尿素在臺灣水田土壤中的動態之基本研究

第一報　尿素在水田土壤中之銨化作用

徐水泉　溫西濱

一、前　言

據本研究室過去辦理之各種氮肥對水稻之肥効試驗報告指出硫酸銨之肥効較優於尿素之傾向(1·2·3·)著者鑑於將來尿素必代替硫酸銨，成爲本省重要氮肥，故進行檢討尿素與硫酸銨對水稻之肥効差異之原因。關於尿素在土壤中之吸着，銨化分解，氨揮散，以及滲濾等各動態之研究在國外已有報告4·5·6·7·8·9·10·15，但在本省除曾、王兩氏之初步研究報告12·外尚未見此類之試驗報告，因此舉辦此項研究茲將其中尿素在土壤中銨化消長之實驗結果報告於下，供爲尿素對於水稻之合理施肥技術之參考。

本試驗承李蘭帝先生之實驗指導及林清富先生之協助於此謝忱。

二、材料與方法

（1）供試土壤

就對本省主要水田地區土壤選擇十二種類爲實驗材料其地區及理化學性質如下：

表Ⅰ　供試土壤地區及理化性質

Table 1　Location and physico-chemical properties of Soils

理化學性質 / 供試土壤	土類 Soil type	機械組成 Mechanical analysis 粘粒 Clay%	坋粒 Silt%	砂粒 Sand%	pH	陽離子交換能量 C.E.C me/100g	全氮 Total N %	有機物 O.M.%
臺北坋質壤土 Tai-Pei silt loam	砂頁岩冲積土	20.1	54.1	25.8	5.2	11.0	0.11	1.84
新竹坋質壤土 Hsin-Chu silt loam	〃	26.1	52.2	21.7	6.2	11.0	0.11	2.57
香山砂土 Hsiang-san Sandy soil	〃	4.1	7.1	88.8	6.0	7.0	0.08	1.06
豐原壤土 Feun-yen loan	〃	19.1	37.2	43.7	6.0	8.8	0.15	2.34
臺中砂質壤土 Tai-chung sandy loam	〃	10.1	30.2	59.7	5.4	11.8	0.12	1.88
佳里壤土 Chia-li loam	砂頁岩冲積土	17.6	44.6	37.8	7.6	12.3	0.08	1.47
桃園壤土 Tao-yen loam	洪積層紅壤土	20.5	46.8	32.7	5.1	10 8	0.12	2.05
中壢粘土 Chung-li clay	〃	40.1	24.2	35.7	4.8	14.0	0.06	0.81
溪湖砂質壤土 Hsi-fu Sandy loam	粘板岩冲積土	8.1	30.2	61.7	7.4	8.8	0.14	2.15

屏東壤土 Ping-tung loam	〃	27.1	45.2	27.7	7.0	9.6	0.11	1.64
新營坋質壤土 Hsing-ying Silt loam	擬盤層土	22.1	54.1	23.8	7.2	15.8	0.12	2.59
花蓮坋質壤土 Hua-lien sile loam	片岩冲積土	18.1	66.2	15.7	7.5	6.6	0.14	2.65

（2）實驗方法

經2mm節別之各供試土壤取100g放入300ml之有栓三角瓶中，加0.01%之尿素溶液各100ml（N 45mg/Soil100g）使其充分混合成爲濕水狀態，加蓋瓶栓置入 15°C, 25°C, 35°C 之恆溫箱後按處理日期，取出振盪，抽出土壤溶液 10cc 放置培養皿後加入 Urease 分解殘留尿素態氮爲銨態氮，再以Conway氏微量擴散法定量，殘留尿素量再以此值換算求之。

三、結果與討論

茲將殘留尿素量測定結果列示表Ⅱ。

表Ⅱ 尿素殘留量(Nmg/Soil 100g)

Table II amount of urea undecomposed

供試土壤 \ 分解日數 / 分解溫度		0日	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日
臺北坋質壤土	15°C	4.37	3.36	2.97	2.24	1.82	1.68	1.26	0.56	0.36	0	—	—	—
	25°C	4.37	2.80	1.54	0.84	0.39	0	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	4.37	0.84	0.70	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
新竹坋質壤土	15°C	3.96	3.64	3.22	2.38	2.24	1.82	0.84	0	—	—	—	—	—
	25°C	3.96	2.62	1.49	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	3.96	1.68	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
香山砂土	15°C	4.35	3.64	3.36	3.22	2.24	2.18	2.16	2.10	1.93	0.90	0.42	0	—
	25°C	4.35	3.92	2.59	1.73	0.84	0.28	0	—	—	—	—	—	—
	35°C	4.35	0.56	0.28	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
豐原壤土	15°C	4.23	4.06	3.50	2.10	1.40	0.98	0.28	0	—	—	—	—	—
	25°C	4.23	4.03	2.16	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	4.23	0.56	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
臺中砂質壤土	15°C	4.37	3.92	3.22	26.6	2.38	18.2	0.84	0.56	0	—	—	—	—
	25°C	4.37	3.08	1.96	1.12	0.56	0	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	4.37	0.56	0.48	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
佳里壤土	15°C	3.65	2.38	1.40	1.12	0.98	0.84	0.56	0.42	0.28	0	—	—	—
	25°C	3.65	2.24	1.89	0.70	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	3.65	0.98	0.84	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
桃園壤土	15°C	3.91	3.01	2.31	1.26	0.70	0.56	0.42	0.26	0	—	—	—	—

	25°C	3.91	1.92	1.54	0.72	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	3.91	0.84	0.70	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中壢粘土	15°C	4.37	4.20	3.36	3.22	2.94	2.94	2.80	2.52	2.52	2.24	2.24	—	—
	25°C	4.37	3.64	3.64	3.50	3.22	3.08	3.08	3.08	2.28	2.08	2.08	—	—
	35°C	4.37	3.35	2.95	2.60	2.30	2.30	2.25	2.20	2.20	2.14	2.00	—	—
溪湖砂質壤土	15°C	3.96	2.38	1.96	1.40	0.14	0	—	—	—	—	—	—	—
	25°C	3.96	1.68	0.28	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	3.96	0.56	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
屏東壤土	15°C	4.23	3.08	2.52	2.10	1.26	1.15	0.70	0.42	0	—	—	—	—
	25°C	4.23	1.12	0.84	0.32	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	4·23	0.56	0.28	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
新營坋質壤土	15°C	3.96	2.66	2.52	1.96	1.40	0.70	0.28	0	—	—	—	—	—
	25°C	3.96	2.24	1.12	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35°C	3.96	0.56	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
花蓮坋質壤土	15°C	3.92	2.94	2.38	1.96	1.40	0.98	0.36	0	—	—	—	—	
	25°C	3.92	2.80	1.40	0.56	0	—	—	—	—	—	—	—	
	35°C	3.92	1.54	1.05	0	—	—	—	—	—	—	—	—	

尿素施用於水田後極少量被土壤或作物吸收，而大部份却被尿素分解菌轉變爲碳酸銨或重碳酸銨之後始能被作物吸收利用，因此尿素銨化作用之緩速可視爲影響尿素肥効之因素之一，於此選擇本省主要水田土壤十二種類測定尿素在水田狀態之銨化狀況，茲根據表Ⅱ表示之實驗結果分別討論如下：

（1）土類間之比較

尿素之銨化分解之緩速由土壤性質不同而有差異，即土壤溫度15°C時尿素在各土類中之銨化速度相較結果，溪湖砂質壤土最快，則經5日全部變爲銨態，新竹坋質壤土，豐原壤土，新營坋質壤土，花蓮坋質壤土需經7日，桃園壤土，臺中砂質壤土，屏東壤土8日臺北坋質壤土，佳里壤土9日，香山砂土11日，中壢粘土經過10日，其銨化率不至一半，在25°C時新竹坋質壤土，豐原壤土，溪湖砂質壤土，新營坋質壤土，較速其分解日數爲3日，桃園壤土，佳里壤土，屏東壤土及花蓮坋質壤土需4日，臺北坋質壤土，臺中砂質壤土5日，香山砂土6日，中壢粘土最慢之，35°C時除中壢粘土外之各土壤其銨化作用只2～3日均完成轉爲銨態，由上述之結果得知，尿素之銨分解與土壤理化學性質有密切的關係，即適宜尿素銨化作用之土壤條件就要土壤反應呈中性而有機物含有量豐富之坋砂質壤土或壤土土壤吸着力及有機物含量較低之砂土及質地粘重而呈酸性之粘土較差（[4·5·9·10]）如分解較速之溪湖、新竹、豐原、新營土壤均屬於土壤反應呈中性即有機物含有量較多之坋質或砂質壤土，反之如有機物缺乏香山砂土及土壤反應呈酸性而質地粘重之中壢粘土其銨分解較緩。同土類中質地屬於坋質壤土之新竹、臺北土壤及同樣壤土之豐原佳里土壤均前者之銨分解爲速之原因係受土壤反應及有機質含量影響所致，一般而言之尿素在本省水田土壤中之銨化作用受土壤性質之影響甚明顯，即砂土及粘土較緩於壤土，冲積土爲速於洪積土，而有機物含量較多之土壤分解較速，土壤反應呈中性之土壤亦較呈酸性之土壤爲速之傾向。

（2）土壤反應間之比較

尿素銨分解受土壤反應之影響甚爲明顯，根據 Howell 及 Sumer 兩氏之研究結果最適宜尿素分

解之 pH 值爲7.0左右，因此爲明瞭 pH 值與 Urese 酵素作用之關係，就先作一段予備實驗，即用枸緣酸及磷酸二鈉配成 pH 值3.5. 4.5. 5.5. 6.5. 7.5之緩衝液，各加 Urea N4.5mg/100me及再加足够分解此尿素量Urease之後在25°C保溫後按處理日期分析NH_3-N量算出其銨化率，測定其差異其結果在25°C時之尿素銨分解情形 pH 7.5 時爲二日 pH 6.5 時經四日全部變爲銨態，而 pH 5.5時經過六日銨分解達到 70% pH 4.5 時只25% pH 3.5時簡直停止狀態，如此pH值愈低 Ureose 之作用愈受抑制，銨化作用不易發生，就對土壤別觀察之土壤反應呈中性之溪湖砂質壤土（pH 7.4） 新營坋質壤土（pH 7.2）屏東壤土（pH 7.0）花蓮坋質土（pH 7.5）及呈微酸性之，新竹坋質壤土（pH 6.2）豐原壤土（pH 6.0）其銨分解均速於土壤反應呈酸性之臺北坋質壤土（pH 5.2）桃園壤土（pH 5.1）臺中砂質壤土（pH 5.4）此差異係部份受土壤質地及有機物含量之影響，但是可推察尿素之銨分解在中性土壤中較速於酸性土壤之傾向，亦同土類中質地屬於坋質壤土之新竹（pH6.2）臺北（pH 5.2） 土壤及有機物含量略相同之屏東（pH 7.0）臺中（pH 5.4）土壤中之分解均前者較爲速之原因可認爲由土壤pH值高低之影響。

（3）土壤質地間之比較

在不同質地間尿素銨分解之影響而言砂土之銨分解較慢，隨着坋粒之增加而有增速之傾向（4·5）如pH值相同之香山砂土新竹坋質壤土，豐原壤土比較時可見有機物含量又低之香山砂土之分解較緩之同質地中有機質或石灰連用之土壤其分解較速於無機質連用之土壤（4·5）即質地屬於同樣壤土之桃園、豐原、佳里、屏東四種土壤中豐原壤土之分解爲快之理由可視爲因桃園壤土之 pH 較低，而佳里及屏東壤土有機物含量較少於前者之影響，就對質地屬於坋質壤土之臺北、新竹、新營、花蓮之各土壤視之臺北土壤之銨分解均較緩於新竹、新營、花蓮各土壤亦認爲 pH 及有機質含量較低之原因，同砂質壤土之臺中及溪湖亦然，由上述之結果得知尿素之銨分解在同質地中由土壤反應及有機物含量之相異而引起之差異現像甚爲顯著。

（4）有機物含量面之比較

土壤有機物含量與尿素之銨分解有密切關係，在一般土壤中有機物含量較多時銨分解較速概肥沃土壤比瘠薄土壤，已耕地較未耕地爲速之（4·5·9）例如有機物含量較多之新竹、豐原、新營、花蓮、溪湖各土壤之分解較爲速於臺北、香山、臺中、佳里土壤之理由因受其他因素之影響固然有但有機物含量之多少顯有關係即銨分解最緩之，中壢粘土及香山砂土兩者顯示有機質缺乏狀態，土壤反應呈中性，質地屬於壤土之佳里土壤之分解亦較緩於其他土壤之原因可謂有機物含量較低之影響。

（5）土壤溫度間之比較

土壤溫度對於尿素銨分解之影響頗大，在高溫和低溫時兩者間之差異極明顯，即土壤溫度在35°C尿素之銨分解經過 2～3 日25°C需經 3～7 日，15°C時則延到 5～12日始被完全分解（中壢粘土例外，土壤性質不同而引起之差異也有，但其分解日數在15°C至25°C間相差有二倍，而15°C與35°C間亦大約有三倍之相異，由此可知土壤溫度愈高銨分解愈速而溫度降低時銨化作用所需之時間又隨之而延長，此係土壤溫度低時尿素分解菌之活動受阻礙之關係，在高溫之下（35°C）尿素在不同土類間之銨分解所需日數相差甚微而較低溫時（15°C）其分解依土壤性質而相差日數較大之觀點可推察尿素銨化作用之適宜溫度爲35°C左右而過高（40°C以上）或過低（10°C以下）時其作用大有受阻礙之傾向。

結　論

由土壤實驗結果明瞭尿素在土壤中之銨分解與土壤反應，質地，有機物含量，溫度等有密切的關係，則土壤反應呈中性者其分解較速於酸性土壤，有機物含量豐富之砂質，或坋質壤土銨分解亦較速於有機物缺乏之砂土或粘土，土壤溫度對尿素分解之影響示頗大，即 35°C 前後爲最適宜於銨分解之條件，溫度過高（40°C以上）或過低（10°C 以下）時尿素之銨分解均受阻。

由上述之土壤實驗結果來看曾在臺北、新竹、臺中、屏東四處舉行之各種氮肥對水稻肥効試驗結果時銨分解較緩之屏東硫銨之肥効較優於尿素，但銨分解較速之新竹與分解較緩之臺北、臺中尿素施用區與硫安施用區之稻谷產量均相差無幾，因此可推察由土壤性質不同所引起尿素銨分解之緩速對尿素之肥効似並無顯著影響。

摘　要

（1）爲探討尿素與硫酸銨對水稻之肥効差異原因：選擇本省主要水田土壤十二種類（臺北、桃園、中壢、新竹、香山、豐原、臺中、溪湖、新營、佳里、屏東、花蓮）測定尿素在不同性質土壤中之銨分解狀況。

（2）根據試驗結果尿素在水田土壤中銨分解之緩速受土壤溫度，反應質地，有機質含量等之影響甚爲顯著，即最適宜銨分解之溫度爲 35°C 左右而土壤溫度較高時各土壤間之分解日數差異甚小。

（3）對土壤理化性質而言之尿素，在中性土壤中其分解較速於酸性土壤，而質地屬於砂質或坋質土壤中有機質含量較高之土壤銨分解亦較速於砂土或粘土。

（4）尿素之銨分解之緩速由土壤別而言溪湖砂質壤土最速新竹坋質壤土，豐原壤土，新營坋質壤土次之，花蓮坋質壤土，桃園壤土，屏東壤土又次之臺中砂質土，佳里壤土，臺北坋質壤土香山砂土，中壢粘土最緩之順序。

參 考 文 獻

1.張守敬等　硫酸銨，氯化銨，硝酸銨，尿素對水稻之肥効　農業研究第四卷第二期

2.林國謙等　各種氮肥連用試驗成績　農業研究第六卷第一、二期

3.李蘭帝等　尿素施肥法試驗成績　農業研究第六卷四期

4.三井進午等　尿素　高陽書院

5.鈴木達彥　尿素　養賚堂

6.三井進午等　尿素之アンモニヤ化揮散に就いて　日本土肥誌第25卷第1期

7.三井進午等　尿素之土壤吸着　日本土肥誌第31卷第6期

8.奥田東等　田畑に施用法尿素のアンモニヤ化揮散について　日本土肥誌第31卷第10期

9.靜岡農試檢定試驗成績書　日本土肥誌第23卷

10.鹽谷正邦　尿素肥料　日本土肥誌第24卷第6期

11. Harding, R.B等：Leaching and goseous Loss of Nitrogen from Some nontilled california Soils (1960)

12 曾浴沂等　尿素在土壤中的動態之研究　農業研究第十六卷第一期

13.薛鎭江　尿素肥料之性質與肥効　科學農業第三卷第四期

14.李玉清等　尿素　臺灣肥料公司推廣處

15.　肥料示範彙報　臺灣省糧食局肥料運銷處

16.　水稻に對する尿素施用試驗成績書　日本尿素研究會

17.鎌倉武富　臺灣に於ける尿素肥料　東洋高壓工業株式會社

18.船引眞吾　土壤實驗法

19.　新版農藝化學實驗書第一卷　京都大學農業部

20.Brvadent F.E 等：　Nitrification of Ammoniacal Fertilizers in Some California Soils,

Hilardia Vol. 27 No. 9 (1957)

STUDIES ON THE BEHAVIOR OF UREA IN VARIOUS PADDY SOILS OF TAIWAN

(1) Ammonification of urea applied into different Soils

By

S. C. Hsu and C. P. Wen

Summary

(1) To obtain basic information for the rational application of urea in various paddy soils in Taiwan, the rate of ammonification was studied on twelve paddy soils collected from the main paddy fields all over the island.

(2) The results showed that the rate of ammonification was largely affected by soil temperature, pH value and organic matter content in soil : It was faster in nuntral soils than in acidic soils and in the soils with higher organic matter content than in the soils with lower organic matter content. Higher soil temperature also promoted ammonification and the optimum was found about 35°C

(3) The rates of ammonification among various soils tested were in the following order: Hsi-fu sandy loam >Hsin-chu silt loam, Fong-yen loam, Hsing-ying silt loam > Hua-lien silt loam Tao-yen loam Ping-tung loam >Tai-chung sandy loam, Chia-yi loam, Taipei silty loam, Hsiang-shan sandy soil,Chung-li clay.