

# 以栽培種高粱作為芻料生產之評估<sup>(1)</sup>

陳勃聿<sup>(2)(3)</sup>

收件日期：107 年 9 月 28 日；接受日期：108 年 3 月 7 日

## 摘 要

臺灣氣候非常適合高粱生長，本試驗研究目的在評估以栽培種高粱作為芻料生產之可行性。高粱台中 5 號於春、秋作皆種植後 50 天即抽穗，而甜高粱台畜 1 號春、秋作的抽穗時間分別為種植後 57 天及 53 天，溫度變化對甜高粱台畜 1 號的抽穗時間影響較大。高粱台中 5 號於春、秋兩期作的平均株高分別為 133.24 公分及 151.71 公分，皆顯著小於甜高粱台畜 1 號的 223.34 公分及 233.34 公分。高粱台中 5 號的植株較為矮小較不易倒伏，而甜高粱台畜 1 號因莖稈較長，於生育後期若遭逢大雨則可能較易倒伏。甜高粱台畜 1 號春作的平均鮮重及乾物重分別為 440.1 公克 / 株及 137.3 公克 / 株，皆顯著高於高粱台中 5 號的 286.4 公克 / 株及 107.4 公克 / 株。秋作則以高粱台中 5 號的平均鮮重為 412.5 公克 / 株，顯著高於甜高粱台畜 1 號的 363.4 公克 / 株。兩個品種的乾物率與乾重皆在抽穗後 40 天達到最高。春作高粱台中 5 號的粗蛋白含量平均為 11.53%，顯著高於甜高粱台畜 1 號的 8.68%；而在水溶性碳水化合物平均含量部分卻呈現相反結果，甜高粱台畜 1 號的含量為 13.38% 顯著高於高粱台中 5 號的 7.78%。秋作甜高粱台畜 1 號的青貯 Flieg's 評分高達 93.67，達到「優良」的等級，而高粱台中 5 號僅有 48.33 為「可」的程度。本試驗結果建議，芻料高粱選育應朝植體水溶性碳水化合物含量高的方向進行，以利後續發酵提升青貯料品質。

關鍵詞：高粱、產量、芻料品質、青貯。

## 緒 言

蜀黍屬 (*Sorghum* spp.) 為一非常重要的熱帶型禾本科植物，廣泛分佈於世界各地，可做為糧食、能源及飼料使用，具多樣化用途 (Pedersen and Rooney, 2004)。蜀黍又稱高粱 (sorghum)，臺灣俗名蘆粟，分為穀粒高粱 (grain sorghum)、糖用高粱 (sweet sorghum)、蘇丹草 (sudangrass) 及掃帚型高粱 (broom sorghum) 等四個不同的栽培群。由於高粱是一種具有耐旱、分蘗多、產量高且再生能力強的作物，粗放管理亦能生長良好，在許多畜牧業發達的國家均已普遍利用於芻料的供應，作為牲畜的能量主要來源 (Ayub and Shoaib, 2009; Bean *et al.*, 2013)。芻料高粱 (forage sorghum) 為整株經細切後直接餵飼或製作成青貯料，常用種原主要有穀粒高粱 (*S. bicolor* L.)、甜高粱 (*S. dochna*) 及蘇丹草 (*S. sudanense* Stapt) 等三物種。畜產試驗所自 1989 年即進行芻料高粱品種的選育，於 1995 年選育出蘇丹草臺畜草 1 號。蘇丹草再生力強，但冬冷生長不佳，且為自交系，種子小，萌芽及幼苗生長緩慢，初期栽培管理困難，導致農民種植意願不高 (蕭等, 2000)。畜產試驗所於 2009 年選育甜高粱台畜 1 號 (Sweet sorghum Taishu No.1)，因其莖稈含有豐富糖分，除了提高適口性亦可增加青貯醱酵的品質，是一種優良芻料。在美國將高粱當成芻料是相當普遍的 (McBee and Miller, 1982)，然在臺灣穀粒高粱除利用子實外，剩餘的莖葉等部位就當成廢棄物處理，相當可惜，且目前臺灣此方面的文獻很少。

依據臺灣農業年報 (1993) 資料，高粱種植面積高達 25,414 公頃，主要集中於雲嘉南地區，但在 2016 年種植面積卻僅剩 2,027 公頃，且集中在金門地區。目前臺灣主要種植的高粱品種為台中 5 號 (Taichung No.5) 及中國大陸引進的兩糯一號，主要作為釀酒用。雖然一般認為芻料高粱的營養價值僅為玉米的 80%，且當青貯料使用時被認為飼養價值較低 (Kalton, 1988; Bean *et al.*, 2013)，然高粱的耐旱特性卻能在無灌溉設施、缺水或土壤貧瘠的地區進行芻料生產 (Saeed and El-Nadi, 1998; Marsalis *et al.*, 2009; Jahanzad *et al.*, 2013)。國內草食動物業對進口乾草的依賴極

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2603 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 通訊作者，E-mail：muu680@mail.tlri.gov.tw。

深，活化休耕田轉種青割玉米雖具成效，但 2011 年進口乾草量仍高達 20.7 萬公噸 (呂，2012)，目前政府積極推動節水栽培，因此於缺水地區轉作芻料高粱具可行性。故本試驗主要以栽培種高粱進行芻料生產之評估，以提供未來芻料高粱選育參考。

## 材料與方法

### I. 材料種植及取樣方法

本試驗以高粱台中 5 號及甜高粱台畜 1 號等兩個品種為參試品種，於 2015 年 3 月 18 日及 9 月 18 日在畜產試驗所臺南總所進行種植。試驗田區採逢機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，每試驗小區面積為 20 m<sup>2</sup> (4 m × 5 m)，四重複，栽植行株距為 70 × 10 cm。施肥量依高粱之推薦用量 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 為 120 – 80 – 60 kg/ha，基肥施用半量，另半量則於種植 1 個月後施用並進行中耕培土。以甜高粱抽穗後 10 天、20 天、30 天及 40 天各收穫一次，每次取樣 5 株調查株高、劍葉長、節數、莖徑及產量等農藝性狀。

### II. 農藝性狀調查說明

- (i) 株高 (plant height)：從植株莖基部至葉 (穗) 頂之長度，單位：公分。
- (ii) 莖徑 (stem diameter)：以游標尺量測每株第 1 節中間部位的莖部直徑，單位：公分。
- (iii) 劍葉長 (boot leaf length)：每株劍葉葉片長度，單位：公分。
- (iv) 鮮重 (fresh weight)：新鮮植株重量，單位：公克。
- (v) 乾重 (dry matter)：新鮮植株於 65°C 下烘乾 96 小時後之乾草重量，單位：公克。
- (vi) 乾物率 (dry mater content)：乾重除以鮮重之百分比。

### III. 營養成分分析

於春作將兩高粱品種每小區各取 5 株樣品，於 65°C 下烘乾 96 小時後磨粉，保存於 4°C 冷藏庫備用。營養成分測定方式如下：

- (i) 粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量的分析：以 Kjeldahl 方法測定植體全氮 (N) (Bremner and Mulvaney, 1982)，再將 N × 6.25 推估粗蛋白質含量。
- (ii) 酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量則依照 Goering and Van Soest (1970) 之方法測定。
- (iii) 水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 依 Morris (1948) 方法採 anthron 呈色法測定。
- (iv) 澱粉 (starch)：將醣類抽出之殘渣加入 2 毫升水於試管中煮沸 3 分鐘使之糊化並冷卻。然後以過氯酸加熱水解，取萃取液加入呈色劑測定。

### IV. 青貯調製

將春作抽穗後 40 天的高粱台中 5 號及甜高粱臺畜一號之鮮草細切至 3 – 5 公分，取 2 公斤裝入 PVC 塑膠袋內，抽真空密封，60 天後取出青貯料，調查酸鹼度 (pH 值)、乳酸 (lactic acid)、乙酸 (acetic acid) 與丁酸 (butyric acid) 等揮發性脂肪酸含量。分析方式為：酸鹼值為 20 克新鮮青貯料加水 180 毫升，打碎過濾後以酸鹼度計 (pH/Ion meter, SP-2500, SUNTEX Company, Taiwan) 測定之值；萃取液過濾後利用高效能液態層析儀 (high performance liquid chromatograph, HPLC; Diode Array Detector, L-2450, HITACHI, Japan) 測定揮發性脂肪酸含量，並計算 Flieg 氏評分點 (Flieg's point) 以評估青貯料品質 (Woolford, 1984)。

V. 試驗所得資料經 SAS-EG7.1 統計分析，以變方分析檢定不同品種及收穫期的差異顯著性。

## 結果與討論

### I. 氣候對抽穗時間之影響

高粱原產熱帶，對氣候環境適應性廣，性喜高溫，生長均溫不得低於 15°C，在年平均雨量達 380 – 635 公厘皆可栽培。本試驗春作及秋作的生育溫度介於 17.1 – 29.4°C 之間，雨量適中非常適合高粱生長 (圖 1)。春作時，高粱台中 5 號於種植後 50 天即抽穗，而甜高粱台畜 1 號卻要到 57 天後才抽穗。在秋作時，高粱台中 5 號也是種植 50 天後即抽穗，而甜高粱台畜 1 號則於 53 天後才抽穗。由於春作的生育溫度是由 20.9°C 逐漸上升至 28.4°C，而秋作卻是由 28.2°C 下降至 17.1°C，顯示溫度變化對甜高粱台畜 1 號的抽穗時間影響較大。

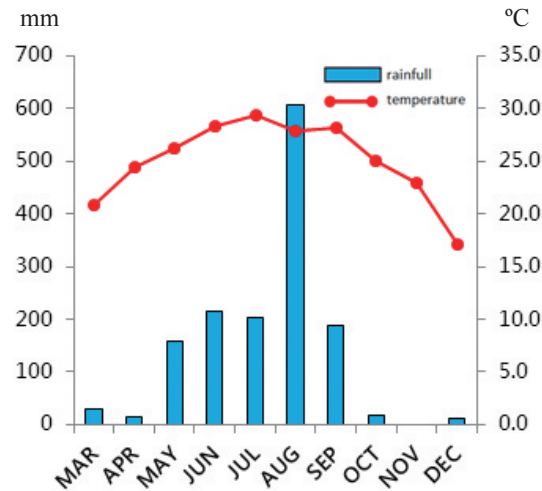


圖 1. 2015 年試驗期間每月平均溫度及降雨量。

Fig. 1. Monthly mean temperature and total rainfall during the study in 2015.

## II. 農藝性狀

觀察兩品種的植株型態，高粱台中 5 號 (圖 2A) 的葉及莖部位表面明顯有白粉累積，代表其會大量分泌蠟質，而甜高粱台畜 1 號 (圖 2B) 的分泌量則較少。蠟質常被認為是高粱增加耐旱的方式之一，且對病蟲之侵入也有抵抗性，然而蠟質內含游離性脂肪酸，不易被動物氧化代謝，也阻礙反芻動物胃內酵素之分解，影響飼養效率 (朱，1995)。高粱台中 5 號於春秋兩期作的平均株高分別為 133.24 公分及 151.71 公分，皆顯著小於甜高粱台畜 1 號的 223.34 公分及 233.34 公分 ( $P < 0.05$ ) (表 1、表 2)。在莖徑部分，春作時甜高粱台畜 1 號的平均莖徑為 1.83 公分，顯著高於高粱台中 5 號的 1.39 公分 ( $P < 0.05$ )，然而在秋作時卻呈現相反結果，高粱台中 5 號的平均莖徑為 2.29 公分，卻顯著高於甜高粱台畜 1 號的 1.66 公分 ( $P < 0.05$ )。因此，高粱台中 5 號的植株較為矮小則較不易倒伏，而甜高粱台畜 1 號因莖稈較長，於生育後期若遭逢大雨則可能較易倒伏。

蕭 (1989) 曾針對芻料用高粱選種指標進行探討，指出株高、莖徑、植株鮮重與乾物率等性狀可作為高粱高產潛力的選種指標。兩品種高粱於春作種植後，其農藝性狀調查結果如表 1。平均劍葉長以甜高粱台畜 1 號的 53.25 公分顯著長於高粱台中 5 號的 45.86 公分；而在平均節數部分也是甜高粱台畜 1 號的 5.0 節顯著多於高粱台中 5 號的 4.2 節 ( $P < 0.05$ )；甜高粱台畜 1 號的平均鮮重及乾物重分別為 440.1 公克 / 株及 137.3 公克 / 株，皆顯著高於高粱台中 5 號的 286.4 公克 / 株及 107.4 公克 / 株，顯示甜高粱台畜 1 號的春作產量高於高粱台中 5 號；在平均乾物率部分以高粱台中 5 號 39.07 % 顯著高於甜高粱台畜 1 號的 32.36 %，顯示甜高粱台畜 1 號的植株含有較多水分。

兩個品種高粱在抽穗後 10 天 (A)，其株高及劍葉長已不再大幅增長，然而在莖徑部分卻都是隨著生育期增加而顯著增加 ( $P < 0.05$ )，於抽穗後 40 天 (D) 分別達到 1.91 公分及 1.79 公分；在鮮重部分，兩個品種高粱都以抽穗後 10 天顯著最高分別為 534.4 公克 / 株及 364.8 公克 / 株 ( $P < 0.05$ )，之後隨著生育期增加而鮮重則顯著下降；乾重部分則與鮮重呈相反結果，兩個品種皆是在抽穗後 40 天顯著達到最高，分別為 164.0 公克 / 株及 123.2 公克 / 株；而在乾物率部分則與乾重有相同趨勢，皆在抽穗後 40 天達到最高，分別為 44.96 % 及 45.19 %。

兩品種高粱於秋作的農藝性狀調查結果如表 2。在節數部分，高粱台中 5 號的 7.7 節顯著多於甜高粱台畜 1 號的 6.3 節 ( $P < 0.05$ )；高粱台中 5 號的平均鮮重為 412.5 公克 / 株，顯著高於甜高粱台畜 1 號的 363.4 公克 / 株 ( $P < 0.05$ )；而在乾重部分，也是以高粱台中 5 號的 120.9 公克 / 株顯著高於甜高粱台畜 1 號的 96.7 公克 / 株 ( $P < 0.05$ )。



圖 2. 參試高粱品種的植株型態 A：高粱台中 5 號；B：甜高粱台畜 1 號。

Fig. 2. Plant types (A) Sorghum "Taichung No. 5"; (B) Sweet sorghum "Taishu No. 1".

表 1. 2015 年春作不同收穫期對高粱的農藝性狀之影響

Table 1. Effect of harvesting stages on the agronomic traits of two sorghum cultivars as spring crop in 2015

Cultivar	Harvesting stage	Plant height	Flag leaf length	Stem diameter	No. of node	Fresh weight	Dry matter	Dry matter percentage
		----- cm -----				----- g/plant -----		%
Taishu No.1	A <sup>†</sup>	224.35	57.40	1.75 <sup>b**</sup>	4.8	534.4 <sup>a</sup>	128.0 <sup>b</sup>	24.03 <sup>b</sup>
	B	221.50	51.75	1.85 <sup>b</sup>	4.9	455.7 <sup>b</sup>	132.2 <sup>b</sup>	29.27 <sup>b</sup>
	C	225.05	52.50	1.80 <sup>b</sup>	5.1	399.7 <sup>c</sup>	125.0 <sup>b</sup>	31.17 <sup>b</sup>
	D	222.45	51.35	1.91 <sup>a</sup>	5.1	370.5 <sup>c</sup>	164.0 <sup>a</sup>	44.96 <sup>a</sup>
	Mean	223.34 <sup>A*</sup>	53.25 <sup>A</sup>	1.83 <sup>A</sup>	5.0 <sup>A</sup>	440.1 <sup>A</sup>	137.3 <sup>A</sup>	32.36 <sup>B</sup>
Taichung No.5	A	130.15	46.35	0.88 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	364.8 <sup>a</sup>	99.6 <sup>b</sup>	27.25 <sup>b</sup>
	B	132.35	47.75	1.03 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	276.5 <sup>b</sup>	113.2 <sup>a</sup>	41.84 <sup>a</sup>
	C	131.95	44.20	1.86 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	223.5 <sup>b</sup>	93.5 <sup>b</sup>	42.00 <sup>a</sup>
	D	138.50	45.13	1.79 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	280.7 <sup>b</sup>	123.2 <sup>a</sup>	45.19 <sup>a</sup>
	Mean	133.24 <sup>B</sup>	45.86 <sup>B</sup>	1.39 <sup>B</sup>	4.2 <sup>B</sup>	286.4 <sup>B</sup>	107.4 <sup>B</sup>	39.07 <sup>A</sup>

<sup>†</sup> A, B, C and D show harvest stage at 10, 20, 30 and 40 days after heading, respectively.

\* Means with different capital letters within the different cultivar in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ), respectively.

\*\* Means with different lowercase letters within the same cultivar in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ), respectively.

表 2. 2015 年秋作不同收穫期對高粱的農藝性狀之影響

Table 2. Effect of harvesting stages on the agronomic traits of two sorghum cultivars as fall crop in 2015

Cultivar	Harvesting stage	Plant height	Flag leaf length	Stem diameter	No. of node	Fresh weight	Dry matter	Dry matter percentage
		----- cm -----				----- g/plant -----		%
Taishu No.1	A <sup>†</sup>	229.10	33.90 <sup>b**</sup>	1.52 <sup>b</sup>	6.2	371.7 <sup>ab</sup>	67.5 <sup>b</sup>	17.94 <sup>b</sup>
	B	235.85	33.40 <sup>b</sup>	1.69 <sup>ab</sup>	6.4	408.2 <sup>a</sup>	119.7 <sup>a</sup>	29.07 <sup>a</sup>
	C	230.80	36.65 <sup>ab</sup>	1.70 <sup>ab</sup>	6.2	353.7 <sup>ab</sup>	96.2 <sup>a</sup>	27.14 <sup>a</sup>
	D	237.60	37.70 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	6.5	320.0 <sup>b</sup>	103.2 <sup>a</sup>	32.53 <sup>a</sup>
	Mean	233.34 <sup>A*</sup>	35.41	1.66 <sup>B</sup>	6.3 <sup>B</sup>	363.4 <sup>B</sup>	96.7 <sup>B</sup>	26.67
Taichung No.5	A	145.20	33.90 <sup>b</sup>	2.05 <sup>b</sup>	7.8	455.6 <sup>a</sup>	96.7 <sup>b</sup>	21.46 <sup>b</sup>
	B	153.05	40.20 <sup>ab</sup>	2.07 <sup>b</sup>	7.2	427.7 <sup>ab</sup>	132.2 <sup>a</sup>	31.22 <sup>a</sup>
	C	155.50	39.00 <sup>ab</sup>	2.46 <sup>ab</sup>	8.0	369.7 <sup>b</sup>	116.2 <sup>ab</sup>	31.19 <sup>a</sup>
	D	153.10	42.00 <sup>a</sup>	2.60 <sup>a</sup>	8.0	396.7 <sup>ab</sup>	138.2 <sup>a</sup>	33.83 <sup>a</sup>
	Mean	151.71 <sup>B</sup>	38.78	2.29 <sup>A</sup>	7.7 <sup>A</sup>	412.5 <sup>A</sup>	120.9 <sup>A</sup>	29.42

<sup>†</sup> A, B, C and D show harvest stage at 10, 20, 30 and 40 days after heading, respectively.

\* Means with different capital letters within the different cultivar in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ), respectively.

\*\* Means with different lowercase letters within the same cultivar in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ), respectively.

兩個品種高粱於抽穗後 10 天 (A)，其株高已不再大幅成長，然而劍葉長及莖徑卻都是隨著生育期增加而顯著增加；在鮮重部分，甜高粱台畜 1 號在抽穗後 20 天 (B) 達到顯著最高為 408.2 公克 / 株，而後顯著下降至抽穗後 40 天 (D) 僅 320.0 公克 / 株 ( $P < 0.05$ )。高粱台中 5 號則是在抽穗後 10 天達到顯著最高為 455.6 公克 / 株，然後顯著下降至抽穗後 30 天 (C) 僅 369.7 公克 / 株 ( $P < 0.05$ )；兩個高粱品種在抽穗後 10 天的乾重分別為 67.5 公克 / 株及 96.7 公克 / 株 ( $P < 0.05$ )，都顯著低於其他收穫期的乾重；而在乾物率部分與乾重有相同趨勢，皆以抽穗後 10 天 (分別為 17.94% 及 21.46%) 的顯著最低 ( $P < 0.05$ )，而都在抽穗後 40 天達到顯著最高 (分別為



32.53% 及 33.83%)。

甜高粱台畜 1 號的春作產量優於秋作，黃及黃 (2010) 認為因夏季日照較長，甜高粱生長期相對延長，故產量也會較高。何及朱 (2000) 指出高粱台中 5 號的秋作表現比春作佳，因秋作開花後至收穫期間，氣溫逐漸由高溫向低溫變化，而春作則是由低溫向高溫變化，且秋作在此期間雨量較少，是適合高粱生長的良好環境。蕭等 (1994) 的試驗結果顯示乾物率受到割期影響很大，一般晚割乾物率較早割者高，且隨割期延後乾物率逐漸增加，此趨勢與本試驗結果相同。

### III. 芻料品質

春作芻料品質分析結果如表 3。高粱台中 5 號的粗蛋白含量平均為 11.53%，顯著高於甜高粱台畜 1 號的 8.68% ( $P < 0.05$ )；而在水溶性碳水化合物平均含量部分卻呈現相反結果，甜高粱台畜 1 號的含量為 13.38%，顯著高於高粱台中 5 號的 7.78% ( $P < 0.05$ )；澱粉平均含量方面以高粱台中 5 號的 6.10%，顯著高於甜高粱台畜 1 號的 4.81% ( $P < 0.05$ )；中洗纖維的平均含量方面也是以高粱台中 5 號的 55.79%，顯著高於甜高粱台畜 1 號的 51.97% ( $P < 0.05$ )；而在酸洗纖維平均含量部分則兩品種之間並無顯著差異 ( $P > 0.05$ )。

表 3. 兩品種高粱 2015 年春作之芻料營養成分

Table 3. Nutrient contents of two sorghum cultivars as spring crop in 2015

Cultivar	CP	WSC	Starch	NDF	ADF
	----- % -----				
Taishu No.1	8.68 <sup>b</sup> *	13.38 <sup>a</sup>	4.81 <sup>b</sup>	51.97 <sup>b</sup>	29.50
Taichung No.5	11.53 <sup>a</sup>	7.78 <sup>b</sup>	6.10 <sup>a</sup>	55.79 <sup>a</sup>	30.03

\* Means with the different lowercase letters in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, and WSC: Water soluble carbohydrate.

兩個品種粗蛋白含量皆隨著收穫期的延後顯著的逐漸減少，甜高粱台畜 1 號由 10.37% 逐漸減少至 6.27%，而高粱台中 5 號則由 13.63% 減少至 8.22% (圖 3)；在水溶性碳水化合物含量部分，隨著收穫期的延後而顯著提高，兩品種皆在抽穗後 40 天 (D) 達到最高，分別為 15.44% 及 11.46%；而在中洗纖維及酸洗纖維含量部分，兩個品種皆以抽穗後 20 天 (B) 時的含量顯著高於其他 3 個收穫期。高粱抽穗前營養成分大部分貯存於植株莖及葉部等營養器官，開花後果穗充實之養分一方面來自營養器官現行同化供給，一方面轉運自營養器官貯存的物質，作為芻料用的品種採收時其葉、莖及果穗等整株仍皆須含有相當成分的營養如粗蛋白質等才有飼養價值 (蕭及羅, 1995)。

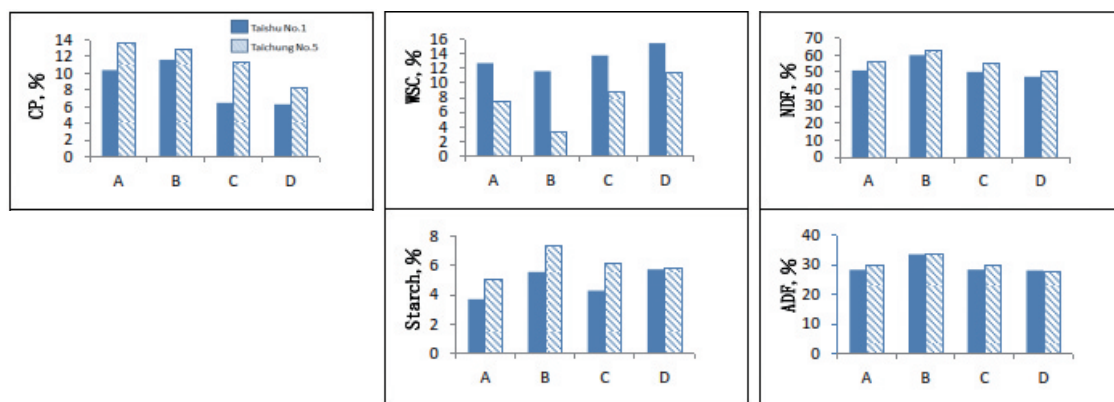


圖 3. 不同收穫期對春作高粱芻料品質之影響。

Fig. 3. Effect of harvesting stages on nutrient contents of two sorghum cultivars as spring crop in 2015. A, B, C and D show harvest in stages at 10, 20, 30 and 40 days after heading, respectively. CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, and WSC: Water soluble carbohydrate.

### IV. 青貯品質

作物青貯前越晚收割乾物率越高，而越晚收割的材料於青貯後之 pH 值也較低 (蕭等, 1994)。盧 (1990) 進行盤固草青貯試驗亦指出良好的青貯原料水分含量為 65 – 70% 最為合適。水溶性碳水化合物屬於植物體內非結構性碳水化合物之一，主要為單醣、雙醣及部分之寡糖，雖只佔所有碳水化合物的一小部分，但對牧草收穫

後的品質變動影響顯著 (Rotz and Muck, 1994)。將抽穗後 40 天的甜高粱台畜 1 號及高粱台中 5 號調製成青貯料，其乾物率、澱粉及水溶性碳水化合物含量分別為 44.96%、5.72%、15.44% 及 45.19%、5.82%、11.46%，皆為四個收穫期裡含量最高的時候。表 4 為高粱青貯品質分析結果。高粱台中 5 號的 pH 為 4.24，顯著高於甜高粱台畜 1 號的 4.04 ( $P < 0.05$ )；而乙酸含量部分也是高粱台中 5 號的 1.32% 顯著高於甜高粱台畜 1 號的 0.64% ( $P < 0.05$ )；在丁酸含量部分，高粱台中 5 號的含量為 1.08%，然甜高粱台畜 1 號的青貯料卻沒有丁酸產生，而丁酸含量高會使青貯料營養成分利用率降低，有時亦會造成泌乳牛酮症。因此，甜高粱台畜 1 號的青貯 Flieg's 評分高達 93.67，達到「優良」的等級，而高粱台中 5 號僅有 48.33 為「可」的程度。兩個品種在乾物率及澱粉之間並無太大差異，然而在水溶性碳水化合物含量的差距較大，Amer *et al.* (2012) 指出富含水溶性碳水化合物的高粱會有較佳青貯品質表現。青貯料都是在抽穗後 40 天取樣製作，而 Hargreaves *et al.* (2009) 指出牧草越晚收穫，植株成熟度越高，產量越多，然而水溶性碳水化合物含量卻會減少，含水率也會降低，導致乳酸菌發酵不易，最後青貯品質也就不佳。

表 4. 2015 年春作高粱之青貯品質

Table 4. The silage quality of two sorghum cultivars as spring crop in 2015

Cultivar	pH	Lactate	Acetate	Butyrate	Flieg's point
		----- % -----			
Taishu No.1	4.04 <sup>b</sup>	2.16	0.64 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	93.67 <sup>a</sup>
Taichung No.5	4.24 <sup>a</sup>	2.40	1.32 <sup>a</sup>	1.08 <sup>a</sup>	48.33 <sup>b</sup>

\* Means with different lowercase letters in the same column are significantly different ( $P < 0.05$ ).

## 結 論

高粱台中 5 號的產量及品質並不亞於甜高粱台畜 1 號，且於秋作種植時表現更為優秀，然而其青貯料品質評分僅達「可」。青貯製作是保存芻料的一種非常重要的儲藏方式，青貯品質受到物種品系及植體結構影響很大，如甜高粱莖部含有大量碳水化合物，而高粱台中 5 號的含量就較少，兩者的 Flieg's 評分就不同。因此，芻料高粱選育應朝植體水溶性碳水化合物含量高的方向進行，以利後續發酵提升青貯料品質。

## 參考文獻

- 朱德民。1995。蜀粟。作物學專論 pp. 87-177。
- 呂禮佳。2012。農政與農情 238：56-58。
- 何柏賢、朱德民。2000。不同期作環境下雜種高粱臺中五號雜種優勢的反應。農林學報 49：53-61。
- 黃天民、黃俊杉。2010。甜高粱新品系採種測試。種苗科技專訊 70：8-12。
- 臺灣省政府農林廳。1993。臺灣農業年報 (民國八十二年版)，臺灣省南投縣。
- 蕭素碧、羅國棟。1995。芻料用高粱內含物之組合力分析。畜產研究 28：207-214。
- 蕭素碧。1989。芻料用高粱選種指標之探討。畜產研究 22：59-68。
- 蕭素碧、盧啟信、羅國棟。1994。不同割期對芻料用高粱農藝性狀及青貯品質之影響。畜產研究 27：275-284。
- 蕭素碧、林正斌、陳玉燕。2000。芻料用高粱雜交 F1 品系之選育。畜產研究 33：154-164。
- 盧啟信。1990。水分含量及玉米粉添加物對盤固草青貯品質的影響。畜產研究 23：125-132。
- Amer, S., F. Hassanat, R. Berthiaume, P. Seguin and A. F. Mustaf. 2012. Effects of water soluble carbohydrate content on ensiling characteristics, chemical composition and in vitro gas production of forage millet and forage sorghum silages. Anim. Feed Sci. Technol. 177: 23-29.
- Ayub, M. and M. Shoaib. 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum alone and in mixture with guar under different planting techniques. Pak. J. Agri. Sci. 46: 25-29.
- Bean, B. W., R. L. Baumhardt, F. T. McCollum III and K. C. McCuiston. 2013. Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. Field Crops Res. 142: 20-26.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. In: Method of Soil Analysis. Part 2. 2<sup>nd</sup> ed. AL Page (ed.) Amer.

- Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA. pp. 610-613.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Application). In: Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA. Washington, DC, USA. pp. 8-9.
- Hargreaves, A., J. Hill and J. D. Leaver. 2009. Effect of stage of growth on the chemical composition, nutritive value and ensilability of whole-crop barley. *Anim. Feed Sci. Technol.* 152: 50-61.
- Jahanzad, E., M. Jorat, H. Moghadam, A. Sadeghpour, M. R. Chaichi and M. Dashtaki. 2013. Response of new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agri. Water Man.* 117: 62-69.
- Kalton, R. R. 1988. Overview of forage sorghum. In: Wilkinson, D. (Ed.), *Proc. Annu. Corn and sorghum Ind. Res. Conf.* 43rd. Chicago, IL, 8-9 December 1988. Am. Seed Trade Assoc., Washington, DC. pp. 1-12.
- Marsalis, M. A., S. Angadi, F. E. Contreras-Govea and R. E. Kirksey. 2009. Harvest timing and by product addition effects on corn and forage sorghum silage grown under water stress. *Bull.* 799. NMSU Agri. Exp. Stn. Las. Cruces, NM.
- McBee, G. G. and F. R. Miller. 1982. Carbohydrates in sorghum culms as influenced by cultivars, spacing, and maturity over a diurnal period. *Crop Sci.* 22: 381-385.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.
- Pedersen, J. L. and W. L. Rooney. 2004. Warm-Season (C4) Grasses. American Society of Agronomy, Crops Science Society of America, Soil Science Society of America, 677S. Segoe Rd., Madison. WI53711, USA. Agronomy Monograph no. 45, pp. 1057-1079.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: *Forage quality, evaluation, and utilization.* American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp. 828-868.
- Saeed, I. A. M. and A. H. El-Nadi. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. *Irrig. Sci.* 18: 67-71.
- Woolford, M. K. 1984. Factors affecting silage in and out of the silo. In: *The Silage Fermentation.* M. K. Woolford (ed.) Marcel Dekker, Inc. New York. USA. pp. 133-155.

# Evaluation of Sorghum Cultivar for Forage Production <sup>(1)</sup>

Po-Yu Chen <sup>(2)(3)</sup>

Received: Sep. 28, 2018; Accepted: Mar. 7, 2019

## Abstract

The weather is suitable for growing the sorghum in Taiwan. Objective of the study was to evaluate the sorghum cultivar for 5 stages production in Taiwan. Sorghum cv. Taichung No. 5 was heading at 50 days after planting in both spring and fall, while Sweet sorghum cv. Taishu No.1 (TS1) took 57 days and 53 days to head in spring and fall, respectively. It indicated that the heading date of Sorghum cv. Taishu No.1 was more sensitive to the climate factors. The plant height of Taichung No.5 was 133.24 cm in spring and 151.71 cm in fall, respectively, which were apparently shorter than those of Sweet sorghum cv. TS1 with 223.34 cm and 233.34 cm for spring and fall crops, respectively. Taichung No.5 had good standability with short plant height, while Sweet sorghum with longer stalk was apt to be lodging at late growth stage by serious rainfall. The fresh and dry matter weights of Sweet sorghum cv. TS1 were 440.1 and 137.3 g/plant, which were higher than those of Sorghum cv. Taichung No.5 with 286.4 and 107.4 g/plant for spring crop, respectively. In fall crop, the fresh weight of Sorghum cv. Taichung No.5 was 412.5 g/plant, which was higher than that of Sweet sorghum cv. TS1 with 363.4 g/plant. Both cultivars reached the highest dry matter content and dry matter weight at 40 days after heading. The crude protein content of Sorghum cv. Taichung No.5 was 11.53%, which was significantly higher than that of Sweet sorghum cv. TS1 with 8.68%. The content of water-soluble carbohydrate of Sweet sorghum cv. TS1 was 13.38%, which was higher than that of Sorghum cv. Taichung No.5 with 7.78%. The Flieg's score of Sweet sorghum cv. TS1 was 93.67, with "very good" grade for silage quality, while that of Sorghum cv. Taichung No.5 was only 48.33. The results indicated that forage sorghum for forage use might be to select the lines with high water-soluble carbohydrate content. In addition, it was suggested to harvest forage sorghum at optimum stage to make good quality of silage.

Key words: Sorghum, Yield, Forage quality, Silage.

---

(1) Contribution paper No.2603 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Forage Crops Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: muu680@mail.tlri.gov.tw.