

綠肥大豆對水稻產量及土壤肥力之影響¹

吳昭慧、吳文政、連大進、黃山內²

摘 要

吳昭慧、吳文政、連大進、黃山內。2007。綠肥大豆對水稻產量及土壤肥力之影響。台南區農業改良場研究彙報 49：49-55。

本研究目的在於探討綠肥大豆與水稻輪作對水稻稻穀產量、肥培管理及土壤肥力之影響，以作為農民施肥之參考依據。由試驗結果顯示一期作綠肥大豆有較高之植體產量，相對植體肥分含量亦較高。而與綠肥大豆輪作之一期作或二期作水稻產量均高於水稻連作區。不同氮肥處理試驗結果顯示，與綠肥大豆輪作之水稻區每公頃施用 126 公斤氮肥，其水稻產量與施用 168 公斤氮肥之水稻連作區差異不顯著，即是與綠肥大豆輪作之水稻區可以減少約每公頃 42 公斤氮肥，相當於 200 公斤硫酸銨。土壤肥力分析結果顯示，輪作綠肥大豆可以增加土壤有機質、總氮含量及有效性氧化鎂含量，有利於增進水稻產量。

關鍵詞：輪作制度、綠肥、水稻產量

接受日期：2007 年 7 月 23 日

前 言

綠肥為台灣二十至四十年代重要肥培作物，民國 24 年及 38 年全省綠肥面積曾達 218,620 公頃及 216,451 公頃，為歷年來栽培的最高點⁽¹⁾，爾後因速效性化學肥料廣泛使用，使綠肥栽培式微導致台灣耕地土壤發生鹽化及硬化現象，部分農田 E.C.值（Electrical conductivity）遂有逐年偏高的趨向，嚴重區則無法再從事農作物生產。由於過多硝酸鹽類肥料遺留，污染了土壤及河川水源，影響生態環境也確有害人體健康。此類顯示現代化農耕已出現了問題，提醒國人重新思考綠肥作物栽培的重要性，因為農業的生產已不單是糧食增產的問題，更須放眼未來著重生態環境維護與人類生活品質提昇。而自古以來中外都瞭解綠肥是永續性農業（Sustainable agriculture）經營的一項重要措施，利用綠肥作物提升作物生產力及品質且無污染，漸為世界各國所重視⁽³⁾，綠肥的功能包括改善土壤理化性，增進微生物的活動，防止雜草叢生及具水土保持功用並有淨化空氣，綠化美化農村景觀。亦有許多研究顯示，適當地應

1.行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第 330 號。

2.台南區農業改良場副研究員、助理研究員、研究員、場長。台南縣 712 新化鎮牧場 70 號。

用綠肥對水稻產量、減少化學肥料用量或增加農田地力等均有顯著效益^(6,7,9,11)。因此要改善台灣不良耕地環境，多種植綠肥作物及施用有機肥料，才能減少化學肥料過量使用的問題。

豆科綠肥 (Legume green manure) 因根部具有與根瘤共生，能固定空氣中的游離氮素補償土壤中氮素之不足，提供綠肥作物更多氮素養分，掩施後可大大增加土壤中氮肥含量，對需氮肥較多之作物幫助甚多，實為優良綠肥作物，就目前許多開發國家倡導有機農業 (Organic farming)，其制度更將豆科綠肥納入輪作體系中，提供主作物的氮素來源⁽⁴⁾。不同豆科作物以大豆適應性最為廣泛，栽培不論春、夏、秋水田或旱田均適宜，大豆根群發達，其主根及側根所形成根瘤大而密集，固氮效率佳且植體氮素的含量較其它豆科綠肥作物高⁽²⁾。國外一些報告提到大豆與玉米輪作較玉米連作增加玉米產量 32%⁽¹⁰⁾，大豆與高粱輪作有同樣提高後作產量的效果⁽¹²⁾，可見大豆做為綠肥之肥效成分高，值得國人重視。

綠肥大豆台南 4 號種子小、發芽率高、生長勢旺、對光敏感、生育期較長，春作可以維持 160 天，夏作 135 天，可足夠做為正期作 130-150 天綠肥栽培利用⁽⁵⁾，為台灣現階段水旱田利用調整計畫正期作田休耕綠肥之一，如能配合台灣地區最大栽培面積之水稻栽培，將有助於減少化學肥料過量使用及維護農田地力。本研究目的在於探討綠肥大豆與水稻輪作對水稻稻穀產量及土壤肥力之影響，以建立綠肥大豆與水稻輪作之肥培管理之參考依據。

材料與方法

- 一、 試驗時間：本試驗自 2002 年一期作至 2006 年二期作共計進行 4 年時間。
- 二、 試驗地點及面積：試區設置於台南區農業改良場嘉義分場，土系為秀佑系壤土，試驗前土壤 pH 值為 7.08。試驗面積為 0.3 公頃。
- 三、 試驗品種：綠肥大豆台南 4 號、水稻台梗 8 號
- 四、 試驗設計：採裂區設計，試區主區處理為一期水稻二期綠肥、一期綠肥二期水稻及水稻連作三種耕作系統。副區處理為水稻之肥料處理，每公頃氮肥施肥量分為 168、126、84 及 0 公斤等 4 種處理，分基肥及二次追肥施用。磷、鉀肥均固定每公頃 67.5 公斤及 90 公斤，作基肥施用。
- 五、 試驗方法：綠肥大豆台南 4 號每 0.1 公頃種子播種量 3 公斤，以不整地撒播方式種植。水稻台梗 8 號插秧行株距為 30 公分×16 公分，插秧深度為 1~2 公分。
- 六、 調查項目：綠肥大豆台南 4 號於播種後 100 天進行鮮草產量調查，並取樣分析乾物率及植體肥分含量分析，其餘鮮草翻埋入土。水稻成熟期進行株高、單株穗數、每穗穎花數、穗長、穗重、千粒重及稻穀產量調查。
- 七、 土壤分析：於每期作試驗進行前採取試驗田土壤樣品測定土壤 EC 值、pH 值、有機質、總氮含量、有效性磷酐、有效性氧化鉀、有效性氧化鈣及有效性氧化鎂。

結果與討論

綠肥大豆台南 4 號系台南區農業改良場由青皮豆地方種經單株選拔選出，於 1999 年命名推廣，為目前台灣休耕田主要綠肥作物之一。其植株對光期敏感，於長日下為無限生長型，生育期春作 150~160 天，夏作約 125~135 天，秋作為 94~104 天⁽⁵⁾。本試驗以綠肥大豆台南 4 號與水稻台梗 8 號輪作，其不同期作綠肥大豆台南 4 號之植體產量如表 1，生育 100 天時進行鮮草產量坪割調查，一期作綠肥大豆台南 4 號鮮草產量每公頃 35,965 公斤，顯著高於二期作之每公頃 20,922 公斤，這是由於一期作植株受光期之影響，莖葉繁茂營養生長，生育 100 天時具有較高鮮草產量。相對地，二期作植株於生育 100 天時已進入生殖生長中後期，其乾物率約 41.5%，顯著高於一期作之 25.5%。在總乾物產量部分仍以一期作每公頃 9,622 公斤顯著高於二期作之每公頃 7,315 公斤。所以綠肥大豆台南 4 號以一期作具有較高之生質產量。

表 1.不同期作綠肥大豆台南 4 號之植體產量

Table 1.The biomass of green manure soybean Tainan 4 in different crop seasons

Crop season	Fresh weight (kg/ha)	Dry weight (kg/ha)	Dry weight rate (%)
First	35965 ^a	9622 ^a	25.5 ^b
Second	20922 ^b	7315 ^b	41.5 ^a

Data followed by the same letter in each column set indicate that the difference was not significant by the Duncan's Multiple Range Test(P = 0.05)

綠肥大豆掩埋入土壤中，除了增加土壤有機質含量，改良土壤構造之外，其綠肥大豆植株經過分解及礦化作用會釋出豐富植物營養物質，以供後作作物吸收⁽⁶⁾。不同期作綠肥大豆台南 4 號之植體肥分含量如表 2，生育 100 天時，不同期作除了鉀含量以二期作 2.58%顯著高於一期作之 2.2%，其餘氮、磷、鈣及鎂含量差異不顯著。平均氮含量 2.51~2.58%，磷含量 0.23~0.25%，鈣含量 1.23~1.32%，鎂含量 0.46~0.56%。但由於一期作綠肥大豆具有較高之生質產量，因此每公頃可掩埋入土之植體肥分含量就較高。一期作每公頃氮含量約 248 公斤顯著高於二期作之 183 公斤，一期作每公頃磷及鎂含量分別為 24 公斤及 54 公斤，亦顯著高於二期作之 17 公斤及 34 公斤，而兩期作之鉀及鈣含量差異不顯著，鉀每公頃 189~212 公斤，鈣每公頃 97~118 公斤。由於綠肥大豆生質產量高，因此掩埋入土之植體肥分亦相當可觀。

在休耕土地或輪作制度中加入大豆綠肥作物，能避免病蟲害循環及雜草叢生，對後作作物產量亦有提升效果。本試驗不同耕作處理之水稻農藝性狀及稻穀產量如表 3，無論一期作或二期作，輪作綠肥大豆之水稻區植株高度及稻穀產量均顯著高於連作區之水稻。一期作輪作區水稻平均株高 111.7 公分，稻穀產量每公頃 8,303 公斤，而連作區水稻平均株高 104.8 公

表 2. 不同期作綠肥大豆台南 4 號之植體肥分含量

Table 2. The nutrient contents of green manure soybean Tainan 4 in different crop seasons

Crop season	N	P	K	Ca	Mg
	%				
First	2.58 ^a	0.25 ^a	2.20 ^b	1.23 ^a	0.56 ^a
Second	2.51 ^a	0.23 ^a	2.58 ^a	1.32 ^a	0.46 ^a
	kg/ha				
First	248 ^a	24 ^a	212 ^a	118 ^a	54 ^a
Second	183 ^b	17 ^b	189 ^a	97 ^a	34 ^b

Data followed by the same letter in each column set indicate that the difference was not significant by the Duncan's Multiple Range Test(P = 0.05)

分，稻穀產量每公頃 7,609 公斤。一期作輪作區水稻增產效應是每穗穎花數的增加，輪作區每穗有 96.3 個穎花顯著高於連作區每穗 91.6 個，其餘每株穗數、穗長、穗重及千粒重則差異未達顯著。二期作輪作區水稻平均株高 108 公分，稻穀產量每公頃 6,811 公斤，而連作區水稻平均株高 103 公分，稻穀產量每公頃 6,084 公斤。二期作輪作區水稻增產效應是每株穗數的增加，輪作區每株有 16.1 個穗顯著高於連作區每株 13.8 穗，其餘每穗穎花數、穗長、穗重及千粒重則差異未達顯著。此試驗結果顯示，無論一期作或二期作輪作綠肥大豆均能促進水稻稻穀生產，而一期作促進每穗穎花數，稻穀產量增加 9.1%。二期作促進每株穗數，稻穀產量增加 11.9%。二期作稻穀產量增加幅度較多，可能原因之一是前作一期作綠肥大豆具有較高之生質產量，提供較高的植體肥分。

豆科綠肥因具有與根瘤菌共生之特性，可固定空氣中的氮素，植體分解後增加土壤中氮素肥分，因此後期作氮素肥料的施用應酌予減量。本試驗亦以不同氮肥處理探討輪作綠肥大豆之水稻區之最適當的氮肥施用量，其試驗結果不同氮肥處理對水稻稻穀產量之影響如表 4。一期作輪作區水稻產量以每公頃施用 168 公斤氮肥之 8,303 公斤最高產，但與施用 126 公斤氮肥之每公頃水稻產量 7,957 公斤差異未達顯著。二期作結果亦相同，輪作區水稻產量以每公頃施用 168 公斤氮肥之 6,811 公斤最高產，但與施用 126 公斤氮肥之每公頃水稻產量 6,774 公斤差異未達顯著。而一期作輪作區水稻每公頃施用 126 公斤氮肥，其水稻產量 7,957 公斤與施用 168 公斤氮肥之水稻連作區 7,609 公斤差異亦不顯著，二期作輪作區水稻每公頃施用 126 公斤氮肥，其水稻產量 6,774 公斤顯著高於施用 168 公斤氮肥之水稻連作區的 6,084 公斤。此結果顯示與綠肥大豆輪作之水稻區至少可以減少約每公頃 42 公斤氮肥施用（相當於 200 公斤硫酸銨）輪作區亦因綠肥作物提供大量氮素，因此每公頃施用 168 公斤之高氮肥處理，對產量增加仍是有限，因此與綠肥大豆輪作之水稻區，建議氮素肥料的施用可酌予減至每公頃 126 公斤。

不同耕作處理插秧前土壤肥力分析如表 5，一期作輪作綠肥區其土壤 EC 值、pH 值、有效性磷酐、有效性氧化鉀均與水稻連作區差異未達顯著。EC 值約 0.09ds/m，pH 值 7.06~7.14，每公斤土壤有效性磷酐含量 512~537 毫克、有效性氧化鉀含量 224~228 毫克。輪作區土壤有機質含量 2.89%較連作區之 2.48%高，且每公斤土壤總氮含量亦以輪作區之 1.63 克較連作區

表 3. 不同耕作處理之水稻農藝性狀及稻穀產量

Table 3. Agronomic characteristics and yield of rice at different cultivation system

Crop season	Cultivation system	Plant height (cm)	Panicle number	No. of spikelet per panicle	Panicle length (cm)	Panicle weight (g)	1000-kernel weight (g)	Yield (kg/ha)
First	Green manure-rotation	111.7 ^a	22.8 ^a	96.3 ^a	18.8 ^a	2.5 ^a	28.0 ^a	8303 ^a
	Continuous cropping	104.8 ^b	21.1 ^a	91.6 ^b	18.8 ^a	2.6 ^a	27.8 ^a	7609 ^b
Second	Green manure-rotation	108.0 ^a	16.1 ^a	106.5 ^a	20.5 ^a	3.2 ^a	29.1 ^a	6811 ^a
	Continuous cropping	103.0 ^b	13.8 ^b	105.1 ^a	20.9 ^a	3.3 ^a	29.2 ^a	6084 ^b

Data followed by the same letter in each column set indicate that the difference was not significant by the Duncan's Multiple Range Test (P = 0.05)

表 4. 不同氮肥處理對水稻稻穀產量之影響

Table 4. Effect of nitrogen application rate on the yield of rice

Crop season	Cultivation system				Continuous cropping
	Green manure-rotation				
	Nitrogen management(kg/ha)				
	168	126	84	0	168
	Yield(kg/ha)				
First	8303 ^a	7957 ^{ab}	7142 ^{cd}	6705 ^d	7609 ^{bc}
Second	6811 ^a	6774 ^{ab}	6273 ^{bc}	5425 ^d	6084 ^c

Data followed by the same letter in each row set indicate that the difference was not significant by the Duncan's Multiple Range Test (P = 0.05)

之 1.28 克高，有效性氧化鈣及有效性氧化鎂亦以輪作區之土壤含量較高，分別為每公斤土壤 1698 毫克及 308 毫克。二期作輪作綠肥區其土壤 EC 值、pH 值、有效性磷酐、有效性氧化鉀、有效性氧化鈣均與水稻連作區差異未達顯著。EC 值約 0.08~0.09ds/m，pH 值 7.07~7.18，每公斤土壤有效性磷酐含量 397~409 毫克、有效性氧化鉀含量 206~242 毫克、有效性氧化鈣含量 1532~1899 毫克。二期作輪作區土壤有機質含量 2.99%較連作區之 2.38%高，且每公斤土壤總氮含量亦以輪作區之 1.71 克較連作區之 1.23 克高，有效性氧化鎂以輪作區之 312 毫克較連作區之 266 毫克高。

由不同耕作處理插秧前之土壤分析結果顯示，輪作綠肥大豆對土壤中有機質、總氮含量及有效性氧化鎂有增進效益，進而促進水稻產量，對減少化學肥料之施用及維護地力有所助益。

表 5. 不同耕作處理插秧前之土壤肥力分析

Table 5. The properties of soil at different cultivation system before transplant

Crop season	Cultivation system	EC (1:5) (dS/m)	pH (1:1)	O.M (%)	TN (g/kg)	Available(mg/kg)			
						P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
First	Green manure-rotation	0.09 ^a	7.14 ^a	2.89 ^a	1.63 ^a	512 ^a	228 ^a	1698 ^a	308 ^a
	Continuous cropping	0.09 ^a	7.06 ^a	2.48 ^b	1.28 ^b	537 ^a	224 ^a	1508 ^b	283 ^b
Second	Green manure-rotation	0.08 ^a	7.18 ^a	2.99 ^a	1.71 ^a	397 ^a	242 ^a	1899 ^a	312 ^a
	Continuous cropping	0.09 ^a	7.07 ^a	2.38 ^b	1.23 ^b	409 ^a	206 ^a	1532 ^a	266 ^b

Data followed by the same letter in each column set indicate that the difference was not significant by the Duncan's Multiple Range Test(P = 0.05)

參考文獻

- 1.王啟柱。1965。台灣之綠肥與覆土作物。台灣銀行季刊 8(2)：180 215。
- 2.台灣省政府農林廳編印。1995。綠肥作物栽培利用。中興新村、南投、台灣。
- 3.吳昭慧、連大進。2002。綠肥兼覆蓋用大豆品種育成及在農業永續性之利用。雜糧與畜產 338：9 13。
- 4.連大進。1995。田菁綠肥之利用與實例。台灣農業 31(1)：111 118。
- 5.連大進、吳昭慧、黃山內、游添榮、王裕權。2000。綠肥大豆新品種台南 4 號之育成。台南區農業改良場研究彙報 37：1 16。
- 6.黃山內、蔡宗仁、蘇匡基。1982。栽種滿江紅對節省水稻氮肥之經濟性研究。台中區農業改良場研究彙報 6：103 111。
- 7.蔡宜峰、許愛娜。2000。綠肥青皮豆與水稻輪作對稻米產量及土壤肥力之影響。台中區農業改良場研究彙報 69：13 21。
- 8.Atalah, T. and J. M. Lopez-Real. 1991.Potential of green manure species in recycling nitrogen, phosphorus and potassium. Biol. Agric. Hort. 8：53 65.
- 9.Bouldin, D.R. 1988. Effect of green manure on soil organic matter content and nitrogen availability. p.151 163. In Green manure in rice farming. Symposium of ' the role of green manure crops in rice farming systems. ' IRRI. Philip.
- 10.Lesoing, G. W. 1988. Progress report on research project 12 158. Agricultural Research and Development center, Mead, Nebraska.
- 11.Meelu, O.P. and R.A. Morris. 1988. Green manure management in rice-based cropping systems. P.209 222. Green manure in rice farming. Symposium of ' the role of green manure crops in rice farming systems. ' IRRI. Philip.
- 12.Penas, E. J. 1982. Soybean in rotation-what ' s their worth? Soil Science News. Univ. Nebraska Extension Service, vol. 4, no. 9.

Effect of Green Manure Soybean on Rice Yield and Soil Fertility¹

Wu C.H., W.C. Wu., T.J. Lien and S.N. Huang²

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the effect of green manure soybean and rice rotation systems on rice yield and soil fertility. The results indicated that the first season crop had higher biomass and nutrient contents of green manure soybean than the second season crop. The rice yields were significantly increased on the green manure-rotation treatments in both first and second season crop. The rice yields in the treatment with 126 kg/ha of nitrogen fertilizer plus green manure-rotation system were no significant difference to the treatment with 168 kg/ha of nitrogen fertilizer plus continuous cropping system. Therefore, the green manure-rotation treatments could save 42 kg/ha of nitrogen fertilizer. The soil organic matters, total nitrogen and available MgO contents in the green manure-rotation plots were higher than the continuous cropping plots. Therefore, the green manure-rotation treatments may significantly increase rice yield and maintain soil fertility.

Key words: Rotation systems, Green manure, Rice yield.

Accepted for publication : 23 July,2007

1. Contribution No.330 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Associate Agronomist, Assistant Agronomist, Agronomist and Director, Tainan DARES 70, Muchang, Sinhua, Tainan, 712, Taiwan, R.O.C.