

有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產

I. 地區輪作模式之建議⁽¹⁾

陳勃聿⁽²⁾ 張世融⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：109 年 5 月 22 日；接受日期：110 年 10 月 8 日

摘 要

國產芻料供應量不足，亟需建立具有效率及效益的短期優質芻料生產模式。本研究主要目的為評估具有生產潛力的短期芻料作物與建議地區短期芻料作物輪作生產模式。在彰化縣、臺南市及臺東縣等 3 個地區夏季種植甜高粱 (*Sorghum bicolor*) 之結果顯示，其具耐逆境特性，適合多颱風災害的夏季生產。甜高粱臺畜 1 號的平均乾物產量達到 8,766 kg/ha，粗蛋白質 (Crude protein) 含量 (乾基) 平均達到 10.9%，水溶性碳水化合物 (Water soluble carbohydrate) 含量也達 7.1%，而其中洗纖維 (Neutral detergent fiber) 及酸洗纖維 (Acid detergent fiber) 含量僅分別為 59.2% 及 32.5%，芻料品質相當優良。在 3 個地區的冬季牧草評估試驗裡，燕麥在產量及品質表現皆較小麥佳。燕麥 saia (*Avena strigosa* Schreb.) 的平均乾物產量顯著最高 ($P < 0.05$)，達 22,980 kg/ha，燕麥 swan (*A. sativa* L.) 次之，為 18,210 kg/ha，而小麥 (*Triticum aestivum* L.) 顯著最低，僅 8,880 kg/ha，顯示臺灣冬季芻料作物以燕麥較為合適。另在臺南市進行的燕麥收穫期試驗，燕麥 swan 在 120 日收穫時乾物產量顯著最高為 44,750 kg/ha；燕麥 saia 在 90 及 105 日收穫時之乾重產量顯著最高，分別為 29,060 與 31,430 kg/ha，而 CP 含量則分別為 11.5% 及 6.7%。故燕麥 saia 最佳收穫期為生長 90 – 105 日最為適宜。因此，本研究將燕麥早熟品種 saia、晚熟品種 swan 與甜高粱臺畜 1 號納入彰化縣福興鄉、臺南市鹽水區及臺東縣鹿野鄉的地區輪作系統進行規劃，建議 4 組新的地區芻料作物輪作生產模式，依序為 A. 水稻 (*Oryza sativa* L.) – 甜高粱 – 早熟燕麥、B. 甜高粱 – 綠肥大豆 (*Glycine max* L.) – 青割玉米 (*Zea mays* L.)、C. 綠肥大豆 – 水稻 – 早熟燕麥，以及 D. 綠肥大豆 – 甜高粱 – 晚熟燕麥。其中，模式 B 與 D 完全為芻料作物之輪作系統。

關鍵詞：芻料、甜高粱、燕麥、輪作制度。

緒 言

牧草 (即芻料) 占草食動物餵飼生產成本的 40 – 50%，但國內牧草產量不足導致酪農戶對進口牧草的依賴甚深，目前每年需進口乾草量高達 27 萬公噸 (財政部關務署，2019)，為酪農飼養成本高居不下的主因之一。臺灣屬於亞熱帶氣候，大多以生產盤固草 (*Pangolagrass*, *Digitaria decumbens* Stent) 或狼尾草 (*Napiergrass*, *Pennisetum purpureum* Schum.) 等多年生熱帶牧草為主，目前已建立穩定的生產模式。雖然國內多年生熱帶牧草的產量穩定，但供應量仍不足酪農戶所需，故近年行政院農業委員會推動小地主大專業農及活化休耕地等政策，輔導農民轉作短期芻料作物青割玉米 (Forage corn, *Zea mays* L.)。目前青割玉米的耕作面積已達 7,800 餘公頃，而生產量也達 375,273 公噸 (行政院農業委員會，2019)，為酪農的主要牧草來源，但還是無法滿足國內所需。因此，建立國內短期芻料作物輪作生產模式，可能為穩定供應優質牧草的途徑之一。

臺灣冬季氣候冷涼，適合麥類種植。在國內中北部地區的輪作系統中，時常於秋冬季栽培溫帶禾本科小穀類作物，例如小麥 (Wheat, *Triticum aestivum* L.)、燕麥 (Oat, *Avena sativa* L.)、大麥 (Barley, *Hordeum vulgare*) 等麥類作物，而這些作物在國外常被收穫做為芻料利用 (Coblentz *et al.*, 2018a; 2018b)。燕麥主要生產區位於溫帶地區，已經普遍收穫調製成乾草，其粗蛋白質及纖維含量等芻料品質均高於多年生的百慕達草 (*Bermudagrass*, *Cynodon dactylon* L. Pers.)，並與青貯玉米同為較高能量的牧草資源，是一種傳統的飼料作物 (Coblentz *et al.*, 2013)。近年國內學者曾

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2685 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: srchang@mail.thri.gov.tw。

展開多個燕麥品種的農藝性狀與芻料品質調查 (Huang *et al.*, 2020), 發現其非常適合秋冬季栽培。劉及曾 (1984)、李 (1988) 及卜等 (1990) 都曾在冬季進行國內芻料燕麥生產評估, 但因品種、收穫、調製等問題, 尚未建立適合臺灣的芻料燕麥生產模式。施及李 (2020) 研究結果顯示, 臺灣北部地區的燕麥種植以 swan 品種為主, 可製作燕麥乾草或青貯料, 達燕麥草產業化利用之目標。

臺灣夏季多颱風災害, 而高粱屬 (*Sorghum spp.*) 作物是多為具有耐旱、耐澇、分蘗多、產量高且再生能力強的作物, 能在無灌溉設施、缺水或土壤貧瘠的地區進行芻料生產, 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 (Bean *et al.*, 2013; Jahanzad *et al.*, 2013)。行政院農業委員會畜產試驗所自 1989 年即進行芻料高粱 (Forage sorghum, *Sorghum bicolor*) 品種的選育 (蕭, 1989), 於 1995 年選育出蘇丹草台畜草 1 號 (Sudangrass, *Sorghum sudanense* P. Stapf.) (蕭等, 1997); 接著於 2009 年選育出適口性及青貯品質優良的甜高粱臺畜 1 號 (Sweet sorghum, *Sorghum bicolor*), 此品種適應性廣, 產量及甜度均高, 可與冬季青割玉米銜接, 有助於優質芻料的穩定供應 (陳等, 2017)。2019 年芻料高粱墾丁一號也育成命名 (張及廖, 2019), 具高產、耐病蟲害、耐旱及耐淹等優良生育特性, 適合我國春、夏及秋作栽培。由於高粱屬芻料作物的高適應性及青貯品質, 可在我國輪作芻料栽培生產系統扮演重要角色。

近幾年國內稻米生產過剩, 造成政府投入大量資金收購, 產生農業資源排擠效應。為減輕稻米庫存過多的壓力, 政府亦積極鼓勵農民轉作雜糧或其他進口替代作物。施及呂 (2017) 指出一期水稻與一期青割玉米的輪作模式, 除可避免水稻生產過剩的問題, 亦可提供玉米青貯料供給酪農飼養牛隻, 以減少對進口芻料的依賴。臺灣的主要酪農區位於彰化縣、雲林縣、臺南市及屏東縣, 在東部地區亦有特色化聚落, 因各地的氣候差異極大, 所以其牧草栽培技術、產業型態及芻料需求也不盡相同。吳及連 (2004) 指出若依照地域、氣候及相關條件進行種植, 通常可有效提高作物的生產量, 改善土地利用效率, 增加農家收益。因此, 於酪農區建立可行的芻料生產方式, 除可妥善利用當地資源提高國產芻料自給率, 另將有助於形成地產地銷的區域循環。本研究目的為評估具有生產潛力的芻料作物以納入規劃, 與建構可行的地區短期芻料作物輪作生產模式, 以提供農民經營參考。

材料與方法

I. 夏季芻料作物栽培評估試驗

試驗地區: 在臺南市新化區、臺東縣鹿野鄉及彰化縣福興鄉進行夏季 (2016 年 7 月) 牧草評估。

試驗材料: 甜高粱臺畜 1 號。採條播方式, 行距 75 cm、株距 10 cm。

試驗面積: 各地區的試區面積皆為 100 m²。

肥料施量: N: 120 kg/ha、P₂O₅: 30 kg/ha、K₂O: 60 kg/ha。

調查方式: 將試區平均分配為 8 個小區, 每小區 1 個取樣點, 面積為 3.75 m²。於種植後 90 日進行收割, 調查項目包含株高、鮮重、乾物率及乾重等農藝性狀, 並進行芻料品質分析。

II. 冬季芻料作物栽培評估試驗

試驗地區: 在臺南市新化區、臺東縣鹿野鄉及彰化縣福興鄉進行冬季 (2016 年 11 月) 牧草評估。

試驗材料: 燕麥 swan (*A. sativa* L.)、燕麥 saia (*A. strigosa* Schreb.) 及小麥臺中選 2 號。燕麥及小麥皆採撒播方式種植, 種子量分別為 120 kg/ha 及 100 kg/ha。燕麥種子購自明豐種苗行, 而小麥種子則由臺中區農業改良場提供。

試驗面積: 各項作物於 3 個地區的試區面積皆為 100 m²。

肥料施量: N: 120 kg/ha、P₂O₅: 30 kg/ha、K₂O: 60 kg/ha。

調查方式: 將試區平均分配為 8 個小區, 每小區 1 個取樣點, 面積為 1 m²。於種植後 90 日進行收割, 調查項目包含株高、鮮重、乾物率及乾重等農藝性狀, 並進行芻料品質分析。

III. 燕麥的不同收穫期產量及品質評估

試驗地區: 臺南市新化區 (2016 年 12 月)。

試驗材料: 燕麥 swan 及燕麥 saia 等 2 個品種, 採撒播方式, 種子量為 120 kg/ha。

試驗方法: 採逢機完全區集設計 (Randomized complete block design, RCBD), 每小區面積為 20 m², 4 重複。

肥料施量: N: 120 kg/ha、P₂O₅: 30 kg/ha、K₂O: 60 kg/ha。

調查方式：燕麥種植後 60、75、90、105、120 日進行收割，共 5 種不同收穫期。每小區取樣面積為 1 m²。調查項目包含株高、鮮重、乾物率及乾重等農藝性狀及芻料品質分析。

- IV. 芻料品質分析：芻料品質的化學成分包括粗蛋白質 (Crude protein, CP)、酸洗纖維 (Acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (Neutral detergent fiber, NDF)、水溶性碳水化合物 (Water soluble carbohydrate, WSC) 等，化學分析方法如下：粗蛋白質含量以 Kjeldahl 方法測定植體全氮 (Total N) (Bremner and Mulvaney, 1982)，再將 Total N × 6.25 推估粗蛋白質含量；酸洗纖維、中洗纖維則依照 van Soest *et al.* (1991) 之方法測定，每一樣品重複二次。水溶性碳水化合物之測定方法乃修正自 Paleg (1959) 所提之方法，將原提出之 80% 酒精萃取液改採純水。
- V. 統計分析：甜高粱的農藝性狀及化學成分以平均值標準誤差 (Standard error of the mean, SEM) 進行分析；小麥及燕麥的評估試驗資料先進行變方分析 (Analysis of variance)，若達顯著差異，再以最小顯著差異性 (Least significant difference test) 比較處理間的差異，以 P < 0.05 為顯著差異水準；燕麥的不同收穫期評估試驗也採相同方式。統計分析軟體為 SAS EG 7.1 版 (SAS, 2014)。

結果與討論

I. 夏季芻料作物栽培評估

2016 年 7 月將甜高粱臺畜 1 號種植於彰化縣、臺南市及臺東縣等 3 個地區，進行不同區域的產量及品質評估。甜高粱於種植後 90 日進行收穫，3 個地區的平均株高為 235 cm，而平均鮮重產量達到 50,055 kg/ha，與青割玉米的產量相當 (行政院農業委員會，2019)。在營養成分方面，平均 CP 含量 (乾基) 達到 10.9%，而 WSC 含量也達到 7.1%，且 NDF 及 ADF 含量分別僅為 59.2% 及 32.5%，顯示甜高粱芻料品質優良。在 3 個地區的株高以彰化地區最高達 247 cm，而臺東地區的 240 cm 次之，以臺南的最低僅 219 cm；鮮重產量部分也有相同趨勢，以彰化地區最高達 61,100 kg/ha，而臺東地區 45,175 kg/ha 次之，臺南的產量最低僅 43,890 kg/ha；在芻料品質部分，以臺東地區的粗蛋白含量最高達 11.4%，臺南地區的 10.7% 與彰化地區的 10.5% 較低；WSC 則以臺南地區的 7.7% 與彰化地區的 7.4% 較高，而以臺東地區的 6.3% 最低 (表 1)。在試驗種植期間，臺南及臺東試區遭受颱風災害，雖然造成甜高粱發生倒伏現象，導致產量受損，然而最低的產量也有 43,890 kg/ha。此外，甜高粱抗逆境性強，幼苗耐淹水且植株倒伏後亦可再直立生長，能減少無收穫的情形發生。因此，甜高粱適合種植於風災多的夏季。

表 1. 2016 年夏季各地區甜高粱臺畜 1 號的農藝性狀及化學成分¹

Table 1. Agronomic traits and the chemical contents of sweet sorghum Taishu No.1 at different locations in summer, 2016¹

Trait	Location			Mean	SEM
	Changhua	Tainan	Taitung		
PH ² (cm)	247	219	240	235	8
SD (cm)	2.58	1.66	2.13	2.12	0.27
FWY (kg/ha)	61,100	43,890	45,175	50,055	5,535
DMY (kg/ha)	10,570	5,925	9,802	8,766	1,438
DM (%)	17.3	13.5	21.7	17.5	2.4
CP (% DM)	10.5	10.7	11.4	10.9	0.3
WSC (% DM)	7.4	7.7	6.3	7.1	0.4
NDF (% DM)	57.7	60.9	59.1	59.2	0.9
ADF (% DM)	31.6	34.2	31.7	32.5	0.9

¹ Harvested 90 days after planting.

² PH: plant height; SD: stem diameter; FWY: fresh weight yield; DMY: dry matter yield; DM: dry matter percent; CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber, and ADF: acid detergent fiber.

II. 冬季芻料作物栽培評估

2016 年 11 月在彰化縣、臺南市及臺東縣進行小麥 (臺中選 2 號)、燕麥 (swan 及 saia) 等 3 個品種的產量評估，於種植後 90 日收割並調查其農藝性狀及芻料品質。燕麥 swan 為紅燕麥與普通燕麥之雜交種，植株高、莖稈較粗且晚熟，引進國內栽培甚久，主要當成芻料使用 (黃, 1977)。燕麥 saia 屬早熟品種，由於株型直立、分蘗性佳、營養價值及消化率高，在美國南部、澳洲與南美洲常作為芻料利用 (朱等, 2018)。小麥為一年生禾本科溫帶作物，為世界前 3 大的穀類作物，也常被當成芻料使用。Gunsaulis *et al.* (2008) 指出，小麥具有豐富的營養價值，在秋季是非常好的動物芻料來源。Coblentz *et al.* (2000) 建議可將小麥、燕麥或黑麥 (Rye, *Secale cereale* L.) 等適應低溫環境的溫帶作物納入芻料生產系統，利用這些短期溫帶作物增加冬季的芻料產量以延長自給芻料的供應期。

在 3 個地區的平均株高以燕麥 swan 及 saia 的顯著較高 ($P < 0.05$)，分別為 130.0 cm 及 125.3 cm，而小麥顯著最低僅 88.2 cm；平均鮮重以燕麥 saia 及 swan 顯著較高，分別為 91,570 kg/ha 及 78,520 kg/ha，而小麥顯著最低僅 30,410 kg/ha；在平均乾重部分，以燕麥 saia 最高達 22,980 kg/ha，燕麥 swan 次之為 18,210 kg/ha，而小麥最低僅 8,880 kg/ha，顯示燕麥的產量潛能大於小麥 (表 2)；在芻料營養及品質部分，這 3 個品種之間並無顯著差異存在。綜合評估，在臺灣冬季牧草生產以種植燕麥較小麥合適。

表 2. 2016 年冬季各地區小麥及燕麥的農藝性狀及化學成分 1

Table 2. Agronomic traits and chemical contents of wheat and oats at different locations in winter, 2016¹

Location	Crop	PH ²	FWY	DMY	DM	CP	NDF	ADF
		cm	----- kg/ha -----	-----	%	-----	% DM -----	-----
	Wheat	83.4	32,800	8,400	25.6	8.0	56.9	35.8
Changhua	Oat swan	133.4	78,800	18,000	22.8	11.3	44.3	29.9
	Oat saia	112.2	96,000	23,200	24.1	11.1	57.9	33.0
Tainan	Wheat	83.8	17,430	8,000	45.9	8.9	68.8	39.9
	Oat swan	126.5	80,180	20,180	25.2	11.6	54.9	32.4
	Oat saia	136.2	82,120	23,060	28.1	9.3	59.1	35.0
Taitung	Wheat	97.5	41,000	10,250	25.0	8.2	55.2	36.6
	Oat swan	130.1	76,600	16,460	21.5	8.6	58.4	36.0
	Oat saia	127.6	96,600	22,700	23.5	12.6	60.3	35.6
Mean	Wheat	88.2 ^b	30,410 ^b	8,880 ^c	29.2	8.4	60.3	37.4
	Oat swan	130.0 ^a	78,520 ^a	18,210 ^b	23.2	10.5	52.5	32.8
	Oat saia	125.3 ^a	91,570 ^a	22,980 ^a	25.2	11.0	59.1	34.5

¹ Harvested 90 days after planting.

² PH: plant height; FWY: fresh weight yield; DMY: dry matter yield; DM: dry matter percent; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fiber, and ADF: acid detergent fiber.

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

III. 燕麥的不同收穫期產量及品質評估

2016 年 12 月在臺南市以燕麥 swan 及 saia 進行不同收穫期的產量及品質評估試驗。由試驗結果發現，隨著收穫日期的延後，2 個品種的鮮重皆有逐漸上升的趨勢，越晚收穫產量越高，然而芻料品質卻隨著收穫期愈晚而愈差 (表 3)。朱等 (2018) 指出燕麥 saia 自孕穗期開始，會隨著收穫期越晚乾物率及產量會越高，然而芻料品質卻隨著收穫期越晚而越差。Liu and Mahmood (2015) 也指出當燕麥收穫時的成熟度越高，營養成分含量就會越低，而芻料品質也隨之降低。燕麥 swan 在 120 日收穫時乾重顯著最高為 44,750 kg/ha，而燕麥 saia 則在第 90 及 105 日收穫時乾重產量顯著最高分別為 29,060 kg/ha 及 31,430 kg/ha。然而燕麥 saia 的 CP 含量會隨著收穫期的延後而顯著下降，特別是在 105 日收穫時，降幅最為明顯，由 11.5% 降至 6.7%，下降幅度達 41.7%。Coblentz *et al.* (2013、2014) 指出，不同燕麥品種植體化學成分如 CP、WSC 或纖維含量，在不同收穫期常有顯著的差異表現。

表 3. 2016 年冬季在臺南市不同收穫期對燕麥產量及品質之影響

Table 3. Effect of harvesting stages on forage yield and quality of two oat cultivars grown in Tainan in winter, 2016

Variety	Growth day	FWY ¹	DMY	DM	CP	NDF	ADF
		----- kg/ha -----		%	----- % DM -----		
swan	60	81,690 ^d	11,810 ^d	14.5 ^d	17.8 ^a	48.7 ^c	29.1 ^c
	75	82,130 ^d	17,880 ^{cd}	21.8 ^{cd}	12.9 ^b	52.6 ^{bc}	31.4 ^{bc}
	90	117,690 ^c	27,440 ^{bc}	23.3 ^{bc}	11.5 ^{bc}	55.0 ^b	31.6 ^{abc}
	105	137,750 ^a	36,380 ^{ab}	26.4 ^{ab}	9.2 ^{cd}	61.6 ^a	34.6 ^a
	120	128,130 ^b	44,750 ^a	34.9 ^a	6.7 ^d	57.9 ^{ab}	32.6 ^{ab}
saia	60	80,940 ^{ab}	11,500 ^c	14.2 ^c	17.4 ^a	47.8 ^c	28.7 ^d
	75	87,880 ^{ab}	18,000 ^{bc}	20.5 ^{cd}	14.3 ^b	55.2 ^b	34.0 ^{bc}
	90	116,060 ^a	29,060 ^a	25.0 ^{bc}	11.5 ^c	56.3 ^b	33.0 ^c
	105	98,690 ^{ab}	31,440 ^a	31.9 ^b	6.7 ^d	65.3 ^a	36.7 ^{ab}
	120	64,690 ^b	25,560 ^{ab}	39.5 ^a	5.9 ^d	67.7 ^a	39.2 ^a

¹ FWY: fresh weight yield; DMY: dry matter yield; DM: dry matter percent; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fiber, and ADF: acid detergent fiber

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

綜合上述結果，燕麥 saia 在 105 日收穫時有最高產量，但太晚收穫會造成品質大幅下降，且因其莖稈較細生育後期容易倒伏，造成收穫不便，故燕麥 saia 最佳收穫期評估為 90 – 105 日最為適宜。雖然燕麥 swan 的品質也會隨著收穫期的延後也逐漸下降，然而其產量卻會隨著收穫期的延後而大幅提高，為獲得最大的芻料生產量，燕麥 swan 之最佳收穫期推薦為 120 日。

IV. 芻料作物生產輪作模式之建議

本報告建議各地區利基性芻料的輪作生產模式如表 4 所示。模式 A、B 及 C 的設計方式是將各地區主要作物與芻料作物進行輪作栽培，將芻料生產融入當地產業，避免大幅度改變農民耕作習慣，以增加農民投入芻料生產之意願，並增加芻料產量；模式 D 則純粹是以芻料生產為目的，是國內首次完整的芻料作物輪作生產模式。各模式也將友善耕作的精神納入芻料生產之中，如水、旱田輪作或禾、豆輪作，以降低對環境的衝擊，確保農業永續發展。

表 4. 芻料作物生產之地區輪作模式

Table 4. The different modes of crop rotation for forage production in different locations

Location	Crop rotation mode	Growth duration (day)
Changhua	A. Rice - Sweet sorghum - Oat saia	285
Tainan	B. Sweet sorghum - Soybean - Forage corn	290
Taitung	C. Soybean - Rice - Oat saia	275
All locations	D. Soybean - Sweet sorghum - Oat swan	290

輪作制度是將多種農作物安排次序栽培，如旱田及水田輪作、豆科及非豆科輪作或深耕性與淺根性輪作等，皆為理想的栽培模式，可提高農地生產力，並避免連作障礙（鄭及白，1995；譚及王，2000）。目前臺南鹽水地區、臺東縣鹿野鄉及彰化縣福興鄉的輪作生產方式皆不相同，但都有其主要作物，如福興地區為一期作水稻、臺南鹽水地區為裡作青割玉米、鹿野地區為二期作水稻。為確保芻料作物生產時不會影響到糧食供應，因此本研究規劃芻料作物輪作制度時，會避免其他作物與主要作物競爭的狀況。經調查 3 個地區其它期耕作情形，發現福興地區農民習慣在二期作種植再生稻以繳交公糧，導致公穀品質降低；而在臺南鹽水地區則常因一期作缺水而導致休耕地面積大增；鹿野地區也常因一期作灌溉水源不足，而無法種植需水量高的作物。

芻料作物輪作生產模式的運轉除了合適作物與品種的選擇外，也須將各種作物的種植時期、收穫適期及總生育日數納入考量，以免影響輪作運行。例如，彰化縣福興地區的主要作物為一期作的水稻，種植日期約為 2 月底至 3 月中，而收穫時間為 6 月底至 7 月中，種植日數約 120 日。二期作部分因考量臺灣的多颱風氣候，故

以耐逆境的甜高粱臺畜 1 號為主要芻料作物，種植日期約為 8 月初，而收穫日期約為 11 月初，生育日數約為 90 日。冬季裡作部分，因考量不影響一期作主作物之生產，故選擇生育期短的燕麥 *saia* 為主要芻料作物，種植日期約為 11 月中，收穫日期約 2 月初，生育日數約為 75 日。因此，福興地區模式 A 的總生育日數為 285 日。

臺南市鹽水地區為臺灣主要的青割玉米產區，其主要生產季節為冬季裡作，種植日期約為 9 月底至 10 月底之間，而收穫日期則從 1 月底至 2 月底，生育日數約為 120 日。南部地區因氣候較為炎熱，故 3 月中以後即可進行甜高粱台畜草 1 號生產工作，約 6 月中即可進行收穫，可避開颱風的危害。甜高粱與青割玉米為性質相近的芻料作物，所利用的機械也大致相同，無需另外投資即可進行生產，因此規劃一期作以甜高粱為主要的芻料作物。綠肥大豆為臺南地區主要的綠肥作物，可增加土壤中氮素含量，有助於減少肥料之施用。綠肥大豆臺南 4 號一、二期作皆可種植，生育日數約 80 日。因此，鹽水地區模式 B 的總生育日數為 290 日。

臺東縣鹿野地區的主要作物為二期作的水稻，種植日期為 6 月底至 7 月中，而收穫時間為 10 月底至 11 月中，種植日數約 120 日。因考量一期作灌溉水缺乏問題，冬季裡作選擇生育期短的燕麥 *saia* 為主要芻料作物，種植日期約為 12 月初，而收穫日期約為 2 月中，生育日數約為 75 日。若加上一期作的綠肥大豆臺南 4 號種植日程，鹿野地區模式 C 的總生育日數為 275 日。

除模式 B 之外，模式 D 亦是純粹以大量生產芻料為目的的模式，在作物選擇部分則不需考慮各地區的主要作物種植情形，故可以最佳芻料生產模式進行規劃。模式 D 的輪作生產模式規劃一期作是綠肥大豆臺南 4 號、二期作為甜高粱臺畜 1 號，而冬季裡作則以燕麥 *swan* 為主。因燕麥 *swan* 為晚熟型，故生育日數長達 120 日，所以模式 D 的總生育日數預估為 290 日。4 組芻料作物輪作生產模式的總生育日數介於 275 日至 290 日之間，故每期作之間尚有 25 - 30 日的準備時間，符合一般農民生產習性。

結 論

本研究之調查結果顯示，甜高粱的產量相當於青割玉米，且其耐天災特性強，非常適合在我國天然災害多的夏季種植。燕麥在臺灣的芻料產能大於小麥且營養價值高，因此臺灣冬季牧草生產以燕麥較為合適。本研究所建議的芻料作物輪作生產模式保有各地區的主要作物，僅將甜高粱及燕麥納入輪作栽培，避免大幅度改變農民耕作習慣，以減少其對於生產芻料的排斥心態，有利於新建構之輪作生產模式之推廣。

參考文獻

- 卜瑞雄、施意敏、蔡牧起、劉錦臺。1990。冬季芻料作物栽培之研究。臺灣牧草研究研討會專輯 p.159-166。
- 朱明宏、王紓愨、游翠鳳、陳嘉昇。2018。黑燕麥在不同收穫期之芻料產量、品質及青貯調製研究。畜產研究 51：16-23。
- 行政院農業委員會。2019。農業統計年報 108 年。行政院農業委員會印行。
- 吳昭慧、連大進。2004。豆科綠肥在休耕田的栽培利用。臺南區農業專訊 50：8-12。
- 李應煌。1988。燕麥不同青刈期產量及營養成分變化。嘉義農專學報 17：115-124。
- 施意敏、李姿蓉。2020。臺灣北部地區芻料用燕麥生產與利用之研究。畜產研究 53：244-252。
- 陳勃聿、許進德、蕭素碧。2017。甜高粱臺畜一號之育成。畜產研究 50：37-44。
- 財政部關務署。2019。<https://portal.sw.nat.gov.tw>。
- 劉明宗、曾美倉。1984。燕麥臺大選一號週年栽培試驗。畜產研究 17：11-23。
- 施意敏、呂秀英。2017。活化休耕地之重要農產品產業發展策略之研究。畜產研究 50：70-77。
- 張敏郎、廖麗貞。2015。芻料用高粱品系生產潛力評估。畜產研究 48：170-177。
- 張敏郎、廖麗貞。2019。芻料高粱墾丁一號之育成。畜產研究 52：153-164。
- 黃嘉。1977。燕麥種類及其在臺灣之利用。科學農業 25：114-115。
- 鄭書杏、白強。1995。不同輪作制度對後作水稻生產力之影響。花蓮區農業改良場研究彙報 11：1-10。
- 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、羅國棟、許福星、洪國源、盧啟信、陳坤照、金文蔚、陳文、陳玉燕、張溪泉、黃耀興。1997。蘇丹草台畜草 1 號之育成。畜產研究 30：337-350。
- 譚增偉、王鐘和。2000。輪作制度的起源、歷史、意義與範圍。農業試驗所技術服務 44：1-3。

- Bean, B. W., R. L. Baumhardt, F. T. McCollum III, and K. C. McCuistion. 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. pp. 610-613. In: *Method of Soil Analysis. Part 2.* 2nd edition. Page, A. L. (ed.) Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA
- Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, D. A. Scarbrough, J. S. Weyers, K. F. Harrison, Z. B. Johnson, L. B. Daniels, C. F. Rosenkrans, Jr., D. W. Kellogg, and D. S. Hubbell. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in northern Arkansas. *J. Dairy Sci.* 83: 2499-2511.
- Coblentz, W. K., S. E. Nellis, P. C. Hoffman, M. B. Hall, P. J. Weimer, N. M. Esser, and M.G. Bertram. 2013. Unique interrelationships between fiber composition, water-soluble carbohydrates, and *in vitro* gas production for fall-grown oat forages. *J. Dairy Sci.* 96: 7195-7209.
- Coblentz, W. K., G. E. Brink, P. C. Hoffman, N. M. Esser, and M. G. Bertram. 2014. Fall-grown oat to extend the fall grazing season for replacement dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 97: 1645-1660.
- Coblentz, W. K., M. S. Akins, K. F. Kalscheur, G. E. Brink, and J. S. Cavadini. 2018a. Effects of growth stage and growing degree day accumulations on triticale forages: 1. Dry matter yield, nutritive value, and *in vitro* dry matter disappearance. *J. Dairy Sci.* 101: 8965-8985.
- Coblentz, W. K., M. S. Akins, K. F. Kalscheur, G. E. Brink, and J. S. Cavadini. 2018b. Effects of growth stage and growing degree day accumulations on triticale forages: 2. *In vitro* disappearance of neutral detergent fiber. *J. Dairy Sci.* 101: 8986-9003.
- Der Bedrosian, M. C., K. E. Nestor, and L. Kung. 2012. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *J. Dairy Sci.* 95: 5115-5126.
- Huang, C. W., W. H. Liang, K. E. Klos, C. S. Chen, and Y. F. Huang. 2020. Evaluation of agronomic performance and exploratory genome-wide association study of a diverse oat panel for forage use in Taiwan. *Grassl. Sci.* ? : 249-260.
- 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.
- Liu, K. and K. Mahmood. 2015. Nutrient composition and protein extractability of oat forage harvested at different maturity stages as compared to grain. *J. AGR. SCI.* 7: 50-58.
- Paleg, L. G. 1959. Citric acid interference in the estimation of reducing sugars with alkaline copper reagents. *Anal. Chem.* 31: 902.
- SAS Institute. 2014. *SAS User's Guide: Statistics, Version 13.2 Edition.* SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.

Profitable forage production of forage crops - sweet sorghum and oat

I. Suggestion of crop rotation for forage production modes ⁽¹⁾

Po-Yu Chen ⁽²⁾ and Shyh-Rong Chang ⁽²⁾⁽³⁾

Received: May 22, 2020; Accepted: Oct. 8, 2021

Abstract

The insufficient supply of domestic forage drives to the demand for establishing efficient short-term forage production modes in Taiwan. This study aims to evaluate short-term forage crops with a proposal of profitable forage production of crop rotation modes in different regions. The averaged dry matter yield of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) reached 8,766 kg/ha. The forage quality of sweet sorghum was excellent with an average crude protein content of 10.9% and water-soluble carbohydrate of 7.1%. In particular, neutral detergent fiber and acid detergent fiber were 59.2% and 32.5%, respectively. Sweet sorghum was tolerant to flooding and drought, and was suitable for forage production in summer. The average dry matter yield in the three regions for oat “saia” (*Avena strigosa* Schreb.) was significantly the highest ($P < 0.05$) with 22,980 kg/ha, followed by oat “swan” (*A. sativa* L.) with 18,210 kg/ha, and the lowest for wheat with 8,880 kg/ha, respectively. The forage yields of oats were greater than that of wheat (*Triticum aestivum* L.), so the oats could be more suitable for production in the winter in Taiwan. The dry matter yield of oat “swan” was 44,750 kg/ha, harvested 120 days after planting (DAP). The dry matter yields of oat “saia” harvested 90 and 105 DAP were significantly the highest, with 29,060 kg/ha and 31,430 kg/ha, respectively. However, the CP contents of oat “saia” were 6.7% and 11.5%, respectively. Hence, the optimum harvest period for oat “saia” was 90 - 105 DAP. For the reason, the early-maturing oat variety ‘saia’, the late-maturing oat variety ‘swan’ and sweet sorghum variety ‘Taishu No.1’ were suggested as beneficial for the forage production system in different regions. Four new modes of crop rotation for forage production were proposed as follows: A. Rice (*Oryza sativa* L.) - Sweet sorghum - Oat; B. Sweet sorghum - Manure soybean (*Glycine max* L.) - Forage corn (*Zea mays* L.); C. Manure soybean - Rice - Oat and D. Manure soybean - Sweet sorghum - Oat. Mode B and D were entirely forage crop rotation systems.

Key words: Forage, Sweet sorghum, Oat, Crop rotation mode.

(1) Contribution No. 2685 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: srchang@mail.tlri.gov.tw