

水稻肥料分施試驗

楊彬良 王銀波 江敏弘

Effect of Split Fertilization on Rice Production

P. L. Yang, Y. P. Wang, M. H. Chiang

一、引言

水稻爲本省主要作物，關於其施肥問題，過去已有甚多之研究，但大部份均偏重於肥料用量與肥料種類者較多^{(4),(5),(6),(7),(9),(15),(13),(17),(18),(19),(20),(21),(22),(23)}，而施肥時間與施肥次數問題之研究則未被重視。但本省水稻肥料用量已相當多，所採用肥料種類亦相當適合，除非另有新的高產量品種育成外，僅以增施肥料及改換肥料種類欲使水稻增產之可能性大爲減少，故以施肥方法調整前後期營養，以期提高產量頗值得重視。

日人三宅、石塚與大杉氏等，分別以水耕試驗獲得以下共同之結論；水稻在初期1~2週內之生育缺乏氮素，可由以後之施用而恢復，且無任何影響，由此可知氮素肥料在某種程度上應該分施。磷酸應在初期數週內供給，以後補給則並不重要，故磷肥以基肥使用較爲有效。與磷肥相反，鉀在全生育期間或者說至生育後期之補給仍爲必要，故以數次分施爲佳⁽¹¹⁾。又據岩田氏之試驗由滲漏水流失肥料之成份以加入肥料量爲100則氮素流失爲20~31%，磷素爲10%，鉀素爲13~22%⁽²⁾。由以上二試驗結果觀之，不論水稻生理之實際需要或預防肥料流失之損失，氮鉀肥均應適當分施較爲有利⁽²⁾。五島氏認爲速效性氮肥施用之基本觀念，爲分蘖盛期及幼穗形成期不可缺少氮素，而幼穗形成期之穗肥用量，每公頃以75公斤左右爲安全⁽²⁾。松島氏則以爲欲得良好稻株形態，以得高產量，出穗前43日至20間應控制氮素供給切斷肥效，而提高成熟率，在此限制氮素期後，須立即（出穗前18日）追施氮素同日時在齊穗時也有加施少量氮肥之必要⁽¹²⁾。日本最近有關氮鉀肥施用時間與次數問題，均着重在水稻後期氮素營養之維持，以提高成熟率爲目標⁽²⁶⁾。

本省有關氮鉀肥施用時間與次數問題，近年來已逐漸引起人們的重視，在彰化地區之調查，施用追肥3次與4次者，佔調查總數80%以上⁽¹⁰⁾。氮肥施用穗肥之理論，雖尚在詳細地再檢討中，但許多農民已知日人研究之原則，加以應用而獲得效果，齊穗期前之施氮亦有人嘗試中。鉀肥方面，戰前鳥居崧氏之研究⁽¹⁴⁾，認爲鉀之肥效在第二期作營養時間之初期生育旺盛時爲著，此時期在種植後30日左右，故在此時期之前施用適量之鉀至爲重要，但在第一期作較此稍遲，約在種後45日前後有施鉀肥之必要，遲於此時則鉀之肥效減退，且二期作分施之效果較劣，而一期作分施效果較佳。

盛澄淵與阮文霖兩氏研究結果⁽⁸⁾⁽¹⁴⁾認爲鉀肥之分施較一次施爲優，但尚無法確定究應分幾次施用爲佳。又據馮明彬、張守敬兩氏之研究四個代表性土壤鉀素固定能力結果⁽²⁵⁾，認爲水田土壤鉀素固定力不明顯，所施鉀素流失量甚大，爲防止鉀肥流失，鉀肥應分次施用，供應水稻生長後期之需要。另外土壤質地之不同對養分吸收及釋放之能力亦異且流失量亦顯然不同。本試驗之目的爲研究氮鉀肥分施在不同質地土壤之效果，以期提供爲實際之應用。本研究經費承蒙農復會補助，謹致謝意。

二、試驗方法

A. 地點：員林崙雅里農家與苗栗農校農場。

- B. 土壤質地：員林較粘重，苗栗較砂。
- C. 水稻品種：採用當地慣用品種，員林用嘉南 8 號，苗栗用新竹 56 號。
- D. 肥料處理：本試驗一期水稻三要素用量為 100~60~80 公斤/公頃，因感一期氮肥略為不足，故二期不減氮肥用量，仍用 100~60~80 公斤/公頃，本試驗計 9 處理其代號及各肥料分配情形如表 1。

表1. 各處理氮鉀肥分次施用分配表 (%)

處 理 Treatment	基 肥 Basic dressing	移植後 10 天 10 Days after transplanting	移植後 20 天 20 Days after transplanting	移植後 30 天 30 Days after transplanting	孕 穗 期 Panicle forming stage	齊 期 穗 Full heading stage
1	100	—	—	—	—	—
2	50	50	—	—	—	—
3	25	—	—	75	—	—
4	34	33	33	—	—	—
5	30	—	40	—	30	—
6	25	—	—	40	35	—
7	25	—	—	40	25	10
8	{ N25 K50	—	—	{ 40 50	{ 25 —	{ 10 —
9	{ N25 K25	—	—	{ 40 50	{ 25 25	{ 10 —

註：1. 上表為一期作情形二期作應改為移植後每隔 7 天。
 2. 孕穗期約為出穗前 25 天，基肥在移植前一天施用。
 3. 磷肥全部為基肥，鉀肥無註明亦為基肥使用。

E. 田間設計：採用逢機區集設計，9 處理 6 重複，計 54 小區，小區面積為 2.5m × 4m = 10m²。

三、試驗結果：

A. 55 年第一期作：1. 變方分析：兩地稻谷與稈產量經變方分析結果如表 2。

表2. 55 年一期稻谷與稻稈之變方分析表

變異原因 Variation Cause	自 由 度 D. F.	平 方 和 S. S.				均 方 M. S.				F 值 F value				理論 F 值 Theoretical F	
		員 林 Yuen-lin		苗 栗 Miao-li		員 林 Yuen-lin		苗 栗 Miao-li		員 林 Yuen-lin		苗 栗 Miao-li		5 %	1 %
		谷 grain	稈 straw	谷 grain	稈 straw	谷 grain	稈 straw	谷 grain	稈 straw	谷 grain	稈 straw	谷 grain	稈 straw		
區 集 Block	5	3.15	3.53	1,096,599	869,109	0.630	0.7060	219,321	173,822	**	**	1.96	1.94	2.45	3.51
處 理 Treatment	8	2.40	3.55	3,325,746	828,569	0.300	0.4438	415,718	103,571	**	**	**	1.16	2.18	2.99
機 差 Error	40	1.75	4.06	4,470,428	3,579,097	0.044	0.1015	111,761	89,477						
總 計 Total	53	7.30	11.14	8,892,773	5,276,775										

註：* 為達 5% 顯著標準，** 為達 1% 顯著標準。

2. 產量：兩地乾谷與稻稈產量，經整理其平均值如表 3。

表3. 55年一期作稻穀與稻藁產量 (公斤/公頃)

地點 Location	處理 Treatment	處理									L. S. D	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	5 %	1 %
苗栗 Miao-li	谷 Grain	4,131	4,417	4,226	4,225	4,773	4,726	4,512	4,821	4,678	390	522
	藁 Straw	4,024	4,119	3,929	3,881	3,714	3,810	3,738	3,857	3,810	不顯著	
員林 Yuen-lin	谷 Grain	6,962	6,845	7,218	6,923	7,237	7,325	7,418	7,337	7,442	222	297
	藁 Straw	4,433	4,385	4,983	4,417	4,483	4,817	4,983	4,917	5,000	364	487

B. 55年第二期作：

- 變方分析：員林乾草因雨弄亂，故無記錄無法作變方分析外，茲將苗栗乾草與乾谷及員林乾谷經變方分析結果，僅員林乾谷F值為顯著，苗栗乾草與乾谷F值均未達顯著標準。茲將員林顯著部份列表如下：

表4. 55年二期作員林乾谷變方分析表

變異原因 Variation	自由度 D. F.	平方和 S. S.	均方 M. S.	F 值 F Value	理論 F 值 Theoretical F	
					5 %	1 %
區集 Block	5	0.7403	0.1481	1.11	2.42	3.45
處理 Treatment	8	3.2707	0.4088	3.06**	2.11	2.83
殘差 Error	40	5.3395	0.1335			
總計 Total	53	9.3505				

- 產量：兩地乾谷稻藁產量，經整理平均值如表5，惟員林二期稻藁部份無記錄故未列入。

表5. 55年二期作乾谷與產量表 (公斤/公頃)

地點 Location	處理 Treatment	處理									L. S. D.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	5 %	1 %
苗栗 Miao-li	谷 Grain	3,200	3,117	3,300	3,233	3,400	3,317	3,433	3,517	3,417	不顯著	
	藁 Straw	2,930	3,000	3,080	3,000	3,010	3,030	2,970	3,200	3,030	不顯著	
員林 Yuen-lin	谷 Grain	6,969	8,164	7,605	8,035	8,162	7,877	8,007	7,737	7,691	606	811
	藁 Straw	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

四、討論與結論：

- 對本試驗乾谷乾藁產量之變方分析而言，第一期作員林之乾谷，乾藁處理間差異非常顯著，苗栗則僅乾谷處理間差異達顯著乾藁則否。第二期作除員林乾藁無記錄無法整理外，僅員林乾谷部份其處理間差異達顯著。苗栗乾谷與乾藁差異均不顯著，此種不同之結果，可能由於一、二期溫度變化不同及苗栗與員林土壤質地相差所致。

2. 本試驗肥料分施效果，不施追肥之產量（處理1）為100時施追肥（處理2至9之平均）之產量在較砂之苗栗，稻穀第1期作為110，第2期作為104，稻藁第1期作為92，第二期作為104；在較粘之員林稻穀第1期作為104，第2期作為113，稻藁第二期作缺，第1期作為107。故以稻穀增產而言，氮鉀之適當分施以調整水稻對營養分之所需確可增產。稻藁則不一致。施追肥與否之公頃產量經整理如表6。

表6. 施用追肥與否對水稻產量之影響（公斤/公頃）

地點 Location 期別 Season 施用方法 Applied method	員 林 Yuen-lin				苗 栗 Miao-li			
	一 期 1st crop		二 期 2nd crop		一 期 1st crop		二 期 2nd crop	
	稻 谷 grain	稻 藁 straw						
施追肥 With top dressing	7,223	4,748	7,910	—	4,547	3,857	3,342	3,040
不施追肥 Only basic dressing	6,962	4,433	6,969	—	4,131	4,024	3,200	2,930

3. 氮素在水稻生育期施用重肥（處理1,2,4,5）產量平均為100時，則後期施用重肥（處理3,6,7,8,9）之平均產量，在較砂之苗栗，稻穀第1期作第2期作均為105，稻藁第1期作為97，第2期作為103，較粘之員林稻穀第1期作為105，第2期作為99，稻藁僅有第1期作為112。故以稻穀增產言，除較粘之第2期作氣溫高可能因釋放之較多而不增產外，後期重肥均可增加稻穀增產。

表7. 前後期重肥對產量之影響（公斤/公頃）

地點 Location 期別 Season 施肥方法 Applied method	員 林 Yuen-lin				苗 栗 Miao-li			
	一 期 1st crop		二 期 2nd crop		一 期 1st crop		二 期 2nd crop	
	稻 谷 grain	稻 藁 straw						
前期重肥 Heavy prior dressing	6,992	4,430	7,833	—	4,367	3,935	3,238	2,985
後期重肥 Heavy late dressing	7,348	4,940	7,783	—	4,593	3,829	3,397	3,062

4. 若不論施肥時間，僅以氮鉀分施次數而論，其對於乾谷及乾藁之影響如表8，除較粘重土壤（員林）之二期作稻穀產量以三次分施為優外，稻穀之增產，以氮鉀分施次數較多者為高。

表8. 氮鉀肥料施用次數對產量之影響（公斤/公頃）

地 點 Location	收穫物 harvest	期 別 season	一 次 施 肥 1 time	二 次 施 肥 2 times	三 次 施 肥 3 times	四 次 施 肥 4 times
苗 栗 Miao-li	谷 grain	1	4,131	4,322	4,575	4,670
		2	3,200	3,209	3,317	3,456
	藁 straw	1	4,204	4,024	3,802	3,802
		2	2,930	3,040	3,013	3,067
員 林 Yuen-lin	谷 grain	1	6,962	7,032	7,162	7,399
		2	6,969	7,885	8,025	7,812
	藁 straw	1	4,433	4,684	4,572	4,967
		2	—	—	—	—

5. 氮素施用穗肥與粒肥增加水稻每穗粒數與粒重對於稻谷增產之效應，根據本試驗結果施用穗肥均為有效。不過因水稻當時營養狀態之不同而產量之增加亦有大小之不同而已。粒肥之效果則僅在較砂土壤（苗栗）之二期較粘土壤（員林）之第一期略有效果，餘則無效，有關此方面之解釋，似應對生長後期之營養狀態與光線環境加以了解不可。

表9. 穗、粒肥之施用對水稻產量之影響

地點 Location	收穫物 Harvest	期別 Season	不施穗粒肥 No dressing at late time	施穗肥 Dressing at ear-formation stage	施穗粒肥 Dressing at ear-formation and heading
苗栗 Miao-li	谷 grain	1	4,289	4,750	4,512
		2	3,217	3,359	3,433
	葉 straw	1	3,976	3,762	3,738
		2	3,027	3,020	2,970
員林 Yuen-liu	谷 grain	1	6,995	7,281	7,418
		2	7,935	8,020	8,007
	葉 stiaw	1	4,595	4,650	4,983
		2	—	—	—

6. 氮肥之分施，由本試驗而言確可增產，除第二期作苗栗區處理 2（N 分基肥及第一次除草各施 50%）較不分施 N 之處理略低外，餘均較不分施之處理產量高。就較砂之苗栗區而言，N 肥之分施以處理 5（基肥 30%，第 2 次除草 40%，孕穗 30%）之產量較佳。惟二期作較砂之處在高溫多雨之情形下，早施之肥料易被水稻吸收及流失，到後期氣溫雨量降低，似應在齊穗期酌施少量氮肥以提高成熟率避免此時期之缺氮，此點由二期作之處理 7 優於處理 6 可以看出。較粘之員林區，N 之分施在第一期作以處理 7（基肥 75%，第三次除草 40%，孕穗期 25%，齊穗期 10%）為佳，二期作以處理 2 與 5 較佳，此種氮肥施用效應之不同，似可能與土壤溶液內含 N 濃度有關。
7. 僅就本試驗一年乾谷成績而論鉀之分施在較砂之苗栗區有效，處理 8 均優於處理 7 其效果一期較二期為大，故鉀肥似可考慮分基肥與第三次除草各施 50%。在較粘之員林區，一期作鉀肥分施與否差異甚微，二期作則鉀肥分施產量反而降低，因此較粘重之地鉀肥似可不必分施。

五、摘 要

1. 本試驗為了解氮鉀肥分施，在較砂及較粘兩種質地土壤之效應，故試驗分為二處，一處在較砂土壤之苗栗與另一處在較粘土壤之員林。水稻品種員林用嘉南 8 號，苗栗用新竹 56。
2. 肥料一期作與二期作均用 100—60—80 公斤/公頃，磷肥均用為基肥，以氮鉀分施方法之不同設九處理，田間採用逢機完全區集設計，六重複，54 小區，小區面積為 $2.5m \times 4m = 10m^2$ 。
3. 試驗結果，員林區除第二期作乾葉無記錄無法整理外，不論一、二期之乾谷乾葉，經變方分析結果 F 值均達差異極顯著。苗栗區則僅第一期作之乾谷變方分析 F 之值達極顯著。
4. 氮鉀分施效果較不分施可增產稻谷產量，稻葉則無一定傾向。若以乾谷產量而論，除較粘重土壤（員林）之二期作以三次分施為優外，餘均以分四次施用為優。
5. 除較粘重土壤之二期作產量一揀外，氮素在水稻生育前期施用重肥者，顯然較後期施用重肥者稻谷產量為低，不論質地之粘或砂穗肥均有效果，粒肥則僅在砂質土壤之二期作與粘質土壤之

一期作略有效果。

6. 氮肥之分施由本試驗結果而言，不論苗粟砂質土或員林粘質土處理5（基肥30%第二次除草40%，孕穗30%）均佳。惟較砂之二期作與較粘之一期作在齊穗期酌施少量氮肥似有效果。
7. 鉀之分施，在較砂之土壤以基肥與第三次除草各施50%為優，且一期之效果優於二期。粘質土壤鉀之分施似無效果，故不必分施。

六、參考文獻

1. 王接皇、曾憲鼎、步焱昇（1962）：
紅壤有效性磷酸與鉀素與水稻效應之相關研究，中華農學會報新第40期。
2. 五島善秋（1960）：
水稻の施肥 改著土壤肥料ハンドブック養賢堂。
3. 石塚喜明，田中明（1965）：
水稻の榮養生理 養賢堂
4. 林國謙、王演清（1956）：
硫酸銨、氯化銨、硝酸銨鈣與尿素水稻之肥效比較地方試驗，農業研究6卷3期。
5. 林國謙、連深（1960）：
各種氮肥連用試驗成績，農業研究9卷2期。
6. 林家榮、吳啓東（1960）：
水稻硝酸銨鈣追肥施用試驗報告，農業研究9卷1期。
7. 阮文霖（1961）：
四種化學氮肥肥效比較試驗，農林學報第9.10輯合訂本。
8. 阮文霖（1962）：
水稻鉀肥施用次數試驗，中興大學農藝學報第二卷第二期。
9. 邱再發、黃文良、李蘭帝（1965）：
臺灣水稻之肥料效應試驗（第一報）中華農學會報新51期。
10. 汪時春、曾廣就、李珪清（1967）
彰化縣水稻施肥實況調查報告，臺灣肥料公司研究專報26號。
11. 松木五樓（1950）：
作物の肥培，明文堂。
12. 楊艷星譯（1966）
松島省三水高產量的新理論及其應用，土壤肥料通訊。
13. 盛澄淵、汪厥明、楊彬良（1952）：
石灰氮稻作追肥施肥法初步試驗 農林學報第二輯。
14. 盛澄淵、阮文霖（1954）：
水稻鉀肥施用期試驗 中華農學會報新45期。
15. 盛澄淵、張魯智（1959）：
臺灣水稻鉀肥連用肥效試驗結果第一次報告，農林學報第8輯。
16. 盛澄淵、張魯智（1962）：
臺灣水稻鉀肥連用效試驗結果第二次報告，農林學報第11輯
17. 盛澄淵、張魯智（1964）：
臺灣水稻鉀肥連用效試驗結果屏東區報告，中華農會報新46期。

18. 盛澄淵、蘇楠榮、林銅鐘、馮明彬 (1964) :
桃園紅壤磷含量與水稻營養及肥料效應之關係，中華農學會報新48期。
19. 張守敬、曾憲鼎、步焱昇 (1948) :
臺灣省水稻三要素適量試驗結果之檢討，臺灣省農業試驗所彙報第7號。
20. 張守敬 (1950) :
氨液作為水稻肥料之研究，農業研究一卷一期。
21. 張守敬、曾憲鼎 (1951) :
臺灣水稻三要素試驗報告，農業研究四卷一期。
22. 張守敬、曾憲鼎、黃國瑞 (1953) :
硫酸銨、氯化銨、硝酸銨尿素對水稻之肥效，農業研究四卷二期。
23. 張守敬、江景村 (1954) :
各種磷肥在臺灣主要土類上肥效之比較，中華農學會報新5期。
24. 烏居崧 (1959) :
熱帶土壤中鉀素有效性之研究，科學農業七卷一、二期。
25. 馮明彬、張守敬 (1964) :
水田中鉀之固定累積與減失。
26. 謝全份 (1957) :
耕鋤深淺施肥量及施肥法對水稻產量之影響，農業研究7卷3期。
27. 鳥取大學農學部肥料研究室編 (1967) :
水稻多收技術の現在と將來。
28. SHINGO MITSUI (1954):
Inorganic Nutrition Fertilization and Soil Amelioration for Lowland Rice.
29. IRRI (1965):
The Mineral Nutrition of the Rice Plant.

Effect of Split Fertilization on Rice Production

P.L.SY ang, Y. P. Wang, M. H. Ch iang

Summary

1. Two field experiments each were set on the light soil of Miaoli and the heavy soil of Yuanlin in 1966 for studying the effect of split application of nitrogenous and potash fertilizers on rice. The varieties used for the respective soils were Hsinchu No. 56 and Chianung No. 8.

2. The application rate of $N-P_2O_5-K_2O$ was 100-60-80kg/ha. for both the first and the second crops. The whole amount of phosphatic fertilizer was applied as basic dressing before transplanting, and for nitrogen and potash the treatments of application in percentage may be tabulated as follows:

Treatment	Basic dressing	After transplanting			Panicle formation stage	Heading stage
		10 days	20 days	30 days		
1	100	—	—	—	—	—
2	50	50	—	—	—	—
3	25	—	—	75	—	—
4	34	33	33	—	—	—
5	30	—	40	—	30	—
6	25	—	—	40	35	—
7	25	—	—	40	25	10
8	{ N 25	—	—	40	25	10
	{ K 50	—	—	50	—	—
9	{ N 25	—	—	{ 40	25	10
	{ K 25	—	—	{ 50	25	—

* (1) From treatments 1 to 7, the whole amount of potash was dressed before transplanting

(2) For the second crop the first top-dressing was 7 days after transplanting, and the rest at 7-day intervals. Fertilization at the panicle formation stage was about 25 days before heading.

Nine fertilizer treatments as shown in the above table were arranged in a complete randomized block design with 6 replications.

3. All experimental data obtained were treated statistically. The analysis of variance showed that F tests for grain yields were highly significant for the first and the second crops at Yuanlin but only for the first crop at Miaoli.

4. The split application of nitrogen could increase rice grain. Regardless of soil texture, 4 dressings usually gave the highest yield, except in the second crop of Yuanlin.

5. The split application of potash (treatments 8 and 9 vs. treatment 7) was more effective for the first crop than for the second crop and on Miaoli's light soil than on Yuanlin's heavy soil, the latter suggested that the split application on the heavy-textured soils is not necessary.

6. Experiment results conclusively indicated the importance of nitrogen top-dressings at the late stage of rice growth (treatments 5, 6, 7, 8 and 9). With a few exceptions a top-dressing at heading would not increase rice grain significantly. Therefore, the favorable effect was attributed to the nitrogen supply at the panicle formation stage.

國立中興大學

National Chung Hsing University