水稻健康管理研討會 119~142 (2004)

有機稻田雜草害防治

陳世雄[1]、王淑敏[1]

[1]國立中興大學農藝學系

摘　要

本研究自2001年二期作至2002年二期作連續三期作進行田間試驗，探討有機稻田不同雜草控制方法的防治效果，及其對水稻生長、產量和稻米品質之影響。

連續三期作試驗結果顯示，2002年一期作以紙膜及飼鴨處理抑制雜草效果最佳，抑制效果均達99%以上。滿江紅及米糠抑制雜草效果次之。2002年二期作試驗結果顯示，仍以紙膜敷蓋處理對雜草的防治效果最好，而飼鴨處理抑制雜草效果亦佳，抑制效果達99.5%。黃豆粉施用0.3 kg/m^{2}即可有效抑制雜草族群74.8%。施用米糠也造成相同結果，0.5 kg/m^{2}用量即可。

2001二期作、2002一、二期作均以飼鴨處理稻穀產量最高，主要是因穗數的增加。稻穀產量對鴨子飼養密度呈二次曲線關係，Y (產量)=620+58.58X－0.1445X^2，推薦最適(optimal)飼鴨密度爲每公頃飼養202隻，可獲得最高稻穀產量。各雜草控制方法間對米飯食味總評無顯著差異。

綜合試驗結果顯示，紙膜敷蓋能有效控制雜草族群，但紙膜成本太高，且其成分是否符合有機農產品生產基準尚有疑慮。一期作利用滿江紅及黃豆粉敷蓋控制雜草也可以得到不錯的效果，且成本低。在水田裡飼養鴨子不僅能防除雜草，也會捕食昆蟲及福壽螺，降低蟲害、福壽螺危害及防治成本。

關鍵字：水稻、雜草控制、鴨子、有機栽培。

前　言

雜草包括了非經傳播或對於經濟、人和禽畜有害之植物。雜草與田間農作物競爭空間、水分、養分與陽光，導致栽培作物產量與品質降低。此外，雜草也成爲病原菌、害蟲及老鼠之寄生或棲息所在，因而增加防治上的困難。有機栽培過程不能使用任何化學農藥及肥料，導致病蟲害防治不易外，雜草的控制也很困難。從雜草發生與競爭特性不難理解，雜草防治在有機栽培體

系，實爲不易克服的難題。根據估算，全球由雜草所引起的稻作產量和品質損失約爲10% [30]。稻作面積爲我國各作物之首，栽培面積332,183公頃[1]。傳統之稻作栽培，除草完全依靠人力及簡單工具。70年代晚期除草劑普遍使用，使稻作栽培雜草防除之艱辛大爲降低。2000年台灣農藥使用量39,597公噸，其中除草劑使用量15,687公噸，佔39.6% [1]。現代農業太過依賴農藥、化學肥料，導致地力衰退、農產品遭污染、水質惡化及生態不平衡等問題，威脅人類健康與生活環境。

我國已於2002年加入世界貿易組織(WTO)，政府爲因應我國加入WTO後，國外廉價稻米開放進口，對國內稻米市場所帶來的衝擊，因此極力推廣實施水稻有機栽培，提昇國產米品質，以增強市場的競爭力。國外有機農產品進口到我國時，在病蟲害的防疫檢疫上必須經過燻蒸處理，才准進口，然燻蒸過的農產品不符合我國有機農產品生產基準，因此，保障我國有機稻米的生產空間。有機米是指在栽培過程中不使用化學肥料、化學合成農藥、除草劑、生長調節劑等，且依照良質米栽培方法乾燥、碾製技術所生產之稻米稱爲有機米。農政單位自1995年積極推動水稻有機栽培，至 2003年經由台中區農業改良場統計栽培面積已達1,110公頃。有機栽培具有環境生態保育、有機質廢棄物再利用、水質源維護及土壤永續經營等多重意義。因此，爲了使我們生活品質提昇，恢復蟲鳴鳥叫的自然音符環境，施行有機栽培實爲刻不容緩的工作。

由於有機水稻栽培不能施用化學藥劑，使得雜草防治極爲困難，成爲有機水稻栽培最大的勞力負擔，也造成有機水稻推廣上的重大限制。如何改進有機稻田的雜草控制，實爲當前推廣有機水稻栽培，急待解決之重要問題。

爲了減少傳統農業對環境所帶來的污染，並節省有機稻田雜草防治成本。因此，本試驗探討有機稻田各種雜草防除方法之效果，期能做爲推廣有機水稻栽培雜草防治之參考。

材料與方法

一、試驗品種

水稻品種爲台粳9號(TK9)。於中興大學農業試驗場(台中縣霧峰鄉北溝)第一試驗區進行試驗。

二、試驗期間

2001年二期作：七月二十六日插秧，十一月十二日收穫。
2002年一期作：二月四日插秧，六月三日收穫。
2002年二期作：七月二十二日插秧，十一月八日收穫。

三、試驗方法

(一)2001年二期作：

行株距30x20公分。三重複。小區面積12平方公尺。採完全逢機設計。雜草控制處理包括紙膜敷蓋、滿江紅、穀殼、煙燻穀殼、飼養鴨子及對照等處理。紙膜爲永豐餘公司提供，規格150 g/m^2。滿江紅品種爲利馬種，接種量0.2 kg/m^2。稻殼施用量0.6 kg/m^2。煙燻穀殼施用量0.5 kg/m^2 [(4)]。飼鴨密度每公頃100隻，於插秧後10天進行飼放。對照組即不施用任何處理，其他處理於插秧後隨之施用。

(二)2002年一期作：

田間設計與2001二期作相同。上期作所有雜草控制處理均繼續進行，稻殼處理容易引來鳥類啄食，鳥糞帶來雜草種子，本期作不再列入處理。此外，生黃豆粉和米糠均爲未腐熟之有機資材，施用到水田，進行有氧發酵過程會消耗水中之氧氣致使土表之雜草種子無法發芽。因此，本期作試驗材料增加黃豆粉(N:P:K=7:0.6:2.4)及米糠(N:P:K=2.4:0.4:1.8)，施用量以能敷蓋整個田面爲原則，其使用量分別爲0.3 kg/m^2及0.5 kg/m^2。三個等級飼鴨密度，每公頃分別放飼100、200及300隻，於插秧後14天進行飼放。對照組即不施用任何處理，其他處理於插秧後隨之施用。

(三)2002年二期作：

田間設計與2002一期作相同。一期作飼鴨處理，以每公頃飼鴨密度200隻處理之稻穀產量最高，雜草控制效果佳，所以本期作飼鴨密度採行每公頃200隻，於插秧後10天進行飼放。依據上期作黃豆粉及米糠對雜草控制效果均較對照組達顯著差異。因此，本期作將黃豆粉施用量分成0.3、0.6及0.9 kg/m^2等三個等級，米糠則爲0.5、1及1.5 kg/m^2，以探討最適使用量。

四、土壤調查項目

土壤氧化還原電位

測定前一天，土壤插入自製白金電極，插入深度爲5公分，每小區5支，平衡24小時後，以pH meter測量土壤氧化還原電位。

五、水稻產量之調查

六、稻田雜草之調查

水稻收穫後，每小區逢機選取2個點，每個點面積爲1平方公尺，收割點內的所有雜草，秤量其鮮重及乾重，求其平均爲小區之單位雜草重量。

七、米飯食味品評

結果與討論

一、雜草控制方法對土壤氧化還原電位之影響

不同雜草控制處理，可能會影響到土壤與空氣中的氣體交換，因而營造出土壤氧化還原電位之變化。本試驗於2002年一、二期作之田間試驗，在水稻營養生長期間測定土壤氧化還原電位。結果顯示，一期作在插秧後10天測得之土壤氧化還原電位介於-180~-220 mv之間，僅有紙膜敷蓋處理之土壤氧化還原電位較低，爲-250 mv (圖一)。造成紙膜敷蓋處理土壤氧化還原電位最低之原因，可能在於紙膜敷蓋阻礙水中的氧氣擴散到土壤的速率所致。

在插秧後20天，以紙膜敷蓋處理之土壤氧化還原電位-283 mv最低，米糠和黃豆粉敷蓋處理之土壤氧化還原電位也很低，分別爲-259及-252 mv，此三處理之土壤氧化還原電位皆低於對照組之土壤氧化還原電位-224 mv。

三個飼鴨處理之土壤氧化還原電位介於-220~-232 mv之間，與對照組之土壤氧化還原電位差異不大。造成此時期米糠及黃豆粉敷蓋處理之土壤氧化還原電位最低的原因，歸因於這期間米糠和黃豆粉發酵旺盛，大量微生物活動消耗氧氣所致。

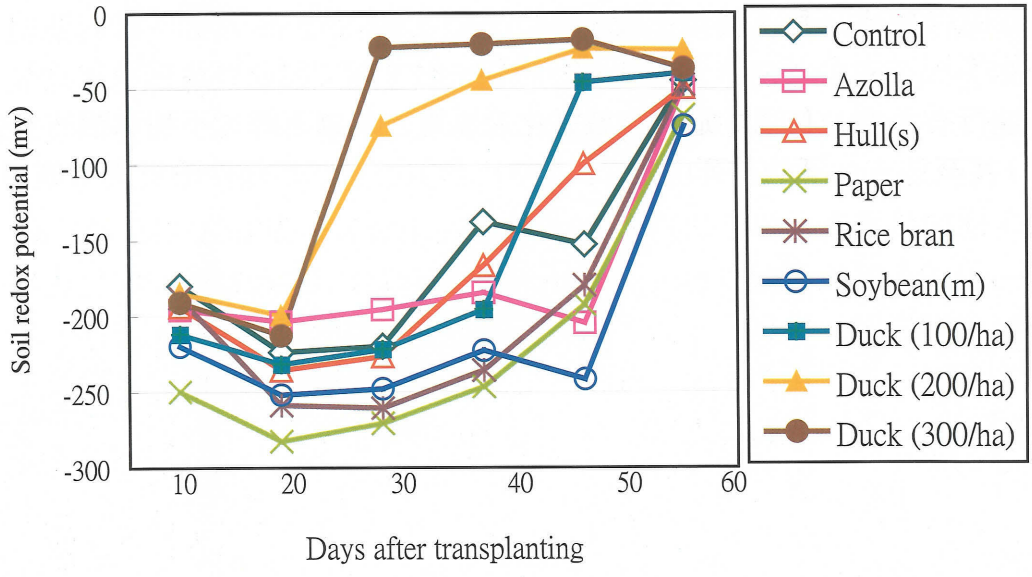
在插秧後30天，每公頃飼鴨100隻處理之土壤氧化還原電位爲-222 mv，與對照組織土壤氧化還原電位-220 mv相近，但每公頃飼鴨200及300隻處理之土壤氧化還原電位最高，分別爲-75及-23 mv，明顯比對照組高出許多。顯示鴨子在稻田行走，拍動水面，有助於稻田土壤、水與大氣介面之氣體交換。隨著鴨子的長大，活動力更加旺盛，使得在插秧後50天，三個飼鴨密度處理所測得之土壤氧化還原電位均較高，介於-18~-46mv，與對照組呈明顯差異。

在插秧後50天停止灌水，土壤氧化還原電位迅速升高，至插秧後60天所測得之土壤氧化還原電位提昇至-25~-75 mv左右(圖一)。

2002年二期作由於水稻生育初期高溫，加速微生物對米糠及黃豆粉的分解，使得米糠及黃豆粉各等級用量處理之土壤氧化還原電位皆較對照組低。米糠及黃豆粉敷蓋處理在插秧後10天之土壤氧化還原電位介於-293~-312 mv，明顯較對照組低149~168 mv。

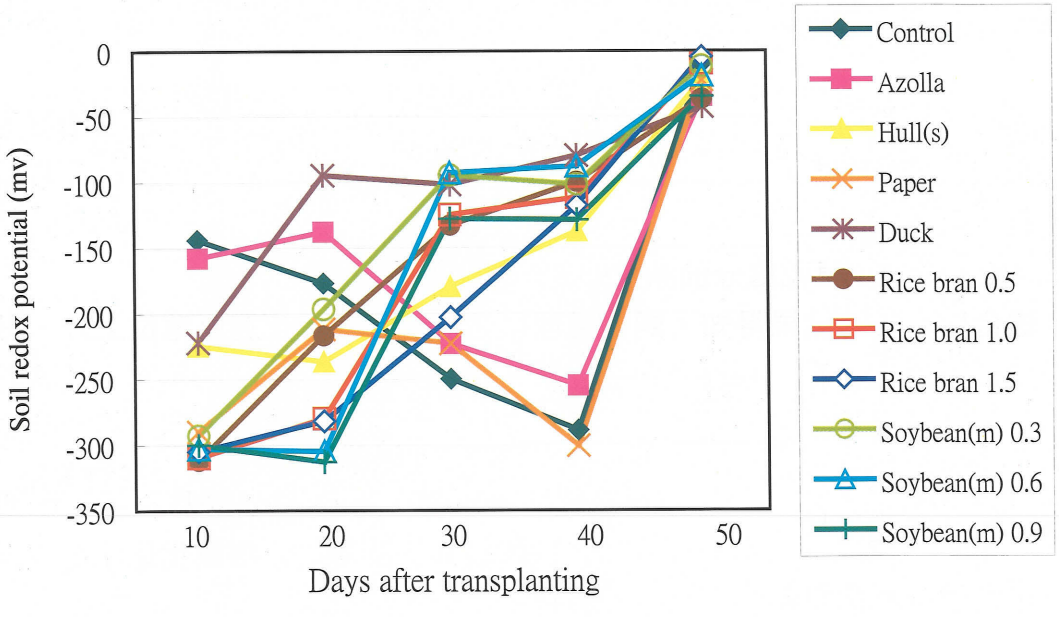
每平方公尺施用米糠0.5公斤及黃豆粉0.3公斤之處理，在插秧後20天，其土壤氧化還原電位迅速提昇，分別上升95及96 mv。在插秧後30天測得之土壤氧化還原電位，米糠及黃豆粉各等級處理皆明顯提昇，米糠敷蓋處理從-217~-282 mv提昇至-125~-203 mv，黃豆粉處理由-197~-313 mv提昇至-93~-128 mv。在插秧後40天，米糠處理更提昇至-100~-118 mv。造成土壤氧化還原電位提昇，主要是由於大部分有機質已分解，導致微生物活動趨緩。

在飼鴨處理方面，插秧後10天測得之土壤氧化還原電位是-222 mv，在插秧後20天測得之土壤氧化還原電位爲-95 mv，明顯提昇了127 mv，爾後在插秧後30及40天之土壤氧化還原皆維持在-80~-102 mv。隨著插秧後40天的曬田，土壤氧化還原電位明顯提昇，在插秧後50天測得之土壤氧化還原電位提昇至-5~-43 mv(圖二)。



圖一、不同雜草控制方法對土壤氧化還原電位之影響(2002 年一期作)。

Fig. 1. Changes of soil redox potential as affected by different mulching treatments for weed control (AES, NCHU; 1st crop, 2002).



圖二、不同雜草控制方法對土壤氧化還原電位之影響(2002 年二期作)。

Fig. 2. Changes of soil redox potential as affected by different mulching treatments for weed control (AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

綜合以上試驗結果得知，飼鴨處理後之水田土壤氧化還原電位上升，有助於水稻根系之發育。米糠及黃豆粉敷蓋處理，在初期發酵過程需大量的氧氣，進行有氧發酵作用，造成土壤氧化還原電位急劇下降，不利水稻的生長發育，甚至造成水稻幼苗死亡。所以其施用量需配合氣候條件酌量調整施用，以利水稻植株之生長。

三、不同控制方法對雜草生質量之影響

台灣由於灌溉系統發達，普遍施行雙期作栽培，但兩期作環境差異大。就田間雜草而言，最重要差別在一、二期作水稻整地前之田面雜草萌生狀況及初期溫度。一期作常有大量冬生型旱田雜草，二期作則多爲稗草及自生稻。由於一、二期作初期之平均氣溫差達10℃以上，溫度之差異對雜草萌芽及生長發育均有很大影響。一期作低溫下，雜草種子萌芽慢且期間長。稗草發育至3片真葉，一期作需18天，二期作則僅需8天。鴨舌草萌芽高峰，一期作在整地兩週之後，二期作初期由於高溫，僅需3~4日即達高峰。兩期作間，雜草營養生長之快慢差異明顯。同一種雜草，二期作整地後30天之株高及重量，約與一期作整地後60天相當。因此二期作雜草競爭之危害程度，高於一期作(6)。

2002年一期作，不同雜草控制方法間，以紙膜敷蓋及飼鴨處理防治雜草效果最佳，對雜草鮮重及乾重均達到99%的抑制效果(表一)。米糠敷蓋及接種滿江紅處理對雜草防治效果次之，相較於對照組，雜草鮮重分別減少95.5%及86.4%，平均雜草乾重分別減少95.8%及88.2% (表一)。

綜合以上試驗結果得知，飼鴨處理後之水田土壤氧化還原電位上升，有助於水稻根系之發育。米糠及黃豆粉敷蓋處理，在初期發酵過程需大量的氧氣，進行有氧發酵作用，造成土壤氧化還原電位急劇下降，不利水稻的生長發育，甚至造成水稻幼苗死亡。所以其施用量需配合氣候條件酌量調整施用，以利水稻植株之生長。

四、不同控制方法對雜草生質量之影響

台灣由於灌溉系統發達，普遍施行雙期作栽培，但兩期作環境差異大。就田間雜草而言，最重要差別在一、二期作水稻整地前之田面雜草萌生狀況及初期溫度。一期作常有大量冬生型旱田雜草，二期作則多爲稗草及自生稻。

由於一、二期作初期之平均氣溫差達10℃以上，溫度之差異對雜草萌芽及生長發育均有很大影響。一期作低溫下，雜草種子萌芽慢且期間長。稗草發育至3片真葉，一期作需18天，二期作則僅需8天。鴨舌草萌芽高峰，一期作在整地兩週之後，二期作初期由於高溫，僅需3~4日即達高峰。兩期作間，雜草營養生長之快慢差異明顯。同一種雜草，二期作整地後30天之株高及重量，約與一期作整地後60天相當。因此二期作雜草競爭之危害程度，高於一期作(6)。

2002年一期作，不同雜草控制方法間，以紙膜敷蓋及飼鴨處理防治雜草效果最佳，對雜草鮮重及乾重均達到99%的抑制效果(表一)。米糠敷蓋及接種滿江紅處理對雜草防治效果次之，相較於對照組，雜草鮮重分別減少95.5%及86.4%，平均雜草乾重分別減少95.8%及88.2%(表一)。

表一、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對雜草生質量之影響(2002 年一期作)
Table 1. Biomass of weeds (g/m^2) as affected by treatments of weed control on paddy fields of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) under organic farming (AES, NCHU; 1st crop, 2002).

Treatment	Fresh weight	Dry weight
	g/m^2	g/m^2
Control	702.6a	256.7a
Paper	0.0d	0.0c
Soybean(m)	312.6c	109.2b
Hull(s)	452.5b	142.8b
Azolla	95.3d	30.3c
Rice bran	31.8d	10.9c
Duck (100/ha)	0.0d	0.0c
Duck (200/ha)	0.0d	0.0c
Duck (300/ha)	0.0d	0.0c

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

本試驗結果顯示，雖然以煙燻稻殼敷蓋處理防治雜草效果最差，但相較於對照組，雜草生質量仍明顯減少，平均雜草鮮重及乾重分別減少35.6%及44.4% (表一)，黃豆粉敷蓋處理對雜草防治效果不佳，田間調查顯示，黃豆粉處理區雜草數量不多，雜草相以稗草爲主。由於稗草生長較水稻植株快速，與水稻競爭養分，造成水稻植株生育緩慢，導致產量下降。三個等級飼鴨密度(每公頃100、200及300隻)處理對雜草抑制效果，均較對照組佳。

2002年二期作調查之雜草鮮重及乾重。結果與前期作相同，仍以紙膜敷蓋處理防治雜草效果最好，對雜草鮮重及乾重抑制效果均達99%以上(表二)。飼鴨處理抑制雜草效果次之，相較於對照處理，雜草鮮重及乾重均減少99%。煙燻稻殼敷蓋、米糠敷蓋及接種滿江紅處理抑制雜草效果也不錯。黃豆粉敷蓋處理抑制雜草效果最差，但仍與對照區達顯著差異(表二)。

表二、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對雜草生質量之影響(2002 年二期作)
Table 2. Biomass of weeds (g/m^2) as affected by treatments of weed control on paddy fields of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) under organic farming (AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

Treatment		Fresh weight	Dry weight
	kg/m^2	g/m^2	g/m^2
Control		1592.6a	530.9a
Paper		0.0b	0.0c
Hull(s)		115.4b	28.6c
Azolla		308.6b	49.4c
Soybean(m)	0.3	401.2b	172.8b
Soybean(m)	0.6	0.0b	0.0c
Soybean(m)	0.9	0.0b	0.0c
Rice bran	0.5	228.4b	86.4bc
Rice bran	1.0	0.0b	0.0c
Rice bran	1.5	0.0b	0.0c
Duck		8.3b	2.8c

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
Soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

黃豆粉每平方公尺施用0.6及0.9公斤和米糠每平方公尺施用1及1.5公斤處理，雖都沒有雜草發生，雜草防治效果佳，對雜草鮮重及乾重抑制效果達99%，但因施用量過高，相對也會造成水稻植株傷害，施用量愈高，危害愈爲嚴重，甚至造成秧苗死亡(表二)。高用量每平方公尺施用1.5公斤米糠，造成秧苗死亡高達100%，而黃豆粉每平方公尺施用0.9公斤，也會使秧苗的死亡率達21.4%。

二期作初期適逢夏季高溫，雜草繁衍迅速，致使二期作雜草生質量較一期作增加，顯示二期作由於雜草生長旺盛，增加雜草防治的困難性。

分析2002年一、二期作黃豆粉處理抑制雜草效果不佳的原因，可能是黃豆粉中夾雜著稗草種子，導致此處理區之草種均爲稗草，稗草由於植體高大，因此鮮重及乾重均較重。黃豆粉施用量每平方公尺0.6及0.9公斤和米糠施用量每平方公尺1及1.5公尺處理抑制雜草效果佳，原因是黃豆粉及米糠均是未發酵之生鮮有機資材，施到稻田遇水即進行發酵，發酵過程會產生高溫，高溫的環境使雜草種子無法萌芽。同時也由於水中氧氣不足，發酵產生大量還原及毒害物質造成水中及土壤中的氧化還原電位急速下降，使雜草種子缺氧無法萌發，雜草幼苗的根系也無法伸長而死亡[10,29]。同樣地，施用過量的黃豆粉和米糠也會造成水稻植株的傷害，甚至死亡。日本學者指出米糠在水稻插秧後愈早施用，並配合插秧前多次的耕犁次數，對於雜草抑制效果愈好，且施用量在100~200 g/m^{2}即可達到抑制雜草效果[9,10]。台灣地處亞熱帶，夏季氣候高溫炎熱，與溫帶國家日本之氣候環境迥異。我國一期作水稻插秧前後之氣候環境與日本較相近，皆屬低溫，利用有機肥在此低溫環境下緩慢發酵，能有效控制雜草之萌發生長。二期作則由於水稻生育初期高溫，促使所施用之有機肥發酵劇烈，除可有效抑制雜草生長外，亦對水稻幼苗造成傷害。所以，我國二期作若利用生鮮有機資材來防治雜草，應提早至插秧前一至二星期施用或整地時施用至田間，以降低有機資材對水稻秧苗造成傷害，適當用量及用法，仍需進一步試驗探討。

2002年一期作煙燻稻殼處理對雜草抑制效果不佳的原因，可能是煙燻稻殼製造過程，由於經驗不足，過度燃燒造成部份稻殼灰化，施到稻田遇水即溶解，不但無法達到敷蓋抑制雜草效果，反而成爲雜草養分來源，致使雜草生長旺盛，抑制雜草效果不佳。2002年二期作特別注意改進稻殼煙燻技術，

所製造之煙燻稻殼田間觀察結果已明顯改善上述之缺點，可以有效抑制雜草族群。

2002年二期作滿江紅處理抑制雜草效果較一期作不佳的原因，主要是二期作水稻生育初期氣溫太高，影響滿江紅的生育，降低其對雜草的控制效果。對溫度適應性而言，滿江紅在溫度介於25~30℃間生長良好，當水溫高於35℃時生長緩慢，水溫高達40℃時則會死亡。滿江紅在光照9000 Lux以上生長良好，在12000 Lux以上生長成飽和狀態。pH值的適應範圍在4.5~8.5之間，以pH 5.5時生長情形最佳[14,33]。

2002年二期作鴨子處理有少許雜草，這些雜草均是稗草，在同一田區中連續飼養鴨子，利用鴨子來控制雜草，會使得某些草種成爲優勢族群。本試驗中發現，連續飼鴨處理三期作，稗草變成此區之優勢草種，如果要根除仍需利用人工拔除。日本學者指出，利用鴨子雖能有效控制水稻田中的雜草，但對雀稗、水蓼及螢藺這三種雜草較無法有效地控制[11]。在鴨子連續耕作下，鴨舌草、紅骨草及三蕊溝繁縷雜草族群會減少， 但假柳葉菜與多花水莧菜則逐年增加。本試驗田間主要雜草爲稗草、尖瓣花(*Sphenochloa zeylanica*)、球花蒿草及鴨舌草，並有少量的螢藺。稗草屬於光合作用效率較高，適應高溫強光之C_4型植物。水稻長久栽培過程中，適應力差之稗草多被淘汰，在水田中危害之稗草其外觀及生態需求與水稻極爲相近。由於對光線、養分及水分之競爭力大，繁殖及散播力強，並爲多種水稻病蟲之寄主，因此，稗草是水田中危害潛力最高之雜草。球花蒿草是水田最常見之莎草科雜草，我國80%以上之水稻田受此雜草危害，對水田環境適應力強。鴨舌草在我國各地常見，發生田區之比率相當高。種子發芽需飽和水至淹水之環境；非水田狀況極少發生。我國二期作之高溫下，萌芽及發育快速，危害潛力高，與稗草同爲水稻田重要之雜草。螢藺水生性強，土壤水分含量較低之田區不發芽或生長不良，我國各地水田均可發現，排水不良田區危害較嚴重。種子具不同程度休眠性，田間發芽及萌芽極不整齊。稻田中晚期萌芽之螢藺生長勢弱，但可忍受遮光，能在逆境下產生種子，延續後代。尖瓣花適應熱帶至亞熱帶氣候，潮濕土壤適合其生長，屬於中大型水田雜草，對水稻之危害潛力大，分佈地區及發生密度，在近十年來有明顯增加之趨勢[6]。

綜合以上結果顯示，利用鴨子與水稻共作來控制雜草，可以得到很不錯的效果，且成本低，幾乎可以完全抑制雜草萌發及生長[12,19,20,21]。鴨子覓食的習性和行爲關係到雜草的控制能力，其在行徑過程中會尋覓昆蟲及雜草等食物[13]。鴨子在清晨及黃昏的活動能力較強，鴨子從清晨三點到晚上八點(共17小時)行徑距離達3.8公里[13]。鴨子在水稻插秧後3~4星期放入稻田飼養，飼養一星期即能有效地控制雜草，其控制效果和施用除草劑的效果相當[11]。

紙膜敷蓋能有效地抑制雜草族群，但每公頃紙膜成本高達4~5萬元，對於水稻生產是否有其經濟效益，值得商榷。且鋪設紙膜插秧機價錢昂貴，目前已有業者自日本引進鋪設紙膜的插秧機，降低了鋪設紙膜的人工成本。此外，紙膜敷蓋的最大問題乃在於所使用之紙膜其來源爲再生紙，製作過程中可能加入化學藥劑處理，在水稻有機栽培上是否違反有機農產品生產基準，殆有疑慮。因此，紙膜敷蓋在水稻有機栽培上應用，仍有相當多的問題有待解決，技術上有必要進一步的改進，以降低生產成本，且再生紙漿生產過程不添加任何化學藥劑，以期能符合有機生產基準，並達到經濟效益之生產。本試驗利用稻田共作滿江紅控制雜草也可以得到不錯的效果，且成本較低。一、二期作初期溫度差異大，一期作建議滿江紅接種量每公頃1公噸，二期作接種量則增加到每公頃2公噸，方能達到抑制雜草效果。惟利用滿江紅與水稻共作來控制雜草，必需事先繁殖大量滿江紅以供插秧後本田之施用。學者指出插秧前繁殖滿江紅21天，其鮮重由每公頃0.75公噸增加到19公噸，增加了25倍[2][3]。因此，一、二期作每公頃分別以0.03及0.06公頃田地，於插秧前3~4星期，每平方公尺接種100公克滿江紅事先繁殖，就足以提供上述之建議接種量。

五、雜草控制方法對水稻產量之影響

2001年二期作以飼養鴨子處理之稻穀產量最高，平均稻穀產量爲每公頃4,366公斤，且與煙燻稻殼、紙膜敷蓋及稻殼敷蓋處理之稻穀產量無顯著差異，其平均產量分別爲4,322、4,133及4,077公斤，相較於對照組之稻穀產量3,388公斤分別增加28.9、27.6、22及20.3 %。接種滿江紅處理之稻穀產量最低，每公頃平均產量只有3,566公斤(表三)。

表三、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其農藝性狀之影響(2001 年二期作)
Table 3. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming (AES, NCHU; 2nd crop, 2001).

Treatment	Plant height	Panicle number	Panicle length	Panicle weight	Grain no. /panicle	1000-grain weight	Seed setting	Yield
	cm		cm	g		g	%	kg/ha
Control	89.3b	11.5bc	16.8a	2.29c	80.5a	26.0b	84.3ab	3388c
Duck	94.5a	13.9a	18.2a	2.47a	93.5a	27.5a	88.6a	4366a
Rice hull	94.8a	11.9abc	16.8a	2.45ab	87.1a	27.3a	86.1ab	4077abc
Hull(s)	95.3a	13.1ab	17.9a	2.25c	94.7a	26.2b	87.8a	4322ab
Azolla	91.9ab	10.7c	16.8a	2.31bc	86.7a	25.6b	81.8b	3566bc
Paper	92.5ab	12.2abc	17.7a	2.46a	94.7a	27.2a	88.3a	4133abc

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s): smoked rice hull
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

2002年一期作試驗結果顯示，以每公頃飼養200隻鴨子及黃豆粉處理之稻穀產量較高，每公頃平均產量分別爲6,556及5,789公斤，較對照組之稻穀產量增加139 %及111 %。飼養鴨子300及100隻、接種滿江紅及米糠敷蓋之稻穀產量次之，平均稻穀產量分別爲5,189、5,033、5,000及4,922公斤，相較於對照區之產量分別增加89.1、83.4、82.2及79.4 %。鴨子飼養密度對稻穀產量呈二次曲線關係，Y(產量)= 620 + 58.58X－0.1445 X^2，推薦最適(optimal)飼鴨密度爲每公頃飼養202隻，可獲得最高稻穀產量。煙燻稻殼之稻穀產量最低，每公頃平均產量僅收3,022公斤(表四)。

2002年二期作試驗結果顯示，仍以鴨子處理之稻穀產量最高，每公頃產量爲5,729公斤，與紙膜敷蓋、黃豆粉敷蓋及接種滿江紅等處理無顯著差異。較對照組之稻穀產量分別增加90.3、74.9、65.7及50.9 %。以米糠敷蓋處理之稻穀產量最低，平均產量只有2,839公斤(表五)。

黃豆粉三個等級施用量處理，以低用量每平方公尺施用0.3公斤之稻穀產量最高，平均稻穀產量爲4,989公斤，每平方公尺施用0.9公斤黃豆粉之產量較低，平均產量爲3,294公斤，且隨著施用量的增加，稻穀產量有下降的趨勢。

米糠敷蓋處理也具有相同現象，隨著米糠施用量的增加，其稻穀產量亦隨之下降，以低用量每平方公尺施用0.5公斤處理之稻穀產量較高，平均稻穀產量爲2,839公斤(表五)。

造成2001年二期作滿江紅處理產量較低的原因是二期作高溫的環境，影響滿江紅的生長。滿江紅爲一種水生蕨類植物，大部分滿江紅品種最適溫度範圍是在20-35℃之間[22]。在適合之光照及溫度下其生長極爲迅速，約4天可繁殖一倍，覆蓋性強，對水稻田雜草抑制有很強之效果[25,28,33]。一般而言，滿江紅對於溫度的忍受性平均低於40℃。因此夏天高溫繁殖滿江紅應避免水溫高於40℃，以降低高溫對滿江紅所造成的傷害，且高溫高濕的環境也容易導致病蟲害危害滿江紅。國際稻米研究所(IRRI)於1978年研究報告指出*A. pinnata*在日夜溫度37/29℃高溫下生長速度及單位面積固氮量都比*A. filiculoides*及*A. mexicana*好得多。但在29/21℃下*A. filiculoides*之生長情形比

表四、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其農藝性狀之影響(2002 年一期作)
Table 4. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming (AES, NCHU; 1st crop, 2002).

Treatment	Plant height	Panicle number	anicle length	Panicle weight	Grain no. /panicle	1000-grain weight	Seed setting	Yield
	cm		cm	g		g	%	kg/ha
Control	90.0f	12.5ef	15.6e	1.39e	83.0c	24.2e	86.0a	2744e
Paper	94.8cde	14.7de	17.2cd	2.10bc	84.3c	26.1d	85.4a	4066cd
Soybean(m)	101.5a	21.5b	17.9ab	2.22ab	96.2ab	29.8bc	85.9a	5789ab
Hull(s)	92.4ef	11.8f	16.5d	1.77d	88.5bc	25.5d	84.8a	3022e
Azolla	94.3de	14.5de	18.2a	2.49a	95.0ab	26.2d	86.8a	5000bc
Rice bran	99.3ab	14.4de	17.5bc	2.40a	97.7a	28.8c	87.0a	4922bc
Duck (100/ha)	97.5bc	15.2d	16.8d	1.89cd	90.8abc	29.5c	86.1a	5033bc
Duck (200/ha)	97.3bc	24.6a	16.8d	2.00bcd	97.1a	30.8a	86.2a	6556a
Duck (300/ha)	97.0bcd	17.4c	16.7d	1.98bcd	95.7ab	30.6ab	85.0a	5189b

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
Soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

表五、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其農藝性狀之影響(2002 年二期作)
Table 5. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming (AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

Treatment		Plant height	Panicle number	Panicle length	Panicle weight	Grain no. /panicle	1000-grain weight	Seed setting	Yield
	kg/m^2	cm		cm	g		g	%	kg/ha
Control		93.9b	12.8d	17.5c	1.76b	79.2ab	24.2d	83.1b	3011efg
Paper		96.3b	15.9b	18.1c	2.11ab	82.5ab	25.4bc	85.6ab	5267ab
Hull (s)		94.9b	14.7bc	19.1b	1.81b	78.3ab	25.5b	82.1b	4200bcde
Azolla		94.3b	14.7bc	17.9c	1.96ab	85.4ab	25.5b	84.9ab	4544abcd
Soybean (m)	0.3	105.8a	15.8b	19.3b	2.06ab	81.9ab	26.0b	84.3ab	4989abc
Soybean (m)	0.6	105.7a	13.6cd	20.3a	1.75b	76.4ab	24.1d	82.1b	3822cdef
Soybean (m)	0.9	105.1a	12.0de	21.0a	1.60b	70.2b	22.6e	79.9b	3294defg
Rice bran	0.5	105.3a	13.6cd	21.0a	1.75b	79.7ab	26.0b	84.1ab	2839fg
Rice bran	1.0	104.8a	10.9e	20.3a	1.74b	74.0b	24.3cd	80.6b	2100g
Rice bran	1.5	—*	—	—	—	—	—	—	—
Duck		105.0a	19.8a	19.1b	2.39a	89.5a	30.8a	89.1a	5729a

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α= 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
Soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding
＊: Rice seedling were killed by fermentation of rice bran.

*A. pinnata*略好。不過就田間養殖而言，*A. pinnata*在IRRI之生長情形似乎較*A. filiculoides*爲優。我國地處亞熱帶，是*A. pinnata*的原產地之一，因此就環境適應而言，養殖*A. pinnata*應是較爲適合。學者指出*A. pinnata*品系在35℃時生長速度急劇下降[3]，是否適於二期作使用，需更進一步試驗。滿江紅各品種，品系間對溫度之適應性皆有差異，也許應尋找或培育出耐高溫及耐低溫品系分別供應一、二期作使用。

米糠及黃豆粉屬未發酵之有機肥，施用於田間會造成水田中之土壤表面氧化還原電位急劇下降，使雜草種子得不到氧氣而無法發芽，也抑制雜草幼苗根系之伸長，導致雜草幼苗死亡[10]。相對地，當米糠及黃豆粉施用過量時，也會對水稻秧苗造成傷害，尤其是對幼苗根系的生長。學者指出利用低成本

有機物質，如米糠、穀殼、蕎麥麩及小麥麩等，施用至水田均能達到抑制雜草之效果，可能是這些有機物含有剋他化學物質，而抑制雜草生長。低濃度的使用不但能有效抑制雜草的生長，還能提供水稻生長所需之氮素，促進水稻植株的生長[29]。

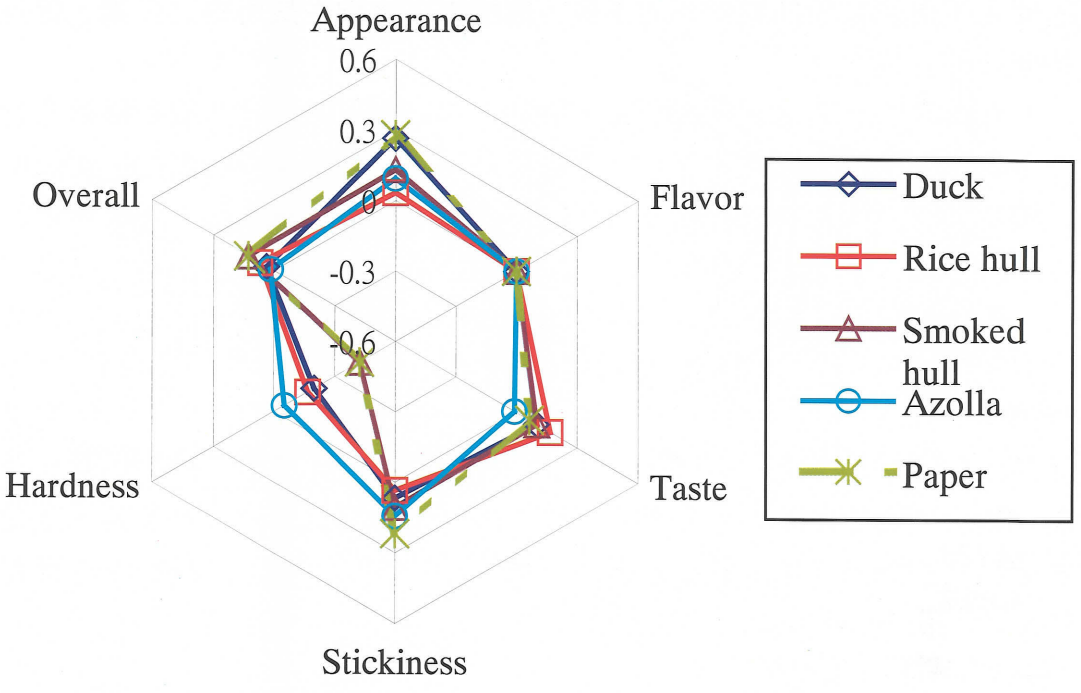
接種滿江紅能增進稻田肥力，特別是氮素的提供，進而提高稻穀產量。許多報告指出稻田接種滿江紅，不僅能減少大量化學肥料的使用，並可增進土壤肥力[18,23,32]。此外，掩埋滿江紅可增加土壤有機質含量，降低土壤密實性,促進土壤微生物活動，提高水稻有效分蘖數，也有助於提昇稻作產量[7]。

連續三期作試驗結果，均以飼鴨處理之稻穀產量最高，此與日本學者所做的結果相似，利用鴨子與水稻共作可提高稻穀產量3%[20]。其原因爲鴨子覓食過程，來回游走，攪混田水，混濁的田水使萌發的雜草幼苗，得不到陽光而無法生長，或使雜草種子無法萌發，加上鴨蹼每天踐踏，幾乎可以完全抑制插秧後萌發的雜草，同時其排泄物可作爲稻作之氮、磷、鉀及其他微量元素的補充，並改善土壤的總體密度、孔隙度和通氣性[17]。黃豆粉及米糠屬有機肥含有氮素，有助於水稻之生長[9]。

六、米飯食味品質之影響

米飯食味之好壞主要由口感支配，而口感又是由米飯複雜的物理性來決定，就官能食味特性而言，白米直鏈澱粉及蛋白質含量、米飯之咀嚼性均與食味總評呈顯著負相關，而白米之凝膠展延性、米飯之彈性、黏性、附著性、黏著性、食味結構指數則與食味總評呈顯著正相關[4] [5]。

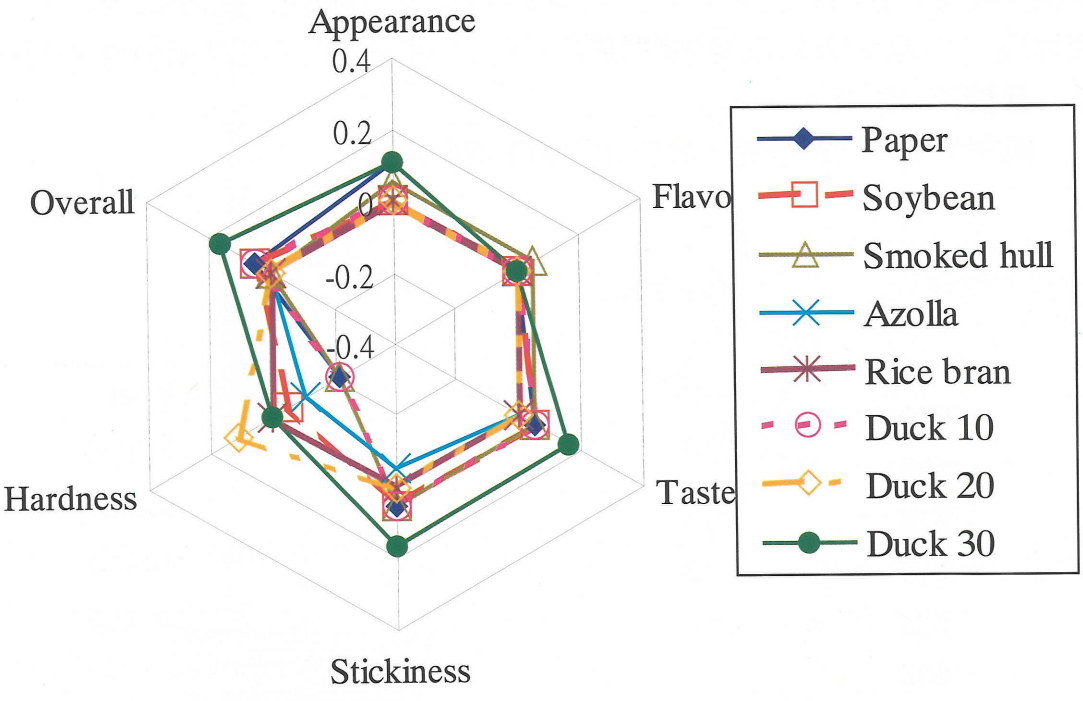
本試驗將連續三期作烹調米飯評定之外觀、香味、口味、黏性、硬度及總評等六個項目之官能品評分數，進行變方分析。食味品評皆以各期作之對照區米飯爲對照，評分+1~+3表示高於對照，數字愈大表示等級愈高，0表示與對照相同，-1~-3則評分低於對照。經由食味品評結果顯示，2001年二期作雜草控制方法間之食味品評項目中，以煙燻稻殼及紙膜敷蓋處理之米飯硬度較軟。但以紙膜敷蓋及飼鴨處理之米飯外觀表現較佳。處理間以煙燻稻殼敷蓋處理之米飯口味較佳，但接種滿江紅處理之口味稍差。紙膜敷蓋處理之米飯黏度最高，且硬度較低，推測與其直鏈性澱粉及粗蛋白含量較其他處理區低有關。在食味總評方面，各處理均與對照組之食味總評無顯著差異，但整體而言，以煙燻稻殼敷蓋及紙膜處理之食味總評較佳(圖三)。



圖三、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其米飯食味之影響(2001 年二期作)。

Fig. 3. Eating qualities of cooked rice of cultivar Tai-keng 9(TK9)as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming(AES, NCHU; 2nd crop, 2001).

2002年一期作不同雜草控制方法間之食味品評項目均無顯著差異。但結果顯示，以紙膜敷蓋及每公頃飼鴨300隻處理有較好之米粒外觀，且米飯口味也較佳，黏性較高。每公頃飼鴨200隻處理之米飯硬度卻提高，可能是其粗蛋白含量較高有關聯。整體而言，紙膜敷蓋、黃豆粉敷蓋、每公頃飼鴨100及300隻處理之食味總評優於對照組(圖四)。



圖四、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其米飯食味之影響(2002 年一期作)。

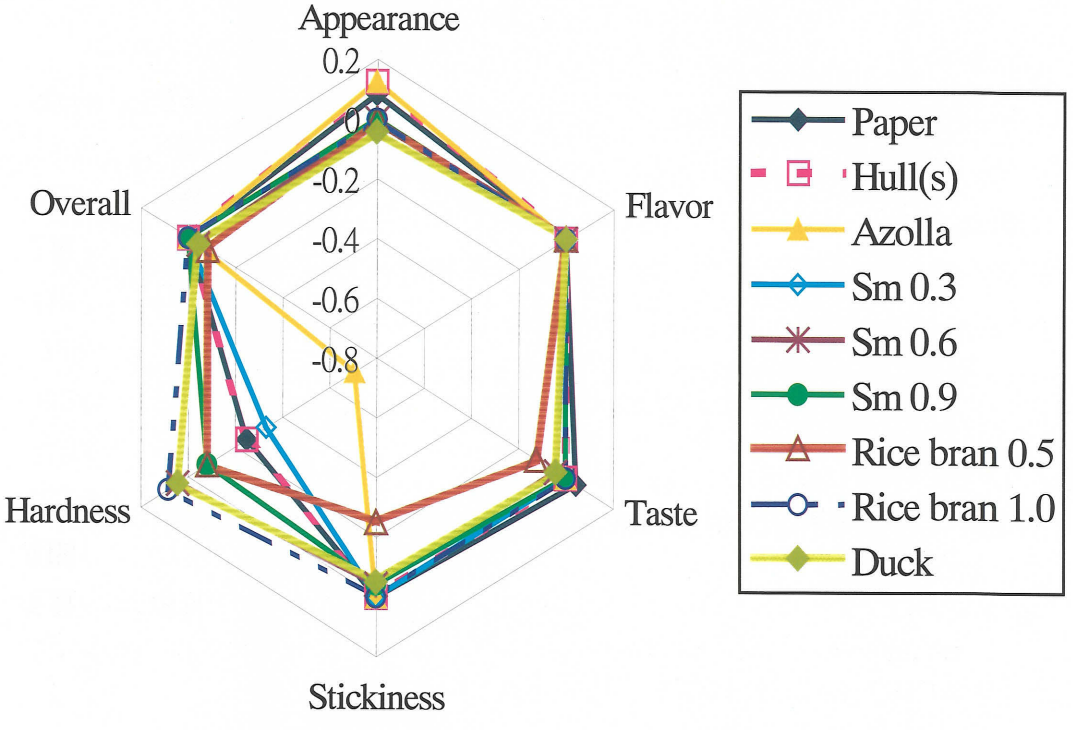
Fig. 4. Eating qualities of cooked rice of cultivar Tai-keng 9(TK9)as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming(AES, NCHU; 1st crop, 2002).

2002年二期作雜草控制方法間之食味品評項目中，僅有接種滿江紅處理之米飯硬度較軟，與其他各處理達顯著差異，其他各品評項目處理間皆未達顯著差異(圖五)。整體而言，紙膜敷蓋、煙燻稻殼及接種滿江紅處理在米粒外觀有較佳的表現，而飼鴨處理之米粒外觀較對照組差。紙膜敷蓋處理之米飯口味較佳，以米糠敷蓋及飼鴨處理之米飯較不具黏性，且硬度較高。在食味總評方面，飼鴨處理、每平方公尺施用米糠0.5公斤及黃豆粉0.6公斤較對照組表現不理想。

黃豆粉三個等級施用量，以每平方公尺施用0.6公斤之米飯口味較對照組差，在黏性方面，則以較高用量每平方公尺施用黃豆粉0.6及0.9公斤處理的米

飯黏性較低，且口感較硬，主要是因高用量之黃豆粉氮素含量過高所致。三個等級米糠施用量則以低用量每平方公尺施用0.5公斤之米飯口味表現較差，且較不具黏性，

但在米飯硬度卻較軟，食味總評仍表現較差。



圖五、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其米飯食味之影響(2002 年二期作)。

Fig. 5. Eating qualities of cooked rice of cultivar Tai-keng 9(TK9)as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming(AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

七、經濟效益分析

水稻有機栽培簡單來說，就是復古的耕作栽培方式加上現代科技的結合，因此必需花費比一般化學栽培更多的人力、物力及財力。且初期稻穀收量常低於慣行栽培法，但連續施行有機栽培，產量呈穩定增加。有機稻穀因售價較高，可彌補減產的損失。

鴨子處理之雜草防治成本，包括購買幼鴨每隻15元，一公頃需200隻，幼鴨成本共需3,000元。飼料費用7公斤/隻×8.5元/公斤×200隻/公頃=11,900元，合計飼鴨除草成本爲14,900元。黃豆粉每公頃施用3,000公斤，黃豆粉市價每公斤9元，共需27,000元的成本。而米糠則每公頃施用5,000公斤，每公斤4元，合計20,000元。紙膜成本一卷180元(長×寬=100公尺×1.3公尺)，1公頃需85卷，共計成本爲15,300元。人工除草單人需花費25工作天，一天工資1,000元，人力成本共25,000元，使用除草劑每公頃需1,300元藥劑費用。

水稻生產過程除雜草防治成本外，還包括整地、插秧、施肥、福壽螺及病蟲害防治、收割、烘乾等人工費42,000元；有機肥料、秧苗、蘇力菌及苦茶粕等材料費38,250元，合計80,250元。

黃豆粉及米糠處理區節省9,000元之追肥成本，而慣行栽培區因使用化學合成肥料及農藥，所以其他生產成本僅花費64,110元。因此總生產成本支出依序爲人工除草區＞黃豆粉區＞紙膜敷蓋區＞飼鴨區＞米糠區＞煙燻稻殼區、滿江紅區、對照區＞慣行栽培區。

目前有機稻穀市價每公斤爲32元，而慣行栽培稻穀每公斤僅18元，以稻穀產量×稻穀市價可換算成稻穀產值。在飼養鴨子的處理，另有成鴨之收益，因此飼鴨處理的總產值包括稻穀產值209,792元及成鴨產值60,000元，合計產值達269,792元，總產值居各處理之冠。將總產值減去總生產成本就可以得到總收益，以飼鴨處理之總收益174,642元最高，較對照組增加22倍，亦明顯比慣行農法提高3.4倍收益。(表六)。

綜合以上結果，就經濟效益而言，實行有機栽培以飼鴨處理之總收益最高，施用黃豆粉、養殖滿江紅及施用米糠也有不錯的表現，不但整體收益較慣行栽培區高出許多。對於整個生態環境的維護，農業的永續經營發展，更是不能以金錢來加以衡量的，這是我們能夠留給下一代子孫的無價資產。

表六、水稻有機栽培雜草控制之成本效益分析

Table 6. Cost and profit analysis for measures of weed control in organic rice farming.

Treatment	Weeding cost	Other cost	Total cost	Yield	Income	Extra income	Total income	Profit
	NT$/ha	NT$/ha	NT$/ha	Kg/ha	NT$/ha	NT$/ha	NT$/ha	
Paper mulching	15,300	80,250	95,550	4,066	130,112	0	130,112	34,562
Soybean meal	27,000	71,250	98,250	5,789	185,248	0	185,248	86,998
Rice bran	20,000	71,250	91,250	4,922	157,504	0	157,504	66,254
Smoked hull	0	80,250	80,250	3,022	96,704	0	96,704	16,454
Azolla	0	80,250	80,250	5,000	160,000	0	160,000	79,750
Duck weeding	14,900	80,250	95,150	6,556	209,792	60,000	209,792	174,642
Control	0	80,250	80,250	2,744	87,808	0	87,808	7,558
Manpower	25,000	80,250	105,250	4,500	144,000	0	144,000	38,750
Herbicide	1,300	64,110	65,410	5,865	105,570	0	105,570	40,160

Control: without any weeding measure.
Manpower: weeding by human labor.

引用文獻

1. 行政院農業委員會。2001。中華民國農業統計年報。台北。台灣。
2. 林錫錦。1983。水田滿江紅固氮之肥效及抑制稻田雜草之研究。中華農業研究 32 : 348-359。
3. 李啓彰、林錫錦、林家棻。1981。水田滿江紅*Azolla pinnata*之研究 Ⅰ. 環境因子對滿江紅生長之影響。中華農業研究 30: 405-411。
4. 洪梅珠、宋勳、劉慧瑛、林禮輝。1989。稻米理化性質之研究 Ⅰ. 官能食味特性與米粒外貌及化學性質間相關之研究。台中區農業改良場研究彙報 24:53-62。
5. 許愛娜、宋勳。1988。稻米食味與其理化性質關聯性之探討。稻米品質研討會專集。 p. 91-104。台中區農業改良場。彰化。台灣。
6. 蔣慕琰、蔣永正。1998。水田雜草生態防治。藥試所專題報導 51:1-23。
7. 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: 3-21。
8. 蘇啓懷。2001。改進有機稻田雜草防治之研究。國立中興大學農藝學系碩士論文。台中。台灣。

9. 大場伸一。2001。米糠散佈對水稻生長之影響。關東東海北陸農業研究成果情報。 p. 116-117。日本。
10. 中山幸則、北野順一。2001。米糠對水田雜草除草效果。關東東海北陸農業研究成果情報。 p. 118-119。日本。
11. Asano, H. 2001. Change in weed emergence in paddy fields with continuous Aigamo duck farming. J. Weed Sci. Tech. 46:13-18.
12. Asano, H., K. Isobe and Y. Tusboki. 1999. Eating habits and behaviour of Aigamo duck in paddy field. J. Weed Sci. Tech. 44:1-8.
13. Asano, H., K. Isobe and Y. Tusboki. 1999. Effect of harvest time on the quality and palatability of paddy rice cultivated by Aigamo duck farming system. Jpn. J. Crop Sci. 68: 375-378.
14. Becking, J.H. 1979. Enviromental requirements of Azolla for use in tropical rice production. *In* Nitrogen and Rice. p. 345-375. IRRI, Los Baños, Philippines.
15. Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
16. Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p.595-624. *In* A.L. Page *et al.* (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
17. Choi, S.Y., B.W. Shin, D.H. Kim, S.J. Yoo, J.D. So and G.S. Rhee. 1996. Rice growth and improvement of soil properties following rice-duck(*Anas platyrhynchos Domesticus*) farming in a paddy field. Rda J. Agri. Sci. Soil Fertilizer 38: 382-388.
18. Grist, D.H. 1979. Common paddy plant fixes nitrogen needs. Third World Agric. 1: 14-15.
19. Isobe, K., H. Asano and Y. Tsuboki. 1998. Effects of cultivation methods on the emergence of weeds and the growth and yield of paddy rice, with special reference of using Aigamo duck. Jpn. J. Crop Sci. 67:297-301.
20. Kang, Y.S., J.I. Kim and J.H. Park. 1995. Influcene of rice-duck farming system on yield and quality of rice. Korean J. Crop Sci. 40:437-443.
21. Kim, H.D., J.S. Park, K.H. Bang, Y.C. Cho, K.Y. Park, K.C. Kwon and Y.D. Rhoe. 1994. Rice growth and yield response in a rice/duck farming system in paddy fields. Korean J. Crop Sci. 39:339-347.

22. Knudsen, O., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. p. 225-246. *In* A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc. New York.
23. Kulasooriya, S.A., W.K. Hirimburegama and S.W. Abeysekera. 1987. Use of azolla in Sri Lanka. Azolla utilization. p.131-139. IRRI, Los Baños, Philippines:
24. Lumpkin, T.A. and D.L. Plucknett. 1980. Azolla: botany, physiology and use as a green manure. Eco. Bot. 34: 111-153.
25. Moore, A.W. 1969. Azolla: biology and agronomic significance. Bot. Rev. 35: 17-34.
26. Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chemica. Acta. 27: 31-36.
27. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. *In* A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc. New York.
28. Rains, D.W. and S.N. Talley. 1979. Use of azolla in North American. p. 419-431. *In* Nitrogen and Rice. IRRI, Los Baños, Philiooines.
29. Sekiya, T. and N. Inoue. 2001. Effect of organic matter application on the growth of paddy rice and weeds. The Hokuriku Crop Sci. 36: 50-52.
30. Smith, R.J. 1983. Weed of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. p. 19-36. *In* Weed Control in Rice. IRRI, Los Baños, Philippines.
31. Van Lierop, W. 1990. Soil pH and lime requirement determination. p. 73-89. *In* Westerman R.L. (ed.) Soil Testing and Plant Analysis. 3rd ed. SSSA, NO. 3. Madison, Wis.
32. Wang, T.T., W.S. Kao and T.H. Chang. 1981. On azolla culture to increase soil fertility in rice fields of Beijing. Acta Agriculture Universitatis Pekinensis 7: 33-39.
33. Watanabe, I., C.R. Espinas., N.S. Berja and B.V. Alimagno. 1977. Utilization of the Azolla-Anabaena complex as a nitrogen fertilizer for rice. IRRI. Res. Pap. Ser. 11. 15p.

Measures of Weed Control in Organic Paddy Fields

Shih-Shiung Chen[1] and Shu-min Wang[1]

Department of Agronomy, National Chung-Hsing University

Abstract

Field experiments were conducted from the second crop season of 2001 through the second crop season of 2002 on the paddy fields, to investigate effects of several weed control methods in organic farming.

Experimental results of three continuous crops indicated that mulching of paper and ducks feeding had the highest weed control efficiency in the first crop of 2002. More than 99% weeds were controlled. The weed control efficiency of azolla and spreading with rice bran treatments were on the second rank. Experimental results of the second crop of 2002 showed that mulching of paper controlled weed with highest efficiency again. Duck treatment showed weed control efficiency as high as that 99.5% weeds were inhibited. Spreading of soybean meal (0.3 kg/m^2) efficiently controlled the weed by 74.8%. Spreading of rice bran also controlled weed well with the application rate of 0.5 kg/m^2.

Yield of rice by duck treatment was the highest in the second crop of 2001, first and second crops of 2002, mostly owing to the increase of tiller and panicles of rice. The quadratic response for yield to ducks density was $Y=620+58.58\ X-0.1445\ X^2$. Then the optimal input is suggested as 202 bird/ha.

Experimental results indicated that mulching of paper control the weed population most efficiently. Since the cost is too expensive, and its composition meet the demand of regulation of organic farming, mulching of paper is still not recommend. Spreading of soybean meal also controlled weeds well and in low cost. Raising ducks in the paddy fields efficiently controlled the weeds and insects and Fu So Snail.

Key words: rice, weed control, duck, organic culture.