

滿江紅應用於有機米栽培之效益

賴文龍 蔡宜峰 李健擇

滿江紅(*Azolla*)為水生蕨類植物，在環境不適遇低溫時，耐寒性弱之品系其植物體產生紅色花青素(red anthocyanin pigment)之故，植體由綠色轉變為紅色，故名滿江紅。滿江紅葉內有固氮藍綠藻 *Anabaena azollae* 共生，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與水稻共作，為水田優良綠肥作物之一^(2, 8, 9, 10, 12, 13)，很適合本省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*(Da, Taiwan) and *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。本試驗探討有機米稻田栽培，田間除草費人工，徒增生產成本。利用插秧後放植滿江紅與水稻共作，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效果。

利用滿江紅抑制稻田雜草

插秧後即接種滿江紅，由於放植滿江紅生殖生長快，調查結果 3.76~4.83 日可增殖一倍，放植 50 g/m² 量經 30 天生殖生長每公頃約可獲得 18 噸以上鮮物，覆蓋水面，抑制大部分雜草滋生見表一。86 年第二期作調查接種 50 g/m² 滿江紅試區之雜草量佔對照(不接種)13.8%，而接種 100 g/m² 則佔 4.1%；87 年第一期作亦相似，顯示放植滿江紅由 50、100 g/m² 之不同接種量對稻田防治雜草萌生之效果相類似。符合林(1983)試驗結果以不接種滿江紅又不施殺草劑之處理區，不但雜草數量比接種滿江紅區或施殺草劑區多，接種滿江紅 100、200、300 g/m² 之不同接種量對防治雜草之效果均相似。

表一、滿江紅抑制雜草量調查

處理別	第一期作		第二期作	
	重量(kg/ha)	指數(%)	重量(kg/ha)	指數(%)
A*	436.0 ^a	100.0	481.9 ^a	100.0
B	60.6 ^b	13.9	66.6 ^b	13.8
C	23.5 ^c	5.4	19.8 ^c	4.1
N1	177.3 ^a	100.0	208.6 ^a	100.0
N2	169.4 ^a	95.5	170.2 ^b	81.6

* A：對照不放植滿江紅 0 g/m²

B：插秧後放植滿江紅 50 g/m²

C：插秧後放植滿江紅 100 g/m²

N1：施全量有機肥料(I 期作 130 kg N/ha，II 期作 110 kg N/ha)

N2：施全量之 75% 有機肥料

間作滿江紅及有機質肥料施用對水稻產量影響

稻谷產量調查結果(表二)顯示在接種滿江紅與否情形下，二期作放植 50 g/m² 滿江紅處理產量 5,540 kg/ha 較對照(不接種)增產 6.6%(345 kg/ha)；放植 100 g/m² 滿江紅處理產量 5,445kg/ha 較對照增產 4.8%(250 kg/ha)。一期作以放植 50g/m² 滿江紅處理產量 5,196 kg/ha 較對照增產 5.6%(276 kg/ha)；放植 100 g/m² 滿江紅處理產量 5,172 kg/ha 較對照增產 5.1%(252 kg/ha)。顯示有機水稻栽培田間以放植滿江紅生殖除有覆蓋田面抑制雜草萌生效果，又可以增加稻谷產量及土壤肥力提升，有助於有機米栽培。本試驗符合賴等(1989)試驗報告指出滿江紅間作，於插秧後放植滿江紅，任其生殖覆蓋田面較對照(不接種)二期作稻谷增產 15.6%，一期作稻谷增產 5.4%。

有機肥料用量對稻谷產量調查結果，顯示二期作以有機質肥料 130 kg/ha 全量之 75% 處理稻谷產量 5,410 kg/ha 較全量 100% 處理產量 5,375 kg/ha 略增產 0.7% (35 kg/ha)。一期作以有機肥料 150 kg/ha 全量之 75% 處理稻谷產量 5,075 kg/ha 較全量 100% 處理產量 5,116 kg/ha 減產 0.8% (41 kg/ha)。顯示一期作有機水稻栽培之氮素用量 112.5 kg/ha，二期作氮素用量 97.5 kg/ha，再配合滿江紅放植生殖生長與水稻共作，即開始固氮供給水稻吸收利用增加土壤肥力，提供有機水稻生育期營養所需。

稻草產量調查(表二)結果顯示，在接種滿江紅與否情形下，二期作以接種滿江紅 50 g/m² 處理稻草產量 6,555kg/ha 較對照(不接種)增產 0.4%；接種滿江紅 100 g/m² 處理稻草產量 6,285kg/ha 較對照減產 3.6%。一期作以放植滿江紅 50、100 g/m² 之處理稻草產量均較對照減產 0.7~7.1%(平均 3.9%)，顯示放植滿江紅生殖期間會抑制水稻分蘖，致稻草產量略減。

表二、水稻產量構成因素與產量

期作別	處理別	穗粒數 (粒)	穗重 (g)	穗長 (公分)	千粒重 (g)	稔實率 (%)	產量(kg/ha)		谷草比
							稻谷	稻草	
一期作	A*	101.3 ^a	2.3 ^a	21.2 ^a	26.3 ^a	79.9 ^{ab}	4,920 ^b	5,300 ^a	0.93
	B	100.7 ^a	2.3 ^a	21.1 ^a	25.6 ^b	85.8 ^a	5,196 ^a	5,266 ^a	0.98
	C	96.5 ^b	2.1 ^b	20.6 ^b	25.7 ^b	79.0 ^b	5,172 ^a	4,934 ^b	1.05
	N1	100.3 ^a	2.1 ^b	20.8 ^a	25.7 ^a	77.9 ^b	5,116 ^a	5,141 ^a	0.99
	N2	98.8 ^a	2.3 ^a	21.0 ^a	26.0 ^a	85.2 ^a	5,075 ^a	5,192 ^a	0.97
二期作	A	116.0 ^{ab}	2.1 ^{ab}	20.6 ^a	25.6 ^a	70.4 ^b	5,195 ^b	6,525 ^a	0.80
	B	115.4 ^b	2.0 ^b	21.2 ^b	24.9 ^b	70.5 ^b	5,540 ^a	6,555 ^a	0.85
	C	118.8 ^a	2.2 ^a	21.5 ^a	25.8 ^a	72.9 ^a	5,445 ^a	6,285 ^b	0.87
	N1	113.9 ^b	2.0 ^a	21.6 ^a	25.0 ^a	72.0 ^a	5,375 ^a	6,650 ^a	0.81
	N2	119.5 ^a	2.1 ^a	20.6 ^a	25.8 ^a	70.6 ^a	5,410 ^a	6,260 ^b	0.87

*見表一

間作滿江紅及有機肥料施用對水稻生育之效果

水稻不同生育時期分蘗數調查(表三)，在放植滿江紅與否情形下，調查結果顯示二期作第一次(50天)調查，以接種 $50\text{g}/\text{m}^2$ 滿江紅處理較對照(不接種)分蘗增加0.1支；而接種 $100\text{g}/\text{m}^2$ 滿江紅處理較對照分蘗數減少1.6支。第二次(100天)調查，以第一次調查結果相類似。一期作第一次(60天)調查，以接種 $50\text{g}/\text{m}^2$ 或 $100\text{g}/\text{m}^2$ 滿江紅處理較對照(不接種)分蘗減少0.4~1.0支(平均0.7支)，第二次(120天)調查，亦與第一次調查相同趨勢分蘗數減少0.4~1.2支(平均0.8支)。顯示有機水稻田接種滿江紅不同量，皆因生殖生長迅速覆蓋稻田水面，抑制雜草滋生效果外，亦影響水稻生育初期之有效分蘗，但於曬田後滿江紅殘體分解提供穗肥之養分供給，增加水稻產量構成要素之要件，有助增加單位面積之產量。

在不同有機肥料用量施用情形下，調查結果第一次調查分蘗數均相類似，但第二次調查結果第二期作以氮素 $130\text{kg}/\text{ha}$ 全量之75%穗數較全量100%增加1.3支；第一期作反之，以氮素 $150\text{kg}/\text{ha}$ 全量100%穗數較全量之75%增加0.3支。顯示第一期作生育期間較長須增加有機肥料用量施用，第二期作有機米栽培則可減少含氮量高之有機質肥料用量。

水稻有效分蘗率(成熟期穗數/稻插秧後一期作60天，二期作50天分蘗數)，以期作來看，在接種滿江紅與否情形下，二期作接種滿江紅處理97.1~99.5%(平均98.3%)較對照(不接種)94.1%增加4.2%；一期作接種滿江紅處理84.8~89.9%(平均87.4%)較對照88.1%減少0.7%。顯示放植滿江紅之植體殘體能持久提供水稻生育期氮源養分之需要。

不同生育期水稻株高調查結果顯示(表三)，二期作第一次(50天)調查在放植滿江紅與否情形下，接種 50 及 $100\text{g}/\text{m}^2$ 之株高為84.3及82.5 cm分別較對照(不接種)低1.0~2.8cm(平均1.9cm)，第二次(100天)調查以接種 50 及 $100\text{g}/\text{m}^2$ 滿江紅之株高110.8及111.2cm較對照處理低0.7~1.1cm(平均0.9cm)。一期作第一次(60天)調查結果在放植滿江紅 $50\text{g}/\text{m}^2$

之水稻株高70.5cm 較對照增加1.4cm，接種100 g/m²株高69.7cm 較對照增加0.6cm。第二次(120天)調查接種50及100g/m²滿江紅處理之水稻株高114.6及115.1cm 均較對照增加1.5~2.0cm(平均1.8cm)。結果顯示第一期作接種滿江紅之處理皆可增加水稻生長幅度，釋放氮素供給水稻生長。

表三、水稻農藝性狀調查

處理別	第一期作				第二期作			
	50天生育調查		成熟調查		60天生育調查		成熟調查	
	株高 (cm)	分蘗數 (支)	株高 (cm)	穗數 (支)	株高 (cm)	分蘗數 (支)	株高 (cm)	穗數 (支)
A*	69.1 ^{ab}	26.8 ^a	113.1 ^b	23.6 ^a	85.3 ^a	20.6 ^a	111.9 ^a	19.4 ^{ab}
B	70.5 ^a	25.8 ^b	114.6 ^{ab}	23.2 ^a	84.3 ^b	20.7 ^a	110.8 ^b	20.1 ^a
C	69.7 ^{ab}	26.4 ^a	115.1 ^a	22.4 ^b	82.5 ^c	19.0 ^b	111.2 ^a	18.9 ^b
N1	70.7 ^a	26.3 ^a	115.7 ^a	23.2 ^a	84.2 ^a	20.1 ^a	111.4 ^a	18.8 ^b
N2	68.8 ^b	26.3 ^a	112.9 ^b	22.9 ^a	83.9 ^a	20.1 ^a	111.1 ^a	20.1 ^a

*見表一

水稻孕穗期葉片養分濃度比較

本試驗在孕穗期採取水稻劍葉分析，項目包括N、P、K、Ca、Mg及微量元素等，所得結果列如表四。在放植滿江紅與否情形下，二期作接種50、100 g/m²滿江紅之處理葉氮濃度為3.02~3.03%較對照(不接種)2.99%增加0.03~0.04%(平均0.04%)；一期作葉氮濃度則以接種100 g/m²處理2.49%較對照2.38%增加0.11%，接種50 g/m²處理2.37%較對照反而減少0.01%。一期作施用全量100%有機肥料處理葉氮濃度2.46%較施用全量之75%處理葉氮濃度2.37%增加0.09%。二期作施用全量100%有機質肥料處理葉氮濃度3.04%較施用全量75%處理葉氮濃度2.99%增加0.05%。

結果顯示接種滿江紅覆蓋稻田之植體殘體及施用有機質肥料之肥效呈緩慢釋放提供水稻營養養分吸收，以致孕穗期劍葉養分均較對照呈較氮高素養分。

葉鉀濃度在二期作接種滿江紅 50、100 g/m² 處理為 1.79、1.81% 均較對照高增加 0.01~0.03% (平均 0.02%) 含量；一期作亦同接種 50、100 g/m² 處理葉鉀濃度 1.55、1.58% 均較對照增加 0.08~0.11% (平均 0.10%)。二期作施用全量 100% 有機質肥料處理葉鉀濃度 1.80% 較施全量之 75% 處理增加 0.02%；一期作葉鉀濃度施用全量 100% 有機肥料處理葉鉀濃度 1.54% 較施全量之 75% 增加 0.01%。結果顯示接種滿江紅及施用全量 100% 有機肥料，經微生物分解釋出養分有助水稻吸收利用。

葉鈣濃度在二期作接種滿江紅處理濃度為 0.42~0.45% 均較對照處理減少 0.05~0.08% (平均 0.07%)，一期作亦同，接種滿江紅處理 0.56%，較對照處理減少 0.01%。二期作施用有機肥料全量 100% 處理為 0.44% 較全量之 75% 處理減少 0.03%；一期作施用有機肥料全量 100% 處理為 0.55% 較全量之 75% 處理減少 0.02%。

葉鎂濃度在二期作與一期作均以接種滿江紅 50 g/m² 之處理葉鎂濃度較高。施用有機質肥料全量 100% 處理均較全量之 75% 處理為較高，分別增加 0.04~0.12%，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，有助增加水稻稻谷產量。

表四、水稻孕穗期植物體分析

期作 別	處理別	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
		%			ppm					
一 期 作	A*	2.38	0.30	1.47	0.57	0.43	6	1,646	28	95
	B	2.37	0.31	1.55	0.56	0.44	6	1,459	27	95
	C	2.49	0.33	1.58	0.56	0.39	7	1,539	26	90
	N1	2.46	0.33	1.54	0.55	0.44	6	1,470	27	94
	N2	2.37	0.30	1.53	0.57	0.40	6	1,626	26	92
二 期 作	A	2.99	0.22	1.78	0.50	0.33	7	298	34	92
	B	3.03	0.23	1.79	0.42	0.40	6	331	33	79
	C	3.02	0.23	1.81	0.45	0.34	6	303	33	87
	N1	3.04	0.23	1.80	0.44	0.42	7	308	34	89
	N2	2.99	0.23	1.798	0.47	0.30	6	313	33	83

*見表一

水稻成熟期植物體養分濃度比較

本試驗在收穫前採取全株分析養分，所得結果列如表五。在放植滿江紅與否情形下，二期作接種滿江紅 50、100 g/m² 處理之葉氮濃度為 1.02、1.07% 均較對照(不接種)1.11% 為低，減少 0.04~0.09% (平均 0.07%)；一期作亦相同趨勢，接種滿江紅之水稻葉氮濃度為 1.53、1.60% 均較對照(不接種)1.65% 減少 0.05~0.12% (平均 0.09%)。在施有機質肥料不同量情形下，二期作以施全量 100% 之葉氮濃度 1.09% 較全量之 75% 處理增加 0.04%；一期作則以全量之 75% 葉氮濃度 1.61% 較全量 100% 葉氮濃度 1.58% 增加 0.03%。葉磷濃度在接種滿江紅 100 g/m² 濃度於二期作為 0.29% 最高；一期作 0.24% 最高分別均較不接種及接種 50 g/m² 增加 0.01~0.02% (平均 0.02%)。顯示滿江紅之殘體可釋放磷提供水稻吸收利用。葉鉀濃度則以接種滿江紅處理之葉鉀濃度較高；施用全量 100% 有機肥料之葉鉀濃度均較全量之 75% 處理增加 0.05~0.12% (平均 0.09%)。二期作葉鈣濃度以對照處理最高，分別較接種滿江紅處理增加 0.04~0.12% (平均 0.08%)；一期作亦同，對照處理較接

種滿江紅處理增加 0.05~0.06%(平均 0.06%)。顯示有機米栽培施用有機質肥料及滿江紅殘體釋放出養分可提供水稻生育後期養分吸收利用。

表五、水稻成熟期植物體分析

期作 別	處理別	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
		%					ppm			
一 期 作	A*	1.65	0.23	2.41	0.38	0.56	6	905	74	167
	B	1.53	0.23	2.60	0.33	0.36	5	1,052	71	168
	C	1.60	0.24	2.36	0.32	0.37	6	889	64	172
	N1	1.58	0.24	2.52	0.32	0.39	6	891	69	169
	N2	1.61	0.23	2.40	0.36	0.46	6	1,007	71	170
二 期 作	A	1.11	0.27	1.90	0.72	0.26	5	824	64	178
	B	1.02	0.27	2.01	0.68	0.30	5	783	63	180
	C	1.07	0.29	1.93	0.60	0.28	6	809	53	153
	N1	1.09	0.28	1.97	0.67	0.28	5	772	57	173
	N2	1.05	0.27	1.92	0.66	0.28	6	839	63	168

*見表一

土壤肥力情形

接種滿江紅及施用不同量有機肥料後對土壤肥力之變化(表六)，土壤有機質含量在二期作接種滿江紅處理土壤有機質含量為 5.48、5.55% 較對照(不接種)增加 0.26~0.33%(平均 0.30%)；施用有機肥料全量 100% 處理 5.44% 較施全量之 75% 處理增加 0.06%。一期作接種滿江紅處理土壤有機質含量為 6.06、5.92% 較對照處理增加 0.09~0.23%(平均 0.16%)。施用有機質肥料全量 100% 於有機水稻田有助於土壤 pH 值提升 0.04~0.05 單位，交換性鉀增加 8~31ppm，交換性鈣增加 95~188ppm，交換性鎂增加 12~52ppm。顯示施用有機質肥料，可以改善土壤理化性，促使土壤疏鬆以擴展作物根域及增加微生物族群之趨勢^(6, 7)。

表六、收穫期土壤肥力分析

期作 別	處理別	pH 1:1 水:土	OM %	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
一 期 作	A*	5.24	5.83	47	487	1,151	331	21	851	10	7
	B	5.19	6.06	46	502	1,067	307	24	790	10	7
	C	5.19	5.92	44	491	1,058	353	21	849	9	7
	N1	5.23	6.04	46	497	1,139	336	21	851	10	7
	N2	5.18	5.83	45	489	1,044	324	23	808	9	7
二 期 作	A	4.96	5.22	36	527	823	225	39	2,022	18	16
	B	4.95	5.48	34	490	810	221	42	1,981	17	17
	C	4.95	5.55	34	507	989	238	49	2,042	18	16
	N1	4.97	5.44	34	523	968	254	45	2,010	17	16
	N2	4.93	5.38	35	492	780	202	41	2,020	18	16

*見表一

結 論

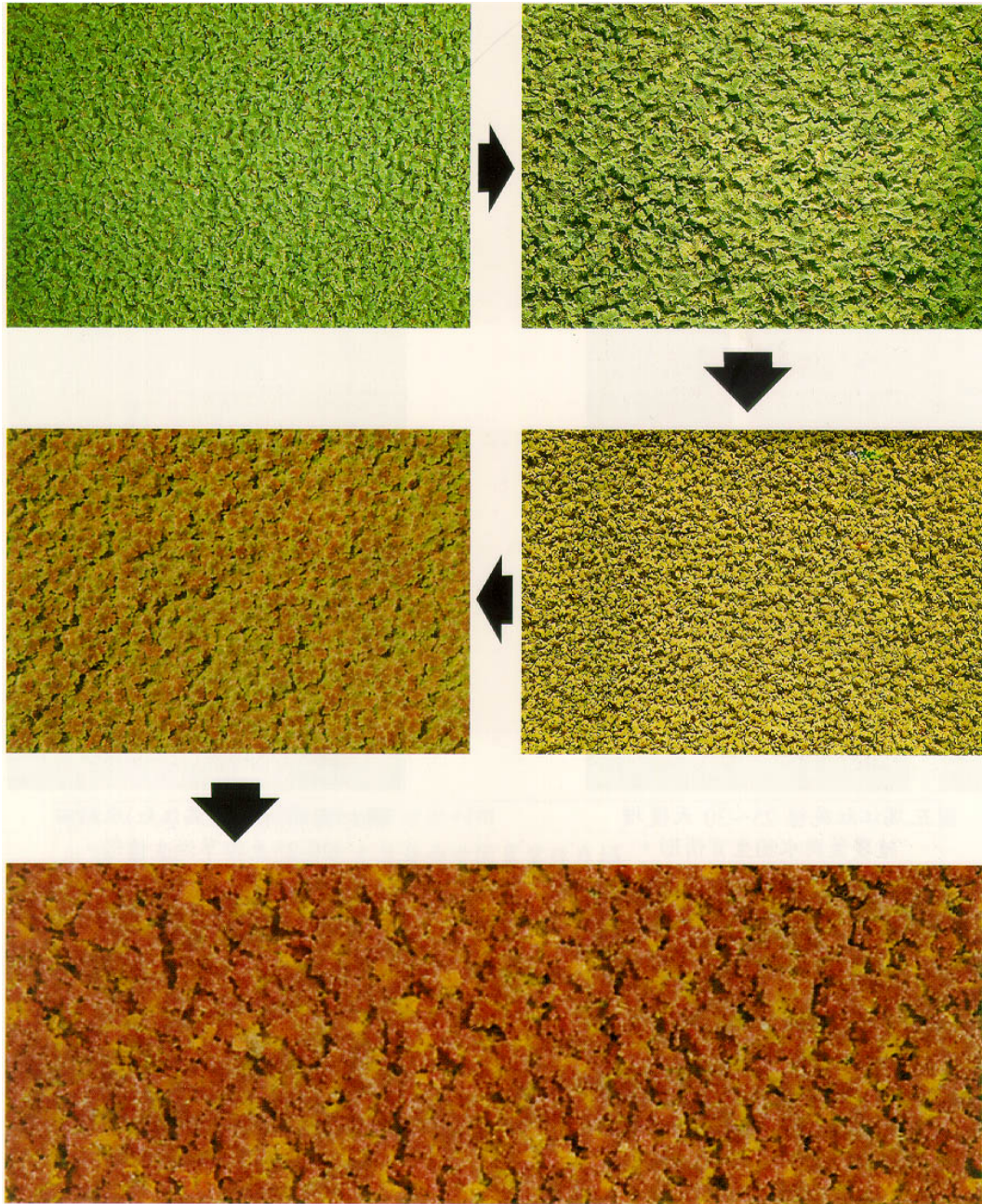
本研究探討有機米栽培田之雜草防除應用以放植滿江紅與水稻間作共生，滿江紅生殖生長迅速重疊覆蓋稻田水面，對稻田之雜草有 86.2~95.9%抑制雜草萌生之效果。

接種滿江紅與水稻間作共生之稻谷產量較對照(不接種)增產一期作 5.1~5.6%，二期作 4.8~6.6%稻谷產量達顯著標準。施用有機質肥料不同量對稻谷產量在一期作全量 100%用量產量較全量之 75%用量減產 0.8%，二期作全量 100%產量較全量之 75%用量增產 0.7%，但均未達顯著標準。顯示有機米栽培推廣地區之有機肥料推薦用量氮素用量，於一期作氮素用量 112.5kg/ha，二期作 97.5kg/ha，再配合放植滿江紅生殖生長與水稻共作，藍綠藻行固氮作用供給水稻生育期營養所需。

參考文獻

- 1.林錫錦 1984 滿江紅與固氮藍綠藻共生之研究 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 台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 台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 台中區農業改良場研究彙報 24: 3-11。
- 6.Anomonony. 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 ashing temperatures on the determination of 13 nutrient elements in five plant tissues. Conn. Soil Sci. Plant Anal. 3: 261-269.
- 8.Liu, C.C. 1979. Nitrogen and Rice. IRRI. P.375-394.
- 9.Moore, A.W. 1969. Azolla: Biology and agronomic Significance. The Bot. Rev. 35: 17-34.
- 10.Rains, D.W., and S.N. Talley. 1979. Use of azolla in North America. In Nitrogen and Rice. IRRI. P.419-431.
- 11.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.
- 12.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.
- 13.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.

圖一、滿江紅遇環境不適時，其植物體產生紅色花色素，滿江紅植體由綠色逐漸轉為紅色序圖。





圖二、水稻插秧後即放植滿江紅撒播於稻田。



圖三、試區放植 50g/m² 滿江紅植體量。



圖三、試驗放植 100g/m² 滿江紅植體量。



圖四、滿江紅放植 10~15 天後增殖覆蓋田面情形。



圖五、滿江紅施植 25~30 天後增殖覆蓋與水稻生育情形。



圖六、對照(未放植滿江紅)水稻田 20~25 天雜草滋生情形。



圖六、對照(未放植滿江紅)水稻田 40~45 天雜草滋生情形。



圖七、放植滿江紅之水稻成熟情形。