

# 不同收穫期對燕麥青貯品質之影響<sup>(1)</sup>

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

收件日期：112 年 4 月 26 日；接受日期：113 年 1 月 15 日

## 摘 要

本研究以 3 個燕麥品種 Saia (*Avena strigosa* Schreb.)、Swan (*A. sativa* L.) 及 Mount one (*A. sativa* L.) 為參試材料，田間採逢機完全區集設計 (randomized complete block design) 4 重複，以探討不同收穫期對燕麥產量、化學成分變化、青貯品質及消化率之影響。燕麥在孕穗期開始收穫，乾物產量由 9,130 kg ha<sup>-1</sup> 顯著增加至軟熟期的 19,300 kg ha<sup>-1</sup>；乾物率也有相同趨勢，由孕穗期的 13.1% 大幅提升至軟熟期的 37.8%。燕麥粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量由孕穗期的 17.6% 降至軟熟期的 9.6%，水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate) 含量則由 4.4% 升至 9.5%。中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 及酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 含量皆在抽穗期達到最高，分別 59.6% 及 36.4%。燕麥的青貯評分以孕穗期收穫最優，可達到佳的等級，其青貯料的 CP、NDF 及 ADF 含量分別為 13.3、46.1 及 32.4%，顯示品質優良。此外，在孕穗期的試管乾物消化率 (In vitro dry matter digestibility) 及相對飼養價值 (relative feed value) 表現也比其他收穫期為優。晚熟燕麥 Swan 及 Mount one 的青貯製作以孕穗期為佳，而中早熟燕麥 Saia 因抽穗期製作的青貯料評分最高，故此時收穫較為合適。

關鍵詞：燕麥、生長期、青貯、芻料品質。

## 緒 言

燕麥屬作物 (*Avena* spp.) 適合生長於冷涼濕潤的氣候環境，主要產區位於溫帶，已經普遍作為芻料使用，其粗蛋白質 (crude protein, CP) 及纖維含量等品質佳，可部分取代飼糧配方的玉米青貯料，是一種優質的飼料作物 (Coblentz *et al.*, 2013)。國內學者曾調查多個燕麥品種的農藝性狀與芻料品質，發現非常適合臺灣的秋冬季節栽培 (朱等, 2018；施及李, 2020；陳及張, 2022)。

臺灣中、北部地區的熱帶牧草受到冬天氣候冷涼及潮溼的影響，在冬季幾乎無法生長與收穫乾草，導致芻料供應嚴重短缺。青貯是一種牧草保存技術，現已常用於各國的畜牧業。國外研究結果顯示，燕麥的收穫期會影響青貯品質 (David *et al.*, 2010; Wallsten *et al.*, 2010)。Berto and Mühlbach (1997) 指出，生產燕麥青貯料的最佳收穫期是營養生長期，此時其粗蛋白質含量及消化率皆高。然而，此時燕麥也存有水分含量高、緩衝能力高及可溶性碳水化合物含量低等不易製作青貯料的缺點。有研究報告使用接種微生物菌劑、植體萎凋或添加糖蜜等方式 (朱等, 2018；Khan *et al.*, 2006)，以促進燕麥青貯料中的乳酸菌生長以提高品質。然而，萎凋及噴施添加劑等作業流程會增加生產成本及提高生產難度。

Coblentz *et al.* (2013) 研究結果顯示，不同燕麥品種植體化學成分如 CP、水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 或纖維含量，在不同收穫期常有顯著的差異表現。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。朱等 (2018) 的結果也有相同趨勢，燕麥 Saia 品種自孕穗期開始，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。朱等 (2018) 亦指出不同收穫期會影響燕麥青貯調製與品質，早收穫時不論有無添加乳酸菌均能製成良好青貯。Hill *et al.* (2001) 根據青貯料的營養特性，纖維經發酵後以更易消化的形式存在。

本研究旨在探討不同收穫期對燕麥青貯品質、化學成分變化及消化率的影響，以供農民參考利用。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2780 號。  
(2) 農業部畜產試驗所飼料作物組。  
(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。  
(4) 通訊作者，E-mail: muu680@mail.tlri.gov.tw。

## 材料與方法

### I. 材料種植

本試驗以燕麥 Saia (*A. strigosa* Schreb.)、Swan (*A. sativa* L.)、Mount one (*A. sativa* L.) 等 3 個品種為參試品種，於 2017 年 12 月 05 日在行政院農業委員會 (現農業部畜產試驗所，簡稱畜產試驗所) 進行種植。田間試驗以隨機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，四重複，每小區面積為 10 m<sup>2</sup> (2 m × 5 m)，條播種植行距 20 cm，播種量為 120 kg ha<sup>-1</sup>。施肥量為 N：120 kg ha<sup>-1</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：30 kg ha<sup>-1</sup>、K<sub>2</sub>O：60 kg ha<sup>-1</sup>。氮肥於基肥時施用半量，另半量則於種植 1 個月後施用。磷肥及鉀肥於基肥時全部施用。

### II. 調查方法

在燕麥的孕穗期 (booting stage)、抽穗期 (heading stage)、乳熟期 (milk stage) 及軟熟期 (soft dough stage) 進行收穫，於每小區收割 1 m<sup>2</sup> (5 m × 0.2 m) 以估算產量。將收穫燕麥細切至 3 – 5 cm，取 2 kg 裝入 PVC 塑膠袋內，並抽真空密封，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。將青貯前後的燕麥樣品於 65°C 下烘乾 96 小時後，測量其乾物重並計算乾物率，並將乾燥樣品磨粉保存於 4°C 冷藏庫，以供化學成分分析之用。

### III. 化學成分分析

- (i) 營養成分：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。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。水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 依 Morris (1948) 方法採 anthron 呈色法測定。澱粉 (starch)：以 Yoshida *et al.* (1976) 之方法進行萃取，先將測量完乾重產量之植體樣本磨碎後製成萃取液並加入呈色劑，之後以標準品檢量線 (0 – 500 ppm 葡萄糖) 經分光光譜儀測定 560 nm 之吸光值檢測樣本之澱粉含量。
- (ii) 青貯品質分析：酸鹼值測定使用 20 g 青貯料加水 180 mL，打碎過濾後以酸鹼度計 (pH/Ion meter, SP-2500, SUNTEX Company, Taiwan) 測定過濾後溶液。乳酸、乙酸、丙酸及丁酸之測定以高壓液相層析儀 (high performance liquid chromatograph, HPLC; Diode Array Detector, L-2450, HITACHI, Japan) 依 Jones and Kay (1976) 的方法進行。
- (iii) 青貯品質評分 (Flieg's score)：以青貯料中乳酸、醋酸及丁酸的含量，計算占所測定乳酸、醋酸、丙酸與丁酸等 4 項總量之當量百分比，再將百分比依 Flieg 氏青貯料脂肪酸組成評分表進行換算評分，最後將 3 項分數加總即為青貯品質評分，40 分以下表示青貯失敗、40 – 60 分為可接受、60 – 80 分為佳、80 分以上為優良 (Woolford, 1984)。
- (iv) 試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD)：檢測係參照李及蕭 (2007) 之方法。
- (v) 相對飼養價值 (relative feed value, RFV) 之計算方式：
$$RFV = (120/NDF) \times (88.9 - 0.779 \times ADF) / 1.29$$
 (Undersander and Moore, 2002)

IV. 試驗所得資料經 R 軟體 (R version 4.0.0, <http://www.r-project.org/>) 進行統計分析。以變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 檢定不同收穫期的差異顯著性，若變方分析達顯著差異，再以最小顯著差異性 (least significant difference test, LSD) 測驗比較處理組間的差異 (以 P < 0.05 為顯著差異水準)。

## 結果與討論

### I. 農藝性狀

本試驗以燕麥 Saia、Swan、Mount one 等 3 個品種為參試品種，其中 Saia 為中早熟、莖細葉細型品種，而 Swan 與 Mount one 皆屬晚熟、莖粗葉寬型品種。Swan 的成熟期及植株型態與 Mount one 較為相似，與 Saia 的品種特性較為不同。在 2018 年 2 月 06 日收穫時 Saia 為孕穗期，Swan 與 Mount one 尚處於營養生長期未收穫；在 2 月 22 日時 Saia 已經開始抽穗而 Swan 與 Mount one 則處於孕穗期；在 3 月 06 日時 Saia 已進入乳熟期，而 Swan 與 Mount one 則進入抽穗期開始開花；在 3 月 21 日時，Saia 已處於軟熟期而 Swan 與 Mount one 則進入乳熟期階段；在 4 月 02 日時，Saia 已處於硬熟期而 Swan 與 Mount one 則為軟熟期。本試驗的 Swan 與 Saia 等 2 個品種的生長表現與陳等 (2021) 在屏東縣恆春鎮試驗結果不同，植株有較早成熟趨勢，此與種植地區的冬季氣候環境不同有關。

燕麥的平均鮮草產量以孕穗期至抽穗期 (分別為 69,704 及 67,646 kg ha<sup>-1</sup>) 時最高 ( $P < 0.05$ )，之後就隨著植株成熟度增加而下降 (表 1)；在平均乾草產量部分則呈現相反趨勢，越晚收穫產量越高，孕穗期為 9,130 kg ha<sup>-1</sup>，到抽穗期則顯著增加至 12,077 kg ha<sup>-1</sup>，至軟熟期達到最高為 19,300 kg ha<sup>-1</sup>，增幅 111%；平均乾物率與平均乾草產量呈現相同趨勢，植株越成熟乾物率也就越高，平均乾物率在孕穗期 (13.1%) 至抽穗期 (18.6%) 時增幅並不大，但進入乳熟期後就顯著提升至 30.5%，而在軟熟期最高為 37.8%。燕麥的農藝性狀表現與國內的研究報告有相同趨勢 (朱等，2018；施及李，2020)，越晚收穫有越高的乾物產量而乾物率也隨之提高。

3 個品種的乾物率在孕穗期 (分別為 13.0%、13.6% 及 12.7%) 都是最低的 ( $P < 0.05$ )，而到軟熟期則分別增加至 31.6%、47.8% 及 33.9%，並以 Swan 的增幅最大達 251% (表 1)。乾物產量也有相同趨勢，Saia 及 Swan 皆在軟熟期達到最高 (分別為 20,961 及 21,163 kg ha<sup>-1</sup>)。鮮重產量則呈現相反趨勢，Saia 及 Swan 皆在孕穗期 (分別為 82,990 及 70,229 kg ha<sup>-1</sup>) 收穫時達到最高，之後則逐漸下降。Mount one 的最高產量表現 (分別為 66,563 及 20,177 kg ha<sup>-1</sup>) 皆略遜於 Swan，此與施及李 (2020) 研究結果相似，顯示不同晚熟燕麥品種的農藝性狀表現也會有所差異。

表 1. 不同燕麥品種在不同收穫期之農藝性狀表現

Table 1. The agronomic performance of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	Fresh weight yield	Dry matter yield	Dry matter content
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Growth stage*	Boot	69,704 <sup>a</sup>	9,130 <sup>c</sup>	13.1 <sup>d</sup>
	Head	67,646 <sup>a</sup>	12,077 <sup>b</sup>	18.6 <sup>c</sup>
	Milk	61,320 <sup>b</sup>	18,686 <sup>a</sup>	30.5 <sup>b</sup>
	Soft dough	52,403 <sup>c</sup>	19,300 <sup>a</sup>	37.8 <sup>a</sup>
Saia	Boot	82,990 <sup>a</sup>	10,774 <sup>c</sup>	13.0 <sup>e</sup>
	Head	76,417 <sup>a</sup>	10,758 <sup>c</sup>	14.1 <sup>c</sup>
	Milk	58,000 <sup>b</sup>	16,370 <sup>b</sup>	28.2 <sup>b</sup>
	Soft dough	66,396 <sup>b</sup>	20,961 <sup>a</sup>	31.6 <sup>a</sup>
Swan	Boot	70,229 <sup>a</sup>	9,532 <sup>d</sup>	13.6 <sup>d</sup>
	Head	64,073 <sup>b</sup>	13,061 <sup>c</sup>	21.3 <sup>c</sup>
	Milk	59,396 <sup>b</sup>	19,512 <sup>b</sup>	32.9 <sup>b</sup>
	Soft dough	44,292 <sup>c</sup>	21,163 <sup>a</sup>	47.8 <sup>a</sup>
Mount one	Boot	55,892 <sup>b</sup>	7,083 <sup>d</sup>	12.7 <sup>d</sup>
	Head	62,449 <sup>a</sup>	12,412 <sup>c</sup>	20.3 <sup>c</sup>
	Milk	66,563 <sup>a</sup>	20,177 <sup>a</sup>	30.3 <sup>b</sup>
	Soft dough	46,521 <sup>c</sup>	15,777 <sup>b</sup>	33.9 <sup>a</sup>

\* Average value of 3 varieties at the same growth stage

<sup>a, b, c, d</sup> Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

## II. 芻料品質

燕麥的平均 CP 含量會隨著收穫期的延後而顯著降低，由孕穗期的 17.6% 降至軟熟期的 9.6% ( $P < 0.05$ )，降幅達 45% (表 2)；平均 WSC 含量則有相反趨勢，由 4.0% 最高升至 9.7%，增幅達 116%；而平均澱粉含量的變化趨勢與 WSC 含量相同，由 3.0% 逐漸增加至 7.1%，增幅更達 137%；平均 NDF 及平均 ADF 含量皆在孕穗期時最低，分別為 50.3% 及 30.4%，在抽穗期達到最高，分別 61.6% 及 37.4%，之後隨之下降。

燕麥 Saia 在孕穗期的 CP 含量最高為 22.7% ( $P < 0.05$ )，而在軟熟期收穫時最低僅 10.0%，降幅達 56% (表 2)；WSC 含量則呈現相反趨勢，在孕穗期僅為 3.6%，而在軟熟期收穫時最高達 8.5%，增幅達 136%；而在澱粉含量部分也與 WSC 有相同趨勢，由 2.1% 增加至 5.2%。Swan 及 Mount one 的 CP 含量的變化與 Saia 有相同趨勢，都以孕穗期收穫時最高，分別為 13.4% 及 16.7%；而在 WSC 含量部分也是有相同變化，都是在軟熟期時有最高含量，分別為 8.3% 及 11.7%。雖然燕麥的芻料品質雖會因品種不同而產生差異，但在不同收穫期間的變化

趨勢是一致的。

表 2. 不同燕麥品種在不同收穫期之青貯前化學成分

Table 2. The forage quality of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	CP*	WSC	NDF	ADF	SA
		----- % DM** -----				
Growth stage ***	Boot	17.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>d</sup>	50.3 <sup>c</sup>	30.4 <sup>c</sup>	3.0 <sup>d</sup>
	Head	12.6 <sup>b</sup>	5.1 <sup>c</sup>	59.6 <sup>a</sup>	36.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>c</sup>
	Milk	11.0 <sup>c</sup>	8.1 <sup>b</sup>	56.5 <sup>b</sup>	34.2 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>
	Soft dough	9.6 <sup>d</sup>	9.5 <sup>a</sup>	57.0 <sup>b</sup>	34.7 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>
Saia	Boot	22.7 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>	45.4 <sup>c</sup>	26.6 <sup>c</sup>	2.1 <sup>c</sup>
	Head	13.2 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	57.7 <sup>b</sup>	36.0 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>
	Milk	11.3 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>b</sup>	63.7 <sup>a</sup>	38.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	Soft dough	10.0 <sup>c</sup>	8.5 <sup>a</sup>	59.4 <sup>b</sup>	36.4 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>
Swan	Boot	13.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	54.7 <sup>b</sup>	33.1 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>c</sup>
	Head	12.9 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	58.5 <sup>a</sup>	34.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>
	Milk	10.7 <sup>b</sup>	9.3 <sup>a</sup>	52.5 <sup>b</sup>	31.3 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>
	Soft dough	8.8 <sup>b</sup>	8.3 <sup>a</sup>	54.4 <sup>b</sup>	31.9 <sup>b</sup>	8.4 <sup>a</sup>
Mount one	Boot	16.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>c</sup>	50.7 <sup>c</sup>	31.5 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>
	Head	11.9 <sup>b</sup>	5.8 <sup>b</sup>	62.5 <sup>a</sup>	38.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>bc</sup>
	Milk	10.9 <sup>bc</sup>	11.3 <sup>a</sup>	53.5 <sup>c</sup>	32.4 <sup>c</sup>	4.4 <sup>b</sup>
	Soft dough	10.0 <sup>c</sup>	11.7 <sup>a</sup>	57.2 <sup>b</sup>	35.7 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>

\* CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; SA: starch.

\*\* DM: dry matter.

\*\*\* Average value of 3 varieties at the same growth stage.

<sup>a, b, c, d</sup> Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

朱等 (2018) 指出燕麥收穫期越晚雖然芻料產量會提高，但品質卻不甚理想，施及李 (2020) 亦有相似的結果，不同收穫期會影響燕麥 CP 含量的變化。Jacobs *et al.* (2009) 亦指出，隨著牧草的成熟度增加，乾物產量也會增加，但此結果與代謝能 (metabolizable energy) 和 CP 含量下降有關。本試驗燕麥的 CP 含量會隨著收穫期越晚而有下降趨勢 (表 2)，此與國外的研究結果相同 (Coblentz *et al.*, 2000; Gunsaulis *et al.*, 2008; David *et al.*, 2010; Liu and Mahmood, 2015)。CP 含量是牧草品質評價中最重要指標之一。Mustafa and Seguin (2003) 指出收穫期對燕麥 CP 含量的影響大於對碳水化合物的影響，此與本研究結果相同。Nadeau (2007) 研究結果顯示，小穀類作物在抽穗後最顯著的化學成分變化是澱粉含量的增加和 NDF 含量的降低，此與穗占植物乾物質比例較高而導致的。陳等 (2021) 指出，燕麥的 ADF、NDF 含量在抽穗前有隨生長上升的趨勢，到抽穗後出現高點，之後隨穀粒澱粉累積而降低，可能與非結構性碳水化合物及澱粉累積速度有關。本研究也有相同趨勢，收穫期越晚澱粉含量越高而 NDF 含量則降低。Coblentz *et al.* (2013) 指出在低 NDF 燕麥品種的 WSC 含量與生長期之間存在正相關。Coblentz *et al.* (2018) 亦指出燕麥的 WSC 含量於孕穗早期會達到頂點，隨後下降在抽穗早期達到最低點，而後增加在軟熟期達到穩定。本研究也有相同趨勢，收穫期越晚 3 個燕麥品種的 WSC 含量越高。

### III. 青貯品質

燕麥在不同的收穫期進行青貯試驗，青貯 60 日後青貯料的化學成分及品質詳如表 3 及 4。燕麥青貯料的平均 CP 含量以孕穗期收穫時顯著最高達 13.3% ( $P < 0.05$ )，然隨著收穫期延後而下降，在軟熟期收穫時最低為 9.9%，降幅達 26%；平均 WSC 含量與平均 CP 含量呈現相反趨勢，由 1.4% 逐漸提高至 3.1%，而平均澱粉含量也有相同趨勢，以軟熟期收穫時的 5.7% 顯著最高。平均 pH 值在孕穗期收穫時最低為 4.1，之後隨著收穫期的延後而顯著提高至 4.9；平均醋酸含量在開始收穫時顯著最低為 1.2%，而在乳熟期收穫時達到最高為 1.7%；平均乳酸含量則呈現相反趨勢，越晚收穫含量越少，在孕穗期收穫時顯著最高為 1.7%，而在軟熟期收穫時最低僅



0.8%。在平均青貯評分部分，以孕穗期的 73 最佳，而後隨著成熟度增加而降低，顯示燕麥早收穫時的青貯品質較佳。

在青貯料化學成分部分 (表 3)，3 個燕麥品種的 CP 含量變化是一致的，越早收穫含量越高，皆以孕穗期 (分別為 11.3%、15.4% 及 13.1%) 為最 ( $P < 0.05$ )；而在 WSC 含量部分則與 CP 含量呈現相反結果，但 3 個品種的趨勢是一致的，越晚收穫含量越高皆以軟熟期 (分別為 5.2%、1.6% 及 2.4%) 為最。在青貯品質部分 (表 4)，3 個品種的 pH 值皆以孕穗期 (分別為 4.1%、4.4% 及 3.9%) 最低；乳酸含量也在孕穗期 (分別為 1.9%、1.3% 及 1.9%) 有較高的含量；在孕穗期，Swan 及 Mount one 有較低的醋酸含量 (1.2% 及 0.9%)，但 Saia 的含量高達 1.5%。因此，Swan 及 Mount one 在孕穗期有較高的青貯評分 (76 及 84)，而 Saia 僅為 58，但 Saia 在抽穗期及乳熟期的乳酸與醋酸比例 (lactic acid / acetic acid) 達到 1.5 及 1.4 時，其青貯評分也達到 75 及 72。由上述可知，燕麥青貯品質在不同品種之間會有差異，但以收穫期早晚的影響較大。

表 3. 燕麥在不同收穫期之青貯料化學成分

Table 3. The chemical composition of silages of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	CP*	WSC	NDF	ADF	SA
		----- % DM** -----				
Growth stage ***	Boot	13.3 <sup>a</sup>	1.4 <sup>d</sup>	46.1 <sup>c</sup>	32.4 <sup>c</sup>	3.7 <sup>c</sup>
	Head	10.1 <sup>b</sup>	1.7 <sup>c</sup>	55.1 <sup>ab</sup>	37.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	Milk	9.8 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>	55.9 <sup>a</sup>	34.8 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>
	Soft dough	9.9 <sup>b</sup>	3.1 <sup>a</sup>	54.4 <sup>b</sup>	32.2 <sup>c</sup>	5.7 <sup>a</sup>
Saia	Boot	15.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	43.8 <sup>d</sup>	31.0 <sup>c</sup>	3.5 <sup>c</sup>
	Head	11.5 <sup>b</sup>	1.2 <sup>b</sup>	51.3 <sup>c</sup>	36.7 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>
	Milk	10.7 <sup>b</sup>	1.2 <sup>b</sup>	58.0 <sup>b</sup>	37.7 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	Soft dough	9.1 <sup>c</sup>	1.6 <sup>a</sup>	66.3 <sup>a</sup>	42.8 <sup>a</sup>	2.8 <sup>c</sup>
Swan	Boot	11.3 <sup>a</sup>	1.4 <sup>d</sup>	48.4 <sup>b</sup>	33.4 <sup>b</sup>	4.0 <sup>c</sup>
	Head	8.8 <sup>b</sup>	2.4 <sup>c</sup>	56.5 <sup>a</sup>	36.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>b</sup>
	Milk	8.9 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	54.9 <sup>a</sup>	32.1 <sup>c</sup>	3.8 <sup>c</sup>
	Soft dough	9.8 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	48.1 <sup>b</sup>	25.9 <sup>d</sup>	7.7 <sup>a</sup>
Mount one	Boot	13.1 <sup>a</sup>	1.4 <sup>b</sup>	46.1 <sup>b</sup>	32.9 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>
	Head	10.0 <sup>b</sup>	1.5 <sup>b</sup>	57.5 <sup>a</sup>	37.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	Milk	9.9 <sup>b</sup>	2.4 <sup>a</sup>	54.8 <sup>a</sup>	34.8 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>
	Soft dough	10.7 <sup>b</sup>	2.4 <sup>a</sup>	48.9 <sup>b</sup>	27.8 <sup>c</sup>	6.6 <sup>a</sup>

\*\* CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate ; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; SA: starch.

\*\* DM: dry matter.

\*\*\* Average value of 3 varieties at the same growth stage.

<sup>a, b, c, d</sup> Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

國外的研究顯示，雖然全株小穀類牧草相對容易進行青貯，但青貯料的營養成分和發酵成效取決於青貯製作時的生長階段 (Filya, 2003)。Kung and Shaver (2001) 指出植體的化學成分，如含水率、WSC 含量或酸鹼緩衝能力等，會影響青貯發酵 (乳酸發酵) 的成效。Zhang (2002) 指出影響青貯發酵的各種因素中，乳酸菌和 WSC 是 2 個關鍵因素，當它們不足時往往會限制發酵品質。Wan *et al.* (2007) 的研究結果顯示，當苜蓿含水率高時則會限制發酵，導致青貯料品質變差且易造成養分流失。有研究報告指出，WSC 是提供微生物發酵的主要能量來源，若含量過低，微生物產酸不足，將無法抑制其他雜菌生長，對青貯結果影響很大。青貯材料中的 WSC 如低於鮮重的 3% (約為乾物的 9%)，其發酵過程易造成二次發酵，且一般的青貯材料乾物率在 25 – 30% 較為理想 (盧及許, 2001)。依據前述，本試驗燕麥的乾物率及 WSC 含量需到軟熟期時才較適合製作青貯料。然而燕麥青貯結果顯示 (表 4)，pH 值雖會因收穫期的不同而有顯著差異，但與乾物率及 WSC 含量關聯性並不大 (資料未呈現)。而乳酸與醋酸比例部分，則會與收穫期、乾物率及 WSC 含量呈現負相關 (資料未呈現)，但在孕穗期收穫時達到最高 1.5，顯示燕麥越早收穫會有較佳的青貯發酵，此與 Berto and Mühlbach (1997) 的結果相同。

表 4. 燕麥在不同收穫期之青貯發酵產物與評分

Table 4. The fermentation profile of silages of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage <sup>c</sup>	pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Flieg's score
		----- % DM* -----				
Growth stage <sup>e**</sup>	Boot	4.1 <sup>b</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.2 <sup>b</sup>	N.D.	73
	H <sup>e</sup> ad	4.3 <sup>b</sup>	1.1 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	N.D.	66
	Milk	4.2 <sup>b</sup>	1.1 <sup>b</sup>	1.7 <sup>a</sup>	N.D.	59
	Soft dough	4.9 <sup>a</sup>	0.8 <sup>c</sup>	1.3 <sup>b</sup>	N.D.	56
Saia	Boot	4.4 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	N.D.	58
	H <sup>e</sup> ad	4.3 <sup>b</sup>	1.2 <sup>a</sup>	0.8 <sup>b</sup>	N.D.	75
	Milk	4.4 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	N.D.	72
	Soft dough	5.3 <sup>a</sup>	0.6 <sup>b</sup>	0.9 <sup>b</sup>	N.D.	59
Swan	Boot	4.1 <sup>b</sup>	1.9 <sup>a</sup>	1.2 <sup>b</sup>	N.D.	76
	H <sup>e</sup> ad	4.4 <sup>ab</sup>	1.6 <sup>ab</sup>	1.2 <sup>b</sup>	N.D.	74
	Milk	4.4 <sup>ab</sup>	1.0 <sup>bc</sup>	2.5 <sup>a</sup>	N.D.	51
	Soft dough	4.8 <sup>a</sup>	0.7 <sup>c</sup>	1.3 <sup>b</sup>	N.D.	54
Mount on <sup>c</sup>	Boot	3.9 <sup>bc</sup>	1.9 <sup>a</sup>	0.9 <sup>b</sup>	N.D.	84
	H <sup>e</sup> ad	4.2 <sup>ab</sup>	0.4 <sup>b</sup>	2.1 <sup>a</sup>	N.D.	50
	Milk	3.7 <sup>c</sup>	0.9 <sup>b</sup>	1.6 <sup>a</sup>	N.D.	54
	Soft dough	4.4 <sup>ab</sup>	1.0 <sup>b</sup>	1.8 <sup>a</sup>	N.D.	54

\* DM: dry matter

\*\* Average value of 3 varieties at the same growth stage

a, b, c, d Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

本試驗的燕麥植體青貯前與青貯後化學成分比較發現 (表 2 及 3)，平均 WSC 含量在 4 次的收穫期之平均損失約 69%，顯示 WSC 是提供微生物發酵的主要能量來源之一，此與 Zhang(2002) 的研究結果相同。然而晚收穫的燕麥青貯料 pH 值顯著較高的原因 (表 4)，可能與平均乾物率已達 37.8% 有關 (表 1)。朱等 (2018) 指出 93 天收穫之黑燕麥經萎凋後，在適當的乾物率及 WSC 含量下，其發酵的產酸量不論有無乳酸菌接種均較播種後 119 天高，顯示影響青貯發酵的原因並不僅一種因素。燕麥 Saia 及 Mount one 青貯料的 CP 含量在孕穗期時損失率分別達 32% 及 21%，然隨收穫期延後損失幅度逐漸縮小，而 WSC 含量的損失率趨勢則呈現相反結果，逐漸提高至 81% 及 80%。雖然本試驗並無進行青貯料的氨態氮濃度，但國外的報告指出，燕麥青貯會損失 WSC 但有效保存 CP，維持青貯料的營養價值 (Gunsaulis *et al.*, 2008; David *et al.*, 2010; Liu and Mahmood, 2015)，此結果與本研究相似。

Cherney and Cherney (2003) 指出軟熟期的低 CP 含量會使青貯料緩衝能力降低，促進 pH 值快速下降，避免青貯料的營養成分遭受微生物之降解。本試驗燕麥 Saia 在孕穗期的 CP 含量高達 22.7% (表 2)，而青貯料的含量僅為 15.4% (表 3)，減損達 32%，此時乳酸與醋酸比為 0.9 (表 4)。但當 Saia 的 CP 含量降至 13.2% 時，乳酸與醋酸比提高至 1.5，減損僅為 13%，顯示燕麥的 CP 含量確實會對青貯料緩衝能力造成影響。

Coblentz *et al.* (2018) 指出通常穀物型燕麥品種在軟熟期收穫作為青貯料是最為理想，然而本試驗的 Swan 及 Mount one 在孕穗期有較高的青貯評分 (表 4)，而 Saia 則在抽穗期表現較佳，此與 Berto and Mühlbach (1997) 的結果較為相似。雖然燕麥在孕穗期及抽穗期收穫時會造成較高的 CP 損失，然而此時的青貯品質卻遠優於其他時期收穫的。

#### IV. 消化率及相對飼養價值

在燕麥青貯料的 IVDMD 部分 (表 5)，Saia、Swan 及 Mount one 皆於孕穗期 (分別為 83、81 及 79%) 收穫時最高 (P < 0.05)，然隨著收穫期延後就顯著下降。Coblentz *et al.* (2018) 的研究報告顯示，隨著收穫期的延後，黑小麥的 IVDMD 也會隨之下降，而在營養期與孕穗期所收穫的燕麥青貯料則具有較高的 IVDMD，此與本研究報告結果一致。Mustafa and Seguin (2003) 指出燕麥可緩降解 (slowly degradable fraction) 乾物質之降解速率會隨

著成熟度的增加而下降。Kiliçalp and Türk (2023) 的研究結果顯示，在抽穗前收穫的青貯料有較高的消化率及採食量，而最低的則是在抽穗期所收穫的。Mobashar *et al.* (2018) 則指出隨著飼料作物的成熟度增加會導致纖維消化率下降，此結果與牧草的葉莖比下降及纖維含量增加有關。本報告燕麥青貯料的 CP 含量在孕穗期 (13.3%) 顯著較其他收穫期高 ( $P < 0.05$ ) (表 3)，而 NDF 及 ADF 含量 (分別為 46.1 及 32.4%) 則較其他收穫期低。因此，燕麥在孕穗期收穫所製成的青貯料，會有較佳的消化率。

Waldo and Jorgensen (1981) 指出，高品質的牧草必須具有高的攝取量、消化率和利用效率。McCartney and Vaage (1994) 強調牧草的經濟價值取決於其產量和餵飼價值，而大麥、燕麥和黑小麥等小穀類作物的產量和化學成分被認為是合適的青貯飼料。本試驗的燕麥青貯料之平均 RFV 以孕穗期收穫時顯著最高為 129 ( $P < 0.05$ )，而在抽穗期及乳熟期的最低，僅為 102 及 103，但軟熟期又回升至 113 (表 5)。此結果與 Kiliçalp and Türk (2023) 相似，其指出燕麥在抽穗前的 NDF 及 ADF 含量顯著最低，因此在開花前收穫的 RFV 最高，但在抽穗期後就逐步降低。本試驗也有相同的趨勢，燕麥在孕穗期會有較低的 NDF 及 ADF 含量表現 (表 2)。

Saia 的 RFV 在孕穗期收穫時最高 ( $P < 0.05$ ) 為 138，但隨著收穫期的延後而降低，至軟熟期僅為 78，降幅達 43% (表 5)。而 Swan 及 Mount one 的 RFV 在孕穗期 (分別為 121 及 128) 收穫時皆有較佳的表現，然後隨之下降，但在軟熟期又提升至 133 及 128，此現象與 Saia 較為不同。Swan 及 Mount one 的 RFV 皆在抽穗期收穫時最低，降幅僅為 18 及 24%，皆小於 Saia，此與 Kiliçalp and Türk (2023) 的研究結果相似，晚熟品種的 RFV 表現會較早熟品種為佳。

表 5. 燕麥在不同收穫期之青貯料 IVDMD 及 RFV 表現

Table 5. The IVDMD and RFV of silages of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	IVDMD*	RFV
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
Growth stage***	Boot	81 <sup>a</sup>	129 <sup>a</sup>
	Head	69 <sup>b</sup>	102 <sup>c</sup>
	Milk	64 <sup>c</sup>	103 <sup>c</sup>
	Soft dough	62 <sup>d</sup>	113 <sup>b</sup>
Saia	Boot	83 <sup>a</sup>	138 <sup>a</sup>
	Head	70 <sup>b</sup>	109 <sup>b</sup>
	Milk	61 <sup>c</sup>	95 <sup>c</sup>
	Soft dough	50 <sup>d</sup>	78 <sup>d</sup>
Swan	Boot	81 <sup>a</sup>	121 <sup>b</sup>
	Head	69 <sup>b</sup>	99 <sup>d</sup>
	Milk	64 <sup>c</sup>	108 <sup>c</sup>
	Soft dough	69 <sup>b</sup>	133 <sup>a</sup>
Mount one	Boot	79 <sup>a</sup>	128 <sup>a</sup>
	Head	68 <sup>b</sup>	97 <sup>b</sup>
	Milk	66 <sup>b</sup>	105 <sup>b</sup>
	Soft dough	68 <sup>b</sup>	128 <sup>a</sup>

\*IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility; RFV: relative feed value.

\*\*DM: dry matter.

\*\*\* Average value of 3 varieties at the same growth stage.

<sup>a, b, c, d</sup> Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

晚熟燕麥品種 Swan 及 Mount one 在孕穗期收穫除有較高的鮮草產量外，在青貯製作過程無須額外增加乳酸菌等添加物，即可確保發酵成效，獲得最佳的青貯品質，且所製作的青貯料也會有較佳的消化率及較優的飼養價值。中早熟燕麥品種 Saia 則在抽穗期所製作的青貯料評比最高，故此時收穫較為合適。因此，Swan 及 Mount one 的青貯製作以孕穗期為佳，而 Saia 則以抽穗期較為適宜。

## 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。
- 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。
- 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。
- 陳勃聿、張世融。2022。有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 II. 地區輪作模式之產量及品質評估。畜產研究 55：56-67。
- 盧啟信、許福星。2001。國產芻料青貯品質之研究。畜產研究 34：187-192。
- Berto, J. L. and P. R. F. Mühlbach. 1997. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. Rev. Bras. Zootec. 26: 651-658.
- 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.
- Cherney, J. H. and D. J. R. Cherney. 2003. Assessing silage quality. In: Buxton, D. R.; Muck, R. E. and J. H. Harrison (Eds.) Silage Science and Technology, pp. 141-198. Madison.
- 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., M. S. Akins, K. F. Kalscheur, G. E. Brink, and J. S. Cavadini. 2018. Effects of growth stage and growing degree day accumulation triticale forages: 1. Dry matter yield, nutritive value, and *in vitro* dry matter disappearance. J. Dairy Sci. 101: 8965-8985.
- David, D. B., J. L. Nörnberg, E. B. de Azevedo, G. Brüning, J. D. Kessler, and F. R. Skonieski. 2010. Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. Rev. Bras. Zootec. 39: 1409-1417.
- Filya, I. 2003. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. Anim. Feed Sci. Technol. 103: 85-95.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Application). pp. 8-9. Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC., USA.
- 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.
- Hill, J., G. Q. Xiao, and A. S. Ball. 2001. Effect of inoculation of herbage prior to ensiling with *Streptomyces achromogenes* ISP 5028 on chemical composition of silage. Anim. Feed Sci. Technol. 89: 83-96.
- 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.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acid C1-C6 and lactic acid in silage juice. J. Sci. Food Agric. 27: 1005-1014.
- Khan, M. A., M. Sarwar, M. Nisa, M. S. Khan, Z. Iqbal, W. S. Lee, H. J. Lee, and H. S. Kim. 2006. Chemical composition, *in situ* digestion kinetics and feeding value of oat grass (*Avena sativa*) ensiled with molasses for Nili-Ravi Buffaloes. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19: 1127-1133.
- Kiliçalp, N. and T. Türk. 2023. Cultivar and harvest stage effects on nutritive value of whole crop oat (*Avena sativa* L.) silages. J. Agric. Nat. 26: 437-449.
- Kung, L. and R. Shaver. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. University of Wisconsin Madison, USA. Focus Forage 3: 1-5.
- 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.
- 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.
- Mobashar, M., M. Tahir, S. Javaid, I. M. Anjum, I. Gul, N. Ahmad, and S. Sami. 2018. Nutritional evaluation of various stages of maturity of oat hay and its effect on milk production and composition in lactating holstein friesian cows. *Pak. J. Zool.* 50: 220 -2216.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254 - 255.
- Mustafa, A. F. and P. Seguin. 2003. Effects of stage of maturity on ensiling characteristics and ruminal nutrient degradability of oat silage. *Arch. Anim. Nutr.* 57: 347-358.
- Nadeau, E. 2007. Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *J. Sci. Food Agric.* 87: 789-801.
- Undersander, D. and J. E. Moore. 2002. Relative forage quality (RFQ) indexing legumes and grasses for forage quality. University of Wisconsin Extension. Retrieved from <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/rfq.htm>.
- 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.
- Wallsten, J., J. Bertilsson, E. Nadeau, and K. Martinsson. 2010. Digestibility of whole-crop barley and oat silages in dairy heifers. *Animal* 4: 432-438.
- Wan, L. Q., X. L. Li, X. P. Zhang, and F. He. 2007. The effect of different water contents and additive mixtures on *Medicago sativa* silage. *Acta Pratacul. Sin.* 2: 40-45.
- Woolford, M. K. 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA.
- 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.
- Zhang, J. G. 2002. Roles of biological additives in silage production and utilization. *Res. Adv. Food Sci.* 3: 37-46.

# The effects of different harvest stage on nutritive value of oat (*Avena* spp.) silages <sup>(1)</sup>

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

Received: Apr. 26, 2023; Accepted: Jul. 15, 2024

## Abstract

3 varieties of oat (*Avena* spp.), Saia (*Avena strigosa* Schreb.), Swan and Mount one (*Avena sativa* L.), were used for field experiment by the randomized complete block design with 4 repetitions to explore the effects of different harvest periods on forage yield, changes of chemical composition, silage quality and dry matter digestibility. Oats began to be harvested in the boot growth period, and the dry matter yield increased as the harvest period got later, which were 9,130 kg ha<sup>-1</sup> at the initial harvest to 19,300 kg ha<sup>-1</sup> at soft dough stage ( $P < 0.05$ ). The dry matter rate showed the similar tendency, which increased from 13.1% at the boot growth period to 37.8% at the soft dough period. The content of crude protein (CP) of oats decreased from 17.6% at the boot growth period to 9.6% at the soft dough period, while the content of water soluble carbohydrate (WSC) increased from 4.4% to 9.5%. The content of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) reached the highest in the heading stage, which were 59.6% and 36.4%, respectively. The Flieg's scores of silage quality for oats reached the best grade when harvested at the booting stage. Furthermore, the forage quality for oats harvested at the booting stage were good as their contents of CP, NDF and ADF were 13.3, 46.1 and 32.4% respectively. In addition, the *In vitro* dry matter digestibility and relative feed value performance for oats harvested at the booting stage were also much better than that were harvested after heading stage. Based on the results above, Swan and Mount one harvested at the booting stage could get better silage quality and Saia harvested at the heading stage.

Key words: Oat, Growth stage, Silage, Forage quality.

---

(1) Contribution No. 2780 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Forage Crops Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan, 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan, 71246, Taiwan, R. O. C.

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