

不同禾豆科組合之青貯料品質及營養成分⁽¹⁾

王紓愍⁽²⁾⁽³⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：103 年 9 月 12 日；接受日期：104 年 3 月 3 日

摘 要

本研究的目的是了解禾豆組合及混合比例對禾豆青貯料之發酵品質與營養組成的影響。試驗中採用狼尾草臺畜草 2 號 (*Pennisetum purpureum* NPcv.TS2)、玉米臺農 1 號 (*Zea mays* cv. Tainung no.1) 及玉米臺南 20 號 (*Zea mays* cv. Tainan no.20) 三種禾本科材料，豆科材料則為青皮豆 (*Glycine max* cv. Green soybean)、琉球夏大豆 (*Glycine max* cv. Miyokozima) 及恆春烏豆 (*Glycine max* cv. Hengchun soybean)，材料同時收穫細切後，分別進行各種禾豆組合青貯，禾 / 豆混合比例為 0/1、1/1、2/1、3/1、4/1 及 1/0。青貯發酵品質以完全禾本科材料者最佳，其中全株玉米發酵品質優於狼尾草，二種玉米品種間的表現相近；完全豆科青貯存在品種間差異，但品質均極差；禾豆混合青貯品質則介於二者之間，品質隨禾本科含量增加而增進。營養組成表現則與青貯品質相反，全株大豆青貯料的粗蛋白質含量最高，纖維含量最低，品質最佳；完全禾本科青貯的營養價值最差，禾豆混合青貯同樣介於二類之間。本試驗結果顯示，禾豆混合青貯有助於改善豆科發酵品質，且混合青貯可以提升禾本科青貯之營養價值。禾本科物種及材料特性顯著影響混合青貯結果。其中以混合比例由 3/1 至 4/1 間的青割玉米 / 大豆混合材料獲得可接受的青貯品質及營養價值較佳。

關鍵詞：禾豆混合青貯、芻料玉米、狼尾草、芻料大豆。

緒 言

芻料是草食動物產業的基礎，然而長期以來國產芻料的自給率偏低，其營養價值不足與品質不穩定是主要因素。目前主要的國產芻料包括熱帶多年生牧草及青割玉米，多年生牧草包括匍匐型及直立型二大類別，其中直立型的狼尾草 (*Pennisetum purpureum*) 由於種植與管理容易，為飼養戶經常種植的自有牧草，其產量高但含水率及纖維含量亦高，利用方式為青飼或青貯，主要用於場內飼糧的調節；盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 為匍匐型草類之代表，調製方式以乾草為主，但因氣候因素品質不穩定，且蛋白質含量偏低。青割玉米 (*Zea mays*) 是目前種植面積最廣的國產芻料，雖然可以提供充分的能量，但仍然缺乏足夠的蛋白質與乾物；豆科芻料則向來為國內所缺乏。因此，為提高國產芻料的自給率，豆科芻料的發展具有重要意義。

豆科芻料可大分為單年生及多年生兩類，依目前臺灣土地利用形式，單年生的豆科綠肥與大豆 (*Glycine max*) 是有潛力的對象。早在 1940 年代之前，美國生產的大豆 75% 以上是做為芻料之用，之後因為油脂加工技術提升及油脂產業的需求大增，大豆的芻用角色才逐漸褪色。芻料大豆，顧名思義就是把大豆當做全株利用的芻料，由過去的研究，芻料大豆可以青飼、調製乾草及青貯，蛋白質含量與苜蓿不相上下，是極佳的芻料來源 (Mustafa *et al.*, 2007; Olmstead and Brummer, 2007; Sheaffer *et al.*, 2001; Touno *et al.*, 2014)。芻料大豆尚可應用於禾豆輪作、間作，或者在環境不佳時將子實大豆改為芻用，不僅是草食動物物的優良飼糧，並且可以提高土地及肥料利用效力，增加面對不預期環境因子時的經營彈性 (Acikgoz *et al.*, 2007; Heitholt *et al.*, 2004; Nielsen, 2011; Olmstead and Brummer 2007)。以國內的狀況來看，雖然大豆曾經因為農業經營條件改變而大幅降低種植面積，但近年仍維持有相當的研究能力 (余及陳，2012；黃，2012；臺南區農業改良場，2012)，且成為復耕獎勵對象，因此生產栽培上的問題較小，但芻料調製利用的技術尚待建立。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2218 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。

豆科芻料可以調製為乾草及青貯料，但考量臺灣的氣候條件，禾本科乾草品質尚且不穩定，對不易乾燥及高蛋白含量的豆科將更難掌握，因此本試驗由青貯調製入手，採用三種禾本科材料與三種豆科材料進行不同的禾豆組合與混合比例青貯，探討對飼糧營養價值及青貯品質的影響，以做為未來豆科芻料調製的參考。

材料與方法

I. 材料：

芻料大豆及玉米種植於恆春地區有機田區，包括三種大豆：青皮豆 (*Glycine max* cv. Green soybean)、琉球夏大豆 (*Glycine max* cv. Miyokozima) 及恆春烏豆 (*Glycine max* cv. Hengchun soybean)，二種玉米：臺農 1 號 (*Zea mays* cv. Tainung no.1) 及臺南 20 號 (*Zea mays* cv. Tainan no.20)，於 9 月 17 日播種，均採用有機耕作方式，種植前整地時施用恆春分所自行生產的牛糞堆肥 20 公噸 / 公頃，種植期間除中耕除草及必要之灌水外，無其他操作，所有材料於 12 月 26 日收穫，全株刈割。狼尾草臺畜草 2 號 (*Pennisetum purpureum* NPcv.TS2) 來自畜產試驗所恆春分所，常年種植於分所試驗田區，同樣於 12 月 26 日收穫。

II. 青貯及青貯處理：

材料收穫後將各別材料分別以機械細切至 2 – 5 公分，將三種豆科及三種禾本科芻料以重量比例混合為禾 / 豆：1/0、1/1、2/1、3/1、4/1 及 0/1 等組合，材料混合均勻後，分別以小型油壓機將 5 公斤之材料擠入直徑 20 公分、高 25 公分之塑膠管中 (平均裝填密度為 175 kg/m³)，兩端以管蓋封閉，貯存於室溫下。青貯 50 天後開封，進行青貯品質分析。每處理二重複。

III. 青貯前取樣及營養組成分析：

各別材料收穫細切後均勻取樣，樣品經 70℃ 烘乾，測定乾物率，磨粉後，測定粗蛋白質 (crude protein)、中洗纖維 (neutral detergent fiber) 及酸洗纖維 (acid detergent fiber) 含量。青貯後之各別青貯料經同樣的取樣及測定程序，測定不同青貯料之營養組成。

IV. 青貯品質測定：

乾物率為 70℃ 下烘乾 48 小時之乾鮮重比。酸鹼值為 20 克新鮮青貯料加水 180 ml，打碎過濾後以酸鹼度計測定之值。乳酸、丁酸及乙酸之測定以氣體層析儀依 Jones and Kay (1976) 的方法進行。青貯評分 (Fleig's score) 為依青貯料中乳酸、乙酸與丁酸占總酸之當量百分比各自計分後總加，以評估算青貯料之發酵品質，評分 40 以下青貯失敗、40 – 60 分為可接受、60 – 80 分為好的青貯、80 分以上為發酵優良的青貯。

結果與討論

本試驗之田間種植管理依有機芻料生產規範進行，選用的試驗材料除芻料利用的角度外，還考慮對地區生長適應性、可耐低投入及粗放式栽培管理模式等。狼尾草為栽植普遍且極耐粗放管理的多年生牧草，青割玉米及芻料大豆的選擇則採用已推廣多年的飼料用品種、綠肥品種或地方品種，均著眼於前述原因。青貯前各種禾、豆材料的乾物率與化學組成見表 1。為降低乾物率，本試驗之狼尾草材料延遲收穫，蛋白質含量明顯偏低。三種全株大豆的粗蛋白質含量介於 16.3% – 20.4% 間，顯著高於禾本科材料。本試驗之三個大豆品種雖然不是芻用品種，但依文獻結果，其營養組成相近 (Lima *et al.*, 2011; Sheaffer *et al.*, 2001)。

青貯發酵反應隨青貯材料的組成而異，整體而言，全株玉米的發酵品質最佳，開封時 pH 值降至 4 以下，發酵以乳酸為主，而全株大豆的發酵品質不佳，pH 值偏高 (介於 5.2 – 5.7 間)，發酵產酸以乙酸為主，且丁酸含量極高 (介於 14.3 – 23.8 g/kg dry matter 間)，其他狼尾草及禾豆混合青貯的發酵品質介於前述二類間，混合青貯料的品質隨禾本科比例增加而提高。圖 1、圖 2 為各種組合參試材料的青貯品質變動，右側為不同豆科在不同混合比例下的表現，左側則為三種禾本科的比較。以豆科而言，雖然完全的大豆青貯品質均不佳，但恆春烏豆的 pH 值及丁酸含量略低於青皮豆及琉球夏大豆，然而對禾豆混合青貯料而言，三個大豆品種間反應相當一致，發酵反應及青貯品質隨禾本科材料添加比例增加而改善。

相對於豆科材料間的比較，禾本科材料因為包含有狼尾草及玉米二類，差異顯著較大，但基本的變動趨勢相似。狼尾草的青貯表現顯著較玉米差，添加狼尾草的丁酸含量顯著較高，整體青貯表現也顯著較添加玉米者為差。二個玉米品種間的差異較小，臺南 20 號的表現優於臺農 1 號，表示禾本科材料條件之差異會顯著的影響混合青貯結果。

變方分析結果同樣顯示禾本科材料種類 (G) 及組合比例 (R) 在所有的青貯指標上都有極顯著效應，豆科材料 (L) 則除乙酸不顯著外，其他項目均顯著；交感方面，禾本科種類與比例的交感 (G × R) 較豆科與比例的交感 (L × R) 大 (表 2)。

表 1. 不同材料青貯前之乾物率與營養組成

Table 1. Dry matter contents and chemical compositions of different materials used in this study before ensiling

Materials	Dry matter	Water-soluble carbohydrates	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber
	%	-----% (dry base)-----			
Gramineae					
Corn, Tainung no.1	24.8 ± 0.6	7.7 ± 0.3	6.9 ± 0.4	60.9 ± 1.5	29.6 ± 0.1
Corn, Tainan no.20	23.3 ± 1.2	8.5 ± 0.5	7.1 ± 0.3	60.9 ± 3.5	30.4 ± 1.3
Napiergrass, cv. TLG2	29.5 ± 1.9	5.1 ± 0.2	2.1 ± 0.2	73.1 ± 0.5	46.3 ± 0.6
Soybean					
Green soybean	26.3 ± 1.3	4.3 ± 0.2	18.6 ± 0.6	40.6 ± 0.2	29.6 ± 0.2
Miyokozima	27.6 ± 0.8	3.9 ± 0.1	20.4 ± 1.1	39.3 ± 0.9	28.3 ± 0.2
Hengchun soybean	27.3 ± 0.5	4.5 ± 0.2	16.3 ± 0.1	42.2 ± 2.6	30.8 ± 1.5

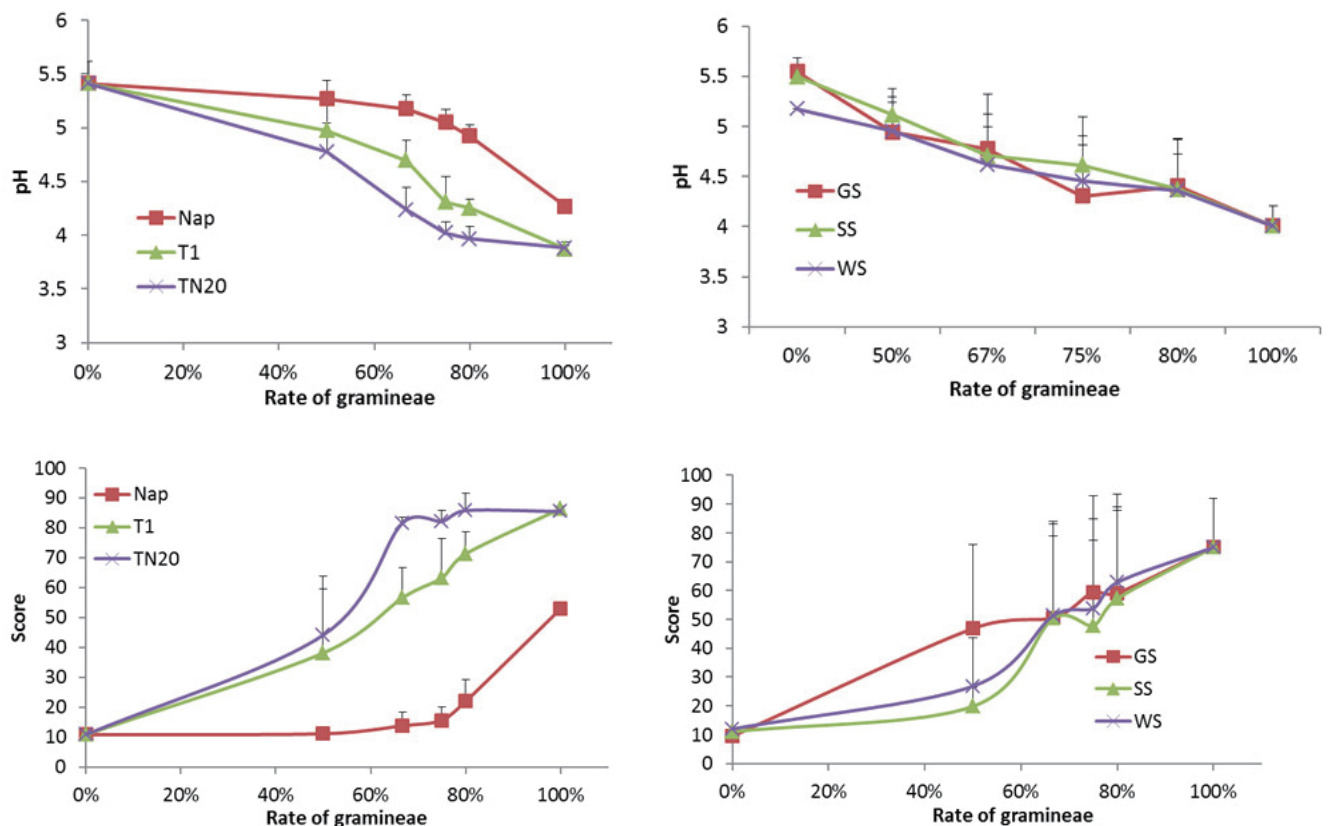


圖 1. 禾本科、豆科芻料在不同禾豆混合比例下青貯的 pH 值及青貯評分變化。
Rate of gramineae = 0% 表示為只有豆科材料，100% 表示只有禾本科材料。Nap：狼尾草、T1：臺農 1 號玉米、TN20：臺南 20 號玉米；GS：青皮豆、SS：琉球夏大豆、WS：恆春烏豆。

Fig. 1. The pH value and Fleig's score of mean of gramineae and legume in mixture silage of different ratio.
Nap: napiergrass NPcv.TS2; T1: corn, Tainung no.1; TN20: corn, Tainan no.20; GS: green soybean; SS: soybean, Miyokozima; WS: Hengchun soybean.

表 2. 禾本科材料、豆科材料及組合比例對禾豆青貯的變方分析

Table 2. ANOVA of gramineae, legume and combining ratio on pH and fermentation of gramineae/legume mixed silage

Source	DF	Mean square					
		pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid	Score
Gramineae (G)	2	157.64**	125.0**	0.95**	38.1**	11,767**	21,771**
Legume (L)	2	27.61**	8.0	0.36**	21.7**	418**	1,681**
Ratio (R)	3	49.96**	28.4**	3.29**	36.9**	1,017**	2,749**
G × R	8	3.87**	18.4**	0.34*	5.7**	305**	409**
L × R	6	1.85	8.1	0.41*	3.4*	99	269**
Error	55	0.03	3.6	0.10	7.7	56	73

*: Significant at 5% level.

**: Significant at 1% level.

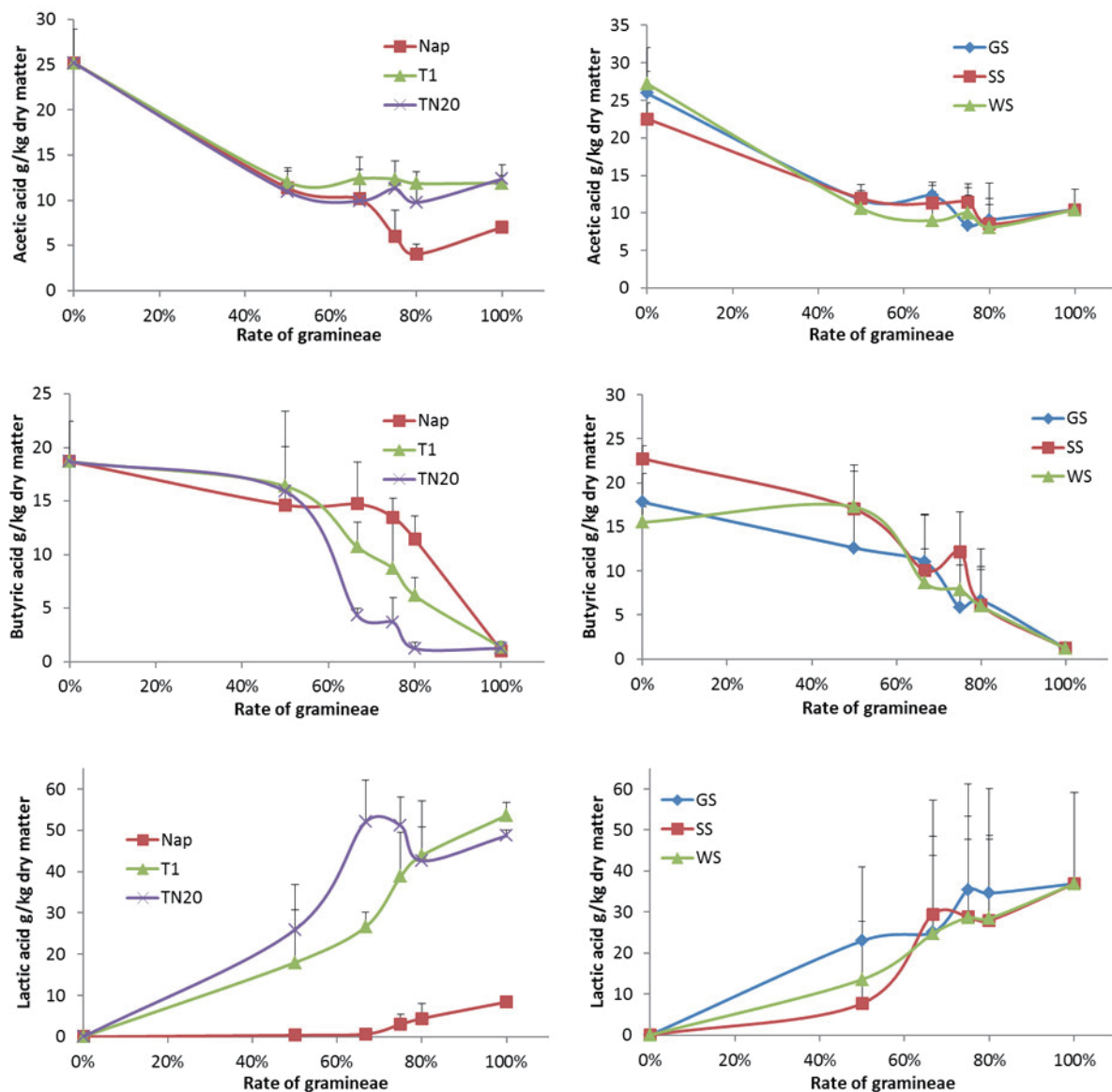


圖 2. 禾本科、豆科芻料在不同禾豆混合比例下青貯的揮發性脂肪酸變化。

Rate of gramineae = 0% 表示為只有豆科材料，100% 表示只有禾本科材料。Nap：狼尾草、T1：臺農 1 號玉米、TN20：臺南 20 號玉米；GS：青皮豆、SS：琉球夏大豆、WS：恆春烏豆。

Fig. 2. The volatile fatty acids contents of mean of gramineae and legume in mixture silage of different ratio.

Nap: napiergrass NPcv.TS2; T1: corn, Tainung no.1; TN20: corn, Tainan no.20; GS: green soybean; SS: soybean, Miyokozima; WS: Hengchun soybean.

由營養組成變化的角度來看，禾豆混合青貯可以有效提高禾本科芻料的粗蛋白質含量，即使只混合 20% (禾/豆 = 4/1) 的豆科材料，粗蛋白質含量就可以由完全禾本科青貯的平均值 5.3% 提高至 7.6% – 9.9% 間 (圖 3)。混合青貯料營養組成的變動同樣受到禾本科材料、豆科材料、混合比例等效應的影響。降低狼尾草的比例可以明顯降低中洗及酸洗纖維含量，而降低玉米的比例反而造成酸洗纖維含量上升 (圖 3)。

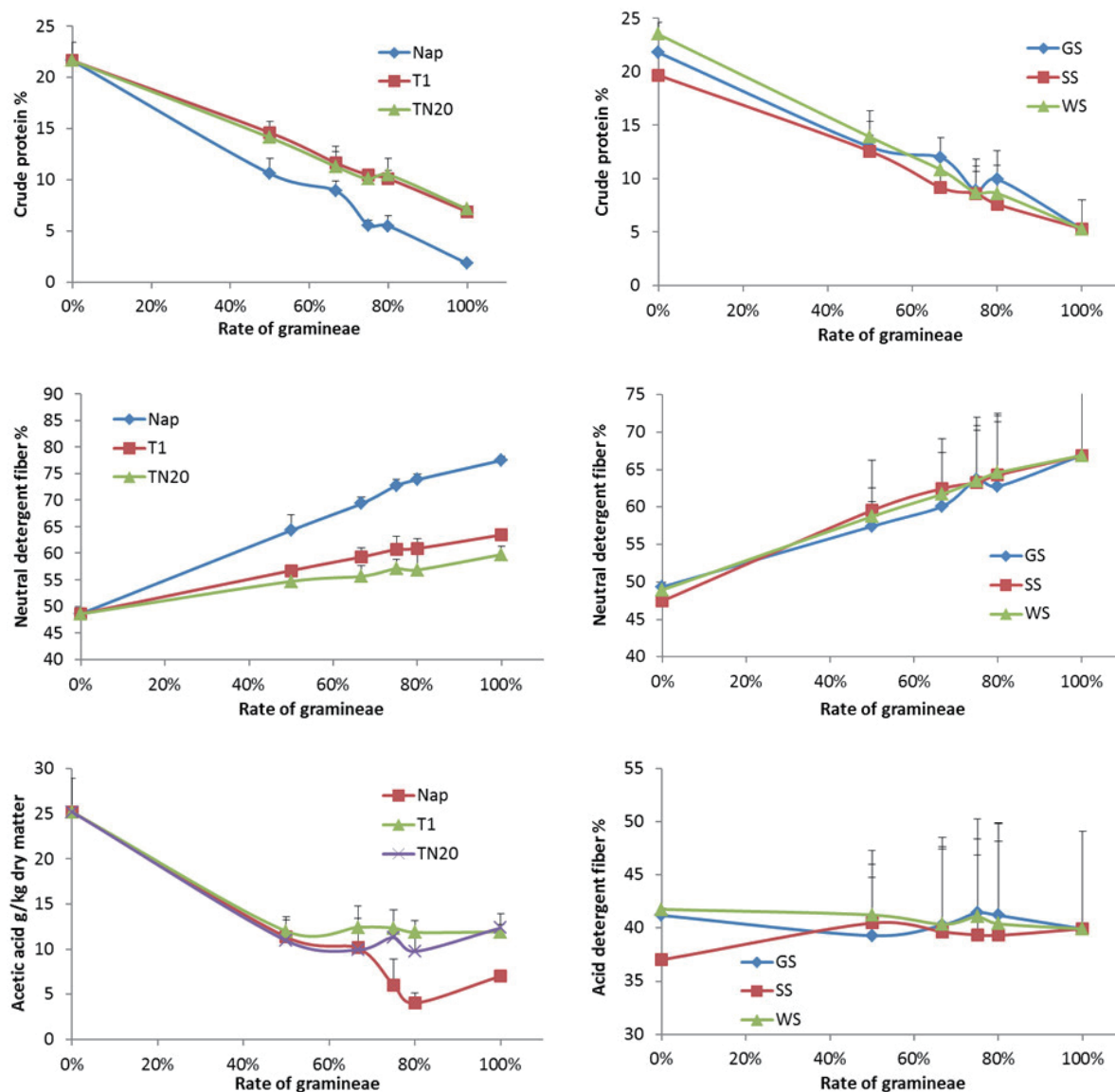


圖 3. 禾本科、豆科芻料在不同禾豆混合比例下青貯的粗蛋白質、中洗纖維及酸洗纖維變化。

Rate of gramineae = 0% 表示為只有豆科材料，100% 表示只有禾本科材料。Nap：狼尾草、T1：臺農 1 號玉米、TN20：臺南 20 號玉米；GS：青皮豆、SS：琉球夏大豆、WS：恆春烏豆。

Fig. 3. The crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents of mean of gramineae and legume in mixture silage of different ratio.

Nap: napiergrass NPcv.TS2; T1: corn, Tainung no.1; TN20: corn, Tainan no.20; GS: green soybean; SS: soybean, Miyokozima; WS: Hengchun soybean.

有關大豆芻用價值的研究極多 (Touno *et al.*, 2014; Vargas-Bello-Pérez *et al.*, 2008)，通常芻料大豆品種較油料用品種具有高產、高株或晚熟等特性 (Sheaffer *et al.*, 2001; Mustafa *et al.*, 2007)，其營養組成依品種、栽培與收穫條件、地區環境及調製狀況而異 (Seiter *et al.*, 2004; Sheaffer *et al.*, 2001)，但即使不是芻料用品種，單年生豆科作物在適當的調製下依然可以作為良好的動物蛋白質飼糧來源 (Mustafa and Seguin, 2003)。

由於全株大豆的水溶性碳水化合物含量不高，但植體緩衝力極高，因此單獨青貯時發酵品質較難控制 (Martinez-Fernandez *et al.*, 2013)。Chang *et al.* (2012) 的研究表示，綠肥大豆臺南 4 號及臺南 7 號作為芻料利用時，單獨的全株大豆青貯品質極差，添加狼尾草或玉米粉則可以大幅增進青貯品質，其採用的綠肥大豆品種與本試驗不

同，但青貯的反應與本試驗近似。Lima *et al.* (2011) 則以萎凋、混合不同比例之芻料高粱、添加糖蜜及青貯菌劑等方式，改善全株大豆的青貯發酵，其試驗顯示禾豆混合比例顯著影響青貯品質。混合青貯對高蛋白質含量材料青貯的改善原因不僅在於降低植體緩衝、提高水溶性碳水化合物含量，微生物菌相的改變也可能是因素之一 (Wang and Nishino, 2008)。

本試驗結果顯示，禾豆混合青貯有助於改善豆科青貯品質，且混合青貯可以大幅提升禾本科青貯之營養價值，其中尤以混合比例由 3/1 至 4/1 間的玉米 / 大豆混合材料獲得的青貯及營養品質較佳，而禾本科材料條件的差異會顯著影響禾豆混合青貯結果，因此禾本科物種及成熟度等青貯原料特性差異需予重視。

參考文獻

- 余德發、陳任芳。2012。花蓮地區大豆有機栽培技術介紹。花蓮區農業專訊 79：13-16。
- 黃文益。2012。復耕地栽種綠肥大豆改良土壤技術。臺東區農技報導 22：1-3。
- 曾青田、陳振耕。1998。飼料玉米新品種「臺南 20 號」之育成。臺南區農業改良場研究彙報 35：1-13。
- 臺南區農業改良場。2012。大豆栽培管理技術。臺南區農業改良場技術專刊 102-1 (NO.155)。
- Acikgoz, E., M. Sincik, M. Oz, S. Albayrak, G. Wietgreffe, Z. M. Turan, A. T. Goksoy, U. Bilgili, A. Karasu, O. Tongel and O. Canbolat. 2007. Forage soybean performance in mediterranean environments. *Field Crops Res.* 103: 239-247.
- 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.
- 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. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2004-0406-01-RS.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acid C₁-C₆ and lactic acid in silage juice. *J. Sci. Food Agric.* 27: 1005-1014.
- Lima, R., R. F. Díaz, A. Castro and V. Fievez. 2011. Digestibility, methane production and nitrogen balance in sheep fed ensiled or fresh mixtures of sorghum-soybean forage. *Livestock Sci.* 141: 36-46.
- Lima, R., R. F. Díaz, A. Castro, S. Hoedtke and V. Fievezd. 2011. Multifactorial models to assess responses to sorghum proportion, molasses and bacterial inoculant on in vitro quality of sorghum-soybean silages. *Anim. Feed Sci. Tech.* 164: 161-173.
- Martinez-Fernandez, A., A. Soldado, B. de la Roza-Delgado, F. Vicente, M. A. Gonzalez-Arrojo and A. Argamenteria. 2013. Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Spanish J. Agri. Res.* 11: 455-462.
- Mustafa, A. F. and P. Seguin. 2003. Characteristics and in situ degradability of whole crop faba bean, pea and soybean silages. *Can. J. Anim. Sci.* 83: 793-799.
- Mustafa, A. F., J. C. F. García1, P. Seguin and O. Marois-Mainguy. 2007. Chemical composition, ensiling characteristics and ruminal degradability of forage soybean cultivars. *Can. J. Anim. Sci.* 87: 623-629.
- Nielsen, D. C. 2011. Forage soybean yield and quality response to water use. *Field Crops Res.* 124: 400-407.
- Olmstead, J. and E. C. Brummer. 2007. Benefits and barriers to perennial forage crops in Iowa corn and soybean rotations. *Renewable Agri. Food Systems*: 23: 97-107.
- 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. E. Devine and J. G. Jewett. 2001. yield and quality of forage soybean. *Agron. J.* 93:99-106.
- Touno, E., M. Kaneko, S. Uozumi, H. Kawamoto and S. Deguchi. 2014. Evaluation of feeding value of forage soybean silage as a substitute for wheat bran in sheep. *Anim. Sci. J.* 85: 46-52.
- Vargas-Bello-Pérez, E., A. F. Mustafa and P. Seguin. 2008. Effects of feeding forage soybean silage on milk production, nutrient digestion and ruminal fermentation of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91: 229-235.
- Wang, F. and N. Nishino. 2008. Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with or without other feeds as a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 91: 2380-2387.

The silage quality and nutrient composition of different gramineae and legume silage ⁽¹⁾

Shu-Min Wang ^{(2) (3)} and Chia-Sheng Chen ⁽²⁾

Received: Sep. 12, 2014; Accepted: Mar. 3, 2015

Abstract

The purpose of the study was to investigate the effects of the ratio of combining gramineae and legume on silage quality and nutrient value. Three kinds of gramineae: napiergrass NPcv.TS2 no.2, corn cv. Tainung no.1 and corn cv. Tainan no.20 as well as three varieties of soybeans: green soybean, miyokozima and hengchun soybean were used in the study. All materials were harvested in the same time and made into nine distinct forms/combinations of mixed silage each with one of the gramineae and one of the varieties of soybean. Every form had six samples with different gramineae/legume ratio: 0/1, 1/1, 2/1, 3/1, 4/1 and 1/0. The results showed that silage quality and nutrient value varied significantly with not only the different kinds of gramineae and soybean but also the ratios. Pure gramineae silage (gramineae/legume = 1/0) had the best fermentation quality. Moreover, corn silages were better than napier silage while the two varieties of corn performed similarly. The worst fermentation quality was found in pure legume silage (gramineae/legume = 0/1), yet difference existed among the soybean varieties. The fermentation qualities of mixed silage, which were between those of pure gramineae and pure legume, could be improved by increasing the proportion of gramineae. However, the results showed an inverse relationship between nutrient value and fermentation quality. Thus, ensiling gramineae-legume mixture is an effective strategy to improve fermentation quality of legume silage and increase nutrient value of gramineae silage. Though the qualities of mixed silage vary with the properties of different gramineae, the ratios of forage corn/soybean between 3/1 and 4/1 have satisfied performances in both fermentation quality and nutrient value.

Key words: Gramineae-legume silage, Forage corn, Napiergrass, Forage soybean.

(1) Contribution No. 2218 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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