

稻田轉作玉米長期不整地栽培對 土壤肥力及玉米產量之影響

張茂盛 周泰鈞¹

摘要

為探討稻田轉作玉米時在長期不整地之耕作下，對土壤肥力之變化及玉米產量之影響，提供推行稻田轉作時土壤及肥培管理之參考。從1987年春作起至1991年春作止，共五年九作，在本場試驗地（麥氏座標豐里圖089166）進行。試驗地土壤屬片岩沖積土，光復系粉質壤土，土壤深度50公分左右，排水不完全，土壤能限分類為Le。試驗結果顯示土壤pH值不論整地與否均有下降趨勢，尤以氮素施用量高之處理其下降幅度越大；土壤有機質含量略有增高，土壤磷含量有累積現象；而鉀、鈣、鎂含量則有下降趨勢，且整地者略高於不整地；土壤總體密度變化不大。玉米子實產量1987年春作不整地比整地增產14%；1987年秋作後則以整地處理為高。但不論整地與否，除1989年及1990年秋裡作玉米和1991年春作玉米因受不正常氣候影響外，在正常期作及氣候條件下，如1988、1989及1990年春作及1988年秋作、1990年秋裡作等似有因連作之關係而使產量下降之趨勢。然而1989年及1990年原定秋作玉米因受颱風豪雨之影響，改為秋裡作，其產量又回升至6,000kg/ha左右，且以不整地之處理為高。1991年春作則長期乾旱，在適當之灌溉下，產量亦達7,000kg/ha左右，且以不整地之處理為高。氮素用量對玉米產量之效果，因年度及期作不同而異。整地處理，春作、秋作及秋裡作玉米，氮素適用量在120—180kg/ha之間，春作不整地者在180—240kg/ha之間，秋作及秋裡作不整地處理者在180kg/ha為適量，整體而言以180kg/ha為合理施用量。

關鍵詞：玉米、整地、不整地、土壤肥力、氮素效應。

¹臺東區農業改良場副研究員及助理。

前 言

本省自從稻米生產過剩後，政府積極推行稻田轉作政策。臺東地區以玉米為主要轉作物，其栽培面積歷年在2,500~4,000公頃之間，其中連續栽培者為數可觀。旱田與水田性質迥異，水田因長期種植水稻，使土壤表土20公分下形成犁底層，且土壤中Fe、Mn、Mg等均有明顯下移現象，而P、K含量則表土高於底土^(1,3)。不整地栽培為近代農業發展之必然趨勢，其優點在減輕土壤沖蝕，增進耕地利用，節省能源浪費，增加作物產量提高農民收益等⁽¹⁷⁾。長期不整地栽培玉米或不同旱作輪作制度下對土壤肥力之影響研究報告頗多^(2,10,11,13,14,16,18,19)，影響作物根系生長因子，如土壤空氣、水分、溫度、養分及壓實等。轉作田栽培玉米時，產量與田間容水量成顯著負相關⁽¹⁾。土壤水分太多容易缺氧，導致根系生長不良，使玉米減產^(5,9)。本試驗旨在探討長期不整地栽培玉米對土壤肥力變化情形及對玉米產量之影響，期建立確實可行之土壤及肥培管理方法，供轉作玉米之參考。

材料與方法

本試驗從1987年春作至1991年春作止，計五年九作，在本場試驗地（麥氏座標豐里圖089166）進行。試驗地土壤屬片岩沖積土，光復系玢質壤土(Le)，排水不完全，土壤深度50公分左右。供試品種為玉米台農351號，化學肥料使用硝酸銨鈣、過磷酸鈣及氯化鉀。試驗設計採用裂區設計四重複，小區面積6.3M×7.0M，行株距70×25公分。主區分為整地與不整地兩處理，副區為氮素施用量120、180及240kg/ha等三級，磷、鉀肥施用量，依據土壤分析結果推薦，氮肥全量之1/3，磷肥全量及鉀肥半量作基肥，第一次追肥為氮肥1/3量及餘半量鉀肥，於膝高期（株高約40公分）施肥，其餘1/3量之氮肥於雄花穗抽出當日施肥。土壤樣品於每作玉米收穫後採樣，並分析其理化性，吐絲期採取著穗葉片分析氮素含量，採用農試所編「本省現行土壤測定方法及植體分析方法(1981)」分析。春作於三月上旬或中旬播種，秋作於九月上旬播種，1989及1990年秋作玉米因遇颱風豪雨侵害改為秋裡作，於十月上旬播種，收穫期調查產量。

結果與討論

土壤肥力變化

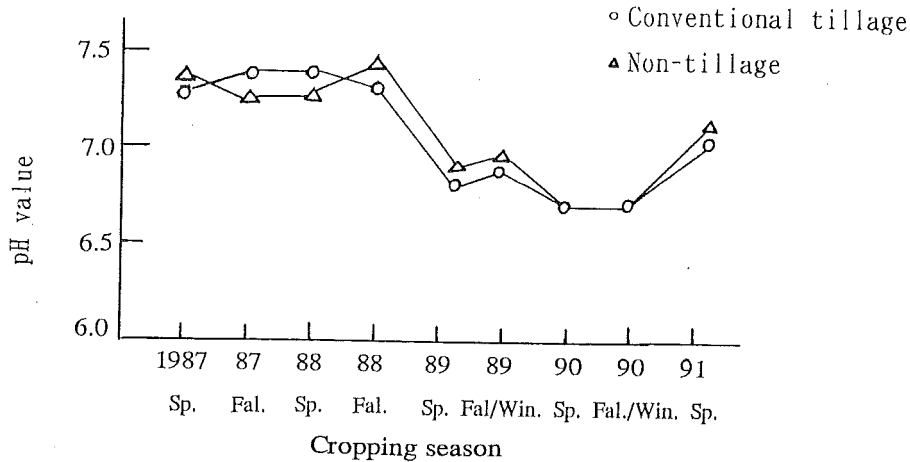
試驗前土壤理化性質分析如表一。經五年九作試驗結果，土壤pH值變化不論整地或不整地，在1987年春作至1988年秋作，只在0.1~0.2之間變動，但在1989年春作後由試驗前之7.2明顯下降至6.7~6.8，1991年春作又回升至7.0(整地)及7.2(不整地)，此可能與該

期長時間之乾旱由於地下水含有高量之石灰質隨毛細管移動上升有關，總體而言，除1991年春作外，土壤pH值似有下降趨勢(圖一)，下降程度隨氮素施用量提高而增加(圖二)。

表一、試驗前試區土壤理化性

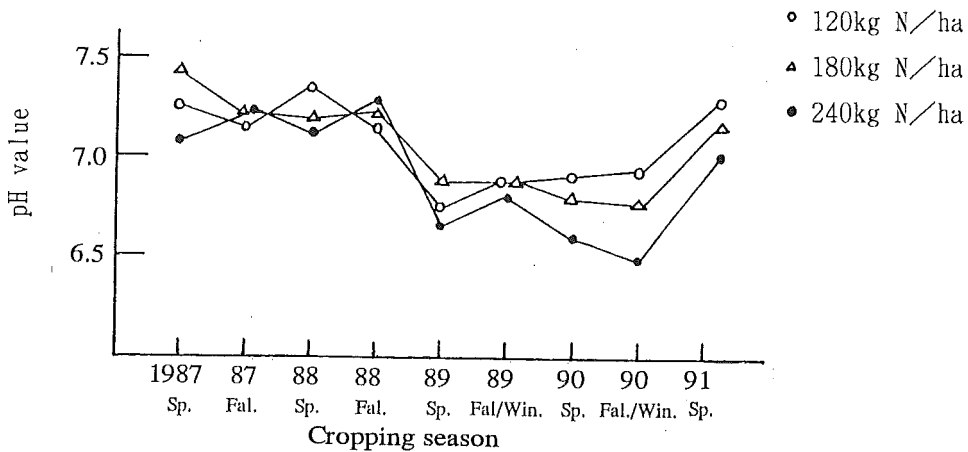
Table 1. Properties of plot soils before experiment.

Text.	pH	O.M. %	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	C.E.C.	B.D.	F.C.C
			(Kg/ha)				(ppm)	(me/100g)	(g/cm)	
SiL	7.2	1.7	326	181	9007	666	43	4.1	1.44	Le



圖一、玉米長期不整地栽培對土壤pH值之影響

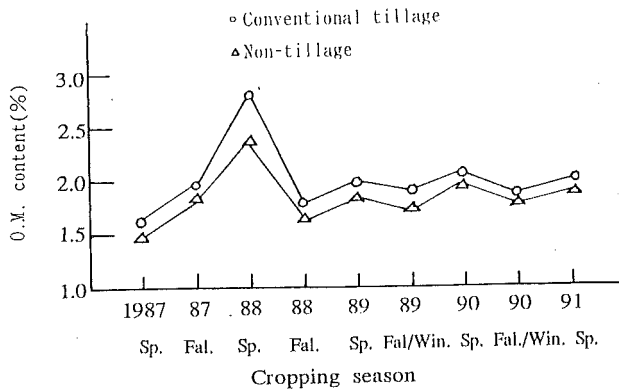
Fig. 1. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil pH value.



圖二、不同氮肥用量對土壤pH值之影響

Fig. 2. The effect of the rates of nitrogen application on the soil pH value.

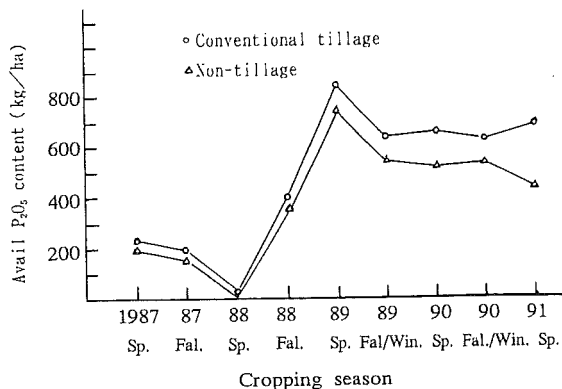
土壤有機質含量變化如圖三，在各期作中均以整地處理較高，約0.1~0.2%；期作則以1988年春作最高，比試驗前增加1%(整地)及0.7%(不整地)，1988年秋作又下降，1989年春作後大致維持在2.2%左右，平均比試驗前增加0.3%左右。據 Blevins⁽¹³⁾等、Lal⁽¹⁴⁾、Moschler⁽¹⁶⁾等及 Ronald⁽¹⁷⁾等指出在長期連續栽培玉米下，不整地處理之表土有機質含量高於整地處理，其原因為一年一作玉米之後種植覆蓋作物，且以殘株覆蓋，導致不整地地表土之含量較整地為高。



圖三、玉米長期不整地栽培對土壤有機質含量之影響

Fig. 3. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil organic matter content.

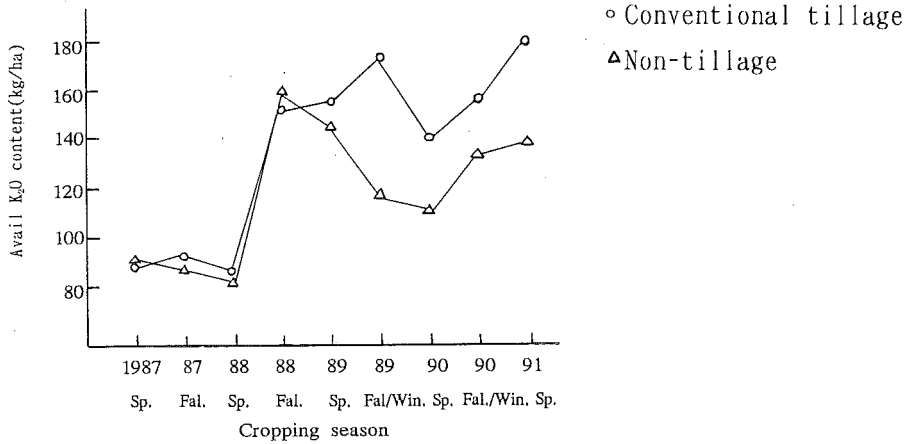
土壤有效性磷之變化如圖四，各期作均以整地處理較高，兩者變化趨勢一致，由試驗前之326 kg/ha減低至1980年春作之15及13 kg/ha，然後於77年秋作增加至401及352kg/ha，及1989年春作之876及783kg/ha，於1989年秋裡作下降至592及525kg/ha，趨於緩和。至1991年春作後比試驗前增加181及108 kg/ha。



圖四、玉米長期不整地栽培對土壤有效性磷含量之影響

Fig. 4. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil P₂O₅ content.

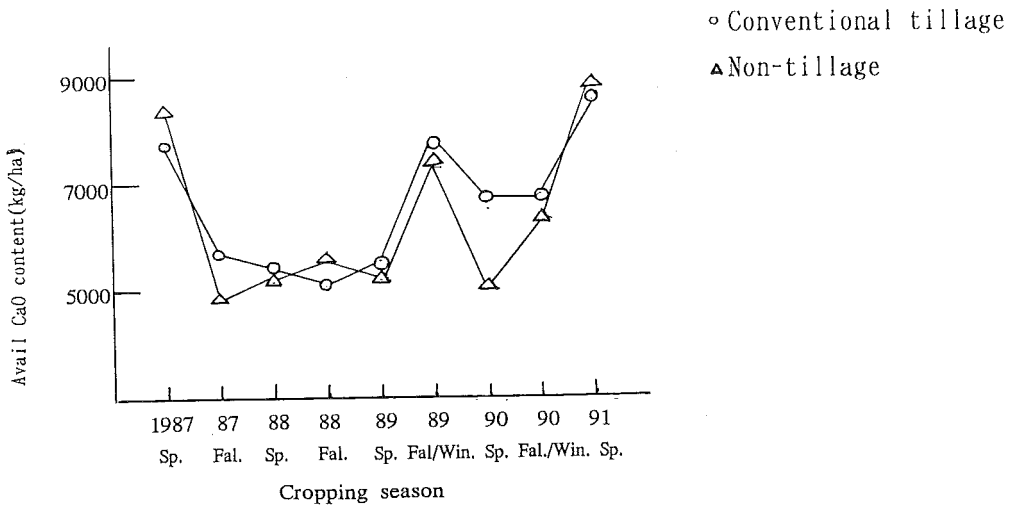
土壤有效性鉀之變化如圖五，1987年春作由試驗前之181 kg/ha，急速降至87及89kg/ha，至1988年秋作又急速上升至143及154 kg/ha，1989年春作起整地與不整地間之 K_2O 含量變化差距有擴大趨勢，至 1991年春作，整地處理比試驗前僅降低8 kg/ha，而不整地降低 50 kg/ha。



圖五、玉米長期不整地栽培對土壤有效性鉀含量之影響

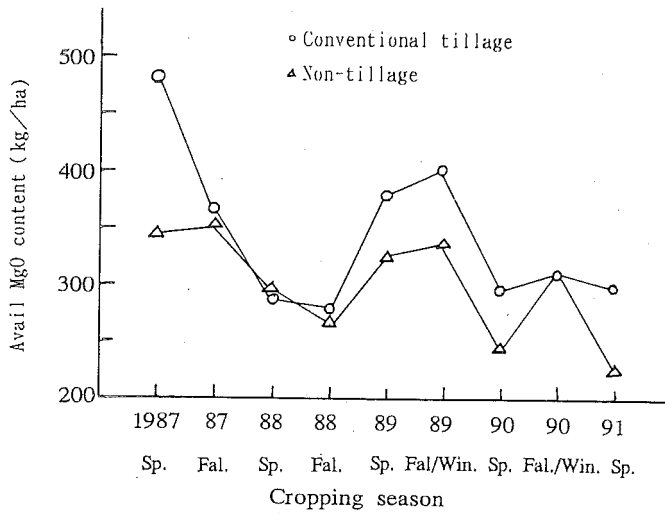
Fig. 5. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil K_2O content.

土壤有效性鈣、鎂含量之變化如圖六及圖七，1987年春作後不論整地與否，均有急速下降之趨勢，其後雖有上下變動，但均比試驗前低，唯有效性鈣含量在80年春作又回升至接近試驗前之量，其情形如土壤pH質之變化。



圖六、玉米長期不整地栽培對土壤有效性鈣含量之影響

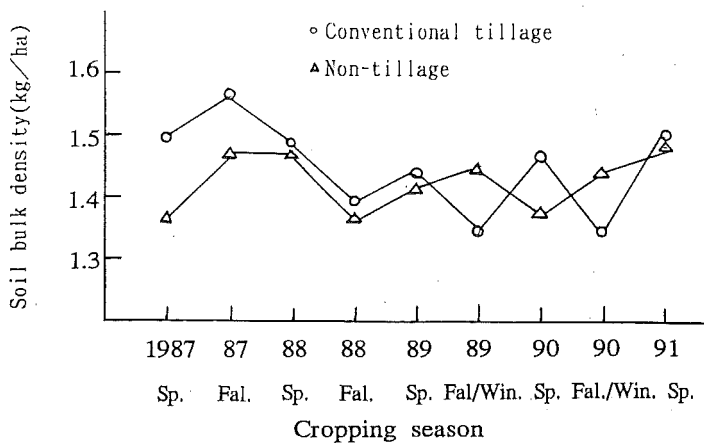
Fig. 6. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil CaO content.



圖七、玉米長期不整地栽培對土壤有效性鎂含量之影響

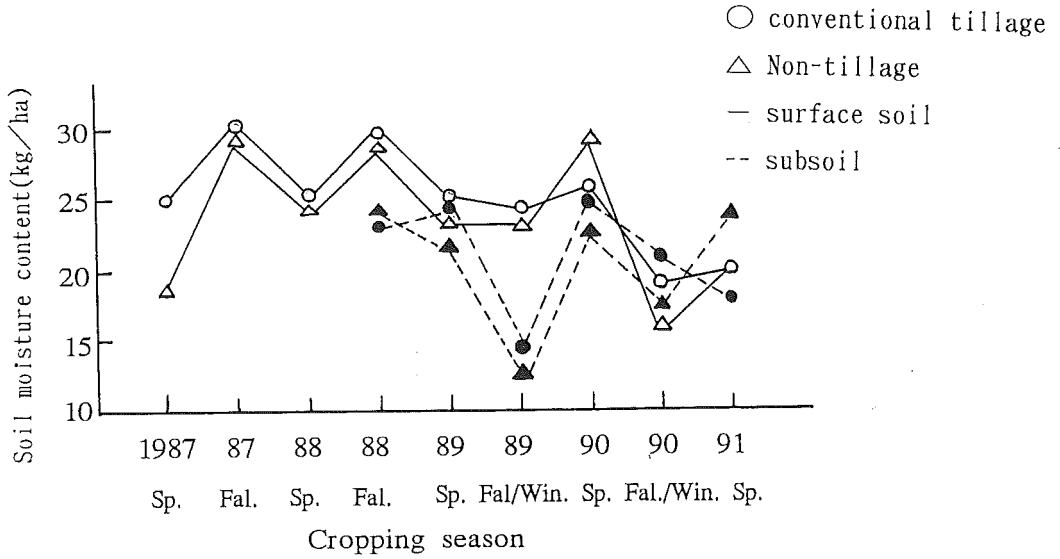
Fig. 7. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil MgO content.

土壤總體密度，不論整地與否變化不大(圖八)。收穫期之土壤水分之變動(圖九)，主要受到年度各時期降雨量之影響，春作比秋作低，而秋裡作又比前兩作為低，其變動範圍為13~30%。不同氮肥施用量除對土壤pH值有影響外，對土壤有機質及有效性磷、鉀、鈣、鎂等含量之變化影響不大。



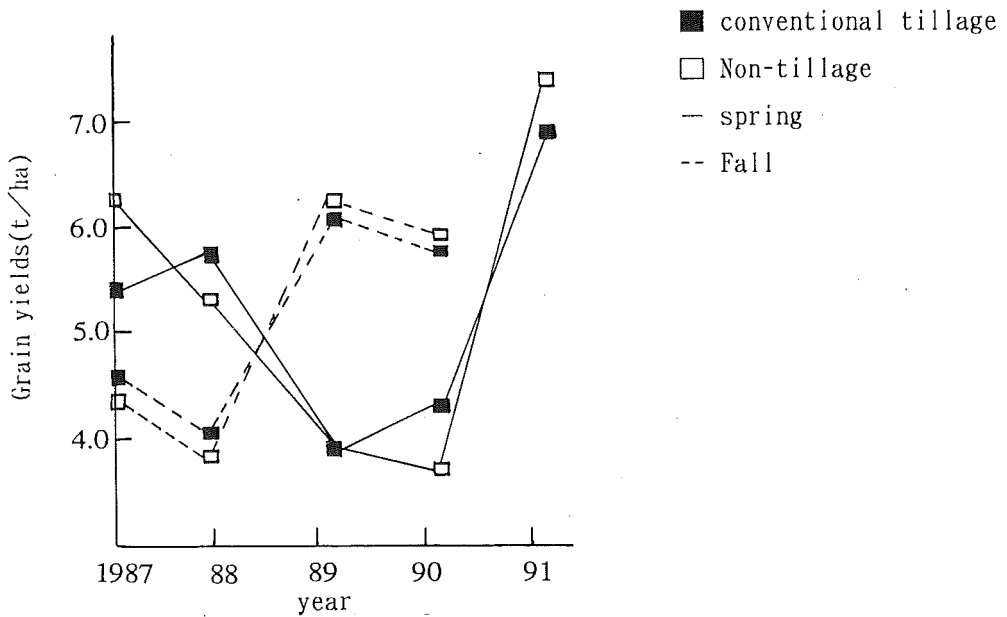
圖八、玉米長期不整地栽培對土壤總體密度之影響

Fig. 8. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil bulk density.



圖九、玉米長期不整地栽培對土壤水分含量之影響

Fig. 9. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on the soil moisture content.



圖十、玉米長期不整地栽培玉米產量之影響

Fig. 10. The effect of long-term non-tillage cultivation for corn on grain yield.

吐絲期著穗葉片氮含量

不同耕作方式及氮肥施用量對不同期作玉米葉片氮含量之影響如表二，葉片氮含量因年度期作之不同而異，且變化極大。整地與不整地對葉片氮含量影響不大，影響較大者為氮肥施用量，由表二得知，葉片氮含量有隨著氮肥施用量增加而增高趨勢。

表二、稻田長期整地與不整地及不同氮素施用量對吐絲期著穗葉片氮含量之影響

Table 2. The effect of tillage methods and N rates on leaf nutrient contents at silking stage.

Year	Spring (%)					Fall (%)				
	N ₁ ¹	N ₂	N ₃	Till.	Non-till.	N ₁	N ₂	N ₃	Till.	Non-till.
1987	3.07	3.18	3.18	3.14	3.14	3.39	3.53	3.56	3.42	3.56
1988	3.34	3.53	3.69	3.56	3.48	3.02	3.14	3.29	3.07	3.22
1989 ²	3.04	3.20	3.16	3.18	3.08	*3.07	3.26	3.20	3.24	3.11
1990 ²	2.46	2.78	3.13	2.57	3.00	*2.86	2.80	2.94	2.94	2.79
1991	3.21	3.22	3.24	3.18	3.25	—	—	—	—	—

¹N₁=120 kg/ha, N₂=180 kg/ha, N₃=240 kg/ha。

²Planting in later fall (Fall/Winter) instead of Fall.

玉米子實產量

不同耕作方法對玉米子實產量之影響如表三及表四，不整地處理在第一期作，1987年春作時比整地處理增產14%，爾後均比整地處理減產，分別為1987年秋作 4%，1988年春作 8%，77年秋作8%等，不論整地或不整地處理，似有因連作之關係而減產趨勢(圖十)，其公頃產量由1987年春作之5.4公噸(整地)及6.2公噸(不整地)，降至1990年春作之4.3公噸(整地)及 3.7公噸(不整地)。1989及1990年秋作因颱風豪雨，改種於秋裡作，其產量回升至6.0公噸左右，又1991年春作，因長期乾旱情形，在適當之灌溉下其產量高達7.3公噸以上，未受連作之影響，其主要原因可能與土壤水分之變動有關，影響土壤水分變動之主要原因為降雨量，由於降雨量多時，土壤充分吸收水分後造成浸水狀態後容易缺氧，導致根部發育不良，使玉米減產，(5,9)。又據李(1)指出轉作田玉米產量與田間容水量有顯著負相關關係，但關係並不明確，主要是受氣候之影響。氮素施用量對玉米產量之效果，因年度期作之不同表現亦異，由表三及表四顯示，春作整地栽培玉米氮素適用量為120—180kg/ha，不整地玉米為180—240 kg/ha，而秋作及秋裡作整地氮素用量同春作，不整地者以180 kg/ha為適量，總體而言不論期作或耕作方法均以180 kg/ha為合理。

表三、稻田長期整地與不整地及不同氮素施用量對春作玉米產量之影響

Table 3. The effect of long-term tillage methods and N rates on yields of spring corn.

Year	Tillage (t/ha)				Non-tillage (t/ha)				Mean (t/ha)		
	N ₁ ¹	N ₂	N ₃	Mean	N ₁	N ₂	N ₃	Mean	N ₁	N ₂	N ₃
1987	4.75	5.65	5.82	5.41	6.14	6.03	6.29	6.15	5.45	5.84	6.06
Index	84	100	103	100	102	100	104	114	93	100	104
1988	6.05	5.84	5.86	5.92	5.48	5.54	5.25	5.42	5.77	5.69	5.56
Index	104	100	100	100	99	100	92	95	101	100	98
1989	4.00	3.99	3.83	3.94	3.63	3.99	4.24	3.95	3.82	3.99	4.04
Index	101	100	97	100	91	100	106	100	96	100	101
1990	4.55	4.26	4.23	4.35	3.31	4.03	3.62	3.65	3.93	4.15	3.93
Index	106	100	99	100	82	100	90	84	95	100	95
1991	6.98	7.55	7.48	7.34	7.49	7.87	7.87	7.74	7.24	7.71	7.68
Index	93	100	99	100	95	100	100	105	94	100	100

¹The same as table 2.

表四、稻田長期整地與不整地及不同氮素施用量對秋作(秋裡作*)玉米產量之影響

Table 4. The effect of 2 tillage methods and N rates on yields of fall corn.(or fall/winter*)

Year	Tillage (t/ha)				Non-tillage (t/ha)				Mean (t/ha)		
	N ₁ ¹	N ₂	N ₃	Mean	N ₁	N ₂	N ₃	Mean	N ₁	N ₂	N ₃
1987	4.53	4.39	4.51	4.48	4.48	4.31	4.17	4.32	4.51	4.35	4.34
Index	103	100	103	120	104	100	97	96	104	100	100
1988	4.11	4.43	4.18	4.24	3.94	4.25	3.50	3.80	4.37	4.34	3.84
Index	93	100	94	100	93	100	82	92	93	100	88
1989*	6.27	5.87	5.85	6.00	6.05	6.17	6.30	6.17	6.16	6.02	6.08
Index	107	100	100	103	98	100	102	103	102	100	101
1990*	5.67	6.09	5.86	5.80	6.12	5.73	6.18	6.01	5.90	5.91	5.92
Index	93	100	93	100	107	100	108	104	100	100	100

¹The same as table 2.

氣候對玉米生長之影響

臺東地區氣候條件適合玉米栽培，唯每年6月-10月為颱風季節，在75-80年間颱風頻度發生最多之月份為7及8月其次為9月，且每次颱風來襲均夾帶大量雨水，造成土壤表面長時間積水現象，導致夏作或秋作玉米發芽或初期生育遭遇嚴重之受害，造成缺株或枯萎導致廢棄。因此臺東地區7-9月間，由於颱風及雨季之關係除夏作及秋作玉米不適合栽培外，適合春作及秋裡作玉米栽培，其產量高低順序為秋裡作>春作>秋作，春作玉米最適合播種期為二月下旬至3月上旬，而秋裡作為10月上旬。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會試驗計畫 77 農建-7.1-糧-28，78農建-7.1-糧-13，79農建-7.1-糧-17，80農建-7.1-糧-35，81農建-12.2-糧-29，經費補助，謹此誌謝。

參 考 文 獻

1. 李子純 1988 稻田轉作玉米土壤肥力限制因子之改良研究 p.1-11 土壤肥料試驗報告(75年度)。
2. 林滄澤 1988 轉作什糧作物長期肥培管理試驗 p.12-24。土壤肥料試驗報告(75年度)。
3. 連 深 1988 轉作田玉米整地與不整地及肥料深施效果試驗 p.25-37 土壤肥料試驗報告(75年度)。
4. 陳世雄 楊策群 朱德民 1987 玉米浸水情況下發芽障礙之改進 p.18-36 土壤肥料試驗報告(74年度)。
5. 陳世雄 楊策群 朱德民 1990 轉作玉米田土壤因素對產量之影響 p.45-53 土壤肥料試驗報告(78年度)。
6. 陳世雄 1992 轉作玉米灌溉水及氮素利用效率 I·玉米在紅壤及砂質沖積土轉作田之灌溉水利用 p.38-46 土壤肥料試驗報告(80年度)。
7. 陳世雄 1992 轉作玉米灌溉水及氮素利用效率 II·春作玉米在乾旱情況下之灌溉水及氮素利用率 p.47-57 土壤肥料試驗報告(80年度)。
8. 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。
9. 蔡東耀 1990 深層翻土改良土壤排水和壓實的效果 國立中興大學土壤研究所碩士論文。

10. 謝元德 李文輝 邱素鄉 1992 不同輪作制度對土壤肥力與作物產量之長期影響 p.1-9 土壤肥料報告試驗(80年度)。
11. 蘇楠榮 王錦堂 吳懷國 1991 台灣多作制度對土壤肥力及作物之影響 p.1-27 輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討會論文專輯。
12. 中央氣象局 1988 颱風百問。
13. Blevins, R.L., G.W. Tomas, and P.L. Cornelius. 1977. Influence of No-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agro. J.* 69:383-386。
14. Fox, R.H., and L.D. Hoffman, 1981. The effect on fertilizer source on grain yield, N uptake, soil pH, and lime requirement in no-till corn. *Agro. J.* 73: 891-895.
15. Lal, R. 1976. No-tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria soil. *Sci. Soc. Am. J.* 40:762-768.
16. Moschler, W.W., D.C. Martens, and G. M. Shear. 1975. Residual fertility in soil continuously field cropped to corn by conventional tillage and no-tillage methods. *Agro. J.* 67:45-48.
17. Phillips, R. E., R. L. Blevins, G. W. Thomas, W. W. Frye, and S. H. Phillips. 1980. NO-tillage agriculture. *Science* 208:1108-1113.
18. Triplett, G.B. Jr., and D.M. Van Doren, Jr. 1969. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agro. J.* 61:637-639.
19. Triplett, G.B. Jr., D.M. Van Doren, Jr., and B.L. Schmidt. 1968. Effect of corn stover Mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. *Agro. J.* 60:236-239.

The Influence of Long-term Non-tillage Cultivation on Soil Fertility and Corn Yield on Paddy Field

Mor-Shen Chang and Tai-Chun Chou¹

Abstract

The changes of soil fertility and corn yield under long-term non-tillage continuous corn cultivation on paddy field had been studied for 5 years initiated from 1987. The purpose of this study was to compare the effect of non-tillage and conventional tillage of corn on certain chemical and physical properties of the soil and corn yield. A field experiment was initiated in 1987, two crops each year on schist alluvial soil, moderately shallow (>60 cm), imperfect drainage, silt loam (F.C.C.Le) at Taitung. After five years experiment, the soil pH was declined from 7.2 to 6.7 in both tillage and non-tillage treatments, especially, it was lowered by increasing N rates. The soil organic matter content was higher than that was beginning. Available had accumulated from 326Kg/ha to 503-577Kg/ha. Available CaO and MgO content trended to lower from beginning under both tillage treatments. The change of soil bulk density in both treatments were the same as beginning.

Corn yield of the first crop (Spring corn) from non-tillage increased by 14% as comparison to conventional tillage in 1987, while afterward higher in conventional tillage. Most of seasonal crops, the yields seemed to decrease due to continuous cultivation except fall/winter crop in 1989 and 1990 and spring crop in 1991.

Corn yields in fall/winter crop of 1989 and 1990 and spring crop of 1991 had risen to 6 t/ha due to reasonable irrigation under arid condition which were higher in non-tillage treatments. The effects of nitrogen rates on corn yields were diverse from years and cropping seasons. According to the result obtained from this experiment, it is suggested that 120~180Kg N/ha was better for conventional tillage treatment in spring, fall and fall/winter corn, and 180~240 Kg N/ha was better for non-tillage treatment in spring corn. In generally, 180 Kg N/ha was reasonable for corn yields in all seasons.

Key words : Corn, Tillage, Non-tillage, Soil fertility, Nitrogen effect.

¹Associate Soil Scientist and Assistant of Taitung DAIS.