

# 稻田中肥料流失量之觀測\*

洪 崑 煌

國立臺灣大學農業化學系

## 摘 要

利用滲濾計觀測龍潭紅壤及溪湖石灰質粘板岩沖積土在水稻栽培期間之氮素流失情形。結果示第一期作期間之排水量比二期作多兩倍上下，在紅壤區第一期平均 66.1 cm，第二期平均 29.5 cm；石灰質粘板岩沖積土則分別為 31.9 cm 及 18.9 cm。氮之流失量紅壤第一期平均 3.21 kgN/ha，第二期為 0.16 kg/ha；石灰質粘板岩沖積土則分別為 0.75 kg/ha 及 0.25 kg/ha。

## 前 言

氮素為水稻生產上最重要的肥料要素，但水稻吸收的氮素多半來自土壤，氮肥之吸收利用率並不高(川口，1978；原田，1974；洪，1979)。究其原因，一般認為在浸水狀態下，氮肥容易流失，脫氮，及揮散等作用而損失(川口，1978；Focht, 1979；Mikkelsen and De Datta, 1979)，因而減少水稻之有效吸收利用之機會。但水稻田是最可連作而保持穩定產量的耕作制度，因此其中必然有供應氮素之機制，例如固氮微生物之活動較旱田旺盛，以維持氮之供應能力(Yamaguchi, 1979)。

有關稻田中氮素之收支問題，在國內幾無資料可以判斷。最近的研究多係探討肥料氮之回收利用率(Houng and Liu, 1981)，至於未被吸收的部分命運如何，實有確實把握之必要。因此本作者先在國家科學委員會補助經費下建造六座滲濾計，繼而在本計畫下再建造六座，用以測定水田狀態下氮素之流失情形，其初步結果如下文。

## 材料與方法

本研究中先建造  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$  之方形滲濾計六座，裝填採自龍潭的紅壤，種植水稻一年。繼而再建造同樣的滲濾計，裝填溪湖的石灰質沖積土，各土壤處理如下：

### 一、紅壤

紅壤之六座滲濾計處理如下：

對照區 (C)：不加氮肥。

氮肥區 (N)：加氮肥。

氮肥石灰區 (N, Ca)：加氮肥，並加石灰。

稻草區 (S)：加稻草，每區 400 g。

稻草氮肥區 (SN)：加稻草及氮肥。

稻草氮肥石灰區 (SNCa)：加稻草、氮肥及石灰。

各區均加過磷酸石灰 60 g 與氯化鉀 9.5 g 做為基肥。氮肥用量為硫酸 47.2 g，為基肥、追肥與穗肥 (35:35:30) 三次施用。70年起氮肥量加倍施用。

\*行政院農業發展委員會補助計畫70農建-5.1-產-06(2-1)。購置滲濾計經費之半數係國家科學委員會NSC-69B-0409 02(03)計畫補助。研究中曾由本系技士劉天斌、陳啓烈及研究生李達源、張煥正等協助各項觀測工作；又溪湖土壤之採運則承蒙臺灣糖業研究所王副所長傅劉之推介，得溪湖糖廠同仁之協助，謹此一併誌謝。

石灰施用量則經室內保溫法測得要達到pH6.0量，得知為每區 800 g 之碳酸鈣後，以此量施用之。石灰之施用僅在69年第一期作前行之，以後各期

則未再加用。

種植品種為臺農67號，1 m<sup>3</sup> 內種植 25 橫，每橫 3 支秧苗。各期種植情形如下（月一日）：

年 期	施 稻 草	施 基 肥	插 秧	追 肥	穗 肥	收 穫
69 第一期	II-14	III-8	III-10	IV-26	V-15	VI-8
第二期	VI-10	—	VII-2	(VIII-6) (VIII-12)	IX-19	XI-11
70 第一期	69年X-18	III-10	III-11	III-26	V-13	VI-1
第二期	VI-7	VI-16	VI-17	VIII-1	IX-11	XI-24
71 第一期	70年XI-20	—	III-15	(III-18) (IV-2)	V-17	VI-5~VI-9
第二期	VI-14	—	VIII-6	(VIII-2) (VIII-23)	IX-24	XI-17

## 二、溪湖石灰質黏板岩沖積土

本土採自溪湖糖廠甘蔗園，依底土，表土之序填入滲濾計中。底土黏重，表土則為砂質壤土。

本土自70年第一期開始種植，各處理如下：

對照區 (C) 如同紅壤對照區。

氮肥區 (N<sub>1</sub>) 如同紅壤氮肥區。

氮肥倍量區 (N<sub>2</sub>)：如同氮肥區，唯用量加倍。

稻草區 (S)：如同紅壤稻草區，每區加400 g 稻草。

稻草氮肥區 (SN<sub>1</sub>)：N<sub>1</sub> 外，另稻草 400 g。

稻草氮肥倍量區 (SN<sub>2</sub>)：N<sub>2</sub> 外，另加稻草 400 g。

其他栽培管理均與紅壤區同時進行。

## 三、滲濾水之收集及測定

各滲濾計流出之水，以塑膠桶收集，每一星期測排水量一次。每星期中，以 1 l 燒杯收集約兩小時之排水，做為分析排水中氮含量之用。排水中之氮濃度低，故將其以蒸汽蒸餾於 0.1 N HCl 溶液中，以 Nessler 試藥發色，由吸光度測其氮濃度。另取一定量，加 Devarda 合金，加 NaOH 後同樣蒸汽蒸餾，以 Nessler 試藥發色，定 NH<sub>4</sub>-N 及 NO<sub>3</sub>-N 之含量。與前者之差，求得 NO<sub>3</sub>-N 之濃度。

## 結果與討論

紅壤區滲濾計，自69年第一期開始種植；石灰質黏板岩沖積土滲濾計，則自70年第一期開始種植。在初期栽培中，田土尚未密實化，各處理滲濾量相差很大，又由於人力不足，未能實施全生長期的觀測。至70年第二期作期間，田土已相當穩定，即盡力做全生長期間之觀測工作。

### 一、各處理稻穀與稻草收量

各期作稻穀與稻草收量表示於表 1。

#### (一) 紅壤區：

本紅壤原為極貧瘠的土壤，水稻生長情形不佳，尤其不加氮肥時，生長情形甚差，連作之後，生長情形更差，即不分蘖，株高亦僅達施肥區之三分之一程度。但收量換算為每公頃單位，則可達頗高之數字。由此可見此種小面積滲濾計產量結果，要延伸到田間狀態下之收量，則應小心求得校正係數後方可。

紅壤在無氮肥之供應下栽培水稻，則自首次（69年第一期）之每公頃 3,733 kg 之稻穀收量，至70年第一期降到僅 473 kg 而在 71年第二期微升至 571 kg，可見其氮供應能力甚低。加了稻草，則產量更低，可能是 C/N 比高的稻草之加入，使原來即少的土壤中無機氮趨向於有機化，水稻能吸收的氮更加減少。

**Table 1.** Yields of rice grain and straw on a latosolic soil\*

Treatments	C	N	N <sub>Ca</sub>	S	SN	SNCa	
1980—I	Grain	3,733	6,978	6,400	2,667	6,400	5,976
	Straw	3,469	5,684	5,619	3,145	5,120	3,180
1980—II	Grain	3,010	4,430	4,389	1,050	3,444	3,180
	Straw	3,720	3,268	3,293	1,650	2,681	2,392
1981—I	Grain	772	6,301	6,634	230	5,188	7,333
	Straw	692	5,308	5,775	256	4,262	5,727
1981—II	Grain	489	3,567	3,704	208	4,320	3,418
	Straw	312	2,605	3,050	80	3,513	2,667
1982—I	Grain	473	4,229	5,849	590	5,815	5,987
	Straw	426	4,669	5,711	485	5,978	5,502
1982—II	Grain	571	5,494	5,698	544	3,830	3,566
	Straw	594	4,752	4,624	510	3,960	3,058

\*C : Control ; N : 200kg N/ha, applied in 3 doses ; Ca : 8,000 kg CaCO<sub>3</sub>/ha, applied at the start of 1980—I crop season ; S : 4,000 kg straw/ha, applied after the harvest of each crop.

**Table 2.** Yields of rice grain and straw on a calcareous slate alluvial soil\*

Treatments	C	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	S	SN <sub>1</sub>	SN <sub>2</sub>	
1981—I	Grain	3,339	7,286	7,978	2,155	7,210	7,447
	Straw	2,275	5,968	7,064	1,871	6,349	6,738
1981—II	Grain	3,138	3,489	4,153	2,933	3,702	4,038
	Straw	2,035	2,772	3,303	2,151	2,876	2,726
1982—I	Grain	1,983	5,423	4,845	1,822	6,681	5,839
	Straw	1,500	4,353	5,966	1,517	5,569	6,690
1982—II	Grain	2,186	6,798	7,840	4,479	7,522	8,933
	Straw	2,480	4,960	6,960	3,216	6,240	7,600

C : Control ; N<sub>1</sub> : 200kg N/ha applied in 3 doses ; N<sub>2</sub> : 400 kg N/ha applied in 3 doses ; S : 4,000kg straw applied before 1981—I crop season and after the harvest of each crop season then ceafter.

**Table 3.** Effect of straw (% increase in yield)

Soils		Latosolic Soil			Slate Alluvial Soil		
Treatments		C	N	NCa	C	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
1980—I	Grain	-29	- 8	- 7	-	-	-
	Straw	- 9	-10	- 4	-	-	-
1980—II	Grain	-65	-22	-28	-	-	-
	Straw	-56	-18	-27	-	-	-
1981—I	Grain	-70	-18	+11	-35	- 1	- 7
	Straw	-63	-20	- 1	-18	+ 6	- 5
1981—II	Grain	-57	+21	- 8	- 7	+ 6	- 9
	Straw	-74	+35	-13	+ 6	+ 4	-17
1982—I	Grain	+25	+38	+ 2	- 8	+23	+21
	Straw	+12	+28	- 4	+ 1	+28	+12
2198—II	Grain	- 5	-30	-37	+105	+11	+14
	Straw	-14	-17	-24	+30	+26	+ 9

**Table 4.** Effect of lime (% increase in yield) on a latosolic soil

Treatments		N	SN
1980—I	Grain	- 8	- 7
	Straw	- 1	+ 5
1980—II	Grain	- 1	- 8
	Straw	- 8	-11
1981—I	Grain	+ 5	+41
	Straw	+ 9	+34
1981—II	Grain	+ 4	-21
	Straw	+17	-24
1982—I	Grain	+38	+ 3
	Straw	+22	-88
1982—II	Grain	+ 4	- 7
	Straw	- 3	-23

有氮肥之施用下，N區之首次產量最高，以後即減低，但因年度期作不同而升降，並無隨連作次數增加而逐漸減產之一定趨勢。

稻草之加用效果，表示於表3。由此表可知，大體上稻草施用於紅壤均得減產效果，但有些年度期作中，亦有顯著增加效果的時候。

**Table 5.** Amounts of drainage water and N loss

Latosolica Soil :

		Treatments	C	N	N <sub>Ca</sub>	S	SN	SN <sub>Ca</sub>
1981—II	Drainage Water		3.59	3.87	1.67	4.06	4.21	1.30
	10 <sup>6</sup> kg/ha, (%)		100	108	47	113	117	36
	N loss, kg N/ha		0.15	0.15	0.10	0.18	0.35	0.13
	(%)		100	100	67	120	230	87
1982—I	Drainage Water		7.80	6.84	7.65	6.86	7.49	3.00
	10 <sup>6</sup> kg/ha, (%)		100	88	98	88	96	38
	N loss, kg N/ha		0.29	2.28	12.38	0.14	3.66	0.51
	(%)		100	786	4,269	48	1,262	176
1982—II	Drainage Water		2.87	2.94	3.31	4.32	2.09	1.17
	10 <sup>6</sup> kg/ha, (%)		100	102	115	151	73	41
	N loss, kg N/ha		0.09	0.09	0.03	0.17	0.36	0.06
	(%)		100	100	33	189	1,400	67

Slate Alluvial Soil :

		Treatment	C	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	S	SN <sub>1</sub>	SN <sub>2</sub>
1981—II	Drainage Water		1.61	1.63	1.67	1.52	1.87	1.78
	10 <sup>6</sup> kg/ha, (%)		100	101	104	94	116	111
	N loss, kg N/ha		0.14	0.41	0.29	0.49	0.19	0.49
	(%)		100	193	207	3.50	136	350
1982—I	Drainage Water		2.80	3.21	4.12	3.29	3.26	2.43
	10 <sup>6</sup> kg/ha, (%)		100	115	147	118	116	87
	N loss, kg N/ha		0.31	0.14	3.01	0.44	0.20	0.40
	(%)		100	45	1,971	142	65	129
1982—II	Drainage Water		1.61	1.27	2.13	1.67	1.71	4.18
	10 <sup>6</sup> kg/ha, (%)		100	79	132	104	106	260
	N loss, kg N/ha		0.05	0.14	0.34	0.06	0.10	0.26
	(%)		100	280	680	120	200	520

加用石灰之後，對於稻谷產量之影響，則表示於表 4。此表之結果示，在氮肥區加用石灰，在開始的二期作中均表現減產效果，但此後之四個作物期中，則多少表現增產效果，尤其 71 年度第一期作時為最大，增產率達 38%。在稻草氮肥之外，再加石灰，則除 70 年第一期有顯著的增產效果 (41%) 外，餘均不顯著或有減產效果。由此可見對紅壤加用石灰及稻草，其效果因年度期別而有不同，實不能成為必定有效的改良方法。

## (二) 石灰質黏板岩沖積土

本土係石灰質土壤，不需加用石灰。因此肥料處理分為  $N_1$  及  $N_2$ ，氮肥用量分別為 200 kg N/ha 及 400 kg N/ha。此肥料用量遠高於實際上田間施用量，但在 1 m<sup>2</sup> 的滲濾計中，尚未表現過度繁茂之生長，並不過多。

由表 2 之結果可知，在不加氮肥而連作水稻時，其收量之減低情形較紅壤緩慢，其自然供氮能力較紅壤為大。又除 71 年第一期外，其他各期中， $N_2$  區較  $N_1$  區之產量高。各期作收量之變化，似受各期氣候條件之影響較大，未必因連作而減產，例如在稻草區各肥料處理之收量，以 71 年第二期為最高，頭一次種植者 (70 年第一期) 居第二位。沒有加入稻草之各處理，則以開始之一作為最高，71 年第二期作居第二位。

稻草之加入，除無氮區在第一次種植時有顯著減產，餘略有減產效果外，從第三作開始有明顯的增產效果，又其在無氮區之增產效果為大。由此觀之，對石灰質黏板岩土壤，連續加入稻草在第二年後有顯著的增產效果，似有推廣之價值。

## 二、滲濾水量及氮流失量

表 5 列示各滲濾計各期中排水量及其中氮之含量。紅壤之排水速度本來相當大，需要充分的攪拌促其分散，減少排水速度，否則漏水過大。雖然本身是黏質土壤其構造為核狀之極水穩定團粒，故排水速度經充分攪拌成泥狀後，仍為石灰質黏板岩之兩倍或以上。石灰之加入，有促進其分散而減低排水速度之功能，在稻草之併施下，此作用更受促進，且可維持兩年以上，排水速度減至對照區之一半以下。無稻草之施用下，此效果則只有一年作用，以後反有比對照區加快之趨勢。

石灰質黏板岩沖積土，則表土質地為砂壤土，

本應排水良好，唯因其底土為黏質土壤，因而阻止其排水，各處理區各期作間排水速度有不規則的變化，似與整地操作有關，與肥料、稻草之處理關係較少。

值得注意的是兩種土壤之排水量，均在 71 年度第一期作期間較 70 年及 71 年度之第二期作為多，紅壤上有此處理要比第二期大一倍，在石灰質黏板岩沖積土亦有類似的表現。氮之流失量，也因排水量之增加而增加，在第一期中流失較多，其中以紅壤之氮肥石灰區 ( $N_{Ca}$ ) 為最大，達 12 kg 之多，其次為稻草氮肥區 ( $N_N$ ) 之 3.66 kg。在黏板岩沖積土，則以氮肥倍量區 ( $N_2$ ) 之 3.01 kg 為最大。除這些區之流失量較大以外，餘者一期二期作中均不滿 1 kg，對於所施之氮量而言，多不到 0.1%，故肥料氮之流失量實在微不足道，尤其第二期作期間流失量更少。

第二期作期間排水速度較低，氮流失甚少，可能是由於排水速度較低，土壤還原較強，因而脫氮損失較大所致。

由本研究結果可以推論，供試之兩種土壤在水稻栽培期間，氮之流失甚微，在重肥下亦無污染之危險。

## 引用文獻

1. 川口桂三郎。1978。水田土壤學。東京講談社。
2. 原田登五郎。1974。水田土壤の肥力窒素。九州大學農學部。
3. 洪崑煌。1979。一、二期作水稻氮肥吸收利用率與收量之關係。刊載於「臺灣二期作水稻低產原因及其解決方法研討會專集」，行政院國家科學委員會研討會專集第二號。
4. Focht, D. D. 1979. Microbial kinetics of nitrogen losses in flooded soils. In Nitrogen and rice. pp. 119-134. International Rice Resench Institute, Los Banos, Philippines.
5. Houg, K. H. and T. P. Liu. 1981. Recovery by rice plant of fertilizer nitrogen applied at different growth stages. In nitrogen cycling in South-Eastern Asian Wet Monsoonal Ecosystems (R. Wetselaar, J. R. Simpson and T. RossWall eds.). Canberra, Australia.
6. Mikkelsen, D. S. and S. K. De Datta. 1979.

Ammonia volatilization from wetland rice soils. In Nitrogen and rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

7. Yamaguchi, M. 1979. Biological nitrogen fix-

ation in flooded rice field. In Nitrogen and rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

## **Observation on the Leaching Losses of Nitrogen from Paddy Soils\***

Kun-Huang Houg

*Department of Agricultural Chemistry  
National Taiwan University  
Taipei, Taiwan 107  
Republic of China*

### **Summary**

Losses of nitrogen in the drainage water from paddy soils were determined in lysimeter studies. The soils used were a latosolic and a calcareous slate alluvial soils.

The results indicate that the amount of drainage water was larger in the first crop season than that in the second, for both soils studied. For the latosolic soil, the amounts were on the average, 66.1 cm for the first crop and 29.5 cm for the second; and for the calcareous slate alluvial soil they were 31.9 cm and 18.9 cm, respectively.

The amounts of nitrogen lost in the drainage water were on the average 3.21 kg/ha and 0.16 kg/ha, respectively, for the first and second crops on the latosolic soil; and 0.75 and 0.25 kg/ha, respectively, for the calcareous slate alluvial soil.

---

\*Supported by a grant 1981-5.1-06 (2-1) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.