

有機肥料生產研究—四種多年生豆科肥料與 青割玉米間植之比較⁽¹⁾

王紓愷⁽²⁾⁽³⁾ 陳嘉昇⁽²⁾ 游翠凰⁽²⁾ 劉信宏⁽²⁾

收件日期：98年10月21日；接受日期：99年1月12日

摘要

本研究主要目的為了解利用多年生豆科牧草於青割玉米有機生產之可行性。試驗中採用四種多年生牧草：多年生花生（*Arachis glabrata* Benth）、爪哇大豆（*Neonotonia wightii*）、苜蓿（*Medicago sativa*）及蔓花生（*A. pintoii* Krap. & Greg.），在未施肥之下分別與青割玉米進行交互間植，試驗調查青刈之產量、品質以及利用混合收穫進行青貯調製之結果。青割玉米、豆科牧草與雜草之組成比例在各處理中差異顯著，以總生物量與青割玉米產量而言，蔓花生的間植效果最好，其次為多年生花生，此二處理的青割玉米鮮草產量分別為 37.3 ton/ha 及 32.8 ton/ha，加上豆科產量分別為 46.8 ton/ha 及 33.4 ton/ha。爪哇大豆及苜蓿處理的總生物量與青割玉米產量都較差，青割玉米產量分別為蔓花生組之 31% 及 42%，但含有極高比例的豆科牧草。除產量外，青刈牧草品質在四種處理下也有顯著差異，多年生花生、爪哇大豆、苜蓿及蔓花生處理之粗蛋白質總產量分別為 1115.4 kg/ha、1175.6 kg/ha、1032.8 kg/ha 及 1682.2 kg/ha。以間植後收穫之混合牧草進行青貯調製結果，蔓花生與多年生花生處理的青貯品質極佳，但爪哇大豆與苜蓿處理之產物不適合青貯調製，添加乳酸菌僅使青貯發酵的丁酸含量降低以及乾物回收率提高，但對青貯品質的改善效果有限。本試驗結果顯示，蔓花生及多年生花生與青割玉米間植可用以建立少肥料及低投入的有機肥料生產體系，其收穫產物利用於青刈或青貯皆宜。

關鍵詞：青割玉米、多年生豆科牧草、間作、有機生產。

緒言

由於台灣自然資源有限，加上人口密集，農業一直是以密集精耕的方式進行，但是在追求高產與生產效率之下，長期依賴機械、化學肥料及農藥，卻造成表土流失、土壤有機質含量下降、土

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1547 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 通訊作者，E-mail：smwang@mail.tlri.gov.tw

壤酸化、土壤品質退化、以及土壤與水源污染等，使農業資源益發缺乏，因此為農業之永續經營利用，推行有機農業將是未來的重要方向之一。有機農業是指遵守自然資源循環永續利用原則，不允許使用合成化學物質，強調水土資源保育與生態平衡之生產管理系統，並達到生產自然安全農產品目標之農業。台灣有機農業發展多年，但主要局限於水稻、蔬菜、果樹及茶四大類，有機畜產則尚處於萌芽階段，有機芻料與飼料的生產佔有關鍵的重要性。有機芻料生產原則與一般農作的有機生產並無不同，但是應採用低投入的方式進行，同時兼顧成本與品質，才有推廣應用的可能。

土壤有機質是影響土壤品質的重要關鍵因子，對土壤的物理性、化學性與生物性都具有決定性的影響力 (Lal, 2009; Rao and Siddaramappa, 2008)，但台灣位處亞熱帶，夏季高溫且雨量集中，加上常年耕犁，造成土壤有機質分解快速，多數農田土壤之含量都在 2% 以下，現行的有機耕作方式幾乎都是採用施用大量有機肥料的方式進行 (李等, 1999; 王及趙, 2007; 蔡及戴, 2008)，但這種有機耕作模式對於有機芻料之生產而言並不合適，因商品化有機芻料的生產規模較大，完全依靠有機肥料來提供養分，施用成本偏高；而農家自產的生產方式，自有的動物堆肥可能不敷應用。除肥料外，雜草、病害與蟲害也是有機耕作必須克服的問題，由於不能使用任何化學防除藥劑，增加耕作系統的多樣性與複雜度是常用的手段，如禾豆輪作或間作，善用不同物種間的交互作用可以提高耕作系統的穩定與生產力 (Alford *et al.*, 2003; Carruthers *et al.*, 2000; Prasifka *et al.*, 2006; Zhang and Li, 2003)。

基於前述理由，同時考量需求與應用性，利用多年生豆科芻料與青割玉米間作的有機生產是值得嘗試的方法。因青割玉米高產優質，是台灣草食動物的主要飼糧之一，但為高耗肥作物，而豆科植物之固氮能力可以將大氣中的氮氣轉換為植物可以利用的型態，在自然的氮素循環上扮演重要角色，且可協助生產系統之氮素平衡 (Peoples *et al.*, 1995)，此外利用多年生作物於農耕系統中，不僅減少耕犁次數，同時延長土壤覆蓋時間，可以減少表土流失，增加土壤有機質含量，有利於長期地力之維護 (Syers, 1997; Ibewiro *et al.*, 2000; Canellas *et al.*, 2004)。因此本計畫以四種多年生豆科牧草地進行青割玉米的間植試驗，比較不同生長型態之豆科牧草對青割玉米的生長影響、雜草競爭以及收穫產物之產量、品質與調製利用差異，以尋求可行的有機生產模式。

材料與方法

- I. 試驗材料：多年生花生 (*Arachis glabrata* Benth.)，畜試所恆春分所引種保存；蔓花生 (*A. pintoi* Krap. & Greg.)，澳洲商業品種，種子購自種子行；中東苜蓿 (*Medicago sativa*)，種子購自種子行；爪哇大豆 (*Neonotonia wightii*)，畜試所保存品系。青割玉米品種為台南 20 號。
- II. 田區種植：四種間植處理：處理 A：多年生花生、處理 B：爪哇大豆、處理 C：苜蓿、處理 D：蔓花生，除多年生花生外都以種子繁殖，試驗於畜試所恆春分所試驗區進行，各處理之小區面積為 5 m×7 m，三重複，小區於 95 年 10 月 16 日以條播種子或莖苗的方式建立草地，行距 80 cm，建立期間視需要適度灌概、人工除草，不施肥。96 年 3 月 12 日於豆科行間種植青割玉米，條播，株距 15 cm。
- III. 收穫調查：於 96 年 6 月 12 日進行收穫調查，每試區中央取 3 m×2 m 小區平割，將地上部全部收穫後，將材料依青割玉米、豆科牧草與雜草分開，調查青割玉米之株高與各類別樣品之鮮重、乾重與水分含量，乾燥樣品磨粉保存於 4°C 下，供植體組成分析之用。
- IV. 青貯調製：將各間作組合試區中所有材料全部收穫，以機械細切為 2-5 cm，混合均勻後分為二組，一組接種乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum*, 1×10^6 CFU/kg forage, Ecosyl 公司)，另一組不

接種為對照，材料混合均勻後密封於真空塑膠袋內，每袋裝填材料 2 kg，每一處理二重複。青貯料於室溫下保存三個月後開封，測定青貯品質與營養成份。

- V. 營養成分測定：乾物量測定，植體以 80℃ 烘 48 小時去除水分後之乾重/鮮重百分比。水溶性碳水化合物測定 (water soluble carbohydrate, WSC)：植體乾粉經 80% 酒精萃取三次，合併萃取液並除去酒精後定量，依 anthron 呈色法測定 (Morris, 1948)。澱粉的測定：先以 80% 的酒精於 80℃ 下萃取除去 WSC，棄去萃取液，樣品烘乾後加入過氯酸加熱水解，定量後同樣以 anthron 呈色法測定含量。粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量以 Kjeldahl 法測定 (AOAC, 1984)；酸洗纖維 (acid-detergent fiber, ADF) 及中洗纖維 (neutral-detergent fiber, NDF) 的測定以 ANKOM 200 纖維分析儀進行 (Komarek *et al.*, 1996; Vogel *et al.*, 1999)，NDF 分析採添加 α -amylase 方法 (van Soest *et al.*, 1991)。
- VI. 青貯品質分析：酸鹼值為 20 克青貯料加蒸餾水 180 mL，打碎過濾後以酸鹼度計測定之值。乳酸、丁酸、丙酸及乙酸之測定以氣體層析儀依 Jones and Kay (1976) 的方法進行，將前述青貯萃取液經過陽離子管柱，洗出液以 0.05 N tetrabutyl ammonium hydroxide (TBAH) 滴定至 pH 為 8，70℃ 下烘乾，加入定量丙酮溶解並依 TBAH 滴定量加入適量 benzyl bromide 與揮發性脂肪酸反應，再以氣相層析儀分析含量。依青貯料中乳酸、丁酸及乙酸占測定乙酸、丙酸、丁酸與乳酸四者總量之當量百分比進行評分，再將三項總加為青貯品質評分 (Fleig's score)。因本試驗系統密閉，沒有滲漏，因此以青貯後之乾物率除以青貯前之乾物率計算乾物回收率。

結果

本試驗採用四種多年生牧草與青割玉米進行間植試驗。四種豆科牧草分別為多年生花生、爪哇大豆、苜蓿以及蔓花生。本試驗草地由建立至玉米種植前均為乾季，期間總降雨量為 350 mm (中央氣象局恆春氣象站資料)，因此在建立初期須適量灌溉，但灌溉後雜草快速生長，所以進行一次人工除草，以協助草地建立，此後至青割玉米收穫均未除草。四種豆科牧草的生長型態都不相同，多年生花生與蔓花生都是匍匐性豆科，多年生花生不結種子只能以無性扦插繁殖，其地下莖 (rhizome) 發達，建立後持續性良好，但生長速度慢；蔓花生的生長速度較多年生花生略快，主要為地上匍匐莖，地下莖不明顯；爪哇大豆與苜蓿都是直立生長型，但爪哇大豆具捲鬚可以攀爬延伸，二者的生長都極快速。至青割玉米種植前四種牧草地的覆蓋率約為：多年生花生 30%，蔓花生 50%，爪哇大豆與苜蓿相近約 75%。雜草種類包括大花咸豐草、野荳、假海馬齒、午時花、馬唐、牛筋草、芒稈、鐵線草與土香，不同牧草地上的雜草數量與組成比例不一，但雜草種類無明顯不同。

青割玉米於種植後 92 天收穫，各間作組合全區的鮮重與乾重生物量分別為：處理 A，46.1 ton/ha、12.3 ton/ha；處理 B，37.0 ton/ha、9.1 ton/ha；處理 C，38.3 ton/ha、9.1 ton/ha；處理 D，51.6 ton/ha、14.7 ton/ha，整體產量以與蔓花生間作的處理表現最高，次為多年生花生，爪哇大豆、苜蓿表現較差。青割玉米、豆科牧草與雜草在各間作組合間的表現差異極大 (表 1~3)。由表 1 結果可以發現青割玉米產量因間作豆科牧草的影響明顯，與蔓花生間作的青割玉米產量最高，鮮重產量可達 37.3 ton/ha，乾重產量為 11.6 ton/ha，多年生花生處理的結果次之，而與苜蓿及爪哇大豆間作的青割玉米產量不及前二者之半量，主要原因可能與物種間的競爭有關。觀察四種間作的田間表現可以明顯發現豆科牧草的生長型態與生長速度對青割玉米生長的影響，多年生花生與蔓花生的生長慢，其間作田間的青割玉米生長狀態與一般單作的青割玉米生長型態相近，各株之間

生長大致整齊，收穫時平均株高分別為 190 cm 與 181 cm，成熟度大約為糊熟期；而與爪哇大豆及苜蓿間作的青割玉米明顯受到間作豆科牧草的競爭影響，生長慢、株型細瘦，始花時間也較前述二處理延遲 10-12 天，與苜蓿間作者收穫時平均株高為 166 cm，成熟度不一，大致為乳熟期；與爪哇大豆間作者收穫時之平均株高亦僅 165 cm，且生長極不整齊，造成的原因可能與爪哇大豆的生長特性有關，因為爪哇大豆具捲鬚會纏繞在青割玉米植株上造成遮蔭，影響其光合作用與生長，而纏繞遮蔭發生的程度各株不一，此外，少數未受纏繞的植株生長極瘦長有徒長現象。相對於青割玉米，此二處理的豆科牧草生長極佳，爪哇大豆的產量顯著高於青割玉米，苜蓿的產量也與青割玉米相近，而蔓花生與多年生花生處理的豆科生物量顯著較低，尤其是多年生生花的生物量僅占全區生物量的 1% 左右，除其生長較緩外，另一原因為多年生花生緊貼土壤匍匐生長，刈割收穫時僅部份植株被收穫（表 2）。相對於豆科牧草的影響，雜草在本試驗中對青割玉米的影響較小，雜草的發生量隨不同間作組合而異，在各個處理下所占的鮮、乾重生物量百分比分別為多年生花生 27.3%、18.5%；爪哇大豆 3.5%、2.1%；苜蓿 30.8%、28.0%；蔓花生 9.3%、5.9%（表 3）。

表 1. 青割玉米在不同間作處理下之產量與生物量百分比

Table 1. Yield and biomass percentage of forage corn in different legume-forage corn intercropping system

Intercropping system	Yield (fw)	Yield (dw)	Biomass percentage (fw)	Biomass percentage (dw)
----- ton/ha -----				
<i>A. glabrata</i>	32.8 ^a	9.9 ^a	71.5 ^a	80.4 ^a
<i>N. wightii</i>	11.5 ^c	2.7 ^c	31.0 ^c	29.5 ^c
<i>M. sativa</i>	15.5 ^b	4.0 ^b	39.9 ^b	41.9 ^b
<i>A. pintoi</i>	37.3 ^a	11.6 ^a	72.2 ^a	79.3 ^a

^{a, b, c} Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 2. 豆科牧草在不同間作處理下之產量與生物量百分比

Table 2. Yield and biomass percentage of legume forage in different legume-forage corn intercropping system

Intercropping system	Yield (fw)	Yield (dw)	Biomass percentage (fw)	Biomass percentage (dw)
----- ton/ha -----				
<i>A. glabrata</i>	0.6 ^c	0.1 ^c	1.2 ^d	1.2 ^d
<i>N. wightii</i>	24.3 ^a	6.2 ^a	65.5 ^a	68.4 ^a
<i>M. sativa</i>	11.0 ^b	2.6 ^b	29.4 ^b	30.1 ^b
<i>A. pintoi</i>	9.5 ^b	2.2 ^b	18.4 ^c	14.8 ^c

^{a, b, c} Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 3. 雜草在不同間作處理下之生物量與生物量百分比

Table 3. Biomass and biomass percentage of weed in different legume-forage corn intercropping system

Intercropping system	Biomass (fw)	Biomass (dw)	Biomass	Biomass
			percentage	percentage
			(fw)	(dw)
----- ton/ha -----				
<i>A. glabrata</i>	12.7 ^a	2.3 ^b	27.3 ^a	18.5 ^b
<i>N. wightii</i>	1.2 ^c	0.2 ^c	3.5 ^c	2.1 ^d
<i>M. sativa</i>	11.8 ^a	2.5 ^a	30.8 ^a	28.0 ^a
<i>A. pintoi</i>	4.8 ^b	0.9 ^b	9.3 ^b	5.9 ^c

a, b, c Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

青割玉米在各種間作組合下收穫的植體組成表現不一，與爪哇大豆及苜蓿間作的青割玉米其水分含量、中洗纖維、酸洗纖維與水溶性碳水化合物含量較高，澱粉含量較低，可能與其成熟度較低有關，另一可能則是因競爭造成青割玉米果穗占全株的比例降低之故（表 4）。四種豆科牧草的植體組成在酸洗纖維含量上差異不顯著，粗蛋白質、中洗纖維、水溶性碳水化合物含量則隨物種而異，其中苜蓿的粗蛋白質含量顯著高於其他豆科牧草，而多年生花生的含量為四種豆草中最低，水溶性碳水化合物含量方面，以蔓花生較高，其他三種豆草間差異不顯著（表 5）。雜草的植體組成在各個處理下的表現不一，可能與各處理下雜草組成之數量與成熟度差異有關，與爪哇大豆及蔓花生間作下的雜草發生率低（表 3），同時其雜草植株也較另二種間作為小，即與其乾物率較低、蛋白質含量較高、纖維含量較低的表現相符（表 6）。

表 4. 青割玉米在不同間作處理下的乾物率與植體組成

Table 4. Dry matter content and nutrient components of forage corn in different legume-forage corn intercropping system

Intercropping system	Dry matter content	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber	Water soluble carbohydrate	Starch
	----- % DM -----					
<i>A. glabrata</i>	30.2 ^a	8.6 ^b	55.7 ^{bc}	27.3 ^{ab}	12.8 ^b	22.2 ^a
<i>N. wightii</i>	23.2 ^b	8.6 ^b	65.1 ^a	33.9 ^a	14.3 ^a	9.0 ^c
<i>M. sativa</i>	24.7 ^b	8.8 ^b	58.7 ^{ab}	29.8 ^{ab}	14.2 ^a	16.3 ^b
<i>A. pintoi</i>	31.3 ^a	10.7 ^a	48.9 ^c	26.4 ^b	12.8 ^b	23.7 ^a

a, b, c Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 5. 豆科牧草在不同間作處理下的乾物率與植體組成

Table 5. Dry matter content and nutrient components of forage legume in different legume-forage corn intercropping system

Intercropping system	Dry matter content	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber	Water soluble carbohydrate
----- % DM -----					
<i>A. glabrata</i>	25.2 ^a	12.8 ^b	47.7 ^b	38.6 ^a	2.1 ^b
<i>N. wightii</i>	25.6 ^a	14.7 ^b	51.7 ^a	39.5 ^a	2.2 ^b
<i>M. sativa</i>	23.9 ^a	16.1 ^a	51.6 ^a	40.0 ^a	2.7 ^b
<i>A. pintoi</i>	22.6 ^a	14.2 ^{ab}	45.7 ^b	39.3 ^a	4.1 ^a

^{a, b} Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 6. 雜草在不同間作處理下的乾物率與植體組成

Table 6. Dry matter content and nutrient components of weed in different legume-forage corn intercropping system

Intercropping system	Dry matter content	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber	Water soluble carbohydrate
----- % DM -----					
<i>A. glabrata</i>	17.8 ^b	10.8 ^c	59.3 ^b	39.0 ^a	5.2 ^a
<i>N. wightii</i>	13.1 ^c	12.0 ^b	49.5 ^c	37.8 ^a	1.5 ^b
<i>M. sativa</i>	21.4 ^a	10.2 ^c	62.9 ^a	40.4 ^a	5.4 ^a
<i>A. pintoi</i>	18.0 ^b	15.7 ^a	57.4 ^b	36.9 ^a	4.8 ^a

^{a, b, c} Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

以豆科牧草與青割玉米間作全區收穫之混合材料進行青貯調製試驗，其青貯前之營養組成如表 7，青貯四個月後開封之青貯料表現如表 8 及表 9。由表 7 顯示多年生花生及蔓花生二種間作組合之混合收穫材料較適合青貯調製，而苜蓿及爪哇大豆間作組合之水溶性碳水化合物含量較低而粗蛋白質含量較高，同時苜蓿間作材料之水分含量超過 75%，青貯調製時較難維持良好的發酵品質。表 8 結果確實顯示混合材料特性對青貯發酵的影響明顯，蔓花生及多年生花生處理的青貯料品質極佳，其 pH 值均維持在 4 以下，發酵產物以乳酸為主，丁酸含量極低，而爪哇大豆及苜蓿處理之青貯其發酵產酸以丁酸與乙酸為主，乳酸含量極低，是調製失敗的青貯料。以乳酸菌劑接種對不易調製之青貯材料有降低 pH 值及減少丁酸產生的效果，但對整體青貯品質的改善有限，以平均效應而言，僅有丁酸含量一項與對照有顯著差異（表 8）。調製不佳的青貯除發酵品質差外，還會因發酵不當而產生大量乾物耗損（Rotz and Muck, 1994），表 9 結果即顯示以爪哇大豆及苜蓿處理之青貯乾物回收率低，且植體營養組成也因乾物耗損而改變其在植體中的百分比，此二材料的酸洗纖維明顯較青貯前增加應與此相關；乳酸菌接種僅在改善乾物回收率上效果顯著，其他部份結果與對照無異。

表 7. 不同間作混合收穫物青貯前的乾物率與植體組成

Table 7. Dry matter content and nutrient components of mixture material harvested in different legume-forage corn intercropping system before ensiling

Intercropping system	Dry matter content	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber	Water soluble carbohydrate
----- % dm -----					
<i>A. glabrata</i>	32.5 ^a	7.7 ^b	56.6 ^b	31.6 ^{bc}	8.9 ^a
<i>N. wightii</i>	29.1 ^a	11.6 ^a	59.9 ^a	38.6 ^a	2.5 ^c
<i>M. sativa</i>	22.5 ^b	11.1 ^a	59.5 ^a	35.2 ^{ab}	5.8 ^b
<i>A. pinto</i>	31.8 ^a	9.5 ^b	53.0 ^b	29.3 ^c	8.8 ^a

a, b, c Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 8. 間作處理與接種處理對豆科—青割玉米混合收穫物青貯料之 pH 值、揮發性脂肪酸含量與青貯評分之影響

Table 8. Effect of intercropping system and inoculation on pH value, volatile fatty acids and Fleig's score of silage made by mixture material harvest from different intercropping system

Treatment	pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid	Fleig's score
----- g/kg dm -----						
Intercropping						
<i>A. glabrata</i>	3.9 ^c	18.1 ^b	1.5 ^b	0.5 ^b	51.9 ^a	84.0 ^b
<i>N. wightii</i>	5.4 ^a	15.8 ^b	6.5 ^a	46.1 ^a	18.9 ^b	13.5 ^c
<i>M. sativa</i>	4.8 ^b	32.3 ^a	5.6 ^a	48.3 ^a	6.8 ^b	18.0 ^c
<i>A. pinto</i>	3.7 ^c	8.9 ^c	0.3 ^b	0.1 ^b	51.9 ^a	98.0 ^a
Inoculation						
Control	4.5 ^a	14.3 ^b	3.3 ^a	34.4 ^a	27.6 ^a	53.1 ^a
<i>L. plantarum</i>	4.4 ^a	22.7 ^a	3.7 ^a	13.0 ^b	28.7 ^a	53.8 ^a

a, b, c Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 9. 間作處理與接種處理對豆科—青割玉米混合收穫物青貯料之乾物回收率、乾物率與營養組成之影響

Table 9. Effect of intercropping system and inoculation on dry matter recovery, dry matter content and nutrient components of silage made by mixture material harvest from different intercropping system

Treatment	Dry matter recovery	Dry matter content	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber
	%	%	-----	% DM	-----
Intercropping					
<i>A. glabrata</i>	89.8 ^b	29.2 ^a	10.0 ^a	56.6 ^b	31.8 ^c
<i>N. wightii</i>	71.0 ^c	20.7 ^b	8.9 ^a	65.7 ^a	48.8 ^a
<i>M. sativa</i>	69.9 ^c	15.7 ^c	10.0 ^a	57.9 ^b	41.3 ^b
<i>A. pinto</i>	99.9 ^a	32.6 ^a	8.0 ^a	54.9 ^b	33.9 ^c
Inoculation					
Control	78.3 ^b	23.3 ^b	8.8 ^a	57.6 ^a	38.2 ^a
<i>L. plantarum</i>	91.6 ^a	26.3 ^a	9.6 ^a	60.0 ^a	39.7 ^a

^{a, b, c} Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

討論

間作是早期普遍採用的耕作制度，有降低風險、減少病蟲害、提高土壤養分利用效率、增加土地利用等優點，以及具有提高生物多樣性、維護長期農業資源等非立即性的好處，直到化學肥料、大型機械以及農藥普及之後，才逐漸被大面積單一作物的工業化農業所取代。間作在友善環境、資源利用與生態平衡的角色優於大面積單作，但要將間作重新納入現代農業仍有許多問題需要克服（Machdo, 2009）。目前除原有的單行交替間作外，已有雙行間作、條帶間作或延遲間作等多種型式出現，主要即考慮如何能兼顧機械作業與混植之優點（Machdo, 2009）。Jeranyama *et al.*（1998）由單年生苜蓿屬豆草與玉米混植的試驗結果發現，混植表現隨不同之豆草種類與豆草種植日期而異，延遲豆草種植可以降低對玉米產量的影響，混植豆草可以減少後作玉米的氮素需求達 37 kg/ha。Alford *et al.*（2003）在較乾燥區域進行之灌溉玉米間植試驗同樣顯示不同苜蓿屬豆草對玉米的產量影響不一，但是雜草對玉米及豆草產量的影響更大，在除草區的結果顯示僅二種豆草對玉米產量之影響達顯著水準，但間植豆草可提高牧草品質。本試驗結果同樣顯示苜蓿對玉米的競爭性強，但間作豆科可增加牧草之粗蛋白質含量。對間植苜蓿試區而言，如何以管理方法減少競爭，以提昇青割玉米產量值得進一步探討。Eskandari *et al.*（2009）研究不同間作型式與單作之土壤養分吸收與截光情形，發現間作下作物對光合作用有效輻射（PAR, photosynthetic active radiation）的截取利用與土壤養分吸收都更有效率，豇豆（cow pea）對土中二價離子（鈣、鎂離子）的吸收較強，而玉米對磷、鉀的吸收較具競爭力。Deng *et al.*（2000）也指出多作物系統下之土壤微生物量與活性都較單作系統為佳。由於間作包含二種作物，物種組合的選擇、種植時間、管理方式等都會影響作物間及作物與環境間的交互作用，處理得當可以得到滿意的結果但若處理不當也可能得到相反的結果，所以需要更多注意與精細的操作（den Hollander *et al.*, 2007a; 2007b; Riday and Albrecht, 2008; Bank and Sharma, 2009; Bomford, 2009）。

因應未來農業環境的變化，豆科牧草的多元利用性值得進一步研究（Shelton *et al.*, 2005），在低投入的有機芻料生產上更是如此。許多的研究都顯示土壤是維繫長期生產力的重要因子，尤其是土壤氮素與有機質的變動（Syers, 1997），而豆科植物在其中扮演重要角色，豆科除了具備固氮能力、提供氮素外（Peoples *et al.*, 1995），對土壤品質的改善上也具相當重要的影響（Cadish *et al.*, 1994; de Oliveira *et al.*, 2003），如 Canellas *et al.* (2004) 的調查即發現多年生豆科牧草對土壤有機質腐質化程度與氧化程度的影響大於對其含量的影響。本試驗之土壤分析結果顯示，在無施肥狀況下試驗前後之土壤有機質含量沒有降低（表 10），但長期的影響仍待進一步研究。此外，多年生豆科與青割玉米間作的蛋白質產量可達 1033 kg/ha-1682 kg/ha（僅計算地上部），表示此試驗耕作系統可以提供的氮量至少可達 165 kg/ha-269 kg/ha 的程度（表 11），因試驗過程完全沒有施用肥料，顯示豆科牧草在本系統下有很好的供氮能力，推測即使在長年性的收穫利用狀況下，豆科牧草的間植可以減少大量的氮素施用，適當的補充肥料，即可維持土壤系統的養分平衡。

表 10. 豆科—青割玉米間作試驗前後之土壤 pH 值、有機質及有效性磷、鈣、鎂、鉀含量

Table 10. Soil pH, organic matter, available phosphorus, calcium, magnesium and potassium contents of soils sampled before and after the experiment

Intercropping system	pH	Organic matter	P	Ca	Mg	K
----- ppm -----						
<i>A. glabrata</i>	7.8±0.0	3.1±0.4	16.0±2.7	1914±230	92.4±12.1	102.3±14.4
<i>N. wightii</i>	7.9±0.0	3.1±0.3	18.8±4.9	2149±279	89.6±15.4	84.3± 5.1
<i>M. sativa</i>	7.8±0.1	2.7±0.4	14.1±1.1	1597±232	76.0± 3.2	78.7±11.1
<i>A. pintoi</i>	7.6±0.0	3.0±0.2	21.0±6.4	1586± 94	103.6±11.5	104.0±20.9
<i>A. glabrata</i>	7.6±0.0	3.4±0.4	11.9±2.3	1254± 56	101.7±19.1	92.3±15.6
<i>N. wightii</i>	7.8±0.1	3.5±0.2	8.3±2.7	1197±130	129.4±12.1	98.6±15.0
<i>M. sativa</i>	7.8±0.1	3.4±0.3	8.4±1.0	1117±150	124.7±10.1	104.4±14.4
<i>A. pintoi</i>	7.8±0.0	3.7±0.3	7.9±0.8	1141± 58	129.2±11.3	94.0± 6.4

表 11. 豆科—青割玉米間作試驗之總產量、粗蛋白質產量與氮消耗量

Table 11. Total dry matter yield, crude protein production and nitrogen uptake of above-ground parts from different intercropping systems

Intercropping system	Dry matter yield	Crude protein yield	Nitrogen uptake
	ton/ha	kg/ha	kg/ha
<i>A. glabrata</i>	12.3 ^b	1115.4 ^b	178.5 ^b
<i>N. wightii</i>	9.1 ^c	1175.6 ^b	188.1 ^b
<i>M. sativa</i>	9.1 ^c	1033.8 ^b	165.4 ^b
<i>A. pintoi</i>	14.7 ^a	1682.2 ^a	269.2 ^a

^{a, b, c} Means within a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

以有機芻料生產的角度而言，本試驗在整個生產過程除種子、必要的灌水以及一次除草外，沒有其他額外管理花費，相當省工經濟，且收穫之混合芻料品質及產量應都在可接受的程度（表 7、表 11）。整體而言，以蔓花生與青割玉米間作（處理 D）的總產量最高，同時其青刈鮮草與青貯之品質都極佳；其次為多年生花生與青割玉米間作（處理 A），其青貯品質佳但總產量與鮮草之粗蛋白質含量稍低，此二處理的主要收穫產物都以青割玉米為主。青割玉米與爪哇大豆及苜蓿的間作組合（處理 B、C）在總產量的表現較差，但其混合收穫物含大量豆科牧草，粗蛋白質含量高，可供青刈利用，如需青貯保存應與高水溶性碳水化合物之材料混合調製較佳（王等，2007；2008）。此外，在間作收穫之後可回復多年生豆科牧草地利用，待適當時期再進行下一次間作，如此應可建立一個低投入的長期生產體系，唯後續利用之持續性與管理方式宜進一步試驗探討。總結，本試驗結果顯示，多年生豆科牧草與青割玉米間植可建立少肥料及低投入的有機芻料生產體系，具有應用的潛力，而多年生花生與青割玉米間植為恆春地區最佳間植生產體系。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2007。種植期、收穫期及品種對青貯玉米發酵品質的影響。畜產研究 40:37-47。
- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2008。成熟度、接種處理與青貯保存時間對全株水稻青貯品質的影響。畜產研究 41:153-162。
- 王銀波、趙慶震。2007。有機農業之意義與相關試驗之檢討。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。pp.108-122。
- 李健鋒、陳榮五、陳世雄。1999。有機栽培對水稻生育的影響。台中區農業改良場彙報 65:23-38。
- 蔡宜峯、戴振洋。2008。不同有機肥料種類及用量對有機葉菜類生長效益之影響。台中區農業改良場彙報 99:23-35。
- Alford, C. M., J. M. Krall and S. D. Miller. 2003. Intercropping irrigated corn with annual legumes for fall forage. *Agron. J.* 95:520-525.
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14th ed. Washington DC. pp.125-142.
- Bank, P. and R. C. Sharma. 2009. Yield and resource utilization efficiency in baby corn-legume intercropping system in the eastern plateau of India. *J. Sustain. Agric.* 33:379-395.
- Bomford, M. K. 2009. Do tomatoes love basil but hate brussels sprouts? Competition and land-use efficiency of popularly recommended and discouraged crop mixtures in biointensive agriculture systems. *J. Sustain. Agric.* 33:396-417.
- Cadisch, G., R. M. Schunke and K. E. Giller. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Tropical Grassland* 28:43-52.
- Canellas, L. P., J. A. A. Espindola, C. E. Rezende, P. B. de Camargo, D. B. Zandonadi, V. M. Rumjanek, J. G. M. Guerra, M. G. Teixeira and R. Braz-Filho. 2004. Organic matter quality in a cultivated with perennial herbaceous legumes. *Sci. Agric.* 61:53-61.
- Carruthers, K., B. Prithiviraj, Q. Fe, D. Cloutier, R. C. Martin and D. L. Smith. 2000. Intercropping of corn with soybean, lupin and forages: silage yield and quality. *J. Agron. Crop Sci.* 185:177-185.
- Deng, S. P., J. M. Moore and M. A. Tabatabai. 2000. Characterization of active nitrogen pools in soils under different cropping systems. *Biol. Fertil. Soils* 32:302-309.

- den Hollander, N. G., L. Bastiaans and M. J. Kropff. 2007a. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design I. Characteristics of several clover species. *Europ. J. Agronomy* 26: 92-103.
- den Hollander, N. G., L. Bastiaans and M. J. Kropff. 2007b. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design II. Competitive ability of several clover species. *Europ. J. Agronomy* 26:104-112.
- de Oliveira, C. A., M. R. S. Muzzi, H. A. Purcino, I. V. Marriel and N. A. H. de Sa. 2003. Decomposition of *Arachis pinto* and *Hyparrhenia rufa* litters in monoculture and intercropped systems under lowland soil. *Pesq. Agropec. Bras., Brasillia*. 38:1089-1095.
- Eskandari, H., A. Ghanbari-Bonjar, M. Galavi and M. Salari. 2009. Forage quality of cow pea (*Vigna sinensis*) intercropped with corn (*Zea mays*) as affected by nutrient uptake and light interception. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*. 37:171-174.
- Ibewiro, B., N. Sanginga, B. Vanlauwe and R. Merckx. 2000. Evaluation of symbiotic dinitrogen inputs of herbaceous legumes into tropical cover-crop systems. *Biol. Fertil. Soils* 32:234-242.
- Jeranyama, P. O., B. Hesterman and C. C. Sheaffer. 1998. Medic planting date effect on dry matter and nitrogen accumulation when clear-seeded or intercropped with corn. *Agronomy J.* 90:616-622.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acid C1-C6 and lactic acid in silage juice. *J. Sci. Food Agric.* 27:1005-1014.
- Komarek, A. R., H. Manson and N. Thiex. 1996. Crude fiber determination using the ANKOM system. Publ. 102. ANKOM technol. Corp., Fairport, NY.
- Lal, R. 2009. Challenges and opportunities in soil organic matter research. *Europ. J. Soil Sci.* 60:158-169.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107:254-255.
- Machado, S. 2009. Does intercropping have a role in modern agriculture? *J. Soil Water Conservation* 64: 55A-57A.
- Peoples, M. B., D. E. Herridge and J. K. Ladha. 1995. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil* 174:3-28.
- Prasifka, J. R., N. P. Schmidt, K. A. Kohler, M. E. O'Neal, R. L. Hellmich and J. W. Singer. 2006. Effects of living mulches on predator abundance and sentinel prey in a corn-soybean-forage rotation. *Environ. Entomol.* 35:1423-1431.
- Rao, B. K. R. and R. Siddaramappa. 2008. Evaluation of soil quality parameters in a tropical paddy soil amended with rice residues and tree litters. *European J. Soil Biol.* 44:334-340.
- Riday, H. and K. A. Albrecht. 2008. Intercropping tropical vine legumes and maize for silage in temperate climates. *J. Sustain. Agric.* 32:425-438.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. in : Forage quality, evaluation, and utilization. Eds. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp.828-868.
- Selton, H. M., S. Franzel and M. Peters. 2005. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. *Tropical Grasslands Volume* 39:198-209.
- Syers, J. K. 1997. Managing soils for long-term productivity. *Phil. Trans. Res. Soc. Lond B.* 352:1011-1021.
- van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Vogel, K., J. F. Pedersen, S. D. Masterson and J. J. Toy. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Sci.* 39:276-279.

- Zhang, F. S. and L. Li. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant Soil* 248:305-312.

A study of organic forage production: comparison of four intercropping-systems of perennial legumes with forage corn ⁽¹⁾

Shu-Min Wang⁽²⁾⁽³⁾ Chia-Sheng Chen⁽²⁾ Tsui-Huang Yu⁽²⁾
and Hsin-Hung Liu⁽²⁾

Received: Oct. 21, 2009 ; Accepted: Jan. 12, 2010

Abstract

The purpose of this study was to investigate the feasibility of incorporation of perennial legumes in organic forage corn production. Four cropping combinations were conducted in this study, which were rhizoma peanut (*Arachis glabrata* Benth), perennial soybean (*Neonotonia wightii*), alfalfa (*Medicago sativa*), and perennial peanut (*A. pintoii* Krap. & Greg.) intercropped with forage corn separately, to estimate the effects of different legumes on yield and quality of green cut and silage of the mixture under the absence of fertilizer application. The biomass percents of forage corn, legume and weed were significantly different among combinations. The perennial peanut system produced the highest mixture and forage corn, followed by the performance of rhizoma peanut system. The forage corn yield in perennial peanut and rhizome peanut intercropping systems were 37.3 ton/ha and 32.8 ton/ha respectively, which went up to 46.8 ton/ha and 33.4 ton/ha when addition of the legume yield. The forage corn yield were significantly decreased in perennial soybean and alfalfa systems, which were only 31% and 42% of perennial peanut system. However, mixture of these two harvests contained high levels of legume. Beside the yield, forage quality of these four intercropping system were substantially different, too. Total protein yield of perennial peanut, rhizoma peanut, soybean and alfalfa treatment were 1682.2 kg 1115.4, 1175.6 and 1032 kg N/ha respectively. The mixture harvested from perennial peanut and rhizome peanut systems could make good silage, while those harvested from perennial soybean and alfalfa systems were not suitable for ensiling. Inoculation of *Lactobacillus* could reduce the butyric acid content and increased the dry matter recovery of silage, although the quality of silage was not improved significantly. Our results indicated that perennial peanut and rhizome peanut could intercrop with forage corn to establish a fertilizer limited and low-input organic production system. The harvest mixture of these two systems could be utilized either as green cut or silage.

Key words : Forage corn, Perennial legume forage, Intercropping, Organic production.

-
- (1) Contribution No. 1547 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
 - (2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 946, Taiwan, R.O.C.
 - (3) Corresponding author, E-mail: smwang@mail.tlri.gov.tw