

# 以小麥、大麥及燕麥作為臺灣南部地區冬季芻料之評估<sup>(1)</sup>

陳勃聿<sup>(2)(4)</sup> 田玉娟<sup>(2)</sup> 范耕榛<sup>(3)</sup>

收件日期：110 年 7 月 9 日；接受日期：111 年 6 月 17 日

## 摘 要

臺灣在冬季時乾草短缺，本研究以燕麥 (*Avena strigosa* Schreb.)、小麥 (*Triticum aestivum* L.) 及大麥 (*Hordeum vulgare*) 等短期小穀類作物，在臺南市新化地區冬季裡作時，進行不同收穫期的全株乾草產量、芻料品質及消化率等評估，以供農民參考利用。結果顯示，乾草產量方面，燕麥乾物產量為 13.4 mt ha<sup>-1</sup> 顯著高於大麥的 11.5 mt ha<sup>-1</sup> 及小麥的 7.9 mt ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ )。乾草品質方面，燕麥與大麥的粗蛋白質 (crude protein, CP)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 及酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 等含量，分別為 12.4 vs. 12.2%，60.6 vs. 59.6% 及 35.8 vs. 35.2%，品種間無顯著差異。試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) 方面，品種間以燕麥 (68.4%) 最高且與小麥 (62.0%) 及大麥 (58.5%) 有顯著差異 ( $P < 0.05$ )。由以上結果顯示，燕麥在新化地區具有較佳的乾物質產量、芻料品質及消化率，可提供南部相似氣候地區做為裁種參考。

關鍵詞：燕麥、大麥、小麥、產量、芻料品質。

## 緒 言

臺灣屬於亞熱帶氣候，生產的芻料種類以盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent) 或狼尾草 (*Pennisetum purpureum* Schum.) 等多年生熱帶牧草為主。雖然多年生熱帶牧草的產量穩定，但總產能卻不足以供應臺灣全年使用，尤其在冬季時常短缺。多年生熱帶牧草的營養價值及芻料品質較溫帶牧草為差，因此酪農戶每年進口大量的溫帶乾草供飼育使用。臺灣冬季氣候冷涼，適合栽培溫帶地區作物，故國內農民常於秋冬季節種植禾本科小穀類作物，如小麥 (*Triticum aestivum* L.)、大麥 (*Hordeum vulgare*) 等。這類作物在臺灣主要以生產穀物為主，但其植株含有豐富的營養成分，在國外已常被收穫當做芻料使用 (Coblentz *et al.*, 2018)。

燕麥 (*Avena sativa* L.) 的粗蛋白質及纖維含量均較百慕達草 (*Cynodon dactylon* L. Pers.) 為佳，已經是一種普遍收穫調製成乾草利用的優質芻料作物 (Coblentz *et al.*, 2013)。小麥為一年生禾本科溫帶作物，是世界前 3 大的穀類作物，其植株具有豐富的營養價值，在國外也常被當成乾草使用，是動物秋季非常好的芻料來源 (Gunsaulis *et al.*, 2008)。在國外的間作系統中，大麥的營養價值優於燕麥、黑小麥 (*Triticum × Triticosecale*) 和小麥 (Ross *et al.*, 2004)。高品質的牧草必須具有高的動物攝取量、消化率和利用效率 (Waldo and Jorgensen, 1981)。Carr *et al.* (2004) 指出大麥比燕麥具有較高的可消化乾物質 (digestible dry matter, DDM)、較高的粗蛋白 (crude protein, CP) 和較低的酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 含量，是一種優質芻料。McCartney & Vaage (1994) 強調牧草的經濟價值取決於其產量和飼養價值，大麥、燕麥和黑小麥等小穀類作物的產量和營養成分被認為適合作為芻料。

Coblentz *et al.* (2000) 建議可將小麥、燕麥或黑麥 (*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芻料的來源與產量，以延長自給芻料的供應期。為提升國內冬季牧草供應量，本研究針對燕麥、小麥及大麥等具有利用潛力的小穀類作物進行冬季芻料產量、品質及試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) 評估，以供農民參考利用。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2708 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

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

## 材料與方法

### I. 試驗設計

本試驗以燕麥品種 Saia (*A. strigosa* Schreb.)、小麥臺中選 2 號及大麥農院 4 號等 3 個品種為參試品種。燕麥 Saia 購自明豐種苗，而小麥臺中選 2 號及大麥農院 4 號則為自行繁殖。三種作物於 2018 年 12 月 12 日在行政院農業委員會畜產試驗所（臺南市新化區）進行種植。試驗田區採完全隨機設計 (complete randomized design, CRD)，每試驗小區面積為 10 m<sup>2</sup> (2 m × 5 m)，4 重複。以條播種植行距 20 cm，播種量為 120 kg ha<sup>-1</sup>。施肥量為氮 (N) 肥：120 kg ha<sup>-1</sup>、磷 (P) 肥 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：30 kg ha<sup>-1</sup> 及鉀 (K) 肥 K<sub>2</sub>O：60 kg ha<sup>-1</sup>。N 肥於基肥時施用 1/2 量，另 1/2 量則於種植 1 個月後再施用，P 肥及 K 肥則於基肥時全量施用。試驗期間溫度資料如表 1 所示。

表 1. 2018 – 2019 年冬季芻料作物評估試驗期間每月平均溫度

Table 1. Monthly mean temperatures during the experiment at period for winter forages during 2018-2019

Growth period, year/month	Temperature, °C
2018/12	20.4
2019/01	18.8
2019/02	21.1
2019/03	21.4

### II. 調查方法

試驗材料分別於 2019 年 2 月 23 日 (74 日) 及 3 月 12 日 (91 日) 進行農藝性狀調查。在 74 日時，燕麥、大麥及小麥的生育期分別為抽穗期、乳熟期及糊熟期；91 日時則為糊熟期、黃熟期及枯熟期。每試區收穫 1 m<sup>2</sup> 以進行鮮重及分蘗數 (僅 2 月 23 日) 調查，並取 1 kg 樣品以 65°C 烘乾 96 小時後，測量其乾物率並換算 1 m<sup>2</sup> 的乾物重。也另取 1 kg 樣品進行葉莖分離，烘乾後測量葉及莖的乾物重，相除即為葉莖比。將乾燥的樣品磨粉保存於 -20°C 冷凍庫，以供進行營養成分分析。

### III. 營養成分分析

依照 AOAC (2000) 的 Kjeldahl 方法分析 CP；中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 及 ADF 以 Ankom 200 纖維分析器進行分析 (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY)；水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 依據 Morris (1948) 的 anthrone 呈色法分析；澱粉 (starch) 含量以 Yoshida *et al.* (1976) 方法進行萃取，萃取液加入呈色劑後，以標準品檢量線經分光光度計 (spectrophotometer, U-2100, Hitachi, Japan) 測定 532 nm 之吸光值；礦物元素 (minerals) 的磷、鉀、鈣、鎂含量分析係以硫酸及過氧化氫分解至澄清後，磷含量以鉬藍比色法 (Rodriguez *et al.*, 1994) 測定，鉀、鈣、鎂含量以原子吸光儀測定；IVDMD 是依照李及蕭 (2007) 修正之方法進行。

### IV. 統計分析

試驗資料以 R 軟體 (R Software, 2020) 進行統計分析。以變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 檢定不同作物的差異顯著性，若變方分析達顯著差異水準，再以最小顯著差異 (least significant difference test, LSD) 比較處理組間的差異；以獨立樣本 t 檢定 (independent sample t-test) 比較不同收穫期的差異顯著性。本試驗以 P < 0.05 為顯著差異水準。

## 結果與討論

### I. 農藝性狀

參試品種在不同收穫期的農藝性狀調查結果如表 2 所示。株高方面，燕麥兩個收穫期無顯著差異，大麥與小麥皆有顯著差異 (P < 0.05)。品種間以燕麥最高 (123.0 cm)，與其餘兩種有顯著差異。鮮草產量方面，大麥兩個收穫期間有顯著差異，其餘兩品種無顯著差異。品種間以燕麥最高 (67.1 mt ha<sup>-1</sup>)，大麥次之 (45.0 mt ha<sup>-1</sup>)，小麥最低 (20.2 mt ha<sup>-1</sup>)，且三品種間有顯著差異。乾草產量方面，燕麥兩個收穫期，有顯著差異，其餘兩種無顯著差異。品種間以燕麥最高 (13.4 mt ha<sup>-1</sup>)，大麥次之 (11.5 mt ha<sup>-1</sup>)，小麥最低 (7.9 mt ha<sup>-1</sup>)，品種間有顯著差異。乾物率方面，參試品種內兩個收穫期，皆以 91 天收穫較高且有顯著差異。品種間以小麥最高 (42.2%)，與其餘品

種有顯著差異，大麥 (25.9%) 與燕麥 (20.0%) 間無顯著差異。葉與莖乾物比方面，參試品種內兩個收穫期，皆以 74 天收穫較高且有顯著差異。品種間以燕麥最高 (0.5%)，與大麥 (0.35%) 無顯著差異，小麥最低 (0.14%)，與其餘品種有顯著差異。分蘗數方面，以燕麥最高 (1,260 no./m<sup>2</sup>)，與其餘品種有顯著差異。大麥 (480 no./m<sup>2</sup>) 與燕麥 (423 no./m<sup>2</sup>) 間無顯著差異。

表 2. 燕麥、大麥及小麥在不同收穫期的農藝性狀表現

Table 2. The agronomic characteristics of oat, barley and wheat at different harvesting stages

Crop	Growth day	PH <sup>1</sup>	FWY	DMY	DMR	LSR	Tiller
	day	cm	----- mt ha <sup>-1</sup> -----		%		no./m <sup>2</sup>
Oat	74	122.7 <sup>a</sup>	62.4 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	18.7 <sup>b</sup>	0.63 <sup>b</sup>	1,260 <sup>A</sup>
	91	123.3 <sup>a</sup>	71.8 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	—
Barley	74	84.8 <sup>b</sup>	50.3 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	23.5 <sup>b</sup>	0.48 <sup>b</sup>	480 <sup>A</sup>
	91	99.0 <sup>a</sup>	39.8 <sup>b</sup>	11.2 <sup>a</sup>	28.4 <sup>a</sup>	0.30 <sup>a</sup>	—
Wheat	74	84.7 <sup>b</sup>	24.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	28.6 <sup>b</sup>	0.16 <sup>b</sup>	423 <sup>A</sup>
	91	94.9 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	55.8 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	—
Oat		123.0 <sup>A</sup>	67.1 <sup>A</sup>	13.4 <sup>A</sup>	20.0 <sup>B</sup>	0.50 <sup>A</sup>	1,260 <sup>A</sup>
Barley	mean	91.9 <sup>B</sup>	45.0 <sup>B</sup>	11.5 <sup>B</sup>	25.9 <sup>B</sup>	0.39 <sup>A</sup>	480 <sup>B</sup>
Wheat		89.8 <sup>B</sup>	20.2 <sup>C</sup>	7.9 <sup>C</sup>	42.2 <sup>A</sup>	0.14 <sup>B</sup>	423 <sup>B</sup>

<sup>1</sup> PH: plant height; FWY: fresh weight yield; DMY: dry matter yield; DMR: dry matter rate; LSR: leaf/stem ratio.

<sup>a, b</sup> Means with different superscripts in the same crop under the same column differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C</sup> Means with different capital letters in the same column differ ( $P < 0.05$ ).

小麥一般栽培適溫為 12 – 23℃，目前在臺灣主要的栽培期間為二期水稻收穫後的冬季裡作 (沈，2009)。大麥生育期之平均溫度以 10 – 20℃ 為宜，常在臺灣冬季栽培。燕麥適合的生長溫度為 12 – 25℃，朱等 (2018)、施及李 (2020) 的研究結果顯示，燕麥適應臺灣的栽培環境。小麥臺中選 2 號於 1 月 21 日即抽穗，為三種作物中最早的，而大麥農院 4 號則在 2 月 17 日，燕麥 Saia 最晚至 2 月 21 日才抽穗。小麥臺中選 2 號在中部地區約為種植後 60 日抽穗 (林等，2018)，但在臺南地區種植後 41 日就抽穗。林 (2013) 指出小麥的營養生長期遭逢高溫時，常導致植株矮化、分蘗數減少、抽穗時間提早。大麥在中部地區的平均抽穗期為 75 日 (許，1983)，而本試驗的大麥農院 4 號在種植 68 日後就抽穗。Hopkins and Hillman (1965) 將大麥歸類於長日照植物，而 Starling (1980) 則指出低溫及較短日照對大麥的營養生長、分蘗及根發育較有利。在南部地區的冬季溫度較中部地區高，且 2 月時日照時間逐漸變長，導致加速小麥及大麥的生長速度而提早抽穗、成熟。陳等 (2021) 研究結果顯示，燕麥 Saia 在屏東縣恆春地區的抽穗日期為種植後 80 日，而本研究則僅為 72 日。陳等 (2021) 指出相同基因型的作物品種的老化速度會受溫度、日長等環境因素影響。因此，各地區的氣候條件不同，選擇適合當地的作物或品種種植時，才能發揮較佳的經濟效益。

燕麥的平均株高為 123 cm，顯著高於大麥的 91.9 cm 及小麥的 89.8 cm ( $P < 0.05$ ) (表 2)；分蘗數也以燕麥的 1,260 no. m<sup>-2</sup> (支數 / 平方公尺) 顯著多於大麥的 480 no. m<sup>-2</sup> 及小麥的 423 no. m<sup>-2</sup>；在平均鮮重部分，以燕麥的 67.1 mt ha<sup>-1</sup> 顯著最高，大麥的 45.0 mt ha<sup>-1</sup> 次之，小麥最低為 20.2 mt ha<sup>-1</sup>；在平均乾物產量也有相同趨勢，以燕麥的產量 (13.4 mt ha<sup>-1</sup>) 顯著高於大麥 (11.5 mt ha<sup>-1</sup>) 及小麥 (7.9 mt ha<sup>-1</sup>)。

燕麥於 91 日收穫的乾物產量為 15.2 mt ha<sup>-1</sup> 顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 74 日的 11.6 mt ha<sup>-1</sup> (表 2)；在乾物率部分也以 91 日收穫最高 (分別為 21.2% 及 18.7%)。國外眾多研究報告指出，燕麥在不同收穫期的乾物產量表現，常呈現顯著性的差異 (Coblentz *et al.*, 2000; Jacobs *et al.*, 2009; Coblentz and Walgenbach, 2010; Coblentz *et al.*, 2013)。朱等 (2018) 也指出燕麥 Saia 愈晚收穫，乾物產量也越高，此與本研究結果相同。小麥在 2 次收穫期的乾物產量並無差異，然而乾物率卻由 28.6% 驟升至 55.8%，在 91 日收穫時已是枯熟期，顯示其成熟速度非常快。而大麥也有相同趨勢，在 91 日收穫時已是黃熟期。朱等 (2018) 發現燕麥 Saia 隨著收穫期越晚植株的乾物率越高，成熟度也越高，易消化之養分含量漸減，不易消化之纖維含量漸增而導致芻料品質下降。因此，大麥及小麥適合早收穫。雖然燕麥在早收穫時也會有較佳的營養價值 (表 3)，但 91 日收穫時的乾草產量較 74 日的高出 30%，顯示燕麥在晚收穫 (糊熟期) 時會有較高的經濟效益。



表 3. 燕麥、大麥及小麥在不同收穫期的全株乾草品質表現

Table 3. The forage quality of oat, barley and wheat at different harvesting stages

Crop	Growth day	CP <sup>1</sup>	WSC	NDF	ADF	Starch
	day	----- % DM -----				
Oat	74	13.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	58.1 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>
	91	10.9 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	63.1 <sup>a</sup>	37.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>
Barley	74	14.2 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	55.4 <sup>b</sup>	31.5 <sup>b</sup>	2.7 <sup>b</sup>
	91	10.1 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	63.9 <sup>a</sup>	38.9 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>
Wheat	74	11.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	61.6 <sup>b</sup>	34.7 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>
	91	6.4 <sup>b</sup>	2.2 <sup>b</sup>	70.7 <sup>a</sup>	41.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
Oat		12.4 <sup>A</sup>	4.6 <sup>a</sup>	60.6 <sup>B</sup>	35.8 <sup>a</sup>	2.7 <sup>B</sup>
Barley	mean	12.2 <sup>A</sup>	4.8 <sup>a</sup>	59.6 <sup>B</sup>	35.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>B</sup>
Wheat		8.9 <sup>B</sup>	4.2 <sup>a</sup>	66.1 <sup>A</sup>	38.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>A</sup>

<sup>1</sup> CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber.

<sup>a, b</sup> Means with different superscripts in the same crop under the same column differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B</sup> Means with different capital letters in the same column differ ( $P < 0.05$ ).

小麥乾物產量低的原因，可能是其抽穗時間較早導致營養生長期縮短，使得植株較矮且分蘗數少，而燕麥的植株最高且分蘗數也最多，使其乾物產量是三者裡最高的。Maloney *et al.* (1999) 指出燕麥和大麥作為秋季牧草時產量表現最佳。Coblentz and Walgenbach (2010) 的研究結果顯示，燕麥的乾物產量較小麥具有優勢，此與本研究結果相似。朱等 (2018) 於恆春地區進行燕麥 Saia 芻料產量研究發現，其不同收穫期的乾物產量介於 5.3 至 10.5 mt ha<sup>-1</sup>，雖然低於本試驗之產量，但還是高於大麥及小麥。而施及李 (2020) 研究結果顯示，臺灣北部地區的燕麥 Swan (*Avena sativa*) 品種的鮮重產量為 60.5 mt ha<sup>-1</sup>，而乾物產量為 12.4 mt ha<sup>-1</sup>，與本研究相當。因此，在南部地區三個作物比較，以燕麥具有較高的芻料生產潛力。

## II. 芻料品質

### (i) 全株芻料品質

參試品種在不同收穫期的全株乾草品質分析結果如表 3。CP 方面，參試品種內兩個收穫期，皆以 74 天高於 91 天，且有顯著差異 ( $P < 0.05$ )。品種間以燕麥最高 (12.4%)，與大麥 (12.2%) 無顯著差異，小麥最低 (8.9%)，與其餘品種有顯著差異。水溶性碳水化合物方面，燕麥於兩收穫期無顯著差異，大麥與小麥皆以 74 天收穫較高且有顯著差異。品種間以大麥最高 (4.8%)，燕麥 (4.6%) 次之，小麥 (4.2%) 最低，然品種間無顯著差異。NDF 方面，參試品種內皆以 74 天收穫較低，除燕麥外，其餘品種內有顯著差異。品種間以大麥最低 (59.6%)，與燕麥 (60.6%) 間無顯著差異，小麥最高 (66.1%)，且與其餘品種有顯著差異。ADF 方面，參試品種內皆以 74 天收穫較低，除燕麥外，其餘品種內有顯著差異。品種間以大麥最低 (35.2%)，燕麥次之 (35.8%)，小麥最高 (38.2%)，然品種間則無顯著差異。澱粉含量方面，參試品種內皆以 91 天收穫較高，除燕麥外，其餘品種內皆有顯著差異。品種間以小麥最高 (4.4%)，且與其餘品種有顯著差異，大麥 (3.0%) 與燕麥 (2.7%) 間無顯著差異。

### (ii) 葉片的芻料品質

參試品種在不同收穫期葉片的品質分析結果如表 4。CP 方面，參試品種內兩個收穫期皆以 74 天高於 91 天，除燕麥外，其餘品種內有顯著差異 ( $P < 0.05$ )。品種間以燕麥最高 (16.9%)，與大麥 (15.8%) 無顯著差異，小麥最低 (10.4%)，與其餘品種有顯著差異。水溶性碳水化合物方面，燕麥於兩收穫期無顯著差異，大麥與小麥皆以 74 天收穫較高且有顯著差異。品種間以大麥最高 (3.0%)，與燕麥 (2.6%) 無顯著差異，兩品種與小麥 (1.8%) 有顯著差異。NDF 方面，參試品種內皆以 74 天收穫較低，且有顯著差異。品種間以燕麥最低 (52.5%)，與大麥 (52.7%) 間無顯著差異，小麥最高 (61.4%)，且與其餘品種有顯著差異。ADF 方面，參試品種內皆以 74 天收穫較低，除燕麥外，其餘品種內皆有顯著差異。品種間以燕麥最低 (30.5%)，與大麥 (33.0%) 間無顯著差異，小麥最高 (38.6%)，且與其餘品種有顯著差異。

### (iii) 莖部的芻料品質

參試品種在不同收穫期莖部的品質分析結果如表 4。CP 方面，參試品種內皆以 74 天高於 91 天，除燕麥外，其餘品種內皆有顯著差異 ( $P < 0.05$ )。品種間以燕麥及大麥較高 (10.1%)，小麥最低 (8.0%)，且有顯著

差異。水溶性碳水化合物方面，參試品種內皆以 74 天較高，除燕麥外，其餘品種內皆有顯著差異。品種間以燕麥最高 (7.2%)，與大麥 (6.7%) 間無顯著差異，小麥最低 (4.7%) 且與其餘品種有顯著差異。NDF 方面，參試品種內皆無顯著差異。品種間以大麥最低 (63.4%)，與燕麥 (63.7%) 間無顯著差異，小麥最高 (67.5%)，且與其餘品種有顯著差異。ADF 方面，參試品種內皆以 74 天收穫較低，除大麥外，其餘品種皆無顯著差異。品種間以大麥最低 (34.9%)，與燕麥 (36.5%) 間無顯著差異，小麥最高 (38.7%)，且與其餘品種有顯著差異。

(iv) 全株礦物含量

參試品種礦物含量分析結果如表 5。參試品種磷、鉀、鈣、鎂含量及鈣磷比例，除大麥磷含量無顯著差異外，皆以 74 日收穫顯著高於 91 日 ( $P < 0.05$ )。品種間磷、鉀、鎂含量，燕麥與大麥間無顯著差異，小麥最低且有顯著差異。鈣與鈣磷比以大麥最高 (0.41, 3.78%)，與其餘品種有顯著差異。燕麥次之 (0.28, 2.67%) 與小麥 (0.17, 1.77%) 有顯著差異。

表 4. 燕麥、大麥及小麥在不同收穫期的葉、莖品質表現

Table 4. The forage quality of leaf and stem for oat, barley and wheat at different harvesting stages

Crop	Growth day	Leaf				Stem			
		CP <sup>1</sup>	WSC	NDF	ADF	CP	WSC	NDF	ADF
		----- % DM -----				----- % DM -----			
Oat	74	17.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	49.7 <sup>b</sup>	29.3 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	61.8 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>
	91	16.0 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	55.2 <sup>a</sup>	31.8 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	65.6 <sup>a</sup>	37.8 <sup>a</sup>
Barley	74	19.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	46.4 <sup>b</sup>	27.9 <sup>b</sup>	11.6 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	63.3 <sup>a</sup>	33.5 <sup>b</sup>
	91	12.1 <sup>b</sup>	1.9 <sup>b</sup>	59.1 <sup>a</sup>	38.0 <sup>a</sup>	8.6 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>	63.5 <sup>a</sup>	36.3 <sup>a</sup>
Wheat	74	15.1 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	52.5 <sup>b</sup>	30.3 <sup>b</sup>	9.5 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	65.6 <sup>a</sup>	37.0 <sup>a</sup>
	91	5.7 <sup>b</sup>	1.1 <sup>b</sup>	70.3 <sup>a</sup>	46.9 <sup>a</sup>	6.4 <sup>b</sup>	2.6 <sup>b</sup>	69.4 <sup>a</sup>	40.4 <sup>a</sup>
Oat		16.9 <sup>A</sup>	2.6 <sup>A</sup>	52.5 <sup>B</sup>	30.5 <sup>B</sup>	10.1 <sup>A</sup>	7.2 <sup>A</sup>	63.7 <sup>B</sup>	36.5 <sup>AB</sup>
Barley	mean	15.8 <sup>A</sup>	3.0 <sup>A</sup>	52.7 <sup>B</sup>	33.0 <sup>B</sup>	10.1 <sup>A</sup>	6.7 <sup>A</sup>	63.4 <sup>B</sup>	34.9 <sup>B</sup>
Wheat		10.4 <sup>B</sup>	1.8 <sup>B</sup>	61.4 <sup>A</sup>	38.6 <sup>A</sup>	8.0 <sup>B</sup>	4.7 <sup>B</sup>	67.5 <sup>A</sup>	38.7 <sup>A</sup>

<sup>1</sup> As shown in Table 3.

<sup>a, b</sup> Means with different superscripts in the same crop under the same column differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B</sup> Means with different capital letters in the same column differ ( $P < 0.05$ ).

表 5. 燕麥、大麥及小麥在不同收穫期的磷、鉀、鈣、鎂含量及鈣磷比例

Table 5. The phosphorus, potassium, calcium and magnesium contents, and Ca:P ratios for oat, barley and wheat at different harvesting stages

Crop	Growth day	P	K	Ca	Mg	Ca : P
		----- % DM -----				
Oat	74	0.11 <sup>a</sup>	3.86 <sup>a</sup>	0.41 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>	3.75 <sup>a</sup>
	91	0.09 <sup>b</sup>	2.55 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup>	1.47 <sup>b</sup>
Barley	74	0.10 <sup>a</sup>	3.72 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.27 <sup>a</sup>	5.74 <sup>a</sup>
	91	0.11 <sup>a</sup>	2.38 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	1.89 <sup>b</sup>
Wheat	74	0.10 <sup>a</sup>	3.69 <sup>a</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.18 <sup>a</sup>	2.44 <sup>a</sup>
	91	0.08 <sup>b</sup>	2.32 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.96 <sup>b</sup>
Oat		0.10 <sup>A</sup>	3.21 <sup>A</sup>	0.28 <sup>B</sup>	0.25 <sup>A</sup>	2.67 <sup>B</sup>
Barley	mean	0.11 <sup>A</sup>	3.05 <sup>A</sup>	0.41 <sup>A</sup>	0.24 <sup>A</sup>	3.78 <sup>A</sup>
Wheat		0.09 <sup>B</sup>	3.01 <sup>B</sup>	0.17 <sup>C</sup>	0.15 <sup>B</sup>	1.77 <sup>C</sup>

<sup>a, b</sup> Means with different superscripts in the same crop under the same column differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C</sup> Means with different capital letters in the same column differ ( $P < 0.05$ ).

全株燕麥的 CP 含量在 74 日收穫時為 13.8% 顯著高於 91 日的 10.9% ( $P < 0.05$ )，而其餘成分在 2 次收穫期之間皆不顯著 (表 3)。全株大麥及小麥在 74 日收穫時的 CP 含量分別為 14.2 及 11.5%，皆顯著高於 91 日的 10.1 及 10.4%；在 WSC 含量部分，大麥及小麥 74 日收穫時的含量皆為 6.2%，而 91 日收穫時則下降至 3.3 及 2.2%，降幅達 46.7 及 64.5%；大麥及小麥在 74 日收穫時 NDF 含量分別為 55.4 及 61.6%，皆顯著低於 91 日的 63.9 及 70.7%，而在 ADF 含量部分也有相同趨勢，74 日 (31.5 及 34.7%) 皆顯著低於 91 日 (38.9 及 41.7%)；大麥及小麥 91 日收穫時的澱粉含量分別為 3.2 及 5.8%，皆顯著高於 74 日收穫 (2.7 及 3.1%)。

在礦物含量部分 (表 5)，燕麥、大麥及小麥皆以 74 日顯著高於 91 日。雖然三種作物的所有礦物元素含量皆會隨著收穫期的延後而下降，但以 Ca 的含量下降最為明顯，分別減少 63、66 及 68%。因此，Ca : P 也呈現出明顯差異，由最高的 5.74% 降至最低的 0.96%。三種作物的 Ca : P 於 74 日時介於 2.44 – 5.74%，皆大於 2 : 1，然而在 91 日時卻只剩 0.96 – 1.89%。

國外眾多研究報告顯示，小穀類的芻料品質在不同收穫期之間常有明顯的差異表現，因越晚收穫植株的成熟度也會越高，導致其 NDF 及 ADF 等纖維含量增加，而 CP 及 WSC 等營養成分含量卻降低 (Coblentz *et al.*, 2000; Jacobs *et al.*, 2009; Coblentz and Walgenbach, 2010; Coblentz *et al.*, 2013)。朱等 (2018) 指出燕麥 Saia 自孕穗期開始，芻料品質會隨著收穫期越晚而越差。Liu and Mahmood (2015) 試驗結果發現，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。大麥及小麥的芻料品質、營養成分及礦物元素含量皆會隨著收穫期越晚而越差，與前述研究結果相符。然而本研究的燕麥 Saia 在 2 次收穫期之間除 CP 含量降低之外，芻料品質的差異則不明顯。陳等 (2021) 指出芻料燕麥營養成分變動的複雜度高於盤固草、狼尾草及青割玉米，芻料燕麥為叢生多分蘗型且穀粒占相當大的比例，而主分蘗與次分蘗間營養生長、生殖生長夾雜，各部位比例因品種、環境、栽培因素而增減，因此芻料燕麥成分變動的規則及預測的複雜度高。Gill *et al.* (2013) 指出芻料的 Ca : P 以 2 : 1 至 7 : 1 最為合適，而三種作物在 74 日收穫時皆可達成，但在 91 日時則小於 2 : 1。此現象與植株老化造成營養成分轉移導致 Ca 含量明顯下降有關，特別是小麥降幅達到 68%，造成 Ca : P 只剩 0.96%。

在全株芻料品質部分 (表 3)，燕麥及大麥的 CP 平均含量分別為 12.4% (乾基) 及 12.2%，皆顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於小麥的 8.9%；在 NDF 平均含量部分則呈現相反趨勢，以小麥的 66.1% 顯著高於燕麥的 60.6% 及大麥的 59.6%；在澱粉平均含量部分也有相同趨勢，以小麥的 4.4%，顯著高於燕麥的 2.7% 及大麥的 3.0%。在礦物元素平均含量部分 (表 5)，燕麥及大麥的 P、K、Ca 及 Mg 的含量皆顯著高於小麥。

在葉片品質部分 (表 4)，燕麥及大麥的 CP 平均含量分別為 16.9 及 15.8%，皆顯著高於小麥的 10.4% ( $P < 0.05$ )。在莖稈品質部分，以小麥的 NDF 及 ADF 平均含量 (分別為 67.5 及 38.7%) 顯著高於燕麥 (63.7 及 36.5%) 與大麥 (分別為 63.4 及 34.9%)。而 WSC 平均含量部分，在葉片與莖稈有相同的趨勢，皆以燕麥 (2.6 及 7.2%) 及大麥 (3.0 及 6.7%) 顯著高於小麥 (1.8 及 4.7%)，且三種作物皆以莖稈的含量較高。

燕麥及大麥的 CP 平均含量都在 12% 以上，而 NDF 含量趨近於 60%，且 ADF 含量皆低於 40% (表 3)，顯示其芻料品質並不遜色於國外種植的 (Jacobs *et al.*, 2009)。國外的研究報告 (Coblentz *et al.*, 2000; Coblentz and Walgenbach, 2010) 指出，小麥的芻料品質會優於燕麥，但此現象與本研究結果不同，推測原因可能與國外種植小麥的地區，緯度較高且氣溫冷涼，致使其生長速度較為緩慢。而臺灣南部地區屬於亞熱帶氣候，氣溫較為溫暖，促使小麥成熟速度較快 (林, 2013)，反導致其芻料品質劣於燕麥及大麥。綜合上述結果，在南部地區冬季裡作種植燕麥及大麥，其營養價值高且具有良好的纖維含量，皆為優良芻料來源。

### III. 消化率評估

參試品種試管乾物質消化率分析結果如表 6。品種內兩個收穫期，皆以 74 天高於 91 日收穫，除燕麥外，大麥及小麥兩收穫期皆有顯著差異 ( $P < 0.05$ )。品種間則以燕麥 (68.4%) 最高且與其餘品系有顯著差異，小麥次之 (62.0%) 與大麥 (58.5%) 間無顯著差異。

在評估乳牛消化率有許多方式，活體 (*in vivo*) 試驗可清楚知道餵飼後的真正結果，然而常受限於動物數量等因素，導致常由體外 (*in vitro*) 所取代。而國外研究顯示，體外試驗消化率與動物試驗消化率之間具有高度相關性 (Anassori *et al.*, 2012)。燕麥在 2 次收穫期的 IVDMD 並無差異 (表 6)，而大麥及小麥皆以 74 日 (分別為 63.4 及 66.9%) 收穫顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 91 日者 (分別為 53.5 及 57.0%)。國外的研究報告也指出，芻料隨著收穫期的延後，IVDMD 也會隨之下降 (Coblentz *et al.*, 2000; Coblentz *et al.*, 2018)。此結果可能與大麥及小麥的抽穗較早、成熟度較高有關，其 NDF 及 ADF 含量皆以 91 日顯著高於 74 日有關 (表 3)。因此，在三種作物中以燕麥的 IVDMD 表現最佳，可能與其抽穗時間較晚成熟度較低、有較高的葉片比例 (葉莖比)、全株的 NDF 及 ADF 含量相對較低、CP 含量較高等較易消化因素有關。

表 6. 燕麥、大麥及小麥在不同收穫期的試管乾物質消化率

Table 6. *In vitro* dry matter digestibility for oat, barley and wheat at different harvesting stages

Crop	Growth day	IVDMD <sup>1</sup>
	day	% DM
Oat	74	72.5 <sup>a</sup>
	91	64.2 <sup>a</sup>
	74	63.4 <sup>a</sup>
Barley	91	53.5 <sup>b</sup>
	74	66.9 <sup>a</sup>
Wheat	91	57.0 <sup>b</sup>
Oat		68.4 <sup>A</sup>
Barley	mean	58.5 <sup>B</sup>
Wheat		62.0 <sup>B</sup>

<sup>a, b</sup> Means with different superscripts in the same crop under the same column differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B</sup> Means with different capital letters in the same column differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> IVDMD, *in vitro* dry matter digestibility.

## 結 論

臺灣冬季乾草短缺，本試驗是探討於冬季裡作短期休耕地，種植小穀類作物作為芻料來源的可行性。由臺南市新化地區三種小穀類作物試驗結果顯示，燕麥具有較高的產量、較佳的芻料品質及試管乾物質消化率等優點，建議與新化地區氣候條件相似地區，可以考慮種植燕麥作為冬季芻料生產，且以種植後 91 日（乳熟期—糊熟期）時收穫較佳。

## 參考文獻

- 朱明宏、王紓愍、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。
- 沈勳。2009。小麥臺中選 2 號。臺中區農業改良場歷年育成品種專輯特刊 94：92。
- 林訓仕。2013。暖化對小麥栽植區及產量之影響。臺中區農業改良場 101 年專題討論專輯特刊 116：267-270。
- 林訓仕、郭建志、郭雅紋。2018。小麥新品種臺中 35 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 138：53-61。
- 李春芳、蕭宗法。2007。反芻動物飼料試管乾物質消化率 (IVDMD) 方法之修改。畜產研究 40：59-65。
- 許愛娜。1983。大麥在二栽培地區產量穩定性之研究。臺中區農業改良場研究彙報 7：79-88。
- 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。
- 陳嘉昇、黃永芬、游翠鳳、王紓愍。2021。芻料燕麥營養成分變動之探討。畜產研究 54：116-125。
- Anassori, E., B. Dalir-Naghadeh, R. Pirmohammadi, A. Taghizadeh, S. Asri-Rezaei, S. Farahmand-Azar, M. Besharati, and M. Tahmoozi. 2012. In vitro assessment of the digestibility of forage based sheep diet, supplemented with raw garlic, garlic oil and monensin. Vet. Res. Forum. 3: 5-11.
- ANKOM Technology Corp. 2016. <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a200>.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official Methods of Analysis. 17<sup>th</sup> ed. AOAC, Arlington, VA, USA.
- Carr, P. M., R. D. Horsley, and W. W. Poland. 2004. Barley, oat and cereal-pea mixtures as dryland forages in the northern great plains. Agron. J. 96: 677-684.
- 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., M. S. Akins, K. F. Kalscheur, G. E. Brink, and J. S. Cavadini. 2018. 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. and R. P. Walgenbach. 2010. Fall growth, nutritive value, and estimation of total digestible nutrients for cereal-grain forages in the north-central United States. J. Anim. Sci. 88: 383-399.
- 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.
- Gill, K. S., A. T. Omokanye, J. P. Pettyjohn, and M. Elsen. 2013. Evaluation of forage type barley varieties for forage yield and nutritive value in the Peace Region of Alberta. J. Agric. Sci. 5: 24-36.
- Gunsaulis, J. L., W. K. Coblentz, R. K. Ogden, R. K. Bacon, K. P. Coffey, D. S. Hubbell III, J. V. Skinner, Jr., M. S. Akins, J. D. Caldwell, K. S. Lusby, and S. A. Gunter. 2008. Fall growth potential of cereal grain forages in Northern Arkansas. Agron. J. 100: 1112-1123.
- Hopkins, W. G. and W. S. Hillman. 1965. Phytochrome changes in tissues of dark-grown seedlings representing various photoperiodic classes. Am. J. Bot. 52: 427-432.
- Jacobs, J. L., J. Hill, and T. Jenkin. 2009. Effect of stage of growth and silage additives on whole crop cereal silage nutritive and fermentation characteristics. Anim. Prod. Sci. 49: 595-607.
- 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.
- Maloney, T. S., E. S. Oplinger, and K. A. Albrecht. 1999. Small grains for fall and spring forage. J. Prod. Agric. 12: 488-494.
- McCartney, D. H. and A. S. Vaage. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat, and triticale silage. Can. J. Anim. Sci. 74: 91-96.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. Science 107: 254-255.
- R Software. 2020. The R foundation for statistical computing platform. <https://www.r-project.org/>.
- Rodriguez, J. B., J. R. Self, and P. N. Sotanpour. 1994. Optical conditions for phosphorus analysis by the ascorbic acid-molybdenum blue method. Soil Sci. Soc. Amer. J. 58: 866-870.
- Ross, S. M., J. R., King, J. T., O'Donovan, and D. Spaner. 2004. Forage potential of intercropping berseem clover with barley, oat, or triticale. Agron. J. 96: 1013-1020.
- Starling, T. M. 1980. Barley. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, pp. 189-201. Wisconsin, USA.
- Waldo, D. R. and N. A. Jorgensen. 1981. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. J. Dairy Sci. 64: 1207-1229.
- Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. Laboratory Manual of Physiological Studies of Rice 3rd Edition, pp. 46-49. International Rice Research Insititute, Los Baños, Philippines.



# Evaluation of oat, barley and wheat as winter forages in Southern Taiwan <sup>(1)</sup>

Po-Yu Chen <sup>(2) (4)</sup> Yu-Chuang Tien <sup>(2)</sup> and Geng-Jen Fan <sup>(3)</sup>

Received: Jul. 9, 2021; Accepted: Jun. 17, 2022

## Abstract

The supply of forage is seriously shortage in Taiwan during the winter. This study aimed to evaluate the forage yield, quality and digestibility for oat (*Avena strigosa* Schreb.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare*) as winter forages in southern Taiwan. The dry matter yield of oat was 13.4 mt ha<sup>-1</sup>, which was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than barley (11.5 mt ha<sup>-1</sup>) and wheat (7.9 mt ha<sup>-1</sup>). In terms of forage quality, the content of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of oat and barley were 12.4% and 12.2%, 60.6% and 59.6%, and 35.8% and 35.2%, respectively, with no significant difference between species. The in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of oat was 68.4%, which was significantly higher than those of wheat (62.0%) and barley (58.3%). The results show that oat had higher forage yield and digestibility among these short-term small grain crops. It was suggested that oat of winter cropping might be harvested for forage use to improve the forage shortage situation in southern Taiwan.

Key words: Oat, Barley, Wheat, Yield, Forage quality.

---

(1) Contribution No. 2708 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Animal Industry Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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