

豆科牧草與綠肥作物之氮產量與季節性變動⁽¹⁾

王紓愷⁽²⁾⁽³⁾ 陳嘉昇⁽²⁾ 游翠凰⁽²⁾ 劉信宏⁽²⁾

收件日期：99年4月21日；接受日期：99年8月10日

摘要

豆科植物因具固氮能力，可以協助提高土壤氮素、降低對化學氮肥的依賴，是建立低投入飼料生產體系的重要角色。本研究以 6 種多年生豆科：苜蓿 (*Medicago sativa*)、蔓花生 (*Arachis pintoi*)、多年生花生 (*A. grabrata*)、爪哇大豆 (*Neonotonia wightii*)、賽芻豆 (*Macroptilium atropurpureus*)、泰樂豆 (*Stylosanthes gracilis*) 與 4 種單年生豆科：大豆 (*Glycine max*)、田菁 (*Sesbania sesban*)、綠豆 (*Vigna radiata*) 及太陽麻 (*Crotalaria juncea*) 為材料，調查全年生長狀況與氮產量，以協助建立低投入之飼料生產，試驗以盆栽方式進行，每三個月收穫調查一次。試驗結果顯示參試豆科之地上部乾物產量以爪哇大豆、田菁、太陽麻的平均產量較高，泰樂豆、綠豆及蔓花生的產量低，不同豆科植物有個別的季節適應性。植體氮含量以苜蓿最高，地上部平均為 3%，地下部平均為 2.4%，均顯著高於其他豆科。地上部氮產量與生物產量呈正相關，每割次的物種平均介於 111.5 kg/ha~280.8 kg/ha 間。每割次的地下部氮產量則以苜蓿 (84 kg/ha) 與多年生花生 (43 kg/ha) 顯著高於其他豆科 (5 kg/ha~30 kg/ha)。本試驗結果顯示，參試豆科的氮產量高，對協助飼料之低投入生產有正向助益。此外，多年生豆科飼料雖然不是傳統的綠肥作物，但每次收穫的氮產量不低於綠肥，因此除可推廣供飼料利用外，亦可發揮多元功能，協助提高土壤肥力、減少外源氮素施用、促進生態平衡。

關鍵詞：豆科、牧草、氮產量、低投入式生產。

緒言

氮肥是農業生產上重要的限制因子，特別是在連年耕種下，土壤氮素消耗嚴重，如果沒有適當補充，將造成土壤肥力下降，影響作物生產，而最直接的補充方式就是施肥。過去，因價格低廉與施用方便，多數農業生產都利用化學肥料進行土壤氮素的補充與維持，但長期大量施用卻造成土壤酸化、土壤生物相破壞等問題，同時也增加能源消耗與對水體污染的威脅 (Evanylo *et al.*, 2008;

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1599 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: smwang@mail.tlri.gov.tw。

Malhia *et al.*, 1998)。在今日，石化能源短缺且暖化問題日漸嚴重，繼續以這種方式進行芻料的生產是否合理，值得商榷，而如何減少化學肥料的施用，達成節能或降低環境風險是值得努力的方向。

由於有機肥料商品的價格高且施用量大，對微利的草農而言是沉重的成本負擔，而畜禽糞堆肥或農家自產堆肥的來源經常不足，因此豆科植物的利用將成為芻料生產上增加土壤氮肥的重要手段。研究顯示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，並可提供混植植物或後期植物的利用（陳等，2010；Carlsson and Huss-Danell, 2003; Trannin *et al.*, 2000）。此外，豆科芻料的利用還可協助提高土壤肥力、改善土壤結構、增加芻料生產系統之生物多樣性、促進生態平衡並且是永續生產的關鍵要素（Dinesh *et al.*, 2009; Hiltbrunner *et al.*, 2007; Nakamoto and Tsukamoto, 2006; Nakhone and Tabatabai, 2008; Rasse *et al.*, 1999; Venkateswarlu *et al.*, 2007）。

過去芻料生產多僅注重產量，單一物種的大面積栽植具有作業、管理方便的優點，但現今農業環境改變，除生產之外，降低污染風險與維護農業環境資源的重要性與日俱增，豆科芻料的多功能性將可協助芻料生產體系更形完備。本研究採用 6 種多年生及 4 種單年生豆科做為試驗材料，4 種單年生豆科分別為綠肥大豆（soybean, *Glycine max*）、田菁（sesbania, *Sesbania sesban*）、綠肥綠豆（mung bean, *Vigna radiata*）與太陽麻（sunn hump, *Crotalaria juncea*），均為台灣常用的豆科綠肥，亦均可為芻料利用（Chandraskharaiah *et al.*, 1996; Tessemaa and Baarsb, 2004; Wiryawan *et al.*, 1996）。6 種多年生豆科為苜蓿（alfalfa, *Medicago sativa*）、蔓花生（perennial peanut, *Arachis pintoi*）、多年生花生（rhizoma peanut, *A. grabrata*）、爪哇大豆（perennial soybean, *Neonotonia wightii*）、賽芻豆（siratro, *Macroptilium atropurpureus*）及泰樂豆（stylo, *Stylosanthes gracilis*）。苜蓿為原產伊朗的溫帶型牧草，有芻料之後的美譽，是全球重要的商用豆科芻料，本材料為畜試所自中東地區引進，試種反應良好；爪哇大豆及多年生花生為畜試所多年前引種保存，在台灣生長良好；蔓花生、泰樂豆為澳洲引入之商用品種；賽芻豆則為自行採種之本地原生豆科植物。以上芻料均對台灣南部環境適應良好，但因其生長型態各異且為多年生與一般之豆科綠肥差異較大，因此本研究以此二大類材料進行全年比較，以了解其供氮能力變化與未來應用潛力。

材料與方法

I. 材料種植與收穫：

試驗材料分別由不同來源獲得，苜蓿、蔓花生、泰樂豆、田菁及太陽麻種子為進口之商業品種，均購自種子行；綠肥大豆（台南 4 號）及綠豆種子為國產推廣品種，購自農會；多年生花生與爪哇大豆為畜試所保存種原，分別來自畜試所恆春分所與總所；賽芻豆種子則為恆春地區自行採種。為方便地下部調查，試驗材料以盆栽方式種植，每種材料三重複。盆鉢直徑 50 公分，高 40 公分，每盆填土至八分滿，土壤來自恆春分所試驗區（表 1），土壤質地為砂壤土，除多年生花生採扦插種植外，其他材料均以種子種植（未接種根瘤菌），依推薦播種密度撒播盆面，覆土厚度依種子大小調整，種植後依土壤狀況人工灌水，生長期間不施肥。自 97 年 1 月至 98 年 7 月間，每三個月收穫一次，單年生者收穫後繼續於原盆鉢新植相同材料，多年生者刈割後令其再生。

表 1. 試驗之土壤 pH 值、有機質及有效性磷、鈣、鎂、鉀含量

Table 1. The pH value and the contents of organic matter, available phosphorus, calcium, magnesium, and potassium of soil used in the experiment

| pH | Organic matter | P | K | Ca | Mg |
|---------|----------------|-----------------|-----------|------------|------------|
| | % | ----- ppm ----- | | | |
| 7.7±0.1 | 3.2±0.4 | 15.0±2.1 | 99.3±13.3 | 1248±155.4 | 103.4±27.9 |

II. 植株調查：

試驗期間共收穫調查六次，分別為 97 年 4 月 28 日、7 月 4 日、10 月 8 日、98 年 1 月 16 日、4 月 13 日及 6 月 30 日，前三次所有單年生豆科均全株收穫，多年生豆科則一半全株收穫，一半僅收穫地上部，以保留地下部令其再生。單年生者將整盆土壤倒出，除去根上殘留之土壤，將植株分為地上及地下兩部分，除下的土壤集中填回原盆之中，多年生者以鏟子自盆中央將土壤剖半，將半盆之植株連同土壤全部取出，操作同單年生，另外半盆則僅刈割地上部，留茬 5 公分；後三次所有處理均只收穫地上部。收穫植株分地上部、地下部，分別稱重，以 70℃ 烘乾二天，測定鮮、乾重與水分含量。材料烘乾後磨粉，保存於 4℃ 下供植體氮含量測定。

III. 植體氮含量測定與氮產量計算：

依照 A. O. A. C. (1984) 方法，樣品經濃硫酸高溫分解後，以自動定氮儀測定 Kjeldahl 氮量。氮產量為植體氮含量乘上乾物產量。

結果與討論

I. 參試豆科的生物量變化

物種特性與環境是影響植物生長的重要因子。本試驗結果顯示參試豆科芻料地上部乾物產量依物種及收穫日期而異（圖 1）。表 2 為地上部產量在不同收穫期之變異情形，物種每割次之平均乾物產量由高至低依序為爪哇大豆（11.7 mt/ha）、田菁（9.5 mt/ha）、太陽麻（7.9 mt/ha）、賽芻豆（7.3 mt/ha）、苜蓿（6.7 mt/ha）、綠肥大豆（6.7 mt/ha）、多年生花生（5.8 mt/ha）、泰樂豆（5.3 mt/ha）、綠豆（5.3 mt/ha）、蔓花生（4.8 mt/ha）。變異性依物種而異（變異係數由 10.5% 至 70.2%），其中蔓花生的變異範圍最大（2.0-11.8 mt/ha），次為多年生花生、太陽麻與泰樂豆（變異係數由 31.2% 至 51.3%），大豆、田菁、綠豆、苜蓿及賽芻豆之變異係數介於 20-30% 間，爪哇大豆在各收穫期間的變異最低。物種特性決定了不同物種對各別環境的生長潛能，參試之豆科物種均適於亞熱帶生長，在恆春地區全年均生長良好，但生長速度隨生育期間的溫度、日照等環境條件而異（土壤與水分雖也是影響植物生長的重要因子，但本試驗採盆栽與人工澆水，已將此二項因子儘量控制於相同條件下）。一般而言，在適溫範圍內植物的生長與溫度呈正相關，因此夏秋季的乾物產量高於冬春季，同時冬季生長之大豆、田菁、太陽麻會出現營養生長期過短的現象，也會限制乾物產量。除季節外，多年生豆科產量變異的因子還包括植株建立與刈割恢復的速度，蔓花生、多年生花生與泰樂豆的建立極慢，而蔓花生的刈割恢復能力隨刈割次數降低（與地上匍莖受破壞有關），可能是造成其產量變異係數偏高的因素之一。

表 2. 參試豆科試驗期間6個割次地上部產量之統計值

Table 2. The parameters of the six cuttings for above-ground yields of the entries

| Species | Minimum | Maximum | Mean | Standard deviation | Coefficient of variation |
|-------------------|-------------------------|---------|------|--------------------|--------------------------|
| | -----mt/ha/harvest----- | | | | % |
| Fresh yield | | | | | |
| Alfalfa | 15.5 | 27.2 | 21.0 | 3.8 | 18.4 |
| Perennial peanut | 7.3 | 43.9 | 21.2 | 15.1 | 71.2 |
| Rhizoma peanut | 6.7 | 30.7 | 15.8 | 8.4 | 53.4 |
| Perennial soybean | 31.4 | 43.7 | 37.3 | 5.0 | 13.4 |
| Siratro | 24.7 | 44.7 | 33.0 | 7.0 | 21.3 |
| Stylo | 10.8 | 23.9 | 16.5 | 5.0 | 30.2 |
| Soybean | 16.2 | 38.5 | 24.2 | 9.2 | 38.0 |
| Sesbania | 19.6 | 41.4 | 32.7 | 9.5 | 29.1 |
| Mung bean | 11.2 | 31.5 | 18.4 | 8.5 | 45.9 |
| Sunn hemp | 10.2 | 43.1 | 27.8 | 11.7 | 41.4 |
| Dry yield | | | | | |
| Alfalfa | 4.5 | 8.8 | 6.7 | 1.5 | 21.9 |
| Perennial peanut | 2.0 | 11.8 | 5.8 | 4.0 | 70.2 |
| Rhizoma peanut | 2.2 | 9.2 | 4.8 | 2.5 | 51.3 |
| Perennial soybean | 10.1 | 12.8 | 11.7 | 1.2 | 10.5 |
| Siratro | 5.7 | 9.7 | 7.3 | 1.5 | 20.2 |
| Stylo | 3.7 | 7.3 | 5.3 | 1.7 | 31.2 |
| Soybean | 5.0 | 9.5 | 6.7 | 2.0 | 29.4 |
| Sesbania | 5.9 | 13.7 | 9.5 | 2.8 | 29.1 |
| Mung bean | 4.2 | 7.8 | 5.3 | 1.5 | 28.3 |
| Sunn hemp | 3.0 | 10.9 | 7.9 | 2.9 | 36.6 |

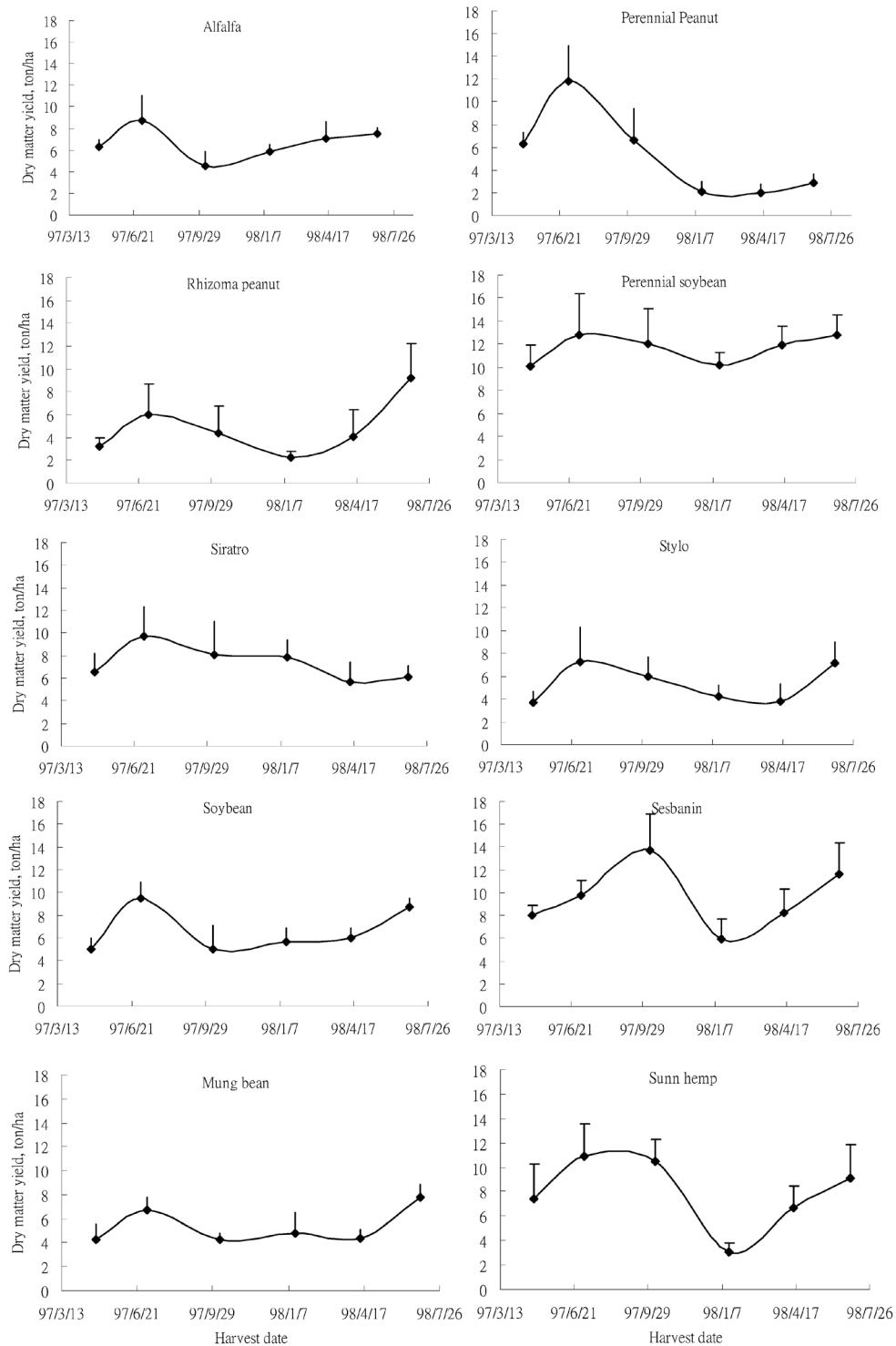


圖 1. 參試豆科於不同收穫日期下之地上部乾物產量變化。

Fig. 1. The dry matter yields of above-ground parts of the entries harvested at different dates.

地上部氮含量也隨收穫時間與物種而異，但沒有明顯隨季節律動的現象，同時變異較小（表 3、表 4）。物種間差異除苜蓿的氮含量較高外（平均為 3.0% dm），其他各豆科的植體氮含量較接近（平均值介於 2.0%-2.6% 間）。植體氮含量與生長間的相關不顯著，顯示由生長情況無法推估其氮含量。植體氮含量會隨物種因應環境因子變動而影響，且多因子間의交互影響明顯，變化複雜（Chapin *et al.*, 1987）。

表 3. 不同收穫時間下之參試豆科地上部氮含量

Table 3. Nitrogen contents of above-ground parts of entries at different harvest dates

| Species | 97/4/28 | 97/7/4 | 97/10/8 | 98/1/16 | 98/4/13 | 98/6/30 |
|-------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | ----- % dry base ----- | | | | | |
| Alfalfa | 2.9 ^{Ba} | 3.0 ^{Ba} | 2.9 ^{Ba} | 2.6 ^{Cb} | 3.5 ^{Aa} | 3.0 ^{Ba} |
| Perennial Peanut | 2.1 ^{BCd} | 1.9 ^{Cd} | 2.3 ^{Bb} | 2.6 ^{Ab} | 2.6 ^{Ac} | 2.3 ^{Bc} |
| Rhizoma peanut | 3.0 ^{Aa} | 2.3 ^{CDbc} | 2.1 ^{Dc} | 2.6 ^{Bb} | 2.4 ^{BCd} | 2.5 ^{Bb} |
| Perennial soybean | 2.6 ^{Ac} | 2.4 ^{ABb} | 2.2 ^{Bb} | 2.3 ^{Bc} | 2.4 ^{ABd} | 2.4 ^{ABbc} |
| Siratiro | 2.6 ^{Bc} | 2.5 ^{Bb} | 2.2 ^{Cb} | 2.9 ^{Aa} | 2.7 ^{ABc} | 2.6 ^{Bb} |
| Stylo | 2.8 ^{Aab} | 2.0 ^{Cbc} | 2.1 ^{BCbc} | 2.1 ^{BCc} | 2.3 ^{Bd} | 2.2 ^{Bc} |
| Soybean | 2.7 ^{Bb} | 2.8 ^{Aa} | 2.4 ^{Cb} | 2.1 ^{Dc} | 3.0 ^{Ab} | 2.6 ^{Bb} |
| Sesbania | 2.7 ^{Ab} | 2.2 ^{Cc} | 1.8 ^{Dd} | 2.7 ^{Ab} | 2.7 ^{Ac} | 2.4 ^{Bbc} |
| Mung bean | 2.7 ^{Ab} | 2.2 ^{Bc} | 2.0 ^{Cc} | 2.2 ^{Bc} | 2.3 ^{Bd} | 2.3 ^{Bc} |
| Sunn hemp | 2.7 ^{Ab} | 2.4 ^{Cb} | 1.7 ^{Dd} | 3.0 ^{Aa} | 3.0 ^{Ab} | 2.6 ^{BCb} |

A, B, C: Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

a, b, c: Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

表 4. 參試豆科試驗期間 6 個割次地上部氮含量之統計值

Table 4. The parameters of nitrogen contents of above-ground parts for the six cuttings of the entries

| Species | Minimum | Maximum | Mean | Standard deviation | Coefficient of variation |
|-------------------|------------------------|---------|------|--------------------|--------------------------|
| | ----- % dry base ----- | | | | % |
| Alfalfa | 2.6 | 3.5 | 3.0 | 0.28 | 9.8 |
| Perennial peanut | 1.9 | 2.6 | 2.3 | 0.27 | 13.1 |
| Rhizoma peanut | 2.1 | 3.0 | 2.5 | 0.32 | 10.7 |
| Perennial soybean | 2.2 | 2.6 | 2.4 | 0.13 | 5.6 |
| Siratiro | 2.3 | 2.9 | 2.6 | 0.23 | 8.7 |
| Stylo | 2.0 | 2.8 | 2.2 | 0.28 | 12.6 |
| Soybean | 2.1 | 3.0 | 2.6 | 0.31 | 11.7 |
| Sesbania | 1.8 | 2.7 | 2.4 | 0.36 | 15.1 |
| Mung bean | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 0.21 | 9.4 |
| Sunn hemp | 1.8 | 3.0 | 2.6 | 0.47 | 18.3 |

由地上部乾物產量與植體氮含量可以估算植體地上部氮產量，結果如表 5。由於乾物產量的物種內變異極大，造成植體氮產量的物種內變異也極大，特別是蔓花生、多年生花生及泰樂豆。雖然沒有一致的季節律動，但冬、春季節的氮產量低於夏、秋季。由平均值而言，以爪哇大豆之 281 kg N/ha 最高，次為苜蓿與田菁，其平均高於 200 kg N/ha，太陽麻、賽芻豆及大豆之平均高於 170 kg N/ha 以上，其餘均低於 130 kg N/ha，以蔓花生 112 kg N/ha 最低。

表 5. 參試豆科試驗期間6個割次地上部氮產量之統計值

Table 5. The parameters of nitrogen yields of above-ground parts for the six cuttings of the entries

| Species | Minimum | Maximum | Mean | Standard deviation | Coefficient of variation |
|-------------------|-----------------------------|---------|-------|--------------------|--------------------------|
| | ----- kg N/ha/harvest ----- | | | | % |
| Alfalfa | 128.9 | 267.3 | 200.8 | 54.3 | 27.6 |
| Perennial peanut | 51.2 | 223.2 | 111.5 | 67.8 | 60.8 |
| Rhizoma peanut | 57.0 | 229.0 | 118.4 | 59.0 | 49.9 |
| Perennial soybean | 239.4 | 311.6 | 280.8 | 27.6 | 9.8 |
| Siratro | 156.5 | 235.6 | 189.3 | 35.3 | 18.7 |
| Stylo | 86.4 | 160.0 | 116.2 | 29.9 | 25.7 |
| Soybean | 116.8 | 264.4 | 175.0 | 60.4 | 34.5 |
| Sesbania | 160.7 | 279.2 | 222.2 | 39.1 | 17.6 |
| Mung bean | 86.5 | 177.3 | 122.1 | 34.0 | 27.9 |
| Sunn hemp | 91.3 | 257.6 | 193.5 | 56.9 | 29.4 |

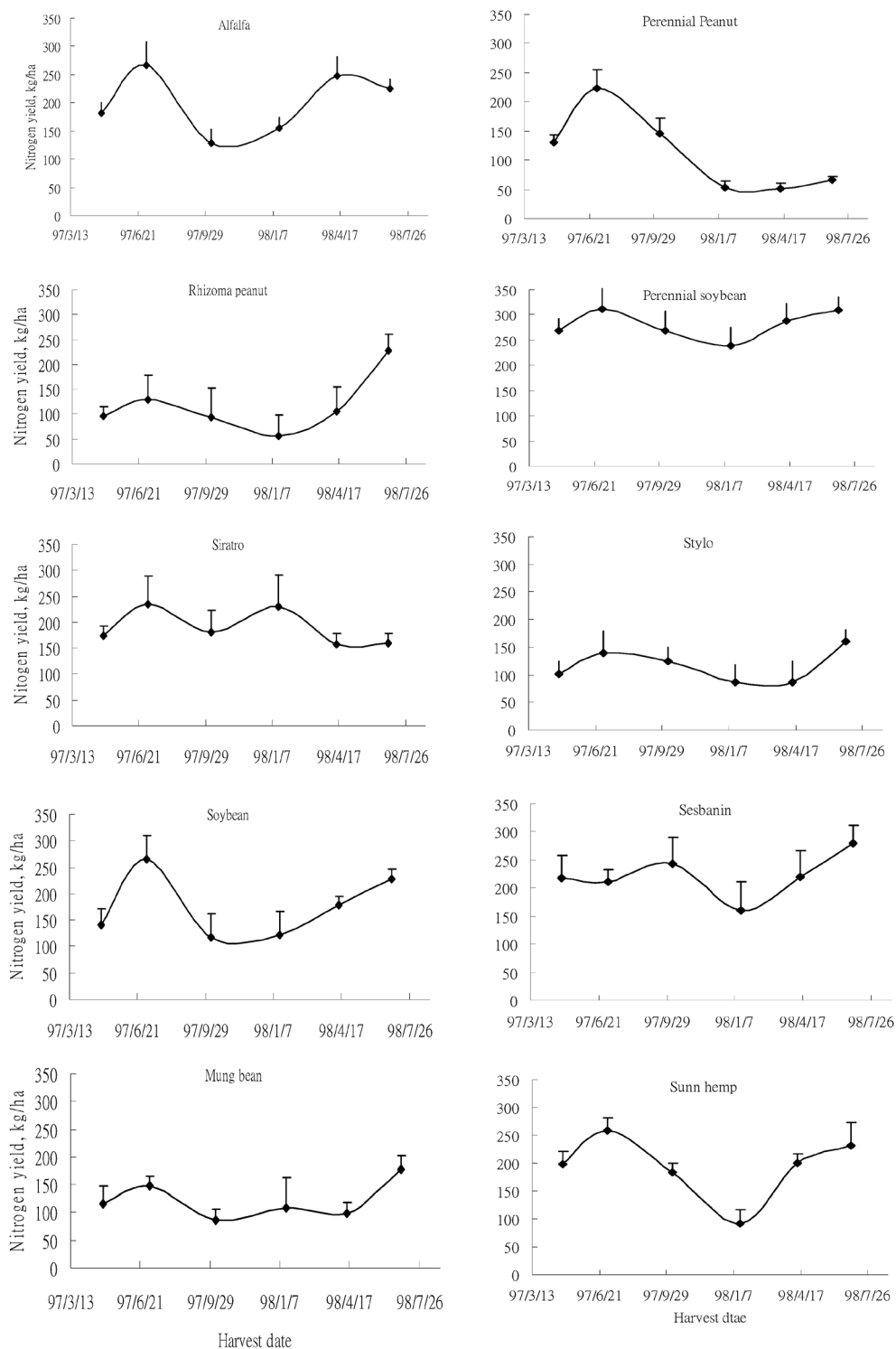


圖 2. 參試豆科於不同收穫日期下之地上部氮產量。

Fig. 2. The nitrogen yields of above-ground parts of the entries harvested at different dates.

除地上部外，豆科芻料之地下部也含有可觀的氮量，但地下部之氮含量都較地上部低。參試材料中以苜蓿的含量 2.4% 最高，其他材料的地下部氮含量都低於 2%。由此估算之地下部氮產量介於 5 kg/ha-84 kg/ha 間，苜蓿地下部氮產量 84 kg/ha 最高，次為多年生花生之 43 kg/ha，二者都顯著高於其他豆科，尤其是苜蓿，可高達其他豆科數倍至十數倍，因二者之地下部占全株比例顯著高於其他豆科（表 6）。

表 6. 參試豆科之地下部平均乾物產量、氮產量與地下部占全株乾重比

Table 6. The dry matter yields, nitrogen contents, nitrogen yields of under-ground parts and root/whole plant ratios of entry legumes

| Species | Dry matter yield | Nitrogen content | Nitrogen yield | Root/ whole plant |
|-------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| | mt/ha (mean±std) | % (dry base) (mean±std) | kg N/ha (mean±std) | (mean±std) |
| Alfalfa | 3.4±1.1 | 2.4±0.03 | 84.3±26.7 | 0.52±0.026 |
| Perennial peanut | 1.2±0.5 | 1.4±0.23 | 17.3±6.5 | 0.15±0.007 |
| Rhizoma peanut | 2.2±0.7 | 1.9±0.12 | 43.0±12.9 | 0.48±0.025 |
| Perennial soybean | 2.0±0.9 | 1.7±0.26 | 30.1±9.5 | 0.19±0.020 |
| Siratro | 1.9±0.7 | 1.5±0.04 | 29.2±5.6 | 0.24±0.016 |
| Stylo | 0.7±0.3 | 1.1±0.09 | 7.5±2.4 | 0.12±0.017 |
| Soybean | 0.9±0.4 | 1.2±0.12 | 10.9±4.3 | 0.14±0.020 |
| Sesbania | 1.8±0.5 | 1.4±0.23 | 24.9±7.0 | 0.17±0.029 |
| Mung bean | 0.5±0.2 | 1.1±0.11 | 5.0±1.3 | 0.09±0.013 |
| Sunn hemp | 1.4±0.7 | 1.0±0.21 | 14.4±2.9 | 0.15±0.025 |

慣行綠肥作物的推廣資料中無多年生豆科的應用與生長的季節變動，本研究呈現 6 種多年生豆科與 4 種單年生豆科的生長情形與供氮潛力變動。結果顯示參試豆科對恆春地區的環境適應性良好，生長三個月的地上部供氮量由 51 kg/ha 至 312 kg/ha；地下部供氮量由 5 kg/ha 至 84 kg/ha。以供氮的角度來看，已可滿足多數單年生物種的推薦施用氮量（作物施肥手冊），但因綠肥必須先經分解之後才能釋出無機態氮供作物利用，而分解的過程受多種因素影響（黃，1995），因此養分的供應是否足夠將視情況而定，但必然顯著減少後作的肥料需求。

國內推薦綠肥以單年生豆科為主，主要著眼於其固氮能力與栽培管理容易（連，2005），至於多年生豆科則因國內利用極少，缺少相關資料，由試驗結果可發現多年生豆科的氮產量不在一般單年生綠肥之下，而且各有特點可提供更多元的利用。如苜蓿的根/莖比極高，根部之生物量大，且氮含量遠高於其他參試材料，顯示作為芻料外，苜蓿也許可在協助養分供應與土壤維護上發揮功效。由畜試所恆春分所的研究結果發現，在不施肥的情形下，苜蓿與盤固草混植草地較純植盤固草地的產量高，且土壤有機質含量沒減少（未發表資料）。Rasse *et al.* (1999) 的試驗結果同樣顯示，苜蓿地下部對土壤氮庫的貢獻大。多年生花生與蔓花生都是花生屬植物且均為匍匐性生長，二者的主要差異為，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，而蔓花生主要為地上匍匐莖，地下莖不明顯，可如花生般將子房柄伸入土下結實，但結實量不高。本試驗顯示此二種材料在生長良好下的氮產量可以超過 200 kg/ha，但因生長慢需要較長之建立時間，較適宜作為果園、茶園等多年生作物之覆蓋，休閒園區之景觀綠肥或與多年生牧草地混植，唯蔓花生不適合刈割過短，否則可能因地上的匍匐莖受損而影響生長。陳等（2010）於畜試所恆春分所的研究

究也發現，蔓花生建立的速度較快，但多年生花生的持續性較佳，多年生花生與盤固草混植可以協助建立低投入的永續草地，但混植的優勢要在第二年之後才顯現。國外的研究顯示多年生花生是營養價值不遜於苜蓿的高品質牧草（Butler *et al.*, 2007; Williams *et al.*, 2004），但建立慢較不適於一般牧草的生產模式，可做為休閒放牧或較高價之飼料。爪哇大豆與賽芻豆均為攀援性豆科，生長模式相近，種子萌芽後生長快，刈割後恢復的速度也快，可以在全年都維持相當高的供氮潛力；泰樂豆則為灌木型牧草，依 Chadhokar（1977）的報告，撒播泰樂豆於天然的白茅放牧草地，其表現相當於年施 240 kg/ha 氮肥的效果，但在本試驗中生長與供氮潛力普通，可能為盆栽下根部受限以致表現不出其潛能。除供氮之外，此三種豆科都可做為動物之飼糧或協助土壤肥力之改善（Bamikole *et al.*, 2001; Gathumbi *et al.*, 2004; Mero and Udén, 1998; Mupangwa *et al.*, 2000）。王等（2010）以苜蓿、爪哇大豆、多年生花生與蔓花生草地為基礎間植青割玉米，可以在不施肥的情形下收穫產量與品質均可接受的青刈飼料，說明善用豆科飼料特性，確實可以協助建立低投入飼料生產系統。

因應未來環境的變遷，農業經營應儘可能降低對化學氮肥的依賴，以減輕環境負擔，而豆科因具備天然的固氮能力，在農業生產與資源維護上將可發揮更重要的影響（Nemecek *et al.*, 2008; Dinesh *et al.*, 2009）。雖然過去國內對於豆科飼料的利用較少，但未來應極具推廣應用之潛力。由本試驗結果，參試豆科對恆春地區的適應良好，氮產量高，因此不論是單純做為綠肥利用，或是加入栽培體系參與輪作、間作或混植，不僅可做為飼料生產，並可協助農業資源的維護，此外，增加可應用之綠肥種類，以混播或分區逐年更換的方式，可以提高農業系統內之生物多樣性，有助於維持環境生態平衡。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2010。有機飼料生產研究—四種多年生豆科飼料與青割玉米間植之比較。畜產研究。43: 153-166。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2010。低投入的有機飼料生產研究--指草屬（*Digitaria*）與花生屬（*Arachis*）混植。畜產研究。43: 167-180。
- 連大進。2005。綠肥之栽培與利用。台灣農家要覽 pp. 537-546。豐年社。
- 黃裕銘。1995。不同環境及作物制度下維持/增進地力所需有機肥料之施用量。有機質肥料合理施用技術研討會專刊 pp. 159-170。
- A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. 14 ed. Washington DC. pp. 125-142.
- Bamikole, M. A., I. Ezenwa, A. O. Akinsoyinu, M. O. Arigbede and O. J. Babayemi. 2001. Performance of west African dwarf goats fed guinea grass-Verano stylo mixture, N-fertilized and unfertilized guinea grass. Small Ruminant Res. 39: 145-152.
- Butler, T. J., J. P. Muir, M. A. Islam and J. R. BowRhizoma. 2007. Peanut yield and nutritive value are influenced by harvest technique and timing. Agron. J. 99: 1559-563.
- 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.
- Chadhokar, P. A. 1977. establishment of stylo (*stylosathes guianensis*) in kunai (*Imperata cylindrical*) pastures and its effect on dry matter yield and animal production in the Markam valley, Papua New guinea. Tropical Grasslands 11: 263-272.
- Chandrasekharaiah, M., M. R. Reddy and G. V. N. Reddy. 1996. Effect of feeding urea treated maize stover on growth and nutrient utilization by sheep and goats. Small Ruminant Res. 22: 141-147.

- Chapin III, F. S., J. B. Arnold, B. F. Christopher and H. W. Richard. 1987. Plant responses to multiple environmental factors. in BioSci. Vol. 37, No. 1, How plants cope: Plant Physiological Ecology pp. 49-57. American Institute of Biological Sciences.
- Dinesh, R., S. G. Chaudhuri, T. E. Sheeja1 and K. N. Shiva. 2009. Soil microbial activity and biomass is stimulated by leguminous cover crops. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172: 288-296.
- Drinkwater, L. E., P. Wagoner and M. Sarrantonio. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. Nature 396: 261-265.
- Evanylo, G., C. Sherony, J. Spargo, D. Starner, M. Brosius and K. Haering. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. Agri. Ecosys. Environ. 127: 50-58.
- Gathumbi, S. M., G. Cadischb and K. E. Giller. 2004. Improved fallows: effects of species interaction on growth and productivity in monoculture and mixed stands. Forest Eco. Manag. 187: 267-280.
- Hiltbrunner, J., M. Liedgens, L. Bloch, P. Stamp and B. Streit. 2007. Legume cover crops as living mulches for winter wheat: Components of biomass and the control of weeds. Eur. J. Agron. 26: 21-29.
- Malhia, S. S., M. Nyborgb and J. T. Harapiak. 1998. Effects of long-term N fertilizer-induced acidification and liming on micronutrients in soil and in bromegrass hay. Soil and Tillage Res. 48: 91-101.
- Matizha, W., N. T. Ngongoni and H. Topps. 1997. Effect of supplementing veld hay with tropical legumes *Desmodium uncinatum*, *Stylosanthes guianensis* and *Macroptilium atropurpureum* on intake, digestibility, outflow rates, nitrogen retention and live weight gain in lambs. Anim. Feed Sci. Techn. 69: 187-193.
- Mero, R. N. and P. Udén. 1998. Promising tropical grasses and legumes as feed resources in Central Tanzania: VI. Nitrogen balance in growing bulls consuming tropical herbaceous forage legumes. Anim. Feed Sci. Techn. 72: 387-396.
- Mupangwaa, J. F., N. T. Ngongonib, J. H. Toppsc, T. Acamovicd, H. Hamudikuwandab and L.R. Ndlovu. 2000. Dry matter intake, apparent digestibility and excretion of purine derivatives in sheep fed tropical legume hay. Small Ruminant Res. 36: 261-268.
- Nakamoto, T. and M. Tsukamoto. 2006. Abundance and activity of soil organisms in fields of maize grown with a white clover living mulch. Agric. Ecosys. Environ. 115: 34-42.
- Nakhone, L. N. and M. A. Tabatabai. 2008. Nitrogen mineralization of leguminous crops in soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 171: 231-241.
- Nemecek, T., J. von Richthofen, G. Dubois, P. Casta, R. Charles and H. Pahl. 2008. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. Eur. J. Agron. 28: 380-393.
- Rasse, D. P., A. J. M. Smucker and O. Schabenberger. 1999. Modifications of S. P. in R. to A. Ro. Sy. and Sh. M. Agron. J. 91: 471-477.
- Tessemaa, Z. and R. M. T. Baarsb. 2004. Chemical composition, in vitro dry matter digestibility and ruminal degradation of napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach.) mixed with different levels of Sesbania sesban (L.) Merr. Anim. Feed Sci. Techn. 117: 29-41.
- Venkateswarlu, B., C. Srinivasarao, G. Ramesh, S. Venkateswarlu and J. C. Katyal. 2007. Effects of long-term legume cover crop incorporation on soil organic carbon, microbial biomass, nutrient build-up and grain yields of sorghum/sunflower under rain-fed conditions. Soil Use Manag. 23: 100-107.
- Williams, M. J., C. C. Chase, Jr. and A. C. Hammond. 2004. Performance of cows and their calves creep-grazed on rhizoma perennial peanut. Agron. J. 96:671-676.
- Wiryanan, K. G., H. M. Miller and J. H. G. Holmes. 1997. Mung beans (*Phaseolus aureus*) for finishing pigs. Anim. Feed Sci. Techn. 66: 297-303.
- Trannin, W. S., S. Urquiaga, Guerra, J. Ibijbjen and G. Cadisch. 2000. Interspecies competition and N transfer in a tropical grass-legume mixture. Biol. fertil. Soils. 32: 441-448.

The nitrogen yields and seasonal variations of forage legumes and green manure crops ⁽¹⁾

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

Received : Apr. 21, 2010 ; Accepted : Aug. 10, 2010

Abstract

Legume species are indispensable in low-input systems of agricultural production, due to the nitrogen fixation to enhance the soil nitrogen pool in soil and reduce the dependence on chemical nitrogen fertilizers. The purpose of this study was to evaluate the potential of legume species for low-input forage production. Six species of perennial legumes, alfalfa (*Medicago sativa*), perennial peanut (*Arachis pintoi*), rhizoma peanut (*A. grabrata*), perennial soybean (*Neonotonia wightii*), siratro (*Macroptilium atropurpureus*), stylo (*Stylosanthes gracili*), and four species of annual legumes, soybean (*Glycine max*), sesbania (*Sesbania sesban*), mung bean (*Vigna radiata*) and sunn hemp (*Crotalaria juncea*) were used to assess the performance and nitrogen yield in a whole year. The legume species were planted in pots and harvested every three months. The results showed that the dry matter yields of above-ground parts of perennial soybean, sesbania and sunn hemp were the highest and those of stylo, mung bean and perennial peanut were the lowest. Different legumes had specific season adaption. The nitrogen content of alfalfa was the highest among all of the entries. The averaged contents of nitrogen for above-ground and under-ground parts of alfalfa were 3% and 2.4%, respectively. The nitrogen yield of above-ground part was consistent with the biomass of the above-ground part. The averaged yield of nitrogen for entry legumes ranged from 112 to 281 kg/ha/harvest. However, the nitrogen yields in under-ground part of alfalfa (84 kg/ha/harvest) and rhizoma peanut (43 kg/ha/harvest) were obviously higher than those of the others (5 kg/ha-30 kg/ha). The results showed that, all the entry legumes adapted had high nitrogen production and could be helpful for the low-input forage production. Although the perennial forage legumes were not conventionally used as green manure, their nitrogen yields were comparable to those of the traditional green manure crops. Except forage use, the forage legumes can also play multiple roles for improving soil fertility, reducing nitrogen application and promoting ecological balance.

Key words : Legume species, Forage, Nitrogen yield, Low-input production.

(1) Contribution No. 1599 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 946, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, Email: smwang@mail.tlri.gov.tw.