

第十四章 綠肥作物在有機栽培之應用技術

王鐘和 林毓雯 黃維廷 江志峰 丘麗蓉

行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

一、前言

有肥沃健康的土壤，才有量豐質優的農產品。有機農業特別重視土壤物理、化學及生物性質之改善及促進，透過適當的土壤管理，循環利用各種有機資材，施用天然礦石，來改善土壤環境，提昇土壤供應養分的能力。故有機農業是以有機物來補充或平衡土壤的有效養分，供應作物生長所需，有機物除了來自農場自製堆肥、市售各種有機資材(不含化學肥料)或植物殘體外，綠肥也是重要的有機質及營養供應的來源。

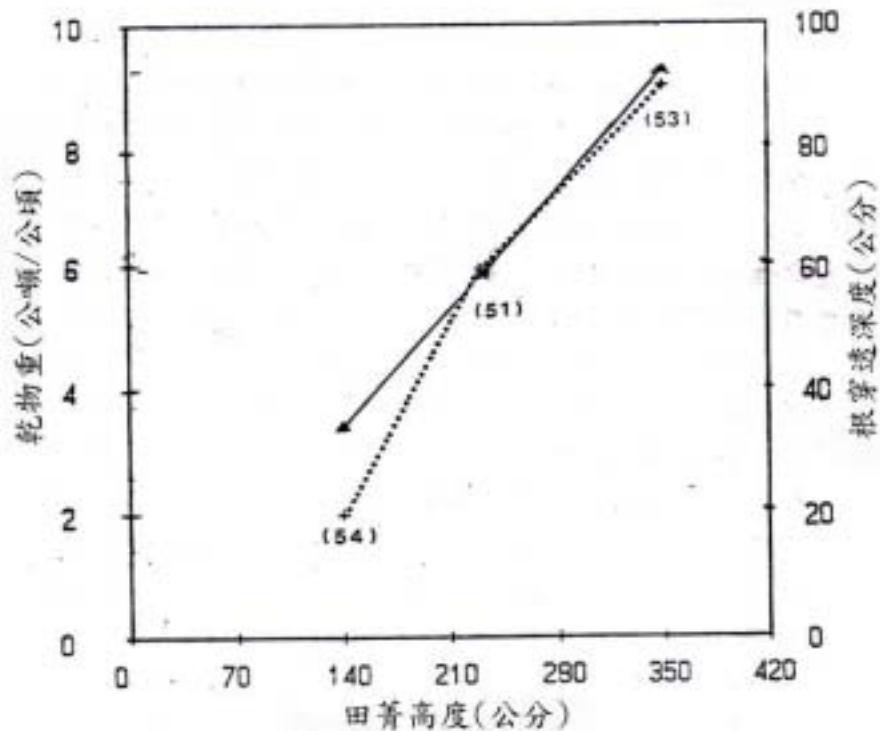
綠肥是一種植物，在幼嫩期或成熟後，耕犁入土壤中，可提供及促進作物養分吸收。綠肥種類包括豆科或非豆科。常見的豆科綠肥作物如：田菁、太陽麻、虎爪豆、大豆、紫雲英、埃及三葉草、苜蓿、苕子、豌豆、蠶豆、羽扇豆等。非豆科的綠肥作物常見的如：油菜、蘿蔔及許多草類等。台灣光復初期因化學肥料尚不普遍且價格昂貴，綠肥的利用備受重視，栽培面積曾多達 20 餘萬公頃，隨後因化學肥料漸普及價格低廉，以及農田集約耕作制度之盛行，農田難得有休閒時間，使得綠肥栽培面積急速萎縮。近年來，為達到土壤保育及避免農業生產過剩的雙重目的，政府積極推廣在農田休閒期種植綠肥，綠肥栽培面積才又大幅增加。

二、綠肥的功效

綠肥的應用功效甚多，對土壤的物理、化學及生物相都有影響，其重要的功能如下：

1. 增加土壤有機質：綠肥作物翻犁進入土壤中後，被微生物利用及分解釋放出無機養分供作物生長所需，不易分解的部份就會累積下來，或分解物聚合成腐植質，可增加土壤的有機質，一般而言，成熟的綠肥作物，含有較多不易被分解的木質素，分解速度較慢。反之，較幼嫩的綠肥含木質素較少，但分解速度甚快，可如同化學肥料般迅速供給養分。長期施用生長至成熟期含木質素較高的綠肥，將可增加土壤有機質。
2. 增加土壤的無機養分：綠肥在翻入土壤後，被分解後釋放植物營養元素，供給下一期作的作物利用，尤其豆科綠肥作物能固定空氣中的氮氣，因此，豆科綠肥在分解後可提供大量氮素養分。任何綠肥在分解後都能釋放出氮、磷、鉀及其他元素。此外，較成熟綠肥作物之根系可深入較深土層吸收養分，當其被翻犁入土壤表層時，可將養分釋放於表土中，使表土之養分較不致缺乏。
3. 改善土壤物理性：綠肥作物成熟期植株根系相當旺盛，可穿透較密實之耕犁層，有助於土壤通氣等物理性之改善。著者之研究結果顯示隨著綠肥田菁生長期間增長，植株高度、乾物重及根穿透土壤之深度均增加，當田菁高約 3.5 公尺左右時，其根系可穿透密實的耕犁層生長至 90 公分深之深層土壤中(圖一)，大量的綠肥根系在土壤中腐爛後形成之孔隙，有助於土壤通氣性及排水性的提昇。
4. 增加土壤微生物活性：加入土壤中之新鮮綠肥植體，刺激土壤中微生物大量滋長，使微生物相活潑化複雜化，即土壤微生物相多樣化，產生健康的土壤生物性。
5. 增加土壤營養的有效性：綠肥分解時，產生有機鉗合劑或有機酸，使原有不易溶解的營養轉變為易溶解的營養，尤其是對促進磷及鋅的效果佳。另外在鹼性土壤中因綠肥分解釋放的二氧化碳，可

- 以將磷的有效性增加。
6. 抑制雜草生長，增加有效養分量：綠肥生長期間不但可吸收土壤中之無機養分，避免流失，且可抑制雜草生長，避免雜草競爭養分，俟其翻犁入土壤中後，可提昇土壤有效養分含量。
 7. 減少土壤之沖刷及流失：兩期作物生長期間常有一段休閒期，在裸露之環境下，土壤必然容易風蝕或被雨水淋洗或造成土壤流失，因此，綠肥有保護土壤的功效，減少土壤沖刷及流失。
 8. 減少病蟲害發生：農地輪作綠肥，改變土壤中有機質之組成分，刺激微生物生長，使土壤中的病原菌或蟲的族群減少，有效降低病蟲害。



圖一、田菁高度與乾物重及根穿透土壤深度之相關圖(王鐘和 1993)

三、綠肥對作物生產之效應實例

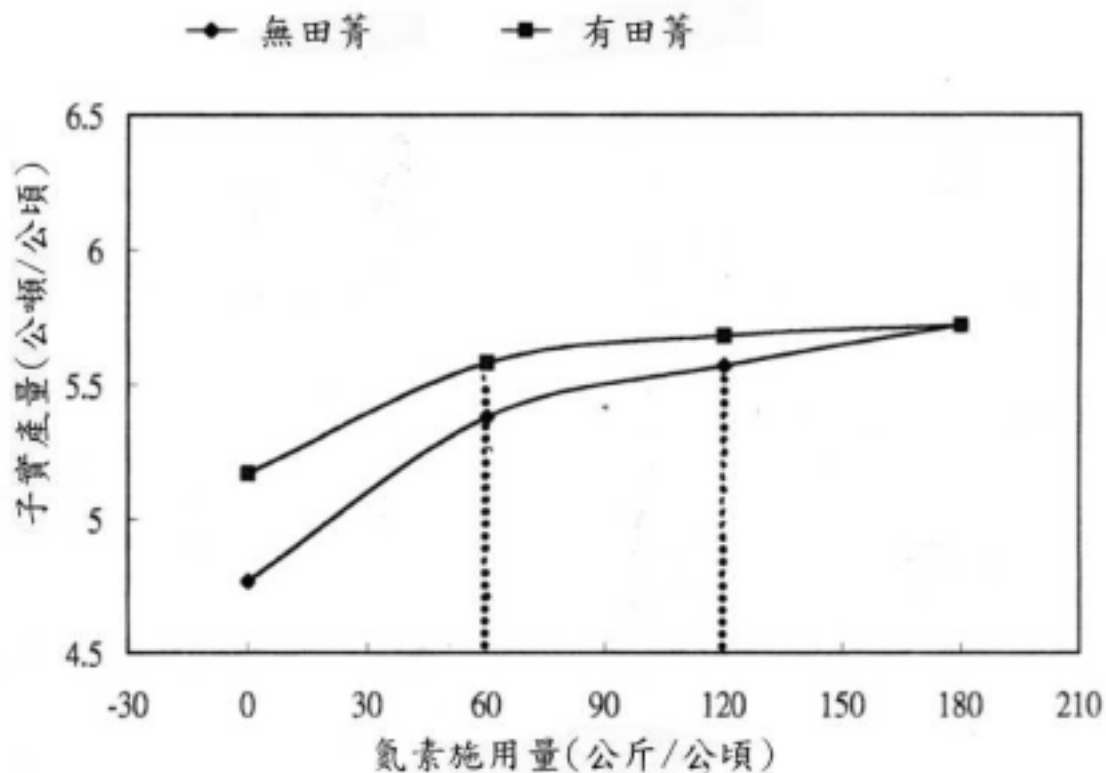
有關綠肥作物掩埋後，可供應後作生育所需之報告國內外均有不少，著者曾於臺南輪作區設置不同耕耘方式及栽植綠肥田菁之試驗田，該地區因前作收穫後隨即整地有較長之時間產生礦化氮，加上田菁經掩埋後迅速分解產生大量無機態氮素(表一)，可供後作玉米吸收利用，如果農民仍施用大量肥料，夏作田菁掩埋幾乎無功效可言，圖二為三處試驗田結果之平均，顯示無田菁區需施氮素 120 公斤/公頃以上，才可得較高產量，而有田菁區僅施 60 公斤/公頃即足夠，可節省氮肥 60 公斤/公頃，約為田菁所含氮素量之半。因此建議氮肥施用方式應作適當調整，盡量減少種植時基肥之氮素用量，而將大部份氮肥平均於膝高期及雄穗期施用，且應降低氮肥用量，約 60 公斤/公頃，以期有效地利用土壤中之氮素，避免污染環境。

表一、田菁掩埋及玉米播種時土壤置換性氮素含量
(1993 秋作，學甲三處試區平均)

| 土壤深度 | 田菁有無 | 採樣時間 | |
|-------|------|-------------------|-------------------|
| | | 田菁掩埋 | 玉米種植 ¹ |
| 0-15 | + | 24.7 ² | 69.9 |
| (cm) | - | 29.2 | 37.7 |
| 15-30 | + | 21.6 | 40.0 |
| (cm) | - | 23.6 | 19.5 |

註 1. 為田菁掩埋後 17 天，三處試區平均

註 2. 全部數據係 2 重覆平均



圖二、田菁區與無田菁區不同氮肥用量下玉米子實產量之比較
(1993 秋作，學甲三處試區平均)

著者另執行國科會補助之表期施用不同有機資材對作物生產研究計劃之成果也顯示，施用冬季綠肥埃及三葉草之處理，因埃及三葉草掩埋後礦化分解迅速，其後作一期水稻生育至幼穗形成期時，施綠肥加 1/3 化學氮肥區生長之水稻，雖然尚未施任何化學氮肥(該處理所施之 1/3 化學氮肥係於幼穗形成期採樣才施用)，僅靠埃及三葉草所含之氮素供應，但水稻生長之乾物量已達 6.86 公噸/公頃與施化學肥料處理之 6.93 公噸/公頃相近，而該時期累積之氮素吸收量達 111.2 公斤/公頃，高於施化學肥料處理之 97.9 公斤/公頃(施化學肥料處理在幼穗形成期之前已累積施用氮素達 90 公斤/公頃；已施用全期氮肥用量之 75

%) (表二, 王鐘和等 2002), 此結果顯示埃及三葉草掩埋後礦化分解非常快速, 可供應大量養分供期後作物生長所需, 故後作之施肥量應大幅減少, 可減施 50% 至 75% 之氮肥用量, 而磷、鉀肥也應減少施用量, 才可達到善用綠肥之養分, 節省肥料資源的目標。

表二、不同施肥方式對水稻幼穗形成期乾物量及氮素吸收量之影響
(一期水稻, 2000~2002 三年平均)

| 處理 | 乾物量 (公噸/公頃) | 氮素吸收量 (公斤/公頃) |
|--------------------------|----------------|------------------|
| 不施肥料 | 4.79 | 53.0 |
| 施化學肥料 | 6.93 | 97.9 |
| 綠肥+1/3 化學氮肥 ^y | 6.86 | 111.2 |

X: N、P205 及 K20 之用量分別為 120、60、60 公斤/公頃。

Y: 綠肥+1/3 化學氮肥處理之綠肥為埃及三葉草, 整地時每公頃施用含氮量 120 公斤/公頃 (同化學肥料處理之氮素) 之綠肥, 另於幼穗形成期施用氮肥 40 公斤/公頃, 磷、鉀肥用量同施化學肥料處理。

四、有機農業輪作綠肥之意義

理想的有機農法是採行適切的作物輪作之模式, 而現今之有機農場為講求經營效率, 節省工資支出及產品產銷便於掌控, 在同一塊農田上幾乎全是採行單一種類作物之經營模式, 例如有機水稻、有機茶樹、有機果樹或有機蔬菜栽培等等。此種栽培模式因為每作均有大量的農產品從農場中被移走, 也就是每作有大量相似比例的養分被從土壤中移走, 且常因講求經濟效益未能有時間安排豆科作物輪作, 缺乏固氮氮素之補充, 僅靠農場中少量作物殘株回歸土壤, 補充養分, 顯

然是不夠的。且投入養分與被移走養分間之種類與比例，也不盡相同。要想達到此種經營方式能持續的進行，必須加入豆科綠肥於輪作系統，不但可增加氮源供給，且可抑制雜草生長。並且較不需由農場外移入大量有機物，降低經營成本。

五、有機農場應用綠肥之策略

綠肥作物應用在有機農場經營耕作制度中，可採行下列幾種方式：

1. 輪作方式：綠肥植物與主作物輪流耕作是常見的方式，豆科綠肥與非豆科如玉米之輪作，或與水稻輪作之水旱輪作方式。另外，在冬季蔬菜生產過剩，價格大跌期間，種植冬季綠肥埃及三葉草、油菜、或苕子等，可舒緩蔬菜生產過剩，避免價格慘跌。且綠肥提供之養分可有效提供下一期作物生長所需，達到節省肥料資源，降低生產成本的目標。
2. 間作方式：綠肥植物與主作物採條式間隔種植的栽培方式，常見的是豆科與非豆科作物的間作，如大豆與玉米或大豆與甘蔗，在甘蔗生長初期與大豆間作，等到大豆成長後，將大豆的殘體配合甘蔗覆土時埋入。此外，在茶園中間作夏季綠肥如田菁及冬季綠肥如魯冰等，俟綠肥長至相當程度後，敷蓋於靠近茶樹植株之土表上，可防止土壤流失，更具保水及提昇養分之效果。
3. 草生栽培方式：多年生的果園中常以草生栽培做為水土保持的方式，這些草在成長後可割倒做為敷蓋，對坡地或山地果園之具有保水及增加養分供給之功效。惟為避免果樹根系因而大部份生長在較舒適之表土中，反而不耐乾旱逆境，應適度配合化學肥料或有機肥料深施，以誘導根系深入較深土層中。

六、綠肥的栽培及施用要領

(一)、綠肥栽培要領

1. 依播種季節選擇適當的綠肥種類：綠肥的種類多，要注意綠肥適應

氣候的能力，適合夏季種的綠肥作物必能不能適應冬季種植，如紫雲英和埃及三葉草在秋冬種植，夏季太熱就無法生長，因此，在種綠肥前應先知道它的適合季節，台灣地區適栽的各種綠肥之適栽季節如表一。

2. 接種根瘤菌促進豆科綠肥生長：台灣地區有些土壤根瘤菌的族群並不多，豆科綠肥著生固氮根瘤數量就少，需要接種根瘤菌，尤其在未曾種植過豆科綠肥的農田，初次種植豆科綠肥時更需要接種根瘤菌。

表一、台灣地區主要綠肥作物名稱、鮮重、氮磷鉀含量及適栽期

| 綠肥種類 | 鮮重 公噸/公頃 | 要素含量% | | | 適栽期 |
|-------|-------------|-------|-------------------------------|------------------|--------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| 田菁 | 20-40 | 0.47 | 0.09 | 0.42 | 3-8月 |
| 太陽麻 | 20-40 | 0.37 | 0.08 | 0.14 | 3-8月 |
| 青皮豆 | 10-20 | 0.62 | 0.09 | 0.32 | 3-8月 |
| 大豆 | 10-20 | 0.58 | 0.08 | 0.73 | 3-8月 |
| 富貴豆 | 20-30 | 0.16 | 0.11 | 0.39 | 3-10月 |
| 油菜 | 20-35 | 0.21 | 0.02 | 0.28 | 10-2月 |
| 苕子 | 30-35 | 0.56 | 0.13 | 0.43 | 10-2月 |
| 埃及三葉草 | 20-30 | 0.52 | 0.14 | 0.40 | 10-2月 |
| 紫雲英 | 20-40 | 0.48 | 0.09 | 0.37 | 10-11月 |

(二)、綠肥施用要領

土壤有機物之增減，端視施入有機物在土壤中之總量，及在土壤中分解速率之快慢而定。土壤中有機物分解速率則受有機物種類、性

質及氣候土壤條件之影響甚大。若其他外界因子不變，有機物之碳：氮比（C/N ratio）是決定分解速率快慢及有機質（腐植質）生成之主要因素。一般而言，有機物之碳：氮比愈高，表示含有較多之纖維素及木質素；且表示分解緩慢，是形成土壤中有機質之主要來源。反之，碳：氮比較低之有機物，在土壤中很快被微生物分解而變成無機態養分為作物所吸收利用。因此，從增加土壤有機質及提高土壤地力之角度來看，應當選擇有機物總量多且碳：氮比高之綠肥較佳；即綠肥作物生長至成熟期才犁入土壤中為宜。

綠肥的施用如前所敘，其數量、性質均會影響後作物之生長，需依綠肥的作物種類、株齡、生產量及下期作物的種類而有不同。綠肥施用時尚要注意的事項有：

1. 在綠肥的適當生長期施用：綠肥作物，如在開花前翻犁則植株仍然幼嫩，容易用耕機翻犁，但如延到開花結果期因植株老化，植體含木質素高如同木本植物較不易耕犁，需要用較重型的耕耘機具，如圓盤犁等。
2. 水田施綠肥之注意事項：水稻田如過量施入綠肥，在分蘖期因過多氮素釋出，水稻吸收氮素過量，易產生過多的無效分蘖，會有不良效果出現，因此，綠肥不應過量外，亦需提早翻犁綠肥，而達到提早腐熟綠肥，減少綠肥可能引起的缺失。尤其土壤排水不良區的水田，需避免過量的豆科綠肥。
3. 善用綠肥植體之養分，後作物務必減施肥料用量（尤其是氮肥）：前作綠肥如在幼嫩期即翻犁掩埋，因碳氮比低分解速率極快，後作物如為短生育作物如葉菜類蔬菜，可減施綠肥所含氮量之50%，後作如為較長生育期作物如水稻、玉米等作物，則可減施綠肥所含氮量之75%；綠肥如在成熟期時掩埋，因碳氮比高分解速率較慢，後作為短生育期之葉菜類蔬菜時可減施綠肥所含氮量之25%，後作如為較長生育期之水稻、玉米等作物則可減施綠肥所含氮量之50%。一般而言，綠肥植體中之磷鉀含量不如氮素含量多，綠肥掩埋後，後作磷鉀減施量約為綠肥植體中磷鉀含量之25-50%，視後作生育期長短而定，生育期長則減施比例高，生育

期較短則減施比例較低。經土壤肥力測定磷鉀含量高之農田，則可減施綠肥植體磷鉀含量之 100%。

4. 有機水稻田：有機水稻田栽植滿江紅亦可視為綠肥之一種，水稻生育初期滿江紅可協助抑制雜草生長，避免雜草競爭養分，惟此時期滿江紅也略與水稻競爭養分，水稻生育中期曬田時，滿江紅大量死亡，植體經分解可釋出大量養分(尤其氮素)，應注意避免該時候水稻氮素吸收過量，對子實生產不利。
5. 採土表敷蓋方式：綠肥作物如採施於土表作為敷蓋之方式，其分解速率將比採掩埋方式明顯較慢，加上因採不整地綠肥敷蓋方式栽培之後作物通常生育較佳，養分吸求較高，因此其後作可減施的肥料量較少，大約為採掩埋方式減施量之一半即可。