

序 言

現代的農業生產管理，大部份施用化學肥料及農藥，以提高農業生產量，但對自然生態環境產生負面影響。就農業科技創新與突破，為確保農業生產不匱乏情形下，配合政策『推動合理化施肥措施—綠肥作物推廣』之計畫而進行試驗觀察，鼓勵農民利用水田冬季裡作休閒期播種綠肥如苕子、埃及三葉草及油菜等作物，以紓減裡作蔬菜生產過剩之壓力，綠肥掩施後可增加土壤有機物，提供作物營養養分。本場並嘗試將綠肥作物『苕子』栽培於果園，進行果園草生栽培覆蓋利用試驗，結果得知苕子為極適合供為果園地表覆蓋栽培之綠肥作物，並具有保水、保肥及防止果園雜草滋生之功能。

本場於近年來於區內各地舉辦田間觀摩會，極力推薦『苕子』綠肥作物，並將優點介紹給農友認知，深受農友肯定與接受，栽培面積逐年增加。因此，茲將本場同仁過去對綠肥作物栽培利用相關論文等報告彙編成冊，供農政單位及農友栽培綠肥作物之參考。期使水田及果園全面播種綠肥作物栽培利用，以節省化學氮肥用量及增加農田生產力，藉以推動農業之永續性生產。本場歡迎農友對於「綠肥作物栽培利用」方面或相關技術若有疑問，可隨時洽詢台中區農業改良場，我們非常樂意協助及指導。

陳榮五 謹識
中華民國八十九年七月

推動合理化施肥措施與因應

賴文龍

前 言

經濟自由化的趨勢，台灣肥料公司民營化已是政府既定政策。市場自由化後，台肥公司生產肥料為反映成本，勢必調整出廠價格。為避免肥料價格漲幅過高，直接影響農業生產成本對農民衝擊過大，負責本省肥料配銷之台灣省糧食處決將採漸進方式逐步調漲肥料價格，初期調漲幅度小於台肥公司出廠價格，虧損部分將由中央編列預算補貼價差，再逐年反映市場價格。為符合自由市場精神，三年後政府亦逐步開放肥料進口。預估經六年調整適應後，農民購買肥料之價格將比現在高出 20%。有鑑於目前肥料價格便宜，農民普遍有超量施肥的現象，政府推動合理化施肥措施的長遠目標，既要利用合理施肥方式教育農民減少不必要之肥料使用，期於六年後以減少用肥量之價差，彌補肥料價格之調升價差，避免生產成本之提升，而造成對農業生產之衝擊。

合理化施肥措施

過去農民普遍有超量施肥的習慣，為合理減少施肥量以減少因肥料價格上漲造成之衝擊，行政院農業委員會已結合農林廳、全省各區農業改良場、縣市政府及鄉鎮農會與青果社等機構，於八十七年度開始執行「推動合理化施肥措施」計畫，擬從技術層依據土壤及作物需

肥診斷技術，推薦作物合理肥料用量，施肥時期與方法，教導農民能夠正確使用肥料，減少化學肥料施用量，降低肥料成本支付及維護自然生態環境。

根據歷年肥料需量試驗結果編列作物需肥手冊提供農民種植作物施肥之參考。更依作物種類、品種、各地區氣候、土壤條件栽培管理、病蟲害發生防治情形及作物生育期等因素之需要，作適時、適量、適法之施肥原則指導。並鼓勵農民依作物所需多施有機質肥料、生物肥料、酸性土壤改良劑及種植綠肥作物等措施之資配合。期增進土壤肥力及保持土壤地力，維持正常作物生產量及提升農產品之品質。

合理化施肥推動及執行項目

為應轄區內各種產業發展需要，配合中央政策提升果樹、花卉、蔬菜及茶葉等產業競爭力專案計畫，以重點產業及具有地方特色少量多樣化發展潛力之作物為發展重點，以具備下列條件之作物優先列入輔導對象：(1)具有發展潛力作物(2)施肥量及施肥方法改進空間較大者(3)地區性主要栽培作物(4)土壤條件及氣候符合適栽之地區(5)農民配合意願高其人力可充分配合之產銷班。

果樹以「提升水果產業競爭力」輔導之十六種果樹，包括梨、芒果、文旦、橙類、葡萄柚類、鳳梨、荔枝、香蕉、番石榴、木瓜、李、桃、龍眼、柿、葡萄、檸檬等果樹優先配合。87 年度本場以產銷班為輔導對象，其中先選梨、椪柑、葡萄、梅、桃、番石榴、枇杷、鳳梨、楊桃、木瓜、荔枝等 11 種果樹進行合理化施肥技術改進推廣執行，面積高達 3,540 公頃；其次蔬菜合理化施肥技術改進推廣執行作物有苦瓜、蔥、大蒜、麻竹筍、茭白筍、西瓜、水芋、薑、蕃茄、茄子、芹菜、萵苣、絲瓜、蘿蔔、甘藍、結球白菜、芥藍菜等十七種蔬菜為

主，推廣面積 2,180 公頃；水稻合理化施肥技術改進推廣執行面積 2,300 公頃；花卉合理化施肥技術改進推廣作物為百合、菊花、玫瑰、唐菖蒲、天堂鳥等五種花卉，栽培面積 720 公頃。台中地區合理化施肥推薦面積 8,740 公頃，分布於中部四縣市各鄉鎮分別依作物栽培情形，進行作物合理施肥推薦用量等業務執行。

結 論

推動合理化施肥措施，依作物生育所需，以適量、適時、適法等施肥原則，配合營養診斷技術服務、施用有機質肥料、酸性土壤改良、種植綠肥作物及生物肥料使用等，期能六年內減少 20% 化學肥料施用量，以減少農業生產成本支付，改善土壤物理性、化學性及生物性，提高土壤肥力及生產潛力，以穩定作物產量與品質提升，開拓市場消費者需要。

合理選擇綠肥作物栽培

陳鴻堂

凡是綠色植物栽培後，可以直接以新鮮狀態施用於土壤，作為肥料或改善土壤理化性質者，均可稱為綠肥作物，當綠肥用的植物因其植體的碳氮比通常小於 25，所以其掩埋土壤後能夠迅速分解，其中易分解的部分釋出養分，不易分解部分可以增加土壤有機物，所以栽培綠肥掩施的功用與施用有機質肥料效果相似。為了長期保養土壤及維護農田生產力，農田利用綠肥提供後作物養分，對農作物栽培管理而言，是一種投入成本低而效果明顯的補充土壤養分及改良土壤肥力措施。

可以當作綠肥的植物大部分為豆科植物，非豆科綠肥較少，包括十字花科之油菜、大菜等及蓼科之蕎麥或禾本科之玉米、裸麥、燕麥等。豆科綠肥則適宜包括夏季栽培之田菁、太陽麻、大豆類及秋冬季溫度較低時適當栽培之埃及三葉草、苕子、紫雲英、羽扇豆、花生、大豆類及其他多種豆科植物等。因為豆科作物綠肥作物的根具有共生之根瘤菌，能固定空氣中氮素、故當綠肥栽培時，通常不必施肥，就能生長迅速，在短期獲得高的鮮草量，且其植物含氮量較非豆科植物高，植體組織柔嫩多汁，掩施土壤後分解迅速。

目前農政單位補助推廣的綠肥，依據選擇作物為綠肥作物，應具備的條件：

- 一、必須適合當地土壤及氣候條件。
- 二、栽培容易，生長旺盛，鮮草量產量高。
- 三、植物所含的肥料成分高，掩埋後分解容易，肥效顯著。
- 四、生產綠肥種子成本低。
- 五、最好具深耕性，能改良底土及利用土壤深層養分。
- 六、生長期中或收穫後對土壤沒有不良影響。
- 七、栽培期間不易發生病蟲害，或對後作物不會潛藏病蟲害。
- 八、掩施利用便利。

選出適合冬季休閒栽培的綠肥油菜、埃及三葉草、苕子三種與夏季休閒的田菁等綠肥。唯因彰化縣是本省蔬菜生產的主要縣，在二期作水稻收割後，因氣候轉涼適宜許多十字花科蔬菜生產，如甘藍、蘿蔔、結球甘藍、花椰菜、芥菜等蔬菜，在農民沒有種植綠肥時常會轉而種植此類蔬菜，以增加收入，同時也造成冬季蔬菜生產過盛的壓力，故農政單位均會適時宣導農民在這個時期不要種植蔬菜，而改種培養地力的綠肥。在播種冬季綠肥中由於農民過去有種植油菜，收穫種子榨油供食用的經驗，且油菜開花時，呈現一片黃色花海狀極為壯觀，所以推廣面積很快的就達一萬五千多公頃，而苕子及埃及三葉草之推廣面積則均在 5,000 公頃以下。由於油菜是十字花科植物，其根部沒有共生的根瘤菌，故栽培時必須施用化學肥料，依據作物施肥手冊的推荐施肥量為氮素及磷酐，每公頃施 10~20 及 18~27 公斤，全量於播種後 15~20 天一次施用。而豆科綠肥之埃及三葉草與苕子則可以不必施肥，只靠其根部共生之根瘤菌固定空氣中的氮，其植株生長就可達到綠肥的經濟產量。

油菜栽培另一個比較會產生困擾的問題，就是油菜易發生較嚴重的蚜蟲、小菜蛾、紋白蝶及黃條葉蚤等害蟲，一般農民認為其僅供利用為綠肥，為了節省栽培成本，而不加以防治時，油菜植株上的害蟲密度確實很高，就曾經有與油菜綠肥田為鄰的蘿蔔栽培農民，因一心油菜綠肥上的害蟲源可能會為害其蘿蔔生長，而質疑農政單位推廣綠肥的美意。為了降低綠肥栽培可能對鄰近農田產生害蟲為害的衝擊，籲請農民在鄰近蔬菜栽培時，應注意害蟲的防治，或提早將油菜綠肥掩埋入土壤。相對的埃及三葉草及苕子則至目前為止，並無嚴重的害蟲發生紀錄，是蔬菜栽培區鄰近農田可選擇栽培的綠肥。

總之選擇作為綠肥作物的原則就是要以成本低、省時、省工的方式來決定栽培何種綠肥，達到利用綠肥改良土壤，及提供後期作物養分的目的。



圖一.適合夏季栽培之綠肥田菁。



圖二.適宜夏季栽培之綠肥太陽麻。



圖三.田菁綠肥曳引機掩施。



圖四.裡作栽培面積最廣的綠肥油菜，其缺點是容易發生害蟲，如紋白蝶、蚜蟲、黃條葉蚤及小葉蛾等十字花科害蟲。



圖五.裡作的豆科綠肥埃及三葉草開白色花。



圖六.豆科綠肥埃及三葉草根部分之共生固氮根瘤菌。



圖七.十字花科綠肥大菜生長情形。



圖八.蕎麥生長情形，也可以當綠肥。



圖九.裡作綠肥應於水稻收割前3~5天播種，並在水稻收割時將稻草切斷覆蓋。



圖十.將稻草燒除後再播種綠肥埃及三葉草是不合理的綠肥栽培方法。



圖十一.裡作綠肥栽培若將稻草燒除後再播種綠肥，易生雜草。



圖十二.合理的綠肥栽培方法，不會滋生雜草。

中部地區冬季裡作栽培綠肥作物 推廣示範成果

賴文龍

台中區農業改良場多年來配合政府執行『推動合理化施肥措施綠肥作物栽培利用推廣』計畫，得知利用冬季農田休閒期及休耕期間種植油菜、苕子、埃及三葉草等綠肥作物為掩埋後呈現最經濟有效的土壤肥培管理方法，可減少化學肥料的施用量，增加土壤有機質含量，改善土壤理化性。本場於二月十日上午九時三十分假台中縣太平市太平里舉辦「水田裡作種植綠肥作物栽培利用示範推廣」成果觀摩會，當日來自全省農業機構、中部地區鄉鎮農會及農友等約一百八十多位人員聞訊趕來參加與會，共襄勝舉。

對於於稻田裡作栽培綠肥作物之特性及施行栽培之技術方面，陳場長榮五博士表示冬季裡作農田休閒期間播種豆科綠肥作物，因與其共生之根瘤菌可固定空氣中游離氮氣，增加土壤中氮素之來源，並兼具美化農村鄉道景觀。油菜為十字花科綠肥作物有紓減冬季蔬菜生產過剩之壓力，油菜開花期長有美化農村景觀之效，並可提供養蜂冬季蜜源等功能。另外，陳場長強調近年來裡作綠肥作物推廣面積快速成長，配合農田休耕擴大推廣種植綠肥作物，可維護土壤肥力、美化田園景觀、保育農田永續生產，提升農產產量及品質。

綠肥作物之植體為高效性之有機質肥料，綠肥作物栽培利用，一般以直接翻犁掩埋入土中。目前農民栽培綠肥作物掩施不同方式進行，於綠肥作物開花初期以乾耕犁掩埋至插秧前期間任意於曝曬，以致綠肥作物殘體之養分略受影響。因而，建議農民於插秧前

或後作作物栽培前約 15~20 天淺水灌溉耕犁掩施，有利於綠肥作物殘體發酵分解，以利後作作物之吸收利用養分。同時，後作作物栽培生育期間所施肥料用量應將綠肥殘體所釋放養分扣除，以免過量施肥造成後作作物營養過剩產生倒伏及病蟲害危害。惟掩施時應注意下列各點：

1. 掩埋生草量應視土壤性質來決定，砂壤土有機物分解迅速，用量可多，粘土通氣較差則不宜過多，因其分解遲緩，易起還原作用，產生有害物質，對作物不利。
2. 綠肥作物掩施土中之最佳時期，以開花盛期最適宜，此時期含氮量最多，莖葉且柔嫩多汁，易分解。
3. 綠肥植體分解時加施石灰中和酸性，促進分解之效果。
4. 綠肥植體耕犁掩埋深度愈深，對作物根系發育有利。
5. 綠肥植體掩施後須經十五至二十日以上的分解，才可種植栽培其他作物。
6. 綠肥植體掩施後殘體分解發酵，產生發酵熱對後作作物根部生長不利，一般在第一期水稻插秧前 15~20 天掩埋，使綠肥殘體能充分發酵分解，以利後作物之吸收利用。



圖一.油菜綠肥作物生育初期，需施用化學肥料，促進植株生長。



圖二.油菜開花期間為蜜蜂重要蜜源之一。



圖三.青皮豆綠肥作物生育情形。



圖四.埃及三葉草綠肥作物生育茂盛為水田極佳綠肥作物。



圖五. 苕子荳科綠肥作物生長旺盛, 生草量高為極佳推廣冬季綠肥作物之一。



圖六. 苕子綠肥作物開花情形。



圖七. 田間觀摩解說綠肥作物栽培管理過程。



圖八. 綠肥作物栽培推廣檢討會由陳課長主持介紹中部地區栽培綠肥作物推廣概況。

掩施綠肥後作物施肥原則

陳鴻堂 林景和

前 言

綠肥一詞大多數農友皆耳熟能詳，根據定義綠肥係任一植物以其生鮮植體犁入土中藉微生物分解釋出養分供作物利用之新鮮植物，追溯綠肥與農業生產已有數千年的歷史，早期人類耕作即知種植豆科植物改良土壤可增加下期作物產量，本省在化學肥料未發達或價格高昂時代，綠肥的利用極受重視，但過去有一陣子在努力增產之前提下，農田大多密集生產難得休閒，加上化學肥料已很普遍，致使以種植無收成之綠肥來取代種植正期作物及減少購買化學肥料費用之情況不再常見。近年來由於農業生產轉型，為免農業生產過剩與達到土壤保育的雙重目的，政府積極推廣在農田休閒期種植綠肥，由於綠肥掩施後其肥效對後作物有所影響，故講求其施肥原則有其必要，本文擬就相關研究整理簡略介紹。

綠肥與植物營養

一般農友皆知綠肥犁入土內有：(一)提供植物營養；(二)增加土壤有機質、改善土壤條件等目的。其中(一)提供植物養分最為農友關心。許多的研究指出綠肥提供後作養分主要有三種方法，其一為豆科綠肥固定空氣中氮素增加土壤肥力，其二係綠肥作物先行吸收難溶性之養分如磷、鉀等待其分解後再釋放供後作物使用。吾人知道植物生長需要的氮、磷、鉀三種大量養分，通常土壤所能供給的量都無法滿足作物最大生長潛能，必須人工施肥才能使作物增加產量及提高品

質，尤其氮素肥料的影響最大。今以作物三要素中需要量最大的氮為例，每公頃掩施 10 噸之油菜，即相當於投入 46 公斤的氮肥，故單純以提供作物養分的觀點，綠肥即可取代部份化學肥料之施用，此即為早期化學肥料未發達而肥料昂貴時代種植綠肥的重要目的。然而，綠肥的功效其實不僅止於提供植物養分，尤其今化肥已不再昂貴，吾人需重視者應在於增加土壤有機質之功用，特別是因本省位在亞熱帶，氣溫高之情況下，土壤有機質消耗快速，若能以種植綠肥補充土壤有機質是一種經濟有效方法。此外，改善土壤條件，如改良土壤構造、防止土壤沖蝕、養分流失亦是極重要的。

綠肥掩施方法及後作施肥原則

關於綠肥的利用方法，首先必須考慮下列兩個掩施時期，(一)必須在綠肥的後期作物種植前 15~20 天埋入土壤中先行分解，以避開綠肥在土壤中先行分解所產生的有害物質如有機酸等危害作物。(二)綠肥生長到開花盛期，地上部鮮草量最多，此時趁綠肥植體柔嫩時埋入土壤中最為適合，因過早犁入綠肥鮮草量不多，而過晚犁入因綠肥植體組織木質化致分解困難。其次要考慮掩施綠肥的土壤酸鹼度，綠肥施用後土壤 pH 值低於 5.5 時，每公頃可施石灰 1.5~2 公噸，以適度的調整土壤 pH 值及分解時產生的有機酸。

綠肥的施用量並不是愈多愈好，一般以後作物需氮量的 80% 換成之綠肥鮮草量為最高掩施量，過量的綠肥應搬至鄰近田區施用。還有必須考慮的就是掩埋綠肥時土壤必須保持適當水分，以促進綠肥之分解，又掩施深度約以 10 公分深較佳。前述已提及綠肥之作用不只是單純的提供植物養分而影響後期作物生長，很多的研究明確指出種植綠肥影響作物生長之土壤環境如 pH，土壤團粒結構、有機質含量、土壤水分含量、土壤養分吸附能力等等，這些因子均與後期作物生長有相當之關係，因此，綠肥犁入後之後作物施肥方法之考慮應是多方

面的。

然而，基本上犁入綠肥可節省化學施用及免施有機肥料，至於化肥能減施多少，受綠肥種類、綠肥生草掩施量、綠肥植體的柔嫩程度及在當時土壤條件下礦化速率之影響，此問題牽涉因素多且複雜，故應以田間試驗為主，如表二列出過去本省有關犁入綠肥後對後期作物生長功效與其化肥之適當施用量供參考。一般而言，在未及研究本省常栽綠肥在各種土壤條件下肥效之前提下，農民應先知道農田掩施綠肥的數量，再將掩施綠肥量乘上綠肥的養分含量，就可得到綠肥掩施後農田能獲得的養分數量，才能計算後作物應減少多少肥料。資料指出掩施綠肥後之作物氮素肥料適當施用量是將過去農田氮素施用量扣除綠肥所能供給的氮素量的 50%~70%後，為後作物氮肥施用量，以避免氮肥過多。至於後作物所需氮肥如何施用，應可參考水稻田掩施紫雲英的試驗結果，以 50%當基肥，25%做第一次追肥(插秧後一期作 15 天)，及另 25%供穗肥(幼穗形成期)用，對水稻增產效果較佳。若再考慮綠肥犁入土壤後礦化速率時，農民似可先以減施 15%、10%、5%，氮肥之方法觀察後期作物對氮肥之反應達到減施氮肥的目的。

結 論

推行休閒農地及夏、冬季種植綠肥，表面上農友似乎因無作物的直接收穫而減少收益，但事實上從綠肥養分之供應而減施後作所需肥料及土壤改良之效益也許較密集種植者多，尤其遇上冬裡作蔬菜嚴重滯銷時更有價值，基於開源與節流均為存錢的理念，農友選擇種植綠肥同樣是有所收穫。

表一、綠肥鮮草養分含量(%)

種類	氮	磷酐	氧化鉀
一、豆科綠肥			
山珠豆	0.33	0.11	0.42
熱帶葛藤	0.25	0.02	0.16
台灣葛藤	0.44	0.005	0.39
卵葉藤	0.57	0.09	0.48
野生大豆	0.42	0.02	0.42
青割大豆	0.58-0.70	0.09-0.14	0.32-0.58
大葉爬地藍	0.67	0.01	0.36
大豆葛藤	0.40	0.02	0.21
賽芻豆	0.34	0.01	0.33
營多藤	0.54	0.01	0.20
矮性鐵富豆	0.80	0.05	0.28
高性鐵富豆	0.72	0.12	0.39
虎爪豆	0.81	0.12	0.40
田菁	0.42-0.52	0.07-0.12	0.15-0.42
太陽麻	0.37-0.39	0.08-0.14	0.14-0.23
琉球大豆	0.48	0.02	0.34
豌豆	0.45-0.51	0.10-0.15	0.35-0.52
豬尿豆	0.69	0.12	0.59
苦勞豆	0.37	0.08	0.14
蛋白豆	0.36	0.09	0.32
黃花羽扇豆 (魯冰)	0.35-0.50	0.07-0.14	0.15-0.30
紫雲英	0.35-0.48	0.08-0.09	0.24-0.39
苕子	0.56	0.13	0.43

苜蓿	0.72-0.78	0.11-0.16	0.40-0.45
落花生	0.48-0.59	0.08-0.14	0.33-0.48
蠶豆	0.33-0.55	0.12	0.45-0.57
綠豆	0.63	0.15	0.04
三葉草	0.48-0.56	0.09-0.18	0.24-0.55
米豆	0.43	0.08	0.50
夾毛豆	0.72	0.12	0.39
槐藍	0.60	0.10	0.45
<hr/>			
二、非豆科綠肥			
青割燕麥	0.37	0.13	0.56
青割裸麥	0.53	0.24	0.63
青割玉米	0.19	0.10	0.37
蕎麥	0.39	0.08	0.38
油菜	0.46	0.12	0.35
大菜	0.21-0.27	0.06-0.09	0.32 -0.56
<hr/>			

表二、綠肥肥效及作物之反應

試 驗 結 果	資 料 來 源
1. 掩施冬季休閒期所種植綠肥可增產稻穀與稻蒿收量 0~20%。	林國謙等(1951)
2. 掩施 1 萬公斤紫雲英對水稻肥效，約相當於 40 公斤化學氮素。	張國勤、梁燦生(1962)
3. 稻田掩施田菁鮮草 15 公噸配合化學氮肥之適當施用量因土壤肥力及稻作品種而異，大致在 40~80 公斤。	張學琨等(1963)
4. 酸性水田掩施紫雲英 15 公噸鮮草量，祇要配合施氮素 60~80 公斤即感足夠。氮肥配合使用法以基肥 50%，第一次追肥 25%、穗肥 25% 較好。	黃山內(1979)
5. 埃及三葉草 15 公噸有 40 公斤氮素之效應，化學氮素肥料之配合施用法以基肥 50~75%，一追 0~25%，穗肥 25% 之早期重肥法較佳。	謝炯明(1981)
6. 每公頃敷蓋約 5 噸田菁，等於施氮、磷、鉀各 120、25 及 90 公斤，增產玉米 400 公斤及節省氮肥 50 公斤。	連深、王鐘和(1988)
7. 掩施埃及三葉草對春作高粱子實產量增產 16.4%，酸性土壤配合石灰處理增產高達 24.2%。	蔡宜峰等(1989)
8. 輪作制度試驗，種植田菁之後作玉米產量增加 23%。	李文輝(1991)
9. 齊藤鐵造指出太陽麻 18 噸含 72 公斤氮素，但綠肥之氮素肥效僅 53%。台糖研究所土壤肥料系 41~42 年產量試驗結果，太陽麻 26,307 公斤地上部含 97 公斤氮素，地上及地下部之氮素，相當於 75 公斤化學氮素。	王世中、李開元(1956)
10. 太陽麻 20~40 公噸相當無機氮 139~163 公斤，可節省無機氮素 38.9~85.6 公斤，綠肥之肥效為 52.9~69.3。蔗田施 2 萬~3 萬公斤之綠肥，蔗糖產量增加 10~20%。齊藤氏在施等量化學肥料下，掩施太陽麻 9 噸~18 噸、27 噸及 36 噸分別增產蔗糖 12%、20% 及 22%。G Clark 施太陽麻生草 21,755 公斤增產蔗糖 30%。	薛鎮江(1958)
11. 化學肥料加綠肥在總要素量相同的情況下，僅砂土施綠肥(田菁及太陽麻)略有增產蔗糖之效果。	魏之清(1969)
12. 綠肥(花生、田菁、太陽麻)植體各部位之氮、磷、鉀含量先端部為最高，葉部次之，莖部又次之，根部最低。	楊秀青(1966)
13. 蔗田間作綠肥，春及秋植太陽麻增產蔗莖 8.1 及 4.3%，每公頃節省氮素 30~60 公斤。	包敦樸、何逢偉(1953)

果園栽培綠肥作物覆蓋之利用

賴文龍

前 言

本省果園栽培區域以山坡地為主，目前從事果樹栽培之果農年齡逐漸老化，於勞力缺乏情況下，果園除草以噴施殺草劑或割草等耕除方式，每年進行 5 次以上，使地表無被覆物而呈裸露，每逢颱風或下豪雨時，易造成土壤沖蝕致表土流失，使耕作果園土壤逐漸貧瘠。

篩選果園內原有之本地草種行覆蓋地表，依雜草生長情形及果園肥培管理措施，需進行數次割草或再配合一次以上噴施殺草劑去除，此種草生栽培方式已逐漸為農友接受。

果園栽培豆科綠肥作物，好處多

本場以苕子、多年生花生、埃及三葉草等豆科綠肥作物做果園栽培綠肥作物進行示範觀察。由於過去農民對化學藥劑頻繁施用，致破壞土壤結構與環境污染，影響果樹產量及品質至鉅。因而本場利用豆科綠肥作物進行果園覆蓋篩選，於雨季結束前栽培或播種豆科綠肥，期能於短期內迅速生長覆蓋果園地表，抑制雜草滋生，且能增加土壤有機物質，改善土壤物理性、化學性及生物性，促使土壤有益微生物活動，有效分解土壤中養分與釋出，供給果樹營養所需。

苕子為果園栽培綠肥作物，覆蓋地表效果極佳

苕子係一年綠肥作物，匍匐性莖柔軟、羽狀複葉，具有覆蓋地表極佳效果，於9月雨季結束前播種。果園撒播每公頃30~40公斤播種量，撒播後噴灑水使種子及土壤充分吸濕，約一週左右萌芽，苕子植株初期以放射狀分支生長。苕子不耐踏，踏後易影響莖蔓生長。苕子生長迅速，能夠短期間內全面覆蓋果園地被，減少雜草滋生，以達保水、保肥效果，增加果園土壤肥力，維持果園生產潛力，兼具水土保持功用。苕子為果園草生栽培覆蓋極佳之綠肥作物。

多年生花生行草生栽培，抑制雜草滋生兼具水土保持功用

多年生花生由台大農學院附設農場提供種源，花生由於種子發芽率極低，因而，採用扦插種植，行距15~25公分，株距10~15公分，每植穴約3~4株插苗，種植初期須充分灌水，保持濕潤，提高種苗成活率；生育初期加強雜草拔除，減少雜草與其競爭，加速地表覆蓋。花生覆蓋果園時其莖蔓長不定根固定土壤，減少雨水沖蝕土壤，花生生育期間耐旱，耐踏不受耕作影響繼續生長，莖蔓濃密被覆地表防止雜草滋生，減少表土沖刷流失，兼具水土保持功用，適合果園草生栽培。

埃及三葉草覆蓋面狹小，較不適果園栽培

埃及三葉草性喜冷涼氣候，耐蔭性強，本省果園於9月間播種，每公頃播種量20~30公斤種子。撒播後土壤充分保持濕潤，利種子

吸濕萌芽，提高族群密度。埃及三葉草不耐乾旱，冬季正逢乾旱缺乏灌溉，致埃及三葉草生長勢較差，覆蓋果園面積窄小，雜草易滋生，較不適做為果園覆蓋栽培之綠肥作物。

結 語

綜合以上試驗結果，建議農友在果園種植豆科綠肥作物，栽培生草量多之品種，增加果園覆蓋地被面，減少雨水沖蝕，抑制雜草滋生，改善土壤物理性，增加土壤通氣性、透水性及土壤保水力，增加土壤微生物活動，具有水土保持功用。

而且豆科綠肥作物與根瘤菌共生形成根瘤，進行吸收空氣中游離氮氣，行固氮作用，提供果樹營養所需，增加氮肥來源，防止雜草滋生與具有水土保持作用，果園同時可以減少化學肥料施用量，以達果園合理施肥之效果，增加果樹產量及提升品質。



圖一.梨樹果園播種苕子綠肥作物，覆蓋果園地被生育情形。



圖二.桃樹果園苕子綠肥作物覆蓋率高，開花情形。



圖三.柑桔果園苕子綠肥作物覆蓋情形。



圖四.柑桔果園苕子綠肥作物生育後期開艷麗花朵。



圖五.柑桔果園栽培多年生花生豆科作物覆蓋果園地被情形。



圖六.柑桔果園階段栽培多年生花生作物生長覆蓋情形。



圖七.梨樹果園栽培多年生花生作物生長覆蓋情形。



圖八.果園栽培多年生花生扦插種植情形。



圖九.多年生花生莖蔓節間產生不定根，有利於扦插種植。



圖十.種植多年生花生須充分灌溉，生育初期加強雜草耕除，有利於生長。



圖十一.梨樹果園種植油菜綠肥作物，易遭蟲害及危害果穗，影響結果率。



圖十二.梨樹果園因耕犁鬆土除草易造成表土沖蝕流失。

綠 肥 與 輪 作

賴文龍

一、前 言

梨山位於台中縣和平鄉海拔高度在 1,700 公尺以上之高山。於民國四十六年及五十二年間，退輔會分別於福壽山、武陵設置農場，開墾種植溫帶水果如蘋果、水蜜桃、梨、李等並帶動當地溫帶果樹栽培。中橫公路通車後，遊客不斷湧入，帶動該地區繁榮，沿途於佳陽、梨山、華岡、松茂、環山、苗圃、武陵等地區相繼栽培溫帶果樹。近年來，由於水果開放進口，以致水果價格低落，不敷成本支出，果園相繼廢耕改種茶樹、夏季高冷蔬菜。菜農種植之蔬菜田大部分均以租地耕作，為講求產量純收入之效益，菜農不計成本施肥，於栽培期間大量施用雞糞、化學肥料，造成當地蒼蠅滋生，影響生活環境品質至鉅。

德基水庫集水區源頭，栽培高冷地蔬菜之農地，土層淺而肥力差，菜農種植蔬菜致大量施用肥料，造成肥份供過於求。栽培甘藍每期作施用公頃要素推薦用量 $N:P_2O_5:K_2O$ 為 200~300:70~90:120~180 公斤/公頃；而當地農友施用肥料以複合肥料為主，換算成三要素用量約 1,200~1,300:170~190:1,000~1,200 公斤/公頃，為推薦用量之約 10 倍。甘藍採收後所施用之複合肥料成堆尚未溶解殘留於蔬菜田園表土上面，造成嚴重土壤污染，如逢豪雨沖蝕而溶淋流入水庫，成為水庫之水質優養化污染源。

因此，梨山地區高冷蔬菜栽培農地於夏作蔬菜收穫後，輪作綠肥作物覆蓋田園地被，可減少雜草滋生、養分之競爭，避免以往大量施用除草劑。輪作耕作可減少病蟲危害及農藥使用量，間接可減少對當地環境污染。利用蔬菜田園休閒期間，種植綠肥作物為最有效而經濟

保育土壤地力之管理，且可增加土壤中有機物質含量，以改善蔬菜田園土壤之理化性及生物性，保育地力提高蔬菜生產量及品質。

二、綠肥栽培利用

利用田園栽培任何一種作物，於生育期間將其新鮮植物體，全株直接翻犁掩埋入土中當作肥料，並利用綠肥來保持或改善土壤肥力稱為綠肥作物。綠肥對栽培作物之生產力供給養分不亞於化學肥料，過去傳統農耕法就栽培綠肥作物、掩青甘藷蔓葉或農作物殘體掩埋，改善土壤地力，維持農作物正常生產，並可抑制有害雜草，在耕地休閒期間有減輕雜草滋生之效。

綠肥作物栽培生長於開花盛期或生長茂盛時期，將其新鮮植物體全株直接翻犁掩埋入土壤中，藉著土壤微生物的分解其中易分解之殘體，礦質化並釋放出養分充當肥料，供給後作物營養生長所需養分利用。另外，由於其含有大量不易分解之纖維素、木質素，可增加土壤有機物，為長期保育土壤肥力及維持農業永續生產力之耕作方式。在高冷地蔬菜栽培地區，利用休閒期間輪作種植綠肥作物迫切需要，是最有效經濟之保育土壤管理之方法。

適合綠肥栽培的作物種類很多，一般分為豆科與非豆科綠肥作物等，其中以豆科綠肥的栽培居多。本省綠肥栽培時期，可分為冬季休閒裡作與夏季綠肥二大類，冬季綠肥作物如埃及三葉草、苕子、油菜、大豆、紫雲英、羽扇豆、蕎麥、大菜等其中以苕子、埃及三葉草及油菜為目前推廣之綠肥作物。夏季以田菁、太陽麻、大豆等為綠肥作物。綠肥作物栽培時，應選擇適合當地氣候環境條件生長之綠肥作物栽培，並依當地輪作模式進行耕作。在梨山高冷地區適合當地氣候環境條件生長之綠肥作物有如苕子、埃及三葉草、黑麥草等。

綠肥作物之植體為高效性之有機質肥料，於綠肥作物開花期翻犁掩埋，濕潤土壤有利於土壤微生物加速分解綠肥作物殘體養分釋放，以利後作作物之吸收利用養分。同時，後作作物栽培生育期間所施肥料用量應將綠肥殘體所釋放養分扣除，以免過量施肥造成後作作物營養過剩易遭受病蟲危害。惟掩施時應注意下列各點：

1. 掩埋生草量應視土壤性質來決定，砂壤土有機物分解迅速，掩埋量可多，粘土通氣較差則不宜過多，因其分解遲緩，易起還原作用，產生有害物質，對後作物生長不利。
2. 綠肥作物掩施土中以開花盛期最適宜，此時期含氮量最多，莖葉且柔嫩多汁，易分解。
3. 綠肥植體分解時宜加施石灰中和酸性，促進分解之效果。
4. 綠肥植體耕犁掩埋深度愈深，對作物根系發育愈有利。
5. 綠肥植體掩施後須經十五至二十日以上的分解，才可種植栽培其他作物。
6. 綠肥植體掩施後殘體分解發酵，產生發酵熱對後作作物根部生長不利，一般在作物種植前 15-20 天掩埋，使綠肥殘體能充分發酵分解，以利後作物之吸收利用。

(一)綠肥之肥效試驗結果摘錄

本省歷年來有關種植綠肥掩施對土壤肥力及作物產量之試驗，結果整理列如表一，綠肥肥效之效益供農友參考。

表一、台灣綠肥作物肥效之試驗結果

試 驗 結 果	研究人員
掩施冬季休閒期所種植之綠肥，可增加稻穀與稻蒿 20% 的收量。	林國謙等(1951)
太陽麻 20~40 公噸相當於無機氮肥 139~163 公斤，可節省蔗田施用 38.9~85.6 公斤的氮肥，綠肥之肥效為 52.9~69.3%。蔗田掩施 20,000~30,000 公斤之綠肥，蔗糖產量提高 10~20%。	薛鎮江(1958)
掩施 10,000 公斤紫雲英，對水稻之肥效相當於 40 公斤化學氮肥。	張國勤等(1962)
稻田掩施田菁鮮草 15 公噸，對水稻之肥效雖因土壤肥力及稻作品種而異，大約為 40~80 公斤化學氮肥。	張學琨等(1963)
綠肥(花生、田菁、太陽麻)植體各部位之氮磷鉀含量以先端部位最高，葉部次之，莖部又次之，根部最低。	楊秀青(1966)
酸性水田掩施紫雲英鮮草 15 公噸後，只要再配合施氮肥 60~80 公斤即可提供足夠的養分。氮肥配合使用法以基肥 50%、第一次追肥 25%、穗肥 25% 較佳。	黃山內(1979)
埃及三葉草 15 公噸有 40 公斤氮素之效應，氮肥之配合施用法基肥 50~75%、追肥 25%、穗肥 25% 較佳。	謝炯明等(1988)
每公頃敷蓋 5 公噸的田菁，約等於施用氮、磷、鉀肥各 120、25 及 90 公斤，可增產玉米 400 公斤及節省氮肥 50 公斤。	連 深等(1988)
掩施埃及三葉草對春作高粱可增產 16.4%，如將酸性土壤配合石灰處理，可使增產提高 24.2%。掩施綠肥(埃及三葉草之土壤有機質含量略有增加，且能緩和土壤 pH 值下降之趨勢。	蔡宜峰等(1989)
輪作制度試驗發現，種植田菁之後作玉米可增產 23%。	李文輝(1991)
台灣北部地區夏作綠肥以大豆 G2120 最適宜，秋作以虎尾青皮豆產量最高，春作又以大豆 G2120 為最適宜。	龔財立等(1992)
採行不整地田菁敷蓋之栽培模式時，秋作玉米的產量會增加，且該區之土壤理化性較佳、pH 值較高，但蟲害較嚴重。	王鐘和等(1993)

(陳能敏,1997)

(二)本省冬季裡作主要栽培綠肥作物及其養分分析

綠肥作物種類繁多，本省栽培之綠肥作物，其植物體之主要養分列如表二，僅供農友選擇適合當地栽培之綠肥作物選擇種類之參考。

1. 苕子

苕子為一年生蔓性豆科草本植物，生長適應性很廣，能夠適應各種土壤生長，海拔 1,500 公尺以下山坡地均能生長，於梨山苗圃地區果園栽培觀察，可全年生長為高海拔山坡地為極佳之綠肥作物。撒播每公頃播種量 15~20 公斤，於夏作蔬菜收穫後，不整地直接撒播或整地後播種，並隨淺耕增加種子與土壤接觸面以提高發芽率。苕子生長初期生長較緩慢，為促進根瘤生長酸性土壤每公頃應施用石灰 500 公斤為基肥，改善土壤理化性。苕子較不耐濕，生育初期田土應保持濕潤以促進生育。開花盛期時掩埋入土，此時植株營養成分高，莖蔓柔軟多汁，掩埋後容易腐熟分解。一般於翌年 2~3 月間可翻犁掩埋其生草量約 30~50 噸/公頃，應於後作種植前 15~20 天翻犁掩埋土中。翻犁掩埋後可加速土壤微生物分解植株殘體。有效肥分鮮草含氮素 0.56%、磷酐 0.13%、氧化鉀 0.24~0.55%。生草量以 10,000 公斤礦化率 60% 計算，可供後作物作物約 34 公斤氮素(約施尿素 74 公斤或硫酸銨 162 公斤)。

2. 埃及三葉草

埃及三葉草為一年生豆科草本植物，性喜冷涼氣候，不耐霜亦不耐熱，砂壤土生長最佳，耐蔭性強。每公頃播種量 10~15 公斤於夏作蔬菜收穫後，不整地直接撒播或整地後播種，並隨淺耕以提高種子發芽率。於翌年 2~3 月間開花盛期即可翻

犁，生草量約 20~30 噸/公頃。有效肥分鮮草含氮素 0.48~0.56%、磷酐 0.09~0.18%、氧化鉀 0.24~0.55%。生草量以 10,000 公斤礦化率 60% 計算，可供後作作物約 29 公斤氮素(約施尿素 63 公斤或硫銨 138 公斤)。

3. 油菜

油菜適應環境能力很強，生長初期喜溫暖濕潤，對土壤的選擇不嚴，排水良好且肥沃的土壤最適宜。每公頃約需種子 6~9 公斤，視土壤肥沃程度，調整播種量。油菜栽培生育初期應酌施氮肥及磷肥，以促進生長，油菜生育初期宜有適當的水份以利生長。油菜害蟲有蚜蟲、小菜蛾及擬尺蠖，若發生病蟲危害時必須防治，並避免成為附近田區冬季裡作物之病蟲源。掩施最適宜時期為油菜開花盛期，生草量約 10~20 噸/公頃。有效肥分鮮草含氮素 0.21%、磷酐 0.02%、氧化鉀 0.28%。生草量以 10,000 公斤礦化率 60% 計算，可供後作作物約 13 公斤氮素(約施尿素 28 公斤或硫銨 62 公斤)。

表二、綠肥作物之主要有效肥分(%)

綠肥種類	苕子	埃及三葉草	油菜	大豆類	蕎麥	大菜	紫雲英	田菁
氮素 (N)	0.56	0.48-0.56	0.21	0.61-0.82	0.40	0.20-0.28	0.48	0.42-0.52
磷酐(P ₂ O ₅)	0.13	0.09-0.18	0.02	0.07-0.09	0.15	0.08-0.10	0.09	0.05-0.06
氧化鉀(K ₂ O)	0.24-0.55	0.24-0.55	0.28	0.46	0.32	0.47-0.58	0.37	0.37-0.47

(張金城，1997)

三、輪作

輪作是指在同一塊土地上，有計劃而按一定之順序栽培不同作物，經過若干年之作物種類順序交換後，土壤的養分可充分吸收利用，減少前作作物殘留的毒害，深根、淺根性作物輪流栽培，充分利用土壤養分，輪作可改善土壤物理性、化學性、生物性及防止土壤表土流失等功用之輪作耕作制度。

輪作制度建立可有效維持土壤肥力。連作相同作物則將土壤中同樣養分消耗過多，造成某種養分缺乏，而其他養分則易過剩。同一種作物之根能分泌某種有害物質，對某些作物會產生為害，同時亦增加病蟲、雜草為害，如採用輪作制度，則可減少病蟲及雜草危害，增加土壤養分均衡供需，不致因作物連年吸收土中同一肥分產生缺乏失調而耗竭地力。

(一)輪作制度應用基本原則

- 1.淺根作物栽培後種植深根作物交互種植，可吸收土壤各層養分充分利用地力。
- 2.固氮(豆科作物)與需氮作物輪作種植。
- 3.間作種植綠肥作物覆蓋地被，減少雜草滋生，防止土壤地表沖蝕流失。
- 4.輪作制度內列入綠肥作物。
- 5.土壤病害之作物不可連作，減少病害發生。
- 6.輪作種植作物吸收養分不同，可充分利用各養分。
- 7.消耗地力快的作物與消耗地力慢的作物配合成一輪作系統。

(二)輪作制度之優點

- 1.輪作耕地可周年充分利用，提高複作指數，維持土壤生產力。
- 2.減少病蟲害的發生及雜草滋生為害。

- 3.增加土壤有機物質含量及改善土壤理化性與土壤結構，增加土壤肥力。
- 4.充分利用土壤各土層之養分，減少土壤沖蝕及保蓄水分，有效提升土壤生產力。
- 5.增加農業經營整體面之收益。

(三)中部地區高冷地輪作模式

梨山高冷地蔬菜栽培地區，菜農依農時或氣候環境及市場需求等要件，分別種植甘藍、青蒜、菠菜、包心菜、豌豆等作物。目前該地區現有耕作習性以甘藍為主，其次青蒜、菠菜。其栽培耕作模式為甘藍→甘藍，甘藍→甘藍→青蒜(菠菜)，甘藍→青蒜(菠菜)，青蒜→甘藍→青蒜(菠菜)，均採集約栽培以致需施用大量肥料，及連作栽培上使用大量農藥防治病蟲害，易污染當地環境及集水區水源優養化。建議梨山高冷地蔬菜栽培區之農田，能夠以輪流種植不同作物，蓄積土壤肥力減少病蟲害防治及雜草滋生防除。依現況輪作模式建議以甘藍→甘藍→綠肥，青蒜(菠菜)→甘藍→綠肥，甘藍→青蒜(菠菜)→綠肥等模式實施輪作集約栽培蓄積土壤肥力，減少病蟲危害。

四、結 論

由於本省處於亞熱帶地區，耕地土壤有機物質分解較快，土壤肥力逐漸貧瘠，栽培作物主要仰賴使用化學肥料，才能於短期間內提供生長所需養分以增加作物產量。但由於長年累積使用大量化學肥料，土壤逐漸酸化及自然生態被破壞，環境遭受污染，使土壤逐漸惡化而呈負面效果。因而要保育耕地土壤，則需要合理化施肥，減少化學肥料施用，降低作物生產成本，穩定作物生產產量，提高作物品質。由於利用農田休閒期種植綠肥作物如苕子、埃及三葉草等，掩施後釋放

養分，增加土壤中有機質含量，改善土壤物理性、化學性及生物性，為最經濟有效培育土壤地力之方式。

五、參考文獻

- 1.陳能敏 1997 永續農業過去、現在、未來 農資中心資訊科學叢書 。
- 2.潘士釗 劉賢祥 1983 作物栽培學 維新書局 台北。
- 3.土壤管理手冊 1990 國立中興大學土壤調查試驗中心編印。
- 4.甘藍栽培管理手冊 1984 德基水庫集水區第三期整治規則農藥肥料使用管理之研究與推廣 技術專刊第一號 台灣省農業藥物毒物試驗所編印。
- 5.張金城 1995 綠肥作物栽培利用 台灣省政府農林廳編印。

水庫集水區土壤肥培管理改進示範

賴文龍

台中區農業改良場多年來配合政府政策，推動「合理化施肥措施水庫集水區土壤肥培管理改進」計畫，而進行草生栽培試驗觀察。得知過去集水區源頭區域栽培之溫帶果樹果園除草皆以割草、噴殺草劑及翻耕等方式輪替耕作管理，易造成果園土壤遭豪雨沖蝕，藥劑污染環境及水源。本示範於武陵及松崗地區進行草生栽培試驗，利用豆科植物苕子 *Vicia dasycarpa*，作為果園綠肥栽培作物，確有保水、保肥、防止果園雜草滋生之功能。

苕子又名野豌豆，為溫帶蔓性豆科草本植物，屬於越年生之綠肥作物，莖柔軟，羽狀複葉，葉軸末端具有捲鬚攀緣，總狀花序之紫紅色花朵於天氣炎熱時盛開，可美化田園景觀。苕子種子圓潤光滑，根部著生似珊瑚形狀之不規則大型根瘤數量多，肥效極佳且生草產量豐富；因具匍伏性莖蔓，覆蓋效果極佳，如利用於山坡地果園栽培，有抑制雜草滋生之效果。

苕子的適應性強，能夠適應各類型之土壤，且耐寒性佳，於海拔 2000 公尺左右之梨山、武陵及松崗地區果園進行試種，本項示範分別於 87 年 9、11 月及 88 年 1 月份撒播 50kg/ha 苕子種量，經觀察其週年生育情形，苕子萌芽後其植株初期呈放射狀分支生長，寒冬期間部分遭冷霜危害輕微，生長勢稍受影響，待立春後氣溫回升，生長旺盛覆蓋效果極佳。生育期間逢高溫時段則開花，又逢氣溫稍低或下雨則繼續生長，週年覆蓋果園地被，減少雜草滋生及表土沖刷流失以達保水、保肥效果，增加果園土壤肥力，維持果園生產潛力。適合高海拔

地區果園草生栽培，為一覆蓋極佳之綠肥作物。

果園栽培苕子豆科綠肥作物，其根部著生大型根瘤之固氮菌，可吸收空氣中游離氮氣行固氮作用，提供果樹營養所需之氮肥來源。果園栽培以生草量多豆科綠肥作物之品種行草生栽培，覆蓋果園地被，減少雨水沖蝕，抑制雜草滋生，改善土壤物理性，增加土壤通氣性、透水性及保水、保肥，同時地增加土壤有益微生物族群與活動。梨山地區果園栽培豆科綠肥作物能夠適應夏季嚴熱氣溫，全年皆能持續生長覆蓋，具有水土保持之功用及防止肥料與土壤大量流失，以減少對水庫集水區水質污染之威脅。經本場試種觀察，確認苕子極適合作為該地區推廣草生栽培用之綠肥作物。

綠肥對春作高粱生長影響之研究

蔡宜峰 黃勝忠 賴文龍

綠肥作物是綠肥作物是一種能增進土壤地力的植物。主要由於綠肥作物多屬柔嫩多汁的植物組織，當掩施入土壤後，極易被土壤中的微生物分解，而分解後之機物質在土壤中扮演著許多重要角色。因此，掩施綠肥不僅能增進土壤肥力且有利於後作作物之生長^(1,2,4,5,6)。綠肥作物常用荳科作物，且有固定空氣中氮素的能力，掩施入土壤中則成為土壤氮素的重要來源之一，因此，可減少後作作物化學氮肥的用量^(1,3,4,5)。

以往專家學者對於綠肥作物的效能已有諸多研究，並大多有肯定綠肥功效的結論，但多屬於有關水田的研究^(1,3,5,6)。魏氏⁽²⁾指出在蔗田旱作情況下應用綠肥作物僅略有增加土壤有機質及緩和土壤 pH 值下降之功效，對甘蔗生長及產量則無幫助。而 Reddy 等⁽⁷⁾則指出掩施綠肥雖能增加後作黑麥、小麥及玉米之產量及乾物重，但由綠肥所提供的氮素被後作作物吸收之利用率相當低。因此，綠肥在旱作應用的效果有待多方面探討。所以本試驗即選擇目前本省較常用的綠肥作物如荳科的埃及三葉草(Berseem clover, *Trifolium alexandrinum*, (TABOR)、紫雲英(Chinese milk vetch, *Astragalus sinicus* L.)及十字花科的油菜(rape, *Brassica campestris* L.)等三種綠肥作物，並分別在酸性的砂頁岩沖積土及鹼性的粘板岩沖積土栽培以探討綠肥作物應用在高粱旱作田的功效，另在酸性土壤地區應用石灰配合綠肥處理，以及不同等級的化學氮肥用量處理，以期建立較適當的方法使綠肥在旱作上能發揮最大功效，而能減少施用化學肥料，以供在旱作耕作系統上推廣利用綠肥作物之參考。

綠肥作物青掩鮮重量調查

由綠肥青掩鮮重調查結果顯示，在不同綠肥栽培中，無論是酸性砂頁岩沖積土(外埔試區)或鹼性粘板岩沖積土(大村本場試驗)，都以埃及三葉草的青掩鮮重最高，平均可達 16.8 t/ha(表一)。其次為紫雲英，平均 11.9 t/ha，再次為油菜 8.5 t/ha。如以綠肥生草含氮率，埃及三葉草 0.38%，紫雲英 0.4%及油菜 0.36%，換算為掩施入土壤的氮素量，則埃及三葉草的平均掩施氮素量約為 63.9kg N/ha，紫雲英約 47.4kg N/ha，油菜約 30.8kg N/ha。而從埃及三葉草配合石灰試驗之結果顯示，在播種埃及三葉草前二週施用 3 t/ha 的石灰，可以增加埃及三葉草的青掩鮮重，且在南投及神岡兩試區均有相同結果，而其青掩鮮重平均可達 22.5 t/ha，優於未施石灰而單獨播種埃及三葉草處理的 15.7 t/ha，平均增加率約 43.3%。

表一、綠肥作物盛花期青掩鮮重(t/ha)

處	理	外埔	大村	平均	指數(%)
紫雲英		10.8	12.9	11.9	138.4
埃及三葉草		15.7	17.9	16.8	195.3
油菜		8.1	9.0	8.5	100.0
處	理	南投	神岡	平均	指數(%)
埃及三葉草(不加石灰)		14.5	16.8	15.7	100.0
埃及三葉草+石灰		19.5	25.5	22.5	143.3

高粱生育及產量之調查

在不同綠肥作物配合氮肥之高粱生育及產量調查顯示，無論是大村本場或外埔試區，不同綠肥作物之主區處理，以埃及三葉草處理區的效應最佳，優於紫雲英，油菜及對照區。而高粱的株高，穗重及產量上在埃及三葉草區、紫雲英區、油菜區與對照區都達顯著之差異水準(表二)。以高粱子實產量而言，埃及三葉草處理區的高粱子實產量比未種綠肥的對照區分別可增產 21.2%(大村試驗)及 23.3%(外埔試

區)。至於副區處理的氮肥試驗，高粱生育及子實產量均隨氮肥用量之增加而有增加的趨勢，惟 N2(100kg N/ha)及 N3(150kg N/ha)處理之間的差異不顯著。

綠肥與石灰配合施用之效應實驗結果顯示，在播種埃及三葉草之前二週施用石灰 3t/ha 的處理區，顯著地增加埃及三葉草青掩鮮重平均達 43.3%(表一)。而後作之高粱子實產量則以埃及三葉草配合石灰處理區最高，比對照區之增產率可達 14.1%(南投)及 34.3%(神岡)，其次為單獨石灰處理區，再次為單獨綠肥處理區。無論在南投或神岡試區都有相同之趨勢(表三)。至於不同氮肥用量副區處理，高粱子實產量依次為 N3 (150kg N/ha) > N2 (100kg N/ha) > N1 (50kg N/ha)，但 N3 與 N2 處理間差異不顯著。

表二、春作高粱產量及農藝特性調查

地點	處理 ¹	株高 (cm)	穗重 (g)	千粒重 (g)	子實產量 (t/ha)	指數 (%)	
大村	A	148 ^b	45.4 ^b	28.9 ^a	4.68 ^b	100.0	
	B	152 ^{ab}	44.5 ^b	27.1 ^a	4.89 ^{ab}	104.5	
	C	157 ^a	52.0 ^a	30.8 ^a	5.67 ^a	121.2	
	D	150 ^b	43.4 ^b	28.3 ^a	4.49 ^b	95.9	
	N1	147 ^b	39.6 ^c	24.5 ^b	4.05 ^b	100.0	
	N2	152 ^a	47.2 ^b	29.9 ^a	5.14 ^a	104.6	
	N3	155 ^a	51.4 ^a	31.9 ^a	5.62 ^a	138.8	
	外埔	A	154 ^a	56.3 ^a	35.7 ^a	5.70 ^b	100.0
		B	157 ^a	60.4 ^a	34.7 ^a	5.96 ^b	104.6
C		159 ^a	63.0 ^a	41.3 ^a	7.03 ^a	123.3	
D		157 ^a	57.9 ^a	35.1 ^a	6.37 ^{ab}	111.8	
N1		151 ^c	54.0 ^b	32.9 ^a	5.57 ^a	100.0	
N2		157 ^b	58.8 ^{ab}	37.9 ^a	6.23 ^a	111.8	
N3		161 ^a	64.5 ^a	39.3 ^a	6.62 ^a	118.9	

¹A:對照 B:紫雲英 C:埃及三葉草 D:油菜

N1(50kg N/ha) N2(100kg N/ha) N3(150kg N/ha)

表三、春作高粱產量及農藝特性調查

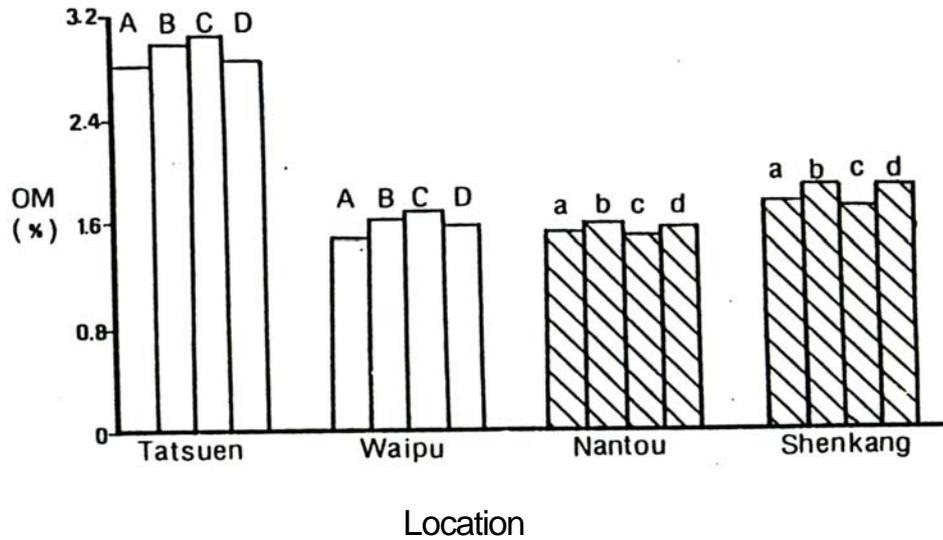
地點	處理 ¹	株高 (cm)	穗重 (g)	千粒重 (g)	產量 (t/ha)	指數 (%)
南投	A	145 ^a	57.9 ^a	32.9 ^a	4.40 ^a	100.0
	B	142.0 ^b	55.6 ^a	34.0 ^a	4.60 ^a	104.5
	C	153.6 ^a	60.1 ^a	33.0 ^a	4.81 ^a	109.3
	D	149.2 ^{ab}	64.1 ^a	33.7 ^a	5.02 ^a	114.1
	N1	144.2 ^b	54.5 ^b	32.4 ^b	4.06 ^b	100.0
	N2	148.2 ^a	61.6 ^a	33.2 ^a	4.95 ^a	121.9
	N3	150.1 ^a	62.2 ^a	34.6 ^a	5.11 ^a	126.0
神岡	A	138.4 ^a	51.9 ^b	38.1 ^a	3.99 ^b	100.0
	B	139.7 ^a	56.8 ^b	39.1 ^a	4.65 ^{ab}	116.6
	C	141.6 ^a	63.4 ^{ab}	41.5 ^a	4.99 ^{ab}	125.0
	D	143.8 ^a	75.2 ^a	40.7 ^a	5.36 ^a	134.3
	N1	139.7 ^a	61.0 ^b	38.7 ^a	4.26 ^a	100.0
	N2	141.9 ^a	63.7 ^a	40.0 ^a	4.94 ^a	116.0
	N3	141.1 ^a	60.8 ^b	40.8 ^a	5.03 ^a	118.1

¹A:對照 B:埃及三葉草 C:石灰 D:埃及三葉草+石灰

N1(50kg N/ha) N2(100kg N/ha) N3(150kg N/ha)

土壤特性之調查

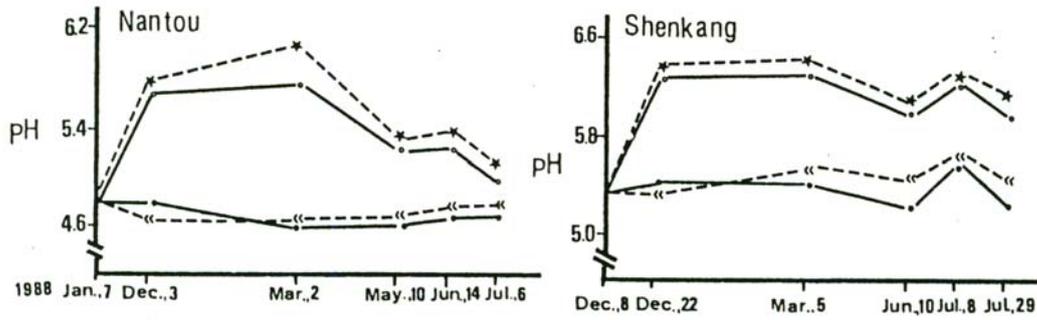
在土壤特性調查上，則各處理間之有效性磷及交換性鹽基離子如鉀、鈣及鎂等並無顯著的差異。但土壤有機質及 pH 值，則有若干差異存在。例如依試驗後土壤有機質含量變化顯示(圖一)，在大村本場及外埔兩試區的有機質含量均以埃及三葉草處理區較高，其次為紫雲英處理區，再次為油菜處理區，而播種及掩施綠肥處理的土壤有機質含量都比對照區無綠肥處理者略高。在南投及神岡兩試區中，埃及三葉草處理區的土壤有機質顯然高於未播種埃及三葉草區處理區者。而施用石灰再播種埃及三葉草處理區，雖然埃及三葉草青掩量增加 43.3% 之多，但土壤有機質含量並無明顯的增加。單獨施用石灰處理區之土壤有機質含量則略低於對照區，而施石灰並且掩施埃及三葉草之處理區土壤有機質則維持較高水準。土壤 pH 值的變化顯示，施用 3t/ha 石灰處理二週後，土壤 pH 值平均提高約 0.9~1.0 個單位左右，而且各不同處理之土壤 pH 值均隨高粱生育期的變化而有下降的趨勢，但播種及掩施埃及三葉草處理區的土壤 pH 值下降比無綠肥區者較為緩和(圖二)。



圖一、試驗後土壤有機質含量之變化

Fig 1. The soil organic matter contents after the harvest.

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| A : Check | a : Check |
| B : Milk vetch | b : Berseem clover |
| C : Berseem clover | c : Lime |
| D : Rape | d : Berseem clover + Lime |



圖二、埃及三葉草配合石灰處理對土壤 pH 值之影響

Fig 2. The effects of Berseem clover with lime treatment on soil pH.

- | | |
|---------|-------------------------|
| • Check | » Berseem clover |
| ◦ Lime | ☆ Berseem clover + Lime |

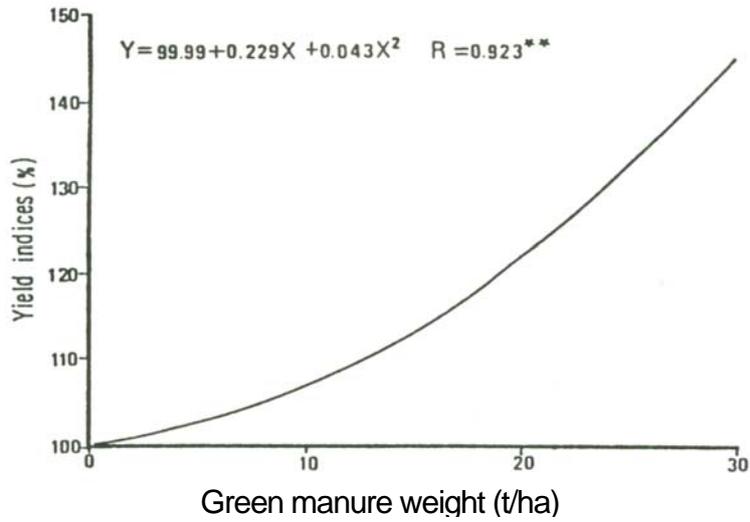
綠肥掩施後對高粱產量影響

由於綠肥作物掩施入土土壤後，極易被土壤中微生物分解，因此，可以增進地力及促進後作作物生長。所以綠肥作物青掩量的多寡成為關鍵因素^(1,4,5)。本試驗中播種不同綠肥作物所獲得的青掩鮮重不同(表一)，以播種埃及三葉草的青掩鮮重最高，其次依序為紫雲英及油菜，而其對高粱子實產量之影響而隨著其青掩鮮重增加而增加。播種埃及三葉草之前二週施用石灰，亦可增加埃及三葉草的青掩量。而且在二年四試區的栽培中，播種埃及三葉草對春作高粱子實產量的平均增產率可達 16.4%。因此，特以埃及三葉草為例，將各處理的埃及三葉草青掩量與春作高粱子實產量指數作迴歸分析，結果顯示二者之間有極顯著的二次迴歸曲線相關(圖三)。由此圖顯示高粱子實產量隨埃及三葉草青掩鮮重之增加而增加，如埃及三葉草青掩鮮重量為 20 t/ha 時，高粱子實產量指數增加約 22%。但當埃及三葉草青掩量介於 0~10 t/ha 間，高粱子實產量增產率增加相當緩慢。可見得在綠肥青掩量低於 10 t/ha 以下時，綠肥對春作高粱的影響效果不明顯。而當青掩量大於 10 t/ha 以上時，高粱子實產量指數呈現較顯著的增加。

許多報告都曾肯定綠肥作物為土壤中氮素之極重要的來源之一^(1,3,6)。如在水田中掩施 15 t/ha 的紫雲英能節省化學氮素約 50 ~70kg N/ha，施 15 t/ha 的埃及三葉草則能減少約 40kg N/ha 的化學氮素用量^(1,3)。Morris 等更指出當含氮素量 70 ~80kg N/ha 的綠肥掩施入土壤中，在水稻產量上可增產約 1.2 ~2.0 Mg/ha^(5,6)。

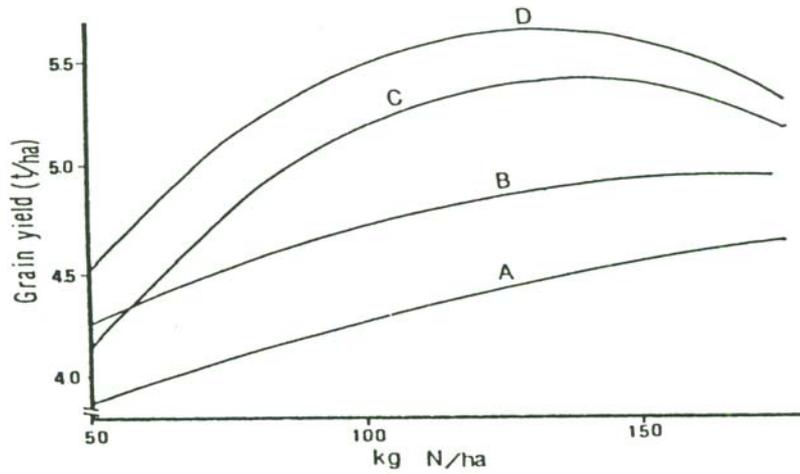
又由配合施用石灰之試驗結果可知，高粱對施用石灰改良土壤性質的效應優於單獨掩施綠肥者之效應，而綠肥配合石灰施用時，對高粱的影響效應則表現的更顯著(表三)。由圖四迴歸曲線可瞭解綠肥配合石灰處理在不同化學氮肥用量下對高粱子實產量之影響。圖四迴歸曲線顯示，綠肥與石灰所組合成的四種主區處理對高粱子實產量的影響與化學氮肥的用量之間亦有交感效應。譬如四種主區處理的高粱子實最高產量依序分別為綠肥配合石灰處理區約 5.7 t/ha，單獨石灰區約

5.5 t/ha，單獨綠肥區約 4.9 t/ha 及對照區約 4.5 t/ha，而在單獨石灰區即使再增加化學氮肥用量亦無法達到綠肥配合石灰處理區的效應，同樣地在單獨綠肥區再如何增加氮肥用量也無法使高粱子實產量達到綠肥配合石灰區或單獨石灰區的效應。由此推斷，綠肥或石灰處理對高粱影響效應，並不單純是氮素肥分的供應，而是掩施綠肥或施用石灰有改善土壤性質之功效，因而促進高粱生長。Reddy 等(1986)亦指出黑麥及玉米等作物由前作綠肥所吸收的氮素量相當低，一般在 2 ~23kg N/ha，但綠肥對後作產量及乾物重則有增產的效應⁽⁷⁾。但無論如何，綠肥配合石灰處理區只須再施用化學氮素 130kg N/ha，就可使高粱子實產量到達最大值。單獨石灰區或單獨綠肥區的化學氮素最大臨界用量則分別為 140 及 170kg N/ha。



圖三、埃及三葉草青掩鮮重與春作高粱子實產量指數之關係

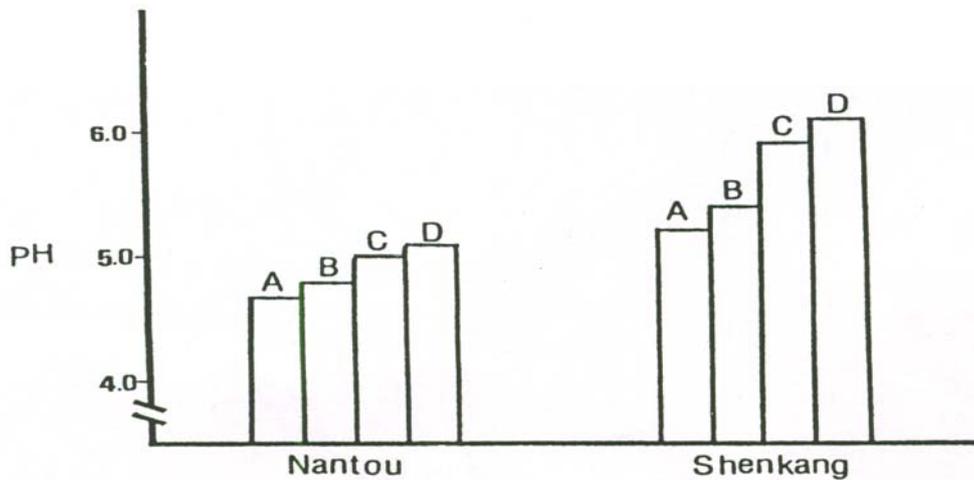
Fig 3. Relationship between the fresh weight of Berseem clover and the grain yield indices of spring sorghum.



圖四、埃及三葉草配合石灰處理下氮肥施用量與春作高粱子實產量之關係

Fig 4. Relationship between the grain yield of spring sorghum and nitrogen application rates of various treatments.

A : Check	$Y=3.375+0.011-0.000023x^2$	0.705**
B : Berseem clover	$Y=3.53+0.017-0.000052x^2$	0.726*
C : Lime	$Y=2.282+0.045-0.000162x^2$	0.678*
D : Berseem clover + Lime	$Y=2.689+0.045-0.000169x^2$	0.881*



圖五、試驗後土壤之 pH 值

Fig 5. The soil pH after the harvest.

A : Check

B : Berseem clover

C : Lime

D : Berseem clover

在掩施綠肥對土壤肥力之影響，許多研究認為能增加土壤有機質含量^(1,2,4)，對土壤 pH 值之影響則略有爭議，有人認為會降低土壤 pH^(1,4)，有些認為會緩和土壤 pH 值下降趨勢⁽²⁾。對土壤鹽基離子鈣及鎂或有效性磷及鉀之影響則不明顯^(1,2)。由本試驗後土壤有機質變化而言，綠肥對土壤有機質含量增加之功效是肯定的，而且施用石灰處理區之土壤有機質含量會略低於對照區，可能是土壤加入石灰後，會增加土壤有機質分解，但在綠肥配合石灰施用處理區之土壤有機質則比對照區有增加之趨勢(圖一)。因此，在施用石灰改良土壤性質時，配合掩施綠肥作物，能緩和土壤有機質的分解，甚至有增加土壤有機質的功效。由(圖二)土壤 pH 值變化可知，整個高粱生育期間土壤 pH 值有一致下降的趨勢，而有掩施綠肥處理區的土壤 pH 值均較無綠肥區的下陷情形為緩和。如(圖五)所示，在施用石灰情形下，並有掩施綠肥區的高粱收穫後土壤 pH 值為 6.1(神岡試區)，高於無綠肥區的 5.9。在未施

石

灰情形下，有掩施綠肥區方土壤 pH 值為 5.4(神岡試區)，比無綠肥區的土壤 pH 值 5.2 為高。在南投試區亦有相同之結果，因此，在酸性土壤施用石灰改良土壤性質，如配合播種及掩施綠肥，則能維持較佳的土壤地力。

結 論

試驗分為不同綠肥作物與埃及三葉草配合石灰處理兩部分，以探討冬季裡作綠肥對春作高粱生育及子實產量之影響，並研究掩施綠肥後土壤地力之變化。試驗結果顯示，在酸性或鹼性土壤，埃及三葉草盛花期之青掩鮮重最高，可達 16.8 t/ha，優於紫雲英及油菜。而後作高粱子實產量亦以埃及三葉草處理區最高。二年試作結果顯示，播種埃及三葉草對春作高粱的平均增產率約 14.6%。在酸性土壤播種埃及三葉草之前二週施用石灰 3 t/ha，可使埃及三葉草的青掩鮮重增加 43.3%，平均達到 22.5 t/ha。而高粱子實產量亦以埃及三葉草配合石灰處理區最高，平均增產率約 24.2%，其次依序為單獨石灰區，單獨綠肥區及對照區。在高粱子實產量指數與埃及三葉草的青掩鮮重之間有顯著的二次迴歸曲線相關。掩施綠肥對土壤有機質含量略有增加且能緩和土壤 pH 值下降之趨勢。

參考文獻

1. 黃山內 1979 綠肥掩青氮素肥料率與水稻產量之影響研究 I. 酸性水田狀況下之影響試驗 農林廳土壤肥料試驗報告 p.49-54。
2. 魏之清 1979 堆肥與綠肥對甘蔗生育之效果 台灣糖業彙報 83:35-50。
3. 謝洞明 王錦堂 黃山內 1981 掩施埃及三葉草稻田氮肥調節 農林廳土壤肥料試驗報告 p.120-124。
4. Hargrove, W.L. 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain

- sorghum. Agron. J. 78:70-74.
5. Morris, R.A., R.E. Furoc, and M. A. Dizon. 1986. Rice responses to a short-duration green manure. I. Grain yield. Agron. J. 78:409-412.
 6. Morris, R. A., R.E. Furoc, and M. A. Dizon. 1986. Rice responses to a short-duration green manure. II. N recovery and utilization. Agron. J. 78:413-416.
 7. Reddy, K. C., A. R. Soffes, and G. M. Prine. 1986. Tropical legumes for green manure. I. Nitrogen production and the effects on succeeding crop yields. Agron. J. 78:1-4.

稻田掩埋滿江紅對水稻生育之影響

賴文龍 黃山內 王錦堂

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由綠色轉為紅色，是由其植物體產生紅色花色素(red anthocyanin pigment)之故，故名滿江紅。滿江紅葉內有固氮藍綠藻 *Anabaena azollae* 共生，具有極強的固氮力^(4,12)，據 Talley 及 Rains 估計，滿江紅生長 35 天的固氮量約 35 kg/ha。我國古代即記載此種植物具有肥田之效果，並於明朝末年(17 世紀)水田即曾加以利用⁽⁸⁾。滿江紅係優良氮肥來源之一，其植體生長迅速且與水稻共作，為水田優良綠肥作物之一^(3,9,11,12,14,15)。近年來化學肥料成本低廉，農民大量濫用，容易造成土壤理化性轉劣，破壞環境、污染土壤⁽⁶⁾。本試驗探討稻田掩埋滿江紅對土壤及水稻之影響，進而了解掩埋滿江紅後釋放氮素之肥效，以節省化學氮肥用量之可行性。

滿江紅掩埋對土壤之變化

掩埋滿江紅後對土壤有機質含量提高 0.1~0.2%(表一)，土壤顏色由灰色變深黑色，顯示滿江紅係優良有機物源。土壤總體密度則以掩埋處理在北斗試區較對照(無掩埋)處理 1.23 g/cm³ 降低 0.06 g/cm³，在埤頭試區則較對照處理 1.20 g/cm³ 降低 0.17 g/cm³，顯示掩埋滿江紅可減低土壤密實性，有促使土壤疏鬆以擴展作物根域及增加微生物族群之趨勢。至於土壤 pH 值，有效性磷酐及氧化鉀含量則未有影響。

滿江紅放植之適應性及肥效

放植滿江紅生殖生長速率，調查結果約每 2.60~4.93 日可增殖一倍，以放植 0.5 kg/10 m² 經 60 天生殖生長每公頃可獲得 35 公噸以上之鮮物，其乾物含氮率 4.25%，含水率 95%，經換算可得約 74 kg 氮素，

可供給水稻營養吸收。在不施氮肥情形下，以前作加間作掩埋處理產量較對照氮肥處理增產 1.8%(96 kg/ha)(表二)顯示掩埋兩次滿江紅之肥效不遜於氮肥處理區。

掩埋滿江紅對水稻產量影響

稻谷產量調查結果顯示在不施氮肥情形下，一期作以前作加間作掩埋處理產量 6,069 kg/ha 較對照增產 34.3% (1,549 kg/ha)；前作掩埋滿江紅處理 5,340 kg/ha 則增產 18.1% (820 kg/ha)；間作掩埋滿江紅處理產量 5,540 kg/ha 增產 22.6% (1,020 kg/ha)；滿江紅間作放任不掩埋處理產量 4,765 kg/ha 亦增產 5.4% (245kg/ha)。顯示滿江紅生殖期與水稻共作即開始固氮供給水稻吸收利用(表二)。在施氮肥(65kg N/ha)情形下，前作掩埋滿江紅處理產量 6,827 kg/ha 較對照增產 15.6% (919 kg/ha)；間作掩埋滿江紅處理產量 6,680 kg/ha 則增產 13.1% (772 kg/ha)；而前作加間作掩埋滿江紅較施氮處理則增產 2.7% (161 kg/ha)，顯示掩埋二次滿江紅效果不遜化學氮肥。二期作在不施氮肥情形下，前作加間作掩埋滿江紅處理產量 5,290 kg/ha 較對照處理增產 26.6% (1,100 kg/ha)；前作掩埋滿江紅處理產量 4,980 kg/ha 增產 19.1% (800 kg/ha)；間作掩埋滿江紅處理 5,190 kg/ha 增產 24.2% (1,010 kg/ha)；而滿江紅間作放任處理產量 4,830 kg/ha 亦增產 15.6% (650 kg/ha)，其結果與一期相同。在施氮(50 kg/ha)情形下，前作掩埋滿江紅處理產量 5,570 kg/ha 較對照增產 5.9% (310 kg/ha)；間作掩埋滿江紅處理產量 6,110 kg/ha 增產 16.2% (850 kg/ha)；而前作加間作掩埋滿江紅較施氮(50 kg/ha)處理產量稍增產 30 kg/ha，顯示二期作掩埋二次滿江紅效果與施 50 kg N/ha 雷同。

表一、滿江紅掩埋對水稻田土壤性質之影響

地點	處理	土壤質地	pH	OM	有效性磷酐	有效性氧化鉀	土壤總體密度 (g/cm ³)
			1:1	(%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	
			Soil/H ₂ O		(kg/ha)	(kg/ha)	
埤頭	- ¹	坩質粘壤土	7.7	3.2	6	47	1.20
	+	坩質粘壤土	7.6	3.5	13	53	1.03
北斗	-	砂質粘壤土	6.0	3.8	78	53	1.23
	+	砂質粘壤土	5.9	3.9	72	54	1.17

¹(-)對照不放植 (+)放植滿江紅

表二、滿江紅掩埋對水稻產量之影響

期作別	產量 (kg/ha)	處 理 ¹							
		1	2	3	4	5	6	7	8
一期作	稻谷產量	4520 ^f	5908 ^{bcd}	5340 ^{de}	5540 ^{cde}	4765 ^{ef}	6827 ^{ab}	6680 ^{abc}	6069 ^{bcd}
	指 數	100	130.7	118.1	122.6	105.4	151.0	147.8	134.3
	稻草產量	3150 ^f	4989 ^{bcd}	4553 ^{cd}	4646 ^{cd}	4043 ^{de}	5838 ^{ab}	5833 ^{ab}	5325 ^{abc}
	谷/草比	1.29	1.18	1.17	1.19	1.18	1.17	1.15	1.14
二期作	稻谷產量	4180 ^f	5260 ^{cd}	4980 ^{de}	5190 ^{cd}	4830 ^e	5570 ^b	6110 ^a	5290 ^{bc}
	指 數	100	125.8	119.1	124.2	115.6	133.3	146.2	126.6
	稻草產量	4150 ^f	5130 ^d	4950 ^e	5410 ^{cd}	4920 ^e	5750 ^b	6060 ^a	5680 ^{bc}
	谷/草比	1.01	1.03	1.01	0.96	0.98	0.97	1.01	0.93

¹ 1.對照區：不施氮肥，不放植滿江紅。

2.氮肥區：施氮肥(I期 65kg N/ha, II期 50kg N/ha)，不放植滿江紅。

3.滿江紅前作掩埋區：滿江紅先放植，插秧前一天翻犁掩埋，不施氮肥。

4.滿江紅間作掩埋區：插秧後放植滿江紅，於插秧後 40 天用人工掩埋，不施氮肥。

5.滿江紅間作放任不掩埋區：插秧後放植滿江紅，任其生殖覆蓋田面，不施氮肥。

6.滿江紅前作掩埋加氮肥區：同處理 2 及 3。

7.滿江紅間作掩埋加氮肥區：同處理 2 及 4。

8.滿江紅前作及間作掩埋區：同處理 3 及 4，不施氮肥。

稻草產量調查結果顯示，在不施氮肥情形下，掩埋滿江紅處理在一期作較對照增產 29.7~51.7%(平均 37.9%)，二期作則增產 19.3~36.9%(平均 28.9%)；滿江紅間作放任處理較對照，在一期作增產 15.2%，二期作增產 18.6%。在施氮肥情形下，掩埋滿江紅處理在一期作較對照增產 16.9~17.0%(平均 16.95%)，二期作增產 12.1~18.1%(平均 15.1%)；而前作加間作掩埋滿江紅(不施氮肥)處理在一期作較對照增產 6.9%，二期作增產 10.7%，顯示稻草增產效果與稻谷類似。

掩埋滿江紅 40 t/ha 鮮物量，肥效亦相當約 50~65kg N/ha。證明滿江紅當基肥(前作)掩埋，再配合滿江紅共作，可減少 40% 以上化學氮肥用量之效果^(1,3,5)。稻田放植滿江紅當綠肥使用，於前作或間作掩埋再配合半量氮素施用，必能發揮水稻增產效果，並可節省氮肥用量。

掩埋滿江紅對水稻生育之效果

1. 水稻不同生育時期分蘖數調查，在不施氮肥情形調查結果(表三)顯示一期作第一次(30 天)調查，以前作掩埋處理較對照分蘖增加 2.7 支，其餘各處理間差異不顯著。第二次(60 天)調查以前作加間作掩埋處理較對照分蘖增加 5.4 支，前作掩埋處理增加 3.6 支，間作掩埋處理增加 2.4 支，而間作放任處理則略減。第三次(120 天)調查以前作加間作掩埋處理較對照穗數增加 5.1 支，間作及前作掩埋處理分別增加 2.6 及 3.0 支，間作放任處理則增加 1.4 支。顯示插秧前掩埋滿江紅，植物體分解後供給水稻吸收。二期作第一次(25 天)調查以前作加間作掩埋處理較對照分蘖增加 3.1 支，間作掩埋及放任處理分別增加 2.8 及 3.0 支，前作掩埋處理增加 1.3 支。第二次(50 天)調查以間作掩埋處理較對照分蘖增加 1.7 支，前作掩埋處理增加 1.3 支，第三次(110 天)調查結果與 50 天調查有相同趨勢。證明本省二期作高溫及多濕的環境下，土壤有機質分解較快，需提供土壤有益微生物之活動，以提高作物吸收利用率^(6,7)。在施氮肥情形下，一期作第一次(30 天)調查，前作掩埋處理較對照分蘖增加 1.3 支，而間作掩埋處理反而減少 1.2 支。第二次(60 天)調查以前作掩埋處理較對照分蘖增加 3.1 支，間作掩埋處理

增加 1.2 支，第三次(120 天)調查前作或間作掩埋處理均較對照數增加 2.2 支。二期作第一次(25 天)調查以間作掩埋處理較對照分蘗增加 1.6 支，而與前掩埋處理差異不顯著。第二次(50 天)調查以前作掩埋處理較對照分蘗增加 1.8 支，間作掩埋處理反而略減 0.4 支。第三次(110 天)成熟調查與第二次調查有相似趨勢。顯示施半量氮肥或不施氮肥情形下，以前作掩埋分蘗數皆較對照為多，間作處理於第二次分蘗調查時，因插秧後放植滿江紅與水稻共作，生殖快速，重疊覆蓋田面，使水稻生育初期分蘗略受影響，但掩埋後供給養分反而增加有效分蘗數。

表三、滿江紅掩埋對水稻分蘗數之影響

期作別	生育調查	處					理 ¹		
		1	2	3	4	5	6	7	8
一 期 作	30 天	9.6	11.1	11.3	9.7	9.9	12.4	9.9	10.2
	60 天	18.3	23.4	21.9	20.7	17.9	26.5	24.6	23.7
	120 天	13.0	17.3	16.0	15.6	14.4	19.5	19.5	18.1
水稻有效分蘗率(%)		71.0	73.9	73.1	75.4	80.4	73.6	79.3	76.4
二 期 作	25 天	11.2	12.6	12.5	14.0	14.2	12.7	14.2	14.3
	50 天	14.9	16.2	16.2	16.6	15.2	18.0	15.8	15.6
	110 天	12.0	14.3	13.3	14.4	13.5	15.5	14.1	13.7
水稻有效分蘗率(%)		80.5	88.3	82.1	86.7	88.8	86.1	89.2	87.8

¹ 見表二。

2. 水稻之有效分蘗率(成熟期穗數/稻秧後 I 期 60 天，II 期 50 天分蘗數) 以期作(表三)來看，在不施氮肥情形下，一期作掩埋滿江紅處理 73.1~76.4% (平均 75.0%)較對照 71%增加 4%；二期作掩埋滿江紅處理 82.1~87.8% (平均 85.5%)較對照 80.5%增加 5.0%。在施氮肥情形下，一期作掩埋滿江紅處理 73.6~79.3% (平均 76.5%)較對照 73.9%增加 2.6%；二期作掩埋滿江紅處理 86.1~89.2% (平均 87.7%)反較對照

處理 88.3%微減 0.6%，顯示掩埋滿江紅能持久供給水稻生育期氮素養分之需要。

3.不同生育期株高調查結果顯示(表四)，一期作第一次 30 天調查在不施氮肥情形下，滿江紅紅掩埋處理之前作或後作與對照處理株高差異不顯著，二期 25 天調查則以間作放任及前作加間作掩埋處理較對照處理 29.4cm 高出 8.6~9.2cm (平均 8.9cm)。在施氮肥情形下，一期作各處理間差異不顯著，而二期作則以間作掩埋滿江紅處理較對照 32.5cm 高出 6.9cm。第二次調查在不施氮肥情形下，一期作 60 天調查掩埋滿江紅處理較對照 49cm 高出 1.3~3.7cm(平均 2.6cm)，二期作 50 天調查則較對照處理高出 2.4~11.4cm(平均 8.1cm)。在施氮肥情形下，一期作掩埋滿江紅處理較對照 53.5cm 略高出 1.8cm，二期作則較對照 68.8cm 高出 6cm。第三次調查在不施氮肥情形下，一期作 120 天調查掩埋滿江紅處理較對照處理 87.4cm 高出 2.8~9.4cm (平均 6.2cm)，二期作 110 天調查掩埋滿江紅處理較對照 91.8cm 高出 4.2~8.5cm (平均 6.2cm)。在施氮肥情形下，一期作掩埋滿江紅處理較對照處理 95.9cm 高出 3.5~5.4cm(平均 4.5cm)，二期作則較對照 98.3cm 高出 0.5~5.3cm (平均 2.9cm)。結果顯示掩埋滿江紅之處理，其施氮肥或不施氮肥間皆可增加水稻生長幅度，顯示掩埋處理後釋放氮素供給水稻生長。

表四、滿江紅掩埋對水稻株高之影響

期作別	生育調查	處					理 ¹			
		1	2	3	4	5	6	7	8	
一 期 作	30 天	26.0	27.6	24.9	25.5	25.3	27.3	27.8	24.9	
	60 天	49.0	53.5	50.3	51.9	48.4	55.3	55.2	52.7	
	120 天	87.4	95.9	90.2	93.8	89.3	99.0	100.9	96.8	
二 期 作	25 天	29.4	32.5	31.8	37.4	38.0	33.1	39.4	38.6	
	50 天	64.7	66.8	67.1	75.3	73.5	71.8	77.7	76.1	
	110 天	91.8	98.3	96.0	97.8	97.3	97.8	103.6	100.3	

¹ 見表二。

水稻產量與孕穗期葉片無機養分含量之關係

本試驗在孕穗期採取水稻劍葉分析，項目包括 N、P、K、Ca、Mg 等五項。分析結果與產量作相關分析，結果產量與 P、Ca 間之關係不穩定，顯示葉片養分受多種因子影響，以致與產量無顯著相關關係。但 N 及 Mg 含量與產量之相關性，皆達極顯著的正相關(表五)。K 含量與產量則呈負相關，且在第一期作達到極顯著差異，第二期作亦達到顯著的相關關係，顯示水稻葉片含 N、Mg 元素越高產量則有增產趨勢，K 元素則相反。

表五、幼穗形成期水稻劍葉養分含量與產量之相關性

期作別	N	P	K	Ca	Mg
一期作	0.9175** ¹	0.0638	-0.7990**	0.5576	0.9229**
二期作	0.8616**	0.3093	-0.7304*	0.3879	0.8149**

¹*顯著水準 **極顯著水準

由葉片分析資料顯示(表六)，在不施氮肥情形下，前作掩埋滿江紅處理含 N 2.29% 較對照增加 0.16%，間作掩埋滿江紅處理含 N 2.52% 較對照增加 0.39%，前作加間作掩埋處理含 N 2.36% 較對照增加 0.23%。因此，滿江紅肥效主要來自掩埋土中之鮮物體分解後產生有機氮，釋放供給水稻吸收。亦證明滿江紅在水田土壤中經 1~2 週開始分解釋放氮素，經 20~30 天後水稻獲益較大^(1,3,4,5,12,13,14,15)。稻田掩埋滿江紅當基肥，在生育期配合施少量氮肥，即可充分發揮滿江紅之肥效。

表六、不施氮肥之下掩埋滿江紅對水稻劍葉之 N、Mg 含量之影響

處 理	N(%)	Mg(%)
A ¹	2.13	0.201
B	2.29	0.191
C	2.52	0.233
D	2.36	0.238
E	2.32	0.191

¹A.對照區：不放植滿江紅。

B.滿江紅前作掩埋區：滿江紅先放植，插秧前一天翻犁掩埋。

C.滿江紅間作掩埋區：插秧後放植滿江紅，於插秧後 40 天用人工掩埋。

D.滿江紅前作及間作掩埋區：同處理 B 及 C。

E.滿江紅間作放任不掩埋區：插秧後放植滿江紅，任其生殖覆蓋田面。

結 論

為瞭解稻田掩埋滿江紅對土壤性質及稻谷產量之影響，以節省化學氮肥用量。試驗結果顯示掩埋滿江紅可增加土壤有機質含量，減低土壤密實性，促進土壤微生物活動，增加水稻有效分蘗數，提高稻作產量。在不施氮肥情形下，水稻產量以前作加間作(插秧前 1 天及插秧後 40 天)掩埋滿江紅處理較對照增產 30.6%。間作(插秧後 40 天)掩埋滿江紅處理增產 23.3%。前作(插秧前 1 天)掩埋滿江紅處理增產 18.6%。滿江紅間作放任(放植不掩埋)處理增產 10.3%。顯示掩埋滿江紅可節省化學氮肥約 60~70 kg/ha。

參考文獻

- 1.李啟彰、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(4):405-411。
- 2.李蘭帝 1966 大量植物體樣本氮、磷、鉀之迅速測定法 中華農業研究 15(2):1-5。
- 3.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(4):348-359。
- 4.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。
- 5.黃山內、蔡宗仁、蘇匡基 1982 栽種滿江紅對節省氮肥之經濟性研究 台中區農業改場研究彙報 6:103-111。
- 6.陳振鐸(譯)1987 基本土壤學 (Fundamental soil science)徐氏基金會台北。
- 7.楊秋忠 1988 土壤與肥料 農藥世界叢書 No.1 台中 p.200-207。
- 8.作物施肥手冊 1987 台灣省政府農林廳編印。
9. Lumpkin, T. A., and D. L. Plucknett. 1980. *Azolla*: Botany, physiology, and use as green manure. *Economic Botany*. 34:111-153.
10. Moore, A. W. 1969. *Azolla*: Biology and agronomic significance. *The Bot. Rev.* 35:17-34.
11. Rains, D. W., and S. N. Talle. 1979. Use of *azolla* in North America. In *Nitrogen and Rice*. IRRI. p.419-431.
12. Singh, P. K. 1979. Use of *azolla* in rice production in India. In *Nitrogen and Rice*. IRRI. p.407-418.
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, I., 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. Ser. 11:15.

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 %	ppm							
				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

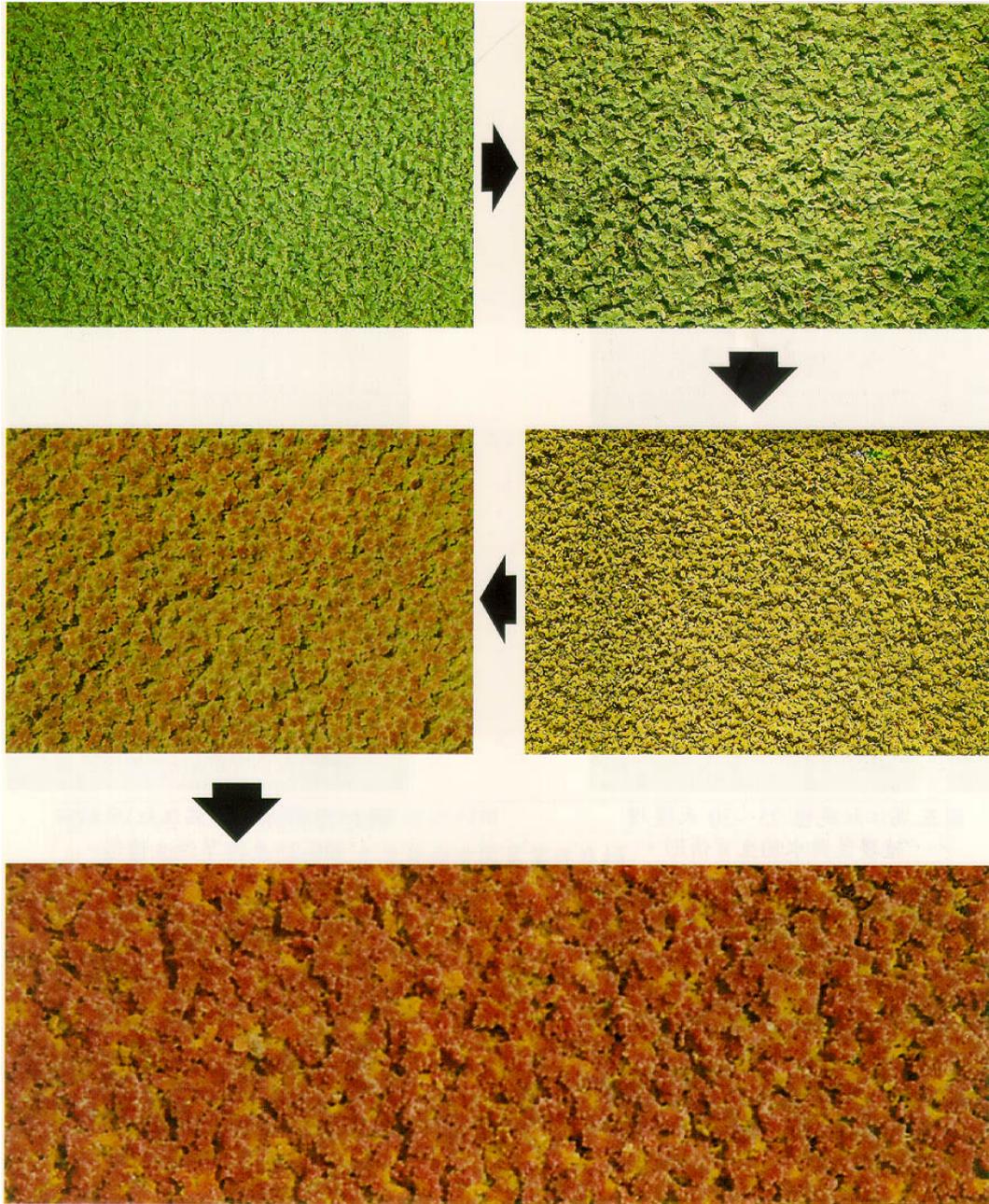
本研究探討有機米栽培田之雜草防除應用以放植滿江紅與水稻間作共生，滿江紅生殖生長迅速重疊覆蓋稻田水面，對稻田之雜草有 86.2~95.9% 抑制雜草萌生之效果。

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。