

# 青割玉米於青貯適期後全株與莖葉之營養成分變化<sup>(1)</sup>

陳嘉昇<sup>(2)(4)</sup> 劉建甫<sup>(3)</sup> 王紓愨<sup>(2)</sup>

收件日期：113 年 4 月 22 日；接受日期：113 年 6 月 19 日

## 摘 要

本研究之目的為探討青割玉米於青貯適期至完熟期營養成分之變化，以了解其全株與莖葉 (stover) 之芻料價值。本文以 4 個品系自吐絲後 14 天至 70 天，每隔 7 天收穫調查，以探討青貯適期起至完熟期的營養成分變化。結果顯示，全株的粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量於調查期間呈線性微幅降低，前後期差距僅在 1% 上下；酸洗纖維 (acid-detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral-detergent fiber, NDF) 含量於吐絲 49 天後持平或微幅降低；澱粉含量由吐絲前期的低於 5% 以曲線增加至 70 天的 40%。莖葉方面，CP 含量與全株之變化相同，於調查期間僅微幅降低；NDF 含量約在 35 天降至低點，後期上升，距最低點約 3%；ADF 含量自 39% 升至 42%，呈線性提高；澱粉含量於全期均低。以一般青貯適期之吐絲後 35 天與延遲收穫之 70 天進行比較，全株 CP 之差異不顯著，NDF、ADF 均以 70 天低於 35 天，差異達顯著水準；而乾物產量由 35 天的 15.0 mt/ha 提高至 70 天時的 18.1 mt/ha，乾物率亦大幅提高。表示若延後 35 天收穫，可以得到高乾物量、營養價值不低於青貯適期的青割玉米原料。另調查莖葉組成變化，作為評估莖葉之芻料價值。結果顯示，吐絲後 70 天之莖葉 CP 含量為 8.5%，NDF、ADF 含量分別為 64.8% 及 42.6%，乾物產量 7.5 mt/ha，相當於單次盤固草的收穫量，為具芻料潛力的副產物原料。

關鍵詞：成熟度、青割玉米、營養成分。

## 緒 言

青割玉米為國內自產的最大宗芻料，其主要的利用方式為青飼及青貯，然兩者對於較小規模的養羊或養鹿場而言，都有實際應用上的困難，其難處包括青割或青貯料小量供貨的意願與經濟性、採食量小造成青貯開封後的品質劣變等。為利於小型反芻動物能順利使用青割玉米，其調製利用方式應另作探究。

而芻料調製利用的課題為調製成本、原料成本與產品品質，各環節攸關其產業化的可行性。在此目的之下，陳等 (2024) 以四個青割玉米品系調查青貯適期前期起至完熟期之後的各部位含水率與產量等，發現吐絲後 70 天較 35 天 (青貯適期) 之含水率降低 29%，雖然鮮重自 50.5 mt/ha 降至 31.2 mt/ha，乾重則由 15.0 mt/ha 提高至 18.1 mt/ha，對以乾燥芻料為調製目的者而言，全株玉米延遲收穫不僅減少乾燥的能源成本，也提升了在單位乾物成本上的利基。本文則進一步探討其營養成分變動。

青割玉米為草食動物全株利用，其成熟度、部位比例影響營養價值及青貯發酵品質，因而青割玉米的成熟度與營養價值、發酵品質等相關的探討為數眾多，但該研究幾乎都集中於乳熟期至糊熟期 (R3 – R5)，最遲到完熟期 Black layer stage (R6)，含水率介於 75% – 65%，鮮少低於 60% (Wiersma *et al.*, 1993; Schwab *et al.*, 2003)，因為此時段是適合青貯調製的極限時段，也因此除少數生質能源用途有關的報告涉及完熟期之後的部位比例或含水率外 (Shinners *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2012)，適期之後全株玉米於田間乾燥至較低含水率狀態的探討甚少。一般而言，玉米的莖葉 (stover) 隨著成熟而老化，營養價值降低 (Irbeck *et al.*, 1993)，而莖葉的消化率有品種間的差異 (Hunt *et al.*, 1992)。然而在全株玉米生育後期穀粒的比例隨著成熟而增加，提高全株消化率 (Hunt *et al.*, 1989; Darby and Lauer, 2002)。Bal *et al.* (1997) 青貯玉米餵飼乳牛試驗結果指出最適時期為 2/3 milkline stage，或 1/4 至 2/3 milkline 之間。由於苞穗與莖葉的比例與成分隨品種、環境而異，而供源 (source, 即光合作用量) 與積儲 (sink, 即植株整體之生長) 的關係影響更鉅 (Sanderson *et al.*, 1995; Lauer *et al.*, 2001)，因此全株營養價值與成熟度的關係視變因而有所

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2796 號。

(2) 農業部畜產試驗所南區分所。

(3) 國立臺灣大學生物資源暨農學院附設農業試驗場。

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

不同。陳等 (2007) 探討恆春地區春作環境下，不同月份播種及不同收穫期 (吐絲後 7 – 28 天) 植株性狀與成分的變化，指出雖然相較於其他牧草，青割玉米總可消化養分相對穩定，部分營養成分在種植月份間的變動趨勢不一致，推論是環境效應影響供源與積儲關係。陳及王 (2012) 曾探討吐絲後天數及生長積溫 (growth degree day, GDD) 與乾物率、營養成分的關係，亦著重青貯適期前後的探討，未以收穫較高乾物為目標。

為了探討以全株玉米作為青飼及青貯目的利用外之低水分芻料或調製原料的可行性，本文以四個品系探討青貯適期前期起至完熟期之後，莖葉、全株的營養成分的變化，比較完熟期與青貯適期成分之差異，並連結有關原料之產量、有關調製成本之含水率等之關係，以作為較低水分全株玉米調製利用的參考。

## 材料與方法

### I. 材料種植及調查

試驗品系：青割玉米試驗品系代號 H63、H70、H202、H101 為畜產試驗所南區分所 (以下簡稱南區分所) 育成之單交品系。101 年 9 月 10 日種植於南區分所試驗田區，小區面積 4 m × 4 m，行株距 80 × 18 cm，四區集，以臺肥 2 號複合肥料 (N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 11 : 9 : 18, 600 kg/ha) 為基肥，9 月 23 日以賜諾特 11.7% 水懸液 (SPINETORAM, 臺灣道禮公司) 1,000 倍進行秋行軍蟲防治，10 月 7 日中耕培土。

於吐絲期進行單株掛牌，每小區至少掛牌 40 株以上。於吐絲 14 日起，每間隔 7 天每小區收穫 4 株進行鮮重調查，取樣至吐絲後 70 日止。其中 2 株全株取樣外，另 2 株玉米分成莖葉與苞穗兩個部位，苞穗含苞葉、穗軸及發育中 (或成熟) 的玉米種子，莖葉則含苞穗以外的莖桿與葉片部分。各品種之全株、莖葉各 8 個樣品，經 80°C、48 小時後調查乾重，烘乾後磨粉，保存於 4°C 冷藏庫備用。

### II. 植體成分測定

- (i) 粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量：依照 AOAC (1984) 方法測定。樣品經濃硫酸高溫分解後，以自動定氮儀 (Gerhardt Vap 45) 測定 Kjeldahl 氮量，再換算為粗蛋白質量。
- (ii) 酸洗纖維 (acid-detergent fiber, ADF) 含量：依照 van Soest *et al.* (1991) 之方法，以纖維分析儀 (ANKOM 2000) 進行。樣品密封於專用濾袋 (ANKOM F57)，浸置於酸洗液中加熱震盪 75 分鐘，洗去溶液，取出濾袋烘乾稱重，計算酸洗纖維含量。
- (iii) 中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量：採添加  $\alpha$ -amylase 之方法 (van Soest *et al.*, 1991)，以纖維分析儀 (ANKOM 2000) 進行。樣品密封於專用濾袋 (ANKOM F57)，浸置於含有耐熱  $\alpha$ -amylase 之中洗液中加熱振盪 75 分鐘，洗去溶液，取出濾袋烘乾稱重，計算中洗纖維含量。
- (iv) 水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrates, WSC) 含量測定：樣品以 80% 的酒精於 80°C 下萃取四次，置 70°C 烘箱中去除酒精，合併萃取液並定量，依 Morris (1948) 方法，採 anthrone 呈色法進行。
- (v) 澱粉的測定：先以 80% 的酒精於 80°C 下萃取消去 WSC，棄去萃取液，樣品烘乾後加入過氯酸加熱水解，定量後同樣以 anthrone 呈色法測定含量 (Hansen and Møller, 1975)。

### III. 統計分析

合併品系資料，以 SAS 軟體 (SAS, 2002) 進行乾物率、產量及營養組成於吐絲後 35 天及 70 天兩種成熟度間成對 t 值測驗 (paired t test)。本試驗差異顯著水準為  $P < 0.05$ 。

## 結果與討論

### I. 4 品系青割玉米全株與莖葉於吐絲後 14 天至 70 天營養組成的變動

#### (i) 粗蛋白質

粗蛋白質含量結果如圖 1。玉米全株 CP 含量，於吐絲後 14 天四個品系介於 9.3 – 10.5% 之間，平均 9.5%，H101 高於其他品系，乃因葉片比例較高之故；吐絲後 35 天介於 8.2 – 9.2% 之間，平均 8.7%；吐絲後 56 天介於 8.6 – 8.9% 之間，差距甚小，平均 8.8%；吐絲後 70 天介於 8.2 – 8.8% 之間，平均 8.5%。綜言之，前期略高於後期，吐絲後 35 天至 70 天之粗蛋白質含量變化極微。其中 H101 在吐絲後 14 – 21 天期間超過 10%，42 天之後與其他品系差異微小。

莖葉之 CP 方面，吐絲後 14 天四個品種介於 9.3 – 10.9% 之間，平均 10.0%；吐絲後 35 天介於 8.4 –

10.2% 之間，平均 9.1%；吐絲後 70 天介於 8.3 – 9.0% 之間，平均 8.7%。與全株 CP 趨勢相同，前期略高於後期，56 天後約呈水平。H101 在前期顯著高於其他品系，應為其葉片數較多之故，後期可能因葉片老化與穗 / 株比變動等因素影響，差距變小。

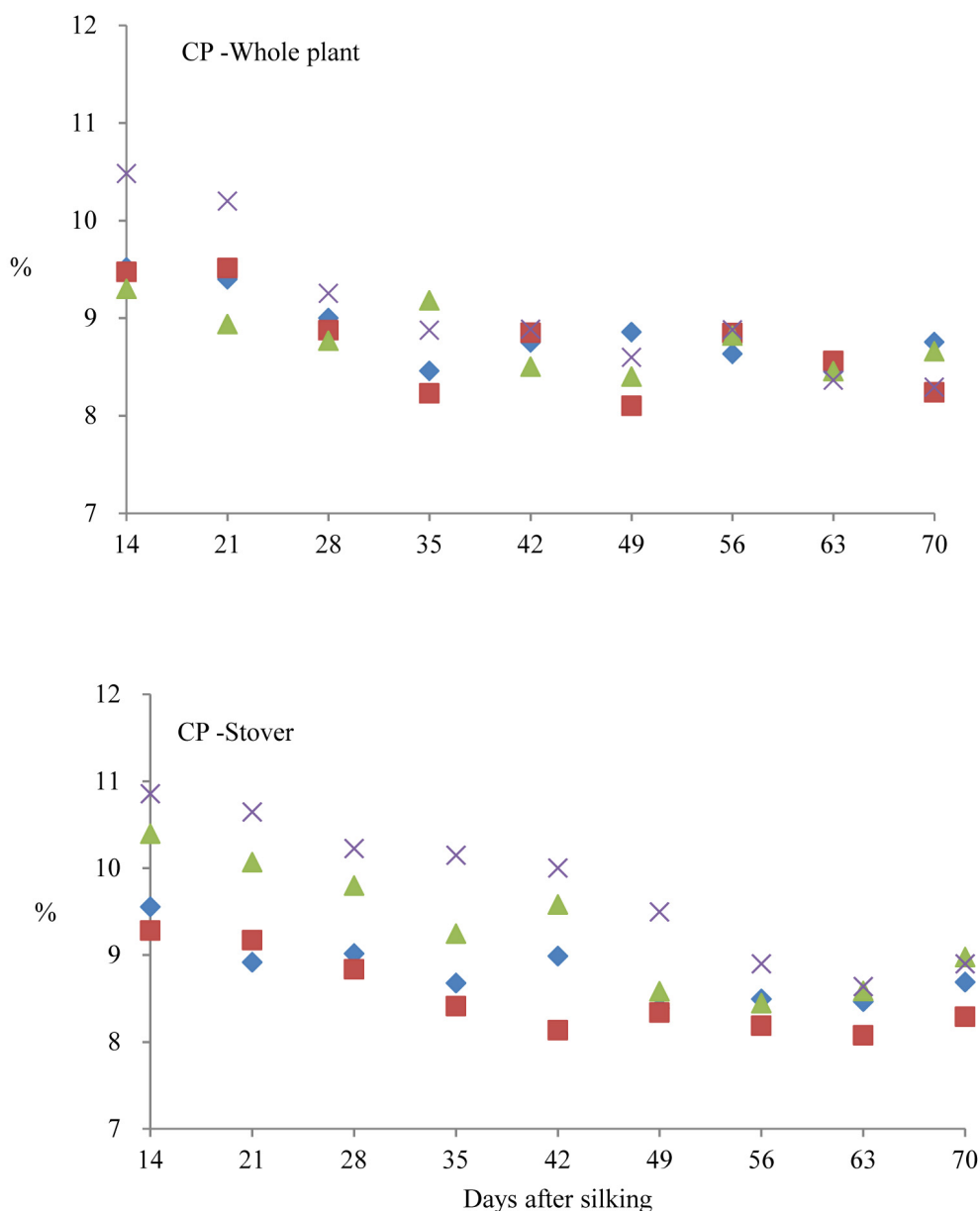


圖 1. 四個品系於吐絲後之全株粗蛋白質 (上圖) 與莖葉粗蛋白質 (下圖) 變化。

Fig. 1. Changes of crude protein of whole plant (upper) and stover (lower) during 14 - 70 days post silking for the four lines.

◆ H63 ■ H70 ▲ H202 × H101.

#### (ii) 中洗纖維

中洗纖維與酸洗纖維含量結果如圖 2。全株 NDF 方面，吐絲後 14 天四個品系介於 62.7 – 66.2% 之間，平均 64.3%；吐絲後 35 天介於 43.7 – 44.3% 之間，平均 44.0%；吐絲後 56 天介於 42.1 – 43.6% 之間，平均 43.0%；吐絲後 70 天介於 40.9 – 44.0% 之間，平均 42.0%。前期 (吐絲後 14 天) 最高，大幅降至 35 天的 44%，平均值以 49 天時最低，49 天之後微幅變動，品系間 NDF 含量差異可能與澱粉含量有關。陳及王 (2012) 合併品種及期作進行的相關分析結果顯示，NDF 含量與澱粉含量間具顯著負相關。

莖葉之 NDF 含量之變化趨勢與全株不同，一般前期較高，中期略低，後期再微升，但幅度不大。莖葉 NDF 含量在吐絲後 14 天四個品系介於 65.0 – 69.9% 之間，平均 67.4%；吐絲後 35 天介於 58.0 – 64.3% 之間，平均 60.9%；吐絲後 70 天介於 63.8 – 65.5% 之間，平均 64.8%。品系間莖葉之 NDF 含量差異幅度大於全株。

(iii) 酸洗纖維

全株之 ADF 含量方面，吐絲後 14 天四個品系介於 35.1 – 37.8% 之間，平均 36.6%；吐絲後 35 天介於 27.0 – 27.8% 之間，平均 27.2%；吐絲後 56 天介於 23.2 – 24.8% 之間，平均 24.0%；吐絲後 70 天介於 20.1 – 25.2% 之間，平均 23.5%。全株 ADF 含量於吐絲初期高，逐漸降至 49 天後續降低或持平 (圖 2)。

莖葉 ADF 含量高於全株 ADF，且變化趨勢不同於全株。吐絲後 14 天四個品系的莖葉 ADF 介於 37.1 – 39.8%，平均 38.2%；吐絲後 35 天介於 36.6 – 40.6%，平均 38.9%；吐絲後 56 天介於 38.3 – 45.1%，平均 42.0%，品系間差異大；吐絲後 70 天介於 40.9 – 44.9%，平均 42.6%，隨著莖葉老化逐漸上升 (圖 2)。

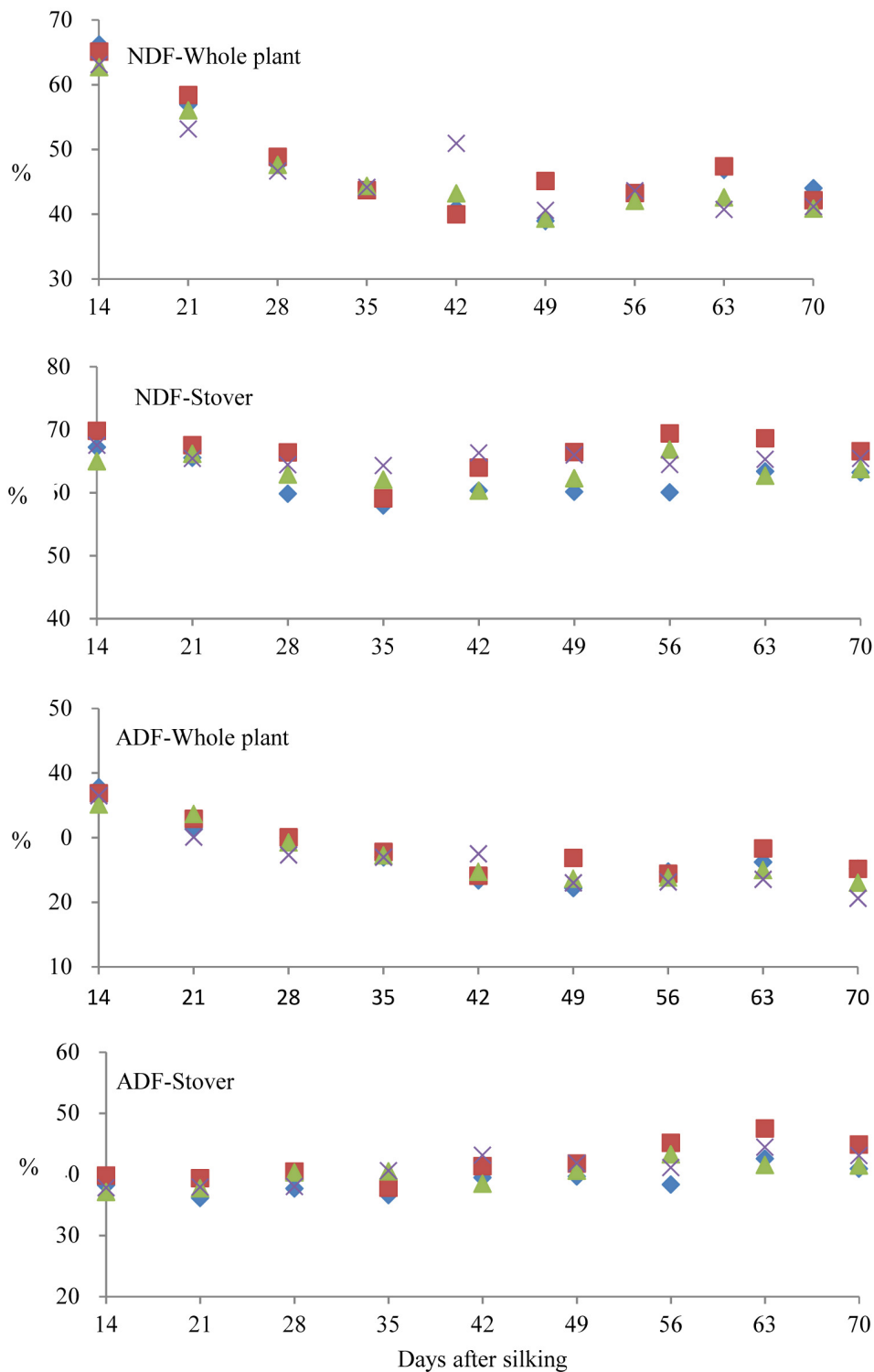


圖 2. 四個品系之全株及莖葉於吐絲後之中洗纖維、酸洗纖維變化。

Fig. 2. Changes of NDF and ADF in whole plant and stover during 14 - 70 days post silking for the four lines. ◆ H63 ■ H70 ▲ H202 × H101.

## (iv) 水溶性碳水化合物

WSC 含量在全株及莖葉都呈現前期高後期低的趨勢 (圖 3)，而以莖葉的分散度較大。全株方面，吐絲後 14 天四個品系介於 13.3 – 15.8% 之間，平均為 14.8%；吐絲後 35 天介於 6.6 – 14.9% 之間，平均為 9.9%；吐絲後 56 天平均 6.4%，吐絲後 63 天平均 5.1%；吐絲後 70 天平均 5.3%。莖葉 WSC 方面，四個品系間的差異大，吐絲後 35 天介於 6.7 – 17.1% 之間，平均為 11.6%，吐絲後 70 天介於 4.8 – 10.7% 之間，平均 7.7%，由圖 3 可看出四個品系莖葉的 WSC 含量變異較大，可能為品系特性差異，另，由於青割玉米 WSC 含量會隨著光照而有短時間變動 (王及陳，2005)，雖盡量於相同時間取樣，但 WSC 含量仍可能受操作程序之影響，故相對其他成分有較大之變異尚屬合理。

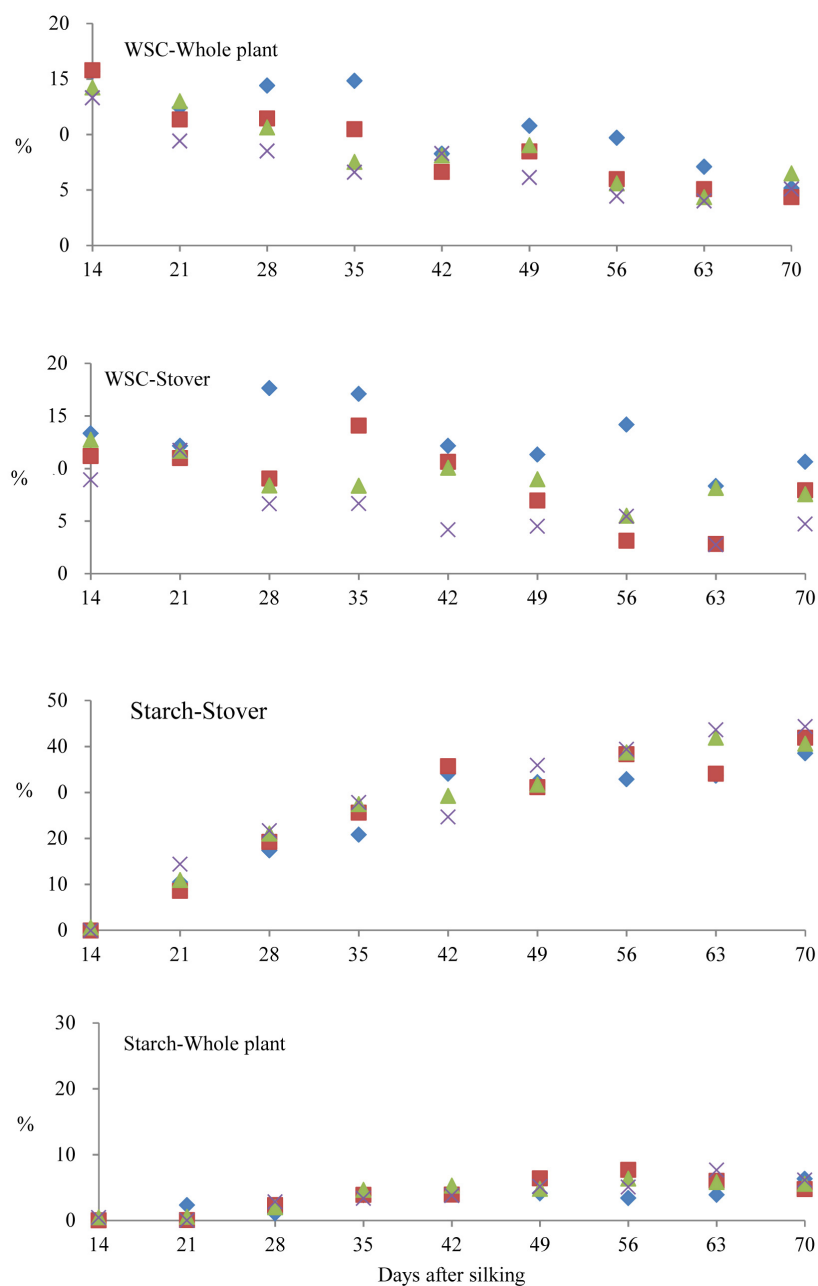


圖 3. 四個品系之全株及莖葉於吐絲後之水溶性碳水化合物與澱粉含量變化。

Fig. 3. Changes of the water soluble carbohydrate and starch of whole plant and stover during 14 - 70 days post silking for the four lines. ◆ H63 ■ H70 ▲ H202 × H101.

## (v) 澱粉

全株澱粉含量由吐絲後 14 天的平均含量為 0.2%，之後隨時間逐漸累積，品系間趨勢一致，但含量及累積速度略有差異。吐絲後 35 天達 20.9 – 27.9%，平均 25.5%；吐絲後 63 天含量介於 33.7 – 43.7%，平均 38.4%，品系間差異大；吐絲後 70 天介於 38.6 – 44.4%，平均 41.4%。品系間以 H101 澱粉含量最高，

相對其 WSC 含量最低。莖葉部分，所有品系之澱粉含量均甚低，吐絲後 14 天的平均為 0.3%，35 天平均 3.9%，品系間差異小；吐絲後 49 天平均 5.1%；之後平均均未達 6.0%，至 70 天介於 4.7 – 6.3%，平均 5.7% (圖 3)。

## II. 4 品系青割玉米營養成分變化與飼養價值討論

以品系平均值綜合描述吐絲後 14 – 70 天期間營養成分變化趨勢，如圖 4。全株之 CP 含量於整個調查期間呈現微幅降低，吐絲後 14 天平均含量為 9.7%，70 天為 8.5%，前後期差距僅為 1.2%，表示延期收穫對 CP 含量的影響小。飼養價值 (Relative Feed Value) 可由 NDF、ADF 預估 (Moore, 1994; Dunham, 1998)。全株 NDF、ADF 自前期降至吐絲後 49 天的低點後，隨割期延後含量持平或微幅降低。NDF 為乾物採食量之指標，ADF 為消化率之指標，由表 1 資料估算，延遲收穫至完熟期 (吐絲後 70 天) 的全株採食量、消化率及相對飼養價值分別為 2.86%BW、70.6% 及 156，均略高於青貯適期 (吐絲後 35 天) 的 2.73%BW、67.7% 及 143。澱粉含量由吐絲後 14 天的微量呈曲線累積至 70 天的 40%，吐絲後 35 天與 70 天的 NDF 含量分別為 44.0 及 42.0%；ADF 含量為 27.2 及 24.5%。

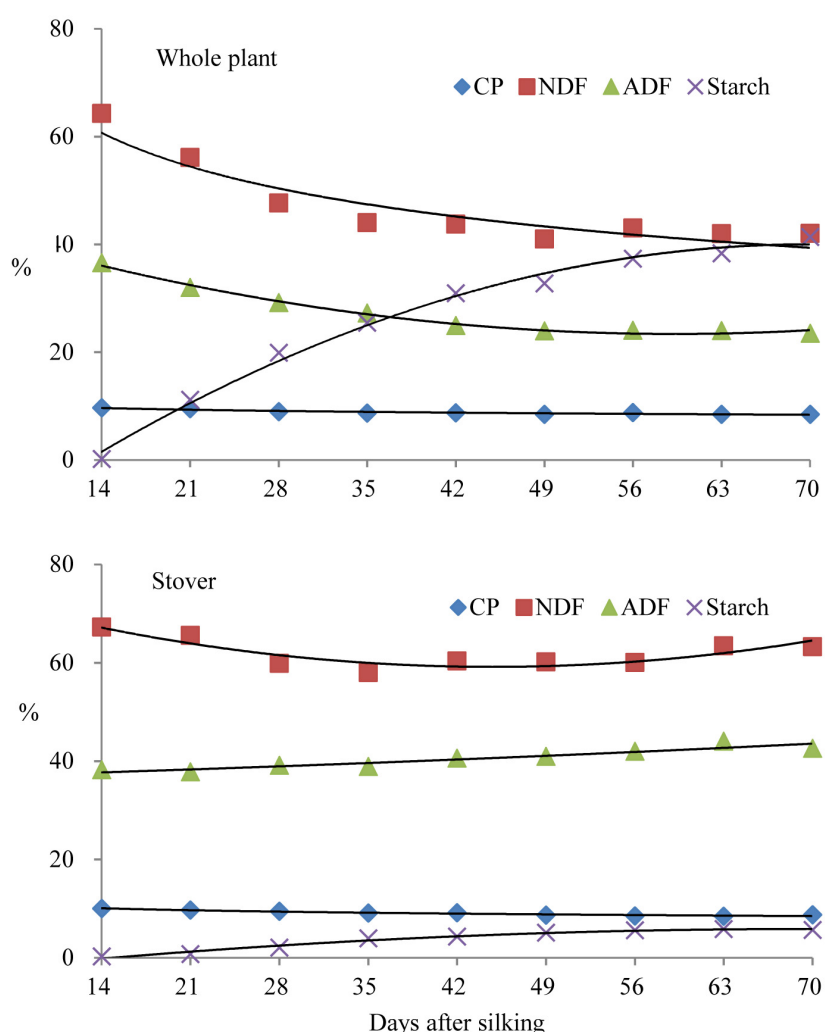


圖 4. 吐絲後 14 – 70 天 4 玉米品系平均之全株 (上圖) 莖葉 (下圖) 營養成分含量變動趨勢圖。

Fig. 4. Variation trends of nutrient contents during 14 - 70 days post silking for the whole plant and stover of the average of four lines. ◆ H63 ■ H70 ▲ H202 × H101.

莖葉方面，CP 於整個調查期間呈現微幅降低，前後期差距僅在 1% 之內，與全株之狀況相同。NDF 約在吐絲後 35 天降至低點，後期微升，距最低點僅 3% 之內；ADF 自 39% 升至 42%，呈線性提高。澱粉的含量均低。本研究除全株的營養成分調查外，亦調查莖葉的目的除了解組成部位的影響，另一原因為在芻料不足的區域，玉米莖葉也有可能做為芻料原料被利用 (Katoch, 2017)。本研究結果顯示莖葉之 NDF 約 65%，低於適割期的盤固草及狼尾草；ADF 約 42%，相當於適割期的盤固草及狼尾草 (陳及王, 2005; Chen *et al.*, 2006)。由本文，不同品系間莖葉的 NDF、ADF 有差異存在，但在全株之含量差異則因其他部位比率增加等因素而抵銷。

ADF 含量與植株持綠性 (Stay green) 及田間抗性等有關係，必要時可做為選拔標的 (Tolera *et al.*, 1999; Arriola, 2006)。

### III. 青貯適期收穫與完熟期收穫之比較

依國內青割玉米之收穫利用制度，約於吐絲後一周即開始配送做為青飼料利用，直至數週之後、含水率降至 27 – 30% 時，做為青貯原料整批供應養牛場或企業調製為玉米青貯料，因此，由性能 (品質) 價格比的觀點來看，以相同或相近的採購價格能得到較高的乾物率及營養成份，顯然較成熟的青割玉米商品性價比較高。所謂青貯適期原料不僅含水率適中，易於獲得良好發酵品質，其澱粉亦充分累積且莖稈上不至過度老化；田間再延遲收穫至含水率 40%，已是割期探討之極限 (王等, 2007)。本研究單獨列出青貯適期收穫之原料 (吐絲後 35 天, 乾物率 29.6%) 與完熟期收穫之原料 (吐絲後 70 天, 乾物率 59.5%) 進行產量與營養成分的比較，以評估兩種不同目的下所收穫原料之差異，結果如表 1。

表 1. 玉米於吐絲後 35 天與 70 天之全株與莖葉之產量與營養成分比較

Table 1. Comparisons of nutrient contents and yield of whole plant and stover between 35 days and 70 days after silking

Item	Days after silking	Dry matter	Fresh yield	Dry yield	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid de-tergent fiber	Water solu-ble carbohy- drate	Starch
	Days	%	mt/ha	mt/ha	----- % -----				
Whole plant	35	29.6 <sup>b</sup>	50.5 <sup>a</sup>	15.0 <sup>b</sup>	9.1	44.0 <sup>a</sup>	27.2 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	25.5 <sup>b</sup>
	70	59.5 <sup>a</sup>	31.2 <sup>b</sup>	18.1 <sup>a</sup>	8.7	42.0 <sup>b</sup>	23.5 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>	41.4 <sup>a</sup>
Stover	35	23.2 <sup>b</sup>	37.0 <sup>a</sup>	8.5	8.7	60.9 <sup>b</sup>	38.9 <sup>b</sup>	11.6 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>
	70	48.0 <sup>a</sup>	16.0 <sup>b</sup>	7.5	8.5	64.8 <sup>a</sup>	42.6 <sup>a</sup>	7.7 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Means in same column within same item with different superscripts are significantly different at 5%.

以全株而言，青貯適期 (吐絲後 35 天) 與完熟期收穫 (吐絲後 70 天) 之 CP 分別為 9.1 及 8.7%，差異不顯著；NDF、ADF 均以 70 天顯著低於 35 天 ( $P < 0.05$ )；而乾物產量由 35 天的 15.0 mt/ha 提高至 70 天時的 18.1 mt/ha，乾物率則自 29.6% 提高至 59.5%。表示由青貯適期 (吐絲後 35 天) 延長 35 天採收，可降低材料含水率至 40%，其 CP 含量變動不大；雖莖稈老化以致莖稈部位的 NDF、ADF 提高，但因全株澱粉大幅提升 16%，使得延期收穫之全株 NDF、ADF 低於前者。亦即延遲收穫可得到高乾物率、營養價值不低於青貯適期的青割玉米原料。延遲收割雖有延長田間使用時間及增加風險之缺點，但其總乾物產量的提高及含水率的降低，亦提升了延遲收穫在單位乾物成本上的利基，及其後續調製之乾燥成本。

而摘除苞穗的莖葉部分，吐絲後 70 天之 CP 為 8.5%，與吐絲後 35 天差異不顯著；70 天之 NDF、ADF 分別為 64.8 及 42.6%，高於 35 天，乾物產量由 8.5 mt/ha 降至 7.5 mt/ha (約為單次盤固草的收穫量)，可視為具芻料價值的副產物原料，在國內大面積推廣硬質玉米的當下，將其莖葉部分轉而為芻料利用方式亦值得重視。

## 結 論

本研究綜合 4 個品系結果顯示，在青貯適期至完熟期間，隨收穫時間延長，全株青割玉米的乾物率增高，CP、NDF、ADF 等含量也會隨時間變化，但變化幅度不大，同時澱粉含量明顯大量增加，整體而言，品質不受老化影響，具相當調製價值；同時，吐絲後 70 天之莖葉之營養組成與乾物產量相當於單次盤固草的收穫量，為具芻料潛力的副產物原料。

## 參考文獻

- 王紓愨、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。
- 王紓愨、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2007。種植期、收穫期與品種對青貯玉米發酵品質的影響。畜產研究 40：37-47。
- 陳嘉昇、王紓愨。2005。盤固草試管真消化率的變動與預測。畜產研究 38：197-207。

- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳、劉信宏。2007。品種、種植期與收穫期對青割玉米產量與品質的影響。畜產研究 40：1-15。
- 陳嘉昇、王紓愨。2012。青割玉米營養成分的變動與相關性探討。畜產研究 45：287-301。
- 陳嘉昇、劉建甫、王紓愨。2024。青割玉米於青貯適期後莖葉、苞穗與全株之產量與含水率變化。畜產研究 57：1-9。
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC. pp.125-142.
- Arriola, K. G. 2006 Effect of stay-green ranking, maturity and moisture concentration of corn hybrids on silage quality and the health and productivity of lactating dairy cows. Thesis of University of Florida.
- Bal, M. A., J. G. Coors, and R. D. Shaver. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* 80: 2497-2503.
- Chen, C. S., S. M. Wang, and J. T. Hsu. 2006. Factors affecting in vitro true digestibility of Napiergrass. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19: 507-513.
- Darby, H. M. and J. G. Lauer. 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agron. J.* 94: 559-566.
- Dunham, J. R. 1998. Relative feed value measures forage quality. Forage Facts# 41. KState AES and CES.
- Hansen, J. and I. Møller. 1975. Percolation of starch and soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. *Analytical Biochemistry* 68: 87-94.
- Huang H., D. B. Faulkner, L. L. Berger, and S. R. Eckhoff. 2012. Harvest date influence on dry matter yield and moisture of corn and stover. *ASABE* 55: 593-598.
- Hunt, C. W., W. Kezar, and R. Vinande. 1989. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agric.* 2: 357-361.
- Hunt, C. W., W. Kezar, and R. Vinande. 1992. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *J. Prod. Agric.* 5: 286-290.
- Irlbeck, N. A., J. R. Hallauer, and D. R. Buxton. 1993. Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influenced by hybrid maturity and generation, plant density and harvest date. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 41: 51-64.
- Katoch, R., A. T. Apoorva, and S. Sood. 2017. Improving nutritive value and digestibility of maize - a review. *Forage Res.* 43: 174-180.
- Lauer, J. G., J. G. Coors, and P. J. Flannery. 2001. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Sci.* 41: 1449-1455.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with Dreywood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.
- Moore, J. E. 1994. Forage quality indices: development and application. 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, p. 977-998.
- SAS. 2002. SAS ver 9.0 Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. N.C. USA.
- Sanderson, M. A., R. M. Jones, J. C. Read, and H. Lippke. 1995. Digestibility and lignocellulose composition of forage corn morphological components. *J. Prod. Agric.* 8: 169-174.
- Schwab, E. C., R. D. Shaver, J. G. Lauer, and J. G. Coors. 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109: 1-18.
- Shinners, K. J., B. N. Binversie, R. E. Muck, and P. J. Weimer. 2007. Comparison of wet and dry corn stover harvest and storage. *Biomass and Bioenergy* 31: 211-221.
- Tolera, A., T. Berg, and F. Sundstøl, 1999. The effect of variety on maize grain and crop residue yield and nutritive value of the stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 79: 165-177.
- van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Wiersma, D. W., P. Carter, K. A. Albrecht, and J. G. Coors. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod. Agric.* 6: 94-99.

# Changes in Nutritional Composition in whole plants and stover of forage corn after silage period <sup>(1)</sup>

Chia-Sheng Chen <sup>(2)(4)</sup> Jian-Fu Liu <sup>(3)</sup> and Shu-Min Wang <sup>(2)</sup>

Received: Apr. 22, 2024; Accepted: Jun. 19, 2024

## Abstract

The purpose of the study aimed to analyze the changes in nutritional composition in forage corn from the silage period to the full maturity period, in order to understand the forage value of the whole plant and the stover. The study conducted a harvest survey every 7 days from 14 to 70 days after silking of four forage corn lines to investigate the changes in nutritional composition from the early silage and harvest period to maturity. The results showed a slight linear decline in the crude protein (CP) content of the whole plant during the survey period, with the difference of only 1% in pre/post period. The content of acid-detergent fiber (ADF) and neutral-detergent fiber (NDF) remained stable or slightly decreased after 49 days post-silking, while starch content increased from less than 5% in the early stages to 40% at 70 days.

In terms of stover, CP exhibited a similar trend to the whole plant, decreasing slightly over the survey period. NDF reached its lowest point around 35 days and then increased, showing a difference of about 3% from the lowest point. ADF linearly increased from 39% to 42%, and starch content remained low throughout the period. The harvest of average silage period at 35 days after silking and the delayed harvest at 70 days were compared and showed no significant difference in whole-plant CP, but NDF and ADF were significantly lower at 70 days, compared with at 35 days, reaching a level of significance. Dry matter yield increased from 15.0 mt/ha at 35 days to 18.1 mt/ha at 70 days, with a substantial increase in dry matter percentage. This suggests that delaying harvest by 35 days can yield maize material with higher dry matter and nutritional value comparable to that harvested at the silage period. Furthermore, this study aimed to evaluate the forage value of stover by surveying the changes in stover composition. The results showed that stover harvested 70 days after silking had CP, NDF, and ADF percentages of 8.5%, 64.8%, and 42.6%, respectively, with a dry matter yield of 7.5 mt/ha, equivalent to the yield of a single pangolagrass harvest, which suggests its potential as a byproduct with forage material.

Key words: Maturity, Forage corn, Nutritional composition.

---

(1) Contribution No. 2796 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

(3) Experimental Farm, College of Bioresources and Agriculture, National Taiwan University.

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