

# 施用雞糞堆肥對轉作田土壤及作物氮素動態之影響<sup>1</sup>

蔡永暉<sup>2</sup>

## 摘 要

施用雞糞堆肥與化學N肥於屏東稻作轉作田，觀察土壤中氮素轉化及作物吸收情形，並了解相互的交感效應及施肥效率，提供為有機農業應用上之參考。

秋作甜玉米產量結果顯示，每公頃施用堆肥0、5、10、15噸，鮮穗玉米產量均有極顯著的差異，而每公頃施用化學氮素0、75、150、225公斤亦有顯著差異，但兩者之間(雞糞堆肥與化學氮肥)第一年沒有交感效應，第二年才顯出交感效應，顯示不施化學氮肥下，堆肥用量應增加，但高學化氮肥下，堆肥效果不明顯。在十六種肥料組合中，產量最高的處理是 $N_{150}M_{10}$ 比對照組合 $N_0M_0$ 增產24~29%。缺肥區作物已吸收氮素的生產效率(NE值)為最高，隨土壤施用氮肥越多，作物的NE值越低。傳統雙期水田轉作為單期水田後，土壤有機質含量第一年由3.72%降為3.29%，第二年再降至3.19%。在土壤有機質含量減低的情況下，原有土壤的氮素礦化潛能( $N_0$ )亦降低，釋出的有效性氮量不敷支出，導致低氮區第二年作物NE值、氮素吸收率、及氮素施用效率均比第一年為高。堆肥的肥效很長且效果佳，施用後隔年土壤無機態氮素含量及氮素吸收效率均明顯增加；施用量每年每公頃達8噸時，土壤有機質含量及土壤有效氮素指標 $N_0$ 值亦可達平衡，且土壤剖面及鮮穗玉米硝態氮含量亦不構成安全威脅。惟若以氮素利用效率觀點，轉作田堆肥施用量，每年每公頃仍應低於5噸，較符合投資報酬率。

關鍵字：轉作田，秋作甜玉米，雞糞堆肥，氮素礦化率，氮素效率，土壤有機質

## 前 言

雞糞堆肥是含氮甚高的物質，當考慮施用於農地時，其高氮素含量是一項主要考慮的因子。但因其可能成為作物的氮素來源，亦可能成為硝酸態氮污染地下水源，有利也有弊。假設雞糞含氮量為3%，一公頃農地每期作施用5公噸，其加入的氮素量高達每公頃150公斤，幾乎相當於每期作植物吸收的總量。當然，它的有效性並非全氮含量所能表示的，它與有機氮素在土壤中的轉化和移動速率有關。為了能估計施用量對土壤養份供應及污染潛能的影響，本試驗以數量化的觀點，探討雞糞堆肥施用土壤後氮素的吸收效率與動態變化。

堆肥的有機氮素礦化後，方能被植物吸收利用，因此，堆肥的氮素礦化速率是關

1.本計畫承農委會經費補助(80農建-7.1-糧-35，及81農建-12.2-糧-29)，特此致謝。

2.高雄區農業改良場澎湖分場副研究員兼分場主任



鍵因子。Pratt等(1973) 研究指出鮮雞糞的礦化序列(Decay series)是0.90, 0.10, 0.05, 亦即90%在施用後第一年被礦化釋出, 其餘殘質中的10%在第二年礦化釋出, 而第二年殘質中的 5%在第三年之後才被礦化出來。他們認為雞糞的高礦化率, 是因富含尿素和尿酸等容易分解的氮源, 效果如同無機氮肥。若將雞糞經過堆肥化處理, 再施用於農田, 則其礦化序列為0.35, 0.15, 0.10, 0.05, 其速效能力減弱, 但緩效能力增強, 為優良的緩效性氮肥。另外, Turner(1976)指出鮮雞糞第一年的有效係數為0.75, 而翻堆過的雞糞堆肥為0.60, 顯示肥效仍有差異。

農田大量施用堆肥, 是否會產生 $\text{NO}_3\text{-N}$ , 污染地下水源或者引起動物疾病。依據 Garner(1958)報告, 牧草中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量超過0.1%(鮮重)以上時, 乳牛的鮮奶產量明顯下降, 且發生維他命A缺乏症。在 Mathers(1970、1972、1975)的試驗中發現玉米田施用堆肥達22t/ha時, 土壤剖面中並沒有過量 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的累積, 但施用量達224t/ha時, 土壤剖面180公分內累積的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 達1200kg/ha。Marriott和Bartlett(1972)在賓州亦發現堆肥施用量超過17t/ha以上時, 土壤剖面內就可能出現 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的累積。顯示土壤剖面性質與堆肥用量均影響 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的累積。

以上之研究係以旱田狀況為主, 而臺灣農地以水旱田輪作為主, 且目前正進行稻田轉作, 因此本研究在轉作田情況下, 進行雞糞堆肥與化學氮肥用量的田間試驗, 探討肥料種類的主效應及交感效應, 並探討施肥效率及環境中氮素的動態, 供為轉作田或有機農田肥培管理之參考。

## 試驗材料與方法

本試驗自民國79年7月起至民國81年10月止, 連續二年於屏東縣萬丹一處中性坩質壤土舉行田間試驗。試區土類為粘板岩老沖積土, 土系及土型為Cd7。供試期作及作物品種為秋作甜玉米(Honey 236)。供試材料有雞糞堆肥(O.M. 60%、N 1.5%、P 0.82%、K 1.74%、pH 6.4、EC(1:5) 12.7ms/cm、水份 38%), 三要素肥料(硫酸銨、過磷酸鈣、氯化鉀)。本試驗採用裂區設計, 主區四個化學氮肥用量(0、75、150、225kg N/ha), 副區四個雞糞堆肥用量(0、5、10、15t/ha), 四重覆, 計64小區, 每小區 $3\text{m} \times 10\text{m} = 30\text{m}^2$ 。雞糞堆肥於玉米播種前一日, 全部當基肥撒施土壤中。化學肥料之施用, 氮鉀肥各50%及磷肥全量當基肥使用, 其餘氮鉀肥於播種後四星期時作追肥施用。化學磷鉀肥( $\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ )施用量為80:80kg/ha。第一年甜玉米於民國79年10月13日播種, 80年元月3日收穫, 生育日數82天。第二年於民國80年10月12日播種, 81年元月27日收穫, 生育日數107日。調查項目有產量(農藝性狀及產量構成因素)、土壤及植物體分析。其中土壤分析有pH值(1:1水土比)、O.M. (比色法, 用重鉻酸鉀及濃硫酸為氧化劑)、TKN(以Salicylic Acid-Thiosulfate 試劑修正的Kjeldahl法分解, 用擴散法測定)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3\text{-N}$ (以2MKCl 萃取)、有效性P(Bray NO. 1) 及有效性K(Mehlich法); 植物體分析包括N (以濃硫酸消化分解後, 用擴散法測定)、P、K(以硝酸、鹽酸、濃硫酸等三酸混合液分解後, P以鉬黃法定量, K以焰光分析法定量)、及  $\text{NO}_3\text{-N}$ (水浴一小時後以410um波長



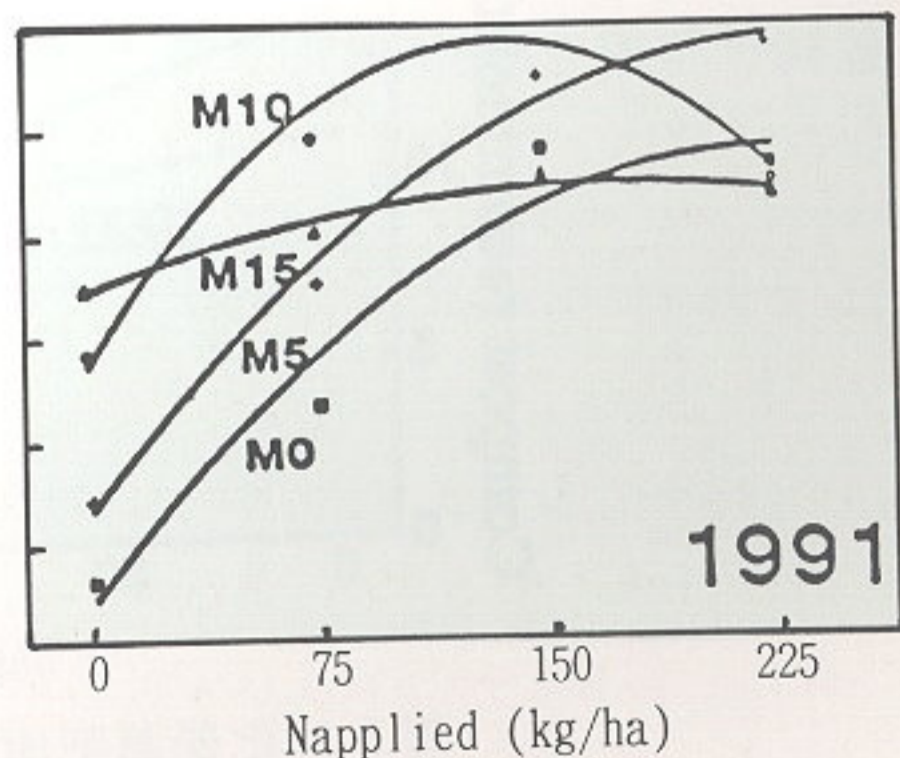
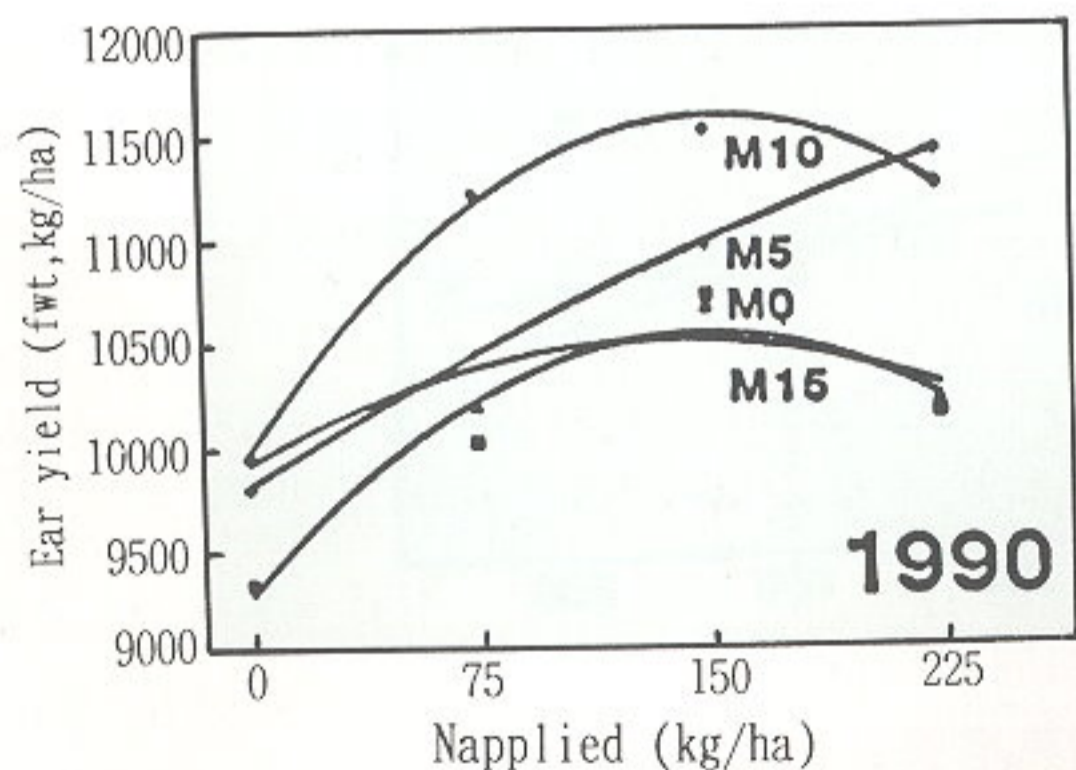
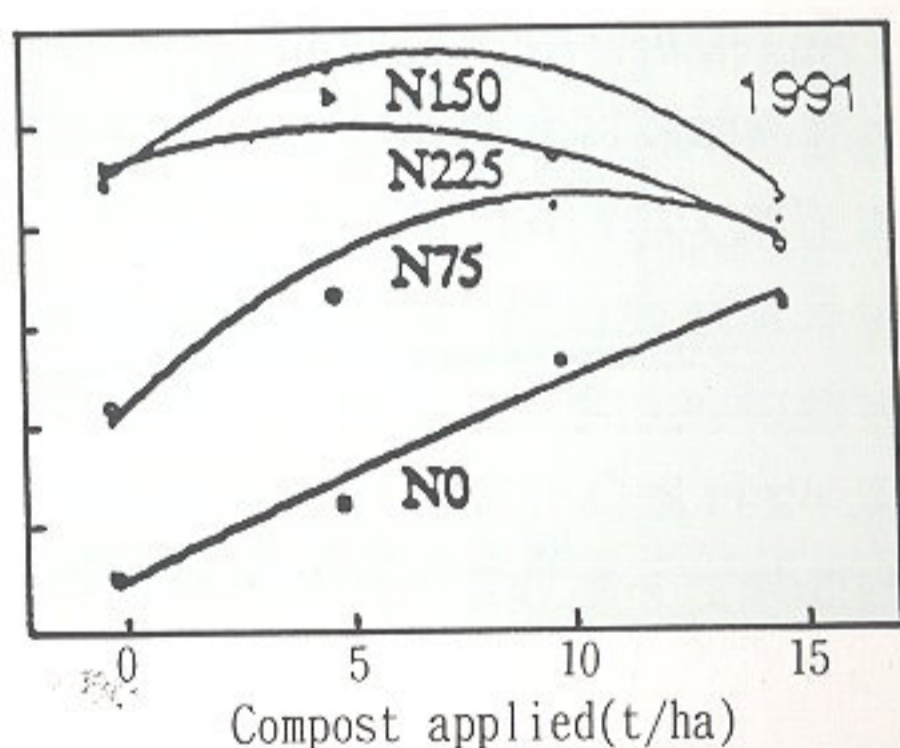
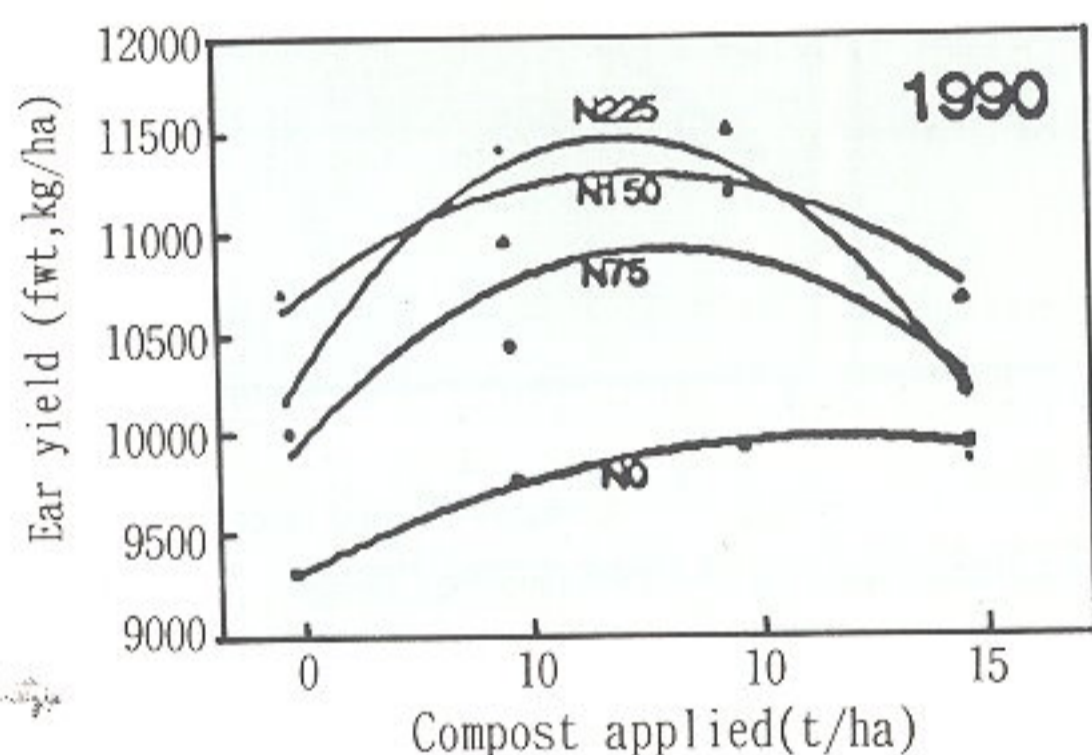
比色。試驗資料的運算、統計及繪圖分別以商用軟體Lotus、Sas、及Freelance執行。

## 結果與討論

### 一、甜玉米產量

化學氮肥及雞糞堆肥對秋作甜玉米產量之主效應及交感效應分別示於圖1、2、3及表1。

二年試驗結果顯示，化學氮肥與雞糞堆肥之主效應對甜玉米產量均有顯著之影響。化學氮肥用量處理間，每公頃以施用氮 150公斤的產量最高，平均鮮穗產量比不施化學氮肥區，二年來分別增產13%及15%。若施用量達 225公斤時，產量反而降低，顯示過量的化學氮肥對產量無益，反而徒增肥料的浪費。雞糞堆肥用量處理間，每公頃以施用10噸的產量最高，二年分別增產9%及7%，若施用量增至15t/ha時，產量不增反降，顯示堆肥用量仍受限制。





化學N肥×雞糞堆肥對產量之交感效應，二年的結果不一致，第一年沒有交互效應，而第二年有顯著交互效應，顯示不施化學氮肥下，甜玉米產量隨堆肥施用量之增加而增加；但在高化學氮肥下，堆肥效果降低。堆肥的肥效很長，在長期施用後氮素的有效性會增加。惟值得注意的是，各處理的肥效反應，第二年均比第一年為佳，其中究竟是土壤缺氮導致施肥效應明顯，或是堆肥氮素的殘效影響土壤無機氮的供應，實有深入探討之必要。在十六種肥料組合中，二年來鮮穗產量最高的處理是 $N_{150}M_{10}$ 比對照處理 $N_0M_0$ 增產24~29%，顯示混合肥料處理比單一肥料處理為佳。若以最高產量的迴歸線分析，每年每公頃施用化學氮素150公斤，配合施用雞糞堆肥8噸，可獲得最高產量。

圖 1 化學氮肥與雞糞堆肥對秋作甜玉米鮮穗產量之影響

Fig. 1 Effect of N fertilizer and chicken compost on yield of sweet corn

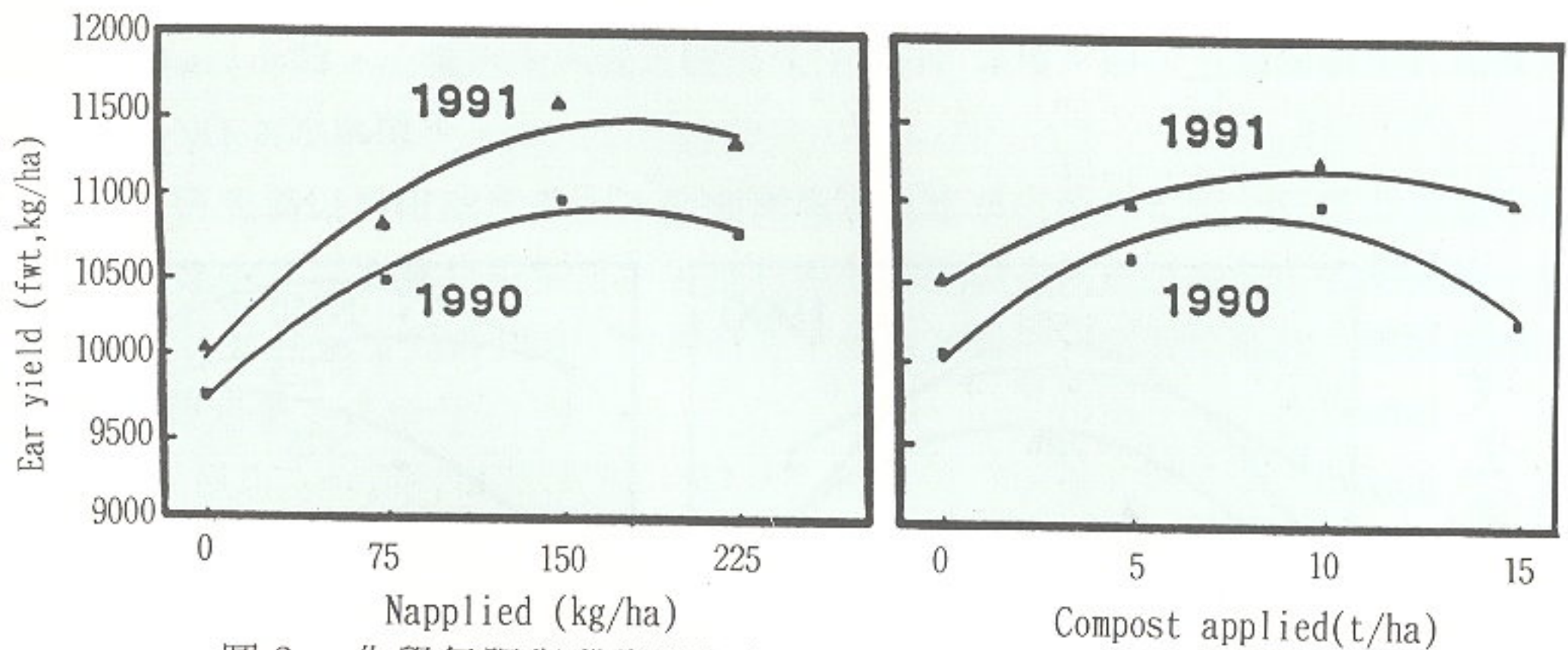


圖 2 化學氮肥與雞糞堆肥對秋作甜玉米鮮穗產量之影響

Fig. 2 Effect of N fertilizer and chicken compost on yield of sweet corn

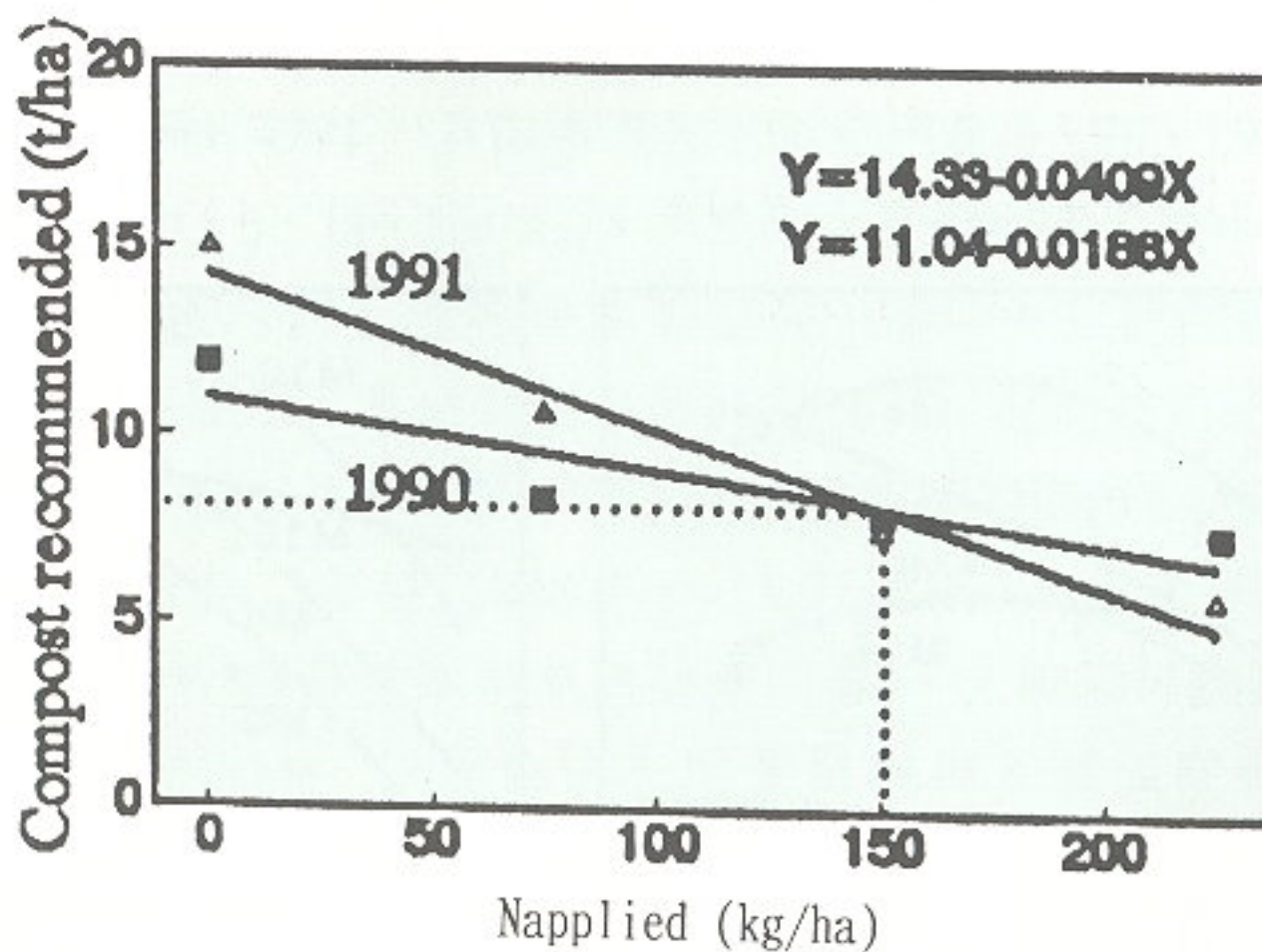


圖 3 化學氮肥與雞糞堆肥對產量之交感效應  
(由各氮肥處理最高產量之迴歸線求得)

Fig. 3 Intercation of N fertilizer and chicken compost on yield of sweet corn



表 1 1990及1991年甜玉米產量變方分析表

Table 1 ANOVA analysis

Source of variation	1990		1991	
	F-value	Pr > F	F-value	Pr > F
REP	7.81**	0.0004	13.26**	0.0001
N	4.31*	0.0383	5.12*	0.0244
M	12.21**	0.0001	4.78**	0.0067
N×M	1.64	0.1399	2.30*	0.0367

### 二氮素施用效率

雞糞堆肥與化學氮肥的氮素吸收率、已吸收氮素的生產效率(NE)、及施用效率如表 2 及表 3 所示。其中NE值乘以植株全氮量等於子實乾物重；氮素吸收率由下式內求得，植株全氮量=(由土壤中吸收的氮量)+(化氮施用量×化氮吸收率)+(堆氮施用量×堆氮吸收率)；而氮素施用效率則等於NE值乘以氮素吸收率(Lian 1991)。

各處理NE值第二年均大於第一年，尤其無肥區第二年增幅最大，由17.2kg/kgN上升至21.8kg/kgN，顯示在缺肥下，土壤礦化氮量不敷支出，因而氮素的利用效率較高。隨著施氮量增加，作物的NE值遞減，氮素的利用率降低。以第二年為例，無肥區NE值是21.8kg/kgN，施用化學氮肥150kgN/ha後，降至19.6kg/kgN，再加施雞糞堆肥15t/ha後，NE值減至13.6kg/kgN。雞糞堆肥的氮素吸收率，第一年約有9-19.8%的氮被作物吸收，第二年有33.6-47.2%被吸收；而化學氮肥的氮素吸收率，第一年為4.7%，第二年為17.3%，遠低於雞糞堆肥。若改善施肥方法，應可再提高氮素吸收率，並降低氮肥施用量。

目前市售甜玉米價格每公斤約35元，換算成乾物重每公斤為233元。而雞糞堆肥換算成有機氮素，價格成本約每公斤氮857元。若略去運費及工資不計，氮素施用效率應在3.68kg/kgN以上才足以收支平衡。本試驗中第一年氮素利用效率均在3.25kg/kgN以下，因此不符合投資效益。第二年氮素施用效率提高，每公頃施用5噸，效率可高達7.92 kg/kgN，符合投資報酬率。



表 2 秋作甜玉米(Honey 236)氮肥的使用效率 (1990)

Table 2 Efficiency of N fertilizer for sweet corn at fall season

Treat- ment	N applied		Yield dry-w (kg/ha)	Plant-N (kgN/ha)	NE (kg/kgN)	N-absorbed		Nitrogen efficiency (kg/kgN)
	F-N (Kg N/ha)	M-N				M-N (%)	F-N (%)	
NoMo	0	0	1544	89.6	17.2	--	--	--
NoM5	0	46.5	1615	98.8	16.4	19.8	--	3.25
NoM10	0	93.0	1679	104.2	16.1	15.7	--	2.53
NoM15	0	139.5	1630	113.5	14.4	17.1	--	2.46
N150Mo	150	0	1681	96.6	17.4	--	4.7	0.82
N150M5	150	46.5	1748	100.8	17.3	9.0	--	1.56
N150M10	150	93.0	1781	107.0	16.6	11.2	--	1.86
N150M15	150	139.5	1760	119.4	14.7	16.3	--	2.40

表 3 秋作甜玉米(Honey 236)氮肥的使用效率 (1991)

Table 3 Efficiency of N fertilizer for sweet corn at fall season

Treat- ment	N applied		Yield dry-w (kg/ha)	Plant-N (kgN/ha)	NE (kg/kgN)	N-absorbed		Nitrogen efficiency (kg/kgN)
	F-N (Kg N/ha)	M-N				M-N (%)	F-N (%)	
NoMo	0	0	1408	64.48	21.8	--	--	--
NoM5	0	46.5	1637	86.45	18.9	47.2	--	8.92
NoM10	0	93.0	2008	102.47	19.6	40.8	--	8.00
NoM15	0	139.5	1729	111.33	15.5	33.6	--	5.21
N150Mo	150	0	1772	90.40	19.6	--	17.3	3.39
N150M5	150	46.5	1911	111.93	17.1	46.3	--	7.92
N150M10	150	93.0	2163	123.38	17.5	35.5	--	6.21
N150M15	150	139.5	1959	144.37	13.6	38.7	--	5.26



### 三氮素礦化能量( $N_0$ )及礦化速率( $K$ )

一般獲得 $N_0$ 的方法，大都在實驗室保溫孵育下，定期測定無機氮的釋放與累積量，再套入一次反應方程式而求得。其中是否能真正代表田間有機氮之礦化量不無疑問。故本文以實際田間測得的無機氮(表4)加上植株全氮量(表5)，用以代表全礦化量，並以下列一次反應方程式，求取各處理有機氮之礦化潛能( $N_0$ )及礦化速率( $K$ )。

設若有機氮係以一次反應之速率礦化，則其數字模式可表示如下，即

$$N_t = N_0[1 - \exp(-Kt)] \quad (1)$$

式中 $N_t$ 表時間 $t$ 內礦化氮總量， $N_0$ 表氮礦化潛能， $K$ 表一次反應常數，設若一段時間 $i$ 內，有機氮之礦化總量為 $\Delta N$ ，即 $\Delta N = N_{t+i} - N_t$ ，亦即

$$\begin{aligned} \Delta N &= N_0\{1 - \exp[-K(t+i)]\} - N_0[1 - \exp(-Kt)] \\ &= N_0 \exp(-Kt)[1 - \exp(-Ki)] \end{aligned} \quad (2)$$

上式兩邊取自然對數，得：

$$\ln \Delta N = \ln N_0 + \ln[1 - \exp(-Ki)] - Kt \quad (3)$$

若 $i$ 為常數(如一週)，則 $\ln N_0 + \ln[1 - \exp(-Ki)]$ 為常數。亦即若 $\ln \Delta N$ 與 $t$ 作圖，(3)式代表一直線，其斜率為 $-K$ 。以此法可求得一次反應常數 $K$ ，進而可求得 $N_0$ 。此法比Stand-ford and Smith(1972)方式求得 $N_0$ 之好處，在於作圖時可檢驗有機質礦化是否符合一次反應之行爲。

根據上述方法發現土壤施用堆肥後，其有機氮之礦化並不完全遵照一次反應進行(圖4)。以每公頃施用堆肥10公噸為例，約僅從2-11週之礦化類似一次反應，2週以前之礦化遠較2週後為快。但因2-11週為有機氮礦化之主要時間，故以之代表礦化潛能仍有相當代表性。表6即是以此求得各處理的 $K$ 與 $N_0$ 值。

由於土壤全氮含量不足以代表土壤氮素之有效性，一般皆以所求得的氮素礦化能量( $N_0$ )用為土壤氮素有效性的指標。在不施化 $N$ 下，堆肥每公頃施用5、10、15噸，其 $N_0$ 的淨差值分別為7、85、131公斤，佔全氮中之15%、91%、94%。可見堆肥用量增加，對有機氮之礦化有促進作用。而對照土壤之 $N_0$ 為354kg/ha，以土壤全氮4000kgN/ha計算，約佔土壤全氮9%，顯示土壤施用堆肥後礦化作用亦增強。年度間 $N_0$ 的比較，施用堆肥每公頃10噸以下時， $N_0$ 值逐年下降，若施用量達10噸以上，則 $N_0$ 值逐年增加，顯示每公頃施用堆肥10噸是年度間 $N_0$ 值上升或下降的臨界點。此與轉作田土壤有機質含量達成平衡點有密切關連。另根據 $K$ 值計算，堆肥有機氮素礦化之半衰期約在2-4週之間，這與一般緩效性氮肥的釋放速率相當。若施用時機適宜則雞糞堆肥仍是理想的氮素肥料。



表 4 秋作甜玉米生育期間土壤無機氮含量之變化( $\text{NO}_3\text{-N}$ 及 $\text{NH}_4\text{-N}$ )

Table 4 Soil inorganic N content during growing period

Treat-ment	Soil inorganic N content					
	0W	1W	2W	4W	8W	11W
1990, (kgN/ha)						
N <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	32.26	51.72	60.97	75.02	73.74	56.02
N <sub>0</sub> M <sub>5</sub>	40.20	59.62	77.02	88.71	84.26	71.42
N <sub>0</sub> M <sub>10</sub>	44.01	69.60	90.83	101.44	89.97	79.02
N M	56.95	81.90	103.58	117.51	107.04	94.69
1991, (kgN/ha)						
N <sub>150</sub> M <sub>0</sub>	61.14	98.35	92.98	109.58	94.74	74.57
N <sub>150</sub> M <sub>5</sub>	73.17	103.70	113.74	124.06	102.18	86.69
N <sub>150</sub> M <sub>10</sub>	89.02	129.76	131.58	144.14	125.54	107.34
N <sub>150</sub> M <sub>15</sub>	99.52	135.44	152.83	155.43	162.15	135.24
1991, (kgN/ha)						
N <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	40.18	53.40	58.81	68.58	61.47	54.04
N <sub>0</sub> M <sub>5</sub>	49.60	65.29	74.73	92.39	79.92	62.79
N <sub>0</sub> M <sub>10</sub>	58.00	85.83	93.96	124.50	110.77	95.10
N <sub>0</sub> M <sub>15</sub>	67.35	96.54	111.49	142.29	137.00	104.20
1991, (kgN/ha)						
N <sub>150</sub> M <sub>0</sub>	57.95	69.12	78.24	90.75	89.54	68.64
N <sub>150</sub> M <sub>5</sub>	65.40	78.02	89.13	107.55	100.54	74.24
N <sub>150</sub> M <sub>10</sub>	76.07	95.83	113.52	138.90	133.73	98.58
N <sub>150</sub> M <sub>15</sub>	90.13	117.19	136.96	161.04	158.49	123.97

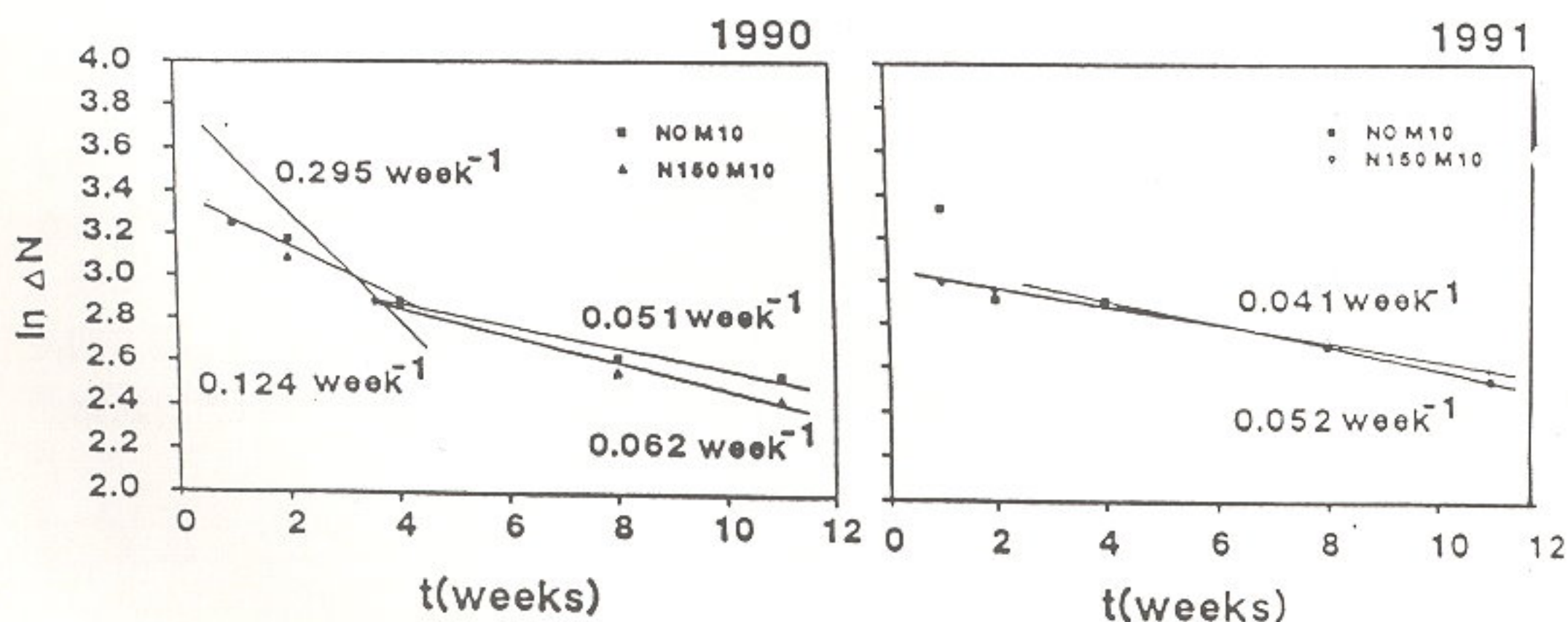


圖 4 氮礦化量之自然對數與礦化時間的關係 (堆肥用量10噸)

Fig. 4 Amount of N mineralized with time after application



表 5 秋作甜玉米生育期間植株全氮含量之變化

Table 5 Changes of total plant N content during growing period

Treat-ment	Total plant N content					
	0W	1W	2W	4W	8W	11W
1990, (kgN/ha)						
No M <sub>0</sub>	0	0.15	0.79	12.58	50.82	89.60
No M <sub>5</sub>	0	0.15	0.98	14.08	57.11	98.75
No M <sub>10</sub>	0	0.15	1.10	14.21	63.85	104.16
No M <sub>15</sub>	0	0.15	1.25	14.85	72.39	113.45
1991, (kgN/ha)						
No M <sub>0</sub>	0	0.14	0.68	4.93	38.55	64.48
No M <sub>5</sub>	0	0.15	0.69	5.57	43.98	86.45
No M <sub>10</sub>	0	0.17	0.79	6.72	65.91	102.47
No M <sub>15</sub>	0	0.19	1.04	8.44	76.29	111.33
No M <sub>0</sub>	0	0.18	0.75	4.86	42.33	90.40
No M <sub>5</sub>	0	0.16	0.96	6.10	55.70	101.93
No M <sub>10</sub>	0	0.18	1.03	8.94	64.24	123.38
No M <sub>15</sub>	0	0.21	1.11	10.05	85.15	144.37

表 6 各處理之氮素礦化潛能(N<sub>0</sub>)及速率常數(K)

Table 6 Potential N<sub>0</sub> and K values of N mineralization for treatments

Treat-ment	1990		1991		Avg.	
	K(week)	N(kg/ha)	K(week)	N(kg/ha)	K(week)	N(kg/ha)
No M <sub>0</sub>	0.042	394	0.032	314	0.037	354
No M <sub>5</sub>	0.055	388	0.043	334	0.049	361
No M <sub>10</sub>	0.051	436	0.052	442	0.052	439
No M <sub>15</sub>	0.046	504	0.061	465	0.054	485
No M <sub>0</sub>	0.064	317	0.004	n.s	0.034	n.s
No M <sub>5</sub>	0.066	320	0.025	n.s	0.046	n.s
No M <sub>10</sub>	0.062	366	0.041	519	0.052	443
No M <sub>15</sub>	0.063	455	0.038	665	0.051	460



#### 四土壤有機質含量之變化

本試驗田原為傳統的雙期作水田，經轉作為單期水田的輪作模式。根據本場轉作田連續五年的試驗結果 (蔡 1993)，轉作後土壤有機質含量顯著降低，若僅將作物殘體犁入土中，則五年內土壤有機質含量仍無法停止下降。在本試驗中，每公頃施用堆肥 10 噸後，即可發現土壤有機質含量，在第二年已不再降低，亦即土壤的平衡點已經達成 (表 7 及表 8)。而達成平衡點的堆肥用量，與維持土壤  $N_0$  值的用量亦相同，顯示若欲維持土壤肥力，轉作田堆肥用量每公頃約為 10 噸。

表 7 歷年秋作甜玉米播種前(10月份)土壤 pH 與有機質含量之變化

Table 7 Soil pH and O.M. content before planting each year

Treat -ment	pH			O.M. (%)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
$M_0$	6.52	6.85	6.78	3.72	3.37	3.39
$M_{150}$	6.52	6.74	6.85	3.72	3.34	3.33
$M_0$	6.52	6.73	6.80	3.72	3.29	3.19
$M_5$	6.52	6.89	6.84	3.72	3.31	3.24
$M_{10}$	6.52	6.75	6.79	3.72	3.37	3.36
$M_{15}$	6.52	6.81	6.83	3.72	3.47	3.58

表 8 歷年秋作甜玉米收穫後(1月份)土壤 pH 與有機質含量之變化

Table 8 Soil pH and O.M. content after harvest each year

Treat -ment	pH		O.M. (%)	
	1991	1992	1991	1992
$M_0$	6.63	6.84	3.82	3.87
$M_{150}$	6.59	6.68	3.75	3.84
$M_0$	6.68	6.76	3.65	3.56
$M_5$	6.74	6.86	3.67	3.67
$M_{10}$	6.53	6.65	3.83	3.87
$M_{15}$	6.51	6.75	4.00	4.15



五土壤剖面與植體NO<sub>3</sub>-N含量變化

施用大量堆肥，是否會造成NO<sub>3</sub>-N在土壤剖面累積或植株吸收過量。表9與表10結果顯示，表土(0-30cm)NO<sub>3</sub>-N含量隨堆肥用量增加而遞增。但土深達50公分以上時，NO<sub>3</sub>-N含量顯著降低，且處理間已沒有顯著差異，即礦化的NO<sub>3</sub>-N受淋洗到底層的量不多，對地下水源NO<sub>3</sub>-N的污染應不致構成太大問題。另根據植體NO<sub>3</sub>-N分析，新鮮玉米粒NO<sub>3</sub>-N含量，處理間亦沒有顯著差異，以乾重為基礎，其含量約在1150-1200ugN/g之間，若以Garner(1958)牧草的標準來評定，其對環境與食品安全不會造成危害。

表9 秋作甜玉米採收後土壤剖面NO<sub>3</sub>-N含量變化 (第一年)

Table 9 Nitrate-N content in soil after harvest (1991)

Treat -ment	Soil depth (cm)				
	0-15	15-30	30-50	50-70	70-120
	—ugN/g—				
N <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	23.31	9.81	5.05	3.71	0.71
N <sub>0</sub> M <sub>5</sub>	26.58	11.07	6.05	6.43	2.83
N <sub>0</sub> M <sub>10</sub>	30.46	12.08	11.78	7.29	5.56
N <sub>0</sub> M <sub>15</sub>	37.30	18.44	13.85	5.83	4.17
N <sub>150</sub> M <sub>0</sub>	32.20	10.04	4.49	2.94	0.60
N <sub>150</sub> M <sub>5</sub>	37.24	9.69	4.67	5.82	1.48
N <sub>150</sub> M <sub>10</sub>	45.28	13.78	7.18	6.47	0.81
N <sub>150</sub> M <sub>15</sub>	54.25	19.54	10.89	5.11	2.83

表10 秋作甜玉米採收後土壤剖面NO<sub>3</sub>-N含量變化 (第二年)

Table 10 Nitrate-N content in soil after harvest (1992)

Treat -ment	Soil depth (cm)				
	0-15	15-30	30-50	50-70	70-120
	—ugN/g—				
N <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	20.82	14.22	12.03	2.57	4.22
N <sub>0</sub> M <sub>5</sub>	29.41	15.29	11.89	8.12	4.95
N <sub>0</sub> M <sub>10</sub>	57.98	16.23	6.59	6.18	6.46
N <sub>0</sub> M <sub>15</sub>	71.82	22.53	12.98	12.69	9.73
N <sub>150</sub> M <sub>0</sub>	25.36	10.03	6.52	5.38	4.93
N <sub>150</sub> M <sub>5</sub>	46.49	12.09	7.14	6.79	4.99
N <sub>150</sub> M <sub>10</sub>	64.87	17.10	6.12	5.71	5.40
N <sub>150</sub> M <sub>15</sub>	69.80	18.57	11.98	6.88	4.33



## 參考文獻

1. 陳世雄 · 1992 · 春作玉米在乾旱情況下之灌溉水及氮素利用效率 · 農林廳土壤肥料試驗報告 · 47-57 ·
2. 蔡永暉 · 羅瑞生 · 1992 · 作物順序與殘體利用對輪作系統中作物產量與土壤肥力之影響 · 高雄區農業改良場研究彙報 4(2):27-35 ·
3. Garner, G.B. 1958. Learn to live with nitrates. Mo. Agric. Exp. Stn. Bull. 708.
4. Lian, S. 1991. Efficiency of nitrogen fertilization on upland crops grown in multiple cropping systems in Taiwan. FFTC Extension Bulletin No. 343.
5. Marriott, L.F., and H.D. Bartlett. 1972. Contribution of animal waste to nitrate nitrogen in soil. p. 435-440. In Waste Manage. Res. Proc. 1972 Cornell Agric. Waste Manage. Conf.
6. Mathers, A.C., and B.A. Stewart. 1970. Nitrogen transformations and plant growth as affected by applying large amounts of cattle feedlot wastes to soil. p. 207-214. In Relationship of Agric. to Soil and Water Pollut. Proc. Cornell Agric. Waste Manage. Conf. Rochester, N.Y. 19-21 Jan. 1970.
7. Mathers, L.F., B.A. Stewart, J.D. Thomas, and Blair. 1972. Effects of cattle feedlot manure on crop yields and soil conditions. Texas Agric. Exp. Stn., Res. Center Tech. Rep. On. 11:13.
8. Mathers, L.F., B.A. Stewart, J.D. Thomas. 1975. Residual and annual rate effects of manure and grain sorghum yields. p. 252-350. In Conf. Proc. 3rd Int. Symp. on Livestock Wastes. Am. Soc. of Agric. Eng., St. Joseph, Mich.
9. Pratt, P. F., F. E. Broadbent, and J. P. Martin. 1973. Using organic wastes as nitrogen fertilizer. Calif. Agric. 27(6):10-13.
10. Stanford, G. and S.J. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potential of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36:465-472.
11. Turner, D. O. 1976. Guidelines for manure application in the Pacific Northwest. Coop. Ext. Serv. College of Agric., Wash. State Univ., Pullman, Wash., EM 4009. 25 P.