

稻田轉作玉米栽培之研究

III. 飼用玉米之肥料施用量及其效應¹

黃勝忠 徐國男²

摘 要

為探討飼料用玉米台農351號的肥料適當用量及氮、磷、鉀、鎂之吸收及其效應，於73年秋作在台中縣外埔及彰化縣二林進行試驗；氮、磷、鉀、鎂用量各以3-3-3-2等級之不完全組合，共計8處理。試驗結果顯示，低氮量與缺磷或缺鉀均會使玉米子實顯著的減產。又因試區土壤無缺鎂現象，施鎂的效果不顯著。稻田轉作玉米每公頃宜採用氮素150~200公斤，磷酐90公斤，氧化鉀50~100公斤較為理想。玉米之子實產量與幼植株(播種後35天)之磷含量及吐絲期著果穗葉片之鉀含量呈極顯著正相關，此顯示磷肥對玉米初期生育頗為重要，鉀肥的效應在抽穗吐絲期最為顯著，且與產量之關係密切。以玉米植物體或葉片氮含量而言，皆與子實產量有關，即產量隨葉片氮含量之增加而增加，尤其是吐絲期著果穗上葉片之全氮含量與產量之關係更密切。

前 言

玉米在糧食、飼料及工業用途上，佔有極重要的地位，近年來由於畜牧事業及工業加工不斷迅速發展，飼料用玉米的需要量與日俱增。本省由國外進口玉米，最近每年均在300萬公噸以上為第一大宗之進口穀物。當前政府為紓解稻米生產過剩之問題，極力倡導稻田轉作雜糧及其他作物，而飼料玉米為轉作物中，較有發展潛力，且不虞發生產銷問題者。目前推廣稻田轉作玉米的栽培品種，多具有中晚熟與高產特性，與以往的栽培品種不同。為使玉米在轉作過程中，能充分發揮高產潛力，因此本研究利用玉米臺農351號為材料，探討玉米在稻田轉作時，氮、磷、鉀三要素的適當用量及其效應，另以加施硫酸鎂研究鎂的效果，同時藉由分析生育初期植株，吐絲期著果穗之葉片及收穫後子實之重要元素含量，究明玉米對三要素及鎂的吸收以及分布情形，求得最經濟的施肥量，達到最高單位面積產量，及供爾後改進玉米肥培技術之參考。

材料及方法

以飼料用玉米臺農351號為材料，於民國73年秋作，在臺中縣外埔鄉酸性土壤及彰化縣二林鎮鹼性土壤等二處進行本試驗，肥料處理組合為氮(100, 150, 200 kg/ha)，磷酐(0, 75, 150 kg/ha)，氧化鉀(0, 50, 100 kg/ha)，硫酸鎂(0, 500 kg/ha)等，用量各以3-3-3-2等級的不完全組合，8種處理及肥料施用量如下表：

¹臺中區農業改良場研究報告0075號。

²臺中區農業改良場助理研究員及助理。

飼料用玉米肥料施用量
Fertilizer treatments of corn (kg/ha)

處 理 Treatments	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgSO ₄ ·7H ₂ O
1. N ₁ -P ₂ -K ₁	100	150	50	
2. N ₂ -P ₂ -K ₁	150	150	50	
3. N ₃ -P ₂ -K ₁	200	150	50	
4. N ₂ -P ₀ -K ₁	150	0	50	
5. N ₂ -P ₁ -K ₁	150	75	50	
6. N ₂ -P ₂ -K ₀	150	150	0	
7. N ₂ -P ₂ -K ₂	150	150	100	
8. N ₂ -P ₂ -K ₁ -S	150	150	50	500

本試驗採用逢機完全區集設計，8處理，5重複，小區面積7×4.9=34.3 m²，行株距為70×25 cm (每公頃栽植57,142株)，採整地栽培，外埔及二林之播種期分別為8月31日與9月4日。施肥法為：氮素30%，鉀50%與磷肥全量當做基肥，於播種前條施於播種溝後，輕度覆土，另以氮素40%及鉀50%於株高30 cm (齊膝期)時做追肥施用，同時中耕培土除草，餘30%氮素於抽穗前7天當做穗肥施用，生育期間適時灌排水及防治玉米螟。試驗田之前作物為水稻，種植玉米前分別採取土樣，分析土壤之質地、pH值、有機質、有效性磷及交換性鉀、鈣、鎂等元素⁽¹⁷⁾，分析結果列於表一。

表一、供試區之一般土壤性質

Table 1. General characteristics of soil test

土壤性質 Soil properties	外埔試區 Waipu		二林試區 Erhlin	
	表 土 Surface	底 土 Subsurface	表 土 Surface	底 土 Subsurface
土 系 Soil series		吳厝系 TWt		二林系 Eh
質 地 Texture		壤 土 Loam		壤 土 Loam
pH (1:1)	5.0	6.0	7.5	7.8
有機質 (%) Organic matter	1.5	1.1	2.0	1.4
有效性磷 (ppm) Available P	25.0	16.0	27.0	10.0
交換性鉀 (ppm) Exchangeable K	32.0	28.0	61.0	48.0
交換性鈣 (m. e./100 g) Exchangeable Ca	2.14	3.15	8.89	10.98
交換性鎂 (m. e./100 g) Exchangeable Mg	0.65	0.84	1.07	1.38

播種後於膝高期(約播種後35天)施用追肥時,每小區逢機採取植株5株,測定株高、乾物重及分析氮、磷、鉀、鎂等要素濃度,即氮用半微量之Kjeldahl方法,並以自動分析儀測定⁽¹⁰⁾,磷用鉬黃法,鉀用焰光法,鎂用原子吸光法⁽³⁾。又於雌穗吐絲期,每小區逢機選5株,採取主穗著生葉片,測定N、P、K、Mg等要素濃度。收穫時測定株高、穗長、充實穗長、穗徑、穗重、脫實率、每穗粒重、粒數、千粒重及產量(子實均以13.5%含水率計算之)。收穫之子實亦分析N、P、Mg要素含量⁽¹⁰⁾。

結 果

肥料用量對玉米農藝性狀之影響：

玉米臺農531號分別於二林及外埔地區進行肥料適量試驗,所調查之資料經變方分析結果如表二,可知玉米株高、穗長、充實穗長、穗徑、穗重、每穗粒重、每穗粒數、千粒重均受肥料用量的影響。一般而言,二林與外埔試區均顯示低量級比高量級肥料用量之效果差,尤其是三要素使用量級為N₁(N₁-P₂-K₁)、P₀(N₂-P₀-K₁)及K₀(N₂-P₂-K₀)時,株高較低,穗長及充實穗長較短,穗徑較小,穗重,每穗粒重及千粒重較低,每穗子實粒數較小,且差異顯著。又由產量調查結果顯示,處理間差異亦達到顯著水準,如N₃-P₂-K₁處理,即氮素每公頃200公

表二、不同肥料施用量對玉米農藝性狀及產量的影響

Table 2. The agronomic characters and yield of corn in different fertilizers

地區 Location	肥料處理 Fertilizers	株高 Plant height (cm)	穗長 Ear length (cm)	充實 穗長 Filled ear length (cm)	穗徑 Ear diameter (cm)	穗重 Ear wt. (g)	脫實率 Grain shelling rate (%)	每穗粒重 Grain wt. per ear (g)	每穗粒數 Grain No. per ear (No.)	千粒重 1000-grai n wt (g)	產量 Yield (kg/ha)
二林 Erhlin	1.N ₁ -P ₂ -K ₁	193 ^{bc}	16.4 ^{bc}	12.8 ^b	4.56 ^b	161 ^b	82.0 ^a	132 ^b	444 ^b	297.1 ^b	5617 ^{cd}
	2.N ₂ -P ₂ -K ₁	200 ^{ab}	17.3 ^{ab}	14.3 ^a	4.77 ^a	197 ^a	80.5 ^a	158 ^a	509 ^a	310.8 ^a	6405 ^{abc}
	3.N ₃ -P ₂ -K ₁	204 ^a	17.7 ^a	14.3 ^a	4.77 ^a	190 ^a	82.7 ^a	157 ^a	501 ^a	314.4 ^a	6891 ^a
	4.N ₂ -P ₀ -K ₁	189 ^c	15.6 ^c	12.4 ^b	4.56 ^b	152 ^b	82.1 ^a	124 ^b	427 ^b	291.1 ^b	5830 ^{bcd}
	5.N ₂ -P ₁ -K ₁	196 ^{abc}	17.8 ^a	14.5 ^a	4.80 ^a	195 ^a	81.8 ^a	165 ^a	529 ^a	311.4 ^a	6641 ^{ab}
	6.N ₂ -P ₂ -K ₀	193 ^{bc}	15.6 ^c	11.5 ^b	4.62 ^b	144 ^b	81.7 ^a	117 ^b	408 ^b	288.5 ^b	5337 ^d
	7.N ₂ -P ₂ -K ₂	200 ^{ab}	17.3 ^{ab}	14.3 ^a	4.79 ^a	190 ^a	82.4 ^a	156 ^a	499 ^a	313.1 ^a	6750 ^a
	8.N ₂ -P ₂ -K ₁ -S	201 ^{ab}	17.5 ^a	14.3 ^a	4.83 ^a	193 ^a	82.5 ^a	159 ^a	501 ^a	317.0 ^a	6238 ^{abcd}
平 均		197	16.9	13.6	4.73	178	82.0	146	477	305.4	6262
外埔 Waipu	1.N ₁ -P ₂ -K ₁	196 ^{cde}	14.4 ^d	11.0 ^{cd}	4.90 ^{cd}	144 ^{de}	78.0 ^{cd}	112 ^{cd}	423 ^{cd}	264.7 ^{bc}	4300 ^{bc}
	2.N ₂ -P ₂ -K ₁	201 ^{bcd}	16.4 ^{abc}	13.1 ^b	5.09 ^a	167 ^{bc}	80.8 ^{ab}	135 ^b	493 ^{ab}	275.4 ^{abc}	4773 ^a
	3.N ₃ -P ₂ -K ₁	211 ^a	17.0 ^a	14.5 ^a	5.07 ^{ab}	184 ^a	81.4 ^a	149 ^a	522 ^a	285.2 ^a	5027 ^a
	4.N ₂ -P ₀ -K ₁	192 ^e	14.3 ^d	10.5 ^d	4.79 ^d	132 ^c	78.9 ^{bc}	104 ^d	404 ^d	259.0 ^c	4339 ^{bc}
	5.N ₂ -P ₁ -K ₁	194 ^{dc}	15.6 ^c	11.9 ^c	4.94 ^{bc}	152 ^{cd}	80.6 ^{ab}	121 ^c	457 ^{bc}	266.4 ^{bc}	4697 ^{ab}
	6.N ₂ -P ₂ -K ₀	195 ^{cde}	14.4 ^d	10.8 ^{cd}	4.78 ^d	138 ^{dc}	76.7 ^d	106 ^d	410 ^{cd}	259.6 ^c	4205 ^c
	7.N ₂ -P ₂ -K ₂	203 ^{abc}	16.1 ^{bc}	13.6 ^{ab}	4.99 ^{abc}	180 ^{ab}	80.7 ^{ab}	145 ^{ab}	520 ^a	278.9 ^{ab}	4800 ^a
	8.N ₂ -P ₂ -K ₁ -S	208 ^{ab}	16.6 ^{ab}	13.8 ^{ab}	5.01 ^{abc}	175 ^{ab}	81.1 ^{ab}	141 ^{ab}	514 ^a	275.3 ^{abc}	4813 ^a
平 均		200	15.6	12.4	4.95	159	79.8	126.6	468	270.6	4619

Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

斤配合磷酐150公斤，氧化鉀50公斤之要素量最佳，且二林與外埔之結果一致，平均產量分別為6,891及5,207公斤/公頃。又以N₁-P₂-K₁、N₂-P₀-K₁及N₂-P₂-K₀之三要素用量處理組合之產量最低，為明瞭次量元素鎂對玉米之效應，以N₂-P₂-K₁三要素用量，加施硫酸鎂每公頃500公斤，結果發現鎂對產量影響不顯著。

肥料用量對玉米之效應：

本試驗為探求氮、磷、鉀三要素對玉米之效應及適用量，以氮素3級(100, 150, 200公斤/公頃)，磷酐3級(0, 75, 150公斤/公頃)，氧化鉀3級(0, 50, 100公斤/公頃)之不完全處理組合，在其中兩要素同量的情況下，比較另一要素不同等級間對玉米產量及農藝性狀之影響，以探討該要素的最適施用量，所得結果列於表三。不同氮素用量對玉米之充實穗長、穗重、每穗粒重、每穗粒數及千粒重及產量均有影響，尤其是氮素處理N₁=100公斤與N₃=200公斤間差異顯著。不同磷肥用量對玉米之株高、穗長、充實穗長、穗重、每穗粒重、每穗粒數、千粒重、產量亦有影響，顯示磷肥0級量對玉米農藝性狀及產量有變差之效應，施用磷肥對玉米生育有益，但磷酐用量P₁(75)與P₂(150)之間差異不顯著。不同鉀肥用量亦會影響玉米之產量、穗長、充實穗長、穗重、每穗粒重、每穗粒數、千粒重等諸性狀，顯示在三個鉀肥用量處理中，50 kg/ha K₂O即可顯示出對農藝性狀的效用。

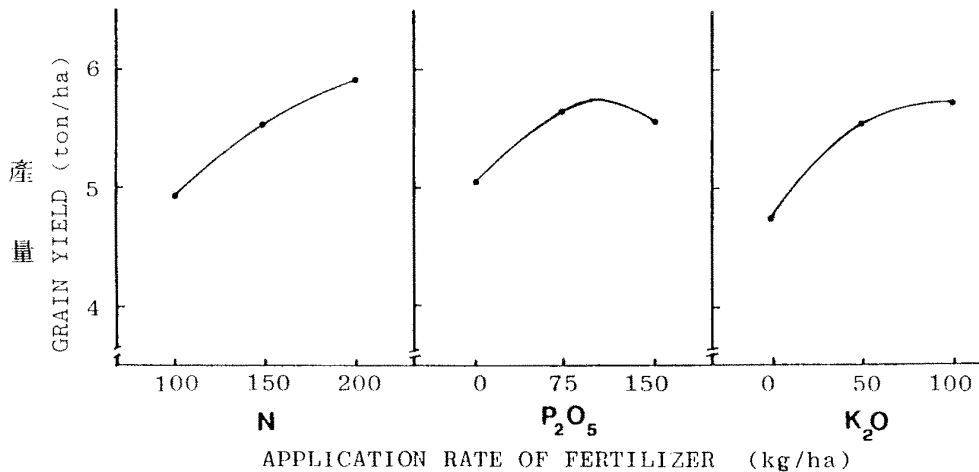
表三、不同要素量對玉米農藝性狀及產量的影響

Table 3. Effects of N, P, K on the agronomic characters and yield of corn

地區 Location	肥料處理 Fertilizers	株高 Plant height (cm)	穗長 Ear length (cm)	充實 穗長 Filled ear length (cm)	穗徑 Ear diameter (cm)	穗重 Ear weight (g)	脫實率 Grain shelling rate (%)	每穗粒重 Grain weight per ear (g)	每穗粒數 Grain number per ear (No.)	千粒重 1000-grain weight (g)	產量 Yield (kg/ha)
二林 Erhlin	N ₁	192 ^a	16.5 ^a	12.8 ^b	4.65 ^a	161 ^b	82.0 ^a	132 ^b	444 ^b	297.1 ^b	5617 ^b
	N ₂	200 ^a	17.4 ^a	14.3 ^a	4.77 ^a	197 ^a	80.5 ^a	158 ^a	509 ^a	310.8 ^{ab}	6405 ^a
	N ₃	204 ^a	17.7 ^a	14.3 ^a	4.77 ^a	190 ^a	82.7 ^a	157 ^a	501 ^a	314.4 ^a	6891 ^a
	P ₀	189 ^b	15.6 ^b	12.4 ^b	4.56 ^b	152 ^b	82.1 ^b	124 ^b	427 ^b	291.1 ^b	5830 ^b
	P ₁	196 ^a	17.7 ^a	14.5 ^a	4.80 ^a	195 ^a	81.8 ^a	165 ^a	529 ^a	311.4 ^a	6641 ^a
	P ₂	200 ^a	17.4 ^a	14.3 ^a	4.77 ^a	197 ^a	80.5 ^a	158 ^a	509 ^a	310.8 ^a	6405 ^a
	K ₀	193 ^a	15.6 ^b	11.5 ^b	4.62 ^a	144 ^b	81.7 ^a	117 ^b	408 ^b	288.5 ^b	5337 ^b
	K ₁	200 ^a	17.4 ^a	14.3 ^a	4.77 ^a	197 ^a	80.5 ^a	158 ^a	509 ^a	310.8 ^a	6405 ^a
	K ₂	200 ^a	17.3 ^a	14.3 ^a	4.79 ^a	190 ^a	82.4 ^a	156 ^a	499 ^a	313.1 ^a	6750 ^a
外埔 Waipu	N ₁	196 ^b	14.4 ^b	11.0 ^b	4.90 ^a	144 ^b	78.0 ^b	112 ^b	423 ^b	264.7 ^b	4300 ^b
	N ₂	201 ^b	16.4 ^a	13.1 ^{ab}	5.09 ^a	167 ^{ab}	80.8 ^{ab}	135 ^a	493 ^a	275.4 ^{ab}	4773 ^{ab}
	N ₃	211 ^a	17.0 ^a	14.5 ^a	5.07 ^a	184 ^a	81.4 ^a	149 ^a	522 ^a	285.2 ^a	5027 ^a
	P ₀	192 ^b	14.3 ^b	10.5 ^b	4.79 ^a	132 ^b	78.9 ^b	104 ^b	404 ^b	259.0 ^b	4339 ^b
	P ₁	164 ^b	15.6 ^{ab}	11.9 ^{ab}	4.94 ^a	152 ^{ab}	80.6 ^a	121 ^{ab}	457 ^{ab}	266.4 ^{ab}	4697 ^a
	P ₂	201 ^a	16.4 ^a	13.1 ^a	5.09 ^a	167 ^a	80.8 ^a	135 ^a	493 ^a	275.4 ^a	4773 ^a
	K ₀	195 ^a	14.4 ^a	10.8 ^b	4.78 ^b	138 ^b	76.7 ^b	107 ^b	410 ^b	259.6 ^b	4205 ^b
	K ₁	201 ^a	16.4 ^a	13.1 ^a	5.09 ^a	167 ^{ab}	80.9 ^a	135 ^a	493 ^{ab}	275.4 ^a	4773 ^a
	K ₂	203 ^a	16.1 ^a	13.6 ^a	4.99 ^{ab}	180 ^a	80.7 ^a	145 ^a	520 ^a	278.9 ^a	4800 ^a

Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

為探討三種肥料要素用量對玉米產量的個別影響，以其他兩要素同量為基準，繪出其要素不同等級之平均產量變異線(圖一)，可見秋作玉米臺農351號之三要素肥效以氮素較高，磷、鉀其次。氮素之平均需要量可能略高於200 kg/ha，磷肥(P_2O_5)之施肥適量在90 kg/ha左右。鉀肥(K_2O)則在50~100 kg/ha。



圖一、肥料三要素用量對玉米產量之效應。

Fig. 1. Response of the grain yield of corn to N, P, K.

肥料用量對玉米植物體及子實營養成分之影響：

於玉米播種後約35天，株高及膝時(齊膝期)採取植物體，及於抽穗吐絲期採著生果穗之葉片，成熟後取子實，分別分析N、P、K及Mg等要素含量，以比較要素用量間營養成分之變化情形，由表四可知齊膝期植物體之N、P、K及Mg營養成分與肥料用量間之關係因試驗地點

表四、不同肥料量對玉米植物體及子實營養成分的影響

Table 4. N, P, K, Mg contents in the tissue and grain of corn as affected by fertilizer treatments

肥料用量 Fertilizer rate	N P K & Mg content	齊膝期植物體 Plant at 5 weeks post-seeding		吐絲期結穗葉片 Ear-leaf at silking		玉米子實 Grain at harvesting	
		Waipu	Erhlin	Waipu	Erhlin	Waipu	Erhlin
N_1	N (%)	2.208	2.012	2.198	2.240	1.146	1.200
N_2		2.308	1.952	2.392	2.280	1.160	1.270
N_3		2.508	2.086	2.490	2.380	1.216	1.272
P_0	P (%)	0.207	0.298	0.246	0.211	0.094	0.120
P_1		0.222	0.302	0.252	0.229	0.114	0.138
P_2		0.218	0.302	0.256	0.228	0.130	0.152
K_0	K (%)	2.940	2.580	1.266	1.812	0.246	0.294
K_1		2.760	2.780	1.302	1.896	0.272	0.298
K_2		2.920	2.740	1.416	1.900	0.288	0.300
Mg_0	Mg (ppm)	2086	2403	1855	2436	818	830
Mg_1		2050	2332	2078	2302	910	872

而異，並無一致之趨勢。但抽穗期著穗葉片分析結果顯示，葉片N、P、K三元素之含量隨要素量增加而增加，且二林與外埔之結果相一致；但Mg含量的增減因試驗地點而異。玉米子實之N、P、K及Mg含量均因增施某一要素，而有增加該要素含量之現象。

表五、玉米幼植株、葉片、子實的氮磷鉀含量與產量之相關性

Table 5. correlation between grain yield and N, P, K contents of corn tissue at different growth stages

	N (%)	P (%)	K (%)
Plant at age of 5 weeks	0.398	0.917**	-0.121
Ear-leaf at silking stage	0.784**	-0.434	0.883**
Corn grain	0.605**	-0.435	0.791**

** Significant at 1% (n=16).

又由表五玉米幼植株吐絲期葉片及成熟子實的N、P、K含量與產量之相關性，可知玉米子實產量與生育初期植物體及吐絲期葉片之氮含量正相關，尤其是吐絲期著果穗葉片氮含量與產量間關係更密切。幼植株磷含量及吐絲期著生果穗葉片鉀含量均與玉米子實產量呈極顯著正相關，顯示玉米生育初期，植物體吸收磷的重要性，而鉀肥效應表現在抽穗吐絲期，且與產量關係極顯著。

討 論

玉米原產熱帶，是地理上分佈最廣，栽培面積最大之禾穀類作物之一，唯玉米比其他穀類作物所分佈的氣候區變異較大。臺灣地區最肥沃且可灌溉的土壤常栽培主作物水稻，而玉米多被種於條件較差的土壤，且多被安排於秋裡作，因此單位面積產量較國外豐產地有低落現象⁽⁴⁾。現政府極力推行稻田轉作春作或秋作玉米，稻田轉作先天條件已與通常的旱作栽培迥異，所以進行本試驗，以不同肥料施用量分析植物體，期由玉米營養狀態、農藝性狀之變異及產量之效應，探討玉米養分供需狀況及肥料之適量性。

本試驗不同肥料用量對玉米農藝性狀的影響，二林與外埔兩地試驗結果頗為一致。氮素低級量(N₁)，與磷、鉀素0級量(P₀、K₀)對株高及結實等性狀有顯著的抑制效果，增施氮、磷、鉀三要素則有正效應，尤其是充實穗長、穗重及每穗粒數等三性狀最明顯(表二、表三)。一般而言，增施氮肥對玉米增產效果最顯著⁽⁶⁾。Balks和Russell⁽⁸⁾亦報告氮素影響玉米穗長最明顯，且穗長與產量呈正相關。Hanway⁽¹¹⁾指出氮肥在玉米栽培上佔三要素中最重要地位，尤其是地力差者，更顯出是玉米高產的主要限制因子。如土壤條件良好者，增施氮肥，有明顯增加單位面積產量之趨勢，甚至每公頃玉米之生產潛力可高達10公噸⁽⁷⁾。普通肥力之土壤增產同量子實需氮量要比肥力好的土壤為多。反之，肥力好的土壤每公斤氮素所增產的穀物皆比普通肥力差所增產者多⁽¹⁹⁾。本試驗田之土壤肥力分析結果(表一)，二林地區肥力優於外埔，平均產量也較高。又由試驗中發現增施氮素，雖然玉米總產量仍在增加，但每公斤氮素所增加的產量有遞減之趨勢。此種原因係由於施用多氮時，淋失(leaching)或揮散(volatilization)的氮素亦較多，且其他元素亦可能成爲限制因子，而減低氮素效應⁽⁵⁾。

玉米除氮肥外，磷肥與鉀肥亦不可缺乏。玉米在早期需供應充分磷肥，生育後期亦極爲重要，如生育初期缺磷，則影響生育較大，植株矮小，葉呈紫褐色，下部葉漸黃化，吐絲延遲，授粉不完全⁽⁵⁾。本試驗缺磷區亦發現相同之現象，影響產量至鉅。玉米生育初期雖然鉀素吸收很少，但鉀對生育中、後期影響頗大，如影響莖稈、葉及果穗充實，鉀素在植物體中移動很快，尤其在雄花抽出前一週及果穗味絲後二週爲然，缺乏徵狀最易見于老葉，缺乏嚴

重時，葉面積減少，生長速率變緩，果穗小而不能充實，以致影響產量⁽⁵⁾。本試驗缺鉀區顯現出果穗小，穗軸微彎，子實不能充實飽滿。

土壤為涵蓄作物營養的基質，施肥是供給土壤中可給態植物營養的有效方法^(5,19)。本試驗土壤分析pH值(表一)，有效性磷及交換性鉀，顯示外埔屬酸性土壤pH=5.0，二林屬鹼性土壤pH=7.5。玉米從土壤中吸收鉀不受土壤pH的影響，如pH在4.5~7.5，鉀的交換性不受影響；但酸性土壤pH增加，磷的有效性增加，植物體磷的吸收亦增加⁽¹⁹⁾。林等人⁽¹⁾研究玉米田土壤有效磷含量大於50 ppm為「高」，有效磷在30~50 ppm屬「中」，15~30 ppm應分級為「極低」。本試區土壤有效性磷均屬「低」，所以玉米磷肥效應明顯。又本試驗田之交換性鎂均不缺乏(表一)，所以試驗中加施硫酸鎂的效果不顯著(表二)。

玉米發芽後，葉面積很小，營養吸收及乾物質形成貯積甚緩慢，至雄花抽出及果穗吐絲期，葉面積及株高均達到最大限度，此時期的營養吸收亦最旺盛⁽⁹⁾。本試驗營養分析結果(表四)，玉米生育初期(齊膝期) N、P、K及Mg的吸收，因試驗地點不同受基肥不同要素用量的影響亦不相同。蓋因玉米生育初期營養吸收受根的影響，且營養吸收的強弱，因品種而異，對某元素吸收強的品種，並不一定其他元素吸收力亦強⁽¹⁸⁾。吐絲期果穗葉片要素含量即依施肥量之多少而增減，因此時業已完成第一次追肥與穗肥，且植株營養吸收轉旺盛之故。又根據 Jones⁽¹³⁾的報告，玉米吐絲期著果穗葉之正常營養濃度範圍為氮2.76~3.50%，磷0.25~0.40%，鉀1.71~2.50%，鎂0.21~0.60%，本試驗吐絲期葉片營養，除氮含量較低外，其餘均在其臨界濃度範圍內。

Harway⁽¹²⁾認為玉米吐絲期葉片N、P、K含量與產量正相關，要提高產量，應配合要素量，使葉面積指數增加，且保持綠葉正常功能，避免因缺乏某元素，而提早老化，此為發揮生產潛力的步驟之一。Muruli及Paulsen⁽¹⁶⁾以玉米不同施氮量試驗，發現植物體乾重，吐絲期植物體及子實氮含量與產量正相關。Balko及Russell⁽⁷⁾與Kamprath⁽¹⁴⁾等人亦有類似之報告，一般均認為玉米營養吸收率高者，產量高，且植物體營養成分與產量有關，亦隨施肥量之多少而異。本試驗玉米生育初期植物體磷含量及吐絲期著果穗葉片鉀含量與產量呈極顯著正相關(表五)，顯示玉米生育初期磷素的重要性，更不能缺乏；而鉀素吸收顯現於生育中期，且移動快速，與產量關係顯著。但張⁽²⁾認為吐絲期著果穗葉片氮、磷、鉀與氮肥用量無相關存在。又Moll⁽¹⁵⁾謂吐絲期玉米葉氮含量與產量無關，唯產量受氮吸收率與利用率的影響。本試驗由玉米生育初期植株全氮含量及吐絲期果穗葉片氮含量與產量之相關性，發現玉子實產量與生育初期幼植株全氮含量呈正相關，但不顯著，而與吐絲期著果穗葉片氮含量關係密切，即產量隨葉片氮含量之增加而提高。但玉米生育期營養吸收頗複雜，除受養分供需狀態，土壤水分、氣溫、日照等環境的影響外，與品種特性，如葉面積、株高、葉片受光態勢(canopy)，光合作用的供源(source)，積儲(sink)亦有關係。

參考文獻

1. 林家棻、張愛華、曾肇清 1960 土壤中不同形態磷含量與作物對於磷肥效應之關係。中華農學會報新 69:19-32。
2. 張茂盛 1985 不整地秋裡作玉米氮肥施用量及磷肥施用法之研究。臺灣農業 21(2):54-59。
3. 張淑賢 1981 本省現行植物體分析法 p. 53-59, “作物需肥診斷技術”臺灣省農業試驗所編印。
4. 盧煌勝、萬雄 1980 臺灣玉蜀黍增產可能途徑及解除限制因子之對策。科學農業叢書第7號，臺灣雜糧增產之研究 p. 112-122。
5. Aldrich S. R., W. O. Scott, and E. R. Leng. 1982. Fertilizing for top profit. In “Modern Corn Production.” 95-187. A. & L. pp. 378.

6. Anderson E. L., E. J. Kamprath, and R. H. Moll. 1984. Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy. *Agro. J.* 76:397-404.
7. Balko, L. G., and W. A. Russell. 1980. Effects of rates of nitrogen fertilizer on maize inbred lines and hybrid progeny. I. prediction of yield response. *Maydica.* 25(2):65-79.
8. Balko, L. G., and W. A. Russell. 1980. Effects of rates of nitrogen fertilizer on maize inbred lines and hybrid progeny. II. Correlations among agronomic traits. *Maydica.* 25(2):81-94.
9. Balko, L. G., and W. A. Russell. 1980. Response of maize inbred lines to N fertilizer. *Agro. J.* 72:723-728.
10. Cosimini, V. and O. Talibudeen. 1973. *Analysis of Crops, Soil and Fertilizers.* Chem. Depart., Rothamsted Experimental station. Harpenden Herts.
11. Hanway J. J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. *Agro. J.* 54:54:145-148.
12. Hanway J. J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II. Uptake of N, P, K and their distribution in different plant parts during the growing season. *Agro. J.* 54:217-222.
13. Jones, Jr. J. B., and H. V. Eck. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In Walsh L. M. and J. D. Beaton (eds). "Soil testing and plant analysis" pb. Soil Science Society America.
14. Kamprath, E. J., R. H. Moll, and N. Rodriguez. 1982. Effects of nitrogen fertilization of corn. *Agro. J.* 74:955-958.
15. Moll, R. H., E. J. Kamprath, and W. A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agro. J.* 74:562-564.
16. Muruli, B. I., and G. M. Paulsen. 1981. Improvement of nitrogen use efficiency and its relationship to other traits in maize. *Maydica.* 26(2):63-73.
17. Page A. L., Miller R. H., and Keeney D. R. 1982. *Method of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* pp. 1159. pb. A. S. A. and S. S. S. A., Wisconsin USA.
18. Schenk, M. K., and S. A. Barber. 1980. Potassium and phosphorus uptake by corn genotypes grown in the field as influenced by root characteristics. *Plant and Soil* 54:65-76.
19. Tisdale, S. L., and W. L. Nelson. 1966. *Soil fertility and fertilizers.* The Macmillan Company, New York. p. 413-448.

Studies on the Cultivation of Corn in Paddy Field

III. Responses of corn to different kinds and rates of fertilizers¹

Sheng-Chung Huang and Kuo-Nan Hsu²

ABSTRACT

Field experiments were conducted at Erhlin (Changhua Hsien) and Waipu (Taichung Hsien) in the fall crop season, 1984 to study the effects of fertilizers N, P, K and Mg on the growth and yield as well as on the nutrient uptake of corn cv. Tainung No. 351. The results were summarized as follows:

A significant reduction in grain yield was found in the treatments of low rates of nitrogen, phosphorus and potassium. The effect of magnesium fertilizer on grain yield was not significant due to adequate magnesium content in the soil. The optimum rates of N, P₂O₅, and K₂O for corn in paddy field were 150-200, 90, 50-100 kg/ha, respectively.

Highly positive correlation between grain yield and P content in plant at the age of 5 weeks and K content in the ear-leaf at silking stage were observed. These results indicated that P uptake by corn during the early growth stage and K concentration in the leaves at silking stage played an important role on the grain production.

Generally, the grain yield increased with the increase of N concentration in plant or leaf; i. e., nitrogen content in the ear-leaf at silking stage was closely associated with grain yield.

¹Contribution No. 0075 from Taichung DAIS.

²Assistant Agronomist and Assistant of Taichung DAIS, respectively.