

放植滿江紅及有機質肥料施用對有機水稻栽培之研究¹

賴文龍、蔡宜峰²

摘 要

本研究目的為探討放植滿江紅與有機水稻間作共作，對稻田雜草防除之效益，以及探討滿江紅與有機質肥料對水稻生長與產量之影響。由試驗結果顯示，滿江紅生殖生長迅速重疊覆蓋稻田水面，對稻田之雜草於一期作有86.1~94.6%及二期作有86.2~95.9%抑制萌生之效果。放植滿江紅與水稻間作共作之稻穀產量較對照(不放植)一期作增產5.1~5.6%，二期作稻穀產量增產4.8~6.6%達統計顯著水準。一期及二期稻穀產量在施用不同用量有機質肥料處理間均未達差異顯著水準。由試驗結果顯示栽培有機水稻施用有機質肥料之氮素總含量，於一期作約112.5 kg N/ha及二期作約97.5 kg N/ha之用量範圍，再配合放植滿江紅與水稻共作，可以獲得較佳的產量效益。

關鍵字：滿江紅、有機質肥料、有機水稻。

前 言

滿江紅(*Azolla*)俗稱紅萍或綠萍系蕨類植物(*Filicopsida*)，是蕨、藻的共作體，由藻體為蕨體提供氮源，蕨體保護藻體並為藻體提供碳源。滿江紅遇生長不良環境時，自原來之紫綠或綠色轉變為紫紅或紅色，故名滿江紅。滿江紅葉內有固氮藍綠藻*Anabaena azollae*共作，具有極強的固氮能力^(1,10)。我國古代即記載此種植物具有肥田之效果，並於十七世紀(明朝末年)之水田即曾加以利用⁽⁸⁾。滿江紅其植體生長迅速且適合水稻共作，為水田優良綠肥作物之一^(2,8,9,10,12,13)，很適合臺灣水旱調整利用休耕水田放植生殖以調整水稻栽培制度。林(1983)研究利用耐寒又耐熱之本地種滿江紅*Azolla (Taiwan)*和*A. microphylla (paraguay)*品種，當水田綠肥作物與水稻共作，並掩施增加稻作肥效。與水稻共作時滿江紅生長迅速，疊覆水面，有抑制稻田雜草之效果。賴等(1989)研究掩埋滿江紅及間作放任不掩埋，可增加土壤有機質含量，降低土壤密實性，增加水稻有效穗數，提高稻作產量。本試驗探討有機水稻栽培，田間如以人工除草費高，徒增生產成本。因利用插秧後放植滿江紅與水稻共作，滿江紅生殖快速重疊覆蓋田面，抑制雜草滋生，以達有機米栽培田減少除草之成本。

¹臺中區農業改良場研究報告第 0595 號。

²臺中區農業改良場助理研究員、副研究員。

材料與方法

田間設計及肥培管理

本試驗於南投縣草屯鎮碧峰里有機稻田進行田間試驗，試驗地點土壤為砂頁岩非石灰性老沖積土內轆系(Neilu Series, TNe)，質地為粉質壤土(SiL)，試驗前之土壤pH為5.42 (表一)，土壤有機質含量49 g/kg，有效性磷(Bray no.1)含量33 mg/kg，交換性鉀含量223 mg/kg，交換性鈣含量867 mg/kg，交換性鎂含量373 mg/kg，錳含量34 mg/kg，鐵含量488 mg/kg，鋅含量7 mg/kg，銅含量9 mg/kg。試驗水稻品種為臺梗9號，滿江紅品種為*Azolla pinnata*，有機質肥料包括本場自製堆肥及大豆粕。試驗用大豆粕成分為N 6.87%、P 0.56%、K 2.22%、Ca 0.67%、Mg 0.45%、Cu 18 mg/kg、Mn 42 mg/kg、Zn 43 mg/kg、Fe 156 mg/kg。本場自製堆肥採用香菇太空包廢木屑與牛糞(1:1)混合調製成，腐熟堆肥N 0.45%、P 1.71%、K 2.06%、Ca 2.48%、Mg 1.13%、Cu 15 mg/kg、Mn 319 mg/kg、Zn 226 mg/kg、Fe 641 mg/kg。本試驗田區排列採用裂區設計，主區處理為滿江紅放植量三級(0、50、100 g/m²)，副區處理為有機質肥料用量二級(氮素總含量100%及75%)組合六處理(表二)，四重複，共計二十四小區，每小區20 m²。滿江紅於一、二期作水稻插秧後1天放植。有機質肥料用量分成總氮素含量100%及75%二級處理，一期水稻總氮素全量為130 kg/ha，二期水稻總氮素全量為110 kg/ha。基肥及追肥分別為處理總氮量的50%，其中基肥所使用的有機質肥料包括本場自製堆肥(用量為基肥總氮量的50%)及大豆粕(用量為基肥總氮量的50%)，本場自製堆肥與大豆粕之氮素有效性分別以25%及50%計算，追肥(穗肥)施用大豆粕(用量為各處理總氮量的50%)，總計本場自製堆肥用量為各處理總氮量的25%換算，大豆粕用量為各處理總氮量的75%換算。

表一、試驗前土壤肥力特性

Table 1. Soil fertility before experiment

Soil texture	pH 1:1	Organic matter (g/kg)	Bray No.1 P	Exchangeable			0.1N HCl extracted			
				K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
SiL	5.42	49	33	223	867	373	34	488	7	9

表二、試驗處理

Table 2. Treatment of experiment

Treatment	Application rate of Azolla and organic fertilizer
A	Azolla 0 g/m ²
B	Azolla 50 g/m ²
C	Azolla 100 g/m ²
N1	Organic fertilizer N 100% (Crop I: 130 kg N/ha, Crop II: 110 kg N/ha)
N2	Organic fertilizer N 75% (Crop I: 98 kg N/ha, Crop II: 83 kg N/ha)

調查及分析項目

土壤理化性質分析：種植前及收穫時分別採取土壤樣品分析，土壤pH值係用玻璃電極測定，水土比為1:1之土壤懸浮液測定pH值⁽⁴⁾。土壤有機質含量以重鉻酸鉀比色法(Colorimetric method)測定；土壤有效性磷用Bray-no.1 method (Handbook on Reference Methods for soil Testing, 1980)抽出用UV測定；交換性鉀、鈣、鎂含量以1N醋酸銨NH₄OAc (pH 7.0)抽出液萃取，鉀用火焰光度計(Flame photometer)測定⁽¹²⁾，鈣、鎂用原子吸光儀 (Atomic Absorption Spectrophotometer)測定⁽⁴⁾。鐵、錳、鋅、銅用0.1N HCl抽出，用AA測定⁽⁴⁾。

植物體營養元素分析：水稻糊熟期採劍葉片樣品經70°C熱風乾燥48小時後磨細。以濕灰法(硫酸)分解，此分解液測定氮、磷、鉀、鈣、鎂含量。氮之定量以Kjeldahl分解液之微量擴散法⁽⁴⁾，磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵含量用二酸(HNO₃及HClO₄)分解法，磷用鉬黃法以光電比色計測定，鉀用火焰光度計(Flame photometer)測定，鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵等元素含量，用原子吸光儀(Atomic Absorption Spectrophotometer)AA測定^(4,7)。另在水稻生育期及收穫時分別調查農藝性狀產量及雜草量等。

結果與討論

有機稻田放植滿江紅對雜草之影響

一、二期作插秧後次日放植江紅，爾後定期調查滿江紅增殖量，由調查結果顯示，二期作約3.76日，一期作約4.83日滿江紅可增殖一倍。放植50 g/m²量經30天生殖生長每公頃約可獲得18噸以上滿江紅鮮重，所以滿江紅能迅速覆蓋稻田水面，抑制大部分雜草滋生。1997年於有機水稻田第二期作調查放植50 g/m²滿江紅試區之雜草量僅為對照(不放植)13.8%，而放植100 g/m²滿江紅試區雜草的生長量僅為對照試區的4.1%；1988年第一期作亦相似，顯示放植滿江紅對稻田有減少雜草萌生之效果，且稻田雜草鮮重量隨滿江紅放植量之增加而顯示減少(表三)。本試驗與林(1983)試驗結果相似，顯然放植滿江紅有防治稻田雜草之效果。

表三、水稻插秧後 60 日之稻田雜草鮮重量調查

Table 3. Fresh weight of weeds at 60 days after transplanted

Treatment ¹	Crop I		Crop II	
	(kg/ha)	Index (%)	(kg/ha)	Index (%)
A	436.0a ²	100.0	481.9a	100.0
B	60.6b	13.9	66.6b	13.8
C	23.5c	5.4	19.8c	4.1
N 1	177.3a	100.0	208.6a	100.0
N 2	169.4a	95.5	170.2b	81.6

¹. A: Azolla 0 g/m². B: Azolla 50 g/m². C: Azolla 100 g/m².

N 1: Organic fertilizer N 100% (Crop I: 130 kg N/ha, Crop II: 110 kg N/ha).

N 2: Organic fertilizer N 75% (Crop I: 98 kg N/ha, Crop II: 83 kg N/ha).

². Means in the same column followed by the same letter are not significantly different, by Duncan's Multiple Range Test (P ≥ 0.05).

有機稻田放植滿江紅對水稻生育之影響

水稻不同生育時期分蘖數調查(表四)，在放植滿江紅與否情形下，進行第二期作第一次(50天)生育期調查，以放植50 g/m²滿江紅處理分蘖數20.7支較對照(不放植)增加分蘖0.1支；而放植100 g/m²滿江紅處理分蘖數19.0支較對照(不放植)減少分蘖數1.6支。第二次成熟期調查，與第一次(50天)生育期調查結果相似。第一期作第一次(60天)生育期調查，以放植50 g/m²或100 g/m²滿江紅處理較對照(不放植)減少分蘖數1.0及0.4支，第二次成熟期(120天)調查，亦與第一次(60天)生育期調查相似，穗數分別減少0.4及1.2支。顯示有機水稻田放植滿江紅不同量於田面增殖生長覆蓋稻田水面，有抑制雜草滋生效果外(表三)，亦影響水稻生育初期之有效分蘖較低。

表四、有機水稻農藝性狀之調查

Table 4. The agronomic characteristics of rice in organic farming

Treatment ¹	Crop I					Crop II				
	60 days after transplanted		Harvest stage		Avail. tiller	50 days after transplanted		Harvest stage		Avail. tiller
	Height (cm)	Tiller No. (No.)	Height (cm)	Tiller No. (No.)	rate (%)	Height (cm)	Tiller No. (No.)	Height (cm)	Tiller No. (No.)	rate (%)
A	69.1ab ²	26.8a	113.1b	23.6a	88.1	85.3a	20.6a	111.9a	19.4ab	94.2
B	70.5a	25.8b	114.6ab	23.2a	89.9	84.3b	20.7a	110.8b	20.1a	97.1
C	69.7ab	26.4a	115.1a	22.4b	84.9	82.5c	19.0b	111.2a	18.9b	99.5
N1	70.7a	26.3a	115.7a	23.2a	88.2	84.2a	20.1a	111.4a	18.8b	93.5
N2	68.8b	26.3a	112.9b	22.9a	87.1	83.9a	20.1a	111.1a	20.1a	100.0

¹. A: Azolla 0 g/m² B: Azolla 50 g/m² C: Azolla 100 g/m²

N 1: Organic fertilizer N 100% (Crop I: 130 kg N/ha, Crop II: 110 kg N/ha).

N 2: Organic fertilizer N 75% (Crop I: 98 kg N/ha, Crop II: 83 kg N/ha).

². Means in the same column followed by the same letter are not significantly different, by Duncan's Multiple Range Test (P ≥ 0.05).

有機肥料施用對水稻生育之影響

在不同有機肥料用量之氮肥施用情形下，一、二期作調查結果第一次(60及50天)生育期調查分蘖數均相似，成熟期調查結果第二期作以之75%氮肥用量有機肥料穗數較全量增加1.3支；第一期作反之，以130 kg N/ha全量穗數23.2支較75%氮肥用量增加0.3支。

水稻有效分蘖率(成熟期穗數/稻插秧後一期作60天，二期作50天分蘖數)，以期作來看，二期作放植滿江紅處理97.1及99.5% (平均98.3%)較對照(不放植)94.2%增加4.2%；一期作放植滿江紅處理89.9及84.9% (平均87.4%)較對照88.1%減少0.7%。顯示放植滿江紅，植體殘體分解釋出養分，能持久提供水稻生育中後期氮源養分，有助於提升第二期作水稻有效分蘖率。

不同生育期水稻株高調查結果(表四)，二期作第一次(50天)生育期調查在放植滿江紅與否情形下，放植50及100 g/m²之株高為84.3及82.5 cm分別較對照(不放植)低1.0~2.8 cm (平均

1.9 cm)；第二次成熟期(100天)調查以放植50及100g/m²滿江紅之株高110.8及111.2 cm較對照處理低0.7~1.1 cm (平均0.9 cm)。一期作第一次生育期(60天)調查結果，在放植滿江紅50g/m²之水稻株高70.5 cm較對照增高1.4 cm，放植100 g/m²株高69.7 cm較對照增高0.6 cm；第二次成熟期(120天)調查放植50及100 g/m²滿江紅處理之水稻株高114.6及115.1 cm均較對照增高1.5~2.0 cm (平均1.8 cm)。第一期作放植滿江紅殘體分解釋出養分持續提供水稻養分吸收促進生長。

有機稻田放植滿江紅對水稻產量影響

在放植滿江紅情形下，二期作放植50 g/m²滿江紅處理稻穀產量5,540 kg/ha較對照(不放植)增產6.6% (表五)；放植100 g/m²滿江紅處理稻穀產量5,445 kg/ha較對照增產4.8%。一期作以放植50g/m²滿江紅處理稻穀產量5,196 kg/ha較對照增產5.6%；放植100 g/m²滿江紅處理稻穀產量5,172 kg/ha較對照增產5.1%，並經二次方程式迴歸分析結果二期作為 $y=5280+8.775x-0.0715x^2$ ($r=0.8329^*$)，一期作為 $y=4920+8.500x-0.0598x^2$ ($r=0.8815^*$)，滿江紅放植量由迴歸方程式求得最高產量90%之滿江紅適宜放植量二期作為54.9~67.1 g/m²一期作為63.9~78.1 g/m²。顯示有機水稻栽培田間以放植滿江紅，除有覆蓋田面抑制雜草萌生效果，又可以增加稻穀產量及提升土壤肥力，有助於有機米栽培。本試驗與賴等(1989)試驗有相似結果，滿江紅與水稻間作，於插秧後放植滿江紅，任其生殖覆蓋田面較對照(不放植)二期作稻穀增產15.6%，一期作稻穀增產5.4%。

表五、有機水稻產量及產量構成要素

Table 5. Yield and yield components of organic rice.

Crop	Treatment ¹	No. of grain per panicle (no.)	Panicle weight (g)	Panicle length (cm)	1000 grain weight (g)	Fertility rate (%)	Yield (kg/ha)		Grain / Straw
							Grain	Straw	
I	A	101.3a ²	2.3a	21.2a	26.3a	79.9ab	4,920b	5,300a	0.93
	B	100.7a	2.3a	21.1a	25.6b	85.8a	5,196a	5,266a	0.98
	C	96.5b	2.1b	20.6b	25.7b	79.0b	5,172a	4,934b	1.05
	N 1	100.3a	2.1b	20.8a	25.7a	77.9b	5,116a	5,141a	0.99
	N 2	98.8a	2.3a	21.0a	26.0a	85.2a	5,075a	5,192a	0.97
II	A	116.0ab	2.1ab	20.6a	25.6a	70.4b	5,195b	6,525a	0.80
	B	115.4b	2.0b	21.2b	24.9b	70.5b	5,540a	6,555a	0.85
	C	118.8a	2.2a	21.5a	25.8a	72.9a	5,445a	6,285b	0.87
	N 1	113.9b	2.0a	21.6a	25.0a	72.0a	5,375a	6,650a	0.81
	N 2	119.5a	2.1a	20.6a	25.8a	70.6a	5,410a	6,260b	0.87

¹: A: Azolla 0 g/m² B: Azolla 50 g/m² C: Azolla 100 g/m²

N 1: Organic fertilizer N 100% (Crop I: 130 kg N/ha, Crop II: 110 kg N/ha)

N 2: Organic fertilizer N 75% (Crop I: 98 kg N/ha, Crop II: 83 kg N/ha)

²: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different, by Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

有機質肥料施用對水稻產量影響

有機肥料用量對稻穀產量調查結果，二期作以75%有機質肥料氮肥用量之處理稻穀產量5,410 kg/ha較全量110 kg N/ha處理產量5,375 kg/ha略增產0.7% (表五)。一期作以有機肥料氮肥用量之75%處理稻穀產量5,075 kg/ha較全量130 kg N/ha處理產量5,116 kg/ha減產0.8%。一期作有機水稻栽培之氮素用量97.5 kg/ha，二期作氮素用量82.5 kg/ha，再配合滿江紅放植與水稻間作，利用滿江紅葉內之固氮藍綠藻*Anabaena azollae*共作，行固氮作用提供有機水稻生育期部分氮源及增加土壤肥力。

稻草產量調查結果顯示，在放植滿江紅與否情形下，二期作以放植滿江紅50 g/m²處理稻草產量6,555 kg/ha較對照(不放植)增產0.4% (表五)；放植滿江紅100 g/m²處理稻草產量6,285 kg/ha較對照減產3.6%。一期作以放植滿江紅50及100 g/m²之處理稻草產量均較對照減產0.7%及7.1%，顯示放植滿江紅間作生殖期間會使有效分蘖較低，稻草產量略減。

水稻糊熟期葉片養分濃度之比較

本試驗在糊熟期採取水稻劍葉分析，項目包括N、P、K、Ca、Mg等元素(表六)。二期作放植50及100 g/m²滿江紅處理，水稻葉片氮濃度為30.3及30.2 g/kg，較對照處理(不放植)之29.9 g/kg增加0.4及0.3 g/kg (平均0.4 g/kg)；一期作葉片氮濃度則以放植100 g/m²處理24.9 g/kg較對照23.8 g/kg增加1.1 g/kg，放植50 g/m²處理23.7 g/kg較對照反而減少0.1 g/kg。一期作施用有機肥料全量100%處理葉片氮濃度24.6 g/kg較施用全量之75%處理葉片氮濃度23.7 g/kg增加0.9 g/kg。二期作施用有機質肥料全量100%處理葉片氮濃度30.4 g/kg較施用全量之75%處理葉片氮濃度29.9 g/kg增加0.5 g/kg。顯示放植滿江紅覆蓋稻田之植體殘體及有機質肥料施用之肥效，因土壤微生物分解而呈緩慢釋放，提供水稻營養養分吸收，以致糊熟期劍葉氮素養分含量均較對照高。

葉片鉀濃度在二期作放植滿江紅50、100 g/m²處理葉片鉀濃度為17.9及18.1 g/kg均較對照增加0.1~0.3 g/kg (平均0.2 g/kg)含量；一期作亦同放植50、100 g/m²處理葉片鉀濃度15.5及15.8 g/kg均較對照增加0.8及1.1 g/kg (平均1 g/kg)。二期作施用有機肥料全量100%有機質肥料處理葉片鉀濃度18 g/kg較施全量之75%處理增加0.2 g/kg；一期作葉片鉀濃度施用全量100%有機肥料處理葉片鉀濃度15.4 g/kg較施全量之75%增加0.1 g/kg。顯示放植滿江紅及施用有機肥料，經土壤微生物分解釋出養分，足夠水稻營養養分吸收利用。

葉片鈣濃度在二期作放植滿江紅50及100 g/m²處理濃度為4.2及4.5 g/kg均較對照處理減少0.5及0.8 g/kg (平均0.7 g/kg)，一期作亦同，放植滿江紅50及100 g/m²處理5.6 g/kg，較對照處理減少0.1 g/kg。二期作施用有機肥料全量100%處理為4.4 g/kg較全量之75%處理減少0.3 g/kg；一期作施用有機肥料全量100%處理為5.5 g/kg較全量之75%處理減少0.2 g/kg。

葉片鎂濃度在二期作與一期作均以放植滿江紅50 g/m²之處理，葉片鎂濃度較高；施用有機質肥料全量處理均較75%處理高，分別增加0.4及1.2 g/kg，顯示施用有機質肥料分解，可釋放鎂素養分供給水稻營養所需，有助增加水稻稻穀產量。

表六、有機水稻糊熟期之葉片營養分析

Table 6. Nutrient contents at milky matching stage of rice in organic farming.

Crop	Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg
		-----g/kg-----				
I	A	23.8a ²	3.0a	14.7c	5.7a	4.3a
	B	23.7a	3.1a	15.5b	5.6a	4.4a
	C	24.9a	3.3a	15.8a	5.6a	3.9a
	N 1	24.6a	3.3a	15.4a	5.5a	4.4a
	N 2	23.7a	3.0a	15.3a	5.7a	4.0a
II	A	29.9a	2.2a	17.8a	5.0a	3.3a
	B	30.3a	2.3a	17.9a	4.2a	4.0a
	C	30.2a	2.3a	18.1a	4.5ab	3.4a
	N 1	30.4a	2.3a	18.0a	4.4a	4.2a
	N 2	29.9a	2.3a	17.8a	4.7a	3.0a

¹. A: Azolla 0 g/m² B: Azolla 50 g/m² C: Azolla 100 g/m²

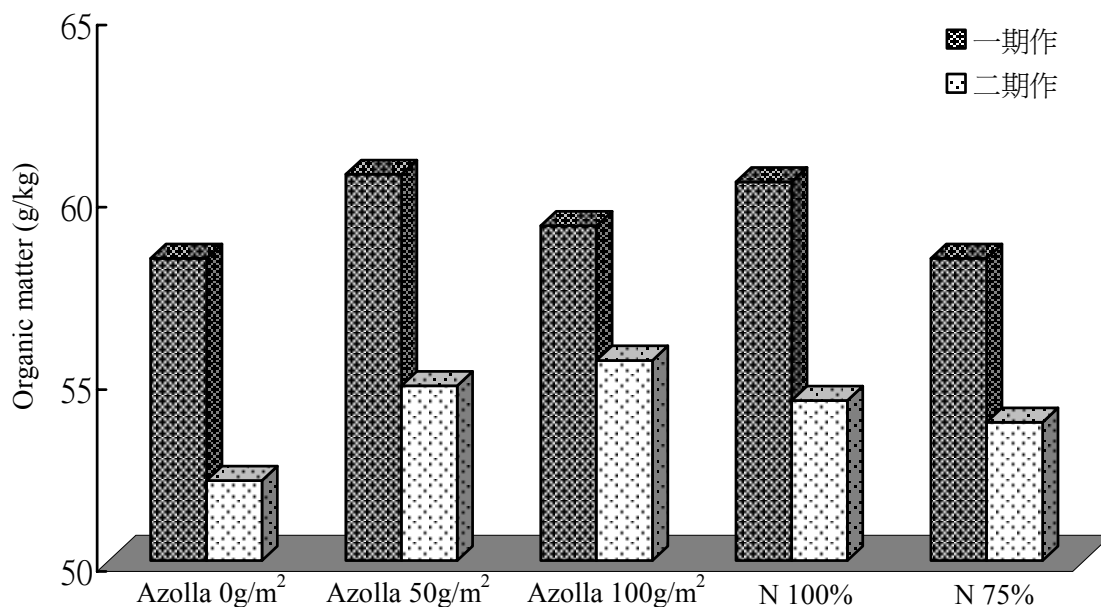
N 1: Organic fertilizer N 100% (Crop I: 130 kg N/ha, Crop II: 110 kg N/ha)

N 2: Organic fertilizer N 75% (Crop I: 98 kg N/ha, Crop II: 83 kg N/ha)

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

對土壤有機質含量之變化

放植滿江紅及有機肥料施用對土壤有機質含量變化(圖一)，試驗前之土壤有機質含量為 49 g/kg，經1987年二期作及1988年一期作之有機肥料施用與滿江紅間作。於不放植滿江紅，只施有機肥料(A處理)情形下，土壤有機質於二及一期作均較試驗前增加3.2及9.3 g/kg含量；放植50 g/m²滿江紅及施有機肥料(B處理)情形，土壤有機質於二及一期作較試驗前增加5.8及11.6 g/kg；放植100 g/m²滿江紅及施有機肥料(C處理)情形，土壤有機質於二及一期作較試驗前增加4.8及9.3 g/kg。放植滿江紅50 g/m²土壤有機質於於二期作54.8 g/kg及一期作60.6 g/kg較對照(不放植)分別增加2.6及2.3 g/kg，放植滿江紅100 g/m²土壤有機含量二期作55.5 g/kg及一期作59.2 g/kg，均較對照(不放植)增加3.3及0.9 g/kg。有機肥料施用全量之土壤有機質含量於二期作為54.4 g/kg，一期作為60.4 g/kg較施有機質肥料全量之75%分別增加0.6及2.1 g/kg。顯示有機水稻田施用富含纖維質及木質素之材料有機肥料，可增加土壤有機質含量0.6~2.1 g/kg。放植滿江紅覆蓋稻田抑制雜草滋生外，另可增加土壤有機質於二期作2.6~3.3 g/kg，一期作增加0.9~2.3 g/kg。有機養分提供水稻營養吸收，改善土壤理化性質，促使土壤疏鬆，擴展作物根域，及增加土壤微生物族群活性之趨勢^(6,7)。



圖一、放植滿江紅及有機肥料施用對土壤有機質含量之變化。

Fig. 1. Changes of soil organic contents as affected by the application of azolla and organic fertilizer.

參考文獻

1. 林錫錦 1984 滿江紅與固氮藍綠藻共作之研究 生物科學 23:11-14。
2. 林錫錦 1983 水田滿江紅固氮之肥效及抑制雜草之研究 中華農業研究 32(4):348-359。
3. 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 臺中區農業改良場研究彙報 6:103-111。
4. 張愛華 1981 本省現行土壤測定法 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊 13:9-26。
5. 賴文龍、黃山內、王錦堂 1989 稻田掩埋滿江紅對水稻生育之影響 臺中區農業改良場研究彙報 24:3-11。
6. Anonony. 1980. Handbook on Reference Methods for soil Testing (Revised Edition), The Council on soil Testing and plant Analysis. University of Georgia. Athens. Georgia. p.37-51.
7. Isaac, R. A. and T. B. Jones, Jr. 1972. Effects of Various dry aching temperatures on the determination of 13 nutrient elements in five plant tissues. Conn. Soil Sci. Plant Anal. 3:261-269.
8. Jones, J. B., Jr. 1964. Plant analysis-A method of detecting micronutrient deficiencies. Ohio Agr. Exp. Sta. Agron. Series 176: p.9.

9. Liu, C. C. 1979. Nitrogen and Rice. IRRI. p.375-394.
10. Moore, A. W. 1969. Azolla: Biology and agronomic Significance. The Bot. Rev. 35:17-34.
11. Rains, D. W., and S. N. Talley. 1979. Use of azolla in North America. In Nitrogen and Rice. IRRI. p.419-431.
12. Rage, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (ed). 1982. "Methods of soil Analysis Part2", 2nd edition, American Society of Agronomy. p.300.
13. Talley, S. N., and B. J. Talley. 1979. Nitrogen-fixation by azolla in rice fields. In Genetic Engineering for N₂-fixation. D. A. Hollaender et al. (ed). Plenum Press. N. Y. p. 259-281.
14. Watanabe, L., G. R. Espinas, N. S. Beria, and B. V. Alimagno 1977. Utilization of the *azolla anabaen acomplex* as a N fertilizer for rice. IRRI. Res Pap. Ser. 11:15.

Effects of Azolla and Organic Fertilizer on the Cultivation of Organic Rice¹

Wen-Lung Lay and Yi-Fong Tsai²

ABSTRACT

The objective of this experiment was to study the effect of Azolla and organic fertilizer on the cultivation of organic rice. The results indicated that the fresh weight of weeds in rice field decreased about 86.2-95.9% on the treatment of Azolla than the check. The yield of organic rice on the application of Azolla increased about 5.1-5.6% in first crop and increased about 4.8-6.6% in second crop than the check, respectively. On the application of organic fertilizer, the rice yield increased about 0.8% on the application rate of 100% than 75% in first crop, but decreased about 0.7% on the application rate of 100% than 75% in second crop. Therefore, the application rate of nitrogen should be 112.5 kg/ha in first crop and 97.5 kg/ha in second crop with the application of Azolla.

Key words: Azolla, organic fertilizer, organic rice.

¹Contribution No. 0595 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Soil Scientist of Taichung DARES.