

# 低肥料投入的有機芻料生產研究—指草屬 (*Digitaria*) 牧草與苜蓿 (*Medicago sativa*) 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：99 年 6 月 28 日；接受日期：99 年 11 月 5 日

## 摘要

本研究以盤固草 (*Digitaria decumbens*) 及 *Survenola* (*D. X umifolia*) 分別與苜蓿混植，探討其在低投入有機草地應用的可行性。試驗結果顯示，秋季種植的混植草地於翌年春季即可提供可觀的產量，禾、豆科間呈現良好的季節性互補。盤固草混植區於第一年產量 22-27 公噸 / 公頃，單植者約 14 公噸 / 公頃；*Survenola* 混植區於第一年產量 26-27 公噸 / 公頃，單植者約 14 公噸 / 公頃；第二年產量均降低，但混植區產量約二倍於單植區。施堆肥對盤固草混植區有顯著的增產效果，但對單植者無顯著增產效果。混植區豆科乾物重比例於 2 月至 6 月達 60-75%，而後下降，10 月刈割者比例最低，翌年初再上升，但第二年雨季後復生比例極低。夏季延長割期有助禾本科產量提高，但苜蓿比例降低。混植區因豆科之高粗蛋白質及低中洗纖維含量，營養價值上升。苜蓿根瘤自空氣中固定的氮素，除提供生長所需，並使混植的禾本科產量及粗蛋白質含量顯著提高。估計混植區每年自地上部收穫 270-469 公斤 / 公頃的氮素，混植區自地上部收穫大量氮素，然僅部份處理土壤有機質略為降低，並無造成土壤氮素的下降。利用苜蓿做為盤固草地的生物施肥，是一種可以減少肥料投入又可增產且提升牧草品質的方式，相對於多年生花生與盤固草的混植，苜蓿與盤固草的混植是一種需要較集約管理的草地。

關鍵詞：禾豆混植，有機草地，苜蓿，指草屬。

## 緒言

有機芻料生產的主要課題是：一、提高營養濃度與嗜口性，以在有限的有機飼糧供應下滿足動物的營養需求；二、生物多樣性與永續生產；三、有機肥料的供應或土壤肥力問題。以上三者都與豆科的利用有關。禾豆混植草地可以提升牧草營養價值、平衡土壤養分利用，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 (Peoples *et al.*, 1995; Tilman *et al.*, 2001; Sleugh *et al.*, 2000; Tracy and Sanderson, 2004)，因此，豆科牧草是維護有機草地的重要元素。禾豆混植草地在溫帶地區普

---

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1605 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.

遍可見，但在熱帶地區成功的例子較少，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 *et al.*, 2004），但是仍有研究不斷投入，對物種組合、季節消長、土壤養分利用等多所探討，永續性生產亦為主要的課題之一（Belesky *et al.*, 2002; Ibrahim and Manneje, 1998; Springer *et al.*, 2001; Thomas, 1995; Trannin *et al.*, 2000）。

牧草混植在台灣幾乎無實際利用，過去的研究顯示，或因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受重視（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，禾豆混植有其利基，其應用性值得再審視探討。由近年指草屬與多年生花生混植研究結果，多年生花生雖初期生長速度慢，但建立後持久性良好，與盤固草可以形成穩定的混植比例，在未施肥的三年試驗期間，禾豆混植不僅維持產量，且大幅改善收穫牧草的營養價值，因此，多年生花生與盤固草混植可做為低投入永續草地的良好組合（陳等，2010）。

苜蓿是最重要的溫帶牧草，隨著品種改良，其生產漸擴展至低緯度地區（蕭等，2003）。在恆春分所的前期觀察中，發現相對於多年生花生、賽芻豆、泰樂豆等，苜蓿的初期生長最旺盛，雖然不耐夏季濕熱，在無殺草劑施用之下是參試豆科中對雜草最具競爭力者（未發表資料）；在有關豆科固氮的探討中，苜蓿具有較高比例的地下部，提供土壤氮素的潛力高於其他（王等，2010），因此，值得探討其在有機混生草地的利用。本研究以苜蓿分別與盤固草 A254 (*D. decumbens*) 及 Survenola (*D. X umifolia*) 混植，探討施堆肥與不施堆肥下的草地生長、品質及土壤肥力變動，做為低投入草地或有機草地經營管理的參考。

## 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 10 月種植。試區分為盤固草試區及 Survenola 試區，分別以盤固草 A254 及 Survenola 與苜蓿進行混植。各試區中，禾本科單植、禾豆混植及施堆肥與不施肥組合為 4 個處理的複因子設計，3 區集。小區面積為  $6 \times 10 = 60 \text{ m}^2$ 。處理組合及代號如下：（A）：禾本科單植不施肥，（AM）：禾本科單植施堆肥，（B）：禾豆混植不施肥，（BM）禾豆混植施堆肥。

I. 種植方式：每一小區開 12 條播種溝，行距 50 公分，苜蓿採條播，A254 及 Survenola 以植體繁殖，將種苗排列於播種溝而後覆土。種植前不施基肥。

II. 施肥、調查取樣及收穫：每次收穫前取樣調查，2008 年共收穫 6 次，分別於 3/5、4/29、6/20、8/8、10/6、12/30 進行；2009 年收穫 6 次，分別於 3/19、4/24、6/2、7/15、9/7、11/23 進行。施堆肥區每年撒施羊糞堆肥（ $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 2.1:1.2:1.6$ ）兩次，每次堆肥量 5 噸 / 公頃，分別於 2008 年 3/6、5/12 及 2009 年 3/22、6/29 進行。調查取樣以  $1 \text{ m}^2$  框架進行刈割，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、豆科分開稱重，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。

III. 割期試驗：2008 年 4/29、6/20、8/8 三次收穫前，提前兩星期刈割取樣調查產量，以探討割期對個別處理產量以及豆科比例的影響。

IV. 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）。

V. 土壤取樣與分析：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。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 0.025N  $\text{HCl}$  混合液以 10:1 的比例萃取土壤有效磷，再以鉬酸銨呈色法測定其含量。交換性鈣、鎂、鉀：利用 0.1 N  $\text{NH}_4\text{Ac}$  (pH7) 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。至 5 月中旬左右梅雨來臨，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，

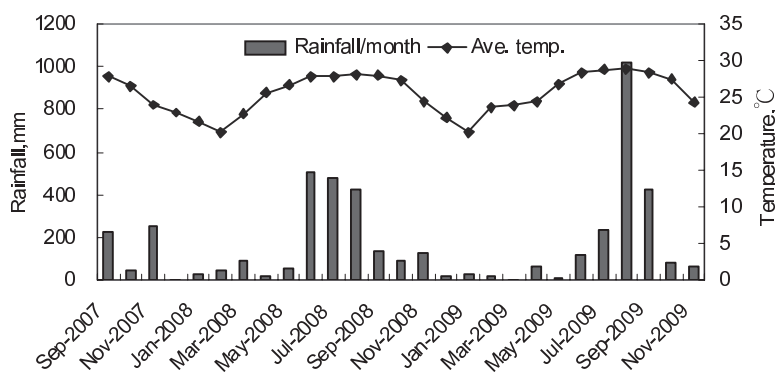


圖1. 試驗期間日均溫與月降雨量。

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

約 20 °C，年度間變動不大。

### I. 產量變化

2007 年 10 月種植後，正值恆春地區乾旱及東北季風盛行季節，指草及苜蓿初期建立緩慢，翌年 1 月全面刈割再生後，2 月份起試區全面覆蓋，3 月開始正式調查。2008 年及 2009 年各刈割 6 次，各年度累積產量如圖 2。禾科、豆科及合計之產量變動分述如下：

#### 盤固草試區

禾草產量（圖 2 左上）：2008 年盤固草產量在 14-16 噸間，僅混植施堆肥者（代號 BM）產量略高於其他，未達顯著水準；單植施堆肥者未見提升產量之效果。混植者之禾草產量略高於單植者，但未達顯著水準。2009 年盤固草產量整體均較 2008 年顯著下降，單植者尤為明顯，年產量僅 8-9 噸；混植者尚維持 12-13 噸，顯著高於單植者，但較 2008 年下降約 15%。施堆肥之禾草產量略高，但未達顯著水準。

苜蓿產量（圖 2 左中）：2008 年施堆肥者（代號 BM）乾物產量 11.2 噸，顯著高於未施堆肥（代號 B）之 7.6 噸。2009 年產量顯著下降，僅分別為 7.6 噸及 5.5 噸。

禾豆產量總合（圖 2 左下）：2008 年混植施堆肥者達 27 噸，未施堆肥者 22 噸；單植者則未達 15 噸。

2009 年混植施堆肥者為 21 噸，未施堆肥者 18.5 噸，雖較 2008 年分別降低 23% 及 17%，但均維持可接受的產量；單植者產量未達 10 噸。

#### Survenola 試區

禾草產量 (圖 2 右上)：2008 年產量在 13-15 噸之間，施堆肥無增產的效果，混植內之禾草產量略高於單植，但未達顯著水準。2009 年混植處理內 (B 及 BM) 之 Survenola 產量分別為 17 及 17.5 噸，顯著高於單植者，且較 2008 年增加，與盤固草試區的結果相反。

苜蓿產量 (圖 2 右中)：2008 年 B 及 BM 分別為 11.9 及 12.1 噸，2009 年產量顯著下降，分別為 5.9 及 5.6 噸，施肥無顯著影響。

禾豆產量總合 (圖 2 右下)：2008 年混植者為 26-27 噸，單植者則未達 15 噸。2009 年之豆科生產力

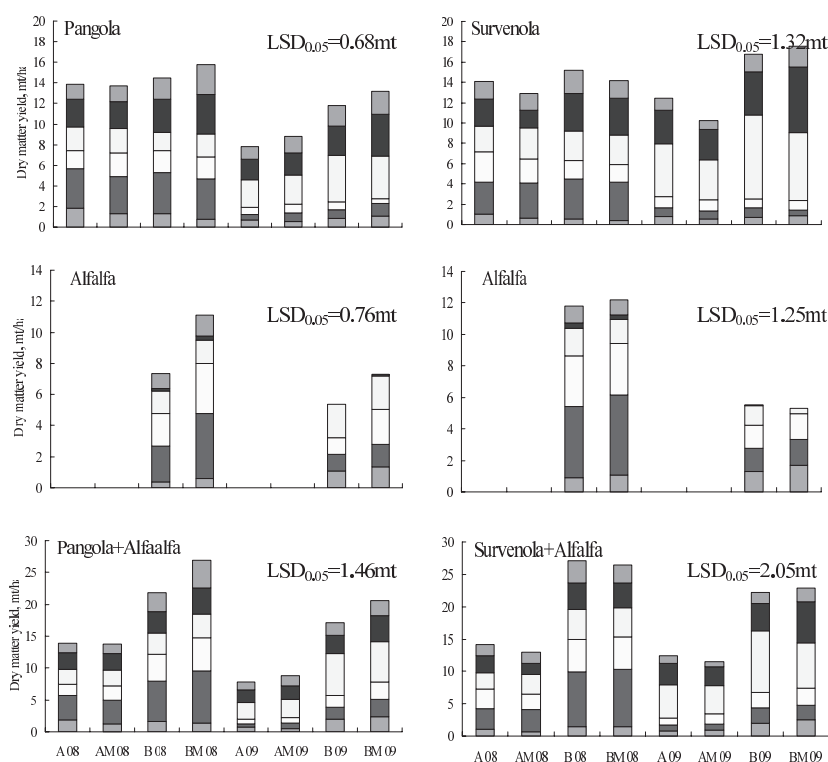


圖 2. 各混植組合於各年度分別收穫六次之累積乾物產量。上圖為禾本科、中央為豆科，下圖為總產量；左圖為盤固草試區，右圖為 Survenola 試區。A: 單植，未施肥；AM:單植，施堆肥；B:混植，未施肥；BM:混植，施堆肥。

Fig. 2. Dry matter yield of grass (upper), legume (middle), and mixture (lower) of the four mixture treatments of the six harvests in each three years. Left is the trial of pangolagrass, right is survenola. A: Monoculture without fertilizer, AM: Monoculture and manure application, B: Mixculture without fertilizer, BM: Mixculture and manure application.

減半，但 Survenola 產量未減，故總計禾豆產量均維持超過 22 噸，遠高於單植者；有無施肥間無顯著差異。

## II. 豆科比例消長

盤固草試區：苜蓿比例由 2 月的 40% 至 6 月的 60%，9 月降至 10% 以下；翌年又逐步上升至 6 月的高點 80%，再下降至 10 月的 1% 以下（圖 3 上）。施堆肥者苜蓿的比例略高於未施肥者，蓋因施堆肥者苜蓿產量提高之故。

Survenola 試區：趨勢同盤固草試區。苜蓿由 2 月至 6 月的超過 70%，降至 9 月的 10% 以下；翌年再逐步上升至達 70%，再下降至 10 月的 1% 以下。施堆肥者亦略高於未施肥者（圖 3 下）。

由圖 3 可看出苜蓿與禾本科的混植在季節間呈現大幅的消長互補現象，2 月起苜蓿生長旺盛，至雨季前期尚可維持不錯的產量，7 月起生長勢轉弱之後苜蓿所佔比例極低，冬季起再恢復其生長勢。盤固草或 Survenola 則在 6 月起才進入旺盛生長期，冬季則生長勢再轉弱，尤其 Survenola 在冬季生產量極低。苜蓿經第一年夏季之後出現缺株，第二年產量已顯著降低（圖 2），再經歷第二年夏天之後，復生比例極低。

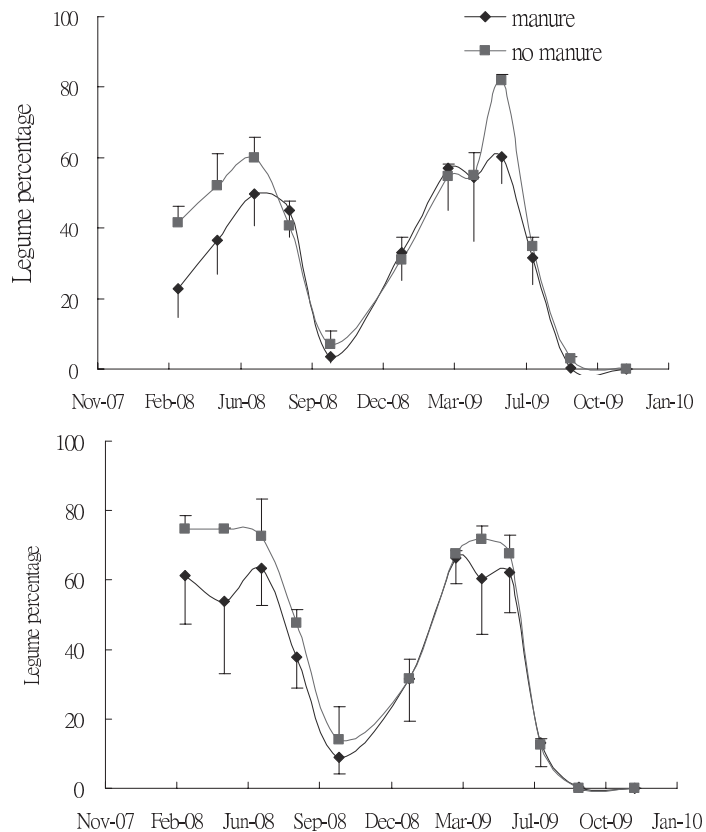


圖 3. 混植區中苜蓿比例的季節性變動。上圖：盤固草混植；下圖：Survenola 混植  
Fig.3. The seasonal changes of biomass percentage of alfalfa in the mixture. Upper: mixture of Pangoalgrass Lower: mixture of Survenola.

## III. 割期的影響

表 1. 不同收穫期下單植與混植區之乾物產量與豆科比例

Table 1. Comparisons of yield of grass, legume, mixture, and ratio of legume of different cutting duration in monoculture and mixture of pangolagrass

|                  |         | Pangola             |                     |                     |                   | Survenola           |                     |                     |                   |
|------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|                  |         | 1 <sup>st</sup> cut | 2 <sup>nd</sup> cut | 3 <sup>rd</sup> cut | Total             | 1 <sup>st</sup> cut | 2 <sup>nd</sup> cut | 3 <sup>rd</sup> cut | Total             |
| Grass (mt/ha)    |         |                     |                     |                     |                   |                     |                     |                     |                   |
| Mono*            | 5 weeks | 3.1 <sup>ab</sup>   | 2.0 <sup>b</sup>    | 2.3 <sup>b</sup>    | 7.4 <sup>b</sup>  | 2.6 <sup>b</sup>    | 2.1 <sup>b</sup>    | 1.9 <sup>b</sup>    | 6.6 <sup>b</sup>  |
|                  | 7 weeks | 3.8 <sup>a</sup>    | 2.8 <sup>a</sup>    | 3.9 <sup>a</sup>    | 10.5 <sup>a</sup> | 3.1 <sup>ab</sup>   | 3.8 <sup>a</sup>    | 3.4 <sup>a</sup>    | 10.3 <sup>a</sup> |
| Mix              | 5 weeks | 2.4 <sup>b</sup>    | 2.1 <sup>b</sup>    | 1.9 <sup>b</sup>    | 6.4 <sup>b</sup>  | 2.9 <sup>b</sup>    | 1.5 <sup>b</sup>    | 2.2 <sup>b</sup>    | 6.6 <sup>b</sup>  |
|                  | 7 weeks | 4.0 <sup>a</sup>    | 3.1 <sup>a</sup>    | 4.3 <sup>a</sup>    | 11.4 <sup>a</sup> | 3.5 <sup>a</sup>    | 4.4 <sup>a</sup>    | 4.2 <sup>a</sup>    | 12.1 <sup>a</sup> |
| Legume ( mt/ha)  |         |                     |                     |                     |                   |                     |                     |                     |                   |
| Mix              | 5 weeks | 2.0 <sup>b</sup>    | 2.5 <sup>a</sup>    | 1.5 <sup>a</sup>    | 6.0 <sup>a</sup>  | 4.1 <sup>a</sup>    | 3.2 <sup>a</sup>    | 1.7 <sup>a</sup>    | 9.0 <sup>a</sup>  |
|                  | 7 weeks | 2.9 <sup>a</sup>    | 2.1 <sup>a</sup>    | 0.9 <sup>a</sup>    | 6.0 <sup>a</sup>  | 4.6 <sup>a</sup>    | 2.0 <sup>b</sup>    | 1.0 <sup>b</sup>    | 7.7 <sup>a</sup>  |
| Mixture ( mt/ha) |         |                     |                     |                     |                   |                     |                     |                     |                   |
| Mono             | 5 weeks | 3.1 <sup>c</sup>    | 2.0 <sup>b</sup>    | 2.3 <sup>b</sup>    | 7.4 <sup>c</sup>  | 2.6 <sup>b</sup>    | 2.1 <sup>c</sup>    | 1.9 <sup>c</sup>    | 6.6 <sup>d</sup>  |
|                  | 7 weeks | 3.8 <sup>bc</sup>   | 2.8 <sup>b</sup>    | 3.9 <sup>a</sup>    | 10.5 <sup>b</sup> | 3.1 <sup>b</sup>    | 3.8 <sup>bc</sup>   | 3.4 <sup>b</sup>    | 10.3 <sup>c</sup> |
| Mix              | 5 weeks | 4.4 <sup>b</sup>    | 4.6 <sup>a</sup>    | 3.4 <sup>ab</sup>   | 12.4 <sup>b</sup> | 7.0 <sup>a</sup>    | 4.7 <sup>ab</sup>   | 3.9 <sup>b</sup>    | 15.6 <sup>b</sup> |
|                  | 7 weeks | 6.9 <sup>a</sup>    | 5.3 <sup>a</sup>    | 5.2 <sup>a</sup>    | 17.4 <sup>a</sup> | 8.1 <sup>a</sup>    | 6.4 <sup>a</sup>    | 5.3 <sup>a</sup>    | 19.7 <sup>a</sup> |
| Legume ( %)      |         |                     |                     |                     |                   |                     |                     |                     |                   |
| Mix              | 5 weeks | 47.2 <sup>a</sup>   | 52.7 <sup>a</sup>   | 42.6 <sup>a</sup>   | 47.5 <sup>a</sup> | 57.0 <sup>a</sup>   | 68.3 <sup>a</sup>   | 44.1 <sup>a</sup>   | 56.5 <sup>a</sup> |
|                  | 7 weeks | 41.8 <sup>a</sup>   | 40.3 <sup>b</sup>   | 17.0 <sup>b</sup>   | 33.0 <sup>b</sup> | 58.3 <sup>a</sup>   | 33.9 <sup>b</sup>   | 20.2 <sup>b</sup>   | 37.3 <sup>b</sup> |

\* mono : monoculture; mix : mixture.

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

2008 年 3 月至 7 月間進行割期（5 週及 7 週連續刈割 3 次）的影響調查。盤固草試區中，不管單植或混植區，盤固草產量隨割期延長而提高，累計三次產量單植區 5 週刈割者為 7.4 噸，7 週刈割者為 10.5 噸；混植者為 6.4 噸及 11.4 噸，割期間差異均達顯著水準（表 1）。苜蓿產量在第一割次時，7 週刈割者高於 5 週；在第三割次時，7 週刈割者反低於 5 週，累計三次結果，7 週及 5 週分別為 6.3 及 6.4 噸，無顯著差異。禾豆科合計產量 7 週者為 17.4 噸高於 5 週之 12.4 噸；5 週刈割者豆科比例為 51.2%，7 週刈割者豆科比例下降為 36.7%。

Survenola 試區之趨勢相似。苜蓿於第二割次起，7 週刈割者反低於 5 週，苜蓿比例逐次降低，累計三次產量，7 週刈割者為 7.7 噸低於 5 週之 9.0 噸，顯見氣溫升高後，晚割不利於苜蓿生產。禾豆科合計產量則以 7 週之 19.7 噸高於 5 週之 15.6 噸，7 週刈割者豆科比例降低。

#### IV. 單植與混植的營養成分

盤固草試區：混植區內盤固草的 CP 高於單植，施肥者高於不施肥。混合收穫樣品的 CP（BM, 13.4% 及 B, 11.3%）高於單植（AM, 4.5% 及 A, 4.7%）。因豆科的 NDF 較低，故混合收穫樣品的 NDF 低於盤固草單植（表 2）。混植內盤固草的 ADF 顯著高於單植，蓋因混植內盤固草生長較旺盛之故，因此混合收穫樣品的 ADF 並無顯著低於單植者。相同的收穫天數之下，夏天收穫的禾草 CP 下降，ADF 上升；豆科成分於季節間的差異較小。

Survenola 試區：混植內 Survenola 的 CP 高於單植，施堆肥與否無顯著差異，混合收穫樣品的 CP（BM,

14.7% 及 B, 12.9%) 高於單植 (AM, 6.3% 及 A, 5.9%)。混合收穫樣品的 NDF 低於禾本科單植。混植內 Survenola 之 ADF 高於單植, 故混合收穫樣品的 ADF 與單植無差異。季節間成分變動與盤固草試區相似, 惟 Survenola 於夏季 ADF 大幅提高 (表 3)。

總結, 混植提升 CP, 降低 NDF, 對 ADF 影響較少; 混合樣品於春天收割者 CP 較高, ADF 較低, 除禾本科成分差異之外, 豆科比例較高為主要原因。

#### V. 植體氮素收穫量與土壤肥力變化

單植區與混植區年度產量差異極大, 其收穫氮量亦懸殊, 由植體平均 CP 含量換算收穫總氮量如表 4。2008 年盤固草混植區 (B 及 BM) 總收穫之氮素分別為 346 kg/ha 及 347 kg/ha, Survenola 混植區高達 469 kg/ha 及 465 kg/ha, 單植區僅約 120 kg/ha, 混植區收穫氮量約 3-4 倍於禾本科單植。2009 混合區施肥者收穫氮量維持與 2008 年相近, 未施肥者顯著降低, 但仍數倍於單植者。

2008 年 2 月、2009 年 4 月及 2009 年 9 月三次土壤分析結果列於表 5 及表 6, 土壤 pH 值經多次刈割後, 表 2. 各處理於不同收穫期下, 盤固草、苜蓿及混合收穫物之粗蛋白質、中洗纖維與酸洗纖維含量

Table 2. Contents of crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber of pangolagrass, alfalfa, and mixture harvested at different dates

| Treatment           | Harvest 1 (2008.04) |                   |                   | Harvest 2 (2009.07) |                   |                   |
|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                     | pangolagrass        | alfalfa           | mixture           | pangolagrass        | alfalfa           | mixture           |
| ----- CP (%) -----  |                     |                   |                   |                     |                   |                   |
| A*                  | 4.7 <sup>c</sup>    |                   |                   | 4.6 <sup>ab</sup>   |                   |                   |
| AM                  | 4.5 <sup>c</sup>    |                   |                   | 3.8 <sup>b</sup>    |                   |                   |
| B                   | 7.5 <sup>b</sup>    | 17.8 <sup>a</sup> | 11.3 <sup>a</sup> | 4.6 <sup>ab</sup>   | 17.1 <sup>a</sup> | 9.6 <sup>a</sup>  |
| BM                  | 9.3 <sup>a</sup>    | 17.1 <sup>a</sup> | 13.4 <sup>a</sup> | 5.7 <sup>a</sup>    | 18.4 <sup>a</sup> | 10.1 <sup>a</sup> |
| ----- NDF (%) ----- |                     |                   |                   |                     |                   |                   |
| A                   | 72.2 <sup>ab</sup>  |                   |                   | 69.4 <sup>a</sup>   |                   |                   |
| AM                  | 72.0 <sup>ab</sup>  |                   |                   | 71.2 <sup>a</sup>   |                   |                   |
| B                   | 73.9 <sup>a</sup>   | 54.6 <sup>a</sup> | 66.2 <sup>a</sup> | 70.8 <sup>a</sup>   | 46.5 <sup>b</sup> | 63.1 <sup>a</sup> |
| BM                  | 70.7 <sup>b</sup>   | 53.4 <sup>a</sup> | 67.2 <sup>a</sup> | 71.8 <sup>a</sup>   | 52.0 <sup>a</sup> | 65.0 <sup>a</sup> |
| ----- ADF (%) ----- |                     |                   |                   |                     |                   |                   |
| A                   | 40.1 <sup>b</sup>   |                   |                   | 43.0 <sup>b</sup>   |                   |                   |
| AM                  | 39.5 <sup>b</sup>   |                   |                   | 43.3 <sup>b</sup>   |                   |                   |
| B                   | 43.4 <sup>a</sup>   | 36.2 <sup>a</sup> | 40.8 <sup>a</sup> | 43.4 <sup>b</sup>   | 35.9 <sup>a</sup> | 41.1 <sup>a</sup> |
| BM                  | 43.3 <sup>a</sup>   | 37.2 <sup>a</sup> | 40.2 <sup>a</sup> | 44.2 <sup>a</sup>   | 36.7 <sup>a</sup> | 42.0 <sup>a</sup> |

\*A, AM, B, BM :as shown in fig. 2.

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

由原來之 7.2-7.3 上升至 7.5-7.6, 部分達顯著水準。盤固草試區之土壤有機質, 未施肥者 (A、B) 約自 2.9% 降至 2.6%, 但未達顯著水準, 施肥者 (AM、BM) 則維持; Survenola 試區單植者 (A、AM) 約下降 0.4%, 達顯著水準, 混植者 (B、BM) 無顯著下降。土壤總氮在各試區之處理均維持於 0.17-0.19% 間, 無顯著變化。有效性磷、鉀、鈣、鎂則都呈現下降趨勢; 施堆肥及不施肥者無顯著差異。



表 3. 各處理於不同收穫期下，*Survenola*、苜蓿及混合收穫物之粗蛋白質、中洗纖維與酸洗纖維含量  
 Table 3. Contents of crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber of *Survenola*, alfalfa, and mixture harvested at different dates

| Treatment           | Harvest 1 (2008.04) |                   |                   | Harvest 2 (2009 07) |                   |                   |
|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                     | <i>Survenola</i>    | alfalfa           | mixture           | <i>Survenola</i>    | alfalfa           | mixture           |
| ----- CP (%) -----  |                     |                   |                   |                     |                   |                   |
| A                   | 5.9 <sup>b</sup>    |                   |                   | 4.9 <sup>a</sup>    |                   |                   |
| AM                  | 6.3 <sup>b</sup>    |                   |                   | 4.6 <sup>a</sup>    |                   |                   |
| B                   | 7.8 <sup>a</sup>    | 16.5 <sup>a</sup> | 12.9 <sup>a</sup> | 5.7 <sup>a</sup>    | 15.7 <sup>a</sup> | 9.1 <sup>a</sup>  |
| BM                  | 8.3 <sup>a</sup>    | 17.2 <sup>a</sup> | 14.7 <sup>a</sup> | 5.3 <sup>a</sup>    | 15.7 <sup>a</sup> | 8.7 <sup>a</sup>  |
| ----- NDF (%) ----- |                     |                   |                   |                     |                   |                   |
| A                   | 71.0 <sup>a</sup>   |                   |                   | 71.2 <sup>b</sup>   |                   |                   |
| AM                  | 71.1 <sup>a</sup>   |                   |                   | 74.1 <sup>a</sup>   |                   |                   |
| B                   | 72.5 <sup>a</sup>   | 55.9 <sup>a</sup> | 62.9 <sup>a</sup> | 72.9 <sup>ab</sup>  | 53.8 <sup>a</sup> | 68.4 <sup>a</sup> |
| BM                  | 72.2 <sup>a</sup>   | 50.5 <sup>b</sup> | 61.3 <sup>a</sup> | 72.4 <sup>ab</sup>  | 54.2 <sup>a</sup> | 68.1 <sup>a</sup> |
| ----- ADF (%) ----- |                     |                   |                   |                     |                   |                   |
| A                   | 40.3 <sup>a</sup>   |                   |                   | 45.1 <sup>b</sup>   |                   |                   |
| AM                  | 39.2 <sup>a</sup>   |                   |                   | 45.4 <sup>b</sup>   |                   |                   |
| B                   | 42.7 <sup>a</sup>   | 37.0 <sup>a</sup> | 39.4 <sup>a</sup> | 48.4 <sup>a</sup>   | 38.4 <sup>a</sup> | 44.8 <sup>a</sup> |
| BM                  | 41.1 <sup>a</sup>   | 34.7 <sup>a</sup> | 38.9 <sup>a</sup> | 47.4 <sup>a</sup>   | 38.8 <sup>a</sup> | 44.2 <sup>a</sup> |

\*A, AM, B, BM :as shown in fig. 2.

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

表 4. 由平均蛋白質含量估計之全年地上部收穫氮素量

Table 4. The yearly nitrogen amount removed from above ground part estimated by average protein contents

|                   | Pangola            |                    | Survenola          |                    |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                   | 2008               | 2009               | 2008               | 2009               |
| ----- kg/ha ----- |                    |                    |                    |                    |
| A                 | 120.1 <sup>b</sup> | 68.3 <sup>c</sup>  | 127.8 <sup>b</sup> | 108.0 <sup>b</sup> |
| AM                | 119.5 <sup>b</sup> | 75.7 <sup>c</sup>  | 119.5 <sup>b</sup> | 94.2 <sup>b</sup>  |
| B                 | 345.9 <sup>a</sup> | 270.1 <sup>b</sup> | 469.3 <sup>a</sup> | 387.6 <sup>a</sup> |
| BM                | 346.8 <sup>a</sup> | 353.4 <sup>a</sup> | 465.3 <sup>a</sup> | 438.2 <sup>a</sup> |

\*A, AM, B, BM :as shown in fig. 2.

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



表 5. 試驗期間土壤酸鹼值、有機質及主要元素含量之變化

Table 5. The changes of soil pH, organic matter, and minerals during the experimental period

| Grass spp. | Treatment | Sampling date | pH               | OM %             | N %               | P                  | K                   | Ca                 | Mg                     |
|------------|-----------|---------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
|            |           |               |                  |                  |                   | ----- ppm -----    |                     |                    |                        |
| Pangola    | A         | 2008.2        | 7.3 <sup>a</sup> | 2.8 <sup>a</sup> | 0.19 <sup>a</sup> | 11.0 <sup>bc</sup> | 94.8 <sup>ab</sup>  | 1629 <sup>a</sup>  | 131.4 <sup>a</sup>     |
|            |           | 2009.4        | 7.5 <sup>a</sup> | 2.8 <sup>a</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 28.4 <sup>a</sup>  | 76.9 <sup>bc</sup>  | 1444 <sup>ab</sup> | 106.2 <sup>abcde</sup> |
|            |           | 2009.9        | 7.5 <sup>a</sup> | 2.6 <sup>a</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 10.2 <sup>c</sup>  | 47.7 <sup>d</sup>   | 1014 <sup>b</sup>  | 91.9 <sup>de</sup>     |
|            | AM        | 2008.2        | 7.3 <sup>a</sup> | 2.5 <sup>a</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 13.5 <sup>bc</sup> | 100.5 <sup>a</sup>  | 1484 <sup>ab</sup> | 114.0 <sup>abc</sup>   |
|            |           | 2009.4        | 7.5 <sup>a</sup> | 2.6 <sup>a</sup> | 0.19 <sup>a</sup> | 31.9 <sup>a</sup>  | 74.7 <sup>c</sup>   | 1349 <sup>ab</sup> | 106.2 <sup>abcde</sup> |
|            |           | 2009.9        | 7.5 <sup>a</sup> | 2.5 <sup>a</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 11.5 <sup>bc</sup> | 43.2 <sup>d</sup>   | 1038 <sup>ab</sup> | 76.9 <sup>e</sup>      |
|            | B         | 2008.2        | 7.3 <sup>a</sup> | 2.9 <sup>a</sup> | 0.20 <sup>a</sup> | 13.3 <sup>bc</sup> | 93.5 <sup>abc</sup> | 1454 <sup>ab</sup> | 125.9 <sup>ab</sup>    |
|            |           | 2009.4        | 7.4 <sup>a</sup> | 2.6 <sup>a</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 23.7 <sup>ab</sup> | 74.2 <sup>c</sup>   | 1457 <sup>ab</sup> | 108.7 <sup>abcd</sup>  |
|            |           | 2009.9        | 7.5 <sup>a</sup> | 2.6 <sup>a</sup> | 0.19 <sup>a</sup> | 9.8 <sup>c</sup>   | 41.5 <sup>c</sup>   | 949 <sup>b</sup>   | 98.5 <sup>bcde</sup>   |
|            | BM        | 2008.2        | 7.4 <sup>a</sup> | 2.7 <sup>a</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 13.2 <sup>bc</sup> | 97.0 <sup>a</sup>   | 1630 <sup>a</sup>  | 124.5 <sup>abc</sup>   |
|            |           | 2009.4        | 7.4 <sup>a</sup> | 2.6 <sup>a</sup> | 0.19 <sup>a</sup> | 20.8 <sup>bc</sup> | 73.2 <sup>c</sup>   | 1495 <sup>ab</sup> | 107.5 <sup>abcde</sup> |
|            |           | 2009.9        | 7.5 <sup>a</sup> | 2.7 <sup>a</sup> | 0.19 <sup>a</sup> | 13.4 <sup>bc</sup> | 34.2 <sup>d</sup>   | 1083 <sup>ab</sup> | 89.3 <sup>de</sup>     |

\*A, AM, B, BM :as shown in fig. 2.

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

## 討論

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，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；王等，2010）。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; Ledgard, 2001）。

本試驗結果顯示，在不施肥或少量施肥的狀況下，苜蓿與指草屬牧草混植全年產量可超過 20 公噸，倍數於指草單植，也高於多年生花生與指草混植（陳等，2010），緣於苜蓿於冬春季的高產量及高的氮素固定能力。苜蓿擁有高度的固氮能力（Carlsson and Huss-Danell, 2003; Peoples *et al.*, 1995; Rasse, 1999），王等（2010）在恆春分所試驗區的調查結果，苜蓿每割次可固定的氮素達 200 kg/ha，尤其它具有高生物量的地下部更是其他豆科無法比擬者。由本試驗估計每年自地上部收穫的氮素可達 350 kg/ha（盤固草混植）或 460 kg/ha（Survenola 混植），高於多年生花生混植的 217-277 kg/ha（陳等，2010）。值得注意的是如此高的氮素收穫量並未造成土壤氮素及有機質的顯著下降（多年生花生混植氮素收穫量較低，但土壤氮素及有機質降低），其原因可能由於固氮能力的差異。由圖 2 也可看出至 2009 年，混植者之禾本科

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 soil pH, organic matter, and minerals during the experimental period

| Grass spp. | Treatment | Sampling date | pH                | OM                | N                 | P                  | K                   | Ca                 | Mg                   |
|------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
|            |           |               |                   | %                 | %                 | ppm                |                     |                    |                      |
| Survenola  | A         | 2008.2        | 7.2 <sup>b</sup>  | 2.8 <sup>a</sup>  | 0.18 <sup>a</sup> | 18.6 <sup>b</sup>  | 101.9 <sup>a</sup>  | 1309 <sup>ab</sup> | 113.7 <sup>ab</sup>  |
|            |           | 2009.4        | 7.5 <sup>a</sup>  | 2.4 <sup>ab</sup> | 0.17 <sup>a</sup> | 38.9 <sup>a</sup>  | 74.7 <sup>cde</sup> | 1496 <sup>ab</sup> | 101.4 <sup>abc</sup> |
|            |           | 2009.9        | 7.5 <sup>a</sup>  | 2.4 <sup>ab</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 14.8 <sup>b</sup>  | 36.6 <sup>fg</sup>  | 886 <sup>cd</sup>  | 76.4 <sup>c</sup>    |
|            | AM        | 2008.2        | 7.2 <sup>b</sup>  | 2.7 <sup>a</sup>  | 0.19 <sup>a</sup> | 11.9 <sup>b</sup>  | 96.1 <sup>ab</sup>  | 1533 <sup>a</sup>  | 119.9 <sup>a</sup>   |
|            |           | 2009.4        | 7.5 <sup>a</sup>  | 2.4 <sup>ab</sup> | 0.17 <sup>a</sup> | 24.1 <sup>ab</sup> | 64.8 <sup>de</sup>  | 1169 <sup>bc</sup> | 85.3 <sup>c</sup>    |
|            |           | 2009.9        | 7.6 <sup>a</sup>  | 2.3 <sup>b</sup>  | 0.18 <sup>a</sup> | 7.4 <sup>b</sup>   | 40.7 <sup>f</sup>   | 942 <sup>cd</sup>  | 88.9 <sup>bc</sup>   |
|            | B         | 2008.2        | 7.2 <sup>b</sup>  | 2.6 <sup>a</sup>  | 0.18 <sup>a</sup> | 13.9 <sup>b</sup>  | 84.1 <sup>bc</sup>  | 1589 <sup>a</sup>  | 114.6 <sup>ab</sup>  |
|            |           | 2009.4        | 7.4 <sup>ab</sup> | 2.4 <sup>ab</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 23.4 <sup>ab</sup> | 61.1 <sup>e</sup>   | 1509 <sup>ab</sup> | 99.6 <sup>abc</sup>  |
|            |           | 2009.9        | 7.5 <sup>a</sup>  | 2.6 <sup>a</sup>  | 0.18 <sup>a</sup> | 10.1 <sup>b</sup>  | 23.8 <sup>g</sup>   | 772 <sup>d</sup>   | 81.6 <sup>c</sup>    |
|            | BM        | 2008.2        | 7.3 <sup>b</sup>  | 2.6 <sup>a</sup>  | 0.18 <sup>a</sup> | 12.8 <sup>b</sup>  | 80.9 <sup>bcd</sup> | 1519 <sup>ab</sup> | 116.9 <sup>a</sup>   |
|            |           | 2009.4        | 7.4 <sup>ab</sup> | 2.4 <sup>ab</sup> | 0.18 <sup>a</sup> | 25.9 <sup>ab</sup> | 60.7 <sup>e</sup>   | 1340 <sup>ab</sup> | 100.0 <sup>abc</sup> |
|            |           | 2009.9        | 7.5 <sup>a</sup>  | 2.4 <sup>ab</sup> | 0.19 <sup>a</sup> | 7.0 <sup>b</sup>   | 24.7 <sup>fg</sup>  | 930 <sup>cd</sup>  | 89.5 <sup>bc</sup>   |

\*A, AM, B, BM : as shown in fig. 2.

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

產量顯著高於單植者 20-40%，是苜蓿固氮轉移供鄰近禾本科利用的實證，和 *Digitaria eriantha* 與苜蓿混植在未施肥的結果下相同（Tow *et al.*, 1997）。

化學氮肥來自石化原料，減少化學氮素可以節能並減少製程中的 CO<sub>2</sub> 排放。台灣慣行的盤固草單植，平均年產量不足 15 噸，每割一次需施用複合肥料 400 公斤（陳，2005），是耗肥卻效益有限的生產模式，在可預見的石油趨緊趨勢中，宜有所調整。豆科固氮是最便宜的氮素來源，不管是採用有機栽培與否，對盤固草草地而言，撒播苜蓿以協助固氮並提升產量與品質，是一種多功能的生物施肥方式，值得進一步克服其他產業化之障礙，整合入生產模式中。

總結本試驗結果，苜蓿與指草屬混植具有下列特點：

1. 與指草屬形成季節性的互補，苜蓿在冬春季生長旺盛、產量高，指草則反是。
2. 苜蓿具高度的固氮能力，除供應本身外尚部分提供指草屬氮素來源，減少外源肥料供應，在不施肥之下維持可觀的生產力。
3. 相對於多年生花生與指草屬混植，苜蓿建立之速度較快，全年性產量較高，而且在不施肥下土壤有機質及氮素的維持更佳。

缺點是：

1. 不能形成穩定持久的混植組合，耐逆境能力不佳，第三年復生比例極低。

2. 需要較高頻度的刈割，禾本科生長旺盛時苜蓿隨刈期延長所佔比例下降。

有機草地的基本要求是減少肥料投入（減少有機肥成本），及提升牧草品質以滿足動物營養的需求。台灣慣行的盤固草單植雖有易於管理的優點，但轉型為有機草地有其困難。多年生花生及苜蓿與盤固草混植可減少肥料施用，且提高牧草地營養價值，是推動節能減碳或轉型為有機草地的可行方式。前者可採行於粗放型草地，後者可用於生產條件較佳的集約式草地經營。

## 參考文獻

- 王啓柱、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。
- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2010。豆科芻料的供氮能力研究 I. 氮產量的物種與季節性變動。畜產研究 43:339-350。
- 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。
- 陳嘉昇。2005。牧草的栽培與管理。台灣農家要覽增修訂第三版畜牧篇 p. 367- 369。行政院農業委員會。台北。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2010。低投入的有機芻料生產研究—指草屬 (*Digitaria*) 與花生屬 (*Arachis*) 混植。畜產研究 43:167-180。
- 蕭素碧、林正斌、許進德。2003。台灣引進豆科牧草產量與品質之評估。畜產專訊 42 期。畜產研究 36: 45-52。
- 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.
- 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.
- Rasse, D. P., A. J. M. Smucker and O. Schabenberger. 1999. Modifications of soil Nitrogen pools in response to alfalfa root systems and shoot mulch. *Agron. J.* 91:471-477.
- Slough, 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. 41st 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.

## Production system with low input for mixed planting between *Digitaria* spp. with Alfalfa<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: Jun. 10, 2010; Accepted: Nov. 5, 2010

### Abstract

Mixed planting of pangolagrass (*Digitaria decumbens*, A254) or Survenola (*D. X umiforia*) with alfalfa were evaluated to investigate their feasibility in sustainable pasture or low-input management of organic pasture. After sowing in the autumn, alfalfa could show a substantial yield in the first spring and had a well seasonal compensation with *Digitaria*. The dry matter yields of mixture and monoculture were 22-27 mt/ha and 14 mt/ha, respectively in trials of pangolagrass in the first year, and were 26-27 mt/ha and 14 mt/ha respectively in trials of survenola. The yields decreased in the second year. However, yields of mixture were still about two folds to monoculture. Application of compost increased the yield of pangolagrass mixture but had no significant effect on monoculture. The biomass ratios of alfalfa in the mixture were up to 60-70% in February to June, and the lowest ratio appeared in October. The re-growth rates decreased dramatically after the second rainy season. When the harvest stage was prolonged in summer, the yield of grass increased but ratio of alfalfa decreased. The higher CP and lower NDF contents of alfalfa elevated the nutritional contents of the mixture. The nitrogen fixed through air not only supplied the growth of alfalfa but also raised the yield and CP content of grass in mixture. It was estimated that 270-469 kg/ha per year of nitrogen were removed from the above ground part of the mixture, but only part of the treatments showed slight declines in soil organic matter and no reduction in soil nitrogen could be observed. It was concluded that sowing the alfalfa as bio-fertilizer in pangolagrass pasture could lessen the need of exogenous fertilizer and improved the forage production and quality at the same time. However, the mixture of grass with alfalfa needed a more intensive management as compared with mixture of rhizoma peanut.

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

---

(1) Contribution No.1605 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.

