

提升綠肥作物用途

張明暉¹、林木連²、簡宣裕¹、向為民¹

行政院農業委員會農業試驗所¹、行政院農業委員會茶業改良場²

摘 要

綠肥作物在農業生產上除可提供作物性養分，增加土壤有機質，改善土壤物理性，增進土壤地力外，尚具諸多用途。今因應我國加入世界貿易組織後對綠肥作物栽培永續利用之影響，必需提升綠肥作物用途以利多元化利用，以使綠肥作物能夠永續栽培利用，而傳統育種及基因工程等生物技術是必需之對策，文中將舉魯冰及滿江紅二例，說明該作物除當作綠肥作物外之其它用途，如魯冰在澳洲亦用作動物之糧秣使用，唯如同一般穀類豆科作物缺乏含硫氨基酸，必需於飼料中補充合成氨基酸，今日已可藉由基因工程生物技術改善此缺陷；另滿江紅除當作水稻綠肥外，亦諸多用途，被喻為"綠色金礦"。

關鍵詞：綠肥作物用途、魯冰、滿江紅、生物技術。

前 言

自古以來綠肥作物在農業生產上扮演著重要角色，早在化學肥料使用尚未普及年代，人們即知道該物料具有增進土壤地力，可用以當作肥料，雖其效率不及化學肥料，但不因化學肥料發明而遭淘汰。此乃由於綠肥作物本身具有其特色且具備某些化學肥料所不及之優點，故綠肥種類及施用技術能夠代代相傳。今日我國即將加入世界貿易組織(WTO)，因應農業生產將面臨外來競爭的衝擊，屆時整個生產結構、耕作制度勢必改變調整，而對綠肥作物栽培永續利用將具有正面及負

面影響。蓋因應加入 WTO 之衝擊，部分農田將休耕而改栽植綠肥作物，又部分綠肥作物具有美化景觀之功效（如油菜花），正可配合政府倡導之休閒農業，故在農業永續生產及生態維護上將更能凸顯其特色與重要性，此乃正面影響；然耕作面積之減少以及耕作制度之改變，間接地必影響綠肥作物之栽培利用，其影響可能不亞於昔日化學肥料發明使用對其衝擊。但不管如何，因應 WTO 之衝擊，必需提升綠肥作物用途之多樣化以提高競爭力，以應多元需求，為達此目的，可藉由傳統育種及基因工程等生物技術行之。本文舉魯冰與滿江紅二例說明該作物除作綠肥作物外之其它用途，以資參考。

魯冰除利用為綠肥作物外，在澳洲亦將其當作動物重要之糧秣，唯該作物如同穀類豆科作物一樣缺乏含硫氨基酸，如甲硫氨酸和半胱氨酸，Molvig 等人已於 1997 年利用基因工程生物技術從富含甲硫氨酸之向日葵種子中，將其表現基因轉殖至魯冰種子表現，已明顯改善過去魯冰當作動物糧秣之缺陷。

滿江紅與固氮藍綠藻共生系統過去廣為應用於東南亞（如中國大陸及越南）水稻栽培，為水田優良綠肥；除此，滿江紅亦可用以當作動物食料，並具淨化水質之作用、減少氨氣揮發、產生生物氣體、抑制雜草及蚊子生長等功用。滿江紅具多用途，實堪喻為"綠色金礦"，值得開發利用。

基因改造魯冰之用途

魯冰除當作綠肥作物外，在澳洲是動物主要糧秣，唯該作物同一般豆科作物一樣，普遍缺乏非反芻動物所需之必需氨基酸，如含硫之甲硫氨酸及半胱氨酸。過去，曾有研究報告以魯冰添加合成之甲硫氨酸餵食豬隻，明顯提高豬之生育；另曾添加於反芻動物羊之糧秣，羊毛產量加 30-50%。雖然如此，但花費昂貴，而為改善魯冰缺乏含硫氨基酸之缺陷，提升其利用價值，過去曾以傳統育種方法改變必需氨基酸的成份，但未獲成功；近年來，隨著生物科技之進步，利用組織培養和基因工程之操作，已可明顯提高穀類豆科作物含硫氨基酸之含量。

澳洲 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) 組織利用生物技術改善魯冰缺乏含硫氨基酸之缺陷，Molvig 等人

1997 年從富含甲硫氨酸之向日葵種子中，將 2S albumin 表現基因轉殖至魯冰種子表現，結果雖然種子產量、全氮、全硫含量與未基因轉殖之對照組差異不顯著，然硫之分佈則明顯不同，轉基因種子之硫酸鹽濃度減少 528 ppm，而硫氨基酸則增加 446 ppm，如表一所示；另種子氨基酸成份分析結果如表二所示：轉基因種子之甲硫氨酸 (Met) 含量比非轉基因者多 94%，半胱氨酸 (Cys) 含量減少 12%，硫氨基酸總量則增加 19%，而其它氨基酸則無明顯差異。

表一、非轉基因及轉基因魯冰種子屬性比較

屬性	非轉基因	轉基因
種子產量 ^a , kg	4.64	4.48
全氮, %	5.79	5.81
全硫, ppm	3,534	3,451
氧化硫 (硫酸鹽), ppm	1,076	548
氨基酸硫, ppm	2,457	2,903

a. 調查採樣面積：27m²。

Source: Molvig L. et al., 1997

表二、非轉基因及轉基因魯冰種子粉末之氨基酸含量 (g/16 g N)

氨基酸	非轉基因	轉基因	氨基酸	非轉基因	轉基因
Asx	9.61	9.49	Phe	3.71	3.52
Thr	3.11	3.01	His	2.73	2.65
Ser	4.99	4.81	Lys	4.36	4.57
Gly	3.92	3.75	Arg	11.31	11.38
Ala	3.08	3.01	Cys	1.36	1.20
Val	3.85	3.99	Met	0.55	1.07
Ile	4.30	4.34	Glx	20.90	19.54
Lew	6.46	6.18	Pro	4.00	3.98
Tyr	3.54	3.50			

Source: Molvig L. et al., 1997

因此可知基因改造魯冰的確改善了動物糧秣營養價值，然動物利用情形及對生育之影響當為我們所關注之問題，根據老鼠餵食魯冰種子試驗結果顯示：老鼠餵食轉基因者，第 8 日體重增加 18%，而餵食一般者，則僅增加 3%，如表三所示。另餵食轉基因種子者，蛋白質實際消化率、生物值以及淨蛋白質利用率亦顯著增加，如表四所示。由此可見，利用遺傳工程基因操作技術改善魯冰之營養價值是可行的，而且今日利用生物技術提升綠肥作物用途當為主要策略。

表三、老鼠以非轉基因或轉基因魯冰為唯一蛋白質餵食之後，平均重量之比較

時間	平均重量，g	
	非轉基因	轉基因
開始	66.8	67.1
終止	69.0	79.1

Source: Molvig L. et al., 1997

表四、餵食老鼠之非轉基因及基因魯冰種子營養價值之比較

魯冰種子	蛋白質實際 消化率 %	生物值 %	淨蛋白質 利用率 %	可消化的 能量 %
非轉基因	89.4	63.2	56.4	77.7
轉基因	95.7	73.0	69.8	78.4

Source: Molvig L. et al., 1997

"綠色金礦"—滿江紅之其它用途

滿江紅被喻為"綠色金礦"，過去廣為應用於水稻栽培，為優良綠肥，該作物尚具諸多用途，分述如下：

一、動物之食料

長久以來滿江紅即被當作豬、家禽、兔子、反芻動物甚至人類之

食料，被認為是最具營養水生植物之一種作物，蓋該作物粗蛋白含量，約佔乾物重 20-30%，細胞質中可溶性醣類及澱粉佔 7-13%，水分含量高達 86-95%，脂質含量低而類胡蘿蔔素則高，且植體礦物營養成份平衡性佳。若於雞之食料中加入 10-20% 滿江紅，可增加每日食料攝取量、生蛋數、蛋黃色澤以及重量；除此，滿江紅亦可應用於水產養殖方面，過去福建農業科學研究院曾進行水稻－滿江紅－魚栽培系統試驗，結果不僅可以提高魚產量及減少化學肥料及農藥施用量，如表五所示，亦可提高農民收益。根據研究報告 (Mackay, 1995; Callo, 1989) 指出水稻－滿江紅－魚比水稻－魚栽培系統增加魚產量更多；1993 年 Gavina 提出豬－家禽－魚－滿江紅之栽培系統，滿江紅可當作魚及鴨子之糧秣。而宜蘭地區亦曾於水稻田中飼養合鴨，啄食福壽螺及雜草，利用小鴨排泄物為水稻田良好肥料，生產有機米。

表五、福建農業科學研究院水稻－滿江紅－魚栽培系統試驗

	肥料施用量 (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)			滿江紅施用量 (t ha ⁻¹)	水稻產量 (t ha ⁻¹)			魚產量 (t ha ⁻¹)
	N	P ^a	K ₂ O		早期	晚期	總量	
1987								
水稻-水稻	207.8	194.3	127.4	—	6.0	6.4	13.0	—
水稻-滿江紅-魚	37	42.25	42.25	30	5.8	4.4	10.2	4.0
1988								
水稻-水稻	274.8	180.4	152.9	—	4.7	4.8	9.5	—
水稻-滿江紅-魚	67.3	69.4	50.9	45	4.4	4.5	8.9	4.3

a. 過磷酸鈣

二、水質之淨化

滿江紅具有淨化水質之功能，可以有效移除放流水中污染之重金屬，如鎘、鎳、鉻、銅等，其方法異於傳統昂貴的方法，即將吸附於滿江紅上之重金屬有效率地脫附，回收供工業再生利用。除此，滿江紅亦具有去除廢水中磷過高之能力，可以有效減少河川、池塘、湖泊

發生優養化現象，可應用於家禽或家禽與魚生產系統，避免優養化造成水質惡化，魚獲產量減少。

三、減少施用氮肥揮發流失

水田施用化學氮肥之後，部分氮肥可能以氨氣揮發流失，若栽種滿江紅可以明顯減少 20-50% 氨揮發流失 (Watanable & Liu, 1992)，此乃由於滿江紅行光合作用使得水質 pH 值降低，因而可以減少氨氣揮發流失。由此更可見，間作滿江紅不但可以減少化學肥料施用量，增加經濟收益，對生態環境亦有正面影響。

四、其它用途

滿江紅還具以下用途：1. 可產生生物氣體：如與稻草混合之厭氣發酵產生之甲烷可供燃料使用；2. 可以抑制雜草生長：Krock 等 1991 年發現水體栽植滿江紅可明顯減少雜草生長，蓋滿江紅阻斷光強度約 90%，光合作用隨之減少，水中氧濃度亦減少 50%；另滿江紅綠色葉片具濾光效應，相對增強紅外線，因而會抑制雜草種子萌芽；3. 可控制蚊子生長：滿江紅生長於水體表面，可有效抑制蚊子孵化生長，尤其於長期耕作水田效果更佳。

結 論

綠肥作物在農業生產上為一重要作物，故至今仍能代代相傳，今因應加入世界貿易組織之衝擊和作物永續利用之目的以及生態環境之維護，提升綠肥作物用途有其意義。而欲提升綠肥作物多樣用途，利用傳統育種及先進遺傳工程生物技術是必需的策略；而鑑古知今，有助於日後之思考模式，是以撰寫本文以資參考。

參考文獻

1. Callo, D, P, 1989. Azolla adaptability and utilization on farmers' fields. In: Azolla: Its Culture, Management and Utilization in the Philippines.

- NAAP. Los Banos, Laguna, Philippines, pp 109-128.
2. Gavina, L. D. 1993. Swine-duck-fish-Azolla integration in skyponds of La Union, Philippines. In: Proceedings of the first International Foundation of Sciences (IFS)-National Research Council of the Philippines (NRCP) Seminar. April 1993. Makati, Metro Manila, Philippines, pp.182-189.
 3. Krock, T. J. Alkamper and I. Watanable. 1991. Azolla's contribution to weed control in rice cultivation. *Pl. Res. Developm.* 34:117-125.
 4. Lejeune, A., A. Cagauan, and C. Van Hove. 1999. Azolla research and development: Recent trends and priorities: *Symbiosis*, 27(3-4): 333-351.
 5. Mackay, K. T. 1995. *Rice-Fish Culture in China*. International Development Research Center, Ottawa, Canada, 264 pp.
 6. Molvig, L. et al., 1997. Enhanced methionine levels and increased nutritive value of seeds of transgenic lupins (*Lupinus angustifolius* L.) expressing a sunflower seed albumin gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94: 8393-8398.
 7. Wagner, G. M. 1997. Azolla: A review of its biology and utilization, *Botanical Review*, 63(1): 1-26.
 8. Watanable, I., and C. C. Liu. 1992. Improving nitrogen fixing systems and integrating them into sustainable rice farming. *Plant Soil*. 141: 57-67.

