

# 低投入的有機芻料生產研究—指草屬 (*Digitaria* spp.) 與花生屬 (*Arachis* spp.) 混植<sup>(1)</sup>

陳嘉昇<sup>(2)(3)</sup> 王紓愍<sup>(2)</sup> 游翠凰<sup>(2)</sup> 劉信宏<sup>(2)</sup>

收件日期：98年11月6日；接受日期：99年1月12日

## 摘要

本研究以盤固草 (*Digitaria decumbens*) A254 及 *Survenola* (*D. × unifolia*) 各別混植多年生花生 (*Arachis grabrata*) 或蔓花生 (*A. pintoi*)，調查在不施肥狀況下草種組合的表現，以探討用於建立低投入永續草地或有機草地的可行性。結果顯示多年生花生雖初期生長速度慢，但建立後持久性良好，產量逐年上升，在混植區中提供相當可觀的比例；多年生花生與盤固草混植表現優於與 *Survenola* 混植。混植處理到第三年仍有 16-19 mt/ha 的乾物產量，無混植者僅 7 mt 左右，禾豆混植不僅維持產量，且大幅改善收穫牧草的營養價值。割期試驗顯示，混植區於夏季延遲至 90 天才收穫者 CP 為 9.4%，NDF 為 61%，ADF 為 43%，是相對較佳的熱帶牧草品質。其高營養價值主要來自豆科的高 CP 及低 NDF，而禾本科本身生長減緩，也有助於品質的維持。本試驗歷次的收穫自土壤中移除了大量的礦物元素，以第三年禾豆混植區為例，總共自地上部收穫了 217-277 kg/ha 的氮素。在僅利用豆科的生物固氮，沒有施肥及放牧的情形之下，導致土壤總氮、有機質及其他土壤成分的降低，且高產小區的降幅較大。總結，多年生花生與盤固草可以在有機生產的目的下建立穩定的混植體系，但長期而言，需要利用放牧或適當的堆肥補充才能達成系統的養分平衡。

關鍵詞：禾豆混植，有機草地，花生屬，指草屬。

## 緒言

禾豆混植草地可以提升牧草品質、平衡季節性產量與土壤養分利用，此外，也可經由豆科的生物固氮作用，提供最便宜的氮素來源，達成牧草地的永續經營 (Sleugh *et al.*, 2000; Thomas, 1995; Tracy and Sanderson, 2004)。對牧草地的有機生產而言，單植的禾本科牧草地消耗大量的氮肥，有機肥料的來源與成本是最主要的生產限制因素，因此，建立豆科或禾豆混生草地，應是有機牧草

---

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1548 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 通訊作者，Email: chencsg@mail.tlri.gov.tw。

地能大面積實施的主要途徑。國內向來缺乏豆科芻料，也無禾豆混植草地的利用，但在石化能源日益短缺，化學肥料日益上漲的現在，豆科生物固氮的利用更顯出其重要性。除有機生產外，在永續經營、節能減碳的呼聲下，低投入的永續草地應給予更高的重視。

豆科芻料每年可自大氣中固定可觀數量的氮素，除供本身生長之外，並提供混植植物或後期植物的利用 (Carlsson and Huss-Danell, 2003; Trannin *et al.*, 2000)。在有放牧動物的情況下，禾豆混植草地中的豆科達到某個比例以上，可以不需外源肥料而維持永續草地 (Cadisch *et al.*, 1994; Thomas, 1995)，因此持久性良好的禾豆組合是首要的條件，然而國內歷來混植栽培的探討，尚乏持久性良好的禾豆組合 (王等, 1963; 金, 1998)。此外，在過去廉價的化肥供應與經營型態之下，亦未有由低投入觀點，著重建立永續草地的探討。

多年生花生 (*Arachis grabrata*) 在1990年代由美國佛羅里達州引進畜產試驗所恆春分所種植。本草種主要以地下走莖繁殖，地下莖層濃密，匍匐性佳，於恆春試驗區的長期觀察，雖初期生長速度慢，但一旦建立後，持久性良好，具有建立持久性禾豆混植草地的潛力，美國南方及中美洲已有部分混植栽培 (Dunavin, 1992; Williams *et al.*, 2002)。另一利用種子繁殖的蔓花生 (*A. pintoi*) 因種植方便，在中美洲地區的利用日多 (Valentim and Andrade, 2004)，台灣引進做為覆蓋或綠化植物，也是一個值得探討在本地環境下混植潛力的草種。

本研究以兩種指草屬 (*Digitaria*) 禾草：盤固草 (*Digitaria decumbens*) A254 及 Survenola (*D. × umifolia*) 各以兩種比例混植多年生花生及蔓花生，探討在不施肥狀況下，草種組合、種植比例對草地建立速度及豆科比例的影響，以及不同割期下的產量與品質變化 (第三年)，以提供低投入永續草地或有機草地建立的依循。

## 材料與方法

本研究之田間試驗於畜產試驗所恆春分所進行，2007 年 3 月種植。參試草種包含兩種禾本科：盤固草 A254 及 Survenola；兩種豆科：蔓花生及多年生花生。上述二禾本科、二豆科及兩種種植比例 (禾：豆=1：1 及 1：2)，組合為 8 個處理的複因子試驗，兩區集。小區面積為  $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$ 。處理組合及代號如下：P1，盤固草混蔓花生 1:1；P2，盤固草混蔓花生 1:2；G1，盤固草混多年生花生 1:1；G2 盤固草混多年生花生 1:2；SP1，Survenola 混蔓花生 1:1；SP2，Survenola 混蔓花生 1:2；SG1，Survenola 混多年生花生 1:1；SG2，Survenola 混多年生花生 1:2。

- I. 種植方式：每一小區開 12 條播種溝，行距 50 公分，多年生花生、A254 及 Survenola 以植體繁殖，將種苗排列於播種溝而後覆土；蔓花生以種子繁殖，株距 15 公分。禾：豆比例為 1：1 者，禾、豆間隔種植；禾：豆比例為 1：2 者，以 1 行禾本科、2 行豆科的間隔種植。試驗進行期間不施肥。
- II. 調查取樣及收穫：調查取樣以  $1 \text{ m}^2$  框架進行平割，將框架內地上部全數收穫，每小區內逢機兩處取樣。將收穫之禾豆分開稱重，烘乾計算乾物率後磨粉備用。小區取樣後以大型割草機將地上部刈割打成乾草包收穫，再灌溉使重新生長。2007 年分別於 7/2、8/28、11/28 三次調查及刈割。2008 年分別於 6/20、8/9、10/8 調查及刈割。2008 年 10/8 後蔓花生再生數量大幅下降，因而將 P1、P2、SP1、SP2 試區的蔓花生全數拔除，轉變為純禾草試區。2009 年於 1/13、6/3 調查及刈割。7/16 取樣調查後，未將小區地上部刈除，另於 8/6、9/6 於未平割處取樣調查，探討割期對單植及混植試區產量與品質的影響。
- III. 營養成分測定：植體以  $80^\circ\text{C}$  烘 48 小時去除水分測定乾物率。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)。

- IV. 土壤取樣與分析：每一小區土樣由該區四個等量逢機土樣混合而成（採土深度 20 cm），土樣風乾過篩（2 mm）後貯存於封口袋供後續分析。pH 值：以等體積蒸餾水萃取土壤所測得之酸鹼度值。有機質：以重鉻酸鉀與濃硫酸氧化法測定。有效磷：利用 0.03 N  $\text{NH}_4\text{F}$  與 0.025 N HCl 混合液以 10:1 的比例萃取土壤有效磷，再以鉬酸鉍呈色法測定其含量。交換性鈣、鎂、鉀：利用 0.1 N  $\text{NH}_4\text{Ac}$  (pH 7) 溶液以 5:1 的比例萃取土壤，萃取液再分別適當稀釋後，以原子光譜儀測定含量。

## 結果

試驗期間主要氣象因子變動如圖 1。氣象資料蒐集自設立於恆春分所的農業氣象站。本地區乾濕季明顯，10 月至 5 月為旱季，6 月至 9 月為雨季，全年雨量約 2000 mm。每年 1 至 5 月少雨及蒸發量大，牧草幾乎停止生長。至 5 月中左右梅雨來臨，才開始進入旺盛生長季節。冬季雨量及梅雨來臨日期在年度間略有變動，也影響牧草的生產。氣溫方面，年度最高日均溫發生於七月，月平均氣溫約 29 °C，最低溫出現在一月，約 20 °C，年度間變動不大。

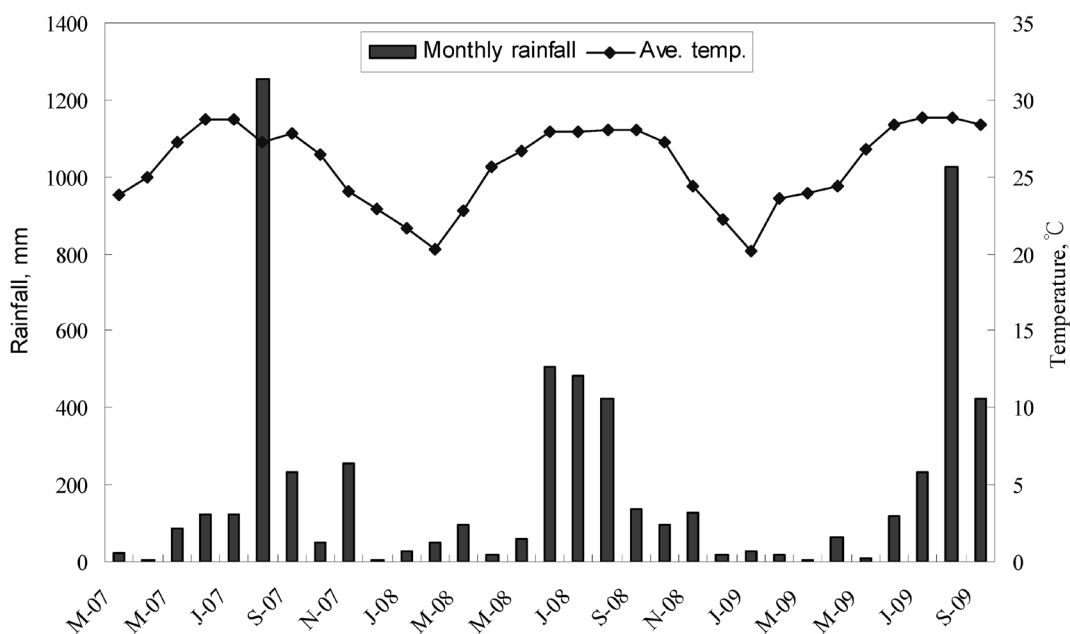


圖 1. 試驗期間日均溫與月降雨量。

Fig. 1. Average daily temperature and monthly rainfall during the experimental period.

## I. 產量變化與變因探討

以 2007、2008 及 2009 年各刈割三次的累積為各年度的總產量進行變方分析，表 1 為各年度之禾科、豆科總乾物產量及豆科比例的變方顯著性。2007 年禾科種類影響禾科產量及總產量，因 *Survenola* 產量顯著高於盤固草之故。不同的豆科除產量、比例不同，也影響禾草產量與總產量（多年生花生大於蔓花生）。種植的比例對各項產量均無影響。2008 年結果可看出禾本科種類對各項產量有顯著影響，乃因 *Survenola* 產量幾為盤固草的兩倍所致，此外，各項變因對豆科產量有顯著的交感。2009 年，豆科有無影響禾草產量及總產量，也有多項交感顯著，需個別比較（表 1）。

表 1. 各年度單植禾本科、豆科及混植總乾物產量與豆科比例之變方顯著性測驗

Table 1. Variance test for dry matters yields of grass, legume, and the mixture, as well as the ratio of legume in the mixtures in different years

Source of variance	2007				2008				2009			
	Grass	Legume	Total	Ratio of legume	Grass	Legume	Total	Ratio of legume	Grass	Legume	Total	Ratio of legume
Spp. of grass	**		**		**	**	**	**			*	
Spp. of legume	**	**	**	**	*				**	**	**	**
Mixture ratio						**		*	*	**	**	
Grass x legume						**	*	**	**	**	**	**
Legume x ratio						**	*	*		**	**	
Grass x ratio						**	*	**		*	*	*

\*\*, \*: Significant at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

因此，畫出各項年度累積產量如圖 2。在盤固草試區（P 及 G 試區，圖 2 左），禾草產量在三年間無顯著變化，但與多年生花生混植者（G）產量高於與蔓花生混植者（P），而 2009 年混植處理中之禾草產量高於單植處理。豆科產量方面，多年生花生逐年增加，至 2009 年乾物產量達 8 mt/ha 以上，蔓花生在盤固草試區表現不如多年生花生。至 2009 年，盤固草與多年生花生混植試區（G1、G2）之總乾物產量分別為 16 mt/ha 及 19.6 mt/ha，產量較前二年不降反升；無豆科混植者，產量極低，僅 6 mt/ha。

在 *Survenola* 試區（SP 及 SG，圖 2 右），2007、2008 年混植多年生花生之禾草產量高於混植蔓花生者，然禾草產量到 2009 年顯著降低。不同於盤固草試區之表現，2007 年 *Survenola* 產量高達盤固草的兩倍，至 2009 年則降至與盤固草相當，*Survenola* 單植處理之乾物產量僅約 7 mt/ha，與多年生花生混植則禾草產量可提高 2-3 mt/ha。豆科方面，蔓花生在 *Survenola* 試區（SP1 及 SP2）於第二年初期有突出的表現，但隨著刈割產量降低。多年生花生（SG1、SG2）在 2008 年僅 2 mt/ha 以下，2009 年可達 7 mt/ha，增殖速度與產量表現均低於與盤固草混植者。總產量方面，2009 年，混植多年生花生處理之禾草產量雖降低（相較於 2007、2008 年），但因豆草產量增加，總產量未見下降；無混植者（SP）則總產量大幅下降。

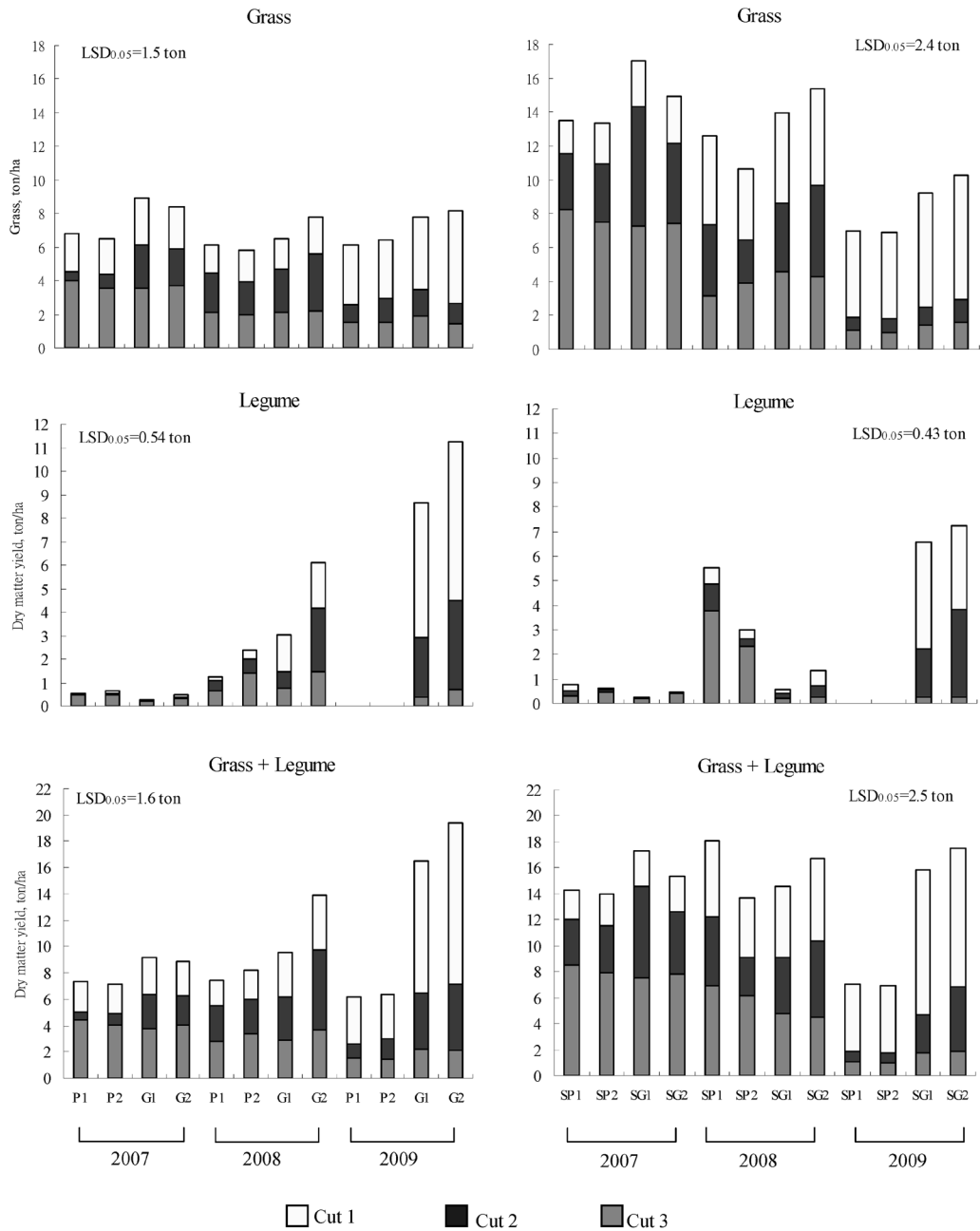


圖 2. 各混植組合於各年度分別收穫三次之累積乾物產量。

上圖為禾本科、中央為豆科，下圖為總產量；左圖為盤固草試區，右圖為Survenola試區。

Fig. 2. Dry matter yields of grass (upper), legume (middle), and mixture (lower) of the four mixture treatments of the three harvests in each three years. Left is the mixture of pangolagrass, right is Survenola. P1, P2: Pangolagrass mixed with *Arachis pentoi* with ratio of 1:1 and 1:2, respectively. G1, G2: Pangolagrass mixed with *A. grabrata* with ratio of 1:1 and 1:2, respectively. SP1, SP2: Survenolas mixed with *A. pentoi* with ratio of 1:1 and 1:2, respectively. SG1, SG2: Survenolas mixed with *A. grabrata* with ratio of 1:1 and 1:2, respectively.

各試區中豆草比例的變化列於表 2。2007 年初建立時蔓花生的比例高於多年生花生，第 2 次刈割時因禾本科生長加速，豆科比例下降。至第三次刈割，豆科所佔比例仍低且不一致。2008 年豆科比例大幅上升，然蔓花生與多年生花生表現不同。蔓花生在第一次刈割時比例上升，可達 24-54%，但比例隨著刈割而下降，至第三割次僅餘 7-16%，推測因刈割高度貼近地面，破壞其地上匍匐莖生長點之故。多年生花生在 2008 年第一次刈割時，在 Survenola 試區僅佔 4.5-6%，其後兩次的比例也均不足 10%；但在盤固草試區第一割次即佔 27-40%，之後豆草比例未降低，在第三割次時維持 36-46%。2009 年，多年生花生再生良好，三個割次均維持相當高的比例。與 Survenola 混植試區第二割次時，豆草比例提升至 65-72%。

表 2. 各年各割次豆科乾物產量佔小區乾物產量之百分率

Table 2. The percentage of dry matter yield for legumes in the mixtures at each harvest in different years

Treatment	2007			2008			2009		
	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	3 <sup>rd</sup> cut	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	3 <sup>rd</sup> cut	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	3 <sup>rd</sup> cut
	----- % -----								
P1*	11.1	4.8	0.9	23.9	14.9	10.7	0.0	0.0	0.0
P2	12.5	2.5	4.8	41.3	24.2	16.7	0.0	0.0	0.0
G1	5.4	0.8	1.9	27.1	20.5	36.3	16.9	61.3	57.0
G2	7.7	4.2	3.1	39.6	44.7	46.4	33.5	75.3	55.1
SP1	3.5	5.7	12.3	54.3	20.9	11.1	0.0	0.0	0.0
SP2	6.1	2.3	3.1	37.3	12.1	7.4	0.0	0.0	0.0
SG1	3.1	0.2	1.5	4.5	4.5	2.9	16.5	64.3	39.0
SG2	5.3	0	1.0	6.0	7.8	9.4	15.4	71.7	31.6
LSD5%	2.3	2.5	3.1	8.2	7.5	7.8	8.6	7.8	8.8

\* As shown in Fig. 2.

## II. 割期對產量與品質的影響

2009 年 6 月初全面刈割後，各試區分 40 天、60 天、90 天三次取樣調查。由表 3 可見混植中的禾科產量均高於單植者，盤固草區內的豆科產量高於 Survenola 區，盤固草與多年生花生於夏季生長速頗為一致，三種割期中豆科比例分別佔 51-57%。多年生花生佔 Survenola 試區比例較低，但均能維持 30% 以上。盤固草混植區生長 60 天乾物產量可達 8.3 mt/ha，生長 90 天可達 11.2 mt/ha，單植者僅 3.5 mt/ha。

表 4 為單植、混植者在 40 天、90 天收穫時植體營養成分的變化。混植內的禾本科 CP 高於單植者，90 天收穫之多年生花生約較 40 天收穫者降低 3%，混合收穫物降低 1.5%，Survenola 混合收穫物因豆科比例較低，CP 約降低 3%；二混植之 CP 均大幅高於禾本科單植。NDF 方面，禾本科在 90 天約較 40 天增 1-2%，增幅小於慣行施肥的結果（陳及王，2005），蓋因未施肥禾本科生長緩慢之故。豆科的 NDF 約 50% 左右，大幅低於禾本科的 NDF，90 天者亦僅提高約 1-2%。故禾豆混植收穫物 NDF 大幅低於禾本科單植，即使夏季延長割期至 90 天，其 NDF 僅 60% 左右，遠低於單植者及一般的熱帶禾科牧草。ADF 方面，混植中禾本科 ADF 有大於單植者之趨勢，可能為

單植者未有氮素供應，生長比混植處理的禾本科更緩慢之故。收穫期自 40 天延長至 90 天，ADF 均增加約 2%。混植收穫物於 40 天及 90 天收穫之 ADF 均超過 40%，只比禾本科單植者略低。

表 3. 不同收穫期下單植與混植區之乾物產量

Table 3. Dry matter yields of monoculture for pangolagrass and survenola and the mixtures with legumes at different harvest days

Grass spp.	Harvest days	Monoculture		Mixture		
		Grass	Grass	Legume	Total	Legume percentage
		----- mt/ha -----				%
Pangolagrass	40	1.78±0.08	2.11±0.27	2.86±0.58	4.97±0.41	57.3± 7.4
	60	2.65±0.25	3.91±0.20	4.34±1.60	8.26±1.53	51.2±10.2
	90	3.53±0.10	4.92±0.68	6.24±0.59	11.15±1.28	56.0± 1.1
Survenola	40	2.67±1.16	2.51±0.81	2.03±0.81	4.54±0.07	44.6±18.1
	60	4.33±1.07	4.64±1.29	2.28±0.83	6.93±0.56	33.7±14.0
	90	5.13±0.82	7.02±0.38	3.85±0.56	10.9 ±0.41	35.3± 4.3

表 4. 不同收穫期下禾本科單植與禾豆混植區植體之粗蛋白質、中洗纖維與酸洗纖維含量

Table 4. Contents of crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber for monoculture of pangolagrass and survenola and the mixtures with legumes at different harvest days

Grass spp.	Harvest days	Monoculture		Mixture	
		Grass	Grass	Legume	Mixture
		----- CP % -----			
Pangolagrass	40	5.27±0.47	6.14±0.31	14.57±1.18	10.97±0.81
	90	3.77±0.09	6.54±1.15	11.61±0.44	9.38±0.75
Survenola	40	5.72±0.36	6.00±0.52	15.23±1.25	10.12±0.85
	90	3.25±0.02	4.34±0.35	12.18±0.78	7.11±0.50
		----- NDF % -----			
Pangolagrass	40	69.7±0.3	70.3±0.6	49.0±1.3	58.5±1.0
	90	70.9±0.1	71.8±1.7	51.4±0.3	60.5±0.9
Survenola	40	70.7±0.9	70.5±1.0	49.8±1.2	62.4±1.1
	90	72.3±0.5	72.2±0.6	50.2±1.7	63.8±1.0
		----- ADF % -----			
Pangolagrass	40	40.1±1.5	42.2±2.3	40.3±0.6	41.5±1.3
	90	42.4±0.6	44.3±2.2	42.0±2.4	43.0±2.3
Survenola	40	42.3±0.8	43.7±1.6	40.7±0.2	42.5±0.9
	90	44.7±0.6	44.8±0.2	43.0±1.7	43.6±0.7



綜合上述結果，盤固草與多年生花生混植區產量遠高於單植區，夏季三個月才收穫之下品質並未大幅下降，乾物產量達 11 mt/ha，CP 為 9.4%，NDF 61%，ADF 43%，是極佳的熱帶牧草品質與產量。

### III. 植體氮素收穫量與土壤肥力變化

2009 年全年乾物產量在單植區為 6.2-7 mt/ha，混植區達 18 mt/ha，由各割次植體 CP 含量換算總氮量如表 5。盤固草單植區僅收穫 67.9 kg/ha 氮素，*Survenola* 僅 56.0 kg/ha；相對混植區內之禾本科，其收穫之氮素即高於單植者，分別為 86.0 kg/ha 及 79.3 kg/ha。加上豆科所含之氮素，總計混植區全年收穫之氮素高達 277 kg 及 217 kg/ha。亦即禾豆混合區比單植區多收穫了 150-210 kg N/ha，這些氮素大多來自豆科根瘤菌的生物固氮，少部分氮素可能來自土壤中有機質 (Organic matter pool) 之分解。由於本試驗三年期間均無補充外源肥料，每年自植株地上部移除不少元素，是否造成土壤有機質及其它元素等肥力變化是一值得探討的問題。

2008 年 2 月、2009 年 4 月及 2009 年 9 月刈割後，分別於各試區採取土樣，進行土壤化學性質的分析。分析結果列於表 6，土壤 pH 值經多次刈割後，略有上升；土壤有機質呈下降趨勢，部份達顯著水準，單植區平均自 2.47% 降至 2.14%，混植區自 2.25% 降至 1.75%，混植區降幅略高於單植區，蓋為混植區收穫產量高於單植區之故。土壤總氮亦呈現下降，單植區自 0.19% 降至 0.165%，混植區自 0.175% 降至 0.14%。有效性鈣、鉀顯著下降，有效性磷、鎂之趨勢較不一致。

表 5. 2009年由單植區及混植區地上部所收穫之氮素量

Table 5. The amount of nitrogen in the plant harvested from above ground part of monoculture and mixture in 2009

Grass spp.	Harvest date	Monoculture		Mixture	
		Grass	Grass	Legume	Mixture
		----- kg/ha -----			
Pangolagrass	1/13	17.0	18.4	11.4	29.8
	4/28	14.0	16.1	65.9	80.1
	9/8	36.9	51.5	115.8	167.3
	Total	67.9	86.0	193.2	277.2
Survenola	1/13	11.6	16.7	5.8	22.7
	4/28	8.7	13.9	57.2	70.9
	9/8	35.6	48.7	75.2	124.0
	Total	56.0	79.3	138.2	217.5



表 6. 試驗期間土壤酸鹼值、有機質及主要元素含量之變化

Table 6. The changes of pH, organic matter and minerals in soil during the experimental period

Grass spp.	Treatment	Sampling date	pH	OM	N	P	K	Ca	Mg
				%	%	----- ppm -----			
Pangolagrass	Mono*	2008.2	7.1 <sup>b</sup>	2.6 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	12.8 <sup>bc</sup>	54.5 <sup>a</sup>	1285 <sup>a</sup>	61.5 <sup>b</sup>
		2009.4	7.3 <sup>ab</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>a</sup>	25.8 <sup>a</sup>	61.0 <sup>a</sup>	1384 <sup>a</sup>	69.0 <sup>ab</sup>
		2009.9	7.5 <sup>a</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	8.2 <sup>c</sup>	23.0 <sup>b</sup>	813 <sup>b</sup>	65.4 <sup>b</sup>
	Mix	2008.2	7.0 <sup>b</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	0.17 <sup>ab</sup>	7.4 <sup>c</sup>	50.0 <sup>a</sup>	1270 <sup>a</sup>	64.5 <sup>b</sup>
		2009.4	6.9 <sup>b</sup>	1.8 <sup>b</sup>	0.18 <sup>a</sup>	19.4 <sup>b</sup>	59.5 <sup>a</sup>	1179 <sup>a</sup>	73.5 <sup>ab</sup>
		2009.9	7.1 <sup>b</sup>	1.7 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	4.6 <sup>c</sup>	31.2 <sup>b</sup>	749 <sup>b</sup>	65.5 <sup>b</sup>
Survenola	Mono	2008.2	7.0 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>	0.19 <sup>a</sup>	8.9 <sup>c</sup>	50.2 <sup>a</sup>	1320 <sup>a</sup>	58.0 <sup>b</sup>
		2009.4	7.3 <sup>ab</sup>	2.1 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>a</sup>	26.7 <sup>a</sup>	49.7 <sup>a</sup>	1309 <sup>a</sup>	68.5 <sup>ab</sup>
		2009.9	7.4 <sup>a</sup>	2.1 <sup>ab</sup>	0.17 <sup>ab</sup>	11.3 <sup>bc</sup>	26.7 <sup>b</sup>	809 <sup>b</sup>	70.9 <sup>ab</sup>
	Mix	2008.2	7.0 <sup>b</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>a</sup>	7.7 <sup>c</sup>	52.5 <sup>a</sup>	1305 <sup>a</sup>	73.5 <sup>ab</sup>
		2009.4	7.1 <sup>b</sup>	2.0 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	12.7 <sup>bc</sup>	52.2 <sup>a</sup>	1264 <sup>a</sup>	73.5 <sup>ab</sup>
		2009.9	7.2 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	10.2 <sup>c</sup>	23.0 <sup>b</sup>	934 <sup>b</sup>	81.4 <sup>a</sup>

\* Mono : monoculture; mix : mixture.

<sup>a,b</sup> means with the same letters in the same species under the same column are not significantly different.

## 討論

「永續」(sustainable)是多數產業未來發展的基本目標，農業亦然。過去，極大化產量是農業研究的主要驅動力，但現在則還加上對「永續」的追求 (Peoples *et al.*, 1995; Tilman *et al.*, 2001)。豆科牧草的存在是維護草地永續性的重要元素，禾豆混植草地在溫帶地區普遍可見，但在熱帶地區成功的例子卻不多，主要原因有：缺乏持久性佳、適應性廣的品系、缺乏管理知識和可信賴的模式、政策面未重視土壤肥力的維持等 (Valentim, 2004)，台灣的狀況也是如此。牧草混植在台灣的實際栽培利用較少，過去的研究顯示大部分禾本科與禾本科混植或禾豆科混植產量較單植為低，或是雖有增產但效果有限，由於混植之操作不便，在純以增產角度考量的傳統生產體系中較少被利用 (王等, 1963; 金, 1998)。而有機草地或永續草地的著眼不同，由減少外源肥料投入、營養需求、及節能減碳的角度，禾豆混植有其特有的利基。

物種組合是決定混植成效的最大因素，物種對環境的適應性與物種間的相容性是主要的決定因子 (Tilman *et al.*, 2001; Springer *et al.*, 2001; Skinner, 2005; 金, 1998)。盤固草是台灣佔地最廣的匍匐性多年生禾草，再生力強、植被綿密，具植物相剋物質、競爭力強，尤其在重肥管理下，容易維持單一均質的草相，是引進的眾多禾本科牧草所難以匹敵的。正因如此，要找出能與盤固草混植共存、且持久性良好的豆科牧草並不容易。國內的研究曾指出盤固草與泰樂豆、山珠豆混植的耐割性相對較佳，在盤固草草地帶狀更新時，混植賽寶豆與營多藤可維持兩年 (金等, 1998)，但此結果與持久、穩定混植的目標上有相當差距。

多年生花生與蔓花生是中美洲熱帶草地禾豆混植的重要草種，前人研究中並未指出其在混植草地中持久性的差異 (Ibrahim and Manneje, 1998; Valentim *et al.*, 2004)，但由本試驗結果卻發現其在混植中的表現與持久性有很大的差異。蔓花生雖初期生長較快，但主要靠地上走莖繁衍，節間距離長，生長點密度低，在低割的情況之下，由莖節長出之新根易遭拔起。雖然在 Survenola 試區種植翌年的初期即有不錯的生長量，但在連續兩次刈割之後，產量明顯下降。多年生生花的表現則相反，扦插再生緩慢，且初期地下走莖的生長大於地上部，第二年初期產量尚低，但逐次升高，低割再生良好。值得注意的是多年生花生混植盤固草的表現優於混植 Survenola。

Survenola 莖葉粗大、株型直立，有別於盤固草，原本期望 Survenola 試區中有較多的地表空隙，可減少對豆科牧草的排擠以增加相容性。但在本結果卻發現 Survenola 生長旺盛時嚴重遮蔽由地下部再生的多年生花生 (如第二年)，使其生長顯著受抑制，到第三年時 Survenola 可能因肥力不足而生長勢變弱，多年生生花的產量即大幅提高；而盤固草雖草相綿密，但植株較矮，生長亦不如 Survenola 旺盛，因此對多年生生花的遮蔽與抑制較少；此外，多年生花生生長點密度高，不受盤固草強勢匍匐莖的排擠，是以兩者構成良好的比例與產量。然此種堪稱理想的組合，必須在建立的第二年之後才能顯現。「相容性」決定於多項因素 (Sanderson and Elwinger, 1999; Belesky *et al.*, 2002)，要成為良好組合則又牽涉更多，是否能提供充分的產量與品質的提昇等都在考慮之列。

台灣的牧草地生產，看天田者需賴雨水才能生長，水田轉作者在夏季幾無下田收穫的機會，因此，盤固草地的潛在產能雖高 (理論上在大量施肥、多次刈割的情形下年產量可達 30 mt/ha)，但實際產量卻低，通常最多刈割 2-3 次 (約 15 mt/ha)，且品質大都無法控制。而本試驗在不施肥的情況下，多年生花生與盤固草混植在第二年產量可超過 15 mt/ha (田間打包，水分以 15% 計)，第三年可超過 20 mt/ha。表示不施肥料、僅經由禾豆混植，即可能不減損年度生產量。

禾豆混植不僅維持產量，且大幅改善收穫牧草的營養價值。本結果中，90天 收穫者尚有良好的營養價值，主要來自豆科的高 CP 及低 NDF，而禾本科本身生長減緩，其 CP 下降及 ADF、NDF 的累積較慣行施肥者慢，也有助於混合收穫物品質的維持 (表 4)。

豆科的生物固氮可自大氣中固定可觀數量的氮素，據不同資料來源，豆科每年自大氣中固定的氮素由每公頃數十公斤至三百公斤以上，隨種類、混植環境狀況而異，大抵與豆科產量成正相關 (Carlsson and Huss-Danell, 2003; Trannin *et al.*, 2000)。豆科根瘤的固氮量除供應豆科本身生長之外，一部分也轉移供應鄰近的禾本科利用。由於豆科固氮的供應，混植草地所需的氮素僅有少部分來自土壤有機質庫的分解，實施放牧的禾豆混植草地由於有動物排泄物的回歸土壤養分循環，僅須維持一定比例以上的豆科即足以維持系統的氮素平衡，成為可以不依賴外來肥料的永續草地 (Cadisch *et al.*, 1994; Ledgard, 2001)。本試驗在不施肥及無放牧的情形下，以第三年禾豆混植區為例，共收穫了 217-277 kg/ha 的氮素，而禾本科單植者僅 56-68 kg/ha，表示禾豆混植比單植者多收穫了高達 160-210 kg/ha 的氮素，雖然據前人研究約有 80%-90% 的氮素來自生物固氮 (Trannin *et al.*, 2000; Cadisch *et al.*, 1994)，但仍無可避免也導致土壤總氮與有機質的下降 (表 6)，其下降幅度略大於單植。而混植中禾本科的產量與收穫氮素高於單植者，亦表示有部分氮素轉移至禾本科利用，和 *Digitaria eriantha* 與苜蓿混植在未施肥的結果下相同 (Tow *et al.*, 1997)。除氮素、有

機質的下降之外，土壤有效性磷及鉀、鈣在第三年也都呈現下降，混植與單植間並無顯著差異。此結果也可看出多年生花生與盤固草雖可以建立穩定的混植系統，但長期而言，需要利用放牧或適當的肥料補充才能達成系統的養分平衡。豆科的加入，對建立永續草地或缺乏有機肥施用的有機草地而言，可大幅減少肥料的施用，同時也可以減少一般禾草地施用動物廢肥時氮肥需求滿足，而磷鉀過度累積的情形發生。

## 參考文獻

- 王啟柱、許金生、蔡瑞瓊。1963。禾本科與豆科牧草混植試驗。科學農業 11: 287-279。
- 金文蔚。1998。本省牧草混植研究。芻料作物研究研討會論文集。畜產試驗所專輯第53號。
- 金文蔚、施意敏、卜瑞雄。1998。盤固草地以部分更新方式混植熱帶豆科牧草之研究。畜產研究 31: 165-174。
- 陳嘉昇、王紓愍。2005。盤固草試管真消化率的變動與預測。畜產研究 38: 197-207。
- Belesky, D. P., J. M. Fedders, J. M. Ruckle and K. E. Turner. 2002. Bermudagrass – white clover – bluegrass sward production and botanical dynamics. Agron. J. 94: 575-584.
- 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 grasslands 28: 43-52.
- Carlsson, G and K. Huss-Danell. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. Plant and Soil 253: 353-372.
- Dunavin, L. S. 1992. Florigraze rhizoma peanut in association with warm-season perennial grasses. Agron. J. 84: 148-151.
- Ibrahim, M. A. and L. T. Manneje. 1998. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield, nitrogen yield and botanical composition. Tropical Grasslands 32: 96-104.
- Komarek, A. R., H. Manson and N. Thiex. 1996. Crude fiber determination using the ANKOM system. Publ. 102. ANKOM technol. Corp., Fairport, NY.
- Ledgard, S. F. 2001. Nitrogen cycling in low input legume-based agriculture, with emphasis on legume/grass pastures. Plant and Soil 228: 43-59.
- Peoples, M. B., D. F. Herridge and J. K. Ladha. 1995. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? Plant and Soil 174: 3-28.
- Sanderson, M. A. and G. F. Elwinger. 1999. Grass species and cultivar effects on establishment of grass – white clover mixtures. Agron. J. 91: 889-897.
- Skinner, R. H. 2005. Emergence and survival of pasture species sow in monocultures or mixtures. Agron. J. 97: 799-805.
- Sleugh, B., K. J. Moore, J. R. George and E. C. Brummer. 2000. Binary legume – grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. Agron. J. 92: 24-29.
- Springer, T. L., G. E. Aiken and R. W. McNew. 2001. Combining ability of binary mixtures of native, warm-season grasses and legumes. Crop Sci. 41: 818-823.
- Thomas, R. J. 1995. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. Plant and Soil 174: 103-118.
- Tilman, D., P. B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke and C. Lehman. 2001. Diversity and productivity in

- long-term grassland experiment. *Science* 26: 843-845.
- Tow, P. G., A. Lazenby and J. V. Lovett. 1997. Relationships between a tropical grass and Lucerne on a solodic soil in a subhumid, summer-winter rainfall environment. *Aust. J. Exp. Agric.* 37: 335-342.
- Tracy, B. F. and M. A. Sanderson. 2004. Productivity and stability relationships in mowed pasture communities of varying species composition. *Crop Sci.* 44: 2180 -2186.
- Trannin, W. S., S. Urquiaga, G. Guerra, J. Ibijbjen and G. Cadisch. 2000. Interspecies competition and N transfer in a tropical grass-legume mixture. *Biol. Fertil. Soils* 32: 441-448.
- Valentim, J. F. and C. M. S. Andrade. 2004. Perspectives of grass-legume pastures for sustainable animal production in the tropics. 41<sup>st</sup> Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science. Camop Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil. .
- 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.
- Williams, M. J., E. Valencia and L.E. Sollenberger. 2002. No-till establishment of rhizoma peanut. *Agron. J.* 94: 1350-1354.

# Production system with low input for mixed planting between *Digitaria* spp. and *Arachis* spp. <sup>(1)</sup>

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

Received : Nov. 6, 2009 ; Accepted : Jan. 12, 2010

## Abstract

Mixed planting of pangolagrass (*Digitaria decumbens*, A254) or Survenola (*D. × umifolia*) between *Arachis glabrata* or *A. pintoi* were evaluated to investigate their feasibility in sustainable pasture or low-input production of organic pasture. *A. glabrata* had good persistence in the mixture, however, the initial growth rate was slow. The dry matter yield and the coverage ratio of *A. glabrata* in the mixture increased each year. Mixture of *A. glabrata* and pangolagrass was better than that of *A. glabrata* and Survenola. Dry matter yield of the mixture still maintained 16-19 mt/ha in the third year, while that of the monoculture, reduced to 7 mt/ha. The results indicated that both forage yield and quality could be improved in grass-legume mixture as compared to those in monoculture. When the harvest stage was prolonged to 90 days in summer, the mixtures had CP 9.4%, NDF 61%, and ADF 43% which showed a relatively high quality as compared to tropic forage. The higher contents of nutrient in the mixture were due to higher CP and lower NDF contents of legume. Moreover, slow growth of grass also helped maintaining its forage quality. Large quantity of minerals was removed from the soil by cropping. For example, in the third year a total of 217-277 kg/ha of nitrogen was removed from the above ground part of the mixture. Under biological nitrogen fixation of the legume only, there was no fertilizer input or grazing in this system, and as a result, soil organic matter, total nitrogen, and other components declined in the plots with high productivity. It was concluded that mixed planting between *A. glabrata* and pangolagrass could form a stable grass-legume mixture for organic forage production. It is suggested that grazing or some quantity of compost is necessary to maintain the nutrient equilibrium of the cropping system in the long term.

Key words : Grass-legume mixture, organic pasture, *Arachis*, *Digitaria*.

---

(1) Contribution No. 1548 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: chencsg@mail.tlri.gov.tw

