

栽培密度與收穫期對不同燕麥品種芻料產量 及品質影響⁽¹⁾

陳勃聿⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：113 年 7 月 2 日；接受日期：114 年 3 月 11 日

摘 要

本研究以 2 個燕麥品種 Saia (*Avena strigosa* Schreb.) 及 Swan (*A. sativa* L.) 為參試材料，於 2016 年 11 月 18 日在畜產試驗所進行人工種植，田間採逢機完全區集設計 (randomized complete block design) 4 重複，以探討 5 種栽培密度 (行距 10、15、20、25 及 30 cm) 及 5 個收穫期 (種植後 67、87、98、112 及 126 日) 對燕麥產量、化學成分變化之影響。燕麥 Saia 的粗蛋白質 (crude protein, CP) 平均含量會隨著收穫期的延後而降低，由 67 日收穫的 15.2% 顯著 ($P < 0.05$) 降至 126 日的 6.3%；水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 及澱粉平均含量皆會隨著收穫期的延後而增加；酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 與中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 平均含量與 CP 平均含量呈現相反趨勢，皆以 126 日收穫時最高 (分別為 64.4 及 40.2%)。燕麥 Swan 的營養成分含量變化與燕麥 Saia 也有相同趨勢。2 個燕麥品種的 P、K、Ca 及 Mg 平均含量皆隨著收穫期的延後而降低。燕麥 Saia 晚收穫會導致品質大幅惡化，故收穫期以 87 – 98 日為宜，而燕麥 Swan 的乾物產量卻因晚收穫而大幅提高，故最佳收穫期推薦為 126 日。燕麥 Saia 的平均鮮種產量及乾物產量皆會隨著栽培密度的降低而增加，皆以 30 cm 處理的 (分別為 35.5 及 8.59 mt ha⁻¹) 最高，而燕麥 Swan 的平均乾物產量與燕麥 Saia 有相同趨勢，也以 30 cm 處理的 (40.2 及 9.18 mt ha⁻¹) 最高。兩個燕麥的平均 CP 含量在低栽培密度時會有較高的含量；WSC 的含量卻呈現相反趨勢，在高栽培密度時會有較高的含量；而栽培密度對於 2 個燕麥的 NDF、ADF、澱粉、P、K 及 Ca 平均含量無顯著差異。故 2 個燕麥品種的最適栽培密度皆為 30 cm，另燕麥 Saia 的最適收穫期以 87 – 98 日為宜，燕麥 Swan 則以 126 日為佳。

關鍵詞：燕麥、栽培密度、芻料產量、芻料品質、收穫期。

緒 言

國內畜牧業對進口牧草依賴甚深，導致牧場經營壓力日益嚴重，因此能否生產價廉物美的優質芻料，將關係未來草食動物產業的發展前景。燕麥 (*Avena sativa* L.) 為一年生的溫帶地區作物，適合冷涼濕潤的氣候環境，國內主要利用穀粒進行加工食用，然而其植株的營養成分及纖維含量佳，在國外已普遍將其作為芻料使用，是一種優質的飼料作物 (Sharma and Bhunia, 2001; Coblenz *et al.*, 2013; Irfan *et al.*, 2016)。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)，能提供豐富的營養，適口性佳受到草食動物的喜愛。

燕麥屬有二、四及六倍體等 3 種染色體型，而本試驗品種 Saia 及 Swan 分屬於二倍體及六倍體。燕麥 Saia 生長快速屬早熟品種，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 (陳及張, 2021)。燕麥 Swan 為紅燕麥與普通燕麥之雜交種，植株高、莖桿較粗且晚熟，引進國內栽培甚久，主要當成芻料使用。陳及張 (2022) 試驗結果顯示 2 個燕麥品種農藝型態差異大，且晚熟燕麥 Swan 的產量表現佳，芻料品質穩定，適合作為臺灣冬季芻料作物。而早熟燕麥 Saia 的乾草產量較燕麥 Swan 為低，但其芻料品質優異，可作為高品質的冬季牧草。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2815 號。

(2) 農業部畜產試驗所飼料作物組。

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

影響作物產量的因素很多，但主要受品種及農藝技術等因素影響最深，而栽培密度則是一個的重要因素。在國外的研究報告指出，燕麥行播栽培會比撒播栽培具有更高的芻料產量和成本效益 (Sharma and Bhunia, 2001)，而提高燕麥的栽培密度則會增加乾物產量 (Irfan *et al.*, 2016)。作物適宜的行株距易受品種與環境等條件影響 (林及林, 2019)，而栽培密度會讓植株間產生對於光、水和養分的競爭關係，使得其發育型態發生改變，如擴張株冠面積以增加太陽輻射攔截等，最終改變植物的生長狀況 (Ranjan *et al.*, 2016)。因此，作物的栽培密度若高於最適密度，則使植物因生長競爭激烈而導致發育狀況變差。另一方面，若低於最適密度，則植株對於營養、空間和光線利用無法達成最佳效率，導致單位產量不佳 (Lone *et al.*, 2010)。

牧草不似五穀雜糧類作物於種子成熟時收穫，其化學成分會隨著作物的成熟度、收穫期及環境影響而有所變動。Coblentz *et al.* (2013) 指出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，芻料品質隨之降低，也使飼養價值降低，而國內研究報告亦有相同結果 (朱等, 2018; 施及李, 2020; 陳等, 2022)。

不同的燕麥品種具有不同的遺傳特性，因此栽培密度過高及太低都不利其農藝性狀、產量及芻料品質表現。合適的栽培密度不僅能降低植株之間惡性的生長競爭，也會提高土地利用效率及提升產量和芻料品質，在農業生產上具有極重要的意義，然而國內對芻料燕麥的相關研究報告甚少。因此，本研究以 Saia 及 Swan 等 2 個燕麥品種進行試驗，評估其在 5 種栽培密度及 5 個收穫期下的產量及品質變化，以獲得最佳栽培模式，可提供農民未來生產利用之參考。

材料與方法

I. 材料種植

本試驗以燕麥 Saia 及 Swan 為參試品種，於 2016 年 11 月 18 日在畜產試驗所進行人工種植，試驗田區土壤質地為黏土，土壤 N 及 Ca 含量分別為 0.098 及 0.054%，而 P、K、Mg 含量則為 36.6、80.5、49.5 ppm。燕麥種植後每週進行灌溉 1 次，持續 4 週，且於種植 2 週後進行行間除草 1 次。試驗期間的氣溫及雨量資料如表 1 所示。田間試驗以隨機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，4 重複，每小區面積為 10 m² (5 m × 2 m)。燕麥採取條播種植共 5 種處理，分為行距 10 cm (20 行)、15 cm (13 行)、20 cm (10 行)、25 cm (8 行) 及 30 cm (6 行)，為固定各處理的每行種子量皆為 12 g，故換算成種子播種量分別為 240、156、120、96 及 72 kg ha⁻¹。施肥量為 N：120 mt ha⁻¹、P₂O₅：30 mt ha⁻¹、K₂O：60 mt ha⁻¹。N 肥於基肥時施用半量，另半量則於種植 1 個月後施用。P 肥及 K 肥於基肥時全部施用。

表 1. 試驗期間每月平均溫度及降雨量 (11/2016 至 03/2017)

Table 1. Average monthly temperature and rainfall during the trial period (November 2016 – March 2017)

| Growth period | Mean temperature | Precipitation |
|---------------|------------------|---------------|
| | °C | mm |
| 2016.11 | 23.0 | 62.0 |
| 2016.12 | 19.8 | 3.5 |
| 2017.01 | 18.5 | 0.0 |
| 2017.02 | 17.8 | 1.5 |
| 2017.03 | 20.8 | 6.0 |

II. 調查方法

於種植後 67 日 (2017 年 1 月 24 日)、87 日 (2 月 13 日)、98 日 (2 月 23 日)、112 日 (3 月 10 日) 及 126 日 (3 月 24 日) 進行調查，每小區收割 0.2 m² (0.5 m × 0.4 m) 以進行鮮重調查，並取樣品 1 kg 以 65°C 烘乾 96 小時後，測量其乾物率並換算 0.2 m² 的乾物重，也另取樣品 1 kg 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。將乾燥樣品磨粉保存於 4°C 冷藏庫，以供化學成分分析之用。於抽穗期 (87 日) 調查時在每小區隨機選擇 1 行收割 1 m 調查燕麥株數。

III. 化學成分分析

粗蛋白質含量的分析：以 Kjeldahl 方法測定植體全氮 (N) (Bremner and Mulvaney, 1982)，再將 $N \times 6.25$ 推估粗蛋白質含量。酸洗纖維、中洗纖維含量則依照 Goering and Van Soest (1970) 之方法測定。水溶性碳水化合物依 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。有效性鉀、鈣及鎂：利用 1 N 中性 NH_4OAc 以 1:10 比例抽取，振盪 30 分鐘後，以 Adventec No. 1 濾紙過濾，再以原子吸光儀測定 (Thomas, 1985)。磷含量以鉬藍比色法 (Rodriguez *et al.*, 1994) 測定。

IV. 統計分析

試驗為二重裂區區集設計 (split-split plot design)，以品種為大區，密度為中區，收穫期為小區。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) 檢定不同栽培密度及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

I. 燕麥品種、栽培密度及收穫期之變方分析

燕麥的農藝性狀變方分析結果顯示 (表 2)，在品種部分，於鮮重產量、乾物產量、乾物率、葉莖比及植株數等性狀皆呈現顯著差異 ($P < 0.05$)。在栽培密度部分，除植株數外，在其餘性狀皆呈現顯著差異。而收穫期則在所有農藝性狀皆呈現差異。品種與栽培密度間，於株高、鮮重產量及葉莖比有交感效應，顯示 2 個燕麥品種的農藝性狀差異頗大，在不同的栽培密度下會有不同的生長表現。品種與收穫期、栽培密度與收穫期於所有性狀皆有交感效應，顯示品種間的生長速率不同，導致產量表現會有所差異，早熟品種適合較早的收穫期，而晚熟品種生育期較長，較晚收穫時有較高的乾物產量。另，密植會導致植株競爭激烈，若是早熟品種則在生長初期就會影響其生長表現。品種、栽培密度及收穫期等 3 個處理之間於所有性狀皆具交感效應，顯示各處理的影響是相互關聯的，對於適宜的栽培密度與適合的收穫期，不能僅考慮單一因素。

表 2. 燕麥品種、栽培密度、收穫期及交感效應在農藝性狀變方分析之 P 值顯著性

Table 2. Analysis of variance of probabilities of the main effects and their interactions on agronomic traits of row spacing on different harvest stages

| Treatments | PH ¹ | FWY | DMY | DMR | LSR | Tiller |
|-------------|-----------------|-----|------|------|-----|--------|
| Variety (V) | 0.07 | * | * | ** | *** | ** |
| Row (R) | ** | *** | *** | *** | *** | 0.78 |
| Harvest (H) | *** | *** | *** | *** | — | — |
| V × R | *** | * | 0.12 | 0.06 | ** | 0.11 |
| V × H | *** | *** | ** | *** | — | — |
| R × H | *** | *** | *** | *** | — | — |
| V × R × H | *** | *** | *** | *** | — | — |

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

Significance level: $P < 0.05^*$, $P < 0.01^{**}$, $P < 0.001^{***}$.

表 3 為燕麥植體化學成分的變方分析。在品種部分，於 WSC、NDF、ADF、P 及 Ca 含量皆具有顯著差異 ($P < 0.05$)。在栽培密度部分，除澱粉含量外，其餘成分含量皆呈現顯著差異。而收穫期在所有化學成分含量都呈現顯著差異。品種與栽培密度僅在 CP 及 WSC 含量有交感效應，顯示栽培密度會不同程度的影響不同品種的植株生長狀況，進而影響芻料品質表現。品種與收穫期於 CP、WSC、NDF、ADF、Ca 及 Mg 等含量皆有交感效應，顯示每個品種都有各自適當的收穫期，以避免過晚收穫導致品質下降。栽培密度與收穫期在 WSC、NDF、P 及澱粉含量之間有交感效應，顯示 2 個處理的交互作用會因植株的生長狀況進而改變營養成分的含量。品種、栽培密度及收穫期等 3 個處理之間的交感效應較少，僅 CP、WSC 及 P 含量受到影響，顯示這三種成分的含量

變化受品種、密度與收穫期的共同影響，非單一因素可決定。

表 3. 燕麥品種、栽培密度、收穫期及交感效應在芻料品質變方分析之 P 值顯著性測驗

Table 3. Analysis of variance of probabilities of the main effects and their interactions on forage quality of row spacing on different harvest stages

| Treatments | CP ¹ | WSC | NDF | ADF | Starch | P | K | Ca | Mg |
|-------------|-----------------|-----|------|------|--------|------|------|------|------|
| Variety (V) | 0.67 | *** | *** | ** | 0.92 | * | 0.34 | ** | 0.19 |
| Row (R) | *** | *** | ** | * | 0.27 | *** | *** | ** | *** |
| Harvest (H) | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| V × R | *** | *** | 0.61 | 0.60 | 0.18 | 0.64 | 0.29 | 0.13 | 0.30 |
| V × H | *** | *** | *** | *** | 0.27 | 0.33 | 0.29 | *** | *** |
| R × H | 0.32 | *** | * | 0.20 | *** | *** | 0.28 | 0.06 | 0.24 |
| V × R × H | *** | *** | 0.44 | 0.41 | 0.36 | * | 0.97 | 0.93 | 0.70 |

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

Significance level: P < 0.05*, P < 0.01**, P < 0.001***.

II. 栽培密度及收穫期對不同燕麥品種的農藝性狀及產量之影響

燕麥 Saia 的平均鮮重產量會隨著栽培密度的降低而增加，以 30 cm 處理的 35.5 mt ha⁻¹ 顯著 (P < 0.05) 最高，而 10 及 15 cm 處理的 (分別為 27.4 及 28.0 mt ha⁻¹) 則最低 (表 4)。在平均乾物產量部分也有相同趨勢，以 30 cm 處理的 8.59 mt ha⁻¹ 最高。乾物率以 10 及 15 cm 處理的 (分別為 28.3 及 29.9%) 高於 20、25 及 30 cm 處理的 (分別為 24.4、24.8 及 25.8%)。在種植後 98 日調查燕麥 Saia 的葉莖比及植株數，發現 5 個處理的葉莖比之間並無存在差異，但植株數則以 25 及 30 cm 處理 (分別為 797.5 及 738.8) 較高。

燕麥 Saia 的平均株高會隨著收穫期的延後而增高，由 94.3 cm 顯著 (P < 0.05) 增高至 143.2 cm (表 4)；平均鮮重產量在 98 日收穫時 42.3 mt ha 最高，而以 126 日的 21.8 mt ha⁻¹ 最低；平均乾物產量以 98 日收穫時最高達 9.69 mt ha⁻¹，而在 67 日收穫時最低僅 4.13 mt ha⁻¹；平均乾物率與株高有相同趨勢，越晚收穫數值越高，在 126 日收穫時已達 45.9%。

栽培密度越低，燕麥 Swan 的平均株高就越高，以 25 及 30 cm 處理的 141.2 及 139.8 cm 顯著 (P < 0.05) 高於其他處理 (表 4)；在平均鮮重產量部分，以 30 cm 處理的 40.2 mt ha⁻¹ 最高，而以 10 cm 處理的 27.3 mt ha⁻¹ 最低；乾物產量與鮮重產量有相同趨勢，以 30 cm 處理的 9.18 mt ha⁻¹ 最高，而以 10 cm 處理的最低僅為 7.55 mt ha⁻¹；在平均乾物率部分則呈現相反趨勢，隨著栽培密度降低而降低，以 10 cm 處理的 26.1% 最高，30 cm 處理的 22.5% 最低。

燕麥 Swan 的平均株高會隨著越晚收穫而增高，由 67 日的 94.3 cm 顯著 (P < 0.05) 增高至 126 日的 143.2 cm (表 4)；平均鮮重產量以 98 日收穫的 43.8 mt ha⁻¹ 顯著最高，而以 67 日的 23.1 mt ha⁻¹ 最低；平均乾物產量會隨著收穫期的延後而增加，由 67 日的 3.55 mt ha⁻¹ 增加至 126 日的 12.77 mt ha⁻¹；而平均乾物率也與乾物產量有相同趨勢，由 15.7% 提高至 37.1%。

III. 栽培密度及收穫期對不同燕麥品種的化學成分之影響

燕麥 Saia 之 CP 平均含量以密植處理 10 cm 的 7.9% 顯著 (P < 0.05) 低於其他處理 (表 5)；在 WSC 平均含量部分，以 30 cm 處理的 3.4% 最低，且會隨著栽培密度的增加而增加，以 15 cm 處理的 5.3% 最高；栽培密度對 NDF 平均含量之影響與 WSC 含量類似，以 30 cm 處理的 59.4% 最低，而 10 cm 處理的 62.8% 最高；礦物元素含量除 Mg 平均含量與栽培密度有關，隨著密度增加而含量增加外，其餘皆無差異存在。

燕麥 Saia 的 CP 平均含量會隨著收穫期的延後而降低，由 67 日收穫的 15.2% 顯著 (P < 0.05) 降至 126 日的 6.3%；收穫期對 NDF 與 ADF 平均含量與 CP 含量呈現相反趨勢，皆以 126 日收穫時最高 (分別為 64.4 及 40.2%)；澱粉平均含量會隨著收穫期的延後而增加，由 67 日收穫時的 3.8% 增加至 126 日的 7.5%；礦物元素 P、K、Ca 及 Mg 平均含量皆會隨著收穫期的延後而降低。

燕麥 Swan 之 CP 平均含量以 15、20 及 25 cm 處理 (分別為 10.8、11.0 及 10.5%) 顯著 (P < 0.05) 高於其它處理 (表 5)；在 WSC 平均含量部分，以密植處理 10 cm 的 8.4% 最高；在 NDF、ADF 及澱粉平均含量部分，各

處理間並無差異；礦物元素含量皆以疏植處理 30 cm 的最高。

表 4. 燕麥在不同的栽培密度及收穫期的農藝性狀平均表現

Table 4. Effect of row spacing on different harvest stage on the average agronomic characteristics of oats

| Variety | Treatments | Growth stage | PH ¹ cm | FWY ----- mt ha ⁻¹ ----- | DMY | DMR % | LSR | Tiller no. m ⁻¹ |
|---------|------------|--------------|-----------------------|--|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|
| Saia | | | 131.2 | 31.3 ^b | 7.88 ^a | 27.6 ^a | 0.26 ^b | 715.3 ^a |
| Swan | | | 134.3 | 34.8 ^a | 8.33 ^b | 24.3 ^b | 0.62 ^a | 465.3 ^b |
| Row | | | | | | | | |
| Saia | 10 cm | | 134.2 | 27.4 ^c | 7.57 ^b | 28.3 ^a | 0.26 | 700.0 ^{ab} |
| | 15 cm | | 128.5 | 28.0 ^c | 7.82 ^b | 29.9 ^a | 0.30 | 675.0 ^b |
| | 20 cm | | 131.5 | 32.1 ^b | 7.78 ^b | 24.4 ^b | 0.21 | 665.0 ^b |
| | 25 cm | | 131.6 | 33.4 ^{ab} | 7.62 ^b | 24.8 ^b | 0.23 | 797.5 ^a |
| | 30 cm | | 130.0 | 35.5 ^a | 8.59 ^a | 25.8 ^b | 0.30 | 738.8 ^{ab} |
| Swan | 10 cm | | 129.9 ^b | 27.3 ^d | 7.55 ^c | 26.1 ^a | 0.56 ^{bc} | 420.0 |
| | 15 cm | | 131.0 ^b | 32.8 ^c | 8.00 ^{bc} | 23.6 ^b | 0.75 ^a | 502.5 |
| | 20 cm | | 129.8 ^b | 36.2 ^{bc} | 8.36 ^{ab} | 23.5 ^b | 0.57 ^{bc} | 516.3 |
| | 25 cm | | 141.2 ^a | 37.8 ^{ab} | 8.56 ^{ab} | 23.1 ^b | 0.55 ^c | 435.0 |
| | 30 cm | | 139.8 ^a | 40.2 ^a | 9.18 ^a | 22.5 ^c | 0.67 ^b | 452.5 |
| Harvest | | | | | | | | |
| Saia | 67D | Boot | 94.3 ^c | 26.1 ^d | 4.13 ^d | 16.4 ^c | — | — |
| | 87D | Head | 135.6 ^b | 35.4 ^b | 6.92 ^c | 19.7 ^d | — | — |
| | 98D | Soft dough | 139.7 ^{ab} | 42.3 ^a | 9.69 ^a | 23.5 ^c | — | — |
| | 112D | Soft dough | 143.1 ^a | 30.8 ^c | 9.09 ^b | 29.3 ^b | — | — |
| | 126D | Hard dough | 143.2 ^a | 21.8 ^c | 9.56 ^a | 45.9 ^a | — | — |
| Swan | 67D | Boot | 100.4 ^d | 23.1 ^d | 3.55 ^e | 15.7 ^c | — | — |
| | 87D | Early head | 129.1 ^c | 34.5 ^c | 5.97 ^d | 17.7 ^d | — | — |
| | 98D | Late head | 140.7 ^b | 43.8 ^a | 9.19 ^c | 21.9 ^c | — | — |
| | 112D | Milk | 148.9 ^a | 38.5 ^b | 10.18 ^b | 27.6 ^b | — | — |
| | 126D | Soft dough | 152.5 ^a | 34.4 ^c | 12.77 ^a | 37.1 ^a | — | — |

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

^{a, b, c, d, e} Means with the same superscripts within a column and category are not significantly different ($P < 0.05$).

燕麥 Swan 的 CP 平均含量會隨著收穫期的延後而顯著降低，由 67 日收穫的 14.8% 顯著 ($P < 0.05$) 降至 126 日的 5.5% (表 5)；在 WSC 平均含量部分則呈現相反趨勢，由 67 日收穫的 2.9% 顯著提高至 126 日的 10.2%；NDF 及 ADF 平均含量與 WSC 平均含量呈現相同趨勢，以最初收穫時 67 日最低 (分別為 57.9 及 34.4%)，之後就逐漸上升；澱粉含量亦與 WSC 平均含量呈現相同趨勢，以最初收穫時最低僅 3.8%，隨著收穫期的延後而提高至 7.4%；礦物元素 P、K、Ca 及 Mg 平均含量皆會隨著收穫期的延後而降低，皆在 112 及 126 日收穫時達到最低。

IV. 燕麥品種在不同收穫期之產量及品質表現

燕麥 Saia 在相同的收穫期，皆以 30 cm 處理的平均乾物產量顯著 ($P < 0.05$) 高於其他處理，由 67 日的 4.47 mt ha^{-1} 逐步提高至 126 日的 10.41 mt ha^{-1} (圖 1)；在 CP 平均含量部分，每個處理都隨著收穫期的延後而逐漸降低，且以 10 cm 處理在每個收穫期都顯著低於其他處理；在 WSC 平均含量部分，大部分的收穫期間以 15 及 20 cm 處理表現較優，而以 25 及 30 cm 處理的含量較低。

表 5. 燕麥在不同栽培密度及收穫期的芻料品質平均表現

Table 5. The average forage quality of oats of row spacing on different harvest stage

| Variety | Treatments | CP ¹ | WSC | NDF | ADF | Starch | P | K | Ca | Mg |
|------------------|------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| ----- % DM ----- | | | | | | | | | | |
| Saia | | 9.8 | 4.4 ^b | 60.5 ^a | 37.2 ^a | 6.0 | 1.19 ^b | 2.71 | 0.21 ^a | 0.26 |
| Swan | | 9.9 | 7.0 ^a | 56.6 ^b | 33.5 ^b | 6.1 | 1.22 ^a | 2.81 | 0.16 ^b | 0.27 |
| Row | | | | | | | | | | |
| Saia | 10 cm | 7.9 ^b | 4.5 ^b | 62.8 ^a | 38.2 | 5.7 | 1.14 | 2.6 | 0.19 | 0.22 ^c |
| | 15 cm | 10.0 ^a | 5.3 ^a | 60.4 ^{ab} | 36.5 | 5.9 | 1.15 | 2.4 | 0.20 | 0.25 ^{bc} |
| | 20 cm | 10.6 ^a | 4.8 ^{ab} | 59.9 ^b | 36.9 | 6.2 | 1.20 | 2.7 | 0.20 | 0.27 ^{ab} |
| | 25 cm | 10.2 ^a | 3.9 ^c | 60.0 ^{ab} | 37.0 | 6.2 | 1.24 | 2.9 | 0.22 | 0.28 ^a |
| | 30 cm | 10.2 ^a | 3.4 ^c | 59.4 ^b | 37.3 | 6.3 | 1.20 | 3.0 | 0.23 | 0.28 ^a |
| Swan | 10 cm | 8.1 ^b | 8.4 ^a | 58.2 | 33.7 | 6.0 | 1.15 ^b | 2.7 ^{ab} | 0.13 ^b | 0.23 ^b |
| | 15 cm | 10.8 ^a | 7.2 ^b | 56.0 | 32.7 | 6.3 | 1.16 ^b | 2.4 ^b | 0.16 ^a | 0.26 ^{ab} |
| | 20 cm | 11.0 ^a | 6.6 ^b | 56.1 | 33.3 | 5.9 | 1.26 ^{ab} | 3.1 ^a | 0.16 ^a | 0.29 ^a |
| | 25 cm | 10.5 ^a | 6.6 ^b | 55.9 | 33.4 | 5.8 | 1.31 ^a | 2.8 ^{ab} | 0.17 ^a | 0.30 ^a |
| | 30 cm | 9.0 ^b | 6.5 ^b | 56.6 | 34.2 | 6.2 | 1.23 ^{ab} | 3.0 ^{ab} | 0.16 ^a | 0.28 ^a |
| Harvest | | | | | | | | | | |
| Saia | 67D | 15.2 ^a | 3.9 ^b | 51.9 ^c | 31.4 ^c | 3.8 ^d | 1.22 ^c | 4.3 ^a | 0.30 ^a | 0.32 ^a |
| | 87D | 11.1 ^b | 5.5 ^a | 60.0 ^b | 35.9 ^b | 5.9 ^c | 1.55 ^a | 2.7 ^b | 0.18 ^{bc} | 0.28 ^b |
| | 98D | 8.5 ^c | 4.1 ^b | 62.4 ^a | 38.4 ^b | 6.3 ^{bc} | 1.36 ^b | 2.5 ^b | 0.17 ^c | 0.24 ^c |
| | 112D | 7.7 ^c | 4.2 ^b | 63.7 ^a | 40.0 ^{ab} | 6.7 ^b | 0.92 ^d | 2.2 ^{bc} | 0.17 ^c | 0.23 ^c |
| | 126D | 6.3 ^d | 4.1 ^b | 64.4 ^a | 40.2 ^a | 7.5 ^a | 0.88 ^d | 1.8 ^c | 0.21 ^b | 0.25 ^c |
| Swan | 67D | 14.8 ^a | 2.9 ^c | 51.8 ^c | 31.3 ^c | 3.8 ^c | 1.22 ^c | 4.2 ^a | 0.23 ^a | 0.35 ^a |
| | 87D | 11.9 ^b | 7.0 ^d | 55.4 ^b | 32.6 ^b | 5.9 ^b | 1.58 ^a | 3.0 ^b | 0.16 ^b | 0.32 ^b |
| | 98D | 10.3 ^c | 6.3 ^c | 57.9 ^{ab} | 34.4 ^{ab} | 5.9 ^b | 1.41 ^b | 2.9 ^b | 0.15 ^b | 0.28 ^c |
| | 112D | 6.8 ^d | 9.0 ^b | 59.9 ^a | 35.3 ^a | 7.2 ^a | 0.93 ^d | 2.2 ^c | 0.12 ^c | 0.21 ^d |
| | 126D | 5.5 ^e | 10.2 ^a | 57.8 ^{ab} | 33.7 ^{ab} | 7.4 ^a | 0.97 ^d | 1.7 ^c | 0.11 ^c | 0.20 ^d |

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

^{a, b, c, d} Means with different superscripts within a column and category differ significantly ($P < 0.05$).

燕麥 Swan 在相同的收穫期，以 30 cm 處理的平均乾物產量顯著 ($P < 0.05$) 高於其他處理，由 67 日的 4.27 mt ha^{-1} 逐步提高至 126 日的 14.23 mt ha^{-1} (圖 2)；CP 平均含量會隨著收穫期延後而降低，但以 20 cm 處理表現較佳，雖由 17.7% 降至 6.0%，除 98 日收穫時僅 10.6%，其餘皆優於其他處理；而在 WSC 平均含量部分，每個處理都隨著收穫期的延後而增加含量，然在前 4 次收穫皆以 10 cm 處理的含量最高 (分別為 3.7、9.8、8.7 及 10.0%)，但至 126 日收穫時 5 個處理之間則無差異存在。

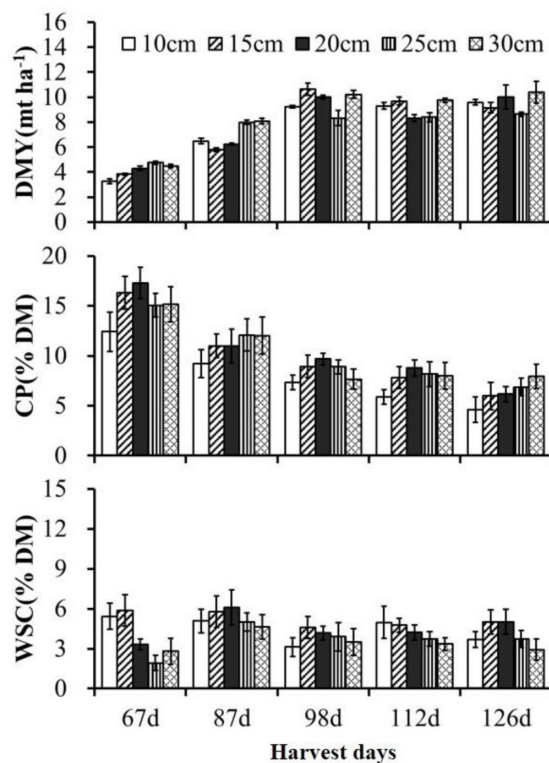


圖 1. 燕麥 Saia 在不同栽培密度及收穫期的乾物產量、粗蛋白及水溶性碳水化合物含量表現。

Fig. 1. Performance of dry matter yield (DMY), crude protein (CP) and water-soluble carbohydrate content (WSC) of oat Saia of row spacing on different harvest periods. The row spacing treatments for oat planting were 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm and 30 cm. Oats were harvested 67 days, 87 days, 98 days, 112 days and 126 days after planting. Bar indicates standard deviation.

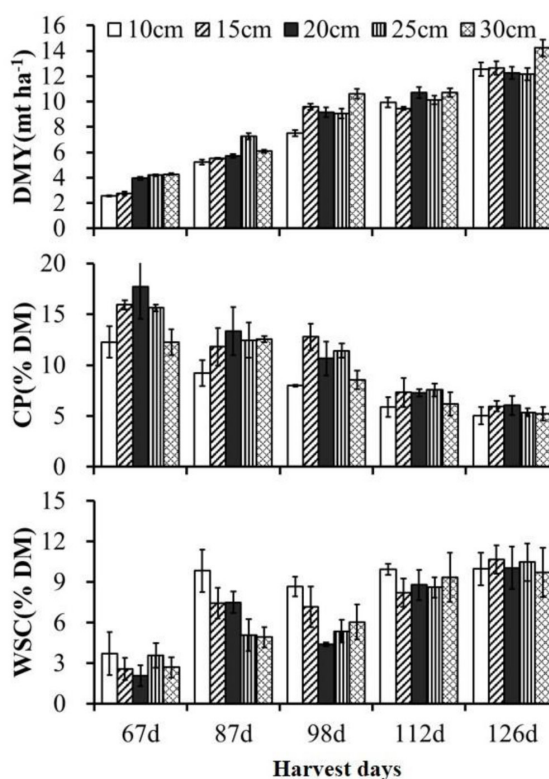


圖 2. 燕麥 Swan 在不同栽培密度及收穫期的乾物產量、粗蛋白及水溶性碳水化合物含量表現。

Fig. 2. Performance of dry matter yield (DMY), crude protein (CP) and water-soluble carbohydrate content (WSC) of oat Swan of row spacing on different harvest periods. The row spacing treatments for oat planting were 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm and 30 cm. Oats were harvested 67 days, 87 days, 98 days, 112 days and 126 days after planting. Bar indicates standard deviation.

討 論

整體而言，燕麥 Saia 與 Swan 皆在 30 cm 栽培密度處理可獲得最高的乾物產量，且隨收穫期延後，株高、乾物產量及乾物率均會提高。但 CP 含量確會隨著收穫期延後與栽培密度降低而下降，而 WSC、NDF、ADF 及澱粉含量則隨收穫期延後而增加。礦物元素含量則隨收穫期延後而降低。然由表 2 及 3 得知，品種、栽培密度及收穫期在眾多性狀之間具有交感效應，若僅考慮單一因素可能無法獲得最佳芻料產量與品質，故應分析各品種的農藝特性以選擇合宜的栽培密度，並考量適合的收穫期，以提高農業生產效益，並為後續的育種與田間管理提供參考依據。

2 個燕麥品種在農藝性狀及化學成分含量的表現常呈現顯著差異 (表 4、5)，此與燕麥 Saia 的植株型態為莖細、葉窄的早熟品種，而燕麥 Swan 為莖粗、葉寬的晚熟品種有關。國外有研究指出，品種特性會造成芻料品質的差異 (Coblentz *et al.*, 2013; Liu and Mahmood, 2015)，而陳等 (2021) 以相同的燕麥品種進行營養成分變動之探討，結果顯示 2 個品種在成熟期及化學成分含量變化皆有所不同，此結果與本試驗的燕麥品種性狀表現趨勢相似，顯示植株型態確實會影響牧草產量及品質，而陳及張 (2022) 的研究報告亦有相同的結果。

早熟燕麥 Saia 在種植後 77 日抽穗 (50% 植株)，而晚熟燕麥 Swan 則在 96 日抽穗 (表 4)，此與陳等 (2021) 的結果 (Saia 為 80 日，Swan 為 105 日) 略有差異，顯示氣候環境對於燕麥的抽穗期確實會有所影響，但 2 品種的抽穗日數差距至 19 日，顯示品種特性影響更大。2 個燕麥的抽穗日數皆會因栽培密度處理略受影響，密植處理的會略早於疏植的 1—2 日，但差異不大。Naveed *et al.* (2014) 的試驗結果顯示，小麥高播種量處理的抽穗日數為 122.5 日，而最低播種量為 119 日。林及林 (2019) 以薏苡進行產量比較，發現密植處理的生育日數較疏植為短，相差為 1—2 日。Holliday (1963) 指出植株間會彼此競爭生長空間，促使禾本科作物提早抽穗及成熟，Naveed *et al.* (2014) 亦指出低播種率處理的植株相對數量較少，從而可以獲得更多的養分，使得延長營養期轉換到生殖期的時間。由上述結果得知，燕麥品種特性 (早熟及晚熟) 對於抽穗日數影響較栽培密度為大。

2 個燕麥品種的平均鮮重產量皆以 30 cm 疏植處理的產量最高，而以密植處理 (10 cm) 的產量最低，而在平均乾物產量也有相同趨勢 (表 4)。許多國外研究結果顯示，密植處理的產量通常比疏植處理的為高 (Naveed *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018)，此與作物密植時對雜草的競爭力較高有關 (Acharya *et al.*, 2003)。Li *et al.* (2018) 的研究結果顯示，高密植處理 (480 plants m⁻²) 的雜草生物量比疏植處理 (120 及 240 plants m⁻²) 為低 (59 及 56%)，因此增加植物密度確實可提高抑制雜草生長的成效。本試驗的結果與國外研究不同，可能與種植 2 週後即對各試區進行行間除草工作，導致雜草影響效應降低有關。然而 Li *et al.* (2018) 亦指出，密植不應作為禾穀類作物種植時抑制雜草的唯一策略，但可以作為一種工具。

2 個燕麥品種的 CP 平均含量皆以 10 cm 處理的最低，而 WSC 平均含量則以 30 cm 處理最低，在 NDF 及 ADF 平均含量部分，除燕麥 Saia 的 NDF 平均含量在處理間有差異之外，其餘處理皆不受栽培密度影響 (表 5)。Albayrak *et al.* (2011) 的試驗結果顯示，播種行距 (17.5 及 35 cm) 對匈牙利豌豆的 CP、ADF 及 NDF 含量沒有影響，而 Hunter *et al.* (2020) 亦有相似的結果，播種行距 (15、30 及 61 cm) 並不影響中間偃麥草的 CP 含量。本試驗 2 個燕麥的 CP 平均含量與前述研究結果不同，可能與作物的生長特性有關，但 2 個品種卻都有相同趨勢，在密植處理下會顯著降低 CP 含量。2 個燕麥品種的 NDF 及 ADF 平均含量差異不明顯，顯示栽培密度對纖維含量影響不大，此結果與 Albayrak *et al.* (2011) 的相似。在礦物元素含量部分，燕麥 Saia 除 Mg 含量以 25 及 30 cm 顯著較高外，其餘皆無差異。而燕麥 Swan 除 K 含量外，皆以 10 cm 處理最低。Hunter *et al.* (2020) 亦有相似的結果，播種行距不會影響整體 P 或 K 的含量。

兩個燕麥品種的平均鮮重產量皆以 67 日收穫時最低，以 98 日收穫時達到最高，之後就隨著植株成熟度增加而下降 (表 4)；在平均乾草產量部分則呈現相反趨勢，越晚收穫產量越高；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。燕麥的農藝性狀表現與國內外的研究報告有相同趨勢 (朱等，2018；施及李，2020；陳等，2022；Coblentz *et al.*, 2018)，越晚收穫有越高的乾物產量，而乾物率也隨之提高。

2 個燕麥品種的 CP 平均含量皆以 67 日收穫時最高，之後隨著收穫期越晚而有顯著下降趨勢 (表 5)，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)，而國內的研究報告亦有相似的結果，不同收穫期會影響燕麥 CP 含量的變化 (施及李，2020；陳等，2022)。WSC、澱粉、NDF 及 ADF 的平均含量則呈現相反趨勢，皆會隨著收穫期的延後而顯著提高。礦物元素 K、Ca 及 Mg 的平均含量會隨著植株的成熟度增加而顯著下降；2 個燕麥品種的平均 P 含量皆以 87 日收穫時最高，之後則逐漸降低。燕麥的化學成分含量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 5)。Coblentz *et al.* (2013) 指出，不同燕麥品種體化學成分如 CP、WSC 或纖維含量，在不同收穫期常有顯著的差異表現。本研究的燕麥

Swan 的 NDF 及 ADF 平均含量會隨著植株生長而上升，之後隨穀粒澱粉累積而降低，陳等 (2021) 指出，此與非結構性碳水化合物及澱粉累積速度有關。Nadeau(2007) 亦指出，小穀類作物在抽穗後開始充實，越晚收穫澱粉含量越高，導致穗占整體乾物質比例增高，而使 NDF 含量的降低。

國內外有許多研究報告指出，燕麥收穫期越晚雖然芻料產量會提高，但營養及纖維含量卻不甚理想 (朱等，2018；施及李，2020；陳等，2022；Liu and Mahmood, 2015)，本試驗亦有相似的結果，隨著燕麥的成熟度增加，乾物產量隨之增加，但 CP 及礦物元素含量卻隨之下降 (表 4、5)。燕麥 Saia 在 98 日的平均乾物產量較 87 日的高 40.2%，但是其莖稈細導致越晚收穫越容易倒伏，造成機械收穫不易。燕麥 Saia 在 98 日的平均 CP 含量較 87 日的大幅下降 23.4%，且 NDF 含量也顯著增加，導致芻料品質大幅惡化。故，經綜合評估燕麥 Saia 的收穫期以 87 – 98 日為宜。

燕麥 Swan 的平均乾物產量表現與燕麥 Saia 有相同趨勢，越晚收穫產量越高，以 126 日的最高比 98 日的多 39.0%，但 NDF 及 ADF 的平均含量卻無大幅提升，雖然因晚收穫而使 CP 平均含量大幅降低至 5.5%，降幅達 46.6%，但 WSC 平均含量卻增加 25.4%，且無倒伏情形發生 (表 4、5)。因此，燕麥 Swan 雖然晚收穫會導致芻料品質降低，但為獲得最大的芻料生產量，故經綜合評估最佳收穫期為 126 日。陳及張 (2021) 曾推薦燕麥 Saia 最佳收穫期評估為 90 – 105 日最為適宜，而燕麥 Swan 之最佳收穫期推薦為 120 日，與本試驗結果相近。

由上述評估得知，燕麥 Saia 的最適收穫期為 87 – 98 日。由圖 1 可以發現，燕麥 Saia 在 87 日收穫時，以 30 cm 處理的乾物產量 (8.09 mt ha^{-1}) 最高，而在 98 日收穫時，也以 30 cm 處理的 10.21 mt ha^{-1} 最高，並於 112 日及 126 日皆有相同結果。在 CP 含量部分，於 87 日收穫時以 30 cm 處理的 12.0% 顯著高於其他處理，而在 98 日收穫時則以 15、20 及 25 cm 處理 (分別為 8.9、9.7 及 8.9%) 最高，30 cm 處理的 7.7% 次之。雖然 30 cm 處理的芻料品質並無明顯優於其他處理，然而其乾物產量卻是顯著最高 ($P < 0.05$)。因此，燕麥 Saia 的最適栽培密度以 30 cm 為宜。

由上述評估得知，燕麥 Swan 的最適收穫期為 126 日。由圖 2 可以發現，燕麥 Swan 在 126 日收穫時與燕麥 Saia 有相同結果，皆以 30 cm 處理的乾物產量 (14.23 mt ha^{-1}) 顯著高於其他處理。在 CP 含量部分，則以 15 及 20 cm 處理 (皆為 6.0%) 最高，而 10 及 30 cm 處理的 (分別為 5.0 及 5.2%) 最低。然而經換算粗蛋白質產量 (crude protein yield)，30 cm 處理 (0.75 mt ha^{-1}) 的表現則為最高，而且於 NDF 及 ADF 含量也未高於其他處理 (表 5)。顯示 30 cm 處理的芻料品質雖未最佳，但其產量卻優於其他處理。因此，燕麥 Swan 的最適栽培密度也以 30 cm 為宜。

參考文獻

- 朱明宏、王紓愍、游翠凰、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。
- 林禎祥、林孟輝。2019。栽培密度對北部地區薏苡生育與產量之影響。桃園區農業改良場研究彙報 86：1-14。
- 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、游翠凰、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。2021。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。畜產研究 54：198-205。
- 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。
- 陳勃聿、田玉娟、范耕榛。2022。以小麥、大麥及燕麥作為臺灣南部地區冬季芻料之評估。畜產研究 55：128-136。
- Acharya, S. N., Mir, Z., Moyer, J. R., Orshinsky, B. R., and Thomas, J. E. 2003. Effect of row spacing and seeding rate on forage yield and quality of perennial cereal rye (*Secale cereale* L.). Can. J. Plant Sci. 83: 363-369.
- Albayrak, S., Türk, M., and Yüksel, O. 2011. Effect of row spacing and seeding rate on hungarian vetch yield and quality. Turkish Journal of field crops. 16(1): 54-58.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. p. 610-613. In: Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition.
- 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.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Application). p. 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.
- Holliday, R. 1963. The effect of row width on the yield of cereals. *Field Crop Abstracts.* 16: 71-81.
- Hunter, M. C., C. C. Sheaffer, S. W. Culman, W. F. Lazarus, and J. M. Jungers. 2020. Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass II: Forage yield and economics. *Agron. J.* 112: 1862-1880.
- Irfan, M., M. Ansar, A. Sher, A. Wasaya, and A. Sattar. 2016. Improving forage yield and morphology of oat varieties through various row spacing and nitrogen application. *J. Anim. Plant Sci.* 26: 1718-1724.
- 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.
- Li, P., Mo, F., Li, D., Ma, B-L., Yan W., and Xiong Y. 2018. Exploring agronomic strategies to improve oat productivity and control weeds: leaf type, row spacing, and planting density. *Can. J. Plant Sci.* 98: 1084-1093.
- Lone, B. A., B. Hassan, S. Ansur-ul-haq, and M. H. Khan. 2010. Effect of seed rate, row spacing and fertility levels on relative economics of soybean (*glycine max.* L.) under temperate conditions. *African J. of Agric. Research.* 5: 322-324.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.
- 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.
- Naveed, K., M. A. Khan., M. S. Baloch., K. Ali., M. A. Nadim., E. A. Khan., S. Shah and M. Arif. 2014. Effect of different seeding rates on yield attributes of dual-purpose wheat. *Sarhad J. Agric.* 30: 83-91.
- Ranjan, R. D., A. S. Gontia, A. Pal, S. Km Kumar, B. Kumar, K. Bhamini, and N. Kumari. 2016. Morphological and physiological responses of dual purpose wheat (*Triticum aestivum* L.) to nitrgen and seed rates. *Agricultural Research Communication Centre* 37: 279-89.
- 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.
- Sharma, S. K. and S. R. Bhunia. 2001. Response of oat (*Avena sativa* L.) to cutting management, method of sowing and nitrogen. *Ind. J. Agron.* 46: 563-567.
- Thomas, G. W. 1985. Exchangeable cation. pp. 1159-1165. In: Page, A. L. (ed.). *Method of soil analysis. Part 2.* 2nd edition. American Society of Agronomy Inc., Madision. Wisconsin.
- 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 Insitute, Los Baños, Philippines.

Effect of Row Spacing and Different Harvest Stages on Oat (*Avena* spp.) Yield and Quality ⁽¹⁾

Po-Yu Chen ^{(2) (3)}

Received: Jul. 2, 2024; Accepted: Jul. 11, 2025

Abstract

This study utilized two oat varieties, Saia (*Avena strigosa* Schreb.) and Swan (*A. sativa* L.), as the experimental materials. The trial was conducted at the Livestock Research Institute, Ministry of Agriculture, on November 18, 2016, using artificial planting. A randomized complete block design (RCBD) with four replications was employed to investigate the effects of five planting densities (row spacings of 10, 15, 20, 25, and 30 cm) and five harvesting stages (67, 87, 98, 112, and 126 days after planting) on oat yield and chemical composition changes. The crude protein (CP) content of Saia oats decreased significantly ($P < 0.05$) following the delay in harvesting stage, from 15.2% at 67 days to 6.3% at 126 days. Conversely, the average contents of water-soluble carbohydrates (WSC) and starch increased with delayed harvesting. The average contents of acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) showed an opposite trend to CP, reaching the highest values at 126 days (64.4 and 40.2%, respectively). The changes in the nutritional composition of Swan oats followed a similar trend to those of Saia oats. The average contents of P, K, Ca, and Mg in both oat varieties decreased following the delay in the harvesting stage was delayed. For Saia oats, late harvesting significantly deteriorated the quality, and thus, the optimal harvesting period was determined to be between 87 and 98 days. In contrast, the dry matter yield of Swan oats increased significantly with later harvesting, making 126 days the recommended harvesting time. The fresh yield and dry matter yield of Saia oats increased as planting density decreased, with the highest values observed at the 30 cm spacing (35.5 and 8.59 mt ha⁻¹, respectively). The dry matter yield of Swan oats exhibited a similar trend, with the highest yield also occurring at the 30 cm spacing (40.2 and 9.18 mt ha⁻¹, respectively). The average CP content of both oat varieties was higher under lower planting densities, while the WSC content showed the opposite trend, yielding a higher content at higher planting densities. However, planting density had little impact on the average contents of NDF, ADF, starch, and mineral elements in both oat varieties. Therefore, the optimal planting density for both oat varieties was determined to be 30 cm. Additionally, the optimal harvesting period for Saia oats was 87–98 days; while for Swan oats, 126 days was recommended.

Key words: Oat, Row spacing, Forage yield, Forage quality, Harvest stage.

(1) Contribution No. 2815 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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