土壤與環境，民國八十七年九月，第一卷，第三期，第209頁至第226頁
Soil and Environ., September 1998, Vol. 1, No. 3, p209-p226.

施肥對不同生長期玉米生長與植物體中氮組成之影響
Effect of Fertilization on the Growth and Nitrogen Composition of Corn Plant

鍾仁賜[1*] 王俊文[1] 王鐘和[2] 王銀波[3]
Ren-Shih Chung[1*] Chiun-Wen Wang[1] Chong-Ho Wang[2] Yin-Po Wang[3]

ABSTRACT

This experiment was to study the effects of different kinds of fertilizers on the growth, nitrogen uptake, nitrogen composition in various organs of corn plant during growth. The application rates of fertilizers were 140-80-80 (N-P_2O_5-K_2O) kg ha^{-1}. There were seven treatments: 1. check (CK); 2. chemical nitrogen fertilizer plot (Chem-N); 3. compost plot (Comp); 4. compost accompanied with one-third of nitrogen as chemical fertilizer plot (Comp + 1/3 N); 5. compost accompanied with two-thirds of nitrogen as chemical fertilizer plot (Comp + 2/3 N); 6. green manure accompanied with one-third of nitrogen as chemical fertilizer plot (GM + 1/3 N); 7. peat accompanied with one-third of nitrogen as chemical fertilizer plot (Peat + 1/3 N). Corn was sampled at different growth stage. The concentrations of the nitrate nitrogen, insoluble nitrogen, and total nitrogen were analyzed.

The results indicate that application of readily available nitrogen increased corn growth, nitrogen absorption, and the concentrations of different forms of nitrogen in the plant as compared with check plot. The growth and nitrogen absorption of corn plants of the Chem-N treatment were higher than those of the other treatments. The growth and nitrogen absorption of Comp, Comp + 1/3 N, and Comp + 2/3 N treatments increased with the increase of application rate of chemical nitrogen fertilizer. When nitrogen was supplied by organic manure without chemical nitrogen fertilizer, the growth of corn plant was significantly lower than that of the Chem-N treatment. Application of organic manure accompanied with chemical nitrogen fertilizer significantly increased the growth and nitrogen absorption of the corn plants. The growth of corn plants of Peat + 1/3 N treatment was smaller than that of Chem-N treatment. The growth of corn plant of GM + 1/3 N treatment was the same as that of Comp + 2/3 N treated-plot, whose chemical nitrogen application rate was twice that of the former.

The nitrate and insoluble nitrogen concentrations of the CK and Comp treatments were the lowest of all treatments, probably due

1. 臺灣大學農業化學研究所。Institute of Agricultural Chemistry, National Taiwan University.
2. 臺灣省農業試驗所農業化學系。Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute.
3. 中興大學土壤環境科學系。Department of Soil and Environmental Science, National Chung Sing University
* Corresponding author.

to the lower concentration of readily available nitrogen in soil. The low nitrate nitrogen concentrations of corn plants at maturity stage were probably due to the high reduction and the low absorption rates of nitrate in the plants. The concentrations of nitrate nitrogen and reduced soluble nitrogen in leaf blade were lower than that of stalk and sheath. However, the concentrations of insoluble nitrogen and total nitrogen of the former were higher than those of the latter. There was no significant difference in the concentration of total reduced soluble nitrogen among various treatments.

Key words: corn, growth, nitrate nitrogen, insoluble nitrogen

摘 要

本研究以不同的有機肥料配合化學氮肥之施用，探討其對不同生育期之秋作玉米之生長、氮吸收與氮組成的影響，以做爲肥料施用之參考。施肥量爲 140-80-80 (N-P_2O_5-K_2O) kg ha^{-1}，所設定的處理爲 1. 對照區 (CK)；2. 化學肥料區 (Chem-N)；3. 堆肥區 (Comp)；4. 堆肥與 1/3 化學氮肥區 (Comp + 1/3 N)；5. 堆肥與 2/3 化學氮肥區 (Comp + 2/3 N)；6. 綠肥與 1/3 化學氮肥區 (GM + 1/3 N)；7. 泥炭與 1/3 化學氮肥區 (Peat + 1/3 N)。玉米於不同生育期採樣，經洗淨、分開不同的器官、烘乾、稱重、磨碎及化學分析。結果顯示有效性氮的供應量顯著影響玉米的生長、氮的吸收及植物體中各種不同型態氮的濃度。提供有效性氮最多的 Chem-N 處理之玉米的生長與氮的吸收量有較多的趨勢，施加堆肥之 Comp、Comp + 1/3 N 及 Comp + 2/3 N 三處理則隨添加之化學氮肥量增加而增加其生長與氮的吸收。Chem-N 處理之玉米的生長與氮的吸收顯著高於 Comp 處理者。有機資材配合化學氮肥的施用可顯著影響玉米的生長與氮的吸收，豬糞堆肥在生長初期所能提供之有效性氮少，且於施入土壤後可能發生氮的生物固定化作用，使可以爲玉米吸收的有效氮因而減少。泥炭較不易分解，故 Peat + 1/3 N 處理所施用之化學肥料肥效較高。田菁綠肥在土壤中分解甚快，施於土壤中可以很快提供氮素，故其肥效與化學氮肥甚爲接近。植物體中硝酸態氮與不溶性氮濃度的高低隨著土壤中有效性氮的多寡而變化。CK 與 Comp 兩處理的硝酸態氮及不溶性氮濃度顯著較低。於雄穗抽出期以後所有處理之硝酸態氮濃度均極低，甚至無法檢出。不同生育期時在葉片中的硝酸態氮及可溶性還原態氮濃度均比莖稈低，但其總氮與不溶性氮濃度會高於莖稈中者。各種處理對植物體中不同部位的可溶性還原態氮的濃度並無顯著差異的影響。

關鍵詞：玉米、生長、硝酸態氮、不溶性氮

前 言

十九世紀的四十年代，化學肥料開始發展，化學肥料也就逐漸取代各種有機肥料而成爲提供作物生長所需的各種養分的主要來源。台灣則於光復以後，農業逐漸發展，終至幾乎完全以化學肥料補充作物所需之養分及以農藥做爲防治病蟲害及雜草以增加作物產量的資材。在逐漸大量使用化學肥料及農藥之時 (1940 年代)，有許多人認爲在生態的平衡上具有重要地位的土壤必須加以特別注意並且認爲所有引進的非生命的土壤改良方法，如化學肥料或殺蟲劑可以破壞生態平衡，同時也充滿危險。因此，以 Howard 爲首開始發起所謂有機農業運動 (Allison, 1973)，並且在先進國

家逐漸盛行(太田，1989；謝，1993)。有機農業運動強調農業的永續經營、營養的食物及健康的身體。台灣在化學肥料及農藥的使用達到顛峰之時，人們也開始意識到其對環境的衝擊及人們身體健康可能造成的影響，大約於十年前，有機農業開始被人注意，及至近年來則有更多的農業從業人員、消費者、學者及專家注意此一問題並且投入其研究與發展(鄧和黃，1993；王等，1993；謝和賴，1993；謝和白，1993；黃，1989)。

有機物在作物生產上的重要性不可忽視，研究顯示有機物對作物的生長及品質上除了提供養分之外，尚有其他的角色，如改善土壤物理性質；作物殘體的長期施用(14 年)，對水稻的生長影響不顯著，但卻使大豆增產20 %(羅和蘇，1992)；楊及陳(1995)之研究顯示由腐植酸中可以分離聚胺(polyamine)，而此聚胺可能是具有生理活性的物質，其他學者也發現腐植物質的植物荷爾蒙性質(Cacco 和 Agnola, 1984)；有機物能降低在酸性土壤中作物對鋁及錳的吸收作用(鍾等，1994)及減低對人、動物及植物有害之重金屬的吸收作用(Allison, 1973；鄒等，1993；Mortensen, 1963；Frances, 1991；Schnitzer, 1969；Cabrera 等，1988)，而養分的吸收也受土壤中腐植物質的影響(鍾等，1994；Chen 和 Avid, 1990；Manjula 和Paul, 1990)，進而促進作物的生長(Schnitzer 和Khan, 1972；Fagbenro 和 Agboola, 1993；Rautham 和 Schnitzer, 1981；Lee 和Bartlet, 1976；Senesi 和Lofferdo, 1994)，並且腐植物質也能將土壤中被固定的養分轉變成對植物有效者(Tan, 1978；Grossl 和Inskeep, 1991)。

雖然一般旱作偏好硝酸態氮，且當硝酸態氮存在時會優先吸收硝酸態氮，但是研究顯示同時以銨及硝酸態氮爲氮源的植物生長較只有銨態氮或硝酸態氮爲氮源者佳，且植物體中不溶性氮會較多。有機物中的有機態氮在土壤中因礦化而釋出銨態氮，具有在長期間提供銨態氮的性質，故進而提高產量(Avnimelech, 1986；Broadbent, 1986；Olsen, 1986)。

由於有機肥料之施用有逐漸增加的趨勢，而由資源之永續利用與環境保護上之考量，它也是值得推廣使用的農業資材，其功效值得更進一步的探討，故本實驗探討以不同的肥料對不同生育期之玉米之生長、氮吸收及氮組成的影響，瞭解其在作物生育過程中氮的供應情形，以做爲瞭解有機質肥料性質、製作及施用之參考。

材料與方法

一、土壤

試驗地點爲台中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所之試驗田，面積爲0.5 ha，屬壤質土，pH (1：1) 爲5.3，陽離子交換能量爲7.4 cmol kg^{-1}，交換性鉀、鈣、鎂、鋁、鋅、錳、銅與鐵分別爲74、625、149、0.23、4.3、62、4.6 與891 mg kg^{-1}，Bray 第一法可萃取磷爲14.8 mg kg^{-1}。

二、作物

玉米 (*Zea mays* L.)：台南白食用玉米。

三、肥料

三要素肥料之用量爲 140-80-80 kg ha^{-1}，而所使用之化學肥料有尿素、過磷酸鈣與氯化鉀，有機資材爲豬糞堆肥、田菁及泥炭，其氮、磷與鉀的含量示於表一 (Table 1)，肥料之施用量及處理代號如表二 (Table 2)所示。

四、實驗設計

採逢機完全區集排列，每處理四重複，小區面積爲20 x 6 m2，所設定之處理

Table 1. Chemical compositions of the organic material used in the experiment.

Element	*Hog dung compost*	*Peat*	*Sesbania*
Nitrogen, (g kg^{-1})	23.7	11.2	4.0
Phosphorus, (g kg^{-1})	14.8	0.21	1.76
Potassium, (g kg^{-1})	3.17	---	18.4
Calcium, (g kg^{-1})	32.7	2.30	5.12
Magnesium, (g kg^{-1})	3.74	1.63	1.30
Iron, (mg kg^{-1})	3816	1224	880
Manganese, (mg kg^{-1})	277	32.4	36.4
Copper, (mg kg^{-1})	183	3.23	14.7
Zinc, (mg kg^{-1})	7.35	120	57
Sulfur, (mg kg^{-1})	4211	1404	2216

Table 2. Treatments and fertilizer application rate.

Treatment	Compost	Green manure	Peat	Urea	Superphosphate	KCl
		kg $plot^{-1}$			g $plot^{-1}$	
CK	0	0	0	0	0	0
Chem-N	0	0	0	1824 + 1824	5336	800 + 800
Comp	154 (FW*)	0	0	0	5336	800 + 800
Comp + 1/3 N	154 (FW)	0	0	608 + 608	5336	800 + 800
Comp + 2/3 N	154 (FW)	0	0	1216 + 1216	5336	800 + 800
GM + 1/3 N	0	300 (FW)	0	0	5336	800 + 800
Peat + 1/3 N	0	0	162 (FW)	608 + 608	5336	800 + 800

* FW: fresh weight..

如下：1. 對照組（代號CK）：不施用任何肥料或肥料物質；2. 化學肥料區（代號Chem-N）：肥料三要素均以化學肥料施用；3. 堆肥區（代號Comp）：與化學肥料區相同之氮素施用量以堆肥施用；4. 堆肥配合化學氮肥區化學氮肥量之三分之一（代號Comp + 1/3 N）：與堆肥區相同量之堆肥並且加施化學氮肥區化學氮肥量之三分之一；5. 堆肥配合化學氮肥區化學氮肥量之三分之二（代號Comp + 2/3 N）：與堆肥區相同量之堆肥並且加施化學氮肥區化學氮肥量之三分之二；6. 綠肥配合化學氮肥區化學氮肥量之三分之一（代號GM + 1/3 N；綠肥處理）：與堆肥區相同量氮之綠肥配合化學氮肥區化學氮肥量之三之一；7. 泥炭配合化學氮肥區化學氮肥量之三分之一（代號 Peat + 1/3 N；泥炭處理）：與堆肥區相同量氮之泥炭配合化學氮肥區化學氮肥量三分之一。

除對照處理區外，所有其他之處理均與化學氮肥區施相同量的磷肥與鉀肥，磷肥全部當基肥於播種前施入土中，化學氮肥與鉀肥則均分兩次施用。

於1995年9月1日犁入田菁，9月18日施有機肥料，9月21日施化學肥料當基肥，9月22日播種，10月19日施追肥，並分別於10月16日（膝高期）、11月4日（雄穗抽出期）及1996年1月15日（收穫期）採樣，均採取全株

五、植物體採樣與分析

玉米之各處理的整株樣品，經洗淨、分開根、葉片、莖稈與穀粒（成熟期）後、烘乾、稱重、磨碎，分析總氮（張，1981）、硝酸態氮（Broaddus 等，1965）、不溶性氮（Blacquiere 等，1987），由總氮減去硝酸態氮與不溶性氮得可溶性還原態氮。

六、統計分析

所有資料均利用 SAS 統計程式做鄧氏多變域試驗測定處理間的差異性。

結果與討論

一、對乾物產量之影響

氮素被稱爲植物養分吸收的領導因子（leading factor），對植株生長及乾物質累積比其他無機元素的影響大（Schrader 等，1972；Shieh 和 Liao, 1987）。乾物質的分佈會因不同生育期、作物種類、施肥方式及氮肥型態而不同，如玉米在開花前，乾物質主要爲稈及葉（Pan 等人，1984；Schrader 等人，1972），在開花後，乾物質主要分佈在雌穗中（Hanway, 1969）。在本研究中，除CK 處理外，均施入充足且相同量的磷肥與鉀肥，而堆肥、綠肥與泥炭之施用則帶入更多量的磷、鉀與其他必須元素，故可以認爲除CK 處理外，所有處理的生長與養分吸收主要受氮素供應強度的影響。堆肥、綠肥與泥炭在土壤中的分解作用除了可能有有毒物質之產生之外，其主要的影響應該也是影響氮的供應強度。

表三（Table 3）顯示膝高期（knee high stage）時所有處理的植物體之總乾重雖然在統計上差異不顯著，但仍可看出Chem-N 處理之產量最高，其次爲Comp + 1/3 N、Comp + 2/3 N 及 GM + 1/3 N 三處理。乾物產量較低的處理爲CK 與 Comp 兩處理。葉片的乾物重均比莖稈與根者高，顯示此時期葉片所佔乾物的比例高於莖稈。於此時期葉片與莖稈的乾物重最高的處理爲施用化學氮肥最多量的Chem-N 處理，但是各處理的根與莖稈重在統計上則沒有顯著差異。於雄穗抽出期（tasseling stage）時，植物體的乾重比膝高期時約增加五至十倍，此時顯示Peat + 1/3 N 處理及Chem-N 處理的乾物產量較高，仍以CK 與Comp 處理的乾物產量顯著較低，顯示堆肥施入土壤中55天，對玉米生長之貢獻仍然十分有限。就不同器官的產量而言，其結果顯示各部位的乾物重比膝高期時顯著增加，但此時莖稈的乾物重則比其他部位高。王（1993）之研究亦顯示玉米在生育初期（膝高期）時，葉片爲最主要的積儲（sink），乾物質約60 %累積於葉片，40 %累積於莖稈，至雄穗抽出期時莖稈成爲最主要的積儲，此時乾物質約35 %累積於葉片，65 %累積於莖稈（含穗）。雄穗抽出期時植物體中各部位的乾物重以Chem-N 與 Peat + 1/3 N 處理較重，顯示因泥炭不易再分解，無顯著之生物固定無機態氮之現象，使施入的化學氮肥易爲作物利用。

收穫期（harvesting stage）時，所有處理的乾重比雄穗抽出期高二至四倍，各處理中以Chem-N 處理的產量最高，其次爲 Peat + 1/3 N；最低者爲CK，其次爲 Comp 處理與Comp + 1/3 N 處理。此結果顯示，僅施堆肥而無化學氮肥之Comp 處理所提供的氮顯然對產量的幫助甚小，推斷除了因其土壤中的無機態氮的量甚少之外，有機態氮的礦化量也少，甚至可能因有機物之施入而發生氮的生物固定作用（immobilization），使土壤中氮的有效性更低，此可能即爲Comp + 1/3 N 與Peat + 1/3 N 處理施入相同量的化學氮肥，卻以後者的產量高的原因之一。莖稈與根的乾物重比雄穗抽出期時

均顯著增加，而葉片的變化則較小。

由雄穗抽出期至成熟期，各處理的乾物重增加數倍，而穀粒的產量爲每株27.3～47.8 g，顯示在穀粒成熟期間合成大量的碳水化合物，不但進入穀粒中儲存，亦有相當量在莖稈中貯存。穀粒的產量最高者爲施用最多量化學氮肥的Chem-N處理，其次爲Peat + 1/3 N、GM + 1/3 N與Comp + 2/3 N處理。就穀粒產量而言，Chem-N、Comp + 1/3 N、Comp + 2/3 N、GM + 1/3 N與Peat + 1/3 N處理在統計上雖然無顯著差異，但是Chem-N處理的產量仍有較多的趨勢。GM + 1/3 N處理的化學氮肥用量雖爲Comp + 2/3 N處理的一半，但是由於綠肥易分解，因此，在當季即能比堆肥提供較多量氮素供玉米利用，其產量也相對比施入堆肥者高，此與在泰國利用豆科綠肥對玉米之長期試驗的結果是相同的(Sakthumrong 等，1987)。泥炭中所含之氮略低於堆肥(Table 1)，但是一般而言，其中的氮應是不易礦化者，而Peat + 1/3 N處理的產量卻與Comp + 2/3 N及GM + 1/3 N兩處理一樣，而略高於Comp + 1/3 N處理，其原因則如前述。

Table 3. Dry weight in different organs of corn plant at various growth stages (g plant^{-1}).

Treatment	Root	Sheath + Stalk	Leaf blade	Grain	Total
		26 days after seeding (knee high stage)			
CK	0.60 a*	2.02 a	2.65b		5.27a
Chem-N	0.66a	3.04a	4.49a		8.19a
Comp	0.56a	1.87a	2.71b		5.15a
Comp + 1/3 N	0.83a	2.92a	4.17ab		7.92a
Comp + 2/3 N	0.86a	2.82a	3.71ab		7.38a
GM + 1/3 N	0.91a	2.61a	3.86ab		7.37a
Peat + 1/3 N	0.74a	2.74a	3.67ab		7.15a
		55 days after seeding (tasseling stage)			
CK	0.71a	25.2d	14.7b		40.6c
Chem-N	1.19a	55.6a	20.8a		77.5a
Comp	0.92a	30.4cd	14.2b		45.4c
Comp + 1/3 N	1.01a	39.5bc	15.8ab		56.3bc
Comp + 2/3 N	1.18a	50.4ab	17.9ab		69.5ab
GM + 1/3 N	0.95a	35.6cd	15.8ab		52.4bc
Peat + 1/3 N	1.15a	55.7a	21.0a		77.8a
		117days after seeding (harvesting stage)			
CK	4.48a	93c	14.2b	27.3c	139c
Chem-N	4.64a	163a	19.6a	53.5a	241a
Comp	5.21a	101bc	14.0b	34.3bc	155bc
Comp + 1/3 N	4.83a	97c	14.2b	40.0abc	156bc
Comp + 2/3 N	5.35a	127abc	15.1ab	46.5ab	194abc
GM + 1/3 N	5.65a	141ab	16.8ab	47.7ab	211ab
Peat + 1/3 N	5.60a	160a	19.5a	47.8ab	233a

*Means followed by the same letters in the same column of the same growth stage are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's Multiple Range Test.

二、對氮吸收及分佈之影響

氮素被稱爲植物養分吸收的領導因子，是許多有重要功用之有機化合物的組成分，故對植物的生長影響極爲顯著。玉米屬極限型的植物，有明顯的營養生長期與生殖生長期，在營養生長期建立適當的營養器官，爲高產的必要條件，而營養器官之建立，氮是第一個不可或缺之無機營養元素。

表四 (Table 4) 顯示膝高期時Chem-N處理所吸收的氮爲各處理中最高者，而Comp處理之氮吸收量與CK處理者相同，顯示在表觀上 (apparently)，施入土壤中的堆肥到此時期仍未能提供氮給玉米利用。Comp + 1/3 N、Comp + 2/3 N、GM + 1/3 N與Peat + 1/3 N四處理所吸收的氮素量在統計上則無顯著差異，若由Comp與CK兩處理比較，顯示堆肥在此時期仍未能提供氮以供玉米吸收之結果可知，上述四處理所吸收的氮量高於CK處理者均可歸因於化

Table 4. Amount of nitrogen uptake and its distribution in different organs of corn plant at various growth stages (mg plant^{-1}).

Treatment	Root	Sheath + Stalk	Leaf blade	Grain	Total
		26 days after seeding (knee high stage)			
CK	6.0a* (10)◆	17.9c(30)	36.3c(61)		60c(100)
Chem-N	10.4a (7)	49.1a(33)	89.4a(60)		149a(100)
Comp	5.6b (9)	17.9c(30)	35.8c(61)		59c(100)
Comp + 1/3 N	9.6ab (10)	29.1bc (30)	57.7bc(60)		96bc (100)
Comp + 2/3 N	12.7a(11)	38.8ab (34)	63.7abc (55)		115ab (100)
GM + 1/3 N	11.4a(10)	32.0bc (28)	69.5ab(62)		113ab (100)
Peat + 1/3 N	11.7a(10)	39.5ab (33)	66.6abc (56)		118ab (100)
		55 days after seeding (tasseling stage)			
CK	4.2c(1)	183d(45)	233c(57)		411c(100)
Chem-N	11.8a(1)	558a(54)	465a(45)		1035a(100)
Comp	6.1bc(1)	233cd(49)	234c(49)		473c(100)
Comp + 1/3 N	7.5abc (1)	327bc(52)	294bc(47)		629bc(100)
Comp + 2/3 N	11.1a (1)	449ab(55)	359ab(44)		819ab(100)
GM + 1/3 N	8.0abc (1)	332bc(51)	307bc(48)		646bc(100)
Peat + 1/3 N	9.7ab(1)	491a(52)	445a(47)		946a(100)
		117days after seeding (harvesting stage)			
CK	18.8b(2)	434c(47)	148d(16)	322c (35)	922e (100)
Chem-N	35.8ab (2)	1047a(50)	270a(13)	738a (35)	2091a (100)
Comp	24.7ab (2)	519c(45)	167cd (14)	451bc (39)	1161de (100)
1Comp + 1/3 N	27.1ab (2)	554c(44)	173cd (14)	493bc (40)	1247cde (100)
Comp + 2/3 N	38.7a(3)	770b(50)	182bcd (12)	534abc (35)	1525bcd(100)
GM + 1/3 N	35.6ab (2)	792b(48)	223abc (13)	610ab (37)	1660abc (100)
Peat + 1/3 N	36.8a(2)	844ab(48)	238ab (13)	655ab (37)	1774ab (100)

*Means followed by the same letters in the same column of the same growth stage are not significantly different (p=0.05)according to Duncan's Multiple Range Test.
◆ The number in parenthesis is partition ratio.

學肥料之施用，而由此結果亦可知，所施用的綠肥在膝高其之前，表觀上也未對玉米氮素之吸收造成顯著的影響；Comp + 2/3 N 處理施用之化學氮肥量爲 Comp + 1/3 N 處理者之兩倍，因此，前者會有較多量的有效氮素可被利用，但本處理的氮素吸收量與 GM + 1/3 N 及 Peat + 1/3 N 兩處理間則無顯著差異。葉片爲主要的代謝場所，因此，含有之蛋白質、核酸及葉綠素等參與各種生理生化反應的物質的濃度較高，故其中的總氮濃度會高於莖稈中者。此時期各處理以葉片中的總氮濃度爲最高，其次爲根。植物體中各部位的總氮濃度以 Chem-N 處理者爲最高 (Table 5)。於雄穗抽出期時仍以 Chem-N 處理所吸收的氮量最高，其次爲 Peat + 1/3 N 處理，再次爲 Comp + 2/3 N 處理，吸收量最少的處理爲 CK 與 Comp 處理，均不及 Chem-N 處理所吸收氮量的一半。此時期的氮大部分在地上部，而以莖稈中略多於葉中。所有處理葉片中總氮的

Table 5. Total nitrogen concentration of different organs of corn plant at various growth stages (g kg^{-1}).

Treatment	Root	Sheath + Stalk	Leaf blade	Grain	The whole plant
		26 days after seeding (knee high stage)			
CK	10.4b*	9.0c	13.5c		11.4c
Chem-N	15.8a	16.0a	19.6a		17.9a
Comp	10.2b	9.6c	13.2c		11.5c
Comp + 1/3 N	11.5b	10.2c	13.8c		12.3c
Comp + 2/3 N	15.1a	14.0ab	17.2b		15.7b
GM + 1/3 N	13.5ab	12.8b	18.1ab		15.7b
Peat + 1/3 N	15.7a	14.6ab	18.2ab		16.6ab
		55 days after seeding (tasseling stage)			
CK	5.9e	7.2d	15.0e		10.0e
Chem-N	9.8a	10.0a	22.4a		13.3a
Comp	6.7de	7.6cd	16.5de		10.4de
Comp + 1/3 N	7.4cd	8.2bcd	18.5cd		11.1cde
Comp + 2/3 N	9.3ab	8.8abc	20.1bc		11.7bcd
GM + 1/3 N	8.3bc	9.6ab	19.5bc		12.6ab
Peat + 1/3 N	8.3bc	8.8abc	21.3ab		12.2abc
		117days after seeding (harvesting stage)			
CK	4.3c	4.7d	10.4c	11.7c	6.6c
Chem-N	7.8ab	6.4a	13.8a	13.8a	8.7a
Comp	4.70bc	5.1cd	11.8b	13.2ab	7.5b
Comp + 1/3 N	5.7abc	5.8abc	12.2b	12.3bc	8.1ab
Comp + 2/3 N	7.0a	6.1ab	12.0b	11.4c	7.9b
GM + 1/3 N	6.3abc	5.6bc	13.2ab	12.8abc	7.9b
Peat + 1/3 N	6.5ab	5.3cd	12.3b	13.7a	7.6b

*Means followed by the same letters in the same column of the same growth stage are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's Multiple Range Test.

濃度均比膝高期時略爲增高，其中又以於膝高期採樣後施追肥之各處理增高的比例較大。各處理根及莖稈中的濃度均比膝高期者降低，乃因此時期有碳水化合物在莖稈之累積而造成稀釋作用。於此時期植物體中各部位的總氮濃度高低順序與前一時期（膝高期）相同，以Chem-N處理的總氮濃度最高，CK處理者最低。此時期之總氮在各器官之分佈顯示在莖稈中者略高於葉片者，根所佔的比例僅約1 %（Table 4）。

收穫期時亦以Chem-N處理玉米所吸收的氮最高，其次爲Peat + 1/3 N與GM + 1/3 N兩處理，但與Chem-N處理在統計上差異

Table 6. Nitrate nitrogen concentration of different organs of corn plant at various growth stages (mg kg^{-1}).

Treatment	Root	Sheath + Stalk	Leaf blade	Grain	The whole plant
		26 days after seeding (knee high stage)			
CK	---#	---	---		---
CHem-N	758a* (5) ◆	2067a (13)	364a (3)		1021a (6)
Comp	---	---	---		---
Comp + 1/3 N	138b (1)	143c (1)	---		62d (1)
Comp + 2/3 N	439a (3)	925b (7)	76bc (0.4)		438c (3)
GM + 1/3 N	507a (4)	1130b (9)	66bc (0.4)		492bc (3)
Peat + 1/3 N	532a (3)	1464b (10)	232ab (1)		724b (4)
		55 days after seeding (tasseling stage)			
CK	---	86c (1)	---		55c (1)
Chem-N	988a (10)	2278a (23)	32 (0.1)		1656a (12)
Comp	---	84c (1)	---		58c (1)
Comp + 1/3 N	133c (2)	265bc (3)	---		188bc (2)
Comp + 2/3 N	360bc (4)	911bc (10)	---		678bc (6)
GM + 1/3 N	361bc (4)	1104b (12)	---		750b (6)
Peat + 1/3 N	592b (7)	1138b (13)	---		820b (7)
		117days after seeding (harvesting stage)			
CK	---	---	---	---	---
Chem-N	64a (1)	---	---	---	---
Comp	---	---	---	---	---
Comp + 1/3 N	30a (1)	---	---	---	---
Comp + 2/3 N	36a (1)	---	---	---	---
GM + 1/3 N	49a (1)	---	---	---	---
Peat + 1/3 N	24a (0.4)	---	---	---	---

Under detecting limit.

* Means followed by the same letters in the same column of the same growth stage are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's Multiple Range Test.

◆ The number in parenthesis is this fraction as a percentage of total nitrogen.

不顯著，顯示因泥炭穩定，使有較多量所施入之化學氮肥爲玉米利用。吸收量最少的爲CK與Comp兩處理。無論那一處理，於收穫期時氮之吸收量均爲雄穗抽出期時之兩倍以上，顯示此時期每株玉米每日所吸收的氮量極多。由於穀粒填充期有旺盛的氮吸收作用，因此，在此期間僅有葉片中的氮量呈現因向穀粒轉運而減少的現象，莖稈與根中反而呈現上升現象，此與Hanway (1962a,b) 之研究認爲玉米在雄穗開花後，植物體爲了穀粒之生長會將營養組織中如葉片、莖稈與根所儲藏的氮素轉移至穀粒中的結果不同，但與Johnson等(1966) 認爲在穀粒填充期由葉片轉移至穀粒的氮素最多的結果則是一致。莖稈中的氮素在穀粒成熟期間不但無轉出，反而有累積的現象，但所有處理的葉片、莖稈與根中總氮的濃度均比雄穗抽出期時大幅度降低，乃因光合作用產物——碳水化合物——累積所造成的稀釋現象。此時期植物體中各部位的總氮濃度仍以Chem-N處理爲最高。而CK處理在植物體中各部位的總氮濃度皆是顯著低於其他處理，顯示未施肥時，土壤中所能提供的有效氮較低。

三、對硝酸態氮的濃度及分佈之影響

硝酸態氮是旱作植物所利用之最主要氮的形態，硝酸態氮被植物吸收後需經硝酸還原酵素還原成銨態氮，再經由麩醯胺酵素 (glutamine synthetase) 合成胺基酸，少部分的硝酸態氮在根部被還原，其餘的由輸導組織運送至葉片進行同化作用。玉米根部硝酸還原酵素的活性極低，葉片中的硝酸還原酵素的活性隨著葉齡的增加而降低 (Schrader等，1972)，未立刻利用之硝酸態氮，也可以累積在植物體中，最初大部分累積在根部及莖稈中，亦可以在葉部的液胞中累積，以大麥葉片而言，約有99%的硝酸鹽是累積在液胞中 (Martinoia等，1980)。膝高期時各部位中硝酸態氮濃度最高者爲Chem-N處理，其葉片中的濃度高達364 mg kg^{-1}，莖稈中則爲2067 mg kg^{-1}，而根中爲758 mg kg^{-1}。其次爲Peat + 1/3 N處理，其葉片、莖稈及根中的硝酸態氮濃度分別爲232、1464與532 mg kg^{-1} (Table 6)。CK與Comp兩處理均無法於組織中檢出硝酸態氮，顯示CK處理與其他處理比較，其所提供的有效性氮較少，而所吸收的又很快的在植物體中被還原。Comp處理之有機物的礦化所釋出的氮，亦不足以供應其生長之需 (其乾物產量顯著比Chem-N處理者低，可爲證)，也無多餘者暫時累積於植物體中；Comp + 1/3 N的處理雖然施入Chem-N處理三分之一量的氮素，但是當速效性氮利用完時，其中的有機態氮礦化量亦不足以使作物充分生長及無多餘的無機態氮在植體中累積；GM + 1/3 N處理雖然與Comp + 1/3 N處理施入相同量的化學氮肥，但綠肥本身的分解及礦化快，於此時期開始有無機態氮之釋出，因此，所能提供的有效性氮素也較高，故於膝高期時，植體中的硝酸態氮濃度與Comp + 2/3 N者相近。

於雄穗抽出期時，葉片中僅於Chem-N處理者可測得硝酸態氮，但是各處理均於根及莖稈中則有硝酸態氮之存在，顯示進入葉片之硝酸態氮很快被還原。於此時期，莖稈及根中的硝酸態氮濃度的高低順序與膝高期者相同。收穫期時，所有處理的葉片及莖稈中均無法檢出硝酸態氮之存在，而根中可檢出的硝酸態氮濃度也甚低 (< 100 mg kg^{-1})，顯示在玉米穀粒成熟過程中進入地上部的硝酸態氮均被還原，根中的也大部分被利用。CK與Comp處理於整個玉米之生長期間均無法在葉片中檢出硝酸態氮，顯示此二處理所能提供之有效性氮量甚少，而進入葉片的硝酸態氮則很快

被還原。

就整株植物而言，硝酸態氮佔植物體中總氮的比例，因生長期及處理而異，而在生長初期與成熟期硝酸態氮在整個植物體中佔總氮的比例則可以忽略 (Table 6)。但由成熟期根部之硝酸態氮濃度低，莖稈中無法測出硝酸態氮之存在，應可歸因於在成熟採樣前氮之吸收量極少所造成 (Arnon, 1975)。就不同的部位而言，葉片在整個生育期與莖稈在成熟期時硝酸態氮佔總氮的比例皆可忽略；在膝高期時，Chem-N、Comp + 2/3 N、GM + 1/3 N與Peat + 1/3 N處理之葉鞘中所含的硝酸態氮約佔總氮之10 %，顯示於此時期若能供應足量的有效態氮，因吸收旺盛而使硝酸態氮會在植物體中累積；而至雄穗抽出期時，莖稈中硝酸態氮的比例比膝高期者增加，其中又以Chem-N處理最多，約爲23 %，顯示此時期之吸收大於還原。在根部，除了CK與Comp處理外，其餘處理在膝高期與雄穗抽出期時所含有的硝酸態氮分別佔總氮之3與4 %左右，但Chem-N處理則達5 %與10 %；雖然至收穫期時CK、Comp + 1/3 N、Comp + 2/3 N與GM + 1/3 N處理可檢出硝酸態氮之存在，但是佔總氮的比例已可忽略了。

四、對可溶性還原態氮的濃度及分佈之影響

可溶性還原態氮主要包含游離的銨離子、胺基酸、醯胺及小分子的胜F (peptides)，其中胺基酸爲高等植物維管系統中進行氮輸送的主要有機形態，某些植物以麩胺醯胺 (glutamine) 和天門冬醯胺 (asparagine) 爲氮的主要載體。Osaki等人 (1995) 指出天門冬胺酸 (aspartate)、天門冬醯胺、麩胺酸 (glutamate) 及麩胺醯胺爲馬鈴薯氮移動的主要形式。氮的輸送對於植物的生長發育是非常重要的，因此，可由可溶性還原態氮的變化而看出作物的生長和代謝，而在整個生育過程中可溶性還原態氮的變化是很明顯的。膝高期時根中可溶性還原態氮的濃度比葉及莖稈高，應是根系旺盛生長需要大量的建構材料 (building block)，因此，有較多量的小分子含氮有機化合物往根轉移，莖中的濃度比葉片者高，顯示合成之小分子還原態氮在莖稈中有累積的現象。處理對膝高期玉米之莖稈及葉片中可溶性還原態氮的濃度均無顯著差異的影響，但在根中則因處理而異，其中以Peat + 1/3 N處理的濃度最高，Comp + 2/3 N、Chem-N及GM + 1/3處理的濃度次之，而CK與Comp處理的濃度則較低 (Table 7)。

於雄穗抽出期時，所有處理之葉片與根中可溶性還原態氮的濃度均降低，莖稈中除了Comp、Comp + 1/3 N與GM + 1/3 N處理外，其餘各處理可溶性還原態氮的濃度也降低，顯示此時期因根的發育不再如前期活躍，進入根的可溶性還原態氮減少，而且又因地上部生長旺盛，同化形成的胺基酸很快的被用於蛋白質等大分子化合物之形成上，使葉片中可溶性還原態氮的濃度下降。然而，此時期之營養器官剛發育完成，因此，整個植體中亦累積多量可溶性還原態氮，其中大部分分佈在莖稈中。於此時期葉片與莖稈中可溶性還原態氮濃度與前一個時期相同，處理間皆沒有顯著差異，在根中的可溶性還原態氮濃度以Chem-N處理的濃度最高，Comp + 2/3 N處理的濃度次之。

成熟期時除了Chem-N處理之葉片中可溶性還原態氮的濃度與雄穗抽出期比較，無顯著變化外，其餘各處理呈現增加的現象，顯示葉片爲了提供氮源以供穀粒中貯存，其中的不溶性氮會水解形成可溶性

氮。根中除了Chem-N與Peat + 1/3 N兩處理的濃度增加外，其餘各處理均降低，莖稈中則各處理均降低，顯示穀粒充實期間莖稈與根中會有一部分的可溶性氮轉移至穀粒中。此時期葉片與莖稈中可溶性還原態氮濃度與前兩個時期相同，處理間皆沒有顯著差異，而穀粒與根中也約略如此。

Lee和Rudge (1986)之研究指出在缺乏氮時，植物爲供給和支撐新的生長會將不溶性的氮分解合成必需化合物，如可溶性有機氮(醯胺，amides和胺，amines)和銨態氮。而在玉米生長期間CK處理的可溶性還原態氮濃度和量並非都是低的，於膝高期時，葉中的可溶性還原態氮濃度亦高，

Table 7. Soluble reduced nitrogen concentration of different organs of corn plant at various growth stages (g kg^{-1}).

Treatment	Root	Sheath + Stalk	Leaf blade	Grain	The whole plant
		26 days after seeding (knee high stage)			
CK	2.9d* (28) ◆	2.2a (24)	1.4a (10)		1.9a (16)
CHem-N	6.0ab (38)	2.0a (13)	1.6a (8)		2.1a (12)
Comp	3.4cd (33)	1.6a (17)	1.0a (7)		1.5a (13)
Comp + 1/3 N	4.1bcd (35)	1.4a (14)	0.9a (7)		1.4a (12)
Comp + 2/3 N	6.0ab (40)	1.9a (14)	0.9a (5)		1.9a (12)
GM + 1/3 N	5.1abc (38)	1.8a (14)	0.9a (5)		1.7a (11)
Peat + 1/3 N	6.4a (41)	2.6a (18)	0.9a (5)		2.2a (13)
		55 days after seeding (tasseling stage)			
CK	1.3c (21)	1.9a (26)	0.8a (5)		1.5a (15)
Chem-N	2.8a (28)	1.8a (18)	0.9a (4)		1.5a (12)
Comp	1.9bc (28)	2.1a (27)	0.9a (5)		1.7a (17)
Comp + 1/3 N	1.7bc (23)	1.6a (20)	0.8a (4)		1.4a (12)
Comp + 2/3 N	2.3ab (25)	1.7a (19)	0.8a (4)		1.4a (12)
GM + 1/3 N	1.9bc (23)	2.3a (24)	0.8a (4)		1.8a (14)
Peat + 1/3 N	1.8bc (22)	1.5a (16)	0.7a (3)		1.3a (10)
		117days after seeding (harvesting stage)			
CK	1.1b (25)	1.4a (31)	1.1a (11)	0.9ab (7)	1.3a (19)
Chem-N	3.1a (40)	1.6a (24)	0.8a (6)	0.6b (5)	1.3a (15)
Comp	1.4b (29)	1.1a (21)	1.2a (10)	1.4a (11)	1.2a (16)
Comp + 1/3 N	1.4b (24)	1.3a (22)	1.0a (8)	0.5b (4)	1.0a (13)
Comp + 2/3 N	2.1ab (30)	1.2a (20)	1.2a (10)	0.2b (2)	1.0a (13)
GM + 1/3 N	1.8ab (29)	1.2a (21)	1.4a (10)	0.9ab (7)	1.2a (15)
Peat + 1/3 N	2.1ab (32)	1.1a (21)	1.1a ()	0.6b (4)	1.0a (13)

* Means followed by the same letters in the same column of the same growth stage are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's Multiple Range Test.

◆ The number in parenthesis is this fraction as a percentage of total nitrogen.

可能即是在缺氮下，爲了新器官的生長，將不溶性氮水解成可溶性還原態氮。

可溶性還原態氮佔總氮的比例因器官及生理年齡之不同而有差異。就整株植物體而言，由膝高、雄穗抽出至成熟期呈現略微上升的趨勢，顯示生長初期所還原同化的氮多用於器官構造的形成，當植物老化時，則因器官之分解而又有較多量的可溶性還原態氮形成 (Mills 和 Jones, 1979)。在膝高期時，根中的可溶性還原態氮佔總氮的比例最高，爲三分之一以上，莖稈次之，約爲五分之一，葉片者最低，小於十分之一。於雄穗抽出期時，葉片與根中可溶性還原態氮佔總氮的比例比膝高時低，

Table 8. Insoluble nitrogen concentration of different organs of corn plant at various growth stages (g kg^{-1}).

Treatment	Root	Sheath + Stalk	Leaf blade	Grain	The whole plant
		26 days after seeding (knee high stage)			
CK	7.5ab* (72)◆	6.8c (76)	12.1b (90)		9.6b (84)
Chem-N	9.0a (57)	12.1a (76)	17.7a (90)		14.9a (83)
Comp	6.9b (68)	8.0c (83)	12.2b (92)		10.1b (88)
Comp + 1/3 N	7.3ab (63)	8.7bc (85)	12.9b (93)		10.8b (88)
Comp + 2/3 N	8.6ab (57)	11.1a (79)	16.3a (95)		13.4a (85)
GM + 1/3 N	8.0ab (59)	10.6ab (83)	17.6a (97)		13.9a (89)
Peat + 1/3 N	8.8a (56)	10.7ab (73)	17.1a (94)		13.7a (83)
		55 days after seeding (tasseling stage)			
CK	4.7d (79)	5.3c (73)	14.8d (99)		8.7c (77)
Chem-N	6.0ab (62)	6.0ab (60)	22.2a (99)		10.3a (77)
Comp	4.8cd (72)	5.5bc (72)	17.2cd (104)		9.1bc (88)
Comp + 1/3 N	5.6bc (75)	6.3a (76)	18.9bc (102)		9.8abc (88)
Comp + 2/3 N	6.6a (71)	6.3a (71)	20.3ab (101)		9.9abc (85)
GM + 1/3 N	6.1ab (73)	6.2ab (64)	19.5abc (100)		10.3a (82)
Peat + 1/3 N	5.9ab (71)	6.2ab (71)	21.2ab (100)		10.2ab (84)
		117days after seeding (harvesting stage)			
CK	3.2c (74)	3.2c (69)	9.3c (89)	11.0b (94)	5.4c (82)
Chem-N	4.6a (60)	4.9ab (76)	13.1a (95)	13.4a (97)	7.4a (86)
Comp	3.4bc (71)	4.0bc (78)	10.6ab (90)	11.8b (89)	6.3b (84)
Comp + 1/3 N	4.3abc (75)	4.5ab (78)	11.2abc (92)	12.2ab (99)	7.2a (89)
Comp + 2/3 N	4.9a (70)	4.9a (80)	10.8bc (90)	13.3a (117)	7.4a (94)
GM + 1/3 N	4.4ab (70)	4.5ab (79)	12.0ab (91)	12.3ab (96)	6.8ab (87)
Peat + 1/3 N	4.4ab (68)	4.2ab (80)	11.5ab (93)	13.2a (96)	6.7ab (86)

* Means followed by the same letters in the same column of the same growth stage are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's Multiple Range Test.

◆ The number in parenthesis is this fraction as a percentage of total nitrogen.

莖稈中的則略微增加。至成熟期時，則各器官中的可溶性還原態氮佔總氮的比例則上升，此時葉片中的氮約有十分之一爲可溶性還原態，根中則三分之一，莖稈五分之一。

五、對不溶性氮的濃度及分佈之影響

不溶性氮主要是指存在於蛋白質、核酸及葉綠素等化合物中的氮，其在植物體之氮組成是由遺傳所決定，但是環境因子可以改變之 (Clark, 1983)，並且其在植物體內不斷的轉換 (turnover)，如其中的酵素不斷的分解，並再合成，是一動態平衡 (Vierstra, 1993)。

膝高期時葉片中不溶性氮濃度最高者爲Chem-N 處理，但Chem-N 、Comp + 2/3 N 、GM + 1/3 N 及Peat + 1/3 N 四處理間之差異並不顯著。莖稈與根中的情形與葉片相似 (Table 8)。

於雄穗抽出期時，所有處理葉片中不溶性氮的濃度均比膝高期時增高，顯示由膝高期到雄穗抽出期時，葉片中才逐漸完成其各種生理生化反應所需構造。但是根及莖稈中各處理不溶性氮的濃度均降低，此則應歸因於稀釋作用。因爲在雄穗抽出之前植物體中已有碳水化合物之累積，以供生殖生長期穀粒填充之用。此時期葉片中的不溶性氮濃度以Chem-N 處理最高，而莖稈及根中則以Comp + 2/3 N 處理最高，CK 處理之葉片、莖稈與根中的不溶性氮濃度則均顯著較低，顯示在生長後期，氮之缺乏顯著影響其不溶性氮的濃度。

收穫期時，所有處理的葉片、莖稈與根中不溶性氮的濃度均降低，於穀粒填充期，植物體爲了穀粒之生長，將葉片、莖稈與根中所儲藏的不溶性氮水解成溶解性氮，再轉移至穀粒中並形成不溶性態而儲存，但是根據不溶性氮的濃度與該部位之乾重計算得知，在本研究中葉片不溶性氮的濃度之降低是因其水解並轉運，莖稈與根之不溶性氮的濃度降低，乃因稀釋作用之故。Johnson 等 (1966) 研究指出玉米在穀粒充實末期，葉片中的氮素轉移量最大。而穀粒中不溶性氮的濃度爲最高，顯示在玉米穀粒成熟過程中穀粒獲得來自其他部位水解後轉移而來的氮素，形成穩定的不溶性氮，成爲儲藏場所，Hanway (1962a,b) 也指出玉米在雄穗開花後，氮素可從營養組織轉移至穀粒中。

由於葉片爲氮還原及同化的主要場所，葉片中含有最多量的各種酵素、核酸及葉綠素等化合物，因此，在營養生長期間，其不溶性氮的濃度最高，部分被還原的氮則以胺基酸或醯胺而轉移至其他部位，之後再形成不溶性氮化合物。在生殖生長期間，原來存在於根、莖稈及葉片中的不溶性氮，則一部分會形成可溶性氮而轉移至穀粒中，成爲穀粒的供源，進入穀粒之後再形成不溶性氮而儲存，因此，收穫期時穀粒中不溶性氮的濃度較高。

比較不同器官中不溶性氮佔總氮的比例，顯示在雄穗抽出期前植物體葉片中的不溶性氮所佔的比例較大，其量由則移植後開始增加，且於雄花抽穗期時達到最大，然後減少，顯示在穀粒成熟期間，葉片中的不溶性氮水解形成可溶性氮而往穀粒中移動。莖中的不溶性氮濃度佔總氮濃度的比例則由播種後隨著莖稈的生長而增加，且於雄穗抽出後仍繼續增加至收穫期，應是在穀粒成熟期間，氮素的吸收持續進行，超過穀粒能容納的氮於莖稈中暫時貯存時又再形成不溶性氮化合物。

結　論

利用不同的有機資材配合化學氮肥之

土壤與環境，民國八十七年九月，第 一卷，第三期，第209 頁至第226 頁
Soil and Environ., September 1998, Vol. 1, No. 3, p209-p226.

施用，探討於不同生育期玉米之生長、氮吸收、氮組成與分佈，以瞭解其在作物生育過程中氮供應的影響，可得下列三點結論：

一、有效性氮的供應量顯著影響作物的生長、氮的吸收及植物體中各種不同型態氮的濃度。提供有效性氮最多的Chem-N處理在玉米的生長與氮的吸收上則有較多的趨勢，施加堆肥之Comp 、Comp + 1/3 N及Comp + 2/3 N 三處理則隨添加之化學氮肥量增加而增加其生長與氮的吸收。Chem-N處理者在玉米生長與氮的吸收上顯著高於Comp處理，故相當於化學肥料氮量的有機肥料取代化學肥料時，仍無法達到與施化學肥料者相同的結果。

二、有機資材配合化學氮肥的施用可顯著影響玉米的生長與氮的吸收。新製備之豬糞堆肥在生長初期所能提供之有效性氮少，且於施入土壤後可能發生氮的生物固定化作用，使可以爲玉米吸收的有效氮因而減少。由於泥炭較不易分解，使伴隨施入的化學氮肥肥效較高。田菁綠肥在土壤中分解甚快，施於土壤中可以很快提供氮素，故其肥效與化學氮肥甚爲接近。

三、植物體中硝酸態氮、不溶性氮濃度高低與土壤中有效性氮的多寡有關。CK與Comp處理所能提供玉米之有效性氮量甚少，因此，兩處理的硝酸態氮與不溶性氮濃度顯著較低。於雄穗抽出期以後所有處理之硝酸態氮濃度也極低，甚至亦無法檢出。不同處理對植物體中的可溶性還原態氮則無顯著差異的影響。

致　謝

本研究承行政院國家科學委員會經費(NSC85-2321-B002-088-A12) 補助，謹致謝忱。試驗前土壤之基本理化性質測定資料爲由國立中興大學土壤環境科學研究所陳仁炫教授所提供，在此亦致謝忱。

參考文獻

太田保夫　1989　日本之有機農業。有機農業研討會論文集，pp. 51-57，台灣省台中區農業改良場，台中，台灣。

王銀波、趙震慶、黃山內　1993　永續農業對土壤性質與養分供應量之影響，永續農業研討會專集，pp. 9-17，台灣省台中區農業改良場，台中，台灣。

邵孝侯、胡靄堂、秦懷英　1993　添加石灰、有機物料對酸性土壤鎘活性的影響。南京農業大學學報，16：47-52。

張淑賢　1981　本省現行植物分析法。作物需肥診斷技術。台灣省農業試驗所特刊第13號。pp. 53-59，台灣省農業試驗所，台中，台灣。

黃山內　1989　有機農業之發展及其重要性。有機農業研討會專集，pp. 21-30，台灣省台中區農業改良場，台中，台灣。

楊秋忠、陳立夫　1995　特殊有機質肥料(泥炭及腐植酸) 的功效。有機質肥料合理施用技術研討會，pp. 11-1 ～ 11-28，台灣省農業試驗所，台中，台灣。

鄧耀宗、黃伯恩　1993　台灣永續農業之現況與展望。永續農業研討會專集，pp. 1-8，台灣省台中區農業改良場，台中，台灣。

謝順景　1993　世界各國之永續農業研究與推廣。永續農業研討會專集，pp. 19-45，台灣省台中區農業改良場，台中，台灣。

謝慶芳、白坤山　1993　草屯有機米栽培法。永續農業研討會專集，pp. 157-160，台灣省台中區農業改良場，台中，台灣。

謝慶芳、賴茂勝 1993 大村有機葡萄栽培法。永續農業研討會專集，pp. 149-165，台灣省台中區農業改良場，台中，台灣。

鍾仁賜、葉美雲、張則周 1994 酸性土壤中施用有機物對作物生長之影響及鋁、錳之解毒作用。台灣東部問題土壤改良研討會論文集，pp. 179-197，台灣省花蓮區農業改良場，花蓮，台灣。

羅瑞生、蘇楠榮 1992 酸性土壤於水稻－水稻－大豆輪作下，長期施用石灰與作物殘體對土壤肥力與作物物產量之影響。酸性土壤之特性及其改良研討會論文集，pp. 10-1～10-32，中華民國土壤肥料學會，台中，台灣。

Allison F. E. 1973. Organin farming, in "Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production", pp. 558-582. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam,The Netherland.

Arnon J. 1975. Dynamics of nutrient uptake and distribution in the plant, in "Mineral Nutrient of Maize", pp. 130-156. International Potash Institute, Bern.

Avnimelech Y. 1986. Organic residue in modern agriculture, in "The Role of Organic Matter in Modern Agriculture". Chen Y. and Y. Avnimelch (eds.), pp. 1-10. Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands.

Blacquiere T., R. Hofstra, and I. Stulen. 1987. Ammonium and nitrate nutrition in *Plantago lanceolata* and *Plantago major* L. ssp. major. I. Aspects of growth, chemical composition and root respiration. Plant Soil, 104: 129-141.

Broaddus G. M., J. E. York, and J. M. Hoseley. 1965. Factors affecting the levels of nitrate nitrogen in cured tobacco leaves. Tob. Sci., 9: 149-157.

Broadbent F. E. 1986. Effect of organic matter on nitrogen and phosphorus supply to plants, in "The Role of Organic Matter in Modern Agriculture". Chen Y. and Y. Avnimelech (eds.), pp. 13-27. Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands.

Cabrera D., S. D. Young, and D. L. Rowell. 1988. The toxicity of cadmium to barley plants as affected by complex formation with humic acid. Plant Soil, 105: 195-204.

Cacco G. and G. Dell Agnola. 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic complex. Can. J. Soil Sci., 64: 225-228.

Chen Y. and T. Avid. 1990. Effects of humic substances on plant growth, in "Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings". MacCarthy P., C. E. Clapp, R. L. Malcolm, and P. R. Bloom. (eds.), pp. 161-186. American Society of Agromony, Inc., and Soil Science Society of America, Madison, WI., U. S. A.

Clark R. B. 1983. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth, in "Genetic Aspects of Plant Nutrition". Ed M., R. Saric and B. C. Loughaman. (eds.), pp. 49-70. Martinus Nijhoff Publisher, Boston.

Fagbenro J. A. and A. A. Agboola. 1993. Effects of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. J. Plant Nutr., 16: 1465-1483.

Frances R. L. 1991. Chemical reactions of metal with humic material. Environ. Poll., 70: 185-208.

Grossl P. R. and W. P. Inskeep. 1991.

Precipitation of dicadmium phosphate dihydrate in the presence of organic acids. Soil Sci. Soc. Am. J., 55: 670-675.

Hanway J. J. 1962a. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J., 54: 145-148.

Hanway J. J. 1962b. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. Agron. J., 54: 217-222.

Hanway J. J. 1969. Defolation effects on different corn (*Zea mays* L.) hybrids as influenced by plant population and stage of development. Agron. J., 61: 534-538.

Johnson R. R., K. E. McClure, L. J. Johnson, E. W. Klosterman, and G. B. Triplett. 1966. Corn plant maturity. I. Changes in dry matter and protein distribution in corn plant. Agron. J., 58: 151-153.

Lee R. B. and K. A. Rudge. 1986. Effects of nitrogen deficiency on the absorption of nitrate and ammonium by barley plants. Ann. Bot., 57: 471-486.

Lee Y. S. and R. J. Bartlet. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances .Soil Sci. Soc. Am. J., 40: 876-879.

Manjula V. and E. F. Paul. 1990. Effect of large manure applications on soil P intensity. Common. Soil Sci. Plant Anal., 21: 287-297.

Martinoia E., U. Heck, and A. Wiemken. 1980. Vacuoles as storage compartments for nitrate barley leaves. Nature, 289: 292-293.

Mills H. A. and J. B. Jones 1979. Nutrient deficiencies and toxicities of plants: Nitrogen. J. Plant Nutr.,1:101-122.

Mortensen J. L. 1963. Complexing of metals by soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27: 178-186.

Olsen S. R. 1986. The role of organic matter and ammonium in producing light corn yield, in "The Role of Organic Matter in Modern Agriculture" , Chen Y. and Y. Avnimelch (ed.), pp. 29-54. Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands.

Osaki M., J. Shirai, T. Shinano, and T. Tadano. 1995. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants. Soil Sci. Plant Nutr., 41: 709-719.

Pan W. L., E. J. Kamprath, R. H. Moll, and W. A. Jackson. 1984. Prolificacy in corn: Its effects on nitrate and ammonium uptake and utilization. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 1101-1106.

Rautham S. S. and M. Schnitzer. 1981. Effect of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber plants. Plant Soil, 63: 491-495.

Schnitzer M. and S. U. Khan. 1972. Humic Substances in the Environment., pp. 279. Marcel Dekker, New York, U. S. A.

Schnitzer M. 1969. Reaction between fulvic acid, a soil humic compound, and inorganic soil constituents. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 35: 75-81.

Schrader L. E., D. Damska, P. E. Jung Jr, and L. A. Peterson. 1972. Uptake and assimilation of ammonium-N and nitrate-N and their influence on the growth of corn (*Zea mays* L.). Agron. J., 64: 690-695.

Senesi N. and E. Lofferdo. 1994. Influence of soil humic substances and herbicides on the growth of pea in nutrient solution. J. Plant

Nutr., 17: 493-500.

Shieh Y. J. and W. Y. Liao. 1987. Effect of nitrogen on growth and photosynthesis of rice plants (Oryza sativa L.). Bot. Bull. Acad Sin., 26: 127-146.

Sakthumrong A., S. Chotechaurgmanirot, J. Chacharoensook and V. Veerasan. 1987. The effect of green manure-chemical fertilizer combinations on soil fertility and yield of corn. Food and Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin No.246.

Tan K. H. 1978. Effects of humic acid and fulvic acid on release of fixed potassium. Geoderma, 21: 67-74.

Vierstra R. D. 1993. Protein degradation in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 44: 385-410.