

轉作田玉米生育特性及肥培管理

1. 子實收量之期作間和土壤間差異及有關因素¹

連 深 王 鐘 和²

摘要 本試驗在臺中縣霧峰(本所)及雲林縣二崙比較臺農 351 號玉米在秋作和春作對氮肥用量和栽植密度之效應,及肥料深施的效果,以闡明高產之栽培條件,結果如下:

1. 秋作由於營養生長期間短,一般吐絲期葉面積指數(LAI)不高;但多肥配合密植(71,000株/公頃)可有效提高LAI,而由於吐絲至成熟期間長,有利於乾物生產;故秋作之收量潛力高,可達8~9t/ha。反之,春作營養生長期間較長,LAI增大容易,但由於玉米抽穗適遇梅雨期,吐絲~成熟期間氣溫又高,玉米充實期間縮短,不利於乾物生產;故其收量水準顯著低於秋作(6t/ha)。

2. 二崙試地土壤中無顯著限制因子,故其秋作玉米對氮施用量和栽植密度之效應均甚顯著;行株距70×20公分(71,400株/公頃)區產量顯著高於70×25公分(57,100株/公頃)區,而氮之需要量則為150~200kg/ha。玉米產量對氮肥用量和栽植密度具有顯著的連應;在高栽植密度及多氮的配合下可獲最高收量(8.9t/ha)。

3. 霧峰之秋作收量水準顯著低於二崙(最高 6.6t/ha)可以歸因於其玉米營養生長之不足及吐絲期~成熟期間葉片純同化率之低落。其表土物理性較差及磷肥力較低等係影響玉米營養生長之主要因素,而底土之密實性影響生育後期根部養分吸收則是玉米充實期間葉片同化能力低落致使純同化率低落之主要原因。肥料之深施(除了一部分起肥之淺施於種子旁外,除基肥深施於深20~25公分處)可顯著促進吐絲期至成熟期間之養分吸收,提高此期間之葉片同化能力及乾物生產,顯著提高收量(7.5t/ha)。

稻田轉作為政府既定重要政策,而玉米栽培為其最重要之一環。行政院核定之「稻米生產及稻田轉作六年計畫」,將飼料玉米列為重點作物,計畫轉作面積至七十八年將累增至八萬五千公頃⁽¹⁾,故玉米栽培面積包括一般旱地,屆時將可顯著增加。

有關玉米之肥培試驗,過去之對象多為冬季裡作,品種均屬早熟者,而試驗地點則偏於旱作地區。由於新育成之高產品系臺農 351 號係屬中熟、全季型品種,稻田轉作之環境亦與長期旱田之情況迥異,其生產性之期作間和土壤間差異,乃有加以探討必要。

由於密植與多肥係公認之玉米高產之道^(3,5,7)。轉作田不同季節和土壤對密植與多肥之效應當為吾人探討轉作田玉米生產潛力及高產生態條件之重要步驟。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1388 號。

2. 臺灣省農業試驗所農化系研究員及助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

材料與方法

1. 試驗地點及土壤理化性質：

本試驗於1983~1985年在雲林縣二崙鄉及霧峰本所農田進行，各試驗地點之代表性土壤性質如表1：

表1. 試驗地點土壤之理化性質

Table 1. Some properties of soils at Wu-feng and Erh-lun

Location	母質	土系	Soil horizons (cm)	pH	O. M. (%)	Bray P ₁ (ppm)	Exch. (ppm)		Texture	Structure	Consistency (when dry)	Permeability
							K	Mg				
霧峰 Wu-feng	粘板岩砂頁岩混合沖積	臺七地層	0-15	5.0	1.4	3.3	95	200	SiL	Structure-less	Very hard	Medium to low
			15-30	6.5	1.0	1.6	62	240	SiL			
			30-60						SiL-SiCL			
二崙 Erh-lun	粘板岩老沖積	彰化系	0-15	7.3	1.6	14.0	90	178	SL-L	Weak	Slightly hard	Medium to high
			15-30	7.5	1.6	15.4	89	203	SiL			
			30-60						SiL			

2. 試驗處理及設計：

試驗一、栽植密度×氮素用量試驗（二崙，1983年秋作及1984年春作）

試驗處理為行株距2變級（70×25及70×20公分，但春作因缺株實際行株距平均各為70×26.8及70×24.6公分）和氮素用量3變級（100、200、300kg/ha）之組合，依次為主副處理，裂區排列、四區集。肥料施用方法依照施肥手冊（標準方法；即磷鉀肥用量之全部和氮肥之一半當基肥，另半量氮肥則當膝高期追肥。基肥條施於株旁，距離種子約5公分，深3~5公分，施後蓋土。）⁽²⁾，小區面積38.5m²（7.7×5m），11行區。P₂O₅、K₂O 用量各區均為100kg/ha。

試驗二、施肥方法×栽植密度×氮素用量試驗（本所49號田，1983年秋作）

該試驗處理為（1）施肥方法兩種：（a）標準施肥；（同試驗一），（b）深施；三要素用量之半量依照標準方法施用，另半量於播種時條施於播植行下約25公分（寬約15公分）處（施肥溝係人工所開），（2）行株距2變級（同二崙）和（3）氮用量3變級（標準施肥區設100、200、300kg/ha，深施區設200、300、400kg/ha各變級）之組合，依次為主處理及第一、二副處理，裂區排列，二區集。P₂O₅、K₂O 各區均施各200及100kg/ha，以資充足。小區面積同試驗一。施用肥料種類為硫酸銨、過磷酸鈣及氯化鉀，但深施所用肥料則以複合肥料39號為主。

試驗三、氮素用量×施肥方法試驗（本所16號田及二崙，1984年秋作）

試驗處理為氮素用量2變級（N 150 及 225kg/ha）及施肥方法二種：（a）標準施肥（一）；（同試驗一及二），（b）深施；（施肥方法同試驗二之深施處理，但基肥使用深耕犁和淺犁所組合的雙層施肥播種機開溝施肥，淺層及深層施肥部份之溝深各約5及25公分，寬約4公分）之組合，依次為主、副處理，裂區排列、三區集。施用肥料種類同試驗二。

試驗四、整地與不整地及施肥方法試驗（本所51號田，1985年秋作）

試驗分整地及不整地兩部份。整地部份主處理設氮素用量2變級（N160 及 240kg/ha）及副處理三種施肥方法如下：（a）對照（一）；即現行標準施肥方法（同試驗一、二及三），（b）深施；係使用本所研製之雙層施肥播種機將磷鉀用量之大部份及氮肥用量之約半量（使用臺肥複合肥料39號）於播種時深施於播植行下約25公分處，同時將小部份肥料（N、P₂O₅、K₂O 各24、36、24kg/ha）以臺肥複合肥料39號200kg/ha 淺施於播植行旁，距離種子約5公分深約3~5公分處。其餘氮肥則

於膝高期追施。(c) 對照(二); 施肥方法同對照(一), 但雙層施肥播種機操作同處理(二)。故本處理與對照(一)之差別為播種行深犁(in row subsoiling)之有無。

不整地部份主處理仍設氮素 2 變級(同上), 但副處理則僅設(a) 對照(一)及(b) 深施兩種處理。

試驗設計均為裂區, 2 區集。小區面積 140m² (40m×3.5m), 即 5 行區 40m 長。行株距均為 70×25 公分。

3. 調查方法:

(1) 於吐絲期自各小區採取植株各 4 株(密植區採 6 株), 測定葉、莖、穗等器官之乾物重量及三要素含量, 並以田中氏等⁽³⁾所述方法測定葉面積指數。

(2) 於收穫期去除邊行後測定區內之穗, 子實及全植株乾物重量, 株高、穗長及充實穗長、每穗粒數和千粒重等。

(3) 調查雄穗抽出及吐絲等日期。

結果與討論

1. 玉米生育收量之期作間差異:

秋作和春作之玉米生育日數及生育期間之氣溫、日射量和雨量各示於表 2 及圖 1。秋作和春作對氮肥用量和栽植密度之效應及各農藝性狀則示於圖 2 及表 3。

表 2. 秋作和春作各生育階段之日數 (臺農 351 號, 二崙 1984~1985)

Table 2. Duration of various growth phases for Tainung 351 in different crop seasons.

Crop season	Growth duration (days)		
	Total	Sowing to silking	Silking to harvest
Spring ¹	129	79	50
Fall ²	120	52	68

1. Date of sowing: Feb. 20-29.

2. Date of sowing: Sep. 5-15.

表 3. 秋作和春作玉米農藝性狀和產量比較 (臺農 351 號, 二崙 1983~1984)

Table 3. Agronomic traits and yields¹⁾ of Tainung 351 plants in different crop seasons. (Erh-lun 1983-1984)

Item	Spring crop (N kg/ha)			Fall crop (N kg/ha)		
	70	140	210	100	200	300
Plant height (cm)	283	279	284	258	263	265
Plant wt. at silk (g/sq. m)	731	772	804	704	833	783
Plant wt. at maturity (g/sq. m)	1013	1021	1043	1470	1590	1525
LAI at silk	4.26	4.22	4.29	3.88	4.17	4.21
Grain no./sq. m. (10 ³)	1.98	2.11	2.13	3.03	3.17	3.05
100 grain wt. (g)	28.1	28.5	28.4	27.2	27.3	27.7
Yield (t/ha)	5.62	6.09	6.11	8.23	8.64	8.44

1) mean of two spacing with 3~4 replications.

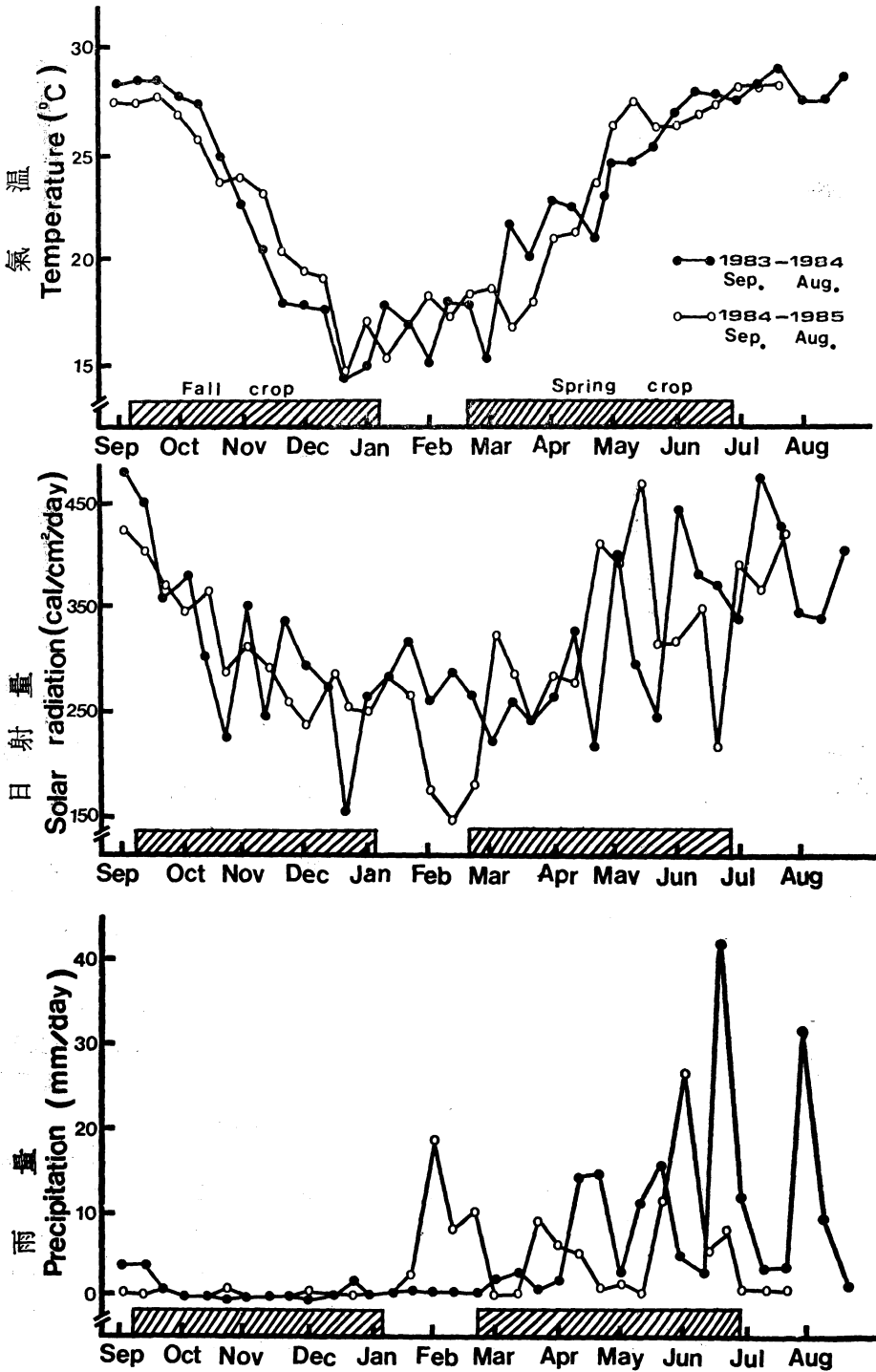


圖1. 秋作和春作玉米生育期間日平均氣溫、日射量和雨量(臺農351號)

Fig. 1. Daily mean air temperature, solar radiation and precipitation during the crop seasons.

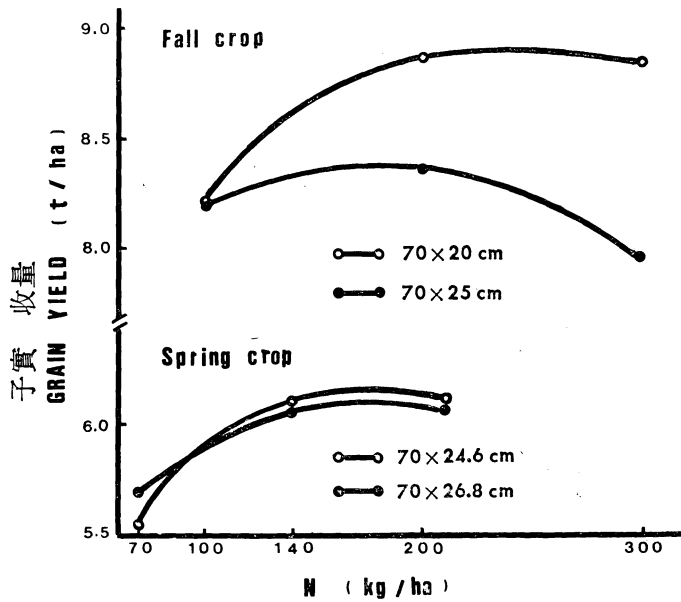


圖2. 秋作和春作玉米產量對氮素用量和栽植密度之效應。(臺農351號, 二崙, 1983~1984)
 Fig. 2. Nitrogen responses of Tainung 351 at two spacings in different crop seasons.
 (Erh-lun, 1983 fall and 1984 spring crop).

春作之播種適期一般在3月中旬以前,而秋作之播種適期則在9月中旬以前⁽⁶⁾。由表2可見秋作自播種至吐絲期間甚短,而吐絲至成熟期間則長。以9月20日播種者而言,二者各為55及80天左右;早播則自播種至吐絲之期間更為縮短而晚播則成熟期延長。反之,春作自播種至吐絲期間較長,吐絲至成熟之期間則短⁽¹³⁾。

秋作因營養生長期(播種至吐絲)短,吐絲期葉面積指數(LAI)不高(表3),多氮配合密植可有效提高LAI,而由於吐絲~成熟期間長,此期間之乾物生產量大(雖然此期間之日射量不高,但因氣溫低,呼吸消耗少,期間長有利於乾物生產)收量與LAI之正相關密切。故秋作收量潛力高(8~9t/ha),密植多肥可提高產量(圖2)。

反之,春作營養生長期長,LAI之增大容易,但因玉米抽穗期適遇梅雨期,吐絲~成熟期間溫度又高,玉米充實期間縮短,乾物量之增加不大,故其收量水準顯著低於秋作(6t/ha)。又因LAI與收量之關係不甚顯著(表3),收量對氮肥用量和栽植密度之效應亦不明顯(圖2),甚至於因倒伏頻繁,呈負的效應。故春作之栽植密度應較秋作為疏,氮肥需要量亦較秋作為低⁽⁶⁾。

春作和秋作吐絲期及成熟期葉中氮素和糖、澱粉之含量示於表4。糖和澱粉之合計含量係將植物樣本以80%酒精和4.6N過氧酸相繼萃取後合併,以Anthrone法測定糖的總量所得⁽²⁰⁾。

表4.春作吐絲期莖葉中之糖、澱粉含量很高,顯示其播種至吐絲期間長,有利於該期間之乾物生產,但其成熟期葉中氮素含量高及糖、澱粉含量低,則示其吐絲至成熟期間之乾物生產不利;春作於吐絲期適值梅雨期,氣溫又高,碳水化合物之生產與其呼吸消耗可能已呈不平衡,以致穗中已受粉而停止發育之子房增多,充實子粒數減少,故葉中氮素無法轉移穗部,遂有多量氮素殘留。

秋作吐絲期莖葉中之糖、澱粉含量不高,顯示其播種至吐絲期間短,無暇堆積多量非構性碳水化合物於葉中,但其吐絲至成熟期間長及氣溫低則有利於乾物生產,以致其葉中氮素充分轉移穗部的同時仍有多餘糖、澱粉堆積於葉中。

是故春作應重視吐絲至成熟期間葉片活性之維持而秋作則應重視吐絲期前之營養生長量。

表4. 春作和秋作玉米蘗中氮素和糖、澱粉含量(%) (臺農351號、二崙1983秋作和1984春作)

Table 4. Percentage of N and sugar+starch in straw at silking and harvest in different crop seasons (TNG 351, 1983~1984.)

Growth stage	Crop		Spring		Fall	
	N (kg/ha)	Content (%)	N	sugar+starch	N	sugar+starch
Silking	100		0.95	18.1	1.16	8.2
	200		1.34	16.5	1.31	8.3
	300		1.32	14.8	1.19	10.6
Harvest	100		1.21	6.3	0.46	13.3
	200		1.14	9.0	0.62	11.7
	300		1.14	10.6	0.57	12.0

2. 秋作玉米對氮素用量、栽植密度和肥料深施之效應及土壤間之差異：

(1) 玉米生育、收量之土壤間差異：

霧峰土壤之理化性質顯然較二崙土壤不利於玉米生育；前者屬坵質壤土，但底土稍粘，土壤構造緻密，透水性亦較差。後者屬砂質壤土，結構較鬆，耕作較易，透水性亦較良。霧峰土壤由於坵粒多，曾於播種時遇雨分散，雨後放乾後却固結，致使發芽略受阻礙。又其磷肥力較低，磷鉀用量雖高達200kg/ha，只因施肥位置稍離種子致使初期生育仍有缺磷症狀，乃立即補施磷肥於株旁，缺磷才告消失。

由於以上緣故，霧峰玉米生育之發展亦較二崙緩慢；吐絲期約慢10天，全生育期則慢20天左右。

(2) 收量對氮素用量和栽植密度之效應及土壤間差異：

二崙之收量水準顯著高於霧峰(表5及圖3)。因其一期稻收穫至秋作玉米播種前期間曾栽培中間作香瓜，施過多量肥料，故秋作玉米之氮肥需要量並不高(150kg/ha左右)，但在增加栽植密度下(由57,000株/ha增至71,000株/ha)，氮肥效應顯著增高，氮需要量則高達200kg/ha左右；即收量對氮素用量和栽植密度有顯著的正連應(變方分析表從略)，在密植配合多肥下獲得最高產量(8.9t/ha)。

表5. 秋作收穫期子實及全乾物收量(二崙及霧峰1983)

Table 5. Grain Yield and total dry weight of Plant at different locations (TNG 351, 1983 fall Crop) 二崙 (Erh-Lun)

Treatment	Placement		Ordinary		
	Spacing	kg/ha	100	200	300
Grain Yield (t/ha)	D ₁		8.23	8.40	8.01
	D ₂		8.23	8.88	8.86
Total D. W. (t/ha)	D ₁		14.7	15.5	14.7
	D ₂		14.7	16.3	15.8
Harvest Index	D ₁		0.49	0.47	0.47
	D ₂		0.49	0.47	0.48

霧 峰

Treatment	Placement Spacing kg/ha	Ordinary			Deep		
		100	200	300	200	300	400
Grain Yield (t/ha)	D ₁	5.21	6.36	6.50	6.68	7.18	6.69
	D ₂	5.32	6.37	6.65	7.49	7.19	7.12
Total D. W. (t/ha)	D ₁	9.6	11.0	11.3	12.3	13.1	12.8
	D ₂	11.1	10.5	12.0	12.4	13.0	13.1
Harvest Index	D ₁	0.47	0.50	0.49	0.47	0.48	0.45
	D ₂	0.42	0.52	0.48	0.52	0.48	0.47

D₁ and D₂ denote 70×25 and 70×20cm, respectively.

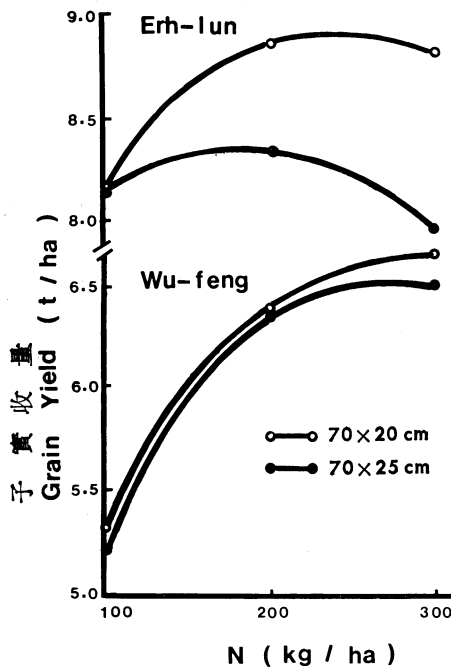


圖3. 不同土地地點玉米收量對氮素用量和栽植密度之效應 (臺農351號, 1983秋作)

Fig. 3. Nitrogen responses of Tainung 351 at two spacings on different locations. (Mean of 2~4 replications Tainung 351, 1983 fall crop)

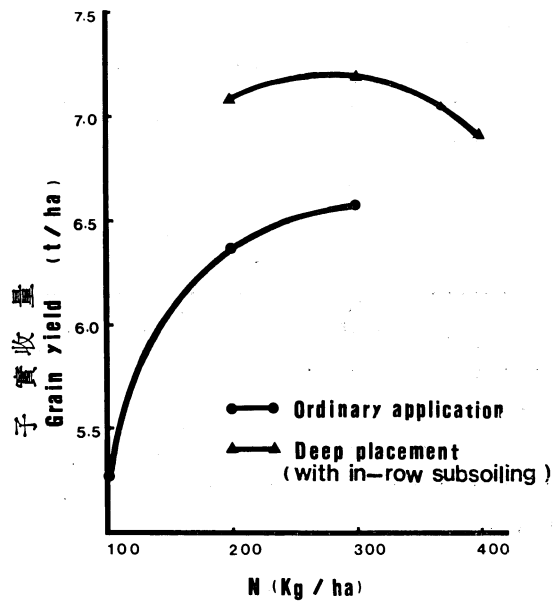


圖4. 霧峰玉米收量對氮素用量和肥料深施之效應 (霧峰臺農351號, 1983秋作)

Fig. 4. Nitrogen responses under two methods of fertilizer placement. (Mean of two spacings each with two replications, Tainung 351, 1983 fall crop, Wu-feng)

霧峰之收量水準顯著低於二崙 (6.5t/ha) ; 因其土地較瘦瘠, 故氮肥效果特別顯著, 需要量約為 200~250kg/ha。惟其玉米生育在三要素肥料的充足施用下尚嫌不夠 (葉面積指數只及3.5, 如表 6, 葉片三要素濃度仍低於二崙, 如表 7), 增加栽植密度之效果亦不顯著, 顯示該土壤尚有其他限制因子。以施肥量之一半條施於播植行下深約25公分之處, 却獲得收量水準之顯著提高, 栽植密度之增加效果亦轉明顯 (如表 5), 其氮肥需要量則顯著減少 (200kg/ha) (如圖 4)。故配合肥料之深施和栽植密度之增加, 在霧峰一處亦可獲得相當的高產量 (7.5t/ha)。

3. 收量與玉米生育性狀之關係及生產潛力有關因素

(1) 收量與葉面積指數之關係：

玉米收量與吐絲期之葉面積指數（單位土地面積上之葉片總面積／單位土地面積），葉片中之無機要素濃度及吐絲期～成熟期間之乾物生產量等均有密切關係。上述氮素用量和栽植密度對收量之效果可由二者對葉面積指數之影響以及葉面積指數與收量之關係瞭解。

表6. 秋作吐絲期葉面積指數及葉片厚度（二崙及霧峰，1983）

Table 6. Leaf area index and thickness of leaves at silking on different locations (TNG 351, 1983 fall crop)

二 崙 (Erh-lun)

Treatment	Placement		Ordinary		
	Spacing	N (kg/ha)	100	200	300
LAI	D ₁		3.57	3.94	3.86
	D ₂		4.18	4.40	4.55
Thickness (g/dm ²)	D ₁		0.49	0.50	0.49
	D ₂		0.49	0.50	0.49

霧 峰 (Wu-feng)

Treatment	Placement		Ordinary			Deep		
	Spacing	N(kg/ha)	100	200	300	200	300	400
LAI	D ₁		2.27	2.82	2.87	2.77	3.05	3.01
	D ₂		2.40	3.18	3.61	3.50	3.52	3.60
Thickness (g/dm ²)	D ₁		0.46	0.47	0.48	0.45	0.46	0.48
	D ₂		0.45	0.46	0.49	0.43	0.46	0.46

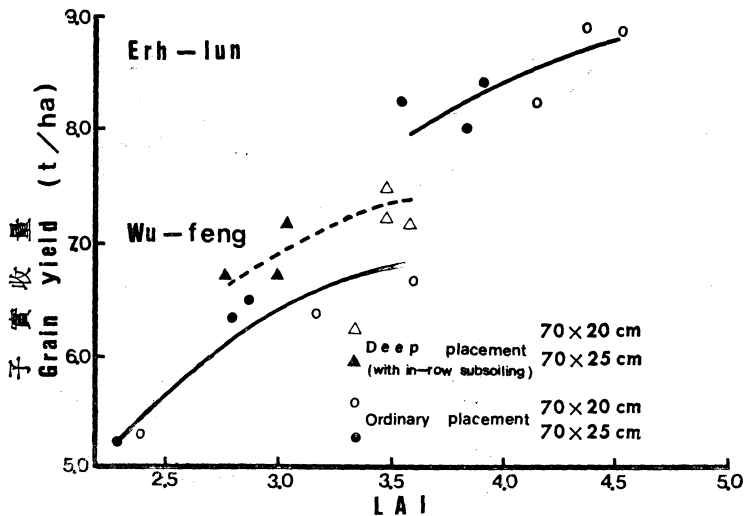


圖5. 玉米收量與吐絲期葉面積指數之關係（臺農351號、1983秋作）

Fig. 5. Relationship between leaf area index (LAI) at silk stage and grain yield under different locations with various treatments (TNG 351, 1983 fall crop).

由圖 5 及 6 可見二崙玉米之LAI隨氮素用量和栽植密度之增加而增加，並以栽植密度之效果最為顯著；在密植和多肥的配合下其吐絲期 LAI 可有效增加，而在此 LAI 範圍內葉片厚度仍保持不變（ $0.49\sim 0.50\text{g}/\text{dm}^2$ ），顯示植株羣體內葉片互相遮蔭（mutual shading）的效果尚不嚴重。可見在土壤中無顯著的限制因子下，適當的栽植密度與施肥配合可使吐絲期LAI達4.5左右，收量則達9t/ha左右。

霧峰之LAI亦隨氮素用量和栽植密度之增加而增，但其LAI顯然較二崙為低，並且同一LAI所獲收量亦較二崙為低。可見霧峰之土壤限制因子較多；不單LAI之增加較難，同一LAI可獲收量（相當於葉片純同化率 NAR，如後述）亦是較低。以施肥量之一半條施於播植行下深約25公分之處理則顯然提高同一LAI可獲收量而獲較高產量。

(2) 收量與子粒數之關係：

收量雖與LAI密切關係，却不如與收穫期單位面積子粒數之關係來得密切（圖 6）。可見與其說是供能（source）不如說是儲能（sink）才是決定子實產量的最重要因素。惟儲能之決定何嘗不是供能所決定，故子粒數決定之時期及該期間供能之態勢有加檢討必要。

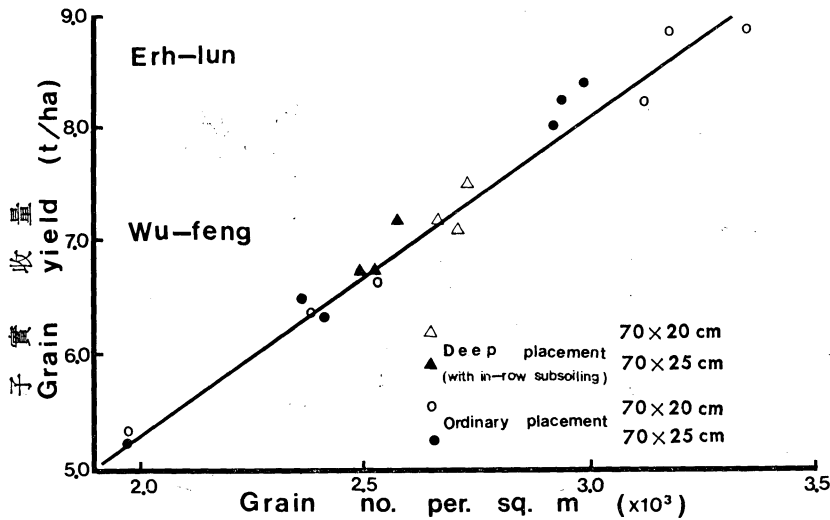


圖 6. 玉米收量與收穫期單位面積子粒數之關係（臺農351號，1983秋作）

Fig. 6. Relationship between grain no./m² and grain yield under different locations with various treatments. (TNG 351, 1983 fall crop).

據 Ritchie et al. (16)，在第 5 葉期（即第 5 葉之葉襟出現時，以下類推）穗軸已經分化，而在第 5—12 葉期及第 12—17 葉期間則頂穗的胚珠（ovules）行數及每行的胚珠數分別分化決定。故第 5—17 葉期間一方面葉片陸續長出，決定 LAI，另一方面亦是穗部的胚珠數分化決定的時期（第 17 葉期，就一般品種而言，約為吐絲前一週）。又自吐絲期，此等胚珠受粉至乳熟期（胚乳細胞之分裂終期）為止之期間係此等胚珠發展為子粒的時期；該期間如來自葉片的同化產物供應不足，則限制其發育；變為夭折之子粒（Kernel abortion），即使後來同化產物之供應再足亦不能使其充實 (8,12)。是故促進吐絲期前之營養生長（使 LAI 達 4.5 程度）及提高吐絲期後約 3 週期間之葉片同化能率均為增加子粒數之要件，亦為子實增產之要件。

以圖 6 與圖 5 比較可見，二崙一地子粒數之增加大致與 LAI 之增加平行，但霧峰一地之子粒數則除了與 LAI 有關外，更與葉片同化能率之高低有關；即霧峰一地除了受吐絲期前之營養生長所限外，

更受吐絲期前後期間之生殖生長所限，故如何克服土壤限制因子增進生育中後期之養分吸收乃為課題，將於下節再加討論。

收量既與收量構成要素中之子粒數成直線關係，其與單位粒重（或千粒重）的關係當甚淡薄。由圖 7 可見單位粒重的變異不大，無論二崙或霧峰均在 265—280 毫克範圍，而且施肥、栽植密度等處理之影響亦不大。Tsai et al. (18,19) 強調子粒氮素儲能 (Kernel N sink) 對玉米產量之重要性，並示單位粒重的增加為子實增產的最重要因素；氮肥效應高的品種單位粒重因施肥而有大幅度的增長，如 B73×Pa 91 品種由施氮量 134kg/ha 增至 420kg/ha 時，子粒重由 262 毫克增至 318 毫克，增幅達 21%，收量則由 10.4t/ha 增至 12.3 t/ha 是。惟由本試驗結果可見，就臺農 351 號品種而言，係子粒數，而非單位粒重，才是增加氮素儲能的主要因素。

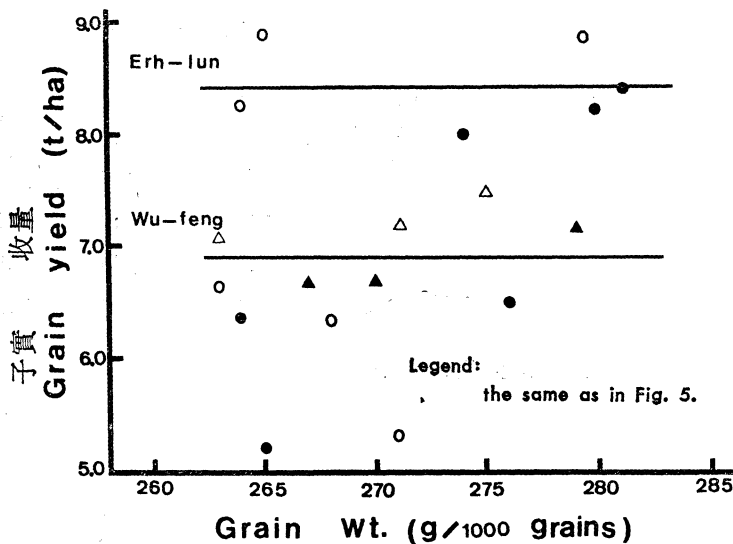


圖 7. 玉米收量與千粒重之關係 (臺農 351 號, 1983 秋作)

Fig. 7. Relationship between 1000 grain weight and grain yield. (TNG 351, 1983 fall crop)

(3) 肥料深施對吐絲期後之乾物生產效果：

如前述霧峰一地之玉米生育較差，在高栽植密度和多氮之下其 LAI 才達 3.5 左右，並且收量與 LAI 之比率亦自 LAI 3.0 開始有轉平趨勢 (圖 5)。可見其 LAI 本身不高 (營養生長不足) 及單位 LAI 所獲之收量較低乃其收量水準較低於二崙之兩個主要因素。由於收量與吐絲期~成熟期間之乾物生產量有密切之正相關 ($r=0.78^*$, $n=12$) 及子實中碳水化合物之 85% 係吐絲期以後之同化產物 (4) 等事實，單位 LAI 所獲收量實際上係代表該期間葉片純同化率 (NAR) 之強度；故吐絲期以前之 LAI 低落及吐絲期~成熟期間之 NAR 低落，乃其收量低落之兩主要因素。

前述霧峰玉米生育較差之事實，亦反映於吐絲期葉片之要素濃度；其施肥量雖然已高 (N 最高 300kg/ha, P_2O_5 200kg/ha)，但葉片中要素濃度卻概低於二崙，尤以磷為明顯 (表 7)。此種差異考其主要原因係由於其土壤構造緻密，尤有犁底層阻礙根系發展，及其磷肥力較低等所致。故以肥料用量的一半條施於播植行下深約 25 公分的深施區根系顯然優於標準施肥區，其葉片中三要素濃度亦顯然提高；二者在吐絲期以後之玉米充實期間所吸收之氮、磷量則差異更大 (圖 8)。由於深施區玉米在吐絲期以後之玉米充實期間養分吸收仍較旺盛，其葉片純同化率 ($\Delta W/LAI$) 可以維持較高 (圖 9)，因而獲致增產。

據田中等 (3) 和岩田等 (5)，玉米成熟期全植物體中之氮和磷各有 60 及 80% 分佈於子實；玉米在吐

表7. 秋作吐絲期穗葉三要素濃度(%) (二崙及霧峰, 1983)

Table 7. Percentage of NPK in leaves at silking on different locations. (1983 fall crop, mean of two spacings with 2~4 replications)

二 崙 (Erh-lun)

Treatment ¹⁾	Placement N (kg/ha)	Ordinary		
		100	200	300
N		3.01	3.08	3.19
P		0.30	0.30	0.30
K		2.55	2.75	2.42

霧 峰 (Wu-feng)

Treatment ¹⁾	Placement N (kg/ha)	Ordinary			Deep		
		100	200	300	200	300	400
N		2.75	3.08	3.19	3.17	3.32	3.36
P		0.22	0.24	0.25	0.25	0.26	0.26
K		2.55	2.27	2.43	2.49	2.40	2.43

¹⁾ 栽植密度處理對葉片元素濃度之影響不大, 故予合併平均。

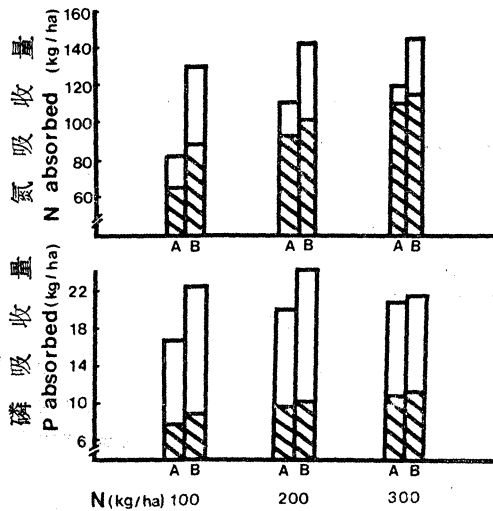


圖8. 吐絲期以前(▨)及吐絲期~成熟期間(□)之氮磷吸收量及肥料深施之效果(A, 標準施肥; B; 深施。霧峰, 臺農351號, 1983秋作)

Fig. 8. Amounts of nitrogen and phosphorus absorbed by silk stage (▨) and during ripening (□) under two methods of fertilizer placement. (A: ordinary placement, B: deep placement/in-row subsoiling (1983 fall crop, Wu-feng))

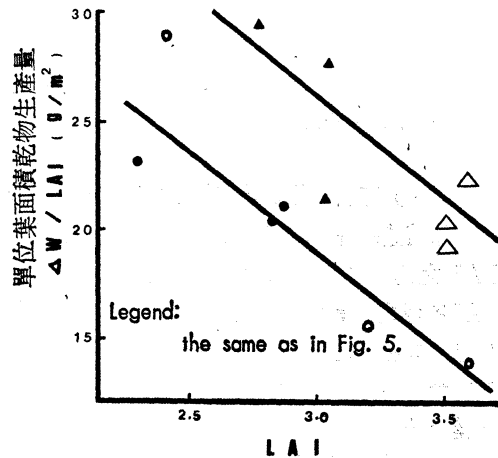


圖9. 吐絲期葉面積指數與吐絲期~成熟期間(玉米充實期間)單位葉面積乾物生產量之關係(霧峰, 1983秋作)。

Fig. 9. Relationship between LAI at silk stage and dry matter production (ΔW) per unit leaf area during ripening under two methods of fertilizer placement. (Tainung 351, 1983 fall crop, Wu-feng)

絲期以前所吸收之氮、磷量僅佔全生育期間總吸收量之各65及45%左右，可見吐絲期以後的根部養分吸收仍非常重要。Calvert⁽⁹⁾ 使用標識氮肥(N¹⁵) 證實淺施之肥料在吐絲期以前吸收較多，反之，深施者在生育後期吸收較多。Gass等⁽¹¹⁾及Chabaliere等⁽¹⁰⁾則示生育後期所吸收之氮素直接運移於子實而不浪費於營養生長。Soubies等⁽¹⁷⁾報告在吐絲期乾旱的地區，肥料深施效果尤為顯著。凡此等等均可佐證上述試驗結果。

1984年秋作使用深耕犁和淺犁所組合的雙層施肥播種機所做試驗，結果亦證實肥料深施在霧峰一地有顯著的增產效果。惟此種肥料深施之效果在二崙卻並不顯著，可能與其底土之密實性較低有關，值得注意(表8上)。

1985年秋作試驗(表8下)更顯示霧峰此種肥料深施之效果約有一半可以歸功於播植行之深犁(in row subsoiling)，雖然此種深犁只及深度20—25公分程度，尚不及破壞全部犁底層。

據Naderman等^(14,15)，美國海岸平原粗、中質地底土中所存硬盤，如行播植行深犁予打破，可顯著促進玉米根系在土中的伸展，改善養、水分吸收而獲得增產。但此種播植行深犁在底土較粘地區效果卻適得其反；因為在這種土壤狀況下，深犁易使底土土塊掀起，致使玉米初期生育的苗床物理性惡化，影響生育。在本試驗中不整地下之肥料深施效果並未如整地者顯著，其原因亦可能與深耕犁行走時掀起底土土塊，破壞苗床之物理性有關。故不整地下之肥料深施效果尚待機械上之改進。

表8. 播植行深犁和肥料深施對玉米產量之效果(1984秋作)

Table 8. Effect of in-row subsoiling and deep banding of fertilizers on corn yield (TNG 351)
Fall crop 1984

Treatment	Location	Wu-feng		Erh-lun	
		t/ha	Index	t/ha	Index
Conventional (ordinary application)		5.98 ^b	100	5.87 ^a	100
In-row subsoiling & deep placement		6.64 ^a	111	6.04 ^a	103
Fall crop 1985 (Wu-feng)					
Treatment		With tillage		No-tillage	
		t/ha	Index	t/ha	Index
Conventional (ordinary application)		4.71 ^c	100	4.84 ^a	100
In-row subsoiling & deep placement		5.67 ^a	120	5.07 ^a	105
In-row subsoiling & ordinary application		5.17 ^b	110		

參考文獻

1. 行政院農業發展委員會1983. 稻米生產及稻田轉作六年計畫草案。影印資料。
2. 行政院農業發展委員會、臺灣省政府農林廳編印(1983修訂)。作物施肥手冊。
3. 田中明、山口諄一、藤田耕之輔·1969. トウモロコシの營養生理學的研究(第3報)。窒素施與量および栽植密度が乾物生産と子實收量に與える影響。日本土壤肥料學雜誌40: 498—503。
4. 田中明、石塚喜明·1969. 同2(第2報)。生育相の展開にともなう無機養分および炭水化合物の集積、移動經過。日本土壤肥料學雜誌40: 113—120。
5. 岩田文男·1972. トウモロコシの栽培理論とその實證に關する作物學的研究，東北農業試驗場研究報告第46號。P. 63—123。
6. 連深·1986. 轉作田玉米肥料需要量與土壤肥力之關係。中華農業研究35(3): 318—334。

7. Aldrich, S. R. and E. R. Leng. 1972. Modern Corn Production. p. 293~296. F & W Publishing Corp. USA.
8. Archer M. C., D. J. Hansen and D. F. Loussaert. 1982. Corn yields-rate-limiting factors and opportunities in plant growth regulation. In J. S. McLaren, ed. Chemical manipulation of crop growth and development. Butterworth Sci., London. P. 253-265.
9. Calvert, D. V. and J. T. Pesek. 1964. Corn recovers N from deep in soils. Crops Soils 12 : 21. Cited from Olson R. A. 1979. Isotope studies on soil and fertilizer nitrogen. p. 25 in "Isotopes and Radiation in Research on Soil-Plant Relationships". IAEA, Vienna.
10. Chabaliere P. F. and J. Pichot. 1979. Utilization of fertilizer nitrogen by maize crop in the Ivory Coast. p. 33 in "Isotopes and Radiation in Research on Soil-Plant Relationships". IAEA, Vienna.
11. Gass, W. B., G. A. Peterson, R. D. Hauck and R. A. Olson. 1971. Recovery of residual nitrogen by corn (*Zea mays* L.) from various soil depths as measured by ^{15}N tracer techniques. Soil Sci. Soc. America Proc. 35 : 290-294.
12. Kiniry J. R. and J. T. Ritchie 1985. Shade-sensitive interval of kernel number of maize. Agron. J. 77 : 709-715.
13. Liu, D. J. 1986. Cultural and Physiological studies of field corn grown on paddy field in Taiwan. Paper presented at the Sino-Japanese Symposium on the production technology of dryland food crops in paddy field.
14. Naderman, G. C. and G. W. Randall. 1984. Tillage for corn production on the Coastal Plain. P. 5-7 in Corn Production Systems: 1984 Coastal Plain Supplement. The North Carolina Agri. Extension Service, Raleigh, N. C.
15. Naderman, G. C. 1986. Subsurface compaction & subsoiling in North Carolina, an overview. The North Carolina Agricultural Extension Service.
16. Ritchie, S. W. and J. J. Hanway. 1984. How a corn plant develops. Special Report No. 48. Iowa state University. Ames, Iowa.
17. Soubies L., R. Gadet and M. Lenain. 1960. A new technique for nitrogen fertilization of maize. Fertilité. 10 : 27-35.
18. Tsai, C. Y., D. M. Huber and H. L. Warren 1978. Relationship of the kernel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18(3) : 399-404.
19. Tsai C. Y., H. L. Warren and D. M. Huber. 1985. Interactions of nitrogen nutrition and maize genotypes. Dept. Botany and Plant pathology, Purdue University, W. Lafayette, U. S. A. Mimeograph.
20. Yoshida, S., D. A. Forno and J. H. Cock. Laboratory manual for physiological studies of rice. The International Rice Research Institute, Philippines.

Characteristics of corn production in the drained paddies and their fertility managements

1. Differences of yield between crop seasons and soils, and the relevant factors

S. Lian and C. H. Wang

Summary

N x spacing experiments were conducted at Wu-feng (TARI) and Erh-lun (about 30Km south-west of TARI) to study the effects of levels of N and spacing (70×25 and 70×20cm) on dry matter production and yield of corn during 1983-1984 fall and 1984 spring crop seasons. In addition to the factors of N and spacing, the treatments at Wu-feng covered another factor, i. e., in-row subsoiling and deep placement of fertilizer versus conventional method of fertilization. The effects of the deep placement were further tested in the fall crops of 1984 and 1985. The results are as follows.

1. The vegetative growth period is far longer for the spring crop than for the fall crop. Consequently, the LAI (leaf area index) of the stand in spring is greater (about 4.3), even with a lower rate of N application. On the other hand, the duration of vegetative growth period is relatively short for the fall crop, and the LAI is small even with a high rate of N application. The combination of dense planting with high rate of N is required to attain higher LAIs.

In the spring crop, the silking stage occurs in the rainy weather in May, and lodging of plants is often serious, due to the height of plants and heavy rain. Mutual shading of leaves in the canopy is significant in the spring crop under heavy N application, while this is not so in the fall crop even with a high rate of N application and dense planting, due to the different plant type and better weather conditions. The period for ripening is longer in the fall crop than in the spring crop, due to lower air temperatures and consequently the dry matter production during ripening and yield are greater in the former than in the latter.

2. At the location of Erh-lun where no obvious limiting factor of plant growth exists, the corn responds to both N and spacing significantly in the fall crop season; the maximum yield of 8.9t/ha was obtained under the dense planting (70×20cm, i. e., 71,400

1. Contribution No. 1388 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Soil scientist and research assistant, respectively, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, R. O. C.

plants/ha) and heavy N application (150~200 kg/ha). The yields were very well correlated with the LAIs at silking, which were high with denser planting and heavier N application.

3. The yields of the fall crop at Wu-feng was far lower than those at Erh-lun, with a maximum of 6.6t/ha. The low LAI and moreover the low NAR (Net Assimilation Rate) of the leaves during ripening stage were attributed to the low yield. The lower phosphate fertility as well as the poorer physical property of the soil compared to that of Erh-lun were attributed for the lower vegetative growth and LAI, whereas the lower nutrient uptake during the ripening stage was attributed for the lower NAR of leaves during the same stage. The in-row subsoiling and deep placement of basal fertilizer promoted the nutrient uptake particularly N and P during the ripening stage resulting a higher NAR of leaves during the same stage and consequently a higher yield (7.5t/ha).

4. The above results imply that both phosphate fertility and compactness of soil are the major factors affecting yield and both the close placement of starter fertilizer to the seeds and the banding of basal fertilizer in the subsoil are effective.