

# 有機水稻氮肥用量之研究

賴文龍、郭雅紋、廖君達、許志聖

## 摘 要

本試驗在粘板岩石灰性沖積土進行有機水稻栽培之氮肥需量探討，試區用有機質肥料(成分：有機質堆肥N 2.5%，礦化率20%；菜籽粕N 5%，礦化率80%計算)，提供有機水稻氮素量。試驗處理以五種氮肥用量分別於第一期作為100、150、200、250及300 kg N ha<sup>-1</sup>及第二期作為50、100、150、200及250 kg N ha<sup>-1</sup>用量對有機水稻產量之影響，期能找出適宜的氮肥用量。有機水稻肥培試驗初步結果，臺梗9號於第一期作以氮肥施用量介於150~200 kg N ha<sup>-1</sup>；第二期作則介於100~150 kg N ha<sup>-1</sup>，即可達較高產量，提供有機水稻栽培肥培之參考。

中英文關鍵字：有機水稻organic rice、氮肥nitrogen fertilizer、產量yield。

## 前 言

臺灣地區有機農業推廣，自1986年至今，近30年來經國內學者專家努力研究及執行，已頗有成就，但在土壤及肥培管理技術常發現有機栽培之水稻或其他作物之營養生長不佳，而影響農作物收成，產量低致無法普及化栽培。Chae and Tabatabai (1986)指出有機物氮的礦化，除了與有機材質特性有關外，更與所施予土壤種類有關。有機質在土壤中的礦化作用受到許多因子影響，如土壤特性(土壤質地、結構、有機質含量等)、降雨量、土壤環境(溫度、水分、pH值)、有機質本身特性、施用量及施用時期等(王等, 1993；蔡, 1988；莊與楊, 1992；Martin and Focht, 1977；Piccolo and Mbagwu, 1990；Sommerfeldt, *et al*, 1988)。有機質在土壤中經過微生物之礦質化作用，釋出無機養分提供作物吸收，如礦化釋出養分太早或累積太多養分或釋出太慢，待作物生長旺盛期過後才釋出，對作物生長及土壤環境皆

不利(White, 1979; Bitzer and Sims, 1988; Douglas and Magdoff, 1991)。本試驗利用本場有機農園試驗區進行探討於粘板岩石灰性沖積土之土壤進行有機水稻栽培氮肥用量試驗，以了解有機水稻栽培於石灰性沖積土，水稻生育期氮肥需求用量探討，以做為後續有機水稻栽培之參考。

## 材料與方法

### 田間設計及肥培管理

於本場有機農園區設置有機水稻栽培田進行氮肥用量試驗，試驗處理氮肥分五級，第一期作以氮素100、150、200、250及300 kg N ha<sup>-1</sup>，第二期作以氮素50、100、150、200及250 kg N ha<sup>-1</sup>，三重複，計15小區，小區面積5 m×15 m=75 m<sup>2</sup>。基肥施用有機質堆肥(N 2.5%)及菜籽粕(N 5.0%)，追肥以菜籽粕施用。肥料以氮素用量之75% N基肥用之有機肥料(包括有機質堆肥50% N及菜籽粕25% N)，25% N之菜籽粕追肥施用。氮素施用量以成分、乾物量及礦化速率等因子換算有機肥料施用量，另有機質堆肥之礦化速率以20%，菜籽粕以80%計算，以提供有機水稻氮素之吸收，如表1。

表 1. 試驗處理

Table 1. Treatments

Treatment	Nitrogen (kg N ha <sup>-1</sup> )				
1st crop	N 100	N 150	N 200	N 250	N 300
2nd crop	N 50	N 100	N 150	N 200	N 250

\*施肥時期：基肥(75% N)，整地前(插秧前 6~10 天)施用；追肥(25% N)，插秧後 20~25 天施用。

### 調查及分析項目

試區土壤樣本於種植前及收穫時以隨機分別採取表土(0~20 cm)，風乾、碎土、過篩(2 mm)。pH值以玻璃電極法測定 水：土(v:w)=1:1 (張, 1981)、有機質以

Walkley-Black法測定(Nelson, *et al*, 1982)、有效性磷以白雷氏第2法(Bray P2 Method)測定(Nelson *et al*, 1982)、交換性鉀、鈣、鎂以1 M中性醋酸銨萃取，再以原子吸收光譜儀或火焰光度計測定(Kundsen, *et al*, 1982)。水稻於生育期及成熟期分別調查農藝性狀及產量等資料先做變方分析後，再以Duncan最小顯著變域法比較處理之變異性(葉, 1986)。

## 結果與討論

### 對土壤性質之影響

本試驗田區之土壤為粘板岩石灰性沖積土，試驗前有機稻田土壤肥力檢測結果為檢測結果土壤酸鹼值(pH) 7.78、土壤電導度(EC) 0.41 dS m<sup>-1</sup>、土壤有機質(OM)含量18.1 g kg<sup>-1</sup>、土壤磷(P) 含量134 mg kg<sup>-1</sup>、土壤交換性鉀(K)含量124 mg kg<sup>-1</sup>、土壤交換性鈣(Ca)含量1,790 mg kg<sup>-1</sup>、土壤交換性鎂(Mg)含量203 mg kg<sup>-1</sup>。第一期作水稻收穫後之土壤肥力較試驗前土壤pH值略增加0.04~0.17單位；土壤電導度降低0.16~0.19 dS m<sup>-1</sup>；土壤有機質含量增加2.9~8.9 g kg<sup>-1</sup>；土壤磷含量降低71~87 mg kg<sup>-1</sup>；土壤交換性鉀含量降低20~54 mg kg<sup>-1</sup>；土壤交換性鈣含量增加45~641 mg kg<sup>-1</sup>；土壤交換性鎂含量略增18~63 mg kg<sup>-1</sup> (表2)。第二期作水稻收穫後之土壤肥力，發現連續二個期作施有機質肥料後土壤pH值較試驗前提升0.26~0.42單位；土壤電導度降低0.2~0.22 dS m<sup>-1</sup>；土壤有機質含量增加4.9~6.9 g kg<sup>-1</sup>；土壤磷含量降低54~79 mg kg<sup>-1</sup>；土壤交換性鉀降低53~67 mg kg<sup>-1</sup>；土壤交換性鈣降低533~779 mg kg<sup>-1</sup>；土壤交換性鎂含量降低13~37 mg kg<sup>-1</sup> (表2)。顯示施用不同量氮肥之有機質肥料後，除提供水稻生育期所需之氮外，對土壤肥力反應會增減養分有效性，土壤pH值呈上升趨勢及土壤有機質含量逐漸累積，其餘之磷、鉀、鈣、鎂等元素被水稻吸收利用，則呈下降趨勢，逐漸減少土壤中之含量，與施化學肥料之變化不同(賴等, 2012)。

### 對有機水稻生育之效果

有機水稻栽培生育期間調查結果，第一期作40天生育調查，株高以100 kg N ha<sup>-1</sup>處理35.1 cm最高，200 kg N ha<sup>-1</sup>處理株高31.1 cm最低，分蘖數亦與株高相似，

表 2. 氮肥用量對水稻收穫後土壤肥力之影響

Table 2. Effect of nitrogen levels on the fertility of soil after rice harvest

Treatment <sup>1</sup> nitrogen (kg N ha <sup>-1</sup> )	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	OM g kg <sup>-1</sup>	Bray-1 P	Exchangeable			
					K	Ca	Mg	
	1:1			mg kg <sup>-1</sup>				
1st crop	N 100	7.85a <sup>2</sup>	0.25ab	25.3a	58ab	81ab	2,118a	244a
	N 150	7.88a	0.22b	21.0a	61ab	70b	1,745a	221a
	N 200	7.93a	0.23ab	27.0a	50bc	104a	2,326a	255a
	N 250	7.95a	0.25a	25.3a	47c	88ab	2,431a	266a
	N 300	7.82a	0.22ab	26.3a	63a	79ab	1,825a	246a
2nd crop	N 50	8.04b	0.21a	23.0a	68b	57b	1,011c	172ab
	N 100	8.20a	0.19a	24.0a	55c	71a	1,257a	166b
	N 150	8.10ab	0.20a	25.0a	78a	60b	1,227a	186a
	N 200	8.19a	0.19a	24.0a	62bc	63ab	1,158ab	186a
	N 250	8.15ab	0.21a	24.0a	80a	63ab	1,071bc	190a

<sup>1</sup>. The same as Table 1.

<sup>2</sup>. Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ( $P \geq 0.05$ ).

有機水稻栽培田區於有機質肥料施用後對水稻生育初期吸收氮素與有機肥釋放氮肥量似不一或不足，於第一期作或第二期作皆會有養分釋放量不一，造成有機水稻植株初期生育狀況稍有參差不齊。第一期作於75天生育調查時則以300 kg N ha<sup>-1</sup>處理株高105.5 cm最高，而100 kg N ha<sup>-1</sup>處理88.1 cm最低，分蘗數亦同。成熟期調查亦與75天生育調查相類似趨勢且處理間有顯著差異。顯示施有機肥之重氮處理區肥分且不斷釋出提供養分吸收，有助株高及分蘗數增加(表3)。第二期作30天生育調查，株高以250 kg N ha<sup>-1</sup>處理64.2 cm最高，而100及150 kg N ha<sup>-1</sup>處理58.3及58.4 cm最低，分蘗數亦與株高相似，顯示插秧前6~10天施有機肥，短時間內釋出養分多寡，皆會影響水稻秧苗營養吸收量不一，造成生長勢不同，而待第一期作75天及第二期作45天生育及成熟調查，均以重氮肥處理之株高、分蘗數或穗數增加趨勢(表3)。

表 3. 氮肥用量對水稻株高及分蘖之影響

Table 3. Effect of nitrogen levels on rice plant height and tiller number

Treatment <sup>1</sup> nitrogen (kg N ha <sup>-1</sup> )	40 days after transplanting		75 days after transplanting		Maturity stage		
	Plant height (cm)	Tiller (number)	Plant height (cm)	Tiller (number)	Plant height (cm)	Panicle number (number)	
1st crop	N 100	35.1a <sup>2</sup>	28.0a	88.1b	20.8b	101.1b	15.5c
	N 150	32.0b	25.9a	95.3ab	21.1b	111.0a	16.5bc
	N 200	31.1b	26.7a	96.2ab	26.4a	108.6a	19.2ab
	N 250	33.6ab	26.8a	95.6ab	25.9a	109.6a	19.3ab
	N 300	33.7ab	26.4a	105.5a	28.1a	112.0a	19.8a
Treatment <sup>1</sup> Nitrogen (kg N ha <sup>-1</sup> )	30 days after transplanting		45 days after transplanting		Maturity stage		
	Plant height (cm)	Tiller (number)	Plant height (cm)	Tiller (number)	Plant height (cm)	Panicle number (number)	
2nd crop	N 50	59.6a	17.3b	73.8b	18.1b	96.1b	16.6a
	N 100	58.4a	16.7b	75.7b	18.6b	96.1b	16.5a
	N 150	58.3a	17.2b	77.6b	19.8ab	97.6b	16.4a
	N 200	61.1a	19.9a	84.3a	19.8ab	103.9a	18.1a
	N 250	64.2a	20.2a	86.1a	22.7a	105.1a	18.6a

<sup>1</sup>The same as Table 1.

<sup>2</sup> Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ( $P \geq 0.05$ ).

### 氮肥用量對有機水稻產量之影響

表4顯示，有機水稻氮肥用量之各處理稻穀產量，於第一期作以氮素150、200、250及300 kg N ha<sup>-1</sup>處理組用量之稻穀產量顯著高於100 kg N ha<sup>-1</sup>之處理且分別增產3.4~10.3%，但處理間之水稻稻穀產量無顯著差異。施用250 kg N ha<sup>-1</sup>處理之水稻產量反而與施100 kg N ha<sup>-1</sup>處理相似。第二期作以氮素150、200及250 kg N ha<sup>-1</sup>處理組用量水稻稻穀產量顯著較高，較施50 kg N ha<sup>-1</sup>處理增產21.7~28.8%，其次施100 kg N ha<sup>-1</sup>處理，亦較50 kg N ha<sup>-1</sup>增產9.2%。由此推知，本試驗於有機水稻田種植臺梗9號水稻，第一期作的氮肥施用量介於150~200 kg N ha<sup>-1</sup>；第二期作介於100~150 kg N ha<sup>-1</sup>，即可生產較高稻穀產量。

表4顯示第一期作200及300 kg N ha<sup>-1</sup> (重氮)處理組之稻草產量最高，較100 kg N ha<sup>-1</sup>增產6.7及14.2%。第二期作以150、200及250 kg N ha<sup>-1</sup>處理組較50 kg N ha<sup>-1</sup>處理分別增產47.1、52.5及54.6%，而100 kg N ha<sup>-1</sup>處理則較50 kg N ha<sup>-1</sup>處理增產28.2%，顯示氮肥用量對稻草增產效果與稻穀產量相類似。本試驗區施用之有機質肥料及菜籽粕等有機肥，應以其礦化釋出氮素量可提供水稻吸收之氮素量換算成有機質肥料用量施用，即可提供有機水稻栽培生育期間營養，俾利水稻分蘖及植株生長。

表 4. 氮肥用量對水稻產量之關係

Table 4. Effect of nitrogen level on rice yield

	Treatment <sup>1</sup>	Grain yield	Index	Straw yield	Index
	Nitrogen (kg N ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(%)	(kg ha <sup>-1</sup> )	(%)
1st crop	N 100	6,467c <sup>2</sup>	100.0	12,482c	100.0
	N 150	7,089a	109.6	12,819bc	102.7
	N 200	6,911ab	106.9	13,316b	106.7
	N 250	6,689bc	103.4	12,498c	100.1
	N 300	7,133a	110.3	14,258a	114.2
2nd crop	N 50	4,822c	100.0	9,386c	100.0
	N 100	5,267bc	109.2	12,033b	128.2
	N 150	5,867ab	121.7	13,804a	147.1
	N 200	6,000a	124.4	14,311a	152.5
	N 250	6,211a	128.8	14,513a	154.6

<sup>1</sup>. The same as Table 1.

<sup>2</sup>. Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ( $P \geq 0.05$ ).

### 氮肥用量與病蟲害發生之關係

有機水稻第一期作於101年6月22日調查病蟲害發生情形。胡麻葉枯病罹病率於300 kg N ha<sup>-1</sup>處理組高達11.0%，與100、150、200、250 kg N ha<sup>-1</sup>處理組間達到顯著性差異。紋枯病病斑高度於100 kg N ha<sup>-1</sup>處理組為5.0 cm最低，其他處理組介

於18.00~20.75 cm。穗稻熱病罹病率以250及300 kg N ha<sup>-1</sup>處理組為最高。二化螟幼蟲為害所造成的白穗率以300 kg N ha<sup>-1</sup>處理組為最高，瘤野螟幼蟲為害所造成的捲葉株率則以250 kg N ha<sup>-1</sup>處理組為最高，300 kg N ha<sup>-1</sup>處理組次之(表5)。

表 5. 氮肥用量對病蟲害發生率之影響

Table 5. The amount of nitrogen fertilizing on the prevalence of disease and insect pest

Treatment <sup>1</sup>	Brown spot	Sheath blight	Panicle blast	Stem borer	Leaf-folder	
Nitrogen	Incidence rate	Spot height	Incidence rate	White panicle	Leaf roll rate	
(kg N ha <sup>-1</sup> )	(%)	(cm)	(%)	rate (%)	(%)	
1st crop	N100	3.10b <sup>2</sup>	5.00b	0.53c	0.18b	0.00c
	N150	2.38b	18.25a	1.65bc	0.50b	1.33b
	N200	3.13b	18.00a	2.98b	1.00ab	1.18b
	N250	3.63b	18.25a	3.65a	1.18ab	4.23a
	N300	11.00a	20.75a	3.48a	2.35a	2.15b
2nd crop	N50	5.25a	0	0	0.30b	0.59c
	N100	2.53b	0	0	0.57b	0.57c
	N150	2.00b	0	0	0.59b	5.92b
	N200	1.50b	0	0	1.67ab	4.45b
	N250	1.50b	0	0	2.35a	17.62a

<sup>1</sup>. The same as Table 1.

<sup>2</sup>. Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ( $P \geq 0.05$ ).

有機水稻第二期作於101年11月2日調查病蟲害發生情形。胡麻葉枯病罹病率於50 kg N ha<sup>-1</sup>處理組最高為5.25%，與100、150、200及250 kg N ha<sup>-1</sup>處理組間達到顯著性差異。紋枯病及穗稻熱病於不同氮肥需量處理組均未發生。二化螟幼蟲為害所造成的白穗率以250 kg N ha<sup>-1</sup>處理組為最高，瘤野螟幼蟲為害所造成的捲葉株率同樣以250 kg N ha<sup>-1</sup>處理組為最高(表5)。

由有機水稻第一期作及第二期作之病蟲害發生情形綜合觀之，100、150及200 kg N ha<sup>-1</sup>處理組之病蟲害發生情形相對於其他處理組，呈現較能接受的罹病率及受

害程度，應可作為考量病蟲害發生情形而建議的氮肥用量(表5)。Minami (1973)指出，水稻栽培生育期施用過多氮肥，容易使病蟲害發生，發生率且會趨於嚴重。

本試驗區有機水稻收穫後之稻谷(一、二期作)，經送行政院農業委員會藥物毒物試驗所做農藥殘毒測定，未檢測出農藥殘留，結果為ND的合格產品。

## 參考文獻

1. 王銀波、趙震慶、黃山內 1993 永續性農耕法對土壤性質與養分供應量之影響 永續農業 臺中區農業改良場特刊 No.32: 9-17。
2. 莊作權、楊明富 1992 水稻—田菁—玉米輪作制度下施用堆肥對土壤肥力之影響 中國農業化學會誌 30: 553-568。
3. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊 No.13: 9-26。
4. 葉樹藩 1986 試驗設計學 國立臺灣大學農學院 臺北。
5. 蔡宜峰 1998 有機質肥料有效氮含量估測之研究 農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊 桃園區農業改良場特刊 No.11: 95-105。
6. 賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾 2012 氮肥用量對水稻產量之影響 臺中區農業改良場研究彙報 114: 35-43。
7. Bitzer, C. C. and J. T. Sims. 1988. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. J. Environ. Qual. 17: 47-54.
8. Chae, Y. M. and M. A. Tabatabai. 1986. Mineralization of nitrogen in soil amended with organic wastes. J. Environ. Qual. 15:193-198.
9. Douglas, B. F. and F. R. Magdoff. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. J. Environ. Qual. 20:368-372.
10. Kundsén, D., G. A. Peterson and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin, USA. p. 225-246.



11. Martin, J. P. and D. D. Focht. 1977. Biological properties of soil. P.114-169. In L. F. Elliott, et, al. (ed.) Soils for management of organic wastes and waste water. Madison, Wisconsin. USA.
12. Minami M., A. Dol. 1973. Physiochemical studies on the quality of Hokkaido rice, II The relations between palatability characters and protein content of the rice grain. Bulletin of Hokkaido prefectural Agricultural Exp. Stat. 26: 49-58.
13. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II, 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin, USA, p. 539-579.
14. Piccolo, A., and J. S. C. Mbagwu. 1990. Effects of different organic waste amendments on soil microaggregates stability and molecular sizes humic substances. Plant and Soil. 123: 27-37.
15. Sommerfeldt, T. G., C. Chang, and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1668-1672.
16. White, R. H. 1979. Nutrient cycling. Introduction to the principles and practice of soil science. Blackwell scientific Publications. Oxford. London. p.129-143.