairey [13] 試驗證實，青割玉米品質受收穫時期的乾物質含量及子粒含量所影響。Wilkinson [35] 認爲青貯料中過多水分會減少動物的消化能力，特別是乾物質低於30%時。Waldern [33] 與 Schmid *et al.* [31] 確信，整株玉米的青貯料內子粒百分率或果穗含量與乳牛、乳羊每天的產乳量呈正相關。Phipps *et al.* [25] 報告指出，玉米子粒含量不同的兩種青貯料 (silage)，其可消化性的乾物質百分比並有顯著差異存在；但高子粒量青貯料在貯藏期間喪失較少的水溶性碳水化合物 (water-soluble

carbohydrate）。當牛餵以高子粒的青貯料時，比餵以低子粒的青貯料可產生更多的牛奶，且其脂肪含量較低。Thomson and Rogers[32] 認爲，當玉米青貯料具有較高的子粒含量時，其價值一般較高。Csermely and Maykuth[10] 相信，青割玉米採收的適當時期爲子粒含水率36—42%，亦是整株含水率60—65%之際。Keiser[20] 報告指出，玉米子粒用手指擠壓沒有乳狀液流出時（糊熟期），即爲青割玉米適當收割期。許等[1] 之試驗結果建議，本省青割玉米應以秋季種植爲宜，以臺農351號及南改育47號爲例，春作在吐絲後21—28天收割，秋作在吐絲後35—45天收割爲宜。

以青割玉米作成的青貯料或青飼料（forage），是一種嗜口性（palatability）佳且營養價值頗高的芻料，故有芻料之王（king of forages）之稱。其用來餵飼乳牛，更可提高泌乳量及乳脂率。目前政府正大力推行稻田轉作計畫，玉米是主要推薦作物之一，青割玉米自播種至收穫可完全機械化操作，在降低生產成本及解決農村勞力不足問題上，均較其他轉作作物有利。推廣青割玉米不但可加速稻田轉作計畫之推展，同時更可促進本省乳牛、肉牛事業之蓬勃發展。玉米產量易受栽培環境的影響，臺灣氣候雖然終年適合栽培玉米，但春、秋、裡作栽培環境各異，玉米究竟應於何時收割以供青貯最爲適宜？在推廣之初，宜予充分瞭解。本試驗目的即在探討：㈠不同期作（春、秋、裡）環境下，對青割玉米生長之影響；㈡期作對青割玉米收穫適期之影響。本研究結果將提供青割玉米收穫適期，以爲玉米青飼與青貯利用之參考。

材料與方法

供試的三個品系，包括早熟型的臺南白、中熟型的 E47（SW658×B77）、及中晚熟型的 H41（SW646×Hi31）。臺南白爲一天然混交種，約於70年之前自日本引進；E47 及 H41 分別爲農試所育成單交青割玉米品系。此三品系分別於秋作、裡作及春作於農試所霧峰本所進行試驗。三個期作之田間試驗均採逢機完全區集設計，四重複，六行區，行長 5m，行株距 70×25cm，兩粒播，每穴最後僅留一株，公頃株數57,000株。肥料施用量 $N : P_2O_5 : K_2O = 150 : 90 : 60$ kg/ha。80 kg N、全量 P_2O_5 及 K_2O 於播種時當基肥一次施用，另外 70 kg N 於中耕培土時作爲追肥施用。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。春、秋、裡作之播種期分別爲1988年2月21日、1987年8月21日及1987年10月5日。

取樣方法及調查項目依試驗目的之不同分成二個部分：試驗第一部分主要是針對期作對玉米生長之影響進行研究，生育期間調查性狀包括吐絲期、株高、單株葉面積、葉片數、成熟期的百粒重、直線生長速率、有效充實期及成熟期5株全株乾重等。試驗第二部分爲期作對青割玉米收割適期之影響，春秋作區溫度較高，於玉米吐絲後21天進行第一次取樣，以後每隔一週取樣一次；裡作爲吐絲後30天進行第一次取樣，以後每隔10天取樣一次。春、秋、裡作均取樣至子粒成熟爲止。每一取樣時期分別調查下列性狀：5株全株鮮重、5株全株乾重、果穗百分比、整株含水率、子粒含水率及總營養消化率。以上各項性狀調查方法詳列如下：

（1）吐絲期（days to silking）：由播種日起至小區中50%植株雌穗開始吐絲所需之日數。

（2）株高（plant height）：爲每小區逢機選取10株，由地表至雄穗主軸頂端之平均高度，以 cm 表示。

（3）單株葉面積（leaf area per plant）：每小區逢機選10株，由頂端往下數第八片葉的長度與最寬度的乘積，再乘以0.75及9.39，所獲得的 cm^2 數值之平均數[24]。

（4）葉片數（leaf number）：每小區於吐絲後逢機選10株，計算每株總葉片數之平均數。

（5）成熟期的百粒重（100-kernel weight）：10穗脫粒，逢機取100粒種子，秤其重量，以 g 表示之。

（6）直線生長速率（LGR-linear grain filling rate）：由子粒充實期，每一取樣時期所測之子粒重，求直線充實期間，充實日數與子粒重之直線迴歸方程式，其迴歸係數值即爲LGR（mg

/kernel-day)[3]。

（7）有效充實期（EFPD-effective filling period duration）：最大子粒重/LGR，以 day 表示[3]。

（8）成熟期5株全株乾物重（five plant dry weight at maturity）：於成熟期逢機取5株，在 70°C 下烘乾5天後秤其乾重以 g 表示。

（9）5株全株鮮重（five-plant fresh weight）：每小區逢機選取5株，由地表割下，秤其整株鮮重以 kg 表示。

(10) 5株莖葉乾重（five-plant stover dry weight）：第(9)之樣品，將各部位分離後，在 70°C 下烘乾5天後秤取莖葉乾重，以 g 表示。

(11) 5株全株乾重（five-plant dry weight）：爲5株莖葉乾重加5株果穗乾重，以 g 表示。

(12) 整株含水率（whole-plant moisture content）=100×（5株全株鮮重－5株全株乾重）／5株全株鮮重。

(13) 果穗百分比（ear percentage）：果穗乾重／整株乾重。

(14) 子粒含水率（kernel moisture content）：由果穗削下部分子粒，秤其鮮重，於 70°C 下進行5天烘乾，然後秤其乾重；每一取樣時期之子粒含水率 =100×（子粒鮮重－子粒乾重）／子粒鮮重。

(15) 總營養消化率（TDN%-total digestable nutrient percentage）：青割玉米 TDN 測定法比照美國 Pioneer 種子公司推廣手册使用方法進行估算，其法於植株收割時，全株烘乾，以下列公式求得。

TDN% =100×〔（莖葉乾物重 ×0.582）+（果穗乾物重 ×0.85）／（莖葉乾物重+果穗乾物重）〕

統計分析方面，調查資料依試驗目的之不同，進行個別之綜合變方分析，試驗第一部分將季節列爲主區，品系爲副區；試驗第二部分將品系列爲主區，取樣時期列爲副區。兩個部分均作平均值差異顯著性比較，試驗第二部分則另加相關係數表。

結果與討論

本試驗期間之月平均溫度與月總日照時數的變化情形列如圖1。由圖可知，秋作玉米生育期間（1987.8.21—1987.12.31），月平均溫度由 29°C（八月）逐漸下降至 17°C（十二月）左右，而每月總日照時數呈波浪變化。裡作玉米生育期間（1987.10.5—1987.3.31），月平均溫度由 25°C（十月）逐漸下降至 17°C（十二月），然後維持 18°C 左右至三月，而每月總日照時數也呈現下降現象。春作玉米生育期間（1988,2.24—1988.7.31），月平均溫度由 18°C 逐漸回升至 29°C（七月），月總日照時數也由140小時升至240小時。不同期作由於溫度及日照的變化互異，所以對玉米生長的影響也有所不同。春秋作玉米生長期間氣溫較高，玉米生長快，子粒成熟也快，故春作於吐絲後21天，每隔一週即取樣一次；裡作生育期間，正爲溫度下降，子粒生長較慢，於吐絲授粉後30天開始取樣，然後每隔10天取樣一次。由播種至子粒完全成熟所需日數，裡作最長秋作至短。

I 期作對青割玉米生長之影響：

期作間之吐絲期、株高、單株葉面積、成熟期百粒重、直線生長速率、有效充實期、成熟期5株全株乾重，均爲差異極顯著，而僅植株葉片數並無明顯差異。品系間之吐絲期、單株葉面積、葉片數、成熟期百粒重、直線生長速率、有效充實期等亦均達極顯著差異；而株高、成熟期5株全株乾重等性狀，在品系間則沒有差異存在。期作與品系的交感作用，在吐絲期、單株葉面積、葉片數、成熟期百粒重、直線生長速率、有效充實期等性狀，均爲顯著效應（表1）。

由於大多數性狀在期作間、品系間及期作×品系間有相當大之差異，因此特將之個別比較於表2

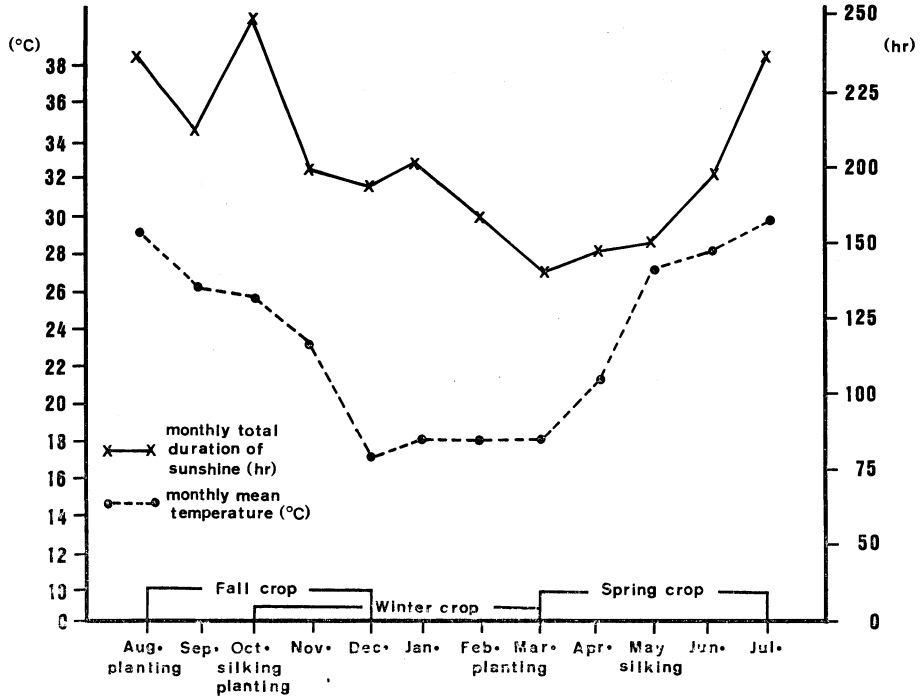


Fig 1. Monthly mean temperature and total duration of sunshine at Wufeng (Taichung) area from August 1987 to July 1988.

Table 1. Combined ANOVA for seven characteristics of three forage varieties of maize grown in spring, fall and winter crop seasons.

Source of variation	df	Mean Squares							
		Days to silking (day)	Plant height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Leaf number (number)	100-kernel weight (g)	LGR (mg/kernel-day)	EFPD (day)	Five-plant dry weight at maturity (g)
Blocks	3	0.74*	52.91	265,953.73	0.48	1.93	1.01	11.85*	35,761.92
Crop seasons	2	2,665.02**	11,005.36**	15,374,142.86**	1.12	49.59**	5.76**	152.14**	311,547.01*
Error (a)	6	0.10	77.13	88,583.56	0.50	3.30	0.50	2.23	39,651.33
Varieties	2	16.02**	213.52	1,035,164.36**	3.20**	387.69**	19.14**	171.14**	9,974.65
Varieties × Crop seasons	4	6.02**	194.31	611,067.56*	4.07**	11.36*	5.90**	85.70**	55,293.05
Error (b)	18	0.62	86.98	157,230.64	0.27	3.38	0.50	11.09	37,238.64

*, **Significant at the 5% and 1% probability levels, respectivelv.

、3及4。在表2，對吐絲期而言，春作所需的日數最多（78.75天），此乃由於播種之初及早期營養生長期正值低溫，所以發芽及生長較慢。裡作吐絲期（55.75天）顯著遲於秋作（50.83天）。秋作及裡作在播種及早期的營養生長均爲高溫，生長快速，所以由播種至吐絲期遠較春作短。株高方面以春作（279cm）最高，而秋作、裡作間並沒有差異存在。單株葉面積在期作間之差異情形與株高完全一致。顯示在玉米植株營養生長期，高溫會增加單株葉面積，而低溫則會減少單株葉面積。此與 Wilson *et al.* [36] 研究結論相符。對葉片數而言，春秋裡作之間均無顯著差異。Coligado and Brown [9] 曾經發現，同時增加溫度及日照長度會增加玉米單株葉片數，本研究結果與其結論似乎稍有不同。玉米植株的葉片數頗受溫度及光週期之影響，然而，參試品種不同，品種間對溫度、光週期的反應不一，此亦可能是試驗結果不一致的原因之一。成熟期百粒重，以裡作居首，秋作及春作相近。子粒生長速率則爲秋作大於裡作及春作；裡作、春作間並沒有顯著差異。有效充實期以裡作之 38.51 天最長，其次爲春作36.02天、秋作31.49天。子粒重的大小受直線生長速率與有效充實期聯合控制，而直線生長速率與有效充實期不僅受溫度影響，同時也受總日照時數所左右。一般而言，增高溫度，子粒充實期常因而縮短；增加日照時數亦會增加子粒充實率與縮短子粒充實期 [4,17,19]。成熟期5株全株乾重，春作及裡作同時高於秋作，此乃因爲春、裡作的生育日數較長，乾物質產量較多；而秋作由播種至子粒成熟之生育日數較短，乾物質產量較少所致。品系間比較（表3），吐絲期最短者爲臺南白，E47 與 H41 間沒有差異。三個參試品系之株高介於 240-248cm 之間，其中僅 E47略高於臺南白。葉面積與葉片數均以 E47 最大，而臺南白與 E47 間則無顯著差異。成熟期百粒重，品系間差異互見，依序爲臺南白 >H41>E47。子粒直線生長速率在基因型間變異頗大 [9,27]，本試驗中臺南白 >E47>H41。H41及臺南白之有效充實期同時顯著高於 E47。

Table 2. Varietal means for seven characteristics in three crop seasons.

Crop seasons	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Leaf number (number)	100-kernel weight (g)	LGR (mg/kernel-day)	EFPD (day)	Five-plant dry weight at maturity (g)
Spring	78.75a*	279.00a	7,466.91a	14.24a	32.95b	9.28b	36.02b	1,531.03a
Fall	50.83c	229.08b	5,375.83b	14.08a	33.52b	10.63a	31.49c	1,231.67b
Winter	55.75b	224.33b	5,670.33b	13.65a	36.72a	9.66b	39.51a	1,484.67a

*Means with the same letter within each column are not significantly different at $LSD_{0.05}$.

Table 3. Crop seasonal means for seven characteristics of three forage varieties of maize.

Varieties	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Leaf number (number)	100-kernel weight (g)	LGR (mg/kernel-day)	EFPD (day)	Five-plant dry weight at maturity (g)
Tainan white	60.50b*	240.66b	5,925.33b	13.59b	40.69a	11.22a	36.69a	1,446.75a
E47	62.08a	248.83a	6,496.33a	14.57a	29.65c	9.63b	31.07b	1,389.70a
H41	62.75a	242.91ab	6,091.41b	13.80b	32.85b	8.72c	38.25a	1,410.92a

*Means with the same letter within each column are not significantly different at $LSD_{0.05}$.

進一步比較相同品系或不同品系間在各期作下之表現（表 4），吐絲期、株高、葉面積、葉片數均以春作之 E47 及 H41 居首。百粒重以春、秋、裡作之臺南白最高。直線生長速率也以臺南白在秋作及裡作最大。有效充實期以裡作之 H41 及春作之臺南白最長。5 株全株乾重除秋作之 E47及 H41 稍低外，其餘則相近。就本試驗而言，春作玉米在吐絲後35天，除中晚熟型的 H41之植株尚爲綠色外，臺南白及 E47兩品系之植株則均已枯乾。秋作玉米在吐絲後42天，臺南白植株已枯乾，H41尚有半數葉片呈綠色，E47 苞葉已乾，但植株大部分葉片仍爲綠色。裡作玉米在吐絲後70天，臺南白植株已完全枯乾，E47 爲植株部分枯乾，而 H41 植株葉中大部分還是綠色。此種現象在期作間，品系間，以及期作×品系交感效應間差異依然十分明顯。

Table 4. Means for seven characteristics of three forage varieties of maize grown in three crop seasons.

Crop seasons and varieties		Days to silking (day)	Plant height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Leaf number (number)	100-kernel weight (g)	LGR (mg/kernel-day)	EFPD (day)	Five-plant dry weigh at maturity (g)
S	Tainan white	78.00b	272.25b	7,068.50b	12.60e	39.92a	9.64bc	41.61ab	1,538.10a
	E47	78.75ab	278.50ab	7,630.50ab	15.07a	29.34e	10.37b	28.37e	1,431.85ab
	H41	79.50a	286.25a	7,701.75a	15.05a	29.60de	7.86d	38.08bc	1,623.15a
F	Tainan white	48.00f	224.25d	5,308.75de	14.05bc	40.52a	11.88a	34.17cd	1,374.28ab
	E47	52.25e	238.75c	5,901.00c	14.65ab	27.29e	9.70bc	28.30e	1,167.32b
	H41	52.25e	224.25d	4,917.75e	13.55cd	32.75c	10.32b	32.00de	1,153.42b
W	Tainan white	55.50cd	225.50cd	5,897.00cd	14.12bc	41.65a	12.15a	34.31cd	1,427.88ab
	E47	55.25d	229.25cd	5,957.50c	14.00bc	32.33cd	8.83cd	36.56cd	1,569.95a
	H41	56.50c	218.25d	5,156.50e	12.82de	36.20b	8.01d	44.69a	1,456.20a

*Means with the same letter within each column are not significantly different at $LSD_{0.05}$.
S: spring, F: fall, W: winter.

Ⅱ.期作對青割玉米收穫適期之影響：

（A）春作：

春作七項性狀之變方分析列如表 5。品系間僅 5 株整株鮮重一個性狀達顯著差異。取樣時期在 5 株整株鮮重、整株含水率、莖葉乾重、果穗百分比、子粒含水率及 TDN% 等六個性狀均爲差異達顯著以上。品系×取樣時期交感效應，在所有性狀，則均爲差異不顯著。

Table 5. Combined ANOVA for seven characteristics of three forage varieties of maize grown in spring crop season.

Source of variation	df	Mean squares						
		Five-plant fresh weight (kg)	Five-plant dry weight (g)	Whole-plant moisture content (%)	Five-plant stover dry weight (g)	Ear percentage (%)	Kernel moisture content (%)	TDN (%)
Blocks	3	0.1963	41,571.52	19.56	40,899.56	28.69	2.282	1.9133
Varieties	2	1.6577*	35,954.20	27.73	22,424.24	38.13	30.841	2.1917
Error (a)	6	0.2638	60,267.07	7.66	41,049.94	28.05	16.525	1.6071
Harvest times	2	6.2473**	1,016.91	372.99**	87,993.05*	419.19**	774.864**	31.8459**
Varieties × Harvest times	4	0.1783	62,527.62	7.88	33,759.86	11.88	4.398	1.2271
Error (b)	18	0.2618	30,834.59	5.99	18,285.56	17.11	8.461	1.0671

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

表 6 爲春作三個品系不同取樣時期之七個性狀平均值比較。本試驗中不論早、中、中晚熟品系，其整株鮮重均隨成熟度之增加逐漸下降。臺南白(早熟)之莖葉鮮重，由 21DAP 至 28DAP 則隨成熟度之增加而下降，而 28DAP 與成熟期間並沒有顯著差異存在；E47 (中熟) 及 H41 (中晚熟) 的莖葉鮮重，21DAP 至28DAP 間無明顯變化，28DAP 以後隨成熟度之增加而下降。整株乾重、整株含水率、果穗百分比、子粒含水率及 TDN 等性狀，三個品系在不同取樣時期間之變化相當一致。由 21DAP 至成熟期之間，整株乾重並沒有顯著差異存在。整株含水率與子粒含水率在取樣時期間之變化趨勢，則與 5 株整株鮮重相仿均隨成熟度之增加而下降

Table 6. Means for seven characteristics of three forage varieties of maize grown in spring crop season and harvested at three different mature stages.

Variety	Harvest time	Five-plant fresh weight (kg)	Five-plant dry weight (g)	Whole-plant moisture content (%)	Five-plant stover dry weight (g)	Ear percentage (%)	Kernel moisture content (%)	TDN (%)
Tainan white	21DAP	5.07a*	1,592.35a	68.60a	1,124.12a	28.91b	47.03a	65.94b
	28DAP	4.17b	1,350.45a	67.46a	915.35b	32.18b	39.64b	66.82b
	Maturity	3.78b	1,538.10a	59.28b	915.07b	40.65a	30.03c	70.09a
E47	21DAP	5.35a	1,485.90a	72.08a	1,036.92a	30.29c	44.47a	66.00c
	28DAP	4.70a	1,542.50a	67.29b	975.97ab	37.19b	39.62b	68.18b
	Maturity	3.59b	1,431.85a	60.01c	787.20b	44.96a	30.07c	70.24a
H41	21DAP	5.63a	1,459.62a	74.20a	993.15a	32.33b	49.58a	65.36c
	28DAP	5.22a	1,671.67a	67.75b	1,105.35a	33.88b	40.92b	67.28b
	Maturity	4.33b	1,623.15a	62.49c	957.52a	40.77a	32.89c	69.12a

*Means with the same letter within the same column under the same varieties are not significantly different at $LSD_{0.05}$.

DAP: Days after pollination,

；果穗百分比及 TDN 均隨成熟度之增加而顯著提高。莖葉乾重，臺南白在21DAP 及28DAP 間明顯下降；E47及 H41之下降情形較爲緩和，至成熟期階段才趨明顯。

一般而言，青割玉米品質受收穫時期的乾物質含量及子粒含量所影響，當玉米整株含水率爲66—70%，相對的子粒含水率爲45—50%時，此時期收割可獲得最大的乾物質產量，且可減少貯藏時因醱酵造成汁液之流失[7,11,12,13,14,25]。而青貯料中過多水分則會減少動物的消化能力，特別是乾物質低於30%甚多時[35]。本試驗三個參試品系，在21—28 DAP 階段，臺南白整株含水率爲67.46—68.60%，子粒含水率爲39.62—47.03%；E47的整株含水率爲67.29—72.08%，子粒含水率爲 39.62—44.47%；H41的整株含水率爲67.75—74.20%，子粒含水率爲40.92—49.58%。同時整株鮮重及乾重於此時期內並無太大變化，且果穗百分比在 28.91—37.19%之間，此時期正合於青割收穫的條件。因此，臺灣中部地區春作，不論早、中、中晚熟玉米，作青割玉米收割時期，應以吐絲後21—28天爲宜。

(B) 秋作：

秋作七個性狀之變方分析列如表 7。品系間僅莖葉乾重、果穗百分率、子粒含水率等性狀達顯著差異。取樣時期則所有性狀均爲極顯著差異。由秋作三個品系不同取樣時期七項性狀之平均值差異比較（表 8），得知不論臺南白、E47、H41 的整株鮮重，均先增加至 28DAP 達最大，然後逐漸下降。整株乾物重，均隨成熟度之增加而增加，28DAP 至成熟期間並沒有顯著差異存在。莖葉乾重隨成熟度之增加先增（28DAP前）後降（28DAP後），果穗百分比與 TDN 均隨成熟度之增加而明顯提高，此結果與 Cummins[11] 及 Hume and Campbell[16] 之結論相符。整株含水率與子粒含水率，參試三品系均隨成熟度之增加而遞降，在 28DAP 至 35DAP 之間，玉米整株及子粒的含水率，臺南白分別爲70.36—74.03%及 46.28—56.62%；E47分別爲68.59—74.27%及41.93—51.00%；H41分別爲 70.58—74.17%及 42.40—52.15%。根據以上隨成熟度之變化情形，推測秋作玉米青割適期，不論早、中、中晚熟型應在授粉後28—35天爲宜。太早收割，植株及子粒之水份含量太高，果穗百分率較低，不論作青飼料及青貯料都不理想。太晚收割，莖汁已呈老化乾枯，子粒變硬，嗜口性及消化性均差，利用價值反而低減。

Table 7. Combined ANOVA for seven characteristics of three forage varieties of maize grown in fall crop season.

Source of variation	df	Mean squares						
		Five-plant fresh weight (kg)	Five-plant dry weight (g)	Whole-plant moisture content (%)	Five-plant stover dry weight (g)	Ear percentage (%)	Kernel moisture content (%)	TDN (%)
Blocks	3	1.084	45,297.20	11.802	12,537.60	12.61	8.75	0.203
Varieties	2	1.802	190,101.03	3.477	131,857.15**	161.76*	56.16*	11.703
Error (a)	5	0.584	45,467.19	3.856	6,105.40	20.65	9.25	2.550
Havrest times	3	2.633**	353,391.48**	760.230**	28,021.46**	1,189.06**	2,294.87**	78.950**
Varieties × Harvest times	6	0.306	20,598.50	5.643*	8,848.92	31.70	21.39*	2.622
Error (b)	27	0.160	21,433.21	2.196	6,082.31	14.84	6.16	1.266

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

Table 8. Means for seven characteristics of three forage varieties of maize grown in fall crop season and harvested at four different mature stages.

Variety	Harvest time	Five-plant fresh weight (kg)	Five-plant dry weight (g)	Whole-plant moisture content (%)	Five-plant stover dry weight (g)	Ear percentage (%)	Kernel moisture content (%)	TDN (%)
Tainan white	21DAP	3.89bc*	847.52b	78.27a	664.60b	21.74d	68.40a	64.02d
	28DAP	4.64a	1,203.42a	74.03b	858.55a	28.39c	56.63b	65.81c
	35DAP	4.45ab	1,318.35a	70.36c	794.02a	39.77b	46.28c	68.85b
	Maturity	3.55c	1,372.75a	58.01d	676.10b	49.69a	31.52d	71.51a
E47	21DAP	3.92ab	808.45b	79.17a	574.87a	28.54c	63.94a	65.84c
	28DAP	4.20a	1,080.30a	74.27b	652.62a	39.56b	51.00b	68.80b
	35DAP	3.34b	1,039.07a	68.59c	562.32a	45.42a	41.93c	70.41ab
	Maturity	2.90c	1,167.32a	59.77d	571.65a	50.06a	30.99d	71.62a
H41	21DAP	3.67a	814.80b	77.81a	567.92ab	30.28c	63.81a	66.31c
	28DAP	3.81a	984.35ab	74.17b	624.87a	36.75b	52.15b	68.41b
	35DAP	3.26ab	961.85ab	70.58c	566.40ab	40.73b	42.40c	69.79ab
	Maturity	3.02b	1,153.42a	61.70d	484.54b	50.75a	36.35d	70.84a

*Means with the same letter wiithin the same column under the same variety are not significantly different at $LSD_{0.05}$.

DAP: Days after pollination.

(C) 裡作：

裡作玉米生育初期溫度尙高，然後急速下降至 18°C 左右。品系之間在整株鮮重、整株乾重、整株含水率、莖葉乾重及果穗百分比差異極爲顯著。取樣時期在所有性狀亦均達極顯著差異（表 9）。比較裡作三個品系不同取樣時期各項性狀之平均值（表10），不論臺南白（早熟）、E47（中熟）、H41（中晚熟）的整株鮮重，均呈現隨成熟度之增加而下降的趨勢。下降程度，臺南白、E47 及 H41 分別在 50DAP-60DAP、60DAP—成熟期及 30DAP-40DAP 之間至爲明顯。整株乾重爲隨成熟度之增加而增加，三個參試品系在 30DAP-40DAP 間均無明顯變化，至50DAP 則均顯著提高。莖葉乾重，除臺南白在 50DAP 至 60DAP 間顯然降低外，E47 及 H41在各取樣時期則差異不大。整株含水率及子粒含水率均隨成熟度之增加呈顯著下降現象，三個參試品系頗爲一致。果穗百分比及 TDN 爲隨成熟度之增加而提高，果穗百分比變化較明顯的時期，爲 50DAP-60DAP 之間，TDN 在各取樣時期之差異則較溫和。由表10資料顯示，裡作臺南白（早熟）在 50DAP 的整株含水率爲 68.30%，子粒含水率爲 48.21%，且整株鮮重及乾物重均達最大，應爲青割適期。E47（中熟）在 50DAP 至 60DAP 時，其整株含水率67.52—73.27%、子粒含水率爲39.58—46.66%，果穗百分比可達 40.80—51.08%，TDN 介於69.13—71.89%，且鮮重並未顯著下降，故其爲青割收穫適期。H41（中晚熟）在 50DAP-60DAP 時，整株鮮重、整株乾物重及莖葉乾重並沒有顯著差異，果穗百分比介於 37.87—52.30%，TDN 介於 68.34—72.21%，整株含水率爲 67.81—70.44%，子粒含水率爲39.09—48.70%，爲收穫適期。綜合言之，臺灣中部裡作玉米之青割適期在臺南白（早熟）爲吐絲後50天；而E47（中熟）及 H41（中晚熟）則應在吐絲後50—60天爲宜。

春、秋、裡作各性狀間之相關性大致相同（表11），其中三期作均爲顯著以上正相關的包括：整株鮮重與整株含水率、莖葉乾重、子粒含水率；整株含水率與子粒含水率；果穗百分比與 TDN。三期作均爲顯著以上負相關的包括：整株鮮重與果穗百分比及 TDN；整株含水

Table 9. Combined ANOVA for seven charcteristics of three forage maize varieties grown in winter crop season.

Source of varation	df	Mean squares						
		Five-plant fresh weight (kg)	Five-plant dry weight (g)	Whole-plant moisture content (%)	Five-plant stover dry weight (g)	Ear percentage (%)	Kerne moisture contenlt (%)	TDN (%)
Blocks	3	0.3445*	35,229.94	2.905	31,810.05	36.13	21.12	29.61
Varieties	2	0.7645**	163,047.45**	43.345**	158,511.77**	101.39*	18.11	13.50
Error (a)	6	0.0477	13,574.73	2.898	8,652.29	12.23	19.09	16.51
Harvest times	4	2.1356**	688,258.75**	931.317**	50,651.76**	2,137.36**	3,728.64**	193.57**
Varieties × Harvest times	8	0.2587	37,963.66**	9.176	14,129.82*	15.59	8.44	16.62
Error (b)	36	0.1313	12,126.00	2.971	5,355.97	7.38	12.33	15.53

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

率與 TDN；子粒含水率與果穗百分比及 TDN 。另外，秋、裡兩期作整株乾重與果穗百分比及 TDN 均爲顯著以上正相關；整株乾重與整株含水率及子粒含水率均爲顯著以上負相關。三期作中唯獨春作之莖葉乾重與果穗百分比及 TDN 爲顯著負相關；同時，莖葉乾重與子粒含水率爲顯著正相關。

Table 10. Means for seven charactertics of three forage varietis of maize grown in winter crop season and harvested at five different mature stages.

Variety	Harvest time	Five-plant fresh weight (kg)	Five-plant dry weight (g)	Whole-plant moisture content (%)	Five-plant stover dry weight (g)	Ear percentage (%)	Kernel moisture content (%)	TDN (%)
Tainan white	30DAP	4.96a*	1,083.95b	78.15a	881.82a	18.57c	74.45a	62.98b
	40DAP	4.62a	1,167.82b	74.64b	761.37b	34.74b	59.47b	67.50ab
	50DAP	4.66a	1,474.82a	68.30c	985.50a	33.32b	48.21c	67.13ab
	60DAP	3.81b	1,400.00a	62.93d	697.45b	50.10a	38.83d	71.83a
	Maturity	3.46b	1,427.95a	58.66e	725.67b	49.26a	28.34e	71.92a
E47	30DAP	4.59a	879.07d	80.85a	687.97a	21.77e	74.53a	64.03b
	40DAP	4.30a	947.82d	78.01b	618.75a	34.91d	57.57b	67.56b
	50DAP	4.42a	1,181.32c	73.27c	700.75a	40.80c	46.66c	69.13ab
	60DAP	4.32a	1,404.57b	67.52d	687.02a	51.08b	39.58d	71.89a
	Maturity	3.65b	1,569.95a	49.48e	660.72a	57.97a	31.48e	73.73a
H41	30DAP	4.39a	850.27c	80.63a	653.52ab	23.04c	78.91a	64.37b
	40DAP	3.84b	858.65c	77.58b	552.47b	35.68b	58.86b	67.61ab
	50DAP	3.95b	1,173.30b	70.44c	732.30a	37.87b	48.70c	68.34ab
	60DAP	4.11ab	1,324.95ab	67.81d	631.12ab	52.30a	39.09d	72.21a
	Maturity	3.42c	1,456.20a	57.40e	654.12ab	55.30a	32.23e	73.00a

*Means with the same letter within the same column under the same variety are not significantly different at $LSD_{0.05}$.

DAP: Days after pollination.

Table 11. Correlation coefficients for seven characteristic of three forage varieties of maize grown in three crop seasons.

Item		Five-plant fresh weight (kg)	Five-plant dry weight (g)	Whole-plant moisture content (%)	Five-plant stover dry weight (g)	Ear percentage (%)	Kernel moisture content (%)
Five-plant dry weight (g)	S	0.280					
	F	0.207					
	W	−0.436					
Whole-plant moisture content (%)	S	0.917**	−0.105				
	F	0.642*	−0.744**				
	W	0.747**	−0.917**				
Five plant stover dry weight (g)	S	0.802**	0.610	0.614			
	F	0.763**	0.561	0.071			
	W	0.529*	0.304	−0.009			
Ear percentage (%)	S	−0.787*	0.010	−0.853**	−0.783*		
	F	−0.659*	0.633*	−0.908**	−0.260		
	W	−0.763**	0.783**	−0.881**	−0.336		
Kernel moisture content (%)	S	0.915**	−0.002	0.958**	0.721*	−0.900**	
	F	0.617*	−0.724**	0.953**	0.128	−0.966**	
	W	0.734**	−0.862**	0.929**	0.112	−0.950**	
TDN (%)	S	−0.790*	0.019	−0.857**	−0.776*	0.998**	−0.894**
	F	−0.652*	0.617*	−0.887**	−0.278	0.989**	−0.971**
	W	−0.554*	0.847**	−0.860**	−0.083	0.878**	−0.867**

S: spring crop, F: fall crop, W: winter crop.

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

綜合以上試驗結果，溫度及日照時數變化對玉米植株、子粒之生長、子粒直線生長速率及有效充實期等性狀均有相當程度之影響。植株生長、子粒直線生長速率及有效充實期均隨溫度之下降而趨緩慢，有效充實期因而需更長；日照時數增加，則子粒直線生長速率亦隨之增加，有效充實期縮短。不同基因型與期作均影響玉米生育日數之變化。葉片數目及吐絲後日數亦可用來判斷玉米的生育期[15]。根據本實驗結果，同時考慮青割鮮草量、乾草量、含水率、果穗百分比、TDN 及嗜口性，臺灣中部地區春作玉米青割適期爲吐絲後21—28天；秋作爲吐絲後28—35天左右較宜。裡作溫度較低，早熟型的玉米一般以在吐絲後50天，中熟及中晚熟以在吐絲後50—60天較宜。性狀間之相關性，三個期作之趨勢大致相近。多數性狀之相關性可作爲玉米充當青飼料或青貯料利用之參考，也可作爲品種改良之選拔指標。由於子粒含水率與整株含水率爲極顯著正相關（三期作皆然），又子粒含水率之取樣測定遠較整株含水率之測定來得容易，對於青割適期之判定，子粒含水率將提供另一方便可靠的依據。

參考文獻

1. 許福星、洪國源、李國貞、徐阿里。1987。青割玉米不同成熟期青割產量及營養成分變化。中華農學會報新139：44—55。
2. 盧淑華。1985。不同期作下光合產物供源積儲和營養要素的分配與玉米產量的關係。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。
3. Badu-Apraku, B., R. B. Haunter, and M. Tollenaar. 1983. Effect of temperature during grain filling on whole plant and grain yield in maize (*Zea. mays* L.). Can. J. Plant Sci. 63 : 357-363.
4. Breuer, C. M., R. B. Hunter, and L. W. Kanneberg. 1976. Effects of 10 and 20-hour photoperiod

treatments at 20 and 30°C on rate of development of a single-cross maize (*Zea. mays* L.) hybrid. Can. J. Plant Sci. 56 : 795-798.

5. Bryant, H. T., J. H. Huber, and R. E. Blaser. 1965. Comparison of corn silage harvested at the milk and mediumdough stage of maturity for dry matter intake, digestibility, and milk production of lactating cows. J. Dairy Sci. 48 : 838.
6. Byers, J. H., and E. E. Ormiston. 1964. Feeding value of mature corn silage. J. Dairy Sci. 47 : 707.
7. Caldwell, D. M., and T. W. Perry. 1971. Relationships between stage of maturity of the corn plant at time of harvest for corn silage and chemical composition. J. Dairy Sci. 54 : 533-536.
8. Coligado, M. C., and D. M. Brown. 1975. Response of corn in the pretassel initiation period to temperature and photoperiod. Agric. Meterol. 14 : 357-367.
9. Cross, H. Z. 1975. Diallel analysis of duration and rate of grain filling of seven inbreds of corn. Crop Sci. 15 : 532-535.
10. Csermely, J., and J. Maykuth. 1981. Whole-plant maize silage. Herb. Abstr. 5# 1690.
11. Cummins, D. G. 1970. Quality and yield of corn plant and component parts when harvested for silage at different maturity stage. Agron. J. 62 : 781-784.
12. Daynard, T. B., and R. B. Hunter. 1975. Relationship among whole-plant moisture, grain moisture, dry matter yield, and quality of whole-plant corn silage. Can. J. Plant Sci. 55 : 77-84.
13. Fairey, N. A. 1980. The effects of hybrid maturity, date of planting, and date of harvesting on growth and development of forage maize. Can. J. Plant Sci. 60 : 1367-1375.
14. Fairey, N. A. 1983. Yield, quality and development of forage maize as influenced by dates of planting and harvesting. Can. J. Plant Sci. 63 : 157-168.
15. Hanway, J. J. 1963. Growth stage of corn (*Zea. mays* L.). Agron. J. 55 : 487-492.
16. Hume, D. J., and D. K. Campbell. 1972. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. Can. J. Plant Sci. 52 : 363-368.
17. Hunter, R. B., M. Tollenaar, and C. M. Breuer. 1977. Effect of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea. mays* L.) Hybrid. Can. J. Plant Sci. 57 : 1127-1133.
18. Johnson, R. R., and K. E. McClure. 1968. Corn plant maturity. IV. Effect on digestibility of corn silage in sheep. J. of Animal Sci. 27 : 535-540.
19. Jones, R. J., B. G. Gengenbach, and V. B. Cardwell. 1981. Temperature effect on in vitro kernel development in maize. Crop Sci. 21 : 716-765.
20. Keiser, H. V. 1981. When should silage maize be harvested? Herb. Abstr. 51# 1689.
21. Landi, P., and S. Conti. 1976. Effect of the sowing date on the performance of various characters in early dent×flint maize hybrids. Maydica21 : 31-47.
22. Ledrew, H. D., T. B. Daynard, and J. F. Muldoon. 1984. Relationships among hybrid maturity, environment, dry matter yield and moisture content of whole-plant corn. Can. J. Plant Sci. 64 : 565-573.
23. McAllan, A. B., and R. H. Phipps. 1977. The effect of sample date and plant density on the carbohydrate content of forage maize and the change that occur on ensiling. J. Agric. Sci. Camb. 89 : 589-597.
24. Pearce, R. B., J. J. Mock, and T. B. Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15 : 691-694.
25. Phipps, R. H., and R. F. Weller. 1979. The development of plant component and their effect on the composition of fresh and ensiled forage maize. I. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. J. Agric. Sci, Camb. 92 : 471-483.

26. Phipps, R. H., R. F. Weller, and R. J. Fulford. 1979. The development of plant components and their effect on the composition of fresh and ensiled forage maize. 3. The effect of grain content on milk production. J. Agric. Sci. Camb. 92 : 493-498.
27. Poneleit, C. G., and D. B. Egli. 1979. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. Crop Sci. 19 : 385-388.
28. Roth, L. S., G. C. Marten, W. A. Compton, and D. D. Stuthman. 1970. Gentic variation of quality traits in maize (*Zea. mays* L.) forage. Crop Sci. 10 : 365-367.
29. Russell, W. K., and C. W. Stuber. 1983. Effects of photoperiod and temperature on the duration of vegetative growth in maize. Crop Sci. 23 : 847-850.
30. Rutger, J. N. 1969. Relationship of corn silage yields to maturity. Agron. J. 61 : 68-70.
31. Schmid, A. R., R. D. Goodrich, R. M. Jordan, G. C. Marten, and J. C. Meiske. 1976. Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. Agron. J. 68 : 403-406.
32. Thomson, A. J., and H. H. Rogers. 1968. Yield and quality componets in maize grown for silage. J. Agric. Sci, Camb. 71 : 393-403.
33. Waldern, D. E. 1973. Effect of grain content of corn silage and concentrate level on performance of lactating cows. J. Dairy Sci. 56 : 645.
34. Warrington, I. J., and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. Leaf number. Agron. J. 75 : 762-766.
35. Wilkinson, J. M. 1976. Voluntary intake and efficiency of utilization of whole-crop maize silage. Anim. Feed Sci. Technol. 1 : 441-454.
36. Wilson, J. H., M. ST. J. Clowes, and J. C. S. Allison. 1973. Growth and yield of maize at different altitudes in Rhodesia. Ann. Appl. Biol. 73 : 77-84.

Effects of Crop Seasons on Growth and Harvest Time of Forage Maize[1]

G. J. Shieh[2], H. S. Lu[2], K. S. Liu[2], C. L. Ho[2] and T. C. Lee[3]

Summary

Three forage varieties of maize with various maturities, Tainan White (early), E47 (intermediate) and H41 (late), were grown in replicated trials at TARI in spring (1988), fall (1987) and winter (1987) crops. Effects of crop seasons on growth and harvest time were investigated.

(1) The combined analysis of variance for days to silking, leaf area per plant, 100-kernel weight, linear grain filling rate (LGR), effective filling period duration (EFPD) and dry weight per plant indicated that the mean squares for crop seasons were all significant. In most traits mean squares for varieties and varieties×crop seasons were also significant.

(2) If fresh weight, dry weight, moisture content, ear percentage and total digestible nutrient (TDN) were considered simultaneously, the most suitable harvest time would be 21-28, 28-35 and 50-60 days after silking for spring, fall and winter crops, respectively, in central Taiwan area.

(3) The significantly postive relationship between kernel moisture content and whole-plant moisture content suggested that kernel moisture would be a useful and reliable index for determing suitable harvest time in forage maize.

---

1. Contribution No. 1470 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, assistant agronomist, agronomist, agronomist, research assistant, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

3. Professor, Department of Horticulture, National I-lan Institute of Agriculture and Technology, I-lan, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）38(3)：306～311 (1989)

同時進行族羣內與族羣間改良對玉米產量雜種優勢之改變[1]

盧煌勝[2]

摘要 在高產環境下，利用 BS10 及 RSSSC 兩個玉米族羣進行兼顧族羣內及族羣間改良之相互輪迴選拔。族羣內之改良包括多種葉病、莖腐病等抗病性之外表型混合選種及 S_1 系統在高產環境下之產量評估。族羣間之改良則包括測交系統在高產環境下之產量試驗及選拔。三個循環之選種效應評估，分別利用族羣、族羣雜種及族羣測交種等，於四個不同環境下進行產量試驗。本試驗結果顯示：族羣本身、族羣雜種以及族羣測交種之子實產量之改良效果頗爲顯著。子實產量之雜種優勢估值以族羣雜種（F_1）與二親本族羣平均（MP）差表之，在 C_0、C_1、C_2 及 C_3 分別爲 1.33、1.49、1.04 及 0.90噸／公頃。子實產量雜種優勢以 $100\times(F_1-MP)/MP$ 表示，在 C_0 爲15.45%；在 C_1 僅少許變化(15.69%)；在 C_2 及 C_3 則明顯降低爲 10.06及8.13%。此種雜種優勢弱化之現象或許受族羣中顯性基因頻度減少所影響。爲避免雜種優勢之繼續弱化，選拔方式宜作適當調整。在 S_1 系統及測交系統評估之同時，更加强調測交系統產量之重要性，對提高族羣雜種之選種效應與雜種優勢，應當有所助益。

改良玉米族羣及雜交種之方法甚多，在輪迴選拔方法（Recurrent selection method）之應用上，約可分成二類，一爲强調於單一族羣之改良，如混合（Mass）、異親兄妹（Half-sib）及同親兄妹（Full-sib）及自交後裔（Selfed progeny）等之輪迴選拔法皆爲族羣內改良（Intrapopulation improvement）；另一爲强調於族羣雜種之改良，如異親兄妹相互輪迴選拔法（Half-sib-reciprocal recurrent）、同親兄妹相互輪迴選拔法（Full-sib-reciprocal recurrent）等均爲族羣間改良（Interpopulation improvement）。Hallauer and Miranda [10] 及 Sprague [28] 曾就各種不同型式之輪迴選拔方法、對象族羣及選種效應（Selection response）作了詳盡的討論。

Comstock, Robinson and Harvey [2] 於1949年創立相互輪迴選拔法，此法意在改良族羣雜種的表現，對顯性（Dominance）、超顯性（Overdominance）及上位性（Epistasis）作用基因之應用均能兼顧。其後，Russell and Eberhart [25] 加以修正，利用自交系取代族羣當測試親（Tester），因此可望同時改良育種族羣及發展優良單交組合。爲進一步提高選種效率，Lambert [17] 更將其法運用於高產環境下同時進行族羣內及族羣間之改良。各種相互輪迴選拔之效能，業經多位研究者所證實 [5,6,9,18,19,20,21,22,23,27]。選種效應視選拔方法、選拔强度、對象族羣以及測試親等之不同，而有相當不一致的結果 [2,22]。

輪迴選拔結果造成玉米雜種優勢（Heterosis）改變的報告時有發現 [5,6,13,14,20,23,26]。一般而言，特定組合力輪迴選拔（Recurrent selection for specific combining ability）或相互輪迴選拔，其改良目標爲族羣雜種，故雜種優勢必明顯增加；另一方面，經由族羣內改良產生之二個族羣，其族

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1471 號。

2.本所農藝系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

羣間雜種優勢往往下降。美國伊利諾大學利用 BS10 及 RSSSC 兩個玉米族羣，在高產環境下進行兼顧族羣內及族羣間改良之相互輪迴選拔，至目前已完成三個循環（Cycle）之選拔工作。這種方式之相互輪迴選拔對族羣本身、族羣雜種以及族羣測交種之子實產量、多種葉病、莖腐病及植株倒伏之抵抗性等之改良效果頗爲顯著[18]。本研究將進一步就此三個循環中，有關子實產量之雜種優勢之改變情形作一探討，俾提供選拔方法改進之參考，以增進育種效率。

材料與方法

本研究執行中之相互輪迴選拔，在族羣內改良方面包括 S_0 植株抗病性混合選拔(Mass selection for disease resistance) 及 S_1 系統產量選拔（S_1 family selection for grain yield)。S_0 植株抗病性混合選拔，係將每一族羣於每一循環之5,000株 S_0 玉米植株，在適當時期分別接種綜合葉病及綜合莖腐病病原菌，葉病包括 *Exserochilum turcicum*，*Bipolaris maydis*，及 *Colletotrichum gramincola*；莖腐病包括 *Diplodia maydis*，*Gibberela zeae*，*Fusarium moniliforme*，及*Colletotrichum gramincola*。依發病等級記錄資料，最後決選200株 S_0 植株，並分別收穫其自交果穗成200個 S_1 系統。此200個 S_1 系統利用高產環境進行產量試驗。族羣間改良方面即利用上述 200個 S_1 系統與適當自交系雜交產生之測交系統在高產環境下進行之產量比較試驗（族羣 RSSSC 及 BS10分別以自交系 B79 及 B37 作爲測交親，B79 及 B37 分別由 BS10 及 RSSSC 自交分離而來）。每年冬季利用夏威夷隔離圃生產所需要之族羣測交系統種子。一族羣之200個 S_1 系統及200個測交系統同時於鄰區進行試驗，二族羣分年交替舉行。根據200個 S_1 系統及200個測交系統之試驗成績，選拔40個最高產系統（Replication within block 設計，每一區集包括十個系統，重複二次，20%入選），並將其上季留存之S_1系統種子進行逢機交配，以生產次一循環選拔所需種子。

本試驗使用之材料爲 RSSSC 及BS10兩個玉米族羣經過三個循環之相互輪迴選拔所得之 $C_0 - C_3$ 之族羣本身及族羣雜種。試驗於 1985年在美國伊利諾州之四個地點（HYE1，HYE2，UNE1 及 UNE2）進行。至於族羣 RSSSC 及 BS10 之由來、試驗地點、田間設計、栽培管理及取樣分析等之描述，請參考 Lu and Lambert[18] 一文。本研究僅就子實產量部分加以討論。雜種優勢於每一循環中之改變情形，分別以 (1) F_1-MP 及 (2) $100\times(F_1\text{-MP})/MP$ 表示。其中 F_1 爲每一循環之族羣雜種在四個地區之平均值；MP 爲每一循環二親本族羣（P_1 及 P_2）在四個地區總和之平均（$MP=(P_1+P_2)/2$）。F_1-MP 顯示族羣雜種與兩親本平均值間之實際差值（Difference），以 Mg ha^{-1} 爲單位；$100\times(F_1\text{-MP})/MP$ 顯示族羣雜種與兩親本平均值間實際差值佔兩親本族羣平均值之百分比，以%爲單位。

結果與討論

在高產環境下，利用 BS10 及 RSSSC 兩個玉米族羣進行兼顧族羣內及族羣間改良之相互輪迴選拔，結果不論 BS10 及RSSSC 兩族羣本身或族羣雜種 BS10×RSSSC，在每一進階循環中（$C_1 - C_3$）之子實產量均爲顯著之增加（表1）。自 C_0 至 C_3，BS10×RSSSC 之子實產量均高於二親本族羣。雜種優勢以（F_1-MP）表示，自 C_0 至 C_3，所有數值均顯著異於 0，C_0 與 C_1 之間相差不大（1.33及1.49 Mg ha^{-1}，LSD(0.05)=0.17），C_2 及 C_3 則顯著低減（1.04 及 0.90 Mg ha^{-1}）。另外就 $100\times(F_1\text{-MP})/MP$ 值比較，其趨勢仍然相當一致，C_0 及 C_1 分別爲15.45及15.69%，二者之間改變不明顯，至 C_2 驟然下挫成10.06%，C_3 則僅爲8.13%。

同時進行族羣內與族羣間之產量改良，在本試驗中或可視爲一種最簡單之選拔指標（Selection index）運用，型式爲 $I=b_1X_1+b_2X_2$，其中 X_1 及 X_2 分別爲 S_1 系統及測交系統在區集中其子實產量排名之得分（如第一名10分，第二名 9 分，……等，依此類推），b_1 及 b_2 分別爲其相當之指標係數（Index coefficient）。在此，S_1 系統及測交系統之產量並重（即給予對等之重要性），故

Table 1. Heterosis for grain yield before and after three cycles of combined intrapopulation and interpopulation selection.

Cycle of selection	BS10	RSSSC	BS10×RSSSC	Heterosis	
				F_1-MP	100×(F_1-MP)/MP
	·····Mg ha^{-1}·····				·····%·····
C_0	8.22	9.00	9.94	1.33	15.45
C_1	9.21	9.78	10.98	1.49	15.69
C_2	10.25	10.42	11.37	1.04	10.06
C_3	11.06	11.08	11.97	0.90	8.13
Mean	9.69	10.07	11.07	1.19	12.33
LSD(0.05)	0.81	0.58	0.55	0.17	2.49

$b_1=b_2$。在族羣內改良方面，Lonnquist 在1971年即創立一種同時進行異親兄妹及自交後裔評估之輪迴選拔法（Combined half-sib and selfed-progeny recurrent selection program）。此法兼顧一般組合力（General combining ability）之改進及自交系之表現[7,10]。關於行異親兄妹選拔時使用之測試親，一般而言，利用廣義遺傳背景材料爲測試親，主要在增進單一族羣之一般組合力；利用自交系爲測試親對一族羣特定組合力之增加則較爲明顯。Hull[14]認爲使用遺傳背景較狹義之材料爲輪迴選拔之測試親，對累積超顯性作用基因於一族羣及自此族羣發展出一優良自交系應十分有效。事實上，許多報告指出，對於族羣組合力之改良，自交系確實比許多廣義遺傳背景之測試親更有價值[15,24,26,29]。另外，S_1 系統選拔，即對 S_0 植株之一種產量潛力評估，由於其可免去測試親之干擾（如掩飾作用—masking effect），在超顯性並非十分重要的前提下，對族羣內之改良效率甚至高出異親兄妹選拔法[1]。

目前玉米育種多以雜交種爲主，自交系必須具備較高之組合力及合於雜交種子生產之產量潛力，因此，同時進行異親兄妹及自交後裔評估之輪迴選拔法當較單獨進行異親兄妹或自交後裔選拔更具實用價值[17,25]。然而，Coors[3]估算累加性及顯性效應間之共變方（Covariance）時，却發現同時進行異親兄妹及自交後裔評估之輪迴選拔法對同時改良自交系及測交種表現仍然有困難。

一個基本族羣（Base population）經過選拔後，可形成許多分歧之次級族羣（Subpopulation）。這種分歧性（Divergence）可謂爲一種遺傳多樣性（Genetic diversity），或爲族羣間基因頻度差距增大之現象。在兩族羣內同時進行選拔，其二個次級族羣間可能因此減少基因頻度差距而趨相似（Converging），亦可能因此加大基因頻度差距而更背離（Diverging）。由於基因交互作用頗爲複雜，遺傳多樣性與雜種優勢間之相關性，並非一成不變。Cress[4]即曾認爲，雜種優勢或爲遺傳多樣性之一種現象，但雜種優勢不明顯却不見得是不具遺傳多樣性。輪迴選拔改變一性狀受顯性基因作用(Dominance-associated gene effect)或累加性基因作用（Additive-associated gene effect）之影響程度，同時亦改變了此性狀之雜種優勢。利用分歧性分析方法（Divergence analysis），Moll and Hanson[21]發現 Jarvis及Indian Chief 兩族羣不管是同親兄妹選拔（Full-sib family selection）或相互輪迴選拔，累加性基因作用對產量之影響在最初八個循環中均爲主導力量，但至第十循環後，顯性基因作用之影響已超過累加性基因作用之重要性。Hanson and Moll[12]並推測，就玉米產量而言，增加有利顯性基因頻度應比增加累加同質結合基因座頻度（超顯性）更值得重視。

本研究所進行之相互輪迴選拔，兼採異親兄妹及自交後裔選拔之優點，根據測交系統及 S_1 系統之評估結果而行選拔，理論上，可兼顧一般組合力及特定組合力之改良，同時對未來自交系及雜交種

之產量與環境適應性均爲有利[1,8,18]。一般而言，以自交系爲測試親之特定組合力輪迴選拔或相互輪迴選拔。其雜種優勢當顯著增加[5,8,23,26]；而以自交系統評估進行之輪迴選拔，其雜種優勢往往下降。就此而論，兩法之間對雜種優勢之改變，互爲矛盾。本試驗經過三個循環之選拔結果，族羣本身及族羣雜種間之產量均已顯著提昇，然而，族羣雜種之選種效應並不高於其二親本族羣[18]。就雜種優勢觀之，在 C_2 及 C_3 之雜種優勢確已明顯減弱，這或許是在族羣內及族羣間改良之同時，造成顯性基因頻度之降低所使然。既然相互輪迴選拔是一長期性之育種工作，且其改良之最終目標乃爲族羣雜種之表現，爲避免雜種優勢的繼續弱化，選拔上似乎應該有所調整。本研究建議：將原有之 S_1 系統與測交系統並重方式（$b_1=b_2$），改變成較强調於測交系統之表現（$b_1<b_2$）。如此，對提高族羣雜種之選種效應與雜種優勢應當有所助益，同時將更能凸顯這項選拔方法之實用價值。

參考文獻

1. Comstock, R. E. 1964. Selection procedures in corn improvement. p. 87-94. *In* Proc. Annu. Corn and Sorghum Res. Conf., Chicago, IL. 9-10 Dec. Amer. Seed Trade Assoc., Washington, D. C.
2. Comstock, R. E., H. F. Robinson, and P. H. Harvey. 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. Agron. J. 41 : 360-367.
3. Coors, J. G. 1988. Response to four cycles of combined half-sib and S_1 family selection in maize. Crop Sci. 28 : 891-896.
4. Cress, P. E. 1966. Heterosis of the hybrid related to gene frequency difference between populations. Genetics 53 : 269-274.
5. Darrah, L. L., S. A. Eberhart, and L. H. Penny. 1972. Preliminary results from a maize breeding methods study in Kenya. Crop Sci. 12 : 605-608.
6. Eberhart, S. A., Seme Debela, and A. R. Hallauer. 1973. Reciprocal recurrent selection in the BSSS and BSCB1 maize populations and half-sib selection in BSSS. Crop Sci. 13 : 451-456.
7. Goulas. C. K., and J. H. Lonnquist. 1976. Combined half-sib and S_1 family selection in a maize composite population. Crop Sci. 16 : 461-464.
8. Goulas, C. K., and J. H. Lonnquist. 1977. Comparison of combined half-sib and S_1 family selection with half-sib, S_1, and selection index procedures in maize. Crop Sci. 17 : 754-757.
9. Hallauer, A. R. 1984. Compendium of recurrent selection methods and their application. CRC Critical Review in Plant Sciences. 3(1) : 1-33.
10. Hallauer, A. R., and J. B. Miranda, FO. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press, Ames.
11. Hanson, W. D., and R. H. Moll. 1973. Experimental evaluations of relationships among populations resulting from intergradation among cultivars of *Zea mays* L. Genetics 74 : 133-138.
12. 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.
13. Hoard, K. G., and T. M. Crosbie. 1985. S_1-line recurrent selection for cold tolerance in two maize populations. Crop Sci. 25 : 1041-1045.
14. Hoard, K. G., and T. M. Crosbie. 1986. Correlated changes in agronomic traits from S_1-line recurrent selection for cold tolerance in two maize populatioins. Crop Sci. 26 : 519-522.
15. Horner, E. S., H. W. Lundy, M. C. Lutrick, and R. W. Wall. ane1963. Relative effectiveness of recurrent selection for specific combining ability in corn. Crop Sci. 3 : 63-66.
16. Hull, Fred H. 1945. Recurrent selection for specific combining ability in corn. J. Amer. Soc. Agron. 37 : 134-145.

17. Lambert, R. J. 1978. Breeding corn in a non-limiting environment. p. 24-33. *In* Proc. Annu. Corn and Sorghum Res. Conf., Chicago, IL. 12-14 Dec. Amer. Seed Trade Assoc. Washington, D. C.

18. Lu, H. S., and R. J. Lambert. 1988. Response of two maize populations to reciprocal recurrent selection in a high-yield environment. J. Agric. Res. China 37(4) : 366-378.

19. Martin, J, M., and A. R. Hallauer. 1980. Seven cycles of reciprocal recurrent selecion in BSSS and BSCBI maize populations. Crop Sci. 20 : 599-603.

20. 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.

21. Moll, R. H., and W. D. Hanson. 1984. Comparison of effects of intrapopulation and interpopulation selection in maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 24 : 1047-1052.

22. Moll, R. H., and H. F. Robinson. 1966. Observed and expected response in four selection experiments in maize. Crop Sci. 6 : 319-324.

23. 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.

24. Penny, L. H., W. A. Russell, and G. F. Sprague. 1962. Types of gene action in yield heterosis in maize. Crop Sci. 2 : 341-344.

25. Russell, W. A., and S. A. Eberhart. 1975. Hybrid performance of selected maize lines from reciprocal recurrent selection testcross selection programs. Crop Sci. 15 : 1-4.

26. Russell, W. A., S. A. Eberhart, and Urbano A. Vega O. 1973. Recurrent selection for specific combining ability in two maize populations. Crop Sci. 13 : 256-261.

27. Smith, O. S. 1983. Evaluation of recurrent selection in BSSS, BSCBI, and BS13 maize populations. Crop Sci. 23 : 35-40.

28. Sprague, G. F. 1977. Corn and corn improvement. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, U. S. A.

29. Sprague, G. F., W. A. Russell, and L. H. Penny. 1959. Recurrent selection for specific combining ability and type of gene action involved in yield heterosis in corn. Agron. J. 51 : 392-394.

Changes in Heterosis of Maize Populations as Affected by Three Cycles of Combined Intrapopulation and Interpopulation Improvement [1]

H. S. Lu[2]

Summary

A selection program using reciprocal recurrent selection procedures in maize (*Zea mays* L.) was developed. Intrapopulation and interpopulation selection procedures were used for two maize populations BS10 and RSSSC. Intrapopulation selection procedure included phenotypic mass selection for multiple leaf and multiple stalk-rot disease resistance and S_1 family selection for grain yield in a high-yield environment. Interpopulation improvement involved selection of testcrosses of S_1 family x inbred tester in a high-yield environment. Evaluation of populations *per se*, population crossses and populations x testers for response to three cycles of selection for grain yield were conducted at four environments. The results indicate that selection response was satisfactory in populations *per se*, population crosses and populations x testers for grain yield. Heterosis estimates for grain yield calculated as differences between population crosses (F_1) and midparents (MP) were 1.33, 1.49, 1.04 and 0.90 Mg ha^{-1} for C_0, C_1, C_2 and C_3, respectively. Heterosis calculated in $100\times(F_1\text{-MP})/MP$ showed midparent heterosis in C_0 was 15.45%. Subsequently, only a small change in C_1 (15.69%), but a large reduction in C_2 and C_3, which were 10.06 and 8.13%, respectively. This reduction may indicate a decrease in the frequencies of dominant genes. Greater emphasis on testcrosses than on S_1 families performance in this selection program is required to obtain better heterotic response.

1. Contribution No. 1471 from the Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Corn Breeder, Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）38(3)：312～325 (1989)

千里達山藥之生產能力與品質分析研究[1]

劉 新 裕[2]

摘要 本研究以千里達山藥及其他三個對照品種（系）（巴西山藥、嘉義地方種及臺東地方種）爲材料，探討提升千里達山藥生產能力之栽培技術，並藉著主要營養成分分析，及外銷品質如粘度及色度測定，評估其在山藥內外銷利用上之發展潛能。

由試驗結果可知，千里達山藥之栽培地區應爲臺中到嘉義一帶，土質以富含有機質之砂質壤土較佳，化肥施量爲 $N : P_2O_5 : K_2O = 90 : 60 : 60$ kg/ha，種植時期應不晚於每年四月，行株距爲 100×30cm ；綜合上述各栽培條件下之公頃產量可知，千里達山藥平均產量爲 21.59t/ha ，變域爲 18.08—25.60 t/ha。

千里達山藥由於在營養價值及加工利用兩方面具有如下之優點，所以將在山藥內外銷利用上扮演重要角色：皮部較薄，肉部之乾物率爲28.4%，塊莖乾肉產量爲 5.2t/ha，其新鮮塊莖可食部分之營養成分除了具有粗蛋白質（1.69%）外，尚含多種礦物元素及所有可測之必需胺基酸，其中尤以 leucine、valine、threonine 及 lysine 之含量較高；在外銷加工品質方面，因千里達山藥塊莖於削皮後24小時內肉色有變黃現象，所以應於削皮後儘快進行加工處理，但其粘度則保持相當穩定，且高居所有參試山藥品種（系）之上。

山藥原名薯蕷，俗名淮山，爲薯蕷科（*Dioscoreaceae*）薯蕷屬（*Dioscorea*）之蔓性多年生植物，原產我國、日本及亞洲熱帶， 16世紀後傳到美洲、歐洲及非洲。薯蕷屬植物在全世界超過600種，大抵分布於南北兩半球間，而較集中於熱帶美洲；分布於本省的有15種及 4 變種[7,15]。在本省之栽培面積尚無正確統計數字，早年山地農牧局曾在嘉義、屏東及臺東等地區推廣[12]，近年來其他縣市亦有栽培，最近經本所初步調查，估計全省栽培面積約有 200 公頃，栽培品種以大薯（*Dioscorea alata* L.）、紫田薯（*D. alata* L. var. *purpurea* (Roxb.) M. Pouch.）、恆春薯蕷（*D. doryophora* Hance）及基隆山藥（*D. japonica* Thunb. var. *pseudojaponica* (Hay.) Yamam.）爲主。

民國56年由農復會（今農委會）組成園藝作物考察團自國外引進幾個山藥品種，最先在本所鳳山熱帶園藝試驗分所進行觀察、比較及繁殖，並在南投與花蓮等地進行不同地區適應性試驗，由其中選出巴西山藥及千里達山藥（品種名爲 Coconut-Lisbon）兩個品種[8,13,14]，初步發現其產量比本省一般品種爲高[5,17]，且品質優良，值得繼續進行栽培試驗，供日後推廣利用之參考。其後本所亦曾自國內外引進不少山藥品種，歷經多年試驗後，由其中選出較具發展潛力之嘉義地方種及臺東地方種

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1472 號，本試驗承蒙行政院農業委員會補助部分經費（78食報計畫07—2），謹致謝意。

2.本所農藝系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

等山藥品種，將與千里達山藥及巴西山藥共同進行試驗。

千里達山藥、巴西山藥、嘉義地方種及臺東地方種在植物分類上都屬於大薯（*D. alata* L.），惟可以塊莖外形來區分此四品種。千里達山藥之塊莖爲橢圓形，巴西山藥爲短棍棒狀，或較不整形且鬚根較多，嘉義地方種比前述兩品種的略長，而臺東地方種之塊莖較不規則。大薯之植物特徵如下[1]：爲多年生纏繞草本，其擔根體（即塊莖）有多種形狀和顏色。莖及葉柄有稜翼或四稜線，平滑無毛。葉對生，但初生時爲互生，葉片基部心狀，全葉似卵形，裂片近圓形，葉長 8—16cm，寬 5—8cm，先端銳漸尖形，葉脈 7—9 條。葉腋偶有零餘子著生[7]，其中以千里達山藥之零餘子形體較小，巴西山藥及臺東地方種數量較多，雄花序腋生，狹圓錐形，雌花序爲穗狀花序，蒴果革質橢圓形，一般花期爲 7—8 月，果期爲 8—9 月。分布於我國華中及華南，本省中南部有栽培。

對於山藥生產能力與品質之促進研究，在化學肥料用量方面，有報告指出 $N:P_2O_5:K_2O=50:50:100$ kg/ha 可增加產量及塊莖蛋白質含量[9]，有以爲三要素用量 90：60：120 kg/ha 之產量最高[16]；在行株距方面，有以爲 120×20cm 可提高產量[16]，有的認爲 60×30cm 或 80×30cm 之組合最佳[9]；其他因素如種薯大小[6]，不同品種[5]，不同覆蓋物[10]及不同支架型式[11]都能造成山藥產量與品質或多或少之改變。

有關山藥正式之研究報告不多，本所前曾有不同覆蓋物及不同支架型式對山藥產量及品質之影響，及磷鉀肥施用量與行株距對山藥產量及蛋白質之影響等報告[9,10,11]，花蓮區農業改良場亦有一些報告[2,3,4,5,6,16,17]，但針對千里達山藥之報告十分不足，本研究將以千里達山藥爲主要材料，探討提升其生產能力之栽培技術，並藉營養成分分析，及粘度與色度測定，來評估其在山藥內外銷發展利用方面之潛能。

材料與方法

1.材料：千里達山藥及三個對照品種，即巴西山藥、嘉義地方種及臺東地方種。

2.方法：

在栽培技術改進方面，總共進行五項試驗：

肥料種類及用量對千里達山藥產量之影響：於75年在臺中本所進行 N 肥及 K 肥用量之影響，N 肥試驗中 P_2O_5 及 K_2O 用量固定爲60 及 120 kg/ha，硫銨用量依 N=0、30、60、90 及 120 kg/ha 五級換算施用；K 肥試驗中 N 及 P_2O_5 用量固定爲90及 60 kg/ha，氯化鉀用量依 K_2O=0、60、120 及 180kg/ha 四級換算施用，基肥皆爲每 0.1ha 牛糞 1,000kg，與磷及鉀肥於整地時混施土中，氮肥則均分三次施用，即 4 月整地時、6 月莖葉伸長期及 8 月新薯形成期，施追肥時宜先把蔓葉翻到畦上，然後沿畦側開條溝施用肥料，之後覆土和灌水。本試驗爲三行植，小區面積 12m²，行株距 100×30cm，試驗設計爲 RCBD 三重複，於試驗進行前，先取土樣進行土壤分析，分析結果如下：土壤質地爲壤土、PH 值5.4、有機質1.93%、有效 P 106.8 kg/ha 及 K 250 kg/ha；生育期爲8.5個月。

不同行株距對千里達山藥塊莖生產之影響：於民國75年在臺中本所進行六種行株距處理，即80×20、80×30、100×20、100×30、120×20 及 120×30cm，小區面積在 80cm、100cm 及 120cm 三行距三行植下各爲 9.6m²、12.0m² 及 14.4m²，試驗設計爲 RCBD 三重複，肥料種類及用量爲基肥每 0.1ha 牛糞 1,000 kg, $N:P_2O_5:K_2O=90:60:90$ kg/ha；於76年元月收穫完成，生育月數爲8.5個月。

不同種植期對千里達山藥塊莖生產之影響：於76年在臺中本所進行三個種植期試驗，即四、五及六月，以四月爲對照組，行株距爲 100×30cm，三行植，小區面積 12m²，試驗設計爲 RCBD 三重複，施肥時基肥如前，$N:P_2O_5:K_2O=90:60:60$ kg/ha，生育期爲8.5個月。

千里達山藥生育全期調查：於77年 4 月至12月在本所進行，每個月三行植三重複，小區面積

（每月）12m² ，行株距 100×30cm，施肥量如前述之不同種植期，每月取樣調查兩次，每次10株，生育期約8個月。

千里達山藥及三對照品種在不同地區生育性狀及產量比較：於77年起在臺中本所、嘉義分所及鳳山分所三處進行，田間設計 RCBD 8 重複，三行植，小區面積 12m²，行株距 100×30cm，生育期約7.5個月，調查項目爲株高、全株重、分蘖數、莖徑、葉數、地下部重、根長、新塊莖數及新塊莖重。

一般成分分析：水份以普通常壓乾燥法定量，脂肪乃利用 Soxhlet 裝備以石油醚萃取求得之粗脂肪質表之，粗蛋白質之測定採用 Kjeldahl 氏方法經分解、蒸餾及滴定等步驟計算出總氮量，再換算成粗蛋白質，所乘之係數爲 6.25，粗纖維測定乃樣品經弱酸、弱鹼及酒精處理後，經灰化後失去之重量即爲粗纖維，灰分測定乃樣品在 600°C 燃燒去盡有機物，留下之絕大部分無機物即爲灰分，礦物元素含量測定乃樣品以三酸混合液即 $HNO_3 : HClO_4 : H_2SO_4 = 4 : 1 : 1$ (v/v) 加入靜置後加熱分解，或 1 N HCL 靜置24小時並過濾，之後定量成 50ml ，並以焰光分析法分析 K ，以原子吸光法測 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 及 Zn ，山藥蛋白質之胺基酸含量分析，乃取千里達山藥乾粉 57.3mg ，經前處理水解、過濾及稀釋成 1ml，取 5ul 注入胺基酸自動分析儀分析，所得結果與定量之標準品胺基酸比較，以決定其組成分及濃度含量，本分析係委託國立臺大農業化學系陳建源副教授代爲分析。

外銷加工品質之檢定，黏度以 100g 去皮山藥加3.5倍水後，以果汁機打1分鐘，利用 Brookfield viscometer 測定10分鐘，顏色變化測定乃利用日本 Tokyo Denshoku 公司出品之 Color Difference Meter (Model TC-6FX) 色差儀測山藥塊莖肉色之 L、a、b 值變化，上述分析過程中，每處理皆隨機取樣 3—4 重複，調查分析後再以平均值表示之，同時進行變方分析。

結果與討論

氣象條件與農業生產之關係密不可分，以民國77年本所農業氣象站之氣象資料爲例可知（表1），1至3月間因爲溫度尚低，千里達山藥之塊莖正處於低溫休眠或準備萌芽階段，於4月時除了相對濕度、平均氣壓及日照時數與3月比較未見增加外，其平均溫度及總雨量各提昇達 3.35°C 及 34mm，此顯示於4月栽培山藥將有利於種薯之萌芽及根之生長，自5月起至9月間，月平均溫度都在 25°C 以上，且雨量與日照時數頗爲充足，所以此期間千里達山藥之莖蔓及葉生長甚快，而於7—8

表1.千里達山藥栽培於臺中地區之氣象資料*

Table 1. Meteorological data at Taichung area during the cultivation of yam Coconut-Lisbon (*Dioscorea alata* L.) in 1988*

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Temperature (C°)	18.28	18.28	18.15	21.50	26.03	27.80	29.53	28.35	27.37	25.66	20.23	16.94
Humidity (%)	77.32	79.62	83.35	78.20	77.12	71.40	70.30	72.45	78.23	7.19	74.57	71.55
Radiation (hr)	6.56	5.86	4.62	4.62	4.99	6.22	6.67	7.58	6.39	7.19	7.15	7.70
Atmospheric pressure (mb)	1,008.16	1,008.13	1,004.93	1,004.16	997.35	994.63	993.87	995.90	997.00	998.58	1,007.67	1,009.84
Precipitation(mm)	48.80	31.70	74.70	108.70	135.50	59.20	102.90	279.40	195.30	2.50	19.40	9.00

*Source: From the weather station located in TARI, 1988.

月間達到旺盛發育狀態，由繁茂莖葉所蓄積之光合產物一般即於8月底開始貯存於新形成的塊莖內，自9月起新塊莖即逐漸整形、肥大及充實，其重量呈現直線上升趨勢。

表2.千里達山藥生長全期之農藝性狀與鮮重變化調查

Table 2. Agronomic characteristics and accumulation of fresh weight of yam Coconut-Lisbon at stages of plant development.

Investigation date (Month/day)	Plant height (cm)	Plant weight (g/pl)	Stem & leaves (g/pl)	Stem diameter (cm)	Leaves (no./pl)	Tuber & root (g/pl)	Root length (cm)	Original tuber (g/pl)	New formed tubers (g/pl)
4/20	0.0	66.0	1.0	0.00	0.0	65.0	0.0	65.0	0.0
5/20	52.2	70.5	20.0	0.35	11.9	50.5	24.4	40.0	0.0
6/20	179.0	173.0	128.8	0.51	85.2	44.2	25.1	30.0	0.0
7/20	222.4	250.0	210.5	0.52	183.6	39.5	26.7	28.7	0.0
8/20	371.0	476.5	447.0	0.60	280.6	29.5	27.0	19.0	0.0
9/20	380.7	493.5	459.9	0.72	300.0	33.6	27.2	18.2	4.0
10/20	594.0	836.8	516.9	0.79	320.9	319.9	30.4	9.2	301.6
11/20	594.0	942.4	489.4	0.80	223.6	453.0	30.4	8.1	427.5
12/16	598.0	1,257.0	382.0	0.81	96.0	875.0	30.8	1.1	853.0

由表2結果可知，千里達山藥之株高於10月達 5.94m ，由10月到12月只有少許增高現象，全株重則於全生育期呈現上升現象，而由於地下塊莖即將充實完成，於12月時之全株重比10月之 837g 增重達50%，地上部莖葉鮮重亦於10月達到高峰， 重達 517g，但其後由於莖葉漸趨枯萎掉落而逐漸下降。莖徑於全生育期變化不大，12月之莖徑比10月及5月增加只0.02及0.46cm ，葉數於10月時爲321枚，但到12月時只剩96葉。地下部根及塊莖鮮重於10—12月時急劇上升，根長於整個生育期維持在

表3.氮肥與鉀肥用量對千里達山藥塊莖產量之影響

Table 3. Tuber yield of yam Coconut-Lisbo n as affected by N and K fertilization

Amount of fertilizer			Coconut-Lisbon		Taitung local yam	
N	P_2O_5 (kg/ha)	K_2O	Plot yield (kg/12m²)	Yield (t/ha)	Plot yield (kg/12m¹)	Yield (t/ha)
0	60	120	15.12d*	12.60d	10.02d	8.34d
30	60	120	21.90c	18.25c	16.80c	14.01c
60	60	120	23.46b	19.45b	19.89b	16.57b
90	60	120	25.72a	21.42a	21.15a	17.63a
120	60	120	1.33c	17.78c	19.68b	16.39b
90	60	0	17.79c	14.82c	12.48b	10.40c
90	60	60	26.82a	22.35a	20.34a	16.96a
90	60	120	22.05b	18.37b	16.38b	13.64b
90	60	180	18.42c	15.35c	12.99c	10.83c

*: Means followed by the same letter withi n each column are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

24.4—30.8cm 間，舊塊莖（即種薯）於提供植株初期生長所需之營養後即逐漸萎縮，到10月時之重量只爲種薯原重之14%，到12月時只剩 1.1g，新塊莖自 9 月即已形成並逐漸整形、膨大及充實，於10月、11月及12月之重量分別爲 9 月之75.4、106.9及213.3倍。

由表 3 結果可知，五種 N 肥用量對千里達山藥塊莖產量之影響以 90 kgN/ha 組較佳，其小區產量爲 25.71kg，公頃產量達 21.42 t/ha，其次爲 60 kgN/ha 組，其公頃產量爲 19.54 t/ha，由於試區內有機質含量爲1.93%，所以不施氮肥組之公頃產量亦達 12.60 t/ha；臺東本地種山藥對於五種 N 肥用量之反應與千里達山藥大同小異，其最高產量亦出現在 90 kgN/ha 組，其次爲 60及120兩組，不施 N 肥區之公頃產量只有 8.34 t/ha。。

四種 K 肥用量對千里達山藥產量之影響，以 60 kgK_2O/ha 組之表現最優，其小區產量爲 26.82 kg，公頃產量達 22.35 t/ka, 120 kgK_2O/ha 組之表現次佳，由於試區內有效 K 量爲 250 kg/ha，所以不施 K 肥組之公頃產量亦可達 14.82 t/ha；臺東本地種山藥對於四種 K 肥及反應亦同於千里達山藥，最佳產量亦出現在 60 kgK_2O/ha 組，惟最高 K 肥組之產量却與不施 K 肥組無明顯差異現象。

綜觀表 3 結果可知，栽培千里達山藥之肥料推薦用量以 $N:P_2O_5:K_2O=90:60:60$ kg/ha 較宜，如此將能使千里達山藥之生產能力得以發揮，惟實際施用時應參考栽培場所之土壤分析結果。

山藥塊莖一般均有低溫休眠特性，於三月底或四月初氣溫升高時，促使塊莖開始萌芽，所以於中部地區栽培山藥通常於四月下種，此時不但溫度逐漸上升且降雨量亦轉多（表 1），將較有利其生長發育。由比較不同種植期對千里達山藥塊莖生產之結果可知（表 4），愈晚種植時（六月），小區內新塊莖粒數雖然比四月增加達20—30%（資料未列），但其塊莖平均長度及寬度則呈顯著降低趨勢，小區中大於 200g 之塊莖粒數及重量亦隨種植期之延後而明顯下降；以最大粒塊莖之重量比較爲例，延遲二個月的粒重只爲 4 月種植者之51.2%；在小區產量方面，4 月種植之塊莖收量分別爲 5 月及 6 月者之 120 %及 132 %，而達 5 %差異顯著水準；在公頃產量方面，4 月、5 月及 6 月者分別爲 23.10 t/ha、19.25t/ha 及17.50t/ha，三者間之差異顯著。由此可知，爲確保千里達山藥於臺中地區栽培之生產能力，其種植期應不能晚於 4 月。

表4.不同種植期對千里達山藥塊莖產量之影響（臺中）

Table 4. Effect of planting date on the tuber yield of yam Coconut-Lisbon at Taichung area

Planting date (Month)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)	Tubers weightier than 200g			Plot yield	Yield
			No. per plot (no./12m²)	Fresh weight (kg/12m²)	Largest tuber (kg)	(kg/12m²)	(t/ha)
4	16.0a*	9.3a	36a	24.0a	1.64a	27.7a	23.10a
5	9.2b	6.8b	30b	21.0b	1.50a	23.1b	19.25b
6	7.3c	5.6c	27c	13.5c	0.84b	21.0b	17.50c

*: Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

比較不同行距對千里達山藥塊莖生產之結果可知（表 5），行距愈大時，千里達山藥每穴粒數及其重量有逐漸增加之現象，以行距爲 120cm 爲例，其每穴平均粒數及重量各爲2.9粒及 537.2g，爲所有行距之冠，在塊莖平均長度及寬度兩性狀之表現，亦呈現相同趨勢，即行距愈大時其塊莖平均長度及寬度比較小行距者加大，小區中大於 200g 之塊莖粒數隨行距之增加而增加，但總重量則反是，

如行距爲 80cm 時，其大於 200g 塊莖粒數較少，約爲 120cm 者之 83%，但小區總重量則爲後者之1.19倍，最大粒塊莖之表現較不規則，以 80cm 行距者較大，達 715g，其次爲 120cm 者；小區平均產量以行距爲 120cm 者較高，達 24.0kg，其次爲 100cm 者，較小行距之小區產量較低，只約爲 120cm 者之71.5%；在公頃平均產量方面以 100cm 組較高，達 18.52t/ha，其次爲 80cm 組，達 17.86t/ha，最少的是 120cm 組，其公頃產量只爲 100cm 組之90%。

表5.不同行株距對千里達山藥塊莖產量之影響

Table 5. Effect of plant spacing on the tuber yield of yam Coconut-Lisbon

Plant spacing (cm)	Tuber number (no/hill)	Tuber weight (g/hill)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)	Tubers weightier than 200g			Plot yield	Yield
					No. per plot (No./12m²)	Fresh weight (kg/4m²)	Largest tuber (kg)	(kg/12m²)	(t/ha)
80×20	1.9b*	294.9d	8.8b	7.1b	32.1c	12.3b	703.3a	17.7c	18.43a
80×30	2.3b	460.8b	9.4b	7.5b	35.1bc	15.0a	726.7a	16.6c	17.28b
100×20	2.3b	364.0c	9.6b	7.6b	29.4d	18.8c	423.3c	21.8b	18.20a
100×30	2.1b	627.5a	9.3b	7.5b	39.0b	16.8a	723.3a	22.6b	18.83a
120×20	2.8a	384.3c	10.1a	7.4b	44.1a	12.0b	623.3b	23.1b	16.01c
120×30	2.9a	690.1a	10.1a	8.6a	36.9b	11.0bc	713.3a	24.8a	17.25b
Average between plants									
80cm	2.1b	377.9c	9.1a	7.3a	33.6b	13.7a	715.0a	17.2c	17.86b
100cm	2.2b	495.8b	9.5a	7.6a	34.2b	12.8b	573.3c	22.2b	18.52a
120cm	2.9a	537.2a	10.1a	8.0a	40.5a	11.5c	668.3b	24.0a	16.63c
Average between rows									
20cm	2.33a	347.7b	9.5a	7.4a	35.1b	11.0b	583.3b	20.9a	17.55a
30cm	2.43a	592.8a	9.6a	7.9a	36.9a	14.3a	721.1a	21.3a	17.79a

*: Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

比較不同株距對千里達山藥塊莖生產之結果可知（表5），較小株距（20cm）較不利於千里達塊莖之生長與發育，尤其是每穴塊莖之重量、小區中大於 200g 塊莖之粒數、總重及最大塊莖重等，都明顯低於 30cm 株距組。

綜觀表5結果可知，栽培千里達山藥時之行株距以 100×30cm 較爲適當，其公頃產量達 18.8 t/ha，爲所有行株距之冠。

由表 8 可知，鳳山地區千里達山藥的公頃生產能力只有 11.21 t/ha，遠低於嘉義之 20.38 t/ha 及臺中之 22.65 t/ha，而四個參試山藥品種在此三個地區之平均公頃產量亦以臺中之 18.7 t/ha 居先，嘉義之 17.0 t/ha 次之，鳳山之 12.93 t/ha 殿後（表 6）。推究臺中地區較適宜千里達等山藥品

表6.不同地區山藥栽培試驗之土壤分析結果與平均產量

Table 6. Soil analysis and average tuber yield ofayam Coconut-Lisbon cultivaied in dtfferent regions

Soil source	pH	Soil texture	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	Organic matter (%)	Effective P (P_2O_5 kg/ha)	Effective K (K_2O kg/ha)	Tuber Yield averaged (t/ha)*
Taichung	5.1	L	40.9	14.0	45.0	1.87	123.2	307.3	18.70
Chiayi	6.8	L	52.9	9.0	38.0	2.13	256.9	394.6	17.00
Fengshan	6.8	L	40.9	13.0	46.0	1.14	133.8	162.7	12.93

*: Yield data calculated from Table 8

種發揮生產潛力的可能原因如下，其一爲臺中地區之土壤質地及 pH 值尙稱適宜，且有機質及有效 K 含量不低，嘉義地區之土壤條件由表 6 數據可知不在臺中之下，鳳山地區則由於有機質及有效 K 含量偏低，將較不利千里達等山藥品種地下塊莖之生長；原因之二爲氣象要素如溫度、雨量及日照時數之差異，因爲一般山藥種薯發芽之適溫約爲 17—18°C 左右，莖蔓與葉生長之適溫約爲 25—26°C，而新塊莖形成與發育之適溫約爲 22—23°C，而臺中及嘉義二地區 4 月平均溫度（表 1 及表 7），各爲 21.50°C 及 21.13°C，比鳳山地區之 23.9°C，似較適宜千里達山藥種薯之發芽及根之生長，此二地區於 5—8 月之平均溫度各爲 27.93°C 及 27.67°C，比鳳山地區之 28.7°C 可能較適宜山藥莖蔓及葉之生長，而在 9—12月山藥新塊莖之形成、整形、肥大及充實時期，臺中及嘉義兩地之平均溫度各爲 22.55°C 及 21.25°C，較鳳山地區之 24.25°C 似較適宜新薯塊之發育；在降雨量方面，於 5—8 月莖葉伸長繁茂時期，臺中、嘉義及鳳山三地區之平均雨量各爲 144.3、329.9 及322.8 mm，在量的方面都不匱乏，而於 9 月新塊莖形成期，鳳山地區之雨量高達 464.8mm，且於 9—12 月之平均雨量爲臺中及嘉義之2.3及2.6倍多，在溫度較高及水份較多兩因素影響下，似較不利新薯塊之生長及充實；在平均日照時數方面，嘉義地區於莖葉發育時期，比臺中地區有較充裕日光照射時間，而於新薯塊形成充實時期，則比臺中地區日照時數較少，鳳山地區由於日照資料缺如無從比較（表 7）。

表7.山藥不同地區栽培試驗之氣象要素比較*

Table 7. Meteorological data in different regions for yield trial of yam Coconut-Lisbon*

Month	Temperature (°C)		Precipitation (mm)		Radiation (hr)	
	Chiayi	Fengshan	Chiayi	Fengshan	Chiayi	Fengshan
1	17.00	18.07	42.1	84.2	4.81	—
2	16.87	18.93	16.3	10.0	4.59	—
3	17.40	21.50	52.8	12.8	4.13	—
4	21.13	23.90	98.7	117.9	3.63	—

Table 7. (續)

Month	Temperature (°c)		Precipitation (mm)		Radiation (hr)	
	Chiayi	Fengshan	Chiayi	Fengshan	Chiayi	Fengsnan
5	26.57	28.57	181.3	100.4	5.16	—
6	28.10	28.77	199.8	232.4	8.27	—
7	28.73	29.40	305.6	202.3	8.03	—
8	27.27	28.07	632.8	756.1	6.68	—
9	26.47	28.37	176.7	464.8	5.27	—
10	24.30	27.17	1.8	26.0	4.61	—
11	18.63	22.30	10.2	2.0	5.57	—
12	15.60	19.17	5.8	17.9	6.77	—
5—8 (Average)	27.67	28.70	329.9	322.8	7.04	—
9—12 (Average)	21.25	24.25	48.6	127.7	5.56	—
4—12 (Average)	24.09	26.19	179.2	213.3	6.00	—

*: Source: from Central Weather Bureau 1988.

由表 8 的結果可知，千里達山藥在臺中本所、嘉義分所及鳳山分所之生育性狀及產量表現有很大差異，株高以臺中之 469cm 居先，嘉義居次，鳳山株高低於臺中達 161cm ；全株重亦以臺中者最大，嘉義其次，鳳山全株重只爲臺中之 44.6% ； 惟在分蘖數方面則以鳳山之 6.1支最多，嘉義次之，而臺中者只有2.3支；莖徑及根長之差異不大，前者以臺中之 0.64cm，後者以嘉義之 35.3cm 較佳；葉數方面仍以臺中最多，達437片，鳳山居次，而嘉義較少；地下部根及塊莖鮮重以臺中之 972g

表8.四種山藥品種（系）於不同栽培地區之生育性狀及產量比較

Table 8. Comparison on the agronomic characteristics and tuber yield of four yam genotypes cultivated in different regions

Genotypes	Locality	Plant height (cm)	Plant weight (g/pl)	Tillers (no/pl)	Stem diameter (cm)	Leaves (no pl)	Tuber & root (g/pl)	Root length (cm)	New formed tubers (no/pl)	New tuber weight (g/pl)	Yield (t/ha)
Coconut Lisbon	Taichung	468.7	1,134.8	2.3	0.64	437.3	972.4	30.8	2.7	815.0	22.65
	Chiayi	419.7	1,125.0	4.3	0.54	312.0	741.7	35.3	5.1	733.3	20.38
	Fengshan	308.0	506.0	6.1	0.52	369.0	298.0	34.2	4.7	373.7	11.21
	Average	398.8	921.9	4.2	0.57	372.8	670.7	33.4	4.2	640.7	18.08
Brazilien yam (CK_1)	Taichung	400.7	726.7	1.8	0.62	169.0	265.4	34.0	1.3	475.0	14.25
	Chiayi	430.3	728.0	5.4	0.49	377.0	485.0	28.3	4.5	485.0	14.55
	Fengshan	345.0	1,146.7	3.0	0.62	420.0	740.0	37.3	2.7	730.0	20.29
	Average	392.0	867.1	3.4	0.58	322.0	496.8	33.2	2.8	563.3	16.36
Chiayi local yam (CK_2)	Taichung	478.3	1,331.6	2.2	0.85	323.7	595.9	30.6	2.0	588.3	16.35
	Chiayi	407.7	1,233.4	4.6	0.54	165.3	966.7	28.9	3.6	763.3	21.22
	Fengshan	307.3	1,073.4	4.8	0.65	553.3	531.7	34.5	5.4	466.7	12.97
	Average	397.8	1,212.8	3.9	0.68	347.4	698.1	31.3	3.7	606.1	16.85
Taitung local yam (CK_3)	Taichung	562.3	1,288.7	2.9	0.86	416.0	943.4	52.3	2.6	775.0	21.55
	Chiayi	438.7	583.3	5.4	0.52	221.0	428.3	31.0	3.9	426.7	11.86
	Fengshan	439.3	733.3	2.5	0.63	484.0	265.0	25.6	3.4	260.0	7.23
	Average	480.1	868.4	3.6	0.67	373.7	545.6	36.3	3.3	487.2	13.54

明顯居先，嘉義之 742g 次之，而鳳山之地下部重只爲臺中之30.6%；臺中之新塊莖數爲三地區最少者，只有2.7個，不及嘉義之5.1個及鳳山之4.7粒；在新塊莖平均重量方面，仍以臺中之 815g 最大，其次爲嘉義之 733g，由於鳳山之新塊莖重只有 374g，所以其公頃產量最低，只有 11.21t/ha。比較三個地區對千里達山藥塊莖之生產之影響，應以臺中或嘉義兩地較宜，其公頃產量分別爲鳳山之2.02及1.82倍，且塊莖較爲圓大。

綜合比較千里達山藥與其他三對照種山藥的生育性狀及公頃產量可知（表 8），千里達山藥在分蘖數、新塊莖數及新塊莖重三方面優於其他山藥品種，在葉數及根長二方面略小於臺東地方種，在地下部重則略低於嘉義種。由於千里達山藥新塊莖重比其他品種高出不少，而且數目又多，所以其公頃產量優於其他品種，平均產量比嘉義種、巴西山藥及臺東種高出 7.3%、10.5%及33.5%，巴西山藥的平均產量略低於嘉義地方種，但高於臺東山藥。臺東地方種之株高爲四種山藥之冠；在全株重方面則以嘉義地方種最高。由此可知，四種參試山藥在各地區之適應及生產能力互異，千里達山藥似較適於臺中栽培、嘉義亦可，鳳山則欠佳；巴西山藥則反是，以鳳山較佳，其次爲嘉義及臺中；嘉義地方種在嘉義地區之生產能力較高；臺東地方種則以臺中地區之產量最好。

由表 9 千里達山藥各項性狀之相關分析結果可知，株高顯著影響其他性狀的發育，而對山藥產量影響最大之新塊莖重則與株高、全株重及地下部重三項有顯著正相關關係。

表9.千里達山藥各項性狀之相關分析

Table 9. Correlation coefficients among various characteristics of yam Coconut-Lisbon

Characteristics	Plant height (cm)	Plant weight (g/pl)	Stem & leaves (g/pl)	Stem diameter (cm)	Leaves (no/pl)	Tuber & root (g/pl)	Root length (cm)	New formed tuber (g/pl)
Plant height	1.0000	.9466**	.9209**	.9210**	.6812*	.7173*	.7199*	.7444*
Plant weight		1.0000	.7784*	.8162**	.4359	.8955**	.5965	.9120**
Stem & leaves			1.0000	.8811**	.8940**	.4178	.6831*	.4527
Stem diameter				1.0000	.7145*	.5568	.9146**	.5894
Leaves					1.0000	−.0029	.5884	.0365
Tuber & root						1.0000	.3791	.9991**
Root length							1.0000	.4110

*: Significant at 5% level **: Significant at 1% level

表10.四種山藥塊莖皮部與肉部鮮重分配比率及乾肉產量比較

Table 10. Comparison on the partition ratios of fresh weight between skin and flesh of tubers and yield of dried meat among four yam genotypes

Genotype	Tuber skin		Tuber flesh		Yield of dried tuber meat* (t/ha)
	Fresh weight (%)	H_2O content (%)	Fresh weight (%)	Dry matter content (%)	
Coconut-Lisbon	19.1	77.7	80.9	28.4	5.20
Brazilien yam (CK_1)	19.2	62.3	80.8	27.5	3.17
Chiayi local yam (CK_2)	23.1	60.5	76.9	35.5	4.46
Taitung local yam (CK_3)	31.1	77.1	68.9	28.0	4.16

*: Mean data calculated from Tab. 8

由表10結果可知，塊莖皮部以臺東地方種較厚，而以千里達最薄；在皮部之含水率方面，則以千里達之77.7%居首，嘉義地方種只含60.5%；比較塊莖肉部鮮重可知，以千里達及巴西山藥最優，臺東地方種之肉部只爲全重之69%，而其中之粗乾物率爲28%；此值比嘉義地方種之35.5%及千里達之28.4%偏低，但仍高出巴西山藥約0.5%；在塊莖乾肉公頃產量方面，以千里達山藥之 5.2t/ha 最高，其次爲嘉義地方種及臺東地方種，而以巴西山藥之 3.17t/ha 最低，塊莖肉部切角並經 105°C 7 小時烘乾後，即可裝箱供外銷用。

由表11結果可知，四種山藥塊莖肉部在經過兩次烘乾手續後之含水率，以巴西山藥之82.9%較高，而以嘉義地方種之73.6%較低，此亦表示後者比巴西山藥有較大量的固形產物（26.5%）；在粗蛋白質含量方面，以千里達之1.69%及嘉義地方種之1.68%較優，而以巴西山藥之1.06%最低；粗脂肪含量以嘉義地方種及千里達山藥較高；巴西山藥之粗纖維含量雖略低於嘉義地方種，但比其他兩種山藥都高；臺東地方種之灰分含量最低，只含約0.08%，其可溶性無氮物含量爲16.5%，雖低於嘉義地方種及千里達山藥，但仍略高於巴西山藥。

表11.四種山藥塊莖可食部分之一般組成分

Table 11. Gross composition of tuber meat of four yam genotypes

Genotype	H_2O (%)	Solid matter (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)	NFE* (%)
Coconut-Lisbon	80.33	19.67	1.69	0.07	0.09	0.11	17.71
Brazilien yam (CK_1)	82.88	17.12	1.06	0.05	0.12	0.11	15.78
Chiayi local yam (CK_2)	73.55	26.45	1.68	0.08	0.13	0.11	24.45
Taitung local yam (CK_3)	81.99	18.01	1.29	0.05	0.07	0.08	16.52

*: Nitrogen free extract (NFE) consists of carbohydrates and some organic acids.

表12.千里達山藥塊莖乾粉內胺基酸之組成分及含量**

Table 12. Composition and contents of amino acids analysed from dried tuber powders of yam Coconut-Lisbon

Amino acids	Composition (%)	Content (n mole/100mg powder)
Asparagine	11.18	38.92
*Threonine	4.69	16.29
Serine	7.00	24.71
Glutamine	13.35	41.77
Proline	1.47	13.32
Glycine	7.61	22.23
Alanine	6.72	24.13
1/2 Cysteine	0.43	1.96
*Valine	5.24	18.83

Amino acids	Composition (%)	Content (n mole/100mg powder)
*Methionine	1.61	5.11
*Isoleucine	3.90	13.95
*Leucine	7.03	23.75
Tyrosine	1.73	5.71
*Phenylalanine	3.84	13.37
*Histidine	2.62	7.82
*Lysine	5.83	14.95
NH_3	9.50	52.35
*Arginine	6.20	26.02
Total	100.00	365.19

*: Necessary amino acids, tryptophan not analysed

利用胺基酸分析儀測定千里達山藥塊莖乾粉內蛋白質之胺基酸種類及濃度，由表12結果可知，千里達山藥具有全部可鑑定之波峰共18個（圖未列出），在其組成中佔較大部分的是 glutamine 及 asparagine，最少的是 cysteine，上述三種胺基酸之含量依次爲每 100 mg乾粉中含41.77、38.92 及 1.96 n mole，而總含量達365.19 n mole，在供測之必需胺基酸方面，千里達山藥具有全部人體不能製造之胺基酸，其中且以 leucine、valine、threonine 及 lysine 含量較高。

表13.四種山藥塊莖肉質部分於去皮後二十四小時之顏色變化

Table 13. Color changes of tuber meat of four yam genotypes 24 hours after peeling off the skin

Genotype	Determine duration (hr)	Colour change		
		L	a	b
Coconut-	0	70.35b*	− 4.28 b	10.75 b
Lisbon	24	79.38a	− 0.48 a	15.37 a
Brazilien	0	66.00b	− 3.47 b	10.14 b
yam (CK_1)	24	78.41a	− 1.19 a	12.42 a
Chiayi local	0	64.66b	− 4.34 b	8.68 b
yam (CK_2)	24	80.16a	− 0.61 a	14.65 a
Taitung local	0	70.20b	− 5.66 a	10.06 b
yam (CK_3)	24	83.19a	− 4.33 a	12.47 a

*:Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

山藥塊莖自田間採收以至於加工外銷之流程如下：田間採收—去土削皮—浸水—消毒—切角—排盤—熱風乾燥—成品。於削皮後山藥塊莖肉色能否長久保持純白原色爲最重要的外銷品質之一，由表

13去皮山藥新鮮塊莖肉色變化結果可知，經過24小時後四種山藥塊莖肉色之亮度（L值）呈明顯增加趨勢，除了臺東地方種較不轉呈紅色外，四種參試山藥塊莖肉色都明顯有變紅及變黃的現象。

千里達爲目前山藥外銷唯一優良品種，其理由除了產量穩定優異外，品質與營養價值甚佳亦爲重要原因之一，經切角及熱風乾燥七小時後，其水分約佔8.7%，粗蛋白質含量爲8.6%，較重要的礦物元素如N及K之含量各爲1.37%及1.81%，此外亦含有Ca、Mg及Zn等（表14）。

表14. 千里達山藥塊莖切角之重要成分

Table 14. Gross composition of tuber pieces (0.5cm³) from yam Coconut-Lisbon

Genotype	H_2O (%)	Crude protein (%)	Mineral elements (%)				
			N	Ca	Mg	Zn	K
Coconut-Lisbon	8.73	8.59	1.37	0.38	0.11	0.01	1.81

粘度爲外銷山藥之另一重要品質，由表15結果可知，四種山藥在48小時分析時間內之粘度變化頗爲穩定，千里達山藥以平均粘度爲 163.2 Centipoise 高居首位，巴西山藥以159.3居次，而嘉義及臺東兩地方種之平均粘度只約爲千里達山藥之15.2%及26.2%，由此可知品種間之差異很大。

表15. 四種山藥塊莖肉質部分之粘度變化

Table 15. Comparison of viscosity variation of tuber meat within 48 hours of peeling off the skin among four yam genotypes

Genotype	Analysis duration (hr)	Viscosity (Centipoise)
Coconut-Lisbon	0	158.0
	24	154.5
	48	177.0
	Average	163.2
Brazilien yam (CK_1)	0	157.0
	24	158.0
	48	163.0
	Average	159.3
Chiayi local yam (CK_2)	0	22.0
	24	28.5
	48	24.0
	Average	24.8
Taitung local yam (CK_3)	0	41.0
	24	43.0
	48	44.0
	Average	42.7

引用文獻

1.行政院衛生署中藥典範編輯委員會 • 1985 • 山藥 • 中華民國中藥典範第一輯：660—664

2.李玉寶 • 1976 • 山藥密植試驗 • 臺灣省花蓮區農業改良場業務年報（65）：70—72

3.李玉寶 • 1976 • 山藥品種對不同地勢適應性試驗 • 臺灣省花蓮區農業改良場業務年報（65）：72—77

4.李玉寶、蔡炯松 • 1978 • 山藥品種對不同地勢適應性試驗 • 臺灣省花蓮區農業改良場業務年報（66）：53—56

5.李玉寶、蔡炯松、周明和 • 1979 • 山藥品種比較試驗 • 臺灣省花蓮區農業改良場業務年報（68）：77—81

6.李玉寶、蔡炯松、周明和 • 1979 • 山藥種薯切塊大小對產量與經濟之關係研究 • 山藥密植試驗 • 臺灣省花蓮區農業改良場業務年報（68）：81—82

7.那琦、甘偉松、楊榮季 • 1978 • 臺灣產藥材之生藥學研究（Ⅳ）臺灣產零餘子之生藥學研究 • 中國醫藥學院研究年報 9 ：330—375

8.郁宗雄、陳嘆 • 1975 • 山藥新品種 • 豐年25：16—17

9.徐原田 • 1978 • 磷鉀肥施用量與行株距密度對山藥產量及蛋白質含量之影響 • 中華農業研究27：315—324

10.徐原田 • 1979 • 不告覆蓋物對山藥產量及品質影響之研究 • 中華農業研究28：117—123

11.徐原田 • 1981 • 不同支架型式對山藥產量及品質之影響 • 中華農業研究30：357—361

12.張進益 • 1988 • 山藥 • 經濟植物集 • 豐年：44—49

13.黃金池 • 1985 • 山藥—臺灣稀有作物系列 • 農業周刊11：26—27

14.彭德昌 • 1988 • 利用塑膠管栽培長形山藥 • 豐年38：49—52

15.劉增棠、黃瑞泉1978 • Dioscoreaceae薯蕷科 • Flora of Taiwan：100-109。

16.蔡炯松、周明和 • 1981 • 山藥不同栽培密度與不同施肥量對產量之影響試驗 • 臺灣省花蓮區農業改良場業務年報（70）··82—84

17.蔡炯松 • 周明和 • 1982 • 山藥品種對花蓮地區山坡地試驗 • 臺灣省花蓮區農業改良場業務年報（71）：95—96

The Cultivation Techniques for Enhancing Productivity and Processing Quality of Yam (*Dioscorea alata* L.)[1] Coconut-Lisbon

Sin-Yie Liu[2]

Summary

Four yam genotypes, including Coconut-Lisbon and three check genotypes, i. e., Brazilian yam, Chiayi local yam and Taitung local yam, were tested for their growth responses to cultural practices and chemical composition of tubers was analysed. The purpose was to develop cultural techniques suitable for the production of variety Coco nut-Lisbon.

The results indicated that genotype Coconut-Lisbon could be cultivated on sandy loam rich in organic matter in the regions from Taichung to Chiayi. Fertilization rate of $N : P_2O_5 : K_2O = 90 : 60 : 60$ kg/ha, planting density of 30,000 plants/ha and planting date no later than April were recommended. Mean maximum tuber yield of 21.59t/ha was recorded with the above-mentioned cultural conditions.

Analyses of tuber chemical composition showed that genotype Coconut-Lisbon was high in contents of crude protein, many mineral elements and all essential amino acids. Two characters related to processing quality, i. e., changes in color and viscosity after peeling off the skin, were also superior to those of the other three genotypes. However, immediate processing of tubers was suggested to avoid browning of the products.

Based on the adaptability and yield and quality performance, Coconut-Lisbon was recommended as a superior yam variety for economic cultivation.

1. Contribution No. 1472 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by a grant from the Council for Agriculture, Executive Yuan, ROC.

2. Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 38(3)326～334 (1989)

三島柴胡臺農1號之育成[1]

劉新裕　徐原田　胡敏夫　邱善美[2]

摘要　三島柴胡臺農1號之親本源自日本之三島柴胡，爲常異交作物，自交純化不易。本所自民國57年引入三島柴胡種子後，即利用混合選種法，淘汰生產力顯著低落及品質較劣植株，並選拔生長勢旺盛及高 saponin 含量之植株，混合其飽滿種子，共經七年選種而成。並依序進行品種觀察試驗、品種比較試驗、產量調查及三次區域試驗，綜合上述試驗結果可知，新品種具有產量穩定、品質優越及適應力大之優點。在乾根平均公頃產量方面，新品種高出三島柴胡約27.7%，在 saponin 含量方面，新品種爲三島柴胡之1.12倍高，此外新品種之適應能力大增，已能在較高溫之平地栽培，且植株間之變異程度已經減小。因此獲得審查通過，命名爲三島柴胡臺農1號。

三島柴胡臺農1號之植株生育强健，一年生株高可達 80cm，莖直立質堅，葉互生，植株下半部葉形較大，葉長約 15cm，寬約 1.5cm，花爲複繖形花序，果實爲分裂果，種子長橢圓形，千粒重 1.23—1.68g。由歷年各地區試驗根產量之綜合比較可知，栽培於中高海拔山坡地一年生根產量都在 1,000kg/ha 以上，平地一年生產量約爲 690kg/ha，一年半生爲 1,168kg/ha，根中 saponin 平均含量爲2.75%，變域爲1.05—7.43%。

柴胡爲繖形科 (*Umbelliferae*) 柴胡屬 (*Bupleurum* L.) 植物，在我國傳統醫藥中屬於評價極高之肝炎治療珍貴生藥[1,2,3,4,5,7,9]，由於本省每年之需求量極大，而且有與日俱增趨勢，所以急須選育產量與品質均佳之優良品種以推廣栽培及開發利用。該屬植物約有 100種以上，分佈於北半球，臺灣自產一種稱高氏柴胡 (*Bupleurum kaoi* Liu, Chao & Chuang)[6]，分佈於新竹及苗栗一帶山區，原來即甚稀少，近年經人採集更屬少見，已列爲稀有植物；本所曾派員與該種之命名者國立臺灣大學高木村技正至原產地採集未果，除了將繼續努力徵集該種外，另積極由國外引進品質與藥效均被肯定之三島柴胡 (*Bupleurum falcatum* L.)[5,7,9]，以進行馴化選種與育種等相關試驗。

本所柴胡之育種目標有下列三項：（1）增加產量：原種三島柴胡自生於日本中部以西之山野[9]，由於長期低溫之影響，植株生長較不旺盛，產量偏低，本省之氣候環境較日本優異，植株生長可望較佳。引種後柴胡之選種目標，即側重適應能力强、植株生長旺盛及根產量較豐者。（2）改良品質：產量增加固宜注重，品質之提升尤其緊要，柴胡之主要藥效成分爲 saponin，在日本栽培之 saponin 含量約爲 0.5%左右[9]，本所藉選拔優良單株中淘汰低 saponin 含量之品系，並加强栽培技術以提高柴胡新品種之 saponin 含量。（3）切合需要：經本所混合選種育成之三島柴胡臺農1號 (*Bupleurum falcatum* L. cv. *TARI No.* 1以下稱爲本種柴胡或本種) 及其原種三島柴胡 (*B. falcatum* L.，以下稱爲原種) 由於品質爲所有柴胡近緣植物之最佳者，且用途廣泛及藥效卓著，已

1.臺灣省農業試驗所研究報告第 1473 號。

2.本所農藝系副研究員、助理、助理研究員及副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

引起國內醫藥各界之重視，推廣種植柴胡將可增加農民收益，並且本省山坡地未用面積頗大，閒置十分可惜，發展柴胡將對精緻農業政策之推展助益甚大。此外，由於欠缺柴胡地方品種及其他柴胡近緣品種以資對照，故於進行品種試驗時，乃以自日本引入之原種三島柴胡爲對照品種。

本所柴胡之育種方法採用混合選種法（mass selection），經本所淘汰原種生產力顯著落低及品質較劣植株後，選拔適應性優良及高 saponin 含量之植株，混合其優良飽滿種子，經發芽育苗後再混合選種前後達七年之久。以選用優良植株之大粒種子進行混合選種，將有可能促進產量之提高[14]，或增進品質[12]。大體言之，若使用方法得當，並且田間設計配合得宜時，混合選種法將能達到預期之效果[8,13]。

柴胡爲常異交作物，雖其雄蕊高於雌蕊，在構造上較適宜自花受粉，但仍可見不少天然異花受粉現象，如小繖形花部份雄蕊先於雌蕊長出、成熟與凋萎，且以昆蟲爲傳粉媒介等，遺傳行爲頗爲複雜，惟因本省現無其他柴胡品種，柴胡之繁殖係屬一隔離繁殖狀態，雜交花粉源自同株之異花或同種之異株花粉之間，其傳遺形質之穩定性自較一般異花受粉作物爲高。日本筑波藥用植物栽培試驗場及其他四個主要試驗場，對三島柴胡自交純系育種至第7—8代後，其遺傳形質仍不能純化，而雜交育種由於品系性狀不易固定，過程又極繁雜，故本所採用混合選種之育種方式，促使本種柴胡同時包含許多血統相近之系統，在各方面性狀之表現上將具較大的伸縮特性（flexibility）[8]，此方式雖不能使本種柴胡之遺傳形質保持純潔，但其過程較爲迅速穩妥，且能維持相當一致的高產量及高品質兩項特性。

本文之目的在敍明三島柴胡臺農1號之育成經過、品質比較、植株特性與農藝性狀調查以及栽培管理要點，藉以提供農民栽培參考。

材料與方法

一、親本來源及特性：

三島柴胡爲日本五個國立藥用植物栽培試驗場主要共同研究材料之一[10]，本所自民國57年起歷經多次自日本引進三島柴胡種子，其來源可分爲三個系統，即伊豆系統、德島系統及其他系統，此三系統之種子千粒重及發芽率相差無幾，植株特性亦殊無差異，茲概述其特性如下：三島柴胡之適應範圍爲中海拔至高海拔（溫暖至寒冷地區），種子千粒重 1.29—1.52g，發芽率一般約 20%，較新鮮及較大粒種子之發芽率30—50%，其發芽起始日數自播種後約25—35日發芽，發芽適溫爲 18°C，一年生株高 34—97cm，分蘗1—2支，總分支數 30—50 支，具中度抗倒伏性及甚强耐寒性，收穫適期爲一年至三年，一年生根長 4.1—35.6cm，主根徑 0.37—0.89cm，支根數4—12支，全根乾重 1.1—5.6g，乾根產量 448—796kg/ha。

二、育種試驗經過及方法：

引種馴化與混合選種：於民國57—64年在臺北、臺中、大雪山及桃園縣復興鄉進行，使用方法爲混合選種法，即淘汰原種生產力顯著低落及品質較劣植株，選拔適應性優良及高 saponin含量植株，混合其飽滿種子，前後選拔七年。

性狀觀察：於59—60年在臺北、臺中之田間砂壤土及復興鄉山坡砂礫地進行性狀觀察比較，田間設計採用 C. R. D.，三重複，比較原種與初步選取之新種之種子發芽率、植株各部位性狀及病蟲害等三方面之差異。

品種（系）比較試驗：於61—62年在臺北、臺中平地砂壤土及復興鄉山坡砂礫地進行，C. R. D. 設計，三重複，小區面積 $8m^2$，行株距 20×20cm，比較原種與經四年選拔之新種在株高、分蘗數、莖葉鮮重、鮮根重及乾根產量等方面之差異，本試驗之進行時間在臺北二年，其他二地各一年。

產量調查：第一次於62—64年，第二次於70—75年，在臺北及臺中田間砂壤土及大雪山砂礫地進行，四重複，主要在比較不同生產年代本種柴胡根產量之差異。

第一次區域試驗：於64—65年在臺北田間砂壤土與大雪山及清境農場之山坡砂礫土進行，C. R. D. 設計，三重複，小區面積 16m² ，行株距 20×20cm ，調查比較項目如品種比較試驗等。

第二次區域試驗：於68—69年在臺北平地砂壤土及大雪山坡地砂礫土進行， C. R. D. 設計，三重複，小區面積 16m² ，行株距 20×20cm ，調查比較項目爲株高、分蘖數、根長、根徑及乾根產量等。

第三次區域試驗：於74—76年在春陽 (1,200m) 及梅峰 (2,200m) 二處進行，四重複，小區面積 16m²，行株距 20×20cm ，比較第 2 、 6 、12、18及24個月共五個生長期中各項性狀之差異，調查比較項目爲株高、株重、分蘖數、總分支數、莖徑、根長、根徑及乾根產量等。

三、柴胡之有效成分分析： saponin 含量於區域試驗時即已進行，柴胡近緣植物根內 saponin 含量比較，於76—77年在本所實驗室進行。進行 saponin 含量測定時取樣 5g ，四重複，分析方法如下：先以甲醇 (methanol) 回流萃取及減壓濃縮後，利用正丁醇 (n-butyl alcohol) 與水進行兩相溶劑萃取，之後回收丁醇，其殘留物再以乙醚 (ether) 回流，乙醚之不溶物即爲 saponin[11] 。

結果與討論

一、馴化觀察與混合選種：

自57年引進三島柴胡後，即先後在臺北本所舊址、臺中、桃園復興鄉及大雪山船型山工作站，進行混合選種及性狀觀察。由於其原產地日本與本省氣候差異甚大，初期在播種發芽及植株生長適應兩方面，原種之表現不佳，經混合選種繁殖優良植株兩年後，曾比較原種與本種之種子發芽率、植株性狀及病蟲害等差異：在發芽方面，原種之發芽率極低約在20%以下，而本種柴胡之發芽率略高約爲20—45%。由種子發芽試驗可知，欲促進柴胡之發芽，除了溫度及種子大小與新鮮度是影響發芽最主要因素外，其他如苗床土質、光度、水份及濕度之控制亦爲重要因素，利用低溫層育及日夜溫差處理，可提高種子發芽率至87%；在植株適應能力方面，兩者在中及高海拔適應力均佳，平地栽培時則略差，且雨水太多或排水不良將是柴胡栽培時導致病害枯死之主因。由觀察比較原種及本種之一般性狀之結果可知，原種柴胡種子之千粒重平均爲 1.39g ，較本種之 1.45g 略低，發芽適溫爲 18°C ，高出本種約 2°C，在株高、分蘖數及總分支數等地上部之生長勢，原種較本種爲差，在適應範圍、抗倒伏性、耐寒性及抗病蟲害能力，兩者約略相同，在地下根部性狀方面，原種之根較細長，而在根徑、乾

表1. 一年生本種柴胡與原種柴胡農藝性狀及產量比較

Table 1. Comparison on agronomic characteristics and yield of *B. falcatum* and *B. falcatum* cv. TARI No. 1 after one-year cultivation (1970—1971)

Item	*B. falcatum* cv. TARI No. 1	*B. falcatum*
Beginning of flowering	Mar. to Apr.	Apr. to May
End of flowering	Dec. to Jan.	Nov. to Dec.
1000-seed weight (g)	1.23—1.68	1.29—1.52
Plant height (cm)	62—108	34—97
Tillers (no./plant)	1—4	1—2
Total branches (no./plant)	33—167	30—50
Stem diameter (cm)	0.32—0.86	0.30—0.74
Root length (cm)	6.5—30.8	4.1—35.6
Root diameter (cm)	0.48—0.86	0.37—0.89
Lateral root (no./plant)	13—18	4—12
Root dry weight (g/plant)	3.65—6.07	1.1—5.6
Root color	light to dark brown	light to dark brown
Root yield (kg/ha)	1,042—1,320	448—796

根重及支根數三方面則不如本種，單株根之產量亦較低，兩種柴胡一年生農藝性狀及產量之詳細比較結果，列如表1所示。

二、品種（系）比較試驗：結果列如表2所示。

表2. 柴胡品種（系）間性狀與產量比較

Table 2. Comparison on some agronomic and yield characteristics between *B. falcatum* and *B. falcatum* cv. TARI No. 1 at three locations (1972—1973)

Locality	Genotype	Plant height (cm)	Tillers (no./pl.)	Fresh stem & leaves wt. (g/pl.)	Fresh root yield (kg/ha)	*Dry root yield* (kg/ha)	Index (%)
Taipei (臺北)	*B. falcatum*	83	1.0	78.0	890b*	448b	100b
	B. falcatum cv. TARI No. 1	92	1.7	87.7	1,300a	654a	146a
Taoyuan (桃園)	*B. falcatum*	90	1.8	85.9	1,650b	796b	100b
	B. falcatum cv. TARI No. 1	95	2.7	90.3	2,165a	1,101a	138a
Taichung (臺中)	*B. falcatum*	87	1.5	83.7	1,349b	677b	100b
	B. falcatum cv. TARI No. 1	94	2.0	89.7	1,900a	954a	141a

*: Means followed by the same letter within each column at the same location are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

綜合61—62年在三個不同地區之品種比較結果可知（表2），以桃園復興鄉山坡地之表現較臺北及臺中之平地栽培爲佳，柴胡本種在復興鄉之鮮根產量可達 2,165kg/ha，比原種產量高出31%，在臺北及臺中平地栽培之產量分別高出對照原種達46%及41%，由此可知，本種柴胡鮮根產量平均高出原種達38%，而乾重則高出達41%。在其他植株性狀如株高、分蘖數及鮮莖葉重之比較上，亦以本種爲優。由表2結果亦可知，本種柴胡之適應能力頗强，由較低溫及多濕之臺北地區以至於較溫和之臺中地區栽培柴胡都有一定之收量，而最適合種柴胡之地點應爲海拔較高之山坡地，如 1,700m 之復興鄉種植柴胡之乾根產量，以本種而言約爲臺北地區之168%，亦比臺中地區高出15%。

三、區域試驗：

（1）第一次區域試驗之結果列如表3所示。

表3. 柴胡第一次區域試驗植株性狀與產量調查比較

Table 3. First regional trial of *Bupleurum falcatum* L. cv. TARI No. 1 at three locations (1975—1976)

Locality	Genotype	Plant height (cm)	Tillers (no./pl.)	Fresh stem & leaves wt. (g/pl.)	Fresh root (kg/ha)	Dry root yield (kg/ha)	Index (%)
Taipei (臺北)	*B. falcatum*	92a*	1.5a	80.3a	975b	525b	100
	B. falcatum cv. TARI No. 1	95a	1.8a	81.7a	1,195a	601a	114
Ta-Hsueh Shan (大雪山)	*B. falcatum*	97a	2.0b	94.7a	1,568b	992b	100
	B. falcatum cv. TARI No. 1	100a	4.0a	95.3a	2,232a	1,113a	112
Ch'ing-Ching Experiment Station (清境農場)	*B. falcatum*	95a	1.9a	90.1a	1,352b	898b	100
	B. falcatum cv. TARI No. 1	99a	2.8a	91.3a	2,188a	1,079a	120

*: Means followed by the same letter within each column at the same location are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

由表 3 結果可知，本種柴胡在較高海拔地區如大雪山及清境農場之山坡地栽培結果較臺北平地栽培者，不論是在鮮及乾根重，或根中 saponin 含量，以及其他如株高、分蘖數及莖葉鮮重等性狀上都較優異，大雪山本種柴胡乾根收量達 1,113kg/ha，顯著高出臺北達85%，亦比清境農場者高出3%。本種柴胡根中 saponin 含量亦以大雪山之2.94%最高，其次爲清境農場之2.83%及臺北之2.44%，惟其差異不顯著。原種柴胡之性狀表現一般較其本種爲差，其乾根產量在臺北、大雪山及清境農場三地區分別爲本種之87、89及83%。臺北地區由於降雨量較高，濕度較大，且田間排水力較差，所以柴胡栽培結果遠較其他二區者差。綜觀上述結果可知，本種柴胡平均乾根產量高出原種達16%， saponin 則高出10%。

（2）第二次區域試驗之結果列如表 4 所示，本次試驗柴胡植株定植時間在臺北及大雪山各爲68年 4 月及68年 6 月，採收時間爲69年 4 月。

表4. 柴胡第二次區域試驗結果

Table 4. Second regional trial of *Bupleurum falcatum* L. cv. TARI No. 1 at two locations (1979—1980)

Locality	Genotype	Plant height (cm)	Tillers (no./pl.)	Root diameter (cm)	Root length (cm)	Root Weight (g/pl.)	Dry root yield (kg/ha)	Dry root yield Index(%)
Taipei (臺北)	*B. falcatum*	34.9a*	1.2a	0.6a	14.8a	1.6b	415b	100
	B. falcatum cv. TARI No. 1	35.2a	1.6a	0.7a	14.6a	2.2a	550a	133
Ta-Hsueh Shan (大雪山)	*B. falcatum*	41.2a	1.3a	0.6a	18.4a	2.3b	575b	100
	B. falcatum cv. TARI No. 1	46.9a	1.4a	0.8a	17.9a	2.9a	750a	130

*: Means followed by the same letter within each column at the same location are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

本次區域試驗由於採收時間爲 4 月，其新分蘖枝正生長中以致株高較低。由於大雪山試區較爲偏遠且交通不便，以致其定植之時間比臺北者約晚二個月，不過由於大雪山之海拔較高，氣溫較冷涼，土質爲砂礫地排水較佳，先天上較適宜栽培柴胡，所以於定植10個月後，大雪山之本種柴胡之植株生長較爲旺盛，其乾根公頃產量比臺北定植一年者高出達36%，惟其 saponin 含量則較低約 1 %。原

表5. 柴胡第三次區域試驗結果

Table 5. Third regional trial of *Bupleurum falcatum* L. cv. TARI No. 1 at two locations (1985—1987)

Culture duration (month)	Plant height (cm)	Plant weight (g/pl.)	Tillers (no./pl.)	Total branches (no./pl.)	Stem diameter (cm)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Dry root yield (g/pl.)	Dry root yield (kg/ha)
				Tsun-yang (春陽,1200m)					
2	18.30c*	2.41c	1.00b	1.5c	0.38b	12.75c	0.26d	0.28c	45c
6	78.40b	43.47b	1.00b	121.0b	0.46b	14.04bc	0.72c	2.31c	370c
12	87.90ab	47.70b	2.70a	169.0b	0.50b	15.94bc	1.12bc	8.25b	1,320b
18	92.30ab	81.38a	3.54a	245.0a	0.52b	16.38b	1.34b	9.22b	1,475b
24	96.15a	86.24a	3.70a	261.7a	0.79a	20.02a	1.82a	12.54a	2,006a
				Mei-fung (梅峰,2200m)					
2	18.30d	2.41e	1.00c	1.5d	0.38a	12.75c	0.26d	0.28d	45d
6	60.12c	32.48d	1.00c	37.0c	0.40a	15.21bc	0.61c	2.16c	346c
12	83.04b	48.95c	2.42b	54.2c	0.44a	17.59ab	0.89b	6.51b	1,042b
18	94.02ab	69.20b	3.20ab	95.5b	0.49a	20.41a	1.05b	8.14a	1,302a
24	109.73a	84.72a	3.79a	116.3a	0.51a	20.52a	1.35a	8.65a	1,384a

*: Means followed by the same letter within each column at the same location are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

種柴胡之株高、分蘖數及根徑在本次試驗中仍略低於本種柴胡，惟根長則較長，其乾根產量在臺北及大雪山兩地區分別爲本種柴胡之75及77%（表4）。綜論本次試驗結果可知，本種柴胡平均乾根產量高出原種達31%， saponin 含量高出約16%。

（3）第三次區域試驗：其結果列如表5所示。

於不同海拔地區進行本種柴胡第三次區域試驗，目的在探討何種海拔山坡地較適合栽培柴胡，由結果得知，不論是在春陽地區（1,200m）或梅峰地區（2,200m）其生育狀況都很好，病蟲爲害甚少。就不同海拔個別比較本種柴胡在連續24個月之農藝性狀及產量可知，中海拔春陽地區第一年（老莖）株高達 87.9cm ，第二年（新莖）略爲增高，兩者差異未達顯著水準；第二年之株重明顯高於第一年者，增重達81%；在分蘖、莖徑及總分枝數三方面第二年之數值分別比第一年增加37、58及55%；比較根部三項性狀都以第24個月者爲優，以其中根之乾重量爲例，則分別超出第18個月及第12個月達36%及52%。高海拔梅峰地區之第一年株高只約爲第二年之76%，兩者差異明顯；第二年之株重比第一年約增加0.73倍；在分蘖、莖徑及總分枝數三方面，第二年者分別比第一年增加 57、16及115%；比較根部三種性狀，亦以第二年者較優，惟增加幅度略緩於春陽者，以根乾重爲例，二年生者分別爲一年半及一年生者之106%及133%。綜合比較兩地兩年之區域試驗結果可知，春陽柴胡雖在株高、分蘖及根長三方面不如梅峰柴胡，但在株重、莖徑、根徑、總分枝數及根重五方面都較梅峰爲優，詳細比較兩地12、18及24個月柴胡根之收量，春陽分別爲梅峰之1.27、1.13及1.45倍高，此顯示本種柴胡在中海拔之發展潛力顯著大於較高海拔（表5）。

四、三島柴胡臺農1號歷年各地試驗產量之綜合比較：

表6. 三島柴胡臺農1號歷年各地試驗產量比較表

Table 6. Comparison of root yield investigated throughout all field trials of *B. falcatum* L. cv. TARI No. 1 (1972—1987)

Locality		Year	Trial	Culture duration (month)	Dry root yield (kg/ha)
Taipei	(臺北)	1972—1973	Varietal comparison	12	654
Taoyuan	(桃園復興)	1972—1973	Varietal comparison	12	1,101
Taichung	(臺中)	1972—1973	Varietal comparison	12	954
Taipei	(臺北)	1974	Yield investigation	18	1,090
Da-Hsueh-shan	(大雪山)	1975	Yield investigation	12	1,082
Taipei	(臺北)	1975—1976	First regional trial	12	601
Ta-Hsueh-Shan	(大雪山)	1975—1976	First regional trial	12	1,113
Ch'ing-Ching Experiment Station	(清境農場)	1975—1976	First regional trial	12	1,079
Taipei	(臺北)	1979—1980	Second regional trial	12	550
Ta-Hsueh-Shan	(大雪山)	1979—1980	Second regional trial	10	750
Taichung	(臺中)	1982	Yield investigation	18	1,168
Taichung	(臺中)	1983	Yield investigation	18	1,380
Taichung	(臺中)	1985	Yield investigation	18	1,250
Taichung	(臺中)	1986	Yield investigation	18	950
Tsun-yang	(春陽)	1985—1987	Third regional trial	12	1,320
Tsun-yang	(春陽)	1985—1987	Third regional trial	18	1,475
Tsun-yang	(春陽)	1985—1987	Third regional trial	24	2,006
Mei-fung	(梅峰)	1985—1987	Third regional trial	12	1,042
Mei-fung	(梅峰)	1985—1987	Third regional trial	18	1,302
Mei-fung	(梅峰)	1985—1987	Third regional trial	24	1,384

由表6結果可知，栽培於中、高海拔山坡地一年生本種柴胡之產量都在 1,000kg/ha 以上，惟一的例外是大雪山第二次區域試驗的 750kg/ha ，此乃由於其生育期只有10個月之故，春陽二年生柴胡產量最高可達 2,006kg/ha ；在平地栽培柴胡之產量臺中較臺北穩定，一年生柴胡公頃乾根產量兩地平均爲 690kg ，但一年半生者可達 1,168kg 。進一步探討本種柴胡產量與生育期之回歸關係可知，

若產量之恆定值爲 225.07kg/ha 時，其回歸係數爲58.28，達顯著水準。

六、三島柴胡臺農 1 號根品質之優越性：

表7. 柴胡屬植物根中 saponin 含量比較

Table 7. Comparison on the saponin content (%) of various *B. falcatum* species

Species	saponin (%)
B. falcatum L.	1.60a*
B. falcatum L. cv. TARI No. 1	1.79a
B. chinense DC.	1.57a
B. longeradiatum Turcz.	1.28b

*: Means followed by the same letter within column are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

柴胡屬 100種植物中，最常用的三種藥用植物爲三島柴胡、北柴胡及螢柴胡，分析比較原種及三島柴胡臺農 1 號與購自臺中市陽德藥局之北柴胡（*B. chinense* DC.）及螢柴胡（*B. longeradiatum* Turcz.）根中 saponin 含量可知，三島柴胡臺農 1 號根內 saponin 含量，略高於三島柴胡及北柴胡，而一般用作三島柴胡代用品之螢柴胡，其根內主要藥效成分顯著低於其他參試柴胡（表 7）。

六、品種特性：

（一）植株特徵：

三島柴胡臺農 1 號於本省栽培生長一年之植株株高可達 80cm 以上，莖直立質堅，第一年生莖爲單一莖（少數 2 — 4 莖），其上多作「之」字形彎曲，冬季莖葉枯黃後，翌年可萌發新莖數達 4 — 6 支左右。葉互生，由著生部位之不同可分爲根生葉及莖生葉兩類，兩者皆無柄，但有短鞘，根生葉數平均10枚，廣線狀披針形，全緣，上有明顯平行脈 5 — 7 條，葉長與寬各約爲15及 1.5cm ，莖生葉亦爲廣線狀披針形，下半部葉較大，有明顯平行脈，葉長與寬約略與根生葉相當，上半部葉較小，平行脈不明顯。花黃色，多而小，花瓣 5 片，爲複繖形花序，腋生兼頂生，一花序含繖形小花數 3 — 9 個不等，大花柄及小花柄均具苞葉。果實長橢圓形，無毛，褐色，每一繖形小花序可長出約12粒果實，每果實內含二粒種子，花期及果期隨種植地區溫度而異，溫度愈高花期愈早，惟一般花期爲 4 —11 月，果期爲 7 —12月。根直立，可區分爲主根、支根及鬚根三部份，三者間之比例依種植場所土質變異很大，且管理較差隨其放任生長者，鬚根較多且收量較低，外觀商品品質較差。

（二）農藝性狀：

1.適應範圍：平地至高海拔（2,200m）。

2.種子：長橢圓形，其千粒重 1.23—1.68g ，發芽率一般爲 20—45%，低溫層育處理者可達60—87%，當年新鮮較大粒（18 mesh 以上）種子之發芽率約 30—85%，發芽起始日數自播種後 9 — 19天發芽，發芽適溫爲 16°C, 24°C 以上有明顯抑制作用。

3.地上部：株高一年生 62—108cm ，一年半生 80—110cm ，分蘖特性方面一年生一支（少數 2 — 4 支），一年半生 4 — 6 支，總分枝數方面一年生33—167支，一年半生95—261支，莖徑一年生 0.32—0.86cm ，一年半生 0.49—0.79cm。

4.地下部：根長爲一年生 6.5—30.8cm，一年半生 12.8—40cm，主根徑一年生 0.48—0.86cm ，一年半生 0.8—2.7cm ，根乾重一年生 3.65—6.07g ，一年半生 8.14—12.54g ，支根數一年半生13—18支，根色澤淺至深褐色，根柔軟性强，其乾根產量爲一年生 1,042—1,320kg/ha ，一年半生 1,302—1,575kg/ha ，二年生 1,384—2,006kg/ha ，根內 saponin 平均含量爲 2.75%，變域爲1.05—7.43%。

5.其他特性：抗倒伏性中等，耐寒性甚强，抗病蟲害能力於中及高海拔山坡地頗强，於平地排水較差地區則爲中等，收穫適期爲一年至二年。

七、品種優劣點：

優點：1.經馴化選種後，適應能力强化，已能在平地栽培。2.種子發芽率及千粒重已提高，植株生長旺盛。3.產量穩定。4.品質優越。

缺點：1.本種柴胡雖然植株間之變異性已經減小，但於繁殖時應注意隔離勿使混雜。2.本種柴胡初期生長較慢較弱應加强除草遮陰及覆蓋，且因較不耐久濕、乾旱及强風，應注意田間灌排水及支撐植株等問題。3.於平地栽培時應注重病蟲害防治。

八、栽培方式及注意事項：

（1）本種柴胡源自日本，栽培時仍應以溫暖濕潤的氣候較宜，土質以排水良好且富含有機質之砂質壤土較佳。

（2）於苗圃育苗時應選取較大粒種子，且先以棉紙潤濕包被並置放 0—4°C 冰箱中約四星期，將能提高發芽率，於每年十月至翌年二月播種較宜。在苗高 8—10cm 左右即可定植本田。

（3）本田宜深耕作畦，並依本所建議肥料種類及用量施用基肥及追肥。由於植株初期生長較慢且較不耐久濕、乾旱及强風，所以應於本田施行遮陰、覆蓋及固定等配合措施。

（4）定植時之行株距爲 20×20cm ，並可於每年一月或二月間提早進行。

（5）於平地栽培時應特別注意病蟲害防治工作，主要的病害爲根腐病，主要的蟲害源自蝸牛、蛞蝓、蟋蟀、夜盜蟲及蚜蟲等。

（6）較佳收穫時間爲秋末至冬季間地上部漸枯萎時，採收時應小心根部勿使斷裂，可先用牛犁或機犁將株行的一側挖開，再一株株順序掘起，於切除地上部莖葉，將根部用水洗淨，並以日光曬至乾燥時即可供生藥用，貯藏時應放於無吸濕性之容器內，且置於涼爽乾燥處。

參考文獻

1.中藥大辭典。1978。柴胡。昭人出版社：2816—2825。

2.邱年永。1973。日本柴胡—藥用植物栽培法。大學圖書出版社：204—209。

3.林宏偉、黃雪芬、楊玲玲、顏焜熒、董大成。1936。肝炎中藥小柴胡湯系方劑對肝障礙之保護作用。中華民國第二屆世界中國醫藥學術大會論文摘要：65—66。

4.林俊清、張建雄、陳貞吟、邱慧芬、陳明豐。1986。臺灣產肝炎治療生藥之資源開發研究。中華民國第二屆世界中國醫藥學術大會論文摘要：60—61。

5.林俊清、陳明豐、吳重慶、張建雄、陳貞吟。1986。生藥的品質評價研究—臺灣產柴胡與進口柴胡對實驗性肝炎治療之比較。中華民國第二屆世界中國醫藥學術大會論文摘要：58—59。

6.高木村。1977。我與高氏柴胡—青草集。豐年社：180—183。

7.許鴻源。1980。柴胡—中藥材之研究。新醫藥出版社：552—554。

8.湯文通。1967。純系選種與混合選種。作物育種之原理與實施：51—60。

9.賴榮祥。1976。柴胡—原色生藥學。創譯出版社：81—85。

10.謝明村、邱年永。1988。日本國立衛生試驗所藥用植物栽培試驗場簡介。臺中市藥用植物研究會會刊22：2—6。

11.大塚英昭、小林重雄、柴田承二。1977. Studies on the cultivation of *Bupleurum falcatum* L. 生藥學雜誌31：195-197 (in Japanese)

12. Fehr, W. R., and C. R. Weber. 1968. Mass selection by seed size and specific gravity in soybean populations. Crop sci. 8：551-554.

13. Smith, R. R., and C. R. Weber. 1968. Mass selection by specific gravity for protein and oil in soybean populations. Crop Sci. 8：373-377.

14. Fontes, L. A., and A. J. Ohlrogge. 1972. Influence of seed size and population on yield and other characteristics of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). Agron. J. 64 : 833-836.

Development of *Bupleurum falcatum* L. Variety TARI No.1[1]

S. Y. Liu, Y. T. Shyu, M. F. Hu & S. M. Chiu[2]

Summary

Bupleurum falcatum L. cv. TARI No. 1 was developed through mass selection from three sources of *Bupleurum falcatum* L. imported from Japan in 1968. Stable yielding potential, high quality, and wide adaptability of the new cultivar were identified through preliminary observation, varietal comparison, yield investigation, and three regional trials. It was released as a new medicinal variety in 1989.

Bupleurum falcatum L. cv. TARI No. 1 is a perennial herb with erect growth habit, about 80cm in height after one-year cultivation. Leaves are opposite and larger at the base of the plant which measures at 15cm in length and 1.5cm in width. Flowers in compound umbels are yellow in color and small in shape. Fruit is dehiscent with two oval-oblong seeds with 1,000-seed-weight of 1.23—1.68g.

Experimental data indicated that root dry yield over 1,000kg/ha was obtained after one-year cultivation on the slopes at medium to high altitudes. The yield was about 690kg/ha and 1,168kg/ha in the lowland after one-year and one and half years of cultivation, respectively. The crude saponin content in the root averaged at 2.75%, with a range of 1.05—7.43%. The variety possesses wide adaptability and it can be grown well at low to high altitude with little variability among plants.

1. Contribution No. 1473 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Agronomist, research assistant, assistant agronomist, and agronomist, respectively, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）38(3)：335～345 (1989)

基因型與環境交感效應之迴歸分析的擴充
—共點模式[1]

呂 秀 英[2]

摘要 共點模式在各試因均爲逢機樣本之前提下，可對同一族羣其他未受試基因型在未受試環境下的反應表現進行預測。該模式係以共點之觀念引入評價適應性的迴歸模式中，而將交感成分同時隨基因型效應及環境效應作迴歸分析。其共點介量的預測效果與生物學上之解釋，在本文中均予詳加探討。

最後，並配之以*Arabidopsis thaliana*植物鮮重資料作爲實例分析，以說明共點模式在基因型與環境交感效應之研究上的應用價值

基因型與環境（G × E）交感效應之存在使育種家面臨兩大問題：（1）如何培育及選出適應範圍或對某些特定環境區具有良好適應性的基因型；（2）擇取出適合選拔計劃之環境條件的最佳區域以評估參試材料的適應能力。因之，常用的迴歸分析法亦就該兩種不同的需求，而發展出不同型式的迴歸模式。其將交感成分隨環境值作迴歸（Finlay and Wilkinson 1963; Eberhart and Russell 1966; Perkins and Jinks 1968a, b），或隨基因型值作迴歸（Wricke 1971; Wright 1971; Utz 1972; Moav and Wohlfarth 1974）。而其中以前者之迴歸分析模式，使用最爲頻繁。

在許多不同試驗材料之研究中常發現，將交感成分隨環境值作迴歸所估得的穩定性係數與表型平均值之間存在有正相關關係，因此，在育種上往往很難選到一個既穩定且高產的理想穩定品種。據Wright (1971, 1976) 描述此種相關的情況，係在Finlay-Wilkinson分析類型下所有迴歸線通過一共點（concurrent point），即Mandel (1961, 1969) 及Eagles *et al.* (1977) 所指出的這些迴歸直線具有收斂性（convergence）。換言之，G×E 交感效應不僅可對環境指標（E）作迴歸，且與基因型效應（G）間呈直線關係，亦即可同時作交感成分隨環境指標及基因型效應之迴歸分析，如此，可擴充穩定性迴歸模式爲「共點模式」（concurrent model）。若共點現象存在，當參試基因型與環境均爲某一族羣的逢機樣本時，則由該逢機樣本所估得的共點介量，亦代表基因型及環境該兩族羣之共同特性，乃提供一個預測上極有用的指標；即可利用這個「已知」的共點係數（coefficient of concurrence）值來預測同一族羣其他未參與試驗之基因型及環境的表現（Wright 1971）。其預測之效果，並可由廣義遺傳率（broad sense heritability）以估算其可信度（degree of reliability）。

本文主要目的係想藉著共點模式理論上的建立，探討其生物學上的意義，並配之以 *Arabidopsis thaliana* 實驗植物之試驗資料，說明其在闡述基因型及環境交感效應上的應用情形，以提供育種選拔的參考。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1474 號。

2.本所農藝系副研究員。 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

理論模式及統計方法

設 n 個基因型在 p 個環境下重覆 q 次的性狀測定值 Y_{ijk} ($i=1\cdots n$, $j=1\cdots p$, $k=1\cdots q$) 之基本數學模式爲

$$Y_{ijk}=\mu+G_i+E_j+I_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中 μ 爲總平均值，G_i 爲基因型 i 之遺傳效應，E_j 爲環境 j 之環境效應，I_{ij} 爲基因型 i 在環境 j 下之交感效應，e_{ijk} 爲試驗機差而符合平均值爲 0 且變方爲 σ^2 之獨立逢機常態分布；G_i, E_j, I_{ij} 滿足限制條件

$$\sum_{i=1}^{n}G_i=\sum_{j=1}^{p}E_j=\sum_{i=1}^{n}I_{ij}=\sum_{j=1}^{p}I_{ij}=0。$$

若 I_{ij} 與 E_j 間直線關係存在，即

$$I_{ij}=b_iE_j+\delta_{ij} \quad \cdots\cdots (2)$$

，則模式（1）可改寫成

$$Y_{ijk}=\mu+G_i+(1+b_i)E_j+\delta_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots (3)$$

其中 $\sum_{i=1}^{n}b_i=0$, $\sum_{j=1}^{p}E_j\delta_{ij}=\sum_{i=1}^{n}\delta_{ij}=\sum_{j=1}^{p}\delta_{ij}=0$。另行若 I_{ij} 與 G_i 間之線性關係成立，即

$$I_{ij}=a_jG_i+d_{ij} \quad \cdots\cdots (4)$$

，則（1）式呈

$$Y_{ijk}=\mu+E_j+(1+a_j)G_i+d_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots (5)$$

其中 $\sum_{j=1}^{p}a_j=0$, $\sum_{i=1}^{n}G_id_{ij}=\sum_{i=1}^{n}d_{ij}=\sum_{j=1}^{p}d_{ij}=0$。另外 Wright (1971) 指出，$\underline{b}$ 與 $\underline{a}$ 間並非獨立（～爲向量之表示符號），即 I_{ij} 應表示成 G_i 與 E_j 的函數關係。設該函數關係爲直線關係，則

$$I_{ij}=cG_iE_j+s_{ij} \quad \cdots\cdots (6)$$

，故可得共黠模式爲

$$Y_{ijk}=\mu+G_i+E_j+cG_iE_j+s_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots (7)$$

其中 $\sum_{i=1}^{n}s_{ij}=\sum_{j=1}^{p}s_{ij}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}s_{ij}G_iE_j=0$（即 s_{ij} 與 G_iE_j 間乃互相獨立）。根據最小自乘法（least squares method）可估計共黠係數 c 之估值爲

$$\hat{c}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\hat{I}_{ij}\hat{G}_i\hat{E}_j/\sum_{i=1}^{n}\hat{G}_i^2\sum_{j=1}^{p}\hat{E}_j^2 \quad \cdots\cdots (8)$$

因爲 $b_i=\sum_{j=1}^{p}I_{ij}E_j/\sum_{j=1}^{p}E_j^2$

$$=\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}(Y_{ijk}-\mu-G_i-E_j-e_{ijk})E_j/\sum_{j=1}^{p}E_j^2$$

$$=\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}Y_{ijk}E_j/\sum_{j=1}^{p}E_j^2 \quad \cdots\cdots (9)$$

故

$$c=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}I_{ij}G_iE_j/\sum_{i=1}^{n}G_i^2\sum_{j=1}^{p}E_j^2$$

$$=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}(Y_{ijk}-\mu-G_i-E_j-e_{ijk})G_iE_j/\sum_{i=1}^{n}G_i^2\sum_{j=1}^{p}E_j^2$$

$$=\sum_{i=1}^{n}G_i(\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}Y_{ijk}E_j)/\sum_{i=1}^{n}G_i^2\sum_{j=1}^{p}E_j^2$$

$$=\sum_{i=1}^{n}G_ib_i\sum_{j=1}^{p}E_j^2/\sum_{i=1}^{n}G_i^2\sum_{j=1}^{p}E_j^2$$

$$=\sum_{i=1}^{n}G_ib_i/\sum_{i=1}^{n}G_i^2 \quad \cdots\cdots (10)$$

因而 c 除了藉 I_{ij} 隨 G_i 及 E_j 同時作迴歸可求算其估值外（Wright 1971），亦相當於直接將迴歸係數 b_i 隨基因型效應 G_i 所估得之迴歸係數，或同理可證得 c 也等於迴歸係數 a_j 隨環境效應 E_j 之迴歸係數估值（Bliss 1967），即下列關係成立：

$$\hat{c}=\sum_{j=1}^{p}\hat{E}_j\hat{a}_j/\sum_{j=1}^{p}\hat{E}_j^2 \quad \cdots\cdots (11)$$

因此 c 介量不僅決定了 $\underline{b}$ 與 $\underline{a}$ 間的關係，同時也可適當地描述 $\underline{G}$ 與 $\underline{b}$ 或 $\underline{E}$ 與 $\underline{a}$ 間相關的情況。亦即在 Finlay-Wilkinson 分析類型（(3)式）或 Wricke 分析類型（(5)）式下所有迴歸線有一共同的交點（common point of intersection）；但是這種完全共點（complete concurrence）的情形不一定發生。當各迴歸線間無任何共點現象發生時（absence of concurrence），謂該兩種迴歸模式間爲互相排斥（mutually exclusive）。又，除大部份迴歸線有一主要共點外，其餘迴歸線也多少產生另一些相異的共點，是爲部份共點（partial concurrence），可利用殘差項 s_{ij} 來測定主要共點之外的迴歸線所佔的比例。倘次要共點存在，表示 s_{ij} 與 G_i, E_j 間並非獨立，因而再假設

$$S_{ij}=b'_iE_j+a'_jG_i+\gamma_{ij} \quad \cdots\cdots (12)$$

，其中 b'_i 及 a'_j 不具有 b_i 及 a_j 間之相關性，兩者間乃互爲獨立；同時，經過 (12) 式將 s_{ij} 與 G_i, E_j 之相關成分（即分別爲 a'_j 及 b'_i）加以提析出來後，殘差項 γ_{ij} 與 G_i, E_j 間已呈獨立，

$$\sum_{i=1}^{n}\gamma_{ij}=\sum_{j=1}^{p}\gamma_{ij}=\sum_{i=1}^{n}\gamma_{ij}G_i=\sum_{j=1}^{p}\gamma_{ij}E_j=0。$$

於是，可進而將（7）式再改寫成更完整的共點模式如下：

$$Y_{ijk}=\mu+G_i+E_j+cG_iE_j+b'_iE_j+a'_jG_i+\gamma_{ij}+e_{ijk} \quad \cdots\cdots (13)$$

而得變方分析表如表 1。在估算變方分析表中的平方和之前，需同時考慮（3）及（5）式之兩種不同型式的迴歸模式是否成立，如能成立，始可利用迴歸係數值 b_i 及 a_j 求算共點模式之估計值及其平方和。平方和（S. S.）除以相對應之自由度（D. F.），可求得均方（M）。在進行顯著性測驗（F 介值測驗）時，如

表 1. 共點模式之變方分析表（假設基因型及環境均爲逢機型）

Table 1. Analysis of variance for concurrent model on the assumption of random sampling

Source	D. F.	S. S.	Expectation of MS
Genotype(G)	n−1	$S1=pq\sum_{i=1}^{n}\hat{G}_i^2$	$\sigma^2+q\sigma_I^2+pq\sigma_G^2$
Environment(E)	p−1	$S2=nq\sum_{j=1}^{p}\hat{E}_j^2$	$\sigma^2+q\sigma_I^2+nq\sigma_E^2$
G×E(I)	(n−1)(p−1)	$S3=q\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\bar{Y}_{ij\cdot}^2-S1-S2-npq\hat{u}^2$	$\sigma^2+q\sigma_I^2$
Concurrence(c)	1	$S4=q\hat{c}^2\sum_{i=1}^{n}\hat{G}_i^2\sum_{j=1}^{p}\hat{E}_j^2$	$\sigma^2+q\sigma_s^2+npq\sigma_c^2$
Residual(s)	(n−1)(p−1)−1	S3−S4	$\sigma^2+q\sigma_s^2$
Residual regr. onto:			
E (b′)	n−2	$S5=q\sum_{i=1}^{n}\hat{b}_i^2\sum_{j=1}^{p}\hat{E}_j^2-S4$	$\sigma^2+q\sigma_r^2+pq_{b'}^2$
G (a′)	p−2	$S6=q\sum_{j=1}^{p}\hat{a}_j^2\sum_{i=1}^{n}\hat{G}_i^2-S4$	$\sigma^2+q\sigma_r^2+nq\sigma_{a'}^2$
Residual(γ)	(n−2)(p−2)	S3−S4−S5−S6	$\sigma^2+q\sigma_r^2$
Error(e)	np(q−1)	$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}(Y_{ijk}-\bar{Y}_{ij\cdot})^2$	σ^2

where $\bar{Y}_{ij\cdot}=\sum_{k=1}^{q}Y_{ijk}/q$, $\hat{u}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}Y_{ijk}/npq$, $\hat{G}_i=\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}Y_{ijk}/pq-\hat{u}$,

$\hat{E}_j=\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{q}Y_{ijk}/nq-\hat{u}$, $\hat{b}_i=\sum_{j=1}^{p}\hat{G}_i\hat{E}_j/\sum_{j=1}^{p}\hat{E}_j^2$, $\hat{a}_j=\sum_{i=1}^{n}\hat{G}_i\hat{E}_j/\sum_{i=1}^{n}\hat{G}_i^2$

and $\hat{c}=\sum_{i=1}^{n}\hat{b}_i\hat{G}_i/\sum_{i=1}^{n}\hat{G}_i^2$.

A. M_c/M_s 顯著而 M_s/M_e 不顯著，則屬完全共點。

B. M_c/M_s 與 M_s/M_e 兩者皆顯著，則示共點性存在，但可能不祇一個，次要共點存在與否須視下列結果：

B1. M_b'/M_r 與 M_a'/M_r 兩者皆顯著，或其中任一項顯著，則示殘差項 s_{ij} 之直線迴歸關係有利用價值，可估計次要共點；

B2. M_b'/M_r 與 M_a'/M_r 不顯著，但 M_r/M_e 顯著，則示殘差項 s_{ij} 不呈直線關係，無明顯的次要共點存在。

C. M_c/M_s 與 M_s/M_e 皆不顯著，則示無共點現象發生。

b'_i 及 a'_j 稱爲部份係數（partial coefficients），其估計值可遵循下述兩種不同方法而求得：

方法一：解 $s_{ij}=b'_iE_j+a'_jG_i+\gamma_{ij}$ 之聯立方程式（Wright 1971）。

方法二：利用（3）及（5）兩種不同迴歸模式間的關係（Wright 1976）：

若以模式（3）爲出發點，設 c 爲 b_i 對 G_i 作迴歸所得之迴歸係數，則

$$\sum_{i=1}^{n} G_i b_i = c\sum_{i=1}^{n} G_i^2，故\ E_j\left(\sum_{i=1}^{n} G_i b_i\right) = E_j c\left(\sum_{i=1}^{n} G_i^2\right)$$

但因

$$E_j\left(\sum_{i=1}^{n} G_i b_i\right) = \sum_{i=1}^{n} G_i b_i E_j = \sum_{i=1}^{n} G_i(I_{ij} - \delta_{ij}) = a_j\sum_{i=1}^{n} G_i^2 - \sum_{i=1}^{n} G_i\delta_{ij}$$

所以，

$$E_j c\left(\sum_{i=1}^{n} G_i^2\right) = a_j\sum_{i=1}^{n} G_i^2 - \sum_{i=1}^{n} G_i\delta_{ij}$$

或

$$cE_j = a_j - \sum_{i=1}^{n} G_i\delta_{ij}\Big/\sum_{i=1}^{n} G_i^2 \quad \cdots\cdots (14)$$

$$= a_j - £(\delta/G)_j \quad \cdots\cdots (15)$$

$£(\delta/G)_j$ 表示爲（2）式中殘差項 δ_{ij} 對基因型效應 G_i 作迴歸所估得之迴歸係數。由於部份係數 a'_j 實爲殘差項 δ_{ij} 與基因型效應 G_i 間之相關成分，故 a'_j 可以用 $£(\delta/G)_j$ 估計之，或直接以如下關係式求算：

$$a'_j = a_j - cE_j \quad \cdots\cdots (16)$$

同理，若以模式（5）爲出發點，則可求得 $b'_i = £(d/E)_i$，爲殘差項 d_{ij} 隨 E_j 而變之迴歸係數，或利用

$$b'_i = b_i - cG_i \quad \cdots\cdots (17)$$

直接求算亦可。

顯然，方法二較方法一在計算操作上簡便很多。然而，若是（3）與（5）兩模式間的關係甚爲微弱，即共點現象不顯著存在時，利用方法二來估計部份係數是絕對不恰當的；亦即，(16) 及 (17) 二式須在共點程度相當強時，始可成立。

共點在生物學上的意義

雖然早在1969年，Mandel 即已發現如（7）式的兩向分組資料分析中，有共點的存在。但其係以接近法估得該 c 值，且非應用於生物資料，故未付予生物學上的意義。模式的建立，須簡單地包含各種複雜的生命現象，始具應用價值。

Dodson (1976) 及 Hardwick (1981) 解釋這種共點現象，係族羣在某一選拔壓力最大的環境下，由於自身調節作用（canalization 或 homeostasis），各基因型表現的差異達到最小；即在完全共點的情況下（（7）式成立），存在某一環境 j，當其環境效應值 $E_j = -1/c$ 時，則

$$\bar{Y}_{ij.} = \mu + E_j = \mu - 1/c \quad \cdots\cdots (18)$$

此時所有基因型之表現均達到一穩定平衡狀態且等於 $(\mu - 1/c)$。反之，理論上亦可求得某一基因型 i，當其基因型效應 $G_i = -1/c$ 時，在所有有利或不利的環境下，其表現始終完全一致而等於 $(\mu - 1/c)$。

模式應用在基因型與環境表現預測上的效果

由於 c 介量係共有於整個試驗資料，故可作爲預測上一極有用的指標。如果參試基因型與環境均屬逢機樣本，則可利用這個由逢機樣本所估得的 c 值來預測同一族羣內其他未受試之基因型及環境的表現。這樣的預測，其可信度可由廣義遺傳率估計之。一般廣義遺傳率定義爲：

$$\sigma_G^2 / \sigma_P^2 \quad \cdots\cdots (19)$$

式中 σ_G^2 爲基因型變方， σ_P^2 爲表現型變方。

然，Breese (1969) 認爲在進行品種區域性試驗後，評定試驗成績時不能只憑品種平均值的結果決定優劣，亦需同時考慮各品種對不同環境的反應情形，即應以表型平均值及穩定性的大小作爲選拔的依據，故提倡同時考慮環境穩定性時之遺傳率估計法，其假設的數學模式與（3）式相同，而利用變方分析表中之均方期望值的各種變方來估計廣義及狹義遺傳率，其廣義遺傳率之公式爲：

$$(\sigma_G^2 + \sigma_b^2) / \sigma_P^2 \quad \cdots\cdots (20)$$

其中 σ_b^2 爲由迴歸係數用以解釋基因型與環境交感效應之變方成分。

如參試環境亦爲一逢機樣本，則對遺傳效應估值爲 G_i 的基因型，若欲預測其在來自同一族羣之某一未受試環境 j 下的表現，其較準確之預測可信度可修正爲：

$$(\sigma_G^2 + \sigma_E^2 + \sigma_b^2) / \sigma_P^2 \quad \cdots\cdots (21)$$

式中 σ_E^2 爲環境變方。

若共點性顯著存在，進而可利用 c 介量來同時預測基因型與環境族羣，則可求得更準確的預測可信度爲：

$$(\sigma_G^2 + \sigma_E^2 + \sigma_c^2) / \sigma_P^2 \quad \cdots\cdots (22)$$

式中 σ_c^2 爲由共點係數用以解釋基因型與環境交感效應之變方成分。比較上述各種遺傳率的變化情形，可確認模式在預測上的效果。

實例分析

爲探討上述共點模式之理論及其分析方法的可行性與適用性，以 Lu and Wu (1987) 的實驗植物 *Arabidopsis thaliana* 之 24 個自交系在 12 種相異環境下於開花時期（第 7 週）測得之鮮重資料爲例說明。

資料配合共點模式之變方分析結果如表 2。其中基因型與環境交感效應之極顯著存在，顯示有必要針對該交感項作進一步地分析與解釋。共點現象極顯著存在。而殘差項（s）雖呈極顯著，但經迴歸分析結果直線關係並不存在，即未發現明顯的次要共點，故根據 *Arabidopsis thaliana* 試驗資料所建立的共點模式，不但顯示該資料同時配合 Finlay-Wilkison 與 Wricke 兩種不同分析類型的迴歸模式均相當良好之外，亦適當地指出其基因型值與迴歸係數 b 或環境值與迴歸係數 a 間相關的情況（表 3 及圖 1，2），換言之，可基於兩種不同的育種目標，選出具有良好適應性的基因型或適合評估參試材料之適應能力的最佳環境區。如以基因型之表現而言，其中以品系 22，1 最爲穩定但收量最低，品系 11 之鮮重雖高達 104.6g，卻呈極端不穩定；若以環境反應爲主，這種平均值與迴歸係數間之相關關係亦然，環境區 2 之條件可提高收量，但同時也引起品系間較大的變異，此就育種觀點來看，倒不失爲一評估品系適應性的最佳區域，反之，在環境區 9 內所有品系一致表現欠佳，且品系間的變異亦不大，用之以評價品系區域試驗的結果必然無法突顯出各基因型間適應能力的差異。

再者，由於是完全共點，故該共點模式在預測之應用上具有相當價值。其估得之共點係數 c 爲 0.0267 ± 0.0115，而共點 $(-1/c,\ \mu - 1/c) = (-37.0,\ 10.2)$。倘以基因型表現而言，意指存在某

表 2. *Arabidopsis thaliana* 24個自交系在12種相異環境下配合共點模式之結果
Table 2. ANOVA of concurrent model for 24 inbred lines of *Arabidopsis thaliana* under 12 different environments

Source	D. F.	M. S.	Variance components and heritabilities
Genotype(G)	11	25944**	
Environment(E)	23	33836**	$\sigma_G^2/\sigma_P^2=29.0\%$
G×E (I)	253	4480**	
Concurrence(c)	1	109738**	$(\sigma_G^2+\sigma_E^2)/\sigma_P^2=48.8\%$
Residual(S)	252	4062**	
Residual regr. onto:			
E(b′)	22	4412	$(\sigma_G^2+\sigma_E^2+\sigma_c^2)/\sigma_P^2=54.7\%$
G(a′)	10	583	
Residual(r)	220	4185**	$\hat{c}=0.0267\pm0.0115$
Error	1152	1315	

**: Significant at 1%.

表 3. 表型平均值（$\bar{y}_{i..}$），環境平均值（$\bar{y}_{.j.}$）與兩種迴歸係數（b_i 及 a_j）
Table 3. The phenotypic mean ($\bar{y}_{i..}$), environmental mean ($\bar{y}_{.j.}$) and regression coefficient (b_i and a_j)

Variety i	$\bar{y}_{i..}$ (g/plant)	b_i	environment j	$\bar{y}_{.j.}$ (g/plant)	a_j
1	9.3	− 0.96	1	51.3	0.13
2	66.5	1.93	2	77.5	0.73
3	46.9	− 0.73			
4	28.3	− 0.63	3	34.4	− 0.28
5	48.0	− 0.27			
6	59.7	− 0.49	4	67.3	0.69
7	49.5	− 0.13	5	30.8	− 0.50
8	21.7	− 0.69			
9	45.6	− 0.29	6	44.8	0.10
10	67.2	− 0.09			
11	104.6	1.76	7	37.5	− 0.37
12	49.6	0.06	8	67.4	0.44
13	45.8	0.53			
14	31.5	− 0.29	9	25.0	− 0.53
15	59.0	0.03			
16	42.1	− 0.19	10	43.0	− 0.15
17	38.7	0.18	11	34.2	− 0.51
18	68.7	1.20			
19	40.2	0.20	12	59.5	0.26
20	50.0	− 0.23			
21	54.1	0.42			
22	3.2	− 0.99			
23	57.8	0.36	Grand mean (m)=47.7±30.1		
24	62.2	− 0.68			

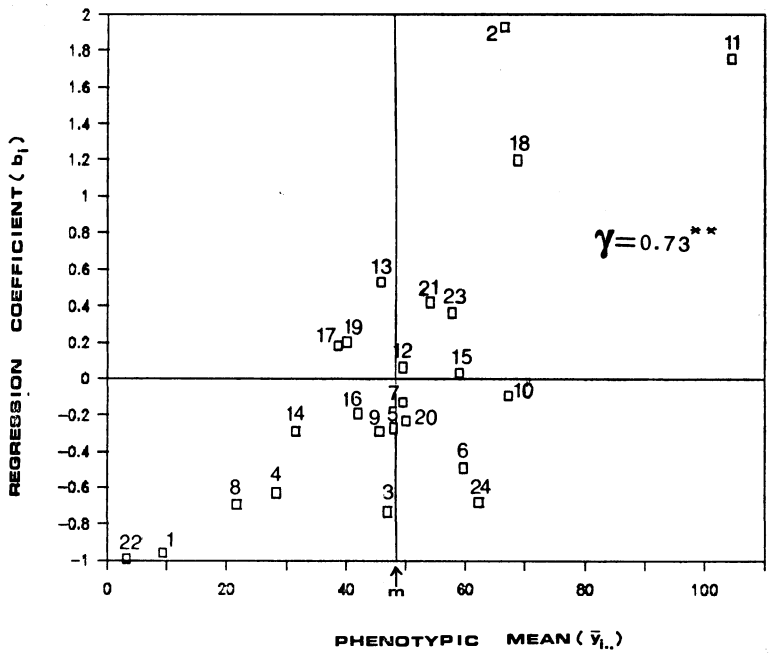


圖 1. 表型平均值 ($\bar{y}_{i..}$) 與迴歸係數 (b_i) 間之關係

Figure 1. The relationship between phenotypic mean ($\bar{y}_{i..}$) and regression coefficient (b_i)

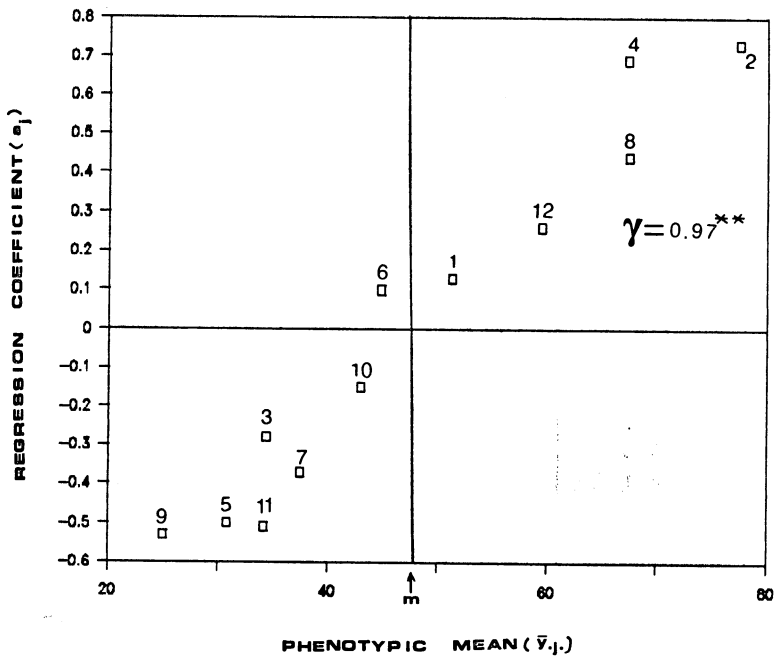


圖 2. 環境平均值 ($\bar{y}_{.j.}$) 與迴歸係數 (a_j) 間之關係

Figure 2. The relationship between environmental mean ($\bar{y}_{.j.}$) and regression coefficient (a_j)

一特定環境，當其環境效應爲－37.0 時，所有品系之表現一致爲 10.2g，亦即高產品系在高於該環境水準(有利環境)下的收量最高，處於該特定環境時則與其他品系間差異最小，如低於該環境水準(不利環境)則收量反較其他品系爲差；而低產品系反是。但顯然，該特定環境是落在受試環境範圍(本試驗之環境效應值變域爲－22.9～29.7) 外，即低於本試驗正常的生產水準，同時，因迴歸係數與表型平均值間呈正相關，故其穩定性亦相對由低至高而變化，因此根據本試驗結果，在不同生長環境下很難選出一些高產且穩定的基因型。然以環境反應的觀點來看，該共點所代表的意義爲存在某一基因型 i，當其基因型效應 $G_i=-37.0$ 時，在所有有利或不利的環境下，其表現始終完全一致而等於 $\bar{Y}_{ij.}=10.2$，而本試驗中以品系 1 (其基因型效應值爲－38.9，表型平均值爲 9.3g) 可能比較接近這樣的基因型。

依照表 2 中各變因之均方所估計之各種變方成分，可用以估算共點係數作預測之可信度。比較不考慮環境反應、考慮環境反應及利用共點特性進行預測時，遺傳率的變化情形。結果知：不考慮環境變異而僅從基因型之反應推測時，預測的可信度 (σ_G^2/σ_P^2) 甚低，僅 29.0%；如能將環境變異考慮在內，則預測可信度 $(\sigma_G^2+\sigma_E^2)/\sigma_P^2$ 可大爲提高，爲 48.8%；如再建立共點模式，利用共點特性以預測同一族羣內未受試基因型與環境下之反應，預測可信度 $(\sigma_G^2+\sigma_E^2+\sigma_c^2)/\sigma_P^2$ 可再稍爲增加爲 54.7%，其雖增加不多，但就育種工作而言，對預測上的可信賴程度能獲致些微的提高，誠已屬相當不容易之事。再者，此 *Arabidopsis thaliana* 試驗資料，其受試環境爲光照與溫度組合的人爲氣象條件 (Lu and Wu 1987)，實非一逢機樣本，故利用共點來預測的效果並不高。若參試材料確爲逢機樣本時，採用共點模式來進行預測，其預測可信度可望增加更多。

討　論

Wright 所提出的共點模式，係建立在迴歸係數 (b_i) 與基因型效應 (G_i) 間之正相關關係上，即 $b_i=cG_i$，此意味著環境穩定性 ($1+b_i$) 與表型平均值 ($\bar{Y}_{\cdot i\cdot\cdot}=\mu+G_i$) 間之直線關係存在，即 $(1+b_i)=c(\mu+G_i)$，若從這個觀點看之，可將模式改寫成另一種型態的「共點」模式：

$$\begin{aligned}Y_{ijk}&=\mu+G_i+(1+b_i)E_j+e_{ijk}\\&=\mu+G_i+c\mu E_j+cG_iE_j+e_{ijk}\end{aligned}\quad\cdots\cdots(23)$$

Phillips *et al.* (1979) 解釋這種共點現象在生物學上之意義，係在某特定環境 j 下，當 $E_j=-1/c$ 時，$\bar{Y}_{ij.}=0$，即在該環境內所有生物都死亡。因而這個共點模式似乎較適用於病蟲害在寄主植物上之系統研究，其所描述的基因型爲病蟲害，而非植物。如研究對象爲植物個體本身，則應配之以 Wright 氏之共點模式，始具意義；Hardwick (1981) 解釋這種模式下之共點現象，乃在該環境內基因型間的差異達到最小，即，當 $E_j=-1/c$ 時，所有基因型之表現達到 $\bar{Y}_{ij.}=\mu-1/c$ 的穩定狀態。但是，就育種選拔之實用價值言之，這種因迴歸係數與基因型效應間之正相關所形成的共點現象，對欲選出高產且穩定基因型之目標實難以達成。Eagles *et al.* (1977) 指出，在兩種情況下，採用迴歸係數估值作爲穩定性之選拔準則 (selection criterion of stability) 特別有效，一爲基因型迴歸間差異顯著存在但共點不發生 (即迴歸係數與基因型效應間無顯著關係)，二則基因型迴歸間差異性與共點性均顯著，但共點 (E_j, $\bar{Y}_{ij.}$) 須落在生產正常之環境範圍內。*Arabidopsis thaliana* 之試驗資料配合本研究擬定之共點模式的結果，其共點 (E_j, $\bar{Y}_{ij.}$) 係落在生產正常範圍外，故難以選出一個理想基因型，其生產力及穩定度均表現最高；如以選擇理想環境之立場而言，當可從中擇取出能提高收量且變異較大者，以評估基因型之適應能力，但若欲尋求一能滿足各品系既高產又穩定的環境，則勢不能也。

共點模式之成立，須建立在迴歸係數 (b) 與表型平均值，或迴歸係數 (a) 與環境平均值間之正相關關係，其正相關關係愈大，共點性愈發明顯。在完全共點的情形下，Finlay-Wilkinson 迴歸分

析類型相當於 Wricke 之分析類型。由於育種工作多著重在品種之改良及選拔，故探究前者 I_{ij} 隨 E_j 之迴歸分析的場合較多，而鮮見後者 I_{ij} 隨 G_i 之迴歸分析，因此共點模式是否成立，從 b_i 與 G_i 間之正相關關係存在與否即可見分曉。就 Finlay-Wilkinson 迴歸模式爲出發點言之，各基因型之迴歸直線交於一共點的現象正意味著，具有最高平均表現的基因型其對環境改變的反應也最敏感，亦即利用遺傳增進來提高產量，將會造成產量穩定度上的損失。這樣的正相關關係，在許多其他不同的試驗材料均有發生。不過，其可以經由育種試驗以適當的選拔過程而予以打破，如 Brumpton *et al.* (1977), Jinks *et al.* (1977) 等之試驗。若各基因型之迴歸線間共點不發生，則謂並非所有基因型都遭受到相同的選拔壓力，或是該探討性狀不具有一適應值 (fitness value)。

縱言之，迴歸線共點的現象，可利用共點模式來加以探討。而當參試基因型與環境均爲某一族羣的逢機樣本時，則由該逢機樣本所估得的共點介量，具有預測同一族羣其他未參與試驗之基因型及環境之表現的作用。其預測效果之可信度，與該逢機樣本大小及其代表性有很密切的關係。

參考文獻

1. Bliss, C. I. 1967. Statistics in Biology. McGraw-Hill, New York.
2. Breese, E. L. 1969. The Measurement and significance of genotype-environment interaction in grasses. Heredity 24 : 27-44.
3. Brumpton, R. J., H. Boughey and J. L. Jinks. 1977. Joint selection for both extremes of mean performance and of sensitivity to a macroenvironmental variable. I. Family selection. Heredity 38 : 219-226.
4. Dodson, M. M. 1976. Darwin's law of natural selection and Thom's theory of catastrophes. Mathematical Biosciences 28 : 243-274.
5. Eagles, H. A., P. N. Hinz and K. J. Frey. 1977. Selection of superior cultivars of oats by using regression coefficients. Crop Sci. 17 : 101-105.
6. Eberhert, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6 : 36-40.
7. Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Austr. J. Agric. Res. 14 : 742-754.
8. Hardwick, R. C. 1981. The analysis of genotype×environment interactions: what does it mean if varietal stability is linearly related to varietal performance? Euphytica 30 : 217-221.
9. Lu, H. Y. and H. P. Wu. 1987. Studies on the dynamic model of plant adaptation of quantitative characters. I. Estimation of space-time parameters. Bot. Bull. Academia Sinica 28 : 219-235.
10. Jinks, J. L., N. E. M. Jayasekara and H. Boughey. 1977. Joint selection for both extremes of mean performance and of sensitivity to a macro-environmental variable. II. Single seed descent. Heredity 39 : 345-355.
11. Mandel, J. 1961. Non-additivity in two-way analysis of variance. J. Am. Stat. Assoc. 56 : 878-888.
12. Mandel, J. 1969. A method for fitting empirical surfaces to physical or chemical data. Technometrics 11 : 411-429.
13. Moav, R. and G. Wohlfarth. 1974. Magnification through competition of genetic differences in Carp. Heredity 33 : 181-202.
14. Perkins, J. M. and J. L. Jinks. 1968. environmental and genotype-environmental components of

variability. IV. Non-linear interactions for multiple inbred lines. Heredity 23 : 525-535.
15. Phillips, M. S., J. M. S. Forrest and A. M. Hayter. 1979. Genotype×environment interactions for resistance to the white potato cyst nematode (*Globodera pallida*, pathotype E) in *Solanum vernei*×*S. tuberosum* hybrids. Euphytica 28 : 515-519.
16. Utz, H. F. 1972. Die Zerlegung der Genotyp×Umwelt-Interationen. EDV in Medezin und Biologie 3 : 52-59.
17. Wright, A. J. 1971. The analysis and prediction of some two factor interactions in grasses breeding. J. Agric. Sci. Camb. 76 : 301-306.
18. Wright, A. J. 1976. The significance for breeding of linear regression analysis of genotype-environment interactions. Heredity 37 : 83-93.
19. Wricke, G. 1971. Eine orthogonale Aufterlung der Interaktion fur ein eingeschranktes Modell. In Rdsehr. Arb-Gem. Biom. DLG1.

Concurrent Model: the Extension of Linear Regression Analysis of Genotype-Environment Interactions[1]

Hsiu-Ying Lu[2]

Summary

Concurrent model can be used to predict the performance of an untried genotype when grown in a hypothetical environment if both genotype and environment are considered as random samples from larger populations. This involves a development of the regression analysis used in assessment of adaptation, and allows for the regression of interaction components onto both genotypic and environmental effects. The usefulness of the single joint regression for prediction is outlined, and the biological interpretation of concurrent is given.

The applicability of the emprical models to the data on plant fresh weight of *Arabidopsis thaliana* is illustrated by means of example.

1. Contribution No. 1474 from Taiwan Agricultural Research Insititute.
2. Statistician, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 43101, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）38(3)：346～352（1989）

晚香玉花藥培養及其癒合組織再生株之變異[1]

紀海珊[2]　蔡新聲[3]

摘要　晚香玉單瓣栽培種（*Polianthes tuberosa* L. cv "Single"）單核期的花藥，接種於含有1ppm 2, 4-D、3％蔗糖及0.8％洋菜之1/2MS基本鹽類（Na-Fe-EDTA全量）培養基中，可獲得具有胚發生能力之癒合組織（embryogenic callus）。將此癒合組織移植於植物生長調節劑爲0.2ppm NAA及2ppm kinetin之1/2MS基本鹽類培養基，可獲得擬胚體及再生植株。所獲得35株之再生植株，據調查已開花8株之園藝性狀，顯示有花序增長、花蕾數增加、花徑變大、花瓣數變少、外花被呈粉紅色及葉片大小的差異，此變異或可供爲改良晚香玉單瓣種花序短、花蕾數少及切花品質低等缺點之選拔材料。

晚香玉（*Polianthes tuberosa* L.）又名夜來香，月下香或玉簪花，屬於龍舌蘭科（*Agavaceae*）之多年生球根花卉，係本省重要的經濟花卉作物之一[1,2,3,4,5,6,8,9,10]。目前本省主要栽培品種爲單瓣與重瓣兩品種，單瓣種因香味濃，可提煉高級香精，亦可當切花材料；然因花序短、花朵數少，所以切花觀賞價值較低。重瓣種花序長、花朵數多、香味淡、適合切花；唯因夏季切花瓶插時着蕾之花朵不能繼續開放，品質不佳，壽命也短[7]，因此育種家一直希望能藉雜交組合育成一兼具單瓣及重瓣優良特性之晚香玉新品種[4]。又因經由組織培養產生之變異植株（somaclones）選育優良突變種，已被一些專家應用於實際育種工作[16]。因此本試驗以晚香玉花藥爲材料，希望能獲得單倍體植株或經由組織培養產生變異植株，以期有利於實際育種工作之進行。

材料與方法

一、花藥的消毒及接種

晚香玉單瓣品種之花藥係採自嘉義農專花圃及由嘉義市港坪里之花農提供。依試驗之需，採取適合長度之花蕾，以0.5％次氯酸鈉（每50ml加入1滴 Tween 20）消毒10分鐘後，以無菌水清洗三次，用鑷子取出花藥，培養於含有10ml斜面固體培養基之試管中。

二、不同發育時期之花藥培養

以醋酸洋紅壓片法觀察晚香玉小孢子發育，將其分爲減數分裂（meiosis）至四分子期（tetrads）、單核期（uninucleate）、雙核期（binucleate）及成熟花粉粒（pollen grain）等四個時期，並分別培養於含有2ppm NAA、1ppm BA、6％蔗糖、0.8％洋菜及 Na-Fe-DETA全量之½MS[14]基本鹽類培養基中，調查癒合組織產生與小孢子發育之關係；誘導之癒合組織分別移至含有 0.2ppm NAA及2ppm kinetin 之培養基調查其分化能力。

三、不同蔗糖濃度及植物生長調節劑對花藥癒合組織形成與分化之影響

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1475號。本文係第一作者碩士論文之一部份。

2.國立嘉義農業專科學校園藝科助教。臺灣省　嘉義市。

3.本所農藝系研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

將單核期的花藥接種於含有0.8%洋菜，Na-Fe-EDTA全量之½MS基本鹽類培養基中，並分別以3、6、9及12%四種蔗糖濃度及不同組合與濃度之植物生長調節劑（表3—4）誘導花藥癒合組織及擬胚體形成，並調查癒合組織之形狀、大小、數目及外觀、癒合組織之發生率與植株分化情形。

以上癒合組織之誘導環境爲25±1°C恒溫的暗處理，擬胚體之誘導則在相同溫度下，以1,500 lux之光强及光期16小時的環境下培養。

四、瓶苗之移植及成活植株園藝性狀及變異之調查

將已分化完成且發育有根之植株，洗去根部附着之洋菜，移植於盛有細粉末蛇木屑之塑膠鉢中，並置於室內盛有水之塑膠盆中培養。移植之初，於植株上覆蓋玻璃燒杯，待植株長出新芽後，於76年7月定植於含有豐富腐植質土壤之塑膠槽中栽培，歷經1年，於77年6月抽苔開花，在此生育階段分別調查花型、花被瓣數、花莖長、花莖寬、花序長、花蕾數、花徑寬、花瓣寬（厚）、外花被顏色、葉長、葉寬、葉厚、葉色、葉形、葉數、株高、抽苔期、每日開花朵數及每朵花開之天數等各項單株園藝性狀。

結　果

一、不同發育時期之花藥培養試驗

表1顯示晚香玉花蕾長度和小孢子發育時期之關係。每朵花含6個花藥，其小孢子之發育大都在同一時期，且花藥長約爲花蕾長度之½。表中資料爲10枚花穗之平均值。表2顯示減數分裂至四分子期、單核期、雙核期及成熟花粉粒等四種花藥癒合組織形成率與植株分化情形，各處理於接種後15天

表 1. 晚香玉花蕾長度與小孢子發育時期之關係

Table 1. The relationship between flower bud length and microspore developmental stage in tuberose*

Developmental Stage of Microspore	Flower Bud Length (cm)	Anther Length (cm)
Pollen mother cell	0.4	0.19
Meiosis	0.5—0.6	0.22
Tetrads	0.6—0.7	0.32
Early uninucleate	0.7—0.9	0.38
Middle uninucleate	0.9—1.0	0.53
Late uninucleate	1.0—1.1	0.65
Binucleate	1.1—1.3	0.75
Pollen grain	>1.3	>0.80

*Data are means of 10 observations.

表 2. 小孢子發育時期對晚香玉花藥培養癒合組織誘導與植株分化之影響

Table 2. Influence of developmental stage of microspores on the induction of callus and plant regenration in tuberose anther culture*

Developmental Stage of Microspore	Number of Anthers Cultured	Anthers Forming Callus		Plant Regeneration from Anther-Derived Callus	
		Number	Percentage	No. of Callus Cultured	No. of Callus Differentiated
Meiosis to tetrads	100	100	100	68	0
Uninucleate	91	86	94	68	7
Binucleate	76	69	90	68	0
Pollen Grain	90	68	75	68	0

*Source of plant material was from National Chiayi Institute of Agriculture. Culture duration for callus induction was 10 days.

花藥壁逐漸膨大呈透明狀，隨著小孢子發育時期之越趨成熟，其癒合組織之誘導率有遞減之趨勢，其中只有單核期花藥誘導之癒合組織有擬胚體（embryoid）與植株之再生， 共計獲得植株 7 棵。

二、不同蔗糖濃度及植物生長調節劑對花藥癒合組織之形成與質地和植株分化之影響

不同蔗糖濃度對各時期花藥癒合組織之形成與質地之影響，其差異不顯著；而 9 %與12%高濃度的蔗糖有抑制癒合組織分化之趨勢（資料未列出）。

表 3 顯示不同組合與濃度之植物生長調節劑，可影響花藥癒合組織之形成，添加 cytokinin 類之植物生長調節劑可提高癒合組織之誘導率，但對癒合組織之分化能力則無幫助（資料未列出）。就癒合組織之外形與質地觀之，則1ppm 2, 4-D之處理明顯不同於其他組合的處理，其表面具有光滑圓球形突起且有粘稠性之分泌液；其他組合所誘導之癒合組織，表面成疏鬆乾燥狀而無粘稠性之分泌液。

將表 3 各培養基所誘導之癒合組織分別移植於如表 4 所示含有不同植物生長調節劑之分化培養基，結果發現只有1ppm 2, 4-D誘導之花藥癒合組織，經移植於分化培養基後可再生植株（約佔50%左

表 3. 植物生長調節劑對晚香玉花藥培養誘導癒合組織形成之影響

Table 3. Effect of plant growth regulators on induction of callus in tuberose anther culture*

Concentration (mg/l) of				Number of Anthers Cultured	Anthers Forming Callus	
2, 4-D	NAA	Kinetin	BA		Number	Percentage
0	0	0	0	106	0	0
1	0	0	0	104	90	86
0	2	0	0	99	84	84
0	2	1	0	100	100	100
0	2	0	1	92	83	90

*Basal medium used was 1/2 MS with full strength of Na-Fe-EDTA, 6%sucrose and 0.8% Phytagar.

表 4. 植物生長調節劑對晚香玉花藥癒合組織分化能力之影響

Table 4. Effect of plant growth regulators on the ability of plant regeneration from anther-derived callus of tuberose*

Concentration (mg/l) of			Number of Callus Cultured	Number of Callus Showing Shoot Differentiation
NAA	BA	Kinetin		
0.2	1	0	21	0
0.2	2	0	21	2
0.2	0	1	21	1
0.2	0	2	23	12
0.2	0	4	21	1**
0	0	2	21	0

*Callus was induced on medium with 1/2 strength MS basal salts containing full strength of Na-Fe-EDTA, 1mg/l 2, 4-D and 6% sucrose.

**Albino plant.

右），表 4 顯示以0.2ppm NAA及2ppm kinetin組合之分化培養基較佳，共得再生植株12棵，其他組合之分化培養基，癒合組織之再生能力均極差；而 0.2ppm NAA及4ppm kinetin組合之分化培養基則獲得白苗（圖 1）。

三、瓶苗之移植及成活植株園藝性狀及變異之調查

花藥癒合組織在分化培養基形成芽體後，不需特殊培養基之誘導即可從芽體基部自行發根（圖 2），根長可達10公分，經移出試管外，其成活力可達 100%，且均能正常生長發育，其中並有 8 棵植株已抽苔開花，其單株園藝性狀如表 5 所列；而植株上之花穗每天約開 1 ～ 5 朵，每朵平均開 3 ～ 4 天，花型仍爲單瓣；其中園藝性狀變異較顯著者有葉片變細小而短（圖 3）；植株葉片成爲平展型；

花瓣數有3～5枚之變化（圖4），且各花瓣之大小不均一；而花藥數也有4－7個的變異，外形也呈畸形；外花被之顏色有淺粉紅色之變化。又將本試驗再生植株之園藝性狀（代號"T"）與本地單瓣栽培種（與花藥來源母株之相同品種，代號"L"）及雜交實生後裔植株（代號"H"）園藝性狀比較，如表6顯示花序長度"T"比"L"長；花蕾數目"T" 比"L"多，而花徑大小則"T"比"L"大，外花被顏色由白至粉紅色等，此皆爲植株外表園藝性狀之初步調查，至於是否有染色體倍數性或異數性之變異，及其園藝性狀之變異能否遺傳至下一代，則有待進一步之研究與證實。

表 5. 晚香玉花藥培養再生植株園藝性狀調查表

Table 5. Characteristics of tuberose plants differentiated from anther-derived callus

Plant No.	Flowering Duration (day)	Spike Length (cm)	Flower Stalk Width (cm)	Inflorescence Length (cm)	Number of Flower Bud	Color of Outer Perianthes*	Number of Perianthes	Flower Diameter (cm)	Petal Width (cm	Petal Thickness (mm	Leaf Length (cm)	Leaf Width (cm	Leaf Number
6	34	60.5	0.65	21.9	36	W	6	3.0	0.8	0.5	21.7	1.0	21
7	29	69.6	0.70	29.1	48	P	6	3.4	0.9	0.5	31.3	1.1	26
8	33	72.7	0.70	34.2	58	P	6	3.4	0.9	0.5	27.1	0.9	30
3	17	63 5	0.63	30.6	34	P	4-6	4.3	0.8	0.8	27.8	1.7	23
9	28	54.1	0.74	28.0	33	P	6	4.6	0.8	0.9	31.9	1.7	30
10	17	60.6	0.42	17.2	33	P	6	2.6	0.6	0.7	16.0	0.8	19
15	18	69.0	0.63	28.1	44	P	5-6	3.6	0.8	0.9	24.3	1.2	15
2	13	40.5	0.66	44.2	34	P	3-6	3.9	0.6	0.7	28.6	1.8	31

*W: white; P: pink.

表 6. 晚香玉花藥培養再生植株與本地單瓣栽培種及雜交實生後裔園藝性狀之比較調查表

Table 6. Comparison of plant characteristics among plants from anther culture, native variety and hybrid progeny selections

Plant Source	Petal Type	Spike Length (cm)	Flower Stalk Width (cm)	Inflorescence Length (cm)	Number of Flower Bud	Flower Diameter (cm)	Petal Width (cm)	Petal Thickness (mm)	Color of Outer Perianthes*	Number of Perianthes
Hybrid progeny** (H)	Single	67.3-133 3	0.57-0.73	12.9-29.0	48-58	3.47-4.36	0.81-0.91	0.75-1.01	W-R	6-10
Anther culture (T)	Single	40.5-72.7	0.42-0.74	17.2-44.2	33-58	2.6-4.6	0.60-0.90	0.50-0.90	W-P	3-6
Local variety (L)	Single	80.0-120.0	0.45-0.55	12.0-20.0	20-40	3.5-3.8	0.75-0.80	0.80	W	6

*W: white, R: red, P: pink.
**Data on hybrid selection are from J. Natl. Chiayi Inst. Agri. 12 : 36, 1985.

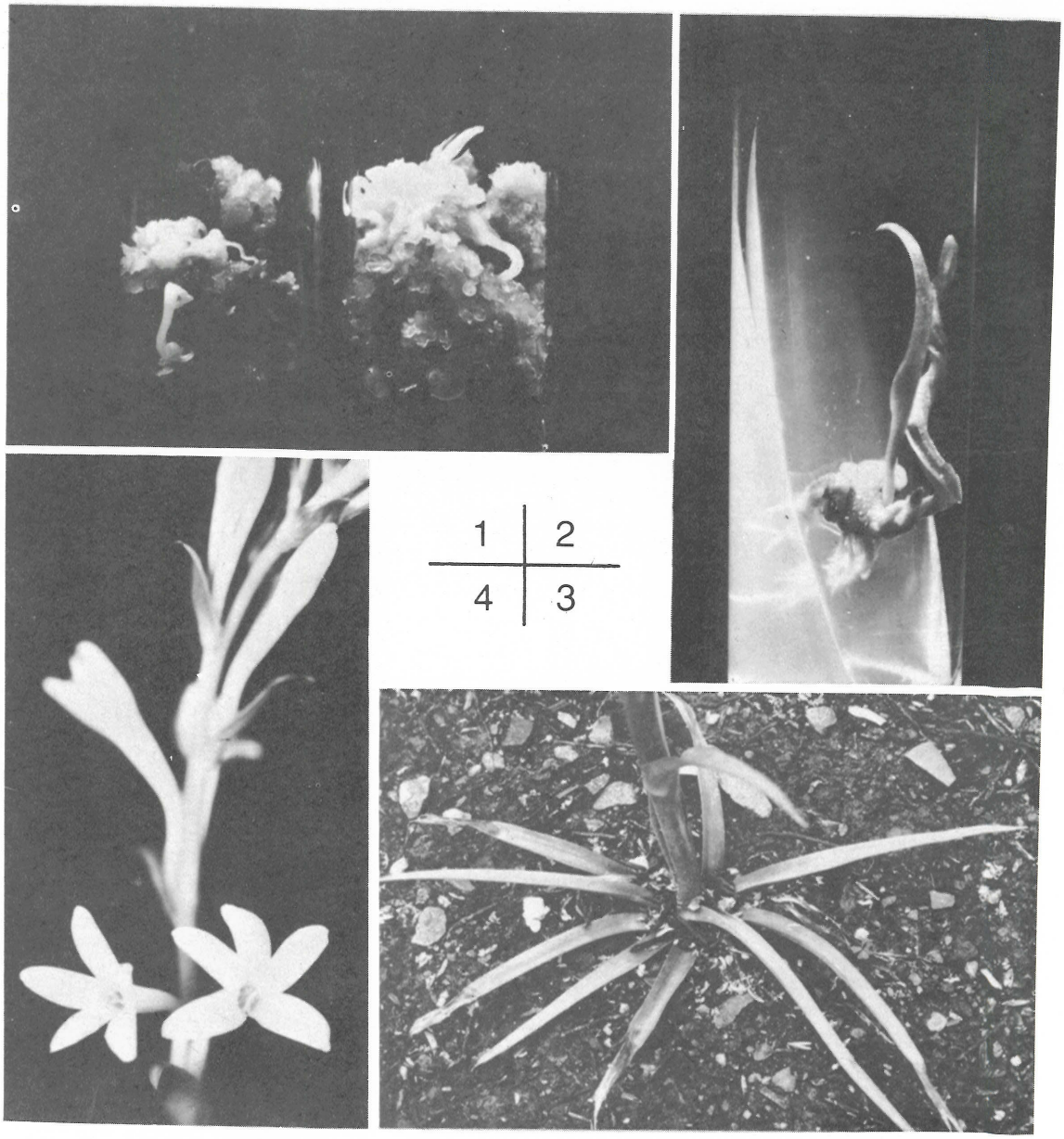


圖1.晚香玉花藥培養所獲得之白苗。

圖2.晚香玉花藥培養所獲得具有根及芽之健康植株。

圖3.晚香玉花藥培養所獲得叶片變爲細小而叶數較少之變異株。

圖4.晚香玉花藥培養所獲得花瓣5枚之變異株。

Fig. 1. Albino plant obtained from anther culture of tuberose.

Fig. 2. Root formation of regenerated shoot from anther culture of tuberose.

Fig. 3. Leaf variation of slim and short (16cm) shape obtained from anther culture of tuberose (No. 16 plant).

Fig. 4. The variant with 5 petals obtained from anther culture of tuberose.

討　論

單瓣種晚香玉花藥最適當之培養時期爲單核期（表2），由於培養後大約15天左右即發現花藥壁明顯膨脹呈透明狀，因而初步推測其癒合組織可能係來自花藥壁等體細胞之組織。

晚香玉花藥誘導具有胚發生能力之癒合組織（embryogenic callus）以1ppm 2, 4-D之效果較佳；進一步分析2, 4-D之最適濃度，雖然從0.5ppm至2ppm均能誘導外表形狀相同而色澤稍異之癒合組織（資列未列出），但誘導擬胚體形成與再生植株之能力仍以1ppm 2, 4-D最好。Narayanaswamy與Prabhudesai（1979）亦曾以2ppm 2, 4-D培養晚香玉花瓣等器官誘導擬胚之發生，但並未從此擬胚獲得再生植株[15]。而誘致癒合組織再生方面則 kinetin 之效果優於 BA，但必須加入適當濃度之NAA以促進癒合組織之分化（表4），Chen與Lin（1976）亦曾提出分化培養基中添加NAA可促進水稻花藥癒合組織之分化能力[13]。又花藥癒合組織經培養半年後，仍然有再生植株之能力，顯示其癒合組織可維持較長時間之分化能力。

瓶苗之移植據 Barnes（1979）報導西瓜組織培養苗以塑膠杯罩住盆苗較田間噴霧式栽培容易繁殖成功[12]，本研究延用此法，且因晚香玉對介質之要求性不高，因此在保持高濕度之環境下，移植之成活率高達100%。

本試驗中，再生植株園藝性狀及變異之調查，花莖長度較雜交後裔及對照植株短，未達晚香玉外銷切花花莖80公分以上之標準。而花序長度則較雜交後裔及對照植株明顯增加；至於花蕾數則比對照植株多，與雜交後裔花蕾數相當；因此其花序上花蕾與花蕾間之距離增大，此性狀在切花外銷運輸過程中或許可減少花蕾間相互擠壓造成之損失，而使切花之品質提高。又單瓣種晚香玉外花被四季均爲白色，本研究則有外花被顏色爲粉紅色之變種。又有關葉片形態之變異，以往Abraham and Desai（1976）曾以放射線處理晚香玉之塊莖，結果花色、花型均未獲得變異，只有葉色改變，即沿著葉片中脈有寬而黃色等之帶狀條紋，並且也有白苗之發生[11]。本試驗中也有白苗發生（圖1）。而所獲得之16號植株葉片變爲細小而葉數較少（圖3），導致花徑變小而香味較淡。

綜合本試驗再生植株園藝性狀調查結果，園藝性狀之變異歸納之有花序變長、花蕾數增加、花徑變大、花瓣數變少、外花被呈粉紅色及葉片大小之改變等，對提供改良單瓣種晚香玉之切花品質或可作爲育種之選拔材料。

引用文獻

1. 杜賡牲 • 1966 • 第三篇　花卉篇。農業要覽第8輯。pp. 134-135. 臺灣省政府農林廳。
2. 沈再木 • 1983 • 夜來香花粉貯藏及不親和性之研究。中國園藝28（3）：231—239。
2. 沈再木 • 1984 • 香花集。pp. 67. 豐年社。
4. 沈再木，黃光亮，黃達雄 • 1985 • 夜來香雜交育種之研究。嘉義農專學報12：31—41。
5. 黃達雄 • 1975 • 晚香玉。嘉義農專園藝學報5：1—5。
6. 黃敏展 • 1980 • 三、花卉篇。農家要覽。pp. 1150-1151. 豐年社。
7. 黃達雄，沈再木 • 1982 • 夜來香開花及種球發育之初步觀察。嘉義農專園藝學報12：15—22。
8. 黃達雄 • 1984 • 香花集。pp. 61-66. 豐年社。
9. 陳德順，胡大維 • 1976 • 臺灣外來觀賞植物名錄。pp. 447-448. 川流出版社印刷所。
10. 蕭政文 • 1975 • 臺灣外銷花卉產銷現況。花農生活及發展希望。臺灣花卉53：70—74。
11. Abraham, V. and B. M. Desai. 1976. Biological effectiveness of fast neutrons and gamma rays in some bulbous ornamentals. Indian J. Genet. Plant Breed. 36 : 230-237.
12. Barnes, L. R. 1979. In vitro propagation of water melon. Sci. Hort. 11 : 223-227.
13. Chen, C. C. and M. H. Lin. 1976. Induction of rice plantlets from anther culture. Bot. Bull. Academia Sinica 17 : 18-24.

14. Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15 : 473-497.

15. Narayanaswamy, S. and V. R. Prabhudesai. 1979. Somatic pseudoembryogeny in tissue culture of tuberose *Polianthes tuberosa*. Indian J. Exp. Biol. 17 : 873-875.

16. Tsay, H. S., J. Y. Hsu and C. C. Yeh. 1987. Production of new plant genetic resource through tissue culture. In: Crop exploration and utilization of genetic resources (Ed. by S. C. Hsieh). PP. 247-258. Proc. International Symp. Held at Taichung DAIS. Changhua, Taiwan ROC. Dec. 6-12, 1986.

Anther culture and somaclonal varivation of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.)[1]

H. S. Gi[2] and H. S. Tsay[2]

Summary

Anthers of tuberose variety with single-petal flowers was used in this experiment for callus induction and plant regeneration. Anthers with microspores at uninucleate stage were cultured on medium of ½ strength MS basic salts (with full strength of Na-Fe-EDTA) supplemented with 1ppm 2, 4-D, 3% sucrose and 0.8% phytagar. The produced embryogenic callus was able to differentiate into embryoids and plantlets after transfering to medium containing 0.2ppm NAA and 2ppm kinetin. A total of 35 plantlets were produced by the procedures described above. Among them, 8 plants grew to bloom showing significant variaton in various floral traits. These included inflorescence length, number of flower buds, flower size and color. It is suggested that the plants produced from tissue culture can be used as a source for varietal improvement.

. Contribution No. 1475 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

. Assistant, Department of Horticulture, National Chiayi Institute of Agriculture and Senior Agronomist, Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）38(3)：353～364 (1989)

落花生果莢黑斑病之發生及其防治法[1]

程永雄[2]　鄭安秀[3]　陳紹崇[3]　杜金池[4]

摘要　落花生是雲嘉南地區主要雜糧作物之一，近年來由於果莢黑斑病嚴重地發生，影響食用加工及冷凍外銷落花生的外觀與品質，初步試驗得知以蒸氣消毒的土壤種植落花生，可以防除果莢上黑斑之發生，證明落花生果莢黑斑病是由土壤微生物所引起，自罹黑斑之果莢分離得之眞菌，以 *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* (AG-4), *Sclerotium rolfsii* 及 *Pythium myriotylum* 等四種所佔之分離率較高，且證實具有病原性，另外根瘤線蟲（*Meloidogyne arenaria*）及矮化線蟲（*Tylenchorhynchus* sp. ）也是造成果莢黑斑的原因之一，試驗結果得知品種間罹病性有所差異，臺南十一號較臺南選九號易罹病；種植於土壤含水量較高（14-20%MHC ）的砂質壤土之落花生較種植於土壤含水量較低（4-10% MHC）的砂質土壤者易罹病。防治上，初步結果顯示，於種植前土壤施用 $CaCN_2$ 或 Nemacur G. 可以減少果莢黑斑病之發生；上述土壤處理再配合開花結莢期灌注 Ridomil-MZ W. P. 或 Benlate W. P., 之田間試驗結果顯示，於土壤含水量較高的砂質壤土，因土壤中含有較高密度的 *Pythium* spp., 所以灌注 Ridomil-MZ W. P. 之處理，果莢罹黑斑率明顯降低，而在砂質土壤，果莢罹黑斑率於各處理間無明顯差異，灌注 Benlate W. P. 之效果較灌注 Ridomil-MZ W. P. 者稍佳；且各種土壤處理對落花生均有增產效果。土壤經溴化甲烷處理再種植落花生，於水泥植框試驗結果顯示，處理區果莢罹斑率爲 4.5%，較無處理的21.5%明顯降低，且增產111%，但其可行性尚待進一步試驗證明。

關鍵字：落花生果莢黑斑病、*Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium solfsii*, *Pythium myriotylum*, *Meloidogyne arenaria*, *Tylenchorhynchus* sp. 防治。

落花生是雲嘉南平原主要雜糧作物之一，隨著生活品質的提高，食用加工落花生在質及量的需求上益趨迫切，在進行各種食用加工利用中，發現落花生果莢上的黑斑嚴重地影響食用加工及冷凍外銷落花生的外觀及品質。據 Garcia 及 Mitchell (1975) 報告許多土壤弱病原菌與落花生果莢黑斑有密切關係，自落花生果莢上可分離到約110屬200種的眞菌，其中有些眞菌彼此之間有相斥或協力性之存在[7]。在許多地區均已發現落花生果莢黑斑病（Pod rot）是由土棲性眞菌所造成的複合性病害[3,6,12]。落花生品種（系）間對此病害亦有不同抗感性存在[12]。本研究旨在探討自病莢所分離之微生物在果莢黑斑病中所擔任之角色與各微生物間之相關性，及瞭解影響雲嘉南地區落花生果莢黑斑病發生之土壤種類、土壤水分等土壤環境因子，期能有效的控制落花生果莢黑斑病之發生，以提高品質，增加農民收益。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1476 號。本研究承農委會76—農建—8.1—糧—07及77—農建—7.1—糧—34之經費補助。

2.前任臺南區農業改良場研究員，現任本所嘉義分所分所長。臺灣省　嘉義市。

3.臺南區農業改良場助理研究員及助理。臺灣省　臺南市。

4.本所所長。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

（一）病原菌之分離與鑑定

罹黑斑病之果莢依組織分離法分離病原眞菌，以10%次氯酸鈉消毒一分鐘，再以無菌水漂洗三次，經消毒濾紙吸乾後置於培養基 PDA 平板（每公升加 200mg streptomycin, 100mg pimaricin 及 1.0mg botran）[20] 分離微生物加以鑑定純化，計算其分離百分率。

（二）線蟲之分離

採集根圈土壤 100克依柏門氏漏斗分離法分離作物寄生性線蟲，24小時後鏡檢計算線蟲密度。

（三）病原眞菌接種源之準備

F. solani 及 *P. myriotylum* 分別以 PD 液體培養基或消毒之玉米莖葉粉末培養，*R. solani* 及 *S. rolfsii* 則以消毒之馬鈴薯泥培養，待其菌絲長滿培養基及 *S. rolfsii* 菌核成熟後，此四種病原眞菌分別混入消毒土中，均勻混合後 *F. solani* 以 PCNB 培養基、*P. myriotylum* 以選擇性培養基[18]、*R. solani* 及 PDA 培養基利用稀釋平板法分別測定其接種源密度爲 7.3×10^5 propagules(p)/克土、7.2p/ 克土、138／100克土 及 *S. rolfsii* 60個菌核／100克土。

（四）病原微生物之病原性測定

以消毒土盆栽落花生（臺南11號），萌芽後即接種矮化線蟲（*Tylenchorhynchus* sp.）或根瘤線蟲（*M. arenaria*）每盆100隻，而眞菌之接種，是待開花結莢時，將含有供試四種病原眞菌之土壤分別單獨或混合（1：1：1：1 v/v）裝入吉惠育苗紙缽，整個紙缽埋入落花生植株旁之土中，再將已伸入土中之果莢柄引入接種源感染土內，作定點接種，並設對照組，一盆進行一種處理，每處理三盆，收穫時調查果莢黑斑病發生情形。

（五）不同土壤質地對果莢黑斑病發生之影響

1.土壤質地：七十五年秋作，雲林縣元長鄉試區爲砂質壤土（Sandy loam）（75%砂粒、20%坋粒、15%黏粒），四湖鄉試區爲壤質砂土（Loamy sand）（80%砂粒、10%坋粒、10%黏粒），七十六年春作，元長試區亦爲砂質壤土，四湖試區爲砂質土（Sand）（90%砂粒、5%坋粒、5%黏粒）。

2.供試品種：臺南11號及臺南選9號等兩品種。

3.試驗方法：每小區四畦，畦寬 100公分，畦長6公尺，二行畦，每品種爲一處理，每處理四重複。播種前由畦面採土，結莢初期、中期及收穫時每小區採定株之根圈土，分離土壤微生物，並調查果莢黑斑形成情形及分離果莢上微生物。

罹黑斑程度依其黑斑面積佔全果莢面積之比例分五級，指數 n_0 表無黑斑之果莢數，n_1 表黑斑面積佔全果莢面積1／4以下之果莢數，n_2 表黑斑面積佔全果莢面積1／4－1／2之果莢數，n_3 表黑斑面積佔全果莢面積1／2－3／4之果莢數，n_4 表黑斑面積佔全果莢面積3／4以上之果莢數。並依下列公式計算果莢罹黑斑率：

$$\text{罹黑斑率}=\frac{n_0\times0+n_1\times1+n_2\times2+n_3\times3+n_4\times4}{\text{N（調查總果莢數）}\times4}\times100\%$$

（五）土壤添加物對果莢黑斑病之防治效果

1.供試材料：$CaCN_2$（600kg/ha）、Growth up（200kg/ha）、SH-mixture（1200kg/ha）、CaO (600kg/ha)及 Nemacur G.（15kg/ha）等5五種添加處理。臺南11號及臺南選9號落花生。

2.試驗方法：將前期作嚴重發生落花生果莢黑斑病之田土取回置於水泥植框（2.1m×2.3m×0.3m）共12植框，每植框設置二畦，畦面70公分，二行畦，每一品種一行，每處理四重複（每畦視爲一重複）。播種前將供試土壤添加物分別施用於播種溝，稍覆土後播種，$CaCN_2$ 之處理則於播種前兩星期行處理。分別於播種前及收穫時採土分離土壤微生物，收穫時調查果莢黑斑病發生情形。

（六）溴化甲烷對果莢黑斑病的防治試驗

於水泥植框中進行，植框中土壤已連續種植三季落花生，且莢黑斑病發生嚴重，土壤上覆蓋塑膠布，進行溴化甲烷處理（1 lb/15m²），三天後掀開塑膠布，一星期後播種臺南十一號落花生，收穫時調查果莢罹黑斑率及種仁產量。

（七）綜合防治試驗

（1）盆栽試驗：

自果莢黑斑病發生嚴重之落花生田採集土壤，進行下列處理二星期後，盆栽種植臺南11號落花生；土壤處理包括：1.添加 0.04% $CaCN_2$；2. 添加 0.05% Nemacur G.；3. 添加5% Organic matter（甘雨特肥）；4.無任何添加物，開花結莢時，上列各種土壤處理再分別單獨或混合灌注50%Moncut W. P. 2000倍，50% Benlate W. P. 1000倍或58% Ridomil-MZ W. P. 400倍，以無藥劑灌注者爲對照；每處理4重覆，每盆栽2棵視爲一重覆，每盆栽灌注藥劑200ml。

（2）水泥植框試驗：

水泥植框中土壤已連續種植四季落花生，果莢黑斑病已發生嚴重過之土壤，進行下列土壤處理包括添加 $CaCN_2$（600公斤／公頃）、Nemacur G.（15公斤／公頃）及無任何添加；開花結莢時，上列各種土壤處理再分別灌注 50% Benlate W. P. 1000倍 或 58% Ridomil-MZ W. P. 400倍，以無藥劑灌注者爲對照，共計9種處理；每植框種4行，株距10公分，每處理2重覆。上述兩試驗均於收穫時調查果莢罹黑斑率。

（3）田間試驗：

七十七年春作於雲林縣元長、四湖兩鄉各擇乙處落花生田進行下列六種處理：1.添加 $CaCN_2$（600公斤／公頃）及 Nemacur G.（15公斤／公頃）；2.添加 $CaCN_2$，開花結莢時灌注 50% Benlate W. P. 1000倍（12公斤／公頃）；3.添加 $CaCN_2$ 開花結莢時灌注 58% Ridomil-MZ W. P. 400倍（30公斤／公頃）；4.添加 Nemacur G.，開花結莢時灌注 50% Benlate W. P. 1000倍 5.添加 Nemacur G.，，開花結莢時灌注58% Ridomil-MZ W. P. 400倍，6.對照無任何處理。小區面積4m×6m二行畦，行株距35cm×10cm 每處理四重覆。

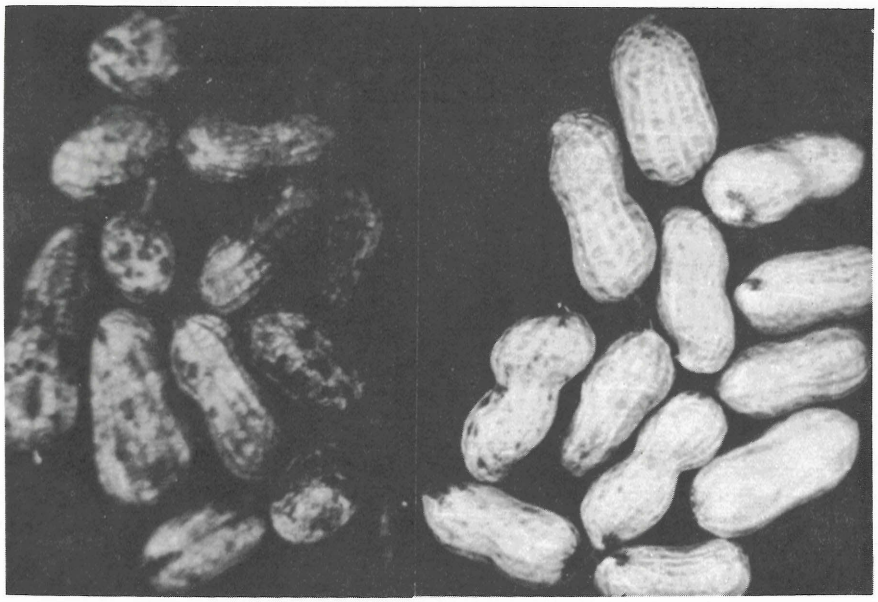
於播種後，播種後4星期及收穫時，調查土壤微生物相，線蟲密度；收穫時調查果莢罹黑斑率及種仁產量。

結　果

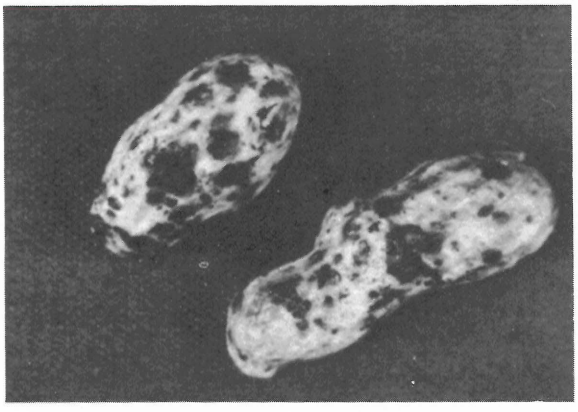
（一）落花生果莢黑斑病病原菌之分離與鑑定

取回落花生果莢黑斑病發生嚴重田之田土，部份經蒸氣消毒後種植臺南十一號落花生，而以不消毒之田土爲對照處理，結果發現種植於蒸氣消毒土之落花生莢無黑斑產生，而對照處理者落花生果莢黑斑病發生嚴重（圖一）。

七十五年秋作及七十六年春作自雲嘉南地區主要落花生栽培區取回罹病之果莢，依病斑型態可分爲二類，一爲斑點型（Spot）（圖二），另一爲水浸狀腐爛型（Rot）（圖三），兩期作分離 500個病斑結果如表一所示，以 *F. solani* 所佔的分離百分比最高爲 37.21%，*Fusarium* spp. (24.3%)次之，*S. rolfsii* (13.7%), *R. solani* (AG-4) (7.1%) 及 *Pythium* spp. (4.9%) 等，且發現斑點型病斑分離之眞菌以 *F. solani* 及 *R. solani* 爲主，此二種病原菌於果莢上形成線型或斑點型的黑斑，不易擴展，只影響到果莢的外觀，不會對產量造成嚴重的損失。水浸狀腐爛型病斑分離之眞菌則以 *S. rolfsii* 及 *Pythium* spp. 最多，而 *P. myriotylum* 爲 *Pythium* spp. 中主要的一種。*P. myriotylum* 易於果莢上形成水浸狀腐爛型黑斑，漸漸擴大到整個果莢甚至果柄，造成果柄脫落，無法收穫造成產量上嚴重的損失，顯示*P. myriotylum* 的危害較 *R. solani* 及 *F. solani* 的危害嚴重。



圖一、右：健康的落花生果莢
左：罹患黑斑病之果莢
Fig. 1. Health pod (right), black spot showed on pod (left)



圖二、*Fusarium solani* 及 *Rhizoctonia solani* 造成之病徵
Fig. 2. Pod rot caused by *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani*



圖三、*Pythium myriotylum* 在果莢上造成之病徵
Fig. 3. Pod rot caused by *Pythium myriotylum*

（二）病原微生物之病原性測定

供試線蟲包括根瘤線蟲及矮化線蟲分別對落花生果莢造成腫瘤及褐色小點，褐色病斑中央稍呈現凹陷的病斑，四種供試眞菌單獨或混合接種均造成果莢黑斑病徵，混合接種出現的黑斑類型與田間自然發生者相類似；兩種供試線蟲與 *F. solani*、*S. rolfsii* 及 *P. myriotylum* 混合接種有增加發病的趨勢，但與 *R. solani* 混合接種則無此種現象（表二、三）。

表一、落花生果莢黑斑分離所得微生物種類及分離率

Table 1. The percentage of microorganisms isolated from infected pods

Microorganism	% of microorganism isolated from infected pod		
	Autumn crop, 1986	Spring crop, 1987	Average
Fusarium solani	37.0	37.4	37.2
Rhizoctonia solani	11.0	3.2	7.1
Sclerotium rolfsii	14.7	12.7	13.7
Pythium spp.	6.8	2.9	4.9
Fusarium spp.	23.8	24.9	24.3
Penicillium spp.	0.8	6.9	3 8
Aspergillus spp.	0.8	0.0	0.4
Trichoderma spp.	0.3	0.9	0.6
Other fungi	4.8	5.6	5.2
Bacteria	0.0	5.5	2.8

表二、根瘤線蟲及病原眞菌與果莢黑斑病發生之關係*

Table 2. The incidence of pod rot of peanut associated with *Meloidogyne arenaria* and pathogenic fungi

Treatment	% of infected pod	Treatment	% of infected pod
Fusarium solani	16.7	*Meloidogyne arenaria*	66.7
Rhizoctonia solani	12.5	*M. arenaria* +*F. solani*	25.0
Sclerotium rolfsii	15.6	*M. arenaria* +*R. solani*	8.3
Pythium myriotylum	26.3	*M. arenaria* +*S. rolfsii*	29.2
F. solani+*S. rolfsii* +		*M. arenaria* +*P. myriotylum*	35.1
P. myriotylum+*R. solani*	21.4	*M. arenaria* +*F. solani*	
Sterilized soil	0.0	+*R. solani* +*S. rolfsii*	
		+*P. myriotylum*	29.6

*The number is the mean of 4 replicates

表三、矮化線蟲及病原眞菌與果莢黑斑病發生之關係*

Table 3. The incidence of pod rot of peanut associated with *Tylenchorhynchus* sp. and pathogenic fungi

Treatment	% of infected pod	Treatment	% of infected pod
Fusarium solani	16.7	*Tylenchorhynchus* sp.	29.2
Rhizoctonia solani	12.5	*Tylenchorhynchus* sp. +*F. solani*	41.7
Sclerotium rolfsii	15.6	*Tylenchorhynchus* sp. +*R. solani*	9.4
Pythium myriotylum	26.3	*Tylenchorhynchus* sp. +*S. rolfsii*	31.3
F. solani +*S. rolfsii* +		*Tylenchorhynchus* sp. +*P. myriotylum*	25.4
P. myriotylum +*R. solani*	21.4	*Tylenchorhynchus* sp. +*F. solani*	
Sterilized solani	0.0	+*R. solani* +*S. rolfsii*	
		+*P. myriotylum*	23 5

*The number is the mean of 4 replicates

（三）不同土壤質地對果莢黑斑病發生之影響

七十五年秋作元長試區土壤質地屬砂質壤土，試驗期間土壤含水量爲14—18% MHC；四湖試區爲壤質砂土，試驗期間土壤含水量爲 11—15%MHC；七十六年春作元長試區土壤質地仍屬砂質壤土，試驗期間土壤含水量爲 15—20%MHC；四湖試區爲砂質地，試驗期間土壤含水量爲4—10%MHC；四處試區果莢黑斑病發生情形如表四所示，無論秋、春作，四湖試區土壤較砂性，其土壤含水量較元長試區爲低，故果莢罹黑斑率均較低，與元長試區者比較達５％的顯著差異；又臺南11號品種較臺南選９號品種易罹病；四湖試區落花生兩期作的果莢罹黑斑率，兩品種間均達５％的顯著差異（表五）。土壤眞菌、細菌及放射菌密度在落花生生長期間無差異性變化，各種微生物之消長與果莢罹黑斑率亦無相關性存在。

表四、土壤質地對落花生果莢黑斑病發生之影響

Table 4. Effects of soil texture on the incidence of pod rot of peanut

Crop	Local	Soil texture (Soil moisture % MHC)	% of infected pod	
			Tainan No. 11	Tainan sel. No. 9
Autumn crop, 1986	Yuan-Chang trial	Sandy loam (14-18%)	33.6 a*	30.0 a
	Ssu-Hu trial	Loamy sand (11-15%)	22.7 b	16.5 b
Spring crop, 1987	Yuan-Chang trial	Sandy loam (15-20%)	30.1 a	27.1 a
	Ssu-Hu trial	Sand (4-10%)	16.8 b	12.0 b

*Column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range groupings.

表五、落花生品種臺南十一號與臺南選九號果莢黑斑病發生之比較

Table 5. Comparison of the incidence of pod rot on peanut Tainan No. 11 and Tainan sel. No. 9.

Crop	Variety	% of infected pod	
		Yuan-Chang trial	Ssu-Hu trial
Autumn crop, 1986	Tainan No. 11	33.6 a*	22.7 a
	Tainan sel. No. 9	30.0 a	16.5 b
Spring crop, 1987	Tainan No. 11	30.1 a	16.8 a
	Tainan sel. No. 9	27.1 a	12.0 b

*Column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range groupings.

（四）土壤添加物對果莢黑斑病之防治效果：

結果如表六所示，於落花生種植前土壤施加 $CaCN_2$、Nemacur G. 及 CaO 可以減輕果莢罹黑斑率，以臺南11號而言，其罹黑斑率分別爲 19.8%、21.1%及22.5%，而對照無處理者爲 31.1%，臺南選9號之罹黑斑率分別爲 18.9%、20.2%及26.9%，上述兩品種進行以上處理與對照無處理區比較均達5%的顯著差異，而施用 Growth up 及 SH-mixture 即無此效果。各種土壤處理前及收穫時，土壤微生物眞菌、細菌及放射菌均無差異性變化。

表六、土壤添加物對落花生果莢黑斑病發生之影響（水泥植框試驗）

Table 6. Effects of soil amendments on the incidence of pod rot of peanut (cement box test)

Treatment	% of infeected pod	
	Tainan No. 11	Tainan sel. No. 9
$CaCN_2$	19.8 c*	18.9 bc
Growth up	26.8 ab	25.4 ab
SH-mixture	30.2 a	26.8 a
Nemacur G.	21.1 bc	17.4 c
CaO	22.5 bc	20.2 abc
CK	31.1 a	26.9 a

*Column followed by the same letter are not significantly different at the 0.01 level by Duncan's multiple range groupings.

（五）溴化甲烷對果莢黑斑病之防治效果

七十七年春作於水泥植框進行溴化甲烷處理土壤後種植落花生，結果如表七所示，處理區果莢罹黑斑率只有4.5%而無處理區果莢罹黑斑率高達 21.5%，兩者間達1%極顯著差異，產量方面亦增產111%。收穫後，於處理區分離不到寄生性線蟲，根瘤指數爲0，而無處理區寄生性線蟲數爲8隻／100克土壤，根瘤指數爲1.5；但其他微生物相兩處理間無差異。

表七、溴化甲烷處理土壤對落花生果莢黑斑病發生之影響

Table 7. Effect of CH_3Br treatment on the incidence of pod rot、yield of peanut、nematode population and root knot index (cement box test).

Soil treatment	% of infected pod	Yield ($g/5m^2$)	Yield index	No. of parasitic nematode* (No./100g soil)		Root knot index
				Before treatment	Harvest stage	
CH_3Br	4.5 a**	412	211	22	0	0
Non-treated control	21.5 b	195	100	4	8	1.5

*Total numbers of *Meloidogyne arenaria* nd *Tylenchorhynchus* sp.

**Column followed by the same letter are not significantly different at the 0.01 level by Duncan's multiple range groupings.

（六）綜合防治試驗

（1）盆栽試驗：

於盆栽進行土壤添加 $CaCN_2$、Nemacur G. 及有機堆肥（甘雨特肥），配合開花結莢時分別灌注 Moncut W. P., Ridomil-MZ W. P. 及 Benlate W. P.；結果顯示，於播種前土壤處理 Nemacur G. 或 $CaCN_2$ 均可使果莢罹黑斑率較對照無處理者降低，而土壤施用有機堆肥則無減輕黑斑發生之效果，在有些處理罹黑斑率反而較無任何處理者爲高，上述土壤處理配合殺菌劑之灌注，罹黑斑率則以 Nemacur G. 配合 Ridomil-MZ W. P. 的4.2%，Nemacur G. 配合 Benlate W. P. 的 20.9% 及 $CaCN_2$ 配合 Ridomil-MZ W. P. 的 21.8%較低，殺菌劑以 Ridomil-MZ W. P. 的防治效果較佳。而三種殺菌劑混合灌注無增效作用。

（2）水泥植框試驗：

水泥植框試驗結果顯示，土壤處理配合殺菌劑之灌注，罹黑斑率以Nemacur G. 配合 Ridomil-MZ W. P. 的 20.0%，Nemacur G. 配合 Benlate W. P. 的 22.8% 及 $CaCN_2$ 配合 Benlate W. P. 的23.3%效果較好。

（3）田間試驗：

七十七年春作在雲林縣元長鄉及四湖鄉各擇乙處落花生試驗田進行田間試驗，元長試區屬壤質砂土，前期作甘蔗，根瘤線蟲與矮化線蟲密度1 4隻／100克土壤；四湖試區屬砂質土壤，前期作胡蘿蔔，上述兩種線蟲密度0.6隻／100克土壤。土壤處理配合殺菌劑的灌注等六種處理，收穫時調查果莢罹黑斑率，元長試區以 Nemacur G. 或 $CaCN_2$配合 Ridomil-MZ W. P. 兩處理的 15.3%及17.5%較低且與其他處理達 5%之顯著差異性，四湖試區則以 Nemacur G. 或 $CaCN_2$ 配合 Benlate W. P. 兩處理的 6.8% 及 7.1% 較低但與其他處理不達顯著差異，產量方面，兩試區之任何處理均較對照無處理有增產效果，元長試區增產 4—30%，而四湖試區增產 8—36%（表八）。收穫後逢機採集罹病果莢分離病原菌，發現元長試區以*P. myriotylum* 之分離率較高約28—38%，但經Ridomil-MZ W. P. 灌注之處理，*P. myriotylum* 之分離率只有 0—1.8%。四湖試區只分離到少數 *R. solani* 及 *F. solani*（表九）。收穫時土壤經線蟲分離，元長試區上述兩種寄生性線蟲密度約 1—2 隻／100克土壤，果莢上可見根瘤線蟲造成的腫瘤，但根瘤指數與罹黑斑率之間相關性極小（r=0.36），四湖試區則分離不到寄生性線蟲，果莢上也不見任何腫瘤，其他微生物眞菌、細菌及放射菌的變化，各處理間無差異性存在。

表八、土壤處理及藥劑灌注對落花生果莢黑斑病發生之影響（田間試驗）

Table 8. Effect of soil treatments with fungicides application on the incidence of pod rot of peanut (field test).

Treatment	Yuan-Chang trial			Ssu-Hu trial		
	% of infected pod	Yield (kg/ha)	Yield index	% of infected pod	Yield (kg/ha)	Yield index
$CaCN_2$+Nemacur G.	23.0 bc*	989	104	9.0 a	937	108
$CaCN_2$+Benlate W. P.	30.5 a	1002	106	7.1 a	947	109
$CaCN_2$+Ridomil-MZ W. P.	17.5 d	1232	130	8.6 a	1087	126
Nemacur G. +Benlate W. P.	28.1 ab	1030	109	6.8 a	1158	134
Nemacur G. +Ridomil-MZ W. P.	15.3 d	1154	122	9.5 a	1177	136
Non-treated control	22.8 c	948	100	11.0 a	865	100

*Column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range groupings.

表九、落花生果莢黑斑病病原菌之分離率

Table 9. The percentage of pathogens isolated from infected pods

Treatment	% of microorganism isolated from infected pod							
	Yuan-Chang trial				Ssu-Hu trial			
	P. m.*	R. s.	F. s.	S. r.	P. m.	R. s.	F. s.	S. r.
$CaCN_2$+Nemacur G.	28.6	1.8	0	0	0	0	0	0
$CaCN_2$+Benlate W. P.	32.2	0	0	0	0	14.3	0	0
$CaCN_2$+Ridomil-MZ W. P.	1.8	0	0	0	0	0	0	0
Nemacur G. +Benlate W. P.	37.5	0	0	1.8	0	0	3.6	0
Nemacur G. +Ridomil-MZ W. P.	0	0	0	1.8	0	0	7.1	0
Non-treated control	32.2	0	0	0	0	0	3.6	0

*P. m.=*Pythium myriotylum*, R. s.=*Rhizoctonia solani*, F. s.=*Fusarium solani*, S. r.=*Selcrotium rolfsii*

討　論

落花生果莢黑斑病是由多種土棲性眞菌所造成的複合性病害[5,6,12,19]，尤其是 *P. myriotylum* *F. solani* 及 *R. solani* 經常在果莢黑斑上分離到[4,6,14,19]，以 *F. solani* 的分離率最高[4]；其中有些眞菌彼此之間有相斥或協力作用[7]。Frank[6]認爲*P. myriotylum* 及*F. solani* 之間具協力作用，而 Garren[8]認爲*P. myriotylum* 與 *R. solani* 間具拮抗作用。本研究自雲嘉南平原落花生主要產區，採集罹病果莢加以分離，得到四種分離率較高之病原眞菌*F. solani*、*R. solani*、*S. rolfsii* 及 *P. myriotylum* 亦以 *F. solani* 的分離率最高；發現在比較乾旱土壤中 *F. solani* 及*R. solani* 較易在果莢上分離到，此二種病原菌於果莢上形成線型或斑點型的黑斑，不易擴展，只影響到果莢的外觀，不會對產量造成嚴重的損失。而在較濕潤土中 *P. myriotylum* 易於果莢上形成水浸狀腐爛型黑斑，漸漸擴大到整個果莢甚至果柄，造成果柄脫落，無法收穫造成產量上嚴重的損失[9,10]，故 *P. myriotylum* 的危害較 *R. solani* 的危害來的嚴重[9,11,15]。*S. rolfsii*是落花生主要病原菌之一，除造成果莢腐爛外，更會使地上部枯萎，濕潤的土壤環境是促使病原菌快速蔓延的一主要原因，但在乾旱季節對果莢亦可造成相當的危害[14,15,17]。本研究亦發現落花生種植於土壤含水量較高的砂質壤土，因土中 *P. myriotylum* 密度較高，果莢罹黑斑率較種植於含水量較低的砂土者爲高，而種植於砂土之果莢上出現的主要爲乾燥的線型及斑點型黑斑，腐爛型病斑所占比例較低，果莢上只分離到 *F. solani* 及 *R. solani*。這可能是四湖試區罹黑斑率較元長試區者低的原因之一（表四）。落花生品種間對果莢黑斑病的抗感性是存在，發現有11個不同基因型品種顯現出較輕微的罹病[12]。七十五及七十六年兩期作四個試區結果亦顯示，臺南11號較臺南選 9 號易罹病（表五），故抗病品種的選育是可行的。

落花生根瘤線蟲（*M. arenaria*）及矮化線蟲（*Tylenchorhynchus brevilineatus*）均會在果莢上造成危害[13,14,16]，根瘤線蟲於果莢上形成腫瘤，而矮化線蟲於果莢上造成褐色小斑點，中央稍凹陷，果柄顯著縮短。寄生性線蟲因具有口針，故在土壤傳播性病害上，常與一些土棲性眞菌之間有協力作用存在，加重病害的發生程度或加速病害的蔓延，如 *M. incognita* 對 *Phytophthora melonis* 引起之胡瓜黃化萎凋病[1]、對*Pythium . myriotylum* 引起之薑軟腐病[2]等。Garcia 及 Mitchell 報告指出對果莢黑斑病之發生，*M. arenaria* 與 *P. myriotylum* 及 *F. solani*間具協力作用[10]。

本試驗於水泥植框進行土壤處理 Nemacur G. 後種植落花生，初步發現果莢罹黑斑率較無處理者降低（表六），顯示減少土壤中線蟲密度似乎可以減輕罹黑斑率，即寄生性線蟲與病原菌間具協力作用；故進一步將 *M. arenaria* 或 *Tylenchorhynchus* sp. 分別與四種病原眞菌混合接種，觀察結果顯示此兩種寄生線蟲與 *F. solani*、*S. rolfsii* 及 *P. myriotylum* 混合接種，罹黑斑率稍有增加的趨勢，但與 *R. solani* 混合接種罹黑斑率反而稍下降（表二），是否此兩種寄生性線蟲與 *R. solani* 之間具相斥性，其原因不明，有待進一步試驗證明；元長試區試驗結果亦顯示，果莢罹黑斑率與根瘤指數之間稍有相關性存在（$r=0.36$）；除寄生性線蟲在果莢上造成之傷口，利於其他弱病原性眞菌之侵入外，此兩種寄生性線蟲本身對果莢所造成的危害亦是相當大（表二），對長年種植旱作無水稻輪作者，田間土壤線蟲密度一般偏高，落花生播種前，土壤施用殺線蟲劑可以降低線蟲的密度。

除線蟲之防治外，落花生播種前土壤施用 $CaCN_2$ 及 CaO 亦可減輕果莢罹黑斑率（表六），Csinos 等 1984年報告指出添加鈣肥使果莢中鈣離子濃度增加，可以減輕果莢黑斑病的發生，認爲土中鈣的缺乏是造成果莢黑斑病的主因，而病原眞菌只是次要因子[4]。1988年 Filonow 等試驗結果顯示土壤添加 $CaSO_4$ 並不能減輕病害的發生，認爲病原眞菌才是造成落花生果莢黑斑病的主因[5]。本研究將落花生種植於蒸氣消毒土、溴化甲烷燻蒸土及 Nemacur G. 處理土中，均能減輕果莢罹黑斑率，顯示造成落花生果莢黑斑病的主因應是土壤中的病原微生物，而非營養的缺乏或不平衡所致。而鈣離子的吸收可以增加果莢的硬度，加强了物理性的抗病機制。

針對分離率較高的四種病原眞菌，選用三種供試殺菌劑，於開花結果期採行灌注法，於盆栽及水泥植框試驗結果顯示Nemacur G. 或 $CaCN_2$ 配合 Ridomil-MZ W. P. 或Benlate W. P. 之防治效果較佳，田間試驗則因其土壤質地、土壤含水量及微生物相相異，而兩試驗田的結果不盡相同，由表九得知元長試區因屬砂質壤土，土壤含水量較高，*P. myriotylum* 密度亦較高，灌注Ridomil-MZ W. P. 可降低*P. myriotylum* 的密度，使罹黑斑率降低，且分離黑斑果莢*P. myriotylum*的分離率顯著降低；因落花生種植於土壤含水量較低的砂質土，黑斑病發生較輕且大都爲 *R. solani* 及 *F. solani* 所引起的線型或斑點型病徵，故屬砂質土壤的四湖試區，各處理間果莢罹黑斑率無差異性存在，但灌注Benlate W. P. 的效果似乎比灌注 Ridomil-MZ W. P. 的效果稍佳（表八）。各處理間土壤眞菌、細菌及放射菌之密度變化差異不顯著。因本病害爲多種病原菌之複合感染所致，故以藥劑實難收到理想的防治效果[15]。

溴化甲烷爲一種燻蒸劑，施用於土壤燻蒸可以明顯地降低土中微生物之密度及殺死地下害蟲。本試驗以 1 lb/15m² 之用量，燻蒸水泥植框土壤後種植落花生，收穫時發現果莢黑斑率明顯降低，結莢數較無處理區增加，並增產 111%。處理區落花生生育早期的冠腐病發生亦較少，收穫後土壤分不到寄生性線蟲亦無根瘤產生（表七）。而無處理區因嚴重罹黑斑病或線蟲爲害造成果柄腐爛脫落而無商品價值，但其可行性尚待進一步試驗證明。

參考文獻

1.程永雄、鄭安秀、杜金池・1985・根瘤線蟲與 *Pythium melonis* 之複合感染對胡瓜黃化萎凋之影響，臺灣省臺南區農業改良場第十九號研究彙報，p. 39-46。

2.黃穗昌・1987・薑腐病之研究，臺灣省臺東區農業改良場編印。（油印本）

3. Bell D. K. and D. R. Summer, 1984, Unharvested peanut pods as a potential source of inoculum of soilbrone plant pathogens. Plant Disease 68 : 1039-1042.

4. Csinos A. S., T. P. Gaines and M. E. Walker, 1984, Involvement of nutrition and fungi in the peanut pod rot complex. Plant Disease 68 : 61-65.

5. Filonow A. B., H. A. Melouk, M. Marti nand J. Sherwood, 1988, Effect of calcium sufate on pod rot of peanut. Plant Disease 72 : 589-593.

6. Frank Z. R., 1972, *Pythium myriotylum* and *Fusarium solani* as cofactors in a pod-rot complex

of peanut. Phytopathology 62 : 1331-1334.

7. Garren K. H., 1963, Peanut (groundnut) microfloras and pathogenesis in peanut pod rot. Phytopathol. Z. 55 : 359-367.
8. Garren K. H., 1967, *Rhizoctonia solani* versus *Pythium myriotylum* as pathogens of peanut pod breakdown. Plant Dis. Reptr. 54 : 840-843.
9. Garren K. H., 1970, Antagonisms between indigenous *Pythium myriotylum* and introduced *Rhizoctonia solani* and peanut pod breakdown. Phytopathology 60 : 1292.
10. Garcia R. and D. J. Mitchell, 1975, Synergistic interations of *Pythium myriotylum* with *Fusarium solani* and *Meloidogyne arenaria* in pod rot of peanut. Phytopathology 65 : 832-833.
11. Garcia R. and D. J. Mitchell, 1975, Interactions of *Pythium myriotylum* with serveral fungi in peanut pod rot. Phytopathology 65 : 1375-1381.
12. ICRISAT, 1987, Pod rot disease. Interational Arachis Newsletter Indian Jnl. of Herticulture: 4 Legumes Pregram.
13. Mostsinger R. E., R. L. Cramford and S . S. Thompson, 1976, Nematode survey of peanuts and cotton in southwest Georia. Peanut Science 3(2) : 72-74.
14. Porter D. W., D. H. Smith and R. Rodriguez-Kabana, 1982, Peanut disease. Peanut Science and Technology p. 348-410. Pattee H. E. and C. T. Young, American Peanut Research and Education Society. Inc. Yoakum, Texas 77995, USA.
15. Porter D. M., H. S. Donald and R. Rodriguez-Kabana, 1984, Stem rot、Pythium Disease、Rhizoctonia Disease and Fusarium Disease. Compendium of Peanut Disease: p. 15-25.. Published by The American Phytopathological Society. USA.
16. Reddy D. O. R., 1984, A nematode disease of peanut caused by *Tylenchorhynchus brevilineatus*. Plant Disease 68 : 526-529.
17. Rodriguz-Kabana R., P. A. Backman and J. C. Williams, 1975, Determination of yield losses to *Sclerotium rolfsii* in peanut fields. Plant Dis. Reptr. 59 : 855-858.
18. Singh R. S. and J. E. Mitchell, 1961, A selective medium for isolation and measuring the population of Pythium in soil. Phytopathology 51 : 440-444.
19. Wills W. H. and L. D. Moore, 1973, Pathogenicity of *Rhizoctonia solani* and *Pythium myriotylum* from rotted pods to peanut seedling. Plant Dis. Reptr. 57 : 578-582.
20. Widstrom N. W., W. W. McMillian, D. M. Wilson D. L. Garwood and D. V. Glover. 1984, Growth characteristics of *Aspergillus flavus* on agar infused with maize kernel homogenates and aflatoxin contamination of whole kernel samples. Phytopathology 74 : 887-890.

The outbreaks of pod rot of peanut and its control[1]

Y. H. Cheng[2], A. H. Cheng[3], S. S . Chen[3] and C. C. Tu[4]

Summary

Peanut is one of main upland crops in Yun-lin, Chai-i and Tainan area. Recent years, the serious occurrence of peanut pot rot has been found to cause reduction in qualily of peanuts. Peanut pot rot was proved a disease complex caused by parasitic nematodes and some soil microorganisms. Complete control of the disease was obtained in the soil by steam sterilization. *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* (AG-4), *Sclerotium rolfsii* and *Pythium myriotylum* were more frenquently isolated and proved pathognic to peanut. However, *Meloidogyne arenaria* and *Tylenchorhynchus* sp. were also proved to be one of the factors causing peanut pod rot. Difference in susceptibity was observed among varieties tested. Variety Tainan No. 11 is more susceptible than variety Tainan sel. No. 9. Plant growing in the sandy loam soil (14-20% mositure) is more susceptible than that growing in the sand soil (4-10% mositure). Application of $CaCN_2$ or Nemacur G. before planting decreased the severity of the disease. Experiments with the treatment described above plus application of Ridomil-MZ W. P. at the time of pod pegging stage were conducted in the field. The results showed that treatment with Ridomil-MZ W. P. was effective for this disease in the sandy loam soil in which *Pythium* spp. is dominant and Benlate W. P. was effective in the sand soil. Yield was increased in all soil treatments. The results of the experiment conducted in the cement boxes plot indicated that the percentages of infected pod were 4.5 a nd 21.5%, for the soil treated and non-treated with methyl bromide, respectively. The yield of methyl bromide treatment increased 111% as compared with that of non-treatment.

Key words:Pod rot of peanut, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium solfsi*, *Pythium myriotylum*, *Meloidogyne arenaria*, *Tylenchorhynchus* sp., Control.

---

1. Contrbution No. 1476 from Taiwan Agricultural Reseach Instiute. This study was supported by a grand from the Council of Agriculture, Exectutive Yuan, ROC.

2. Formerly senior pathologist, Tainan DAIS, present the Director of Chiayi Agricultural Experiment Station; 3. Pathologist, Tainan DAIS; 4. Director, Taiwan Agricultural Reserch Institute.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）38(3)：365～373 (1989)

氰氮化鈣防治豌豆萎凋病之機制[1]

羅朝村[2]　林益昇[3]

摘要：溫室試驗結果顯示，施用氰氮化鈣（$CaCN_2$）可有效降低土壤中豌豆萎凋病菌的數目和抑制豌豆萎凋病的發生。取含有病原菌之新社土壤混合氰氮化鈣（0.5、1.0及5.0%，w/w）後，可提高土壤 pH 值與鈣離子濃度，並降低土壤中病原菌及微生物的數量；尤其對眞菌羣之數量影響最大，並隨著氰氮化鈣濃度的增加而降低。另試驗顯示僅以石灰提高土壤 pH 值及鈣離子濃度並無法控制豌豆萎凋病，但氰氮化鈣與尿素（氰氮化鈣分解時的中間產物）則皆可抑制病原菌之厚膜胞子發芽、菌絲生長及產胞量。由氰氮化鈣（0.5及1.0%處理者）之抑制曲線在不同的時間出現兩個抑制區，而尿素則僅有一個，及氰氮化鈣對萎凋病菌菌絲生長及產胞的影響遠較尿素爲甚，顯示氰氮化鈣之所以能有效抑制萎凋病的主要因子，或許是來自其中間產物，包括尿素及氰酸的殺菌作用。

對植物土壤傳播性病害防治而言，農業藥劑的使用效果不彰，且易有環境污染的顧忌[23]，所以已逐漸趨向利用土壤添加物或生物防治的方法[1,6,23]。氰氮化鈣爲人類首次自空氣中獲得的氮素肥料，亦屬有機物[5]，對甘藍根瘤病及菌核病有防治效果[8,10,11,14,24]。筆者等[1]亦在田間證實氰氮化鈣可有效抑制分別由 *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* 及 F. *solani* f. sp. *pisi* 所引起的豌豆萎凋病與根腐病。

氰氮化鈣可提高土壤 pH 值，雖然提高土壤 pH 值已被報告對若干病害有抑制效果[4,21]，但林及羅等氏之試驗却顯示 pH 值並非抑制豌豆萎凋病之主要因子，又氰氮化鈣在土壤中分解後，含有氫氧化鈣、碳酸鈣、氰酸及尿素等中間產物[2,5,7]；其中氰酸及尿素已被報告對植物病原菌具有毒害作用[14,19]。最近鈣離子亦被記載對胡瓜猝倒病（由 *Pythium splendens* 引起）[15]及十字花科根瘤病（由 *Plasmodiophora brassicae* 引起）[25]有抑制效果。本文爲期能了解氰氮化鈣之所以能防治豌豆萎凋病之作用機構，特就氰氮化鈣分解產生的揮發性氣體及鈣離子對病害之影響進行研究。

材料與方法

一、供試菌株來源

本試驗所用之豌豆萎凋病 *Fusarium oxysporum* Schl f. sp *pisi* Snyd. and Hans.）菌株，係由農試所土壤傳播性病害研究室自田間病株及土壤分離所得之菌株（Fop-73）[1,16]。

二、病土製作

將供試菌株培養於玉米砂培養基（河砂 100g，玉米粉 3g；蒸餾水 15ml）上，置於實驗室中（22-28°C），經三週後倒出置於 60×40×20cm 之塑膠盆中，試驗時以 Nash-PCNB 培養基[18]

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1477號。本試驗承農試所農化系故李子純研究員幫忙分析土壤及行政院農委會之經費（75農建—7.1—糧—89）補助，特致謝忱。
2.本所植病系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3.國立中興大學植病系教授。臺灣省　臺中市。

測定土壤中病菌菌源密度，以供作稀釋各種菌量密度用之病土來源。

三、病菌厚膜胞子的製作

將培養在 PDA 斜面（24°C，12小時照光）21天之 Fop-73 菌株，作成胞子懸浮液（10^3 spores/ml），每 45ml 各裝於 250ml 之三角瓶中，並倒入已高壓滅菌之 2％芹菜汁液（內含0.03M Na_2SO_4）5ml，培養 7～14天後，以均質機打碎菌絲，過濾即可得大量厚膜胞子[13]。

四、氰氮化鈣對土壤 pH 值及微生物相的影響

取新社土壤（土壤 pH4.2）加入萎凋病菌土，使其菌量密度達 6×10^4 propagules/g. soil，再加入 0.5、1.0及5.0%之氰氮化鈣（w/w），（Perlka, SKW Trostberg 的產品，含 N 18%, CaO 50%以上），另以不添加者爲對照。加水使達田間含水量，爾後隔日補充水分。每二週各採取土樣，陰乾、磨碎後與 0.01M $CaCl_2$ 溶液 2：1（w/v）混合，充分振盪，靜置一小時後，以 pH meter（philips pw 9420）測定 pH 值的變化[20]，並於第 0、5、15、30、60及100天分別以 PCNB 選擇性培養基[18]，Surfactant PDA[22]，PCNB-soil extract agar[9]，及 Alkaline water agar[12]，等培養基測定豌豆萎凋病、眞菌、細菌及放射菌之總量變化情形。

五、氰氮化鈣與碳酸鈣對土壤鈣離子含量及豌豆萎凋病之影響

取含有豌豆萎凋病菌（2×10^3propagules/g. soil）之新社土壤，拌入氰氮化鈣（0.5、1.0及5.0%，w/w）或碳酸鈣（0.2、0.5及1.0%，w/w）後，均勻混合，其中各處理之土壤並經農試所農化系分析各土壤成份（表一），每隔二週定期以 PCNB 選擇性培養基測定病原菌量變化。第十天後，種植臺中11號豌豆種子，八週起記錄萎凋病之發生情形[1,3]。

六、氰氮化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌厚膜胞子發芽的影響

將氰氮化鈣（0.5、1.0、2.0及5.0%，w/w）與尿素（0.05、0.1及0.2%，w/w，由 $CaCN_2$ 分解莫耳（mole）數比推算比例），均勻拌入新社土壤中（pH4.2）12cm，每大培養皿中（直徑12cm，高4.5cm）裝 200g，每皿加蒸餾水 30ml，置於室溫中，每天各處理各放入滴有厚膜胞子懸浮液[13]之水瓊脂（water agar）平板（培養皿直徑 4cm），並立即以膠布密封大培養皿口，三重複，10小時後取出以棉藍（cotton blue）固定，鏡檢計算厚膜胞子發芽率[4]，連續十五日，惟隔日放入 agar 平板之前須先將上述處理之大培養皿蓋打開放在無菌箱內，抽送 3～5 分鐘，以便了解各處理每日所產生之氣體對厚膜胞子發芽的影響。

七、氰氮化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌生長及產胞的影響

同上之處理惟在 PDA 平板（直徑 9cm）之中央移入帶有 0.4cm直徑之菌絲塊，再放入大培養皿中後，再以膠布封口，六天後量取菌絲生長直徑，並以 0.4cm 之打孔器於生長菌絲上、離中心 1cm 處，逢機打取10塊菌絲塊，放入 10ml 之無菌水中，以振盪器，充分振盪30秒後，取出胞子懸浮液，以血球計數器，計算分生胞子之量。

結　果

一、氰氮化鈣對土壤 pH 值的影響

由圖一之結果顯示，隨著氰氮化鈣含量的增加，土壤 pH 值亦相對的提高，尤其在處理後十五天前的變化最爲劇烈，爾後則趨於穩定。其中0.5%之氰氮化鈣在整個 pH 值變化中均未超過7.4以上，而 1％及 5％之氰氮化鈣濃度，則雖經過100天的處理時間，仍然維持在 pH7.0 以上。

二、添加氰氮化鈣與碳酸鈣對土壤鈣離子含量及豌豆萎凋病的影響

經由土壤理化性質分析顯示，施用氰氮化鈣及碳酸鈣之量愈多，土壤中的鈣離子亦相對的提高，其中雖然鈉鹽亦有相對增加之現象，但並不如鈣離子顯著（表一），經由相等量的處理，測定豌豆罹患萎凋病的差異性。其結果雖會隨著氰氮化鈣濃度的提高而降低病害，但碳酸鈣處理，並未隨著鈣離子濃度的增加而降低萎凋病（表二）。

三、氰氮化鈣及碳酸鈣對豌豆萎凋病菌存活的影響

經每二週定期測定一次，由氰氮化鈣及碳酸鈣處理後之萎凋病菌含量之存活數，顯示氰氮化鈣之各種濃度均可有效的降低萎凋病菌之存活數；並隨著濃度的提高而更趨顯著；至於碳酸鈣則與對照組之間並無差異。（表三）

四、氰氮化鈣對土壤微生物相的影響

經利用測定鐮刀菌、眞菌、細菌及放射菌之特殊培養基，分析土壤微生物量的變化，由表四發現不論何種百分濃度之氰氮化鈣均可減少眞菌數量（包括病原菌在內），而其降低量更隨著氰氮化鈣濃度成正比。如1％及5％含量之氰氮化鈣，在處理後第五天，即幾已無法測得病原菌及眞菌數量的存在。至於細菌與放射菌則均可被5％濃度之氰氮化鈣所抑制，而0.5及 1％之氰氮化鈣則在30天左右，反而有促進放射菌、細菌數增加的現象，直至 100天，才又降至與對照組相近之量。

五、氰氮化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌厚膜胞子發芽之影響

經結果顯示，氰氮化鈣在含量達

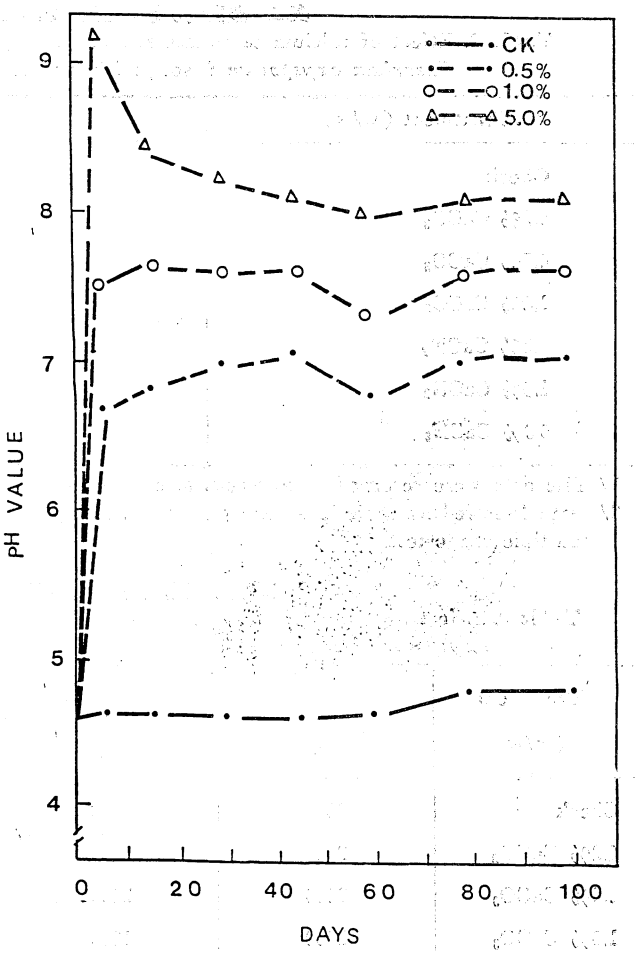


Fig. 1: pH value of Hsin-shih soil treated with calcium cyanamide

圖一、新社土壤處理氰氮化鈣後土壤酸鹼度的變化

表一、新社土壤處理碳酸鈣及氰氮化鈣後之物理化學性狀

Table 1. Physiochemical properties of Hsin-shih soil treated with calcium carbonate and calcium cyanamide

Treatment (w/w)	Soil Texture	Soil pH	O. M. (%)	exchangeable cations (ppm)			
				Ca^{++}	Mg^{++}	K^{+}	Na^{+}
Check	Loam	4.8	3.24	900	162	197	0
0.2% $CaCO_3$	Loam	5.8	3.28	1300	138	212	10
0.5% $CaCO_3$	Loam	7.0	3.56	1850	128	261	20
1.0% $CaCO_3$	Loam	7.6	3.24	2500	66	217	24
0.5% $CaCN_2$	Loam	6.8	3 37	2300	162	212	12
1.0% $CaCN_2$	Loam	7.7	3.23	3100	122	197	31
5.0% $CaCN_2$	Loam	7.9	3.26	9750	82	176	55

表二、碳酸鈣及氰氮化鈣對豌豆萎凋病之影響

Table 2. Effect of calcium carbonate and calcium cyanamide on disease incidence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* in pot test

Treatment (w/w)	Disease incidence(%)[1]
Check	75 a[2]
0.2% $CaCO_3$	75 a
0.5% $CaCO_3$	75 a
1.0% $CaCO_3$	72 a
0.5% $CaCN_2$	47 b
1.0% $CaCN_2$	44 b
5.0% $CaCN_2$	2 c

1/ The data were recorded at 10 weeks after planting.

2/ Data followed by same letter are not significantly different (p=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表三、碳酸鈣及氰氮化鈣對豌豆萎凋病菌存活的影響

Table 3. Effect of calcium carbonate and calcium cyanamide on the survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*

Treatment (w/w)	Propagules/g. soil / weeks after treatment			
	0	4	8	14
Check	2000	3200	2100	1600 a[1]
0.2% $CaCO_3$	2000	2900	1300	1300 ab
0.5% $CaCO_3$	2000	2400	1300	1300 ab
1.0% $CaCO_3$	2000	1300	1000	1000 b
0.5% $CaCN_2$	2000	1000	200	500 c
1.0% $CaCN_2$	2000	0	0	0 d
5.0% $CaCN_2$	2000	0	0	0 d

1/ Data followed by the same letter in each column are not different significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple test.

表四、新社土壤處理氰氮化鈣後對土壤微生物族羣變化的影響

Table 4. Effect of calcium cyanamide on populations of soil microflora

Days after treatment	0% $CaCN_2$				0.5% $CaCN_2$			
	F	B	A	FOP	F	B	A	FOP
0	20	10	20	600	20	10	20	600
5	19	7	20	160	11	40	33	10
15	24	95	70	180	24	130	160	8
30	48	135	50	80	4	205	80	16
60	37	160	60	20	12	280	60	8
100	32	86	2	48	8	50	15	10

(Cont.)

Days after treatment	1% $CaCN_2$				5% $CaCN_2$			
	F	B	A	FOP	F	B	A	FOP
0	18	10	20	600	18	10	20	600
5	7	70	20	6	6	3	3	0
15	2	120	40	6	1.5	0.3	0.5	0
30	2.2	960	100	1	0.6	10	0.2	0
60	2.2	860	120	0.4	0.3	9	0.2	0
100	1.8	77	18	0	1.8	16	0.1	0

F: Fungi (10^4x/g. soil); B: Bacteria (10^6x/ g. soil); A: Actinomycetes (10^5x/g. soil); FOP= *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (10^2x/g. soil)

2%以上即可完全抑制病菌之厚膜胞子發芽（圖二，B），至於在1%以上之含量則出現二個抑制區，一者在7～9天處，另一者在13天左右顯現抑制厚膜胞子發芽的最低點。在尿素方面（圖二，A），若與對照組比較，則須在6天以後才可顯現抑制萎凋病菌之發芽，並隨著濃度的提高而產生更爲顯著的效果。

六、氰氮化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌生長及產胞的影響

經測定豌豆萎凋病菌生長及產胞結果，發現添加氰氮化鈣及尿素之土壤均可顯著的抑制病原菌的生長，尤其2%以上之氰氮化鈣幾乎可完全抑制萎凋病菌的生長。至於產胞量，則顯示氰氮化鈣之各種濃度均可顯著的降低產胞數量，而尿素則除 0.2%之含量有抑制產胞外，其他濃度則與對照組間無

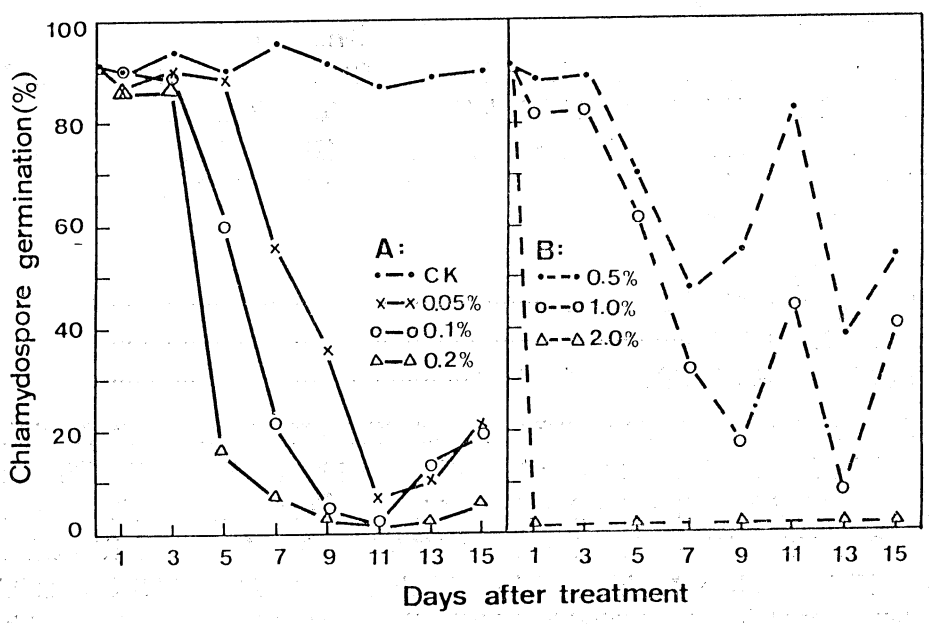


Fig. 2: Influence of volatile gas from calcium cyanamide and urea on germination of chlamydospore of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. (treated with A: urea. B: calcium cyanamide)

圖二、氰氮化鈣及尿素所產生的揮發性氣體對豌豆萎凋病菌厚膜胞子發芽的影響

差異。（表五）

表五、新社土壤處理氰氮化鈣或尿素後所產生之揮發物對豌豆萎凋病菌之菌絲生長及產胞量之影響

Table 5. Effect of volatile gas from the soil treated with calcium cyanamide and urea on mycelial growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*

Treatment (w/w)	mycelial growth[1] (mm)	No. of spores/ml[2] (10^6x)
Check	57 a[3]	32 a
0.5% Urea	50 a	31 a
0.1% Urea	50 a	31 a
0.2% Urea	47 b	9 d
0.5% $CaCN_2$	48 b	27 b
1.0% $CaCN_2$	48 b	18 c
2.0% $CaCN_2$	0 c	0 e
5.0% $CaCN_2$	0 c	0 e

1/ Colony diameters were measured 6 days after the fungus grown on PDA plate. The plates were placed in the containers which were filled with a mixture of soil and $CaCN_2$ or Urea.

2/ The number of spores were mixed by 10 agar discs (0.5mm dia.) on one plate that was washed with 10ml sterile water.

3/ Data followed by same letters are not significantly different at p=0.05 according to Duncan's multiple range test.

討　論

豌豆萎凋病（*Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*）是本省重要的土壤傳播性病害之一[26]，利用氰氮化鈣等土壤添加物亦可有效的抑制萎凋病的發生[1]。自二十世紀初，氰氮化鈣問世以後，已有多位學者證實其有防治植物病害的效果[8,10,11,14,17,24]。文獻記載[2,5,7]氰氮化鈣之分解過程，可因土壤酸鹼度的不同而異：即在弱鹼之土壤中，大部分可轉變成雙氰胺（$C_2N_2H_4$）和碳酸鈣[5,7]；而在酸性土壤中則水解成氰酸（H_2CN_2）再轉化成尿素（$CO(NH_2)_2$），碳酸銨（$(NH_4)_2CO_3$）及硝酸根（NO^{3-}）等其分解過程如下：

$$CaCN_2 \xrightarrow{H_2O} Ca(OH)_2 + H_2CN_2 \cdots\cdots (1)$$

$$Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 \cdots\cdots (2)$$

$$H_2CN_2 \longrightarrow CO(NH_2)_2 \rightarrow NH_4^+ \rightarrow NO_3^- \cdots\cdots (3)$$

本試驗所使用之新社土壤，pH爲4.2，故其分解過程或屬後者。新社土壤經添加氰氮化鈣之後，或許在分解產物中有氫氧化鈣及碳酸鈣之產生，經測定確實可提高土壤 pH 值及交換性鈣離子含量，且隨著使用濃度的提高而遞增（表一、圖一）。雖然提高土壤pH值被認爲是減少多種鐮刀菌（Fusarium）病害的重要因子之一[4,21]。但是汪氏[3]調查田間豌豆萎凋病時，發現其可分佈於不同酸鹼度的土壤中，如新社土壤 pH4.2、和美土壤 pH6.1、及溪湖土壤 pH7.2 等；林及羅等氏亦有報告土壤pH值在7.4以下，並不影響豌豆萎凋病之發生。而本試驗結果（表二、圖一）亦發現施用0.5%之氰氮化鈣能够降低豌豆萎凋病，但其 pH 值並未超過7.4；又碳酸鈣雖可提高 pH 值，但豌豆萎凋病並不因此而降低（表一、二），因此土壤 pH 值或許不是抑制豌豆萎凋病的主要因子。

土壤中碳離子含量，亦被認爲與若干病害發生有關[15,25]，但是新社土壤之鈣離子含量雖可因添

加碳酸鈣或氰氮化鈣而提高（表一），但添加碳酸鈣之處理却沒有抑病的效果（表二），也不會抑制病菌之存活（表三），可見土壤中鈣離子含量並非降低病害的主要因子。

關於氰氮化鈣影響微生物活動方面，Haenseler [11]，曾報告氰氮化鈣會減少土壤中的微生物量，尤其對眞菌之影響最爲明顯，而細菌和放射菌在處理後30天左右可快速增加而後下降至原有之量。本試驗亦有類似之結果，經 0.5及１％氰氮化鈣處理後之土壤亦在30天左右可增加細菌及放射菌量，爾後再下降。但施用５％氰氮化鈣則在 100天內，細菌和放射菌量仍較對照組之量爲低（表四），此差異可能與氰氮化鈣之施用量有關。爲進一步了解氰氮化鈣抑制萎凋病的主因，經由測定比較尿素與 $CaCN_2$產生之揮發性氣體對萎凋病菌厚膜胞子發芽率、菌絲生長及產胞的影響。結果顯示尿素所產生之揮發生氣體，雖對病原菌厚膜胞子發芽（圖二，A）菌絲生長及產胞量均有抑制作用（表五）。但由（圖二，B）顯示施用0.5及１％（w/w）之氰氮化鈣對厚膜胞子發芽率之抑制曲線上，分別在９及13天有兩個不同的抑制期來看，氰氮化鈣分解時，應有二種中間產物對厚膜胞子發芽有抑制作用，即可能包括氰酸及尿素的抑制作用。理論上 [5,7] 第一個抑制區（９天）應爲氰酸之作用，而第二個抑制區（13天）才是尿素與氨氣的結果。因此氰氮化鈣之所以可抑制豌豆萎凋病，或許是來自於氰酸及尿素的綜合作用，而非土壤 pH 值或鈣離子含量的提升。

參考文獻

1. 林益昇、羅朝村・1987・土壤添加物防治豌豆萎凋病及根腐病之研究・中華農業研究36（4）：435—444。
2. 林國謙・1948・氰氮化鈣之肥料學研究（第一報）農報第二卷，第五、六期：１～８。
3. 汪碧涵・1934・臺灣豌豆萎凋病病因學與生態學之研究・東海大學生物研究所，碩士論文。72p。
4. 黃振文、孫守恭・1982・氮肥對西瓜蔓割病之影響・植保會刊24：101—110。
5. 湯元吉・1951・化學肥料之製造與應用，臺灣肥料有限公司叢刊第七號：56—75。
6. Cook, R. J. 1985. Biological control of plant pathogen: Theory to application. Phytopathology 75 : 25-39.
7. Cornforth, I. S. 1971. Calcium cyanamide in agriculture. Soils and Fertilizer 34(5) : 463-470.
8. Darby, J. F. 1961. Soil and folian treatments for the control of Sclerotiniose of lettuce. Pl. Dis. Reptr. 45 : 552-556.
9. Farley, J. D., and Lockwood, J. L. 1968. The suppression of actiomycetes by PCNB in culture media used for enumerating soil bacteria. Phytopathology 58 : 714-715.
10. Gabrielson, R. L., Anderson, W. C. and Nyvall, F. R. 1973. Control of *Sclerotinia sclerotiorum* in cabbage seed fields with aerial applications of benomyl and ground application of cyanamide. Pl. Dis. Reptr. 57 : 164-166.
11. Haenseler, C. M., and Moyer, T. R. 1973. Effect of calicum cyanamide on the soil microflora with special reference to certain plant parasites. Soil Sci. 43 : 133-149.
12. Ho, W. C., and Ko, W. H. 1980. A simple medium for selective isolation and enumeration of soil actinomycetes. Ann. Phytopath. Soc. Japan 46 : 634-638.
13. Huang, J. W., Sun, S. K. and Ko, W. H . 1983. A medium for chlamydospore formation in Fusarium. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 49 : 704-708.
14. Jones, D., and Gray, E. G. 1973. Factors affecting germination of sclerotia of *Sclerotinia selerotiorum* from peas. Trans. Br. Mycol. Soc. 60 : 495-500.
15. Kao, C. W., and Ko, W. H. 1986. Supperssion of *Pythium splendens* in Hawaiian soil by calicum and microorganism. Phytopathology 76 : 215-220.
16. Lin, Y. S., Sun, W. and Wong, P. H. 1984. Fusarium root rot and wilt of garden peas in Taiwan. J. Agric. Res. China (Taiwan, R. O. C) 33 : 395-405.
17. Mattuch, P. 1978. A contribution to diminution of the damage caused by *Plasmodiophora brassicae*

by application of a calcium cyandmida fertilizer. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 30(10) : 150-152.

18. Nash, S. M., and Snyder, W. C. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot Fusarium in field soil. Phytopathology 52 : 567-572.
19. Smiley, R. W., Cook, R. J. and Pappendick, R. I. 1970. Anhydrous ammonia as a soil fungicide against Fusarium and fungicidal activity in the ammonia retention zone. Phytopathology 60 : 1227-1232.
20. Smiley. R. W., and Cook, R. J. 1972. Use and abuse of the soil pH measurement. Phytopathology 62 : 193-194.
21. Smiley, R. W. 1975. Forms of nitrogen and the pH in the root zone and their importance to root infections. In G. W. Burehl (ed) Biology and Control of Soil-Borne Plant Pathogen. pp. 55-62. Minnesota.
22. Steiner, G. W., and Watson, R. D. 1965. Use of surfactants in the soil dilution and plate count method. Phytopathology 55 : 728-730.
23. Sun, S. K., and Huang, J. W. 1985. Formulated soil amendment for controlling Fusarium wilt and other soil-borne disease. Plant Dis. 69 : 917-920.
24. Walker, J. C. 1935. Calcium cyanamide in relation to control of clubroot of cabbage. J. Agric. Research 51 : 183-189.
25. Wang, J. F., and Hsieh, W. H. 1986. Studies on the suppressive factors and characteristics of suppressive soil of clubroot in crucifers. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R. O. C.) 28 : 363-370.
6. Zaumeyer, W. J. 1962. Pea disease. Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 228. 30p.

Mechanisms of Calcium Cyanamide on Controlling Fusarium Wilt of Garden Peas[1]

Chaur-Tsuen, Lo[2] and Yi-Sheng, Lin[3]

Summary

Abstract: Fusarium wilt of peas and its causal organism, *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*, could be effectively suppressed by amending the soil with calcium cyanamide ($CaCN_2$) in greenhouse. When the cultivated soil was amended with $CaCN_2$ at 0.5, 1.0, or 5.0% (w/w), its soil pH value and calcium ion were enhanced but the total numbers of the soil microbes, especially the fungi, were decreased. The more $CaCN_2$ added to the soil, the less disease was obtained. However, the experiments showed that the high soil pH value and calcium ion in the soil, adjusted by calcium carbonate, had no significant effect on the disease control. Both $CaCN_2$ and urea inhibited the chlamydospore germination, mycelial growth and sporulation of the pathogen, but $CaCN_2$ by using at the rates of 0.5 and 1.0% (w/w), had two inhibition zones for chlamydospore germination with time while urea had only one. Calcium cyanamide was also more effective on reducing mycelial growth and sporulation of the pathogen than urea did. Therefore, the suppression of pea wilt might be due to fungicidal effect of the intermediate products including hydrogen cyanamide and urea from calcium cyanamide.

1. Contribution No. 1477 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by the Council of Agriculture, Executive Yuan, R. O. C.

2. Assistant Plant Pathologist, Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng 41301, Taichung, Taiwan, R. O. C.

3. Professor, Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）38(3)：374～384（1989）

雜糧收穫機械使用成本研究[1]

陳加忠　賴建洲[2]

摘要　本研究之目的在於評估本省雜糧收穫機械作業之各項作業成本。成本估算因其成本因子隨經濟條件和社會環境之不同而爲一動態過程。此研究中所估算之作業成本並非絕對不變之計算值。研究結果顯示國產玉米和大豆收穫機其作業成本（包括損失成本）均低於人工收穫成本。高作業能力是大型聯合收穫機械作業成本低廉的主因。由於雜糧以保證價格收購數量的限制和穀物出售價格未因品質有所不同，大型聯合收穫機之代收收費成本競爭能力大於國產玉米，大豆收穫機。落花生收穫機則因作業能力偏低而使作業成本偏高。

爲推行水田轉作計畫，雜糧作物爲轉作輔導之重點，然而由於生產作業機械化程度不足，導至農民雜糧轉作之意圖不高，近年來，國外大型聯合收穫機逐漸引進臺灣，也漸爲代耕中心所接受使用。而國內雜糧收穫機械經多年之研究，也已進入改良與示範推廣階段。然而由於各項作業成本相關因子資料不足，本省收穫機械開發中作業成本估計一向缺乏精確之研究，形成了收穫機械實用化之另一問題。

在此研究中，分析收穫機械於主要雜糧作物收穫作業之使用成本，探討作業能力，年作業面積，機械售價，政府補助價格，和作物於市場之單價……等因子對於作業成本之影響。由於成本估計爲一種動態過程，許多成本條件隨經濟條件和社會環境所改變，因此此文之目的不在於探求絕對不變的機械收穫作業成本，而是在於推導研究合理之成本估算方式，以做爲推行雜糧生產機械化參考之用。

理論探討

完整之工程設計必須考慮2E因素，一爲效率（Efficiency），另一爲經濟成本（Economy）兩者互爲影響，在進行成本分析前，假設條件爲該收穫機械已合乎實用性之要求而進入商品機之階段（註11），換言之，此機已由初型機在不同的作業環境測試和經過長時間之耐久試驗，發現缺失而完成改良工作，最後進入商用機型的生產。

（一）作業成本之研究

農機作業成本之計算主要包括折舊和利息之固定成本，修理維護，油料和工資等變動成本，其每年作業成本計算方式分述如下（註4）：

1.折舊費（D）

$$D=\frac{P\bullet(1-\alpha)}{N} \quad \cdots\cdots (1)$$

P：購買價格（元）

N：使用年限

α 值爲機器報廢之殘留價格與購入價之格比值，通常爲10%，此數值對臺灣農機成本估算亦適

1.臺灣省農業試驗所　研究執告第1478號。

2.本所農機系副研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

用（註2）。由於臺灣農產品生產體系中「代耕」制度推行普遍（註1），農機於短期內即折舊更新，因此直線折舊法可視爲合理之方式，也因此不考慮通貨膨脹係數對折舊之影響。

2.利息（I）

$$I=P\bullet i\bullet\frac{(1+\alpha)}{2}$$

i爲年利率，目前農機貸款利息爲4.5%，P、α 同公式（1）

3.修理維護（R）

農機之修理維護費用通常有三種表示方式（註18）：（1）每使用小時之固定修用費用（元／小時），（2）每使用面積之固定修理費用（元／公頃），（3）每使用小時中，購買費用之固定比值。其中以第三種方法最爲多人採用。主要之原因在於修理費用受到各種因素之影響（註4），以固定之使用小時或面積修理費用並不能說明因農機大小，價格不同……等因素對修理成本之影響：

考慮使用期限中總修理費用與購買費用之每率值爲 CR（Coefficiency of Repair），年修理費用可表示爲：

$$R=P\bullet CR/N\cdots\cdots(3)$$

CR 值需要長久之累進調查資料才能歸納，本省之調查研究中，顯示農機第一年之修理費用爲其購買價格的10%（註2）。在日人之研究（註20）聯合收穫機之CR值爲50%，美國農機成本研究資料中（註15、16、17），玉米採穗機之CR值爲70%，自走式聯合收穫機CR值爲50%，收穫作業涉及土壤之甜菜收穫機，馬鈴薯收穫機各爲70%。

4.油料費

農機耗油量的影響因子十分複雜（註3、4），由於雜糧收穫機械均使用柴油引擎。在燃料用量之估算中，其標準消耗率爲200g/hp•hr，配合85%最大馬力，柴油售價10元／公升之條件，可換算油料需求常數值爲1.862元／hp•hr，因此年油料費用可表達爲：

$$F_1=K_1\bullet Hp\bullet H\cdots\cdots(4)$$

Hp：農機馬力

H：年使用小時

農機使用之油料費用除了燃料費用之外，更應包括潤滑油費，通常以燃料費用之簡單比值表示。日人之研究中（註20）此比值爲0.3，馮氏（註9）之建議爲15%，而美國ASAE之標準均高於0.3。依本省農業能源之研究中（註3），臺灣農機用油有偏高之趨向。綜合上述結果，在此研究以$K=1.3K_1$ 之比值爲油料費用之估計值，因此年使用總油料費爲：

$$F=1.3\bullet K_1\bullet Hp\bullet H$$
$$=2.421\bullet Hp\bullet H\cdots\cdots(5)$$

5.勞力費（L）

此爲操作農機者所需之工資，年作業之工資如下：

$$L=Lc\bullet H\bullet PM\cdots\cdots(6)$$

Lc：工資（元／小時）

PM：操作機械人數，雜糧收穫作業通常爲兩人。

農機的年作業成本（C）爲上述五項成本之總和，因此

$$C=\frac{P(1-\alpha)}{N}+\frac{P}{2}i(1+\alpha)+\frac{P\bullet CR}{N}+2.421\bullet HP\bullet H+2Lc\bullet H\cdots\cdots(7)$$

由於臺灣的農機作業以代耕爲主，代耕之收費標準以每公頃爲單位，因此C值必須轉換爲公公頃作業成本Ca值，Ca值之轉換已有研究（註4）

$$Ca=\frac{P}{Fc}\cdot\frac{(1-\alpha+Cr)}{TH}+\frac{i}{2}(1+\alpha)\frac{P}{A}+2.421\frac{HP}{Fc}+\frac{2Lc}{Fc}\cdots\cdots(8)$$

上式之 Fc爲作業能力（ha/hr），TH（Total Hours）爲總使用小時，日人對於水稻聯合收穫機之總使用小時評估爲 1500hr （註20），美國ASAE之標準中，自走式聯合收穫機和玉米採穗機之 TH值均爲2000hr（註15、16、17）。

（二）年作業面積之計算

在Ca值之估算式（公式 8）中，年作業面積（A）影響了利息成本，而A值之估算可由下式：

$$A=H\cdot E_2\cdot Fc\cdots\cdots(9)$$

E_2爲日作業率，此值爲一日作業時間中，農機於田間實際作業比率，主要受到農路狀況，耕地分散情況，車庫與田區間距離……等外在條件所影響，因此農機於一日作業中除了田間作業之外，需要耗費部份時間作爲田區外運輸，故障排除與維護整備，上下田區和橫跨田埂等作業，這些額外的時間消耗減少了E_2值。

在雜糧收穫機械之推廣開發中，由於機械化並不普及，代耕者可以以可利用之作業時間擴大年作業面積，減少利息成本。在農機具充份利用之前題下，年作業面積的決定因子 H值，主要受地區性作物特性，栽培方式和氣候因素所影響。

臺灣地區各地每月可工作時數已由馮氏（註 9）依十年之氣象報告資料求得。此項年工作小時可以以Hw表示。因此雜糧收穫機每年最大作業面積（Aw）估算如下：

$$Aw=Hw\cdot e_2\cdot Fc\cdots\cdots(10)$$

代入公式（10）至公式（8）時，由於 α, Cr, i, Hp, TH, 與Lc 在農機利用時爲固定值，因此可知影響雜糧收穫機作業成本之主要因子爲售價（P）和作業能力（Fc）。

（三）農機補助售價對成本之影響

農機購買時因接受售價補助影響了機器之初值，亦即影響了折舊和利息兩項成本。接受補助之農機其初值爲βp時（β值通常爲0.67），則其Ca值可估算如下：

$$Ca=\frac{P}{Fc}\cdot\frac{(\beta-\alpha+Cr)}{TH}+\frac{i}{2}(\beta+\alpha)\frac{P}{A}+\frac{(2.421HP+2Lc)}{Fc}\cdots\cdots(11)$$

（四）農民因機械化收穫之眞實成本

比較機械成本和人工作業成本時，通常使用下式：

$$N=Hc-Ca-Lm\cdot Pr\cdots\cdots(12)$$

N：使用機械作業之單位面積淨收益（元/ha）

Hc：人工成本（元/ha）

Ca：機械成本（元/ha）

L：機械收穫損失量（Kg/ha）

Pr：農產品價格（元/Kg）

N值大於或等於零時，爲機收穫作業被接受之標準，在臺灣代耕制度推行下（註 1），農民接受機械收穫方式進行收穫作業其付出之代耕費用除了機械成本（Ca）之外，更包括了代耕者的利潤，而其負擔之成本更應包括因機械收穫引起之損失。因此農民之機械收穫眞實成本（Ct）估算如下：

$$Ct=Ca+Cp+(Lm-Ln)\cdot Q\cdot Pr\cdots\cdots(13)$$

Cp：代耕者之要求利潤，（Ca+Cp）值爲代耕收費，目前雜糧代收約7,000元/ha，水稻約5,000元/ha。

Lm：機械收穫之損失率（%）

Ln：人工收穫之損失率（%）

Q：每公頃產量（Kg/ha）

Pr：農產品單價（元/Kg）

以Ct值和人工收穫成本（Hc）比較，才能眞實評估機械成本是否低於人工成本。

此外，由於Cp之價格因代收者決定，在比較不同收穫機械爲農民接受的程度時，應以Cp值爲零爲比較標準，此標準稱爲Cs（Cost for Selection）。

$$Cs=Ca+(Lm-Ln)\bullet Q\bullet Pr \quad \cdots\cdots (14)$$

Cs愈小之收穫機械，愈容易爲農民選擇使用。

若穀物之市價因等級而不同，則因機械收穫損傷使品質降低，售價減少而造成農民負擔此損傷穀粒損失，此種損傷率引起的損失成本（Cj）估算如下：

$$Cj=J\bullet Q\bullet Pd \quad \cdots\cdots (15)$$

J：機械收穫引起之損傷率（%）

Q：產量（Kg/ha）

Pd：穀物售價因品質劣化之損失（元/Kg）

在考慮穀物之品質問題時，使用農機而因損傷率引起之成本增加必須列入比較項目之內，此種比較成本稱Ct。

$$Ct=Cs+Cj \quad \cdots\cdots (16)$$

（五）作業成本與作業效率

田間作業成本（Fc）與作業效率（E_1）有如下關係：

$$Fc=0.36\bullet E_1\bullet W\bullet V \quad \cdots\cdots (17)$$

W：作業寬度（m）

V：作業速度（m/sec）

在作業寬度和作業速度一定之時，作業效率(註15、16、17)決定作業成本之主要條件，依ASAE標準，玉米採穗機和自走式聯合收穫機之E_1值爲65%，臺灣水稻聯合收穫機之作業效率範圍在於60～70%（註5）。

（六）作業工時之比較

作業工時在傳統上往往被採用爲機械和人工作業之比較基準（註12、13、14）機械之作業工時可由操作機械人數（PM）與作業能力（FC）之比值求得（PM/FC）。

成本分析

（一）玉米收穫機

履帶式南改型玉米收穫機有採穗和去苞葉兩項功能（註6），其作業速度爲 0.417m/sec，作業寬度爲 1.5m，實際作業能力 0.17ha/hr，由公式（17）可估算其作業效率約 75%，作業工時爲12工時／公頃。玉米收穫機之有關成本資料如下（註13）：

P=650,...元，CR=50%, Hp=24Hp, TH=2000hr,

Fc=0.17ha/hr, Lc=100元/hr

代入公式（8）

$$Ca=4195+\frac{16087.5}{A} \quad \cdots\cdots (18)$$

假設代耕者要求利潤爲3,000元～4,000元，此機之損失率爲 4.3 %，人工收穫損失率爲 0 %，玉米每公頃產量爲5,850Kg（註7），因此田間損失量爲250Kg/ha有關資料代入公式（14）

$$Cs=4195.0+\frac{16087.6}{A}+250\bullet Pr \quad \cdots\cdots (19)$$

玉米人工收穫採穗作業所需工時約160人一時（註7、8），去苞約16人一時，因此南改式玉米收穫機可取代之人工約176人一時，以78年中南部婦女工資400元/day可得其取代人工工資約8,800元/ha。若因社會經濟等條件，工資調整爲500元/ha，則取代之人工工資爲11,000元/day。

使用履帶式玉米收穫機農民付出之作業成本和農機年作業面積之關係如圖1，臺灣雜糧收購制度中，玉米每公頃收購數量爲5,000kg，購買價格爲15元/kg，其餘餘糧收購以市價爲主（此研究以8元/kg爲基準），圖1中，Pr各爲15或8元/kg。由圖1可知，在年作業面積超過40ha時，成本趨向穩定，而40ha之工作面積相當於235工作小時或29.5工作天，此在臺灣玉米生產體系下不難達成。以人工工資400元/day，Pr_1=8元/kg的條件下，代收耕者年作業面積超過30ha，此收穫機械之作業成本低於人工成本。

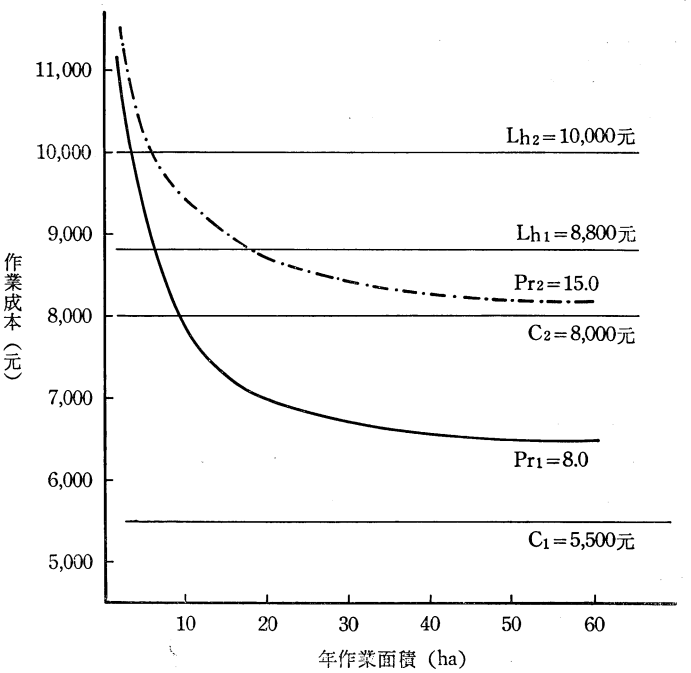


圖1 玉米收穫機之作業成本（包括損失成本）

國外引進之大型聯合收穫機其性能資料如下：（註13）

Fc=1.0ha/hr，耗油率14.8公升/ha，收穫損失率中CLASS 68 機型爲6.1%，夾雜物率爲 8.3%，穀物損傷率爲19.4%。依 ASAE標準估算其 TH 值爲 2000hr, CR=50%。其機械售價如下：CLASS機型2,200,000元，玉米收穫頭680,000元。其作業成本計算如下：

（1）本機

$$Ca_1=\frac{2200000(1-0.1+0.5)}{1.0\bullet 2000}+2475\times10^{-2}\bullet\frac{2200000}{A}+14.8\times10+\frac{200}{1.0}$$

$$=1888+\frac{54450}{A}\quad\cdots\cdots(20)$$

（2）玉米採穗器（Corn header），此成本不考慮油料與工資

$$Ca_2=476+\frac{16380}{A}\quad\cdots\cdots(21)$$

$$Ca=2364+\frac{70830}{A} \quad \cdots\cdots (22)$$

年工作小時估算爲250小時時，Ca值爲2,647元/ha。

目前利用大型聯合收穫機進行代收，其收費爲每公頃7,000元，即代收者每公頃約有4,300元之利潤。由於大型聯合收穫機能完成摘穗，去苞葉脫粒等作業，相當於200人一工時，即人工工資10,000元/ha。此型收穫機損失率6.1%之條件，農民因損失而負擔之成本爲2,855元（356kg/ha×8元/kg），加上代收費用（7,000元/ha），共爲9,855元/ha，仍少於人工成本，因而此大型聯合收穫機能爲農民接受。假如雜糧收購價格15元/kg不受產量5,000kg/ha限制，農民因大型聯合收穫機損失率負擔成本增加至5,340元/ha（356kg×15元/kg），此時總負擔成本爲12,340元/ha（7,000元+5,340元），遠大於人工成本。因此可知雜糧收購數量之限制，收購價格之不同，爲大型收穫機受到採用之原因。

另一原因使農民接受大型聯合收穫機代收之原因是在於玉米收購價格未因品質不不同。大型聯合收穫機收穫之玉米粒其損傷率約19.4%，夾雜物率8.4%，依美國玉米之分級標準（註10），此成份之玉米未能列入1至5等級內。若損傷玉米每公斤價格減少5元，則利用大型收穫機增加之品質損失成本Cj值爲5,675元/ha（5,850kg/ha×19.4%×5元/kg），此時大型聯合收穫機之競爭能力將大幅度降低。但是收穫後之玉米粒若其於短時間內加工成飼料產品，則損傷率對品質之影響即不重要。

綜合上述討論，國產玉米收穫機和國外進口之大型聯合收穫機其有關作業成本比較如下：（產量5,850kg/ha）

1.取代之人力成本（工資400元/day）

國產機：8,800元/ha（採穗和去苞）

國外收穫機：10,000元/ha（採穗、去苞、脫粒）

2.機械作業成本（Ca）

國產機：4,600元/ha（年作業40ha）

國外收穫機：2,650元/ha（年作業面積250ha）

3.損失率增加成本（Cs）

（1）Pr=8.0元/kg

國產機：6,600元/ha（Lm=4.3%or 250kg/ha）

國外收穫機：5,500元/ha（Lm=6.1%；356kg/ha）

（2）Pr=15.0元/kg

國產機：8,350元/ha

國外收穫機：7,990元/ha

4.損失率增加成本（Cj）（Pr=8.0元/kg，假設因損傷而售價降低5元kg）

國產機：6,630元/ha（Cj=0.1%×5,850kg/ha×5元/kg）

國外收穫機：11,175元/ha（Cj=1904%×5850×5）

在不考慮代收者利潤時，可由兩種機器作業成本與取代之人工成本之差額加以比較兩種機型代收作業之競爭性。以Ca值而言，國外聯合收穫機因作業能力高而機械作業成本低。在考慮損失率之影響時，雖然大型聯合收穫機損失率大（6.1%>4.3%），但是由於穀物售價低（8元/kg），因此加上損失成本後之比較成本（Cs）值差距不大，但是若損傷因素引起售價降低列入考慮，國外收穫機的成本大幅度增加且高於其取代之人工成本。由此可知國外大型聯合收穫機爲農民採用進行代收工作之原因爲國產作業機作業成本較低，雜糧收購價格之數量有限制，與穀物售價未因等級而不同。

（二）大豆收穫機

國產履帶式大豆收穫機其作業速度爲0.5m/s，作業寬度1.5m，作業能力0.167～0.2ha/hr（註

14），由公式（17）可估計其作業效率爲62～74%，此效率和水稻聯合收穫機類似（註5），其原因可以以其有相同之履帶行走性說明。0.167ha/hr約需12工時／公頃之作業工時。

此機型之作業成本有關資料如下：（註14）

售價：700,000元，CR＝70%，耗油率19.9公升/ha

TH＝1750hr，Lc＝54元/ha

其作業成本可估算如下：CR＝70%

$$Ca=\frac{700,000(1.6)}{0.2\times1750}+2.475\times10^{-2}\cdot\frac{700,000}{A}+199\text{元/ha}+\frac{94\times2}{0.2}$$

$$=4339+\frac{17325}{A}\quad\cdots\cdots(23)$$

CR＝50%時

$$Ca=3939+\frac{17325}{A}\quad\cdots\cdots(24)$$

大豆每公頃產量約2,500kg（註7、8），此機總損失率3.3%，大豆之售價爲25元/kg，因此農民接受此型機械收穫負擔之損失成本接2,000元/ha，在人工收穫方面，收穫工時約100人工一時，工資約5,000元/ha，但是加上收穫後之脫莢作業，人工工資大約爲9,000元/ha～10,000元/ha（註7、8、14），使用機械代收費用（不包含代收者利潤）和人工成本之比較如圖2所示。在年作業面積50ha後，成本趨向穩定，而50公頃之年工作小時爲250hr，高屏地區每月可耕時日極高（註9），因此250hr之年工作小時容易達成。在作業面積50ha條件下，圖2 Ca值約爲6,300元/ha左右。圖2中CR值爲50%與70%之作業成本曲線爲機械成本（Ca）與損失負擔成本兩者之和（Cs值，公式（14）），不考慮代耕利潤時，國產大豆收穫機之使用成本低於人工成本。

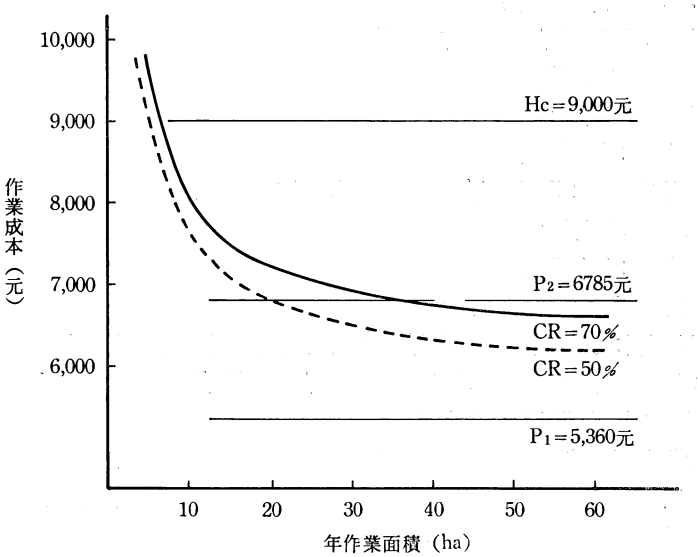


圖2 大豆收穫機之作業成本（包括損失成本）

以大型聯合收穫機進行代收作業時，作業能力0.96ha/hr，耗油率15.3l/ha，損失率5.1%（註4），以 CLAAS 68 機型爲例，估算其作業成本如下：

$$Ca=1957+54459/A\quad\cdots\cdots(25)$$

在年作業面積250ha時，Ca＝2175元/ha，高屏地區代收收費 7,000元/ha，代收者每公頃利潤高達4,500元，採用此機時，農民之負擔損失成本爲 3,188元/ha（2500×5.1%×25元/kg），在不考慮代耕利潤時，大型Combine 代收成本約爲5,360元/ha，比起國產履帶式玉米收穫機，大型 Combine 代收之競爭力較强（如圖 2 中，P_1線）。但是如果以品質分級制度進行收購，大型聯合收穫機損傷率高（5.7%），若每公斤之大豆因損傷減少產值 10 元，則因利用大型聯合收穫機收穫，農民負擔之成本增加 1,425元/ha（5.7%×2500×10），此時大型聯合收穫機代耕之競爭力即減弱（P_2＝5360＋1426元＝6,785元）。

由上述之討論，可知大豆收穫機具的採用原因和玉米相同，穀物售價不因品質分級而有所差異，使大型聯合收穫機因其高作業能力而爲農民採用。但若大豆收穫後於短期內即進行加工，損傷率影響品質之因素即不重要。

美國農場利用大型聯合收穫機收穫玉米之損失率爲 6～11%，大豆之損失率 5～19.3%（註18），本省利用此種收穫機之損失率並無顯著增加。

（三）落花生聯合收穫機

本省之落花生代收穫作業並無國外收穫機與之競爭，主要之落花生聯合收穫機有兩型：輪式和履帶式。輪式收穫機無詳實之性能研究報告，在此研究以履帶式落花生收穫機爲主。

履帶式落花生收穫機之作業性能如下（註12），作業寬度1.0m，作業速度 0.14m/s～0.17m/s，作業能力0.05～0.06ha/hr，依此條件無法以公式 (17) 求得合理之作業效率以供參考。0.05ha/hr之能力即代表40工時／公頃。

此機之作業成本資料如下：

售價826,000元，馬力28Hp, PM＝2人（註12），其他條件參考日本聯收穫機，美國 ASAE 標準和國產玉米，大豆收穫機估計如下：α＝10%, TH＝1750hr, CR＝50%, Lc＝100 元/hr, Fc 值以 0.04，0.05與0.06ha/hr估算如下：

$$Ca=\frac{826,000(1-0.1+0.5)}{Fc\cdot 1750}+\frac{826,000\times 2.475\times 10^{-2}}{A}+\frac{2.421\times 28}{Fc}+\frac{2\times 100}{Fc}$$

$$=\frac{928.6}{Fc}+\frac{20443.5}{A} \quad \cdots\cdots (26)$$

$$Fc=0.04ha/hr,\ Ca_1=23215+20443.5/A \quad \cdots\cdots (27)$$

$$Fc=0.05ha/hr,\ Ca_2=18572+20443.5/A \quad \cdots\cdots (28)$$

$$Fc=0.06ha/hr,\ Ca_3=15477+20443.5/A \quad \cdots\cdots (29)$$

不考慮農民因損失率而負擔之損失成本，上述三種作業能力之作業成本與年作業面積之關係如圖 3。

考慮機械收穫之損失率對於農民所增加之成本負擔時，秋作落花生花生產量約1,600Kg，在田間損失率4.6%條件下（註12）機收負擔之損失成本爲3,500元/ha（1,600kg/ha×4.6%×48元/kg）。將此損失成本加入Fc＝0.05與0.06ha/hr的成本曲線內，新的成本曲線示於圖 3。

在人工收穫成本方面，春作收穫需要444人工一時，秋作收穫需要309人工一時（註 7、8），以78年度婦女工資每日400元計算，春作人工收穫成本爲 22,000元/ha，秋作收穫成本約爲15,450元/ha，由圖 3 可知，在不計算機械收穫的損失成本時，作業能力 0.05ha/hr 與 0.06ha/hr之成本曲線介於春作和秋作之人工成本之間，Fc＝0.04ha/hr之成本曲線大於春作人工成本。

年作業面積亦可由作業能力估算，落花生收穫作業於 5 月、11月，和12月進行時，三個月的總工作小時臺中地區約544小時，嘉義地區約590小時（註 9），以80%實作業率，作業能力 0.06ha/hr條件下，年作業面積約26～28ha。由圖 3 可知，在此作業面積條件下，作業成本曲線已趨穩定。代收面

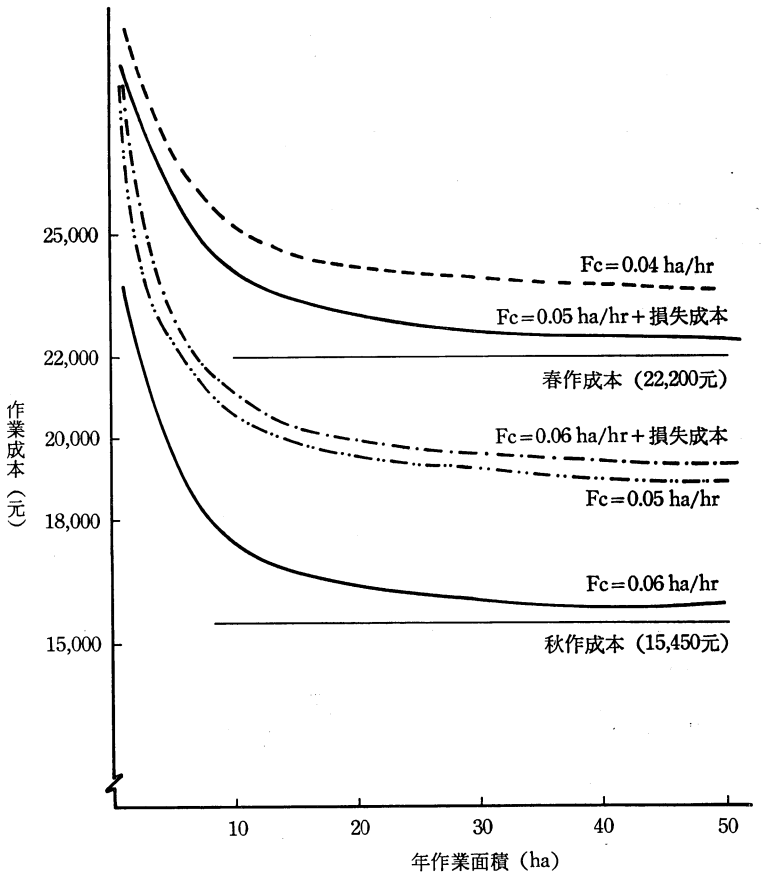


圖3 落花生收穫機之作業成本

積超過30ha對作業成本影響不大。

爲降低落花生收穫機械化總作業成本，作業能力之提高是最直接有效之方法。在收穫能力提高爲0.1ha/hr，年作業面積 50ha時，作業成本約 9,700元/ha，而在作業寬度一定，作業效率因機型（履帶式）而趨於固定，增加作業能力的直接方法在於提高作業速度，公式17可用以估算此速度，例如在作業效率72%時，Fc=0.06ha/hr, V=0.231m/s, Fc=0.1ha/hr, V=0.385m/s。

（四）影響作業成本之因子

由公式（8）可知，影響成本的主要因子爲售價和作業能力。在增加作業能力方面，增加作業速度是最有效的方式，但是由於作業速度的增加，將導至作業流量增大，需求馬力增加，而機件的磨損加大，作物損失率增加，因此 Fc 之增加亦影響了其他成本因子。至於爲了延長使用年限，增加總作業小時，因而自機體結構改良，加强使用材料著手，可以減少CR值和增大TH值。但是對於機體的製作成本亦隨之增加，換言之，CR值與TH值之變動能否抵銷P值增大的效應，此必須有評細的詳估。而且此種材料加强方式，對油料和人工成本並無減少，此外，收穫機型不斷改良，延長使用年限在另一方面將使機型更新速率減緩，使新型改良後的機型接受程度降低，對第一代之農機發展極爲不利。

（五）人工工時與機械工時之比較

傳統農機之性能與人工作業之比較往往以工時爲比較基準。在人工極端缺乏，作業對象爲必要生產之作物之時，利用機械取代人工之工時有其積極之意義。但是若考慮作業成本之因素，因機械作業

以致所需人工工時（操作機械者）的作業工時減少並不代表作業成本必然比人工作業低。而農業經營已接近商業經營行爲之時，利潤之獲得才是決定採用機械化之主要因素。若因人工短缺，工資上漲，人工作業之成本即可反映此現象。此外，以經濟觀點而言，除了國家必須維持生產之作物（如水稻），作物生產在人力缺乏之地區，若機械作業成本無法顯著性低於人工成本，將導至此種作物逐漸減少栽作面積，而非促使農民採用昂貴之收穫機械。因此以作業成本爲比較基準比作業工時更其其積極意義。

結　論

綜合上述之研究，所得結論如下：

（一）臺灣農機研究的開發里程中，使用成本的估計研究一向較爲忽視，因而在推廣之階段形成問題。此成本計算之各種因子需要有豐富的調查資料加以評估。

（二）國外大型聯合收穫機在臺灣地區使用時，因地形和氣候等環境不同，其折舊率、總修理係數、耐久小時……等因子需要加以調查。

（三）雜糧收穫機於田間作業之作業方式與作業效率之關係需要加以研究，以正確估算作業能力。

（四）國產雜糧收穫機械作業成本之主要問題在於作業能力未能提高和售價較高。其特點是損傷率低。但若穀物於收穫後立即加工處理，損傷率之多寡即不是重要問題。

（五）本省利用大型聯合收穫機進行玉米、大豆收穫作業，其損失率並未超過美國農場使用該型農具之損失性能。

（六）爲減低本省雜糧收穫機之作業成本，可由提高作業能力，減低總修理係數值，增加總工作小時……等著手改良，但在改良階段不可因此而大幅增加製作成本，而使售價增加，反而增加作業成本。

（七）人工和機械收穫所需工時之不同不能反映作業之成本差異，因此以工時爲比較基準並不十分適當。

參考文獻

1. 鄭義雄・1980・代耕對農業機械化之重要性・臺灣農業16卷 2 期。
2. 江榮吉・1931・臺灣農業機械化之經濟效益詳估・單行本・臺大農經系。
3. 張漢聖、王康男・1982・臺灣地區水稻消耗能源之研究・臺大農機系。
4. 陳加忠・1933・稻作機械使用成本之研究・農業工程學報29卷 4 期・P：116—132。
5. 陳加忠、鄭榮瑞・1934・聯合收穫機作業方式和作業能力之研究・農工學報31卷 2 期・P：84—91。
6. 盧子淵、陳萬福、呂俊堅、施清田、鄭榮端・1986・南改型履帶式玉米收穫機之研製・臺灣農業23（6）：P 34—37。
7. _____1987・臺灣主要雜糧生產之經濟分析・單行本・臺灣省政府農林廳。
8. _____1937・臺灣農產品生產成本調查報告・單行本・臺灣省政府農林廳。
9. 馮丁樹・1987・農業機械經營成本之分析與微電腦中文套裝軟體之設計・國科會專題研究計畫成果報告。
10. 廖銘逢・1988・穀物的性質與玉米問題面面觀・穀物的儲存與處理第九章・P：138—147・食工所。
11. 陳加忠・1989・美國農機研究開發流程簡介・臺灣農業機械 4 卷 1 期・P：5—6。
12. 杜金池、梁連勝・1939・農試型落花生聯合收穫機之研究開發・臺灣農業25卷 1 期・P：47—51。
13. _____1989・國產履帶式玉米收穫機之性能檢討及發展評估・臺灣省臺南區農業改良場。
14. _____939・履帶式大豆聯合收穫之性能檢討及發展評估1・臺灣省高雄區農業改良場。
15. ASAE YEARBOOK, Agricultural machinery management dat. ASAE data D230. 4.
16. ASAE YEARBOOK, Agricultural machinery management. ASAE Engineering Practice. ASAE

EP301. 1.
17. Hunt, Donnell. 1973. Farm power and management. Iowa Stat Univ. Press, Ames, Iowa.
18. Ridenour, H. E. and D. M. Byg. 1981. Combines and Combining. Ohio State Univ.
19. Morris, J. 1988. Estimation of tractor repair and maintenance costs. JAER. 41(1). P : 191—200.
20. 農業機械化委員會 • 1968 • 水田作機械化のちびき全購連農業機械部。

A study on the Utilization Cost of Dryland Crop Harvesting Machinery[1]

Chia-Chung Chen Chien-Chou Lai[2]

Summary

The purpose of this study is to evaluate the operating costs of harvesting works of dryland crop machinery. Because the operating factors of harvesting machinery varied with the economical conditions and social environments, the cost estimations are a dynamic process. The estimated operating costs for harvesting machinery in this study only respresent present condition. Research results indicate the operating cost of corn harvester and soybean harvester are lower that of hand harvesting. Higher capacity of western combines is the dominant factor of lower harvesting costs. Due to limited amount of grains sold to Farm's Associations on quaranted prices without considering quality, western combine are more popular thand domestic ones. Harvesting costs using peanut combines is extreme high because its low field capacity.

1. Contribution No. 1478 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Associate reseacrher, Assistant researcher, TARI, Taichung, Taiwan ROC.

中華農業研究

第三十八卷　　第三期

中華民國七十八年九月出版

發行人：杜金池
總編輯：廖慶樑

編審委員：

農藝組：蔡新聲（主審）
呂秀英　陳一心　劉大江　劉新裕
盧煌勝

園藝組：蕭吉雄（主審）
沈再發　林昭雄　施昭彰　徐信次
曹幸之　陳敏祥　劉政道

農化組：連　深（主審）
李蘭帝　林錫錦　劉慧瑛

植病組：蔡財旺（主審）
林正忠　程永雄　彭金騰　蔡武雄
簡錦忠

昆蟲組：羅幹成（主審）
李錫山　何琦琛　鄭　允　鄭清煥

農機組：顏欽崇（主審）
陳加忠　梁連勝

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 38, No. 3 Sopt. 1989

JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER : Director, C. C. Tu

EDITOR IN CHIEF : C. L. Liaw

EDITORIAL BOARD :

S. Lian (Agri. Chemistry)
T. W. Tsay (Plant Pathology)
K. C. Lo (Applied Zoology)
C. H. Shaw (Horticulture)
H. S. Tsay (Agronomy)
C. C. Yen (Agri. Machinery)

EDITORIAL ADVISORY BOARD :

M. S. Chen	Y. S. Chen	C. H. Cheng	Y. Cheng
Y. H. Cheng	C. C. Chen	C. C. Her	H. S. Lee
L. D. Lee	L. S. Liang	C. J. Lin	J. J. Lin
J. S. Lin	D. J. Liu	J. D. Liu	S. Y. Liu
H. I. Liu	H. S. Lu	H. Y. Lu	J. T. Peng
T. F. Shen	J. J. Shy	S. T. Shyu	S. J. Tsao
W. H. Tsay			

Reviewers of Related Fields are Invited from Universities, other Research Organizations, and the Evaluation Committee of Agricultural Resarches, Taiwan Provincial Department of Agriculture and Forestry.

Vol. 38, No. 3 Sept. 1989

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(*Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research*)

CONTENTS

Comparison of Leaf Morphology and N Metabolism among Rice Genotypes Differing in Grain Weight ..... M. L. Wei, F. C. Chang and D. J. Liu···277

Effects of Crop Seasons on Growth and Harvest Time of Forage Maize..... .....G. J. Shieh, H. S. Lu, K. S. Liu, C. L. Ho and T. C. Lee···291

Changes in Heterosis of Maize Populations as Affected by Three Cycles of Combined Intrapopulation and Interpopulation Improvement..... H. S. Lu···306

The Cultivation Techniques for Enhancing Productivity and Processing Quality of Yam (*Dioscorea alata* L.) Coconut-Lisbon.....S. Y. Liu···312

Development of Bupleurum falcatum L. Variety TARI No. 1..... S. Y. Liu, Y. T. Shyu, M. F. Hu and S. M. Chiu···326

Concurrent Model : the Extension of Linear Regression Analysis of Genotype-Environment Interactions ..... H. Y. Lu. ···335

Anther Culture and Somaclonal Varivation of Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) .....H. S. Gi and H. S. Tsay···346

The Outbreaks of Pod Rot of Peanut and its Control ..... Y. H. Cheng, A. H. Cheng, S. S. Chen and C. C. Tu···353

Mechanisms of Calcium Cyanamide on Controlling Fusarium Wilt of Garden Peas .....C. T. Lo and Y. S. Lin···365

A Study on the Utilization Cost of Dryland Crop Harvesting Machinery.....C. C. Chen and C. C. Lai···374

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China