

不同氮肥型態對酸性紅壤硝化作用之影響

林燕玉¹⁾、趙震慶²⁾

摘 要

本研究旨在探討施用五種 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 比率(100/0、75/25、50/50、25/75、0/100)氮肥對酸性紅壤硝化活性的影響，試驗結果顯示，施用 200 ppm 氮肥後，各處理土壤有效性 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 含量比值逐日降低，施用 NH_4^+ 比率越高，則轉換成 NO_3^- 量越多，但殘留土壤之 NH_4^+ 仍較多，施用 100 % 銨態氮於種植非洲菊的土壤，施肥 6 天後之有效性氮含量中 38 % 為 NH_4^+-N 。而土壤之短期硝化活性(short-term nitrification activity, SNA)以 50 % 銨態氮之處理最高，75 % 及 25 % 銨態氮之處理次之，單獨施用銨態氮或硝態氮(以氯化銨或硝酸鈣配製)之處理土壤 SNA 最低；除了 100 % 銨態氮之處理外，其餘處理在施入氮肥後第 1 天即有最大的 SNA，施 50 % 銨態氮之處理，於施肥後第 1 天之 SNA 顯著高於其他處理，為 $41.5 \mu\text{g}(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ ，75 % 及 25 % 銨態氮之處理分別為 18.0 及 $22.9 \mu\text{g}(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ ，而施用氯化銨配製之 100 % 銨態氮，在施肥後第 1、2 天之 SNA 均未測得正淨值，至第 3 天之後其 SNA 始有提高傾向，此或許是銨態氮或氯離子濃度較高，因而使硝化活性受到抑制之故。

關鍵詞：短期硝化活性、氮肥型態、硝酸態氮、銨態氮、非洲菊。

前 言

氮素是組成蛋白質、核酸、葉綠素等構成植物體的元素，常為植物生長之主要限制因子，除了部分植物可與固氮菌共生，利用大氣中豐富的氮氣外，多數高等植物須由土壤供應氮素，大多數植物均能利用 NO_3^- 及 NH_4^+ 當做氮源，但在植物體內所產生的生理反應並不相同，硝酸態氮需經一連串反應還原成銨鹽，才能進一步合成氨基酸及含氮化合物，植物代謝硝酸態氮比銨態氮需消耗更多能源^(7,17)，而且作物因種類不同，對兩者的喜好及吸收能力也有差異⁽²²⁾，在根圈聚集太多 NH_4^+ 常有毒害情形產生⁽¹¹⁾，如茄科作物⁽¹⁸⁾、胡瓜⁽²⁴⁾、甘藍⁽¹⁹⁾與馬鈴薯⁽⁹⁾等作物在銨氮中生長較差，雖有頗多研究探討栽培不同作物適當之氮肥型態^(4,13,27,32,34)，但在通氣良好土壤中 NH_4^+ 易受硝化作用形成 NO_3^- ，而在土壤中易因淋洗與脫氮而逸失^(30,35)，在缺氧狀況下，硝酸態氮容易發生脫氮作用⁽²⁵⁾，兩種氮源對土壤化學性質及植物有效性之影響各有利弊，因此探討不同化學型態氮肥的施用對硝化作用進行的影響，了解土壤中真正可供作物吸收的氮素型態，在作物肥培管理上實屬必要。而非洲菊為菊科多年生草本植物，在本省溫暖氣候下開花容易，為極具潛力之切花，定植後周年不斷生長，時常需施肥料，卻少有本省氣候土壤環境下的養分吸收資料，在肥力管理上缺乏參考依據，又因為本省北部多酸性紅壤⁽²⁾，所以本

1)桃園區農業改良場助理。

2)國立中興大學土壤環境科學系副教授。

計劃擬以土耕盆栽方式，探討酸性紅壤中施用不同氮源型態 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 比率對土壤硝化活性之影響，以做為氮肥管理之基礎。

材料與方法

本試驗在中興大學土壤環境科學系溫室進行，供試土壤為採自桃園縣新屋鄉之酸性紅壤(坡堵系)，理化性質如表 1 所列，將供試土壤填裝入直徑 12.7 cm 塑膠盆中(填裝 2 kg 供試土壤)，每處理共種植五盆 Michell 品種(*Gerbera jamsonii* Bolus)非洲菊，花卉特徵為橘色舌狀花及黑色蕊心。利用氯化銨、硝酸銨、硝酸鈣、磷酸一鈣及硫酸鉀，依處理調配濃度為 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 200:200:200(\text{mg}/\ell)$ 之肥料液，定植後每盆每週添加 200 ml 肥料液，在植株定植經二個月，於施肥後連續六天採集盆栽土壤，立即測定土壤有效性氮及短期硝化活性，而土壤經風乾後過 2mm 篩網，測定其 pH 值，並以未種植作物只施用一次肥料液之土壤做為對照。

表 1. 供試土壤理化性質分析

Table 1. Soil properties analyzed before experiment.

Soil Group	洪積母質紅壤	Diluvium red soils
Soil Series	坡堵系	Pu
Texture	粘壤土	CL
pH ($\text{H}_2\text{O} = 1:1$)		5.5
pH ($\text{KCl} = 1:1$)		5.0
EC (dS/m), $\text{H}_2\text{O} = 1:5$		0.2
Organic matter, %		1.1
Exch. $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, mg/kg		17
Exch. $\text{NO}_3^- - \text{N}$, mg/kg		4
Avail. P, mg/kg		89
Exch. K, mg/kg		35
Exch. CaO, mg/kg		1445
Exch. MgO, mg/kg		92

試驗處理：

利用氯化銨、硝酸銨、硝酸鈣含氮量，以不同比率配製五種不同氮肥型態百分比率，包括：(1) $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^- = 100:0$ ，完全以 NH_4Cl 配製；(2) $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^- = 75:25$ ，以 50% NH_4Cl + 50% NH_4NO_3 配製；(3) $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^- = 50:50$ ，完全以 NH_4NO_3 配製；(4) $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^- = 25:75$ ，以 50% NH_4NO_3 + 50% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 配製；(5) $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^- = 0:100$ ，完全以 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 配製；另添加氯化鈣於肥料液中，使各處理鈣素含量一致。

測定方法：

1. 土壤有效性氮含量-

包括交換性 NH_4^+ 、 NO_3^- 及 NO_2^- ，以 2 M KCl 抽取蒸餾法測定⁽⁶⁾。

2. 短期硝化活性(short-term nitrification activity)-

試土 10 g 置於 125 ml 三角瓶中，加 50 ml 無菌 1 mM 磷酸緩衝劑(用 0.2 M K_2HPO_4 4 ml 及

0.2M KH_2PO_4 1 ml 稀釋為 1 l)，加 0.1 ml 無菌 0.25 M $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 液，振盪 8 小時及 24 小時後，採樣過濾，清液供 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 及 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 之測定⁽³¹⁾。

結 果

一、土壤有效性氮型態之變化

本供試土壤未種植作物下，分別施用五種 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (100/0、75/25、50/50、25/75、0/100) 比率氮肥，在施肥後 1 至 6 天，測定土壤中有效性銨態氮及硝酸態氮含量，發現各處理銨態氮含量隨著時間而降低，同時硝酸態氮含量則增加(圖 1)，顯示硝化作用之進行，而施銨態氮於土壤可使 NO_3^- 增多⁽²⁶⁾，或許由於基質濃度較高的關係，施用 NH_4^+ 比率越高，則轉換成 NO_3^- 量越多，100% 及 75% 銨態氮之處理，土壤中由 NH_4^+ 轉變成 NO_3^- 的量較多，但儘管硝化轉換的量較多，至施肥第 6 天，土壤中仍殘留較多有效性銨態氮；另外在已種植非洲菊的盆栽中，於施肥後 1 至 6 天，發現各處理有效性 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 含量比值逐日降低(表 2)，施用 100% 銨態氮之處理，施肥後 1 天之土壤中有有效性 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 含量比值為 0.67，至第 6 天則降至 0.38，施用 75%、50% 及 25% 銨態氮處理，則分別降至 0.15、0.05 及 0.05，而完全施用 NO_3^- 氮肥者，因土壤中原存有少量 NH_4^+ ，其有效性 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 含量比值保持在 0.09。

二、短期硝化活性

硝化作用是影響土壤中氮素型態的主因，其速率受硝化菌之銨氧化酵素系統活性控制，受 NH_4^+ 供應量、土壤溫度、濕度及 pH 等影響甚大，因而使土壤硝酸含量之變動極大⁽²⁶⁾；而短期硝化活性(SNA)可在短時間(數小時或一天)內完成測定，以評估土壤在採樣當時硝化菌的硝化活性⁽¹⁾，經測定未種植任何作物之供試土壤，各處理 SNA 均在 $5.1-7.4 \mu\text{g} (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ 之間，處理間差異不明顯，可能是因僅施 1 次肥料，對硝化菌之效應尚無法顯現之故；而探討已種植非洲菊 2 個月土壤的短期硝化活性，以 50% 銨態氮之處理最高，施肥後 5 天之土壤 SNA 平均值為 $21.4 \mu\text{g} (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ ，75% 及 25% 銨態氮之處理次之，分別為 15.6 及 $15.2 \mu\text{g} (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ ，而完全施用銨態或硝態氮之處理土壤 SNA 最低，僅分別為 6.0 及 $1.9 \mu\text{g} (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ (表 3)。而除了 100% 銨態氮之處理外，其餘處理在施入氮肥後第 1 天即有最大的 SNA，施 50% 銨態氮之處理，於施肥後第 1 天之 SNA 顯著高於其他處理，為 $41.5 \mu\text{g} (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ ，75% 及 25% 銨態氮之處理分別為 18.0 及 $22.9 \mu\text{g} (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N g 乾土}^{-1} \text{天}^{-1}$ ，而施用 100% 銨態氮之處理，在施肥後第 1、2 天之 SNA 均未測得正淨值，至第 3 天之後其 SNA 始有提高傾向(表 4)。

三、土壤酸鹼度之變化

本試驗採集盆栽靠近植物根部的土壤，經風乾後測定 pH 值，發現 pH 值隨著施用的氮肥 NH_4^+ 比率增加而明顯降低(圖 2)，且植株乾物重也隨之減輕，完全使用銨態氮，土壤 pH 值由試驗前的 5.5 ($\text{H}_2\text{O} = 1:1$) 降至 4.4，施用 75%、50% 及 25% 銨態氮之處理，土壤 pH 則分別降至 4.6、4.9 及 5.5，而單施硝酸態氮之土壤 pH 值略提高為 5.8。

表 2. 不同型態氮肥濃度百分比對土壤有效性 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 比值之影響Table 2. Effect of N-fertilizer with 5 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios on the soil available nitrogen form.

Days after fertilized	Treatment, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
	--- available $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ in soil ---				
1	0.67 ^a	0.17 ^a	0.15 ^a	0.10 ^a	0.09 ^a
2	0.63 ^a	0.24 ^a	0.16 ^{ab}	0.09 ^a	0.07 ^a
3	0.52 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.05 ^a	0.08 ^a
4	0.61 ^{ab}	0.11 ^b	0.12 ^{ab}	0.09 ^a	0.09 ^a
5	0.48 ^b	0.11 ^b	0.06 ^b	0.03 ^a	0.06 ^a
6	0.38 ^b	0.15 ^{ab}	0.05 ^b	0.05 ^a	0.09 ^a

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

表 3. 種植與未種植非洲菊土壤施肥後 5 天之短期硝化活性平均值

Table 3. A comparison of the average short-term nitrification activity between the soil of planting and nonplanting of gerbera in the period of 5 days after fertilizing.

Treatment	$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
	Average SNA ($\mu\text{g}(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N/g dry soil/day}$)				
Planting	6.0 ^a	15.6 ^a	21.4 ^a	15.2 ^a	1.9 ^a
Nonplanting	6.6 ^a	5.1 ^b	7.4 ^b	5.7 ^b	5.2 ^a

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

表 4. 施用不同型態氮肥對種植非洲菊土壤短期硝化活性之影響

Table 4. Effect of N-form fertilizer on the short-term nitrification activity of cultivated soil of gerbera.

$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ Ratio	Days after fertilized				
	1	2	3	4	5
	SNA ($\mu\text{g}(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) - \text{N/g dry soil/day}$)				
100:0	nd ²⁾	nd	10.1 ^b	7.7 ^a	12.0 ^a
75:25	18.0 ^{b)}	17.7 ^b	14.6 ^b	17.4 ^b	10.3 ^a
50:50	41.5 ^c	25.0 ^b	15.2 ^b	17.4 ^b	8.0 ^a
25:75	22.9 ^b	20.4 ^b	11.5 ^b	10.7 ^{ab}	10.7 ^a
0:100	4.9 ^a	nd	nd	1.1 ^a	3.5 ^b

²⁾ "nd" means nondetectable.

¹⁾ Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

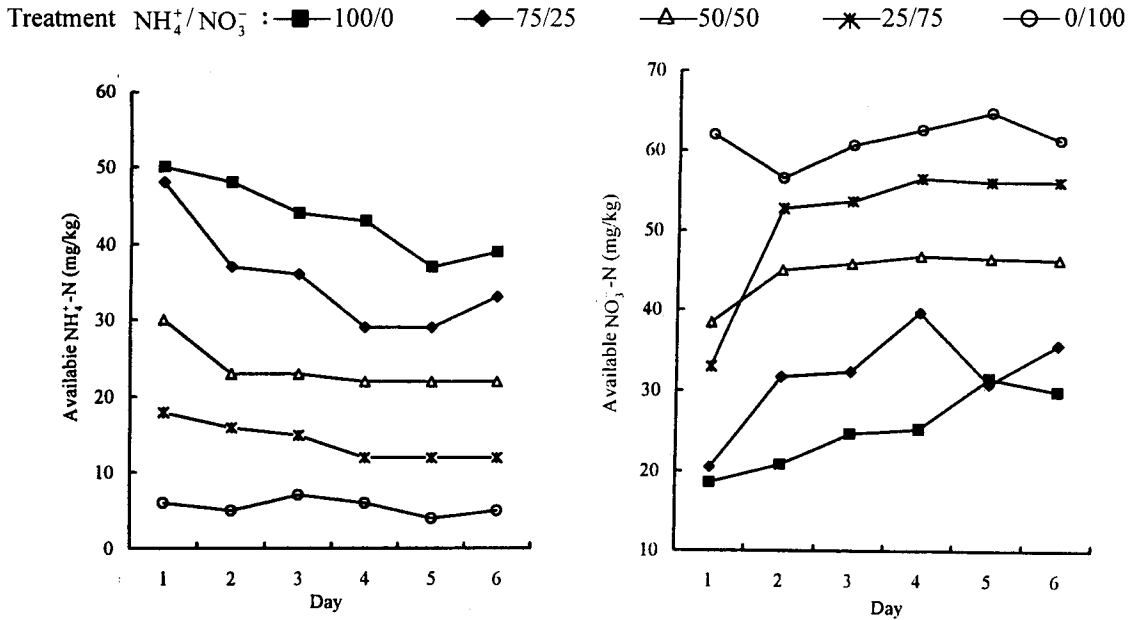


圖 1. 施用不同型態氮肥對土壤中有效性 NH_4^+ 及 NO_3^- 含量之影響

Fig. 1. Effect of different N-form fertilizer on the soil available ammonium and nitrate contents.

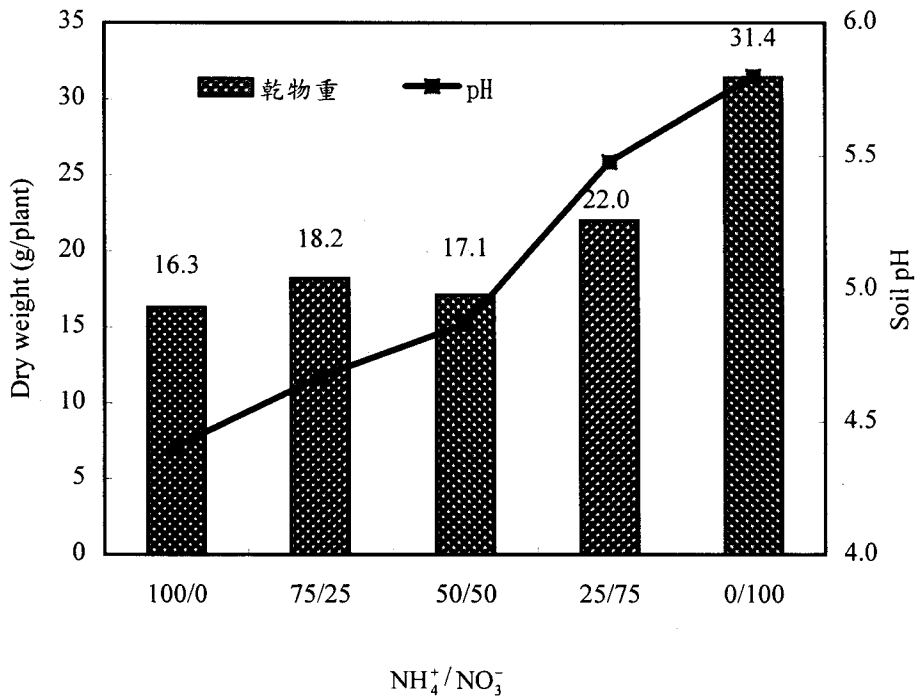


圖 2. 不同型態氮肥濃度比對盆栽土壤酸鹼度及乾物重的影響 (試驗前土壤 pH 為 5.5)

Fig. 2. Effect of various $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios on the pH of soil potting media and dry matter weight.

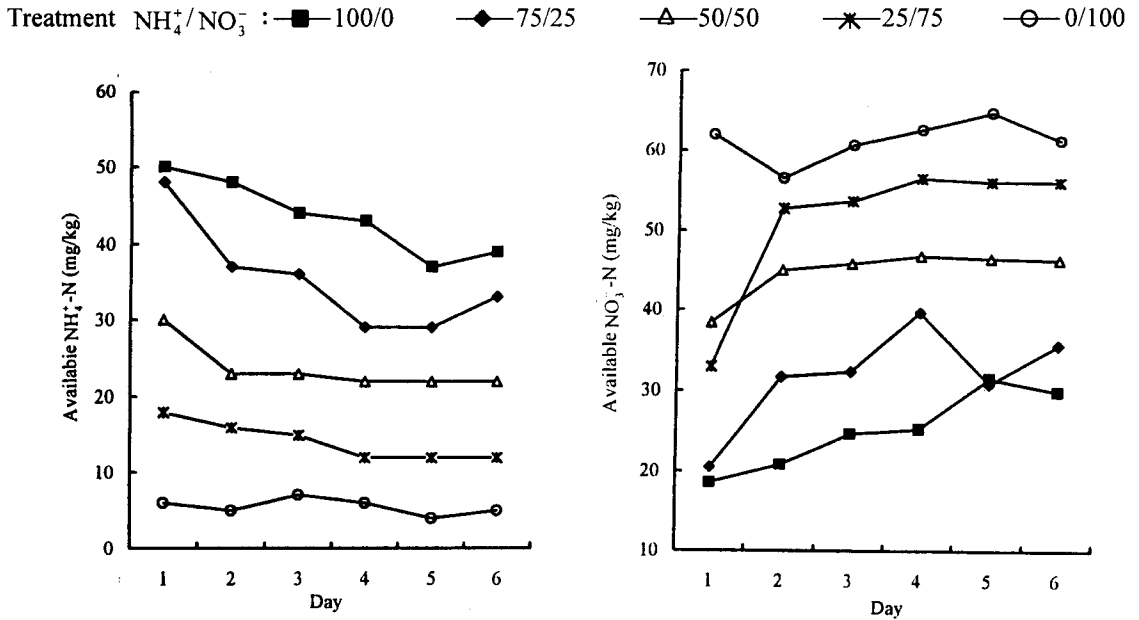


圖 1. 施用不同型態氮肥對土壤中有效性 NH_4^+ 及 NO_3^- 含量之影響

Fig. 1. Effect of different N-form fertilizer on the soil available ammonium and nitrate contents.

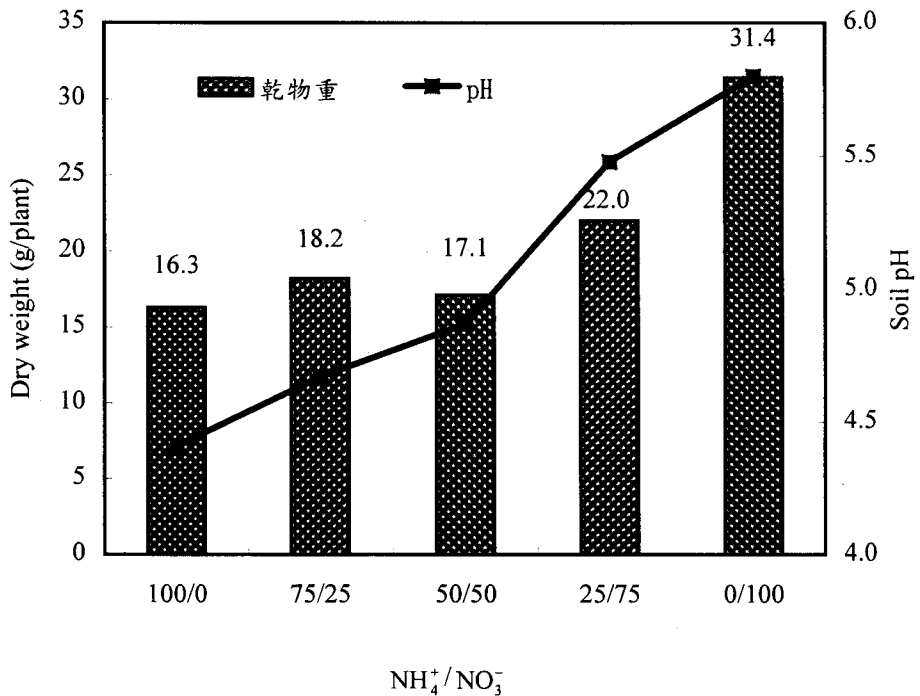


圖 2. 不同型態氮肥濃度比對盆栽土壤酸鹼度及乾物重的影響 (試驗前土壤 pH 為 5.5)

Fig. 2. Effect of various $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios on the pH of soil potting media and dry matter weight.

討 論

由於 NH_4^+ 濃度是土壤中控制自營性硝化菌族群大小的重要因子之一⁽¹⁰⁾，所以施用 NH_4^+ 比率越高，則轉換成 NO_3^- 量越多，但殘留土壤之 NH_4^+ 仍較多，施用 100% 銨態氮於種植非洲菊土壤之處理，施肥 6 天後之有效性氮含量中 38% 為 NH_4^+ -N，可見施肥後土壤中有效性氮大部分為硝酸態氮，但在每週施銨態氮肥的管理方式下，即使經過硝化作用，土壤中仍會存在相當多銨態氮可供作物利用吸收。而完全施用硝酸態氮之土壤，僅由有機氮礦化而生成之銨態氮遠少於銨態氮肥之處理，可能因而導致硝化活性降低，惟高濃度硝酸態氮亦可能有抑制硝化作用情形發生⁽³⁾。本試驗氮肥施用濃度為 200 mg/l，在經過 8 次施肥於種植非洲菊土壤後，發現施用 100% 銨態氮處理之 SNA 低於施 25-75% 銨態氮者，尤其在施肥後第 1、2 天之 SNA 最低，之後可能因硝化作用及作物吸收使銨態氮濃度減少，才見其土壤 SNA 提高，顯然土壤中可能存在高濃度銨態氮，可能會造成硝化活性低落；根據 Malhi 等人研究，土壤銨態氮濃度達 200 mg/g 以上即會抑制硝化作用⁽²³⁾，Jones 及 Hedlin 亦指出土壤銨態氮濃度 800 $\mu\text{g/g}$ 以上會發生抑制情形⁽²¹⁾；再者，因本試驗 100% 銨態氮處理是以氯化銨配製氮肥，其氯離子濃度高於其他處理，也可能是造成硝化活性受到抑制的原因；多位學者亦有相同研究結果，Hahn 等人發現氯化鉀會抑制土壤之硝化作用⁽¹⁶⁾，Golden 等人也指出添加硫酸銨於土壤中，硝化速率仍然會被氯化鉀抑制⁽¹⁴⁾，Darrah 等人更進一步指出，在砂壤土中氯化銨濃度達 7.3 $\mu\text{mol/g}$ 、硫酸銨達 14.2 $\mu\text{mol/g}$ 均會使硝化速率下降⁽⁸⁾；此或可解釋何以施用硝酸銨配製氮肥 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^- = 50/50$) 之土壤 SNA 最高，顯示氯離子確會影響硝化活性。

除了氮肥型態本身會改變硝化菌活性之外，作物之生長亦可能影響硝化作用之進行；當植物之根系於土壤中生長時，根部會滲出許多分泌物，如醣類、胺基酸、有機酸及酵素等物質，甚至根部細胞死亡後之自體分解，均會產生有機物質，而使根圈微生物相改變⁽³⁷⁾；由本試驗可發現除了施用單一型態氮肥之處理外，種植非洲菊土壤施肥後 5 天之短期硝化活性平均值較高，明顯高於未種植作物土壤 (表 3)，亦即非洲菊根部生長可能增進硝化菌族群繁殖，以致提高土壤硝化活性，但在連續 2 個月單獨施用氯化銨或硝酸鈣肥料液土壤中，種植作物之促進效應並未顯現，可能因兩者對土壤硝化活性有抑制作用。

當植物根部吸收 NO_3^- 時，會促使細胞合成有機陰離子，聚積無機陽離子，如 Ca、Mg、K 等，並且根部會釋出 OH^- 或 HCO_3^- 以維持細胞電荷平衡，因而提高了栽培介質 pH 值，當吸收 NH_4^+ 時，根部則會釋出 H^+ 導致培養基酸化⁽²⁸⁾，而土壤環境中施用銨態氮，除了因為植物根部吸收陽離子，會造成根圈大幅酸化外，旱田中常見的微生物硝化作用，轉化一分子的 NH_4^+ 成 NO_3^- 的過程中，釋出二分子的 H^+ ，更是造成整體土壤 pH 降低的主因之一^(29,33)，由本試驗可發現雖然土壤具有緩衝能力，但氮肥型態仍會使土壤的酸鹼度發生相當激烈變動。酸性對硝化作用有負面效果曾見諸許多報告^(12,15)。由於銨態氮之施用會使土壤 pH 降低，有可能因此抑制硝化菌活性，但亦有報告指出麥田中施用 180 kg/ha 無水氨，會使氮礦化及硝化作用下降，而當土壤 pH 5.0 以下時仍明顯發生硝化作用，顯示硝化菌可適應酸性土壤環境⁽⁵⁾，同時測定土壤短期硝化活性過程中，亦可能因脫氮作用旺盛而將硝酸鹽逸失，或是異營性菌之同化作用而將硝酸態氮固定⁽³⁶⁾，以致無法測得十六小時內有淨硝酸態氮產生，因而低估了 SNA 值，也許尚有其他影響因素，留待日後深入探討。

施用氮肥於不同之土壤，對硝化作用有不同程度的影響，氮肥的化學、物理型態及施用方法、時間均可影響硝化作用之進行，使土壤硝酸含量發生變動，由於淋洗及脫氮使實際土壤中之氮肥含量及型態更為複雜⁽²⁰⁾。同時必須強調，整體土壤之硝化活性，不能真正代表作物根部所處環境，由於肥料的施用使得土壤酸化的暫時效果，應與肥料對土壤永久的影響區分清楚，當外界投入的干擾因子消失

後，土壤之生態常會慢慢恢復到原來穩定狀態。

參考文獻

1. 趙震慶。1992。環境衛生用微生物製劑對土壤硝化作用之影響。環境衛生用微生物製劑運用與環境安全性評估。行政院環境保護署 p.196-226。
2. 謝兆申、王明果。1991。台灣地區主要土類圖輯。國立中興大學土壤調查試驗中心出版 p.343。
3. Anderson, O. E. and F. C. Boswell. 1964. The influence of low temperature and various concentrations of ammonium nitrate on nitrification in acid soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc* 28:525-529.
4. Berlier, Y. and G. Giurand. 1966. Uptake and use by gramineae of nitrogen from ^{15}N -labeled nitrate or ammonia(in French). *Isotop Plant Nutr., Physiol. Proc. Symp. Vienna.* p.147-157.
5. Biederbeck, V.O., C. A. Campbell, H. Ukrainetz, D. Curtin, and T. Bouman. 1996. Soil microbial and biochemical properties after ten years of fertilization with urea and anhydrous ammonia. *Can. J. Soil Sci.*, 76:7-14.
6. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p.595-624. *In* A. L. Page *et al.*(ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI..
7. Cox, W. J. and H. M. Reisenauer. 1973. Growth and ion uptake by wheat supplied nitrogen as nitrate, or ammonium, or both. *Plant and Soil* 38:363-380.
8. Darrah, P. R., P. H. Nye and R. E. White. 1985. Modelling growth responses of soil nitrifiers to additions of ammonium sulphate and ammonium chloride. *Plant and Soil* 86:425-439.
9. Davis, J. M., W.H. Loescher, M.W. Hammond and R.E. Thornton. 1986. Response of potatoes to nitrogen form and to change in nitrogen form at tuber formation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:70-72.
10. Donaldson, J. M. and G. S. Henderson. 1990. Nitrification potential of secondary-succession upland oak forest: II. Regulation of ammonium-oxidizing bacteria populations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:898-902.
11. Errebhi, M. and G. E. Wilcox. 1990. Plant species response to ammonium-nitrate concentration ratios. J. paper no.12537 of Purdue University Agricultural experiment station.
12. Francis, A. J., D. Olsen and R. Bernatsky. 1980. Effects of acidity on microbial processes in forest soil. *In* D. Drablos and A. Tollan(ed.) *Ecological Impact of Acid Precipitation; Proceedings of an International Conference, Sandefjord, Norway*, p.166-167. Norwegian Institute for Forest Research, Aas.
13. Fried, M., F. Zsoldos, P. B. Vose and I. L. Shatokhin. 1965. Characterizing the NO_3^- and NH_4^+ uptake process of rice roots by use of ^{15}N labelled NH_4NO_3 . *Physiol. Plant* 18:313-320.
14. Golden, D. C., S. Sivasubramaniam, S. Sandanam and M. A. Wijedasa. 1981. Inhibitory effects of commercial potassium chloride on the nitrification rates of added ammonium sulphate in an acid red yellow podzolic soil. *Plant and Soil* 59:147-151.
15. Gundersen, P. and L. Rasmussen. 1990. Nitrification in forest soil: effect from nitrogen deposition on soil acidification and ammonium release. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 113:1-45.
16. Hahn, E. B., F. R. Olson and J. L. Roberts. 1942. Influence of potassium chloride on nitrification in Bedford silt loam. *Soil Sci.* 55:113-121.
17. Haynes, R. J. and K. M. Goh. 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. *Biol. Rev.*, 53:465-510.
18. Hohlt, H. E., D. N. Maynard and A. V. Barker. 1970. Studies on the ammonium tolerance of some cultivated solanaceae. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:345-348.
19. Ikeda, H. and T. Osawa. 1980. Comparison of adaptability to nitrogen sources among vegetable crops. II.

- Growth response and accumulation of ammonium and nitrate-nitrogen by leafy vegetables cultivated in nutrient solution containing nitrate, ammonium and nitrate as nitrogen sources. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 48:435-442.
20. Jackson, L. E., L. J. Stivers, B. T. Warden and K. K. Tanji. 1993. Crop nitrogen utilization and soil nitrate loss in a lettuce field. *Fert. Res.* 37:93-105.
 21. Jones, R. W. and R. A. Hedlin. 1970. Ammonium, nitrite and nitrate accumulation in three Manitoba soils as influenced by added ammonium sulfate and urea. *Can. J. Soil Sci.* 50:331-338.
 22. Kirkby, E. A. and A. D. Hughes. 1970. Some aspects of ammonium and nitrate nutrition in plant metabolism, p.69-77. *In: E. A. Kirby(ed.) Nitrogen Nutrition of the Plant.* Univ. of Leeds, Leeds, England.
 23. Malhi, S. S. and W. B. McGill. 1982. Nitrification in three Alberta soils: Effect of temperature, moisture and substrate concentration. *Soil Biol. Biochem.* 14:393-399.
 24. Maynard, D. N. and A. V. Barker. 1969. Studies on the tolerance of plants to ammonium nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94:235-239.
 25. Parkin, T. B. 1990. Characterizing the variability of soil denitrification. p.213-228. *In: N. P. Revsbech and J. S. Sorensen(ed.) Denitrification in Soil and Sediment.* Plenum Press, New York.
 26. Pennington, P. I. and R. C. Ellis. 1993. Autotrophic and heterotrophic nitrification in acidic forest and native grassland soils. *Soil Biol. Biochem.* 25:1399-1408.
 27. Peterson, L. A., E. J. Stang and M. N. Dana. 1988. Blueberry response to NH_4^+ - N and NO_3^- - N. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 113:9-12.
 28. Raven, J. A. and F. A. Smith. 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. p.195-208. *In H. Marschner(ed.) Mineral nutrition of higher plants.* Academic Press, New York.
 29. Robbins, S. G. and R. D. Voss. 1989. Acidic zones from ammonia application in conservation tillage systems. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.* 53:1256-1263.
 30. Robertson, G. P. and J. M. Tiedje. 1984. Denitrification and nitrous oxide production in successional and old-growth Michigan forests. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:383-389.
 31. Schmidt, E. L. and L. W. Belser. 1982. Nitrifying bacteria. p.1027-1042. *In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney(ed.) Methods of soil analysis, part 2. Agronomy 9, Am. Soc. Agron., Madison, Wis.*
 32. Spratt, E. D. and J. K. R. Gasser. 1970. The effect of ammonium sulfate treated with a nitrification inhibitor, and calcium nitrate on growth and N-uptake of spring wheat, Ryegrass and Kale. *J. Agr. Sci. Camb.* 74:111-117.
 33. Thomson, C. J., H. Marschner and V. Romheld. 1993. Effect of nitrogen fertilizer form on pH of the bulk soil and rhizosphere, and on the growth, phosphorus, and micronutrient uptake of bean. *J. Plant Nutr.* 16(3):493-506.
 34. Tremblay, N. and A. Gosselin. 1989. Growth and nutrient status of celery seedlings in response to nitrogen fertilization and $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio. *Hort Sci.* 24:284-288.
 35. Vitousek, P. M. and J. M. Melillo. 1979. Nitrate losses from disturbed ecosystems: patterns and mechanisms. *Forest Sci.* 25:605-619.
 36. Walker, N. and K. N. Wickramasinghe. 1979. Nitrification and autotrophic nitrifying bacteria in acid tea soils. *Soil Biol. Biochem.* 11:231-236.
 37. Wipps, J. M. 1990. Carbon economy. p.59-98. *In J. M. Lynch (ed.). The Rhizosphere.* England.

Effect of N-form on the Nitrification in Acid Red Soil

Yan-yui Lin and Chen-ching Chao

Summary

A pot culture experiment planted with gerbera (*Gerbera jamsonii* B.) was conducted to evaluate the effects of different N-form of inorganic fertilizers on the nitrification activity in acid red soil. The combination of 5 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ percentage ratios of 100/0, 75/25, 50/50, 25/75, and 0/100, respectively, were used at equivalent N rates. Data showed that the concentration ratios of available $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ were decreased day by day in all treatments, and the available NH_4^+ was varied from 67 % to 38 % in the cultivated soil of gerbera with 100 % NH_4^+ treatment in the period of 6 days after fertilization. The short term nitrification activity (SNA) was found the highest in the 50 % NH_4^+ treatment, and applied only with ammonium or nitrate, prepared with NH_4Cl and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, had the lowest SNA. Each N-form treatment resulted in a highest SNA at the first day after fertilization, except for the 100 % NH_4^+ treatment. The nitrogen supplied with 100 % NH_4^+ did not produce a detectable SNA value at the 1st and 2nd day after fertilizing, but tend to increase the SNA at the later period under planting gerbera condition. Perhaps, this is because the high level concentration of Cl^- or NH_4^+ in the 100 % NH_4^+ treatment to reduce the nitrification activity.

Key words : Short term nitrification activity, N-form, Nitrate, Ammonium, Gerbera.