

栽種滿江紅對節省水稻氮肥之經濟性研究

黃山內 蔡宗仁 蘇匡基*

—前 言—

滿江紅 (*Azolla*) 俗稱三角藻或紫藻，為一種低等的水生蕨類植物，在水田、河湖或沼澤等濕處均可發現其存在，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，使生長之水面輒看成紅色，故而得名。英文名 *Azolla* 乃源自希臘 *Azo* (乾燥) 與 *Ollyo* (殺死) 之接合字。意指此種蕨類植物遇乾旱即死亡之意。滿江紅之葉脊部中有特殊結構之穴孔供有固氮能力之藍藻 *Anabaena azollae* 生存，兩者共生，其繁殖相當的迅速，據 Talley 等報告日可固氮 1.2kg/ha，Dao 與 Tran 則報告年可產氮達 864kg/ha⁽⁴⁾。我國古時即發現並記載此種植物具有肥田之效果，並於明朝末年 (十七世紀) 即在水田栽培當綠肥利用⁽³⁾。本省因工商業發達，化學肥料之製售與施用相當普遍，此種能固氮之植物並未受重視與利用，近年來殺草劑之普遍使用致有絕跡之趨⁽²⁾。

肥料三要素中氮肥對作物之產量與品質之影響最著，而施用量也最大，就水稻而言，增產率在施氮與否比較時平均達 23~27%⁽¹⁾，而在旱作方面之增產幅度更大，目前新育成之品種對氮肥之反應更為明顯，欲獲得高度的產量，發揮品種之生產潛力，莫不依賴充分的氮肥供應。但氮肥之價格一向最為昂貴，其佔肥料施用成本之大宗，近因製造化學肥料所需之能源價格高漲，儲存有限，為節省能源，減少生產成本，除進行如何提高氮肥之利用效率等研究，試圖在有限之化學肥料供應下提高農作之生產量外，各國學者紛紛對生物固氮及其利用之可行性展開積極研究。

利用具有固氮能力之荳科植物於休閒期栽培，然後當做綠肥掩埋入農田中使其發酵，以期供應作物所需氮素之耕作法早為古老祖先採用，本省最普遍的有紫雲英或埃及三葉草等，即為最好的例子。紫雲英埃及三葉草鮮物每公頃掩埋 15 公噸鮮物時可節省氮素 50~70 公斤⁽⁵⁾，對節省能源與維持水稻產量有直接之效果與意義。但荳科作物僅能在旱作佔用其他裡作時期之情況下栽培，紫雲英初期生長慢，栽培時間長，埃及三葉草之種子依賴進口，為其缺點。

滿江紅為一與荳科作物一樣具有固氮能力之植物，可在水田或低濕排水不良地或水稻行間栽培；同時生長繁殖迅速，短期間可獲大量之鮮物，栽培利用之可行性，特於 69 年 10 月及 70 年 3 月自國際稻米研究所引進計 14 個品種，進行土壤、氣候之適應性試驗，同時探討掩埋供水稻氮素之效果，藉供利用推廣之依據，節省化學氮肥支出。

—試驗材料與方法—

一、生長適應性試驗：又分為田間與盆栽兩方面進行

1. 田間試驗：以 *A. pinnata* 及 *A. filiculoides* 等二個最先引進品種在本場農場進行試驗。該農田之土壤性質經採樣分析結果如表 1，可代表臺中縣市之土壤。先將試驗田整地包括碎土、耙平成水田狀態，並施用 167 公斤/公頃之過磷酸鈣。計二品種二重複，小區面積為 4m²，每平方公尺下

表一 供試土壤肥力情形

Table 1 Soil properties of experimental field

Soil	Texture	pH	O.M(%)	Av. P ₂ O ₅ kg/ha	Av. K ₂ O kg/ha
Sand & Shale Allu Soil	VFSL	6.2	3.3	195	54

臺灣省臺中區農業變良場副研究員、助理研究員及場長

種量為500公克，採用暢流灌溉，保持水分6公分之狀態。視滿江紅生長情形，每4~7日調查其鮮物量一次，以觀察其生長速率。本試驗自69年12月7日開始，70年5月14日止。

2.盆栽試驗：以後引進之14個品種（表2）進行試驗之。其中A. filiculoides有二種、A. caroliniana一種、A. mexicana一種、A. pinnata有十種。栽培盆之大小為0.1344m²，高10cm，每盆裝入土壤4公斤，其土壤性質與表1相同，同時施入磷肥過磷酸鈣2g，然後加水約達6公分，下種量為每盆20g，應時視需要補充損失之水分，並於滿江紅長滿時（約6~9日）調查其鮮物重一次，並計算其增殖率。

表二 引進滿江紅名稱 Table 2 List of Azolla for tested

- 1.A. filiculoides, Tisdale, California
- 2.A. pinnata, Bogor, Indonesia
- 3.A. pinnata, Banane, Philippines
- 4.A. pinnata, Cheng Mai, Thailand
- 5.A. pinnata, Malaysia
- 6.A. pinnata, Tanchang China
- 7.A. pinnata, I I TA Nigeria
- 8.A. filiculoides, East Germany (Germany)
- 9.A. pinnata, Vietnam Green II (Vietnam)
- 10.A. mexicana, California, USA
- 11.A. caroliniana, OHIO, USA
- 12.A. pinnata, Pu Tian Zhu, China
- 13.A. pinnata, Bharatpur, Nepal
- 14.A. pinnata, Bicol I, Philippines.

二、不同土壤對滿江紅生長之影響

利用高12公分、大小30公分×40公分之塑膠盆予以試驗。供試品種為A. pinnata (China) 及A. filiculoides (Germany)等二種為主區，六種不同土壤及IRRI培養液共七種不同基質（表3）為副區，重複3次計42盆，土壤使用量每盆為4公斤，每盆並加施過磷酸鈣2g，加水使達6公分深，然後栽培滿江紅，每盆下種量為60g，放置於本場場內之草坪空曠地上予以生長。本試驗分三期進行，於12月19日~1月19日，1月26日至2月16日及2月27日至3月20日，每期中每5~7日調查一次，稱其鮮物重，並計算總鮮物量。

表三 供試不同土壤肥力分析表

Table 3 soil properties of test soils

基質別 Soil or Medium	質地 Texture	pH	有機物產量 O.M. %	有效磷(酞) P ₂ O ₅ kg/ha Available P ₂ O ₅	有效氧化鉀 K ₂ O kg/ha Available K ₂ O
砂頁岩沖積土 sandstone & Shale Alluvial Soil	極細砂壤土 VFSL	6.8	1.08	475	307
粘板岩老沖積 Slate Alluvial Soil (Old)	坩質壤土 SiL	7.7	3.55	72	133
粘板岩新沖積土 Slate Alluvial Soil (New)	坩質壤土 SiL	7.4	3.60	23	60

粘板岩砂頁岩混合沖積土 Mixture of Slate, Snadstone and Shale Alluvial soil	壤土 L	6.6	2.51	43	169
紅壤(稻田) Latosol	玢質粘壤土 SiCL	5.4	1.70	11	63
紅壤(蔗園) Latosol	玢質粘壤土 SiCL	5.5	1.31	20	145
IRRI 培養液 ppm	P20,K,Ca,Mg40,Mn0.5,Mo0.1,B0.2,Zn,Cu0.01,Fe2				

三、遮蔭對滿江紅生長之影響試驗

分遮蔭與不遮蔭兩個處理，遮蔭處理以綠色尼龍紗網覆蓋，網眼大小為4mm，透光率約80%。供試品種為A. pinnata及A. filiculoides，以大小40cm×60cm之塑膠盆每盆置入4公斤之本場農場土壤其性質如表1。同時施用過磷酸鈣4g，然後加水60cm深，放植滿江紅，每盆下種量為60g，於69年12月19日開始分三期次重覆予以試驗，期中每5~7天調查其鮮物量，以瞭解遮蔭與否對滿江紅之生長影響。

四、滿江紅掩埋對水稻生育效果試驗

在本場農場辦理田間試驗，採用裂區設計，以A.掩埋滿江紅A. pinnata, B. 掩埋滿江紅A. filiculoides, C.對照（不掩埋）等三個處理為主區，配合化學氮素肥料施用量0,40,80,120公斤/公頃等4級量為副區，重複二次，共計24小區，小區面積為12m²。

試驗區先行整地，每公頃施用磷肥過磷酸鈣167公斤，保持湛水狀態，然後再種植滿江紅。A. pinnata及A. filiculoides於69年12月20日下種，每公頃下種量為5公噸，迄70年1月30日已長滿試驗區，隨即計量掩埋入田中，每公頃掩埋量為40公噸之鮮物。

供試水稻品種為臺農67號，於滿江紅掩埋後第17天插秧，行株距為24公分×20公分。磷鉀肥用量分別為磷酐54公斤/公頃及氧化鉀60公斤/公頃。肥料施用法按目前推薦之氮分四次，磷一次及鉀分二次予以施用，期中調查水稻最高分蘗期之株高與分蘗數，成熟期調查稻谷產量及其產量構成因素。

— 結果與討論 —

一、滿江紅適應性試驗

田間試驗自69年12月7日至70年5月14日為止，中間每4~7日調查一次，共計調查22次，

表四 滿江紅之增殖速率*
Table 4 Propagation Rate of Azolla (%)

a. 田間調查

Field conditions		
月 份 Month	A. pinnata	A. filiculoides
12 Dec	26.3	19.4
1 Jan	28.9	18.4
2 Feb	25.7	21.2
3 Mar	21.0	27.7
4 Apr	19.0	26.7
5 May	33.8	28.5

*增殖百分率係由每4~7日調查鮮物量計算平均而得

Propagation rates were calculated on the basis of fresh weight increasing in each 4-7 days.

b. 盆栽調查

Pot conditions

Varieties No.	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Av.
1	21.3	17.5	16.7	22.9	26.5	29.0	22.3
2	35.3	6.7	39.6	37.6	31.5	18.8	28.3
3	36.6	7.5	40.8	43.3	30.2	26.7	30.8
4	44.0	22.1	42.1	47.1	29.0	22.2	34.0
5	37.3	12.9	46.3	43.3	27.2	22.2	31.5
6	15.3	20.0	30.4	29.0	19.8	19.2	22.3
7	0	22.5	31.3	39.5	27.8	21.4	23.8
8	12.0	9.5	14.2	22.4	22.8	29.5	18.4
9	2.0	26.3	37.5	38.1	29.0	24.8	26.3
10	15.3	17.9	14.2	28.1	16.7	12.0	17.3
11	31.3	23.4	22.1	26.7	23.6	18.8	24.3
12	34.0	14.2	25.8	32.9	28.4	26.5	27.0
13	27.3	29.6	27.9	38.6	33.3	26.1	30.4
14	16.6	22.1	34.6	33.3	27.2	20.1	25.7
Av.	23.4	18.0	30.3	34.5	26.6	22.6	

結果如表4a，顯示*A. pinnata*之增產率，每日最低為19%，最高為33.8%，22次調查之平均為25.8%，亦即每3.9日可增殖一倍。*A. filiculoides*之增殖率最低為18.4%，最高為28.5%，平均為23.6%，其增殖率雖略較*A. pinnata*為低，但亦可4.24日增殖一倍（表4a）。

盆栽試驗調查自六月底開始，每5~8日調查一次並計算其增殖率。由表4b可看出各品種間之差異相當大，而同品種在每次調查中也有很大的不同。顯示其對氣候環境之影響非常的敏感。10種之*A. pinnata*中以Philippines, Thailand, Malaysia及Nepal地方引進的表現較佳，其在7~12月之增殖率調查中，平均每日都達30%以上，而氣候適宜時增殖速率達46.3%，即2.16日可增殖一倍，2種*A. filiculoides*中以California較Germany為佳，但其增殖率僅為22.3%，*A. caroliniana*之表現平穩，其增殖速率雖不及*A. pinnata*但較*A. filiculoides*及*A. mexicana*為快，平均增殖率為24.3%，對氣候之變化影響較為遲鈍。*A. mexicana*之增殖速度最慢，僅17.3%為*A. pinnata*, Thailand之一半而已。

最適合*Azolla*生長之季節在盆栽中以9、10、11較好，而田間試驗中以5月較佳，整年之最佳生長時節正繼續探討中。但夏季其光照及溫度顯然對*Azolla*之生長有不良之影響，有些品種在7、8月生長不良或停止生長，甚至死亡。其8月最熱季節中*A. pinnata*, Philippines, Thailand, Nepal Nigeria, China及*A. caroliniana*尚能生長，似表現出耐熱的特性，亦待進一步探討。

二、不同土壤基質對滿江紅生長之影響

試驗結果顯示（如表5）滿江紅在砂頁岩沖積土之生長較其他土壤迅速，兩種品種都表現一致，其增長速率亦較IRRI之配方培養液為佳。粘板岩老沖積土次之，粘皮岩新沖積土及粘板岩、砂頁岩混沖積土又次之，紅壤最差。不同土壤性質對滿江紅生長影響有很大之差別。

表五、不同土壤對滿江紅生長之影響

Table 5. Effect of Various Soil on the Growth of Azolla

土壤或基質 Soils or Medium	A. Pinnata		A. filiculoides	
	鮮物量 F.W.	增產倍數 Times	鮮物量 F.W.	增產倍數 Times
1.砂頁岩沖積土 Sandstone & Shale A.	307	5.12	275	4.58
2.粘板岩老沖積土 Slate A. (old)	225	3.75	213	3.55
3.粘板岩新沖積土 Slate A. (new)	199	3.32	204	3.40
4.粘板岩及砂頁岩混合沖積土 Mixture of Shale, Sandstone and Slate A.	214	3.57	201	3.35
5.紅壤(稻田) Latosol	201	3.35	198	3.30
6.紅壤(蔗園) Latosol	206	3.43	190	3.17
7.IRRI 配方營養液 IRRI Solution	242	4.03	184	3.07

註：表中數值係由3期分別於12月29日~1月29日、1月26日~2月16日及2月27日~3月20日之試驗調查而得。

由表5又可看出A. pinnata之生長略較A. filiculoides為優，此與適應性試驗及結果相吻合。

三、遮蔭對滿江紅生長之影響

經於12月19日~1月18日、1月26日~2月25日、2月27日~3月29日等三期觀察試驗結果（表6）顯示遮蔭對A. pinnata之增長速率有顯著減少之現象，尤其是第二期之增產率減少達36.2%之多更為明顯。但A. filiculoides則在遮蔭處理下可增加增長速率，最高達24.6%之多，三期平均達24.0%，顯見遮蔭對A. filiculoides有增產之效果。

此兩品種於本省12月~3月之氣候下對遮蔭的反應迥異，但究其對光線強度或溫度（氣溫）那一者有較明顯的反應，有待進一步探討之。

表六、遮蔭對 A. pinnata 及 A. filiculoides 之生長影響

Table 6. Effect of Shading on the Growth of Azolla

品種別 Varieties	綠色尼龍 紗網遮蔭 Shading	第一期 69.12.19~70.1.18		第二期 70.1.26~70.2.25		第三期 70.2.27~70.3.29	
		產量 F.W. gm/2.4m ²	指數 Index	產量 F.W. gm/2.4m ²	指數 Index	產量 F.W. gm/2.4m ²	指數 Index
A. Pinnata	-	2377	100.0	1960	100.0	1960	100.0
	+	2335	98.2	1251	63.8	1501	76.6
A. filiculoides	-	2002	100.0	1205	100.0	1710	100.0
	+	2460	122.9	1501	124.6	2127	124.4

四、滿江紅掩埋對水稻生育之效果試驗

經七十年一期作試驗結果，顯示水稻初期之生長以滿江紅掩埋區生長有較為茂盛之現象，其葉色較濃綠，葉身較長，插秧後50天調查（表7）顯示滿江紅A. pinnata區之株高54.9公分最高，A. filiculoides區次之，兩者分較對照區高1.4公分及0.9公分，而分蘖方面亦以A. pinnata掩埋區最多，平均為15.4支較對照區增加0.9支，但A. filiculoides區則僅13.9支，較對照

區略少。各級氮素肥料用量對水稻株高與分蘖之效應，在滿江紅不論是 *A. pinnata* 或 *A. filiculoides* 掩埋時，其不施氮肥與施氮之間之增加生長幅度較對照區來得小，表示掩埋區釋放氮素供應水稻生長效果相當的多。如 *A. pinnata* 區無氮時之株高 53.6 公分，分蘖 13.9 支，而施氮 120 公斤/公頃時之株高為 55.5 公分，分蘖 16.0 支，*A. filiculoides* 區無氮時株高 52.6 公分，分蘖 11.7 支，施氮 120 公斤/公頃時株高 56.4 公分，分蘖 15.9 支，而對照區無氮時株高 12.0 公分，而 120 公斤/公頃時株高為 58.1 公分，分蘖 16.8 支之情形可以明顯看出。成熟期之高與穗數調查顯示滿江紅不論 *A. pinnata* 或 *A. filiculoides* 掩埋對水稻之株高與穗數均有明顯的增進效果。成熟期水稻之株高在 *A. pinnata* 及 *A. filiculoides* 區平均各為 94.4 公分及 95.1 公分，較對照區 88.4 公分增加甚多，而穗數方面之調查結果與株高有相同之趨勢，*A. pinnata* 區平均穗數為 14.8 支，*A. filiculoides* 區為 13.5 支，而對照區僅 13.1 支。由此可看出滿江紅掩埋時氮素釋放相當的快，即在初期水稻即可吸收利用，而其在土壤中分解供應氮素之作用相當的持久，就是在水稻之後期，還有能力供應大量之氮素予以生長之用。水稻收穫時其植株之顏色在對照區都是枯黃，而滿江紅掩埋區則仍表現尚含有多氮素之黃綠色。

水稻之有效分蘖率（成熟期總數/插秧後 50 天之分蘖數）來看，*A. pinnata* 掩埋區平均為 96.3%，*A. filiculoides* 為 97.3%，而對照區則僅為 89.8%，相差達 8.5%，更為明顯的證實滿江紅掩埋時能持久供應氮素給水稻生長。

水稻稻穀產量及產量構成因素（表 8）其穗長滿江紅 *A. pinnata* 及 *A. Filiculoides* 區平均各為 18.1 公分及 18.2 公分，較對照區之 17.4 公分為長，穗重前者亦較後者為重，而每穗粒數在掩埋區 *A. pinnata* 及 *A. filiculoides* 區各平均為 83.3 粒及 85.9 粒，較對照區之 79.5 粒相差達 3.8 粒～6.4 粒之多，同時滿江紅掩埋區之稔實率亦較高，故稻穀產量較高。

稻穀產量變方分析結果顯示掩埋滿江紅時不論 *A. pinnata* 或 *A. filiculoides* 均較對照不施區有顯著之增產現象。亦即栽種滿江紅當綠肥使用，對水稻有良好之增產效果，值得我們栽

表七、 滿江紅掩埋對水稻株高及分蘖之影響

Table 7. Effects of Azolla Incorporation on Plant Height and No. of Tillers

處理 Treatment		插秧後 50 天 50 D AT		成熟期 Maturity		有效分蘖率 Percentage of effective tiller (%)
滿江紅 Azolla	氮素用量 N kg/ha	株高 Plant Ht(cm)	分蘖 Tiller(no)	株高 Plant Ht(cm)	分蘖 Tiller(no)	
<i>A. pinnata</i>	0	53.6	13.9	90.0	13.3	95.7
	40	54.4	15.6	93.9	14.7	94.2
	80	56.0	16.0	97.1	15.4	96.3
	120	55.5	16.0	96.6	15.8	98.8
	平均 Av.	54.9	15.4	94.4	14.8	96.3
<i>A. filiculoides</i>	0	52.6	11.7	92.3	11.5	98.2
	40	53.0	13.5	93.1	13.3	98.5
	80	55.2	14.4	96.7	13.5	93.8
	120	56.4	15.9	98.3	15.7	98.7
	平均 Av.	54.3	13.9	95.1	13.5	97.3
Check	0	49.5	12.0	83.1	10.3	85.8
	40	51.8	13.4	85.4	11.9	88.8
	80	54.4	15.9	90.2	14.0	88.1
	120	58.1	16.8	94.8	16.1	96.4
	平均 Av.	53.4	14.5	88.4	13.1	89.8

表八、滿江紅掩埋對水稻產量及其構成因素之影響

Table 8. Effects of Azolla Incorporation on Grain Yield and Yield Components

處理 Treatment		穗長 Panicle Length (cm)	穗重 Panicle Wt (g)	穗粒數 No of Grain	稔實率 Filled Grain Percentage (%)	千粒重 1000 Grain Wt (g)	乾谷產量 Grain Yield (kg/ha)	乾藁產量 Straw Yield (kg/ha)
滿江紅 Azolla	氮肥用量 N kg/ha							
A. pinnata	0	17.5	2.04	84.6	92.5	24.9	5497 ^a	4792
	40	18.2	2.12	83.1	92.6	24.6	6117 ^{ab}	5723
	80	18.3	1.86	82.6	89.9	23.9	6321 ^b	5706
	120	18.5	1.83	83.0	90.1	24.1	6427 ^{bc}	6345
	平均	18.1	1.96	83.3	91.3	24.4	6091(121) ^a	5642
A. filiculoides	0	17.6	2.08	85.8	91.4	24.8	5055a	4265
	40	17.8	2.00	87.2	91.2	24.0	5485a	4658
	80	17.9	1.86	81.1	93.0	23.7	6407bc	4886
	120	19.4	2.00	89.3	89.0	24.3	6721c	5548
	平均	18.2	1.99	85.9	91.2	24.2	5917(117)a	4839
Check	0	16.4	1.85	73.5	87.5	24.2	3837a	3863
	40	17.6	2.02	76.4	91.0	24.4	4667b	4258
	80	17.5	1.77	82.8	89.9	24.3	5340c	5063
	120	18.2	2.06	85.4	90.5	24.4	6302d	6210
	平均	17.4	1.93	79.5	89.7	24.3	5037(100)b	4848

培利用。

在不同量的氮素肥料配合施用下，無掩埋滿江紅時各級氮肥施用量間之產量差異均達顯著水準，表示氮肥在無滿江紅掩埋時對水稻稻谷產量之增加至為明顯，再次的證明氮素肥料之增產效果。但在滿江紅A. pinnata區，其無氮素肥料區其產量之相當於對照無滿江紅之80公斤/公頃氮素區，而各級氮素肥料間0與40，40與80，40、80與120公斤/公頃之稻谷產量差異均不顯著，而A. filiculoides之無氮肥區其產量亦相當於無滿江紅之80公斤/公頃氮素區，其各級化學氮素肥料中0與40、80與120公斤/公頃之產量差異並不顯著，此可明顯看出掩埋滿江紅之效果。

若以滿江紅對節省氮素肥料之效果來看，掩埋滿江紅而不予配施化學肥料氮素時，其產量比較，相當於80公斤/公頃之氮肥。兩種滿江紅即A. pinnata及A. filiculoides之效果都一樣。本試驗掩埋滿江紅之量為40公噸/公頃，其乾燥率為5.0%，含氮率4.75%，折合氮素95公斤時若以80公斤/公頃之氮素來計算，其利用率高達84%，醱酵被分解後釋放氮素被利用之比例相當的高。但如僅掩施滿江紅而獲得之產量并不能達到最高，本試驗中掩埋滿江紅再加施120公斤/公頃之氮素肥料時稻谷之產量最高，但其產量與配施80公斤/公頃氮素區間之差異極為微小，亦即掩埋滿江紅時配合施用80公斤/公頃之氮素肥料在本試驗中可達產量極限，施用120公斤/公頃之氮素較80公斤/公頃氮素之增產微小，不合經濟原則。若與對照不掩施滿江紅時配施氮肥予以比較，可看出滿江紅掩埋再配合施80公斤/公頃之氮素其產量與對照不掩施滿江紅之氮素120公斤/公頃區相同或略較為多，明顯的可看出掩埋滿江紅可節省40公斤/公頃以上之氮毫無可置疑。

一 討 論

由引進品種在田間所做的適應性試驗結果顯示滿江紅每3.9~4.24日即可增加產量一倍，若以下種量為5公噸/公頃時，一個月的時間就可獲得30公噸以上之鮮物，其含水率約95%，含氮率4.75%，亦即在30日之間在田間可固定71公斤之氮素，折合氮素肥料硫酸銨338公斤，

目前硫酸銨價格每公斤6.3元，滿江紅價值合2129元。同時掩埋後其分解供應水稻生長之氮素作用相當的迅速，而且效果持久，利用率又相當的高，對於節省能源有鉅大的意義，盆栽適應性試驗中更發現品種如*A. pinnata*, Thailand等生長更為迅速，現正進一步觀察比較中，以便選擇適合本省栽培最好之品種，期能供水稻插秧前短時間之栽培利用。

在不同土壤上之栽培生長情形顯示以砂頁岩沖積土中生長最佳，經檢討土壤之性質，其生長良好可能是與該土壤中含有效磷量較高有關，正待進一步探討之。

*A. filiculoides*之生長略較*A. pinnata*為慢，但在遮蔭的情況下生長較不遮蔭為佳，可能與溫度或光照等氣象因子有關，將繼續試驗以求出水稻行間栽培適當之品種，俾便於水稻生長初期栽培利用。

掩埋效果顯示僅用滿江紅並不能使水稻產量獲得最高，此可能為氮素供應之強度或其他有機物分解釋氮之轉換速度問題，欲獲高產量尚需配合施用化學肥料。

— 摘 要 —

為瞭解滿江紅 (*Azolla*) 之生長適應性及其當綠肥施用對水稻之生育效果，一連串之試驗經於六十九年及七十年在本場進行。結果顯示引進之*A. pinnata*及*A. filiculoides*在田間(砂頁岩沖積土微酸性)狀況下生長相當迅速，其增殖率每4~7日調查一次之每日平均前者為25.8%及23.6%，亦即在3.89日及4.24日可增殖一倍，盆栽調查中發現滿江紅增殖較田間為快，7~12月之調查其最高2.16日，平均2.9日即可增殖一倍。各品種對氣候之反應頗不一致，但夏天對滿江紅生長有抑制之不良影響。其中*A. Pinnata*, Thailand, China, Nigeria, Vietnam, Nepal Philippines及*A. caroliniana*表現耐熱的特性。整個適應性調查中以*A. Pinnata*之增殖最快，有幾個品種如*A. pinnata*, Thailand, Philippues Maloysia Nepal其平均日增殖率達30%以上，*A. caroliniana* 24.3%次之，*A. filiculodides*, Calif 22.3%又次之，*A. mexicana*僅17.3%最差。

滿江紅在各種不同土壤中以砂頁岩沖積土生長最佳，平均為4.9倍粘板岩老沖積土3.66倍次之，新沖積土3.36倍又次之，紅壤3.32倍最差。可能與土壤之磷酞之含量有關。

遮蔭對*A. pinnata*之生長有不良之影響，三期調查中發現平均較不遮蔭減產20.5%，而對*A. filiculoides*則有增產現象，平均增產率為24.6%。

滿江紅當綠肥掩埋可促進水稻初期之生長及後期之稻谷產量。最高分蘗期之株高與分蘗調查發現掩埋期已較對照區為優，而後期增加株高6.4公分，分蘗(穗數)1.0更為明顯。每公頃掩埋40公噸之新鮮滿江紅時，其稻谷產量平均較對照區增產19%，*A. pinnata*略較*A. filiculoides*為優，但兩者相差不明顯。增產之原因為增加每穰之穗數，每穗粒數及提高稔實率。每公頃掩埋40公噸之滿江紅，其肥效相當於80公斤之氮素化學肥料分四次施用。但僅施用滿江紅並不能使水稻獲得最高產量，配合80公斤之氮素化肥可達高產。

— 參考文獻 —

1. Houn, kun-huang 1980 FFTC Book series No. 18, O, 39-53.
2. Lee, C. C. Response of *Azolla* to some Pre-emergence Herbicides and Effect of *Azolla* Covering on Weeds-unpublished.
3. Liu, Chung Chu 1979 Nitrogen and Rice IRRI P. 375-394.
4. Lumpkin, T. A and D. L. Plucknett 1980 Economic Botany Vol 34, P. 111-153.
5. 黃山內 1977 六十六年土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印 P. 49-54.

Studies on the Economical Effect of Using Azolla as N-fertilizer on Lowland Rice

Huang, S.N., T.R., Tsai, and K.C. Su*

—Summary—

In order to know the adaptabilities of Azolla and its economical effect as N-fertilizer on lowland rice in this island, a series of experiments were carried out during 1980-1981. 14 varieties including 10 *A. pinnata*, 2 *A. filiculoides*, 1 *A. caroliniana* and 1 *A. mexicana* were introduced from various countries and cultivated under field and pot conditions. At the same time, a field experiment was established to test the effect of Azolla incorporation on the growth and yield of lowland rice.

Results showed that Azolla propagated very fast under favorable conditions, it can double its fresh matter weight in 2.45 and 4.0 days at pot and field investigations. Among them, *A. pinnata* had the highest propagation rate, *A. caroliniana* the second, *A. filiculoides* and *A. mexicana* the lowest. The highest one sometime had double yield as the lowest. Azolla reduced its propagation rate or stopped growing, some of them even died in hot summer. *A. pinnata* from Cheng Mai, Thailand, Tanchang, China and *A. caroliniana* from Tisdale, Calif. were found with characteristic of hot tolerance.

Azolla grew best in sandstone & shale alluvial soil when it compared with slate alluvial soil and latosol. The treatment of shading (light intensity about 20% less) increased the yield of *A. filiculoides* 24% but it decreased *A. pinnata* by 20%.

The incorporation of Azolla gave superior plant height and no. of tillers or panicles at vegetative and harvesting stage. *A. pinnata* and *A. filiculoides* increased rice grain yield significantly by 21% and 17% respectively. The increasing of grain yield was due to more panicles no. of grain per panicle and higher filled-grain percentage. A 40 t/ha fresh matter of Azolla incorporation showed the same effect as 80 kg N/ha chemical fertilizer in 4-split application. But rice grain yield can not get the highest yield through Azolla incorporation only. Azolla incorporated (40 t/ha) along with application of 80 kg/ha N as chemical fertilizer resulted the highest rice grain yield in this experiment.

Associate Specialist, Assistant Specialist, and Director, Taichung District Agricultural Improvement Station, Taichung, Taiwan, ROC.