

轉作田玉米灌溉對施肥效果 之影響及後期施肥適期試驗

周泰鈞 張茂盛¹

關鍵字：玉米，灌溉，穗肥，肥效

摘 要

為探討轉作水田灌溉對玉米施肥效果之影響及後期施肥適期，於74年春作及75年春、秋作在本場試驗地，片岩沖積土、粉質粘壤土，辦理本試驗。其結果顯示無論株高、穗長、穗重及公頃產量等，主處理皆以灌溉施肥優於不灌溉施肥者，公頃產量增產10.0%~27.0%。副處理後期施肥適期各處理間差異不顯著，其中產量以雄花抽出前之處理較佳，比雄花開花後再施穗肥之處理增產約3.0%~7.0%。灌溉與後期施肥適期處理間之交感不顯著。

前 言

近年來由於稻米生產過剩，政府積極推行稻田轉作。一般稻田轉作玉米，在水分管理上較旱地容易，而施肥效果往往受土壤水分含量之影響(3,7,19,24,26)。根據張新吉等(14)玉米栽培密度，灌溉及氮肥量綜合試驗報告指出，在無灌溉下，氮肥施用量高出灌溉處理區一倍左右。又據Rehm和Wiese等(27)指出，灌溉施肥(肥料溶於灌溉水)可提高玉米子實產量，Letey(28)在硬花甘藍產量的施肥和灌溉管理與肥效之研究指出，肥料溶在灌溉水中灌溉，可提高硬花甘藍之產量。此外，莊,曹(7)，Mederski(20)和Voss(32)等報告指出土壤水分含量多寡會影響玉米磷鉀素之吸收量，Tisdale及Nelson(31)亦指出土壤水分含量會影響微量元素的吸收。而依據許多研究指出，玉米雄花開花及抽穗期是灌溉增產

1 台東區農業改良場助理、助理研究員

主要時期 (20.28) , 且開花期對三要素之吸收達最高峰 , 穀類作物子實產量與穗肥之施用有密切之關係(11) 。基於上述水分及後期施肥對玉米產量之重要性 , 本研究乃探討灌溉配合施肥及後期施肥之最佳時期 , 俾供農民參考。

材料及方法

本試驗於74.年春作、75.年春作及秋作連續在本場稻田試驗地進行。土壤屬片岩沖積土、粉質粘壤土，深度45~50公分，試區土壤理化性質如表一。田間設計採裂區設計，主處理分：1. 施肥前一天灌溉，2. 施肥後第二天灌溉，3. 不灌溉施肥。副處理分：1. 雄花抽出前（播種後約50.天）施穗肥，2. 雄花抽出達20.％時施穗肥，3. 雄花抽出達80.％時施穗肥。共九處理，四重複，小區面積4.2 m × 6.0 m，行株距70 cm × 25 cm。每小區均開溝予以分隔，並裝設PE管控制灌溉水量。施肥量 N—P₂O₅—K₂O= 200—70—60 公斤/公頃，施肥法依玉米標準施肥法辦理，施肥日期追肥同一天，穗肥則依副處理分別施肥。試驗前採土分析其理化性，灌溉前及灌溉後24.小時分別測土壤水分含量。吐絲期每小區採着穗葉片10.片，去除中肋分析 N.P.K.Ca 及 Mg 等元素，生育期調查株高及莖徑，收穫期調查產量及產量構成因素。

表一 試驗地土壤理化性分析

Table 1 Analysis of soil properties in experiment field

期作別 Cropping Season	質地 Text	pH	有機質 O.M. (%)	有效性 P ₂ O ₅ Avail. P ₂ O ₅ (kg/ha)	有效性 K ₂ O Avail. K ₂ O (kg/ha)	有效性 CaO Avail. CaO (kg/ha)	有效性 MgO Avail. MgO (kg/ha)
74.年春作 Spring in 1985	Si CL	6.4	2.8	338	182	5.036	1.293
75.年春作 Spring in 1986	Si CL	6.9	1.6	75	135	5.042	367
75.年秋作 Fall in 1986	Si CL	6.9	1.7	137	137	6.153	442

結果與討論

一 施肥前後降雨量及土壤含水量調查

由圖一、圖二及圖三看出，於施肥前及施肥後48小時土壤水分含量變化情形，有灌溉處理者其施肥當日或施肥後48小時之土壤水分含量均遠高於不灌溉施肥處理者。而75年春作追肥及秋作雄花抽出達80%處理之穗肥施後逢降雨，故其之土壤水分含量差異較小。

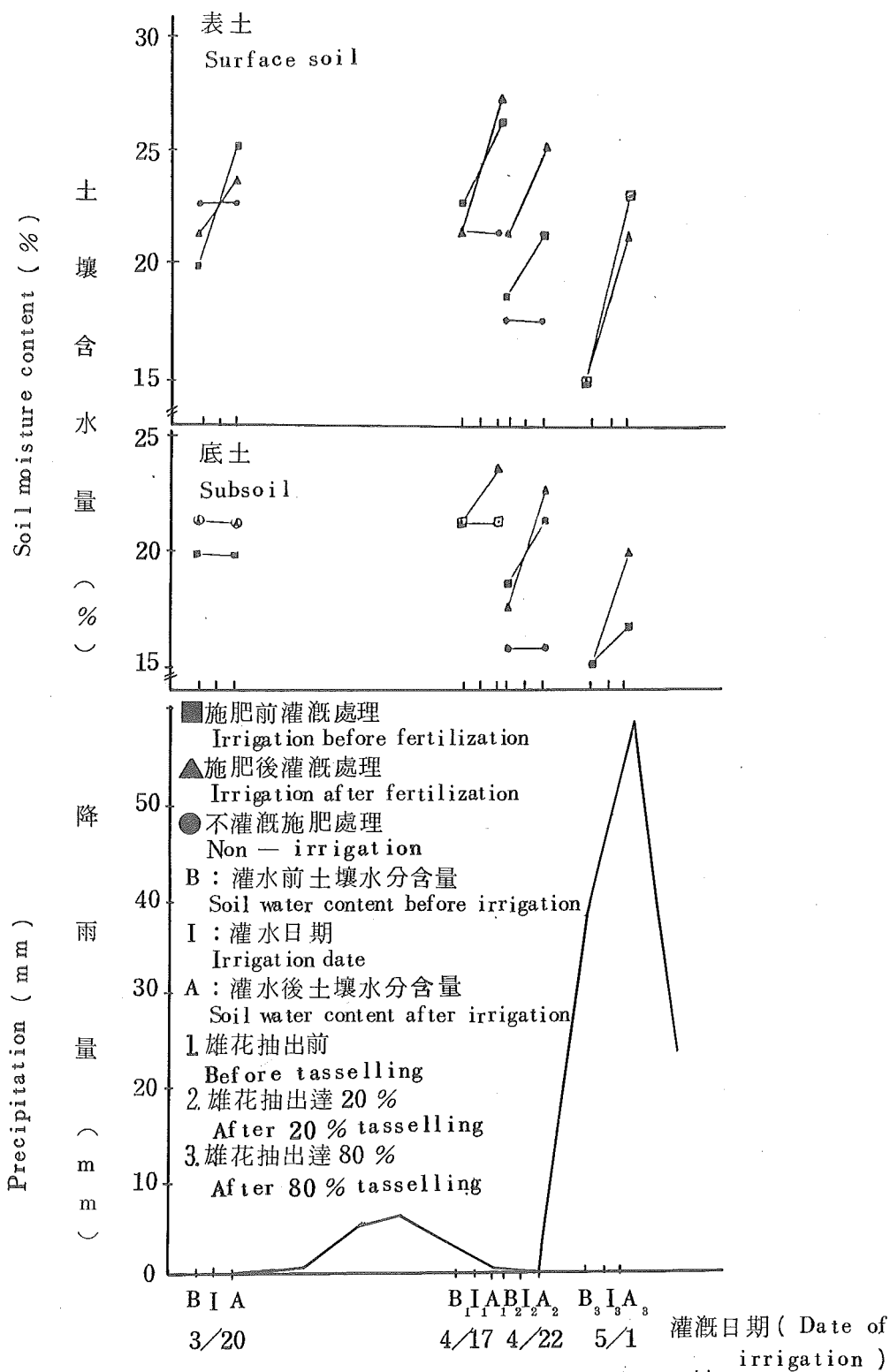
二 灌溉及後期施肥對玉米生育性狀之影響

生長期調查株高及莖徑結果如表二，以灌溉施肥比不灌溉施肥為佳，74年春作株高、75年秋作莖徑且達1%顯着水準，此乃可能因灌溉水促使肥料溶解，提高其有效性(2.3)。而副處理則以雄花抽出前比雄花抽出後施肥為佳，75年春作處理間差異達5%顯着水準。若以春、秋作比較，則春作無論在株高及莖徑上皆優於秋作，此可能由於秋作恰逢雨季，土壤常處於浸濕狀態，易導致土壤內缺氧，代謝氣體如乙烯的累積，以及有毒物質的產生，而這些變化都會影響作物的生長(16)。

三 灌溉及後期施肥對玉米產量及產量構成因素之影響

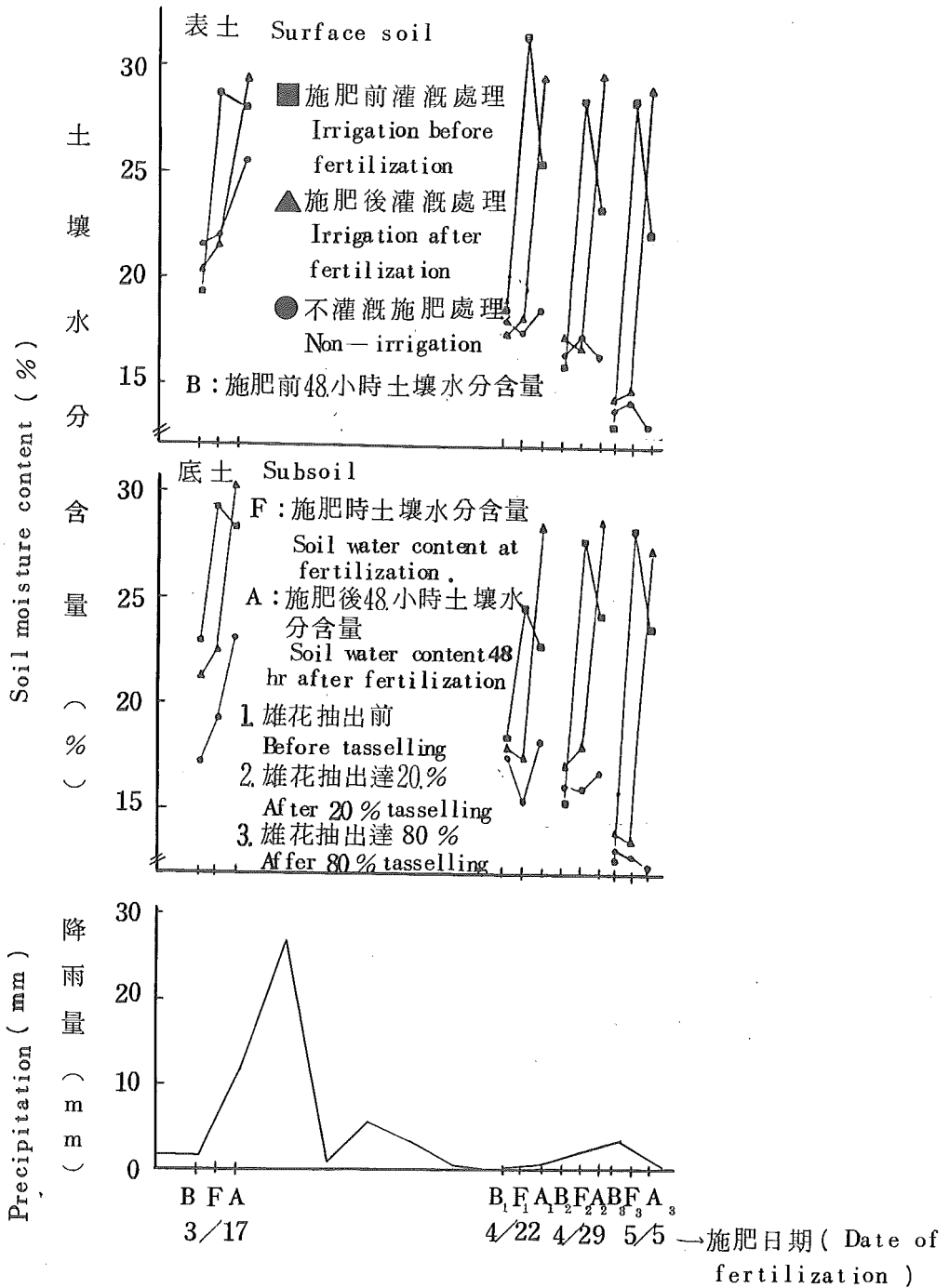
由表三及表四結果比較，發現無論在穗重、穗粒重、穗粒數、千粒重乃至於子實產量，皆以灌溉施肥遠優於不灌溉施肥處理者，其中穗重及穗粒重均達1%顯着水準；而公頃子實產量也以施肥後灌溉之5,848公斤(75.春)，5,946(75.秋)最高，其次為施肥前灌溉5,710公斤，5,482公斤，分別比不灌溉施肥之4,998公斤，4,691公斤增產14%，17%及17%，27%，變方分析差異達1%顯着水準。很顯然地玉米穀粒產量易受土壤水分與肥料共同影響(12,18)。

依據許多前人研究(11,22,23)指出，穀類作物之子實產量與抽穗後之光合作用有密切關係，而孕穗期後植體之養分狀況影響光合作用量頗鉅，因之穗肥之施用往往對穀類作物有很大助益。由本試驗之結果顯示，似乎以雄花開花前施用穗肥比開花後再施，更能適時補充孕穗期所需的養分。



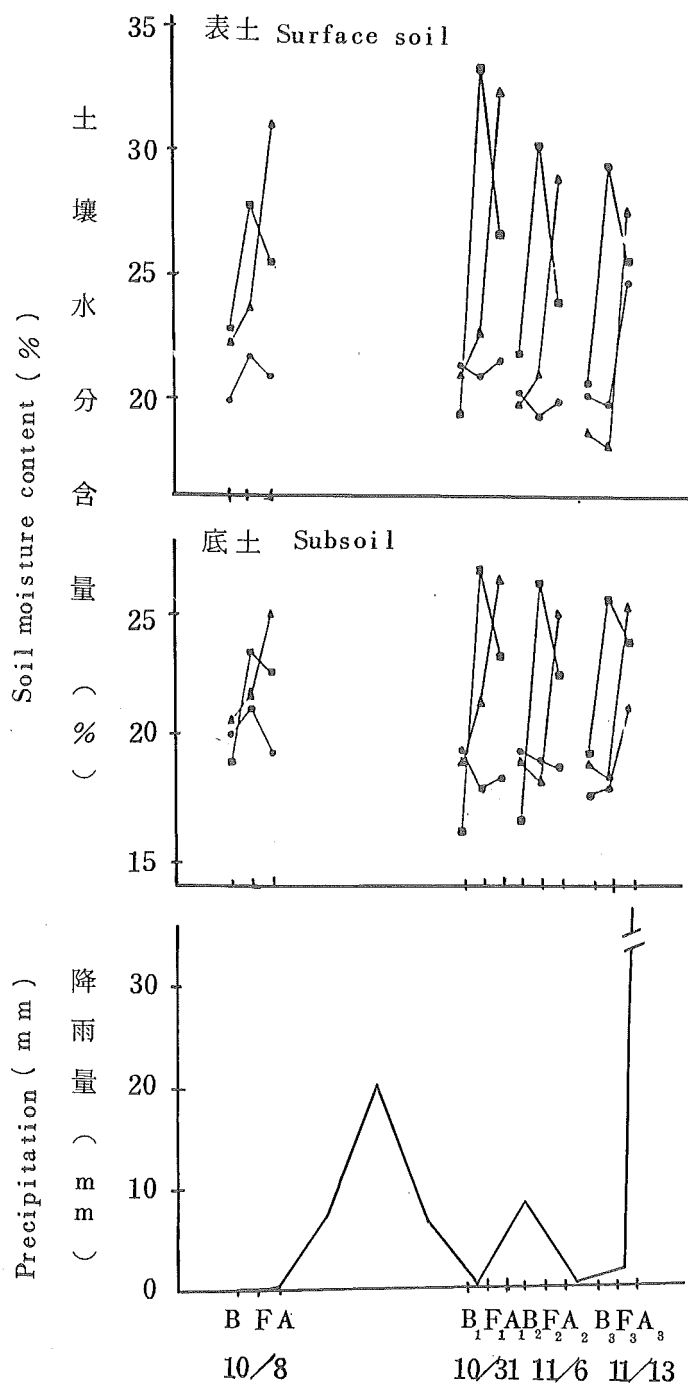
圖一 74年春作灌溉前後土壤水分含量及降雨量調查資料

Fig. 1. Data of soil moisture content and rainfall in spring crop 1985



圖二 75年春作施肥前後土壤水分含量及降雨量調查資料

Fig. 2. Data of soil moisture content and precipitation in spring crop 1986.



施肥日期 (Date of fertilization)
 圖三 75年秋作施肥前後土壤水分含量及降雨量調查資料

Fig 3. Data of soil moisture content and precipitation in fall crop 1986 /ear.

表二 灌溉施肥與後期穗肥對玉米株高及莖徑之影響

Table 2. The effects of irrigation on fertilization and ear fertilizer for the height and stalk diameter of corn.

處 理	株高 Height of corn (cm)			莖徑 Diameter of stalk(mm)			
	74.年春作 Spring in 1985	75.年春作 Spring in 1986	75.年秋作 Fall in 1986	74.年春作 Spring in 1985	75.年春作 Spring in 1986	75.年秋作 Fall in 1986	
施 肥 前 灌 溉 Irrigating before fertilization	雄花抽出前 Before tasselling	204.4	217.4	167.5	26.7	25.1	22.6
	雄花抽出達20% After 20% tasselling	200.5	208.4	168.1	25.3	24.1	22.5
	雄花抽出達80% After 80% tasselling	198.6	214.5	162.2	26.4	24.6	23.8
	平均 Mean	201.2	213.4	165.9	26.1	24.6	23.0
	雄花抽出前 Before tasselling	197.2	212.9	162.8	25.8	24.9	24.1
	雄花抽出達20% After 20% tasselling	200.2	198.1	163.6	26.0	25.1	23.8
	雄花抽出達80% After 80% tasselling	199.0	193.6	158.6	26.4	25.2	23.0
	平均 Mean	199.8	201.5	161.7	26.4	25.0	23.6
	雄花抽出前 Before tasselling	190.0	202.5	160.2	26.0	24.8	22.0
	雄花抽出達20% After 20% tasselling	186.0	196.7	157.1	25.7	25.4	21.3
雄花抽出達 % After 80% tasselling	193.6	199.7	163.7	25.7	24.5	21.6	
平均 Mean	189.9	199.6	160.3	25.8	24.9	21.6	
雄花抽出前 平均 Before tasselling Mean	197.2	210.9	163.5	26.2	24.9	22.9	
雄花抽出達20% 平均 After 20% tasselling Mean	195.6	202.6	162.9	25.6	24.8	22.5	
雄花抽出達80% 平均 After 80% tasselling Mean	197.0	201.1	161.5	26.1	24.7	22.8	

※※ 1. LSD 1% = 8.72 (Height of spring in 1985) LSD 5% = 8.22 (Height of Spring in 1986)

2. LSD 1% = 0.1238 (Stalk diameter of fall in 1986)

表三 灌溉施肥與後期穗肥對玉米子實產量之影響 (kg/ha)

Table 3. The effects of irrigation on fertilization and ear fertilizer for corn yield (Kg/ha)

灌溉處理 Irrigation treatment	後 期 穗 肥 Stages of latter fertilizer														
	雄花抽出前 Before tasselling			雄花抽出達 20 % After 20 % tasselling			雄花抽出達 80 % After 80 % tasselling			平 均 Mean			指 數 Index		
	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986
施肥前灌溉 Irrigating before fertilization	5,934	5,761	5,921	6,356	5,827	5,406	6,102	5,542	5,121	6,131	5,710	5,482	113	114	117
施肥後灌溉 Irrigating after fertilization	6,096	6,057	5,967	6,031	5,750	5,841	5,729	5,739	6,031	5,952	5,848	5,946	110	117	127
不灌溉施肥 Fertilizing without irrigation	5,103	5,181	4,912	5,758	4,797	4,443	5,758	5,016	4,713	5,423	4,998	4,691	100	100	100
平 均 Mean	5,711	5,583	5,600	5,931	5,458	5,231	5,863	5,432	5,288						
指 數 Index	100	100	100	104	97	93	103	96	94						

※: LSD 1% = 606.8542 (Spring in 1986) and 858.0333 (Fall in 1986)

表四 灌溉施肥及後期穗肥對玉米產量構成因素之影響：

Table 4. The effects of irrigating to fertilization and ear fertilizer on yield components of corn.

處 理 Treatment	穗 重 (g) Weight of ear			穗 長 (cm) Length of ear			穗 徑 (cm) Diameter of ear			每穗粒量 (g) Grain weight/ear			千粒重 (g) Weight of 1000 grains		
	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986	74年春作 Spring in 1985	75年春作 Spring in 1986	75年秋作 Fall in 1986
施肥前灌溉 Irrigating before fertilization	155.6	173.8	135.8	15.4	14.7	12.9	4.7	4.5	4.0	135	146	113	266	277	274
施肥後灌溉 Irrigating after fertilization	161.4	175.8	141.9	16.3	14.7	13.3	4.7	4.5	4.0	139	148	119	272	268	278
不灌溉施肥 Fertilizing with— out irrigation	145.8	157.5	123.5	14.9	14.5	12.5	4.6	4.6	3.9	127	132	102	255	264	266
LSD 5 %	11.7	11.8	12.1	0.68	0.72	0.82	0.2	0.2	0.1	12.6	9.9	11.8	18.1	17.7	15.0
LSD 1 %	17.3	17.9	18.3	1.03	1.09	1.25	0.4	0.3	0.2	19.7	15.0	17.9	27.3	26.9	22.7
雄花抽出前 Before tasselling	151.8	171.7	137.8	15.5	14.9	12.8	4.6	4.6	4.0	132	144	115	264	269	268
雄花抽出達 20 % After 20 % tasse— lling	157.2	165.8	131.2	15.6	14.3	12.6	4.6	4.5	4.0	136	139	109	267	270	276
雄花抽出達 80 % After 80 % tasse— lling	135.8	169.6	132.2	15.3	14.7	13.2	4.7	4.5	4.0	135	143	110	262	269	274
LSD 5 %	18.4	10.6	15.3	0.57	0.65	0.78	0.2	0.2	0.1	7.1	8.9	12.7	13.1	14.0	11.8
LSD 1 %	25.3	14.5	20.9	0.97	0.89	1.07	0.3	0.3	0.2	10.9	12.1	17.4	18.4	19.2	16.1

表5 吐絲期葉片營養分析：

Table 5 Nutrition contents in leaves of corn at silking stage.

處 理 Treatment	N			P			K			Ca			Mg			
	74年春作 in 1985	75年春作 in 1986	75年秋作 in 1986	74年春作 in 1985	75年春作 in 1986	75年秋作 in 1986	74年春作 in 1985	75年春作 in 1986	75年秋作 in 1986	74年春作 in 1985	75年春作 in 1986	75年秋作 in 1986	74年春作 in 1985	75年春作 in 1986	75年秋作 in 1986	
	Spring	Spring	Fall	Spring	Spring	Fall	Spring	Spring	Fall	Spring	Spring	Fall	Spring	Spring	Fall	
施 肥 前 灌 溉 Irrigating before fertilization	雄花抽出前 Before tasselling	4.02	4.21	4.17	0.28	0.29	0.30	2.16	2.14	1.60	0.67	0.60	0.83	0.21	0.20	0.23
	雄花抽出 20 % After 20 % tasselling	4.44	4.07	4.53	0.27	0.32	0.33	2.16	2.08	1.53	0.60	0.66	0.73	0.22	0.22	0.28
	雄花抽出 80 % After 80 % tasselling	3.92	4.11	4.43	0.24	0.32	0.32	2.10	2.12	1.50	0.66	0.63	0.68	0.22	0.21	0.30
	平均 Mean	4.08	4.11	4.17	0.28	0.32	0.29	2.22	2.12	1.57	0.67	0.62	0.73	0.24	0.20	0.26
	施 肥 後 灌 溉 Irrigating after fertilization	雄花抽出前 Before tasselling	3.94	4.09	4.02	0.31	0.32	0.30	2.22	2.12	1.63	0.59	0.58	0.68	0.24	0.19
雄花抽出 20 % After 20 % tasselling		4.23	4.13	4.39	0.25	0.30	0.32	2.22	2.08	1.45	0.70	0.63	0.72	0.25	0.21	0.27
雄花抽出 80 % After 80 % tasselling		4.07	4.10	4.10	0.28	0.33	0.25	2.23	2.16	1.63	0.73	0.65	0.80	0.24	0.21	0.26
平均 Mean		4.13	4.13	4.38	0.26	0.31	0.32	2.14	2.11	1.54	0.64	0.63	0.75	0.22	0.21	0.27
不 灌 溉 施 肥 Fertilizing without irrigation		雄花抽出前 Before tasselling	4.48	4.22	4.30	0.24	0.29	0.32	2.10	2.07	1.70	0.73	0.61	0.68	0.20	0.18
	雄花抽出 20 % After 20 % tasselling	4.03	4.15	4.11	0.27	0.25	0.31	2.04	2.11	1.78	0.73	0.66	0.81	0.21	0.19	0.34
	雄花抽出 80 % After 80 % tasselling	4.00	4.18	3.91	0.25	0.30	0.32	2.15	2.02	1.75	0.72	0.61	0.76	0.20	0.20	0.36
	平均 Mean	4.17	4.18	4.11	0.25	0.28	0.32	2.10	2.06	1.74	0.73	0.63	0.75	0.20	0.19	0.35

四 灌溉及後期施肥對玉米植株養分吸收之影響

由表五葉片分析結果顯示，植體 P、K 及 Mg 含量以灌溉施肥處理大於不灌溉處理者，N 則相反。（75 年秋作可能因降雨過多而結果略異）。我們由前面圖一及圖二知道灌溉施肥處理於施肥時之土壤水分遠高於不灌溉施肥者，而水在根圈的移動有利於提供根部養分之吸收。當土壤水分不足而停止移動時，養分僅藉着靠近根部的部分之擴散而被吸收，這些養分很快就消耗光而無法繼續供應了（Craft 1968）。磷和鉀的運轉主要係靠擴散，它對於土壤水分含量多寡非常地敏感，因此低土壤水分植株有較低的磷和鉀含量是十分自然的（7.24.26.33.）。而 Mg 的運送主要藉質流（mass flow），故會隨水分降低而減少，Ca 則未受影響（19.24.26.）。至於植體中 N 素，Richards 和 Wadleigh（1952）認為減少土壤水分含量可增加植物組織內 N 的含量，此可能與硝酸還原酵素系統的影響有關。另，高水分下脫氮作用較易發生（12），亦會降低植株氮的吸收。

結 論

土壤水分有助肥料之溶解與肥效之發揮，更可藉着水分之擴散及入滲，因而影響各種元素之吸收，進而影響產量。因此於施肥前後灌溉為宜。另，玉米之開花至抽穗期，更是灌溉增產之主要時期，且開花期對三要素之吸收達最高峰，本試驗結果亦以開花前施穗肥對玉米之生育有正面效果，可得較高產量。

參 考 文 獻

1. 朱德民 1985 缺水與作物關係。科學農業 33（1—2）：37—43。
2. 吳銘塘、徐玉標 1974 玉米栽培需水量試驗。科學農業 22:58—61。
3. 吳銘塘、徐玉標 1980 灌溉與施肥與台灣雜糧增產。科學農業 28（1—2）：25—46。
4. 胡躋賢 1981 乾濕交替作用對於土壤中氮素轉變之研究。中國農業化學會誌 Vol 19（3—4）：190—199。
5. 徐玉標、蔡明華 1976 土壤改良及灌溉對農作物增產之影響。科學農業 24：7—24。
6. 徐玉標 1975 土壤水分對植物之有效性。科學農業 23（9—10）：383—393。
7. 莊作權、曹枝賢 1966 土壤水分含量對磷、鉀有效性之影響。糖研報 40：113—125。

8. 連深 1981 作物分析結果的解釋與施肥推薦。作物需肥診斷，台灣省農業試驗所編。
9. 陳清義、張杏生、黃洽涼 1981 玉蜀黍水分生理特性之研究。中興理工學報 18 : 1 - 14 。
10. 陳清義、張杏生、黃洽涼 1982 玉蜀黍水分生理特性之研究，II、根之吸水型及臨界期。中興理工學報 19:1 - 9 。
11. 陳國 1976 玉米在抽絲期葉片及葉鞘之全氮含量與玉米產量之關係。屏農學報 17 : 85 - 91 。
12. 黃裕銘、莊作權 1982 台灣旱作土壤之尿素轉化作用。III、尿素濃度。土壤溫度及土壤水分對尿素在土壤中轉變之影響。農林學報 31 (1) : 91 - 97 。
13. 張新吉、顏貽淦、周讚昆 1964 玉米灌溉時期試驗。雜作簡報 5 : 195
14. 張新吉等 1964 玉米栽培密度，灌溉及氮肥量綜合試驗。台南區農業改良場報告。
15. 張新雄 1983 缺水：未來農業的一項挑戰。科學農業 31 (3 - 4) : 93 - 107 。
16. 張新雄 1985 土壤浸濕與作物生育之關係。科學農業 33 (1 - 2) : 44 - 50 。
17. 趙震慶、莊作權 1982 不同氮肥施用量及土壤水分對間作大豆、玉米產量及品質之影響。農林學報 31 (2) 1 - 13 。
18. Belej, J. and D. kulik. 1972. A study of the effect of the application of mineral fertilizers and irrigation on maize yield for grain. University of Agriculture. Nitra, Czechoslovakia. polnohospodarstvo 18 (8) : 641 - 655 .
19. Brown, D. A. 1953. Cation exchange in soils through the moisture range saturation to the wilting percentage. S.S.S.A.P. 17 : 92 - 96
20. Demmend O.T. and R.H. Shaw, 1960, Agron. J. 52:272.
21. Doss, B.D. R.W. Perason and T. Rogers, 1974, Effect of soil water stress at various growth stage on soybean yield, Agron. J. 66:297 - 299.
22. Houg, K.H. et al. 1972. Sugar and nitrogen level in tissue of rice plant in relation to the yield. Jour. Chin. Agr chem. sp. Iss, p. 66 - 75.
23. Ishizuka, Y. 1972. Lectures in advanced plant nutrition, National Taiwan

University .

24. Jenne, E.A. H.F. Rhoades, C.H.Yien, and O.W. Howe. 1958. Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture . *Agron . J .* 50 : 71 — 74 .
25. Letey , J . J , W . M . Valoras and R . Beverly , 1983 , Fertilizer application and irrigation —management of Broccoli production and fertilizer use effeciency *Agron .J.* 75 : 502 — 507
26. Medersk, H.J. and J.H. Wilson. 1960. Relation of soil moisture to absorption by corn plant. *S.S.S.A.P.* 24 : 149 — 152 .
27. Rehm, G.W. and R.A. Wiese 1975 . Effect of method of nitrogen application on corn grown on irrigated sandy soils. *Soil Sci. Soe. Amer. proc.* 39 : 1217 — 1220.
28. Robins, J.S. and C.E. Dominga. 1953. *Agron. J.* 45 : 618 .
29. Teare, I.D. and M.M. Peet et al. 1983. Crop —Water relations. P 187 — 212.
30. Terman, G.L. and S.E. Allen. 1974. Losses of nitrogen and mineral nutrients fren corn growth in greenhouse pot experiment. *S.S.S. A.P.* 38 : 322 — 326.
31. Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1966. *Soil Fertility and Fertilizers.* 491 — 549.
32. Voss, R.D. 1970, P —most limiting nutrient for Iowa In proc, 2nd Ann Fertilizer Ag Chew, Dealers Conf., 141 : 1, Iowa state University, Ames, Iowa.
33. Yoo, S.H, K.C. Song, and K.S. Ryu 1987. Movement of nutrients through soils in irrigation water. FFTC TB101.

Effects of irrigation on the fertilization and usage of fertilizer in later stage of corn growth in paddy

Tai-Chun Chou and Mou-Shen Chang¹

Key Words: Corn, Irrigation, Ear fertilizer, Efficiency of fertilizer

SUMMARY

The experiment is conducted to study the effects of irrigation on the fertilization and the application of fertilizer in later stage on corn yield. The experiment was carried out at silty clay loam soil in Taitung D.A.I.S. from 1985 to 1986. The field layout was S.B.D.A. with three main plots of irrigation: before fertilization, after fertilization or fertilizing without irrigation. Three sub plots of fertilization were as follows: before tasselling, after 20% tasselling or at 80% tasseling.

Our results showed that irrigation either before or after fertilization increased corn yield 10 to 27% when compared to non-irrigated control. Among three sub plots, treatments of fertilizer applied before tasselling produced best yield. A 3-7% increase in yield was found when comparison fertilizing after tasselling.

The effects of treatments on plant height, stalk diameter and ear weight showed similar results as yield.

1. Assistant and assistant soil scientist, Taitung D.A.I.S. respectively.