

應用自動推料機進行夜間推料對荷蘭泌乳牛 乳量及乳成分之影響⁽¹⁾

葉亦馨⁽²⁾ 廖曉涵⁽²⁾ 陳怡璇⁽²⁾ 陳一明⁽²⁾ 林宗毅⁽²⁾ 涂柏安⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：110 年 6 月 8 日；接受日期：110 年 12 月 28 日

摘 要

荷蘭牛為溫帶牛種，夏季日間高溫採食情形不佳，透過自動推料機進行夜間多次的推料作業，在夜晚可進行穩定的餵養作業，本試驗目的探討夜間使用推料機進行推料對荷蘭種泌乳牛乳量及乳成分的影響。本研究使用開放式牛欄飼養荷蘭牛，餵飼完全混合日糧 (total mixed ration, TMR)，同時記錄牛隻胎次、泌乳月數，探討應用自動推料機於夜間進行推料 5 次對泌乳牛乳量及乳成分之影響。結果顯示：以自動推料機進行夜間推料可顯著提升荷蘭牛的泌乳量及乳成分產量；整體泌乳期可提升乳量約 16%、能量校正乳量 (energy corrected milk, ECM) 約 10%、乳脂肪量約 9%、乳蛋白質量約 8%、乳糖量約 16%、乳糖率約 1%、酪蛋白量約 8%、無脂固形物量 (solid-not-fat, SNF) 約 13%、多元不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 濃度約 8% 及游離脂肪酸 (free fatty acid, FFA) 濃度約 13%；但會些微降低乳脂肪率約 4%、乳蛋白質率約 4%、酪蛋白率約 4% 及飽和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA) 濃度約 5%。本研究認為自動推料機可應用於商業牧場泌乳牛的飼養現場，並實際帶來乳量及乳成分產量提升的優點。

關鍵詞：夜間推料、自動推料機、乳量、乳成分。

緒 言

行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所 (以下略稱新竹分所) 於 106 年引進自動推料機 (簡稱推料機)，將飼糧推往飼料槽，確保牛隻可隨時自由採食。全臺灣在彰化、桃園及苗栗等多個乳牛場皆引進使用，推料機依廠牌有超音波感應、磁石感應或實體軌道等不同設計，能與行動裝置連線搖控行走或是搭配精料桶投餵精料等功能。在夏季時，透過推料機每日夜晚多次的推料作業，與傳統人工推料相比在夜晚可進行多次穩定的餵養作業，與省人工。至 109 年底，於全臺各縣市已有 50 家乳牛場導入推料機 (行政院農業委員會，2020)。牛隻泌乳情形與採食量息息相關，相關研究也顯示提升餐間推料次數可提升牛隻採食意願，於人員休息時間採用自動推料機進行多次推料，可使較為膽怯、無法在餵料時間採食的牛隻持續於深夜時段進行採食。乳牛場推料攸關牛隻採食意願及採食量之提升，於夜間使用推料機進行推料以促進牛隻採食意願，葉等 (2020) 之研究顯示，推料機對於牛隻各類行為均有不同程度的影響，影響的強度取決於推料時段而有不同的反應，且推料機並不大幅度改變牛隻日常作息，而是可提升部分時段及整體泌乳牛群採食 (整體提升 4%， $P < 0.01$) 及反芻 (整體提升 6%， $P < 0.01$) 行為時間，並降低靜止 (整體降低 7%， $P < 0.01$) 與整體其他活動 (整體降低 4%， $P < 0.01$) 時間。

乾物質採食量是促進牛隻乳汁生成的首項要素 (Bargo *et al.*, 2002)。許多研究著重於改變飼糧中營養組成分，以促進泌乳牛乾物質採食量，但是乾物質採食量受到採食行為、環境、管理方式、健康及社交行為等影響 (Grant and Albright, 2000)。DeVries *et al.* (2003) 則表示餵飼次數與擠乳後回到畜舍這兩種因子皆會增加牛隻採食量。給予新鮮飼料則特別能吸引牛隻採食 (DeVries and von Keyserlingk, 2005)。有許多研究探討不同餵飼管理 (feed manipulation) 包含飼糧給予次數、時段及推料的方式以增加乳量與乳成分 (DeVries and von Keyserlingk, 2005; DeVries *et al.*, 2005; Watters *et al.*, 2013; King *et al.*, 2016)。部分研究認為少量多餐的飼養方式對牛隻有增加乳脂肪或乳量等好處 (Gibson, 1984)，研究亦顯示乳蛋白率、乳蛋白量、乳總固形物率及量皆有增加的趨勢 (李等，2003)。少量多餐 (1 天餵飼 1

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2687 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

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

次以上)的概念是藉由多次餵飼吸引牛隻採食,增加每日總採食量,並且能避免精料一次過量進入瘤胃,進而穩定瘤胃 pH 值 (French and Kennelly, 1990),有些研究認為亦能增加乳脂肪量 (Gibson, 1984)、可消化纖維 (Dhiman *et al.*, 2002) 及生產效率 (Mäntysaari *et al.*, 2006)。

餵飼頻率對於乳量的影響,不同研究的結果不盡相同。Gibson (1984) 研究指出每天增加餵飼次數達 1 至 3 次時,由於採食量增加,使乳量、乳脂肪量、乳脂肪率及乳蛋白量顯著增加。Shabi *et al.* (2005) 表示採食時間增加與乳量增加呈正相關,可能藉由促進牛隻採食而提升乳量。Shabi *et al.* (1999) 的研究顯示,比較每日餵飼 2 次及 4 次,餵飼相同的穀物下,餵飼 4 次的乳蛋白率、乳蛋白量、乳脂肪率、乳脂肪量、乳糖率及乳糖量皆較高。但亦有其他不同餵飼次數研究顯示,每日餵飼 1、2 及 3 次的乾物質採食量有顯著差異,但是乳量及生產效率則無顯著差異 (Hart *et al.*, 2014),然而牛隻胎次則影響乳量,進一步分析經產牛與初產牛的乾物質採食量差異,顯示由於初產牛採食次數較少、採食速率較慢,因此初產牛的乾物質採食量低於經產牛。Le Liboux and Peyraud (1999) 與 Shabi *et al.* (1999) 的研究表示,完全混合日糧餵飼次數由 1 次增加至 2 次,及 4 次增加到 6 次,均會增加乾物質採食量,但是對於乳量卻沒有影響。另有研究餵飼 TMR 及 PMR (partial mixed ration) 的試驗組合,結果顯示完全混合日糧及部分混合日糧的加總採食量不改變,其乳量、乳脂肪、乳蛋白及乳糖等乳成分亦無顯著差異 (Paddick *et al.*, 2019)。另有研究顯示一天餵飼 1 次與 4 次相比較,一天餵飼 1 次有較高的乾物質採食量與乳量,且經常性餵飼乳牛會導致乳量減少 (Phillips and Rind, 2001)。此外,另一項研究顯示高餵飼次數 (每天 11 次) 與低餵飼次數 (每天 6 次) 相比,高餵飼次數甚至會造成牛隻乳量顯著降低及躺臥時間下降 (Mattachini *et al.*, 2019)。對於乳量與乳成分的關係而言,一篇比較餵飼不同牧草對泌乳牛採食量與乳成分的研究報告顯示 (Johansen *et al.*, 2018),每日乾物質採食量及乳量分別增加 1.3 及 1.6 kg,但是每 kg 乳蛋白及乳脂肪卻減少 0.5 及 1.4 g,顯示乳量的增加可能對於乳成分有稀釋的趨勢。

本試驗的目的在比較夜間有無以自動推料機進行推料對荷蘭牛的泌乳量及乳成分的影響。本試驗使用開放式牛欄飼養荷蘭牛,並餵飼完全混合日糧,記錄牛隻胎次、泌乳月數,量測推料與否對牛隻乳量及乳成分的影響。

材料與方法

本研究涉及之動物試驗於新竹分所執行,動物之使用、飼養及實驗內容皆依據新竹分所實驗動物照護與使用委員會批准之文件 (IACUC No.109 - 7) 與試驗準則進行。

I. 動物和畜舍型態

本試驗試驗分組、泌乳牛飼糧配方、夜間推料時間與頻率及其他管理作為依據 (葉等, 2020) 同一試驗分組進行。試驗分為 2 組,推料組與未推料組,兩組皆每日擠乳 2 次 (05:00, 16:00),飼糧、飲水及礦鹽皆為自由採食。兩組皆於每日早上 05:30 配製 1/3 量及下午 14:00 配製 2/3 量,完全混合日糧組成 (乾基) 如表 1,所有試驗牛隻的飼糧依據 NRC (2001) 表 14-6,泌乳量約 35 公斤,乳脂肪 3.5%,真蛋白質 3.0%,泌乳天數約 90 天之乳牛營養標準配製 TMR,為確保飼糧充足、任食,每日總飼糧皆有至少 5% 之剩料,推料組與未推料組之頸項夾數量皆多於牛隻頭數,且兩組早晚下料欄位數皆為牛頭數 +2,剩料於下一餐前清除 (05:00, 14:00)。推料組與未推料組於日間 06:00、11:00、15:00 皆以人工推料;推料組使用奧地利 HETWIN 製 Stallboy feed pusher 自動推料機,參考 Miller-Cushon and DeVries (2017) 及臺灣酪農戶使用推料機情形於晚上 19:00、20:30、22:00、23:30 及 1:00 各進行自動推料一次,未推料組則不進行夜間推料。每週隨機分配牛隻為推料組與未推料組。兩組再依照泌乳天數、胎次調整,維持兩組於試驗開始前泌乳天數與胎次無顯著差異。泌乳天數為扣除分娩後 5 日初乳階段後開始計算。推料與未推料組於泌乳期第 1 週泌乳量分別為 16.40 ± 3.03 vs 18.30 ± 1.75 kg/d,無顯著差異。畜舍為開放式牛欄飼養,全天候自由進出運動場。

II. 生乳數據收集及編輯

數據來自 125 頭新竹分所的荷蘭牛,試驗期間由 2017 至 2019 年。未推料組累計 62 頭 (胎次 2.02 ± 1.19 ; 月齡 48.69 ± 22.07),推料組累計 63 頭 (胎次 2.11 ± 1.26 ; 月齡 52.42 ± 21.61),試驗期間牛隻精神不佳、食慾不振、乳量下降、反芻下降或不明疾病則暫停試驗,待獸醫判定恢復健康才重新進行試驗,且牛隻於分娩前 2 個月進行乾乳並停止試驗。牛欄分為左右兩邊,均為長 40 公尺、寬 30 公尺,均可飼養至少 27 頭牛,配合擠乳作業每週進行生乳採樣。全日乳量由單日上午及下午乳量加總;全日乳成分則應用自動乳成分與體細胞測定儀 (MilkoScan TM FT+, Denmark) 分別測定上午及下午擠乳採集之生乳樣品,依據國際畜牧聯盟指南 (ICAR, 2014) 進行樣品處理與檢測。生乳樣本於上機分析前首先於 40°C 之水浴槽進行預熱並混勻後,以傅立葉轉換紅外光譜

(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR) 原理，測量乳樣的乳脂肪 (%)、乳蛋白質 (%)、乳糖 (%)、酪蛋白 (%)、無脂固形物 (%)、飽和脂肪酸 (g/100 g milk)、不飽和脂肪酸 (unsaturated fatty acids, UFA) (g/100 g milk)、單元不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acids, MUFA) (g/100 g milk)、多元不飽和脂肪酸 (g/100 g milk) 及游離脂肪酸 (mmol/ 100 g milk fat)。儀器皆以原廠及 ISO (international organization for standardization) 規範進行定期校正。

表 1. 應用自動推料機進行夜間推料之試驗牛完全混合日糧組成與成分

Table 1. Total mixed ration for cows in the experiment for the effect of feed push-up during nighttime hours using automated feed pusher

Ingredients	(%), Dry matter basis
Corn silage	19.11
Bermuda grass hay	30.09
Alfalfa hay	15.05
Soybean hull, pellet	12.47
Wheat bran	6.09
Corn, ground	10.11
Soybean meal, 44% CP	4.90
Fish meal	0.52
Molasses	0.86
Iodized salt	0.21
Sodium bicarbonate	0.14
Limestone	0.30
Premix ¹	0.15
Total	100.00
CP, %	17.00
NE _l ² , Mcal/kg	1.50

¹ Each kilogram of premix contained: Vit. A, 10,000,000 IU; Vit. D₃, 1,600,000 IU; Vit. E, 70,000 IU; Fe, 50 g; Cu, 10 g; Zn, 40 g; I, 0.5 g; Se, 0.1 g; and Co, 0.1 g.

² NE_l value was calculated according to NRC (2001).

計算能量校正乳量 (energy corrected milk, ECM, kg/d) = 12.55 × 乳脂肪 (kg/d) + 7.39 × 乳蛋白質 (kg/d) + 0.2595 × 產乳量 (kg/d) (NRC, 2001)，以牛乳能量數值 0.74 Mcal/kg 為基礎計算泌乳淨能 (net energy of lactation, NE_l)，能量校正乳量中的乳脂肪和乳蛋白質都經過校正，可以用來比較不同品種和不同牛隻之間的產乳量差異 (Tyrrell and Reid, 1965)。

當日上、下午乳樣中乳脂肪濃度異常 (< 2% 或 > 8%) 或乳蛋白質濃度異常 (< 2% 或 > 6%) 者之乳成分及對應之乳量紀錄不列入後續統計。單筆數據由受測乳牛牛號、胎次 (1 – 6 胎)、泌乳月數 (1 – 18 月)、乳量及乳成分組成。個別受測乳牛泌乳月數超過 12 個月、個別受測乳牛資料筆數小於 3 筆的數據不列入後續統計。經編輯後可供後續統計為 3,256 筆乳量及乳成分資料。

III. 牛隻紀錄

每頭試驗牛皆配戴電子腳環 (AfiTag II Tag assy, Afimilk, Kibbutz Afikim, Israel) 作為牛號辨識，記錄個別牛隻分娩日期、泌乳月數、胎次，收集每次的乳量，當每次擠乳結束後，數據自動儲存於 Afimilk 系統中。

IV. 統計分析

試驗收集有及無夜間應用自動推料機泌乳牛之乳量及乳成分資料，以評估夜間應用自動推料機對於乳量及乳成分之影響，應用 SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC) 的 MIXED 程序進行分析：

$$y_{ijklm} = \mu + FP_i + PAR_j + MIM_k + (FP \times PAR)_{ij} + (FP \times MIM)_{ik} + (PAR \times MIM)_{jk} + cow_m + e_{ijklm}$$

y_{ijklm} 為乳量及乳成分； μ 為整體平均； FP_i 為自動推料機組別固定因子 ($i = N, Y$)、 PAR_j 為胎次固定因子 ($j = 1, 2, 3, 4, 5+$)； MIM_k 為泌乳月數固定因子 ($k = 1 - 12$ ，其中第一級為 5 – 35 天，之後每 30 天一級距)； $(FP \times PAR)_{ij}$

為自動推料機與胎次固定交感因子； $(FP \times MIM)_{ik}$ 為自動推料機與泌乳月數固定交感因子； $(PAR \times MIM)_{jk}$ 為胎次與泌乳月數固定交感因子； cow_m 為第 m 頭牛的隨機因子 ($m = 1 - 125$) $\sim N(0, \sigma_{cow}^2)$ ； e_{ijklm} 為隨機殘差 $\sim N(0, \sigma_{cow}^2)$ 。模型中變異數－共變異數矩陣結構 (variance-covariance matrix structure) 選擇自迴歸模型 (autoregressive model) 並根據 Schwarz 貝氏資訊準則 (Bayesian information criterion, BIC) 評估模型配適資料的程度。事後檢定以 Bonferroni 校正法進行自動推料機組別、胎次、泌乳月數及其交感作用的均值多重比較，並以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準。

結 果

結果顯示，推料組與未推料組泌乳牛之乳量 (23.04 ± 0.55 vs. 19.78 ± 0.64 kg/d) 及 ECM (23.51 ± 0.49 vs. 21.26 ± 0.58 kg/d) 皆有顯著差異 ($P < 0.05$)，整體泌乳期提升乳量約 16% 及 ECM 約 10% (表 2)，推料與胎次對每日泌乳量具有顯著差異 ($P < 0.05$) (表 3)，胎次 1、2、3、4 及 5 以上的推料組與未推料組平均乳量分別為 22.71 ± 0.71 vs. 20.00 ± 0.79 、 26.72 ± 0.75 vs. 23.85 ± 0.82 、 26.12 ± 0.74 vs. 22.73 ± 0.87 、 19.27 ± 0.91 vs. 16.93 ± 1.09 及 20.38 ± 1.41 vs. 15.39 ± 1.63 kg/d，使用推料機之所有胎次的試驗牛平均乳量皆顯著高於未推料組。推料與否與不同泌乳月數的交感效應顯著 ($P < 0.001$) (表 2)，推料組於泌乳期 1－10 月的平均乳量皆顯著高於未推料組 ($P < 0.05$) (表 4)；泌乳期 11－12 月推料組與未推料組的平均乳量無顯著差異。夜間應用自動推料機對於不同泌乳階段的牛隻能量校正乳量結果如圖 1，推料組與未推料組泌乳期 1－5 個月的能量矯正乳量分別為 27.32 ± 0.66 vs. 18.34 ± 0.91 、 29.20 ± 0.59 vs. 21.80 ± 0.77 、 27.26 ± 0.59 vs. 21.55 ± 0.74 、 26.15 ± 0.57 vs. 22.31 ± 0.83 、 24.81 ± 0.57 vs. 23.15 ± 0.78 ，推料組於泌乳期前 5 個月的能量矯正乳量顯著高於未推料組 ($P < 0.05$)，其餘 6－12 月則無顯著差異。

各項乳成分與固定效應之 P 值，及夜間應用自動推料機效應對應各項乳成分的最小平方均值結果如表 2，推料組與未推料組除了在 UFA 與 MUFA 產量無顯著差異外，其餘在乳脂肪率、乳蛋白質率、乳糖率、酪蛋白率、無脂固形物率、乳脂肪量、乳蛋白質量、乳糖量、酪蛋白量、無脂固形物量皆有顯著差異。整體泌乳期可提升乳脂肪量約 9%、乳蛋白質量約 8%、乳糖量約 16%、乳糖率約 1%、酪蛋白量約 8% 及無脂固形物量約 13%；但會些微降低乳脂肪率約 4%、乳蛋白質率約 4%、酪蛋白率約 4% 及無脂固形物率約 1%。胎次對乳蛋白質率、乳糖率、酪蛋白率、無脂固形物率、乳脂肪量、乳蛋白質量、乳糖量、酪蛋白量及非脂固形物量均有顯著差異 ($P < 0.05$)。泌乳月數對乳脂肪率、乳蛋白質率、乳糖率、酪蛋白率、無脂固形物率、乳脂肪量、乳蛋白質量、乳糖量、酪蛋白量及非脂固形物量亦均有顯著差異 ($P < 0.05$)。推料與胎次的交感效應皆對各測定項目無顯著差異。推料與泌乳月數的交感效應皆對各測定項目有顯著差異 ($P < 0.05$)。胎次與泌乳月數的交感效應在乳脂肪率、乳蛋白質率、乳糖率、乳脂肪量、乳蛋白質量、乳糖量、酪蛋白量及非脂固形物量有顯著差異 ($P < 0.05$)。

表 2. 固定效應對乳量、乳成分及脂肪酸組成分的 P 值，及夜間應用自動推料機效應對於各性狀的最小平方均值（標準誤差）

Table 2. P-Value of fixed effectsb included in the statistical analysis of milk yield, quality traits, and fatty acid composition, and least squares means (standard errors) of the studied traits for using feed pusher during nighttime

Trait ^d	P-Value						RSD ²		FP ¹	
	FP ³	PAR ³	MIM ³	FP × PAR	FP × MIM	PAR × MIM			N	Y
Milk yield, kg/d	<0.001	<0.001	<0.001	0.444	<0.001	<0.001	6.371	19.778 (0.636)*	23.039 (0.549) [†]	
ECM, kg/d	<0.001	<0.001	<0.001	0.463	<0.001	<0.001	5.780	21.261 (0.581)*	23.508 (0.493) [†]	
Quality traits										
Fat, %	0.003	0.211	<0.001	0.088	<0.001	0.005	0.735	4.183 (0.073)*	4.018 (0.056) [†]	
Protein, %	<0.001	0.003	<0.001	0.184	<0.001	0.042	0.468	3.538 (0.044)*	3.379 (0.030) [†]	
Lactose, %	<0.001	<0.001	<0.001	0.139	<0.001	<0.001	0.251	4.677 (0.024)*	4.749 (0.020) [†]	
Casein, %	<0.001	0.010	<0.001	0.140	<0.001	0.088	0.375	2.753 (0.035)*	2.635 (0.025) [†]	
SNF, %	0.008	0.031	<0.001	0.386	<0.001	0.262	0.454	8.943 (0.044)*	8.851 (0.032) [†]	
Fat, kg/d	<0.001	<0.001	<0.001	0.320	<0.001	<0.001	0.255	0.857 (0.025)*	0.938 (0.021) [†]	
Protein, kg/d	<0.001	<0.001	<0.001	0.144	<0.001	<0.001	0.185	0.725 (0.018)*	0.785 (0.015) [†]	
Lactose, kg/d	<0.001	<0.001	<0.001	0.702	<0.001	<0.001	0.304	0.955 (0.031)*	1.116 (0.027) [†]	
Casein, kg/d	<0.001	<0.001	<0.001	0.098	<0.001	<0.001	0.146	0.564 (0.014)*	0.612 (0.012) [†]	
SNF, kg/d	<0.001	<0.001	<0.001	0.752	<0.001	<0.001	0.522	1.825 (0.053)*	2.067 (0.045) [†]	
Fatty acids, g/100 g milk										
SFA ⁴	<0.001	<0.001	<0.001	0.164	<0.001	0.002	0.529	2.798 (0.054)*	2.651 (0.044) [†]	
UFA ⁴	0.133	0.060	<0.001	0.475	0.054	<0.001	0.277	1.139 (0.028)	1.172 (0.021)	
MUFA ⁴	0.275	0.054	<0.001	0.243	0.046	<0.001	0.260	1.059 (0.026)	1.082 (0.019)	
PUFA ⁴	<0.001	<0.001	<0.001	0.238	<0.001	0.032	0.024	0.086 (0.002)*	0.093 (0.001) [†]	
FFA ⁴ , mmol/100 g milk fat	0.015	<0.001	<0.001	0.747	0.340	<0.001	0.453	0.681 (0.042)*	0.769 (0.029) [†]	

¹ N: w/o feed pusher; Y: w/ feed pusher. Least squares means with different symbols (*, †) within a row are significantly different (P < 0.05).² RSD: residual standard deviation.³ FP: feed pusher; PAR: parity; MIM: month in lactation. Significance of FP effect was tested on the herd-test-date within FP variance.⁴ SNF: solid not fat; SFA: saturated fatty acids; UFA: unsaturated fatty acids; MUFA: monounsaturated fatty acids; PUFA: polyunsaturated fatty acids; FFA: free fatty acids.

表 3. 夜間自動推料機及胎次對荷蘭牛每日泌乳量的最小平方均值 (標準誤差)

Table 3. Least squares means (standard errors within brackets) of milk yield, for the effect between feed pusher and parity

Parity ²	FP ¹ , kg/d	
	N	Y
1	20.00 (0.79)*	22.71 (0.71) [†]
2	23.85 (0.82)*	26.72 (0.75) [†]
3	22.73 (0.87)*	26.12 (0.74) [†]
4	16.93 (1.09)*	19.27 (0.91) [†]
≥ 5	15.39 (1.63)*	20.38 (1.41) [†]

¹ FP: feed pusher; N: w/o feed pusher; Y: w/ feed pusher. Significance of FP effect was tested on the herd-test-date within FP variance.

² Least squares means with different symbols (*, [†]) within a row were significantly different ($P < 0.05$).

表 4. 夜間自動推料及泌乳月數對每日泌乳量的最小平方均值 (標準誤差)

Table 4. Least squares means (standard errors within brackets) of milk yield, for the effect between feed pusher and MIM

MIM ² , month	FP ¹ , kg/d	
	N	Y
1	17.18 (0.96)*	26.71 (0.70) [†]
2	22.06 (0.83)*	29.79 (0.64) [†]
3	22.90 (0.80)*	28.40 (0.65) [†]
4	21.74 (0.88)*	26.37 (0.62) [†]
5	22.30 (0.84)*	24.93 (0.63) [†]
6	21.46 (0.82)*	22.76 (0.63) [†]
7	21.07 (0.94)*	22.66 (0.64) [†]
8	19.78 (0.88)*	21.58 (0.64) [†]
9	18.88 (0.95)*	20.54 (0.67) [†]
10	16.75 (1.01)*	18.74 (0.67) [†]
11	16.76 (1.35)	17.26 (0.73)
12	16.47 (1.52)	16.72 (0.79)

¹ FP: feed pusher; N: w/o feed pusher; Y: w/ feed pusher. Significance of FP effect was tested on the herd-test-date within FP variance.

² MIM: month in milk (1-12 months). Least squares means with different symbols (*, [†]) within a row were significantly different ($P < 0.05$).

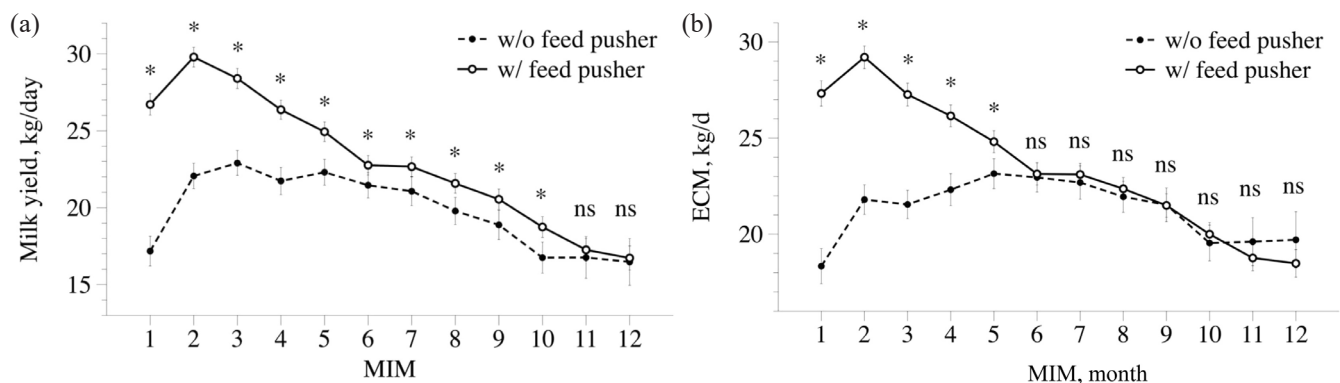
圖 1. 夜間應用自動推料機與不同泌乳階段牛隻對於牛隻泌乳量 (a) 及能量校正乳量 (b) 的交互影響。各泌乳階段差異顯著於線上標註。ns, 無顯著差異; * $P < 0.05$ 。

Fig. 1. Least squares means of milk yield (a) and ECM (b) for the interaction between effect of using feed pusher during nighttime or not and the effect of months in milk (MIM). Significance of the differences between least squares means of using feed pusher during nighttime or not within each class of MIM is reported above the line. ns, not significant; * $P < 0.05$.

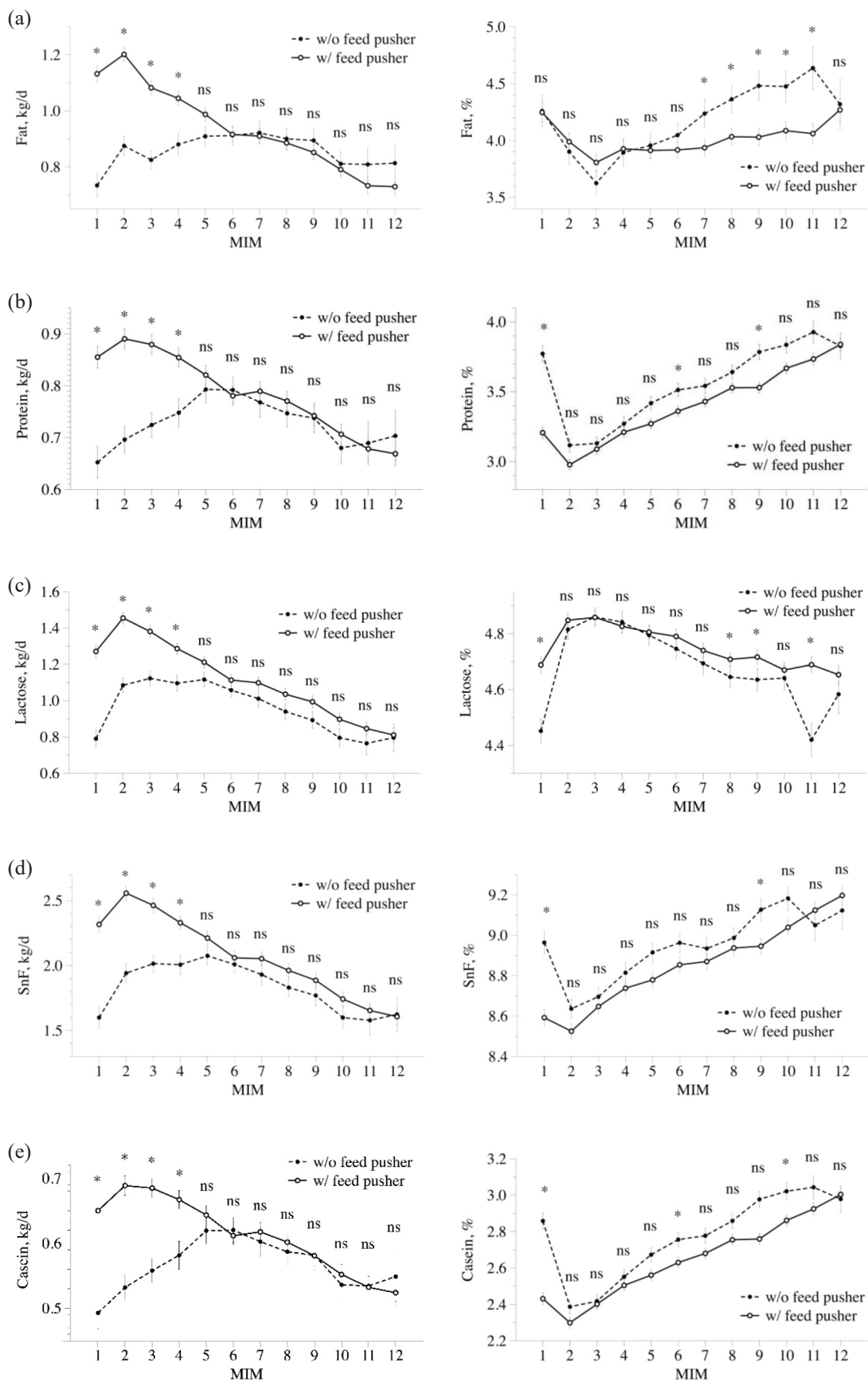


圖 2. 夜間應用自動推料機與不同泌乳階段牛隻對於生乳中乳脂肪 (a)、乳蛋白質 (b)、乳糖 (c)、無脂固形物 (d) 及酪蛋白 (e) 濃度與產量的最小平方均值。各泌乳月數差異顯著於線上標註。ns, 無顯著差異; * $P < 0.05$ 。

Fig. 2. Least squares means of milk fat (a), milk protein (b), lactose (c), solid-not-fat (d), and casein (e) concentration and yield for the interaction between effect of using feed pusher during nighttime or not and the effect of month in milk (MIM). Significance of the differences between least squares means of using feed pusher during nighttime or not within each class of MIM is reported above the line. ns, not significant; * $P < 0.05$.

夜間應用自動推料機對不同泌乳階段牛隻於生乳中乳脂肪、乳蛋白質、乳糖、無脂固形物及酪蛋白濃度與產量的最小平方均值如圖 2。推料組與未推料組的乳脂肪率於泌乳期 7 – 11 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，乳脂肪率分別為 (3.94 ± 0.07 vs. 4.23 ± 0.13 %、 4.03 ± 0.07 vs. 4.36 ± 0.12 %、 4.03 ± 0.08 vs. 4.48 ± 0.13 %、 4.08 ± 0.08 vs. 4.48 ± 0.14 %、 4.06 ± 0.09 vs. 4.64 ± 0.19 %)，其餘月份之乳脂肪率則無顯著差異；而推料組與未推料組的乳脂肪量於泌乳期 1 – 4 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，乳脂肪量分別為 (1.13 ± 0.03 vs. 0.73 ± 0.04 kg/d、 1.20 ± 0.03 vs. 0.87 ± 0.03 kg/d、 1.08 ± 0.03 vs. 0.82 ± 0.03 kg/d、 1.04 ± 0.02 vs. 0.88 ± 0.04 kg/d)，其餘月份之乳脂肪量無顯著差異。推料組與未推料組的乳蛋白率於泌乳期 1、6、9 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，分別為 (3.21 ± 0.04 vs. 3.77 ± 0.057 %、 3.36 ± 0.04 vs. 3.51 ± 0.05 %、 3.53 ± 0.04 vs. 3.78 ± 0.05 %)，其餘月份之乳蛋白率無顯著差異；而推料組與未推料組的乳蛋白量於泌乳期 1 – 4 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，乳蛋白量分別為 (0.86 ± 0.02 vs. 0.65 ± 0.03 kg/d、 0.89 ± 0.02 vs. 0.70 ± 0.02 kg/d、 0.88 ± 0.02 vs. 0.72 ± 0.02 kg/d、 0.85 ± 0.02 vs. 0.75 ± 0.03 kg/d)，其餘月份之乳蛋白量無顯著差異。推料組與未推料組的乳糖率於泌乳期 1、8、9、11 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，乳糖率分別為 (4.69 ± 0.03 vs. 4.45 ± 0.04 %、 4.71 ± 0.03 vs. 4.65 ± 0.04 %、 4.72 ± 0.03 vs. 4.64 ± 0.04 %、 4.68 ± 0.03 vs. 4.42 ± 0.06 %)，其餘月份之乳糖率無顯著差異；而推料組與未推料組的乳糖量於泌乳期 1 – 4 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，乳糖量分別為 (1.27 ± 0.04 vs. 0.79 ± 0.05 kg/d、 1.45 ± 0.03 vs. 1.08 ± 0.04 kg/d、 1.38 ± 0.03 vs. 1.12 ± 0.04 kg/d、 1.29 ± 0.03 vs. 1.10 ± 0.04 kg/d)，其餘月份之乳糖量無顯著差異。推料組與未推料組的無脂固形物率於泌乳期 1、9 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，無脂固形物率分別為 (8.59 ± 0.04 vs. 8.96 ± 0.06 %、 8.95 ± 0.04 vs. 9.13 ± 0.06 %)，其餘月份之無脂固形物率無顯著差異；而推料組與未推料組的無脂固形物量於泌乳期 1 – 4 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，無脂固形物量分別為 (2.32 ± 0.06 vs. 1.60 ± 0.08 kg/d、 2.56 ± 0.054 vs. 1.94 ± 0.07 kg/d、 2.46 ± 0.05 vs. 2.01 ± 0.07 kg/d、 2.33 ± 0.05 vs. 2.01 ± 0.08 kg/d)，其餘月份之無脂固形物量無顯著差異。推料組與未推料組的酪蛋白率於泌乳期 1、6、10 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，酪蛋白率分別為 (2.43 ± 0.03 vs. 2.86 ± 0.05 %、 2.63 ± 0.03 vs. 2.76 ± 0.04 %、 2.86 ± 0.03 vs. 3.02 ± 0.05 %)，其餘月份之酪蛋白率無顯著差異；而推料組與未推料組的酪蛋白量於泌乳期 1 – 4 月有顯著差異 ($P < 0.05$)，酪蛋白量分別為 (0.65 ± 0.02 vs. 0.49 ± 0.02 kg/d、 0.69 ± 0.01 vs. 0.53 ± 0.02 kg/d、 0.68 ± 0.01 vs. 0.56 ± 0.02 kg/d、 0.67 ± 0.01 vs. 0.58 ± 0.02 kg/d)，其餘月份之酪蛋白量無顯著差異。

牛乳脂肪酸組成分的結果顯示如表 2，夜間是否進行推料、胎次對於 SFA、PUFA 及 FFA 有顯著差異 ($P < 0.05$)，整體泌乳期可提升 PUFA 濃度約 8% 及 FFA 濃度約 13%；SFA 濃度些微降低約 5%；泌乳期及其與胎次交感因子對於 SFA、UFA、MUFA、PUFA 及 FFA 濃度有顯著差異 ($P < 0.05$)；夜間是否進行推料與胎次交感因子對於脂肪酸組成無顯著差異；夜間是否進行推料與泌乳期交感效應對於 SFA、MUFA 及 PUFA 濃度有顯著差異 ($P < 0.05$)。推料組相對於未推料組其 PUFA ($P < 0.05$) 與 FFA ($P < 0.05$) 濃度則較高。

討 論

本試驗結果顯示夜間推料組的乳量顯著高於未推料組 ($P < 0.05$)。根據葉等 (2020) 先前研究顯示使用自動推料機進行夜間推料可顯著提升泌乳牛群夜間採食時間，進一步提升整體採食時間。而 Grinter *et al.* (2019) 研究則表示，市售的動物行為監測頸圈與人為觀察的動物行為具有高度相關性，採食量與採食時間亦呈現高度相關。此外，自動推料機推料頻率造成的採食頻率改變也會進一步影響乳量，此與 Gibson (1984) 的研究結果相似，研究指出每天增加餵飼次數達 1 – 3 次，乳量隨採食量增加顯著增加。但亦有部分研究的結果卻是餵飼頻率與乳量無顯著相關 (Mäntysaari *et al.*, 2006)，該研究結果顯示每日推料 5 次確實每次都可以立即吸引牛隻採食，相較於每日只餵飼 1 次，每日只會產生 2 次明顯的採食高峰，每日餵飼 5 次的牛隻花較多時間在採食上，相對地，在躺臥的時間則比餵飼 1 次的組別少，推論過高的餵飼頻率反而因為減少牛隻休息時間而造成乳量降低。Munksgaard *et al.* (2005) 表示對牛隻來說，躺臥時間的重要性勝於增加餵飼次數提升採食量的效果。而 Mattachini *et al.* (2019) 則分為每日進行餵飼 6 次與 11 次，每日餵飼 6 次 (32.15 kg/d) 的乳量高於餵飼 11 次 (31.32 kg/d)，表示過多餵飼次數導致牛隻躺臥時間顯著減少，由於牛隻躺臥時間與乳量呈正相關，躺臥時間減少亦造成乳量減少。但本團隊先前研究發現若僅於夜間推料 5 次並不影響牛隻日常作息 (葉等, 2020)，並能提升採食與反芻時間，其中反芻行為又與牛隻休息狀態高度重疊。而於本試驗更進一步發現推料有助於提升乳量，推測牛隻乳量應與採食與反芻時間呈正相關。Shabi *et al.* (2005) 亦表示採食時間與乳量呈正相關，可藉由促進牛隻採食而提升乳量。雖然 DeVries *et al.* (2005) 認為低乳量的原因不完全是因為低乾物質採食量造成，即便藉由增加餵飼頻率也未必能達到高乾物質採食量與高乳量的結果，但是多數研究仍顯示適當餵飼次數有較長的採食時間可提升乳量。本試驗結果顯示，乳量與胎次亦有顯著交感作用，且推料組顯著高於未推料組。在 Hart *et al.* (2014) 的研究中，不同餵飼次數與乳量沒有顯著差異，但是但進一步分析經產牛

與初產牛的乳量，經產牛的乳量顯著高於初產牛，並發現不同餵飼頻率的組別，其總採食時間亦沒有差異。推測經產牛的乳量比初產牛多，其原因為初產牛採食次數較低、採食速度較慢，使得乾物質採食量比經產牛少。本試驗結果亦為經產牛的乳量高於初產牛，推料使得牛隻可以充分採食，因此在同一胎次裡，推料組與未推料組之乳量有顯著差異。本試驗推料組的 ECM 高於未推料組，分析泌乳期、ECM 與推料的關係發現，推料組與未推料組於泌乳期 1 – 5 個月的 ECM 有顯著差異，此顯示在泌乳高峰期進行推料能有效促進 ECM 增加；雖然此結果與部分前人餵飼頻率研究 (Dhiman *et al.*, 2002; Mäntysaari *et al.*, 2006; Hart *et al.*, 2014) 相反，但本試驗設計著重於夜間推料與否對於增加餵飼頻率、採食量與乳量的關係，各類型研究由於試驗設計及環境不同，結果會有所差異，影響因子包含飼養方式、試驗動物頭數、乾物質採食量測量方式、泌乳期及胎次 (Hart *et al.*, 2014)。

本試驗推料組與未推料組除了在 UFA 與 MUFA 產量無顯著差異外，其餘在乳脂肪率、乳蛋白質率、乳糖率、酪蛋白率、無脂固形物率、乳脂肪量、乳蛋白質量、乳糖量、酪蛋白量、無脂固形物量皆有顯著差異 ($P < 0.05$)，此與 Gibson (1984) 早期的研究相似，顯示提升餵飼頻率可能增加乳脂肪量、乳脂肪率及乳蛋白量，但該研究無法確知此結果是由於泌乳期或餵飼次數的效應，本試驗則證實夜間進行推料是影響乳成分的其中一個因子。Mäntysaari *et al.* (2006) 發現在試驗中每日餵飼 1 次與 5 次，其乳蛋白率、乳脂肪率、乳糖率、乳蛋白量、乳脂肪量及乳糖量皆無顯著差異；但 Shabi *et al.* (1999) 的研究顯示，比較每日餵飼 2 次及 4 次，餵飼相同的穀物下，餵飼 4 次的乳蛋白率、乳蛋白量、乳脂肪率、乳脂肪量、乳糖率及乳糖量皆較高，此結果與本試驗相似。亦有部分研究的結果卻是餵飼頻率與乳脂肪率及乳蛋白率無顯著相關 (Dhiman *et al.*, 2002; Mäntysaari *et al.*, 2006)。在 Shabi *et al.* (1999) 與 Phillips and Rind (2001) 也觀察到類似的狀況，雖然乳蛋白率增加但卻是因提高餵飼頻率而乳量減少所致，顯示乳量與乳蛋白率應有部分之負相關。Gibson (1984) 認為與其討論增加餵飼頻率，採食量提升才更能精準探討乳量及乳脂肪量的改變。一篇餵飼泌乳牛 PMR 的研究 (Paddick *et al.*, 2019) 顯示，在各組總乾物質採食量沒有顯著差異的狀況下，擠乳次數、乳量、乳脂肪量及乳蛋白量皆無顯著差異，牛隻躺臥時間及自願擠乳次數亦沒有差異。本試驗中泌乳期及胎次皆對乳脂肪量、乳蛋白質率及乳蛋白量有顯著影響。Hart *et al.* (2014) 發現泌乳月數對乳量有顯著影響，隨著泌乳月數增加乳量會逐漸下降，而乳蛋白率則逐漸提升，此部分與本試驗相似。該研究亦比較每日餵飼 1、2 及 3 次對經產牛與初產牛乳成分的影響，但結果顯示乳脂肪率與乳蛋白質率皆不受餵飼頻率與胎次影響，則與本研究相反。有研究表示不論泌乳期及胎次，反芻時間皆與乳量呈正相關，但是乳量增加則造成乳脂肪率的下降 (Kaufman *et al.*, 2017)，此與本研究觀察到的趨勢相符。

泌乳階段及泌乳牛能量平衡對於牛乳中脂肪酸組成影響甚大，並且受到飼糧、乳腺合成、瘤胃微生物氫化反應 (biohydrogenation) 及體脂肪利用等多重因子的影響 (Kay *et al.*, 2005; Stoop *et al.*, 2009; Gross *et al.*, 2011)。本試驗觀察到多數脂肪酸比例顯著受到夜間推料與否、胎次、泌乳月數及相關交感效應影響。由於牛隻在泌乳初期容易產生能量負平衡的現象，使泌乳牛動用體組成 (體脂肪及部分蛋白質) 以克服能量負平衡，體脂肪分解過程中釋放非酯化脂肪酸 (non-esterified fatty acid, NEFA) 進入血液循環後進入乳腺及肝臟中被利用；牛隻乳腺大量利用來自體組成分解後的長鏈脂肪酸亦會抑制乳腺中乙醯輔酶 A 羧化酶 (acetyl coenzyme A carboxylase) 活性，影響脂肪酸的新生作用 (de novo synthesis)，降低乳中短鏈脂肪酸產量比例 (Gross *et al.*, 2011)，因此泌乳初期乳中 SFA 較低而來自於脂肪酶分解脂肪球產生之 FFA 較高 (Palmquist *et al.*, 1993)。隨著泌乳月數增加，泌乳牛採食量及能量負平衡的狀態逐漸改善，牛隻的各類脂肪酸分布會顯著改變 (Gross *et al.*, 2011)，SFA 會隨著泌乳月數增加提高 (Vranković *et al.*, 2017)，相對降低生乳中 UFA 的比例。此外，研究顯示胎次對於牛隻能量代謝狀態亦有影響 (Piñeyrua *et al.*, 2018)，由於初產母牛體需要額外的能量需求提供身體發育，其能應用於泌乳的體蓄積較經產母牛少，使其泌乳初期乳中 FFA 產量較經產母牛更高，但經產母牛可能由於多次分娩造成體蓄積不足使得能量負平衡的時間持續較久 (Wathes *et al.*, 2007)。本研究中觀察到夜間推料組生乳中 SFA 及 FFA 比例分別較未推料組低及高，而先前研究發現牛隻在推料時會提升採食量，顯示可能由於推料組的乳量及乳成分顯著的提升仍然造成輕微的能量負平衡的狀態，未來應可進一步探討改善飼料配方或餵飼策略。而推料組 PUFA 產量顯著的較非推料組高，則可能由於夜間進行推料使得牛隻採食量增加影響瘤胃通過速率，造成瘤胃微生物氫化植物性脂肪酸不完全，使其進入小腸中並提高乳中 PUFA 產量，此效應顯示應用推料機具有可提升牛乳中有益於人類飲食及心血管健康的脂肪酸產量的潛力 (Kala *et al.*, 2018)。

結 論

本研究探討應用自動推料機於夜間進行推料 5 次對泌乳牛乳量及乳成分影響之探討，結果顯示以自動推料機進行夜間推料可顯著提升荷蘭牛的乳量及乳成分產量，並於泌乳期前 4 個月推料機組之乳脂肪量、乳蛋白質量、乳糖

量、無脂固形物量、酪蛋白量皆顯著高於未推料組。本研究認為自動推料機應用於商業牧場泌乳牛的飼養現場，加強泌乳前期推料次數，充分供應 TMR，具有乳量及乳成分產量提升的優點。未來可進一步針對應用自動推料機進行夜間推料的牛隻，探討搭配不同飼料配方及管理方法對於牛隻行為影響及乳成分濃度提升之效果，同時進行經濟效益層面之探討。

參考文獻

行政院農業委員會。2020。智慧農業計畫(109 年辦理情形)。

https://www.angrin.tlri.gov.tw/Productivity_4.0/productivity_4.0.htm。

李春芳、陳吉斌、吳奇儒、蕭宗法。2003。加強熱季夜間飼養對荷蘭乳牛泌乳性能及瘤胃消化的影響。中畜會誌 32(2)：99-110。

葉亦馨、陳怡璇、陳一明、李國華、吳明哲、涂柏安。2020。夜間應用自動推料機對荷蘭種泌乳牛採食、反芻及靜止行為之影響。中畜會誌 49(2)：167-180。

Bargo, F., L. D. Muller, J. E. Delahoy, and T. W. Cassidy. 2002. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 85: 2948-2963.

DeVries, T. J. and M. A. G. von Keyserlingk. 2005. Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88: 625-631.

DeVries, T. J., M. A. G. von Keyserlingk, and K. A. Beauchemin. 2003. Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 4079-4082.

DeVries, T. J., M. A. G. von Keyserlingk, and K. A. Beauchemin. 2005. Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88: 3553-3562.

Dhiman, T. R., M. S. Zaman, I. S. MacQueen, and R. L. Boman. 2002. Influence of corn processing and frequency of feeding on cow performance. *J. Dairy Sci.* 85: 217-226.

French, N. and J. J. Kennelly. 1990. Effects of feeding frequency on ruminal parameters, plasma insulin, milk yield, and milk composition in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 73: 1857-1863.

Gibson, J. P. 1984. The effects of frequency of feeding on milk production of dairy cattle: an analysis of published results. *Anim. Prod.* 38: 181-189.

Grant, R. J. and J. L. Albright. 2000. Feeding behaviour. Pages 365-382 in *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. J. P. F. D'Mello, ed. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK.

Grinter, L. N., M. R. Campler, and J. H. C. Costa. 2019. Technical note: validation of a behavior-monitoring collar's precision and accuracy to measure rumination, feeding, and resting time of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102: 3487-3494.

Gross, J., H. A. van Dorland, R. M. Bruckmaier, and F. J. Schwarz. 2011. Milk fatty acid profile related to energy balance in dairy cows. *J. Dairy Res.* 78: 479-488.

Hart, K. D., B. W. McBride, T. F. Duffield, and T. J. DeVries. 2014. Effect of frequency of feed delivery on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97: 1713-1724.

ICAR. 2014. International agreement of recording practices: ICAR Recording Guidelines.

Johansen, M., P. Lund, and M. R. Weisbjerg. 2018. Feed intake and milk production in dairy cows fed different grass and legume species: a meta-analysis. *Animal* 12(1): 66-75.

Kala, R., E. Samková, J. Koubová, L. Hasoňová, M. Kváč, T. Pelikánová, J. Špička, and O. Hanuš. 2018. Nutritionally desirable fatty acids including CLA of cow's milk fat explained by animal and feed factors. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendelianae Brun.* 66: 69-76.

Kay, J. K., W. J. Weber, C. E. Moore, D. E. Bauman, L. B. Hansen, H. Chester-Jones, B. A. Crooker, and L. H. Baumgard. 2005. Effects of week of lactation and genetic selection for milk yield on milk fatty acid composition in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88: 3886-3893.

Kaufman, E. I., V. H. Asselstine, S. J. LeBlanc, T. F. Duffield, and T. J. DeVries. 2017. Association of rumination time and health status with milk yield and composition in early-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101: 1-10.

King, M. T. M., R. E. Crossley, and T. J. DeVries. 2016. Impact of timing of feed delivery on the behavior and productivity

- of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99: 1471-1482.
- Le Liboux, S. and J. L. Peyraud. 1999. Effect of forage particle size and feeding frequency on fermentation patterns and sites and extent of digestion in dairy cows fed mixed diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 76: 297-319.
- Mäntysaari, P., H. Khalili, and J. Sariola. 2006. Effect of feeding frequency of a total mixed ration on the performance of high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: 4312-4320.
- Mattachini, G., J. Pompe, A. Finzi, E. Tullo, E. Riva, and G. Provolo. 2019. Effects of feeding frequency on the lying behavior of dairy cows in a loose housing with automatic feeding and milking system. *Animals* 9: 121.
- Miller-Cushon, E. K. and T. J. DeVries. 2017. Short communication: Associations between feed push-up frequency, feeding and lying behavior, and milk yield and composition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100: 2213-2218.
- Munksgaard, L., M. G. Jensen, L. J. Pedersen, S. W. Hansen, and L. Mathews. 2005. Quantifying behavioural priorities- Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92: 3-14.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. The National Academies Press, Washington, DC.
- Paddick, K. S., T. J. DeVries, K. Schwartzkopf-Genswein, M. A. Steele, M. E. Walpole, and G. B. Penner. 2019. Effect of the amount of concentrate offered in an automated milking system on dry matter intake, milk yield, milk composition, ruminal digestion, and behavior of primiparous Holstein cows fed isocaloric diets. *J. Dairy Sci.* 102: 2173-2187.
- Palmquist, D. L., A. D. Beaulieu, and D. M. Barbano. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76: 1753-1771.
- Phillips, C. J. C. and M. I. Rind. 2001. The effects of frequency of feeding a total mixed ration on the production and behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84: 1979-1987.
- Piñeyrúa, J. T. M., S. R. Fariña, and A. Mendoza. 2018. Effects of parity on productive, reproductive, metabolic and hormonal responses of Holstein cows. *Anim. Reprod. Sci.* 191: 9-21.
- Shabi, Z., I. Bruckental, S. Zamwell, H. Tagari, and A. Arieli. 1999. Effects of extrusion of grain and feeding frequency on rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1252-1260.
- Shabi, Z., M. R. Murphy, and U. Moallem. 2005. Within-day feeding behavior of lactating dairy cows measured using a real-time control system. *J. Dairy Sci.* 88: 1848-1854.
- Stoop, W. M., H. Bovenhuis, J. M. L. Heck, and J. A. M. van Arendonk. 2009. Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 92: 1469-1478.
- Tyrrell, H. F. and J. T. Reid. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.* 48: 1215-1223.
- Vranković, L., J. Aladrović, D. Octenjak, D. Bijelić, L. Cvetnić, and Z. Stojević. 2017. Milk fatty acid composition as an indicator of energy status in Holstein dairy cows. *Arch. Anim. Breed.* 60: 205-212.
- Wathes, D. C., D. R. E. Abayasekara, and R. J. Aitken. 2007. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. *Biol. Reprod.* 77: 190-201.
- Watters, M. E. A., K. M. Meijer, H. W. Barkema, K. E. Leslie, M. A. G. von Keyserlingk, and T. J. Devries. 2013. Associations of herd- and cow-level factors, cow lying behavior, and risk of elevated somatic cell count in free-stall housed lactating dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 111: 245-255.

Effect of feed push-up during nighttime hours using automated feed pusher on milk yield and milk components of Holstein cows ⁽¹⁾

Yi-Hsin Yeh ⁽²⁾ Hsiao-Han Liao ⁽²⁾ Yi-Hsuan Chen ⁽²⁾ Yi-Ming Chen ⁽²⁾
Tsung-Yi Lin ⁽²⁾ and Po-An Tu ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Jun. 8, 2021; Accepted: Dec. 28, 2021

Abstract

Poor feed ingestion during summer daytime can be improved by feed push-ups using an automated feed pusher at nighttime. This could stabilize the feeding management, compared with the conventional manual push-ups. In this study, we aimed to assess the effects of feed push-up during nighttime hours using an automated feed pusher on milk yield and milk components of dairy cattle. Lactating Holstein cows were housed in semi-open free stalls and fed with total mixed ration (TMR). Parity and lactating records were also collected. The feed push-up during nighttime hours significantly increased milk yield (overall 16%), energy corrected milk (ECM) (overall 10%), milk fat yield (overall 9%), lactoprotein (8%), lactose yield (overall 16%), lactose concentration (overall 1%), casein yield (overall 8%), solid-not-fat (SNF) yield (overall 13%), polyunsaturated fatty acid (PUFA) concentration (overall 8%), and free fatty acid (FFA) concentration (overall 13%). However, we also observed minor decrease in milk fat concentration (overall 4%), milk protein (overall 4%), casein concentration (overall 4%), SNF concentration (overall 1%), and saturated fatty acid concentration (overall 5%) using automated feed pusher in nighttime. We believe that an automated feed pusher is beneficial for commercial dairy farms, with the advantage of improving milk yield and milk quality.

Key words: Nighttime feed push-up, Automated feed pusher, Milk yield, Milk component.

(1) Contribution No. 2687 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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