

硫酸銨在武功棕鈣土內之施用*

藍 夢 九
(西北農學院)

一. 研究動機

硫酸銨含氮態氮約 20% 為濃厚的氮素肥料，世界各國皆用之，原無問題。但據我國局部農民使用後的反映，謂可使土壤變硬，性質變劣，最初一、二年能增產，以後不能增產，甚至減產，其現於病態者為禾苗軟弱，易遭受病蟲侵害。此種情況雖然由於不能掌握科學方法，亂用化學肥料的結果，但硫酸銨肥料含有大量的硫酸副成分，其對主成分 N 100 的硫酸根 (SO_4) 的副成分，約為 342，即三倍以上之量於其主成分。此種副成分留在土壤中，每年每次繼續溶解土壤中的有用成分而流失，使土壤變瘠，性質惡化，如不流失而堆積過多，亦同樣使土壤變瘠，性質惡化。如欲減輕或免去此惡果，則必須合理施用，所謂合理施用即將肥料土壤農作氣候等聯繫成一個問題考慮，而得出一正確方法，以施用之。然仍必須多配合有機肥料，更須改進化學肥料製造，以盡量減免其無用有害的副成分。

關中各縣為抗美援朝增產棉麥，去年由人民政府推廣我國自造的硫酸銨肥料於農家，專作追肥使用，所獲結果，大都增產。但閱讀華北農業科學研究所陳尙謹同志所著“銨基肥料施用於石灰質土壤氮的丟失情形及理論”，與“石灰質土壤施用氯化銨與硫酸銨肥效的比較”二文後^[1,2]，懷疑關中棕鈣土含石灰量頗高，恐不適用於銨態氮肥施用，又懷疑硫酸銨施用後所遺留的硫酸根恐不致完全被雨水流失排除，與華北農業科學研究所試驗結果不一致。此不獨關於目前的增產政策，而且關於土壤肥度的維持與增進，及今後的肥料政策，故著者特為研究此問題。

二. 研究方法及結果

華北農業科學研究所陳尙謹同志研究方法係用該所附近含 CaCO_3 2.74% 的

* 編者註 本文“棕鈣土”名詞係指黃土性的棕色石灰質土壤。

石灰質旱田土壤 500 克，加 0.5 硫酸銨 150cc(立方厘米)，在 50°C 恆溫箱內通過不含 NH₃ 的空氣，每日分析 N 一次，待水分完全蒸發後，再加 150cc，如此重複四次，共損失 N 30%。同時又試驗其他含 CaCO₃ 較多的土壤，損失的 N 量較多，含 CaCO₃ 較少之土壤，損失的 N 量亦較少。彼又用該土 16 斤置入玻璃乾燥器內，加入相當每畝面積 8 斤 N 的硫酸銨，撒佈土表，一加水 10%，從 6 月 9 日至 26 日，置窗外日光日，每日不斷通過不含 NH₃ 的空氣，隔 3 日分析一次，共損失 N 15%，另一加水 40% 從 9 月 13 日至 29 日，同樣處理共損失 N 20%。彼結論到土壤中含水分愈多，N 的損失量亦愈多。

另一試驗，彼用其附近同樣石灰質土，曾經連施 (NH₄)₂ SO₄ 十年，已收穫十四季作物的旱田，0—20 厘米深的表土層，風乾後，用 1:5 水浸出，測定其 SO₄ 根，僅 56ppm。被謂每年施用硫酸銨肥料的硫酸根，大部被雨水溶解由地下水排去矣。

著者對此因有懷疑，而又欲一試關中武功的棕鈣土，採用方法，使其充分接近實際，其經過如下：

取本院肥料試驗地，棕鈣土 0—20 厘米深表土層，風乾後，過 2 毫米的孔篩，先試驗本研究應知的土壤性質如下：

土壤機械組成分(用包氏比重計):	砂 32.8%	粉砂 58%	粘土 19.2%
膠粒含量:	14%	土壤質地:	粉砂粘壤土
CaCO ₃ 含量:	9.5%	容水量:	50%
有機質含量:	0.85%	PH 值:	7.6

取供試土 100 克置入玻璃瓶內，加相當於其容水量 50% 的水分約 25cc，加入 (NH₄)₂ SO₄—N 10 毫克，於室溫攝氏 10 度下，放置 3 小時後，通過不含 NH₃ 之空氣 5 升，用 $\frac{N}{10}$ HCl 吸收從瓶中抽出空氣中的 NH₃，用 $\frac{N}{20}$ NaOH 中和吸收 NH₃ 所餘之 HCl，以測定從土壤中放出的 N 量。另一隔 18 小時後，室溫從夜間 5°C 到日間 10°C 同樣測定從土壤中放出的 N 量。

放置 3 小時 通氣 3 小時 5 升	損失 N 0.42 毫克	損失加 N 的 百分率	4.2%
放置 18 小時 通氣 3 小時 5 升	損失 N 0.24 毫克	損失加 N 的 百分率	2.4%

又取同樣天然態土壤，並保持其耕地溫度，0—15 厘米深耕作層 4 公斤，其

天然溫度含水分 14.5%，置玻璃乾燥器內，加入含 N 21.2% 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 肥料 4 克，置晝間室溫約 10°C 經過一日半，用與前樣之抽氣裝置，通過一日 20 升不含 NH_3 的空氣，用 HCl 吸收由土壤表面放出空氣中的 NH_3 ，用 NaOH 滴定，算出土壤中放出的 N 量。再經過二日，再通過空氣 20 升以測定其損失的 N 量。再經二日，再測定其 N 的損失量。

水分 15%：	放置一日半	損失 N 1.61 毫克	損失加入 N 0.2%
	放置三日半	損失 N 1.07 毫克	損失加入 N 0.125%
	放置五日半	損失 N 0.46 毫克	損失加入 N 0.058%

又就此裝置的供試土壤加入蒸餾水 400cc. 使達土壤容水量 50% 之水分，略加搖動，表面已微現泥濘狀，再置二日，再通過一日 20 升空氣，測定其損失 N 量。再經二日，再測。

水分 25%：	接續放置第七日半	損失 N 0.5 毫克	遺失加入 N 0.06%
	接續放置第九日半	損失 N 0.4 毫克	損失加入 N 0.05%

又取同一耕地濕土 100 克，置入玻璃瓶中，加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -N 10 毫克，在保持 36°C 的水盆內，通過空氣 3 小時 5 升，以測量其損失之 N。繼又加入蒸餾水 10cc 使達水分 25%，仍在保持 36°C 的水盆內，通過空氣 3 小時 5 升，測其損失 N 量。再加入 N 20 毫克，此時土壤已含水分 40%，仍如前通氣測 N。

水分 20%	損失 N 量 < 0.1 毫克	損失加入 N < 1%
30%	痕跡	痕跡
50%	痕跡	痕跡

由以上各試驗結果，知棕鈣土雖含碳酸石灰量頗高，但施用硫酸銨的 N 素損失量甚低，其最低的損失 N 量並不因水分增多。至於溫度關係，武功地表溫度 6 月平均為 31.2°C ，7 月為 26.1°C ，8 月為 28.1°C ，9 月為 21.3°C ，著者用恆溫 36°C 水盆乃代表相當高的地表溫度，所用 10°C 室溫約代表全年平均溫度。

陳尚謹同志謂硫酸銨施於石灰質土中，遂變為碳酸銨與硫酸鈣，因硫酸鈣溶解度小，其可逆反應小，碳酸銨之形成遂多。因其容易分解成 NH_3 與 CO_2 ，故當濃度溫度及濕度增大，則愈促進 NH_3 態 N 的損失。

著者特取同樣供試濕土 50 克，加每 cc 含 2 毫克 N 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 液 200cc，放置三日後，過濾，就濾液定量其中所含的 CO_3^{--} ， HCO_3^- 及 NH_4^+ 與 SO_4^{--} ，以視其彼此間之當量比。供試濾液的 pH 為 7.8，比用蒸餾水浸出濾液的 pH 7.6 略

高。供試濾液對酚酞 (pH 8—9.8) 無色，表示無碳酸鹽存在。對甲基橙 (pH 3.1—4.4) 黃色，用 KHSO_4 液滴定之，測定其中的重碳酸根。又取濾液 0.2cc，行比色定量 NH_4 態 N。又用硫酸銀比濁法，定量其中的 SO_4 根。各以其結果計算成 100 克土壤中的毫克量如下：

毫克/100 克	$\text{HCO}_3 \cdots \cdots 124$	$\text{N} \cdots \cdots 600$	$\text{SO}_4 \cdots \cdots 2000$
離子比	$\frac{124}{61} = 2$	$\frac{600}{14} = 43$	$\frac{2000}{96} = 21$

由此知施硫酸銨三日後土壤中存在的銨態 N，無碳酸銨存在，重碳酸銨亦極少，極大部分仍為硫酸銨，約多重碳酸銨態 N 十餘倍。

又取供試的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 原液與此浸出濾液所含 N 量作比較，前者 0.15 cc 所含 N 量等於後者 0.2 cc 所含 N 量，知有 0.05cc 所含 N 量，已被土壤吸收固定，未被浸出，其被土壤吸收固定之 N，相當於加入 N 量的 25%。

又取同一的浸出液 40cc，置玻璃瓶內，用同前之抽氣裝置，保持在 36°C 水盆中，通過不含 NH_3 的空氣 3 小時 9 升，使經過液體中，用 HCl 吸收由玻璃瓶液體中放出的 NH_3 ，用比色法測定其 N 量，以視 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 與 $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ 同在一溶液中，當 36°C ，pH 7.8 時，是否完全被分解為 NH_3 與 CO_2 ，結果分解放出之 N 為 2.8 毫克，算成供試土 100 克中的毫克量，為 28 毫克。由前試驗 100 克供試土中存在的 HCO_3 為 124 毫克，應分配 28.0 毫克，即溶液中的重碳酸鹽全部被分解為 NH_3 與 CO_2 放出，而 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 未被分解。

關於硫酸銨施用於鈣土後，硫酸根是否完全或大部分被雨水淋洗排除，著者採取本院硫酸銨肥料試驗地 3 區、5 區及 0 區，土壤 0—10 厘米深，風乾後，過 2 毫米孔篩，3 區每畝增施 15 斤硫酸銨，5 區每畝施 25 斤硫酸銨，0 區為未施硫酸銨的無氮區，各樣 100 克，加水 150 cc，浸出 3 日後，比較其浸出液 20 cc 中的 SO_4 根，都沒有呈現。俟加入 HCl 使成 $\frac{\text{N}}{2} \text{HCl}$ ，以一日浸出 25cc 中的 SO_4 根，其結果如次：

區號	0	3	5
施用硫酸銨	0	15 斤	25 斤
殘留的 SO_4	0.05 毫克	0.6 毫克	0.9 毫克
算成土壤中 ppm	2.9	35	53

再繼續加 HCl 至無碳酸泡沫發生時止，並放置一日後，濾過，取其濾液 25cc，

測定其 SO_4 如下：

區號	0	3	5
殘留於土中的 SO_4	68.2 ppm	76.4 ppm	100.0 ppm
與前次相加	71.1 ppm	111.4 ppm	153.0 ppm
與 0 區相減		40.3	81.9 ppm

試驗區僅施用硫酸銨一年，設以每市畝土壤深 3 寸，重 190,000 市斤計，每畝施硫酸銨 15 斤及 25 斤，該土層共增加氮 3 斤及 5 斤，增加硫酸 10 斤、18 斤，兩者在該層土壤中的濃度，N 為 16 ppm 與 26 ppm， SO_4 為 53 ppm 及 95 ppm。今測該層土壤增多的硫酸比不施硫酸銨者共多出 40.3 ppm 與 81.9 ppm，證明硫酸根幾全在表層土壤中，並未流失。

三. 結 論

硫酸銨施於鈣質土中的銨態氮，由變成碳酸銨而有所損失，但損失量在一般土壤條件下不大，少有超過 5% 者。又損失氮量並不因水分增多或施肥量增多而增多。普通地溫亦非促進氮素損失的因素。

硫酸銨施於鈣質土中，其銨態氮變為碳酸銨，碳酸鈣變硫酸鈣的反應，並不迅速順利進行，而較為迅速進行者乃為鈣質土粒對硫酸銨 25% 的全鹽吸收。因施肥三日後無碳酸銨的生成，硫酸銨的極大部分仍以原形存在於土壤中。

硫酸銨於鈣質土中較之施用於其他鐵鋁腐植等土中為宜，因有大量碳酸鈣可以中和殘留於土中的硫酸根，而硫酸鈣在土壤中具有促進微生物發達，及變不溶態養分為可溶態養分的作用，若在鹼性土尚能中和其鹼性。

硫酸銨施於鈣質土中，其殘留的硫酸根大都以 CaSO_4 的形態存在，在鹼性及中性水中難溶，故不易被雨水流失，惟每年所加入的 SO_4 量，以每年每畝施 8 斤 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 追肥計，其在 1 米深的土層中所增者不過 11.25 ppm，縱 CaSO_4 完全不溶解流失，亦需至 180 年後，方超過 0.2%，此後仍因 CaCO_3 量在鈣中含量豐富，能繼續中和殘留的硫酸。

用硫酸銨作肥料對於硫酸及其運輸的浪費頗大，亟應加以改造，以減去其副成分，此點尚有賴於工業化學家的努力。

本試驗研究結果與華北農業科學研究所陳尚謹同志所得結果所以不同者，由於著者所用的溫度、水分、施用量概依照耕種地實際情況較彼為低，而測定土

壤中殘留的 SO_4 根時，又改用水為鹽酸之故。

參 考 文 獻

- [1] 陳尙謹、喬生輝：銨基肥料施用於石灰質土壤氮的丟失情形及理論 中國農業研究, 1950, 第 1 期 81—87。
- [2] 陳尙謹、喬生輝：石灰質土壤施用氯化銨與硫酸銨肥效的比較 中國農業研究, 1950, 第 1 期 89—96。