

水溶性碳水化合物含量變化對狼尾草青貯品質 之影響⁽¹⁾

王紓愍⁽²⁾ 陳嘉昇⁽²⁾ 成游貴⁽²⁾

收件日期：91 年 4 月 19 日；接受日期：91 年 6 月 10 日

摘 要

狼尾草 (*Pennisetum purpureum*) 為目前本地重要的自產牧草之一，利用方式主要以青飼及青貯為主。本研究利用上午 (8:30)、下午 (14:30) 不同時間收穫狼尾草台畜草二號並經不同堆積時間，造成不同的水溶性碳水化合物含量，探討水溶性碳水化合物含量的短期變動對狼尾草青貯的影響，以期提高對現有品系青貯品質的掌握。上、下午收穫之狼尾草水溶性碳水化合物含量分別為 5.4% DM 及 7.6% DM，水份含量介於 81-82% 間，立即青貯均可產生品質良好之青貯料，且二者之青貯發酵反應相似。發酵二天，青貯料之 pH 值即迅速降至 4.0，之後逐漸降至 3.8 左右；青貯料發酵產物以乳酸為主，乳酸含量在青貯六天之內漸增至 1.1% FW，之後含量逐漸穩定；乙酸則在青貯一天後大量產生，之後乙酸的變動有限，最終的含量約為 0.2 % FW；丙酸及丁酸僅在部份樣品中出現，且含量極低。隨收穫材料堆積時間增長，水溶性碳水化合物含量減少，水溶性碳水化合物含量降低至某一程度後，青貯品質即顯著降低。上午收穫之材料堆積時間在 4 小時以上，青貯品質 (Flieg's score) 即降至差的等級，而下午收穫之材料經 6 小時之堆積後，其青貯品質評分仍維持優等，但繼續堆積過夜後，其青貯品質顯著降低。表示狼尾草青貯作業時應儘可能於中午之後收穫，收穫後儘速青貯，不僅降低作業風險且可獲得較佳的青貯品質。

關鍵詞：狼尾草、收穫時間、堆積、青貯發酵。

緒 言

青貯是牧草保存的重要方法之一，良好的青貯能有效的減少收穫後損失、長期保存牧草營養價值並提高嗜口性，但青貯控制不佳時也可能造成大量的乾物損失。影響青貯的因子眾多，且各因子間常互相影響 (李, 1985; 盧, 1990a; 1990b; Berger *et al.*, 1994)。在相同水份含量下，外加葡萄糖可以促進苜蓿青貯料之乳酸發酵、降低 pH 值並減少蛋白質的分解，但其效用隨水份含量降低而

- (1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1107 號。
- (2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

降低 (Muck, 1990)。由狼尾草多品系的青貯試驗中也發現，狼尾草之青貯品質與品系之水溶性碳水化合物含量呈現顯著正相關 (王等, 2000)。水溶性碳水化合物屬於植物體之非結構性碳水化合物之一，雖然在整體碳水化合物含量中所佔的比例極低，但對牧草收穫後的品質變動影響顯著 (Rotz and Muck, 1994)。由於碳水化合物是植物光合作用的直接產物，且與植物的生長發育關係密切，因此其含量隨物種、基因型、生理狀況及環境而異，且新陳代謝極快 (Nelson and Moser, 1994; Buxton and Fales, 1994)。研究顯示，盤固草、芒草之水溶性碳水化合物含量及狼尾草之光合成能力有顯著的季節差異 (陳等, 2000; 王及李, 1991; 王, 1985a; 1985b)。此外，水溶性碳水化合物含量亦存在如日變化及收穫後調製前的短期變動。Stewart *et al.* (1997) 表示不同品系玉米在一天之內，不同種類的碳水化合物含量間有明顯的消長現象，而消長之強弱隨基因型而異。苜蓿、高狐草、黑麥草等牧草均具明顯的日變動 (Holt and Hilst, 1969; Lechtenberg, *et al.*, 1971; 1972)。

狼尾草原產非洲，屬熱帶多年生牧草，植株高大，對本地環境適應良好。目前主要栽培品系台畜草二號，具備高產及高水溶性碳水化合物特性，為重要的自產牧草之一，青貯為其主要利用方式之一。狼尾草水溶性碳水化合物含量在品系間及不同收穫時間下的變動極大，同時對青貯品質的影響顯著 (王等, 2000)。為增進對狼尾草青貯品質的控制，本研究利用上、下午收穫及經過不同時間之堆積等處理，製造水溶性碳水化合物含量的短期變動，調查其對青貯品質的影響，以為酪農青貯調製之參考。

材料與方法

I. 材料

狼尾草台畜草二號 (*Pennisetum purpureum*)，種植於畜產試驗所恆春分所試驗田區，為建立一年以上之草地。

II. 日變動之影響

以狼尾草收穫機於上午 8:30 及下午 2:30 各收穫一次，收穫後立即取樣並青貯。樣品經烘乾磨粉後保存於冷藏庫中，以供水溶性碳水化合物含量測定。每一處理製備 18 桶青貯料，分別於青貯後 1、2、3、4、5、6、14、30 及 60 天後開封取樣，樣品隨即保存於-20℃之冷凍庫中，以供青貯發酵變化調查。

III. 收穫後堆積的影響

狼尾草於上、下午收穫後，堆置於考種室內不同時間 (2-24 小時，上午收穫後堆積 2、5、7、9 及 24 小時，下午收穫後堆積 2、4、6、17.5 及 24 小時)，取樣調查水溶性碳水化合物含量變化並青貯，青貯二個月後開封，調查青貯品質。

IV. 青貯製備

以油壓設備將材料擠壓入直徑 20 cm、高 25 cm 之塑膠管中密封，每管青貯 6 公斤。

V. 營養成分分析

粗蛋白質(crude protein, CP)含量依照 AOAC(1984)之方法測定；中洗纖維(neutral-detergent fiber,

NDF)、酸洗纖維(acid-detergent fiber, ADF)含量則依照 van Soest (1967) 之方法測定；水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 含量的測定先以 80% 的酒精於 80°C 下萃取三次，合併萃取液並定量，依 Morris (1948) 方法採 anthrone 呈色法進行。每一樣品重複二次。

VI. 青貯品質測定：

乾物率為 70°C 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。Flieg's score 的計算是依評分表以青貯料中乳酸、丁酸及乙酸占總酸量之百分比進行評分，再將三者總加所得即為青貯品質評分（許等，1994）。

結果與討論

I. 日變動的影響

狼尾草台畜草二號分別於上午 8 點半及下午 2 點半收穫，收穫後立即取樣並青貯。青貯前的牧草一般成分組成如表 1，下午之水溶性碳水化合物含量為上午的 1.3 倍，除此之外，上、下午收穫之品質相似。青貯結果如表 2。收穫後即青貯，不論上、下午青貯，青貯二個月後的青貯品質均極佳，pH 值分別為 3.9 及 3.7，青貯評分 (Flieg's score) 均為 100，但上午收穫之乾物回收率略低於下午收穫者。收穫後立即青貯，調查不同時間下的青貯反應發現，青貯料隨青貯時間加長其水溶性碳水化合物含量快速降低，而發酵產物逐漸增加。青貯一天，水溶性碳水化合物含量分別降至原含量的 34% (上午) 及 41% (下午)，二天分別降至原含量的 15% 及 16%，青貯一週後二者之含量均已降至青貯料之 0.5% DM 以下；發酵產物主要以乳酸及乙酸為主，除少數取樣可測得極微量之丙酸及丁酸外，多數樣品無丙酸及丁酸，青貯三天後 pH 值均降至 4.0 以下，青貯品質極佳，上、下午青貯的差異不顯著。上、下午青貯的發酵狀況相似，乙酸含量在青貯一天後即已達最終發酵量的 74% 及 84%，而乳酸則隨青貯時間增加逐漸產生，青貯一週後，生成的速度降低。

表 1. 狼尾草同日內不同時間收穫之植體成分

Table 1. Chemical components of napiergrass harvested at different times in the same day

Harvest time	Dry matter content	Crude protein	Neutral-detergent fiber	Acid-detergent fiber	Water soluble carbohydrate
	%	-----% (Dry base)-----			
8:30 am	20 ^{a*}	9.3 ^a	72.7 ^a	49.1 ^a	5.7 ^a
14:30 pm	19 ^a	10.2 ^a	74.2 ^a	47.8 ^a	7.6 ^b

*Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level.

表 2. 狼尾草於同日內不同時間收穫材料青貯後不同日數之化學成分變化

Table 2. The changes of chemical components of napiergrass harvested at different times in the same day after ensiling for different days

Harvest time	Ensiling period	Dry matter content	Water soluble carbohydrate	pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid
	Day	%	% DM		% of fresh weight			
8:30 am	1	18.8	1.9	4.3	0.14	0	0	0.5
	2	19.1	0.9	4.0	0.12	0	0	0.8
	3	18.6	0.8	3.9	0.12	0	0	0.9
	4	19.1	0.5	3.9	0.12	0	0	1.1
	5	18.8	0.5	3.8	0.13	0	0	1.1
	6	18.5	0.5	3.8	0.13	0	0	1.2
	14	19.4	0.2	3.9	0.20	0	0	1.1
	30	17.5	0.4	3.9	0.22	0	0	1.1
	60	16.7	0.1	3.9	0.19	0	0.14	0.9
14:30 pm	1	19.4	3.2	4.5	0.14	0.02	0.04	0.3
	2	18.9	1.2	4.1	0.12	0	0	0.6
	3	18.7	0.6	3.9	0.12	0	0	0.9
	4	19.1	0.6	3.9	0.12	0	0	0.9
	5	18.3	0.4	3.8	0.13	0	0	1.1
	6	18.8	0.4	3.8	0.11	0	0	1.1
	14	18.6	0.3	3.7	0.15	0	0	1.4
	30	17.5	0.4	3.7	0.15	0	0	1.2
	60	16.7	0.2	3.7	0.16	0	0.01	1.3

II. 堆積的影響

將上、下午收穫的狼尾草分別堆置不同時間，堆置後狼尾草的品質變化如表 3，隨堆積時間增長，水溶性碳水化合物含量顯著降低。收穫的時間不影響水溶性碳水化合物含量的降低趨勢，堆積 24 小時後含量均減少 60% 左右。堆積時間對粗蛋白質含量的影響不大，纖維含量則略隨堆積時間增長而增加，其中上午收穫的狼尾草變動較明顯。

以堆積不同時間的材料進行青貯，青貯 60 天後開封，結果列於表 4。上午收穫者除堆積 2 小時之青貯品質較佳外，其餘均不佳。堆積時間長於 2 小時之青貯料，pH 值均在 5 以上，且發酵產物中丁酸及乙酸的比例增加，乳酸含量減少，堆積 7 小時以上者乳酸含量幾近於無；下午收穫者堆積時間在 6 小時以內的青貯結果仍佳，堆積 17.5 小時之青貯結果不佳，發酵產物中不含乳酸，主要為乙酸及丁酸。

表 3. 狼尾草同日不同時間收穫後堆積對其化學組成之影響

Table 3. The changes of chemical compositions of napiergrass after harvesting at different times in the same day for piling up at different times

Harvest time	Time of piling up	Dry matter content	Crude protein	Neutral-detergent fiber	Acid-detergent fiber	Water soluble carbohydrate
	hour	%		% (dry base)		
8:30 am	2	19.9 ^{a*}	9.9 ^a	71.2 ^b	45.9 ^b	4.8 ^a
	5	19.8 ^a	10.0 ^a	73.9 ^{ab}	49.5 ^{ab}	3.3 ^b
	7	19.8 ^a	9.9 ^a	72.7 ^{ab}	47.4 ^{bc}	3.0 ^{bc}
	9	19.9 ^a	9.1 ^a	73.7 ^{ab}	49.2 ^{ab}	2.7 ^{bc}
	24	20.1 ^a	9.5 ^a	75.8 ^a	51.3 ^a	2.3 ^c
14:30 pm	2	18.9 ^a	10.0 ^a	74.6 ^a	47.6 ^a	6.4 ^a
	4	18.9 ^a	10.0 ^a	73.9 ^a	47.7 ^a	5.7 ^{ab}
	6	19.0 ^a	9.8 ^a	73.4 ^a	48.6 ^a	5.0 ^b
	17.5	19.1 ^a	9.8 ^a	74.0 ^a	49.3 ^a	3.3 ^c
	24	19.2 ^a	9.5 ^a	73.5 ^a	49.0 ^a	3.0 ^c

*Means with the same letter in the same item within the same column are not significantly different ($P < 0.05$) .

表 4. 狼尾草於同日不同時間收穫後，堆積不同時間後進行青貯之品質變化

Table 4. The changes of chemical components of napiergrass harvested at different times in the same day ensiled at different hours after piling up

Harvest time	Time of piling up	Dry matter content	Flieg's score*	pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid
	hour	%			% of fresh weight			
8:30 am	2	16.1 ^{a#}	88 ^a	4.1 ^b	0.30 ^c	0.00 ^b	0.02 ^b	1.20 ^a
	5	15.6 ^{ab}	31 ^b	5.3 ^a	0.47 ^{bc}	0.03 ^b	0.35 ^a	0.28 ^b
	7	15.1 ^{ab}	12 ^b	5.5 ^a	0.48 ^{bc}	0.07 ^b	0.41 ^a	0.01 ^b
	9	14.5 ^b	12 ^b	5.7 ^a	0.58 ^b	0.09 ^b	0.41 ^a	0.00 ^b
	24	14.7 ^{ab}	13 ^b	5.2 ^a	0.87 ^a	0.18 ^a	0.51 ^a	0.00 ^b
14:30 pm	2	16.8 ^a	98 ^a	3.1 ^b	0.17 ^c	0.00 ^c	0.00 ^b	1.58 ^a
	4	16.1 ^{ab}	87 ^b	3.8 ^b	0.18 ^c	0.03 ^{bc}	0.06 ^b	1.13 ^b
	6	15.1 ^b	96 ^a	3.8 ^b	0.19 ^c	0.00 ^c	0.01 ^b	1.26 ^b
	17.5	16.8 ^a	11 ^c	5.3 ^a	0.54 ^b	0.07 ^b	0.44 ^a	0.00 ^c
	24	16.0 ^{ab}	13 ^c	5.1 ^a	0.80 ^a	0.14 ^a	0.45 ^a	0.00 ^c

*Silage evaluation 0-20 = failure, 21-40 = poor, 41-60 = satisfactory, 61-80 = good, 81-100 = very good

#Means with the same letter in the same item within the same column are not significantly different ($P < 0.05$) .

由上述結果發現，以水份含量介於 80-81% 間、水溶性碳水化合物含量在 4.8% DM 以上之狼尾草台畜草二號進行青貯，可產生品質極佳的青貯料，但是當水溶性碳水化合物含量降至 3.3% DM 時，青貯品質即顯著變差。顯示在相似的水份含量條件下，台畜草二號之青貯品質並不隨水溶性碳水化合物含量變動而遞變，但在水溶性碳水化合物含量降低至某一程度下，青貯品質即顯著下降。收穫時間雖不直接影響青貯品質，但因下午收穫者之水溶性碳水化合物含量較高，因此可以忍受較長的堆積時間。

Muck (1990) 的試驗顯示，增加水溶性碳水化合物含量有助於苜蓿青貯之乳酸發酵進行。本研究則明顯可見水溶性碳水化合物含量降低至某一程度時，青貯料之乳酸發酵不足而致丁酸與乙酸含量上升。狼尾草台畜草二號為一非常適於青貯的品種，但在未能掌握適當之水份及水溶性碳水化合物

物含量的情況下，青貯調製仍可能失敗（王等，2000）。狼尾草收穫後應儘速青貯，堆積或延遲青貯作業時間將導致水溶性碳水化合物含量減少（彭等，2000），增加青貯失敗的風險。此外，如青貯調製作業程序許可，狼尾草收穫時間可延至中午之後收穫，其水溶性碳水化合物含量較高將有助於增進青貯品質。

參考文獻

- 王永琴。1985a。狼尾草葉片含氮量與光合作用關係研究。畜產研究 18：159～166。
- 王永琴。1985b。狼尾草品系間光合效率與季節間之變化。畜產研究 18：231～240。
- 王永琴、李免蓮。1991。台灣芒屬植物貯藏性碳水化合物之分布及消長關係。畜產研究 24：41～48。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2000。狼尾草水溶性碳水化合物含量與青貯品質之關係。畜產研究 33：352～361。
- 李國貞。1985。飼料作物青貯及品質。台灣農業 21：64～70。
- 許福星、成游貴、李美珠。1994。芻料作物生產及利用。台灣省畜產試驗所，台南。pp. 27～28。
- 陳嘉昇、王紓愍、顏素芬、成游貴。2000。盤固草品系水溶性碳水化合物與植體緩衝能力變異性之探討。畜產研究 33：252-262。
- 彭炳戊、張定偉、王紓愍、成游貴。2000。小型香腸式青貯法於牧草及啤酒粕之應用。畜產研究 33：320～327。
- 盧啓信。1990a。水份含量及玉米粉添加物對盤固草青貯品質的影響。畜產研究 23：125～130。
- 盧啓信。1990b。牧草青貯調製。台灣牧草研究研討會專集 pp.153～158。
- A. O. A. C. 1984. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC. pp.125～142.
- Berger, L. L., G. C. Fahey, Jr., L. D. Bourquin and E. C. Tiltgemeyer. 1994. Modification of forage quality after harvest. In forage quality, evaluation, and utilization. eds. Fahey, Jr., G. C. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, pp. 922～966.
- Buxton, D. R. and S. L. Fales. 1994. Plant environment and quality. In: Forage quality, evaluation, and utilization. Eds. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp.155～199.
- Holt, D. A. and A. R. Hilst. 1969. Daily variation in carbohydrate content of selected forage crops. Agron. J. 61：239～244.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determinative analysis of volatile fatty acids in aqueous solution by gas chromatography. Anal. Chem. 39:1652～1658.
- Lechtenberg, V. L., D. A. Holt and H. W. Youngberg. 1971. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates, *in vitro* digestibility, and leaf to stem ratio of alfalfa. Agro. J. 63：719～724.
- Lechtenberg, V. L., D. A. Holt and H. W. Youngberg. 1972. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates of *Festuca arundinacea* (Schreb.) with and without N fertilizer. Agron. J. 64：302～305.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. Science 107：254～255.
- Muck, R. E. 1990. Dry matter level effects on alfalfa silage quality II. Fermentation production products and starch hydrolysis. Trans. ASAE 33：373～381.

- Nelson, C. J. and L. E. Moser. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: Forage quality, evaluation, and utilization. Eds. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp.115~154.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In : Forage quality, evaluation, and utilization. Eds. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp.828~868.
- Stewart, D. W., L. M. Dwyer, C. J. Andrews and J. A. Dugas. 1997. Modeling carbohydrate production, storage, and export in leafy and normal maize. Crop Sci. 37 : 1228~1236.
- Van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. J. Anim. Sci. 26: 119~128.

Effect of the Changes of Water Soluble Carbohydrates on Silage Quality of Napiergrass⁽¹⁾

Shu-Min Wang⁽²⁾, Chia-Sheng Chen⁽²⁾ and Yu-Kuei Cheng⁽²⁾

Received : Apr. 19, 2002 ; Accepted : Jun. 10, 2002

Abstract

Napiergrass (*Pennisetum purpureum*) is one of the important domestic forages and is mostly used for making silage. The purpose of this study was to investigate the effect of the changes of water soluble carbohydrate (WSC) in a short period on silage quality of napiergrass and to adjust the harvesting time to improve the silage quality. Napiergrass cv. TLG2, was harvested at 8:30 am and 14:30 pm in the same day and piled up for different periods to obtain different levels of WSC. The WSC contents of TLG2 were 5.4% and 7.6% harvested in the morning and in the afternoon, respectively. The moisture contents of these two treatments ranged from 81% to 82%. Both materials of these two harvests could be the excellent silage immediately after harvesting and the fermentation processes of these two silages were very similar. The pH values of the silages decreased below 4.0 three days after ensiling and were about 3.8 two months after ensiling. The major product of fermentation was lactic acid. The content of lactic acid increased to about 1.1% six days after ensiling and kept the level to the end of ensiling. The content of acetic acid reached 75% of the final level one day after ensiling and increased slowly thereafter. Both contents of propionic acid and butyric acid were very low and were observed in few silages only. The contents of WSC decreased with the time of piling up. When the WSC content decreased down to certain level, the quality of silage became poor. The silage quality would reduce to lower grade, if the silage was made from the plants harvested in the morning and piled up more than four hours. If the silage was made from the plants harvested in the afternoon and piled up less than six hours, the quality still remained in a good level. However, if the harvested grass was piled up overnight, the silage quality would become very poor. It was suggested that napiergrass might be made silage immediately after harvesting to obtain good quality of silage. Further, it was better to harvest the plants to make silage in the afternoon.

Key words : *Pennisetum purpureum*, Harvest time, Piling up, Silage fermentation.

(1) Contribution No. 1107 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Heng-Chun Branch Institute, COA-TLRI, Ping-Tung, Taiwan, R.O.C.