

青割玉米營養成分的變動與相關性探討⁽¹⁾

陳嘉昇⁽²⁾⁽³⁾ 王紓愷⁽²⁾

收件日期：101 年 6 月 30 日；接件日期：101 年 8 月 23 日

摘要

由於品種的多樣與栽培季節的分散，使得產銷市場上青割玉米的品質呈現不穩定狀態。本研究進行不同品種、不同期作植株乾燥速度與營養成分變動的探討，做為國產青割玉米的收穫管理與飼養的參考。吐絲後乾物率的提升受品種及環境影響，品種 V_p 最快、 V_{d1} 最慢；隨氣溫升高，乾物率上升速率提高；降雨會降低乾物率，但影響過後則回到上升趨勢線。以吐絲後天數、積溫、生理成熟指標判別乾物率可以概估乾物率，但都含有相當程度的誤差。吐絲後各項成分隨成熟度有顯著的變化，一般而言，粗蛋白質（CP）、中洗纖維（NDF）、中洗纖維消化率（NDFd）、酸洗纖維（ADF）隨割期下降，澱粉（Starch）、非結構性碳水化合物（NFC）上升；不同品種及期作下趨勢略有差異，但在正常生育狀況下乳熟期至黃熟前的總可消化養分（TDN）變動有限。病蟲害或天候不良影響授粉等會降低澱粉含量及穗佔全株的比例（ER）等，並降低試管真消化率（IVTD）與 TDN。不同品種、期作間的營養價值有顯著的差異。TDN 與 NDFd、Starch、IVTD 及 ER 呈正相關，與 ADF、水溶性碳水化合物（WSC）呈負相關；鮮重及乾物產量均與營養成分或性狀無顯著相關。澱粉、穗/株比是良好的消化率指標，可做為高消化率的品種特性或收穫指標。

關鍵詞：青割玉米、品質、營養成分。

緒言

國產青割玉米年由於品種的多樣與栽培季節的分散，使得產銷市場上的品質呈現不穩定狀態。牧草生產者重視的產量，但動物飼養者更重視的是飼養價值項，另外，對青貯調製而言，玉米生育後期植株的水分狀況是一個很重要的影響因子，而這些性狀都隨各別因素呈現變動狀態。由於國內調查資料的缺乏，生產者對青割玉米含水率、飼養價值，甚至產量、產期的掌握度均低，有進一步改善的空間。本研究進行植株乾燥速度與營養成分變動的探討，做為國產青割玉米的收穫管理與飼養的參考。

青割玉米的全株含水率是收穫管理的重要性狀，含水率隨著生理成熟而降低，但品種含水率的降低速度不同且受環境影響（Lauer *et al.* 1999）。成熟度自吐絲至完熟劃分為 R1 – R6 各階段，並在 R5 左右以玉米粒胚乳中乳漿和硬實的分界線（milkline）的位置更仔細的劃分為 milkline stage。據前人研究，

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1782 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: chencsg@mail.tlri.gov.tw。

milkline stage 與全株含水率的迴歸關係雖佳，但各別 milkline stage 內的變異性大，例如同樣為 50% milkline stage，但全株含水率可由 50%至 74%，而這些變異在不同年度間都同樣出現，不同品種間關係亦不同 (Wiersma *et al.* 1993; Lauer *et al.* 1999)。

收穫期與飼養價值的關係是一個重要課題，一般而言，玉米的槁桿隨著成熟而老化，營養價值降低 (Irbeck *et al.* 1993)。然而在生育後期穀粒的比例隨著成熟而增加，提高全株消化率 (Coors *et al.* 1997; Darby and Lauer, 2002)，除因穀粒的比例提高而改變營養價值之外，穀粒澱粉的消化率隨著成熟而降低 (Philippeau and Michalet-Doreau, 1997)，而槁桿的消化率有品種間的差異 (Hunt *et al.* 1992)，因此生育後期的營養價值的變因較多。Bal *et al.* (1997) 青貯玉米餵飼試驗結果指出最適時期為 2/3 milkline stage，或 1/4 milkline 至 2/3 milkline 之間。由於苞穗與槁桿的比例與成分隨品種、環境而異，而供源與積儲的關係影響更鉅 (Sanderson *et al.* 1995; Cox *et al.* 1994; Coors *et al.* 1997; 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，使得成分變動較大，尤其台灣有春、秋期作及少量的夏作，將使變動更難以掌握；此外，對青貯而言，不同期作含水率變化速度差異大，未掌握適當含水率對青貯有不良影響 (王等, 2007)。因此本研究以台灣主要青割玉米產區-雲嘉地區的生產田的主要栽植品種為對象，於春、夏、秋三季調查自吐絲期起至黃熟的連續變動，分析其間差異與關係，以有助了解國產玉米成分變動。

材料與方法

- I. 參試品種：春作為 V_p 、 V_{gh} 、 V_{t21} ，夏作為 V_{18} 、 V_{gh} ，秋作為 V_{t1} 、 V_{gh} 。
- II. 田間調查：於玉米生產田區之不同播種期樣區，單株掛牌記錄吐絲期，自吐絲期起間隔 4 - 7 天，取 3 株調查個別植株之含水率、生理成熟度 (細分 milkline)、苞穗比例等，直至黃熟期為止。春作共三個試區，分別位於雲林縣口湖鄉、嘉義縣六腳鄉及朴子市；夏作試區一個，位於屏東縣里港鄉；秋作試區一個位於嘉義縣朴子市。春作吐絲掛牌起始日期分別為 2 月 16 日 (口湖) 及 2 月 23 日 (六腳、朴子)，夏作吐絲日期為 6 月 17 日，秋作為 11 月 6 日。各單株調查後個別烘乾磨粉進行成分分析。
- III. 氣象資料收集及分析：每日氣象資料來源為雲林分場及高雄農改場農業氣象站，由中央氣象局提供。配合氣象資料等分析不同品種、不同氣候條件下的乾燥速率變化及乾燥速率與生理成熟度的關係。生長積溫由下列公式計算：

$$GDD = \sum [(T_{max} + T_{min}) / 2 - T_{11}] \quad (\text{若每日 } T_{max} > 30^{\circ}\text{C} \text{ 則 } T_{max} = 30^{\circ}\text{C}, \text{若每日 } T_{min} < 11^{\circ}\text{C} \text{ 則 } T_{min} = 11^{\circ}\text{C}。)$$
- IV. 化學分析：將上述樣品烘乾磨粉，分別測定各樣品之乾物率、粗蛋白質 (CP)、酸洗纖維 (ADF)、中洗纖維 (NDF)、灰分 (ash)、澱粉 (starch)、水溶性碳水化合物含量 (WSC)、中洗纖維消化率 (NDFd) 及試管真消化率 (IVTD)。CP 含量以 Kjeldahl 法測定 (AOAC, 1984)；ADF 及 NDF 的測定以 ANKOM 200 纖維分析器進行 (Komarek *et al.* 1996; Vogel *et al.* 1999)，NDF 分析採添加 α -amylase 方法 (van Soest *et al.* 1991)。WSC 依 Morris (1948) 方法採 anthron 呈色法測定；WSC 萃取液棄去後之樣品烘乾，加入過氯酸加熱水解，以 anthron 呈色法測定澱粉含量。IVTD 以 ANKOM F57 濾袋及 DAISY II 200 乾物消化器 (ANKOM Technology, New York, USA) 進行 (Darby and Lauer, 2002; Chen *et al.* 2006)。化學分析每一樣品重複二次。NDFd 計算式如下：NDFd =

$100\{[NDF-(100-IVTD)]/NDF\}$ 。再將上列數值輸入 MILK2000 試算表，估算 NFC、TDN (Schwab *et al.* 2003)。TDNc 為修改上述試算表，取消 15% 之糖分上限計算所得。

V. 統計分析：以 SAS 程式 (SAS, 2006) 進行迴歸分析、相關分析、變方分析、及平均值比較等。

結果與討論

I. 吐絲後全株乾物率的變化

1. 春作

V_p 及 V_{gh} 的乾物率約以每日平均 0.35% 及 0.28% 速度遞增，過程中有乾物率突降之狀況，因調查日之前大雨，田間含水率飽和所致 (圖 1)。四月上旬起天氣轉晴、氣溫回升，乾物上升快速。 V_{t21} 植株含水率高，且蚜蟲嚴重危害，乾物率上升速度緩慢，每日乾物上升僅 0.16%。可降雨及氣溫影響乾物率上升速度，且品種間差異明顯。

2. 夏作

夏季高溫成熟速度快，吐絲期間連日大雨，田間含水率高且授粉不良， V_{gh} 及 V_{18} 的乾物率平均每日遞增 0.43% 及 0.50%。該 2 品種在吐絲後 21 天乾物率即達 28%，上升速率每日達 0.8%，隨後因雨而趨緩 (圖 1)。因此，若夏作晴天日數多，則乾物率的上升速率應更高。

3. 秋作

調查期間降雨少，乾物率和吐絲天數有極佳的線性關係。由於後期低溫，R5 到 R6 時間長，吐絲後 70 天才達 R6。 V_{gh} 及 V_{t1} 的乾物率變化接近，平均每日遞增 0.43% 及 0.40% (圖 1)。

綜合上述，乾物率的變化有品種間差異， V_p 最快、 V_{t21} 最慢。不同環境下，乾物率上升速率不同，氣溫為主要影響因子，氣溫升高，乾物率上升速率提高；降雨有短暫的影響，影響過後會回到上升趨勢線。

II. 累積溫度、生理成熟度指標與全株乾物率的關係

由於乾物率變化明顯受溫度影響，本研究進而探討積溫與乾物率變化的關係。但由圖 1 知利用積溫取代天數，並未能提高當季內迴歸線之 R^2 ，因該等誤差可能大部分來自田間含水率，但利用於合併季節之估算可減少氣溫差異之干擾。如 V_{gh} 品種春夏合併，以天數為自變數之 R^2 為 0.58，以積溫則提高為 0.85 (圖 1)。

生理成熟度指標亦常用於全株乾物率的判斷，一般而言，生理成熟度與乾物率呈正相關，然生理成熟度在 R4 之前不易準確判別，R5 之後有 milkline 為指標。生理成熟度與乾物率的關係如圖 2，春作 V_p 及 V_{gh} 的 R^2 較低，其餘約在 0.6 至 0.8 之間，將 V_p 三個季節合併為 0.52。表示生理成熟度 (或 milkline) 與乾物率雖有正相關但誤差仍大，同一季節內同在 R5 約有 5%~10% 的差異，同一品種不同季節合併亦約有 10% 的偏差。此偏差一則由田間含水率等之偏差引起，另則由於生理成熟度指標本身判讀之精確度不足，如 R5 在 milkline 出現之前可能跨越數天，而 milk line 比例的目測亦含有誤差 (圖 2)。

III. 營養成分的變化

1. 春作

營養成分的連續變化以三個田區平均值繪圖說明如圖 3。CP 隨割期降低， V_{t21} 含量高。NDF 採添加 α -amylase 分析方法之結果，中洗纖維隨割期降低， V_p 之中洗纖維含量較高。NDFd 隨割期降低， V_p 及 V_{gh} 在 42 天後趨緩， V_p 較高， V_{t21} 在初期即比其他兩品種低約 10%。NFC 隨割期升高， V_{t21} 較低。ADF 隨割期降低， V_{t21} 較高且 V_{t21} 在後期升高，可能與蟲害有關。IVTD 隨

割期降低， V_p 及 V_{gh} 在 42 天後上升， V_{gh} 高於 V_p 高於 V_{t21} 。TDN 割期間差異不大，並無隨成熟而上升， V_{gh} 高於 V_p 高於 V_{t21} 。TDNc 略高於 TDN，除 V_{t21} 後期降幅有差異外，其餘趨勢接近。據 Hunt *et al.* (1989) 指出 NDF 含量在 2/3 milkline stage 時因澱粉累積而降低，隨後隨纖維累積及糖分降低，NDF 再度提高，然本研究添加 α -amylase 分析方法之結果，中洗纖維隨割期降低，與該結果不符；但本研究另曾不添加 α -amylase 進行 NDF 測定，其結果則初期下降、R5 後又呈現上升，則符合該結果，可能因殘留澱粉干擾所致。Hunt *et al.* (1989) 另亦指出 *In situ* 瘤胃消化率隨著生理成熟而降低，但計算 TDN 卻無相同之趨勢；本試驗結果亦發現 TDN 在割期間的差異不大。

2. 夏作

整體趨勢與春作相似，如圖 5。 V_{gh} 之 CP 含量與春作接近， V_{18} 含量較高。NDF 趨勢同春作， V_{gh} 之 NDF 含量低於春作。NDFd 趨勢同春作，但低於春作。NFC 高於春作。ADF 可能因結實不良引起，後期無持續降低。IVTD 前期高、後期有轉折，與春作相似。TDN 因結實不良，澱粉含量低，故 TDN 低，在 55-62% 之間。TDNc 則在 65% 以上。

3. 秋作

除 IVTD 與 TDN 外，趨勢亦與春作相近。CP 隨割期降低，含量與春作相近。NDF 初期和春作接近，但後期降至 50% 以下，蓋因 NFC 提高所致。NDFd 方面， V_{gh} 前期平緩，52 天後明顯下降， V_{t1} 低於 V_{gh} 。NFC 初期和春作接近，後期約較春作高 10%，達 40%。ADF 趨勢及含量和春作相似。IVTD 曲線平緩， V_{gh} 於 52 天後略降， V_{t1} 於 45 天後略升， V_{gh} 高於 V_{t1} 。TDN 於 23 天起提高，至 52 天後略降， V_{gh} 高於 V_{t1} ，後期兩品種接近。TDNc 亦同。

IV. 品種間比較與季節間比較

以春作較適乾物率樣品（第 5、6 割次）進行品種間性狀的比較，其結果如表 1。株高、鮮重產量以 V_{t21} 最高，但因其含水率高，穗佔全株比例低，故乾物產量與其他品種無差異。營養價值方面， V_{gh} 之 CP、NDF、Ash 中等，ADF 低，IVTD、TDN 高； V_p 之 CP、Ash、NFC 低，NDF 高，IVTD 與 TDN 略低於 V_{gh} ； V_{t21} 之 CP、ADF、Ash 高，Starch、NDF 低，TDN 遠低於其他二品種。

另以品種 V_{gh} 較適乾物率樣品（乾物率 22% - 33%）進行季節間的比較，其結果如表 2。秋作之株高、鮮重與乾物產量均最高，穗佔全株比例與春作差異不顯著。營養價值方面，春秋作之間的 TDN 差異不顯著，CP、ash、ADF、IVTD 亦接近，差異之處在於春作之 NDF、starch 較高，WSC 低。夏作由於授粉不良，植株高但穗佔全株比例低，鮮重與乾物產量與春作接近，WSC 高，starch、ash、IVTD、NDFd 均低，TDN 較春秋作低 11%。

V. 營養性狀間的關係

為了解所調查性狀及營養成分互相間的關係，本研究以三組資料進行相關分析，第一組資料為春作之三品種較適乾物率樣品合併（同表 1 樣品），第二組資料為品種 V_{gh} 合併季節之較適乾物率樣品（同表 2 樣品），第三組資料為所有品種及季節樣品均合併進行相關分析。結果如表 3、4 及 5。綜合以上結果，TDN 與 NDFd、Starch、IVTD、穗/株比（ER）呈正相關，與 ADF、WSC 呈負相關；NDF 與 NFC、Dm 呈負相關；NDFd 與 IVTD 呈正相關，與 ADF 呈負相關；starch 與 WSC、ADF 呈負相關，與 ER 呈正相關；CP 與 Dm 呈負相關；ADF 與 NFC、ER 呈負相關；IVTD 與 ADF 呈負相關。鮮重及乾物產量均與上述成分或性狀無顯著相關。

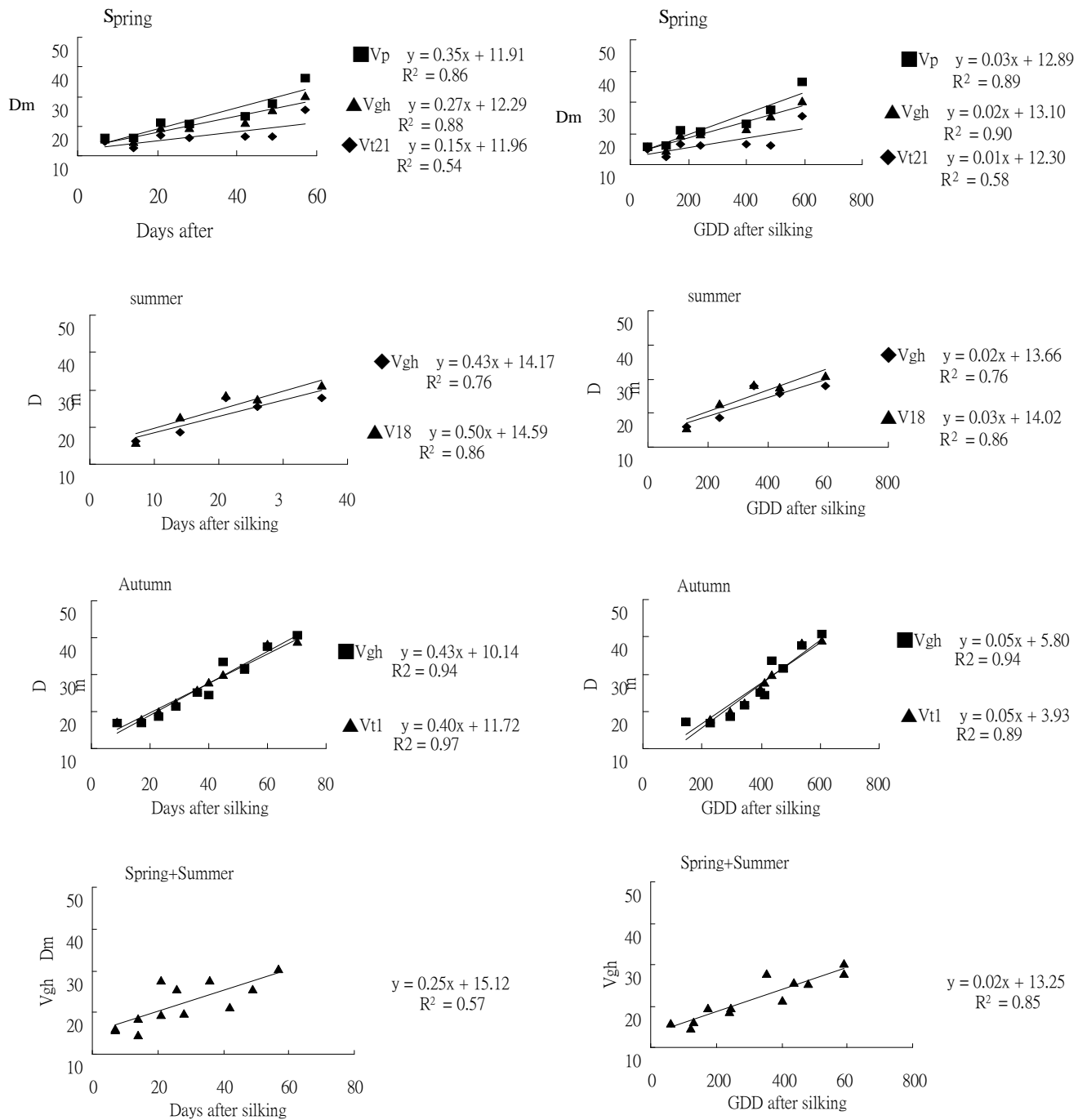


圖 1. 吐絲後天數(左)及生長積溫(右)與乾物率的關係

Fig. 1. The relationships between dry matter and days after silking (left) and accumulated growth degree days (right).

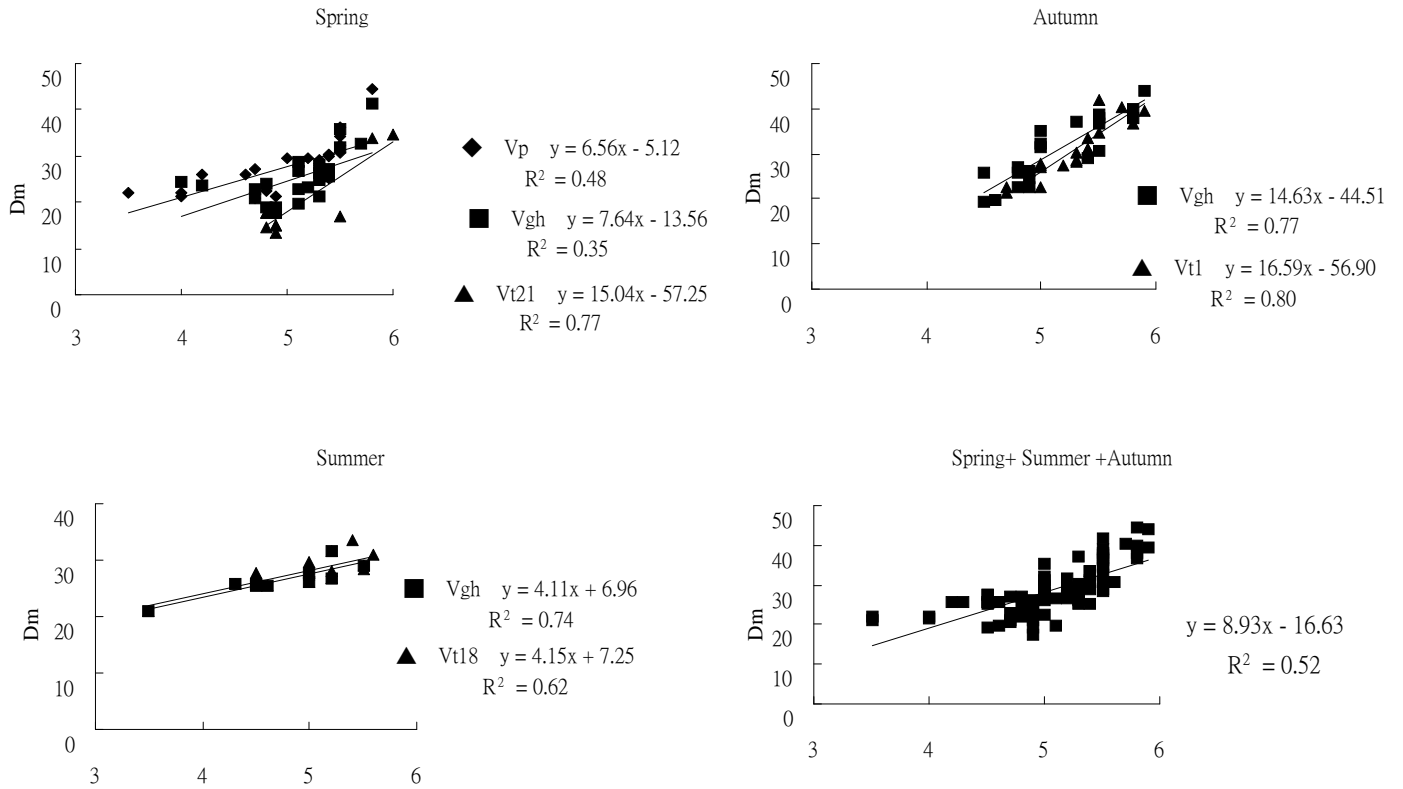


圖 2. 成熟度指標與乾物率的關係

Fig. 2. The relationships between dry matter and index of maturity stage.

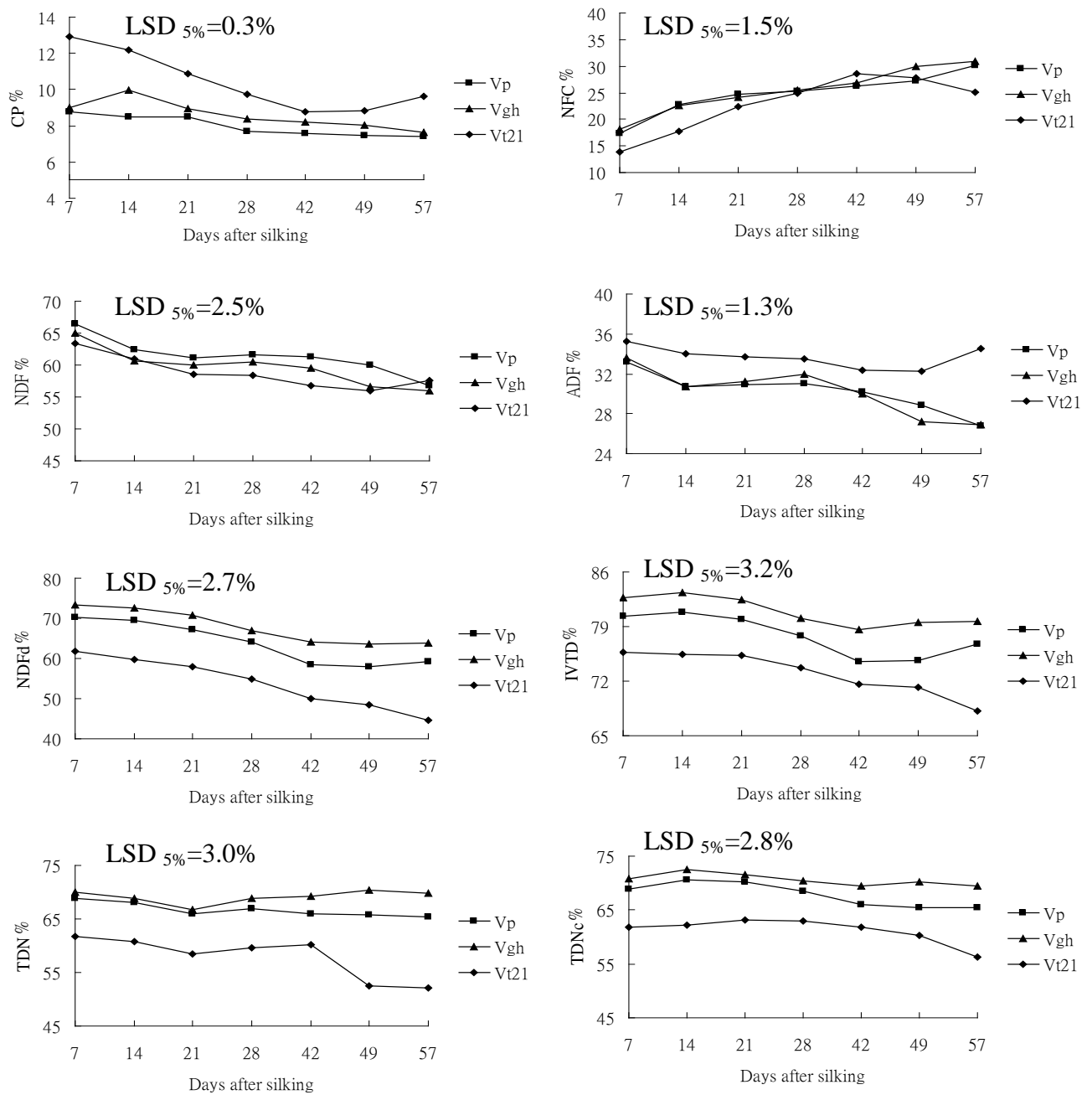


圖 3. 青割玉米春作各項營養成分變化

Fig. 3. Changes of nutritional components of forage corn according to days after silking in spring cropping.

CP: crude protein; NDF: neutral-detergent fiber; NDFd: NDF digestibility;

IVTD: in vitro true digestibility; ADF: acid detergent fiber;

NFC: non-fiber carbohydrate; TDN: total digestible nutrition;

TDNc: corrected total digestible nutrition;

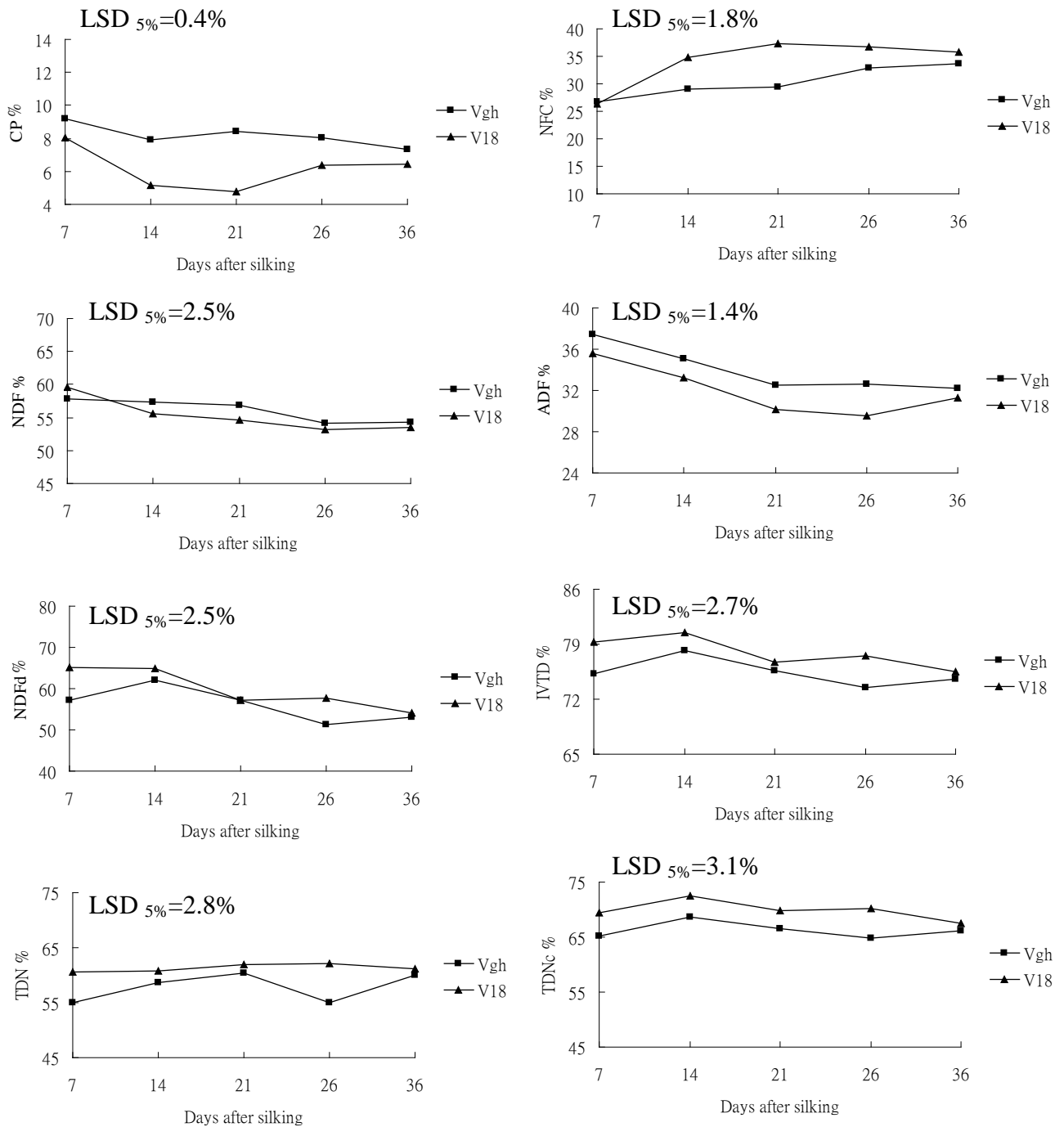


圖 4. 青割玉米夏作各項營養成分變化

Fig. 4. Changes of nutritional components of forage corn according to days after silking in summer cropping.

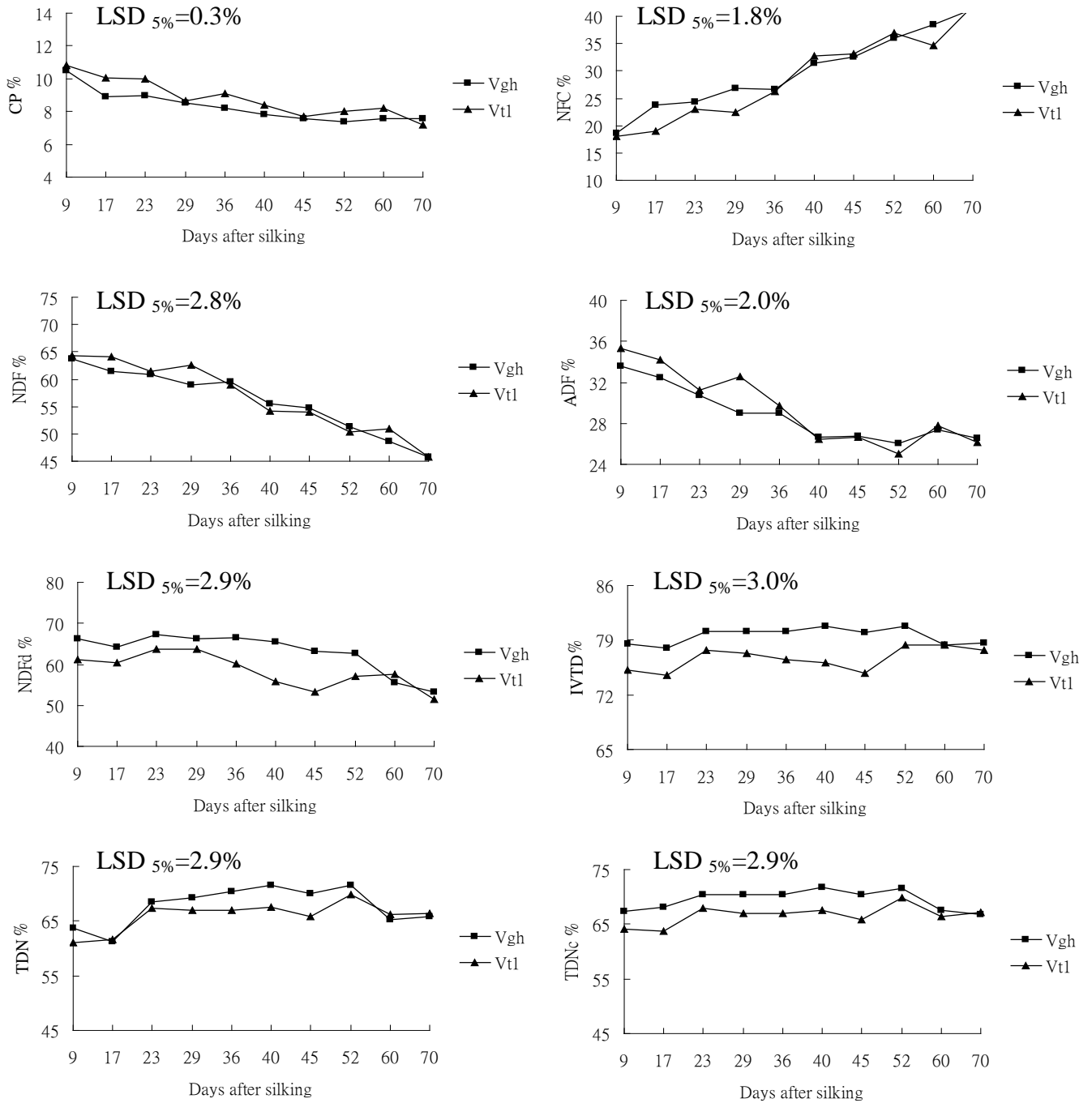


圖 5. 青割玉米秋作各項營養成分變化

Fig. 5. Changes of nutritional components of forage corn according to days after silking in autumn cropping.

表 1. 春作三品種間性狀的比較

Table 1. The means of nutritional components and yield of three varieties in spring cropping

Variety	Sample number	CP ⁺	NDF	NDFd	Starch	Ash	IVTD	ADF	NFC	TDN	TDNc	Dm	ER	Fw	Dw
----- % -----												Ton/ha			
Vp	18	7.5 ^c	60.7 ^a	58.2 ^b	21.0 ^a	3.2 ^c	74.6 ^b	29.5 ^b	26.7 ^b	65.9 ^b	65.7 ^b	25.4 ^a	41.7 ^a	42.2 ^b	10.6 ^a
Vgh	17	8.2 ^b	58.4 ^{ab}	64.1 ^a	20.7 ^a	3.6 ^b	79.0 ^a	28.8 ^b	28.0 ^a	69.7 ^a	69.8 ^a	23.1 ^a	44.3 ^a	47.1 ^b	10.7 ^a
Vt21	12	8.7 ^a	55.9 ^b	49.4 ^c	11.4 ^b	4.4 ^a	71.7 ^c	32.2 ^a	29.0 ^a	56.7 ^c	61.7 ^c	16.1 ^b	24.9 ^b	60.7 ^a	9.8 ^a

^a Mean in the same column without same superscript differed significantly ($P < 0.05$) .

⁺ The same as fig.3

Dm: dry matter; ER: ratio of ear to whole plant;

Fw: fresh weight; Dw: dry weight

表 2. 品種 Vgh 在春、夏、秋三期作間性狀的比較

Table 2. The means of nutritional components and yield of variety Vgh in spring, summer, and autumn cropping

Season	Sample number	CP ⁺	NDF	NDFd	Starch	Ash	IVTD	ADF	NFC	TDN	TDNc	Dm	ER	Fw	Dw
----- % -----												Ton/ha			
Spring	23	8.0 ^a	57.3 ^a	63.8 ^a	23.3 ^a	3.6 ^a	79.2 ^a	28.1 ^b	29.3 ^a	69.8 ^a	70.0 ^a	25.1 ^b	48.0 ^a	45.6 ^b	11.3 ^b
Summer	9	7.9 ^a	55.1 ^a	53.8 ^b	9.9 ^c	3.1 ^b	74.6 ^b	32.4 ^a	32.0 ^a	58.5 ^b	65.8 ^b	27.0 ^a	18.2 ^b	46.3 ^b	12.5 ^b
Autumn	18	7.9 ^a	54.8 ^a	63.0 ^a	17.7 ^b	3.5 ^a	79.9 ^a	27.4 ^b	32.0 ^a	69.5 ^a	70.2 ^a	28.9 ^a	47.0 ^a	51.5 ^a	14.7 ^a

^a Mean in the same column without same superscript differed significantly ($P < 0.05$) .

⁺ The same as fig. 3 and table 1

表 3. 春作合併不同品種性狀間的相關顯著性測驗

Table 3. The significant test of correlation coefficients among characters in spring cropping calculated form merged data of three varieties

	CP ⁺	NDF	NDFd	Starch	Ash	IVTD	ADF	NFC	Sugar	TDN	TDNc	Fw	Dw	Dm
Day														
CP														
NDF														
NDFd														
Starch			**											
Ash														
IVTD			**											
ADF			**	**		**		**						
NFC		**					**							
Sugar		**		**				**						
TDN			**	**		**	**							
TDNc			**		**	**	**			**				
Fw														
Dw												**		
Dm	**		**	**			**		**	**		**		
ER			**	**		**	**		**	**	**			**

** : Significant at 0.1% level.

⁺ The same as fig. 3 and table 1

表 4. 品種 Vgh 合併不同期作性狀間的相關顯著性測驗

Table 4. The significant test of correlation coefficients among characters of variety Vgh calculated form merged data of three cropping season

	CP ⁺	NDF	NDFd	Starch	Ash	IVTD	ADF	NFC	Sugar	TDN	TDNc	Fw	Dw	Dm
Day														
CP														
NDF														
NDFd														
Starch														
Ash														
IVTD			**	**										
ADF			**	**		**								
NFC	**	**			**		**							
Sugar				**										
TDN			**	**		**	**							
TDNc			**	**		**	**			**				
Fw														
Dw												**		
Dm		**						**					**	
ER				**		**	**		**	**	**			

** : Significant at 0.1% level.

⁺ The same as fig. 3 and table 1

表 5. 合併品種與期作性狀間的相關顯著性測驗

Table 5. The significant test of correlation coefficients among characters calculated from merged data of three varieties and three cropping season

	CP ⁺	NDF	NDFd	Starch	Ash	IVTD	ADF	NFC	Sugar	TDN	TDNc	Fw	Dw	Dm
Day														
CP														
NDF	**													
NDFd		**												
Starch	**	**												
Ash	**	**		**										
IVTD			**											
ADF	**	**		**	**	**		**						
NFC	**	**	**	**	**		**							
Sugar				**			**							
TDN	**		**	**	**	**	**		**					
TDNc	**		**	**	**	**	**	**		**				
Fw	**			**	**		**	**	**					
Dw	**	**	**	**	**		**	**		**		**		
Dm	**	**	**	**	**		**	**	**	**		**	**	
ER	**	**	**	**	**		**	**	**	**		**	**	**

** : Significant at 0.1% level.

⁺ The same as fig. 3 and table 1

結論與建議

- I. 歷來國內對青割玉米之品質成分變動較少掌握，本研究由不同季節生產田區之調查結果，知吐絲後各項成分隨成熟度有顯著的變化，但在正常生育狀況下乳熟期至黃熟前的 TDN 變動有限。對青割時期而言，總乾物產量應是首要的考慮；但對青貯而言，適合青貯乾物率的考慮應高於成熟度或鮮重產量。雖然 TDN 變動有限，但成分的變動範圍很大，對成分變動的了解或測定將有助於精準調配日糧及配方的診斷。
- II. 乾物率隨成熟度上升，而溫度影響成熟之速率，以吐絲後天數、積溫、生理成熟指標判別乾物率可以概估乾物率，但都含有相當程度的誤差，主要的誤差來自田間含水率的影響。欲準確判別乾物率或做為計價的基礎，須借助含水率的測定儀器。降雨及氣溫影響乾物率上升速度，而品種間速度差異明顯，青貯用材料應注意品種的乾燥速度問題。
- III. 不同品種間的營養價值有相當大的差異，部分品種鮮重產量高，但含水率高且纖維消化率低，夏作易倒伏，且所調製的青貯料較不受歡迎，建議國內的青割玉米品種可針對上述目標再進行改良。另因青割玉米不施用農藥，若病蟲害、天候不良影響授粉等會降低澱粉含量及穗佔全株的比例，並降

低消化率，對營養價值影響大，應有多個不同基因型品種輪替利用才能免於病蟲大規模危害。

- IV. 由營養性狀的相關分析，儘管成分隨成熟度、環境等變動，TDN 與 NDFd、Starch、IVTD、穗/株比（ER）呈穩定的正相關，澱粉、穗/株比也是穩定而易測得的性狀，可做為高消化率的品種特性或收穫指標。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2007。種植期、收穫期及品種對青割玉米發酵品質的影響。畜產研究：40：37-47。
- 陳嘉昇、王紓愍、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。
- 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 affection in vitro true digestibility of Napiergrass. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19: 507-513.
- Coors, J. G., K. A. Albrecht and E. J. Bures. 1997. Ear-fill effects on yield and quality of silage corn. *Crop Sci.* 37: 243-247.
- Cox, W. J., J. H. Cherney and W. D. Parade. 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agron. J.* 86: 277-282.
- 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.
- Hunt, C. W., W. Kezar and R. Vinande. 1989. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of 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.
- Komarek, A. R., H. Manson and N. Thiex. 1996. Crude fiber determination using the ANKOM system. Publ. 102. ANKOM technol. Corp., Fairport, NY.
- 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.
- Lauer, J. G., P. R. Carter, T. M. Wood, G. Daniel, D. W. Wiersma, R. E. Rand and M. J. Mlynarek. 1999. Corn hybrid response to planting date in the northern corn belt. *Agron. J.* 91: 834-839.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.
- Philippeau, C. and B. Michalet-Doreau. 1997. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 68: 25-35.
- 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. *J. Anim. Feed Sci. Technol.* 109: 1-18.
- 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.
- Vogel, K., J. F. Pedersen, S. D. Masterson and J. J. Toy. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Science* 39: 276-279.
- 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.

Variations of nutritional components in forage corn and their correlation analysis⁽¹⁾

Chia-Sheng Chen ⁽²⁾⁽³⁾ and Shu-Min Wang ⁽²⁾

Received: Jun. 30, 2012; Accepted: Aug. 23, 2012

Abstract

The qualities of commercial forage corn are quite variable due to the multiple hybrids used and their diverse planting season and variable maturity. The purpose of this study was to investigate the speeds of drying and changes of nutritional components for different hybrids under different cropping seasons. The speed of drying was affected by hybrid and environment. Hybrid V_p was the fastest and V_{t21} was the slowest for drying. Rate of drying increased as temperature increased, and rainfall would lower the dry matter contents temperately. The dry matter contents of corn could be predicted roughly by days after silking, accumulated temperature, and index of maturity with substantial errors. The nutritional components changed from silking to maturity. In general, contents of CP, NDF, NDFd, and ADF decreased and starch and NFC increased with maturity, while the trends were dissimilar in different hybrids and cropping seasons. Only limited changes of TDN were observed from milk stage to physiological maturity if plants were without serious stress. Poor fertilization caused by pest or climate would lower the starch contents and the ratio of ear to whole plant and then reduce IVTD and TDN. Significant differences of nutritional components were found among hybrids and seasons. Results of correlation analysis showed that TDN positively correlated to NDFd, starch, IVTD, and ratio of ear, and negatively correlated to ADF and WSC. While yields in fresh weight or dry weight didn't correlate to nutritional characters. Starch and ear ratio are stable indices for digestibility, and can be used in variety selection or harvest management for high digestibility.

Key words: Forage corn, Quality, Nutritional component

(1) Contribution No. 1782 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: chencsg@mail.tlri.gov.tw

