ISSN 0376—477X

中華農業研究

第四十五卷　　第二期

目　次

落花生新品種臺農六號之育成 ……楊金興　曹文隆　黃惠娟　鄭耀星　盧煌勝…113
優良單交種玉米之親本改良—理想自交系供給親
　鑑別方法之比較與應用 ……何千里　謝光照　盧煌勝…128
不同檢定親及族群對玉米籽粒與青割產量性狀間
　關係之影響 ……盧煌勝　何千里　謝光照…137
以核酸逢機增殖多型性（RAPD）遺傳歧異度預測
　玉米雜種優勢之研究 ……陳　述　胡凱康　陳　成…147
當歸組織培養之研究
　(I)未熟胚培養擬胚化癒合組織之誘導及生長 …黃漢龍　陳忠川　陳威臣　蔡新聲…156
植期與密度對薏黃產量及薏黃素含量之影響 ……胡敏夫　邱善美　賴明信　劉慧瑛　劉新裕…164
水芋收穫指數與乾物質生產分配之關係 ……陳烈夫…174
玉井地區氣象因素與檸果產量關係之研究
　（英文） ……蔡金川　姚銘輝　漆匡時　梁連勝…186
臺灣產蚜小蜂科（膜翅目）之新紀錄種
　（英文）……周根清　蘇怡秀　周樑鎰　柯俊成…195

中華民國八十五年六月

臺灣省農業試驗所出版

中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(2)：113～127（1996）

落花生新品種台農六號之育成[1]

楊金興[2] 曹文隆[2] 鄭耀星[2,3] 黃惠娟[2] 盧煌勝[2]

摘要：落花生台農六號之父母本分別爲台南十一號及台農五號，於1985年春作進行人工雜交，雜交後裔以混合法培育，F_5時進行單株選拔，並在本所及主要產地進行兩年四期作之品系產量試驗（品系代號85S-HB-3），及兩年四期作全省性之區域試驗（品系代號農育28號），由於莢果及籽粒均大，產量佳，於1995年6月通過審查，並獲政府公告爲「台農六號」。

台農六號屬西班牙型（Spanish type），早熟性（春作約120～130天、秋作約105～115天成熟），植株直立粗壯，株高春作約51公分、秋作約45公分，分枝數4～7支。葉形大、深綠色，呈倒卵形。花黃色。莢果爲中筒型、長約3.62公分、寬約1.62公分，百莢重約170公克，果腰中等，網紋淺，每莢果大多爲二個籽粒。籽粒爲橢圓形、長約1.81公分、寬約0.92公分，千粒重約700公克，種皮爲淡紅色。平均公頃莢果產量春作約2,712公斤、秋作約2,343公斤；籽粒產量春作約1,745公斤、秋作約1,548公斤。籽粒油份含量春作約48.2%、秋作約44.7%；蛋白質含量春作約31.2%、秋作約29.4%。銹病及葉斑田間調查結果均比對照品種台南十一號較具抗病性。

關鍵詞：落花生、品種改良。

落花生種子含粗蛋白22～30%及油分44～56%[10]，適合鮮食用、油用及加工用，其用途甚廣，且具有獨特之香味，爲世界上重要的經濟作物，目前台灣栽培面積仍維持在約3萬5千公頃[1]，爲重要的雜糧作物之一。台灣由於廉價沙拉油大量進口，以致於落花生油用日趨減少，但鮮食用及加工用日趨重要，且產品種類亦增多，有水煮花生、冷凍花生、帶殼培炒花生、調味花生、油炸花生及花生湯等。將來我國加入世界貿易組織後，可能面臨進口落花生的競爭，育成鮮食及鮮莢加工用的大莢果及大籽粒落花生品種將較具競爭力。目前台灣主要的品種有台南選九號、台南十號、台南十一號、台農四號及台農五號等[2,3,5,7]，其中籽粒以台南十一號較大外（千粒重約620公克），其餘品種均小（千粒重約500公克），但與大粒型品種（Virginia type）比較仍有差異。

銹病及葉斑病是落花生重要的葉部病害[4]，如感病會破壞葉部組織，減少光合作用而影響產量，甚至導致植株死亡。因此，育成抗銹病及葉斑病品種亦爲重要之育種目標之一。

雜交育種是落花生品種改良最有利的方法之一[10]，台農六號之育種方法符合台灣省政府農林廳所編印之「雜糧作物育種程序及實施方法」[6]，由親本的選擇、單株選拔及品系試驗，均以大莢大粒豐產爲主，以抗銹病及葉斑病爲輔，進行育種選拔，由於品系試驗表現優異，於1990年及1991年參加區域試驗，結果在全台灣十個地區兩年四期作，不論莢果或籽粒大小，明顯大於目前栽培最廣且莢果及籽粒均大的台南十一號。台農六號的百莢重平均爲177公克，大於台南十一號約20%；千粒重平均

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1842 號。
2. 本所農藝系助理研究員、助理研究員、副研究員、助理及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 現爲行政院農業委員會技正。台北市。

爲697公克，大於台南十一號約15%。銹病及葉斑病罹病等級，在田間自然發病下亦較台南十一號輕微。籽粒蛋白質含量亦比台南十一號高。產量則與台南十一號相差不多。因具有上述之優點，於1995年 6 月正式通過命名，並獲政府公告在案，即將擴大推廣栽培。

材料與方法

一、雜交親本

台農六號之雜交親本爲台農五號（母本）及台南十一號（父本）。於1985年春作在台灣省農業試驗所進行人工雜交，組合代號85S-HB。台農五號屬於小粒型（Spanish type）品種，莢型優整齊，種子具有短期休眠性，莢果產量及籽粒產量均高，千粒重約450～500公克之間，1982年命名推廣。台農五號係由 Spanish White（西班牙白）與 CJ444雜交選拔獲得，Spanish White 爲1953年自美國引進，經觀察試驗比較後於1963年命名推廣，屬於小粒種，莢型優整齊，果腰淺，產量高，早熟等特性。CJ444係由 Chiba Bunch（自日本引進，屬於大粒種 Virginia type）與 Java 2（自爪哇引進，屬於 Spanish type）雜交選拔獲得，其種子具休眠性，屬於小粒種。

台農六號之父本爲台南十一號，屬於 Spanish type 但莢果及籽粒均大，百莢重可達204公克，千粒重可達741公克，產量亦高，在1986年命名推廣，爲目前栽培最廣之優良品種。台南十一號係由台南十號與｛（台南六號×PI314817）×台南六號｝之選拔品系，雜交選拔所獲得；台南十號爲1976年命名推廣之品種，屬於 Spanish type，莢果及籽粒均中型，其千粒重約535公克。台南六號爲1959年命名推廣之品種，屬 Spanish type，千粒重約396公克。PI314817由美國引進，屬於 Valencia type，葉部具抗銹病性，多粒莢型。台農六號之親本族譜如圖 1 所示。

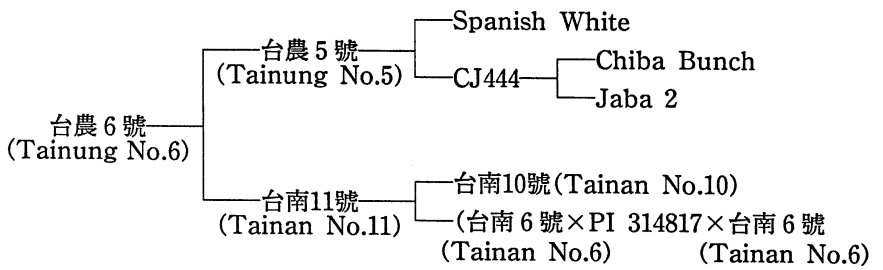


圖 1. 台農六號的親本來源
Fig. 1. Background of Tainung No.6

二、育成方法及經過

1985年春作在台灣省農業試驗所以台農五號與台南十一號進行人工雜交，其組合代號爲85S-HB，於1985年秋作至1987年春作以混合法進行雜交後代之培育，1987年秋作進行單株選拔，1988年春作至1989年秋作進行兩年品系試驗，1990年及1991年進行兩年四期作區域試驗，品系代號爲農育28號，其育種程序符合農林廳編印之「雜糧作物育種程序及實施方法」[6]。

㈠雜交後裔培育及優良單株選拔：

雜交後裔（F_1～F_5植株）培育以混合法在台中農試所農場進行，平畦栽培，行株距35×10 cm，1987年秋作（F_5）進行單株選拔，依育種目標選拔高產、抗病及大粒之優良單株，參加品系試驗。

㈡品系試驗：

品系試驗係以 F_5 世代選穫之優良單株爲材料，進行兩年之產量比較試驗，第一年包括株行及二行試驗，試驗地點在台中農試所農場。株行試驗於1988年春作進行，採順序排列，平畦栽培，單行區，行長1.5m，行株距35×10cm，每10行設置1行對照品種；二行試驗於1988年秋作進行，亦採順序排列，平畦栽培，行長3m，行株距35×10cm，每5品系置1個對照品種，二重複。第二年在本所農場及雲林縣崙背及虎尾進行試驗，田間採逢機完全區集設計，4重複，每小區4行，1989年春作行長3m，行株距35×10cm，平畦栽培；1989年秋作行長5m，行株距45×10cm，二行式作畦栽培。對照品種爲台南十一號及台南選九號。

㈢區域試驗：

區域試驗於1990年及1991年兩年的春作及秋作，共四期作，在落花生重要產區共10個地點進行試驗，設置地點爲苗栗縣後龍鎮、彰化大城鄉、雲林縣崙背鄉、元長鄉、北港鎮、四湖鄉、屏東縣鹽埔鄉、台東豐里鄉、花蓮縣瑞穗鄉、宜蘭縣冬山鄉。參試品系有農育26號、農育27號、農育28號(台農六號)、農育29號、南改系146號、南改系147號、南改系148號、南改系149號及花選系12號等9品系，加上對照品種台農五號、台南選九號及台南十一號共計12品系。

1. 試驗方法：逢機完全區集設計，4重複，行長5公尺，每小區4行，行株距以當地慣行之栽培方式（平畦栽培爲36×10cm，作畦二行式栽培爲45×10cm），田間管理及肥料用量均以當地慣行法實施。
2. 調查項目：
   A. 莢果產量：收穫中間二行之成熟莢果乾燥後估算公頃產量。
   B. 籽粒產量：由成熟乾莢果剝殼後去除屑粒（大粒品種以17/64吋圓孔，小粒品種以15/65吋圓孔篩網篩之）後估算公頃產量。
   C. 剝實率：（籽粒產量／莢果產量）X100%。
   D. 千粒重：逢機取一千籽粒稱重。
   E. 百莢重：逢機取一百莢果稱重。
   F. 株高：收穫時主莖長度。
   G. 倒伏等級：植株倒伏頃斜之角度，分爲0至9等共10級，其中0爲直立不倒伏，1至9分別代表倒伏角度10、20、30、40、50、60、70、80及90度。
   H. 籽粒飽滿度：（光滑籽粒重／總粒重）X100%（目視篩選光滑籽粒）。
   I. 銹病及葉斑病等級：在田間自然發病情況下調查，根據 Subrahmanyam *et al.*[11]的方法調查，依病斑面積大小及罹病部位分爲1～9級，再區分爲1.0～2.9（極抗）、3.0～4.9（抗）、5.0～6.9（感）及7.0～9.0（極感）等四級。
   J. 籽粒油份及蛋白質含量：將籽粒磨粉後，置於130±2°C烘箱中烘乾一小時，冷卻後以近紅外線分析儀（IA 360型 BRAN & LUBBE CO., Germany）測定。
3. 統計分析：春秋作之試驗資料分別進行綜合變方分析及穩定性測驗，穩定性測驗採用 Finlay and Wilkson (1963) 及 Eberhart and Russell (1966) 之方法進行分析。

結果與討論

一、雜交後裔培育及優良單株選拔

台農六號係由台農五號與台南十一號在1985年春作人工雜交而來，雜交組合代號爲85S-HB，雜交後裔是以混合法培育，在 F_5 時，依主要育種目標大粒豐產及次要目標抗葉部病害銹病及葉斑病，進行單株選拔。

二、品系試驗

第一年品系試驗包括株行及二行試驗，85S-HB組合在株行試驗共獲得29個優良品系晉級二行試驗，台農六號品系代號爲85S-HB-3。第二年品系產量比較試驗在本所及雲林虎尾鎮和崙背鄉舉行。由兩年的品系試驗結果（表1）顯示，85S-HB-3不論產量或莢果籽粒大小均較優於台南選九號或台南十一號，春作莢果公頃產量爲2,921公斤，高於台南十一號10.3%，高於台南選九號10.9%；籽粒產量爲1,775公斤，高於台南十一號13.6%，高於台南選九號16.5%。秋作莢果產量爲2,992公斤，高於台南十一號7.0%，高於台南選九號17.7%，千粒重達700公克，高於台南選九號41.4%；百莢重159公克亦高於台南選九號52.9%。

表 1. 85S-HB-3與對照品種在品系試驗之平均莢果產量、籽粒產量、千粒重及百莢重
Table 1. Average pod yield, 1,000-kernel weight and 100-pod weight of 85S-HB-3 and the check cultivars in yield trial

Entry	Pod yield (kg/ha)	Kernel yield (kg/ha)	1,000-kernel wt. (g)	100-pod wt. (g)
		Spring		
85S-HB-3	2,921	1,775	558	131
Tainan No.11 (ckl)	2,648	1,563	546	118
Tainan S.9 (ck2)	2,634	1,523	446	83
LSD 5%	221	186	84	34
1%	291	244	111	45
		Fall		
85S-HB-3	2,992	1,812	700	159
Tainan No.11 (ckl)	2,796	1,864	640	130
Tainan S.9 (ck2)	2,541	1,596	495	104
LSD 5%	310	195	144	37
1%	407	257	190	49

三、區域試驗

台農六號在區域試驗的品系代號爲農育28號，在全台灣十試區共兩年四期作以評估農育28號的產量潛能及適應性，參試之優良品系有9個加上3個對照品種共12個，共調查13個性狀，表2、3、4、5、6爲各地區農育28號與對照品種莢果產量、籽粒產量、剝實率、千粒重及百莢重的比較。表2顯示，在20個試區中春作農育28號的莢果公頃產量介於3,875公斤（1990，台東豐里）與1,856公斤（1990，屏東鹽埔）之間；秋作介於3,933公斤（1991，台東豐里）與1,416公斤（1991，彰化大城）之間。籽粒產量方面（表3），春作農育28號介於2,491公斤與794公斤之間；秋作介於2,929公斤與787公斤之間。剝實率方面（表4），由於農育28號莢果殼的厚度較厚致剝實率較低，春作介於74.3%與42.8%之間；秋作介於75.0%與52.3%之間。百莢重及千粒重（表5及表6）農育28號則明顯大於台南十一號，春作千粒重介於968公克與510公克之間，秋作介於903公克與379公克之間；春作百莢重介於273公克與126公克之間，秋作介於224公克與93公克之間。莢果籽粒產量方面，農育28號與台南十一號之間，在各試區都互有高下，而不論春作或秋作農育28號百莢重及千粒重均有大半以上地區顯著大於台南十一號。

表 2. 農育28號與對照品種在區域試驗中之莢果產量 (kg/ha)

Table 2. Pod yield (kg/ha) of Nung-yu 28 and the check cultivars in regional yield trial

Entry	Location[z]										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
						(Spring, 1990)					
Nung-yu 28	2,916	2,703	2,803	2,675	2,235	2,910	1,856	3,875	2,278	2,136	2,638
Tainan No.11 (ckl)	3,038	2,500	2,964	2,513	2,320	3,324	2,753	2,554	1,440	2,860	2,627
Tainan S.9 (ck2)	2,430	2,754	2,345	2,454	2,207	3,063	2,275	3,145	2,321	2,391	2,539
Tainung No.5 (ck3)	2,157	2,492	2,322	2,176	2,172	3,057	2,279	3,500	2,055	2,427	2,464
LSD 5%	235	445	551	399	193	290	501	580	420	319	
1%	316	598	740	537	259	390	673	779	564	429	
						(Fall, 1990)					
Nung-yu 28	2,937	1,841	3,454	2,009	1,559	2,544	3,459	1,557	2,502	1,665	2,353
Tainan No.11 (ckl)	2,812	1,975	3,337	2,151	1,723	2,622	3,124	2,190	1,819	1,530	2,328
Tainan S.9 (ck2)	2,729	1,864	2,799	1,976	1,613	2,213	3,225	1,808	1,947	1,648	2,182
Tainung No.5 (ck3)	2,708	1,978	3,224	2,009	1,615	2,303	2,777	1,851	1,466	1,511	2,144
LSD 5%	420	144	416	178	155	172	398	389	221	174	
1%	565	193	559	240	209	232	535	524	297	234	
						(Spring, 1991)					
Nung-yu 28	3,194	2,667	3,754	2,289	2,990	1,939	2,827	3,447	2,221	2,547	2,787
Tainan No.11 (ckl)	3,298	2,028	4,060	2,531	3,810	2,228	3,219	2,535	2,013	3,295	2,902
Tainan S.9 (ck2)	3,402	2,928	3,731	1,939	3,716	1,961	2,871	3,139	1,591	2,383	2,766
Tainung No.5 (ck3)	2,882	2,585	3,600	2,097	3,441	2,244	2,790	2,292	2,015	2,544	2,649
LSD 5%	295	457	459	515	286	185	281	873	312	686	
1%	396	614	617	692	384	249	378	1,173	419	922	
						(Fall, 1991)					
Nung-yu 28	2,071	1,416	2,447	3,069	2,386	2,114	2,417	3,933	1,807	1,690	2,335
Tainan No.11 (ckl)	2,742	1,291	2,877	2,795	2,254	2,085	2,257	3,500	1,772	1,443	2,302
Tainan S.9 (ck2)	2,489	1,016	2,317	2,756	2,183	1,988	2,273	3,422	1,854	1,312	2,161
Tainung No.5 (ck3)	1,825	1,055	2,211	2,753	2,077	2,021	2,202	3,300	1,786	1,439	2,067
LSD 5%	272	274	356	392	133	224	476	518	114	308	
1%	365	368	479	527	179	301	640	696	154	413	

[z] Location A : Holong B : Dacheng C : Lumbei D : Yuanchan E : Peikang F : Sufu G : Yenpo H : Fonnli I : Zuesuei J : Dongson

表 3. 農育28號與對照品種在區域試驗中之籽粒產量 (kg/ha)
Table 3. Kernel yield (kg/ha) of Nung-yu 28 and the check cultivars in regional yield trial

Entry	Location[z]										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
						(Spring, 1990)					
Nung-yu 28	2,022	1,849	1,794	1,740	1,585	1,895	794	2,491	1,633	1,588	1,739
Tainan No.11 (ck1)	2,265	1,794	2,003	1,819	1,728	2,333	1,349	1,939	1,116	2,080	1,843
Tainan S.9 (ck2)	1,658	2,071	1,542	1,716	1,681	2,217	1,110	2,464	1,768	1,905	1,813
Tainung No.5 (ck3)	1,324	1,779	1,444	1,375	1,623	2,125	1,117	2,601	1,517	1,835	1,674
LSD 5%	105	349	403	292	169	236	240	496	362	240	
1%	142	469	542	393	227	317	323	667	487	322	
						(Fall, 1990)					
Nung-yu 28	2,158	1,091	1,967	1,151	956	1,908	2,282	905	1,845	988	1,525
Tainan No.11 (ck1)	2,216	1,189	2,204	1,449	1,223	2,006	2,247	1,373	1,349	990	1,625
Tainan S.9 (ck2)	1,958	1,336	1,889	1,291	1,219	1,769	2,385	1,223	1,523	1,111	1,570
Tainung No.5 (ck3)	1,754	1,224	2,162	1,341	953	1,834	1,997	1,179	1,111	949	1,450
LSD 5%	174	172	281	152	260	140	286	284	177	189	
1%	234	232	377	205	350	188	384	381	238	255	
						(Spring, 1991)					
Nung-yu 28	1,667	1,606	2,381	1,356	1,924	1,344	1,893	2,372	1,501	1,476	1,752
Tainan No.11 (ck1)	1,805	1,245	2,789	1,547	2,694	1,574	2,318	1,891	1,371	1,865	1,910
Tainan S.9 (ck2)	2,187	2,096	2,112	1,288	2,812	1,444	2,124	2,324	1,190	1,700	1,928
Tainung No.5 (ck3)	1,909	1,861	2,365	1,396	2,495	1,635	2,064	1,677	1,469	1,436	1,831
LSD 5%	177	375	333	358	213	139	201	666	230	490	
1%	238	505	448	481	286	187	271	896	309	658	
						(Fall, 1991)					
Nung-yu 28	1,519	787	1,282	2,064	1,700	1,416	1,718	2,929	1,290	1,019	1,572
Tainan No.11 (ck1)	1,919	757	1,979	2,045	1,623	1,461	1,739	2,683	1,291	821	1,632
Tainan S.9 (ck2)	1,843	576	1,463	1,974	1,647	1,487	1,919	2,604	1,415	772	1,560
Tainung No.5 (ck3)	1,348	618	1,712	2,120	1,577	1,496	1,736	2,633	1,376	838	1,545
LSD 5%	189	169	259	326	109	179	360	418	82	198	
1%	254	227	348	439	146	241	484	562	111	266	

[z] Location A : Holong B : Dacheng C : Lumbei D : Yuanchan E : Peikang F : Sufu G : Yenpo H : Fonnli I : Zuesuei J : Dongson

表 4. 農育28號與對照品種在區域試驗中之剝實率 (%)

Table 4. Shelling percentage (%) of Nung-yu 28 and the check cultivars in regional yield trial

Entry	Location[z]										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
						(Spring, 1990)					
Nung-yu 28	69.4	68.5	63.7	64.9	70.9	65.0	42.8	64.4	70.9	74.3	65.5
Tainan No.11 (ckl)	74.9	71.5	67.9	72.4	74.4	70.2	49.0	76.1	77.3	72.7	70.6
Tainan S.9 (ck2)	68.5	75.2	65.4	70.0	76.1	72.4	48.8	78.1	76.2	79.7	71.0
Tainung No.5 (ck3)	62.2	71.3	62.2	63.2	74.7	69.5	49.0	74.2	73.8	75.6	67.6
LSD 5%	8.2	2.6	4.3	5.1	4.7	2.2	0.3	6.0	5.9	1.9	
1%	11.1	3.4	5.8	6.9	6.3	3.0	0.4	8.0	7.9	2.5	
						(Fall, 1990)					
Nung-yu 28	73.5	59.3	57.0	57.2	61.4	75.0	66.0	57.8	73.8	59.2	64.0
Tainan No.11 (ckl)	78.9	60.2	66.4	67.3	71.0	76.5	71.9	63.3	74.1	64.8	69.4
Tainan S.9 (ck2)	72.2	66.2	67.6	65.3	75.6	79.9	74.0	67.7	78.2	67.6	71.4
Tainung No.5 (ck3)	65.6	61.9	66.8	66.7	58.4	79.6	71.9	63.4	75.8	62.9	67.3
LSD 5%	7.4	3.1	4.1	4.3	2.0	1.0	0.2	7.4	2.0	7.7	
1%	9.9	4.1	5.9	5.8	3.0	1.3	0.3	10.0	2.6	10.4	
						(Spring, 1991)					
Nung-yu 28	52.5	60.0	63.4	59.4	64.4	69.3	67.0	68.7	67.5	57.6	63.0
Tainan No.11 (ckl)	55.1	61.3	68.8	60.8	70.7	70.7	72.0	75.5	67.9	56.5	65.9
Tainan S.9 (ck2)	64.3	71.6	56.4	66.3	75.7	73.6	74.0	74.2	74.7	71.3	70.2
Tainung No.5 (ck3)	66.3	71.9	65.7	66.7	72.5	72.8	74.0	73.2	72.8	55.8	69.2
LSD 5%	6.6	9.3	4.3	4.3	1.8	1.2	0.0	6.0	1.8	8.5	
1%	8.8	12.5	5.8	5.8	2.4	1.7	0.0	18.1	2.5	11.4	
						(Fall, 1991)					
Nung-yu 28	73.4	55.6	52.3	67.2	71.3	66.9	71.1	74.2	71.4	60.3	66.4
Tainan No.11 (ckl)	70.0	59.1	68.9	73.0	72.0	70.1	77.0	76.7	72.8	56.7	69.6
Tainan S.9 (ck2)	74.1	61.1	63.0	71.6	75.4	74.8	80.0	76.2	76.3	59.0	71.2
Tainung No.5 (ck3)	73.9	58.3	77.2	76.8	76.0	74.0	78.9	79.8	77.1	58.0	73.0
LSD 5%	2.0	5.1	4.3	4.3	1.5	1.8	0.3	3.2	1.3	3.5	
1%	2.7	6.8	5.8	5.8	2.0	2.4	0.04	4.4	1.8	4.7	

[z] Location A : Holong B : Dacheng C : Lumbei D : Yuanchan E : Peikang F : Sufu G : Yenpo H : Fonnli I : Zuesuei J : Dongson

表 5. 農育28號與對照品種在區域試驗中之千粒重 (g)

Table 5. Thousand-kernel weight (g) of Nung-yu 28 and the check cultivars in regional yield trial

Entry	Location[z]										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
						(Spring, 1990)					
Nung-yu 28	811	727	710	621	698	654	590	677	817	560	687
Tainan No.11 (ckl)	758	587	640	537	561	705	545	634	644	566	618
Tainan S.9 (ck2)	543	475	440	429	450	494	346	482	519	451	463
Tainung No.5 (ck3)	586	503	453	408	479	524	374	602	510	475	491
LSD 5%	14	66	35	35	27	29	55	111	48	64	
1%	19	89	47	47	36	39	74	149	64	85	
						(Fall, 1990)					
Nung-yu 28	715	476	708	848	581	743	754	377	635	379	622
Tainan No.11 (ckl)	695	422	537	772	520	615	596	467	504	337	547
Tainan S.9 (ck2)	575	360	476	636	440	432	490	377	436	327	455
Tainung No.5 (ck3)	565	348	427	584	462	454	459	407	428	286	442
LSD 5%	87	42	34	43	36	44	59	82	20	21	
1%	117	57	46	58	48	60	79	110	27	28	
						(Spring, 1991)					
Nung-yu 28	861	556	746	632	666	771	653	968	721	510	708
Tainan No.11 (ckl)	675	454	722	611	595	681	682	600	670	500	619
Tainan S.9 (ck2)	654	476	584	500	508	514	509	755	530	407	544
Tainung No.5 (ck3)	552	505	560	500	508	514	509	755	530	407	544
LSD 5%	5	83	35	35	14	26	65	159	38	68	
1%	6	112	47	47	19	36	88	213	51	91	
						(Fall, 1991)					
Nung-yu 28	702	441	704	828	731	616	778	903	516	484	670
Tainan No.11 (ckl)	686	449	642	620	577	508	706	783	437	361	577
Tainan S.9 (ck2)	452	363	459	540	442	458	586	683	343	361	469
Tainung No.5 (ck3)	447	358	522	504	471	450	558	692	351	291	464
LSD 5%	54	38	43	34	20	25	56	94	24	72	
1%	73	52	58	46	28	34	116	126	33	96	

[z] Location A : Holong B : Dacheng C : Lumbei D : Yuanchan E : Peikang F : Sufu G : Yenpo H : Fonnli I : Zuesuei J : Dongson

表 6. 農育28號與對照品種在區域試驗中之百莢重 (g)
Table 6. Hundred-pod weight (g) of Nung-yu 28 and the check cultivars in regional yield trial

Entry	Location[z]										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mean
						(Spring, 1990)					
Nung-yu 28	189	184	129	144	188	195	155	155	196	126	166
Tainan No.11 (ckl)	168	150	116	111	151	170	136	146	150	116	141
Tainan S.9 (ck2)	118	125	74	92	115	135	105	113	123	94	109
Tainung No.5 (ck3)	127	132	88	97	120	145	99	126	128	97	116
LSD 5%	3	13	36	4	8	14	12	13	13	8	
1%	4	17	49	6	10	19	16	18	17	10	
						(Fall, 1990)					
Nung-yu 28	189	125	192	110	169	187	181	134	152	107	155
Tainan No.11 (ckl)	145	110	140	109	130	154	135	126	120	87	126
Tainan S.9 (ck2)	134	100	103	110	116	108	116	110	108	77	108
Tainung No.5 (ck3)	128	100	106	92	122	114	112	109	101	73	106
LSD 5%	20	11	8	17	11	12	14	17	6	7	
1%	27	15	11	24	14	16	19	22	8	9	
						(Spring, 1991)					
Nung-yu 28	212	150	189	197	202	192	181	273	146	142	188
Tainan No.11 (ckl)	164	120	199	185	167	163	160	154	138	137	159
Tainan S.9 (ck2)	132	112	181	144	132	123	124	186	106	108	135
Tainung No.5 (ck3)	126	124	159	129	139	132	121	166	107	106	131
LSD 5%	2	18	31	19	6	8	9	36	7	16	
1%	3	24	41	25	8	11	13	48	9	21	
						(Fall, 1991)					
Nung-yu 28	172	124	220	224	196	167	222	192	118	93	173
Tainan No.11 (ckl)	171	114	184	192	150	139	179	165	105	70	147
Tainan S.9 (ck2)	132	97	140	139	116	112	144	147	84	50	116
Tainung No.5 (ck3)	134	98	128	146	123	114	147	158	86	55	119
LSD 5%	5	10	8	8	6	7	26	9	3	10	
1%	7	14	11	11	8	9	35	12	4	13	

[z] Location A : Holong B : Dacheng C : Lumbei D : Yuanchan E : Peikang F : Sufu G : Yenpo H : Fonnli I : Zuesuei J : Dongson

全臺灣十個試區兩年的區域試驗總平均列於表7，在春作，平均公頃莢果產量，農育28號爲2,712公斤，臺南十一號爲2,764公斤，臺農五號爲2,556公斤；籽粒產量，農育28號爲1,745公斤，臺南十一號1,876公斤，臺農五號1,752公斤；剝實率，農育28號爲64.2%，臺南十一號爲68.3%，臺農五號爲68.4%；百莢重，農育28號爲177公克，臺南十一號爲150公克，臺農五號爲123公克；千粒重，農育28號爲697公克，臺南十一號爲618公克，臺農五號爲505公克。由上述結果可看出百莢重及千粒重，農育28號均顯著大於對照品種，分別大於臺南十一號18.0%及12.8%，分別大於臺農五號43.9%及38.0%；籽粒飽滿度，並不輸於對照品種，與臺南十一號同爲87.5%，臺農五號爲86.5%。農育28號莢果的殼較厚，剝實率較低，雖然莢果產量與臺南十一號無顯著差異，而籽粒產量則低於臺南十一號。

表 7. 農育28號與對照品種區域試驗之平均莢果產量、籽粒產量、剝實率、百莢重、千粒重及籽粒飽滿度

Table 7. Average pod yield, kernel yield, shelling percentage, 100-pod weight, 1000-kernel weight and full-kernel percentage of Nung-yu 28 and check cultivars in regional yield trials

Entry	Pod yield (kg/ha)	Kernel yield (kg/ha)	Shelling Percentage (%)	100-pod weight (g)	1000-kernel weight (g)	Full-kernel Percentage (%)
			Spring			
Nung-yu 28	2,712	1,745	64.2	177	697	87.5
Tainan No.11(ck1)	2,764	1,876	68.3	150	618	87.5
Tainan s.9(ck2)	2,652	1,872	70.6	122	503	86.8
Tainung No.5(ck3)	2,556	1,752	68.4	123	505	86.8
LSD 5%	125	95	1.4	5	18	1.8
1%	165	125	1.9	7	24	2.4
			Fall			
Nung-yu 28	2,343	1,548	65.2	163	645	93.8
Tainan No.11(ck1)	2,314	1,628	69.5	136	561	94.3
Tainan s.9(ck2)	2,171	1,565	71.3	111	458	94.1
Tainung No.5(ck3)	2,105	1,497	70.1	112	452	94.5
LSD 5%	91	69	1.2	4	16	1.3
1%	120	91	1.6	6	21	1.8

在秋作，平均公頃莢果產量，農育28號爲2,343公斤，臺南十一號2,314公斤，臺農五號爲2,105公斤；籽粒產量，農育28號爲1,548公斤，臺南十一號爲1,628公斤，臺農五號爲1,497公斤；剝實率，農育28號爲65.2%，臺南十一號爲69.5%，臺農五號爲70.1%；農育28號百莢重爲163公克，千粒重爲645公克，臺南十一號分別爲136公克及561公克，臺農五號分別爲112公克及452公克；籽粒飽滿度，農育28號與對照品種相當，爲93.8%，臺南十一號爲94.3%，臺農五號爲94.5%。上述結果可看出百莢重及千粒重農育28號均大於對照品種，分別大於臺南十一號19.8%及15.0%，大於臺農五號45.5%及42.7%。莢果及籽粒產量，農育28號與臺南十一號相當，但籽粒產量則高於臺農五號。秋作除了剝實率及籽粒飽滿度略高於春作外，其他均略低於春作。

由十個試區兩年四期作的區域試驗結果，春秋作分別進行品系的穩定性分析，採用迴歸係數（regression coefficient, bi）及迴歸剩餘均方（deviation from regression, δi^2）加以評估。參試品系在春作及秋作的產量及其他性狀的穩定性評估結果分別列於表8及表9。

表 8. 農育28號參試品系在春作區域試驗莢果產量、籽粒產量、剝實率、千粒重及百莢重之迴歸係數（bi）及迴歸剩餘均方（δi^2）

Table 8. Regression coefficient (bi) and deviation from regression (δi^2) for pod yield, kernel yield, shelling percentage, 1000-kernel weight, and 100-pod weight of Nung-yu 28 and check varieties in regional yield trials of spring crop

Entry	Pod yield (kg/ha)			Kernel yield (kg/ha)			Shelling Percentage (%)			1000-kernel wt. (g)			100-pod wt. (g)		
	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2
Hua-hsuan-si 12	2,823	0.89	27,676	1,952	0.86	9,328	69.4	1.00	2.6	639	1.01	256	149	0.90	71.5
Nan-kai-si 146	2,714	0.97	39,504	1,831	1.07	38,776	67.5	1.22	15.7	573	1.05	548	139	0.73	100.2
Nan-kai-si 147	2,966	1.06	146,255	2,094	1.13	55,990	70.8	0.97	5.1	596	1.00	643	140	0.91	39.1
Nan-kai-si 148	2,831	0.93	62,015	1,996	0.91	39,058	70.7	1.00	6.6	668	1.01	1,320	157	1.20	72.4
Nan-kai-si 149	2,815	1.15	67,566	1,912	1.04	33,142	68.3	0.87	18.1	683	0.88	1,417	168	1.02	91.2
Nung-yu 26	2,732	1.03	3,546	1,865	1.04	1,326	68.3	1.01	0.0	616	1.21	3,369	147	1.09	146.2
Nung-yu 27	2,775	1.10	50,916	1,860	1.05	29,193	67.1	0.98	1.1	645	1.01	1,580	160	0.90	180.8
Nung-yu 28	2,713	0.83	110,242	1,745	0.86	37,660	64.2	1.02	3.5	697	1.34	1,875	177	1.33	186.6
Nung-yu 29	3,133	1.10	109,705	1,904	1.11	104,728	60.3	0.99	26.6	660	0.91	5,028	185	1.24	556.1
Tainan No.11(ck1)	2,764	1.09	58,939	1,876	1.04	34,257	68.2	1.11	2.7	618	0.78	2,155	150	0.86	94.2
Tainan s.9(ck2)	2,652	0.99	57,780	1,870	0.96	48,835	70.6	0.91	17.5	503	1.01	1,511	121	0.99	125.2
Tainung No.5(ck3)	2,556	0.82	44,871	1,752	0.86	46,440	68.3	0.87	13.7	505	0.74	819	123	0.77	41.6
Mean	2,790	1.00	64,918	1,888	1.00	39,844	67.8	1.00	9.4	617	1.00	1,710	151	1.00	142.2
SE	66	0.11	—	51	0.11	—	0.7	0.10	—	10	0.11	—	2	0.10	—

春作及秋作的十二個參試品系其迴歸剩餘均方（δi^2）均未達顯著水準，且迴歸系數（bi）均達顯著水準。由表 8 顯示農育28號在春作的穩定性，剝實率在穩定性範圍內，莢果產量及籽粒產量接近穩定性範圍，千粒重及百莢重的穩定性較低；在秋作籽粒產量及剝實率在穩定性範圍內，莢果產量及百莢重接近穩定性範圍，千粒重的穩定性較差（表 9）。

表 9. 農育28號參試品系在秋作區域試驗莢果產量、籽粒產量、剝實率、千粒重及百莢重之迴歸係數（bi）及迴歸剩餘均方（δi^2）

Table 9. Regression coefficient (bi) and deviation from regression (δi^2) for pod yield, kernel yield, shelling percentage, 1000-kernel weight, and 100-pod weight of Nung-yu 28 and check varieties in regional yield trials of fall crop

Entry	Pod yield (kg/ha)			Kernel yield (kg/ha)			Shelling Percentage (%)			1000-kernel wt. (g)			100-pod wt. (g)		
	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2	Mean	bi	δi^2
Hua-hsuan-si 12	2,363	1.08	54,158	1,672	1.08	35,995	69.9	0.94	15.7	563	1.11	650	140	1.05	46.3
Nan-kai-si 146	2,080	0.88	76,722	1,449	0.90	49,856	69.0	0.93	15.1	527	0.96	1,438	129	0.88	59.0
Nan-kai-si 147	2,485	1.00	84,297	1,779	0.98	52,819	71.1	0.83	4.1	531	0.82	1,222	127	0.89	164.9
Nan-kai-si 148	2,388	0.91	51,396	1,698	0.95	27,829	70.4	1.03	4.6	603	1.03	1,067	143	1.09	44.1
Nan-kai-si 149	2,283	0.99	46,445	1,568	0.97	15,666	68.1	1.08	6.7	612	1.17	899	148	1.17	152.2
Nung-yu 26	2,176	1.08	45,677	1,507	1.05	22,889	68.7	0.98	4.1	540	0.97	579	127	0.91	82.4
Nung-yu 27	2,240	1.05	24,868	1,545	1.06	9,142	68.1	1.12	7.9	574	1.13	894	139	1.05	65.5
Nung-yu 28	2,343	1.09	58,199	1,548	1.06	40,630	65.2	1.06	16.4	646	1.17	3,172	164	1.17	180.6
Nung-yu 29	2,379	1.03	69,908	1,444	0.94	39,974	60.3	0.96	25.0	574	1.03	2,734	162	1.39	433.2
Tainan No.11(ck1)	2,314	1.00	20,866	1,628	1.03	13,039	69.5	1.00	3.8	561	1.01	731	136	0.97	33.8
Tainan s.9(ck2)	2,171	0.93	30,336	1,565	0.95	20,037	71.3	0.96	6.3	458	0.78	1,227	112	0.66	111.7
Tainung No.5(ck3)	2,105	0.91	35,561	1,497	0.97	24,861	71.0	1.06	13.9	453	0.77	981	112	0.72	74.8
Mean	2,277	1.00	49,886	1,575	1.00	29,398	68.6	1.00	11.1	554	1.00	1,299	137	1.00	120.6
SE	49	0.07	—	38	0.07	—	0.7	0.10	—	8	0.06	—	2	0.06	—

目前落花生機械收穫漸漸普遍，如果植株太矮或容易倒伏則會影響機械採收。農育28號雖然植株鮮重及株高均顯著大於臺南十一號，但主莖較粗壯，倒伏情形與臺南十一號類似。在春作農育28號的倒伏等級爲3.0級，臺南十一號2.6級，優於臺南選九號及臺農五號的3.5及3.6級；在秋作農育28號的倒伏等級爲2.3，與臺南十一號的2.2級、臺南選九號及臺農五號的2.4級無顯著差異（表10）。

表 10. 農育28號與對照品種區域試驗之平均植株鮮種、株高及倒伏等級
Table 10. Average fresh plant weight, plant height, and lodging scale of Nung-yu 28 and check cultivars in regional yield trials

Entry	Fresh plant weight (t/ha)		Plant height (cm)		Lodging scale (0-9)[z]	
	Spring	Fall	Spring	Fall	Spring	Fall
Nung-yu 28	23.41	20.85	51.3	45.0	3.0	2.3
Tainan No.11(ck1)	17.73	15.41	44.2	35.9	2.6	2.2
Tainan S.9(ck2)	19.14	15.39	49.8	40.6	3.5	2.4
Tainung No.5(ck3)	19.48	16.01	52.5	41.7	3.6	2.4
LSD 5%	1.72	1.46	1.5	1.2	0.3	0.2
1%	2.27	1.92	2.0	1.6	0.4	0.3

[z] 0 : no lodging, 1 : 10°lodging, 2 : 20°lodging, 3 : 30°lodging, 4 : 40°lodging, 5 : 50°lodging, 6 : 60°lodging, 7 : 70°lodging, 8 : 80°lodging, 9 : 90°lodging.

落花生的葉部病害以銹病及葉斑病爲最重要[4]，在生長過程中植株均可感染發病，如罹病會破壞葉部組織，影響光合作用而導致籽粒充實不良，使產量減少，嚴重時可使植株死亡，尤其在生育早期影響最大。農育28號田間罹病等級調查，全臺灣兩年區域試驗平均罹病等級，銹病春作爲2.52級，秋作爲2.25級，比對照品種南臺十一號春作2.93級秋作2.56級均較輕微，也比其他兩個對照品種臺南選九號及臺農五號爲輕；葉斑病方面，農育28號春作爲2.53級，秋作爲2.12級，也較臺南十一號春作2.88級及秋作2.65級均較輕微，也比其他兩對照品種臺南選九號及臺農五號爲輕（表11）。

表 11. 農育28號與對照品種兩年區域試驗之銹病及葉斑病等級比較
Table 11. Average scale of rust and leaf spot of Nung-yu 28 and check cultivars in regional yield trials

Entry	Rust[z]		Leaf spot[z]	
	Spring	Fall	Spring	Fall
Nung-yu 28	2.52	2.25	2.53	2.12
Tainan No.11(ck1)	2.93	2.47	2.88	2.65
Tainan S.9(ck2)	2.98	2.56	2.81	2.35
Tainung No.5(ck3)	3.27	2.51	2.97	2.32
LSD 5%	0.19	0.16	0.22	0.24
1%	0.25	0.22	0.29	0.32

[z] Field test (scale 1～9, by Subrahmanyam *et al.*, 1980) 1.0-2.9 (hight resistance), 3.0-4.9 (resistance), 5.0-6.9 (susceptibility), 7.0-9.0 (hight susceptibility)

落花生籽粒最主要的成分爲油分及蛋白質，一般油分在44～56%，粗蛋白質含量在22～30%之間。農育28號油分含量，春作爲48.2%，低於臺南十一號的49.3%，與臺南選九號及臺農五號相當；秋

作爲44.7%與三個對照品種均無顯著差異。粗蛋白質含量，農育28號春作爲31.2%，顯著高於三個對照品種的30.0%；秋作農育28號爲29.4%，略高於對照品種，但與臺南十一號之差異未達顯著。農育28號的油份及蛋白質含量，春作均高於秋作，其他三個對照品種亦有相同情形（表12）。

表 12. 農育28號與對照品種兩年區域試驗籽粒油分及蛋白質含量比較
Table 12. Average oil and protein content of Nung-yu 28 and check cultivars in regional yield trials

Entry	Oil (%)		Protein (%)	
	Spring	Fall	Spring	Fall
Nung-yu 28	48.2	44.7	31.2	29.4
Tainan 11(ck1)	49.3	44.2	30.0	28.9
Tainan S.9(ck2)	48.3	44.3	30.0	28.2
Tainung 5(ck3)	48.3	43.8	30.0	28.6
LSD 5%	0.4	0.6	0.4	0.6
1%	0.6	0.8	0.5	0.8

臺灣落花生消費漸漸以鮮莢加工或蒸煮食用爲主，因此落花生大莢果大籽粒已成爲外觀品質之重要項目之一。春作農育28號的莢果平均長度及寬度分別爲3.62及1.62cm，均大於對照品種臺南十一號（3.24及1.57cm）及臺農五號（2.94及1.32cm）；籽粒平均長度及寬度，農育28號爲1.81及0.92cm，籽粒長度大於兩個對照品種，寬度與臺南十一號相似，但大於臺農五號。秋作農育28號的平均莢果長度及寬度分別爲3.21及1.52cm，亦大於兩個對照品種；農育28號籽粒平均長度及寬度分別爲1.50及0.91cm，籽粒長度大於兩個對照品種，寬度只大於臺農五號。三個品種在春秋作的比較，均以春作較大且主要以莢果及籽粒的長度較長（表13）。

表 13. 農育28號與對照品種莢果及籽粒的長度和寬度
Table 13. Pod and kernel size of Nung-yu 28 and check cultivar

Entry	Pod (cm)		Kernel (cm)	
	Length	Width	Length	Width
	---------- Spring ----------			
Nung-yu 28	3.62	1.62	1.81	0.92
Tainan 11(ck1)	3.24	1.57	1.51	0.91
Tainung 5(ck2)	2.94	1.32	1.40	0.75
LSD 5%	0.28	0.04	0.09	0.03
1%	0.34	0.05	0.11	0.04
	---------- Fall ----------			
Nung-yu 28	3.21	1.52	1.50	0.91
Tainan 11(ck1)	2.88	1.47	1.45	0.90
Tainung 5(ck2)	2.71	1.38	1.33	0.87
LSD 5%	0.15	0.03	0.04	0.02
1%	0.18	0.04	0.05	0.03

結 論

臺農六號之父母本分別爲臺南十一號及臺農五號，於1985年春作進行人工雜交，利用混合法培育雜交後裔，在F_5世代單株選拔，並經品系產量比較試驗及區域試驗，結果因具有大莢果大籽粒、較對照品種抗銹病及葉斑病、植株耐倒伏等特性，於1995年通過命名。臺農六號屬西班牙型（Spanish type），植株直立粗壯，葉深綠色呈倒卵形，花黃色，植株高度春作約51.3cm，秋作約45.0cm，分枝數約4～7支，莢果中筒形，長約3.62公分，寬約1.62公分，果腰中等，網紋淺，每莢果大多爲二個籽粒，籽粒爲橢圓形，長約1.81公分、寬約0.92公分，種皮爲淡紅色。開花期，春作約在出土後35～45天，秋作約在20～30天，生育日數春作約爲播種後120～135天，秋作約爲105～115天。莢果平均公頃產量春作爲2,712公斤，秋作爲2,343公斤，與臺南十一號的2,764公斤及2,314公斤差異不顯著；籽粒產量春作爲1,745公斤低於臺南十一號的1,876公斤，秋作爲1,548公斤與臺南十一號的1,628公斤差異亦不顯著。百莢重及千粒重極顯著大於臺南十一號，百莢重爲春作177公克，秋作163公克，大於臺南十一號的150公克及136公克；千粒重春作697公克，秋作645公克，大於臺南十一號的618公克及561公克。籽粒飽滿度則與臺南十一號相同，均達87.5%以上。由於莢果及籽粒均大且飽滿，適合鮮食用及加工用。籽粒油分含量春作約48.2%，秋作約44.7%，春作略低於臺南十一號（49.3%），秋作與臺南十一號（44.2%）相當；粗蛋白質含量春作約31.2%，高於臺南十一號的30.0%，秋作約29.4%與臺南十一號的28.9%相當。葉部病害方面，銹病及葉斑病，在田間的罹病等級調查結果，均較臺南十一號低。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會補助經費及各區農業改良場協助辦理區域試驗，謹此致謝。

引用文獻

1. 臺灣農業年報。1994。臺灣省政府農林廳編印 51頁。
2. 林 興、陳墀成。1970。臺農四號落花生新品種之育成。雜糧作物試驗研究簡報 12：91～99。
3. 徐進生、楊允聰。1988。食用大粒落花生品種臺南11號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 21：1～14。
4. 黃明得、林 興。1980。落花生增產之抑制因素及其改進對策。科學農業 28：248～262。
5. 黃明得、陳墀成。1986。落花生臺農五號之育成。中華農業研究 35(2)：165～179。
6. 盧煌勝。1989。落花生一雜糧作物育種程序及實施方法。29～40頁。臺灣省政府農林廳編印。
7. 蘇匡基、鄭朝洲、李 根。1968。落花生新品種臺南選九號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 1：1～5。
8. Eberhart, S. A., and W. A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6：36～40.
9. Finlay, K. W., and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14：742～754.
10. Nordon, A. J. 1973. Breeding of the cultivated peanut. pp.175～208. *In*：Peanuts-Culture and Uses (A symposium). Published by Amer. Peanut Res. and Educ. Assoc. Inc., Stilwater, Okla.
11. Subrahmanyam, P., V. K. Mehan, D. J. Nevill, and D. McDonald. 1980. Research on fungal disease of groundnut at ICRISAT. Proc. Int. Workshop on Groundnut pp.193～198.

Development of Peanut Variety Tainung No.6

Kin-Hsing Yang[2], Wen-Long Tsaur[2], Yan-Sin Cheng[2,3],
Hui-Jiuan Haung[2] and Hung-Shung Lu[2]

Summary

Tainung No.6 was developed from the F_5 bulk population of cross between Tainung No. 5 and Tainan No.11 in 1985, and was released by TARI in 1995. Large pod and kernel, high -yielding potential and good adaptability were identified through a series of tests at TARI and major peanut production areas of Taiwan. Tainung No.6 is Spanish-type with erect growth habit and early-maturity (about120-130 days and 105-115 days to harvest in the spring and fall crop respectively) . It has two-seedes pod with medium cylindrical shape, constrition , and reticulation. The traits of pod and kernel shows as follws: the pod size is 3.65×1.62cm, the 100-pod weight is 170 g, the kernel size is 1.81×0.92cm, and the 1000-kernel weight is about 700 g. Tainung No.6 possesses high yield potential, in spring and fall crop the average pod yield are 2712 and 2343 kg/ha , and kernel yield are 1745 and 1548 kg/ha, respectively. Oil and crude protein content are 44.7-48.8% and 29.0-31.2%, respectively. Tainung No.6 has higher resistance to leaf spot and rust than the commercial cultivar Tainan No.11.

Key words : Peanut (*Arachis hypogaes* L.),Variety improvement.

1. Contribution No. 1842 from Taiwan Agricultural Reseach Institute. This work was long-term financial supported by Coucil of Agricalture, Excutive Yuan.
2. Respectively, Asistant Agronomist, Asistant Agronomist, Agronomist, Asistant and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Senior specialist, Coucil of Agricalture, Excutive Yuan. Taipei City.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(2)：128～136（1996）

優良單交種玉米之親本改良—理想自交系供給親鑑別方法之比較與應用[1]

何千里　謝光照　盧煌勝[2]

摘要：鑑別理想自交系供給親，以作爲優良單交種玉米親本改良之來源，將是玉米育種工作中頗爲重要的項目之一。本研究採用臺農1號、臺南17號、臺農351號及B73×Mo17等四個單交栽培種之八個親本（TA2808-176、TA3651-377、Antigua-2-44-1、P-3184-1-3-1、TA80-2598、TA80-1410、B73及 Mo17）之半互交（不包括反交）材料，進行春、秋、裡等三期作之田間試驗。調查項目包括籽粒產量、株高、穗位高、開花期及吐絲期。臺農1號設計爲有待改良之雜交種，資料估算七種介值：(1)μG 爲自交系供給親所具有但 I_1 或 I_2 並不存在之相對有利基因之數目；(2)μG* 爲 μG 之較少偏差估值；(3)NI 爲淨改良值；(4)PTC 爲三向雜交預測值；(5)UBND爲 μG* 之最低上限值；(6)GCA 爲一般組合力效應；(7)Iw 爲自交系表現值。試驗結果顯示，μG*、NI、PTC、UBND、GCA 相互之間均達顯著相關；六個自交系中，Antigua-2-44-1 之 μG*、PTC、UBND 及 GCA 皆名列第一，其作爲改良臺農1號親本之供給親，應最具潛力。

關鍵詞：玉蜀黍、自交系、單交種、有利基因、供給親。

農業上運用雜種優勢以進行增產，玉米是非常成功的作物之一。臺灣自推廣單交種玉米品種臺農1號、臺南17號及臺農351號以來，其單位面積產量確已較舊有品種高出許多。未來爲求產量及品質的繼續突破，我們必須充分利用更多的自交系及族群種原，藉此或可選育出兩個優異的自交系，組成表現更佳的單交種，完全取代現有品種；或選育出一個組合力甚高的自交系，取代原有單交種之一個親本；或經由優良單交種之親本改良，以達到提昇產量或品質的目標。

優良單交種之親本改良工作，是玉米育種中相當經濟有效的途徑之一，國外種子公司使用頻率頗高。對於質的性狀（如某些抗病性等），由於控制此性狀之基因數目不多，在育種材料中很容易辨識出來，經由回交方式（在分離後代，此性狀亦容易篩選），即可將此類基因導入欲改良的親本中，而達成目的。但對於量的性狀，由於控制此性狀之基因數目較多，作用方式也雜，回交導入執行不易。因此，藉著雜交（在此，欲接受改良之自交系爲雜交親本之一），再以譜系法等方式培育而成，似乎較爲可行。與優良單交種之親本雜交之對象材料，當然必須具有某些有利的基因，可資利用，但往往亦可能同時攜有某些不利的基因，造成困擾。因此，在育種過程中，育種種家最關心的，也是影響育種成敗最具關鍵的，莫過於愼選親本了。

有關鑑別親本種源的方法，隨育種目標之不同而略有差異。Dudley[3-10]研究發展基因轉移理論及鑑定理想族群或自交系供給親的方法，以協助育種家達成優良單交種親本改良的目的。在鑑別理想

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1843 號。
2. 本所農藝系助理研究員、助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

自交系供給親方面，Dudley[3,5]最初在其報告中設計一個可以鑑別具有利基因自交系之遺傳模式，將一優良單交種 $I_1 \times I_2$ 及可能之供給親 Iw 三者間所形成之八個等級基因座列如表1，介值 μG 可用以估算供給親自交系所具有利基因之相對基因座數目。Gerloff and Smith[13,14]另提出 UBND（最低上限 minimum upper bound)及 TC（三向雜交平均值 three-way cross mean）兩種估值。隨後 Dudley[7,9]修訂部分假設前提，而設計另一估值 μG^*，以減少 μG 之偏差。許多育種家也常利用以自交系本身的表現、三向雜交預估值（predicted three-way cross performance-PTC）及一般組合力效應（general combining ability effects-GCA）來評估一自交系的育種潛能[16,20]。Bernardo[1]則創設淨改良值 NI（net improvement），以估算在親本改良過程中，得自理想自交系供給親之有利基因與原單交種中所失去之有利基因間之差值。Bernardo[2]更將 Dudley[3-10]之理論擴展爲藉一最普遍之自交系爲測試親，以鑑別其他自交系親本，使應用在譜系育種法之介值μ（E+F+G）。上述各種介值之計算及假設前提並非完全一致，同時其所需要評估的試驗材料也不盡相同。Misevic[18,19]、Gerloff and Smith[13,14]、Bernardo[1,2] 及 Zanoni and Dudley[22] 在實際運用上或理論研究上，都曾作了一些討論。

表 1. 三個同型結合自交系可能之基因座等級

Table 1. Genetic status of classes of loci possible for three homozygous lines

Class of loci	Line[z]		
	I_1	I_2	I_w
A	+	+	+
B	+	+	−
C	+	−	+
D	+	−	−
E	−	+	+
F	−	+	−
G	−	−	+
H	−	−	−

[z] +=loci homozygous for favorbale allele; −=loci homozygous for unfavorable allele.

本研究之目的，乃藉臺灣三個最主要的飼料玉米推廣品種臺農1號、臺南17號、臺農351號及美國最普遍之雜交種 B73×Mo17 等四個單交種之八個自交系親本之半互交（不包括反交）材料，進行春、秋、裡等三期作田間試驗估算 μG、μG^*、NI、PTC、UBND、GCA及Iw 等七種介值，並比較每一種鑑別方法之優劣，以爲研究者參考之用。

材料與方法

一、試驗材料

本研究之8×8半互交（不包括反交）試驗，八個親本：TA 2808-176、TA 3651-377、Antigua-2-44-1、P-3184-1-3-1、TA 80-2598、TA 80-1410、B73及 Mo17，分別爲臺農1號、臺南17號、臺農351號及 B73×Mo17等四個單交種玉米之父母本。八個親本之背景資料來源描素如表2。二十八個 F_1 組合之雜交種子生產，於1991年8～12月間在農試所農場完成。

表 2. 八個自交系之背景資料
Table 2. Backgrounds of the eight inbred lines evaluated

Code	Inbred line	Background
S	TA2808-176	ICAL210 derivative
T	TA3651-377	Hi31 derivative
U	Antigua-2-44-1	Antigua-2 Syn. derivative
V	P-3184-1-3-1	Pioneer Syn. derivative
W	TA80-2598	CM105 derivative
X	TA80-1410	77-4441 derivative
Y	B73	BSSS C_5
Z	Mo17	187-2×C103

二、試驗方法

二十八個 F_1 組合及八個親本，共計三十六個參試，試驗於1992年春、秋、裡三期作在農試所農場進行。爲避免雜交種與自交系親本間差距懸殊之競爭能力，二十八個 F_1 組合與八個親本將在相鄰的田區分別種植。田間均採逢機完全區集設計，四重複，三行區，行長 5 公尺，行株距70×25公分，公頃株數57,143。肥料施用量爲 N：P_2O_5：K_2O=200：90：60公斤／公頃，基肥包括 N 60 公斤，P_2O_5 及 K_2O 全量，播種後一個月及雄花抽穗前分別加施 N 70公斤各一次。其他田間管理，如除草、中耕、培土及灌溉等，依一般玉米栽培法進行。玉米生育期間調查株高、穗位高、開花期、吐絲期及籽粒產量等五個性狀。

三、統計分析

三期作之試驗資料合併進行綜合變方分析[17]。變方分析中，期作設定爲逢機型，F_1 組合及自交系親本均設定爲固定型。F_1 組合之平方和將劃分成一般（GCA）及特殊（SCA）組合力效應[12,15]。臺農 1 號設計成有待改進之優良單交種（$I_1 \times I_2$），其餘六個親本均爲具供給親潛力之自交系（Iw）。籽粒產量性狀在三期作之平均值作爲計算下列七個不同的介值：

(1)μG－自交系供給親具有但 I_1 或 I_2 並不存在之相對有利基因數目[3]

$$\mu G = [(I_1 \times Iw) + (I_2 \times Iw) - (I_1 \times I_2) - I_1 - I_2 - Iw] / 4$$

(2)μG^*－μG之較少偏差估值[9]

$$\mu G^* = [(I_1 \times Iw) + (I_2 \times Iw) - (I_1 \times I_2) - I_1] / 4 \text{ if } \bar{q}_{j0}, \bar{q}_{k1};$$

$$\mu G^* = [(I_1 \times Iw) + (I_2 \times Iw) - (I_1 \times I_2) - I_2] / 4 \text{ if } \bar{q}_{j1}, \bar{q}_{k0};$$

$$\mu G^* = [2(I_1 \times Iw) - (I_1 \times I_2) - I_2] / 4 \text{ if } \bar{q}_{j0}, \bar{q}_{j1};$$

$$\mu G^* = [2(I_1 \times Iw) - (I_1 \times I_2) - I_1] / 4 \text{ if } \bar{q}_{k0}, \bar{q}_{k1};$$

(3)NI－淨改良值[1]

$$NI = \text{maximum } [(I_1 \times Iw - I_1 \times I_2)/2, (I_2 \times Iw - I_1 \times I_2)/2]$$

(4)PTC－三向雜交預測值[20]

$$PTC = [(I_1 \times Iw) + (I_2 \times Iw)] / 2$$

(5)UBND－μG^*之最低上限[13]

$$UBND = \text{minimum } [(I_1 \times Iw) - I_1, (I_2 \times Iw) - I_2]$$

(6)GCA－一般組合力效應[11]

每一自交系的 GCA，爲一組半互交組合中，此一自交系參與之雜交組合之平均值與所有雜交組合平均值間之離差。

(7)Iw－自交系供給親本身之表現

二十八個 F_1 組合所估算得到之以上七個不同介值，可評估每一自交系供給親的應用價值，七個估值間之關聯性亦藉簡單相關係數來加以比較[21]。

結果與討論

試驗資料經統計分析結果列如表 3，五個性狀平均雜種優勢值，開花期、吐絲期爲負值，餘爲正值，其中以籽粒產量最大（151.26%），開花期最小（−6.83%）；一般組合力佔雜交種平方和之比例，以穗位高最大（40.79%），株高最小（8.13%）籽粒產量僅佔了18.31%，因此，顯性或上位性作用對籽粒產量之影響遠高於累加性作用，此與多數研究者的試驗結果相符[16]。開花期及吐絲期，雜交種約較自交系早了4.2天及5.4天；株高、穗位高及籽粒產量，雜交種則明顯的高過自交系。

表 3. 八個自交系半互交組合之雜種優勢、一般組合力及平均值

Table 3. Midparent heterosis, general combining ability, and means for a half-diallel set of 8 inbred lines evaluated

	Day to flowering	Day to silking	Plant height	Ear height	Grain yield
	----------	----------	%	----------	----------
Heterosis[z]	−6.83	−8.42	35.22	42.29	151.26
GCA[y]	8.46	10.89	8.13	40.79	18.31
	day	day	cm	cm	(t/ha)
F_1 means[x]	57.23	59.42	213.27	96.28	4.81
Inbred means[w]	61.42	64.89	157.72	67.66	1.91

[z] Heterosis : 100 (F_1−MP) ／MP where MP=midparent.
[y] Percent of hybrid sums of squares explained by GCA.[12]
[x] F_1 means : Average of all single crosses.
[w] Inbred means : Average of 8 inbred lines.

自交系之公頃籽粒產量差異非常顯著，其中 W 之3.67公噸最高，Z 之0.66公噸最少（表 4）。自交系 W 爲 CM105 之分離系，CM105 屬熱帶型硬粒種玉米，適應性頗強。W 之開花期、吐絲期分別爲60.1天及64.4天；株高及穗位高分別爲180.4公分及91.1公分。自交系 Z 分離自187-2×C103，屬溫帶型馬齒種玉米，開花期、吐絲期分別爲60.2天及65.0天；株高及穗位高分別爲133.6公分及40.9公分。單交組合中以 S×T 及 S×Y 之籽粒產量分別高達6.28公噸及6.25公噸，其餘則介於3.22—5.84公噸之間（表 4）。S×T 爲臺灣種植面積最廣的飼料玉米品種臺農 1 號，其高產本在意料之中；S×Y 亦達到類似的產量，可見 S 與 Y 間有很高的特殊組合力。單交組合之開花期介於55.5天（U×Z）−59.0天（U×W）；吐絲期介於57.6天（S×Y）−62.7天（U×W）；株高介於195.1公分（U×W）−225.5公分（S×T、S×Y）；穗位高介於80.7公分（Y×Z）−110.5公分（W×X)(表 3）。每一個性狀各單交組合間之差異甚大，此與八個自交系之來源分歧頗爲有關(表4)。

表 4. 雜交種（對角線右上方）及自交系系（對角線上）之籽粒產量平均（t/ha）
Table 4. Grain yield means (t/ha) for the single crosses (above diagonal)[z] and inbreds (on diagonal)[y]

Inbred	S	T	U	V	W	X	Y	Z
S	2.93	6.28	5.84	5.68	5.49	5.41	6.25	5.36
T		1.05	5.75	4.75	4.99	3.54	3.49	4.27
U			2.16	5.58	3.22	4.55	4.68	5.67
V				1.70	5.05	4.86	4.49	3.49
W					3.67	5.54	4.42	4.60
X						2.25	3.89	4.32
Y							0.90	3.28
Z								0.66

[z] $LSD_{(0.05)}$ for F_1 mean=2.06.
[y] $LSD_{(0.05)}$ for inbred mean=0.79.

當設定 S×T 爲欲改良之單交種（專指籽粒產量而言），自交系 U、V、W、X、Y、Z 爲有利基因之可能供給親，估算七種介值結果，多數自交系之 NI、UBND、PTC、μG* 及 Iw 皆達顯著，μG 及 NI 全數爲負值（表5）。自交系 X 有最大之 μG 及 NI（分別爲−0.89及−1.37）；而自交系 U 之 μG 及 NI 最小（分別爲−0.21及−0.27）。自交系 U 之 UBND、PTC 及μG* 均爲六個供給親中最高者（分別爲2.91、5.79及1.07）；自交系 Z 之 UBND (2.40)、自交系 X 之 PTC (4.48) 及自交系 V 之 μG* (0.41) 都是供給親中最低者。自交系 W 之 Iw 最高 (3.67)，約爲自交系 Z (0.66) 之六倍；自交系 U、V、W 之 GCA 爲正值，X、Y、Z 之 GCA 則爲負值。

表 5. 設定 S×T 爲欲改良之單交種所獲籽粒產量之 μG、NI、UBND、PTC、μG*、Iw 及 GCA 估值
Table 5. Different estimates of favorable alleles not in S×T (μG, μG* and UBND), inbred *per se* mean (Iw), predicted three-way cross means (PTC), and general combining ability (GCA) effects for grain yield (t/ha) when S×T was desigated as the hybrid to be improved

Inbred	μG	NI	UBND	PTC	μG*	Iw	GCA
U	−0.21	−0.27	2.91*	5.79*	1.07*	2.16*	0.23
V	−0.38*	−0.77*	2.75*	5.22*	0.78*	1.70*	0.01
W	−0.86*	−0.65*	2.57*	5.24*	0.79*	3.67*	0.17
X	−0.89*	−1.37*	2.49*	4.48*	0.41*	2.25*	−0.15
Y	−0.36	−1.34*	2.44*	4.87*	0.60*	0.90	−0.52*
Z	−0.33	−1.00*	2.40*	4.80*	0.57*	0.66	−0.50*
S						2.93*	0.95*
T						1.05	−0.18

* Larger than 2×SE.

本研究中七個介值之相關性，除了 μG 及 Iw 外，其餘 NI、UBND、PTC、μG*、GCA 間均有顯著之正相關（表6），因此，就本試驗材料而言，作爲選擇理想供給親之參考方法，NI、UBND、PTC、GCA 與 μG* 之效果應該相類似。μG 除了與 Iw 爲顯著負相關外，與其他介值間之相關係數均甚低（−0.20～0.48）。Zanoni and Dudley[22]報告中指出，μG* 與 UBND 及 PTC 之相關性最高，其次爲 GCA、Iw 及 μG；本研究資料與 Zanoni and Dudley[22]之結果也有類似。

表 6. 籽粒產量介值間之相關係數
Table 6. Correlation coefficient among estimators for grain yield

Estimator	NI	UBND	PTC	μG*	Iw	GCA
μG	0.34	0.36	0.48	0.48	−0.68*	−0.20
NI		0.83*	0.94*	0.94*	0.43	0.78*
UBND			0.87*	0.87*	0.34	0.81*
PTC				0.99*	0.32	0.71*
μG*					0.32	0.71*
Iw						0.81*

* Significant at the 0.05 probability levels.

Dudley[3]建議，比較自交系間之親疏關係（$\mu C+\mu F$ 及 $\mu D+\mu E$），並參考μG 值，可作爲選擇理想供給親之依據。實際上，雜種優勢〔$(I_1\times I_2)-(I_1+I_2)/2=\mu C+\mu D+\mu E+\mu F$〕也可顯示出自交系親本間基因座之相似性與互補性。本研究中各單交組合之雜種優勢達4.0以上的計有 S×T、S×Y、T×U 及 U×Z 等四個（表7），自交系 S 及 U 分別爲熱帶型硬粒種 ICAL210 及 Antigua-2 Syn. 之分離系，自交系T、Y、Z 則分別源自溫帶型馬齒種 Hi31、BSSS C_5、187−2×C103。S 與 T、Y 之間及 U 與 T 、Y 之間似乎有較遠之親緣關係，因此其雜種優勢特別強；而同爲熱帶型硬粒種之自交系 U 與 W 之間，基因座之互補性特別小，其雜種優勢表現即非常弱（0.31）。多數學者研究雜種優勢模式，常因材料不同而結果互異[16]，不過熱帶型×溫帶型及馬齒種×硬粒種所顯現的雜種優勢現象已多獲肯定。

表 7. 籽粒產量之雜種優勢 (t/ha)
Table 7. Heterosis for grain yield (t/ha)

Inbred	T	U	V	W	X	Y	Z
S	4.30	3.29	3.36	2.20	2.82	4.33	3.53
T		4.15	3.37	2.63	1.89	2.51	3.42
U			3.65	0.31	2.34	3.15	4.26
V				2.36	2.88	3.19	2.31
W					2.58	2.14	2.44
X						2.31	2.87
Y							2.51

Heterosis=F_1−MP where MP=midparent.
2×SE of difference=1.71.

Dudley[3]最早提出之 μG 介值，基本上其假設控制數量性狀之顯性有利基因（在 G 級基因座上）係存在於供給親 Iw 上，但優良單交種（$I_1\times I_2$）之親本 I_1 及 I_2 並不擁有此基因。應用 μG 之前提爲 $z=-\mu$ 及 $a=1$，即基因型＋＋、＋−及−−之基因型值（genotypic value）分別爲 $z+2\mu$、$z+\mu+a\mu$ 及 z，其中 μ 爲二同型結合體離差之半值，z 爲隱性基因型值；而 a 爲顯性程度，$a=1$、$a<1$ 及 $a>1$ 分別代表完全顯性、部分顯性及超顯性。隨後，Dudley[7]發現 $z=-\mu$ 及 $\mu A=\mu H$ 之前提並不十分合理，因此，遂去除以上二項前提，另創一介值 μG* 。應用 μG* 當然也面臨是否符合 $a=1$、μ 在每一基座上爲常數、無上位性（no epistasis）三項條件所產生之影響。在 $a\neq1$ 之情況下，μG* 介值之估算難免會多少有所偏差，如$a<1$ 及 $a=0$ 均易造成 μG* 之低估；而 $a>1$則 μG* 將有高估之虞。μ在所有基因座若並非常數時，對 μG* 估值之影響較難清楚

，不過，一般而言，除非多數供給親自交系之 G 級基因座上的 μ 值變域甚大，否則 μ 值的變異對理想供給親的選擇應不致有太大的影響。另外，上位性存在時對 μG^* 估值的影響層面，目前仍然無法明瞭[10]。

Gerloff and Smith[13]之 UBND 估算在 G 級基因座中之相對有利基因數目加上 C 級或 E 級之基因座數目總和。在這種情況下，供給親 Iw 與 I_1 或 I_2 有共同之有利基因，同時供給親 Iw 也與 I_1 或 I_2 有共同之不利基因（表 1）。因此，當 C 及 E 級具較多有利基因時，UBND 所提供之訊息或將嚴重高估了供給親之應用潛力。PTC 估算 G 級基因座數目與 B、C、E 級基因座上有利基因及 A、H 級基因座離差之總和，就 B、C、E 級基因座而言，三者同屬二自交系爲有利同型結合（+）及另外一自交系爲不利同型結合（−），PTC 介值也可能造成 G 級基因座數目之高估（表 1）。

在親本改良過程中，得自理想供給親之有利基因與原單交種中所失去之有利基因之差值大小，可藉 Bernardo[1]所創立之淨改良值 NI 加以估算。自交系供給親本身之表現（Iw），可作爲單交種子經濟生產之考量條件，卻無法直接作爲預測單交種表現之依據。評價自交系潛力，GCA 爲應用最廣的方法之一。累加性作用爲主之性狀，以 GCA 作爲評判標準應屬可靠；非累加性作用爲主之性狀（如產量），僅以 GCA 作爲評判標準，失誤機會頗大，應進一步參考其他數據才可作決定。

在有關鑑別理想自交系供給親以作爲優良單交種玉米親本改良來源之已發表方法中，除 Gerloff and Smith[13,14]之 TC (SC) 及 Bernardo[2]之 μ (E+F+G) 未使用在本研究外，其餘七種介值已全部涵蓋。Gerloff and Smith[13,14]之 TC (SC)，若將 $I_1 \times I_2$ 列爲特定之臺農 1 號則僅需六個之 Iw× ($I_1 \times I_2$) 組合，執行起來頗爲單純；但由於部分 Iw× ($I_1 \times I_2$) 組合之種子生產不完全，以致無法參與試驗，及在本研究中討論。Bernardo[2]之μ (E+F+G)，係將 Dudley[9]之方法擴充到藉一常用優良自交系爲測試親，以鑑別其他自交系是否具有利基因，可資選擇親本以配合此測試親應用於譜系育種法中，其估算公式中，將 Dudley[9]之 I_1，I_2 及Iw 更改爲 T，I_k 及 I_{k1}。若將本研究資料在統計時略作修改，亦可得到μ (E+F+G) 之估值以作爲參考，惟因其性質與本研究主題稍有差異，故不在本研究中進一步比較。

本研究資料分析結果顯示，NI、UBND、PTC、μG^*、GCA 五種介值相互間具有很高之相關性；而在鑑別理想自交系供給親方面，所測定之六個自交系中，U (Antigua-2-44-1) 表現特別優異，其 UBND、PTC、μG^* 及 GCA 均爲六個當中之最高者，而其 Iw 亦可達每公頃2.16公噸（第三位）。就本試驗材料而言，進行臺農 1 號之親本改良計畫，Antigua-2-44-1將爲最理想之供給親。

引用文獻

1. Bernardo, R. 1990a. An alternative statistic for identifying lines useful for improving parents of an elite single cross. Theor. Appl. Genet. 80 : 105—109.
2. Bernardo, R. 1990b. Methods of choosing parents in a pedigree breeding program given an elite inbred tester. Maydica 35 : 267—271.
3. Dudley, J. W. 1984. A method of identifying lines for use in improving parents of a single cross. Crop Sci. 24 : 355—357.
4. Dudley, J. W. 1984b. A method for identifying populations containing favorable alleles not present in elite germplasm. Crop Sci. 24 : 1053—1054.
5. Dudley, J. W. 1984c. Identifying parents for use in a pedigree breeding program. pp. 176—188. *In* D. Wilkinson, and R. Brown (ed.) Proc. 39th Annu. Corn and Sorghum Industry Res. Conf., Chicago, IL. 5—6 December. Am. Seed Trade Assoc., Washington, DC.

6. Dudley, J. W. 1984d. Theory for identification and use of exotic germplasm in maize breeding programs. Maydica 29 : 391—407.
7. Dudley, J. W. 1987a. Modified methods of identifying populations or lines with favorable alleles for improving an elite single cross. pp. 22—42. *In* Proc. 23rd Illinois Corn Breeders School, 3—4 Mar. 1987. Champaign, IL.
8. Dudley, J. W. 1987b. Modification of methods for identifying populations to be used for improving parents of elite single crosses. Crop Sci. 27 : 940—943.
9. Dudley. J. W. 1987c. Modification of methods for identifying inbred lines useful for improving parents of elite single crosses. Crop Sci. 27 : 944—947.
10. Dudley, J. W. 1988. Theory for identification of lines or populations useful for improvement of elite single crosses. *In* B. Weir (ed.) Proc. Ind. Int. Conf. on Quantitative Genetics, Raleigh, NC. 1—5 June. 1987. Sinauer Assoc., Sunderland. HA.
11. Falconer, D. S. 1981. Introduction to quantitative genetics. 2nd ed. Longman Inc., New York.
12. Gardner, C. O., and S. A. Eberhart. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics 22 : 439—452.
13. Gerloff, J. E., and O. S. Smith. 1988a. Choice of method for identifying germplasm with superior alleles. 1. Theoretical results. Theor. Appl. Genet. 76 : 209—216.
14. Gerloff, J. E., and O. S. Smith. 1988b. Choice of methods for identifying germplasm with superior alleles. 2. Computer simulation results. Theor. Appl. Genet. 76 : 217—227.
15. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9 : 463—493.
16. Hallauer, A. R., and J. B. Miranda, Fo. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp. 468.
17. McIntosh, M. S. 1983. Analysis of combined experiments. Agron. J. 75 : 153—155.
18. Misevic, D. 1989a. Identification of inbred lines as a source of new alleles for improvement of elite maize single crosses. Crop Sci. 29 : 1120—1125.
19. Misevic, D. 1989b. Evaluation of three test statistics used to identify maize inbred Lines with new favorable alleles not present in elite single cross. Theor. Appl. Genet. 77 : 402—408.
20. Sprague, G. F., and S. A. Eberhart. 1977. Corn breeding. *In* G. F. Sprague (ed.) Corn and corn improvement. 2nd ed. Agronomy 6 : 305—363.
21. Steel, R. J., and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., New York.
22. Zanoni, U., and J. W. Dudley. 1989. Comparison of different methods of identifying inbreds useful for improving elite maize hybrids. Crop Sci. 29 : 577—582.

Improvement of Parents of Elite Single Crosses Maize-Comparison and Application of Methods for Identifying Inbred Lines with Favorable Alleles[1]

Chang-Lee Ho, Guang-Jauh Shieh and Hung-Shung Lu[2]

Summary

The identification of inbred lines as sources of favorable alleles not already present in an elite single cross is an important part of a pedigree maize breeding program. A half-diallel set of eight maize inbred lines, TA2808-176, TA3651-377, Antigua-2-44-1, P-3184-1-3-1, TA80-2598, TA 80-1410, B73 and Mo17, representing four popular single-crosses cultivars (Tainung No. 1, Tainan No. 17, Tainung No. 351 and B73×Mo17) were evaluated in three environments (spring, fall and winter crop seasons) for grain yield, plant height, ear height, flowering date and silking date. Tainung No.1 was designated as the elite hybrid to be improved. The following seven estimates were compared for their values of an inbred as a parent for improving performance of an elite single cross : (1)μG—the relative number of favorable alleles ; (2)μG*—less biased of μG ; (3)NI—net improvement ; (4)PTC—predicted three-way cross performance ; (5)UBND-minimum estimate of an upper bound on μG* ; (6) GCA-mean general combining ability effect ; (7) Iw-mean inbred *per se* performance. The results indicated that there were high correlation among μG*、NI、PTC、UBND and GCA for grain yield. Inbred Antigua-2-44-1 had the largest μG*、PTC、UBND and GCA, and was the line chosen as potential donor line for improving parents of Tainung No. 1.

Key words : *Zea mays* L., Inbred line, Single cross, Favorable alleles, Donor.

1. Contribution No. 1843 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, and Senior Agronomist, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(2)：137～146（1996）

不同檢定親及族群對玉米籽粒與青割產量性狀間關係之影響[1]

盧煌勝　何千里　謝光照[2]

摘要：本研究使用五個不同之玉米族群爲試驗材料，藉臺農1號父母本 TA3651-377及TA2808-176兩個自交系爲檢定親，分別與每一族群之20個 S_4 系統雜交，產生200個測交種（計分10群）。調查籽粒及青割產量性狀，估算外表型相關，比較不同檢定親及族群對性狀間關係之影響，並評估族群作爲籽粒或青割育種材料之潛力。試驗結果顯示：開花期、吐絲期、株高、穗位高與青割產量性狀（莖葉乾物產量、整株乾物產量、乾物率、果穗百分比及 TDN）之相關程度，隨檢定親或族群之不同而異；而籽粒產量與莖葉乾物產量、整株乾物產量間之顯著正相關關係，則相當穩定，籽粒產量應可作爲選拔高產青割玉米的一項重要參考指標。若考慮將五個族群納入育種計畫，其中 Thai Comp. No.3 (S)C_5(M)C_1較適合作籽粒用途，Maize Pathological Population No.2及 Amarillo Dentado DMR BC_3 F_5 (S)C_1 較適合作青割用途；而 KU C_1(ME)C_3(S)C_1 則可兼作籽粒及青割之用。

關鍵詞：玉米、自交系檢定親、族群、測交種、籽粒產量、青割產量、外表型相關係數。

玉米爲最重要的糧食及飼料作物之一。作爲飼料用途的玉米，又可依利用部位的不同，分成籽粒用及青割用。籽粒用玉米，多在生理成熟階段，收穫果穗；青割用玉米，則多在植株含水率達60～70%之間，或籽粒爲乳熟階段，整株刈割收穫。一般而言，籽粒產量高之雜交玉米作爲青割用途，其表現應該不致太差。早期之北美地區，青割玉米占整個玉米產業的比重甚低，當時多數育種家認爲，籽粒產量高的雜交玉米即適合當作青割玉米，因此，多僅專注於籽粒產量爲主之育種工作，而不另外從事青割玉米之育種計畫。隨後，青割玉米漸受重視，推廣面積也急速擴大，研究者發現部分品種之籽粒產量與整株乾物產量的關係不見得甚爲密切；而且，青割產量高的品種與籽粒產量高的品種間，許多性狀也顯然不同。當時認爲高株、粗桿、大葉都與高乾物產量似乎有關，而整株乾物率至少在28～30%以上，則是早熟性品系很重要的選拔標準[3,11]。

玉米籽粒作爲飼料很容易被動物所消化，而其占整株乾物產量之比率也相當高，因此，籽粒產量與總營養消化率之間，似乎理所當然的應有較密切的相關。唯多位學者的研究報告均指出，籽粒產量與總消化率之相關係數，都略小於籽粒產量與整株乾物產量之相關係數[4,9]。果穗包括籽粒及穗軸，爲整株乾物產量的一部分，有關果穗百分比或籽粒百分比與總營養消化率的相關性，已有許多報告，Deinum and Bakker[5]發現總營養消化率與果穗百分比間之關係並不密切。Roth *et al.*[14]更指出，育種過程中，以果穗與莖葉之比值作爲選拔標準，可能無法獲致總營養消化率高之單株。Allen *et al.*[4]利用32個雜交種玉米作研究，發現籽粒產量與總營養消化率的相關係數頗高（r=0.80），唯其

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1844 號。
2. 依序爲本所農藝系研究員、助理研究員及助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料中，包含許多籽粒產量頗爲懸殊的雜交種，其對高產雜交種與低產雜交種並未分開處理，或作個別之分析比較。

引進外來族群（exotic population）以增進遺傳歧異性（genetic diversity），對玉米育種工作有相當大的助益，只是族群種類繁多，外來族群的適應性往往有問題，通常在正式納入育種計畫之前，都必須仔細評估[15]。選拔過程中，可能促使族群之一個或多個目標性狀發生改變，同時也可能造成其他相關性狀產生變化，性狀間的相關情形可能隨族群或檢定親之改變而不同[12,18,19]。本研究使用國外引進之五個玉米族群，藉臺農1號之父母本爲檢定親，與五個族群之 S_4 系統雜交，研究之目的乃在：(1)探討籽粒與青割產量性狀間之相互關係；(2)比較不同檢定親對此種相互關係之影響；(3)比較不同族群間此種相互關係之差異；(4)評估此五個族群作爲育種材料以發展雜交玉米（籽粒或青割）之潛力。

材料與方法

本試驗使用 Maize Pathological Population No.2、KU C_1(ME)C_3(S)C_1、Amarillo Dentado DMR BC_3 F_5(S)C_1、Thai Comp. No.3 (S)C_5(M)C_1 及 Caripeno DMR(S)C_5 等五個族群爲材料，分別以代號 MP、KU、AD、TC、CD 表示。五個族群係於1984年2月間自泰國 Kasessart 大學引進，均具抗露菌病基因。1991年秋作，利用臺農1號之父母本 TA3651-377及TA2808-176爲檢定親，分別與此五個族群之 S_4系統進行雜交。每一族群產生40個測交種（其中20個爲 S_4×TA3651-377，20個爲 S_4×TA2808-176），合計200個。1992年秋作，進行青割及籽粒產量比較試驗，試驗採順序排列，雙行區，二重複，行長5 m，行株距70×25cm，公頃株數57,143株。肥料用量 N：P_2O_5：K_2O=200：90：60kg/ha；基肥包括 N 半量，P_2O_5 及 K_2O 全量；植株生長至齊膝期，施 N 半量爲追肥。其他田間管理，按一般玉米栽培法進行。生育階段調查開花期、吐絲期、株高、穗位高；吐絲期後45天進行青割取樣（小區之前半行），籽粒達生理成熟階段收穫果穗（小區之後半行）。調查性狀及方法如下：

1. 開花期（days to flower）：由播種日起至小區中50%植株達雄穗始花所需的日數。
2. 吐絲期（days to silk）：由播種日起至小區中50%植株雌穗開始吐絲所需的日數。
3. 株高（plant height）：爲每小區逢機選取10株，由地表至雄穗主軸頂端的平均高度，cm 表示。
4. 穗位高（ear height）：爲每小區逢機選取10株，由地表至第一雌穗基部的平均高度，cm 表示。
5. 整株乾物產量（whole-plant yield）：於青割取樣時期，每小區取樣10株，從地表面割起，稱其鮮重，然後置於70°C烘乾機中烘七天，稱其乾重，再換算每公頃之重量，以 t 表示。
6. 整株乾物率（whole-plant dry matter content, DM content）：上述整株乾物產量樣品中，（乾重／鮮重）×100之值。
7. 果穗百分比（ear percentage, % Ear）：小區樣品中之（果穗乾重／整株乾重）×100。
8. 莖葉乾物產量（stover yield）：上述整株乾物產量樣品中，剔除果穗乾重所餘之重量。
9. 總營養消化率（total digestable nutrient percentage, TDN）：青割玉米 TDN 測定法比照日本 Pioneer 種子公司推廣手册使用方法（Japan Pioneer Hybrid Co. Ltd. 1986）進行估算，其法於植株收割時全株烘乾，以下列公式求得：

$$\text{TDN }\% = \frac{[(\text{莖葉乾重}\times 0.582)+(\text{果穗乾重}\times 0.85)]}{\text{莖葉乾重}+\text{果穗乾重}}\times 100$$

10. 籽粒產量（grain yield）：於生理成熟期，每小區逢機收取10株之果穗，烘乾脫粒後稱其籽粒重，再換算爲公頃重量，以 t 表示之。

以上資料，依族群及檢定親別，估算平均值及差異顯著性，並比較族群間籽粒及青割產量性狀之

相互關係。

結果與討論

五個族群 S_4 測交種之十個性狀的平均值列如表1及表2。表1爲檢定親 TA3651-377的部分，開花期及吐絲期均以族群 CA 最晚，而 TC 最早。株高最高的爲 TC，以 CA 最矮。穗位高以 MP 最高，以 CA 最矮。公頃籽粒產量介於4.75t (AD) ～5.42t (TC) 之間。莖葉乾物產量介於6.46t (TC) ～8.19t (MP) 。整株乾物產量介於11.4t (AD) ～13.0t (MP) 。族群間之整株乾物率介於28.6～30.6%，除 AD 稍低外，其餘差異不大。果穗百分比以 TC 之43.7%最多，最少的爲 MP 之37.3%。TC 之 TDN 達69.6%，而 MP 僅爲68.4%。

Table 1. Mean values of agronomic traits for five populations of TA3651-377 maize testcrosses.

Population	Days to flower	Days to silk	Plant height	Ear height	Grain yield	Stover yield	Whole-plant			
							Yield	DM content	Ear	TDN
	(day)	(day)	(cm)	(cm)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(%)	(%)	(%)
MP	51.0	52.7	233.1	121.3	5.17	8.19	13.0	30.6	37.3	68.4
KU	51.2	52.6	229.4	112.9	5.00	7.45	12.1	29.5	39.0	69.0
AD	51.3	53.2	232.1	115.0	4.75	6.98	11.4	28.6	39.1	68.9
TC	50.3	51.8	236.5	117.1	5.42	6.46	11.5	29.9	43.7	69.6
CA	51.8	53.6	220.4	103.0	5.15	7.41	12.2	30.2	40.0	69.4
LSD(0.05)	0.5	0.6	4.5	3.2	0.27	0.53	0.5	1.4	2.4	0.5

在檢定親爲 TA2808-176之結果如表2，每一性狀之各群族間的排名順序，與在檢定親爲 TA3651-377者不盡相同。開花期及吐絲期均以 AD 最晚，而以 KU 及 MP 最早。株高及穗位高最矮的爲 MP；其中 AD、TC 及 CA 三個族群之株高無顯著差異；而穗位高以 AD 最高。公頃籽粒產量介於5.38t (CA) ～5.81t (KU) 。莖葉乾物產量及整株乾物產量均以 KU 最高，而以 TC 最低。乾物率介於29.8% (MP) ～31.2% (TC) 。TC 果穗百分比最高 (42.7%) ，但 TDN 最低 (69.0%) 。

Table 2. Mean values of agronomic traits for five populations of TA2808-176 maize testcrosses.

Population	Days to flower	Days to silk	Plant height	Ear height	Grain yield	Stover yield	Whole-plant			
							Yield	DM content	Ear	TDN
	(day)	(day)	(cm)	(cm)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(%)	(%)	(%)
MP	50.7	49.5	234.4	111.5	5.78	7.93	13.3	29.8	41.4	69.9
KU	50.6	49.6	234.4	115.6	5.81	8.00	13.4	30.9	42.3	70.7
AD	52.5	50.9	242.5	126.9	5.57	7.92	13.1	30.5	40.8	69.8
TC	51.3	50.4	243.8	115.4	5.69	6.81	12.1	31.2	42.7	69.0
CA	51.4	50.5	242.0	115.0	5.38	7.60	12.6	30.6	40.8	69.8
LSD(0.05)	0.4	0.3	3.0	1.7	0.22	0.48	0.4	0.5	1.6	0.2

一般而言，生產籽粒爲主之雜交品種與作爲青割用途之雜交品種，外觀上並無很大的區別[11]。但在產量目標上，飼料玉米僅求籽粒產量之表現，而青割玉米則要求整株各部位 (stover and ear) 之綜合性狀間的平衡，此爲最大之不同點[2]。玉米植株各部位所佔的乾物比重，隨生長階段的不同而

有明顯的變化。在適當收穫期，青割玉米乾物重（以 Circe 品種爲例）構成之比例爲：雄穗、籽粒、穗軸、苞葉及穗柄、莖及葉各占整株之1.3、43.5、10.1、11.8及33.3%；換算爲乾物率，籽粒及整株分別爲43.1及29.3%[6]。青割玉米之整株乾物率隨收穫時期之早晚而有極大的變化，品種間的差異也相當的明顯，早熟型之玉米品種，當整株乾物率達28～30%時應該是最適當的收穫期[16]。本試驗中，五個族群在兩個檢定親之資料，均與此範圍相近。

臺農1號爲最近十年來臺灣種植面積最廣的飼料玉米品種，其親本自交系 TA3651-377及TA2808-176所具有之雜種優勢模式，硬粒種×馬齒種，或熱帶型×溫帶型，具有一定程度的潛力及適應性[1]。因此，本試驗中所使用之五個族群，經與 TA3651-377及 TA2808-176雜交產生之測交種，其表現也可視爲一種雜種優勢模式的測試，結果也可作爲族群特性之分群資料。就籽粒產量而言，五個族群當中，TC 最適合分離自交系與 TA3651-377系列之自交系組合成高產單交種；反之，族群 KU 最適合分離自交系與 TA2808-176系列之自交系組合成高產單交種。另外在考量青割產量方面，就整株乾物產量而言，族群 MP 同時適合與 TA3651-377及 TA2808-176系列之自交系組合；而 KU 及 AD 僅適合與 TA2808-176系列之自交系組合。綜合上述結果，五個族群之乾物率及 TDN 均在一般標準範圍內，若考量將其納入育種計畫時，TC 可爲籽粒產量爲主，MP 及 AD 可爲青割產量爲主，而 KU 則可兼作籽粒及青割用途之育種材料。

一個族群在經歷選拔之後，目標性狀改變，其他相關性狀也可能隨之改變[12]，當檢定親不同，各族群測交種之性狀間的相關性也可能不同[18,19]。玉米各性狀間的相關係數，亦或因試驗材料不同，或因試驗環境不同，研究者的報告頗多分歧。Wolf *et al.*[18,19]發現，在 FR23測交種中，籽粒產量與莖葉乾物產量、整株乾物產量分別爲0.53及0.65；在 LH74之測交種中，此相關係數略有變動，爲0.46及0.54。莖葉乾物產量與整株乾物產量之相關係數，在 FR23測交種及 LH74測交種中分別高達0.89及0.85，也因此認爲莖葉乾物產量爲影響青割玉米整株乾物產量最重要的因子。另外，株高與吐絲期爲正相關；株高及吐絲期分別與籽粒產量、莖葉乾物產量、整株乾物產量、含水率爲顯著正相關；籽粒產量與莖葉產量、整株乾物產量、含水率爲正相關；莖葉乾物產量與整株乾物產量、含水率爲正相關，與果穗百分比爲負相關；整株乾物產量與含水率爲正相關；果穗百分比與含水率、莖葉乾物產量、吐絲期爲負相關。Vattikonda and Hunter[17]報告指出，乾物率與 TDN 之間並無顯著相關，而株高與整株乾物產量的關連性也不大。Geiger *et al.*[10]得到的資料顯示，乾物產量與乾物率間呈顯著負相關；株高與籽粒產量、莖葉產量、整株乾物產量及整株乾物率相關係數分別爲－0.15、0.66、0.67、－0.49；整株乾物率與籽粒產量、莖葉產量、整株乾物產量之相關係數分別爲0.46、－0.76及－0.54。Allen *et al*[4]試驗所得之相關係數，乾物產量與籽粒產量爲0.51；籽粒百分比與籽粒產量及乾物產量爲0.49及－0.48。謝等[3]在秋作試驗之三個不同成熟期之青割玉米品系，其整株乾物產量、乾物率、果穗百分比及 TDN 四個性狀之間互爲顯著正相關。Dhillon *et al.*[7,8]估算吐絲期與整株乾物產量及莖葉乾物產量爲極顯著正相關（0.42～0.55）；整株乾物產量與果穗及莖葉乾物產量均爲極顯著正相關（0.91）；果穗及莖葉乾物產量間爲極顯著相關（0.66）。何等[2]發現，株高及穗位高均與青割產量呈顯著正相關，而認爲此兩個性狀可爲選拔高產青割玉米之參考指標。

本試驗中，五個族群合併分析結果，性狀間的關連性，在檢定親爲 TA3651-377與 TA2808-176之二組資料，並不呈類似趨勢（表3）。在二組資料中，同屬顯著正相關的性狀包括：開花期與吐絲期、整株乾物產量；株高與穗位高、乾物率；穗位高與籽粒產量、莖葉乾物產量、整株乾物產量；籽粒產量與莖葉乾物產量、整株乾物產量、乾物率、果穗百分比、TDN；莖葉乾物產量與整株乾物產量；果穗百分比與 TDN。二組資料中，同屬顯著負相關的性狀包括：開花期與果穗百分比、TDN；吐絲期與果穗百分比、TDN。其餘性狀間之相關性，在二組資料中，或正負相反，或一爲顯著另一未達顯著。

Table 3. Phenotypic correlation coefficients (n=100) among agronomic traits for TA3651-377 testcrosses (above diagonal) and TA2808-176 testcrosses (below diagonal).

	Days to flower	Days to silk	Plant height	Ear height	Grain yield	Stover yield	Whole-plant			
							Yield	DM content	% Ear	TDN
Days to flower		0.83**	0.28**	0.18	0.07	0.47**	0.45**	0.30**	-0.37**	-0.28**
Days to silk	0.86**		0.33**	0.20*	-0.14	0.49**	0.41**	0.19	-0.56**	-0.47**
Plant height	0.01	0.03		0.78**	0.21*	0.42**	0.44**	0.20*	-0.26**	-0.20*
Ear height	0.29**	0.13	0.44**		0.20*	0.37**	0.40**	0.29**	-0.21*	-0.18
Grain yield	-0.38**	-0.35**	0.16	0.32**		0.22*	0.52**	0.24*	0.49**	0.45**
Stover yield	0.01	0.05	-0.05	-0.30**	0.52**		0.94**	0.44**	-0.72**	-0.55**
Whole-plant										
Yield	-0.23*	-0.19	-0.08	0.37**	0.89**	0.85**		0.47**	-0.47**	-0.35**
DM content	0.01	0.18	0.21*	0.04	0.30**	-0.07	0.14		-0.24*	-0.05
% Ear	-0.46**	-0.47**	0.22*	0.18	0.81**	-0.08	0.47**	0.38**		0.82**
TDN	-0.46**	-0.45**	0.09	0.01	0.71**	-0.16	0.36**	0.42**	0.94**	

*, ** significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

分別計算每一族群在兩個不同檢定親組合之測交種，其一般生育特性之單一性狀與青割產量性狀（莖葉乾物產量、整株乾物產量、乾物率、果穗百分比、TDN）間之相關係數，以比較五個族群及兩個檢定親之差異。開花期與青割產量性狀之相關列如表 4，在檢定親爲TA3651-377的情況下，KU、AD 及 CA 頗爲類似，即開花期與莖葉乾物產量、整株乾物產量、乾物率爲正相關；與果穗百分比爲負相關；與 TDN 則相關不顯著；另外，MP 及 TC（除 MP 之開花期與乾物率爲顯著正相關外）亦相近，幾乎全部沒有顯著的直線相關。在檢定親爲 TA2808-176的情況下，性狀的相關，在五個族群當中，並無出現任何二個族群是類似的；比較不同檢定親下同一族群此種性狀之相關，也沒有發現有任何一個族群，在二個檢定親之下，其相關關係完全相同。吐絲期與青割產量性狀之相關如表 5，其趨勢和開花期與青割產量性狀之相關類似；在檢定親爲 TA3651-377之情形下，KU、AD 及 CA 相近，在檢定親爲 TA2808-176之情形下，五個族群無一相仿；不同檢定親下比較同一族群，其相關性亦無相同者。

Table 4. Phenotypic correlation coefficients (n=20) between days to flower and forage traits for TA3651-377 and TA2808-176 testcrosses of five populations.

	TA3651-377					TA2808-176				
	MP	KU	AD	TC	CA	MP	KU	AD	TC	CA
Stover yield	0.16	0.57**	0.78**	0.26	0.65**	0.26	0.46*	-0.88**	0.08	0.34
Whole-plant										
Yield	0.25	0.55*	0.76**	0.17	0.63**	0.01	0.40	-0.94**	-0.43	-0.07
DM content	0.46*	0.51*	0.59**	0.20	0.56**	0.33	-0.78**	-0.91**	-0.01	0.45*
% Ear	0.09	-0.45*	-0.47*	-0.32	-0.52*	-0.41	-0.44*	-0.64**	-0.62**	-0.53*
TDN	0.01	-0.39	-0.29	-0.11	-0.43	-0.35	-0.45*	-0.61**	0.66**	-0.61**

*, ** significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

Table 5. Phenotypic correlation coefficients (n=20) between days to silk and forage traits for TA3651-377 and TA2808-176 testcrosses of five populations.

	TA3651-377					TA2808-176				
	MP	KU	AD	TC	CA	MP	KU	AD	TC	CA
Stover yield	0.07	0.60**	0.65**	0.45*	0.74**	0.12	0.44*	0.90**	0.03	0.41
Whole-plant										
Yield	0.07	0.54*	0.57**	0.26	0.66**	-0.09	0.61**	-0.74**	-0.70**	0.08
DM content	0.28	0.42	0.41	0.03	0.48*	0.46*	-0.56**	-0.61**	0.41	0.38
% Ear	-0.21	-0.55*	-0.59**	-0.63**	-0.77**	-0.38	0.08	-0.07	-0.89**	-0.63**
TDN	-0.25	-0.44*	-0.50*	0.41	-0.72**	-0.27	0.08	-0.04	-0.94**	-0.70**

*, ** significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

株高與青割產量性狀之相關如表 6，在檢定親爲 TA3651-377的情況下，MP 及 KU 全部不具顯著的直線相關；AD、TC 及 CA 則在株高與莖葉乾物產量、整株乾物產量爲顯著正相關；在檢定親爲 TA2808-176的情況下，各個族群性狀間之相關趨勢均不相同；同樣也沒有一個族群在不同檢定親下的此種相關性是相似的。穗位高與青割產量性狀的相關如表 7，在檢定親爲 TA3651-377的情況下，MP 及 KU 相近，均不呈顯著相關；TC 及 CA 相近，均在穗位高與莖葉乾物產量及整株乾物產量達顯著正相關。在檢定親爲 TA2808-176的情況下，五個族群間無類似之相關趨勢。檢定親不同，確實造成同一族群性狀間之關係迥異。

Table 6. Phenotypic correlation coefficients (n=20) between plant height and forage traits for TA3651-377 and TA2808-176 testcrosses of five populations.

	TA3651-377					TA2808-176				
	MP	KU	AD	TC	CA	MP	KU	AD	TC	CA
Stover yield	0.31	0.38	0.74**	0.50*	0.78*	0.61**	0.10	-0.17	-0.31	-0.33
Whole-plant										
Yield	0.21	0.39	0.70**	0.46*	0.80**	0.74**	-0.19	0.14	-0.53*	0.04
DM content	-0.20	0.21	0.39	0.26	0.34	-0.40	-0.08	0.33	0.56**	0.46*
% Ear	-0.31	-0.25	-0.52*	-0.30	-0.52*	0.48*	-0.71**	0.79**	-0.23	0.28
TDN	-0.22	-0.20	-0.52*	-0.21	-0.43	0.12	-0.71**	0.81**	-0.33	0.23

*, ** significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

Table 7. Phenotypic correlation coefficients (n=20) between ear height and forage traits for TA3651-377 and TA2808-176 testcrosses of five populations.

	TA3651-377					TA2808-176				
	MP	KU	AD	TC	CA	MP	KU	AD	TC	CA
Stover yield	0.29	0.22	0.71**	0.58**	0.44*	0.76**	-0.24	0.48*	-0.37	0.36
Whole-plant										
Yield	0.23	0.23	0.68**	0.59**	0.45*	0.92**	-0.52*	0.34	-0.74**	0.83**
DM content	-0.17	0.31	0.35	0.42	0.36	-0.09	-0.06	0.20	-0.28	0.82**
% Ear	-0.21	-0.12	-0.50*	-0.21	-0.32	0.59**	-0.50*	-0.18	-0.42	0.89**
TDN	-0.17	-0.16	-0.50*	-0.05	-0.32	0.15	-0.51*	-0.22	-0.50*	0.84**

*, ** significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

籽粒產量與莖葉乾物產量及整株乾物產量間，均爲顯著正相關（TC 之籽粒產量與莖葉乾物產量相關未達顯著除外），不因檢定親或族群之不同而有差異。籽粒產量與青割產量性狀之相關，在檢定親爲 TA3651-377的情況下，MP、KU、AD 及 CA 四個族群的趨勢類似；在檢定親爲 TA2808-176的情況下，AD 與 AC 類似。比較同一族群在不同檢定親下之表現，在五個族群中，惟族群 KU 之性狀間相關在二個檢定親顯示類似的趨勢（表 8）。

Table 8. Phenotypic correlation coefficients (n=20) between grain yield and forage traits for TA3651-377 and TA 2808-176 testcrosses of five populations.

	TA3651-377					TA2808-176				
	MP	KU	AD	TC	CA	MP	KU	AD	TC	CA
Stover yield	0.78**	0.65**	0.54*	0.29	0.56**	0.59**	0.56**	0.83**	0.10	0.50*
Whole-plant										
Yield	0.84**	0.76**	0.72**	0.64**	0.73**	0.92**	0.78**	0.97**	0.80**	0.93**
DM content	0.19	0.01	0.33	0.29	0.28	0.02	-0.38	1.00**	-0.44*	0.71**
% Ear	-0.36	-0.27	0.29	0.64**	0.07	0.85**	0.19	0.85**	0.84**	0.91**
TDN	-0.36	-0.33	0.39	0.67**	0.22	0.48*	0.20	0.83**	0.90**	0.88**

*, ** significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

臺灣栽培之玉米，過去均以籽粒用之飼料玉米爲主，今後爲因應加入世界貿易組織，農業生產方向將作大幅度調整，因此，青割玉米或將比飼料玉米較具發展性。臺灣乳牛飼養向以狼尾草及盤固拉草等爲最重要的芻料來源，夏季裡這類熱帶型牧草生長旺盛，芻料供應不虞匱乏；入冬後天氣轉涼，牧草生長遲緩，芻料供應常感不足，在這種情況之下，牛隻往往被迫改換其他芻料，致有適應不良及泌乳量銳減之現象發生。青割玉米是一種嗜口性（palatability）佳且營養價值頗高的芻料，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。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，均較其他作物有利。推廣青割玉米，除可配合政府水旱田輪作制度計畫之推展外，同時也可促進臺灣乳牛、肉牛事業的發展。

種原之引進、評估與利用是青割玉米育種工作上不可或缺的一環，Dhillon *et al.*[7,8]及 Wolf *et al.*[18,19]的報告都指出，青割玉米之產量與品質性狀的變異相當大，因此，可作爲育種選拔的空間也就相當廣。至於青割玉米之產量與品質改良的研究，Zimmer and Wermke[20]在其試驗中發現，青割玉米的乾物產量、乾物率及果穗百分比三個性狀之廣義遺傳率均相當高（0.91～0.93）。Geiger *et al.*[10]也發現整株乾物產量、莖葉乾物產量、籽粒產量及乾物率之遺傳率分別爲0.85、0.91、0.61、及0.86，因此，認爲這些性狀之選拔，其改進效率應該不差。育種上，直接選拔往往比間接選拔有效，多數研究者也主張，青割玉米育種應針對青割產量性狀作直接選拔。Hunter[11]進行籽粒產量、整株乾物重、整株可消化乾物重、高消化率、低消化率等單一性狀之 S_1 輪迴選拔，並比較這些性狀對青割產量之提昇效果，發現以整株乾物產量或整株可消化乾物產量爲選拔對象，其成效較爲顯著。然而，依據 Allen *et al.*[4] Vattikonda and Hunter[17]、Wolf *et al.*[18,19]及本研究所得到之結果，籽粒產量與莖葉乾物產量、整株乾物產量性狀間爲顯著正相關，此亦顯示，將籽粒產量作爲選拔上的一項參考指標，對青割玉米產量的提昇，仍具有正面的意義。

本研究中所使用之二個檢定親均屬籽粒產量爲主之自交系，其測定結果，或無法呈現族群測交種在青割產量方面的全貌。唯試驗進行之初，臺灣並無任何青割玉米品種的育成，而臺農 1 號爲推廣面積最廣的品種，其親本自交系在臺灣的適應性及雜種優勢模式已具代表性，因此，最後仍決定選擇臺農 1 號之親本 TA3651-377及 TA2808-176爲檢定親。根據本研究調查各性狀之資料，族群 Thai

Comp. No.3 (S)C_5(M)C_1 可專作籽粒用途，族群 Maize Pathological Population No.2及 Amarillo Dentado 可專作青割用途，而 KU C_1(ME)C_3(S)C_1 則可兼作籽粒及青割玉米之育種材料。就本試驗材料而言，雖然開花期、吐絲期、株高及穗位高等四個性狀與青割產量性狀（莖葉乾物產量、整株乾物產量、乾物率、果穗百分比及 TDN）間之相關程度隨檢定親或族群之不同而有所改變；然而，籽粒產量與莖葉乾物產量及整株乾物產量的顯著正相關，無論在五個族群合併的資料或任一族群、任一檢定親均呈類似的趨勢，籽粒產量應可作爲選拔高產青割玉米的一項重要參考指標。

引用文獻

1. 何千里、盧煌勝。1995。利用自交系檢定親鑑別玉米雜種優勢模式。中華農藝 44：242—250。
2. 何千里、謝光照、盧煌勝。1994。玉米莖葉性狀與青割產量之全互交分析。中華農業研究 43：17—28。
3. 謝光照、盧煌勝、劉孔生、何千里、呂宗佳。1989。期作對青割玉米生長與收穫適期之影響。中華農業研究 38：291—305。
4. Allen, M. S., K. A.'ONeil, D. G. Main, and J. Beck. 1991. Relationship among yield and quality traits of corn hybrid for silage. J. Dairy Sci. 74：(suppl. 1) 221.
5. Deinum, B., and J. J. Bakker. 1981. Genetic difference in digestibility of forage maize hybrids. Neth. J. Agric. Sci. 29：92—98.
6. Deinum, B., and P. C. Struik. 1986. Improving the nutritive value of forage maize. pp. 77—90. In：Dolstra O. and P. Miedema (eds.) . Proc. 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA, 9—12 Sept. 1985, Wageningen, the Netherlands.
7. Dhillon, B. S., Chr. Paul, E. Zimmer, P. A. Gurrah, D. Klein, and W. G. Pollmer. 1990a. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. Crop Sci. 30：931—936.
8. Dhillon, B. S., P. A. Gurrath, E. Zimmer, M. Wermke, W. G. Pollmer, D. Klein. 1990b. Analysis of diallel crosses of maize for variation and covariation in agronomic traits at silage and grain harvests. Maydica 35：297—302.
9. Fairey, N. A. 1980. Hybrid maturity and the relative importance of grain and stover for the assessment of the forage potential of mzize genotypes grown in marginal and non-marginal environments. Can. J. Plant Sci. 60：539—545.
10. Geiger, H. H., A. E. Melchinger and G. A. Schmidt. 1986. Analysis of factorial crosses between flint and dent maize inbred lines for forage performance and quality traits. pp. 147—154. In：Dolstra O. and P. Miedema (eds.) . Proc. 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA, 9—12 Sept. 1985, Wageningen, the Netherlands.
11. Hunter, R. B. 1986. Selecting hybrids for silage maize production：a Canadian experience. pp. 140—146. In：Dolstra O. and P. Miedema (eds.) . Proc. 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA, 9—12 Sept. 1985, Wageningen, the Netherlands.
12. Martin, M. J., and W. A. Russell. 1984. Correlated responses of yield and other agronomic traits to recurrent selection for stalk quality in a maize synthetic. Crop Sci. 24：746—750.
13. Pinter, L. 1986. Ideal type of forage maize hybrid (*Zea mays* L.) pp. 123—130. In：Dolstra O. and P. Miedema (eds.) . Proc. 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA, 9—12 Sept. 1985, Wageningen, the Netherlands.
14. Roth, L. S., G. C. Marten, W. A. Compton, and D. D. Stuthman. 1970. Genetic variation for quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. Crop Sci. 10：365—367.
15. Stuber, C. W. 1986. Use of exotic sources of germplasm for maize improvement. pp. 19—31. In：Dolstra O. and P. Miedema. (eds.) . Proc. 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA, 9—12 Sept. 1985, Wageningen, the Netherlands.

16. te Velde, H. A. 1986. Maize for silage in the Netherlands. pp. 3—15. In : Dolstra O. and P. Miedemas (eds.) . Proc. 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA, 9—12 Sept. 1985, Wageningen, the Netherlands.

17. Vattikonda, M. R., and R. B. Hunter. 1983. Comparison of grain yield and whole-plant silage production of recommended corn hybrids. Can. J. Plant Sci. 63 : 601—609.

18. Wolf, D. P., J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Understander, and P. R. Carter. 1993a. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci. 33 : 1353—1359.

19. Wolf, D. P., J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Understander, and P. R. Carter. 1993b. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci. 33 : 1359—1365.

20. Zimmer, E., and M. Wermke. 1986. Improving the nutritive of maize. pp. 91—100. In : Dolstra O. and P. Miedema (eds.) . Proc. 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA, 9—12 Sept. 1985, Wageningen, the Netherlands.

Effects of Testers and Populations on the Relationship among Grain and Forage Yield Traits in Maize[1]

Hung-Shung Lu, Chang-Lee Ho and Guang-Jauh Shieh[2]

Summary

Five maize populations were used to determine the effects of inbred testers and populations on the relationship among grain and forage traits, and to evaluate their potential as breeding sources for grain and forage yield. Twenty S_4 families from each population were crossed to two inbred lines, TA3651—377 and TA2808—176 to form ten groups of testcrosses. The results of this study demonstrate that phenotypic correlation coefficients between agronomic traits (days to flower, days to silk, plant height, and ear height) and forage yield traits (stover yield, whole-plant yield, DM content, ear percentage, and TDN) varied along with different testers and populations. However, the relationships between grain yield and stover yield, also grain yield and whole-plant yield were consistently positive and significant. Grain yield could be manipulated to develop genotypes with high forage yield. Of the five populations tested, Thai Comp. No.3 (S)C_5(M)C_1 could be chosen for grain yield germplasm, whereas Maize Pathological Population No.2 and Amarillo Dentado DMR BC_3 F_5(S)C_1 could be chosen for forage yield germplasm. Population KU C_1(ME)C_3(S)C_1 was the most valuable population as a source for both grain yield and forage yield breeding program.

Key words : Maize, Inbred tester, Population, Testcrosses, Grain yield, Forage yield, Phenotypic correlation coefficient.

1. Contribution No. 1844 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Senior Agronomist, Assistant Agronomist, and Assistant Agronomist, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(2)：147～155（1996）

以核酸逢機增殖多型性（RAPD）遺傳歧異度預測玉米雜種優勢之研究[1]

陳　述[2]　胡凱康[3]　陳　成[3]

摘要：本研究係以20個逢機序列之核酸引子偵測7個玉米自交系間之遺傳歧異度，並將估得的遺傳歧異度與7個自交系進行半互交所得之F1 雜交種表現（特殊組合力效應，產量）進行相關分析，期望能了解以核酸逢機增殖多型性預測雜交種表現之可能性。此外，並針對所估得之遺傳歧異度進行分群分析，希望了解與已知之雜種優勢群區分法是否符合。結果於7個自交系間，共偵得88個環帶位置，所估得之 MRD 值介於0.53～0.75間。以核酸逢機增殖多型性所估得之遺傳歧異度與雜交種表現無顯著相關。亦無法藉由核酸逢機增殖多型性所估得之遺傳歧異度將已知雜種優勢群的群內與群間之自交系明顯區分開。

關鍵詞：玉米、核酸逢機增殖多型性、遺傳歧異度、雜種優勢。

玉米雜種優勢之廣泛利用，始於1921年商業用雜交種玉米開始推廣於美國玉米帶[13]。在雜交育種的過程中，雜交親本產生雜種優勢的潛力須藉助親本間組合力（combining ability）檢定之研究。這是一種須要大量土地、人力與資源的方法。然而許多證據顯示，當自交系間遺傳歧異度愈大時，雜交 F_1 產量之雜種優勢亦愈大[10,16,19,29,27,26]。爲了提高育種的效率，育種學家們致力於尋找有效的標幟（marker）工具，希望可藉著偵測自交系間之遺傳歧異度而預測雜交種之表現。

染色體結（chromosome knob）的數目與位置曾被認爲可能是偵測玉米自交系間遺傳歧異度的有效工具，但多數研究結果顯示其與 F_1 雜種優勢間的相關性甚小[34,25,6]。隨著蛋白質電泳技術的發展，學者們致力於研究以同功異構酵素（isozyme）所測得之自交系間遺傳歧異度來預測雜種優勢之可能性。大部份學者之研究結果亦顯示由同功異構酵素所估得之遺傳歧異度與雜交種表現間並無顯著的相關性存在[18,12,15,30,20]。一般認爲同功異構酵素無法預測雜種優勢的可能原因爲其所能利用的遺傳標幟目太少，僅能代表廣大基因組（genome）的一小部份，尤其在偵測遺傳背景較窄的育種材料時，產生多型性之標幟數目會大幅下降[24]。對玉米而言，限制酵素切割片段長度多型性（Restriction Fragment Length Ploymorphism; RFLP）之分子標幟普遍存在於基因組中，可建立一完整的遺傳連鎖圖譜[17,4,7]，因此，Burr *et al.*,（1983）提出可利用RFLP 測量遺傳歧異度以克服同功異構酵素標幟數目太少之困難。綜合目前以 RFLP 進行之諸多研究結果可知，學者們均肯定 RFLP 可測量自交系間遺傳歧異度，並將其區分至不同雜種優勢群中，但於預測 F_1 表現之結果則較爲分歧[21,11,22,23,9,33,24]。

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1845 號。
2. 本所作物種原室助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立臺灣大學農藝系副教授及教授。臺北市。

雖然目前 RFLP 被認爲是預測雜交種表現較有希望的標幟，但由於分析流程複雜，需耗費大量時間、人力與金錢，因此若欲將 RELP 納入育種計畫而進行大量篩選的工作仍有其限制存在。1985年後發展出的技術一聚合酵素連鎖反應（Polymerase Chain Reaction; PCR）具有分析流程短之優點，Williams *et al.* (1990) 更進一步提出可以人工合成的隨意序列作爲核酸引子來偵測遺傳變異，並將此種方式稱爲核酸逢機增殖多型性（Random Amplified Polymorphic DNA; RAPD）。因此本論文主要目的即爲探討利用核酸逢機增殖多型性測量玉米自交系間遺傳歧異度，以預測F_1雜交種表現之可能性。此外，並針對所估得之遺傳歧異度進行分群分析，希望了解與已知之雜種優勢群區分法是否相符合。

材料與方法

㈠田間表現之分析

本試驗材料爲由國立臺灣大學農藝系作物育種研究室自國內外引進之120個玉米自交系中所逢機挑選出之7個自交系，其自交系代號、名稱、譜系背景及所屬之雜種優勢群如表1。而由上述7個自交系進行7×7半互交所得之21個雜交組合的田間試驗於民國72年秋季在臺灣大學附設試驗農場進行，試驗係採逢機完全區集設計（RCBD），3個區集，以單行爲重複。調查性狀爲成熟果穗去苞葉後於80°C烘箱中乾燥48小時所得之每行單株子實平均總重量（產量），單位爲公克[2]。試驗所得數據採 Griffing 氏模式四（半互交組合，不包含親本）之固定型模式進行一般組合力與特殊組合力之變方分析，並估算一般組合力與特殊組合力效應[14,1]。

表 1. 7個參試玉米自交系之背景資料
Table 1. Background of the seven maize inbred lines used.

Code	Inbreds	Pedigree	Heterotic group[y]
P_1	B57	Midland	
P_2	B76	(C131A×B37)F_2×B37	BSSS
P_3	H95	Oh43×CI90A	LSC
P_4	HCBSA[z]		
P_5	Mo17	CI187-2×C103	LSC
P_6	R98-13[z]		
P_7	Ds1343[z]		

[z] The pedigree background is unable to be found.
[y] BSSS=Iowa Stiff Stalk Synthetic
LSC=Lancaster Sure Crop

㈡以核酸逢機增殖多型性進行自交系間遺傳歧異度之分析

將上述7個玉米自交系育苗二週後之完全展開葉片採 Doyle et al. (1990) 之方法抽取 DNA，以自 OPERON 公司所購得之人工合成逢機序列（表2）爲核酸引子進行聚合酵素連鎖反應，反應溶液包含植物體 DNA 50ng、核酸引子4μM、Tag 聚合酵素0.4 unit、dNTP 各0.5mM、Tris-HCl（pH=8.3）50mM、Bovin Serum Albumin 250μg/ml、$MgCl_2$3mM，裂解（denature）、融合（annealing）與延伸（extention）之溫度與時間分別爲94°C、0秒；36°C、0秒；74°C、45秒；而0秒之設定係指當熱風變溫循環裝置內部之空氣到達指定後立即進入下一階段之溫度，並不保持指定溫度而言。

表 2. 核酸引子之序列
Table 2. The sequence of random primers.

CODE	5'——→3'	CODE	5'——→3'
A-01	CAGGCCCTTC	A-11	CAATCGCCGT
A-02	TGCCGAGCTG	A-12	TCGGCGATAG
A-03	AGTCAGCCAC	A-13	CAGCACCCAC
A-04	AATCGGGCTG	A-14	TCTGTGCTGG
A-05	AGGGGTCTTG	A-15	TTCCGAACCC
A-06	GGTCCCTGAC	A-16	AGCCAGCCAA
A-07	GAAACGGGTG	A-17	GACCGCTTGT
A-08	GTGACGTAGG	A-18	AGGTGACCGT
A-09	GGGTAACGCC	A-19	CAAACGTCGG
A-10	GTGATCGCAG	A-20	CTTGCGATCC

RCR 反應所得之增殖產物以5.25% T，4.8% C 之聚丙醯烯銨 (Polyacrylamide Gel Electrophoresis; PAGE) 膠體於 Hoefer SE 250迷你電泳槽70V恆定電壓下進行電泳2個半小時後，採 Brant *et al.* (1991) 所提出之 PAGE 快速銀染法進行顯像，顯像所得結果以雷射密度掃瞄儀配合肉眼之觀察，於具多型性之環帶位置，將有出現此環帶之自交系記爲1，未出現之自交系記爲0。記錄資料以 Modified Roger's Distance (MRD) 方程式[31]估算任兩個自交系間之遺傳歧異度，所估得之 MRD 介於0至1之間，數值愈大表示不相似的程度愈高。

爲瞭解各核酸引子所估得之遺傳歧異度是否具有一致性，以 Kendall and Babington-Smith 與 Wallis 所提出之 Kendall's coefficient of concordance (W)[8]進行檢測。

㈢預測雜交種表現之分析

將由上述第㈡部分以核酸逢機增殖多型性所估得各自交系間之遺傳距離 MRD 值，與由第㈠部分所得之產量及特殊組合力效應進行 Spearman 等級相關分析。此外，再就上述第㈡部份所估得之自交系間遺傳歧異度進行分群分析 (cluster analysis)，並與已知之雜種優勢群 (表1) 相比較。分群分析係利用 NTSYS-PC 軟體進行[32]，分析方式爲 UPGMA (Unweighted Pair-Group Method, Arithmetic Averages)。

結果與討論

田間表現部分以 Griffing 氏模式四之固定型模式進行一般組合力與特殊組合力變方分析，其結果 (表3) 顯示，子實產量之一般組合力效應與特殊組合力效應等之差異均達顯著水準，因此認爲子實產量是由累加性效應與非累加性效應所共同控制，且由 GCA 與SCA 之均方比值可知累加性效應較顯性效應重要許多。而進一步地估算各親本一般組合力效應與各雜交組合特殊組合力效應之結果列於表4，所得之特殊組合力效應之分析結果將作爲田間表現雜種優勢之估值，以進行後續利用核酸逢機增殖多型性預測雜交種表現可能性之探討。

表 3. 玉米7×7半互交子實產量一般組合力與特殊組合力之變方分析
Table 3. Analysis of variance of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) in yield for the 7×7 half-diallel of maize.

Source of variation	df	MS
GCA	6	31,632**
SCA	14	795**
Error	40	278
MS(GCA)/MS(SCA)=39.8		

** Significant at p=0.01

表 4. 玉米7×7之半互交組合子實產量之一般組合力與特殊組合力效應
Table 4. The effect of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) in yield for 7×7 half-dialle hybrids of maize.

	GCA	SCA					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
B57(P1)	25.58		34.17	5.05	−24.93	12.03	−9.77	−16.57
B76(P2)	110.28			−2.85	12.87	−13.67	−27.77	−2.77
H95(P3)	54.30				−4.45	17.61	−19.89	4.51
HCBSA(P4)	20.28					29.33	−3.67	−9.17
Mo17(P5)	−11.18						−4.11	−41.21
R98-13(P6)	−69.58							65.19
Ds1343(P7)	−129.68							

另一部份以核酸逢機增殖多型性測量遺傳歧異度之分析結果顯示，利用20個隨意序列之核酸引子於7個自交系間共計偵得了88個具多型性之環帶位置。如果核酸引子間具連鎖關係時，必須先將所偵得之多型性資料經加權處理後始可與其它未連鎖之核酸引子的資料合併以避免所估出之遺傳歧異度有偏差。本試驗針對由各核酸引子所估得 MRD 之排序，計算Kendall's coefficient of concordance 之結果爲 W=0.15272；T3=3.05438，由於 T3 小於31.41 ($X^2_{0.05}$) 接受 Ho 擬說，即各核酸引子所估得之遺傳歧異度並無一致性存在，顯示核酸引子間無連鎖關係，可直接將所偵得多型性的資料予以合併。而合併7個自交系於此88個環帶位置之記錄去估算 MRD 之結果顯示，7個自交系間之遺傳歧異度介於0.53～0.75之間。

本論文的主要目的爲探討利用核酸逢機增殖多型性所測得之遺傳歧異度，用來區分雜種優勢群及預測雜交種表現之可行性。就區分雜種優勢群之研究而言，以核酸逢機增殖多型性所估得之遺傳歧異度進行分群分析之結果列於圖1，以 B57 (P_1) 、B76 (P_2) 、H95 (P_3) 、Mo17 (P_5) 這四個可查得譜系背景的自交系而言，H95與 Mo17同屬於 LSC 雜種優勢群，譜系背景較接近，而B76屬於 BSSS 雜種優勢群，B57來自於 Midland 天然異花授粉族群，由表5發現群內2自交系 (H95, Mo17) 之 MRD 爲0.66，而群間自交系 (H95-B57, H95-B76, Mo17-B57, Mo17-B76) 之 MRD 分別爲 0.67、0.60、0.67、0.67，因此認爲無法藉由核酸逢機增殖多型性所估得之遺傳歧異度將已知雜種優勢群之群內與群間之自交系明顯區分開，此結果與前人利用 RFLP 所求得之結果不同[21,11,22,23,24,33,9]，推測可能原因爲所使用的核酸引子太少而無法將各自交系間的歧異度明顯地區分出來。

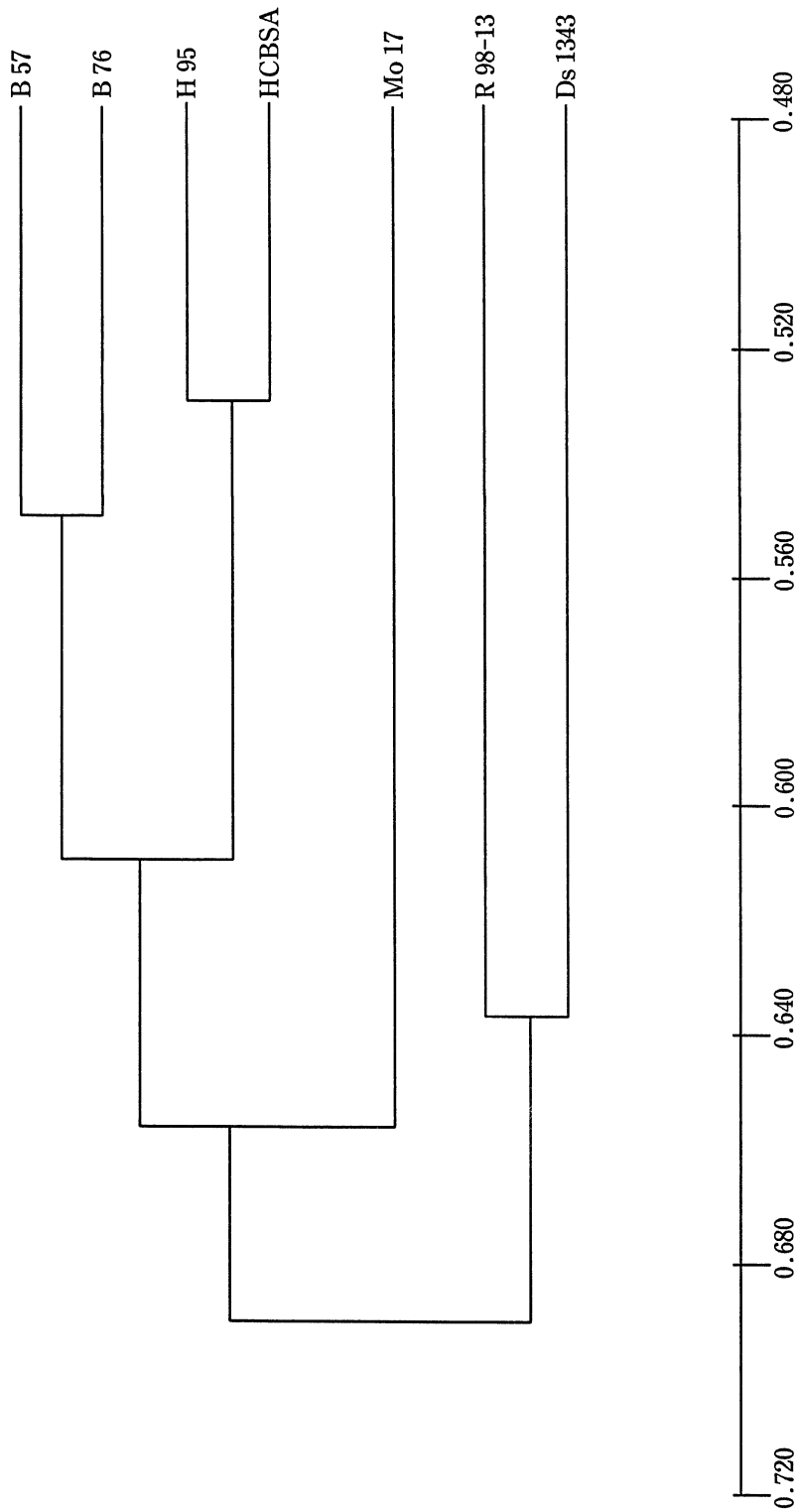


圖 1. 以核酸逢機增殖多型性所估得供試玉米之 Modified Roger's Distance 之分群分析

Fig. 1. The cluster analysis based on Modified Roger's Distance with RAPD for the 7×7 half-diallel of maize.

表 5. 供試玉米自交系間之 Modified Roger's Distance (MRD) 與排序
Table 5. The Modified Roger's Distance (MRD) and Rank for all pair-group lines for the 7×7 half-diallel of maize.

Pair-group	Primer (total)		Pair-group	Primer (total)	
	MRD	Rank		MRD	Rank
P1-P2	0.55	2.0	P3-P4	0.53	1.0
P1-P3	0.67	12.5	P3-P5	0.66	10.5
P1-P4	0.62	5.0	P3-P6	0.65	8.0
P1-P5	0.67	12.5	P3-P7	0.65	8.0
P1-P6	0.71	19.0	P4-P5	0.65	8.0
P1-P7	0.75	21.0	P4-P6	0.69	17.0
P2-P3	0.60	4.0	P4-P7	0.67	14.0
P2-P4	0.57	3.0	P5-P6	0.68	15.5
P2-P5	0.66	10.5	P5-P7	0.68	15.5
P2-P6	0.70	18.0	P6-P7	0.64	6.0
P2-P7	0.75	20.0			

而利用核酸逢機增殖多型性所測得之遺傳歧異度探討預測雜交種表現之可行性之研究結果顯示，以核酸逢機增殖多型性所估得之 MRD 與產量、特殊組合力進行Spearman 等級相關分析之結果分別爲－0.5746 (P＝0.0064) 及－0.4072 (P＝0.0668) ，顯示估得之 MRD 與產量、特殊組合力並未達到顯著相關。就所估得的 MRD 而言，其範圍介於0.53～0.75之間，而以 RELP 資料計算遺傳歧異之前人研究中，Lee *et al.* (1989) 與 Godshalk *et al.* (1990) 求得之 MRD 值範圍分別介於0.479～0.824與0.71～0.86間，Melchinger *et al.* (1990a, b) 以 Roger's Distance (Roger, 1972) 估算材料歧異度之變異範圍分別爲0.31～0.68與0.42～0.75，Smith *et al.* (1990) 以 Nei's Distance[28] 估算之結果爲0.1～0.8，爲了與前人研究結果比較，將本試驗資料以 Roger's Distance 計算之結果介於0.28～0.56，而以 Nei's Distance 計算之結果介於0.43～0.67，比較後發現本試驗所估得之遺傳歧異度變域較窄，推測此乃造成無顯著相關的原因之一，而造成變域太窄的原因是否由於7個自交系間之遺傳背景太窄所致？但就所查得之譜系背景 (表1) 來看，材料本身的遺傳背景並非相當窄，因此推測所使用的核酸引子無法將各自交系間的歧異明顯地區分出來可能是造成所估得之遺傳歧異度變域較窄的原因之一。再就田間表現的部份而言，由變方分析結果可知特殊組合力所佔的比例太小〔MS (GCA) ／MS (SCA) ＝39.8〕，本試驗乃以特殊組合力作爲雜種優勢之估值，因此特殊組合力比例太小即表示雜種優勢比例很低，推測此亦爲造成無顯著相關的另一個原因，而種植當季當地的環境可能是使雜種優勢無法完全表現的原因之一，據林順福 (個人通訊，1992) 表示，當時栽培的一般反應均差，可能因此而抑制了雜種優勢的表現。除 MRD 變域太窄與特殊組合力比例太低爲造成無顯著相關的原因之外，由於核酸逢機增殖所得之 DNA 片段可能爲基因可表現的部份 (exon) 或不表現的部份 (intron) ，倘若偵得的歧異多爲基因不表現的部份，其所偵得的歧異便不足以有代表性，推測此亦爲造成無顯著相關的原因之一。此外，由於試驗所採之核酸引子係爲逢機選取之隨意序列，倘若所選取之核酸引子片段與影響產量表現之基因無相關，推測此亦爲造成無顯著相關的另一個可能原因。

綜合以上結果發現本試驗利用20個核酸引子於7個自交系間皆可偵得多型性，而以 RFLP偵測遺傳歧異時則有98～99%探針與限制酵素之組合可偵得多型性[21,22,23,24]，因此認爲RAPD 偵測遺傳變異的能力與 RFLP 相當。而實際上一個核酸引子所能偵得的多型性不止一個，再配合技術層面上 RAPD 之分析方式較 RFLP 省時、省工之優點而言，仍認爲 RAPD 爲偵測遺傳歧異的優良標幟。

但針對本次研究過程所遭遇的問題而言，建議日後在進行類似的研究時，首先應特別注意材料與評估環境的選擇，材料應選取遺傳背景較寬者爲佳，而產量之評估須以多季多地之資料合併爲佳。此外，進行核酸逢機增殖多型性分析所使用的核酸引子數應較多，以減少無法明顯區分出各自交系間歧異度與偵測區域多位於基因不表現區域之機率，至於須使用多少核酸引子所測得之遺傳歧異度才具代表性，尙待日後進一步的研究。

引用文獻

1. 李成章。1984。統計在遺傳育種上之應用四全互交分析在育種上之利用。科學農業。32 (1—2)：1—20。
2. 林順福。1985。玉米組合力與染色體轉座效應之研究。國立臺灣大學農藝學研究所碩士論文。
3. Brant, J. B., C. A. Gustaro, and M. G. Peter. 1991. Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels. Anal. Biochem. 196: 80—83.
4. Burr, B., F. A. Burr, K. H. Thompson, M. C. Albertson, and C. W. Stuber. 1988. Gene mapping with recombinant inbreds in maize. Genetics 118: 519—526.
5. Burr, B., S. V. Evola, F. A. Burr, and J. S. Beckman. 1983. The application of restriction fragment length polymorphisms to plant breeding. pp. 45—59. *In* J. K. Setlow and A. Hollaender(ed.) Genetic Enginering Principles and Methods. Vol. 5. Plenum Press, London.
6. Chugtai, S. R., and D. M. Steffensen. 1987. Heterochromatic knob composition of commercial inbred lines of maize. Maydica 32: 170—187.
7. Coe, E. H., M. G. Neuffer, and D. A. Hoisington. 1988. The genetics of corn. pp. 81—258. *In* C. F. Sprague and J. W. Dudley (ed.) Corn and Corn Improvement. 3rd ed. Agon. Monogr. 18. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
8. Conover, W. J. 1980. Practical nonparametric statistics (2ed.). John Wiley & Sons Press.
9. Dudley, J. W., M. A. Saghai-Maroof, and G. K. Rufener. 1991. Molecular markers and grouping of parents in maize breeding programs. Crop Sci. 31: 718—723.
10. East, E. M. 1936. Heterosis. Genetics 21:375—397.
11. Godshalk, E. B., M. Lee, and K. R. Lamkey. 1990. Relationship of resrriction fragment length polymorphisms to single-cross hybrid performance of maize. Theor. Appl. Genet. 80: 273—280.
12. Gonella, J. A., and P. A. Peterson. 1978. Isozyme relatedness of inbred lines of maize and performance of their hybrids. Maydica 23:55—61.
13. Gowen, J. W. 1964. Heterosis. Hafner Pub.
14. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463—493.
15. Hadjinov, M. I., V. S. Scherbak, N. I. Benko, V. P. Gusen, T. P. Sukhorzhevskaya, and L. P. Vorona. 1982. Interrelationships between isozymic diversity and combining ability in maize lines. Maydica 27: 135—149.
16. Hayes, H. K., and I. J. Johnson. 1939. The breeding of improved selfed lines of corn. J. Am. Soc. Agron. 31: 710—724.
17. Helentjaris, T., M. Slocum, S. Wright, A. Schaefer, and J. Nienhuis.1987. Construction of genetic linkage maps in maize and tomato using restriction fragment length polymorphisms. Theor. Appl. Genet. 72: 761—769.
18. Hunter, R. B., and L. W. Kanenberg. 1971. Isozyme characterization of corn (*Zea mays* L.) inbreds and its relationship to single-cross hybrid performance. Can. J. Genet. Cytol. 13: 649—655.
19. Johnson, I. J., and H. K. Hayes. 1940. The value in hybrid combinations of inbred lines of corn selected from single crosses by the pedigree method of breeding. J. Am. Soc. Agron. 32: 479—485.

20. Lamkey, K. R., A. R. Hallauer, and A. L. Kahler. 1987. Allelic differences at enzyme loci and hybrid performance in maize. J. Hered. 78: 231—234.

21. Lee, M., E. B. Godshalk, K. R. Lamkey, and W. W. Woodman. 1989. Association of restriction fragment length polymorphisms among maize inbreds with agronomic performance of their crosses. Crop Sci. 29: 1067—1071.

22. Melchinger, A. E., M. Lee, K. R. Lamkey, A. R. Hallauer, and W. L. Woofman. 1990a. Genetic diversity for restriction fragment length polymorphisms and heterosis for two diallel sets of maize inbreds. Theor. Appl. Genet. 80: 488—496.

23. Melchinger, A. E., M. Lee, K. R. Lamkey, and W. L. Woodman. 1990b. Genetic diversity for restriction fragment length polymorphisms: relation to estimated genetic effects in maize inbreds. Crop Sci. 30:1033—1040.

24. Melchinger, A. E., M. M. Messmer, M. Lee, W. L. Woodman, and K. R. Lamkey. 1991. Diversity and relationships among U. S. maize inbreds revealed by restriction fragment length polymorphisms. Crop Sci.31: 669—678.

25. Moll, R. H., W. D. Hanson, and C. S. Levings. 1972. Associations between chromosome knobs of *Zea mays* L. and agronomic performance. Crop Sci. 12: 585—589.

26. Moll, R. H., J. H. Lonnquist, J. V. Fortuno, and E. C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. Genetics52: 139—144.

27. Moll, R. H., W. S. Salhuana, and H. F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. Crop Sci. 2: 197—198.

28. Nei, M., and W. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad Sci. USA. 76: 5256—5273.

29. Paternaini, E., and J. H. Lonnquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). Crop Sci. 3: 504—507.

30. Price, S. C., A. L. Kahler, A. R. Hallauer, P. Chermley, and D. A. Giegel.1986. Relationship between performance and multilocus heterozygosity at enzymic loci in single-cross hybrids of maize. J. Hered. 77: 341—344.

31. Rogers, J. S. 1972. Measures of similarity and genetic distance Studies in Genetics. University of Texas Pub.

32. Rohlf, F. J. 1988. NTSYS-PC, numerical taxonmy system. Software of Applied Biostatistic Inc. Exeter Publ. Ltd.

33. Smith, O. S., J. S. C. Smith, S. L. Bowen, R. A. Tenborg, and S. J. Wall.1990. Similarities among a group of elite maize inbreds as measured by pedigree, F1 grain yield, heterosis, and RELPS. Theor. Appl. Genet.80: 833—840.

34. Wellausen, E. J., and C. Prywer. 1954. Relationship between chromosome knob number and yield in corn. Agron. J. 46: 507-511.

35. Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18 (22) : 6531—6535.

Prediction of Heterosis with Genetic Diversity among Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines Revealed by Random Amplified Polymorphic DNA[1]

Shu Chen[2], Kae-Kang Hwu[3] and Cheng Chen[3]

Summary

To evaluate the potential of RAPD-based genetic diversity in predicting the performance of hybrids, the genetic diversity among maize inbred lines was dectected with random amplified polymorphism. Modified Roger's Distance (MRD) among seven maize inbred lines was between 0.53 and 0.75 based on 88 bands using 20 primers. There was no significant correlation between the RAPD-based genetic diversity and performance of hybrids. Cluster analysis based on MRD was not also consistent with known pedigree and heterotic group.

Key words: *Zea mays* L., Random Amplified Polymorphic DNA, Genetic Diversity, Heterosis.

1. Contribution No. 1845 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Research Assistant, Crop Genetic Resources Laboratory, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Associate Professor and Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University. Taipei, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(2)：156～163（1996）

當歸組織培養之研究

（Ⅰ）未熟胚培養擬胚化癒合組織之誘導及生長[1]

黃漢龍[2]　陳忠川[2]　陳威臣[3]　蔡新聲[3]

摘要：當歸 *Angelica sinensis*（Oliv.）Diels 載於本經中品，歷代本草均有著錄，自古即爲我國之重要藥材。其功用甚廣，應用於許多中醫方劑，主治婦人疾患。當歸的傳統栽培法是以種子爲材料，而種子繁殖的缺點是其品質不易控制，影響當歸品質甚巨。植物組織培養是取代傳統育種及栽培方式，提升當歸品質的良好方法。本研究探討以當歸之未熟胚建立大量繁殖的可行性。結果顯示，當歸未熟胚於 MS 基礎培養基中培養一個月後，可形成擬胚化癒合組織、正常植物體及不正常植物體三種材料。擬胚化癒合組織於 MS 基礎培養基之生長狀況較 B_5 及 White 培養基好。而培養基之無機氮源以 NH_4^+: No_3^-=1：2或1：4的組合較適合。此外，25°C與照光（2,000 lux）的條件對癒合組織生長及增殖較佳。

關鍵詞：當歸、未熟胚培養、擬胚化癒合組織。

當歸 *Angelica sinensis*（Oliv.）Diels 載於本經中品，歷代本草均有著錄，自古即爲我國之重要藥材[3,4,5,6,7,8,10,11,12,14]。古人以爲當歸之名源自其藥能，可使「氣血各有所歸」[8]。婦女以血爲本，「當歸調血」，故爲「婦人要藥」，能「補女子諸不足」[5,7]。用於治療一切血症，咳逆上氣，溫中止痛，諸惡瘡瘍，亦可作爲潤腸劑和強壯劑。歷代本草所載當歸的功用，許多已由現代的實驗藥理學得到證實[9]。

當歸屬於溫帶之植物，宜在濕度較大的高寒山區栽培[1]。臺灣過去栽培過大和當歸，今已成爲山地自生（歸化）或栽培的品種[13]。大陸地區多以種子繁殖進行當歸之栽培，因種子良莠不齊，且不良種子會使當歸提早抽苔及根系木化等缺點，影響當歸的品質與重量甚巨。曾有報告指出，當歸苗達40～70%的抽苔率時已不堪入藥[1,2]。因此，尋求更好及更有效率的繁殖途徑是非常重要的課題。

植物組織培養之大量繁殖技術已廣泛應用在種苗生產事業。顧（1982）由葉柄誘得之癒合組織經器官分化（organogenesis）可得到當歸植物體[15]。Zhang *et al.*（1989）則由根誘得之癒合組織經擬胚化（embryogenesis）培養可得到當歸植物體[24]。Ammirato *et al.*（1983）指出，擬胚化培養較器官分化培養節省許多人力及物力，是值得開發的繁殖途徑[16]。本研究以當歸之離體未熟胚（excised immature embryo）爲材料誘導癒合組織，進一步探討適合當歸擬胚化癒合組織培養的條件，期能誘得大量體胚（somatic embryo）並使之形成正常植株，爲當歸大量繁殖提供另一途徑。

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告　第 1846 號。
2. 中國醫藥學院前研究生與教授。臺灣省　臺中市。
3. 本所農藝系助理與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

一、材　料

本研究使用之材料，係原產於甘肅之中國當歸 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 已授粉之子房。

二、方　法

㈠培植體之採樣及消毒：

將當歸之子房以清水洗淨，於70%酒精中浸泡30秒，再以1%次氯酸鈉（每50ml 加 Tween 20一滴）溶液於超音波振盪器消毒5分鐘，移至無菌接種箱後，以無菌水清洗五次。剝離子房外被，取未熟胚（immature embryo）置於固體培養基中培養。

㈡培養基的配製：

本研究主要以 MS 無機鹽類及有機成分爲基本配方且內含3%蔗糖及0.9%洋菜，並添加 casein hydrolysate (CH) 和 L-glutamine 等各類添加物，培養基加入洋菜前先用 1N NaOH 及 HCl 將 pH 值調至5.7±0.1，然後以121°C、1.05 kg/cm² (15 lb/in²) 高溫高壓滅菌15分鐘後，擺成斜面放冷備用。

㈢培養環境：

接種後，將材料置於25±1°C之恆溫照光（固體培養約2,000 lux）下培養。

㈣當歸擬胚化癒合組織培養之建立：

未熟胚置於 MS 基礎培養基培養一個月後，形成正常植物體（normal plantlet）、不正常植物體（abnormal plantlet）及擬胚化癒合組織(embryogenic callus)三種材料（圖1）。取擬胚化癒合組織繼代培養於含有不同成分的固體培養基，並測其增殖情形。

㈤統計方法：

試驗所得資料經變方分析後，若處理間差異顯著，則利用 Duncan's multiple range test 測定比較各處理平均值間之差異。

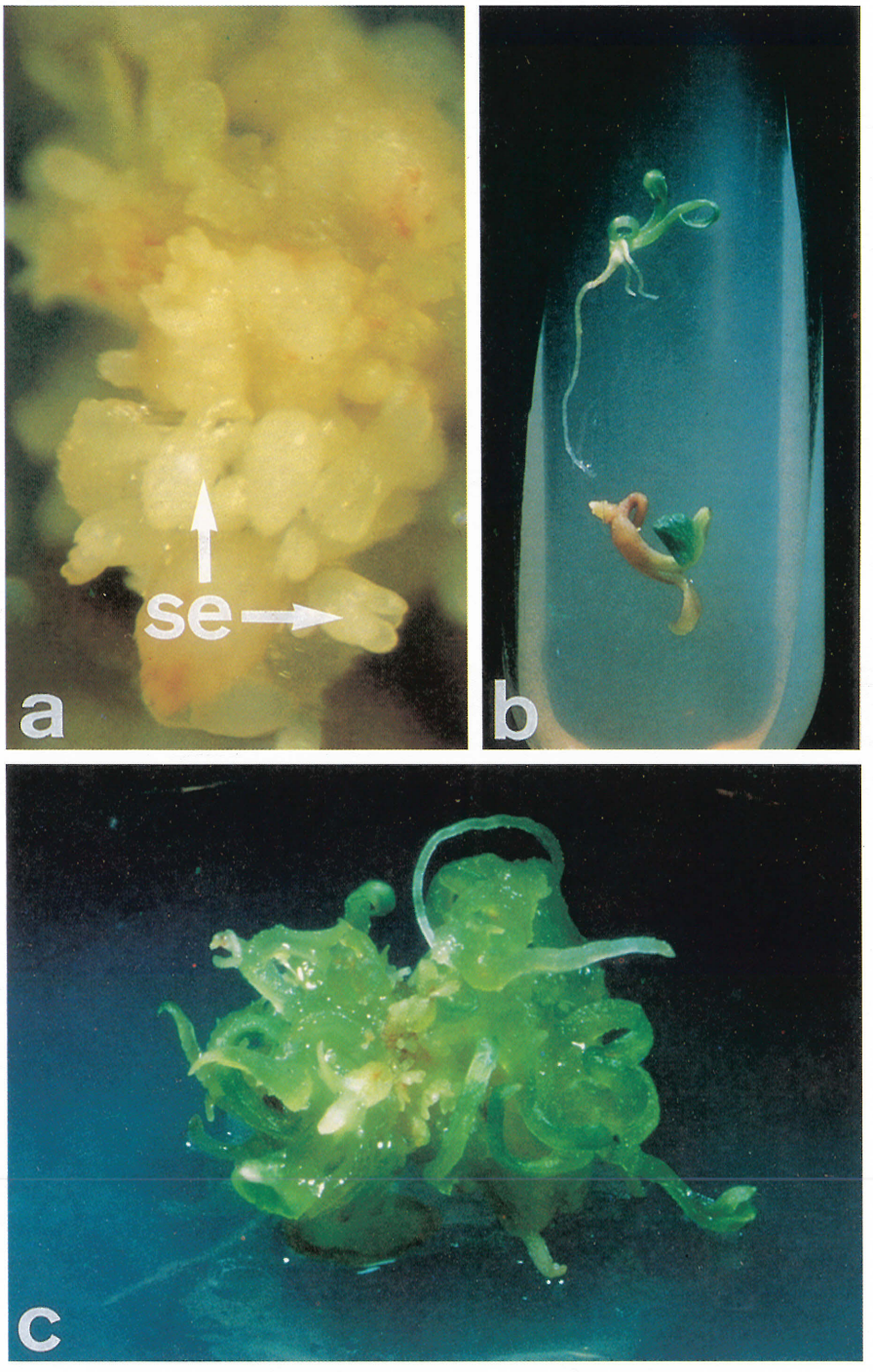


圖 1. 未熟胚於 MS 基礎培養基中形成 (a) 體胚及擬胚化癒合組織、(b) 正常小苗及 (c) 不正常植物體。

Fig. 1. Immature embryo culture of *A. Sinensis*. Embryogenic callus (a) with somatic embryos (se) , normal plantlets (b) and abnormal plantlets (c) were induced from immature embryo cultured on MS basal medium for one month.

結　果

未熟胚培養於 MS 基礎培養基一個月後，即可誘導形成擬胚化癒合組織 (embryogenic callus, EC) 。取此擬胚化癒合組織進行下列試驗，並於30天後測鮮重比較其增殖情形。

一、不同基礎培養基對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

將擬胚化癒合組織培養於不同基礎培養基，結果如表1所示，以 MS和1/2 MS 培養基之擬胚化癒合組織質地鬆軟、呈淡黃色且增殖情形較佳，但兩者間並無顯著差異。其次爲 B_5 培養基，而 White 培養基則最差。培養於 B_5 培養基之癒合組織顏色深黃，White 培養基則接近白色，兩者之癒合組織表面部分均有褐化情形。

表 1. 不同的基礎培養基對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

Table 1. Influence of basal medium on the growth of embryogenic callus (EC) of *A. sinensis*

Basal medium[z]	No. of EC cultured[y]	Average fresh weight -mg-
1×MS	54	235.92a[x]
1/2×MS	54	248.58a
1×B_5	54	147.83b
1×White	52	40.58c

[z] Basal medium: MS (Murashige and Skoog, 1962) , B_5 (Gamborg *et al.*, 1968) and White (1954) basic salts supplemented with 3% sucrose, 0.9% agar and pH=5.7.
[y] The initial fresh weight of EC was 20mg. The cultured duration was 30 days.
[x] Means with the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

二、溫度對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

將擬胚化癒合組織置於15°C、20°C和25°C三種溫度，光照強度保持2,000 lux 的條件下培養，結果如表2所示，擬胚化癒合組織於25°C下增殖最快，20°C以下則不利於擬胚化癒合組織的增殖。

表 2. 溫度對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

Table 2. Influence of temperature on the growth of embryogenic callus (EC) of *A. sinensis*[z]

Temperature (°C)	No. of EC cultured[y]	Average fresh weight -mg-
15	40	140.37b[x]
20	31	195.12b
25	40	282.25a

[z] Basal medium: MS salts supplemented with 3% sucrose, 0.9% agar and pH=5.7.
[y,x] Same as Table 1.

三、光照對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

將擬胚化癒合組織置於2,000 lux 的光照及暗處理下培養，結果如表3所示，光照下培養的擬胚化癒合組織增殖優於暗培養者。

表 3. 光照對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

Table 3. Influence of light on the growth of embryogenic callus (EC) of *A. sinensis*[z]

Light intensity (lux)	NO. of EC cultured[y]	Average fresh weight -mg-
Dark	60	139.00b[x]
2,000	60	168.44a

[z] Same as Table 2.
[y,x] Same as Table 1.

四、無機氮源對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

將擬胚化癒合組織置於含不同比例的 NH_4^+ 和 NO_3^- 的 MS 基礎培養基下培養，結果如表4所示，擬胚化癒合組織於 NH_4^+: NO_3^- 爲1：2和1：4的 MS 基礎培養基下增殖最佳，其次爲1：8者，1：1者質地及增殖情形都較差。

表 4. 無機氮對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

Table 4. Influence of inorganic nitrogen source on the growth of embryogenic callus (EC) of *A. sinensis*

Basal medium with NH_4^+: NO_3^-[z]	No. of EC cultured[y]	Average fresh weight -mg-
1：1	60	149.11b[x]
1：2	60	214.78a
1：4	57	199.33a
1：8	60	178.33ab

[z] Same as Table 2.
[y,x] Same as Table 1.

五、有機氮源對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

將擬胚化癒合組織置於含不同比例的 casein hydrolysate 和L-glutamine 的 MS 基礎培養基下培養，結果如表5所示，有機氮 casein hydrolysate 和 L-glutamine 對擬胚化癒合組織的增殖並無顯著影響，擬胚化癒合組織於不同比例的有機氮下，質地及顏色也沒有明顯差異。

表 5. 有機氮對當歸擬胚化癒合組織增殖之影響

Table 5. Influence of organic nitrogen source on the growth of embryogenic callus (EC) of *A. sinensis*

Basal medium with[z]		No. of EC cultured[y]	Average fresh weight -mg-
CH -ppm-	Glu		
0	0	60	308.11a[x]
500	0	60	316.89a
1,000	0	60	293.00a
500	500	60	321.22a
1,000	500	60	331.22a

[z] Same as Table 2. CH=casein hydrolysate; Glu=glutamine.
[y,x] Same as Table 1.

討　論

Sharp *et al.* (1980) 提出植物組織培養擬胚化構造的產生可分爲直接和間接兩種，前者由培植體直接誘得體胚，後者則先由培植體誘得癒合組織再由癒合組織誘得體胚[22]。植物產生直接或間接的擬胚化構造，除了可能與植物的種類及其培植體的部位有關外，植物生長調節劑的刺激應有重要的影響。許多報告都認爲直接產生的擬胚化組織與cytokinins 有關，例如 Hatanaka *et al.* (1991) 報導 *Caffea canephora*的葉片只有在 cytokinins 的刺激下才能產生體胚，而 auxin 類的植物生長調節劑則會抑制體胚的形成[20]。Norgaard *et al.* (1991) 於 *Abies nordmanniana* 的研究也獲致相似的結果，0.5 μM (1.12 ppm) 的 BA 可誘導 *A. nordmanniana*的未熟胚形成體胚[21]。間接產生的擬胚化組織則可能與 auxin 類的植物生長調節劑有關。Evan *et al* . (1981) 即指出57.1%的體胚培養是利用2,4-D 所建立而成[18]。早期研究指出當歸也有相似的結果，因而確認 auxin 類的植物生長調節劑，尤其是2,4-D 是建立當歸擬胚化培養的重要植物生長調節劑[15,24]。但本研究結果顯示，利用當歸未熟胚置於 MS 基礎鹽類培養基，不需任何植物生長調節劑的刺激便能形成擬胚化癒合組織、正常及不正常的植物體。亦即當歸未熟胚培養具有如同 Sharp *et al.* (1980) 所描述的 proembryogenic determined cell (PEDC) 的特性，似乎較顧 (1982) 及 Zhang and Chen (1989) 報導需經2,4-D刺激再由癒合組織建立擬胚化培養簡單。初步研究結果亦顯示，利用當歸的根、葉柄及未熟胚均可誘導形成擬胚化癒合組織 (後繼報導整理中) 。

植物癒合組織生長所需之基礎培養基因植物種類而異，有些植物適於高鹽類的培養基 (如B_5、MS) ，有些則適於低鹽類的培養基 (如 White) 。顧 (1982) 比較 White (1963) 、MS (Murashige and Skoog, 1962) 和 H (Hildebrandt *et al.*, 1946) 三種培養基對當歸癒合組織生長的影響，結果顯示 MS 和 H 培養基爲較佳的培養基[15]；而 Zhang and Chen (1989) 比較 B_5 (Gamborg *et al.*,1968) 、KU (Kameya and Uchimiya, 1972) 、MS 及 NT (Nagata and Takebe, 1971) 四種配方之基本鹽類，結果顯示 B_5 和 MS 培養基爲當歸擬胚化癒合組織生長的適當培養基[24]。本試驗以 MS、1/2 MS、B_5 及 White 四種培養基測試，結果亦顯示高濃度鹽類的 MS 培養基，較適宜當歸擬胚化癒合組織的生長。

培養環境也是影響擬胚化培養的重要因素。Vazquez *et al.*(1991)指出，暗培養有助於 *Secale vavilovii* 的癒合組織形成擬胚化的構造[23]。然而顧(1982)及 Zhang and Chen(1989)指出，照光下有助於當歸擬胚化癒合組織的形成，顧並進一步指出，溫度會影響癒合組織器官的分化，18～20°C爲誘導癒合組織分化的良好環境[15,24]。本研究結果顯示，當歸擬胚化癒合組織之增殖，較適當的培養環境仍以25°C且照光(2,000 lux)的條件較佳，20°C以下或是暗培養都會減緩擬胚化癒合組織的增殖。20°C及暗培養對體胚分化似無顯著影響，15°C以下則明顯抑制體胚形成。此結果與 Esan(1973)於甜橙珠心胚培養的結果殊爲一致，即培養溫度過低，對擬胚化培養有不利的影響[17]。

培養基的氮含量也會影響擬胚化癒合組織之增殖。Ghosh *et al.* (1991) 於*Asparagus cooperi* 的研究指出，適當的有機及無機氮源的組合可以增加擬胚化癒合組織的鮮重，300 ppm glutamine、1,000 ppm CH 及1,200 ppm NH_4NO_3 是較佳的組合[19]。Norgaard *et al.* (1991) 指出，3.4 mM (496.9 ppm) glutamine和50 ppm CH 的組合，可使*Abies nordmanniana*擬胚化癒合組織的鮮重增加約30%，並可使體胚維持於球形期 (globular stage) 的"stage 1"[21]。本研究結果則顯示，無機氮源對擬胚化癒合組織的影響較大，以 NH_4^+: NO_3^-=1：2或1：4爲較佳的組合，CH 及 glutamine 等有機氮源對擬胚化癒合組織的增殖則無明顯的影響。

根據本研究結果，當歸未熟胚可利用 MS 基礎培養基誘導形成擬胚化癒合組織，以 MS 或1/2 MS 爲基礎培養基 (NH_4^+: NO_3^- 爲1：2和1：4) ，在25°C及2,000 lux 光照的條件下培養，可得較佳

且大量的擬胚化癒合組織，未來應可利用此擬胚化癒合組織建立當歸之細胞懸浮培養，並進而做爲誘導體胚形成及製作人工種子之材料。

誌 謝

本研究承國科會經費補助（計畫編號：NSC85-2321-B055-04），特此申謝。

引用文獻

1. 中草藥栽培技術。1979。257-260頁。人民衛生出版社。
2. 全國中草藥匯編。1983。355-356頁。人民衛生出版社。
3. 吳其濬。1962。植物名實圖考長編（上册）。622-624頁。世界書局。
4. 吳其濬。1974。植物名實圖考（下册）。624頁。世界書局。
5. 李時珍。1988。本草綱目。484-487頁。國立中國醫藥研究所。
6. 那 琦、謝文全。1977。重輯名醫別錄。64-65頁。國立中國藥學研究所。
7. 唐愼微。1976。重修政和經史證類備用本草。199頁。南天書局。
8. 唐愼微。1970。經史證類大觀本草。212頁。正言出版社。
9. 梅其炳。1983。中國當歸藥理研究進展。中草藥。14(8)：379-382。
10. 陶弘景。神農本草經集注。小島尙眞、森立之重輯。58頁。1972。南大阪印刷株式會社。
11. 掌禹錫。嘉祐補注神農本草。那琦、謝文全、李一宏重輯。84頁。1989。國立中國藥學研究所。
12. 劉文泰、王道純。1983。本草品彙精要。299頁。南天書局。
13. 賴榮祥。1976。原色生藥學。95-99頁。創譯出版社。
14. 蘇 敬。新修本草。岡西爲人重輯。195-196頁。1964。國立中國藥學研究所。
15. 顧靜文。1982。當歸 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 組織培養的研究。藥學學報 17(2)：131-137。
16. Ammirato, P. V. 1983. Embryogenesis. In: Handbook of plant cell culture, Vol. 1. Techniques for propagation and breeding. (Evans, D. A. *et al.*, eds.) Macmillan, New York, London. pp. 82-123.
17. Esan, E. B. 1973. A detailed study of adventive embryogenesis in the Rutaceae. Ph. D. dissertation. Univ. California, Riverside, USA.
18. Evans, D. A., W. R. Sharp and C. E. Flick. 1981. Growth and behavior of cell cultures: Embryogenesis and organogenesis. In: Plant Tissue Culture: Methods and applications in agriculture. (Thorpe, T. A. ed.) Academic Press, New York. pp. 45-113.
19. Ghosh, B. and S. Sen. 1991. Plant regeneration through somatic embryogenesis from spear callus culture of *Asparagus cooperi* Baker. Plant Cell Rep. 9: 667-670.
20. Hatanaka, T., O. Arakawa and T. Yasuda. 1991. Effect of plant growth regulators on somatic embryogenesis in leaf cultures of *Coffea canephora*. Plant Cell Rep. 10：179-182.
21. Norgaard, J. V. and P. Krogstrup. 1991. Cytokinin induced somatic embryogenesis form immature embyos of *Abies nordmanniana* L K. Plant Cell Rep. 10: 509-513.
22. Sharp, W. R., M. R. Sondahl and L. S. Caldas. 1980. The physiology of *in vitro* asexual embryogenesis. Hortic. Rev. 2：268-310.
23. Vazquez, A. M., F. J. Espino and J. Rueda. 1991. A comparative study of somatic embryogenesis in *Secale varilovii*. Plant Cell Rep. 10: 265-268.
24. Zhang, S. and K. Cheng. 1989. *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: *In vitro* culture, regeneration, and the production of medicinal compounds. In: Biotechnology in agriculture and forestry Vol. 7. Medicinal and aromatic plants. (Bajaj, Y. P. S. ed.) Springer Velag, Berlin, Heidelberg. pp. 1-22.

Studies on Tissue Culture of *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels.

(Ⅰ)Induction and Growth of Embryogenic Callus from Immature Embryo[1]

Han-Lung Huang[2], Chung-Chuan Chen[2], Uei-Chin Chen[3] and Hsin-Sheng Tsay[3]

Summary

Angelica sinensis has been used widely to cute women's peculiar disease in China. Because of its broad pharmacological effects, it has been adopted in a lot of traditional Chinese medicinal prescription. The purpose of this study is to find the possibility to mass-propagate and improve the quality of *A. sinensis* by developing its immature embryos. It was found that the embryogenic callus, normal plantlets and abnormal plantlets could be induced from immature embryos cultured on MS basal medium for one month. The growth of embryogenic callus on MS basal medium was better than on B_5 and White medium. The inorganic nitrogen source in the medium, NH_4^+: NO_3^-=1 : 2 or 1 : 4, are the better combination. The embryogenic callus showed better growth when cultured under light (2,000 lux) than in darkness. 25°C was the optimal temperature for the growth of embryogenic callus.

Key words : *Angelica sinensis*, Immature embryo culture, Embryogenic callus.

1. Contribution No. 1846 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by a grant from National Sciences Council (85 NSC-2321-B055-04) , Republic of China.
2. Respectively, former graduate student and Professor of Graduate Institute of Chinese Pharmaceutical Science, China Medical College. Taichung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Research Assistant and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(2)：164～173（1996）

植期與密度對薑黃產量及薑黃素含量之影響[1]

胡敏夫[2] 邱善美[2] 劉慧瑛[3] 賴明信[2] 劉新裕[2]

摘要：本研究進行四期種植期（3月15日、4月15日、5月16日及6月15日）配合三種種植密度（83,000、53,000及40,000株／公頃）之試驗，探討其對薑黃根莖產量及品質的影響。試驗結果發現，植期對薑黃生長的影響較種植密度大，就主要農藝特性而言，3月15日至5月16日等三期種植之薑黃株高、葉長、葉寬、葉數、分株數、平均單株總分生子莖數、平均單株根莖乾重及薑黃素的含量均有較佳的表現，但6月15日較晚植者其上述八項主要農藝性狀表現均較差。種植密度間之影響比較，發現 D_2（53,000株／公頃）與 D_3（40,000株／公頃）處理，其平均單株根莖乾重均比 D_1（83,000株／公頃）處理高，但在本省此二種種植密度必須配合於3月中旬至5月中旬種植，薑黃方能獲得較高的根莖產量。

關鍵詞：薑黃、薑黃素、植期、密度。

薑黃（*Curcuma aromatica* Salisb.）的產品在國內市場上之接受狀況，隨著人民生活水準的提升，在飲料與食品上使用作爲保健需求，已漸受重視且消費量有逐漸增加之趨勢(5)，但近年來所有產品大部份皆仰賴進口，目前本省甚少生產。於我國未來加入 WTO 後，本省農業當受外來農產品的衝擊，因而必須面對轉形，即原來獎勵大宗生產無力競爭的農產品，勢將減少生產而釋出大量農田，農民將不知所從，此際發展特殊用途之作物可能爲未來應走之一途經。本所鑑於此，在數年前就開始進行天然色素植物薑黃之栽培技術研究。首先探討其根莖形成及各次分生子莖之成分分析，發現薑黃分生子莖之形成始於第二葉完全展開期，每株平均分生子莖數高達114個，其中以第三次位分生子莖數佔45.1%最多。成分分析結果，在碳水化合物、蛋白質及薑黃素含量，均以母莖含量較高，次爲第一次位分生子莖(2)。其次探討氮鉀肥用量對薑黃產量與品質之影響，獲悉根莖乾、鮮重均隨氮鉀肥用量增加而提高，但薑黃素含量以未施用鉀肥區含量較高，且鉀肥用量則對根莖產量及薑黃素含量無顯著影響(3)。

本研究係以上述研究結果爲基礎，進一步探討薑黃在本省最適種植期及密度，以期能收穫較高產量與品質。國內對此相關方面研究的資料闕如，國外文獻更少見，僅獲知本省薑種植密度 20cm 較 30cm 產量可提高30%(1)，在印度發現蒟蒻（elphant root yam）於3—4月間種植，根莖發芽較快，7—8月間種植生長勢較旺盛，但根莖產量仍以3月中旬—4月中旬種植較高(6)。本省氣候與國外迥異，且上述報告雖均屬根莖類作物，但生育習性仍有不同，惟可獲悉植期與密度確實能影響作物產量與品質，因此以此課題作詳細深入的研究。

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告　第 1847 號。
2. 本所農藝系助理研究員、前研究員、助理及研究員。
3. 本所農化系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

本試驗供試材料爲大黃種，試驗設計採 4×3 複因子完全逢機區集，行畦植，畦長 5m，寬 1.8 m，3 行區，行距固定爲 60cmm，小區面積 9m²。種植期分四期，即 3 月15日 (S_1)，4 月15日 (S_2)，5 月16日 (S_3)，6 月15日 (S_4)。株距密度分 D_1=20cm (83,000株／公頃)，D_2=30cm (53,000株／公頃)，D_3=40cm (40,000株／公頃)，計12處理，4 重複。肥料施用量 N-P_2O_5-K_2O 爲 90-60-100 kg/ha，以磷肥全量及氮鉀肥1/3爲基肥，剩餘肥料於中耕除草時作爲追肥平均施用。管理方法係於種植前施用基肥，然後取自母莖分出第一次位分生子莖作爲種莖用，依各時期種植，待第一葉鞘出土係20及60天分別施用追肥，同時進行中耕除草及培土。第一葉鞘出土後80及140天行生育調查，地上部倒伏後收穫，試驗期間爲二年 (1993—94)，調查項目爲根莖鮮重、乾重、薑黃素、粗蛋白質、脂肪及灰份等含量。成分分析如下之方法進行：

㈠粗氮白質：以 semi-micro Kjeldahl 法測定全氮含量，而以 N%×6.25 表示之。

㈡粗脂肪：用 Soxhlet 裝置以乙醚抽出18小時後測定。

㈢薑黃素：依據前人研究分析方法[4,5]，將樣品以95%乙醇萃取至抽出液不再呈黃色，測定抽出液在 430 nm 波長之吸光度，並以 Sigma 公司 C-1386 薑黃素爲標準換算之。

結果與討論

一、兩年試驗期間之氣候狀況

由表 1 資料顯示，1993年 3 月起氣溫逐漸回升，至 4 月份回升幅度爲 3.1°C 達 22.4°C，其後似以小幅度上升，至 7 月份達 29.1°C 最高，8 月份後又以幅度漸降。1994年則不同，3 月份至 4 月份驟升 7.3°C，5 月份後一直以小幅度上升，至 7 月份最高溫度爲 28.3°C 較1993年低，但於12月份仍維持 20°C 以上氣溫，顯然二年間之氣溫變化稍爲不同。雨量方面比較，二年似均集中於 3 至 8 月間之生育前期，惟1994年雨量較多且長。日照時數比較，1993年平均月之日照時數爲177小時，低於此量之月份有 3、4、6、及11月份，而1944年平均月之日照時數爲172小時，低於此量之月份有 3、5、6、7、8 及12月份，因此，1993年薑黃生育前期似比1994年有較佳之日照時數，於此似較有利薑黃的生長。

表 1. 薑黃種植生育期間之月平均氣溫、降雨量及日照時數 (1993／1994)

Table 1. Monthly mean temperature, percipitation, and sunshine duration during the growth period of turmeric plants cultivated at TARI in 1993 and 1994.

Month	Temperature (°C)		Percipitation (mm)		Sunshine Duration (hr)	
	1993	1994	1993	1994	1993	1994
1	15.6	17.2	19.5	36.5	172.2	165.3
2	18.1	17.9	3.9	130.7	182.6	119.7
3	19.3	17.8	119.3	109.5	139.3	117.6
4	22.4	25.1	109.9	37.4	123.8	217.2
5	25.8	26.6	204.4	326.3	185.8	167.6
6	27.7	27.9	321.4	220.7	158.9	171.3
7	29.1	28.3	116.9	474.6	226.4	170.4
8	28.6	27.7	154.9	520.5	237.5	155.6
9	27.7	26.5	19.6	133.2	190.7	207.9
10	25.0	23.9	0.0	19.9	213.8	211.0
11	22.9	22.3	36.6	0.0	115.8	216.3
12	18.6	21.0	4.2	18.3	178.9	149.0

二、植期及密度對薑黃生長之影響

在第一葉鞘出土後第140天調查植株地上部之農藝性狀，將二年所得資料綜合變方分析結果（表2），發現各性狀之年度間效應均達極顯著，此乃1993年除 S_4（6月15日）種植之生育較差外，其餘各期之農藝性狀表現均比1994年種植佳，或許因1993年日照時數較長（月平均177＞172小時）與7、8月間雨量分佈適當而較有利薑黃生長所致有關。單因子方面比較，於植期效應上探討，經分析發現有極顯著效應存在於各性狀間，此效應再經單自由度分析結果，發現爲一次直線與二次曲線效應，而三次曲線效應則呈現於平均單株葉數及分株數等性狀上，此顯示不同植期對薑黃之生長影響係上述等性狀上的差異所使然。

密度效應方面之分析，則發覺於株高、葉長、葉數及分株數等四性狀上有極顯著效應存在，此效應爲一次直線效應，即薑黃在不同密度栽培下對生長有影響乃因上述四性狀上之差異。至於交感效應方面分析，發現年度與植期間均分別呈現極顯著與顯著效應的性狀有株高、葉長及分株數等；年度與密度間交感方面，僅葉數有效應存在，而植期與密度本因子間之交感效應分析，則作用於株高、葉長及葉數等三性狀上，此差異乃受植期間一次直線效應與密度間二次曲線交感效應、植期間二次曲線與密度間直線交感效應及植期間三次曲線與密度間二次曲線交感效應綜合所影響。

表 2. 不同植期與密度對薑黃大黃種生育後期（葉鞘出土140天）生育性狀之綜合變方分析（1993/1994）

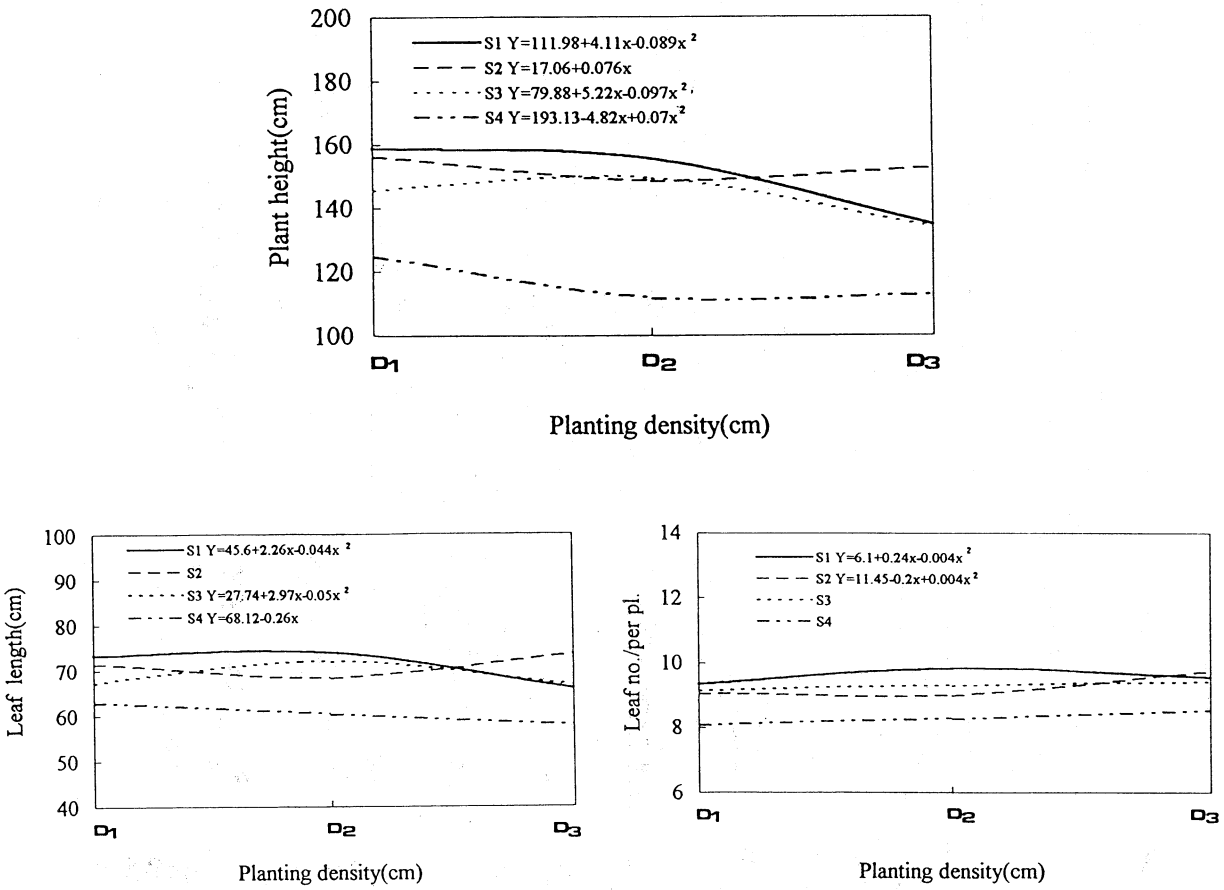
Table 2. Combined analysis of variance on the agronomic characters of turmeric plants measured at 140 days after first leaf emergence (1993/1994).

Source	D.F.	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf no./ per plant	Branch no./ per plant
		Mean square				
Y[z]	1	5,628.87**	711.77**	11.62**	17.85**	7.37*
*B/Y	6	1,449.75	122.00	3.11	2.77	1.26
S	3	19,168.66**	1,861.64**	41.36**	25.70**	20.35**
SL[y]	(1)	14,164.70**	1,493.19**	25.12**	20.42**	9.35**
SQ	(1)	4,975.20**	361.15**	15.36**	2.73**	9.00**
SC	(1)	28.76	7.30	0.88	2.55**	2.00*
Y×S	3	2,021.45**	296.10**	1.54	0.75	3.35*
D	2	2,696.52**	153.82*	3.56	2.03**	16.61**
DL	(1)	2,652.25**	136.31**	3.42*	2.03**	16.40**
DQ	(1)	44.27	17.52	0.14	0.005	0.21
Y×D	2	276.68	26.29	0.56	1.27*	0.31
S×D	6	2,153.08**	531.39**	5.43	2.10*	4.14
SL×DL	(1)	164.74	2.21	0.51	0.04	0.61
SL×DQ	(1)	278.43*	20.18	0.22	0.08	0.04
SQ×DL	(1)	415.14*	178.89**	0.95	0.18	0.06
SQ×DQ	(1)	6.02	4.94	0.54	0.83*	0.75
SC×DL	(1)	259.56	23.22	1.18	0.33	2.11
SC×DQ	(1)	1,029.20**	301.95**	2.04	0.65*	0.56
Y×S×D	6	1,163.90*	239.86*	6.22	1.10	3.48
Error	66	4,156.31	1,026.27	53.53	9.14	21.37

*,** significant at 5% and 1% level, respectively.
[z] Y=year ; B=Block ; S=Planting time ; D=Density.
[y] Subscripts L,Q and C for each factor refer to linear, quadratic, and cubic, respectively.

從表2得悉植期與密度二因子對薑黃生育有影響，此可從單年度各組合之各性狀表現加以分析比較，1993年各組合之株高變域爲 110.1cm (S_4D_2) −172.4cm (S_1D_1) ；葉長爲 56.9cm (S_4D_2) −

78.7cm（S_1D_1,S_1D_2）；葉寬爲 16.0cm（S_4D_3）－19.4cm（S_2D_3）；葉數爲8.5葉（S_4D_1,S_4D_3）－10.4葉（S_1D_2）；分株數爲0.5支（S_4D_1）－3支（S_2D_3）。1994年各組合之株高變域爲 112.2cm（S_4D_3）－145.2cm（S_1D_1）；葉長爲 58.6cm（S_4D_3）－69.3cm（S_1D_2,S_2D_3）；葉寬爲 17.2cm（S_4D_1）－19.3cm（S_1D_2）；葉數爲 7.6葉（S_4D_1）－9.4葉（S_1D_3）；分株數爲1.3支（S_4D_1）－4.3支（S_2D_3）。此交感效應，以株高、葉長及葉數等三性狀，經個別回歸分析發現，各植期之株高受到栽培密度影響較大者爲 S_1、S_3及 S_4 植期，而 S_2 植期較小；葉長及葉數之反應，於各植期之不同密度栽培下，變化較小（圖1）。



S_1=15, March；S_2=15,April；S_3=16,May.
D_1=20cm（83,000 Pl./ha），D_2=30cm（53,000 Pl./ha），D_3=40cm（40,000 Pl./ha）.

圖 1. 薑黃之株高、葉長及葉數生長受不同植期與密度影響之反應

Fig. 1. Growth response of plants height, leaf length and leaf number of turmeric plants under different planting times and densities conditions.

依據前報[2]指出薑黃母莖與第一次位分生子莖的薑黃素含量較高，其意爲此等分生子莖數量之多寡關連薑黃根莖品質，因此第一次位分生子莖所佔的百分率有必要調查。表 3 係將二年調查所得資料經綜合變方分析，從結果發現單株平均總分生子莖數之年度間有極顯著效應存在，即種植年度對平均

單株總分生子莖數有影響，此影響除年度因子外，亦受植期及密度二因子所左右；第一次位分生子莖百分率之反應效應亦同。植期與密度間之此二性狀交感效應方面探討，僅平均單株總分生子莖數有顯著效應存在，此效應爲植期一次直線與密度二次曲線及植期三次曲線與密度二次曲線綜合所影響，換言之，不同植期配合不同密度下栽培，能影響薑黃單株總分生子莖數之個數。

表 3. 不同植期與密度對薑黃大黃單株總分生子莖數與第一分生子莖所佔百分率之綜合變方分析(1993/1994)

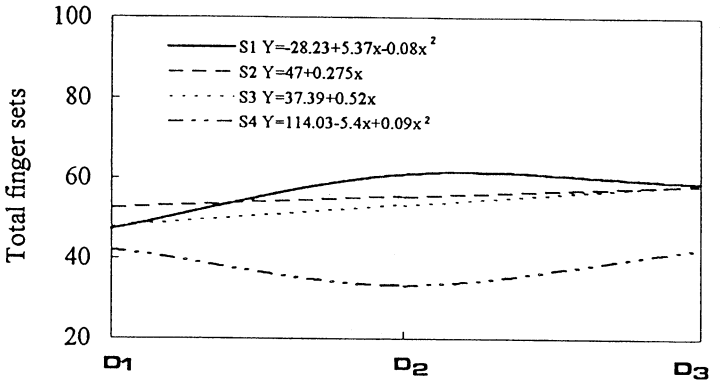
Table 3. Combined analysis of variance on the total finger sets and primary set percentage of turmeic plant in 1993 and 1994.

Source	D.F.	Total finger sets no. per plant	% of primary sets per plant
		Mean square	
Y[z]	1	33,735.00**	0.0043*
B/Y	6	1,142.92	0.0030
S	3	4,029.07**	0.0052**
SL[y]	(1)	2,879.24**	0.0024**
SQ	(1)	1,056.03**	0.0028**
SC	(1)	93.81	0.0000
Y×S	3	917.76**	0.0002
D	2	773.54**	0.0019
DL	(1)	773.54**	0.0018
DQ	(1)	0.00	0.0001
Y×D	2	99.39	0.0012
S×D	6	1,102.60**	0.0034
SL×DL	(1)	130.43	0.0000
SL×DQ	(1)	594.56**	0.0014
SQ×DL	(1)	16.10	0.0002
SQ×DQ	(1)	6.06	0.0006
SC×DL	(1)	123.88	0.0001
SC×DQ	(1)	231.58*	0.0001
Y×S×D	6	1,386.84**	0.0032
Error	66	2,099.65	0.0003

*,** significant at 5% and 1% level, respectively.
[z] Y=year ; B=Block ; S=Planting time ; D=Density.
[y] Subscripts L,Q and C for each factor refet to linear, quadratic, and cubic, respectively.

由上表得知植期與密度間之交感有效應存在，此可從各組合之表現加以分析，1993年總分生子莖數的變域爲43個（S_4D_2）－88個（S_1D_2）；1994年爲18個（S_4D_1）－41個（S_2D_3），即較晚植者不論採用任一種株距種植，其總分生子莖數均有減少之傾向，而在所有處理中總分生子莖數表現較多者爲 S_1D_2 區（如圖 2）。

第一次位分生子莖數之百分率比較，密度間無顯著差異存在，而植期間有顯著差異，即 S_4 植期有高於其他各植期之趨勢，不過，此高百分率並不能解釋爲該植期第一次位分生子莖數較高，以1993年 S_4D_2 處理而言，其第一次位分生子莖數之百分率在所有組合中最高達14.7%（6.4個），但其總分子莖數卻最低僅43個；1994年亦同，在所有組合中最高者爲39%（S_4D_1），而總分生子莖數僅18.4個。由此訊息使吾人確定決定薑黃的品質應爲第一次位分生子莖數之個數及重量而不是百分率之高低而已。



S_1=15, March ; S_2=15,April ; S_3=16,May.
D_1=20cm (83,000 Pl./ha) , D_2=30cm (53,000 Pl./ha) , D_3=40cm (40,000 Pl./ha) .

圖 2. 薑黃之總分生子莖數受不同植期與密度影響之反應

Fig. 2. Growth response of total finger sets per plants of turmeric plants under different planting times and densities conditions.

三、植期及密度對薑黃根莖產量之影響

前述均探討有關薑黃之生育效應，其次比較其根莖產量，首先綜合其二年資料經變方分析結果如表 4，不同植期間與密度間對根莖鮮重及乾重之效應均達極顯著，此顯示不同植期與不同密度栽培有

表 4. 不同植期與密度之薑黃根莖產量綜合變方分析 (1993／1994)

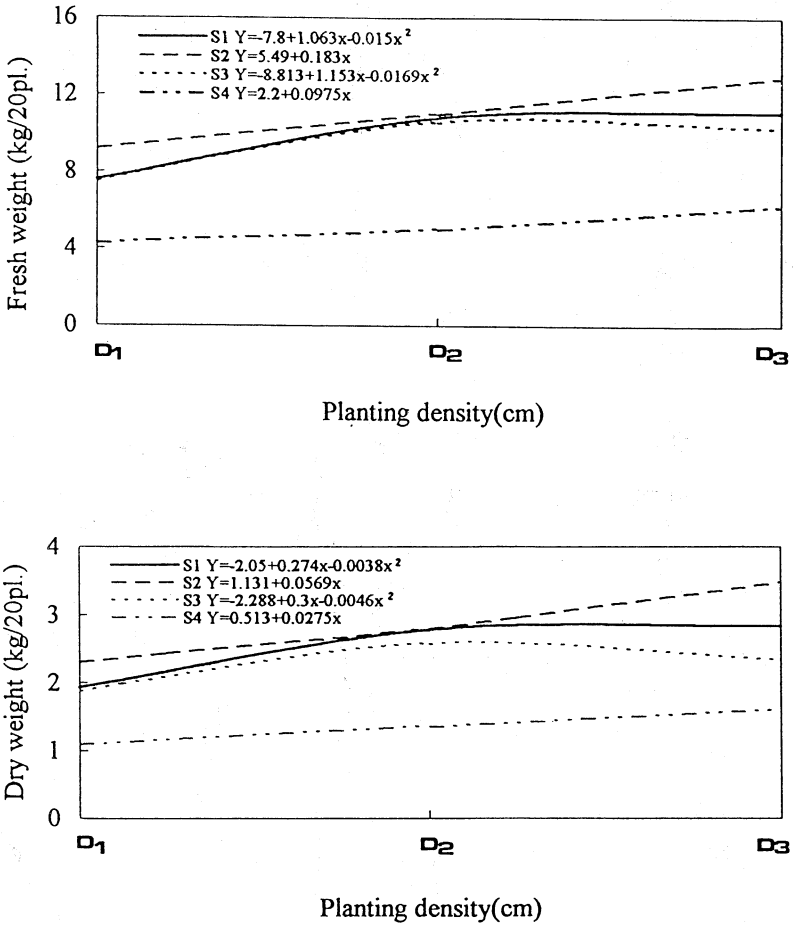
Table 4. Combined analysis of variance on the rhizome yield (kg/20 pl.) of turmeic plant in 1993—1994.

Source	D.F.	Rhizome Yield	
		Fresh weight	Dry weight
		Mean square	
Y[z]	1	39.78*	0.60
B/Y	6	18.06	1.33
S	3	472.12**	29.67**
SLy	(1)	293.91**	20.08**
SQ	(1)	178.21**	9.19**
SC	(1)	0	0.47*
Y×S	3	58.43**	2.80**
D	2	152.63**	9.98**
DL	(1)	141.61**	9.23**
DQ	(1)	11.02**	0.76**
Y×D	2	2.44	0.19
S×D	6	23.90*	2.57**
SL×DL	(1)	6.56*	0.65*
SL×DQ	(1)	3.24	0.11
SQ×DL	(1)	0.81	0.02
SQ×DQ	(1)	0.27	0.00
SC×DL	(1)	0.28	0.62*
SC×DQ	(1)	12.74**	1.18**
Y×S×D	6	9.08	0.93
Error	66	90.33	6.64

*,** significant at 5% and 1% level, respectively.
[z] Y=year ; B=Block ; S=Planting time ; D=Density.
[y] Subscripts L,Q and C for each factor refet to linear, quadratic, and cubic, respectively.

影響薑黃根莖的鮮重與乾重。另在根莖乾重上，發現植期間與密度間之交感效應達極顯著，此係二因子間之一次直線及植期三次曲線與密度二次曲線交感所影響，以致使兩年度間各處理之根莖乾重產量產生差異，鮮重亦然。

上述之效應從各組合之平均20株根莖乾重可進一步瞭解，S_2D_3 組合兩年度分別獲得3.67公斤與3.22公斤皆最高，兩年平均爲3.4公斤，而以 S_4D_1 糾合兩年度分別獲得0.95公斤與1.21公斤皆最低，兩年平均爲1.08公斤。此再經回歸分析所顯示曲線反應（如圖3），發現 S_1-S_3 各植期採 30cm 株距種植，其根莖鮮、乾重數據均很接近，而 S_2 植期採 40cm 株距種植，根莖鮮、乾重有增加之趨勢。因此，從單株產量而言，在植期方面，3月15日至5月16日種植均適合，而以4月15日種植較佳；種植密度反應，採 20cm 密植者，平均單株根莖鮮、乾重似有比採 30cm 與 40cm 株距種植顯現較低之傾向。



S_1=15, March ; S_2=15,April ; S_3=16,May.
D_1=20cm (83,000 Pl./ha) , D_2=30cm (53,000 Pl./ha) , D_3=40cm (40,000 Pl./ha) .

圖 3. 薑黃之根莖鮮、乾重受不同植期與密度影響之反應

Fig. 3. Response of the rhizome yield (fresh and dry weight (kg/20 pl.)) of turmeric plants under different planting times and densities conditions.

四、植期及密度對薑黃根莖主要成分之影響

薑黃根莖主要成分含量測定，乃取自1993年資料，此資料經變方分析結果列於表5，四種主要成分，僅薑黃素（Curcumin）含量在植期間交感上有顯著效應，此雖經 LSD 顯著性測定未達5%差異水準，但顯示薑黃於不同時間種植，對薑黃素的含量仍多少有所影響。

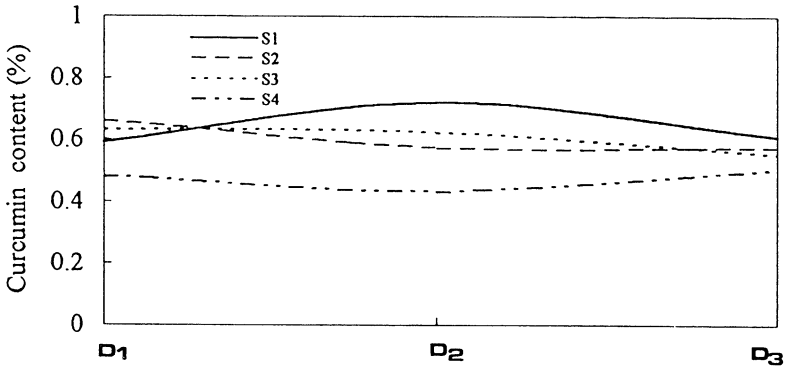
表 5. 不同植期及密度之薑黃根莖主要成分含量變方分析

Table 5. Analysis of variance on the chemical composition of turmeic plants in different planting times and densities (1993) .

Source	D.F.	Curcumin	Crude protein	Crude fat	Ash
		Mean square			
Block	2	0.042**	19.793	3.555	0.220
S[z]	3	0.151**	16.968	4.307	0.413
SL[y]	(1)	0.118**	3.481	3.213	0.035
SQ	(1)	0.019*	10.444	0.697	0.242
SC	(1)	0.014*	3.045	0.397	0.137
D	2	0.007	4.331	0.991	0.654
DL	(1)	0.006	4.225	0.627	0.507
DQ	(1)	0.001	0.106	0.364	0.146
S×D	6	0.054	41.829	4.812	0.494
SL×DL	(1)	0.000	0.133	0.810	0.036
SL×DQ	(1)	0.020	8.990	0.664	0.020
SQ×DL	(1)	0.015	0.215	0.005	0.041
SQ×DQ	(1)	0.003	31.113	2.599	0.360
SC×DL	(1)	0.000	0.098	0.613	0.000
SC×DQ	(1)	0.016	1.280	0.120	0.037
Error	22	0.004	78.997	13.051	2.237

*,** significant at 5% and 1% level, respectively.
[z] Y=year ; B=Block ; S=Planting time ; D=Density.
[y] Subscripts L,Q and C for each factor refet to linear, quadratic, and cubic, respectively.

上述效應可從圖4曲線變化而瞭解，S_1D_2 組合其薑黃素量含量最高達0.72%，次爲 S_2D_1 組合0.66%，而 S_4D_2 組合含量最低僅0.43%，同時 S_4D_1 及 S_4D_3 組合含量亦不高，各分別爲0.48%及0.49%。由此顯示本省3月15日至5月16日間種植對薑黃之薑黃素含量影響較小，但6月份以後種植者影響較大。至於種植密度間對薑黃素含量之影響探討，在本試驗分析結果，發現影響甚微，即採用上述任何密度種植對薑黃素含量影響不大。



S_1=15, March ; S_2=15,April ; S_3=16,May.
D_1=20cm (83,000 Pl./ha) , D_2=30cm (53,000 Pl./ha) , D_3=40cm (40,000 Pl./ha) .

圖 4. 不同植期與種植密度下之薑黃素含量變化
Fig. 4. Changes of curcumin content of turmeric plants under different planting times and densities.

綜合上述調查與分析的結果，本省薑黃於 3 月15日、4 月15日及 5 月16日等三期種植生育均佳，於株高、葉長、葉寬、葉數、分株數、平均單株根乾重及總分生子莖數與薑黃素含量等特性上，三植期間比較均無顯著差異，6 月16日種植者，薑黃生育顯現較差，因此，平均單株總分生子莖數少及根莖乾重與薑黃素含量等均低。種植密度間比較，採 20cm 株距種植區，其植株稍高且分株數較少，而平均單株根莖乾重亦較低，採 40cm 株距種植者，其植株有偏向橫向生長之趨勢，即疏植區之株高稍矮且分株數較多，同時，平均單株根莖乾重亦較高，但種植密度間之薑黃素含量並無顯著差異。

引用文獻

1. 林昭雄。1971。影響薑產量及品質因子之研究。中國園藝 17 (5) ：240—249。
2. 邱善美、劉慧瑛、朱戡良。1993。薑黃之生長與發育 I.根莖之形成及各次位分生子莖之成分分析。中華農業研究 42 (2) ：154—161。
3. 邱善美、呂秀英、劉慧瑛。1993。薑黃之生長與發育 II.氮鉀肥用量對薑黃生育、產量及品質之影響。中華農業研究 42 (4) ：370—379。
4. 蔡平里、陳雪娥。1975。園藝作物天然色素之研究 II.鬱金色素之抽取和不同品種間含量分析。中國園藝 421：79—82。
5. 陳雪娥、蔡里。1975。園藝作物天然色素之研究 III.鬱金色素之性質及利用。中國園藝 21：242—248。
6. Das, P.K. and H. Sen.1995. Effect of time of planting on growth and corm yield of elephant foot yam in eastern India. Trop. Agric (Trinidad) 72 (1) : 13—17.

Effects of Planting Date and Density on the Rhizome Yield and Curcumin Content of Turmeric Plant (*Curcuma aromatica* Salisb.)[1]

Min-Fu Hu[2], Shan-Mei Chiu[2], Huey-Ing Liu[3], Ming-Hsin Lai[2] and Sin-Yie Liu[2]

Summary

Four planting dates each at 30-day interval from 15 March to 15 June were tested in combination with three planting densities each at 10 cm interval from 20 cm (83,000 plants /ha) to 40 cm (83,000 plants/ha) for their effects on the rhizome yield and quality (curcumin content) of turmeric plant. Experimental results indicated that time of planting played a more important role for the growth of turmeric plant than planting density. The performances of the plant height, leaf length, leaf width, leaf number, branch number, total finger sets number, dry weight of rhizome and curcumin content were found better in planting dates from 15 March to16 May than 15 June. Higher dry weight of rhizome/per plant was found in D_2 (53,000 plants/ha) and D_3 (40,000 plants/ha) treatments than in D_1 (83,000 plants/ha) treament. It suggested that two densties (D_2 and D_3) combined with the planting dates from mid Mach to mid May could be obtain a maximum rhizome yield in Taiwan.

Key words : Turmeric (*Curcuma aromatica* Salisb), Curcumin, Planting Dates, Planting Density.

1. Contribution No. 1847 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant Agronomist, former Agronomist, Research Assistant and Agronomist, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwn ROC.
3. Agricultural Chemist. Department of Chemisty, TARI.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(2)：174～185（1996）

水芋收穫指數與乾物質生產分配之關係[1]

陳　烈　夫[2]

摘要：本研究之目的在探討不同期作下水芋植株各部位乾物質之生產及分配的差異情形，以及收穫指數與球莖乾物重及地上部乾物重等有關乾物質生產分配之性狀間的相關關係，以期供芋作物育種及生產技術改進之用。於1993年秋作及1994年春作在臺灣省農業試驗所田區進行檳榔心芋水田栽培試驗，自移植日起至收穫爲止，每隔一個月逢機調查8株芋植株，測量各植株的葉數、葉面積、葉片及葉柄之鮮乾物重及球莖鮮乾物重，並調查試驗期間氣象之變化。試驗結果顯示，秋作球莖產量高達春作的兩倍。由植株各部位乾物質生產及分配的趨勢，可將水芋生長期劃分成四個階段：生長初期、地上部生長旺盛期、球莖快速膨大期及球莖成熟期。春作於地上部生長旺盛期氣溫下降，造成乾物質生產與分配效率降低，是球莖充實受阻的主要原因。乾物質生產及分配亦影響最適收穫時間，秋作在移植後第7至9個月之間球莖仍繼續膨大，但春作自移植後第7個月起，球莖乾物重達到最大值後便不再增加。當總乾物重固定時，收穫指數與球莖乾物重之淨相關係數爲極顯著之正值，而收穫指數與地上部乾物重之淨相關係數則爲極顯著之負值，但球莖乾物重與地上部乾物重之間爲極顯著正相關，故必須選擇具有球莖與葉部之比值高的株型，才能達成提高球莖產量之效果。進而由水芋球莖乾物重與收穫指數及地上部乾物重間之複迴歸方程式，顯示收穫指數及地上部乾物重同爲影響球莖乾物重之重要因子，而以收穫指數更爲重要。因此，提高收穫指數，當可期獲有高的球莖產量。

關鍵詞：芋、球莖產量、收穫指數、乾物質生產及分配、葉面積指數。

芋屬天南星科（Araceae）多年生宿根性球莖（corm）作物，爲本省古老民食、傳統健康食品及夏季重要蔬菜，養分價值高，富含高分子澱粉（高纖維）、礦物質及維生素，重要性僅次於甘藷、馬鈴薯及樹薯，其用途廣泛，除供主食與副食外，並可當蔬菜、製粉、乾糧、加工食品、動物飼料及工業用途等。臺灣芋之栽培面積年約5,500公頃，近年來需求量年有增加，芋的利用開發與研究漸被重視(4)；同時芋之栽培簡單而省工，適應性廣，可做爲推廣精緻農業的最佳作物之一；未來臺灣加入國際關貿總協（WTO）後，水稻栽培面積將會減少，選擇具有產業價值之作物以調整產業結構爲主要因應策略之一，芋之用途廣泛，即可選爲適合的農藝作物。

芋品種依栽培所需的環境不同，可分爲旱芋及水芋兩類，依栽培收穫目的不同，有母芋用、子芋用、母子芋兼用及葉柄用等類品種。本省水田栽培檳榔心芋最多，約佔總面積的93%，其他品種則甚少見(4)。檳榔心芋品種具有適應性廣與品質佳之優良特性，頗受芋農與消費者喜愛。本品種最顯著的特徵是芋頭的白肉中散佈紫紅色筋脈，好像成熟的檳榔種子，故名檳榔心芋(3)。本省氣候環境於任何時期種植芋頭，只要日光及水源充足，均有相當的收量，可行週年栽培，但因爲配合本省稻作耕作制度，農民多在秋作或春作種植(4)。秋作一般在10月下旬至11月上旬間種植，春作則在3～4月之間爲種植期(4)；水芋在本省栽培環境下約需8～10個月即可採收，秋作收穫期正配合端午及中秋節慶，而春作則恰逢冬令及春節，市場行情的需求量增大，農民所得的利潤也特別好。

在本省芋之改良研究方面，對於與芋之質、量改良有密切關係的生理、生態、遺傳及育種等基礎

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第1848號。
2. 本所農場管理室助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

研究工作，顯然較其他根莖類作物爲少，目前亦少有詳盡的資料可供參考。爲提高本省芋作物之改良及生產工作的效率，有必要進行相關生理等方面的基礎研究。光合作用是決定作物產量之主要因素之一[15]，葉面積指數（leaf area index, LAI）可以量度作物群落之光合作用大小，最常用來做爲植物生長之指標，及評估同化與蒸散速率，該介量並最適合用來進行乾物質生產之研究[6,9,11,14,15,17-23]。陳等[5]指出提高 LAI 的增加速度及最大值，爲生理上影響水芋乾物質生產之重要原因。栽培芋的主要收穫利用部位，大部份指的是球莖產量，是爲經濟產量（economic yield）；而一般所謂的生物產量（biological yield），則指芋在全生育期中所生產之地上葉部（含葉片及葉柄）和地下球莖的總產量。收穫指數（harvest index, HI）的定義爲經濟產量與生物產量之比值，在根莖類作物中，是指光合作用合成物分配至塊莖、球莖或塊根部份的比率，可用以評估乾物質生產分配的效率。提高收穫指數，表示乾物質分配至收穫部份的比例增加，而收穫指數的大小則被認爲是一個間接選拔提高球莖產量有潛能的指標[1,2,7,8,16]。有關芋之收穫指數的研究，本省至今仍完全缺乏，故本研究之目的在探討不同期作下水芋植株各部位乾物質之生產及分配的差異情形，以及收穫指數與球莖乾物重及地上部乾物重等有關乾物質生產分配之性狀間的相關關係，以期供芋作物育種及生產技術改進之用。

材料與方法

試驗材料爲檳榔心芋，分別於1993年秋作（11月上旬）及1994年春作（3月上旬）在臺灣省農業試驗所試驗田間種植，以水田形式栽培，整地與種植水稻相同，先將田面充分灌水，然後以牽引機迴轉犁及水田整平器耕耘耙平，使本田呈水平狀態，隔天種植。四區集，每區集5行，每行15株，行株距70×30公分。肥料種類爲硫酸銨、過磷酸鈣及氯化鉀，其每公頃施用氮素700公斤、磷酐200公斤及氧化鉀600公斤，均分於整地及前六個月內施完。芋苗成活後，芋田保持淺水3至5公分，以後隨植株生長，水位漸次加深至10公分左右，後期田間保持濕潤狀態。生長期間雜草之控制，係於種植後1至3天，每公頃施5% 丁基拉草粒劑30公斤，並保持3至5公分淺水3天，種植後一個月再以同量施用一次。生育期間於3個月及5個月各剷除子芋一次，並適時加以45%三苯醋錫可濕性粉劑防治福壽螺，每公頃每次施藥量0.6至1.2公斤，及噴施45%一品松乳劑防治捲葉蟲及蚜蟲，每公頃每次施藥量1.2至1.5公升，稀釋倍數1000倍。自移植當天開始，於生長期間每隔一個月，自田間各區集逢機取出2株，共8株芋植株，至收穫爲止，共調查9次，剪下各株之葉片、葉柄及球莖，先調查全株葉數，再利用葉面積測量儀（Model LI-3000, LI-COR Co., U. S. A.）測量各株之實際全株葉面積，並秤量各部位之鮮物重，然後置於送風乾燥箱中以100°C烘乾2小時及80°C烘乾72小時，再秤量各部位之乾物重。

將各生長時期所得資料，分別進行各項統計分析，以供探討水芋植株各部位乾物質之生產及分配的差異情形。所得之試驗資料並估算不同時期的葉面積指數及收穫指數。葉面積指數（LAI）爲每單位土地面積之葉面積，即

$$LAI = A/P$$

式中A爲全株葉面積（cm^2），P 爲單株所佔土地面積＝2,100cm^2。而芋之收穫指數（HI）爲球莖產量與生物產量之比值，即

$$HI = CY/(UY+CY) \times 100$$

式中 CY 爲單株地下部球莖產量（g/plant），UY 爲單株地上部（葉片及葉柄之總計）的產量（g/plant）。由於芋的產量可分爲兩部份，一爲在市場銷售具實際經濟價值的鮮物重，二爲符合生理研究的乾物重，因此本研究各以鮮物重及乾物重爲基礎，估算芋的收穫指數，並藉此探討該兩種不同單位爲基礎所建立之收穫指數的差異性及適用性。接著，在確立適當的收穫指數之後，利用簡單相關及淨相關分析，探討收穫指數與球莖乾物重、地上部乾物重及總乾物重等有關乾物質生產分配之性狀

間的關係，並進而利用複迴歸分析，估算水芋球莖產量受收穫指數及地上部乾物重的影響程度。

結果與討論

一、試驗期間氣象之變化

圖 1 爲1993年11月至1994年12月在臺灣省農業試驗所各月份之平均氣溫（°C）、每月累積日射量（MJ）及每月累積雨量（mm）之變化。試驗期間兩期作氣象環境迥然不同，平均氣溫方面，本試驗秋作水芋生長初期約在16～18°C之間，直到移植後第 5 個月（1994年 4 月）起的生長中期，則提高到20°C以上，隨後氣溫逐漸上升，到收穫前兩個月之生長後期，均達25°C以上；1994年春作期間自種芋移植後，氣溫即逐漸升高，到移植後第 5 個月（1994年 8 月）起的生長中期，最高溫達28°C左右，之後氣溫便不再升高反而開始下降，到最後收穫時平均氣溫爲20°C。累積日射量方面，秋作生長初期日照較少，生長後期則日照充足；春作期間則大致都是陽光普照。累積雨量方面，秋作於生長前期較爲乾旱，到生長後期的梅雨季節及颱風發生，雨量增多；春作在移植後前兩個月，雨量較少，隨後因梅雨及颱風，雨量增多，但到生長後期雨量又減少。

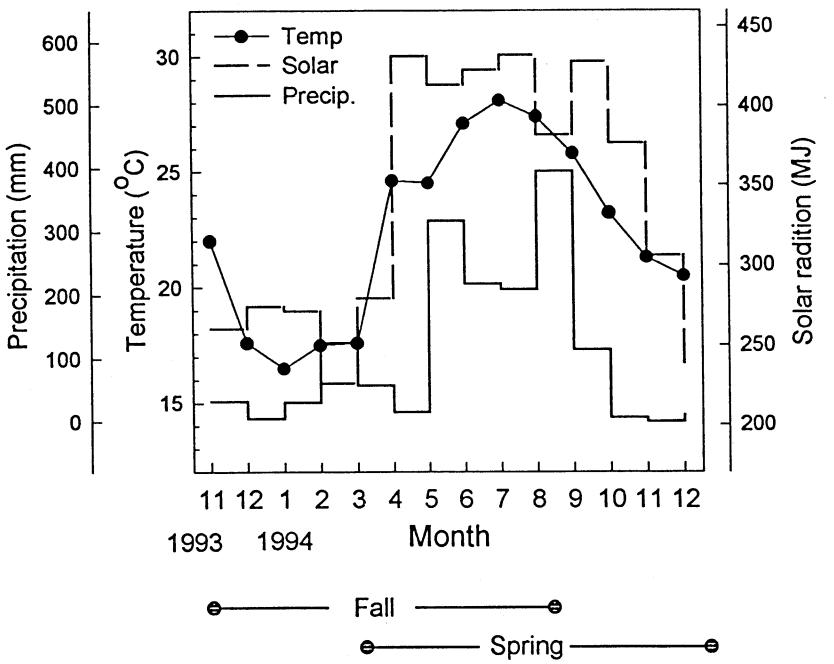


圖 1. 1993至1994年栽培期間在臺灣省農業試驗所的每月平均日溫、累積日射量及累積雨量。
Fig. 1. Daily mean temperature, monthly solar radiation and monthly precipitation at Taiwan Agricultural Research Institute for the 1993-1994 cropping seasons.

二、水芋植株各生育性狀隨生長時間之變化

水芋葉片性狀在移植後隨生長時間之變化示於圖 2 。雖然不同期作在移植初期的水芋葉數略有不同（本試驗不同期作所取的種芋，以球莖大小重量相同爲基準），但自移植後第 2 個月起，兩期作的葉數已無顯著差異。由此可知，水芋的葉片數目應爲較不受環境影響的生育性狀。水芋之葉面積及

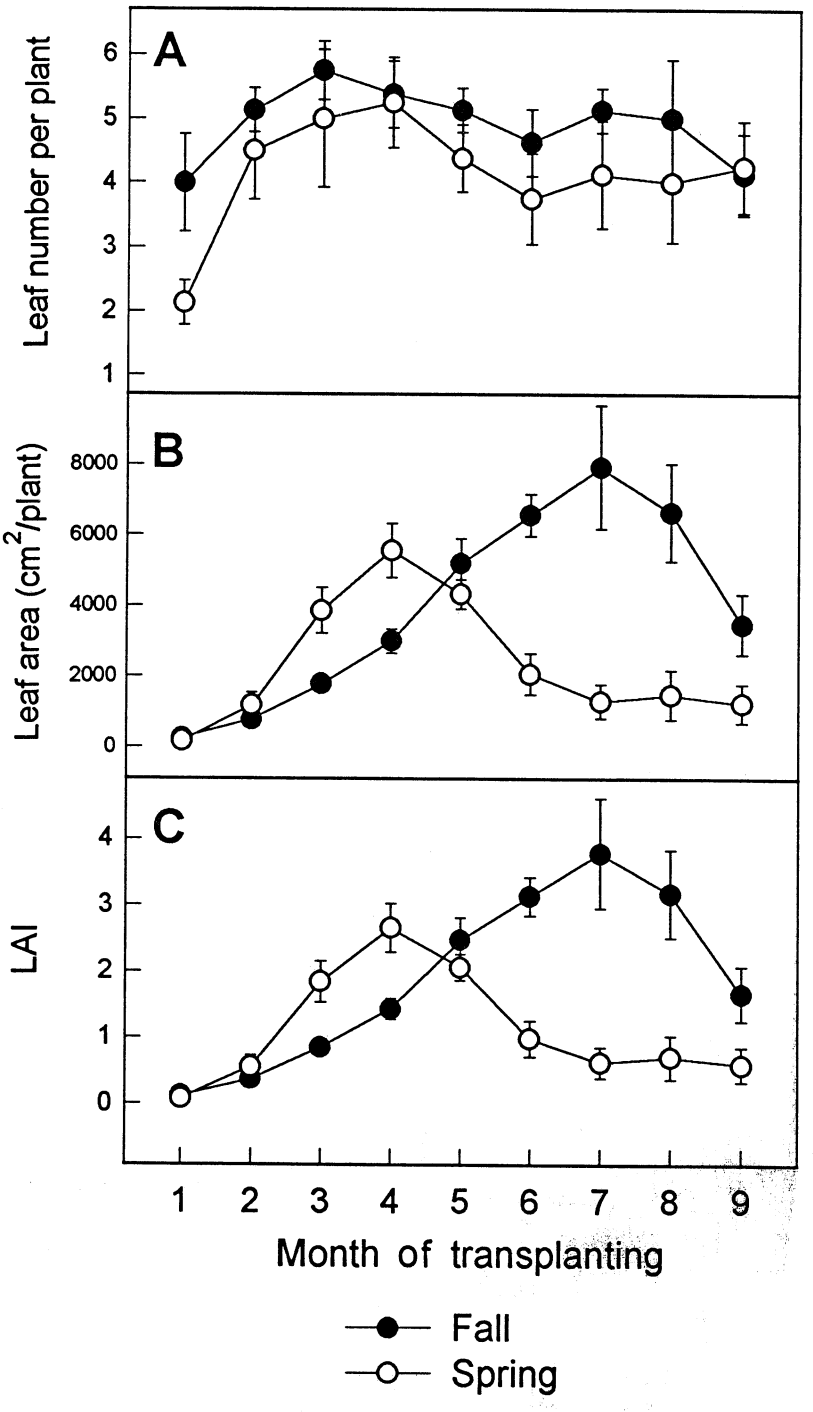


圖 2. 水芋不同期作單株葉數、葉面積及葉面積指數之生長變化。

Fig. 2. Changes in leaf number per plant, leaf area per plant and leaf area index during the growth course of wetland taro under different crop seasons.

LAI 的生長變化一致，都是隨著生長時間逐漸增加，達到一高峰後即開始下降，但不同期作之間仍有差異。秋作水芋在移植後兩個月內的 LAI，與春作所得者相差無幾，隨後 LAI 曲線急速增加，於移植後第 5 個月起 LAI 值都在 2 以上，且在移植後第 7 個月（1996年 6 月）時有一非常明顯的尖峰，最大 LAI 值約爲3.8，然後降低，至收穫期僅爲1.7；春作水芋在移植到收穫期間，除了 LAI 曲線之高峰在移植後第 4 個月（當年 7 月）爲2.7以外，其 LAI 大多小於2，而且約有一半的時間都很低，即 LAI 值小於1，高峰之後 LAI 下降的速度較秋作緩慢，最後維持在0.6左右，顯然春作水芋在生長後期並沒有充分的利用太陽能。按該兩期作試驗之 LAI 表現有如此差異，是因爲水芋生長中期正是葉片生長最旺盛的時期，此時秋作環境由低溫低日照轉爲高溫高日照，故水芋之 LAI 曲線可維持較長時間的增加趨勢，達最大值後雖急速下降，但至收穫時的 LAI 仍在 1 以上；至於春作環境的日照雖變化不多，氣溫卻自 7 月之最高溫後開始下降，因此造成春作水芋之 LAI 曲線無法繼續維持遞增之趨勢，提早達到最大值，且在最大值之後 LAI 更低於 1 。

水芋植株的葉片、葉柄及球莖之鮮物重在移植後隨生長時間之變化，示於圖3-A,B,C。葉片及葉

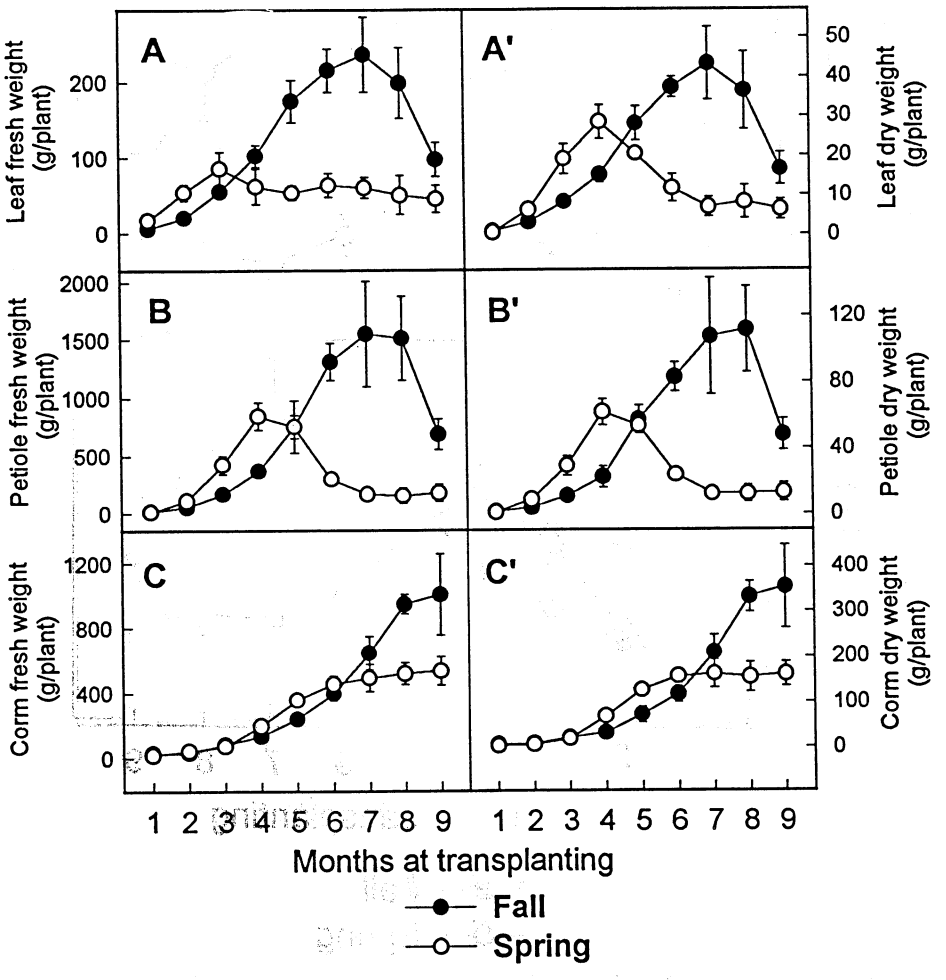


圖 3. 水芋不同期作植株各部位鮮物重及乾物重之生長變化。

Fig. 3. Changes in fresh weight and dry weight of different plant fractions during the growth course of wetland taro under different crop seasons.

柄鮮物重之生長趨勢與 LAI 曲線相似，由於不同期作氣溫變化上的差異，秋作地上部性狀之表現在生長中期及後期均優於春作，影響地下部球莖之生長，故秋作在生長後期（移植後第 7 月起）球莖膨大之速度遠快於春作，收穫期秋作單株新鮮球莖之產量可高達1,006公克，而春作僅有537公克，秋作約爲春作的兩倍。

水芋各部位乾物重之生長變化示於圖3-A',B',C'，其趨勢與鮮物重一致，收穫期秋作單株球莖乾物重爲354公克，而春作僅有161公克。由於春作於移植後第 5 個月起氣溫變低，乾物質的分配效率降低，以致球莖充實受阻。由此可見，LAI 是生理上影響水芋球莖產量增加之重要原因，如能長時間維持較高第 LAI，大有利於產量表現；而影響 LAI 之氣象因素，主要是生長中期的氣溫及日射量，該時期正是水芋葉片生長發育最旺盛的階段，倘若碰到低溫寡日照，會降低 LAI 的增加速度，進而影響球莖產量。至於累積雨量的作用，由於本試驗爲水田栽培，所影響的關係及程度並不明顯。顯然中部地區春秋作球莖產量相差甚多，主要是與氣象條件不同與種植期遲早有關。如提早中部地區春作之種植期，或可提升水芋生長後期乾物質之分配效率而增產。

Ezumah[13]及陳等[5]之研究報告指出，在葉片生長快速時期，芋之 LAI 與產量具有最高之相關，一旦 LAI 達到最大值，預測效果變差，LAI 在高峰後之降低階段，預測則無效。換言之，利用 LAI 預測水芋產量的準確程度，會隨著測量葉面積的生長階段不同而異[10,24]。陳等[5]以 LAI 及時間之函數關係來研究水芋的乾物質累積速率，發現乾物質累積速率與累積葉面積指數（cumulative leaf area index）之間呈正比例關係，其比例值並隨著環境條件之不同而改變。

三、水芋乾物質之生產及分配

水芋生育期間植株各部位乾物重佔全株乾物重之百分比亦有明顯的變化（圖 4）。一般而言，無論任何期作，移植後兩個月內水芋植株以新葉片的生成爲主，球莖純粹處於消耗狀態，故球莖所佔之比率急速下降，直到生長中期，當地上部所佔之比率達到一高峰而開始下降時，球莖所佔之比例才大幅增加。由於秋作的葉片生長旺盛期較長，在移植後第 5 個月達 LAI 曲線高峰之前，球莖所佔之比率仍不到50%，而葉片所佔之比率則最高可達30%，葉柄最高時佔46%，在 LAI 高峰期之後，球莖即快速膨大，所佔之比率隨著時間以每月增加約10%的速率成長，最後於收穫時則高達85%，而葉片及葉柄各僅佔4%及11%。春作水芋之 LAI 曲線 無法繼續維持遞增之趨勢，因此在移植後第 3 個月之 LAI 高峰後，葉片及葉柄所佔之比率急速降低，其下降的速度遠快於秋作，同時球莖所佔之比率也以每月增加約20%的速率成長，直到移植後第 7 個月，球莖才不再繼續膨大，隨後其所佔之比率均維持在90%，反之葉片及葉柄所佔之比率則各爲 3 %及 7 %而已。

植物分配乾物質的方式與效率是影響產量的重要原因[12]。水芋爲多年宿根性球莖作物，全生育期均處於營養生長狀態，但由上述植株各部位乾物質生產分配的趨勢，大致仍可將水芋整個生長期劃分成生長初期、地上部生長旺盛期、球莖快速膨大期及球莖成熟期之四個階段。由表 1 更可看出水芋不同生長階段各部位乾物質的增減量及其相對百分比。秋作於移植後前兩個月之生長初期，每株乾物重增加6.3公克，但分配至球莖者僅佔23.3%，遠遜於葉片（35.6%）及葉柄（41.1%）；移植後第 2 至 5 個月之間，每株乾物重增加142.6公克，分配至葉片及葉柄者爲17.5%及37.4%，而分配至球莖之比率增加爲45.1%，仍低於葉片及葉柄之總計，表示在此時期地上部仍爲構成植株乾物重之最主要部分，故稱之爲地上部生長旺盛期；移植後第5～7個月之間每株乾物重增加202.3公克，以球莖所佔之比率最高，達到67.6%，而分配至葉片（7.5%）及葉柄者（24.9%）大幅減少，其中葉片的生長發育並已近於極限，此時期乾物質的分配主要在提供球莖之膨大；移植後第7～9個月之間，由於葉片已有老化脫落現象發生，其乾重不增反減，但球莖仍繼續增大，故就單株產量而言，秋作水芋愈晚收穫，當可獲致更高的產量，延遲至移植後第 9 個月收穫所得到的球莖乾物重，可較提前兩個月（移植後第 7 個月）者每株增加145.5公克。春作於移植後兩個月內之生長初期，每株乾物重增加16.0公克，但分

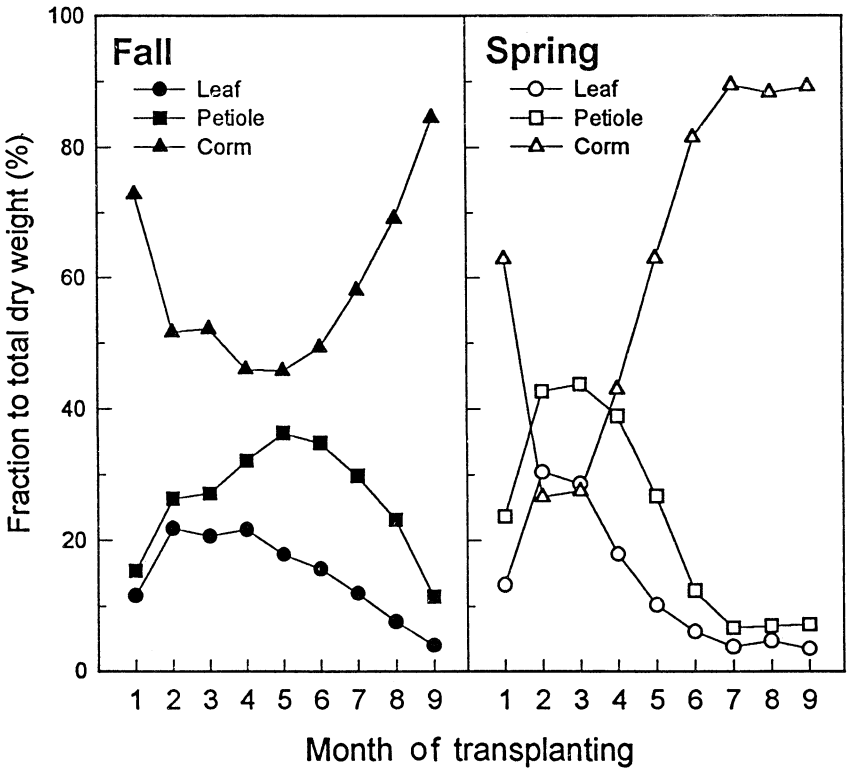


圖 4. 水芋不同期作各部位乾重佔全株乾物重之百分比的生長變化。

Fig. 4. Contribution by different plant fractions to total plant dry weight during the growth course of wetland taro under different crop seasons.

表 1. 水芋於不同期作下不同植株發育階段各部位乾物質之增減量(公克)及其相對百分比(括弧內，%)

Table 1. Partition of the increased dry weight (g) and their relative percentages (in parenthesis, %) during plant development stages among different plant fractions of wetland taro under different crop seasons

Crop season	Months after transplanting	Leaf	Petiole	Corm	Total[z]
Fall	1～2	2.2(35.6)	2.6(41.1)	1.5(23.3)	6.3(100)
	2～5	24.9(17.5)	53.3(37.4)	64.4(45.1)	142.6(100)
	5～7	15.2(7.5)	50.3(24.9)	136.8(67.6)	202.3(100)
	7～9	−26.7	−59.4	145.5	59.4
Spring	1～2	5.7(35.6)	7.7(48.1)	2.6(16.3)	16.0(100)
	2～3	12.8(27.8)	20.4(44.3)	12.9(27.9)	46.2(100)
	3～7	−12.3	−17.1	143.2	113.9
	7～9	−0.6	0.9	−0.6	−0.3

[z] Total increased dry weight from leaf, petiole and corm that do not include the changes in root dry weight.

配至球莖者僅有16.3%，遠遜於葉片（35.6%）及葉柄（48.1%）；由於氣象環境之差異（圖1），春作於生長中期起氣溫變低，地上葉部生長不佳，所以地上部生長旺盛期較秋作爲短，僅維持一個月，在移植後第2至3個月之間，每株乾物重增加46.2公克，大部份都分配至葉片（27.8%）及葉柄（44.3%）；移植後第3～7個月爲春作的球莖快速膨大期，全株乾物重增加113.9公克，分配至葉片及葉柄之比率因葉片老化脫落而可能被低估，而球莖乾重則增加143.2公克；移植後第7～9個月之球莖成熟期間，春作各部位乾物重都未見明顯增加，故春作水芋宜提前至移植後第7個月即收穫。

四、水芋不同期作收穫指數之變異

本研究以鮮物重及乾物重爲基礎，分別估算芋的收穫指數，隨著生長時間之變化結果示於圖5。秋作在地上部生長旺盛期之後，乾物收穫指數僅爲45.8%，之後隨時間呈直線遞增，於最後收穫時則高達84.6%；倘以鮮物重爲計算單位，其變化曲線與乾物收穫指數相似，唯鮮物收穫指數的變域在20.6～56.2%之間。春作在地上部生長旺盛期之後，乾物收穫指數僅爲27.6%，然後亦以近似直線之方式隨時間而遞增，直到移植後第7個月高達89.5%之後，才維持固定，不再增加；春作之鮮物收穫指數隨時間之變化亦與乾物收穫指數一致，其變域爲12.4～71.7%。乾物收穫指數相對於鮮物收穫指數的比值列於表2，各期作內不同生長時期間的差異不大（平均值之標準機差甚小，秋、春作各爲0.32及0.42），秋作兩者間之比值平均爲1.93，而春作則爲1.67。這是因爲雖然水芋植株各部位之含水量會隨著生長時間而遞減，但地上部與球莖含水量的變化大致相同（圖6）。秋作地上部含水量之變域爲76.6～88.5%，平均爲85.0%（標準機差3.5%），而球莖含水量之變域爲64.8～78.5%，平均爲71.6%（標準機差4.9%）；春作地上部含水量之變域爲75.9～90.5%，平均爲82.6%（標準機差5.9%），而球莖含水量之變域爲64.8～87.8%；平均爲73.2%（標準機差7.8%）。比較不同期作水芋地上部及地下部之含水量，兩者間的差異不大，但春作生長期間各部位含水量的變異性均大於秋作。

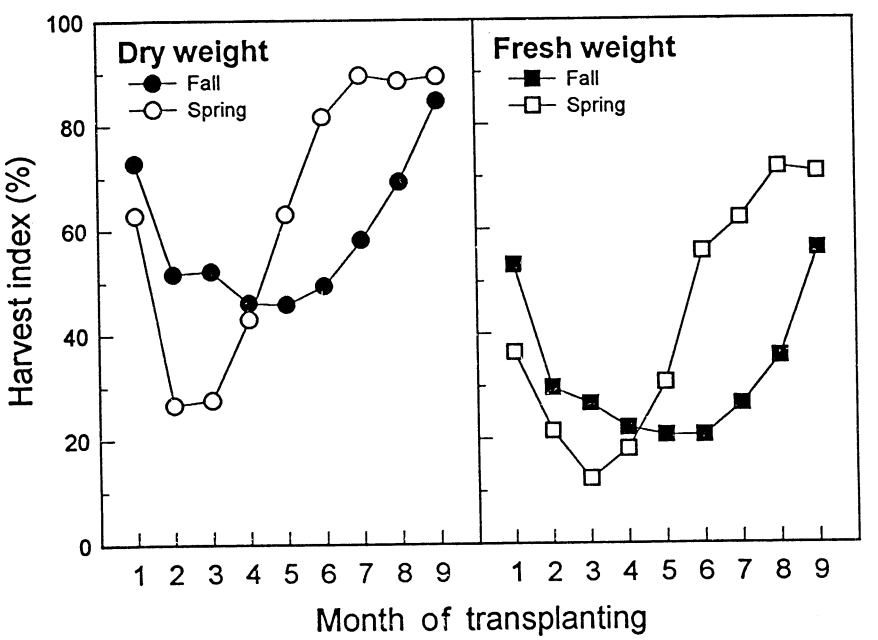


圖 5. 水芋不同期作各以鮮物重及乾物重爲基礎所計算之收穫指數的生長變化。

Fig. 5. Changes in harvest indices on fresh weight and on dry weight during the growth course of wetland taro under different crop seasons.

表 2. 水芋不同期作乾物收穫指數與鮮物收穫指數間的比值

Table 2. Ratio of harvest index on dry weight and harvest index on fresh weight for wetland taro under different crop seasons

Crop season	Months after transplanting									Mean	SE[z]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Fall	1.37	1.73	1.96	2.08	2.22	2.40	2.19	1.94	1.50	1.93	0.32
Spring	1.73	1.25	2.21	2.39	2.05	1.46	1.44	1.23	1.26	1.67	0.42

[z] SE : standard error of mean.

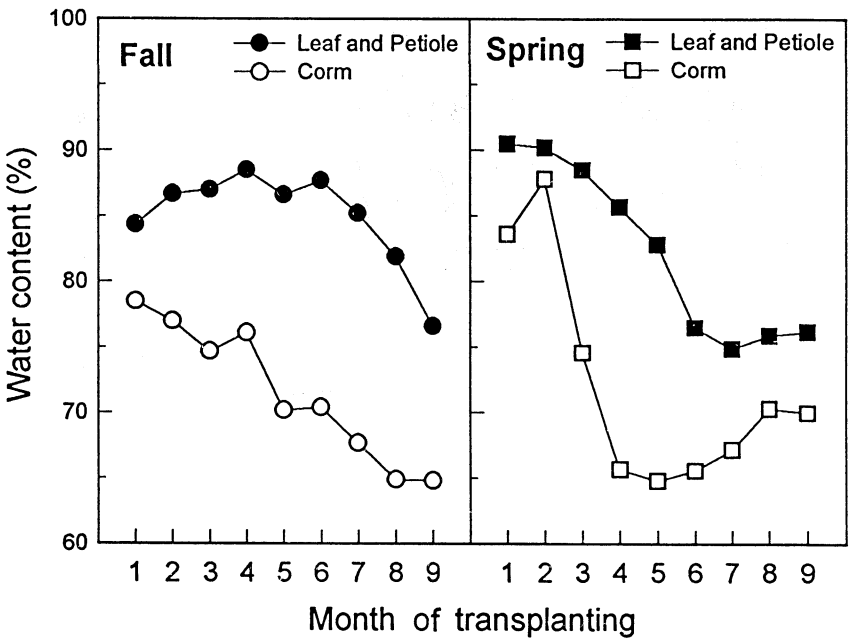


圖 6. 水芋不同期作地上部（葉片及葉柄）與球莖含水量之生長變化。

Fig. 6. Changes in water content of upper plant (leaf and petiole) and corm during the growth course of wetland taro under different crop seasons.

五、水芋收穫指數與乾物質生產分配之關係

由兩期作各生長時間之18次重複的乾物收穫指數、球莖乾物重、地上部乾物重及總乾物重等四個性狀之間所求得的簡單相關係數及淨相關係數，各列於表 3 中對角線之右側及左側。單純從簡單相關係數來看，收穫指數與球莖乾物重之間呈顯著之正相關，顯示球莖產量增加時，收穫指數提高；球莖乾物重與地上部乾物重呈顯著之正相關，表示葉片及葉柄長得愈是強健，對球莖之膨大愈有幫助。當總乾物重固定時（即減除總乾物重之影響後），收穫指數與球莖乾物重之淨相關係數爲極顯著之正值（0.80），而收穫指數與地上部乾物重之淨相關係數則爲極顯著之負值（−0.80），由此可知，收穫指數亦受葉片及葉柄乾物重之影響很大，葉片愈小，可獲致較高之收穫指數，但當總乾物重固定時，球莖乾物重與地上部乾物重間之淨相關係數爲極顯著之正值（0.82），故欲獲得高產量，在生育期中

必須使水芋地上葉部與地下球莖兩者間之生長及分配有適當的平衡，亦即應選擇具有球莖與葉部之比值高的株型，才能達成提高球莖產量之效果。

表 3. 水芋乾物收穫指數與其他乾物質性狀間之簡單相關（對角線右側）及淨相關[z]（對角線左側）分析
Table 3. Simple (in the right-hand of diagonal) and partialz (in the left-hand of diagonal) correlations among harvest index on dry weight and other dry matter characters of different plant fractions for wetland taro

	HI	CDW	UDW	TDW
HI		0.59*	−0.16	0.40
CDW	0.80**		0.56*	0.96**
UDW	−0.80**	0.82**		0.77**

[z] partial correlation are computed when total dry weight is fixed.
**,* significant at 1% and 5% level, respectively.
HI harvest index on dry weight ; CDW : crom dry weight ; UDW : upper plant dry weight ; TDW : total dry weight from leaf, petiole anf corm.

爲明瞭水芋球莖乾物重與收穫指數及地上部乾物重間之關係，利用複迴歸分析，建立以球莖乾物重（CDW）爲隨變數，收穫指數（HI）及地上部乾物重（UDW）爲自變數之複迴歸方程式及其決定係數（coefficient of determination, R^2）如下：

$$CDW=-194.4+3.7HI+1.5UDW \qquad R^2=0.784$$

此可表示球莖乾物重與收穫指數及地上部乾物重間的綜合關係，由淨迴歸係數並可表示球莖乾物重與收穫指數及球莖乾物重與地上部乾物重間的個別關係。此式中，兩個淨迴歸係數均爲正值，且均具有極顯著之意義，複迴歸 F 值亦爲極顯著，顯示收穫指數及地上部乾物重同爲影響球莖乾物重之相當重要的構成因子。收穫指數之淨迴歸係數值較大於地上部乾物重之淨迴歸係數值，即每提高一單位的收穫指數，可增加3.7公克的球莖產量，但每提高 1 公克的地上部乾物重，則僅增加1.5公克的球莖產量。由此可知，收穫指數及地上部乾物重對球莖乾物重之影響，以收穫指數比地上部乾物重更爲重要。提高收穫指數，表示乾物質分配至收穫部份的比例增加，即乾物質生產分配的效率可獲提高。倘選擇適當的期作，或施以適當的栽培管理技術，以提高收穫指數，當可期獲有高的球莖產量。

李[1,2]研究甘藷收穫指數之變異及其在育種上關係，指出甘藷收穫指數爲一較高的遺傳性狀，選拔高指數的品種，可獲得高的塊根產量。國際熱帶農業研究中心[7,8]及 Kawano[16]研究樹薯的結果，指出不同品種間塊根產量之差異，主要是由於收穫指數之不同，故利用收穫指數之高低，已可做爲選拔樹薯高產量品系之重要指標。有關芋作物收穫指數之遺傳性研究，目前尚缺乏參考資料，故應將芋作物收穫指數之遺傳情形及選育方法等再進行研究，以使對芋之高質、量育種工作有更明確之目標。如芋作物與甘藷一樣，其收穫指數具有高遺傳性，則利用收穫指數做爲間接選拔高球莖產量品種的指標，可獲致良好的效果，此必有利於芋作物品種改良工作。另外，本研究係以水芋爲試驗材料，至於母芋與小芋用品種，在旱田栽培管理之下，與水芋或其他根莖類作物之收穫指數變異及乾物質生產分配情形是否有差異？其差異性又如何？亦值得加以繼續探討，對本省芋產業發展應有所助益。

誌　謝

本研究試驗期間承本所農場管理室賴吉雄主任提供資源及技術協助，並承本所農藝系試驗統計研究室呂秀英博士與呂椿棠先生協助資料統計分析，謹此誌謝。

引用文獻

1. 李 良。1986。甘藷收穫指數之變異及其在育種上關係之研究。中華農學會報 136：25-36。
2. 李 良。1987。甘藷收穫指數之遺傳及其與塊根乾物收量等有關性狀之關係。中華農學會報 140：11-22。
3. 郁宗雄。1957。您喜歡栽那一種芋？豐年 7：9-11。
4. 黃賢喜、韓青梅。1994。芋。雜糧作物各論。III、根及莖類。第20章。1665-1735頁。臺灣區雜糧發展基金會。
5. 陳烈夫、呂秀英、呂椿棠、賴吉雄。1995。水芋葉面積與乾物質生產之關係。中華農業研究 44：59-71。
6. Aase, J. K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. Agron. J. 70 : 563-565.
7. International Centre for Tropical Agriculture. 1979. Annual Report p. 36. Cail, Colombia.
8. International Centre for Tropical Agriculture. 1989. Annual Report. p. 8. Cail, Colombia.
9. Ashley, D. A., D. A. Doss, and O. L. Bennet. 1965. Relation of cotton leaf area index to plant growth and fruiting. Agron. J. 57 : 61-64.
10. Bourke, R. M. and C. H. Perry. 1976. Influence of sett size on growth and yield of taro (*Colocasia esculenta*) . Papua New Guinea Agric. J. 27 : 115-120.
11. Chapman, T. 1964. A note on the measurement of leaf area of the tannia (*Xanthosoma pagittifolium*) . Trop. Agric. 41 : 351-352.
12. Duncan, W. G., D. E. McCloud, R. L. McGraw, and K. J. Boote. 1978. Physiological aspects of peanut yield improvement. Crop Sci. 18 : 1015-1020.
13. Ezumah, H.C. 1972. The growth and developmnt of taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, in relation to selected cultural management practices. Ph. D. Diss., Univ. of Hawaii, Honolulu, 197p.
14. Heilman, J. L., E. T. Kanemasu, and G. M. Paulsen. 1977. Estimating dry matter accumulation in soybean. Can. J. Bot. 55 : 2196-2201.
15. Hodges, T. and E. T. Kanemasu. 1977. Modeling dry matter production of winter wheat. Agron. J. 69 : 974-978.
16. Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava (*Manihot esculenta* crantz) for productivity. Trop. Agric. Res. Ser. 11 : 9-21.
17. Lieth, J. H., J. P. Reynolds, and H. H. Rogers. 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. Field Crops Res. 13 : 193-203.
18. Pearce, R B., R. H. Brown, and R. E. Blaser. 1965. Relationship between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. Crop Sci. 5 : 553-556.
19. Ramos, J. M., L. F. del Moral, and L. Reclade. 1983. Dry matter and leaf area relationships in winter barley. Agron. J. 75 : 308-310.
20. Satou, T., M. Kawai, and T. Fukuyama. 1978. Studies on matter production of taro plant (*Colocasia esculenta* Schott) . Japan. J. Crop Sci. 47 : 425-430. (Japanese with English summary).
21. Shih, S. F. and G. J. Gascho. 1980. Relationship among stalk length, leaf area, and dry biomass of sugarcane. Agron. J. 72 : 309-313.
22. Shih, S. F., G. J. Gascho, and G. S. Rahi. 1981. Modeling biomass production of sweet sorghum. Agron. J. 73 : 1027-1032.
23. Shih, S. F. and G. H. Snyder. 1984. Leaf area index and dry biomass of taro. Agron. J. 76 : 750-753.
24. Wilson, J. E. 1984. Cocoyam. *In* P. R. Goldsworthy and N. M. Fisher. (eds.) , The Physiology of Tropical Field Crops', pp589-605. John Wiley & Sons, New York.

Harvest Index in Relation to Dry Biomass Production and Distribution in Wetland Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] [1]

Lit-Fu Chan[2]

Summary

The objective of this study was to investigate the relationship between harvest index and the production and distribution of dry biomass in wetland taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) grown in different crop seasons. Experiments were conducted in the fall crop of 1993 and spring crop of 1994 at Taiwan Agricultural Research Institute. A total of 8 plants was randomly sampled at one-month interval from transplanting to harvest. The leaf number, leaf area, and fresh and dry weights of leaf blade, petiole, and corm of each plant were measured. Experimental results showed that the corm yield in the fall crop was two times higher than that in the spring crop. Based on the contribution by differeent plant fractions to total dry weight, the growth of wetland taro can be divided into four stages, i. e., (1) primary growth stage, (2) vigorous top-growth stage, (3) corm rapid-bulking stage, and (4) corm maturity stage. Decline in air temperature at the vigorous top-growth stage was suggested as the main cause of low production and partitioning efficiency in the spring crop, which consequently hastened the bulking of corm. The production and distribution of dry biomass also affected the timing of appropriate harvest. The corm continued to develope between the 7th to 9th months after transplanting in the fall crop, whereas it attained maximum dry weight at the 7the months after transplanting in the spring crop. When total dry weight was held constant, the partial correlation coefficient between harvest index and corm dry weight was positive and highly significant, but that between harvest index and upper plant dry weight was negative and highly significant. A highly significant and positive correlation between corm dry weight and upper plant dry weight was also observed. These results indicated that yield increase might be achieved by selecting plants with high corm-to-leaf ratio. A highly significant multiple regression equation of corm dry weight on harvest index and upper plant dry weight was obtained. The partial regression coefficient of corm dry weight on harvest index and upper plant dry weight were positive and highly significant. This showed that harvest index and upper plant dry weight would be important components for predicting corm yield of taro. However, the contribution of harvest index to yield was higher than that of upper plant dry weight. Thus, the improvement of harvest index in terms of enhancing taro yield was suggested.

Key words : Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) , Corm yield, Harvest index, Biomass production and distribution, Leaf area index.

---

1. Contribution No. 1848 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Research Assistant, Office of Farm Management, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 45(2) : 186~194 (1996)

Studies on the Relationships between Climatic Elements and the Yield of Mango in Yuching Area[1]

Jin-Chuan Tsai, Ming-Hwi Yao, Kung-Shy Chi and Lien-Shing Liang[2]

Abstract : Mango tends to produce embryo-aborted fruits when grown under unfavorable climatic conditions in Yuching area. This study was aimed to investigate the influence of climatic elements during the flowering period on the frequency of seedless fruits and yield performance of mango. Experiments were conducted in 1993 and 1994 at Yuching area with 8-year old 'Irwin' mango trees. The seed aborted fruit percentage was counted 60 days after flowering, and the total sugar content of mango pulp was determined by a refractometer at harvest. The climatic data were recorded from 10 days before to 30 days after flowering, and their relationship with seedless fruit formation and yield was analyzed. Early flowering in January and early February resulted in high rate of seed aborted fruits and yield reduction. The cummulative temperature showed a significant negative correlation with the seed aborted fruit percentage and total sugar content. The cummulative precipitation showed a significant positive correlation whit both yield and total sugar content. The cummulative temperature and precipitation during the period of 30 days after flowing was more influential than those during the 10-day period before flowering in affecting the fruit characteristics.

Key words : Mango (*Mangifera indica*), Seed aborted fruit, Climatic elements.

INTRODUCTION

Mango (*Mangifera indica* L.) is a fruit crop of tropical origin. The cultivation area of mango in Taiwan totaled at 20,115 ha in 1992[(1)]. It is not uncommon that the yield of mango is unstable across years and locations which results in problems of the economic production of this important crop. The causes of yield instability are abundant fruiting in alternate years only[(3)] and the frequent occurrence of embryo-aborted fruits[(4)]. Mango trees grown in Yuching, located in the southern part of Taiwan and the main mango production area, produce many nubbins which lowers fruit yield to a very great extent[(4)]. Anatomical

1. Contribution No. 1849 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Associate Researcher, Assistant, Assistant Researcher, and Head, Department of Agricultural Engineering, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

studies indicated that most of the nubbins were seedless fruits which abscised well in advance of harvestable maturity. Unfavorable the germination of pollens on the stigma could be impaired by low temperature[1], climatic conditions have been suggested as the main causes of nubbin occurrence.). Singh et al.[7] also reported that temperature alone was the most important single in affecting the growth of mango. Heavy rainfall was another deteriorating factor which lowers the fertilization function of the pollens[6]. Therefore, temperature and precipitaiton are the two major climatic elements affecting the percentage of seedless fruits as well as the yield of mango.

In view of this, experiments were conducted by this laboratory to investigate the possible influlence of climatic conditions during the 40-day period before and after flowering on the occurrence frequency of nubbins, and the yield and total sugar content of the mango fruits. Climatic elements of concern included cumulative temperature, sunshine hours, and precipitation. By understanding the relationship between these climatic elements and the fruiting characteristics, it is hoped that improvement measures could be recommended to reduce the yield loss caused by unfavorable climatic conditions.

MATERIALS AND METHODS

Experiments were conducted at the northern slope direction of Yuching area with an elevation of 110m. Eight-year old 'Irwin' mango cultivated at a planting density of 500 plants per ha was used as material. During the flowering period (January to April) in both 1993 and 1994, flowers were tagged at the day of blooming and the occurrence frequency of seed aborted fruits was measured 60 days later. At least 6 plants were investigated for each flowering-date sampling. Fruit yield was recorded during the harvest season in July or August. The climatic data on temperature, sunshine duration, and precipitation were recorded from 10 days before to 30 days after flowering. Their relationships to the percentage of seed aborted fruit formation, and yield and total sugar content of the fruit were analyzed.

The seed aborted fruits were distinguished from the seeded ones by visual examination and dimension measurements. The average fresh weight, length, and diameter of the normal fruits in this experiment were, respectively, 200g, 12cm, and 8.5cm. The respective values for seedaborted fruits were 40g, 5.5cm, and 4.5cm (Fig. 1). The fresh weight, length, and diameter of the stone (seed) of normal fruits were, respectively, 9.0g, 9.5cm, and 4.7cm. Those for the seed aborted fruits were 0.7g, 3.8cm, and 2.2cm (Fig. 2). Total sugar content of the mango pulp was determined by a refractometer.



Fig. 1. One seeded (left) and Two seed aborted (middle and right) fruits of Irwin mango at 80 DAF.



Fig. 2. Stones (seeds) taken from seeded (right) and seed aborted (left) Irwin mango fruits.

RESULTS AND DISCUSSION

The changes in climatic elements of 1993 and 1994 were illustrated in Fig. 3. Similar pattern of temperature change was observed between the two years. The temperature was low in early January, or initial flowering stage of mango, and increased gradually towards early April, or the end of flowering stage, and reached the maximum in July and August, or the harvest period. The minimum, maximum, and mean temperatures in early January were 14.4, 25.9, and 19.1°C respectively. The values in late April were, in order, 18.5, 28.0, and 23.7°C. The temperatures were slightly higher than those recorded from previous years, but were still lower than the optimum temperature (23.9—26.7°C) for the growth of mango[5]. Low temperature during this period might be the main cause of the formation of seed aborted fruits[1]. The minimum, maximum, and mean temperatures in July were, respectively, 24.5, 33.0, and 28.0°C, which were lower than the high-temperature limits of 42.2—43.3°C as suggested by Singh[6]. The temperatures between May and July were therefore considered appropriate for fruit growth in general. Whether the low temperature in the winter season, e.g., a mean of 18°C in December, was unfavorable to the differentiation and development of flower buds remained to be clarified.

Sunshine duration and precipitation peaked in July and August in both years (Fig. 3). The monthly mean sunshine duration was 173—243 hrs and that of precipitation was 335—1,199 mm. Althouth heavy rainfall has been suggested harmful to the fertilization by pollens [1], the rather low precipitation recorded from January to April, or the entire flowering period of mango, suggested that there was no over-precipitation stress on the fertilization of flowers.

The flowering of mango trees concentrated from January to March in both years as shown in Table 1. The entire flowering period, from January 6 to April 6, was divided into 10 stages with a 10-day interval. The results of Table 1 indicated that during the period of 10 days before and 30 days after flowering, cumulative temperature was the lowermost in late January and early February, and increased continuously towards early April. The pattern of changes in cumulative sunshine duration during the same period was rather erratic and ranged from 210.8 to 288.2 hrs in 1993 and 200.8 to 279.3 hrs in 1994. The cumulative precipitation was low during the entire flowering period, and the maximum values were only 38.5 mm in 1993 and 60.3mm in 1994.

Early flowering (from early January to early February) tended to produce higher frequencies of seedless fruits (66.2—84.6% in 1993 and 56.9—78.1% in 1994) as compared to late flowering (31.3—40.8% in 1993 and 40.5—46.7% in 1994). There was a tendency that fruit yield per plant was higher for those flowering between late January and mid-March, which ranged between 20.4 to 25.8kg in 1993 and 20.5 to 26.8kg in 1994. Similar trend in total sugar content of harvestable fruits was also observed. Late flowering (late March to early April) also resulted in low fruit yield and total sugar content (Table 1).

Further analysis of the data in Table 1 revealed that cumulative temperature during the period of 10 days before and 30 days after flowering was negatively correlated with the

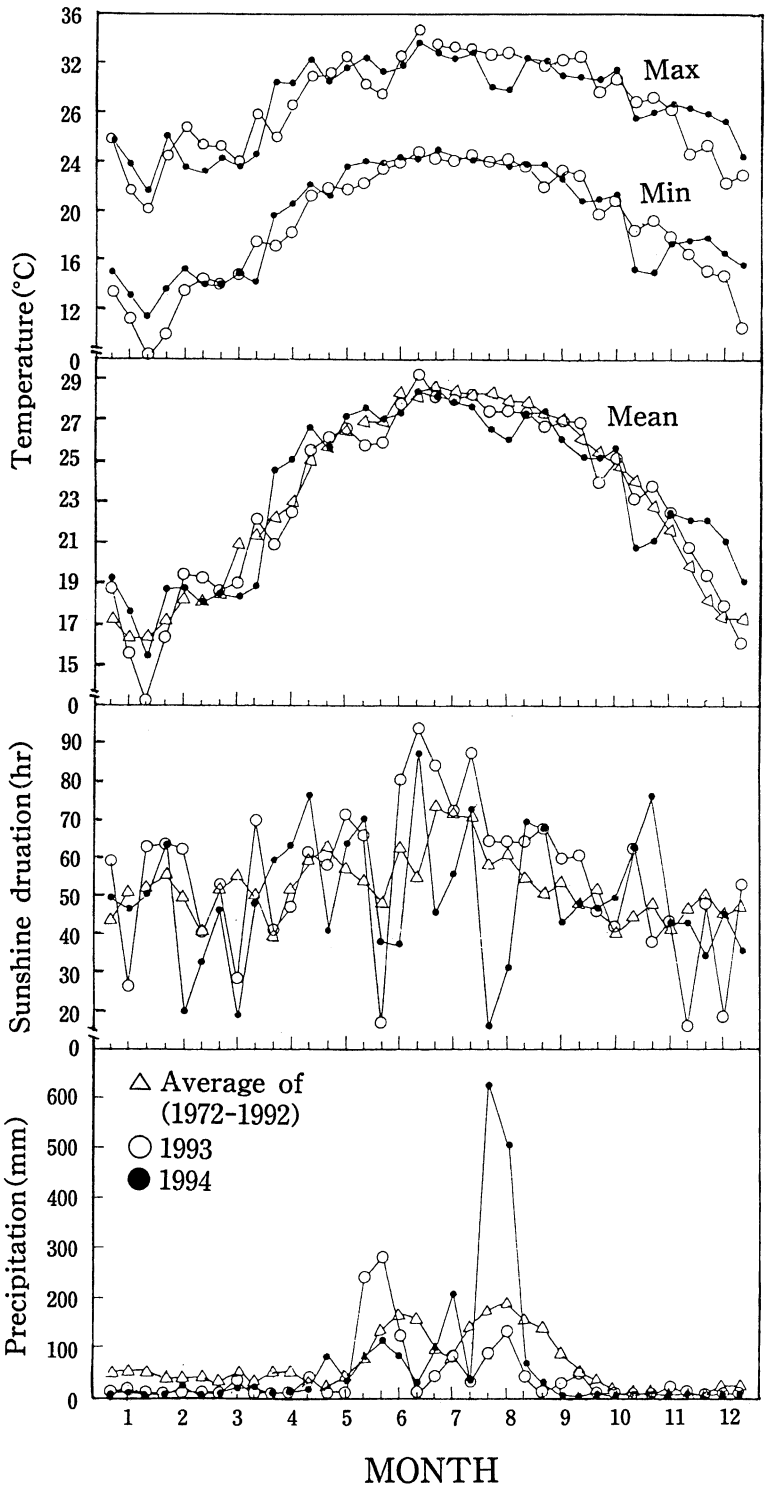


Fig. 3. Ten-day mean air temperature, sunshine duration, and precipitation recorded at Yuching area from 1993 to 1994.

Table 1. Relationship between the climatic elements (cumualtive values of 10 days before and 30 days after flowering) and the percentage of seedless fruit and yields of mango in different flowering stages.

Flowering time	Cumulative Temperature(°C)		Cumulative Sunshine hours		Cumulative Precipitation (mm)		Seedless	Fruit yield	Total sugar
(month/day)	10 days before flowering	30 days after flowering	10 days before flowering	30 days after flowering	10 days before flowering	30 days after flowering	fruit (%)	(kg/plant)	(Brix)
1993									
1/06	178.3	602.1	53.6	186.1	6.6	2.6	66.2	17.3	15.2
1/16	144.3	622.4	49.4	178.5	2.6	4.9	71.7	22.3	16.0
1/26	140.2	604.0	50.3	161.2	1.5	2.5	84.6	18.5	15.4
2/05	130.1	623.7	61.2	27.5	1.1	2.1	77.6	20.4	15.8
2/15	148.2	632.2	57.8	181.5	1.0	3.6	40.8	22.8	16.1
2/25	193.6	637.3	50.4	160.4	3.3	23.5	42.5	23.6	16.3
3/07	189.3	661.4	53.6	219.4	6.2	32.3	37.3	25.8	16.5
3/17	215.5	630.1	51.3	149.4	2.7	13.5	38.9	23.2	16.0
3/27	270.0	620.2	67.5	220.7	1.1	1.7	31.3	19.6	14.2
4/06	264.2	623.6	74.1	214.1	0.4	0.8	35.6	16.2	13.1
1994									
1/06	192.0	580.2	48.3	169.2	3.1	3.7	58.4	16.3	14.7
1/16	156.2	618.8	44.6	156.2	2.6	5.8	56.9	19.9	15.4
1/26	119.9	620.6	44.3	176.0	1.1	1.5	78.1	20.5	15.7
2/05	110.6	635.8	61.2	191.8	2.8	25.1	66.4	23.8	16.3
2/15	121.5	639.3	64.3	210.5	9.4	50.9	46.7	26.8	16.4
2/25	124.1	634.6	62.9	204.6	10.3	22.4	50.1	25.8	15.7
3/07	126.2	640.5	69.9	206.4	10.8	27.6	44.4	26.5	16.7
3/17	182.4	626.0	63.4	188.4	11.1	12.0	41.6	23.1	14.8
3/27	227.1	609.4	59.5	170.6	6.0	6.3	40.5	20.5	14.5
4/06	247.1	633.7	71.8	207.5	5.3	2.8	41.7	18.8	13.4

percentage of seed aborted fruit ($r=-0.7747$, $P>0.001$) and total sugar content ($r=-0.6145$, $P>0.005$). Cumulative precipitation during the same period was positively correlated with fruit yield ($r=0.8025$, $P>0.0001$) and total sugar content ($r=0.6084$, $P>0.005$). No relationship was found between cumulative sunshine hours and the fruit characteristics. On the other hand, yield per plant was positively correlated with total sugar contents of the harvested fruits (data not shown).

Detailed correlation analysis indicated that the climatic elements in the 10 days before flowering exhibited no significant impacts on the fruit characteristics, as the correlations were all non-significant (Table 2). It is possible that the climatic conditions during this 10-day period for all flowering stages listed in Table 1 might be adequate or not severe enough in terms of affecting the fertilization and fruit setting of the crop. However, cumulative temperature during the 30-day period after flowering was negatively correlated with the percentage of seed aborted fruits and positively correlated with both fruit yield and total sugar content. As for cumulative precipitation during the 30-day period after flowering, it was positively correlated with only the fruit yield (Table 2). In other words, the cumulative temperature during the 30-day period after flowering was more important than that during the 10-day period before flowering in affecting the fruit characteristics. The results of this experiment were not in full agreement with the report of Hsu[2] who stated that cumulative temperature over 800°C during the period of 40 days after flowering was unfavorable to fruit setting of mango. It is suggested that since mango is a species of tropical origin, the fruit setting and development of this crop prefer higher temperature, or at least within the temperature scope recorded in this experiment.

Table 2. Correlation coefficient between climatic elements and the fruit characteristics of mango in 1993 and 1994.

Item	Cumulative temperature (°C)		Cumulative precipitation (mm)	
	10 days before flowering	30 days before flowering	10 days before flowering	30 days before flowering
Seed sborted fruit (%)	−0.46	−0.61*	−0.21	−0.36
Fruit yield (kg/ha)	0.34	0.67*	0.39	0.93**
Total sugar (Brix)	0.26	0.65*	−0.17	0.55

*,** significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

The cumulative precipitation from flower bud stage to young fruit stage in both 1993 and 1994 was 300 mm less than the average from previous years. As precipitation was positively correlated with fruit yield, it is worth to irrigate the crop during the dry season. In 1995, farmers were recommended to perform irrigation with automatic sprayers. Its effects on fruit setting and development, as well as yield, will be determined during the coming harvest season.

REFERENCES

1. Chang, J. W., C. R. Yen, H. L. Lin, and K. C. Lee 1994. Effect of plastic shelter on the yield, fruit quality and leaf mineral concentration of Irwin mango (*Mangifera indica* L.). J. Chinese Soc. Hort. Sci. 40 : 43—59.
2. Hsu, S. H. 1979. The microclimate on slopeland in Yuching area during the winter season (second report). J. Chinese Soil and Water Conserv. 10 : 171—179.
3. Monselise, S. P. and E. E, Goldschmidt. 1982. Alternate bearing in fruit trees. Hort. Rev. 4 : 128—173.
4. Ou, S. K. 1983. The relation between flowering period and seedless fruits formation of Irwin mango. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 4 : 269—278.
5. Singh, L. B. 1960. The Mango. Leonard Hill Books Ltd., London.
6. Singh, R. N. 1978. Mango. TCAR, New Delhi.
7. Singh, R. N., P. K. Majumder, D. K. Sharma, G. C. Sinha, and P. C. Bose. 1974. Effect of deblossoming on the productivity of mango. Scientia Hort. 2 : 366—403.

玉井地區氣象因素與檬果產量關係之研究[1]

蔡金川 姚銘輝 漆匡時 梁連勝[2]

摘 要

檬果生長於不良的氣候環境裡會發生胚夭折之果實。本研究之目的在觀察氣象因素對於檬果產量與無子果發生率之影響。在玉井地區1993及1994年以 8 年生愛文檬果爲材料進行試驗。開花前10天至開花後30天記錄氣象資料，並分析氣象因素與無子果形成及產量之關係。由試驗結果得知，於元月及 2 月初之早期開花者出現高無子果率及產量減低。開花前10天至開花後30天之積算溫度、積算雨量與無子果率及收穫期果實總糖含量各呈現顯著性之正、負相關。而開花後30天比開花前10天之積算溫度或積算雨量對於果實特性（無子果率、產量及總糖含量）之影響程度較大。

關鍵詞：無子果、氣象因素。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1849 號。
2. 本所農工系副研究員、助理、助理研究員、系主任。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 45(2) : 195~202 (1996)

New Records of Aphelinidae (Hymenoptera) from Taiwan[1]

Ken-Ching Chou[2], Yi-Shiow Su[2], Liang-Yih Chou[2] and Chiun-Cheng Ko[3]

Abstract : Three species of *Aphelinus* and 11 species of *Encarsia* from Taiwan are recorded for the first time in this paper. All of these species were reared from their aphid or whitefly hosts.

Key words: *Aphelinus, Encarsia,* Aphidoidea, Aleyrodidae, Taiwan.

INTRODUCTION

The species of the genus *Aphelinus* Dalman are parasitoids of aphids. It contains about 50 species worldwide, including 1 species, *A. mali* (Haldeman), in Taiwan, However, this species was misidentified by Tao & Chiu[(5)], Chiu & Liu[(1)] and Liu[(4)]. This species must be corrected as *A. gossypii* Timberlake. The species of the genus *Encarsia* Foerster are parasitoids of whiteflies, scale insects and aphids[(2,3)]. It contains about 230 species worldwide, including 10 species in Taiwan. In this paper 3 *Aphelinus* species and 11 *Encarsia* species are added to the aphelinid fauna of Taiwan. All of these species were reared from their hosts. The material, unless otherwise stated, was collected by the senior author. The specimens used in this study are deposited in the Insect Collection of the Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

Genus *APHELINUS* Dalman

Aphelinus (Aphelinus) albipodus Hayat & Fatima

Aphelinus albipodus Hayat & Fatima, 1992. Entomon. 17:103.
Aphelinus sp.: Tao & Chiu, 1971. Taiwan Agr. Res. Inst. Specl. Publ. 10:18.

Material examined: TAICHUNG: Wufeng, 3♀, III-1995, ex *A. gossypii,* L. Y. Chou.
Distribution: Chad Republic, India, Pakistan, Paraguay and Taiwan (new record).
Host: *Aphis gossypii* (Aphididae).

Aphelinus (Aphelinus) gossypii Timberlake

Aphelinus gossypii Timberlake, 1924. Proc. Hawaii ent. Soc. 5:408. - Hayat & Fatima, 1992. Entomon. 17:103.

---

1. Contribution No. 1850 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant Entomologist, Research Assistant and Associate Entomologist respectively, of the Department of Applied Zoology, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Instructor of the Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, Taipei, ROC.

Aphelinus mali (Haldeman): Chiu & Liu, 1969. Taiwan Agr. Res. Inst. Specl. Publ. 9:3. - Tao & Chiu, 1971. Taiwan Agr. Res. Inst. Specl. Publ. 10:18. - Liu, 1975. J. Agr. Res. China 24:67. (misidentification).
Aphelinus kashmiriensis Hayat, 1972. Entomophaga 17:50.

Material examined: TAICHUNG: Wufeng, 3 ♀, III-1995, ex *A. gossypii,* L. Y. Chou.
Distribution: Guadeloupe, India, Reunion Island and Taiwan (new record).
Host: *Aphis gossypii* (Aphididae).

Aphelinus (Indaphelinus) ancer Hayat

Aphelinus (Indaphelinus) ancer Hayat, 1990. Oriental Ins. 24:253.

Material examined: CHIAI: Chiai, 1 ♀, 26-III-1993, ex *Greenidea mangiferae* on *Litchi chinensis,* L. Y. Chou and C. Y. Wong.
Distribution: India and Taiwan (new record).
Host: *Greenidea mangiferae* (Greenideidae).

Genus ENCARSIA Foerster

Encarsia albiscutellum longipalpa Hayat

Encarsia albiscutellum longipalpa Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:34.

Material examined: NANTOU: Hoshe, 1♀, 12-IV-1995, ex *R. maesae* on *Ardisia cornudentata*; Meifeng, 1♀1♂, 14-X-1994, ex *Aleurolobus* sp. on *Rubus* sp.
Distribution: India and Taiwan (new record).
Hosts: *Aleurolobus* sp. and *Rhachisphora maesae* (Aleyrodidae).

Encarsia azimi Hayat

Trichaporus indicus Azim & Shafee, 1980. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 76:335.
Encarsia azimi Hayat, 1986. Oriental Ins. 20:160. - Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:62.

Material examined: NANTOU: Wushe, 1♀, 24-XI-1993, ex *A. rhododendri* on *Rhododendron formosanum*; TAICHUNG: Wufeng, 1♀, 8-XII-1993, ex *D. fici* on *Bischofia javanica*; 7 ♀, 29-VIII-1994, ex *D. piperis* on *Piper kadsura.* HSINCHU: Wufeng, 13 ♀, 16-XII-1993, ex *O. rhododendri* on *R. formosanum*; TAIPEI: Hsintien, 1♀, 18-VI-1994, ex *P. myricae* on *Morus alba.*
Distribution: India and Taiwan (new record).
Hosts: *Aleurolobus rhododendri, Dialeurodes fici, Odontaleyrodes rhododendri, Parabemisia myricae* (Aleyrodidae).

Encarsia bifasciafacies Hayat

Encarsia bifasciafacies Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:58.

Material examined: PINGTUNG: Kentingkunyen, 1♀, 2-III-1994, ex *A. marlatti* on *Murraya paniculata.*

Distribution: India, Pakistan and Taiwan (new record).

Host: *Aleurolobus marlatti* (Aleyrodidae).

Encarsia cerataphivora Evans

Encarsia cerataphivora Evans, 1995. Oriental Ins. 29:37.

Material examined: TAIPEI: 32♀ 1♂, 30-I-1994, ex *Reticulaphis distylii fici* on *Ficus* spp.

Distribution: Taiwan (new record) and Thailand.

Hosts: *Reticulaphis distylii fici* (Hormaphididae).

Encarsia duorunga Hayat

Encarsia duorunga Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:40.

Material examined: CHIAI: Fenchifu, 3♀, 28-VII-1994, ex *A. malloti* on *Polygonum thunbergii*; 2♀1♂, 12-IV-1995, ex *A. elatostemae* on *Elatostema edule*; 4♀,11-IV-1995, ex *A. caerulescens* on *Alocasia macrorrhiza* and *Thladiantha nudiflora*; 1♀2♂, 11-IV-1995, ex *A. elatostemae* on *Elatostema lineolatum*; 1♀, 11-IV-1995, ex *Aleurotrachelus* sp. on *Pilea.* ILAN: Fushan, 6♀1♂, 3-VI-1994, ex *A. elatostemae* on *E. lineolatum*; 3♀, 4-VI-1994, ex *Parabemisia* sp. on *E. lineolatum.* NANTOU: Fenghuangku, 1♀, 18-IV-1995, ex *A. elatostemae* on *E. lineolatum* ; Lienhuachih, 3♀, 2-V-1994, ex *A. micheliae on Begonia taiwaniana*; Lushan, 1♀, 1-XII-1994, ex *P. polygoni* on *Boehmeria nivea*; Meifeng, 1♀, 23-VI -1994, ex *P. rubi* on *P. thunbergii*; 2♀, 7-XII-1994, ex *P. rubi* on *Rubus* sp. TAICHUNG: Anmashan, 4♂, 21-VII-1994, ex *A. caerulescens* on *P. chinense*; Lishan, 1♂, 22-VII-1994, ex *A. multipori* on *Viburnum taiwanianum*; Wufeng, 2♀1♂, 20-V-1994, ex *Aleurotrachelus* sp. on *R. taiwaninaus.* TAIPEI: Hsintien, 1♀, 18-VI-1994, ex *Aleurotrachelus* sp. on *R. taiwanianus*; Shihting, 1♀, 28-III-1995, ex *A. rubi* on *R. taiwanianus*; 1♂, 28-X-1994, ex *A. elatostemae* on *E. lineolatum*; Wulai, 6♀6♂, 31-XII-1994, ex *A. elatostemae* and *Parabemisia* sp. on *E. lineolatum*; 3♀, 20-I-1995, ex *Aleurotrachelus* sp. on *B. nivea.*

Distribution: India and Taiwan (new record).

Hosts: *Aleurotrachelus caerulescens, A. elatostemae, A. micheliae, A. rubi, A.* spp., *Aleurotuberculatus malloti, A. multipori, Parabemisia* sp., *Pealius polygoni, P. rubi* (Aleyrodidae).

Encarsia lahorensis (Howard)

Prospaltella lahorensis Howard, 1911. J. Econ. Ent. 4:132

Encarsia lahorensis (Howard): Viggiani & Mazzone, 1979. Boll. Lab. Ent. Agr. "Filippo Silvestri" Portici 36:46. - Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:73.

Material examined: PINGTUNG: Kentingkunyen, 1♀, 4-V-1995, ex *D. citri* on *Ardisia sieboldii.*

Distribution: Pakistan and Taiwan (new record).

Host: *Dialeurodes citri* (Aleyrodidae).

Encarsia longifasciata Subba Rao

Encarsia longifasciata Subba Rao, 1984. Proc. Indian Acad. Sci. (Anim. Sci.) 93:260. - Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:29.

Material examined: NANTOU: Lienhuachih, 4♀, 21-I-1994, ex *A. rhododendri* on *Psidium guajava.*

Distribution: India and Taiwan (new record).

Host: *Aleurolobus rhododendri, A. setigerus* (Aleyrodidae).

Encarsia lutea (Masi)

Prospaltella lutea Masi, 1910. Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. R. Scuola Agr. Portici 4:25.

Encarsia lutea (Masi): Viggiani & Mazzone, 1979. Boll. Lab. Ent. Agr. "Filippo Silvestri" Portici 36:46. - Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:48. - Polaszek, Evans & Bennett, 1992. Bull. Entomol. Res. 82:384.

Material examined: CHIAI: Chuchih, 1 ♂, 16-IV-1994, ex *A. ficicola* on *Maesa japonica.* KAOHSIUNG: Fengshan, 1♀1♂, 22-XI-1993, ex *A. gordoniae* on *Cinnamomum camphora.* NANTOU: Chunghsinghsintsun, 1♂, 10-XI-1993, ex *A. cinnamoni* and 1♀2♂, 23-XI-1993, ex *A. gordoniae* on *C. camphora*; 1♂, ex *A. rhododendri* on *Bauhinia variegata*; Kuohsing, 1♂, 21-X-1993, ex *A. marlatti* on *Murraya paniculata*; Lienhuachih, 4♀3♂, 2-V-1994, ex *Aleurotrachelus* sp. on *Rubus piptopetalus*; 18♀, 21-I-1994, ex *A. melastomae* on *Melastoma candidum*; 1♀, 27-V-1994, ex *A. gordoniae* on *Liquidambar formosana*; 3♀3♂, 27-V-1994, ex *Aleurotrachelus* sp. on *R. piptopetalus*; Nantou, 1♀2♂, 28-X-1993, ex *A. psidii* on *Psidium guajava*; Shuangtung, 1♂, 24-VI-1994, ex *D. formosanensis* on *Boehmeria densiflora*; Sunmoonlake, 6♀, 18-XI-1993, ex *A. melastomae* on *M. candidum*; Tsaotun, 1♀, 11-XI-1994, ex *A. malloti* on *Mallotus japonicus*; 1♀1♂, 13-XI-1994, ex *A. gordoniae* on *C. camphora*; 1♂, 24-XI-1993, ex *A. marlatti* on *Citrus ponki*; Wushe, 1♀, 18-III-1994, ex *A. rhododendri* on *Rhododendron formosanum.* PINGTUNG: Nanjenhu, 4♀, 20-IV-1994, ex *A. melastomae* on *M. candidum.* TAICHUNG: Wufeng, 1♀1♂, 18-V-1994, ex *S. hibisci* on *Macaranga tanarius*; 1♀1♂, 6-XII-1993, ex *P. mori* on *Morus alba*; 1♂, 16-XII-1993, ex *A. gordoniae* on *Elaeocarpus sylvestris*; 1♀, 13-I-1994, ex *B. tabaci* on *Rhinacanthus nasutus*; 1♂, 17-I-1994, ex *B. porteri* on *B. variegata*; 3♀4♂, 2-II-1994, ex *A. gordoniae* on *C. camphora*; 2♀1♂, 12-IV-1994, ex *A. ficicola* on *M. alba*; 2♀, 9-V -1994, ex *T. meliosmae* on *Polygonum chinense*; 1 ♀1♂, 9-V-1984, ex *Pealius* sp. on *R. taiwanianus*; 5♀3♂, 17-V-1994, ex *P. rubi* on *R. taiwanianus*; 1♂, 18-V-1994, ex *A. setigerus* on *M. tanarius*; 2♂, 21-VI-1994, ex *Aleurolobus rhododendri* on *C. ponki*; 1♀, 20-VII-1994, ex *A. gordoniae on Magnolia*

denudata; 2♀, 1-VIII-1994, ex *S. hibisci* on *M. tanarius*; 1♂, 19-VIII-1994, ex *A. setigerus* on *Gardenia jasminoides*; 1♂, 9-IX-1994, ex *A. rhododendri* on *P. guajava*; 1♀, 16-XI-1994, ex *A. melastomae* on *M. candidum*; 3♂, 16-IX-1994, ex *T. vaporariorum on R. taiwanianus*; 2♀1♂, 1-V-1995, ex *A. rubi* on *R. taiwanianus*; 2♀, 20-VI-1995, ex *A. malloti* on *Ampelopsis brevipedunculata*; 3♀1♂, 17-V-1994, ex *Aleurotuberculatus* sp. on *P. chinense*. TAIPEI: Kungkuan, 1♂, 21-XI-1993, ex *D. fici* on *Bischofia javanica*; 1♀, 7-VIII-1994, ex *A. pectiniferus* on *Sapium sebiferum*; 1♂, 7-VIII-1994, ex *D. kirkaldyi* on *Jasminum sambac*; Shihting, 2♀, 28-X-1994, ex *A. melastomae* on *M. candidum*; Mucha, 3♀, 9-VIII-1994, ex *A. melastamae* on *M. candidum*; 1♀, 19-IX-1994, ex *Aleurotuberculatus malloti* on *M. japonicus*; 1♀, 7-I-1995, ex *A. jasmini* on *M. japonica*; Wulai, 2♀, 16-IV-1994, ex *A. melastomae* on *M. candidum*; 1♂, 2-XII-1994, ex *D. fici* on *B. zollingeriana*; Yangmingshan, 1♂, 27-I-1994, ex *A. pectiniferus* on *B. zollingeriana*.

Distribution: Brazil, India, Italy, Pakistan, Taiwan (new record), UK. and Zimbabwe.

Hosts: *Aleurocanthus cinnamoni, Aleurolobus marlatti, A. rhododendri, A. setigerus, Aleuroplatus pectiniferus, Aleurotrachelus rubi, Aleurotuberculatus ficicola, A. gordoniae, A. jasmini, A. malloti, A. melastomae, A. psidii, A. rhododendri, A.* sp., *Bemisia porteri, B. tabaci, Dialeurodes fici, D. formosanensis, D. kirkaldyi, Pealius mori, P. rubi, P.* sp., *Singhius hibisci, Taiwanaleyrodes meliosmae, Trialeurodes vaporariorum* (Aleyrodidae).

Encarsia mohyuddini Shafee & Rizvi

Encarsia mohyuddini Shafee & Rizvi, 1983. J. Ent. Res. 6:157. - Hayat, 1989. Oriental Ins. 23: 42. - Polaszek, Evans & Bennett, 1992. Bull. Entomol. Res. 82:386.

Material examined: NANTOU: Lienhuachih, 1♀, 6-I-1995, on *Crotalaria pallida*; Puli, 1♀, 19-VIII-1993, on *Euphorbia pulcherrima*; Shuili, 1♀, 5-I-1995, on *Trema orientalis*. TAICHUNG: Wufeng, 8♀7♂, 26-I-1994, on *Rhinacanthus nasutus*; 1♀, 13-IV-1994, on *Ipomoea batatas*; 1♀2♂, 15-VIII-1994, on *Fragaria chiloensis*; 1♀, 4-X-1994, on *Salvia plebeia*; 1♀, 23-XI-1994, on *Lycopersicon esculeutum*; 4♀, 25-IV-1995, on *Dumasia bicolor*; 2♀1♂, 26-VII-1995, on *Arachis hypogea*. TAIPEI: Kungkuan, 1♀, 26-XI-1994, on Compositae; Mucha, 1♂, 3-X-1993, on *E. pulcherrima*; Sanhsia, 1♂, 11-XI-1994, on *Rubus* sp. All ex *B. tabaci*.

Distribution: Pakistan and Taiwan (new record).

Host: *Bemisia tabaci* (Aleyrodidae).

Encarsia perflava Hayat

Encarsia perflava Hayat, 1989. Oriental Ins. 23:43.

Material examined: CHIAI: Chuchih, 1♂, 20-X-1994, ex *A. rubi* on *Boehmeria densiflora*; Fenchifu, 1♀, 11-IV-1995, ex *A. caerulescens* on *Alocasia macrorrhiza*. ILAN: Fushan, 2♀, 3-VI-1994, ex *P. myricae* on *Engelhardtia roxburghiana* and *Magnolia denudata*. NANTOU: Aowanta, 1♂, 28-XI-1994, ex *A. malloti* on *Ficus erecta*; Chitou, 1♂, 20-X-1994,

ex *A. jasmini* on *Sambucus formosana*; Chunghsinghsintun, 12-XI-1994, ex *A. micheliae* on *Osmanthus fragrans*; Hueihsun forest, 2♀, 31-III-1994, ex *A. caerulescens* on *Myrica rubra*; Kuohsing, 1♀, 21-X-1993, ex *A. micheliae* on *O. fragrans*; Lienhuachih, 2♀, 21-I-1994, ex *D. formosanensis* on *Schefflera octophylla*; 1♀, 2-V-1994, ex *A. micheliae* on *Begonia taiwaniana*; 1♂, 2-V-1994, ex *B. tabaci* on *Elatostema edule*; 1♀, 6-I-1995, ex *A. caerulescens* on *Ardisia sieoldii*; Liyushan, 1♂, 16-II-1995, ex *D. fici* on *Bischofia javanica*; Shuili, 1♀1♂, 5-I-1995, ex *A. ficicola* on *Maesa japonica*; Tungpu, 1♀, 4-VIII-1994, ex *Aleurotrachelus* sp. on *B. nivea*; Nanshanchi, 1♀, 21-III-1995, ex *P. kankoensis* on *Cyclobalanopsis globosa*. PINGTUNG: Kentingkunyen, 1♀, 5-V-1995, ex *A. malloti* on *Koelreuteria formosana*. TAICHUNG: Wufeng, 1♀, 16-XII-1993, ex *O. rhododendri* on *Rhododendron formosanum*; 2♀1♂, 12-IV-1994, ex *P. mori* on *M. alba*; 3♀, 18-IV-1994, ex *Aleurotrachelus* sp. on *B. nivea*; 1♀, 5-V-1994, ex *T. meliosmae* on *Polygonum chinense*; 1♀, 11-V-1994, ex *Aleurotrachelus* sp. on *B. nivea*; 1♀, 19-V-1994, ex *A. malloti* on *Ampelopsis brevipedunculata*; 3♀, 20-V-1994, ex *T. carpini* on *M. alba*; 1♀, 1-V-1995, ex *A. ficicola* on *M. alba*; 1♀, 20-VI-1995, ex *A. caerulescens* on *A. brevipedunculata*. TAINAN: Kuantyling, 1♂, 22-IX-1994, ex *A. uraianus* on *S. formosana*. TAIPEI: Hsintien, 1♀, 21-IV-1995, ex *S. hibisci* on *Glochidion philippicum*; Kungkuan, 1♀, 7-VIII-1994, ex *B. tabaci* on *Ipomoea obscura*: 1♀, 24-VI-1995, ex *D. kirkaldyi* on *Jasminum sambac*; Mucha, 1♀, 6-III-1994, ex *A. caerulescens* on *Turpinia formosana*; 1♂, 4-IX-1994, ex *D. fici* on *F. virgata*; 1♀, 19-IX-1994, ex *T. carpini* on *M. japonica*; 1♀, 7-X-1994, ex *A. ficicola* on *Wendlandia fomosana*; 1♂, 9-XII-1994, ex *A. marlatti* on *G. hongkongense*; 1♂, 9-XII-1994, ex *D. fici* on *Glochidion hongkongense*; 2♀3♂, 9-XII-1994, ex *A. caerulescens* on *Smilax china*; 1♀, 19-II-1995, ex *A. smilaceti* on *S. china*; Shihting, 1♂, 28-X-1994, ex *A. murrayae* on *E. lineolatum*; Wulai, 3♀, 10-XII-1994, ex *P. myricae* and *A. jasmini* on *M. japonica*; 1♀, 31-XII-1994, ex *A. elatostemae* on *E. lineolatum*; Yangmingshan, 8♀, 15-IV-1994, ex *A. micheliae* on *O. fragrans*.

Distribution: India and Taiwan (new record).

Hosts: *Aleurolobus marlatti, Aleurothrixus smilaceti, Aleurotrachelus caerulescens, A. elatostemae, A. micheliae, A. rubi, A.* sp., *Aleurotuberculatus ficicola, A. jasmini, A. malloti, A. murrayae, A. uraianus, Bemisia tabaci, Dialeurodes fici, D. formosanensis, D. kirkaldyi, Odontaleyrodes rhododendri, Parabemisia myricae, Pealius kankoensis, P. mori, Singhius hibisci, Taiwanaleyrodes carpini, T. meliosmae* (Aleyrodidae).

Encarsia tristis (Zehntner)

Prospalta tristis Zehntner, 1896. Meded. Proaf. Oest-Java (n.s.) 29:11.
Aspidiotiphagus aleyrodis Ashmead, 1904. Proc. U. S. Natl. Mus. 28:139.
Encarsia neomaskelliae Prasad, 1955. Indian J. Ent. 17:49.
Prospaltella breviclavata Shafee, 1973. Entomophaga 18:252.
Encarsia tristis (Zehntner): Hayat, 1981. Oriental Ins. 14:468. - Hayat, 1989. Oriental Ins. 23: 66.

Material examined: CHIAI: Chiai, 25♀16♂, 22-XI-1993. TAICHUNG: Wufeng, 2♀2♂,

4-XII-1993. All ex *N. bergii* on *Saccharum sinensis.*

Distribution: Australia, Bangladesh, India, Indonesia, Philippines and Taiwan (new record).

Host: *Neomaskellia bergii* (Aleyrodidae).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their cordial thanks to Dr. Hajimu Takada for the identification of *Aphelinus gossypii,* to Mr. Yen-Hsueh Tseng for the identification of host plants, to Mr. Chen-yu Wong and Miss Chia-hsin Liu for their help in field collection, to Miss Chi a-hsin Liu for mounting the specimens. This study was financially supported (83AST-1.3-FAD-27(7) and 84AST-1.3-FAD-15) in part by the Council of Agriculture, Executive Yuan, Republic of China.

REFERENCES

1. Chiu, S. C., and C. S. Liu. 1969. Hymenopterous parasites of citrus tobacco and vegetable aphids in Taiwan. Taiwan Agr. Res. Inst. Specl. Publ. 9:1-14.
2. Evans, G. A., A. Polaszek, and F. D. Bennett. 1995. The taxonomy of the *Encarsia flavoscutellum* species-group (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoids of Hormaphididae (Homoptera: Aphidoidea). Oriental Ins. 29:33-45.
3. Hayat, M. 1989. A revision of the species of *Encarsia* Foerster (Hymenoptera: Aphelinidae) from India and the adjacent countries. Oriental Ins. 23:1-131.
4. Liu, C. S. 1975. Aphid parasites and their propagation in Taiwan. J. Agr. Res. China 24(3-4):62-84(in Chinese).
5. Tao, C. C., and S. C. Chiu. 1971. Biological control of citrus, vegetables and tobacco aphids. Taiwan Agr. Res. Inst. Specl. Publ. 10:1-110.

臺灣產蚜小蜂科（膜翅目）之新記錄種[1]

周根清[2] 蘇怡秀[2] 周樑鎰[2] 柯俊成[3]

摘 要

本文首次記錄飼育自蚜蟲或粉蝨之臺灣產14種蚜小蜂。其中蚜小蜂屬（*Aphelinus*）有3種：*A. albipodus* Hayat, *A. ancer* Hayat 及 *A. gossypii* Timberlate；恩蚜小蜂屬（*Encarsia*）有11種：*E. albiscutellum longipalpa* Hayat, *E. azimi* Hayat, *E. bifasciafacies* Hayat, *E. ceratophivora* Evans, *E. duorunga* Hayat, *E. lahorensis* (Howard), *E. longifasciata* Subba Rao, *E. lutea* Hayat, *E. mohyuddini* Shafee & Rizvi, *E. perflava* Hayat 及 *E. tristis* (Zehntner)。

關鍵詞：蚜小蜂屬、恩蚜小蜂屬、蚜總科、粉蝨科、臺灣。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1850 號。
2. 本所應用動物系助理研究員、研究助理及副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 國立臺灣大學植物病蟲害學系講師。臺北市。

中 華 農 業 研 究

第四十五卷　　第 二 期

中華民國八十五年六月出版

發 行 人：林 俊 義
總 編 輯：廖 慶 樑

編審委員：

農藝組：盧 煌 勝（主審）
王 強 生　呂 秀 英　郭 益 全　陳 一 心
楊 純 明　劉 大 江　劉 新 裕　蔡 新 聲

園藝組：蕭 吉 雄（主審）
王 德 男　林 昭 雄　施 昭 彰　徐 信 次
劉 政 道　歐 錫 坤

農化組：連　深（主審）
王 鐘 和　吳 繼 光　郭 鴻 裕　劉 慧 瑛

植病組：彭 金 騰（主審）
王 惠 亮　林 正 忠　張 清 安　程 永 雄
黃 秋 雄　蔡 武 雄

昆蟲組：羅 幹 成（主審）
王 清 玲　何 琦 琛　周 樑 鎰　陳 炳 輝
陳 健 忠　鄭　允　鄭 清 煥

農機組：梁 連 勝（主審）
黃 禮 棟　顏 欽 崇

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. 45, No. 2 June 1996

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER : Director, Chien-Yih Lin

EDITOR IN CHIEF : Ching-Liang Liaw

EDITORIAL BOARD :

Chi-Hsiung Hsiao (Horticulture)	Shen Lian (Agri. Chemistry)
Lien-Sheng Liang (Agri. Engineering)	Kang-Chen Lo (Applied Zoology)
Hung-Shung Lu (Agronomy)	Jin-Torng Peng (Plant Pathology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD :

Chin-An Chang	Bing-Huei Chen	Chien-Chung Chen
Yi-Shin Chen	Ching-Huan Cheng	Edward Yun Cheng
Yung-Hsiung Cheng	Liang-Yih Chou	Horng-Yuh Guo
Chyi-Chen Ho	Hsin-Tszu Hsu	Chiou-Hsiung Huang
Li-Duhng Huarng	Yih-Chuan Kuo	Cheng-Chung Lin
Chao-Hsiung Lin	Tsung-dao Liou	Dah-Jiang Liu
Huey-Ing Liu	Sin-Tie Liu	Hsiu-Ying Lu
Shyi-Kuan Ou	Jau-Chang Shih	Wu-Hsiung Tsai
Hsin-Sheng Tsay	Chan-Sen Wang	Chin-Liang Wang
Chong-Ho Wang	Der-Nung Wang	Hui-Liang Wang
Chi-Guang Wu	Chwen-Ming Yang	Chin-Chung Yin

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

統一編號
030853850021

Vol. 45, No. 2 June 1996

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Development of Peanut Variety Tainung No.6 ……Kin-Hsing Yang, Wen-Long Tsaur, Yan-Sin Cheng, Hui-Jiuan Haung and Hung-Shung Lu…113

Improvement of Parents of Elite Single Crosses Maize Comparison and Application of Methods for Identifying Inbred Lines with Favorable Alleles ……Chang-Lee Ho, Guang-Jauh Shieh and Hung-Shung Lu…128

Effects of Testers and Populations on the Relationship among Grain and Forage Yield Traits in Maize ……Hung-Shung Lu, Chang-Lee Ho and Guang-Jauh Shieh…137

Prediction of Heterosis with Genetic Diversity among Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines Revealed by Random Amplified Polymorphic DNA ……Shu Chen, Kae-Kang Hwu and Cheng Chen…147

Studies on Tissue Culture of *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels (Ⅰ) Induction and Growth of Embryogenic Callus from Immature Embroy ……Han-Lung Huang, Chung-Chuan Chen, Uei-Chin Chen and Hsin-Sheng Tsay…156

Effects of Planting Date and Density on the Rhizome Yield and Curcumin Content of Turmeric Plant (*Curcuma aromatica* Salisb.) ……Min-Fu Hu, Shan-Mei Chiu, Huey-Ing Liu, Ming-Hsin Lai and Sin-Yie Liu…164

Harvest Index in Relation to Dry Biomass Production and Distribution in Wetland Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] ……Lit-Fu Chan…174

Studies on the Relationships between Climatic Elements and the Yield of Mango in Yuching Area……Jin-Chuan Tsai, Ming-Hwi Yao, Kung-Shy Chi and Lien-Shing Liang…186

New Records of Aphelinidae (Hymenoptera) from Taiwan ……Ken-Ching Chou, Yi-Shiow Su, Liang-Yih Chou and Chiun-Cheng Ko…195

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China