

大豆臺南 3 號及 4 號作為芻料利用之評估⁽¹⁾

鍾萍⁽²⁾⁽³⁾ 李姿蓉⁽²⁾

收件日期：111 年 3 月 17 日；接受日期：112 年 3 月 9 日

摘 要

國內已選育多種優良的禾本科牧草，但受限於地理環境與氣候因素，苜蓿等優質的豆科芻料不易在臺灣生產，因此國內豆科芻料大多依賴進口，使得酪農芻料成本居高不下，發展國產豆科作物作為替代性之豆科牧草，為降低酪農生產成本的重要課題。本試驗將國內自行選育之子實用大豆臺南 3 號及綠肥大豆臺南 4 號，進行春作及秋作之芻料利用評估，並以苜蓿中東品系為對照品種，調查不同生長日數春作 60、90 及 120 日，秋作 60 及 90 日之產量、農藝性狀及芻料品質。結果顯示大豆臺南 3 號在春作 90 天及 120 天的乾物產量與粗蛋白質含量相近，且水溶性碳水化合物、中洗纖維及酸洗纖維含量以春作 90 天最佳，另在秋作，其 60 天仍為營養生長期尚未結莢，非適合作為芻料利用的收穫階段，且 90 天的豆莢占全株乾重比例高，建議大豆臺南 3 號在春作及秋作皆以 90 天收穫為宜；大豆臺南 4 號在春作 120 天及秋作 90 天，其乾物產量及豆莢占全株乾重比例表現較佳，可提供較高的單位面積蛋白質產量，建議大豆臺南 4 號分別在春作 120 天及秋作 90 天收穫為宜。本試驗顯示大豆臺南 3 號及 4 號可提供作為國產豆科芻料來源之一，有望降低對進口豆科芻料的依賴，並穩定國產芻料的供應。

關鍵詞：芻料利用、豆科芻料、大豆。

緒 言

國內已選育多種品質優良的芻料作物包括多年生的狼尾草臺畜草 1 至 8 號 (成等, 1992; 成等, 1995; 成等, 1997; 蕭等, 2000)、尼羅草臺畜草 1 至 3 號 (蕭等, 2002; 陳等, 2017a; 陳等, 2019) 及指草墾丁 1 號; 短期芻料作物蘇丹草臺畜草 1 號 (蕭等, 1997)、甜高粱臺畜 1 號 (陳等, 2017b)、青割玉米墾丁 1 號 (陳等, 2013) 及芻料用高粱墾丁 1 號 (張及廖, 2019) 及 2 號。每一品種均有其特色，適用不同栽培環境，提供國內酪農多樣化的牧草選擇，然上述歷年所選育之各品種芻料，均為禾本科牧草，其最大缺點為蛋白質含量不足。芻料中以豆科牧草含蛋白質較豐富，然豆科牧草的適應性不如禾本科牧草 (王, 1956)，臺灣氣候多雨，更不利於苜蓿 (*Medicago sativa*) 和三葉草屬 (*Trifolium*) 等豆科草種常年性生產。畜產發展需芻料穩定供應，為因應臺灣氣候多雨，除生產與利用模式改變外，尋求發展國產替代性之豆科牧草為重要課題之一。苜蓿為多年生之重要豆科芻料作物，於臺灣夏季栽培中，易遇到生育期淹水而影響苜蓿根部澱粉的累積，進而影響其生育、品質及產量 (王, 1956; 林等, 2007)。大豆因具有固氮能力且蛋白質含量高，早期即由中國引進美國且被視為良好的芻料作物 (Hackleman, 1924)，在選擇適當的品種及生產方式下，大豆的營養價值可與苜蓿不相上下 (Hintz *et al.*, 1992)。大豆除了營養價值高，能適應於較熱帶氣候地區之生產 (Foster *et al.*, 2009)，又屬於栽培週期短、土地利用彈性佳之芻料作物 (Heitholt *et al.*, 2004; Seiter *et al.*, 2004)。對於地處熱帶及亞熱帶、全年土地可耕作期長的臺灣，大豆可作為豆科芻料利用的選擇。

朱等 (2020) 研究以不同品種 (系) 的大豆探討秋作不同播種時期對於芻料產量與品質的影響，試驗結果顯示大豆的株高與乾物質產量隨著播種期愈晚而下降，但粗蛋白質含量提升且纖維含量降低。芻料品質雖然隨著播種期愈晚而愈佳，但乾物質產量的減少造成粗蛋白質產量下降，說明秋作大豆的播種期不可過晚，否則會因光週期縮短與氣溫下降，降低大豆作為芻料生產的價值。另隨著春作的播種月份愈晚，雖有助於產量的提升，但卻對品質造成影響。豆莢占全株乾重比例較高的品種有助於芻料品質的提升，但仍需要搭配較高的全株產量才利於芻料生產 (朱及陳, 2016)。大豆臺南 3 號係臺南區農業改良場於民國 87 年 5 月育成之品種，其種皮黑色，子葉綠色，高度 45 —

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2740 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

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

77 公分，豆粒的品質優良，外觀色澤、香味及食用風味均優於進口黑豆，生育屬於晚熟型，對光期敏感，春作播種期應提早至 2 月上旬，若延遲播種會受到感光的影響而延遲成熟，然由於其籽粒小及鮮草產量高，亦適合作為夏季綠肥作物(連等, 1998)。大豆臺南 4 號係臺南區農業改良場於民國 88 年 12 月育成之品種，其具有籽粒小、生長快速、鮮草量高及覆蓋期長之特性，對光期敏感，在春夏季長日照下植株發育為無限型，莖葉生育旺盛，鮮草產量高，秋季短日照下則為有限型，可正常開花結莢產生種子，且成熟期趨一致而落葉性良好，易於機械採收，因此適合春夏作綠肥栽培及秋作採種之用途(連等, 2000)。

芻料用大豆的產量與品質會受到品種、播種期、栽培管理方式與採收期等因素影響(Hintz *et al.*, 1992; Chang *et al.*, 2012)。在品種方面，由於芻料用大豆考量的是全株乾物質產量與營養組成的綜合表現，因此芻料用大豆通常具有較籽粒用大豆高株、高產且成熟期晚的特性(Darmosarkoro *et al.*, 2001; Rao *et al.*, 2005)。Darmosarkoro *et al.* (2001) 與 Açıkgöz *et al.* (2013) 的試驗均指出子實用大豆豆莢占全株乾重之比例高於芻料用大豆品種，雖然子實用大豆在 R7 (豆莢變黃，達成熟期) 生育階段作為芻料具有良好的品質(Hintz *et al.*, 1992)，但多數子實用大豆的營養生長期短於芻料用大豆。因此，造成在相同收穫時間下，芻料用大豆因莖葉茂盛而產量較高，子實用大豆則芻料產量較低，但因種子占全株比重較高而芻料品質較佳。此外，不同品種的芻料用大豆其產量與品質的表現亦有所差異(Darmosarkoro *et al.*, 2001; Sheaffer *et al.*, 2001)。

相較於國外對大豆作為芻料利用的育種及研究甚深入，國內目前尚未有芻料用大豆品種之育成，且受限於臺灣的氣候條件，國外優質的豆科草種不易生長，而國內豆科芻料大部分倚賴進口，造成酪農芻料成本居高不下。因此本研究以單年生豆科—大豆臺南 3 號及 4 號，分別於春作及秋作不同生長日數下收穫，調查其地上部植株之農藝性狀、產量及營養成分，以初步評估其作為芻料利用之可行性。

材料與方法

I. 試驗材料

參試品種為子實用大豆臺南 3 號 (TN3) 及綠肥大豆臺南 4 號 (TN4)，並以苜蓿中東 (Middle-east) 品系作為對照品種。

II. 田間設計與栽培管理

參試品種於 2018 年 3 月 (春作) 及 9 月 (秋作) 在畜產試驗所新化種植。試驗田區採逢機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，每一試驗小區面積為 9 m² (3 m × 3 m)，大豆臺南 3 號及 4 號行距 50 cm，每小區 6 行，苜蓿行距 30 cm，每小區 9 行，採條播方式種植，三重複。肥料以祥寶複合肥料 1 號 (N : P₂O₅ : K₂O = 20 : 5 : 10) 每公頃基肥施用量 300 公斤。試驗期間視植株生長及土壤狀況適度灌溉，並以中耕及人工除草控制雜草。

III. 收穫取樣與調查

大豆臺南 3 號及 4 號於春作種植 60 天 (2018 年 5 月)、90 天 (2018 年 6 月)、120 天 (2018 年 7 月) 後及秋作種植 60 天 (2018 年 11 月)、90 天 (2018 年 12 月) 後採收調查，每次調查面積為 3 m²，調查項目包含株高、莖徑、乾物率、鮮重、乾重及豆莢占全株乾重比例等農藝性狀。苜蓿於春作種植 60 天 (2018 年 5 月)、90 天 (2018 年 6 月)、120 天 (遇連續降雨而死亡，故無法進行調查) 後，秋作種植 60 天 (2018 年 11 月) 以及 2018 年 12 月青刈完再生 70 天 (2019 年 3 月) 後採收，每次採收調查面積為 3 m²，調查項目包含株高、莖徑、乾物率、鮮重及乾重等農藝性狀。

- (i) 株高 (plant height)：從植株莖基部至葉頂之長度，單位：cm。
- (ii) 莖徑 (stem diameter)：以游標尺量測每株中間節位的莖部直徑，單位：mm。
- (iii) 鮮草產量 (fresh yield)：每次調查面積收穫的全部新鮮植株重量，單位：mt/ha。
- (iv) 乾物產量 (dry matter yield)：每次調查面積收穫的新鮮植株於 65°C 下烘乾 96 小時後之植株重量，單位：mt/ha。
- (v) 乾物率 (dry matter percentage)：植株乾重除以鮮重之百分比。
- (vi) 豆莢占全株乾重比例 (dry matter percentage of pods per plant)：每次調查面積收穫的大豆中隨機選取 10 株，將其豆莢與莖葉分離，烘乾後測量豆莢占全株乾重比例。

IV. 營養成分分析

採樣全株於 65°C 下烘乾 96 小時後磨粉，保存於 4°C 冷藏庫備用。粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量分析：以 Kjeldahl 方法測定植體全氮 (N) (Bremner and Mulvaney, 1982)，再將 $N \times 6.25$ 推估粗蛋白質含量。酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量則依照 Goering and Van Soest (1970) 之方法測定。水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 測定方法，修正自 Nelson-Somogyi 所提之方法 (Nelson, 1944; Somogyi, 1945; Chitoshi and Kobara, 1980)。

- V. 試驗所得資料以變方分析檢定不同品種及生長日數下的差異顯著性，若達顯著差異，再以最小顯著差異性 (least significant difference test) 比較處理間的差異，以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準；統計分析軟體為 SAS-EG7.1 版 (SAS, 2014)。

結果與討論

I. 春作及秋作之生長概況

芻料中以豆科含蛋白質最豐富，但臺灣氣候多雨不利引進之豆科草種全年性生長，故尋求發展國產豆科作物作為替代性之豆科牧草，為降低酪農芻料成本的重要課題之一。除了品種之外，氣候的差異也是影響大豆芻料產量與品質的重要因素，試驗期間 (2018 年 3 月 - 2019 年 3 月) 之每月累積降雨量及累積日照時數如圖 1，顯示降雨量主要集中在 6、7 及 8 月份，其中 8 月份的累積日照時數又偏低，可能是受到降雨的影響。大豆臺南 3 號於春作 60 天植株葉片翠綠茂盛，仍為營養生長期，至 90 天開始陸續結豆莢，進入生殖生長期，其中大多數的豆莢呈青綠色尚未成熟，其種子仍在充實飽滿期 (如圖 2B 箭號所示)，而至 120 天時豆莢已變黃達成成熟期。秋作生長期則較春作為短，60 天植株與春作相似，葉片翠綠茂盛，仍為營養生長期，然至 90 天時葉片已黃化，進入生殖生長期，豆莢已變黃達成成熟期 (如圖 2D 箭號所示)。大豆臺南 4 號之春作及秋作生長期皆與臺南 3 號類似，於春作 60 天植株葉片翠綠茂盛，仍為營養生長期，至 90 天已陸續結豆莢，進入生殖生長期，此時多數豆莢呈青綠色，其種子仍在充實飽滿期 (如圖 3B 箭號所示)，至 120 天部分豆莢已變黃達成成熟期。秋作 60 天植株葉片翠綠茂盛，仍為營養生長期，至 90 天葉片黃化，進入生殖生長期，豆莢也已變黃達成成熟期 (如圖 3D 箭號所示)。Hintz *et al.* (1992) 之研究指出大豆在 R6 (種子充實飽滿期) 至 R7 (豆莢變黃，達成成熟期) 生育階段收穫，其產量與品質最適合作為芻料利用，且 R7 亦是大豆調製成青貯品質最佳的生育階段 (Chang *et al.*, 2012)。然大豆臺南 3 號及 4 號在秋作 90 天的豆莢皆已變黃達成成熟期，故未再進行秋作 120 天的芻料利用評估。另外苜蓿在春作 60 天、90 天及秋作 60 天、再生 70 天之生長概況如圖 4，其中在春作約 110 天時，因遇到連續降雨而死亡，故無法進行春作 120 天的芻料利用評估，且苜蓿在春作 90 天的部分葉片已黃化，植株開始老化的情形出現，故苜蓿在秋作僅進行種植 60 天與青刈完再生 70 天的芻料利用評估。

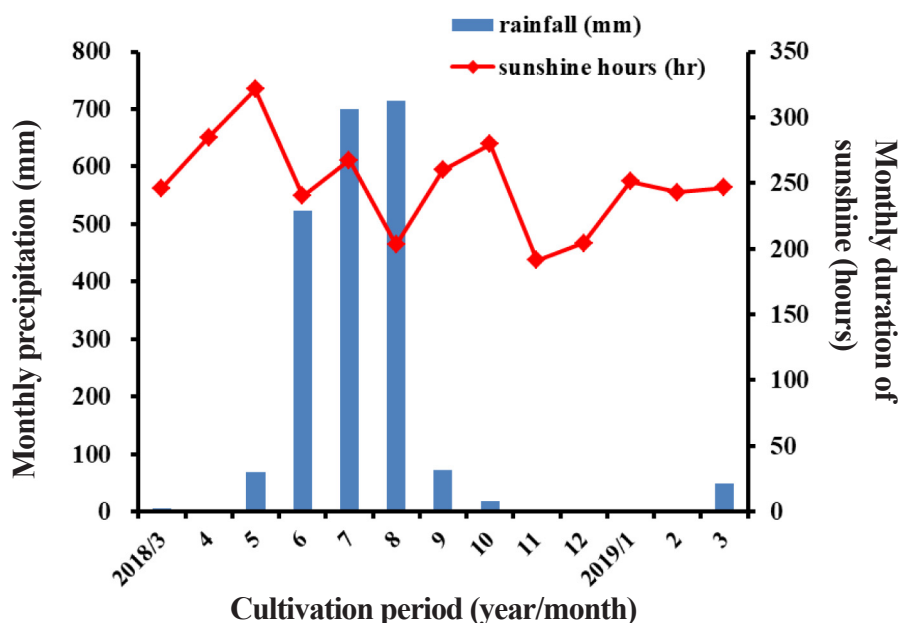


圖 1. 2018 年 3 月至 2019 年 3 月臺南地區的每月累積降雨量及累積日照時數。

Fig. 1. Monthly precipitation and duration of sunshine in Tainan from March 2018 to March 2019.

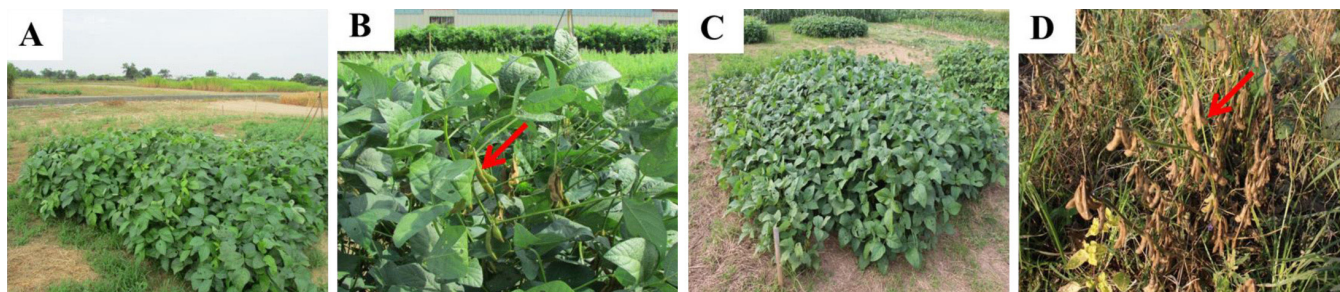


圖 2. 大豆臺南 3 號 (TN3) 春作 60 天 (A)、90 天 (B) 及秋作 60 天 (C)、90 天 (D) 之生長概況。箭號代表豆莢成熟狀態。

Fig. 2. The growth situation of soybean Tainan No. 3 (TN3) for 60 days (A), 90 days (B) in spring crop and 60 days (C), 90 days (D) in fall crop. Arrow indicated the maturity state of pods.

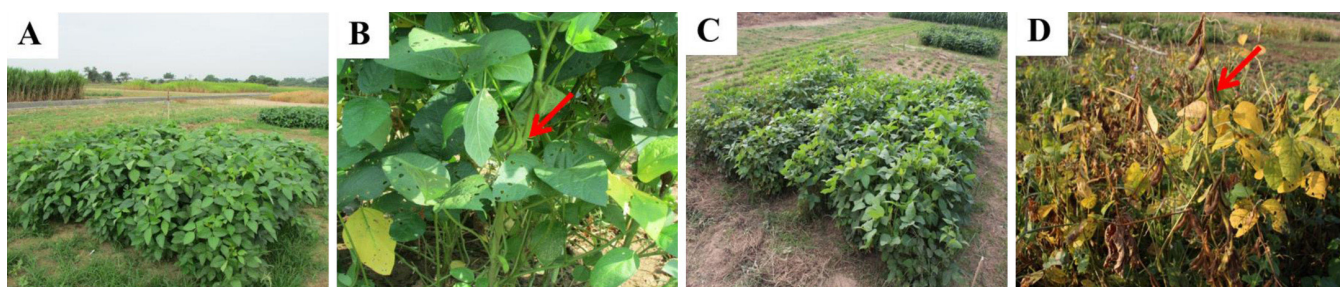


圖 3. 大豆臺南 4 號 (TN4) 春作 60 天 (A)、90 天 (B) 及秋作 60 天 (C)、90 天 (D) 之生長概況。箭號代表豆莢成熟狀態。

Fig. 3. The growth situation of soybean Tainan No. 4 (TN4) for 60 days (A), 90 days (B) in spring crop and 60 days (C), 90 days (D) in fall crop. Arrow indicated the maturity state of pods.

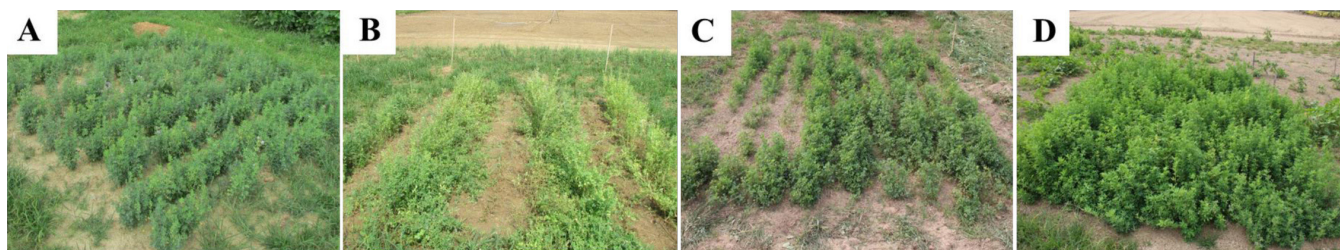


圖 4. 苜蓿春作 60 天 (A)、90 天 (B) 及秋作 60 天 (C)、再生 70 天 (D) 生長概況。

Fig. 4. The growth situation of alfalfa for 60 days (A), 90 days (B) in spring crop and 60 days (C), regrowth for 70 days (D) in fall crop.

II. 農藝性狀調查結果

苜蓿、大豆臺南 3 號及 4 號於春作、秋作種植後，其農藝性狀調查結果分別如表 1、2。在春作的平均株高及平均鮮草產量均以綠肥用大豆臺南 4 號表現較佳，而平均豆莢占全株乾重比例則以子實用大豆臺南 3 號的表現較佳，另在春作及秋作的平均莖徑均以苜蓿的表現較差。大豆臺南 3 號的株高在春作 60、90 及 120 天之間並無顯著性差異，鮮草產量、乾物率及乾物產量在春作 90 及 120 天時顯著高於春作 60 天，然株高、莖徑及乾物產量在秋作 60 與 90 天之間並無顯著性差異，鮮草產量在秋作 60 天時顯著高於秋作 90 天，另莖徑在春作、乾物率在秋作與豆莢占全株乾重比例在春作及秋作皆隨生長日數增加而有顯著性的增加。大豆臺南 4 號的株高及鮮草產量在春作 90 及 120 天時顯著高於春作 60 天，而乾物率在春作 120 天時顯著高於春作 60 天，然株高、莖徑及鮮草產量在秋作 60 與 90 天之間並無達顯著差異，另莖徑在春作、乾物率在秋作及乾物產量、豆莢占全株乾重比例在春作與秋作皆隨生長日數的增加而有顯著性的增加。苜蓿的株高、鮮草產量及乾物產量在春作與秋作、莖徑在秋作皆隨生長日數增加而有顯著性的增加，然莖徑在春作 60 及 90 天之間與乾物率在秋作 60 及青刈完再生 70 天之間皆無顯著性差異。

表 1. 參試品種於春作不同生長期的農藝性狀及產量調查結果

Table 1. The agronomic traits and forage yield of entries in spring crop

Cultivar ^{&}	Gp	Ph	Sd	Dmp	Fy	Dmy	Dmpp
	days	cm	mm	%	----- mt/ha -----	-----	%ofDm
Soybean Tainan No.3	60	78.3	4.7 ^c	24.9 ^b	12.2 ^b	3.0 ^b	0.0 ^c
	90	88.4	6.6 ^b	37.2 ^a	29.8 ^a	9.9 ^a	15.7 ^b
	120	83.2	8.8 ^a	35.8 ^a	32.7 ^a	9.6 ^a	22.3 ^a
Soybean Tainan No.4	60	96.5 ^b	5.3 ^c	22.1 ^b	14.8 ^b	2.8 ^c	0.0 ^c
	90	123.0 ^a	8.0 ^b	28.5 ^{ab}	34.2 ^a	10.9 ^b	0.7 ^b
	120	117.2 ^a	10.0 ^a	34.5 ^a	43.2 ^a	17.2 ^a	9.5 ^a
Middle-east alfalfa	60	41.5 ^b	2.0	24.0 ^b	5.0 ^b	1.3 ^b	—
	90	59.7 ^a	2.1	32.5 ^a	12.4 ^a	3.4 ^a	—

^{a, b, c} Means within the same cultivar in the same column with different superscripts (P < 0.05).

[&] Gp: Growth periods; Ph: Plant height; Sd: Stem diameter; Dmp: Dry matter percentage; Fy: Fresh yield; Dmy: Dry matter yield; Dmpp: Dry matter percentage of pods.

表 2. 參試品種於秋作不同生長期的農藝性狀及產量調查結果

Table 2. The agronomic traits and forage yield of entries in fall crop

Cultivar ^{&}	Gp	Ph	Sd	Dmp	Fy	Dmy	Dmpp
	days	cm	mm	%	----- mt/ha -----	-----	%ofDm
Soybean Tainan No.3	60	77.8	4.4	25.8 ^b	15.0 ^a	3.9	0.0 ^b
	90	70.4	5.7	59.1 ^a	6.8 ^b	4.0	75.1 ^a
Soybean Tainan No.4	60	75.7	5.0	21.3 ^b	13.8	2.9 ^b	0.0 ^b
	90	76.4	5.2	40.0 ^a	12.6	5.0 ^a	65.1 ^a
Middle-east alfalfa	60	29.2 ^b	1.4 ^b	23.4	3.6 ^b	0.8 ^b	—
	70	57.7 ^a	3.3 ^a	21.7	24.4 ^a	5.3 ^a	—

^{a, b} Means within the same cultivar in the same column with different superscripts (P < 0.05).

[&] As shown in Table 1.

III. 芻料品質分析結果

苜蓿、大豆臺南 3 號及 4 號於春作及秋作種植後，其植體營養成分分析結果分別如表 3、4。在春作的鉀平均含量及鈣平均含量均以苜蓿表現較高；然秋作的水溶性碳水化合物平均含量則以大豆臺南 4 號表現較佳。大豆臺南 3 號的春作磷含量及秋作鉀含量隨生長日數增加而有顯著性的增加，鈣含量在春作 90 天時顯著高於春作 60 及 120 天，鎂含量在春作 60 天時顯著高於春作 120 天，而水溶性碳水化合物含量在春作 90 天時顯著高於春作 60 及 120 天，且在秋作 90 天亦顯著高於秋作 60 天，另中洗纖維及酸洗纖維含量在春作 120 天時顯著高於春作 60 及 90 天。粗蛋白質及鉀含量在春作 60、90 及 120 天之間與粗蛋白質、中洗纖維及酸洗纖維含量在秋作 60 及 90 天之間皆未達顯著性差異，然磷、鈣及鎂含量在秋作 60 天時顯著高於秋作 90 天。大豆臺南 4 號的粗蛋白質含量在春作 120 天時顯著低於春作 60 及 90 天，但在秋作 60 天時顯著高於秋作 90 天；鈣含量在春作 90 天時顯著高於春作 60 及 120 天，但在秋作 60 天時顯著高於秋作 90 天；鎂含量在春作及秋作皆隨生長日數增加而顯著性降低；水溶性碳水化合物含量在春作及秋作 90 天時均顯著較高；然中洗纖維及酸洗纖維含量在春作 120 天會有顯著性的增加，另中洗纖維及酸洗纖維含量在秋作 90 天時均顯著高於秋作 60 天；然磷及鉀含量在春作 60、90 及 120 天之間與鉀含量在秋作 60 及 90 天之間皆無達顯著性差異，但其中磷含量在秋作 60 天時顯著高於秋作 90 天。苜蓿的粗蛋白質含量在春作 60 天最高，之後隨生長日數的增加而顯著性的降低，但水溶性碳水化合物、中洗纖維及酸洗纖維含量則隨春作及秋作的生長日數增加而顯著性的增加；然磷、鉀及鎂含量在春作 60 及 90 天之間則無顯著性差異，但其中磷含量在秋作 60 天時顯著高於 70 天，其餘粗蛋白質、鉀、鈣及鎂含量在秋作 60 及 70 天之間則未達顯著性差異。

表 3. 參試品種於春作不同生長期的營養成分

Table 3. The nutrient contents of entries in spring crop

Cultivar ^{&}	Growth day	CP	WSC	NDF	ADF	P	K	Ca	M
	day	----- % DM -----							
Soybean Tainan No.3	60	17.0	3.7 ^b	44.0 ^b	27.3 ^b	0.9 ^c	1.9	0.6 ^b	0.6 ^a
	90	16.3	6.5 ^a	40.5 ^b	25.9 ^b	1.0 ^b	2.0	0.9 ^a	0.5 ^{ab}
	120	15.6	4.0 ^b	50.0 ^a	35.8 ^a	1.2 ^a	1.5	0.2 ^c	0.5 ^b
Soybean Tainan No.4	60	14.9 ^a	1.9 ^c	46.5 ^b	30.5 ^b	1.0	1.8	0.8 ^b	0.6 ^a
	90	14.4 ^a	6.8 ^a	47.8 ^b	32.4 ^{ab}	1.0	1.8	1.0 ^a	0.5 ^b
	120	11.3 ^b	4.7 ^b	54.7 ^a	37.6 ^a	1.1	1.4	0.2 ^c	0.4 ^c
Middle-east alfalfa	60	18.3 ^a	2.4 ^b	37.6 ^b	23.0 ^b	1.0	1.9	1.0 ^b	0.5
	90	13.4 ^b	3.9 ^a	45.3 ^a	30.9 ^a	1.0	1.9	1.5 ^a	0.5

^{a, b, c} Means within the same cultivar in the same column with different superscripts ($P < 0.05$).

[&] CP: content crude protein; WSC: content water soluble carbohydrate; NDF: content neutral detergent fiber; ADF: content acid detergent fiber.

表 4. 參試品種於秋作不同生長期的營養成分

Table 4. The nutrient contents of entries in fall crop

Cultivar ^{&}	Growth day	CP	WSC	NDF	ADF	P	K	Ca	M
	day	----- % DM -----							
Soybean Tainan No.3	60	18.9	2.4 ^b	43.9	27.7	1.4 ^a	1.3 ^b	1.4 ^a	0.5 ^a
	90	16.0	4.5 ^a	44.0	30.4	1.1 ^b	1.6 ^a	0.2 ^b	0.4 ^b
Soybean Tainan No.4	60	18.3 ^a	3.0 ^b	45.9 ^b	30.6 ^b	1.3 ^a	1.2	1.6 ^a	0.6 ^a
	90	12.1 ^b	4.8 ^a	49.1 ^a	37.2 ^a	1.1 ^b	1.2	0.3 ^b	0.4 ^b
Middle-east alfalfa	60	17.9	2.3 ^b	42.2 ^b	29.2 ^b	1.3 ^a	1.4	0.6	0.3
	70	14.3	4.1 ^a	49.6 ^a	39.4 ^a	1.1 ^b	1.4	0.5	0.3

^{a, b} Means within the same cultivar in the same column with different superscripts ($P < 0.05$).

[&] As shown in Table 3.

IV. 芻料利用評估

朱及陳 (2016) 的研究指出，播種期為 3 月份且在最適於芻料利用的 R7 生育階段進行收穫，春作大豆臺南 4 號的株高高於大豆臺南 3 號，春作大豆臺南 3 號的豆莢占全株乾重比例高於大豆臺南 4 號，春作大豆臺南 3 及 4 號的酸洗纖維及粗蛋白質含量均無顯著差異，且由品種間的比較發現豆莢比例的多寡會影響粗蛋白質及纖維含量，隨著春作播種期愈晚，莖葉生長旺盛的品種在單位面積乾物產量及粗蛋白質產量的優勢愈顯著。另朱等 (2020) 的研究指出，在秋作 (播種期 9 月) 最適於芻料利用的 R7 生育階段進行收穫，秋作大豆臺南 3 及 4 號的株高、乾物產量、粗蛋白質含量及酸洗纖維含量均無顯著差異，然秋作大豆臺南 3 號的豆莢占全株乾重比例高於大豆臺南 4 號，而在中洗纖維含量方面則以秋作大豆臺南 4 號高於大豆臺南 3 號，且隨著秋作的播種期愈晚，因光週期縮短與氣溫下降，大豆的株高與乾物質產量會隨著下降，但其粗蛋白質含量反而提升且纖維含量會降低，顯示雖然品質隨著播種期愈晚而愈佳，但乾物質產量的減少會造成粗蛋白質產量隨之下降，降低大豆作為芻料生產的價值。而本試驗春作的株高在大豆臺南 4 號也有相同趨勢，可能由於綠肥大豆臺南 4 號屬莖葉生長旺盛的品種，對光週期敏感，在春作長日下生育旺盛，為無限型生長，因此其株高有顯著提升；但在秋作大豆臺南 4 號的株高不及在春作的生長表現，可能因為秋作日照時間較短及氣溫偏低，造成株高下降。

芻料大豆莖稈的粗蛋白質含量平均為 12 至 14%，葉為 19 至 20%，豆莢依成熟度由 12 至 27% (Miller *et al.*, 1973)，故於 R7 生育階段收穫的豆莢粗蛋白質含量高，Sheaffer *et al.* (2001) 亦指出大豆豆莢 (含種子) 的蛋白質含量，高於莖及葉之含量，故豆莢占全株乾重比例的多寡會影響大豆的芻料品質，而豆莢占全株乾重之比例愈高，大豆全株之粗蛋白質含量將愈高。大豆在溫帶作為芻料，其 R7 生育階段收穫之全株粗蛋白質含量為 15.7

至 23.0% (Hintz *et al.*, 1992; Açikgöz *et al.*, 2013), 本試驗春秋作在 R7 生育階段收穫的豆莢占全株乾重比例, 均以大豆臺南 3 號的 22.38% (春作 120 天) 及 75.14% (秋作 90 天) 高於大豆臺南 4 號的 9.51% (春作 120 天) 及 65.10% (秋作 90 天), 且大豆臺南 3 號在 R7 生育階段收穫的全株粗蛋白質含量亦隨之提高, 在春作 120 天及秋作 90 天時, 分別為 15.61% 及 16.08%, 但大豆臺南 4 號在春作 120 天及秋作 90 天時, 僅分別為 11.33% 及 12.14%, 說明不論春作及秋作, 均以大豆臺南 3 號作為芻料生產較 4 號具有理想之粗蛋白質含量。

豆莢占全株乾重比例較高的品種有助於芻料品質的提升, 但仍需要搭配較高的全株產量才利於芻料生產。Rogers *et al.* (2017) 指出, 大豆在 R6 的粗蛋白質含量以豆莢最高 (23.4 – 26.9%), 葉次之 (17.8 – 21.2%), 莖最低 (7.6 – 8.1%)。纖維含量則是葉與豆莢相近, 酸洗與中洗纖維分別為 24.1 – 28.5% 與 30.5 – 36.3%, 而莖的纖維含量較高, 酸洗與中洗纖維分別為 54.6 – 55.7% 與 64.2 – 65.3%。雖然本研究未分拆莖、葉與豆莢分析, 但在 R7 生育階段 (春作 120 天、秋作 90 天) 下, 相較於綠肥大豆臺南 4 號, 子實用大豆臺南 3 號在春作及秋作的粗蛋白質含量均較高, 而酸洗及中洗纖維含量均較低, 推測子實用大豆臺南 3 號具有較佳的芻料品質可能來自於有較高的豆莢占全株乾重比例; 然而子實用大豆臺南 3 號的粗蛋白質含量雖然較高, 但在春作其鮮草產量及乾物質產量低於綠肥用大豆臺南 4 號, 造成綠肥用大豆臺南 4 號在春作的粗蛋白質產量 (1.96 mt/ha) 優於子實用大豆臺南 3 號 (1.50 mt/ha), 相對的可供應在單位面積的芻料營養價值較佳, 但在秋作綠肥用大豆臺南 4 號的粗蛋白質產量 (0.61 mt/ha) 則與子實用大豆臺南 3 號 (0.65 mt/ha) 差異不大, 估算單位面積粗蛋白質年總產量, 大豆臺南 4 號可達 2.57 mt/ha, 大豆臺南 3 號可達 2.15 mt/ha, 然盤固草約 1.50 mt/ha, 狼尾草則可達 3 – 4 mt/ha, 說明大豆臺南 3 號及 4 號均具有作為豆科芻料利用之潛力, 有望緩解倚賴進口豆科芻料的問題。許等 (2009) 研究指出綠肥大豆臺南 4 號於盛花期 (50% 開花) 收割時, 其化學成分不受生長季節及地區之影響而有很大的變化, 而株高及乾物質產量在臺南、屏東及臺東均以春作較秋作為高, 另吳及連 (2004) 報告中說明綠肥大豆臺南 4 號之鮮草產量為 20 – 37 mt/ha, 若換算為乾物質產量則為 5.4 – 9.9 mt/ha, 本試驗大豆臺南 3 號及 4 號在臺南春秋作不同生長日數下收割, 其中綠肥用大豆臺南 4 號在春作的平均表現 (株高 112.26 cm、鮮草產量 34.23 mt/ha 及乾物質產量 10.38 mt/ha) 均較秋作 (株高 76.11 cm、鮮草產量 13.26 mt/ha 及乾物質產量 3.98 mt/ha) 為佳, 而子實用大豆臺南 3 號在株高、鮮草產量及乾物質產量的平均表現, 亦有相同的趨勢, 可能由於大豆對光週期敏感, 在春作長日照下莖葉生育旺盛, 但在秋作日照時間短及氣溫偏低下, 易抑制大豆的營養生長; 然大豆臺南 3 號及 4 號之平均植體化學成分含量, 如粗蛋白質、水溶性碳水化合物、酸洗纖維及中洗纖維在春秋作之間則沒有很大的變化。

蕭等 (2003) 的研究指出, 中東苜蓿具有高產、高品質及再生能力強之潛力, 但若在高溫多雨下, 其生長亦易受阻甚至造成死亡, 在中南部於秋冬雨水較少的季節可開發為臺灣豆科牧草的來源。本試驗由於中東苜蓿在春作 90 天的割期過長, 且植株已有老化的情形, 導致春作中東苜蓿的平均株高及平均乾物質產量之表現均偏低, 而中東苜蓿在秋作 12 月青刈完再生 70 天後收割, 此時苜蓿再生速度快, 有利於提高產量, 故其鮮草產量及乾物質產量均顯著提升, 雖然其秋作平均株高亦低於大豆臺南 3 號及 4 號, 但其平均乾物質產量與大豆臺南 3 號及 4 號相近; 然春作及秋作的粗蛋白質、水溶性碳水化合物、酸洗纖維及中洗纖維平均含量在大豆臺南 3 號、4 號及中東苜蓿之間均沒有太大的變化。大豆作為芻料使用並非僅著重子實產量, 雖然較高的豆莢占全株乾重比例有助於芻料品質的提升, 但仍需要搭配較高的全株產量, 以提供較高的單位面積粗蛋白質產量及適當的纖維含量, 才能發揮豆科作為芻料利用之目的。大豆臺南 3 號的豆莢占全株乾重比例以春作 120 天 (相當於 R7 生育階段) 最高, 但其在 90 天 (相當於 R6 生育階段) 及 120 天的乾物產量與粗蛋白質含量相近, 且水溶性碳水化合物、中洗纖維及酸洗纖維含量在春作 90 天最佳, 另秋作 60 天及 90 天的乾物產量、粗蛋白質、水溶性碳水化合物、中洗纖維及酸洗纖維含量相近, 但其 60 天仍在營養生長期尚未結莢, 非適合作為芻料利用的收穫階段, 然 90 天 (相當於 R7 生育階段) 的豆莢占全株乾重比例較高, 推論大豆臺南 3 號在春作及秋作皆以 90 天收穫為宜; 大豆臺南 4 號的乾物產量及豆莢占全株乾重比例, 皆以相當於 R7 生育階段的春作 120 天及秋作 90 天表現較佳, 可提供較高的單位面積蛋白質產量, 推論大豆臺南 4 號分別在春作 120 天及秋作 90 天收穫為宜。另以全開花苜蓿的相對飼養價值 (relative feed value, RFV) 為 100, 估算大豆臺南 3 號及 4 號在春、秋作不同生長日數下的相對飼養價值, 結果顯示大豆臺南 3 號及 4 號在春秋作各生長日數下皆有達 100 以上, 其中大豆臺南 3 號在春作 90 天的相對飼養價值較高 (157.8), 而在春作 120 天的相對飼養價值較低 (113.3), 然大豆臺南 4 號則在春作 60 天較高 (130.3), 120 天較低 (101.3); 大豆臺南 3 號及 4 號在秋作皆以 60 天的相對飼養價值較高, 分別為 142.5 及 131.5; 另在相同期作別及相同生長日數下比較, 均以大豆臺南 3 號的相對飼養價值高於 4 號。國內目前尚缺乏芻料大豆品種, 相關研究僅指出具有高產特性的綠肥大豆可供作芻料使用 (Chang *et al.*, 2012), 而豆科作物之粗蛋白質含量較高, 酸鹼緩衝能力高, 且水溶性碳水化合物相對較低, 因此青貯調製時, 若密封不

良，易產生氨，致 pH 值不易下降，易使青貯料品質變劣，建議適當混合添加玉米粉或禾本科牧草，能夠改善大豆不易製成良好青貯料的問題 (Chang *et al.*, 2012；張等，2011；王及陳，2015)。本研究僅以新鮮收割的豆科作物進行農藝性狀、產量及植體營養成分之初步評估，顯示國產子實用大豆臺南 3 號及綠肥用大豆臺南 4 號可提供作為豆科芻料使用，然芻料利用模式多元，其適合的利用模式則有待更進一步的研究探討。

結 論

目前在臺灣地區主要種植的綠肥作物如綠肥大豆和田菁，除生長良好外，亦可經由調製生產品質優良的芻料。而大豆臺南 3 號及 4 號對臺灣氣候的適應性良好，機械栽培制度也已建立完全，由試驗結果得知春作及秋作的大豆臺南 3 號及 4 號在營養成分如粗蛋白質、水溶性碳水化合物、酸洗纖維及中洗纖維之平均含量與優質豆科芻料中東苜蓿差異不大，且在 R7 生育階段 (春作 120 天、秋作 90 天) 收穫時，皆以大豆臺南 3 號較 4 號具有理想的粗蛋白質含量。本試驗芻料利用可行性初步評估結果顯示，在相同期作別及相同生長日數下，均以大豆臺南 3 號的相對飼養價值高於 4 號，又大豆臺南 3 號在春作及秋作皆以 90 天收穫為宜，而大豆臺南 4 號分別在春作 120 天及秋作 90 天收穫為宜。國內目前雖缺乏芻料用大豆品種，但藉由評估國產優良豆科作物作芻料利用，搭配合適的品種及播種期，可補充國內豆科芻料來源之不足，並作為國產芻料用大豆品種選育之參考。

參考文獻

- 王啟柱。1956。苜蓿之生態及其在臺灣之栽培。科學農業 4(4)：141-154。
- 王紓愨、陳嘉昇。2015。不同禾豆科組合之青貯料品質及營養成分。畜產研究 48(2)：100-106。
- 朱明宏、陳嘉昇。2016。播種期及品種對春作大豆作為芻料利用之影響。畜產研究 49(4)：304-311。
- 朱明宏、陳嘉昇、林汶鑫。2020。不同品種與播種期對於秋作大豆作為芻料之影響。臺灣農學會報 21(1)：55-67。
- 成游貴、吳建福、羅國棟、唐清岑、張溪泉、陳文、黃耀興。1992。狼尾草育種改良。畜產研究 25(2)：151-170。
- 成游貴、陳嘉昇、吳建福。1995。矮性狼尾草產量與品質之改良。畜產研究 28(4)：285-294。
- 成游貴、黃耀興、陳嘉昇、李美珠。1997。地區性狼尾草品系選拔及飼養模式之研究。畜產研究 30(2)：171-181。
- 林正斌、楊翎、劉景平。2007。淹水對苜蓿產量、品質及根部組織之影響。畜產研究 40(3)：193-202。
- 吳昭慧、連大進。2004。豆科綠肥在休耕田的栽培利用。臺南區農業專訊第 50 期：p8-12。
- 連大進、游添榮、吳昭慧、吳振碩、王裕權。1998。黑豆新品種臺南 3 號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 35：14-24。
- 連大進、吳昭慧、黃山內、游添榮、王裕權。2000。綠肥大豆新品種臺南 4 號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 37：1-16。
- 許福星、張世融、陳玉燕、張溪泉、陳文、顏素芬。2009。綠肥作物供作芻料利用之評估 I. 綠肥作物之產量及化學成分分析。畜產研究 42(1)：55-62。
- 陳嘉昇、王紓愨、張敏郎、朱明宏。2013。青割玉米「墾丁 1 號」之育成。中畜會誌 (增刊) 42：272。
- 陳勃聿、許進德、蕭素碧。2017a。尼羅草臺畜草二號之育成。畜產研究 50(3)：207-212。
- 陳勃聿、許進德、蕭素碧。2017b。甜高粱臺畜一號之育成。畜產研究 50(1)：37-44。
- 陳勃聿、許進德、蕭素碧。2019。尼羅草臺畜草 3 號之育成。畜產研究 52(4)：227-233。
- 張世融、盧啟信、陳玉燕、張溪泉、陳文、顏素芬、許福星。2011。綠肥作物供作芻料利用之評估 II. 綠肥作物之青貯品質研究。畜產研究 44(2)：105-114。
- 張敏郎、廖麗貞。2019。芻料高粱墾丁一號之育成。畜產研究 52(3)：153-164。
- 蕭素碧、羅國棟、許福星、洪國源、盧啟信、陳坤照、金文蔚、陳文、陳玉燕、張溪泉、黃耀興。1997。蘇丹草臺畜草一號之育成。畜產研究 30(4)：337-350。
- 蕭素碧、許福星、成遊貴、陳振耕、何千里。2000。國產芻料作物品種簡介。行政院農業委員會畜產試驗所專輯第 69 號：1-3。
- 蕭素碧、林正斌、金文蔚、陳文、陳玉燕、張溪泉、顏素芬。2002。尼羅草臺畜草一號之育成。畜產研究 35(2)：91-100。
- 蕭素碧、林正斌、許進德。2003。臺灣引進豆科牧草產量與品質之評估。畜產研究 36(1)：45-52。

- Açikgöz, E., M. Sincik, G. Wietgreffe, M. Sürmen, S. Çeçen, T. Yavuz, C. Erdurmuş, and A. T. Göksoy. 2013. Dry matter accumulation and forage quality characteristics of different soybean genotypes. *Turk. J. Agric. For.* 37: 22-32.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. In: *Method of Soil Analysis. Part 2.* 2nd ed. AL Page (ed.) Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA. pp. 610-613.
- Chang, S. R., C. H. Lu, H. S. Lur, and F. H. Hsu. 2012. Forage yield, chemical contents and silage quality of manure soybean. *Agron. J.* 104: 130-136.
- Chitoshi, H. and K. Yoshiaki. 1980. Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson method. *Agric. Biol. Chem.* 44 (12): 2943-2949.
- Darmosarkoro, W., M. M. Harbur, D. R. Buxton, K. J. Moore, T. E. Devine, and I. C. Anderson. 2001. Growth development and yield of soybean lines developed for forage. *Agron. J.* 93: 1028-1034.
- Foster, J. L., A. T. Adesogan, J. N. Carter, L. E. Sollenberger, A. R. Blount, R. O. Myer, S. C. Phatak, and M. K. Maddox. 2009. Annual legumes for forage systems in the United States Gulf Coast region. *Agron. J.* 101: 415-421.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Application). In: *Agric. Handbook No. 379.* ARS-USDA. Washington, DC, USA. pp. 8-9.
- Hackleman, J. C. 1924. The future of the soybean as a forage crop. *Agron. J.* 16: 228-236.
- Heitholt, J. J., D. Kee, J. B. Farr, J. C. Read, S. Metz, and C. T. MacKown. 2004. Forage from soybean provides an alternative to its poor grain yield in the southern Great Plains. *Crop Manage.*
- Hintz, R. W., K. A. Albrecht, and E. S. Oplinger. 1992. Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. *Agron. J.* 84: 795-798.
- Miller, M. D., R. T. Edwards, and W. A. Williams. 1973. Soybean for forage and green manure. p. 60-63. In B. H. Beard and P. F. Knowels (ed.) *Soybean research in California.* California Agric. Exp. Stn. Bull. 862.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153: 375-380.
- Rao, S. C., H. S. Mayeux, and B. K. Northup. 2005. Performance of forage soybean in the southern great plains. *Crop Sci.* 45 (5): 1973-1977.
- Rogers, J., L. Florez-Palacios, P. Chen, M. Orazaly, L. M. Jaureguy, A. Zheng, and C. Wu. 2017. Evaluation of diverse soybean germplasm for forage yield and quality attributes. *Crop Sci.* 57(2): 1020-1026.
- SAS Institute. 2014. *SAS User's Guide: Statistics, Version 13.2 Edition.* SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Seiter, S., C. E. Altemose and M. H. Davis. 2004. Forage soybean yield and quality responses to plant density and row distance. *Agron. J.* 96: 966-970.
- Sheaffer, C. C., J. H. Orf, T. F. Devine, and J. G. Jewett. 2001. Yield and quality of forage soybean. *Agron. J.* 93: 99-106.
- Somogyi, M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. *J. Biol. Chem.* 160: 61-68.

Evaluation of soybean Tainan No. 3 and No. 4 for forage use ⁽¹⁾

Ping Chung ⁽²⁾⁽³⁾ and Tzu-Rung Li ⁽²⁾

Received: Mar. 17, 2022; Accepted: Mar. 9, 2023

Abstract

Many cultivars of excellent gramineous forages have been selected and bred in Taiwan, but it is not easy to produce legume forages with high quality such as alfalfa due to geographical and climatic factors in Taiwan. Therefore, domestic leguminous forages were mostly dependent on imports, which caused the cost of forages to increase. In order to reduce the cost of production for dairy farmers, it was important to develop domestic legume crops as alternative legume forages. Domestic breeding soybean Tainan No. 3 (TN3) and green manure soybean Tainan No. 4 (TN4) were evaluated for the forage use in spring and fall crops. Alfalfa line Middle-east was used as a control variety. The agronomic traits, forage yield and quality of the legume forages with different growth days 60, 90 and 120 days in spring crop, and 60 and 90 days in fall crop were determined. The results showed that the dry matter yield and crude protein content at 90 and 120 days were similar to TN3 in the spring crop. The contents of water-soluble carbohydrates, neutral detergent fiber and acid detergent fiber were the best at 90 days in the spring crop. The soybean was still in the vegetative growth stage without pod formation at 60 days in the fall crop, which was not a harvest stage suitable for use as feed. The pod dry matter percentage of pods per soybean was high at 90 days in the fall crop. It was suggested that TN3 could be harvested at 90 days in both spring and fall crops. However, TN4 might be harvested at 120 days in the spring crop and 90 days in the fall crop to produce a higher protein yield. It was recommended that TN3 and TN4 might be used as domestic legume feed, which could help reduce the dependence on imported legume feed and stabilize the supplementation of domestic feed in Taiwan.

Key words: Forage use, Leguminous forage, Soybean.

(1) Contribution No. 2740 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Forage Crops Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: pchung@mail.tlri.gov.tw.