

種植期、收穫期及品種對青貯玉米發酵品質的影響⁽¹⁾

王紓愍^{(2) (3)} 陳嘉昇⁽²⁾ 游翠鳳⁽²⁾ 劉信宏⁽²⁾

收件日期：95年12月4日；接受日期：96年2月25日

摘要

為了解不同種植期及收穫時期對青貯玉米發酵品質的影響，本研究以推廣品種台農3號、台南19號及台南21號為材料，分別於2月、3月及4月種植，再於吐絲後7天、14天、21天及28天收穫，進行實驗規模青貯，青貯40天後開封測定青貯品質。試驗結果顯示，種植月份與收穫時間明顯影響青割玉米青貯前組成、青貯發酵與青貯品質的表現。三個品種的表現相當一致，青貯前材料以台南21號之水溶性碳水化合物含量略低，台南19號的乾物含量略低，而青貯結果，除台南21號之乳酸含量略低外，其餘性狀均無顯著品種差異。青貯前乾物率均隨成熟度增加而增高，而水溶性碳水化合物含量則隨之下降，但不同種植月份之變動幅度與速率不一。2月種植之水溶性碳水化合物含量較高，4月份種植者收穫時已進入雨季，初期乾物率較低。青貯發酵後，乙酸含量明顯隨收穫成熟度之增加而降低；乳酸含量則相反，以較晚收穫者較高，但無遞增現象；丁酸含量均極低，各處理無顯著差異；丙酸含量亦低，但有隨收穫成熟度增加而降低之趨勢。2月種植者各收穫期之青貯料pH值均低於4、青貯品質評分均高於90；3月種植與4月種植，吐絲後14天前收穫之青貯品質評分較差。本試驗結果說明青割玉米可調製為優良青貯料的割期範圍廣，但由於不同環境條件導致之植體成分差異，提前收穫有不利青貯發酵之風險。此外，植體成分與各項青貯指標的關係亦在本文中討論。

關鍵詞：青割玉米、水溶性碳水化合物、乾物率、青貯料。

緒言

青割玉米是指供做芻料利用的玉米，即當玉米生長至適當的成熟度後全株收穫供青飼或青貯，其與食用及飼料用玉米之主要差異在於品種選擇及栽培管理。目前臺灣已有數個青割玉米品系推廣，包括台農3號、台南19號及台南21號等，均為單雜交種玉米，各具特性。台農3號對露菌病具高抗病性，對葉斑病、煤紋病、矮化嵌紋病、銹病（普通型）為中抗（何等，1998）。台南

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1353號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

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

19號具豐產、抗露菌病、莖腐病、矮化嵌紋病、銹病及玉米螟（曾等，1994）。台南21號為中晚熟品種，不易倒伏，除對開花期之玉米螟不具抗性外、對其它主要的玉米病蟲害均具抗性（曾，1999）。

青割玉米消化率高、嗜口性佳，可供青飼或青貯，是本地的重要芻料之一。所謂青貯是指藉由厭氧環境下的乳酸發酵，將牧草之pH值降低至一定程度之下，以抑制其他微生物的活動而達牧草保存之目的（李，1985；盧，1990；Rotz and Muck, 1994）。青貯發酵的狀況決定於收穫材料之水分與水溶性碳水化合物含量，以及植體緩衝能力。通常，適期收穫的青割玉米之植體緩衝能力極低、水分含量與水溶性碳水化合物含量適當，不須添加或接種即可以調製品質良好的玉米青貯料，但在實際作業時常有許多環境或因因子無法掌握，以致適期收穫困難，在此情形下，收穫之青割玉米是否仍可調製為良好的青貯料值得探討。

王等（2004）研究顯示，種植時期與收穫時成熟度對本地青割玉米品種之非結構性碳水化合物含量影響甚巨，因此，本研究利用主要推廣品種於不同種植時間及成熟度下收穫之青割玉米材料進行青貯調製，探討不同收穫狀況下對青貯品質的影響，並了解青割玉米青貯發酵過程中各種因子間之關係。

材料與方法

I. 材料：

青割玉米（*Zea mays* L.）台南19號與台南21號種子由台南區農業改良場朴子分場提供，台農3號種子來自農業試驗所。

II. 栽培及收穫：

分別於民國91年2月、3月及4月種植於畜試所恆春分所試驗田區，小區面積4 m×3 m，行株距80 cm×15 cm，三區集，以台肥二號（N：P₂O₅：K₂O = 11：9：18, 600 kg/ha）為基肥，中耕培土時再追施尿素100 kg/ha。試驗期間進行性狀調查並記錄各處理之開花吐絲日期（以小區吐絲達50%的時間為基準），於吐絲後7天、14天、21天及28天收穫，供取樣烘乾及青貯試驗。

III. 青貯：

全株材料收穫後以人工切短為5公分左右，利用小型油壓機將材料擠入直徑20公分、高25公分之塑膠桶中，每桶填充5公斤之青割玉米，密封後貯存於室溫下（23-33℃）。貯存40天後開封取樣，樣品保存於-20℃下，供青貯品質分析。

IV. 取樣分析：

青刈及青貯樣品於收穫或開封後立即取樣，樣品經80℃烘乾並磨粉，保存於4℃冷藏庫。分別測定各樣品之乾物率、水溶性碳水化合物含量。

V. 水溶性碳水化合物含量測定：

以80%的酒精於80℃下萃取三次，合併萃取液並定量，依Morris（1948）方法採anthron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℃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、丙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。因本試驗系統密閉，沒有滲漏，因此以青貯後之乾物率除以青貯前之乾物率計算乾物回收率。

結果

I. 青貯前之水溶性碳水化合物含量與乾物率變化

參試青割玉米青貯前取樣之水分與水溶性碳水化合物含量變化大，乾物率由17%至44%，水溶性碳水化合物含量變化範圍8%~20.7%。由變方分析，影響之主要因子為成熟度與種植月份，品種主效應與品種×月份、品種×成熟度交感效應不顯著。表1為各主效應之平均值。隨著成熟乾物率遞增、水溶性碳水化合物含量下降；種植月份間也有顯著差異，二月種植之含糖量顯著高於三、四月種植者，四月種植之含水率較二、三月種植者高；品種間的差異小，僅台南21號的水溶性碳水化合物含量略低，台南19號的乾物率稍低。種植月份與成熟度交感在水溶性碳水化合物含量與乾物率上均顯著，圖1、圖2分別為水溶性碳水化合物及乾物率在不同種植月份下隨成熟度變化的情形。

表 1. 青割玉米青貯前乾物量與可溶性碳水化合物含量之品種、種植時間與成熟度主效應平均值
Table 1. Effect of varieties, planting date and maturity stage on dry matters and water-soluble carbohydrate contents of forage corn

Item	Dry matter	Water-soluble carbohydrate
	_____ % _____	
Variety		
Tainung no. 3	28.1 ^a	13.3 ^a
Tainan no.19	27.0 ^b	13.2 ^a
Tainan no.21	28.0 ^a	12.1 ^b
Planting date		
7 th , January	28.8 ^a	14.5 ^a
7 th , March	27.8 ^a	12.0 ^b
9 th , April	26.6 ^b	12.1 ^b
Days after silking		
7 days	20.7 ^d	13.8 ^{ab}
14 days	24.5 ^c	14.0 ^a
21 days	30.2 ^b	13.1 ^b
28 days	35.4 ^a	10.6 ^c

^{a, b, c, d} Means with different superscripts in the same column and the same section differ significantly (P<0.05).

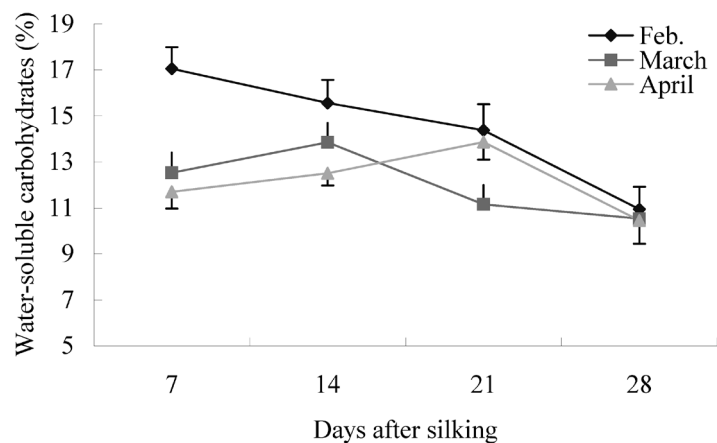


圖 1. 青割玉米於不同月份種植及不同成熟度下收穫之水溶性碳水化合物含量。

Fig. 1. Water-soluble carbohydrate contents of forage corn planted in different months and harvested at different maturity stages.

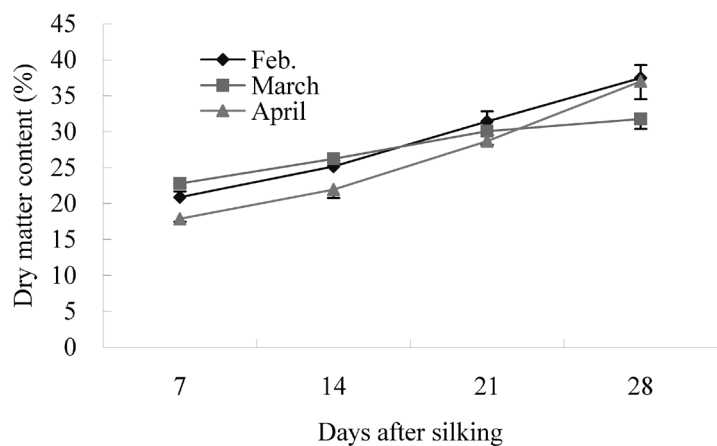


圖 2. 青割玉米於不同月份種植及不同成熟度下收穫之乾物含量。

Fig. 2. Dry matter contents of forage corn planted in different months and harvested at different maturity stages.

II. 青貯結果

青貯結果變方分析，品種主效應與品種與種植月份、成熟度交感在各指標上均不顯著，種植月份與成熟度主效應與交感效應則在多個項目下顯著。表2為各處理青貯發酵之主效應平均，除乳酸以台南21號的含量稍低外，其他各項均無品種差異；種植月份、成熟度、種植月份與成熟度交感效應在乙酸、丙酸及乳酸含量上均顯著（圖3）。各參試處理之乳酸與乙酸含量變化範圍大，分別介於2.7~106.6 g/kg dw及5.2~75.7 g/kg dw間，丁酸與丙酸含量均極低。參試處理中大約75%的青貯發酵產酸都是以乳酸為主，其餘則以乙酸為主要產酸。

表3為pH、青貯評分、乳酸／乙酸比及乾物回收率之各主效應平均。品種在pH、青貯評分及乾物質回收率上均不顯著，僅乳酸／乙酸比有差異，台南21號之乳酸／乙酸比值較低。而植期月份、成熟度及種植月份與熟度交感則在青貯pH、青貯評分、乳酸／乙酸及乾物質回收率上均有明顯差異。三個種植月份中以二月之青貯品質最佳（pH低、評分高、乳酸／乙酸值高且乾物回收率高），而三、四月種植者收穫時間早於吐絲後14天之青貯品質表現差（圖3）。隨著成熟青貯品質明顯提升（表3）。

表 2. 青割玉米青貯料揮發性脂肪酸含量之品種、種植日期及成熟度主效應平均值

Table 2. Effect of varieties, planting dates and maturity on volatile fatty acids of forage corn silage

Item	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid
	g/kg dw			
Variety				
Tainung no. 3	20.5 ^a	0.67 ^a	0.54 ^a	54.5 ^{ab}
Tainan no.19	22.4 ^a	0.73 ^a	0.65 ^a	56.2 ^a
Tainan no.21	23.7 ^a	0.80 ^a	0.62 ^a	49.9 ^b
Planting date				
7 th , January	8.8 ^c	0.02 ^b	0.41 ^a	66.0 ^a
7 th , March	21.2 ^b	0.26 ^b	0.54 ^a	57.1 ^b
9 th , April	35.8 ^a	1.90 ^a	0.85 ^a	38.0 ^c
Days after silking				
7 days	41.0 ^a	2.03 ^a	0.66 ^a	41.8 ^c
14 days	27.2 ^b	0.87 ^b	0.39 ^a	53.5 ^b
21 days	10.2 ^c	0.05 ^c	0.70 ^a	65.0 ^a
28 days	11.8 ^c	0.10 ^c	0.67 ^a	52.8 ^b

^{a, b, c} Means with different superscripts in the same column and the same section differ significantly (P<0.05).

III. 青貯各因子間相關

乾物率與水溶性碳水化合物是影響青割玉米青貯的重要因子，由表4結果，乾物率與pH值、乙酸、丙酸、乳酸、乳酸／乙酸、青貯評分及乾物回收率等青貯指標間的相關較高，水溶性碳水化合物含量則只與pH與乳酸二項青貯指標有相關。表4同時亦清楚呈現青貯品質各指標間關係，其中乙酸與pH及丙酸呈顯著正相關，與乳酸、乳酸／乙酸比、青貯評分及乾物回收率間呈顯著負相關；pH值、青貯評分與其他各指標間的關係相當一致。圖4為本試驗中各處理之乾物率與pH、青貯評分間分布關係，顯示青割玉米可在極大的水分範圍（82%~57%）下調製為優良的青貯料，但在高水分含量下的風險較高。

表 3. 青割玉米青貯料青貯品質之品種、種植日期及成熟度主效應平均值

Table 3. Effect of varieties, planting dates and maturity on silage quality

Item	pH	Fleig's score	Lactic acid /Acetic acid	Dry matter recovery
Variety				%
Tainung no.3	3.9 ^a	83.8 ^a	5.5 ^a	89.5 ^a
Tainan no.19	3.9 ^a	83.6 ^a	5.2 ^a	89.4 ^a
Tainan no.21	3.9 ^a	79.9 ^a	4.4 ^b	90.0 ^a
Planting date				
7 th , January	3.7 ^c	96.1 ^a	7.8 ^a	92.1 ^a
7 th , March	3.8 ^b	81.4 ^b	4.4 ^b	89.3 ^{ab}
9 th , April	4.1 ^a	70.4 ^c	2.9 ^c	87.6 ^b
Days after silking				
7 days	4.1 ^a	67.0 ^c	2.3 ^d	83.2 ^c
14 days	3.8 ^b	79.4 ^b	4.0 ^c	88.8 ^b
21 days	3.7 ^c	92.8 ^a	7.4 ^a	90.5 ^b
28 days	3.8 ^b	89.2 ^a	6.1 ^b	95.4 ^a

^{a, b, c, d} Means with different superscripts in the same column and the same section differ significantly ($P < 0.05$).

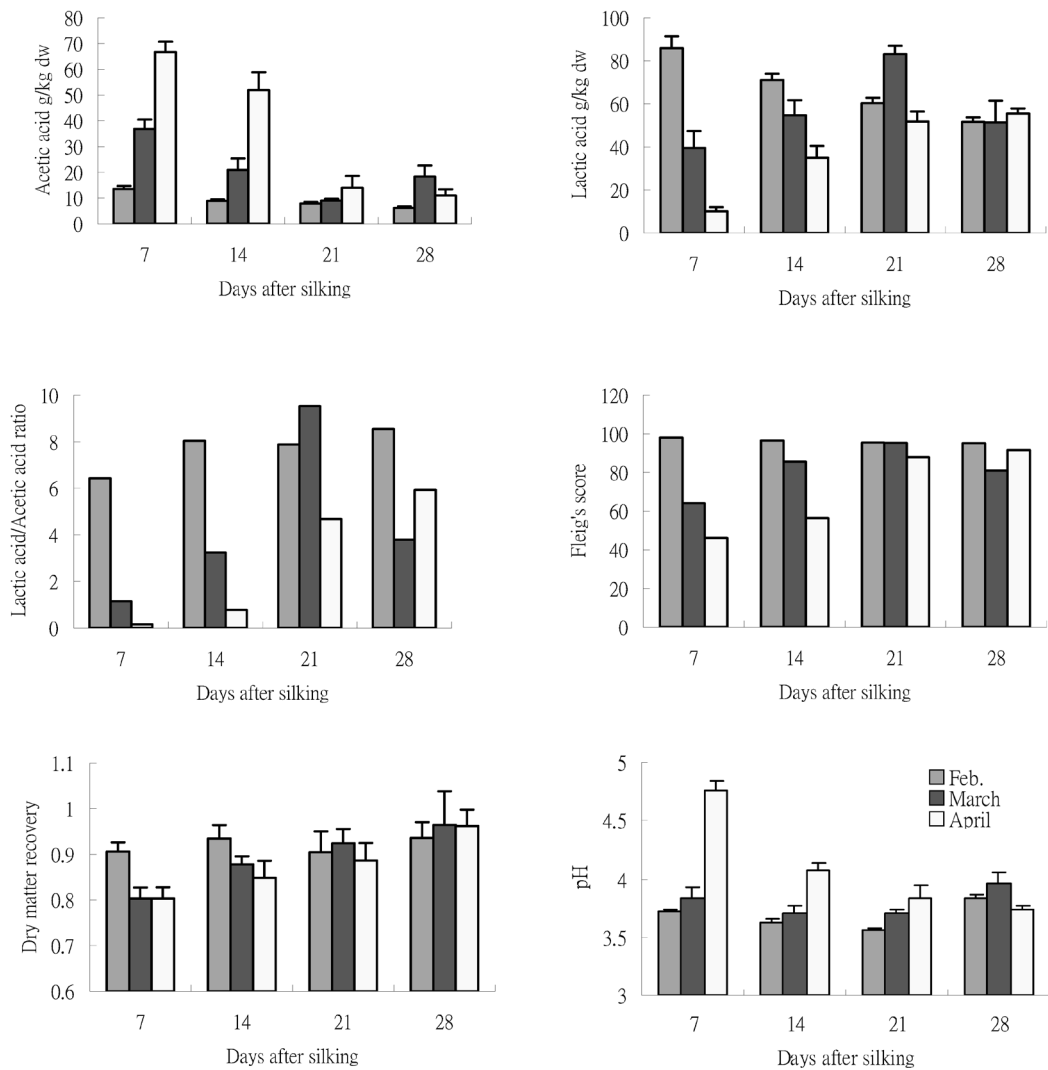


圖 3. 於不同種植日期及收穫時間下青割玉米青貯之乙酸含量、乳酸含量、乳酸／乙酸比、青貯評分、pH值及乾物回收率。

Fig. 3. Acetic acid, lactic acid, lactic acid/acetic acid ratio, Fleig's score, pH values, and dry matter recovery of corn silages planted in different months and harvested in different maturity.

表 4. 乾物含量、水溶性碳水化合物與青貯品質各指標間相關 (n=106)

Table 4. Correlation among water-soluble carbohydrate, dry matter content, pH, acetic acid, propionic acid, butyric acid, lactic acid, L/A ratio and Fleig's score (n=106)

	Dry matter	WSC	pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid	Lactic acid /Acetic acid	Fleig's score
WSC	-0.46**								
pH	-0.44**	-0.29*							
Acetic acid	-0.68**	-0.12	0.80**						
Propionic acid	-0.57**	-0.15	0.84**	0.87**					
Butyric acid	0.02	-0.11	0.19	0.08	0.23				
Lactic acid	0.28*	0.31*	-0.77**	-0.77**	-0.72**	-0.13			
L/A	0.53**	0.12	-0.64**	-0.83**	-0.59**	-0.08	0.78**		
Fleig's score	0.56**	0.19	-0.79**	-0.93**	-0.78**	-0.23	0.85**	0.85**	
Dry matter recovery	0.27*	0.07	-0.29*	-0.46**	-0.32	-0.10	0.28*	0.43**	0.39**

* : Significant at 5% level.

** : Significant at 1% level.

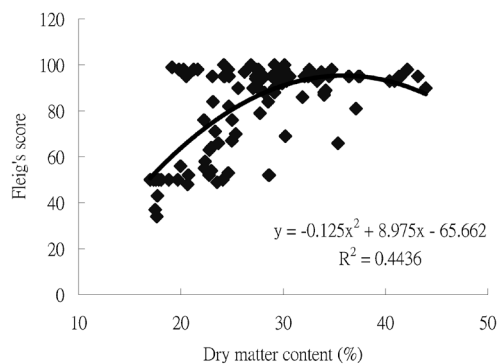
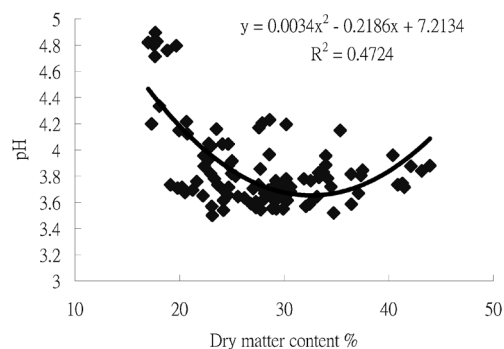


圖 4. 本試驗青割玉米青貯料之乾物含量與pH、青貯評分間分布的關係。

Fig. 4. The relationship between dry matter content and pH, Fleig's score of corn silages in this study.

討論

青割玉米的主要種植期為春、秋兩季，但由於農地利用及市場需求，有逐漸分散的趨勢，收穫時間也可能因後作或其他因素而調整，致收穫時成熟度相差甚大，植體水分與水溶性碳水化合物含量也變化很大。整體而言，植體之水分含量及水溶性碳水化合物含量隨成熟度而降低，但變動的幅度不一，可能與生長期間的環境有關。前人研究顯示，牧草之水溶碳水化合物含量變化大，且受多種環境因子的影響（Moore and Hatfield, 1994）。本試驗2月種植者分別於4/22、4/30、5/6及5/13收穫，生育日數由60日至81日，3月種植者吐絲時間略為提早，收穫日期分別為5/21、5/27、6/3及6/11，生育日數由58天到79天，4月種植者吐絲時間明顯較前月提早7天，分別於6/11、6/17、6/24及7/1收穫，生育時間為51至71日。由於2月種植者之生育環境初期溫度較低，使得植株達開花與收穫之生長時間較長，且收穫當月之平均日夜溫差在12℃以上，而3月、4月種植者之吐絲時間較之提前3~10天，收穫期間之日夜溫差也降至11.5-10℃，可能是造成本試驗2月種植者之水溶性碳水化合物含量較高的原因之一；3月種植吐絲後28天與4月種植吐絲後7天收穫之水分含量較其他月份的同收穫期高，可能與收穫前數日連續降雨有關。本試驗採試驗規模青貯，青貯容器閉封性良好，各種不同水分與水溶性碳水化合物組合之青割玉米多數都發酵良好，pH值低於4且評分高，但3月及4月種植之早期收穫者（吐絲後14天前）的乙酸含量偏高、乳酸偏低、pH值高於4、乾物損失率較高（圖3），應與此材料含水率高，糖分相對不足有關，但2月種植者無此現象，應與其含水率雖相似但含糖量較高有關。Davies *et al.*（1998）表示，在相似的水分含量下，含糖量低的青貯草之乳酸／乙酸比下降，可能與在糖分受限情形下易於發生異質乳酸發酵有關。王等（2000, 2002）的試驗中亦有相似情形。Johnson *et al.*（2003）表示不同品種、成熟度與收穫處理青割玉米之水分含量、水溶性碳水化合物含量、青貯發酵情形均有顯著差異。本試驗之青貯在品種間無差異應與三品種對環境反應相當一致有關（王等，2005）。在高水分與高糖分條件下，牧草青貯發酵的速度較快，產酸量亦高，但若水溶性碳水化合物含量不夠高，無法產生足夠的乳酸使青貯料之pH下降至足以抑制其他微生物作用的程度，則有可能產生丁酸發酵的情形（Muck, 1987, 1990; Rotz and Muck, 1994）。本試驗同樣顯示，丁酸只在高含水率且低糖分的情形下較易產生，同時在高水分含量下，青貯發酵不佳的比例亦較高（圖4），說明青割玉米可調製為優良青貯料（pH值 ≤ 4 ，發酵產酸以乳酸為主）的成熟度（割期）範圍雖廣，但由於不同環境條件導致之植體成分差異，提前收穫植體含水率高，不利青貯發酵。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇。2005。青割玉米非結構性碳水化合物含量變化之研究。畜產研究 38：1-9。
- 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。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2002。水溶性碳水化合物含量的變化對狼尾草青貯品質的影響。畜產研究 35：143-150。
- 何千里、謝光照、盧煌勝。1998。青割玉米單雜交種台農3號之育成。中華農業研究 47：189-203。
- 曾清田。1999。青割玉米新品種「台南21號」。台南區農業專訊 29：2-4。
- 曾清田、李文輝、陳振耕。1994。青割玉米新品種「台南19號」。台南區農業專訊 9：2-4。
- 盧啟信。1990。牧草青貯調製。台灣牧草研究研討會專集 PP.153-158。

- Davies, D. R., R. J. Merry, A. P. Williams, E. L. Bakewell, D. K. Leemans and J. K. S. Tweed. 1998. Proteolysis during ensilage of forages varying in soluble sugar content. *J. Dairy Sci.* 81 : 444-453.
- Johnson, L. M., J. H. Harrison, D. Davidson, W. C. Mahanna and K. Shinnars. 2003. Corn silage management: Effects of hybrid, maturity, inoculation, and mechanical processing on fermentation characteristics. *J. Dairy Sci.* 86 : 287-308.
- 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.
- Kung, L.Jr., J. H. Chen, E. M. Kreck and K. Knutsen. 1993. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76 : 3763-3770.
- Moore, K. J. and R. D. Hatfield. 1994. Carbohydrates and 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.229-280.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107 : 254-255.
- Muck, R. E. 1987. Dry matter level effects on alfalfa silage quality I. nitrogen transformations. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers* 30 : 7-14.
- Muck, R. E. 1990. Dry matter level effects on alfalfa silage quality II. fermentation products and starch hydrolysis. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers* 33 : 373-381.
- 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.

The effect of planting date, harvest date and variety on fermentation characters of corn silage⁽¹⁾

Shu-Min Wang⁽²⁾⁽³⁾, Chia-Sheng Chen⁽²⁾, Tsui-Huang Yu⁽²⁾ and
Hsin-Hung Liu⁽²⁾

Received : Dec. 4, 2006 ; Accepted : Feb. 25, 2007

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of variety, planting date and maturity stages on fermentation characters of corn silage. Three extension varieties of forage corn, Tainung no. 3, Tainan no.19, and Tainan no.21 were used in this study. Forage corns were planted in February, May and April, and were harvested at 7, 14, 21, and 28 days after silking, and then ensiled in laboratory scale for 40 days. Comparing the ensiling characters, except that water-soluble carbohydrates content of Tainan no.21 and dry matter content of Tainan no.19 were lower, the other performances of these three varieties were similar. With regard to silage quality, there was no difference among varieties, except the lower lactic acid content in Tainan no.21. Chemical components of pre-ensiling plants, fermentation situations and silage quality were affected by planting month and maturity. Contents of moisture and water-soluble carbohydrates of ensiling materials decreased with maturity by different ranges and rates. Forage corn planted in February had higher water-soluble carbohydrates, while those planted in April, harvested early had lower dry matter content due to the rainfall. Acetic acid contents decreased and lactic acid contents increased as maturity increased. Butyric acid contents of all treatments were very low and there were no difference among them. Propionic acid contents were low and decreased as maturity increased. The pH value of all treatments planted in February were below 4 and their Fleig's score were above 90. The silage quality of which planted in May and April and harvested younger were worse than those harvested later. Our results showed that the maturity for good quality ensiling ranged widely. However, advancing harvest might be detrimental for ensiling owing to the difference of plant composition under different environment. Correlations among plant component and each ensiling character were also discussed in this study.

Key words: Water-soluble carbohydrates, Dry matter, Silage quality.

(1) Contribution No.1353 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

