

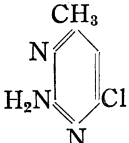
2-Amino-4-chloro-6-methylpyrimidine

抑制氮肥硝酸化作用之研究 (第 1 報)

溫 西 濱

一、前 言

一般氮素肥料施用於土壤之後，須化成銨態氮或硝酸態氮後始能被作物吸收，此種化成現象之程度由作物種類，降雨量，氣溫及土壤種類之不同而異，但在高溫多濕的臺灣農業環境下硝酸化作用常超過必要範圍，無論在水田或旱田均損失多量的氮素及浪費施肥勞力，造成減少產量，降低品質等之主要原因，此係在農業經營上值得注目的主要問題，此種情形下硝酸化作用之適當抑制成爲農作物栽培上不可缺少條件之一，2-Amino-4-chloro-6-methylpyrimidine 經在日本中央研究所、農材研究所、東洋高壓工業株式會社共同研究結果選出之一種硝酸化抑制劑，簡稱爲 (AM) 爲一種有機化合物其理化性質爲：

- (1) 構造式  (2) 分子量 143.5 (3) 成分 (%) C : 41.8 H : 4.2 N : 29.3 Cl : 24.7
(4) 形狀白色針狀結晶 (5) 融點 182°C
(6) 水溶解度 20°C 127mg/100ml H₂O
30°C 153mg/100ml H₂O

本試驗之目的爲探討 AM 施用於土壤之後對水稻產量之影響，在本所農化系玻璃室內對臺北水田土壤舉行水稻盆栽試驗，同時在研究室內進行測定 AM 在土壤中對氮素之硝酸化作用抑制效果，現將自 1966 年 1 月至 12 月止一年之試驗成績加以整理檢討並報告於後，尙祈農界先輩不吝指正，幸甚。

本試驗經費承國家長期發展科學委員會，糧食局肥料運銷處補助，試驗進行之際，蒙所長徐水泉博士之指導並承林清富先生之協助得以順利完成，特誌謝忱。

二、試驗材料與方法

(A) 盆栽試驗部份

在玻璃室內以直播栽培法對臺北水田土壤舉行水稻盆栽試驗，其設計爲 (1) AM 無加用；(2) AM5ppm 加用；(3) AM10ppm 加用，三處理四重複，施肥量 N : P₂O₅ : K₂O 各 0.7g/pot (尿素 1.5g 過磷酸鈣 3.9g 硫酸鉀 1.5g) 供試 AM 之純度 95.08%，其處理方法爲 AM 與肥料同時混合後施用，土壤水分保持最大含水量之 60% 翌日播種，經過一個月後灌水 (保持澀水狀態) 再過一星期從盆下方開始排水每天 200ml，所定時期採集排水依 Conway 氏微量擴散法分析水液中之 NH₃-N 及 NO₃-N 量並調查水稻生育狀況及稻谷、葉產量。

(B) 土壤實驗部份

(1) 測定 AM 對於銨化及硝酸化作用之影響

採取供試土壤 50g 加入尿素態氮 15mg 加予各處理所定 AM 濃度後，土壤水分保持最大含水量之 60% 經過 28°C 保溫所定處理期間後，用 10% KCl 溶液抽出，並以 Conway 氏微量擴散法分析抽出液中之 NH₃-N 及 NO₃-N 量。依次式算出各處理日數之硝化率。

$$\text{硝酸化成率} = \frac{\text{NO}_3\text{-N(mg)}}{\text{NH}_3\text{-N(mg)} + \text{NO}_3\text{-N(mg)}} \times 100$$

(2) 測定 AM 之硝酸化作用抑制效果之持續性

供試土壤 100g 加入所定濃度之 AM 攪拌混合後加水土壤水分保持最大含水量之 60% 經過

28°C 保溫所定處理期間後採取其中5g與別的供試土壤45g攪拌（稀釋10倍）混合後加入15mg之尿素態氮之後土壤水分保持最大溶水量之60%經過28°C 保溫20天後以(1)之方法分析NH₃-N及NO₃⁻-N量其後用次式算出硝酸化抑制效果之剩餘率。

$$\text{硝酸化抑制效果之剩餘率} = \frac{100 - \text{硝化率}}{100 - 0\text{天硝化率}} \times 100$$

(3)測定 AM 對於氮素溶脫之影響

供試土壤 220g 中加入尿素態氮 143mg 及所定濃度之 AM 攪拌混合後充填 Glass Column 加水，保持土壤水分最大容水量之60%，28°C 保溫經過35天後加水（湛水狀態）每天排水一次（減水深度3cm）經過四天後用(1)之方法分析無機態氮素，其後用次式算出氮素溶脫率

$$\text{氮素溶脫率} = \frac{\text{無機態-N(mg)}}{\text{加用氮量(mg)}} \times 100$$

(4)測定 AM 之硝酸化抑制作用與土壤 pH 之關係

與前述(1)同樣處理，土壤 pH 係浸水法之測定值，為能達到所定之測定值在 28°C 保溫前以 nKOH 或 nH₂SO₄ 調整。

(C)供試土壤之理化性質

表 1 供試土壤之理化性質

Table 1 Physico-chemical properties of the soil

| 供試土壤 | 土 類 | 機 械 組 成 | | | 土壤質地 | pH | 有機物 (%) | 氮 (%) | 有效性磷 (kg/ha) | 有效性鉀 (kg/ha) |
|--------|---------|---------|--------|--------|------|-----|---------|-------|--------------|--------------|
| | | 砂粒 (%) | 粉粒 (%) | 粘粒 (%) | | | | | | |
| 臺北水田土壤 | 砂岩頁岩沖積土 | 32.70 | 46.78 | 20.52 | 粉質壤土 | 5.2 | 1.84 | 0.11 | 78 | >240 |

註：(1)機械組成依Bouyocvus hydrometer method測定

(2)pH用玻璃電極測定

(3)有機物依Tyurin氏簡易滴定法測定

(4)氮量依Conway氏微量擴散法測定

(5)有效性磷酸依Bray氏法測定

(6)有效性鉀依Mehlich氏法測定

三、試驗結果及檢討

(A)盆栽試驗部份

茲將第一、二期作稻谷、葉產量分別列示如下：

表 2 AM 對於水稻谷葉產量之試驗結果

Table 2 Effect of AM on the yields of grain and straw

第一期作產量

單位：g/pot

| 處 理 | 產 量 | | | | | 產 量 | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 谷 | | | | | 葉 | | | | |
| | I | II | III | IV | 平均 | I | II | III | IV | 平均 |
| AM 無加用區 | 23.4 | 12.6 | 24.6 | 29.7 | 22.6 | 76.5 | 86.7 | 61.2 | 75.6 | 76.5 |
| AM 5ppm 加用區 | 21.6 | 16.8 | 27.6 | 28.5 | 23.6 | 71.1 | 71.1 | 65.1 | 72.3 | 69.9 |
| AM 10ppm 加用區 | 41.1 | 44.4 | 46.8 | 43.2 | 43.9 | 87.9 | 81.6 | 90.6 | 99.0 | 89.8 |

L.S.O. 5% 5.02

L.S.D. 1% 7.60

L.S.O. 5% 8.32

L.S.D. 1% 12.6

第二期作產量

單位：g/pot

| 處理 | 谷 | | | | | 葉 | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | 平均 | I | II | III | IV | 平均 |
| AM無加用區 | 20.0 | 17.6 | 20.6 | 18.4 | 19.2 | 49.5 | 46.5 | 39.0 | 45.0 | 45.0 |
| AM 5ppm 加用區 | 23.0 | 29.0 | 20.8 | 20.0 | 23.2 | 49.5 | 47.1 | 52.2 | 60.0 | 52.2 |
| AM 10ppm 加用區 | 30.6 | 23.4 | 29.0 | 33.0 | 29.0 | 40.5 | 45.0 | 41.1 | 48.0 | 48.0 |
| L.S.D. 5% | | 5.14 | | | L.S.D. 5% | | 5.30 | | | |
| L.S.D. 1% | | 7.78 | | | L.S.D. 1% | | 8.16 | | | |

表3 稻谷葉產量分析表

第一期作

| 谷 | | | | | 葉 | | | | |
|----|-----|---------|--------|---------|----|-----|---------|--------|-------|
| 變因 | 自由度 | 平方和 | 均方和 | F 值 | 變因 | 自由度 | 平方和 | 均方和 | F 值 |
| 區組 | 3 | 162.81 | 54.27 | | 區組 | 3 | 100.71 | 33.57 | |
| 處理 | 2 | 1153.14 | 576.57 | 34.80** | 處理 | 2 | 819.74 | 409.87 | 8.83* |
| 機差 | 6 | 99.45 | 16.57 | | 機差 | 6 | 278.44 | 46.40 | |
| 總計 | 11 | 1414.40 | | | 總計 | 11 | 1198.89 | | |

第二期作

| 谷 | | | | | 葉 | | | | |
|----|-----|--------|-------|-------|----|-----|--------|-------|------|
| 變因 | 自由度 | 平方和 | 均方和 | F 值 | 變因 | 自由度 | 平方和 | 均方和 | F 值 |
| 區組 | 3 | 2.60 | 0.87 | | 區組 | 3 | 75.87 | 25.29 | |
| 處理 | 2 | 196.09 | 98.05 | 5.72* | 處理 | 2 | 169.02 | 84.51 | 4.45 |
| 機差 | 6 | 102.79 | 17.13 | | 機差 | 6 | 113.94 | 18.99 | |
| 總計 | 11 | 301.48 | | | 總計 | 11 | 358.83 | | |

上表為盆栽試驗一年之結果，依上項試驗結果得知 AM 對於稻谷產量之影響，第一、二期作各處理間有明顯差異，即 AM 10ppm (相當於 1kg/10a 用量) 處理區產量生育均較對照區為優，AM 5ppm (相當於 0.5kg/10a 用量) 處理區之產量雖不如 10ppm 處理區，但也較對照區為高，稻葉產量第一、二期作各處理間之產量相差無機，即每公頃施用 AM 10公斤時不引起藥害問題同時對容易引起脫氮作用環境之作物栽培認為有效的。(排水液之分析兩期作均遭玻璃室屋頂漏雨之影響，其分析結果之數字認為不可靠故放棄使用)

(B)室內土壤實驗部份

(1)測定 AM 對於銨化及硝酸化作用之影響

表4 AM在土壤中對於銨化及及硝化作用之影響
Table 4 Effect of AM on ammonification and nitrification in the soils
(N mg/50g Soil)

| 處理 | 5天 | | | 10天 | | | 15天 | | | 20天 | | |
|-------------|--------------------|--------------------|------|--------------------|--------------------|------|--------------------|--------------------|------|--------------------|--------------------|------|
| | NH ₃ -N | NO ₃ -N | 硝化率 | NH ₃ -N | NO ₃ -N | 硝化率 | NH ₃ -N | NO ₃ -N | 硝化率 | NH ₃ -N | NO ₃ -N | 硝化率 |
| 無氮區 | — | 0.5 | — | — | 0.5 | — | — | 0.5 | — | 0.1 | 0.5 | — |
| AM無加用區 | 8.7 | 4.9 | 36.0 | 5.1 | 8.7 | 60.4 | 2.3 | 12.0 | 83.9 | 1.4 | 12.7 | 90.1 |
| AM 5ppm加用區 | 9.0 | 4.2 | 30.3 | 9.0 | 5.0 | 35.7 | 7.0 | 7.0 | 50.0 | 4.1 | 10.8 | 72.5 |
| AM 10ppm加用區 | 9.4 | 4.0 | 30.0 | 8.2 | 5.0 | 35.2 | 7.0 | 6.4 | 47.8 | 6.1 | 8.3 | 55.7 |

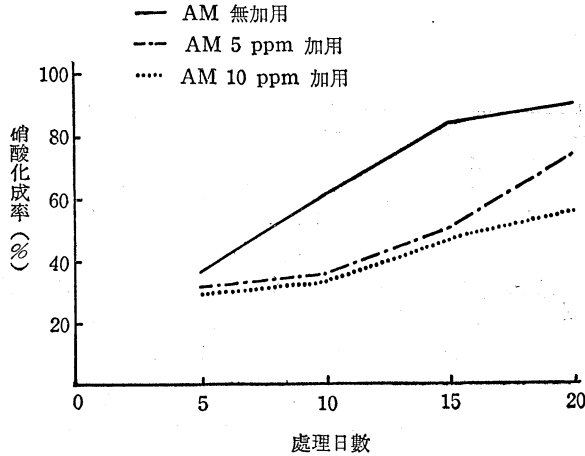


圖1. AM處理後數日與硝化生成率之關係

Fig 1 Relationship of days after treatment and Nitrification %

AM對於氮素硝化作用抑制效果由土壤性質及溫度等不同而有若干差異，但上項土壤實驗結果AM5ppm及10ppm兩處理區AM施用後5天~15天均有相似之效果，至20天則10ppm處理區之效果較為良好，由此可推察AM在土壤中氮素之硝化抑制效果在低濃度時仍可收效，但施用濃度較高時其持續性較大。

(2)測定AM之硝化作用抑制效果之持續性

表5 AM對於硝化作用抑制效果之剩餘率

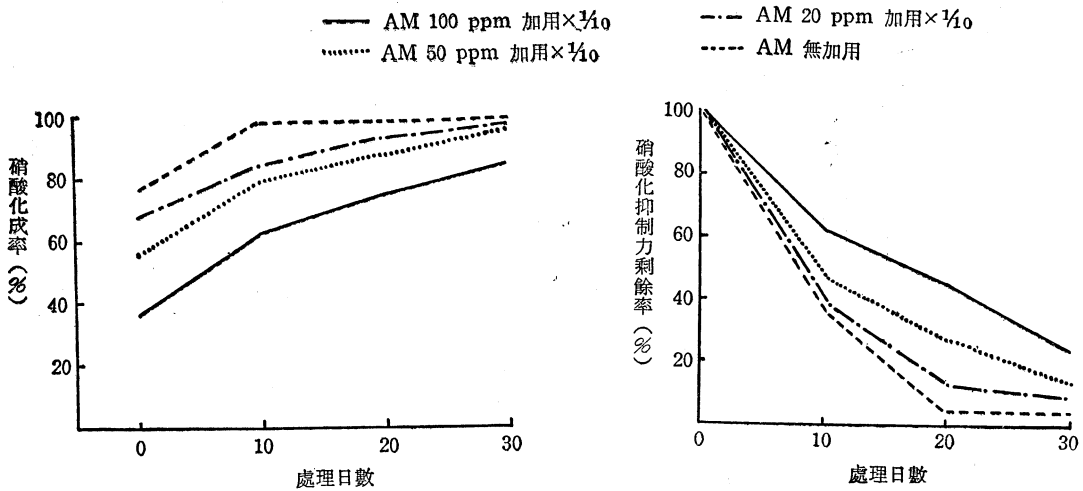
Table 5 Effect of control AM on nitrification

(N mg/50g Soil)

| 處理 | 0天 | | 10天 | | 20天 | | 30天 | |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | NH ₃ -N | NO ₃ -N | NH ₃ -N | NO ₃ -N | NH ₃ -N | NO ₃ -N | NH ₃ -N | NO ₃ -N |
| AM無加用區 | 2.59 | 9.45 | 0.11 | 13.33 | 0.07 | 13.93 | 0.07 | 14.77 |
| AM 20ppm加用區 | 3.78 | 8.47 | 1.60 | 11.90 | 0.56 | 14.42 | 0.46 | 15.33 |
| AM 50ppm加用區 | 5.53 | 7.56 | 2.59 | 10.57 | 0.70 | 13.58 | 1.82 | 13.51 |
| AM 100ppm加用區 | 7.35 | 4.55 | 5.08 | 8.24 | 2.00 | 10.39 | 2.45 | 13.02 |

| 處理 | 0天 | | 10天 | | 20天 | | 30天 | |
|--------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | 硝化率 | 剩餘率 | 硝化率 | 剩餘率 | 硝化率 | 剩餘率 | 硝化率 | 剩餘率 |
| AM無加用區 | 78.5 | 100.0 | 99.2 | 37.2 | 99.5 | 23.2 | 99.5 | 2.32 |
| AM 20ppm加用區 | 69.1 | 100.0 | 88.1 | 38.5 | 96.3 | 11.9 | 97.3 | 8.7 |
| AM 50ppm加用區 | 58.1 | 100.0 | 80.3 | 47.0 | 88.1 | 28.4 | 95.1 | 11.7 |
| AM 100ppm加用區 | 38.2 | 100.0 | 61.9 | 61.7 | 72.7 | 43.4 | 84.2 | 25.0 |

註：硝化抑制力以氮殘存率即(100-硝化率)%作為指標表示之，硝化抑制力之殘餘率則為其對0天之指數(但該時之硝化率以不施用AM區之硝化率作100)計算。



圖二 AM對硝化作用抑制效果之永續性
Fig 2 Lastting effect of AM on nitrification

本實驗係不受降雨及灌溉水等引起脫氮之條件下舉行之，即在前處理中不加用氮肥，只先加用不同濃度之AM，便經過各不同處理日期，以除去使用氮肥之下AM對於氮素之影響，（上項為前處理）其後試料中之AM殘效，則分別將前處理之試料稀釋10倍加入氮成分（尿素）放置 28°C 恒濕箱內20天後測定各處理間之 $\text{NH}_3\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量，由此算出硝化率及剩餘率，其結果得知AM於土壤中之硝化抑制力在實驗期間中（30天）有相當的效果，但其效率隨着日數之延長而漸次弱化的傾向，而AM之使用濃度與其效力之持續性有關，則AM100ppm 處理最優，50ppm及20ppm 處理漸次順位。

(9)測定AM對於氮素溶脫之影響

表6 AM在土壤中對於氮素溶脫之影響
Table 6 Effect of AM on denitrification in the soil

| | 無 氮 區 | AM 無 加 用 區 | AM 6ppm加用區 | AM 10ppm加用區 |
|------------------------|-------|------------|------------|-------------|
| $\text{NH}_3\text{-N}$ | 0.25 | 9.32 | 9.83 | 6.80 |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ | 15.87 | 29.74 | 27.47 | 22.43 |
| 合計(Nmg/column) | 15.87 | 39.06 | 37.30 | 29.23 |
| 氮素溶脫率(%) | | 59.2 | 56.5 | 44.3 |

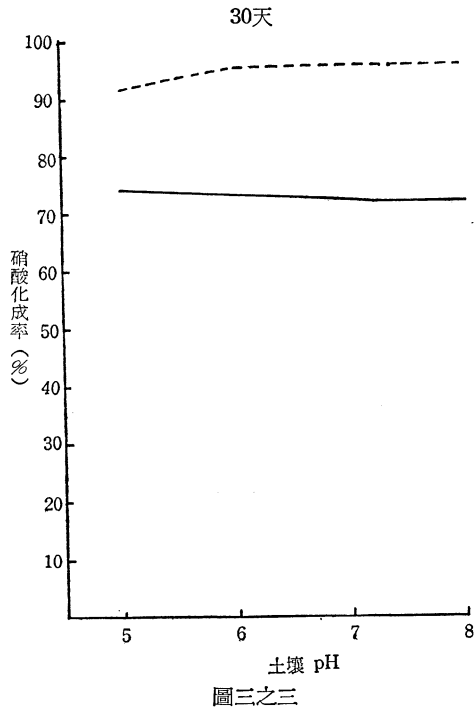
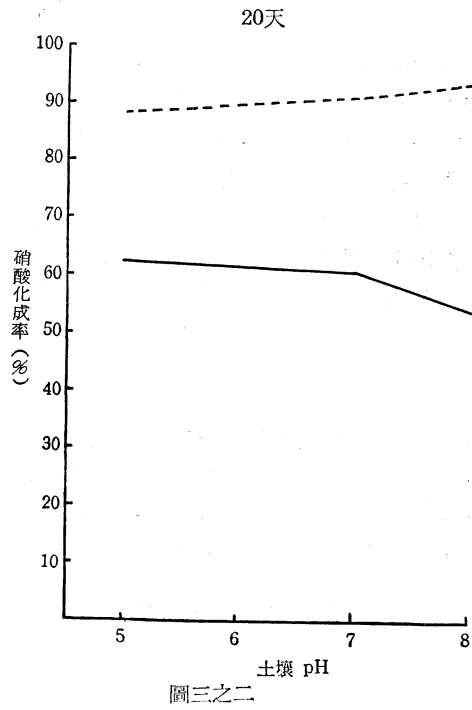
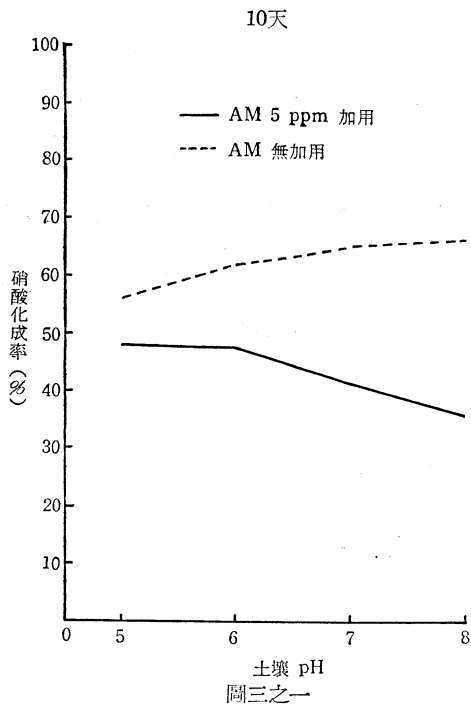
本實驗分析結果所溶脫之無機態氮素殆為硝酸態氮，AM5ppm 處理與無處理兩者間之溶脫率並無明顯的差異，但AM10ppm處理之溶脫率較前者略低之傾向。

(4)測定AM之硝化抑制作用與土壤pH之關係

表7 土壤pH對於AM硝化作用抑制效果之影響
Table 7 Influence of soil reaction on the nitrification control effect of AM
(N mg/Soil 50g)

| 處 理 | 土 壤 pH | 10天 | | | 20天 | | | 30天 | | |
|------------------------|--------|--------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|
| | | $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg) | $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg) | 硝化率 (%) | $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg) | $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg) | 硝化率 (%) | $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg) | $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg) | 硝化率 (%) |
| 無 氮 區 | 5 | 0.51 | 6.48 | 92.7 | 0.26 | 6.63 | 96.2 | 0.24 | 6.89 | 96.6 |
| | 6 | 0.34 | 6.63 | 95.1 | 0.17 | 5.61 | 97.1 | 0.17 | 6.55 | 97.5 |
| | 7 | 0.26 | 6.63 | 95.2 | 0.17 | 7.06 | 97.6 | 0.24 | 6.55 | 96.5 |
| | 8 | 0.42 | 5.78 | 93.2 | 0.17 | 6.21 | 97.3 | 0.25 | 5.73 | 96.0 |
| AM 無 加 用 區 | 5 | 5.87 | 7.27 | 55.8 | 1.72 | 12.92 | 88.3 | 0.95 | 13.03 | 39.4 |
| | 6 | 5.15 | 8.90 | 63.3 | 1.17 | 10.54 | 90.0 | 0.68 | 13.60 | 96.2 |
| | 7 | 5.19 | 9.61 | 64.9 | 1.19 | 13.45 | 91.9 | 0.63 | 13.18 | 95.4 |
| | 8 | 4.89 | 9.43 | 65.9 | 0.85 | 12.67 | 93.7 | 0.57 | 12.07 | 95.5 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| AM 5ppm 加用區 | 5 | 7.14 | 8.10 | 48.1 | 4.40 | 8.00 | 64.5 | 4.08 | 10.54 | 74.9 |
| | 6 | 6.89 | 7.35 | 47.7 | 4.51 | 7.74 | 63.2 | 3.89 | 10.73 | 73.4 |
| | 7 | 7.48 | 5.27 | 41.3 | 4.85 | 7.48 | 60.7 | 4.25 | 10.67 | 71.5 |
| | 8 | 8.16 | 4.18 | 36.4 | 5.44 | 6.46 | 54.3 | 4.25 | 10.67 | 71.5 |



圖三 土壤 PH與AM對土壤硝酸化率之關係
 Relationship between soil reaction and nitrification % as affected by AM

在實驗分析結果，獲知AM之硝酸化抑制作用隨着土壤pH之降低而降。(即 pH降低時AM 對氮成分之硝酸化抑制作用亦減低)但其影響並不很顯著，在本處理中土壤 pH 值與 AM之硝酸化抑制作用之間測定初期略有差異，但至後期並無呈差異現象。

四、結論及摘要

本試驗之目的為探討 2-Amino-4-chloro-6-methylpyrimidine (簡稱AM) 之施用對於水稻產量之影響，及對土壤中硝酸化作用之抑制效果，於1966年間採用直播栽培法舉行水稻盆栽試驗，並在實驗室內分析土壤中之 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成量，以究明所施尿素之銨化及硝酸化情形，測定AM之硝酸化抑制效果。

據盆栽試驗結果AM之施用對於稻谷之增收確有效果，土壤實驗結果示 AM對尿素之銨化作用並無影響，但對其硝酸化却有顯然抑制效果。

由以上結果可以推知AM在容易發生脫氮作用之環境下(如輪流灌溉地區或缺水地區水稻直播栽培)對於氮素肥料肥效之增進將有裨益。但實際應用效果如何尚待繼續試驗。

參 考 文 獻

1. 東洋高壓農材研究所 硝酸化抑制劑“AM” 1965 12月
2. “ ” “AM”に關する基礎試驗成績 1965 12月
3. 京都大學農學部 農藝化學實驗
4. 船引真吾 土壤實驗法

**A STUDY ON 2-AMINO-4-CHLORO-6-METHYL
PYRIMIDINE AS A NITRIFICATION
INHIBITOR IN PADDY**

By

H. P. WEN

SUMMARY

To test the effect of 2-Amino-4-chloro-6-methyl pyrimidine (A. M.) as a nitrification inhibitor in soil and its applicability in rice culture, a pot experiment under which loss of nitrogen by percolation and denitrification prevailed was conducted.

A. M. was observed not to affect the rate of ammonification of urea, whereas the nitrification was significantly suppressed by A. M. and the availability of the fertilizer applied for the plant was highly improved by its application.

It is predicted that A. M. may be quite advantageous for certain paddy fields or cultivation methods under which denitrification is inevitable.