

# 熱帶牧草水溶性碳水化合物含量的日變化研究<sup>(1)</sup>

王紓愍<sup>(2)</sup> 陳嘉昇<sup>(2)</sup> 成游貴<sup>(2)</sup>

收件日期：91 年 02 月 20 日；接受日期：91 年 04 月 13 日

## 摘 要

本試驗以盤固草 A254、指草(*Survenola*)、狼尾草台畜草二號及百慕達草四個熱帶牧草品系進行水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 含量之日變化研究。試驗分別於 1999 年 7 月及 12 月二個連續時段進行，測定一天之中不同時間點下 WSC 含量變動。結果顯示 WSC 含量日變化是一普遍且規律的現象，每日上午 8 時為 WSC 測定時段之最低點，之後含量逐漸增加，下午之 WSC 含量明顯較上午為高。WSC 含量日變化量依牧草種類、苗齡及測定日期而異，上下午之高低差距最高可達 3 倍以上。A254 不同苗齡、不同季節的日變化趨勢相似，但以幼齡植株之 WSC 含量較高；對指草、百慕達草及狼尾草而言，幼齡之 WSC 含量較老齡為低，但變動幅度較大；老齡狼尾草葉部之日變動較莖部顯著，7 月及 12 月的變動趨勢相似。此外，WSC 含量的日變化與取樣日之太陽輻射量相對應，太陽輻射變動量大者，WSC 日變動幅度大，太陽輻射變動量小者，日變動幅度小，顯示二者關係密切。

關鍵詞：盤固草、狼尾草、百慕達草、水溶性碳水化合物。

## 緒 言

碳水化合物是植物光合作用的產物，在植物體中主要分為兩大類，一為結構性碳水化合物，即建構細胞壁的主要成份，另一為非結構性碳水化合物，主要供給植物維生所需以及貯藏供再生之用。非結構性碳水化合物幾乎可以被動物完全消化利用，供做生長及活動之熱能，其含量與牧草品質成正比；水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrates, WSC) 屬於非結構性碳水化合物，在植物體內的新陳代謝速度很快，其含量依物種、基因型、生理狀態及環境而異 (Berger *et al.*, 1994; Stewart *et al.*, 1997; 王及李, 1991; 王, 1985a; 1985b)。WSC 在牧草碳水化合物含量中所佔的比例雖不高，但因其為牧草青貯時微生物發酵的主要能量來源，對青貯品質及青貯料之穩定性影響極大。青貯調製時，若 WSC 含量低於鮮重之 2% 時，乳酸發酵不足，青貯極易失敗。一般而言，溫帶牧草的 WSC 含量較高，約占乾物量的 13-16%，較適宜青貯，而本地所產的牧草屬熱帶牧草，其 WSC 含量相對較低，所以青貯調製時較為困難 (李, 1985)。了解本地牧草之 WSC 變化因子有助於對牧草收穫時間、收穫後調製與青貯品質之掌控。Stewart *et al.* (1997) 調查正常及多葉型玉米碳水化合物之生產、貯存與運送的情形，顯示在不同生

(1) 行院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1097 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

長密度下，玉米的碳水化合物代謝情形有顯著差異，而反應程度隨基因型而異，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，而消長之強弱亦隨基因型而異。王及李(1991)的研究發現不同芒屬植物之貯藏性碳水化合物含量有明顯不同，而在不同季節下碳水化合物含量也有顯著的消長現象。狼尾草隨季節、品系及葉片含氮量不同，光合成效率有顯著差異(王，1985a；1985b)。陳等(2000)的研究顯示季節為盤固草水溶性碳水化合物含量變動的最主要因子(占總變異之 50%)。此外，苜蓿、高狐草、黑麥草等多種牧草之研究顯示碳水化合物含量有明顯的日變化(Holt and Hilst, 1969; Bowden *et al.*, 1968; Knapp *et al.*, 1973; Lechtenberg *et al.*, 1971)。然前述研究均限於溫帶牧草，本報告以本地生長之熱帶、不同成熟度牧草為對象，調查其 WSC 日變化，以了解日變化幅度及影響因素。

## 材料與方法

### I. 材料

試驗材料包括盤固草品系 A254、指草(*Survenola*)、狼尾草台畜草二號(TLG2)及百慕達草(品系 Tif 85)，共計四種牧草。材料種植於畜產試驗所恆春分所試驗田，均為建立一年以上之牧草地。

### II. 水溶性碳水化合物之日變化調查

本試驗分別於 1999 年夏季及冬季各進行一次。夏季試驗於 7 月間進行，連續五日，取樣對象為盤固草 A254、指草、狼尾草及百慕達草四種，每一種牧草均含二種成熟度(25-30 日齡及 50-55 日齡)，每日之 8:00、11:00、14:00 及 17:00 進行取樣，每一處理二重複。取樣後立刻烘乾磨粉，樣品保存於 4℃ 冰箱中以待水溶性碳水化合物含量測定。冬季試驗於 12 月間進行，連續三日，方法如第一次試驗，除狼尾草含二種成熟度(25-30 日齡及 50-55 日齡)外，A254 及指草均為適齡收穫(50-55 日齡)。

### III. 水溶性碳水化合物含量測定

樣品經烘乾磨粉，以 80% 的酒精於 80℃ 下萃取四次，萃取液混合，置 70℃ 烘箱中去除酒精，殘餘液體以蒸餾水定量，取適量萃取液以 anthrone 呈色法測定其水溶性碳水化合物含量(Morris, 1948)。

### IV. 氣象資料收集

氣象資料來源為位於恆春分所內之一級農業氣象站，收集資料包括：每日均溫、最高溫、最低溫、日照時數、太陽輻射量、雨量等。

## 結果與討論

本試驗於 1999 年 7 月和 12 月二個連續時段，取樣調查盤固草 A254、指草、狼尾草台畜草二號及百慕達草在一天中 8:00、11:00、14:00 及 17:00 四個時間點之 WSC 含量變化。由變方分析結果，WSC 含量主要決定於牧草種類、成熟度及收穫部位，由於參試之牧草種類差異很大，使得牧草本質成為決定 WSC 含量的主要因素，但一天當中時間點的變化效應也達極顯著水準(表 1)。

表 1. 水溶性碳水化合物含量之變方分析

Table 1. Analysis of variances for the contents of water soluble carbohydrate

Source	DF	Mean square
Species	3	316.3**
Maturity	1	80.4**
Plant part	2	209.1**
Time at a day	3	37.9**
Harvest date	7	2.9
Error	219	1.4

\*\* Significant at 1% level.

參試牧草 WSC 含量日變化情形依牧草種類、成熟度及取樣日期而異，在多數情形下均有顯著的日變化，單日的上下午差距最高可達 3.3 倍。圖 1 為盤固草 A254 及狼尾草於 7 月 15 日至 19 日連續五日之 WSC 含量日變動。表 2 為不同牧草在 7 月及 12 月所有取樣日期的平均日變化。除 7 月時成熟（50-55 日齡）指草的日變化較不顯著外，整體而言，參試牧草 WSC 含量在各個取樣時段均呈現明顯的日變動，且變動趨勢相似。由上午 8 時至下午 5 時的區間中，8 時之 WSC 含量最低，之後含量逐漸升高至下午 2 時達最高點，或下午 2 時後 WSC 增加的速度趨緩但仍持續增加至下午 5 時。參試各草種中，狼尾草之 WSC 含量最高，次為盤固草 A254，而百慕達草及指草含量最低。日變動方面，幼齡百慕達草及狼尾草之 WSC 日變化幅度最大，日間最高值分別為最低值之 2.2 及 2.1 倍（五日平均），而成熟狼尾草莖部的變動幅度最小，最高值僅較最低值增加 1.2 倍。由於狼尾草之 WSC 含量高且日變動幅度大，其 WSC 日間增加量可達乾物之 2.3%（成熟植株）至 3.7%（幼齡植株）。

圖 1 及表 2 結果顯示 WSC 的日變化為一普遍且規律的現象，而物種之本質如物種特性、成熟度、部位會造成其變動幅度、速度及高點位置之差異。幼齡及成熟之盤固草 A254 在 7 月時的日變化趨勢相似，但前者之含量較高，二者之 WSC 由 8 時逐漸增加至下午 2 時達最高點，分別增加 1.7%DM 及 1.5%DM，之後含量微幅下降；12 月時，WSC 的日間增加量與 7 月相似，然日變化情形稍有不同，下午 2 時至 5 時 WSC 含量未降低。指草方面：7 月時，成熟植株之 WSC 含量高於幼齡植株，但成熟植株的平均日變化不明顯。7 月時幼齡植株及 12 月時成熟植株的平均日間增加量分別為 0.9%DM 及 1.6%DM，增加幅度雖小但變動趨勢與 A254 相似。百慕達草方面：WSC 含量相對較低，成熟植株之含量較幼齡植株高。日變化趨勢與盤固草相近，幼齡及成熟植株之平均日間 WSC 增加量均為 1.7%DM，但增加幅度大。狼尾草方面：由於成熟狼尾草植株高大，試驗時將莖葉分開，分別測定 WSC 含量變動；幼齡植株因莖節短小，仍然以全株混合測量。狼尾草成熟植株與幼齡植株的變化趨勢稍有不同，成熟植株之平均日變動幅度較小，且 7 月間 WSC 含量開始增加的時間較 12 月間延後，幼齡植株則在二個測定時段內的日變化趨勢相似。

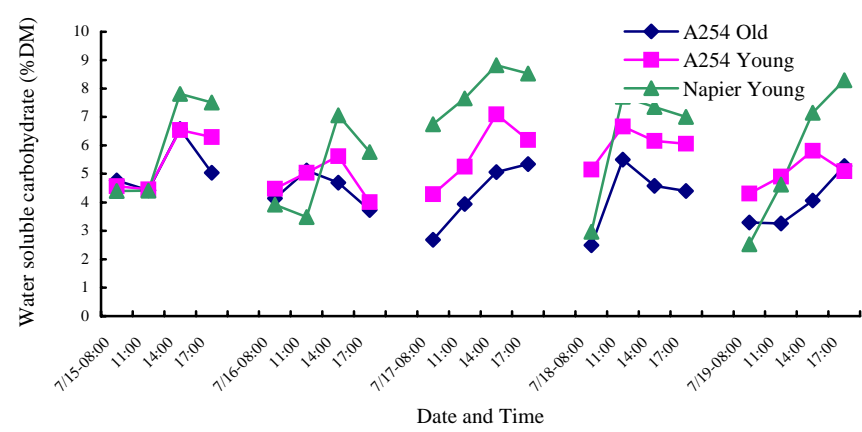


圖 1. 盤固草及狼尾草於 7 月間連續五日之 WSC 含量日變化。  
Fig. 1. Diurnal variations for five successive days in July for water soluble carbohydrate contents of pangolagrass and napiergrass.

表 2. 參試牧草在試驗期間 WSC 含量之平均日變化  
Table 2. Means and standard deviations of water soluble carbohydrate contents of the entries at different times

Line	Month	Plant state	Plant part	WSC			
				8:00	11:00	14:00	17:00
				----- % of DM -----			
A254	Jul.	Old	Whole plant	3.5±1.0	4.5±1.0	5.0±1.0	4.8±0.7
	Jul.	Young	Whole plant	4.6±0.4	5.3±0.8	6.3±0.6	5.5±1.0
	Dec.	Old	Whole plant	3.9±0.9	4.2±0.4	5.2±0.3	5.4±1.3
Survenola	Jul.	Old	Whole plant	3.9±0.5	3.9±0.2	4.1±0.4	3.9±0.8
	Jul.	Young	Whole plant	1.5±0.1	2.0±0.3	2.4±0.4	2.2±0.3
	Dec.	Old	Whole plant	2.6±0.3	3.3±0.3	3.9±0.3	4.2±0.5
Bermudagrass	Jul.	Old	Whole plant	2.6±0.4	3.1±0.5	4.3±0.8	3.9±0.5
	Jul.	Young	Whole plant	1.4±0.4	2.1±0.3	3.1±1.1	3.1±1.1
Napiergrass	Jul.	Old	Leaf	4.5±1.2	4.5±0.9	6.6±0.8	7.2±1.0
	Dec.	Old	Leaf	5.2±1.3	6.5±0.9	6.3±0.4	6.8±0.2
	Jul	Old	Stem	10.4±0.6	9.5±2.5	12.6±2.6	12.4±3.0
	Dec.	Old	Stem	10.0±2.7	10.7±0.5	10.4±1.2	11.7±1.5
	Jul	Young	Whole plant	4.1±1.7	5.6±2.0	7.6±0.7	7.4±1.1
	Dec.	Young	Whole plant	4.2±0.6	5.3±1.1	7.2±0.9	8.6±1.2

除上述之牧草因素外，不同取樣日期間 WSC 含量之變化幅度不同，而此種變動可能主要受當日不同氣象件所影響。試驗進行期間之氣象資料如表 3。試驗期間各取樣日期的氣象狀況都不同。

雨量方面：在上午 8 時至下午 5 時的區間內，除 7 月 16 日為陰天外，其餘各日均為晴天。7 月 15 及 16 兩日有顯著降雨，但雨量不大，15 日之降雨時間集中於夜間，16 日則分散於日間，使 7 月 16 日之日照時數與太陽輻射量成為試驗期間最低值。氣溫方面：7 月間連續五日之氣溫變域為 25.4-32.3℃，以 16 日之平均氣溫 27.4℃ 最低，18 日之平均氣溫 29.1℃ 最高。12 月之氣溫變域為 20-23.4℃，遠低於 7 月，最高平均氣溫為 10 日之 23.4℃，最低均溫為 8 日之 22.2℃。光照方面：7 月間的太陽輻射量較 12 月高，而 12 月之日照時數較長。太陽輻射量的變動如圖 2，各日之間差異極大。

表 3. 試驗期間之氣象資料

Table 3. The meteorological data in experimental period in 1999

Date	Air temperature			Solar radiation	Duration of sunshine	Precipitation
	Mean	Max	Min			
	°C			MJ/m <sup>2</sup>	Hours	mm
Jul. 15	27.8	31.5	25.4	14.0	1.9	20.0
Jul. 16	27.4	31.3	25.6	10.1	0.6	13.0
Jul. 17	28.9	32.3	26.2	22.8	4.4	3.0
Jul. 18	29.1	32.0	27.5	21.3	3.7	0.5
Jul. 19	28.9	31.5	27.1	18.4	4.2	0.5
Dec. 8	22.2	24.9	20.0	16.3	8.0	1.0
Dec. 9	22.6	26.0	16.5	14.4	6.4	0
Dec. 10	23.4	26.0	21.1	11.6	7.4	0

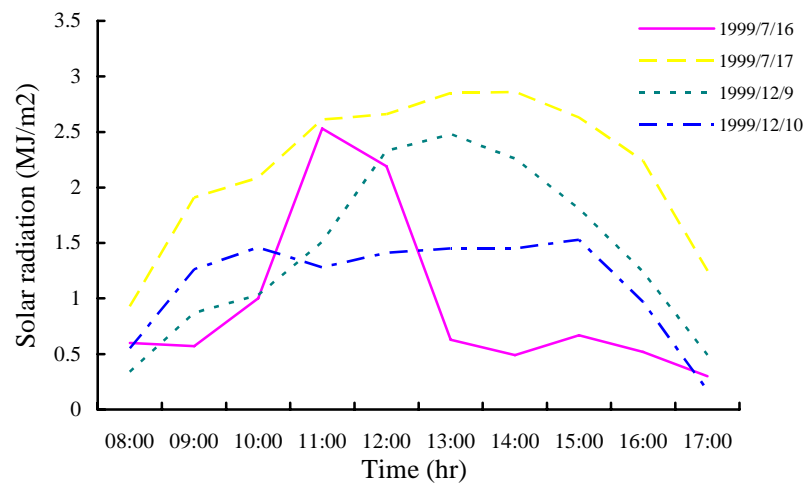


圖 2. 試驗期間 7 月 16 日、7 月 17 日、12 月 9 日及 12 月 10 日之太陽輻射量日變動。

Fig. 2. Diurnal variation in solar radiation on Jul.16, Jul.17, Dec.9 and Dec.10.

7 月 15 日及 16 日之總日照輻射較小，WSC 日變化也較小。除 7 月 18 日外，其餘各日最強之日照輻射集中於 11:00-14:00 間，其 WSC 日變化之高點出現於 14:00；而 18 日最強日照輻射時間前移至 10:00-13:00 間，其 WSC 之最高點亦向前移至 11:00。由表 3 及圖 2 可見 7 月 16 日、7 月 17 日及 12 月 9 日、12 月 10 日連續二日之氣象條件相差頗大，7 月 16 日及 12 月 10 日之太陽輻射偏低，將此四日內所有參試牧草之相對 WSC 含量（相對於上午 8 時之含量）平均，發現 WSC 日變動幅度由高至低分別為 7 月 17 日、12 月 9 日、12 月 10 日、7 月 16 日，顯示 WSC 含量與日照輻射間關係密切。

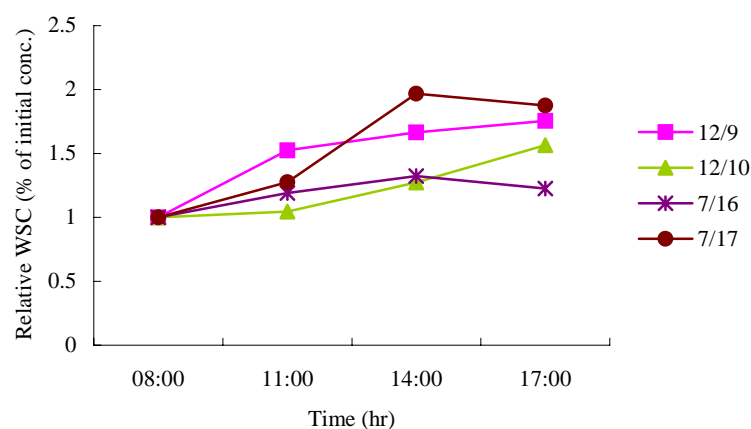


圖 3. 參試牧草於不同日期下之 WSC 含量日變動。

Fig. 3. Average diurnal variation in water soluble carbohydrate contents at different dates.

由本試驗結果，不論牧草種類、成熟度、植株部位及測定日期，在上午 8 時至下午 5 時間，牧草之 WSC 含量均出現明顯且相當一致的變動，甚至可能出現二倍以上的差距，顯示 WSC 在參試牧草體內的合成與轉化速度極快，且其變動為一相當規律與普遍的現象。溫帶牧草如苜蓿及高狐草也有顯著之 WSC 含量日變化 (Lechtenberg *et al.*, 1971; 1972)，其日變化曲線雖然隨牧草種類、可溶糖的種類、植株部位及收穫次數等而異，然而下午之 WSC 含量常較上午為高，與本試驗結果相似。

WSC 含量在上午 8 時時由於前夜的消耗與轉換含量不高，之後，隨太陽輻射增強，光合作用速率提高，WSC 含量即快速增加，下午 2 時之後日照強度逐漸減弱，光合成能力降低，WSC 累積速率亦降低，此一變化恰可與太陽輻射變化相對應，此外，晴天的 WSC 日變化量較陰天為大，均顯示日照強度可能是造成 WSC 含量日變化的重要因子。50-55 日齡之狼尾草、百慕達草及指草的 WSC 含量顯著高於 25-30 日齡之植株，可能與老齡植株葉片較多、葉面積指數較高有關，而其日變化幅度略低於幼齡植株則可能與植株的生理調節活性有關。至於盤固草 A254 之 50-55 日齡植株之 WSC 含量較 25-30 日齡植株為低，可能因 7 月時老齡植株正在開花，WSC 的消耗及轉運較多所致。

WSC 含量為影響牧草青貯的重要因子 (王等, 2000)，相對於溫帶牧草，熱帶牧草之 WSC 含量偏低，對調製青貯的適合度而言常介於稍低及適當之間，因此對於熱帶牧草 WSC 變化狀況的掌握更為重要，青貯材料應儘可能在晴天及接近中午後才收穫，以使材料之 WSC 含量維持在較適青貯的狀態。

## 參考文獻

- 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。
- 王永琴。1985。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。1985。狼尾草品系間光合成效率與季節間之變化。畜產研究 18:231-240。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2000。狼尾草品系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。
- 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探討。畜產研究 33:252-262。
- 盧啓信。1990。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。1990。牧草青貯調製。台灣牧草研究研討會專集 pp. 153-158。
- 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., M. Collins, D. R. Mertens and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- 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. Agron. 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.
- 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.

# The Diurnal Variation in Water Soluble Carbohydrate Contents of Four Tropic Forages<sup>(1)</sup>

Shu-Min Wang<sup>(2)</sup> Chia-Sheng Chen<sup>(2)</sup> and Yu-Kuei Cheng<sup>(2)</sup>

Received : Feb. 20, 2002 ; Accepted : Apr. 13, 2002

## Abstract

Four grasses, pangolagrass A254, Survenola, napiergrass TLG2, and bermudagrass, were used to investigate diurnal variations of water soluble carbohydrate (WSC) contents in this experiment. Plants of different ages were cut at different times each day to observe the WSC variations in July and December of 1999. It was found that diurnal variations of the WSC contents had a tendency to occur in these four grasses. The WSC contents increased gradually from eight o'clock in the morning till two o'clock in the afternoon. In general, the WSC contents were obviously lower in the morning than those in the afternoon. The extent of WSC variation varied with lines, plant ages, and cutting dates. The WSC contents in the afternoon could be over three times as high as those in the morning in some conditions. In A254, the variation curves of different plant ages and harvest seasons were similar, but WSC contents of the young plants were higher than those of mature plants. In Suevenola, bermudagrass, and napiergrass, the WSC contents of young plants were lower and varied more significantly than those of aged plants. In napiergrass, the diurnal variation of leaves was more significant than that of stems, and the variation curves in July and December were similar. Our results also showed that the extent of diurnal variation of the WSC corresponded with the level of solar radiation. It indicated that diurnal variations of the WSC were closely related to solar radiations.

Key words: Pangolagrass, Napiergrass, Bermudagrass, Water soluble carbohydrate.

---

(1) Contribution No.1097 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

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