

水稻臺中192號最適菜籽粕氮肥施用量之研究¹

賴文龍²、廖君達²、楊嘉凌²、曾宥紘³

摘 要

本研究在臺中區農業改良場農場試驗田進行，以探討水稻臺中192號在粘板岩石灰性沖積土之氮肥需求量。以有機質肥料菜籽粕(成分：N 5%，氮素礦化率80%計算)提供水稻氮素，試驗處理以五種氮肥量50、100、150、200及250 kg N ha⁻¹，期能找出適宜臺中192號水稻之有機氮肥推薦量。試驗結果顯示，臺中192號於第一期作以氮肥施用量介於115~140 kg N ha⁻¹；第二期作介於145~180 kg N ha⁻¹可達較高產量，此結果可提供有機水稻栽培施用量之參考。但結果亦顯示水稻長期單一施用菜籽粕易造成土壤磷鉀缺乏之虞。

關鍵字：水稻、菜籽粕、氮肥、產量

前 言

臺灣地區有機農業之推廣，自1986年至今近30年，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上常顯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，致有機栽培農戶意願降低而無法普及化栽培。Chae和Tabatabai⁽¹⁷⁾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^(1,6,12,21,24,25)。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，如礦化釋出養分太快則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^(16,18,26)。本試驗於本場農場試驗區，評估在粘板岩石灰性沖積土之土壤進行水稻栽培之菜籽粕氮肥用量，以了解水稻栽培生育期氮肥需求用量，並提早於插秧前10天左右施有機質肥料菜籽粕，並將之翻耕於土壤中發酵，待礦化釋出養分，提供秧苗生育初期所需，以促進生長，做為後續有機水稻栽培之參考。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0861 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員。

³ 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

材料與方法

田間設計及肥培管理

於大村鄉本場農場試驗田設置之水稻栽培田進行菜籽粕氮肥施用量試驗，兩期作之氮肥量均分五級，以氮素50、100、150、200及250 kg N ha⁻¹，每處理三重複，計15小區，小區面積5 m×15 m=75 m²。供試水稻品種臺中192號，基肥與追肥均施以菜籽粕(成分為N 5.6%、P 1.0%、K 1.3%、Ca 1.0%、Mg 0.5%)，且氮施用量比率基肥和追肥各為50%，基肥於插秧前10天施用，第1作之追肥於插秧後25天，而第2作則於插秧後20天施用。氮素施用量以乾物氮素成分、乾物量及氮素礦化率等因子換算有機質肥料施用量，另菜籽粕有機肥之氮素礦化率以80%估算。換算公式：菜籽粕施用量=氮量(kg ha⁻¹)÷有機質肥料乾物氮成分(%)÷乾物量(%)÷氮礦化率(%)，以提供有機水稻氮素之吸收。

調查及分析項目

試區土壤樣本於施基肥(插秧)前及收穫時以逢機分別採取表土(0~15 cm)，每一試區處理採5點，混合組成一樣品，風乾、碎土、過篩(2 mm)。土壤pH值及EC值以玻璃電極法測定水：土(v:w)=1:1⁽⁸⁾、土壤有機質以Walkley-Black法測定⁽²³⁾、土壤有效性磷含量以白雷氏第2法(Bray P2 Method)測定⁽²³⁾、土壤交換性鉀、鈣、鎂以1 M中性醋酸銨萃取，再以原子吸收光譜儀(Atomic Adsorption Spectrometry, AAS)或火焰光度計(Flame Emission Spectrometry, FA)測定⁽²⁰⁾。植體樣本係於水稻收穫乾燥後，進行穀粒脫殼之糙米以逢機方式取樣品供植體分析，將糙米以60℃烘乾後磨粉，分析其礦物營養要素濃度。氮之定量以濃硫酸消化分解後，用微量擴散法測定；磷、鉀、鈣及鎂之測定，先將植體加硫酸消解後，再加過氧化氫消化分解，磷以鉬黃法定量，鉀以焰光分析法，鈣、鎂及微量元素等用原子吸光法測定。水稻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⁽¹¹⁾。

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，於第一期作水稻收穫後之土壤肥力為土壤pH值7.75~7.87之間；土壤電導度為0.23~0.33 dS m⁻¹；土壤有機質含量為26.7~30.7 g kg⁻¹；土壤有效磷含量為44~70 mg kg⁻¹；土壤交換性鉀含量為50~57 mg kg⁻¹；土壤交換性鈣含量為1,117~1,294 mg kg⁻¹；土壤交換性鎂含量為140~163 mg kg⁻¹。由第二期作水稻收穫後之土壤肥力，可知連續二個期作施有機質肥料後土壤pH值較第一期作提升0~0.36單位；土壤電導度降低0.03~0.09 dS m⁻¹；土壤有機質含量減少1.0~3.4 g kg⁻¹；土壤有效性磷降低6~17 mg kg⁻¹；土壤交換性鉀降低17~13 mg kg⁻¹；土壤交換性鈣降低217~251 mg kg⁻¹；土壤交換性鎂含量增加26~45 mg kg⁻¹ (表一)。結果顯示施用不同量菜籽粕後，除提供水稻生育期所需之氮外，對土壤肥力反應會有增減的現象，一般而言，土壤pH值呈上升趨勢，但僅有200 kg N ha⁻¹和250 kg N ha⁻¹與50 kg N ha⁻¹間有顯著差異。土壤有機質含量下降但各處理間並無顯著差異，磷、鉀等

元素被水稻吸收利用，逐漸減少其在土壤中之有效性，而土壤鈣、鎂等要素有效性則逐漸於土壤中增加。

表一、氮肥施用量對水稻收穫後土壤肥力之影響

Table 1. Effect of nitrogen levels of compost on the soil fertility after rice harvest

Treatment ¹ Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	pH (1:1)	EC (1:1) dS m ⁻¹	OM g kg ⁻¹	Bray-2 P	Exchangeable		
					K	Ca	Mg
					mg kg ⁻¹		
N 50	7.81a ²	0.23b	28ab	53b	55a	1,128ab	140b
1st crop N 100	7.75a	0.27ab	30a	63a	56a	1,186ab	151ab
N 150	7.77a	0.27ab	27b	70a	50a	1,117b	145b
N 200	7.87a	0.33a	31a	46bc	56a	1,294a	163a
N 250	7.75a	0.31ab	29ab	44c	57a	1,271ab	163a
2nd crop N 50	7.65b	0.20a	26a	48ab	38b	1,334b	187a
N 100	8.07ab	0.20a	27a	53a	35bc	1,428ab	189a
N 150	8.07ab	0.20a	27a	41bc	37bc	1,471ab	188a
N 200	8.19a	0.24a	26a	49ab	33c	1,476ab	185a
N 250	8.23a	0.21a	27a	38c	44a	1,545a	188a

¹ The same as Table 1.

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

對臺中192號水稻生育之影響

水稻栽培生育期間調查結果，顯示第一期作40天之株高在各處理間並無顯著差異，分蘗數以250 kg N ha⁻¹處理為33株最高，50 kg N ha⁻¹處理為21株為最低。水稻栽培田區於有機質肥料施用後，水稻生育初期吸收氮與有機質肥料氮量釋放似不穩定或不足，皆會造成第一或第二期作水稻養分吸收不足致植株初期生育狀況較參差不齊。60天生育之水稻植株以200 kg N ha⁻¹處理最高，而50 kg N ha⁻¹處理者最低，分蘗數的趨勢與40天之調查相似。成熟期調查之結果亦與60天者相似且處理間有顯著差異，顯示施高量菜籽粕(200及250 kg N ha⁻¹)處理之肥分量較高且釋出養分較多，有助水稻株高及分蘗數增加(表二)。第二期作30天生育調查，株高以250 kg N ha⁻¹處理最高，而100及50 kg N ha⁻¹處理最低，分蘗數亦與株高趨勢相似；顯示插秧前6~10天施菜籽粕，於短時間內氮礦化釋出養分之多寡，將會影響水稻秧苗對氮吸收量而造成生長勢不同，故水稻肥培當基肥時間點應提早10天以上，施有機質肥料後有較多時間分解，而適時釋出氮供給水稻秧苗吸收，以助於生長及分蘗之效果。一期作60天及二期作45天生育及成熟調查，均以高氮肥(200~250 kg N ha⁻¹)處理之株高、分蘗數或穗數有增加趨勢(表二)。張⁽⁹⁾亦指出臺灣地區水稻於第二期作比第一期作分蘗數少，乃由於土壤及田間水溫太高而引起土壤呈嚴重之還原，以致營養生長期稻株發根及分蘗力降低，並導致穗數之減少⁽⁹⁾。

表二、氮肥施用量對水稻株高及分蘗數之影響

Table 2. Effect of nitrogen levels of compost on the height and tiller number of rice plant

Treatment ¹	40 days after transplanting		60 days after transplanting		Maturity stage		
	Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	Height (cm)	Tiller (number)	Height (cm)	Tiller (number)	Height (cm)	Panicle number (number)
1st crop	N 50	53a ²	21c	76b	24c	104d	19c
	N 100	55a	24c	81ab	23c	111c	19c
	N 150	53a	27b	82a	29b	117b	21ab
	N 200	54a	28b	83a	28b	121a	22a
	N 250	54a	33a	83a	35a	122a	20b
Treatment ¹	30 days after transplanting		45 days after transplanting		Maturity stage		
	Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	Height (cm)	Tiller (number)	Height (cm)	Tiller (number)	Height (cm)	Panicle number (number)
2nd crop	N 50	56c	12c	75c	15c	97c	14c
	N 100	57bc	12c	77bc	16bc	100bc	17b
	N 150	60b	14b	81b	17b	103a	16bc
	N 200	60b	15ab	80b	17b	102ab	18ab
	N 250	68a	17a	87a	20a	103a	20a

¹ The same as Table 1.

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

對臺中192號水稻產量之影響

表三顯示，水稻臺中192號各氮肥施用量處理之稻穀產量，於第一期作以150 kg N ha⁻¹ 用量處理者最高。200及250 kg N ha⁻¹之處理較150 kg N ha⁻¹處理分別減產13.0及15.8%，而較50 kg N ha⁻¹處理增產10.6% (675 kg ha⁻¹)，且處理間之水稻稻穀產量呈顯著差異。第二期作以氮素150 kg N ha⁻¹處理組稻穀產量顯著較高肥區(200及250 kg N ha⁻¹之處理)增產4.9及4.0%。100及150 kg N ha⁻¹處理較50 kg N ha⁻¹增產13.7及14.7%。

表三顯示第一期作之150、200及250 kg N ha⁻¹處理組之稻草產量均顯著較50 kg N ha⁻¹者高，而第二期作之稻草產量隨氮加入量的增加而增高；顯示菜籽粕施用量增加對稻草有增產效果。

圖一及圖二為第一及第二期作氮肥施用量與水稻稻穀產量之二次迴歸分析結果，顯示兩者之間呈極顯著相關。經評估第一期作與第二期作之病蟲害發生情形(表六)，建議臺中192號水稻肥培管理之菜籽粕氮用量於100~150 kg N ha⁻¹量即可。由此推知，本試驗種植臺中192號水稻，第一期作的菜籽粕氮施用量以最高產量之增減10%計算，介於115~140 kg N ha⁻¹；第二期作的氮肥施用量介於145~180 kg N ha⁻¹，將可獲得較高稻穀產量。

本試驗區以菜籽粕有機質肥料施用，養分供給特性顯示基肥應於插秧前10天施用，追肥於插秧20~25天後(一期作25天，二期作20天)施用，使菜籽粕之氮能適時礦化釋出，以供給水

稻初期生長吸收氮，並及時供應水稻栽培生育期間之氮需求，俾利水稻植株生長及分蘖，以增加稻穀產量。

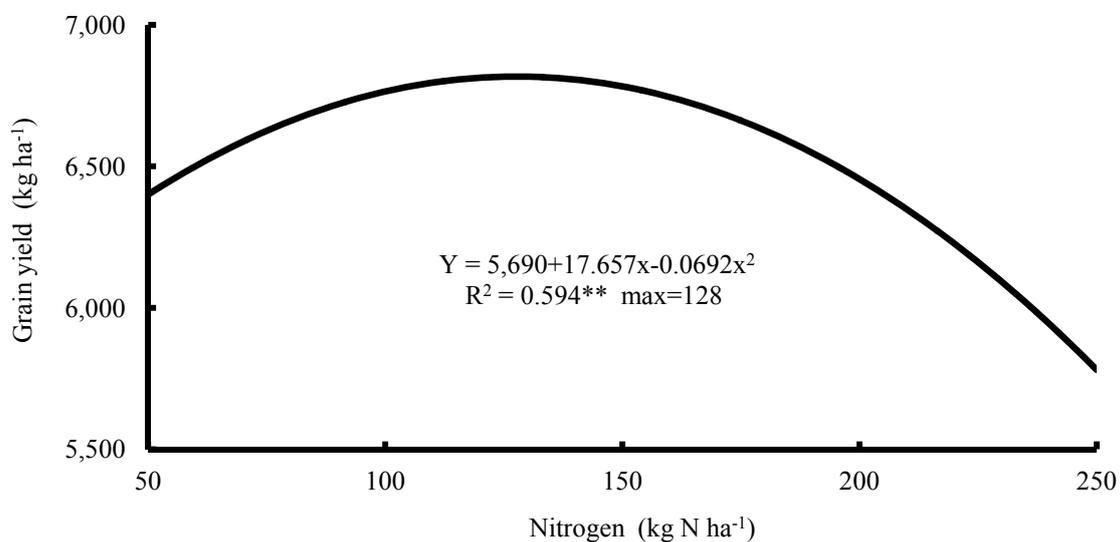
表三、氮肥施用量對水稻產量之關係

Table 3. Effect of nitrogen levels of compost on rice yield

Treatment ¹	Grain yield (kg ha ⁻¹)	Index (%)	Straw yield (kg ha ⁻¹)	Index (%)
1st crop	N 50	6,349bc ²	8,296b	100
	N 100	6,786ab	8,761b	106
	N 150	7,024a	10,555a	127
	N 200	6,111c	10,465a	126
	N 250	5,912c	93	10,252a
2nd crop	N 50	4,975b	8,564e	100
	N 100	5,657a	9,659d	113
	N 150	5,707a	9,971c	116
	N 200	5,429a	10,669b	125
	N 250	5,429a	109	11,956a

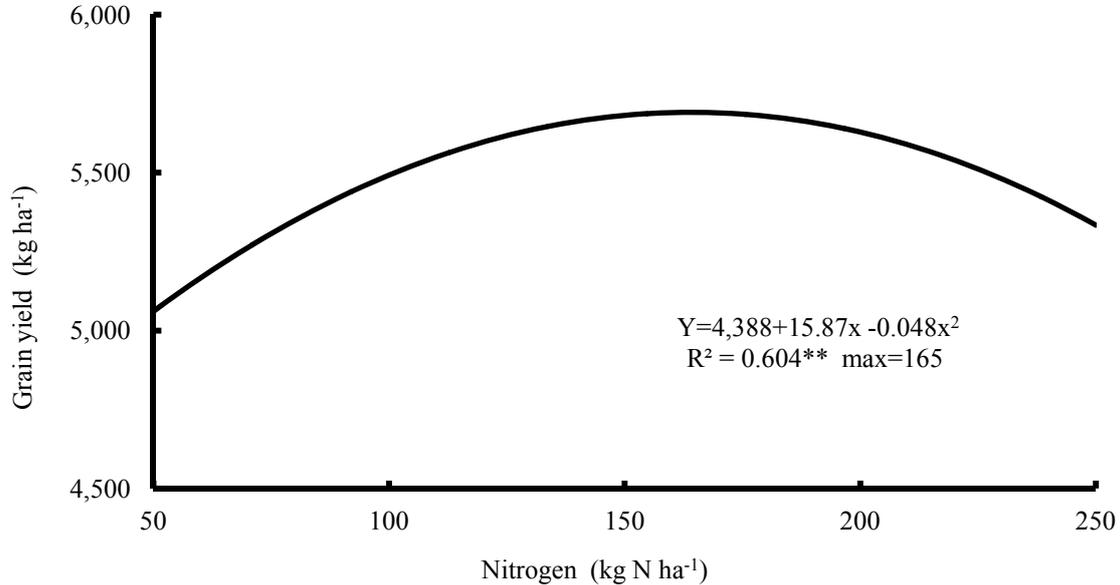
¹ The same as Table 1.

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



圖一、氮肥施用量對稻穀產量之相關(第一期作)

Fig. 1. Correlation between nitrogen levels and grain yield of rice (1st crop).



圖二、氮肥施用量對稻穀產量之相關(第二期作)

Fig. 2. Correlation between nitrogen levels and grain yield of rice (2nd crop).

對臺中192號水稻產量構成因素之關係

由表四得知，水稻第一期作菜籽粕用量各處理之穗長以250 kg N ha⁻¹處理者最長，顯示氮肥施用量增加將增加稻穗之長度；第二期作則相反之，以150 kg N ha⁻¹處理穗長最長，而250kg N ha⁻¹處理者最短，處理間呈顯著差異。第一期作水稻稻穀之千粒重以50kg N ha⁻¹處理最高，其餘處理間無顯著差異；第二期作稻穀千粒重則以250 kg N ha⁻¹處理者最低，50kg N ha⁻¹處理最高，處理間呈顯著差異。稔實率以第一期作水稻施250 kg N ha⁻¹處理最低，而以50kg N ha⁻¹處理最高；第二期作各處理之稔實率差異不顯著。穗粒數於第一期作以250 kg N ha⁻¹及150kg N ha⁻¹之處理相對較高，而以50 kg N ha⁻¹處理最低；第二期作則以100 kg N ha⁻¹處理之穗粒數最高，250 kg N ha⁻¹處理穗粒數最低，處理間呈顯著差異。穗重於第一期作以150 kg N ha⁻¹處理最重，而以200 kg N ha⁻¹處理最低；第二期作則以100 kg N ha⁻¹處理穗重最重，250 kg N ha⁻¹處理最低，處理間差異顯著。

水稻產量構成因素由各項資料調查，皆會影響水稻產量。水稻生育期間施用之有機質肥料不斷礦化釋出氮提供水稻吸收，於施較多菜籽粕下會導致水稻構成因素之各項數據呈下降，而使稻穀呈減產趨勢(表三及圖一、二)。

表四、氮肥施用量對水稻產量構成因素之關係

Table 4. Relationship between nitrogen levels of compost and rice yield components

Treatment ¹ Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	Panicle length (cm)	1,000-Grain weight (g)	Fertility (%)	Grains number (No.)	Ear weight (g)
1st crop N 50	17.6b	28.3a	93.6a	97.7c	2.71ab
N 100	17.9ab	26.8b	90.2a	104.8b	2.71ab
N 150	18.8ab	26.0b	87.1b	115.8a	2.82a
N 200	18.5ab	25.6b	82.3b	106.1b	2.24c
N 250	19.3a	26.0b	71.5c	118.2a	2.52b
2nd crop N 50	18.5ab	26.1a	81.8a	114.9b	2.70ab
N 100	19.2a	26.0a	77.4a	125.9a	2.89a
N 150	19.4a	25.8a	75.1a	117.4b	2.53b
N 200	17.9bc	25.5a	77.6a	113.4b	2.50b
N 250	17.1c	24.4b	75.2a	100.5c	2.05c

¹The same as Table 1.

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

對臺中192號水稻病蟲害發生之關係

臺中192號水稻第一期作於6月23日調查病蟲害發生情形。胡麻葉枯病罹病率於100 kg N ha⁻¹處理為最高，但與50、150 kg N ha⁻¹處理間未達到顯著差異。紋枯病病斑高度於250 kg N ha⁻¹處理最高，其次為200、150 kg N ha⁻¹處理。穗稻熱病於各處理均未發生。二化螟幼蟲為害所造成的白穗率及瘤野螟幼蟲為害所造成的捲葉株率，同樣以250 kg N ha⁻¹處理為最高，200 kg N ha⁻¹處理次之(表五)。

第二期作於10月25日調查病蟲害發生情形。胡麻葉枯病罹病率於250 kg N ha⁻¹處理最高。紋枯病及穗稻熱病於不同氮肥需量處理均未發生。二化螟幼蟲為害所造成的白穗率以100 kg N ha⁻¹處理為最高，但與其他處理組間未達到顯著性差異。至於，瘤野螟幼蟲為害所造成的捲葉株率以250 kg N ha⁻¹處理組為最高(表五)。

Minami⁽²¹⁾指出，水稻栽培生育期施用過多氮肥，容易使病蟲害發生，且發生率會日漸趨於嚴重。綜觀本試驗水稻第一期作及第二期作之病蟲害發生情形，50及100 kg N ha⁻¹處理之病蟲害發生程度較其他處理組低，應可作為考量病蟲害發生程度而推廣適當的氮肥用量的參考依據(表五)。

本試驗區水稻臺中192號於收穫後之糙米(一、二期作)樣品，經送行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所做農藥殘毒測定，未檢測出農藥殘留。

對臺中192號水稻稻米品質之影響

表六顯示第一期作臺中192號水稻各處理間之糙米、米糠及白米等米粒外觀均呈顯著差異，而米粒完整性並無顯著差異；第二期作各處理對糙米、米糠及白米等米粒之外觀無顯著差異，但對米粒完整性呈顯著差異。曬穀乾燥受翻動次數有關，翻動次數及乾燥均勻者，米粒完整性較佳，可減少斷米機率。

表六顯示，臺中192號稻米品質於第一期作之直鏈性澱粉及第一、二期作之凝膠展延性在各處理間無顯著差異，但稻米之粗蛋白質則有顯著差異，蛋白質之含量隨菜籽粕用量增高而增加。Juliano⁽¹⁹⁾ 指出蛋白質含量高的稻穀，其米飯之粘性降低，色澤亦較差。Youself 等人⁽²⁷⁾ 亦指出增加氮肥施用量將使穀粒及糙米之蛋白質含量增加，而蛋白質之含量與蛋白質之總量呈正相關，該研究亦指出150 kg N ha⁻¹分4次施用對水稻產量及蛋白質含量均有增加的現象。

表五、氮肥施用量對病蟲害發生情形之影響

Table 5. The amount of nitrogen fertilization on the prevalence of diseases and insect pests

Treatment ¹	Brown spot	Sheath blight	Panicle blast	Stem borer	Leaf-folder	
Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	Incidence rate (%)	Spot height (cm)	Incidence rate (%)	White panicle rate (%)	Leaf roll rate (%)	
1st crop	N50	0.50a ²	0c	0	0.24c	0.79c
	N100	0.75a	0c	0	0.20c	0.79c
	N150	0.50a	15.25b	0	0.60b	2.30b
	N200	0b	15.50b	0	0.71ab	3.17b
	N250	0b	25.75a	0	0.95a	7.93a
2nd crop	N50	6.25ab	0	0	0.98a	2.29bc
	N100	7.50a	0	0	5.88a	6.86b
	N150	7.25a	0	0	3.92a	10.46ab
	N200	5.25b	0	0	1.96a	16.99a
	N250	8.25a	0	0	2.94a	17.97a

¹The same as Table 1.

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

表六、氮肥施用量對稻米外觀特性品質之影響

Table 6. Effect of nitrogen levels of compost on the rice quality

Treatment ¹	Brown rice	Rice bran	Milled rice	Head rice	Amylose	Crude protein	Gel consistency	
Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
1st crop	N 50	81b ²	11.0b	70ab	58a	17a	6.0c	72a
	N 100	82a	11.0b	71a	59a	17a	6.0c	71a
	N 150	81b	12.4a	69b	59a	17a	6.6b	70a
	N 200	81b	12.0ab	69b	57a	18a	6.9ab	72a
	N 250	81b	11.2b	70ab	58a	17a	7.1a	70a
2nd crop	N 50	82a	9.3a	73a	66ab	21a	6.0c	93a
	N 100	83a	8.9a	74a	67a	21a	6.1c	93a
	N 150	82a	9.1a	73a	66ab	21a	6.2bc	94a
	N 200	83a	9.6a	73a	65b	21a	6.4b	94a
	N 250	82a	9.6a	72a	64b	21a	6.7a	94a

¹The same as Table 1.

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

對臺中192號水稻糙米無機養分含量之關係

氮肥施用量影響糙米之養分含量如表七所示，第一期作糙米之氮含量以250、200及150 kg N ha⁻¹處理顯著較高，100及50 kg N ha⁻¹處理氮含量最低且呈顯著性差異。第二期作糙米氮含量以250 kg N ha⁻¹處理顯著較高，此與林⁽³⁾研究結果一致，即稻穀氮含量隨著氮用量增加而增加，而水稻栽培需於插秧前10天施用菜籽粕等有機質肥料，其經發酵礦化釋出氮，提供水稻生育初期之氮，增加水稻對氮吸收量。本試區之臺中192號糙米氮含量以一期作較二期作高。另，邱等⁽⁴⁾之研究顯示，水稻施肥如晚施及過量施用氮肥會使水稻對氮吸收量增加，植株生長旺盛易致倒伏且影響產量及米質。糙米磷含量以低氮肥區處理含量最高，重氮處理反而低，處理間呈顯著差異。糙米鉀含量第二期作以低氮處理含量最高，重氮區之糙米鉀含量較低且呈顯著差異，第一期作則差異不顯著。結果顯示臺中192號水稻糙米之氮含量隨著氮施用量增加而增加，但糙米之磷、鉀含量則反之，係隨著氮施用量增加而減少趨勢，此結果與賴等⁽¹⁴⁾之結果相符。Yamashita⁽²⁸⁾指出當糙米含氮量超過15 g kg⁻¹時，食味品質有惡化之現象。

表七、氮肥施用量對糙米養分之影響

Table 7. Effect of nitrogen level of compost on the nutrient contents of brown rice

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	
Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹						
1st crop	N 50	9.7c ²	2.7a	2.4a	0.0a	1.4ab	2.7b	21a	22a	15b
	N 100	10.7bc	2.7a	2.5a	0.0a	1.5a	2.7b	19a	21ab	14b
	N 150	11.8ab	2.7a	2.6a	0.0a	1.4ab	3.0b	20a	19b	18a
	N 200	12.6a	2.7a	2.4a	0.1a	1.4ab	3.3ab	20a	19b	17a
	N 250	11.2ab	2.4b	2.6a	0.0a	1.3b	4.0a	13b	19b	18a
2nd crop	N50	10.2b	2.6a	10.2a	2.5a	1.6a	3.3a	18a	19a	16b
	N100	10.0b	2.3b	7.2ab	2.5a	1.5a	3.7a	17ab	18b	16b
	N150	10.8ab	2.5a	8.1a	2.0a	1.4a	4.0a	18a	18b	18a
	N200	10.5ab	2.2b	4.4bc	2.2a	1.4a	3.7a	16bc	16c	17ab
	N250	11.2a	2.2b	2.6c	1.9a	1.3a	4.0a	15c	16c	16b

¹ The same as Table 1.

² Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test (P ≥ 0.05).

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 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。
2. 李蘭帝 1966 大量植體樣本氮、磷、鉀之迅速測定法 中華農業研究 15: 1-5。
3. 林再發 1998 氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響 臺中區農業改良場研究彙報 61: 13-23 臺灣省臺中區農業改良場編印。

4. 邱再發、黃文良 1970 水稻氮肥施肥技術之研究(I) 氮肥晚施用對水稻產量及養分吸收之影響 農業研究 19: 26-41。
5. 侯福分 1988 肥料對稻米品質之影響 稻米品質研討會專集 臺中區農業改良場特刊 No.13: 242-248 臺灣省臺中區農業改良場編印。
6. 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。
7. 張淑賢 1981 本省現行植物分析法 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊 No.13: 53-59。
8. 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。
9. 張學琨 1987 臺灣中部二期作低產原因及提高生產力之措施 臺中區農業改良場特刊 No.9:195-198 臺灣省臺中區農業改良場編印。
10. 陳尊賢 1995 永續農業中土壤品質之評估與土壤管理之策略 永續農業研究及推廣研討會專集 臺中區農業改良場特刊 No.36:16-33。
11. 葉樹藩 1986 試驗設計學 國立臺灣大學農學院 臺北。
12. 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。
13. 蔡宜峰、莊作權、黃裕銘 1993 一般有機質在土壤中之礦化潛能及礦化速率之估算 永續農業 臺中區農業改良場特刊 No.32: 69-78 臺灣省臺中區農業改良場編印。
14. 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 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。
15. 賴文龍、郭雅紋、廖君達、許志聖 2014 有機水稻臺梗9號氮肥用量之研究 臺中區農業改良場研究彙報 123:51-61 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。
16. 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.
17. Chae, Y. M. and M. A. Tabatabai. 1986. Mineralization of nitrogen in soil amended with organic wastes. *J. Environ. Qual.* 15: 193-198.
18. Douglas, B. F. and F. R. Magdoff. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. *J. Environ. Qual.* 20: 368-372.
19. Juliano, B. O., L. U. Onate and A. M. Del Mundo. 1972. Amylose and protein contents of milled rice as eating quality factors. *Philippine Agriculturist.* 56: 44-47.
20. 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.

21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. White, R. H. 1979. Nutrient cycling. Introduction to the principles and practice of soil science. Blackwell scientific Publications. Oxford. London. p.129-143.
27. Youself, S. A. M., Aishy S. M. Ebale, Keredy M. S. Ebale and M. Kreem. 1980. Influence of rate and time of nitrogen application on grain quality of three rice cultivars, Agricultural, Belgium 28(3): 455-467.
28. Yamashita. 1974. Fertilizers and rice quality. 2. Effects of nitrogen fertilizing on the eating quality and on some physico-chemical properties of rice starch. Bulletin the Tohoku National Agri. Exp. St. 48: 65-79.

Study on Optimal Fertilization of Rapeseed Meal Compost for Japonica Rice, Taichung 192¹

Wen-Lung Lay², Chung-Ta Liao², Jia-Ling Yang² and You-Hong Zeng³

ABSTRACT

An experiment of optimal nitrogen fertilization for organic rice culture was conducted in adhesive slate calcareous alluvial soil in Taichung District Agricultural Research and Extension Station. In order to find out the optimal amounts of nitrogen fertilizer applied for organic japonica rice Taichung 192, the rapeseed meal (Nitrogen 5% and mineralization rate 80%) was applied at five nitrogen levels, with 50, 100, 150, 200 and 250 kg N ha⁻¹ as to clarify the influences on rice yield. The results recommended that the amounts of nitrogen fertilizer for producing high yield of japonica type Taichung 192 was 115-140 kg N ha⁻¹ for the first crop and 145-180 kg N ha⁻¹ for the second crop. The findings also indicated that if the rapeseed meal is the only nutrient sources used for organic rice culture will cause to the P and K nutrient deficiency in long-term cultivation.

Key words: rice, rapeseed meal, nitrogen fertilizer, yield

¹ Contribution No. 0861 from Taichung DARES, COA.

² Associate researcher, Associate Researcher and Researcher of Taichung DARES, Changhua, Taiwan, ROC.

³ Assistant Researcher of Taichung DARES, Changhua, Taiwan, ROC.