

# 臺灣北部地區芻料用燕麥生產與利用之研究<sup>(1)</sup>

施意敏<sup>(2)(4)</sup> 李姿蓉<sup>(3)</sup>

收件日期：109 年 5 月 5 日；接受日期：110 年 2 月 1 日

## 摘 要

本研究主要探討芻料用燕麥 (*Avena sativa*) 品種、收穫期及青貯調製利用對燕麥鮮草產量與品質之影響，期提高臺灣北部地區芻料供應量。主要試驗田區位於北臺灣的苗栗縣，試驗期間為 2015 – 2019 年，燕麥於秋天播種，隔年春天收穫。試驗結果顯示，參試的品種以 Swan 表現最佳，鮮草產量約 33.3 – 60.5 mt/ha，乾草產量約 7.7 – 12.4 mt/ha，產量變化主要受溫度與雨量的影響。於 2016 年以帶鎖扣的小型塑膠桶進行青貯料調製，60 天後拆封之 Flieg's 評分 97 – 99 分屬青貯極優的品質。2017 年以大型乾燥機進行燕麥乾燥，分析植體粗蛋白質達 12.61%，中洗纖維 54.05%，酸洗纖維 30.92%，屬品質極優的禾本科乾草。2019 年於桃園市新屋鄉收穫 Swan，鮮草與乾草產量分別為 33.3 mt/ha 及 6.4 mt/ha，並利用圓形膠膜捆包機進行青貯料製作。半年後拆封分析品質，Flieg's 評分 62.8 分屬青貯品質佳。根據本研究結果，適合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。

關鍵詞：芻料用燕麥、產量、品質、青貯。

## 緒 言

臺灣地處亞熱帶及熱帶，行政院農業委員會畜產試驗所選育的牧草以適合熱帶生長的牧草為主，如狼尾草 (*Pennisetum purpureum* Schumach) 及盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent)，夏季乾草產量高，但冬季產量低，尤其盤固草在北部地區九月以後幾乎不生長。雖有溫帶牧草尼羅草 (*Acroceras macrum* Stapf) 育成，可提供冬季一些乾草，但臺灣冬季缺少可利用的芻料仍是普遍的現象。畜產試驗所新竹分所利用高海拔山坡地，選育一些冬季牧草試種，如燕麥 (*Avena sativa*)、埃及三葉草 (*Trifolium alexandrinum* L)、棒頭草 (*Polypogon fugax*) 等作為冬季芻料的來源 (卜等, 1990)。但受限於臺灣冬季多雨日照不足，無法調製為乾草，產業利用率偏低。因此，如何藉由收穫調製方法，生產可應用於酪農產業的冬季牧草為本研究之主要目標。

燕麥 (*Avena sativa* L.) 又稱普通燕麥，主要作為穀粒用，為溫帶地區一年生的作物。1979 年臺灣大學農藝學系選育出「燕麥臺大選一號」屬普通燕麥，對溫度與光照長度敏感，需要低溫及長日照的生長環境才能開花結實 (劉及曾, 1984)。「燕麥臺大選一號」秋作 (11 月) 種植，於抽穗後 10 天採收，株高為 132.2 cm，整株鮮草產量可達 32.8 mt/ha，產量相當高，可整株利用青飼或青貯調製作為乳牛飼養的芻料來源 (李, 1988)。臺灣早期芻料用的燕麥品種還有日本引進之品系 (日向、前進) 等。裸燕麥 (*Avena nuda* L.) 與普通燕麥相似，但子實外層的護穎容易脫落，因此稱為裸燕麥。紅燕麥 (*Avena byzantina* Koch) 又稱阿爾及利亞燕麥，臺灣早期也有引進作為芻料用。澳洲天鵝燕麥 (Swan oat) 為紅燕麥與普通燕麥雜交選育之後裔 (黃, 1977)。苗栗縣農會於後龍地區試種卡諾燕麥 (Kanota oat) 為紅燕麥品種，2010 年 10 月種植隔年 4 月上旬收穫，株高都可達 135 – 140 cm，鮮草產量約 30 mt/ha (蕭及梁, 2013)。黑燕麥 (*Avena strigosa* Schreb) 品種 Saia 則較適應高溫的生長環境，畜產試驗所恆春分所試種黑燕麥 Saia，2014 年 11 月種植隔年 3 月收穫，乾重產量可達 10.5 mt/ha (乾物率 45.5%)，也是相當不錯的黑燕麥品種 (朱等, 2018)。品種、種植期、收穫期及生長期間溫度與雨量的變化，顯著影響芻料用燕麥的產量與品質 (Coblentz *et al.*, 2011, 2012; Contreras-Govea and Albrecht, 2006)。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2660 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

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

臺灣農地的利用以種植水稻為主，於第二期水稻收穫後（10 – 11 月）及第一期水稻插秧前（2 – 3 月）的中間空窗期，進行冬季裡作燕麥的種植與生產，不僅可增加乳牛冬季芻料的供應量，提高農地的利用率，且可減少冬季裡作田間雜草的管理。但對於適合臺灣北部地區燕麥種植的品種、適播期、收穫期及青貯調製利用，尚缺乏詳細的產量調查與品質分析。因此，本研究主要於 10 – 11 月播種，隔年 2 – 4 月收穫，持續 4 年進行燕麥品種試種與青貯調製之研究，並於桃園市新屋區進行 1 ha 試種與青貯調製，調查產量與分析品質，期建立臺灣北部地區冬季芻料用燕麥的生產與產業應用模式，提供草農與酪農等業界參考。

## 材料與方法

### I. 試驗地點與氣象資料收集

試驗地點為畜產試驗所新竹分所（以下略稱新竹分所）的牧草試驗區，位於苗栗縣西湖鄉五湖村（24° 31' 43.4" N 120° 16' 14.2" E），面積為 50 × 60 m<sup>2</sup> 及 30 × 60 m<sup>2</sup> 二區，試驗期前及試驗期間，每試驗區採取土樣 4 點，由苗栗區農業改良場土壤研究室協助土壤分析，包括土壤有機質、有效性磷、有效性鉀、鈣、鎂。依水：土 = 1：1 玻璃電極法測土壤 pH 值。利用中央氣象局網站與苗栗區農業改良場氣象觀測站之資料，收集新竹分所試驗區與桃園市新屋區試驗場域之氣溫與雨量變化。

### II. 試驗品種與田間設計

2015 年 11 月 10 日於新竹分所種植 3 燕麥品種 (Sweet one、Winner、Swan)，採 3 重複之 RCBD 試驗設計規劃試驗區，每小區為 15 × 10 m<sup>2</sup>，小區間距為 1 m，分別於 2016 年 2 月 22 日、3 月 7 日及 3 月 28 日收穫。2016 年 12 月 14 日只種植 Swan 單一品種約 0.5 ha，採 RCBD 田間試驗設計，分別於 2017 年 3 月 28 日及 4 月 10 日收穫。2017 年 10 月 30 日種植燕麥 Swan 及 Mount one 進行二品種之比較，採 2 重複之 RCBD 田間試驗設計，於 2018 年 3 月 5 日收穫。2018 年則於桃園市新屋區實證場域進行試驗，於 10 月 25 日種植 Swan 約 1 ha，採 RCBD 田間試驗設計，2019 年 1 月 22 日及 2 月 12 日收穫。依慣行法整地並施用臺肥複合肥料 5 號 (N：P：K = 10：20：20) 為基肥，共計 N：P：K = 33：66：66 kg/ha。

### III. 燕麥產量調查與品質分析

於試驗區隨機取 4 個取樣點，每點 1 m<sup>2</sup>，調查株高、單位面積鮮草產量。並取 1 kg 樣品經 80°C 烘乾後，計算乾物率。樣品磨成粉狀，以 2 mm 的篩網篩過，分析水分、粗蛋白質 (Crude protein, CP) (AOAC, 2000)。酸洗纖維 (Acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (Neutral detergent fiber, NDF) 以 ANKOM200 纖維分析儀進行 (ANKOM Technology Crop., Fairport, NY)。酸洗木質素 (Acid detergent lignin, ADL) 的分析則是以烘乾後的酸洗纖維，於玻璃坩鍋內加入 25mL 72% 的濃硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 攪拌至糊狀，每小時加入 2 mL 72% 濃硫酸，持續 3 小時，然後抽真空過濾，在以 90°C 熱水清洗及過濾 5 次，經低溫乾燥 24 小時，秤重並計算酸洗木質素含量。

### IV. 燕麥青貯調製

2016 年 2 月 22 日燕麥 Swan 品種收穫後，以機器細切，以自然風乾的方式將 1,500 kg 燕麥草萎凋至水分約 60%，開始進行燕麥青貯製作。玉米粉添加量為燕麥鮮重之 15%，並於每公噸混合原料中添加 1 kg 市售安畜 - M<sup>®</sup> 乳酸菌與酵母菌混合菌料 (*Lactobacillus* spp. 及 *Saccharomyces* spp.)，總菌數約為 1 × 10<sup>8</sup> cfu/g，利用完全混合日糧調製機混合均勻後，分別充填於 30L 的塑膠桶，每桶 26kg 共 60 桶，60L 的塑膠桶，每桶 50kg 共 30 桶。於牛舍室內存放 60 天後開封取樣分析。約 1,500 kg 的燕麥青貯料進行泌乳牛試驗，比較燕麥青貯料與市售青割玉米青貯料對泌乳牛產乳量與乳品質之影響 (王等, 2018a)。

2019 年 2 月 12 日於桃園市新屋區進行大面積的燕麥收穫與青貯料調製，參考盤固草半乾青貯 (卜, 1995；卜等, 1998) 的收穫調製方式進行，以低重心割草機進行燕麥剪草，於田間萎凋一天，第二天翻草一次，直到燕麥水分降至 60% 左右開始集草，以圓形打包機進行打包，並利用膠膜捆包機將圓柱形草球捆塑膠膜共二圈，然後置於戶外水泥地存放。貯存半年後開封取樣分析。

燕麥青貯品質評分 (Flieg's score)，新鮮青貯料分析乙酸、丙酸、丁酸及乳酸等揮發性脂肪酸含量 (李, 1985; Jones and Kay, 1976)。依青貯料中乙酸、丁酸和乳酸進行青貯品質評分，評分 40 – 60 分為可接受，60 – 80 分為良好青貯料，80 分以上為發酵優良的青貯料 (Mcculough, 1978)。

### V. 燕麥乾燥

2017 年 3 月收穫之 Swan，於試驗區以人工剪草機收割後，於田間萎凋一天，經機器細切後，以新竹分所研

發之大型乾燥機，乾燥有效空間為 25 m<sup>3</sup>，進行約 48 小時乾燥，先以 80°C 熱風連續乾燥 8 小時，再以送風 16 小時，此循環進行兩次後，以大型雙層塑膠袋抽真空後密封存放。共收穫乾燥約 2,000 kg 燕麥乾草進行泌乳牛飼養試驗，比較國產燕麥與進口燕麥乾草對泌乳牛產乳量與乳品質之影響 (王等, 2018b)。

## VI. 試驗資料分析

利用 SAS 統計分析系統的一般線性模式 (General liner model) 進行變方分析。以 F-test 檢測各效應之顯著性，並以最小顯著性差異法 (Least significant difference test, LSD) 比較各處理間之差異 (SAS, 2015)。若二處理間平均值間的差異大於理論值  $LSD_{0.05}$ ，表示處理平均值間有顯著差異。

## 結果與討論

臺灣北部地區種植燕麥的季節大約在每年 10 – 11 月，收穫期約在隔年 3 月，為冬季裡作的栽培模式。依據苗栗地區溫度與雨量的變化結果 (如表 1)，2015 年 11 月 10 日種植至隔年 2 月 22 日生育期約 104 日，平均氣溫 16.9°C、累積溫度 1,754.8°C、降雨天數 27 天、累積降雨量 348.5 mm。2015 年 11 月 10 日至 2016 年 3 月 28 日累計降雨天數增加至 43 日，累計降雨量 665.5 mm，三月為北部地區的梅雨季節。2016 年因配合前一期青割玉米的收穫，12 月 14 日才播種，於 2017 年 4 月 10 日收穫，累計溫度達 2,016.4°C，降雨天數 24 天，累積降雨量為 210.0 mm，2016 至 2017 年燕麥的生長屬於乾早期且降雨量偏低。2017 至 2018 年燕麥生長期的平均溫度為 18.9°C，顯著高於前二年燕麥生育階段的氣溫，降雨天數與累積降雨量亦高於前二年的變化。2018 – 2019 年燕麥生育期間桃園市新屋區的平均溫度達 19.0°C，降雨天數增加但降雨量偏低。由歷年溫度的變化得知，燕麥生育期間的平均氣溫有逐年上升的趨勢。

表 1. 2015 – 2019 年臺灣北部地區燕麥種植試驗期間溫度與雨量的變化

Table 1. Changes of temperature and precipitation for forage oat grown in northern Taiwan from 2015 to 2019 experimental period

Growth period	Growth days	Temperature		Precipitation	
		Daily mean	Cumulated	Raining day	Total
	d	°C	°C	d	mm
Miaoli					
2015 – 2016					
11/10 – 2/22	104	16.9	1,754.8	27	348.5
11/10 – 3/07	118	16.7	1,974.3	27	349.0
11/10 – 3/28	139	16.6	2,302.2	43	666.5
Miaoli					
2016 – 2017					
12/14 – 3/28	105	16.6	1,743.1	21	184.0
12/14 – 4/10	118	17.1	2,016.4	24	210.0
Miaoli					
2017 – 2018					
10/30 – 3/05	127	18.9	2,207.2	80	583.7
Xinwu					
2018 – 2019					
10/25 – 1/22	90	19.6	1,764.6	38	165.3
10/25 – 2/12	111	19.0	2,300.2	41	168.7

根據 2016 年土壤採樣分析結果，新竹分所試驗田區之 pH  $5.56 \pm 0.17$ 、有機質  $1.85 \pm 0.25\%$ 、有效性磷  $10.61 \pm 1.86$  ppm、交換性鉀  $33.67 \pm 8.06$  ppm、交換性鈣  $585.11 \pm 93.70$  ppm、交換性鎂  $198.44 \pm 18.06$  ppm。2019 年桃園新屋區試驗場域土壤採樣分析結果，pH  $7.23 \pm 0.19$ 、有機質  $1.94 \pm 0.36\%$ ，有效性磷  $7.93 \pm 0.46$  ppm、交換性鉀  $82.50$

± 30.51 ppm、交換性鈣 1,349.00 ± 73.66 ppm、交換性鎂 206.75 ± 11.70 ppm (data not shown)。新竹分所的土壤偏酸性，桃園市新屋區則為鹼性土壤且交換性鉀與鈣含量高於新竹分所試驗地。

2015 年 11 月冬季試種三個燕麥品種，於隔年 2 月 22 日、3 月 7 日及 3 月 28 日收穫其產量調查 (如表 2)。生育日數 104 天，Sweet one 株高為 82.3 cm，鮮重 33.7 mt/ha，乾重 7.1 mt/ha，同期 Swan 的株高與乾物產量優於 Sweet one 與 Winner 品種。2016 年 3 月 7 日調查，燕麥已進入抽穗期 (生育日數 118 天)，Swan 的株高為 134.6 cm，鮮重為 39.0 mt/ha，乾重 7.8 mt/ha，產量表現皆高於 Sweet one 與 Winner 這兩品種。當生育後期 (生育日數 139 天) Sweet one 與 Winner 的鮮重產量降低，主要因結穗後莖稈開始枯黃、結的穀穗被麻雀採食或掉落田間，尤其以 Winner 乾重減少最為嚴重。根據產量表現，以 Swan 這品種為臺灣北部地區優先種植為考量。2017 – 2018 年進行 Swan 與 Mount one 的產量比較試驗 2018 年 3 月 5 日調查 Swan 的株高為 103.1 cm，鮮重達 60.5 mt/ha，乾重 12.4 mt/ha。同期 Mount one 的鮮重為 49.5 mt/ha，乾重 9.8 mt/ha，隨生育日期增加乾重產量於 3 月 19 日達 14.9 mt/ha，3 月 26 日乾物產量減少為 12.9 mt/ha。燕麥成熟後期乾物產量降亦見諸於其他報告 (Coblentz *et al.*, 2011)。由乾重的變化得知 Mount one 產量到後期才達到 Swan 的產量，表示 Mount one 較 Swan 晚熟，可能較不適合於裡作期間種植，且晚熟品種會影響一期水稻的種植。

表 2. 三種不同燕麥品種於 2016 – 2018 年在臺灣北部秋季裡作產量之比較

Table 2. Comparison of 3 different varieties of forage oat for forage yield grown in fall crop in 2016 ~ 2018

Variety	Harvest date	Growth day	Plant height	Fresh weight	Dry weight
	2016	d	cm	----- mt/ha -----	-----
Sweet one	2/22	104	82.3 <sup>e</sup>	33.7 <sup>gh</sup>	7.1 <sup>d</sup>
Winner	2/22	104	62.3 <sup>f</sup>	30.0 <sup>h</sup>	6.0 <sup>d</sup>
Swan	2/22	104	97.6 <sup>d</sup>	33.3 <sup>gh</sup>	7.7 <sup>d</sup>
Sweet one	3/7	118	110.7 <sup>c</sup>	36.7 <sup>efg</sup>	7.3 <sup>d</sup>
Winner	3/7	118	78.3 <sup>e</sup>	34.7 <sup>fg</sup>	6.9 <sup>d</sup>
Swan	3/7	118	134.6 <sup>a</sup>	39.0 <sup>ef</sup>	7.8 <sup>d</sup>
Sweet one	3/28	139	113.1 <sup>bc</sup>	29.7 <sup>h</sup>	6.7 <sup>d</sup>
Winner	3/28	139	77.8 <sup>e</sup>	29.3 <sup>h</sup>	5.9 <sup>c</sup>
Swan	3/28	139	134.8 <sup>a</sup>	32.7 <sup>gh</sup>	7.7 <sup>d</sup>
	2018				
Swan	3/05	127	103.1 <sup>cd</sup>	60.5 <sup>a</sup>	12.4 <sup>b</sup>
Mount one	3/05	127	105.4 <sup>cd</sup>	49.5 <sup>b</sup>	9.8 <sup>c</sup>
Mount one	3/12	134	101.3 <sup>cd</sup>	40.0 <sup>de</sup>	8.0 <sup>cd</sup>
Mount one	3/19	141	122.5 <sup>b</sup>	44.3 <sup>cd</sup>	14.9 <sup>a</sup>
Mount one	3/26	148	133.6 <sup>a</sup>	46.8 <sup>bc</sup>	12.9 <sup>b</sup>

<sup>a, b, c, d</sup> Means within the same year in the same column with different superscripts differ (P < 0.05).

以同一品種 Swan 比較歷年產量的變化 (如表 3)，鮮重大約分布在 30 – 40 mt/ha，乾重 7 – 10 mt/ha。2018 年 3 月 5 日鮮重與乾重特別高，參考 2017 – 2018 年燕麥生育期間累積降雨量達 583.7 mm 較前幾年生育期的累積降雨量高，表示燕麥生育期若有水分的供應可提高其產量。本試驗結果與「燕麥臺大選一號」秋作 (11 月) 種植，於抽穗後 10 天採收，鮮草產量可達 32.8 mt/ha (李, 1988) 的結果相近。根據 Contreras-Govea and Albrecht (2006) 於美國威斯康辛州進行燕麥試驗，春播燕麥的生育平均溫度由 7°C 逐漸升高至 21°C，秋播燕麥 23°C 逐漸降至 10°C，春播夏收的燕麥平均乾物產量為 7.7 mt/ha，秋播冬收的乾物產量為 6.7 mt/ha。雖然威斯康辛州的氣溫變化與臺灣不同，但其乾物產量約 7 – 8 mt/ha 與本試驗結果相當接近。臺灣恆春地區黑燕麥草生育期 (74 – 105 天)，乾物產量 5.37 – 6.79 mt/ha，生育日數達 119 天乾物產量為 10.54 mt/ha (朱等, 2018)，黑燕麥產量顯著高於本試驗之產量。除品種差異之外，累積氣溫也是影響芻料用麥類如黑小麥 (Triticale) 乾物產量之重要因素 (Coblentz *et al.*, 2018)。

表 3. 於 2016 – 2019 年試驗期間生長日數對芻料用燕麥 Swan 品種鮮重與乾重之影響

Table 3. Effects of growth days on fresh and dry weights of forage oat cv. Swan in 2016 ~ 2019

Growth year	Harvest date	Growth days	Plant height	Fresh weight	Dry weight
		d	cm	----- mt/ha -----	
2016	2/22	104	97.6 <sup>e</sup>	33.3 <sup>c</sup>	7.7 <sup>cd</sup>
2016	3/07	118	134.6 <sup>b</sup>	39.0 <sup>b</sup>	7.8 <sup>cd</sup>
2016	3/28	139	134.8 <sup>b</sup>	32.7 <sup>c</sup>	7.7 <sup>cd</sup>
2017	3/28	105	117.3 <sup>d</sup>	29.3 <sup>d</sup>	6.7 <sup>d</sup>
2017	4/10	118	116.0 <sup>d</sup>	34.8 <sup>c</sup>	8.8 <sup>bc</sup>
2018	3/05	127	103.1 <sup>e</sup>	60.5 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>
2019	1/22	90	126.2 <sup>c</sup>	33.3 <sup>c</sup>	6.4 <sup>d</sup>
2019	2/12	111	154.1 <sup>a</sup>	40.3 <sup>b</sup>	9.8 <sup>b</sup>

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

燕麥品種對營養成分之影響 ( 如表 4 )，2016 年同期收穫 Swan 蛋白質略低於 Winner (7.65% vs. 8.25%)，中洗纖維略高 Winner (63.34% vs. 60.43%) 差異並不顯著。2018 年 3 月 5 日收穫時 Swan 品種植體的粗蛋白質達 14.82% 顯著高於 Mount one 的 9.86%，Swan 品種的中洗纖維及酸洗纖維則顯著低於 Mount one，表示在相同生育日數的條件下，Swan 的品質優於 Mount one。但以 Mount one 而言，2018 年 3 月 5 日與 3 月 26 日比較，粗蛋白質含量為 9.86% 與 6.25% 差異顯著，但 3 月 12 日與 3 月 19 日收穫期的粗蛋白質介於 7.57% 至 8.80% 之間，主要因本次試驗為大面積的田間栽培，燕麥穀粒成熟的不一致性，有些穀粒掉落或是正在發育，生育期間蛋白質含量的變動呈現不規則。

表 4. 不同年度種植的芻料用燕麥品種對其植體化學組成之影響

Table 4. Effects of variety on chemical compositions of forage oat grown in different years

Variety	Growth day	CP	NDF	ADF
		----- % of dry base -----		
	2016			
Sweet one	104	7.90 <sup>a</sup>	62.27 <sup>a</sup>	28.63 <sup>a</sup>
Winner	104	8.25 <sup>a</sup>	60.43 <sup>a</sup>	29.11 <sup>a</sup>
Swan	104	7.65 <sup>a</sup>	63.34 <sup>a</sup>	28.78 <sup>a</sup>
	2018			
Swan	127	14.82 <sup>a</sup>	51.03 <sup>d</sup>	32.21 <sup>c</sup>
Mount one	127	9.86 <sup>b</sup>	59.06 <sup>ab</sup>	36.59 <sup>b</sup>
Mount one	134	7.57 <sup>cd</sup>	61.71 <sup>a</sup>	38.32 <sup>a</sup>
Mount one	141	8.80 <sup>bc</sup>	58.50 <sup>c</sup>	35.89 <sup>b</sup>
Mount one	148	6.25 <sup>d</sup>	57.03 <sup>c</sup>	36.66 <sup>ab</sup>

<sup>a, b, c, d</sup> Means within the same year in the same column with different superscripts differ (  $P < 0.05$  ).

CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber.

同一品種 Swan 在不同年度間的營養成分變化 ( 如表 5 )，2016 年收穫燕麥植株的粗蛋白質為 7.65%，2017 年的粗蛋白質維持於 10.67 – 12.61% 之間。2018 年粗蛋白質為 14.82%，2019 年粗蛋白質介於 11.06% 與 5.62% 之間，Swan 品種蛋白質含量的變化最高達 14.82%，最低 5.62%。表示不同收穫期及栽培條件將影響燕麥粗蛋白質含量的變化。卜等 (1993) 與李等 (1991) 探討不同割期對盤固草產量、化學成分與營養價值之影響，以同一年度同一期盤固草而言，產量隨生長日數增加，粗蛋白質含量隨生長日數增加而減少，粗纖維、酸洗纖維及木質素則隨生育日數增加而增加。以芻料用燕麥而言，燕麥抽穗後期穀粒成熟掉落，其粗蛋白質含量可能僅 5.62%，無法維持於 10 – 12% 高蛋白質之營養成分，此為燕麥收穫時須注意之事項。

表 5. 不同年度種植芻料用燕麥 Swan 品種其生長日數對植體化學組成之影響

Table 5. Effects of growth days on chemical compositions of forage oat cv. Swan grown in different years

Growth year	Growth day	CP	NDF	ADF	ADL	Hemi-cellulose	Cellulose
----- % of dry base -----							
2016	139	7.65 <sup>c</sup>	63.34 <sup>a</sup>	28.78 <sup>d</sup>	—	—	—
2017	105	10.67 <sup>b</sup>	59.47 <sup>b</sup>	33.89 <sup>b</sup>	6.25 <sup>b</sup>	25.58 <sup>a</sup>	27.64 <sup>b</sup>
2017	118	12.61 <sup>b</sup>	54.05 <sup>c</sup>	30.92 <sup>c</sup>	6.30 <sup>b</sup>	23.13 <sup>b</sup>	24.62 <sup>c</sup>
2018	127	14.82 <sup>a</sup>	51.03 <sup>c</sup>	32.21 <sup>bc</sup>	—	—	—
2019	90	11.06 <sup>b</sup>	63.39 <sup>a</sup>	39.97 <sup>a</sup>	7.65 <sup>ab</sup>	23.41 <sup>ab</sup>	32.32 <sup>a</sup>
2019	111	5.62 <sup>d</sup>	66.58 <sup>a</sup>	41.72 <sup>a</sup>	8.61 <sup>a</sup>	24.86 <sup>ab</sup>	33.11 <sup>a</sup>

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

CP: crude protein NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber.

本研究以 2016 年 2 月 22 日收穫的 Swan 鮮草 (約抽穗後 14 天)，於新竹分所進行青貯調製發酵 60 天，分別於 2016 年 4 月 25 日及 27 日開封進行青貯品質的測定 (如表 6)。pH 為 3.99 及 4.00，Flieg's 評分 99.5 及 97.0 皆屬非常優良的青貯品質。另 2019 年 2 月 12 日於桃園新屋進行燕麥膠膜捆包青貯料製作，貯存 156 天後開封青貯品質 (如表 7)，膠膜捆包的內層青貯料 pH 4.66，其 Flieg's 評分 62.8，靠近膠膜捆包外層的青貯料 pH 4.92 其 Flieg's 評分 50.0，內層的青貯品質優於外層。膠膜捆包青貯品質不如塑膠桶裝 (如表 6) 的結果，主要因在貯存過程膠膜容易破損，塑膠桶則可以維持發酵良好的狀態。另一方面，2016 年的塑膠桶試驗有添加乳酸菌等促進發酵，2019 年膠膜捆包並未添加乳酸菌等，可能也是造成膠膜捆包青貯料品質不佳的原因。

表 6. 芻料用燕麥 Swan 品種以桶裝式青貯 60 天後之青貯品質

Table 6. The silage quality of forage oat cv. Swan ensiled in the plastic bucket 60 days after ensiling

Date of sampling	pH	Acetic acid	Lactic acid	Flieg's score
----- % o -----				
2016				
4/25	3.99	0.39	2.30	99.5
4/27	4.00	0.48	2.16	97.0

表 7. 芻料用燕麥 Swan 品種以膠膜捆包機捆包 156 天後之青貯品質

Table 7. Effects of sampling location on the silage quality of forage oat cv. Swan 156 days after ensiling with round bale

Location of sampling	pH	Acetic acid	Lactic acid	Flieg's score
----- % -----				
Center	4.66 <sup>b</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.55 <sup>a</sup>	62.8 <sup>a</sup>
External layer	4.92 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>	0.20 <sup>b</sup>	50.0 <sup>b</sup>

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

根據李 (1988) 的試驗，燕麥臺大選一號秋季 10 月種植，大約於抽穗後 17 - 24 天，進行青貯料製作，青貯 Flieg's 評分達 72.2 - 73.1，紅燕麥青貯 Flieg's 評分達 84.0 - 82.7 分。芻料用高粱通常在抽穗 20 天後可製得更好之青貯料，Flieg's 評分約在 80 分左右 (蕭等，1994)。國產芻料狼尾草、盤固草、蘇丹草 (*Sorghum sudanense*) 及青割玉米 (*Zea mays*) 等，青貯 60 天之評分點，除盤固草 64 分外，另外三種皆超過 80 分達到優良的等級。青貯調製過程如能細切，充分的壓實再配合良好的密封，較易調製良好的青貯料 (盧及許，2001)。尼羅草臺畜草一號 (*Acroceras macrum*) 以膠膜捆包機進行青貯調製，青貯評分為 63 分。尼羅草細切 5 cm 以下，以香腸式青貯法進行青貯調製，不論以大型或小型香腸式填充機進行填充，均能得到品質良好之青貯料 (盧及許，2004)，本試驗亦獲得類似的結果，膠膜捆包製作燕麥青貯料的品質評分約 62.8 - 50.0 分。

此次於新竹分所製作之燕麥青貯品質非常優良的原因，主要因考量青貯調製的各種因素，包括燕麥的成熟期 (李，1988)，燕麥進行細切至 5 - 10 cm (盧及許，2001)，以自然風乾的方式將燕麥水分調整至約 60% (蕭等，

2000)，以青貯桶方式進行壓實達厭氣方式(盧及許, 2001)，添加玉米粉以增加碳水化合物含量(盧, 1990)，並於添加 1 kg/mt 市售安畜-M<sup>®</sup> 乳酸菌與酵母菌混合菌料 (*Lactobacillus* spp. 及 *Saccharomyces* spp.)，市售菌料活菌總菌數約為  $1 \times 10^8$  cfu/g，燕麥青貯料品質達 Flieg's 評分 90 分以上之標準。王等 (2020) 將不同乾物率的燕麥與添加不同乳酸菌密封於真空袋，貯存 18 個月後，評估不同乾物率的燕麥、燕麥/苜蓿混植與各種乳酸菌接種的結果。試驗結果顯示，低乾物率 (26.8%) 的燕麥接種 *L. acetotolerans* SOR-4 的菌株，青貯品質達 Flieg's 評分 94.8 分。高乾物率 (48.2%) 的燕麥接種 *L. acetotolerans* SOR-4 的青貯品質達 Flieg's 評分 72.3 分與商業品種差異不大。本試驗添加乳酸菌以青貯桶製作燕麥青貯料的結果，Flieg's 評分 99.5 及 97.0 分表示添加乳酸菌有助於青貯品質的提升。

探討飼糧中添加燕麥青貯料對荷蘭牛泌乳性能之影響，分別於夏、冬季各進行一次，將 8 頭荷蘭泌乳牛依體重、乳量、胎次與泌乳天數逢機分成兩組。以燕麥青貯取代 30% 青割玉米青貯的乾基混合於飼糧中進行餵飼。試驗結果，國產燕麥青貯料與市售青割玉米青貯料比較，對牛群採食量、產乳量及乳品質並無顯著的影響，表示國產燕麥青貯料作為泌乳牛之飼糧來源，並不影響產乳量與乳品(王等, 2018a)。利用新竹分所研發之大型乾燥機組進行燕麥草的乾燥，其乾物質 89.68%、粗蛋白質 14.82%、中洗纖維 51.03%、酸洗纖維 32.21%。進口燕麥草其乾物質 90.23%、粗蛋白質 10.26%、中洗纖維 47.7%、酸洗纖維 28.24%。泌乳牛對進口燕麥乾草乾物質採食量為 19.3 kg/day 略高於國產燕麥乾草的 18.3 kg/day。根據現場飼養觀察，國產燕麥乾草質地細緻蓬鬆、葉面較寬且穀穗明顯，切短約 3 - 5 cm，相較於進口燕麥乾草之乾扁粗糙、枝稏細硬且少穀穗，牛隻尚未適應此型態之國產燕麥草會挑草，以致於採食量較進口草低，採食進口燕麥草與國產燕麥草的產乳量分別為 20.9 及 23.7 kg，國產燕麥草略高於進口草。主要因國產燕麥草保留大部分穀粒之營養成分，利用大型乾燥機可以確保國產燕麥草之品質，尤其粗蛋白質顯著高於進口燕麥草，並表現在產乳量上(王等, 2018b)。

## 結 論

根據本試驗結果，參試的芻料用燕麥品種以 Swan 表現最佳，鮮草產量最高可達 60.5 mt/ha，以塑膠桶添加乳酸菌等方式進行青貯料調製，其青貯評分達 90 分以上。農民於實證場域進行產業化的大面積青貯調製利用，則以圓形膠膜捆包機進行青貯料調製，其青貯品質評分達 60 分。臺灣北部地區秋季種植燕麥於隔年春天收穫，於適當收穫期以機械乾燥，芻料用燕麥 Swan 的粗蛋白含量可達 10 - 14.82%，屬於高品質的燕麥乾草，具未來產業推廣利用之價值。

## 誌 謝

本研究經費來源為行政院農業委員會科技計畫 (106 農科 -2.5.1- 畜 -L1(2)、107 農科 -2.3.2- 畜 -L1(8)、108 農科 -2.3.2- 畜 -L1(7))，承蒙苗栗區農業改良場協助土壤分析。試驗期間新竹分所陳永城技工、實驗室陳偉珍、羅瑩協助調查、農機庫與經營系同仁協助現場工作，使其得以順利完成，在此一併致上最高之謝忱。

## 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，臺灣省畜產試驗所，臺南市，第 159-166 頁。
- 卜瑞雄、施意敏、陳吉斌、陳茂墻。1993。不同割期對盤固草產量、化學成分與營養價值之影響。中畜會誌 22：373-386。
- 卜瑞雄。1995。盤固草半乾青貯料之製作與貯存。畜產研究 28：147-157。
- 卜瑞雄、施意敏、金文蔚、陳吉斌、陳茂墻。1998。配合餵飼自動化調製盤固草半乾青貯料方式之研究。芻料作物研究研討會論文集，臺灣省畜產試驗所，臺南市，第 148-160 頁。
- 王思涵、施意敏、陳怡璇、張俊達、李國華、賈玉祥。2018a。飼糧中添加燕麥青貯料對荷蘭牛泌乳性能之影響。畜產研究 51：109-115。
- 王思涵、施意敏、張俊達、蕭振文。2018b。荷蘭泌乳牛餵飼國產天鵝燕麥乾草對其乾物質採食量、體重、產乳量及乳品質之影響。畜產研究 51：265-271。

- 王紓愍、游翠鳳、陳嘉昇。2020。乾物率及不同結種處理對燕麥與燕麥 / 苜蓿混植長期青貯品質的影響。畜產研究 53：99-106。
- 李春芳、卜瑞雄、施意敏、陳茂墻。1991。盤固草 A254 (*Digitaria decumbens* A254)。畜產研究 24：59-65。
- 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。
- 李國貞。1985。青貯中揮發性酸及乳酸的測定。中國農業化學會誌 24：80-85。
- 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。
- 黃嘉。1977。燕麥種類及其在臺灣之利用。科學農業 25：114-115。
- 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。
- 盧啟信。1990。水份含量及玉米粉添加物對盤固草青貯品質的影響。畜產研究 23：125-131。
- 盧啟信、許福星。2001。國產芻料青貯品質之研究。畜產研究 34：183-188。
- 盧啟信、許福星。2004。尼羅草收穫後調製之研究。畜產研究 37：343-349。
- 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、盧啟信、金文蔚、卜瑞雄、林正斌。2000。埃及三葉草生產及青貯調製之研究。畜產研究 33：105-110。
- 蕭素碧、梁世祥。2013。芻料用燕麥介紹。畜產專訊 85：16-17。
- ANKOM Technology Crop. 2016. <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a200>.
- Association of Official Agricultural Chemists. 2000. Official Methods of Analysis. 17<sup>th</sup> ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, VA, USA.
- Coblentz, W. K., M. G. Bertram and N. P. Martin. 2011. Planting date effects on fall forage production of oat cultivars in Wisconsin. *Agron. J.* 103: 145-155.
- Coblentz, W. K., M. G. Bertram, N. P. Martin and P. Berzaghi. 2012. Planting date effects on the nutritive value of fall-grown oat cultivars. *Agron. J.* 104: 312-323.
- Coblentz, W., 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 : 2. *In vitro* disappearance of neutral detergent fiber. *J. Dairy Sci.* 101: 8986-9003.
- Contreras-Govea, F. E., and K. A. Albrecht. 2006. Forage production and nutritive value of oat in autumn and early summer. *Crop Sci.* 46: 2382-2386.
- 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.
- Mcculough, M. E. 1978. Silage: some general consideration. Fermentation of silage-a review. pp. 1-26. National Feed Ingredient Association, Iowa, USA.
- SAS. 2015. SAS/STAT® 14.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.

# Production and utilization of forage oat grown in northern Taiwan <sup>(1)</sup>

Yih- Min Shy <sup>(2)(4)</sup> and Tzu-Rung Li <sup>(3)</sup>

Received: May 5, 2020; Accepted: Feb. 1, 2021

## Abstract

The objectives of the study aimed to investigate the effects of variety, harvest period, and ensiling technology on the forage yield and quality of forage oat (*Avena sativa*), in attempt to increase forage supplement in northern Taiwan. Forage oats were sown in fall and harvested next spring between 2015 ~ 2019. The experimental field was located in Miaoli in northern Taiwan. The results showed that forage oat cv. Swan was the best among the testing varieties. The fresh forage yield of Swan oats ranged from 33.3 to 60.5 mt/ha, and the dry forage yield ranged from 7.7 to 12.4 mt/ha, respectively. Forage production was affected by temperature and rainfall. Silage was made in small plastic pails with screw caps, and the forage quality was determined as 60 days after ensiling in 2016. The silage quality was excellent with Flieg's scores, ranged from 97 to 99 points. Forage oat hay was produced by large dryer in 2017. The forage quality of oat hay was satisfactory: The crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber were 12.61, 54.05, and 30.92%, respectively. The fresh and the dry forage yield of Swan oat planted in Xinwu, Taoyuan in 2019 were 33.3 and 6.4 mt/ha, respectively. Silage round bale was wrapped with the plastic membrane in the field. The silage quality was satisfactory with Flieg's score being 62.8. The results showed that forage oat cv. Swan may be commercial produced in the form of oat hay or silage for dairy cows in northern Taiwan.

Key words: Forage oat, Forage yield, Forage quality, Silage.

---

(1) Contribution No. 2660 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hsinchu Branch, COA-LRI, Miaoli 36841, Taiwan, R. O. C.

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

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