

國產青貯玉米對臺灣黑山羊生長、飼養成本及溫室氣體產量之影響⁽¹⁾

葉瑞涵⁽²⁾⁽⁴⁾ 李春芳⁽³⁾ 范耕榛⁽³⁾ 王得吉⁽²⁾

收件日期：104 年 4 月 22 日；接受日期：105 年 3 月 21 日

摘 要

本研究目的旨在探討青貯玉米取代日糧中部分百慕達草對臺灣黑山羊生長性狀及飼養成本之影響，並以蝴蝶針發酵系統評估青貯玉米及百慕達草溫室氣體產量。試驗使用 12 頭 6 月齡臺灣閩公黑山羊 (18.8 ± 1.8 kg)，逢機分置對照組及青貯料組。每處理組 3 重複，試驗期 63 天，飼糧及飲水為任食。試驗日糧精芻料比為 7:3，芻料為百慕達乾草。青貯料組則以青貯玉米取代 50% 之百慕達乾草 (乾基)，試驗日糧粗蛋白質含量相近 ($14.7 - 14.9\%$)。試驗芻料及精料以蝴蝶針發酵系統評估溫室氣體產量。結果顯示，青貯玉米取代日糧中 50% 百慕達草對臺灣黑山羊生長性狀無顯著影響，對照組與青貯料組之增重 (g/goat/day) 與飼料換肉率 (乾物質採食量 / 增重) 分別為 96 ± 14 、 7.99 ± 0.17 及 92 ± 16 、 8.25 ± 0.27 。飼養成本方面，青貯料組每公斤增重成本較對照組提升 6.5%。青貯玉米蝴蝶針發酵系統之甲烷及二氧化碳產量較百慕達草提高 51.9 及 17.6%。綜上所述，青貯玉米取代百慕達草對羊隻生長性狀無不良影響，但會提升飼養成本及溫室氣體產量。

關鍵詞：青貯玉米、飼養成本、溫室氣體、生長性狀、臺灣黑山羊。

緒 言

臺灣地區氣候條件適合熱帶牧草之栽培生長，目前以禾本科之盤固草、狼尾草及青割玉米為主要栽培種類。其中青割玉米因營養價值高、全株可利用，而有芻料之王美譽。青割玉米富含碳水化合物，製作青貯玉米時醱酵較為快速 (Meeske and Basson, 1998)，製備完成之青貯玉米粗蛋白質 (crude protein, CP) 及代謝能 (metabolizable energy, ME) 含量均衡 (CP 88 g/kg DM; ME 6.07 MJ/kg DM)，適於反芻動物之飼養 (Chase, 2012; NRC, 2001)。由於其高乾物質、高產量、青貯特性佳、可消化纖維含量高之芻料特色 (Brunette *et al.*, 2014)，在原物料上漲之近代，其應用價值更被學、業界所看重 (Johnson *et al.*, 1999)。在實際應用方面，Obeidat *et al.* (2014) 指出餵飼青貯玉米可提升乳牛採食量、產乳量、體增重及仔羊離乳後生長性狀。此外，亦有許多文獻指出日糧使用青貯玉米可增加中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 消化率及乾物質採食量 (Muller *et al.*, 1972; Oba and Allen, 1999; Rook *et al.*, 1977; Tine *et al.*, 2001)。由此可知，青貯玉米為優良芻料。然而現今文獻多探討青貯製程改善及對乳牛之應用，對於肉羊飼養效益之評估甚少，因此需要進一步建立並評估青貯玉米飼養模式。

近年來全球氣候變遷，科學家歸究原因指向溫室氣體排放所致。溫室氣體來源為非生物性及生物性兩大類 (Cicerone and Oremland, 1988; IPCC, 2006)，其中生物類來源以畜牧業反芻動物所產生的甲烷氣體最多，其甲烷產量約占全球甲烷產量 15% (Houghton, 1994)，近年更估計增加到 38% (Yang *et al.*, 2003)。反芻動物瘤胃發酵過程中會產生甲烷，並經由噯氣反射釋放大氣中，其不僅使飼料效率低下，也會造成溫室氣體的增加，更導致全球暖化。成年放牧乳牛每天甲烷產量可達 400 g 以上 (Hatew *et al.*, 2015)，故減少瘤胃甲烷生成，實為目前環境保護上最重要的課題之一。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2408 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(4) 通訊作者，E-mail：bjo@mail.tlri.gov.tw。

甲烷產生量亦與動物之年齡、體重、環境、飼料之質與量有關 (李等, 2006; 林及江, 1996; IPCC, 1996; Minami and Takata, 1997)。在降低溫室氣體產量的研究中, 以飼料加工技術改善溫室氣體排放具有即效性、推廣性強的效果。若能成功開發則可直接應用於產業, 能達到短期內降低臺灣養羊溫室氣體排放之效果。飼料加工技術中, 青貯技術具有提升營養價值及儲備芻料之效果, 且芻料經過青貯發酵、分解後, 可能具有降低反芻動物排放溫室氣體之潛力。因此, 本研究旨在探討青貯玉米取代肉羊日糧中部份乾草對其生長性狀及飼養成本之影響, 並以蝴蝶針發酵系統評估青貯玉米及百慕達草溫室氣體產量。

材料與方法

I. 試驗動物與飼養管理

使用 12 頭健康良好、體重相近的 6 月齡臺灣閩公黑山羊, 隨機分置對照組及青貯料組。對照組日糧之精芻料比為 7:3, 芻料為百慕達乾草。青貯料組則以青貯玉米取代 50% 之百慕達乾草 (乾基)。日糧配方如表 1。試驗之飲水給飼皆為任食, 試驗日糧依採食量紀錄每天配製供應, 以確保日糧充分、完整的攝取完畢。每處理組 3 重複, 每重複 2 隻羊。動物試驗期 60 天, 試驗開始前 1 週為適應期。

表 1. 臺灣黑山羊芻料試驗之飼糧配方

Table 1. Composition and chemical analysis of the diets

	Control	Corn silage
Bermuda hay, %	30.00	15.00
Corn silage, %	0.00	41.50
Concentrate, %	45.80	23.90
Corn meal, %		
Full fat soybean meal, %	19.60	15.50
Soybean oil, %	1.31	1.31
Limestone, %	1.06	0.76
CaHPO ₄ · 2H ₂ O, %	0.70	0.59
NaHCO ₃ , %	1.00	1.00
Salt	0.40	0.40
Premix ^a , %	0.10	0.10
Calculated value (DM basis, %)		
TDN	75.40	75.00
CP	16.10	16.00
Ca	0.75	0.75
P	0.38	0.38
Analyzed value (DM basis, %) (n = 3)		
DM	86.9 ± 0.1 ^a	61.8 ± 0.1 ^b
CP	14.9 ± 0.1	14.7 ± 0.2

Mean ± SD.

Each Kg of premix contained Cu 10,000 mg, Co 100 mg, Zn 60,000 mg, Mn 60,000 mg, Fe 30,000 mg, Se 100 mg, Vitamin A 6,000,000 I.U., Vitamin D 100,000 I.U., Vitamin E 4,000 I.U.

II. 測定項目

- 一般成分：日糧混合完畢後, 隨機取樣三重複, 每重複 1 公斤。取得之樣品烘乾磨粉後進行水份及粗蛋白分析 (AOAC, 1990)。
- 溫室氣體產量體外分析 (蝴蝶針式試管發酵)：以蝴蝶針式試管發酵評估方法進行日糧原料 (乾草、青貯料及精料) 溫室氣體產量檢測, 每種日糧原料測定 2 重複, 修正試管乾物質消化率 (IVDMD) 方法, 以 100 mL 血清瓶、0.5 – 1.0 L 氣體袋、注射點滴用蝴蝶針與細管及 39°C 水浴槽, 組合成此系統。依 MacDougall (1949)

方法配製人工唾液，在 CO₂ 充氣 30 分鐘後，以 1：1 (v/v) 加入牛隻瘤胃內容物濾液 (提供瘤胃微生物)，再以 CO₂ 充氣 10 分鐘做為培養液。每支血清瓶加入 80 mL 培養液及 3 g 乾燥磨細飼料原料樣品，液面上以 CO₂ 充氣 10 秒後以血清塞及鋁蓋封蓋，接上 18 G × 1 1/2” 針頭及蝴蝶針及細管，另一端針頭插入已抽氣過的氣體袋，在 39°C 水浴槽中培養 24 小時，以收集發酵氣體。收集之氣體，以氣相層析儀分析甲烷和二氧化碳濃度，再經氣體流量計測得氣體總量，以計算各飼料原料之溫室氣體產量。

(iii) 生長性狀：秤量羊隻體重及飼料採食量並計算增重及飼料換肉率。

(iv) 計算飼養成本：依原料單價計算日糧成本，並對照羊隻增重情形計算出每公斤增重之飼養成本。

III. 統計分析

試驗所獲得之資料，利用統計分析系統 (SAS, 2002)，以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure) 進行變方分析，經鄧肯式新多次變域測試 (Duncan's New Multiple Range Test) 比較各組平均值差異之顯著性。

結果與討論

I. 對生長性狀之影響

青貯玉米取代部分百慕達乾草對臺灣黑山羊閹公羊生長性能之影響如表 2。結果顯示，日糧精芻料比 7：3 時，以青貯玉米取代 50% 之百慕達乾草 (乾基) 對 6—8 月齡臺灣黑山羊閹公羊之體重、增重、採食量及飼料換肉率皆無顯著差異。

表 2. 玉米青貯料取代部分百慕達乾草對臺灣黑山羊閹公羊生長性能之影響

Table 2. The effect of using corn silage to replace Bermuda hay in diets on Taiwan black goat growth performance

	Control	Corn silage	SEM
Initial body weight, kg/goat	18.8 ± 1.8	18.8 ± 1.8	0.8
Finish body weight, kg/goat	24.8 ± 2.2	24.6 ± 2.3	0.9
Weight gain, g/goat/day	96 ± 14	92 ± 16	4.0
Feed intake, g/goat/day (DM)	764 ± 66	759 ± 107	36.0
Feed conversion ratio, feed intake/weight gain	7.99 ± 0.17	8.25 ± 0.27	0.09

Mean ± SD.

本試驗以青貯玉米取代日糧中部分百慕達草，結果對生長性狀無負面影響。相較於對照組，本試驗青貯組羊隻需要額外的時間以適應青貯玉米。雖然羊隻已於試驗前 1 週進行試驗日糧之適應飼養，並確定羊隻採食行為正常後才開始動物試驗。然而仍觀察到青貯組羊隻於試驗前期 (試驗第 1—28 天) 時生長性狀表現稍差，並於試驗後期 (試驗第 29—63 天) 漸漸改善採食意願，進而產生補償性的良好生長表現。若能以增加適應期或是延長試驗期間等方式降低青貯玉米適應性之問題，則可能進一步提升青貯組羊隻生長性狀表現。此外，本次試驗雖以青貯玉米取代日糧中部分百慕達乾草 50%，然而在精芻比 7：3 之日糧中，青貯玉米實際僅佔日糧乾物質 14%，對日糧營養之影響力有限，若要進一步探討青貯玉米之營養價值，未來應進一步探討其最高及最佳使用量。

II. 對飼糧成本之影響

國產青貯玉米取代日糧中部分乾草對羊隻飼養成本之影響如表 3。青貯組由於使用單價較低的青貯玉米 (3.9 元/kg) 取代百慕達草 (14.0 元/kg)，因此使日糧單價明顯降低 (對照組 16.8 元/kg > 青貯組 12.3 元/kg)。但是由於青貯組日糧水分較高，每單位營養攝取量之下，需要消耗更多日糧。對照組試驗期間每頭羊總採食量 55.4 kg，而青貯組則高達 77.4 kg。在此採食量差異下，進一步計算出每處理組飼料成本及每公斤增重成本，結果顯示，在本試驗的飼養模式下，國產青貯玉米取代日糧中部分乾草提升 6.5% 之羊隻飼養成本。

本試驗飼養模式下之青貯玉米使用量低及試驗期短皆可能限制飼養成本之改善效益，因此，青貯玉米對飼養成本仍有很大改善空間。此外，青貯玉米價格受到產區距離之影響，若是離產區較近，則有進一步縮減飼養成本之空間。

III. 溫室氣體體外分析

試驗日糧原料之體外溫室氣體產量如表 4。結果顯示，百慕達乾草與玉米青貯料經 24 小時培養後的甲烷產量分別為 3.74 及 5.68 mg/g DM/d，而二氧化碳則為 109.1 及 128.3 mg/g DM/d ($n = 2$)。玉米青貯料的甲烷及二氧化碳產量高於百慕達乾草。Wilkerson *et al.* (1995) 指出，消化道甲烷產量與採食量、飼糧碳水化合物組成、消化率與體重等都有關聯。而青貯玉米消化率平均為 65.9%，高於百慕達乾草的 59%，表示玉米青貯料經瘤胃微生物分解作用高於百慕達乾草，因而可能產生較多甲烷。試驗中精料的甲烷產量都遠低於芻料的產量為 1.27 – 1.88 mg/g DM/d，而二氧化碳則為 162.3 – 182.6 mg/g DM/d。芻料與精料溫室氣體產量差異之現象與芻料與精料碳水化合物組成不同有關。精料以非結構性碳水化合物為主，易於被微生物分解，每產生 1 莫耳丙酸的過程會用掉 1 莫耳氫而使甲烷生成量降低；芻料以中洗纖維為主要碳水化合物，被微生物分解產生乙酸與丁酸過程中，相對各產生 2 莫耳氫，因此促進甲烷的生成 (Dijkstra *et al.*, 1992)。

表 3. 玉米青貯料取代部分百慕達乾草對臺灣黑山羊閹公羊飼養成本之影響

Table 3. The effect of using corn silage to replace Bermuda hay in diets on feed cost

	Control	Corn silage
Feed intake, g/goat/day (DM)	764	759
Dry matter of diet, %	86.9	61.8
Feed intake, g/goat/day (feed basis)	879	1,228
Diets price, N.T./kg (feed basis)	16.8	12.3
Feed cost, N.T./goat/day (feed basis)	14.8	15.1
Weight gain, kg/goat/day	0.096	0.092
Feed cost per kg weight, N.T.	154	164

表 4. 日糧原料溫室氣體產量分析 (mg/gDM/d)

Table 4. The greenhouse gas emission of feedstuffs in diet (mg/gDM/d)

Greenhouse gas	Feedstuffs			
	Bermuda hay	Corn silage	Concentrate (Control)	Concentrate (Corn silage)
CH ₄	3.74	5.68	1.27	1.88
CO ₂	109.1	128.3	182.6	162.3

N = 2

在青貯玉米改善畜牧業溫室氣體的文獻中，蕭等 (1999) 指出，乾乳牛採食狼尾草飼糧可降低 23% 甲烷排放，而生長女牛餵飼青貯玉米飼糧可減少 14% 甲烷排放，泌乳牛餵飼青貯玉米飼糧亦可降低 12% 甲烷排放。謝 (2013) 使用百慕達乾草、燕麥乾草或玉米青貯料各占 50% 的飼糧餵飼荷蘭泌乳牛，結果顯示為降低荷蘭牛之甲烷生成量，以燕麥乾草為芻料來源之飼糧應是較適當之選擇。這些文獻指出選用不同的芻料可達到降低溫室氣體產量之效果，然而，其效果可能受到動物品種、生理階段、日糧組成不同之影響。因此，本試驗建立個別飼料原料溫室氣體產量，期望供作羊隻飼養時溫室氣體產出研究之參考。未來若能進一步評估日糧中各種原料間對溫室氣體生產之關聯性，則可進一步了解溫室氣體產出之機制。

結 論

臺灣黑山羊生長期日糧中 (精芻料比為 7:3)，以青貯玉米取代 50% 乾物質之百慕達乾草對羊隻生長性狀無不良影響，但會提升飼養成本及溫室氣體產量。

誌 謝

試驗期間承蒙本分所畜產科技系及畜產試驗所營養組所有同仁協助始克完成，謹致謝忱。

參考文獻

- 李春芳、蕭宗法、劉秀洲、陳吉斌。2006。臺灣乳牛與乳羊活體溫室氣體的排放與減量策略。農工業生產時溫室氣體排放與減量對策。pp. 247-266。
- 林志勳、江世凱。1996。腸道微生物。養豬科學研究所。pp. 291。
- 蕭宗法、劉秀洲、陳吉斌、李春芳。1999。飼糧精芻料比對荷蘭乾乳牛消化道甲烷產量的影響。中畜會誌 28：437-449。
- 謝瑜玲。2013。餵飼不同芻料對臺灣之荷蘭牛甲烷排放之影響。碩士論文。國立中興大學。
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- Brunette, T., B. Baurhoo and A. F. Mustafa. 2014. Replacing corn silage with different forage millet silage cultivars: Effects on milk yield, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97: 1-10.
- Chase, L. E. 2012. Estimating corn grain and corn silage yields. Dairy Nutrition Fact Sheet. 2014. <http://www.ansci.cornell.edu/pdfs/EstmtCornGrainSilgYld.pdf>.
- Cicerone, R. J. and R. S. Oremland. 1988. Biochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biogeochemical Cycles* 2: 299-327.
- Dijkstra, J., H. D. S. C. Neal, D. E. Beever and J. France. 1992. Simulation of nutrient digestion, absorption and outflow in the rumen: model description. *J. Nutr.* 122: 2239-2256.
- Hatew, B., S. C. Podesta, H. Van Laar, W. F. Pellikaan, J. L. Ellis, J. Dijkstra and A. Bannink. 2015. Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98: 486-499.
- Houghton, J. 1994. Global Warming. Lion Publishing Inc., Oxford.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. OECD, Paris, France.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Japan National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Johnson, L., J. H. Harrison, C. Hunt, K. Shinnors, C. G. Doggett and D. Sapienza. 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. *J. Dairy Sci.* 82: 2813-2825.
- McDougal, E. I. 1949. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical J.* 43: 99-109.
- Meeske, R. and H. M. Basson. 1998. The effect of lactic acid bacterial inoculant on maize silage. *J. Anim. Feed Sci. Technol.* 70: 239.
- Minami, K. and K. Takata. 1997. Atmospheric methane: sources, sink, and strategies for reducing agricultural emissions. *Wat. Sci. Tech.* 36: 509-516.
- Muller, L. D., V. L. Lechtenberg, L. F. Bauman, R. F. Barnes and C. L. Rhykerd. 1972. In vivo evaluation of a brown midrib mutant of *Zea mays* L. *J. Anim. Sci.* 35: 883.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed., Natl. Acad. Press, Washington, DC., USA.
- Oba, M. and M. S. Allen. 1999. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 135-142.
- Obeidat, B. S., M. S. Awawdeh, R. T. Kridli, H. I. Al-Tamimi, M. A. Ballou, M. D. Obeidat, M. A. Abu Ishmais, F. A. Al-Lataifeh and H. S. Subih. 2014. Feeding corn silage improves nursing performance of Awassiewes when used as a source of forage compared to wheat hay. *Anim. Feed Sci. Technol.* 192: 24-28.
- Rook, J. A., L. D. Muller and D. B. Shank. 1977. Intake and digestibility of brown-midrib corn silage by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 60: 1894-1904.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's guide: Statistics. Version 9. 1st ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Tine, M. A., K. R. McLeod, R. A. Erdman and R. L. Baldwin. 2001. Effects of brown midrib corn silage on the energy balance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84: 885-895.
- Wilkerson, V. A., D. P. Casper and D. R. Mertens. 1995. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. *J. Dairy Sci.* 78: 2402-2414.
- Yang, S. S., C. M. Liu and Y. L. Liu. 2003. Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during 1990-2000. *Chemosphere* 52: 1381-1388.

The effect of using corn silage in diets on Taiwan black goat growth performance, feeding cost and greenhouse gas emission ⁽¹⁾

Ruei-Han Yeh ⁽²⁾⁽⁴⁾ Churng-Faung Lee ⁽³⁾ Geng-Jen Fan ⁽³⁾ and De-Chi Wang ⁽²⁾

Received: Apr. 22, 2015; Accepted: May. 31, 2016

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of using corn silage replace Bermuda hay in diets on growth performance and feeding cost in Taiwan black goat, and then use 24-h butterfly needle tube fermentation system to establish the corn silage and Bermuda hay in vitro greenhouse gas emission. Twelve 6 month old Taiwan black goats (18.8 ± 1.8 kg) were randomly assigned into control and corn silage group, with 3 replicates within each treatment. Feeding trial was carried out for 63 days. Feed and water were provided ad libitum. In control group, the concentrate:roughage ration in diet was 7:3, and roughage was Bermuda hay. Corn silage replaced 50% Bermuda hay (dry matter) in diet in corn silage group. The CP level in diet was 14.7-14.9%. Corn silage and Bermuda hay were determined in vivo greenhouse gas emission. The result showed there was no significant difference on growth performance between treatments. The weight gain (g/goat/day) and feed conversion ratio (feed intake/ weight gain) in control and corn silage group were 96 ± 14 , 7.99 ± 0.17 and 92 ± 16 , 8.25 ± 0.27 , respectively. The feeding cost in corn silage group was higher than control group for 6.5%. The methane and carbon dioxide emission in corn silage were higher than Bermuda hay for 51.9 and 17.6%, respectively. In conclusion, corn silage replaced 50% Bermuda hay in diets had no negative effect on growth performance, but increased feeding cost and greenhouse gas emission.

Key words: Corn silage, Feeding cost, Greenhouse gas, Growth performance, Taiwan black goat.

(1) Contribution No. 2408 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 94644, Taiwan, R.O.C.

(3) Nutrition Division, COA-LRI, No. 112, Farm Rd, 712, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(4) Corresponding author, E-mail: bjo@mail.tlri.gov.tw.