

# 不同擠乳系統對荷蘭種泌乳牛群之產乳量 及乳成分影響調查<sup>(1)</sup>

王思涵<sup>(2)(4)</sup> 廖曉涵<sup>(2)</sup> 林宗毅<sup>(3)</sup> 蕭振文<sup>(2)</sup>

收件日期：111 年 8 月 24 日；接受日期：111 年 11 月 15 日

## 摘 要

本調查旨在探討使用機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛群的產乳量、乳成分及乳脂肪酸組成差異。結果顯示，使用機器人擠乳系統牛群之泌乳天數 100 天內之產乳量（平均 35.96 公斤 / 日）顯著較使用傳統擠乳系統牛群高（平均 31.74 公斤 / 日）（ $P < 0.05$ ）但對其餘乳成分與乳脂肪酸含量則無影響。使用機器人擠乳系統牛群的乳中游離脂肪酸含量為 1.16 mmol/100 g milk fat，有較使用傳統擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量為 1.04 mmol/100 g milk fat 高的趨勢（ $P = 0.06$ ）。機器人與傳統擠乳系統會顯著影響牛群泌乳早期產乳量（ $P < 0.05$ ），但不影響泌乳中期及晚期牛群之產乳量與乳成分。不同擠乳系統對於相同胎次牛群之產乳量及乳脂肪並無顯著影響，惟兩組第 3 胎次牛群產乳量皆最高。無論使用何種擠乳系統牛群產乳量變化隨著氣溫逐漸升高而有下降趨勢，乳成分則反之。總而言之，牛群使用不同擠乳系統可能會因為擠乳次數不同造成平均產乳量增加，但僅在泌乳早期時有顯著差異。而使用不同擠乳系統牛群乳中蛋白質含量有顯著差異，牛群使用不同擠乳系統時可能需要特別注意泌乳早期飼糧與產乳高峰能量需求之平衡，以減少因計價乳成分偏低造成收益損失。本報告初步探究乳牛場同時使用機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛群產乳量、乳成分及乳脂肪酸組成之影響，期進一步制定可能之飼養管理策略。

關鍵詞：擠乳系統、產乳量、乳成分。

## 緒 言

乳牛場經營管理過程中的擠乳作業約占牧場總勞動人力的 25 – 35%，機器人擠乳系統 (automatic milking systems, AMS) 起源於 80 年代的歐洲，是勞動人力成本逐漸增加所發展出替代人力的產物 (Lind *et al.*, 2000)。而機器人擠乳系統最吸引人的部分為藉此讓酪農不被每日固定的擠乳時間所限制 (Jensen, 2004)，透過機器人擠乳系統約可節省乳牛場 18% 之勞動人力成本，且相較於傳統擠乳系統 (conventional milking parlor, CMP) 可增加 2 – 8% 產乳量 (Svennersten Sjaunja and Pettersson, 2008)。為紓解國內乳牛產業缺工壓力、翻轉或升級乳牛產業經營技術、提高經營業者生活品質、改進乳牛場作業環境與穩定勞動條件、以及確保國產生乳之穩定供應，行政院農業委員會啟動「乳牛產業生產力 4.0 示範場領航計畫」，已將智慧機器人應用導入乳牛場五大動線 (吳, 2016)。民國 106 年起國內陸續導入荷蘭製、瑞典製、美國製等機器人擠乳系統於乳牛場，每組機器人擠乳系統可進行 60 – 70 頭泌乳牛之擠乳作業，截至 110 年底已有三種機器人擠乳系統品牌進入國內市場，分別為美國 BouMatic、荷蘭 Lely 及瑞典 Delaval，11 戶乳牛場計使用 18 組機器人擠乳系統。如何因應擠乳次數增加，調整牛群飼糧濃度或給飼方式等仍以國外使用經驗作為參考基礎，針對國內乳牛場使用機器人擠乳系統後之產乳量及乳成分長期研究目前仍缺乏。使用機器人擠乳系統最常被提及的缺點包括初期的巨額投資、乳成分可能因此受到影響 (Rasmussen *et al.*, 2002) 及增加擠乳次數導致乳中游離脂肪酸含量增加，對牛乳風味或乾酪製作過程造成影響等則是使用機器人擠乳系統潛在的負面影響 (Wiking *et al.*, 2006)。換言之，乳製品在市場上的價值與其富含的營養物質有關，而生乳計價標準多半由乳脂肪與乳蛋白質的含量所決定。在以奶油或乾酪等乳製品消費為主的國家，生乳品質評估除依據乳脂肪含量、乳蛋白質含量、牛乳凝結度及酸度等，掌控使用機器人擠乳系統牛群產乳量與乳成分間的變化，才能將此設備帶來之效

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2726 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主任秘書室。

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

益確實展現。乳脂肪酸的組成已被認為是影響乳製品品質的關鍵之一 (Gengler *et al.*, 2016)，隨著傅立葉紅外線光譜法 (fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR) 分析技術的進步，生乳中較複雜且非例行性檢測之成分分析方法已於各乳品檢驗室中被應用，包括特定短、中、長鏈脂肪酸或乳鐵蛋白含量等。因此，乳成分變化不僅代表牛乳品質，更可以作為評估牛隻健康狀況之依據。本試驗藉由比較機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛群產乳量、乳成分及乳脂肪酸組成之影響，期初步探討乳牛場同時使用兩種不同擠乳系統對牛群性能表現之差異，未來將進一步長時間追蹤國內乳牛場同步使用機器人與傳統擠乳系統之牛群管理並深入評估可能對應之營養策略。

## 材料與方法

### I. 試驗動物飼養管理與資料收集

本試驗使用 50 頭荷蘭種泌乳牛飼養於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)，泌乳牛飼糧依據 NRC (2001) 乳牛營養標準配製之完全混合日糧 (total mix ration, TMR)，組成包含百慕達草、苜蓿乾草、大豆殼粒、玉米青貯與以玉米和大豆粕為主之精料，每日配製並餵飼兩次，分別於上午 5:00 配製 1/3 量並餵飼及下午 2:30 配製 2/3 量並餵飼。另以自動給水槽供應乾淨飲水及礦鹽任食。機器人與傳統擠乳系統牛群使用之飼糧組成及飼養管理方式皆相同，唯機器人擠乳系統牛群會於擠乳過程中依據其泌乳天數及日平均產乳量額外補充精料，依據泌乳天數補充精料設定邏輯如下：1 – 14 天補充 1 公斤精料；14 – 60 天補充 2 公斤精料；61 – 200 天補充 2 – 4 公斤精料；201 天以上補充 2 公斤精料。依據日平均乳量補充精料設定邏輯如下：26 公斤以下補充 2 公斤精料；26 – 28 公斤補充 2 – 4 公斤精料；28 公斤以上補充 4 公斤精料。試驗過程中使用之擠乳系統分為 Lely A5 機器人擠乳系統及 2\*6 魚骨式傳統擠乳系統，資料收集期間使用機器人擠乳系統之牛群每日平均擠乳次數為 2.5 次；使用傳統擠乳系統牛群擠乳次數則為 2 次。

資料來源為新竹分所乳牛群性能改良計畫 (dairy herd improvement, DHI) 資料庫，收集期間為 2021 年 7 月至 2022 年 6 月，除自牛隻分娩後 21 天開始進行資料收集外，個別牛隻具有連續 8 個月之測乳數據始納入統計分析，資料收集期間起訖使用機器人擠乳系統及傳統擠乳系統之牛群每月頭數介於 17 – 26 頭及 11 – 25 頭間，平均頭數分為 21 頭及 16 頭，總計 457 筆 DHI 乳樣分析及產乳量紀錄，其中使用機器人擠乳及傳統擠乳系統牛群資料數分別為 264 筆及 193 筆。

### II. 乳成分檢測方法

- (i) 生乳成分分析儀器：使用丹麥 FOSS 公司 MilkoScan™ FT+ 及 Fossomatic™ FC 進行生乳成分分析，項目包含乳脂肪、乳粗蛋白質、乳真蛋白質、乳糖、酪蛋白、無脂固形物、尿素氮、檸檬酸及乳脂肪酸組成等。並安裝 Fatty Acid Origin 脂肪酸分析模組進行乳脂肪酸分析。
- (ii) Fatty Acid Origin 脂肪酸分析模組原廠建立方法：全光譜乳脂肪酸分析模組使用氣相層析法 (Gas chromatography, GC) 分析之乳脂肪酸數值為建立基礎並驗證，且樣品製備與分析方式以 ISO15885 | IDF 184:2002 為依據。生乳樣品來自於法國及美國數州，且以總乳或個別牛乳為主，以符合乳品質檢驗室常規樣品來源。使用 MilkoScan™ 7 RM, MilkoScan™ FT+ 及 MilkoScan FT 6000 三款機型同時進行乳脂肪酸分析。新合成型 (De novo)、混合型 (Mixed) 及預製型 (Preformed) 脂肪酸預測模組的建立皆分別使用 169 組總乳樣品及 388 組個別牛乳樣品 (Schwarz, 2018; Schwarz *et al.*, 2018)。
- (iii) Fatty Acid Origin 乳脂肪酸分析模組原廠定義：新合成型脂肪酸涵蓋範圍為 C4:0、C6:0、C8:0、C10:0、C12:0、C14:0 及 C14:1 脂肪酸；混合型脂肪酸涵蓋範圍為 C16:0 及 C16:1 脂肪酸；預製型脂肪酸涵蓋範圍為 C15:0、C17:0、C18:0、C18:1、C18:2、C18:3、C20:0、C20:2、C22:0 及 C24:0 脂肪酸。

### III. 試驗資料分類

除將試驗期間使用機器人與傳統擠乳系統之牛群資料進行數據統計與差異顯著性分析外，同時將使用機器人與傳統擠乳系統之牛群資料依據泌乳天數及胎次進行分類，泌乳天數依序分成泌乳早期 (< 100 天)、泌乳中期 (100 – 250 天)、泌乳後期 (> 250 天)；胎次依序分為 1、2、3、4 及 ≥ 5 胎次。以進行相同泌乳天數範圍及相同胎次牛群使用機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛產乳量及乳成分之比較。使用機器人擠乳系統之牛群泌乳早期、中期及後期之平均泌乳天數、最大與最小泌乳天數依序為 63、98 及 23 天；171、255 及 100 天；291、373 及 251 天。使用傳統擠乳系統之牛群泌乳早期、中期及後期之平均泌乳天數、最大與最小泌乳天數依序為 57、96 及 24 天；184、248 及 101 天；304、403 及 252 天。

### IV. 統計分析

試驗收集所得數值資料，以統計分析軟體 (SAS, 2002) 計算使用不同擠乳系統牛群之產乳量及乳成分平均數，並利用單因子變異數分析 (ANOVA) 比較組間的平均數差異，用  $\text{mean} \pm \text{SD}$  表示，以  $\alpha = 0.05$  為檢定顯著水準。

## 結果與討論

De Koning (2010) 報告指出，使用機器人擠乳系統牛群平均每日之擠乳次數落在 2.5 次至 3 次，但各乳牛場間的差異很大。連續追蹤兩年使用機器人擠乳系統的乳牛場發現約有 10% 的牛群擠乳次數維持在 2 次或低於 2 次，這反而會造成產乳量的損失。機器人擠乳系統可藉由設定主動避免擠乳間隔過短的情況發生，卻僅能被動提醒擠乳間隔過長牛群。本試驗結果使用機器人與傳統擠乳系統之日平均產乳量分別為 33.67 及 25.73 公斤如表 1 所示，但兩者間未達顯著差異。增加牛群每日擠乳次數促進乳汁分泌是使用機器人擠乳系統牛群產乳量提升之主要原因，產乳量增加的幅度介於 6 – 28% (Hillerton *et al.* 1990; Klei *et al.* 1997; Stelwagen 2001; Løvendahl and Chagunda 2011)。本試驗使用機器人擠乳系統牛群，日平均產乳量增加的幅度較上述試驗幅度高，可能是新竹分所為避免牛群擠乳間距過長，使用機器人擠乳系統牛隻若被系統通知擠乳間距過長，即輔以人力趕至擠乳，因此試驗資料收集期間，使用機器人擠乳系統牛群的平均擠乳次數最高達 3.1 次所致。

表 1. 機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日產乳量及乳成分之影響

Table 1. Effect of automatic and conventional milking system for milk yield and milk composition of Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording<sup>1</sup>

Item	Milking system		P-value
	AMS <sup>2</sup> (n <sup>3</sup> = 264)	CMP (n = 193)	
Milk yield, kg/d	33.67 ± 7.63	25.73 ± 7.36	0.44
	Milk composition		
Fat, %	3.52 ± 0.98	3.89 ± 0.89	0.68
Crude protein, %	3.25 ± 0.39	3.43 ± 0.44	< 0.05
True protein, %	3.06 ± 0.38	3.23 ± 0.42	< 0.05
Lactose, %	4.91 ± 0.33	4.78 ± 0.26	0.15
Casein, %	2.52 ± 0.34	2.64 ± 0.36	< 0.05
Solid not-fat, %	8.80 ± 0.57	8.87 ± 0.45	0.31
Urea nitrogen, mg/dL	14.65 ± 2.63	13.80 ± 2.34	0.76
Citric acid, mg/dL	150.86 ± 21.99	147.83 ± 26.07	0.09

Mean ± standard deviation.

<sup>1</sup> Data were collected from DHI database from July 2021 to June 2022.

<sup>2</sup> AMS = automatic milking system; CMP = conventional milking parlor.

<sup>3</sup> n = number of data collected.

使用機器人擠乳系統牛群之平均乳脂肪、乳粗蛋白質、乳真蛋白質、乳糖、酪蛋白、無脂固形物、尿素氮及檸檬酸含量分別為 3.52%、3.25%、3.06%、4.91%、2.52%、8.80%、14.65 mg/dL 及 150.86 mg/dL；使用傳統擠乳系統牛群之平均乳脂肪、乳粗蛋白質、乳真蛋白質、乳糖、酪蛋白、無脂固形物、尿素氮及檸檬酸含量分別為 3.89%、3.43%、3.23%、4.78%、2.64%、8.87%、13.80 mg/dL 及 147.83 mg/dL (表 1)。其中，使用不同擠乳系統牛群泌乳全期之平均乳粗蛋白質、乳真蛋白質及酪蛋白率間具有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，其餘乳成分則無。2020 年收集位於臺南之商業乳牛場使用機器人與傳統擠乳系統各 9 頭荷蘭種泌乳牛群資料結果顯示，不同擠乳系統對於乳成分並無顯著影響，唯使用機器人擠乳系統牛群乳中脂肪、蛋白質、無脂固形物、酪蛋白含量有低於使用傳統擠乳系統牛群之趨勢；而尿素氮及檸檬酸含量則呈現相反趨勢 (Tu *et al.*, 2022)。本試驗結果與上述內容相似，說明國內單一乳牛場使用兩種不同擠乳系統對於牛群乳成分的影響可能相仿。但實際上，單一乳牛場使用兩種不同擠乳系統時，牛群可能會在兩種系統間來回，要釐清究竟是飼糧或擠乳頻率造成乳成分的差異，仍需要長時間收集資料或進行分組試驗。

不同擠乳系統對泌乳脂肪酸組成變化結果如表 2 所示，使用機器人擠乳系統牛群乳中總飽和脂肪酸、總不飽和脂肪酸、新合成型脂肪酸、混合型脂肪酸、預製型脂肪酸、C16:0 脂肪酸、C18:0 脂肪酸、C18:1 脂肪酸、反式脂肪酸及游離脂肪酸含量分別為 2.36、0.89、0.90、1.21、1.17、1.18、0.35、0.74、0.08 及 1.16%；使用傳統擠乳系統牛群乳中總飽和脂肪酸、總不飽和脂肪酸、新合成型脂肪酸、混合型脂肪酸、預製型脂肪酸、C16:0 脂肪酸、C18:0 脂肪酸、C18:1 脂肪酸、反式脂肪酸及游離脂肪酸含量分別為 2.59、1.08、0.92、1.28、1.40、1.26、0.39、0.90、0.10 及 1.04%，使用不同擠乳系統對牛群乳中脂肪酸組成的影響並無顯著差異。

表 2. 機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日乳脂肪酸組成之影響

Table 2. Effect of automatic and conventional milking system for milk fatty acid component of Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording<sup>1</sup>

Item	Milking system		P-value
	AMS2 (n <sup>3</sup> = 264)	CMP (n = 193)	
Total saturated fatty acid, %	2.36 ± 0.77	2.59 ± 0.69	0.50
Total unsaturated fatty acid, %	0.89 ± 0.30	1.08 ± 0.34	0.15
De novo fatty acid 4, %	0.90 ± 0.28	0.92 ± 0.24	0.51
Mixed fatty acid, %	1.21 ± 0.34	1.28 ± 0.31	0.63
Preformed fatty acid, %	1.17 ± 0.36	1.40 ± 0.43	0.06
C16:0, %	1.18 ± 0.33	1.26 ± 0.32	0.83
C18:0, %	0.35 ± 0.11	0.39 ± 0.12	0.14
C18:1, %	0.74 ± 0.23	0.90 ± 0.29	0.07
Trans fatty acid, %	0.08 ± 0.05	0.10 ± 0.05	0.81
FFA, mmol/100g milk fat	1.16 ± 0.61	1.04 ± 0.59	0.06

Mean ± standard deviation.

<sup>1</sup> Data were collected from the DHI database from July 2021 to June 2022.

<sup>2</sup> AMS = automatic milking system; CM P= conventional milking parlor.

<sup>3</sup> n = number of data collected.

<sup>4</sup> De novo fatty acid (C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 and C14:1), Mixed fatty acid (C16 and C16:1), Preformed fatty acid (C15:0, C17:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:2, C 22:0 and C24:0).

但是，使用機器人擠乳系統牛群的乳中游離脂肪酸含量為 1.16 mmol/100 g milk fat，有較使用傳統擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量為 1.04 mmol/100 g milk fat 高的趨勢 (P = 0.06)。此結果與 Tu *et al.* (2022) 報告結果一致，使用機器人擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量 (2.72 mmol/100 g milk fat) 有高於傳統擠乳系統 (1.57 mmol/100 g milk fat) 之趨勢相近。使用機器人擠乳系統牛群的乳中 C16:0 脂肪酸及游離脂肪酸含量會顯著高於使用傳統擠乳系統的牛群 (De Marchi *et al.*, 2017)。本試驗與上述試驗在游離脂肪酸之結果相似，但本試驗並未觀察到使用機器人擠乳系統牛群乳中 C16:0 含量較傳統擠乳系統牛群高。使用機器人擠乳系統會對牛之乳成分產生不同層度的影響，機器人擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量普遍較傳統擠乳系統高的現象，可藉由擠乳單位內加裝冷卻交換器或儘量減少生乳運輸至乳桶間之距離獲得改善 (Wiking and Nielsen, 2007)。脂蛋白酶是生乳中主要的脂肪分解酶，其分解的產物為游離脂肪酸。脂蛋白酶由乳腺產生會參與乳汁的合成，是個相對熱不穩定的酵素。乳中脂肪分解包含自發性和誘導性兩種因素，自發的脂肪分解例如：擠奶頻率、乳房健康和泌乳階段；誘導的脂肪分解例如：均質化、輸送和溫度變化 (Wiking and Nielsen, 2007)，擠乳頻率增加會誘導脂蛋白酶作用。增加擠乳次數會影響乳脂脂肪酸組成，因為擠乳次數會影響乙醯輔酶 A 羧化酶 (acetyl-CoA carboxylase) 及脂肪酸合成酶 (FA synthetase) 之作用所致 (Svennersten-Sjaunja *et al.*, 2002)。機器人擠乳系統使用之進氣管較傳統擠乳系統寬約 3 – 4 倍，擠乳過程進氣量差異導致解脂作用發生，使得乳中游離脂肪酸含量增加。使用機器人擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量較傳統擠乳系統牛群高與產乳量增加有關，特別是泌乳高峰期。Rasmussen *et al.* (2002) 分析 55 個生乳中游離脂肪酸含量較高的乳牛場擠乳系統結果顯示，其中 31 個使用傳統擠乳系統的乳牛場，最常見故障問題為擠乳管線漏氣約占 71%、擠乳套杯過程中吸入過多空氣占 61%、貯乳桶攪拌器故障占 29%；另外 24 個使用機器人擠乳系統的乳牛場，常見故障問題則為貯乳桶存乳量過低導致低溫不穩定現象占 79%、擠乳幫浦異常占 67% 及貯乳桶攪拌異常占 58%。機器

人擠乳系統是 24 小時不間斷運作，無法利用肉眼觀察整個擠乳流程，且不同牛隻對於機器人擠乳系統的接受度會直接影響乳牛的擠乳次數，不同擠乳系統是造成牛群產乳量及乳品質差異重要因素之一。

表 2 結果可看出使用機器人擠乳系統牛群的乳中各脂肪酸含量與傳統擠乳系統牛群乳中含量之差異，這結果與表 1 乳脂肪含量的結果一致。乳腺合成乳脂肪主要分成兩個部分，乳腺上皮細胞會利用瘤胃微生物分解部分纖維及澱粉所產生乙酸，合成短鏈及中鏈脂肪酸 (C4 - 14 及部分 C16)；或利用體循環中的脂肪酸合成長鏈脂肪酸 ( $\geq$  C18)，正常狀況下這兩種來源合成之脂肪酸比例約各為 50%，但當牛隻因飼糧改變、瘤胃發酵狀況不佳甚至疾病發生，則瘤胃乙酸來源之脂肪酸合成量 (新合成型脂肪酸) 則會減少。乳牛之泌乳階段與能量平衡狀況為影響乳脂肪組成變化及脂肪酸代謝路徑之主要因素 (Stoop *et al.*, 2009)。爰此，使用機器人擠乳系統牛群的乳脂肪較使用傳統擠乳機器人牛群低，與個別牛隻擠乳時間或次數不同，但 TMR 給飼時間仍維持每日上下午各一次，無法滿足個別牛隻採食條件仍需要進一步研究才能釐清原因。

比較機器人與傳統擠乳系統於相同泌乳階段泌乳牛的產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質差異如表 3 所示，使用機器人與傳統擠乳系統牛群泌乳早期產乳量分別為 35.96 及 31.74 公斤 ( $P < 0.05$ )，而乳脂肪及乳真蛋白質間並無顯著差異。使用機器人與傳統擠乳系統牛群於泌乳中期之產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質含量分別為 34.31 公斤、3.59% 及 3.07%；傳統擠乳系統牛群則分別為 25.89 公斤、3.79% 及 3.24%。使用機器人與傳統擠乳系統牛群於泌乳晚期之產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質含量分別為 27.75 公斤、3.84% 及 3.35%；傳統擠乳系統牛群則分別為 22.23 公斤、4.10% 及 3.46%。不同擠乳系統對於牛群於泌乳中期及晚期之產乳量、乳脂肪及乳蛋白質含量無顯著影響。牛群於分娩後 8 - 12 週會達到泌乳高峰，之後產乳量隨泌乳天數增加而下降 (宋, 2006)。無論牛群使用何種擠乳系統，泌乳高峰均落在泌乳早期，使用機器人擠乳系統牛群，於泌乳早期產乳量最大值及最小值分別為 55.2 公斤及 18.9 公斤；使用傳統擠乳系統牛群，於泌乳早期產乳量最大值及最小值分別為 48.9 公斤及 10.6 公斤。De Marchi *et al.* (2017) 研究報告指出，使用機器人擠乳系統牛群的產乳量在泌乳  $\leq 35$ 、50、80、110、140、170 及 230 天期間顯著高於使用傳統擠乳系統牛群 ( $P < 0.05$ )。Svennersten-Sjaunja and Pettersson (2008) 報告指出，擠乳系統會影響牛群不同泌乳階段之產乳量，尤其是泌乳天數介於 91 天至 180 天間的產乳量。本試驗使用不同擠乳系統牛群於分娩後之 100 天內產乳量間有顯著差異與上述試驗結果一致，不同擠乳系統對於牛群產乳量之影響以泌乳早期為主。不同擠乳系統對於牛群泌乳早期乳脂肪未有顯著影響，但使用機器人擠乳系統牛群乳脂肪 3.19%，相較於使用傳統擠乳系統牛群乳脂肪 3.78% 低許多。試驗期間泌乳牛飼糧依據 NRC (2001) 乳牛營養標準配製 TMR，以日產乳量 35 公斤作為配方調製基礎，另考量牛群泌乳天數及日平均產乳量同時於機器人擠乳系統中額外補充精料，此飼糧調製策略是否造成泌乳高峰產乳量高於 35 kg 的牛群營養攝取不足，導致牛群於泌乳高峰期的乳脂肪變化幅度過大，須進一步收集更多資料並探討。

表 3. 機器人與傳統擠乳系統對相同泌乳階段臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質之影響  
Table 3. Effect of automatic and conventional milking system for milk yield, milk fat and milk true protein of different days in milk Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording<sup>1</sup>

DIM <sup>4</sup>	Milking system							
	AMS <sup>2</sup> (n = 264)				CMP (n = 193)			
	n <sup>3</sup>	Milk yield, kg/d	Fat, %	True protein, %	n	Milk yield, kg/d	Fat, %	True protein, %
< 100	73	35.96 $\pm$ 8.34*	3.19 $\pm$ 0.89	2.87 $\pm$ 0.33	39	31.74 $\pm$ 6.83	3.78 $\pm$ 0.82	2.78 $\pm$ 0.28
100 - 250	147	34.31 $\pm$ 6.42	3.59 $\pm$ 1.01	3.07 $\pm$ 0.34	83	25.89 $\pm$ 0.76	3.79 $\pm$ 0.75	3.24 $\pm$ 0.34
> 250	44	27.75 $\pm$ 7.32	3.84 $\pm$ 0.84	3.35 $\pm$ 0.39	71	22.23 $\pm$ 5.83	4.10 $\pm$ 1.03	3.46 $\pm$ 0.38

Mean  $\pm$  standard deviation.

\*  $P < 0.05$ ; significantly different between milking systems.

<sup>1</sup> Data were collected from the DHI database from July 2021 to June 2022.

<sup>2</sup> AMS = automatic milking system; CMP = conventional milking parlor.

<sup>3</sup> n = number of data collected.

<sup>4</sup> DIM = days in milk.

使用機器人擠乳系統牛群的乳蛋白質在泌乳  $\leq 35$  及  $\geq 350$  天期間顯著高於使用傳統擠乳系統牛群 ( $P < 0.05$ )，但其餘泌乳天數包括 50、80、110、140、170、200、230、260、290 及 328 天期間皆無顯著差異，爰此整個泌乳期而言，不同擠乳系統並不會影響牛隻乳中蛋白質的含量 (De Marchi *et al.*, 2017)。本試驗將牛群資料依據泌乳天數區

分成泌乳早期 (< 100 天)、泌乳中期 (100 – 250 天)、泌乳後期 (> 250 天)，結果顯示各泌乳階段牛群之乳真蛋白質間並無顯著差異，牛群泌乳期乳真蛋白質變化趨勢與產乳量相反，此結果與 De Marchi *et al.* (2017) 一致。另外，Løvendahl and Chagunda (2011) 試驗結果提及擠乳次數與泌乳期 5、50、110、215 及 305 天之乳脂肪及乳蛋白質率呈現負相關，相關係數介於 -0.12 至 -0.25。

使用機器人與傳統擠乳系統牛群在相同胎次時的產乳量及乳脂肪如表 4 所示，使用機器人與傳統擠乳系統牛群於第 1 胎次、第 2 胎次、第 3 胎次、第 4 胎次及第五胎次及以上時的產乳量依序為 30.56 vs. 25.14、35.37 vs. 26.46、41.19 vs. 32.39、32.22 vs. 23.56 及 24.15 vs. 22.42 公斤。De Marchi *et al.* (2017) 進行 4 個使用機器人擠乳系統乳牛場及 4 個使用傳統擠乳系統乳牛場連續三年之資料收集，結果發現使用機器人與傳統擠乳系統牛群於第 1 胎次、第 2 胎次、第 3 胎次、第 4 胎次及第 5 胎次及以上時的產乳量依序為 27.8 vs. 27.4、30.3 vs. 29.7、32.4 vs. 31.3、31.3 vs. 30.9 及 31.7 vs. 29.1 公斤，無論是機器人或傳統擠乳系統牛群於第 3 胎次及第 5 胎次及以上的產乳量顯著高於其他胎次 ( $P < 0.05$ )。本試驗各胎次牛群產乳量數值與上述試驗相似，兩種擠乳系統皆以第 3 胎次的產乳量最高，且使用機器人擠乳系統牛群各胎次產乳量皆高於使用傳統擠乳系統牛群，但各數值間未達顯著差異，可能與本試驗僅進行單一乳牛場資料統計分析有關。再者，使用機器人與傳統擠乳系統牛群於第 1 胎次、第 2 胎次、第 3 胎次及第 4 胎次時的乳脂肪則依序為 3.42 vs. 3.86、3.54 vs. 3.78、3.77 vs. 3.81、3.91 vs. 3.82 及 3.73 vs. 4.38%。依據本試驗資料收集期間，不同擠乳系統對於相同胎次牛群之產乳量及乳脂肪並無顯著影響。

表 4. 機器人與傳統擠乳系統對相同胎次臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日產乳量及乳脂肪之影響

Table 4. Effect of automatic and conventional milking system for milk yield and milk fat of the same parity Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording<sup>1</sup>

Parity	Milking system			
	AMS <sup>2</sup> (n <sup>3</sup> = 264)		CMP (n = 193)	
	Milk yield, kg/d	Fat, %	Milk yield, kg/d	Fat, %
1	30.56 ± 5.54 (n = 134)	3.42 ± 1.01	25.14 ± 5.75 (n = 75)	3.86 ± 0.58
2	35.37 ± 7.80 (n = 81)	3.54 ± 0.84	26.46 ± 8.16 (n = 40)	3.78 ± 0.72
3	41.19 ± 6.92 (n = 41)	3.77 ± 1.16	32.39 ± 9.10 (n = 24)	3.81 ± 1.11
4	32.22 ± 8.33 (n = 6)	3.91 ± 0.41	23.56 ± 5.43 (n = 29)	3.82 ± 1.32
≥ 5	24.15 ± 7.42 (n = 2)	3.73 ± 0.14	22.42 ± 6.80 (n = 25)	4.38 ± 0.95

Mean ± standard deviation.

<sup>1</sup> Data were collected from the DHI database from July 2021 to June 2022.

<sup>2</sup> AMS = automatic milking system; CMP = conventional milking parlor.

<sup>3</sup> n = number of data collected.

不同擠乳系統牛群於試驗資料收集期間各月份產乳量、乳粗蛋白、乳真蛋白及乳脂肪含量如圖 1 至圖 4 所示，整體而言使用兩種擠乳系統牛群產乳量隨著氣溫逐漸升高而有下降趨勢一致，10 月時使用機器人與傳統擠乳系統牛群之日平均產乳量分別為 26.59 及 20.90 公斤，明顯低於其他月份牛群日平均產乳量，主要與新竹分所歷年牛群於 10 月接近泌乳末期及分娩月份集中於年底有關。2021 年 7 月至 9 月及 10 月至 12 月使用機器人擠乳系統牛群平均擠乳次數分別為 2.5 次及 2.7 次，平均產乳量下降約 7%，說明熱季確實會造成牛群擠乳次數減少進而影響產乳量。乳成分包含乳粗蛋白、乳真蛋白及乳脂肪含量在各月份之變化與產乳量變化相反。Speroni *et al.* (2006) 研究結果指出，5 月至 11 月之平均溫度與溫溼度指數 (temperature-humidity index, THI) 分別為 28°C 與 76.5，熱季對於使用機器人與傳統擠乳系統牛群之產乳量皆有負面影響，產乳量每日分別約減少 4.5 ± 0.6 與 3.0 ± 0.8 公斤。其中，初產牛於熱季時擠乳次數每日約減少 0.3 ± 0.1 次。因此，熱季時應特別注意牛群擠乳次數，並適度採取舒緩熱緊迫方法以減少產乳量損失。

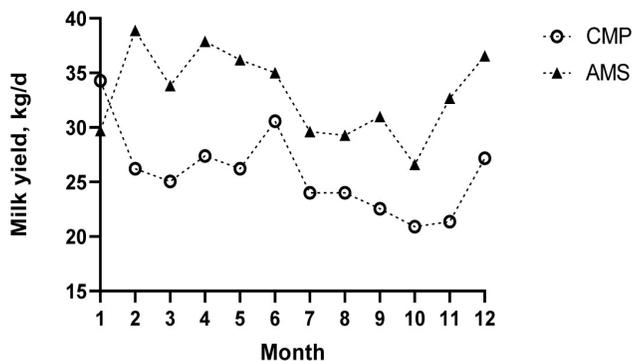


圖 1. 使用不同擠乳系統 ( 機器人與傳統 ) 牛群於各月份產乳量變化。

Fig. 1. Variation in the monthly milk yield for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

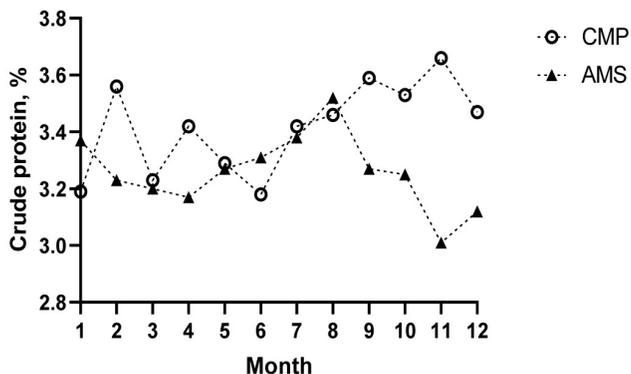


圖 2. 使用不同擠乳系統 ( 機器人與傳統 ) 牛群於各月份乳粗蛋白質變化。

Fig. 2. Variation in the monthly milk crude protein percentage for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

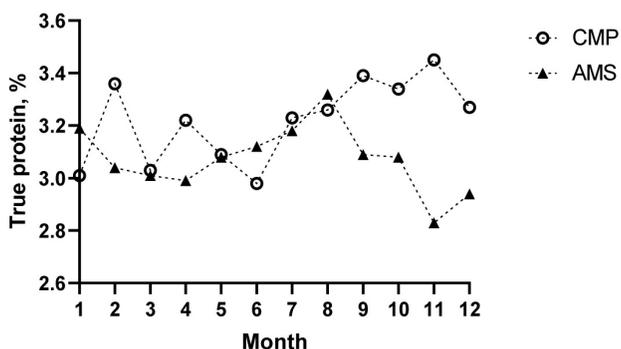


圖 3. 使用不同擠乳系統 ( 機器人與傳統 ) 牛群於各月份乳真蛋白質變化。

Fig. 3. Variation in the monthly milk true protein percentage for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

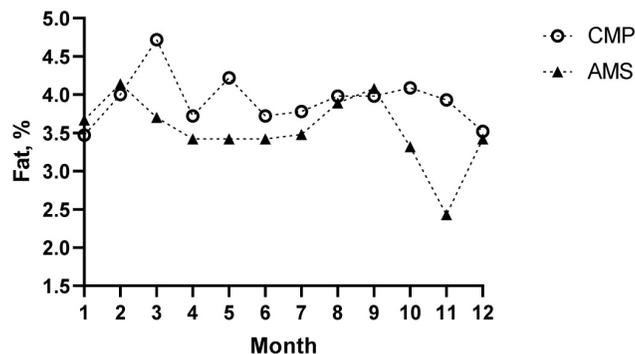


圖 4. 使用不同擠乳系統 ( 機器人與傳統 ) 牛群於各月份乳脂肪變化。

Fig. 4. Variation in the monthly milk fat percentage for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

## 結 論

使用機器人擠乳系統牛群之泌乳天數 100 天之產乳量 ( 平均 35.96 公斤 / 日 ) 顯著較使用傳統擠乳系統牛群高 ( 平均 31.74 公斤 / 日 ) , 但對其餘乳成分與乳脂肪酸含量則無影響。使用機器人擠乳系統牛群的乳中游離脂肪酸含量為 1.16 mmol/100 g milk fat , 有較使用傳統擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量為 1.04 mmol/100 g milk fat 高的趨勢 (  $P = 0.06$  ) 。機器人較傳統擠乳系統於牛群泌乳早期產乳量有明顯較高 (  $P < 0.05$  ) , 但泌乳中期及晚期牛群之產乳量與乳成分則沒有顯著差異。不同擠乳系統對於相同胎次牛群之產乳量及乳脂肪並無顯著影響, 兩組牛群產乳量皆隨著氣溫逐漸升高而有下降趨勢, 而乳成分則反之。

## 誌 謝

試驗期間感謝畜產試驗所新竹分所所有現場工作同仁及社團法人乳業協會乳品檢驗室協助生乳樣品檢測及分析資料收集。

## 參考文獻

宋永義。2006。新編乳牛學。華香園出版社。臺北市。

吳明哲。2016。乳牛場導入五大動線機器人研討會。行政院農業委員會畜產試驗所，臺南市。

- De Koning, C. J. A. M. 2010. Automatic milking common practice on dairy farms. The First North American Conference on Precision Dairy Management.
- De Marchi, M., M. Penasa, and M. Cassandro. 2017. Comparison between automatic and conventional milking systems for milk coagulation properties and fatty acid composition in commercial dairy herds. *Italian J. Anim. Sci.* 16: 363-370.
- Gengler, N., H. Soyeurt, F. Dehareng, C. Bastin, F. Colinet, H. Hammami, M. L. Vanrobays, A. Lainé, S. Vanderick, C. Grelet, A. Vanlierde, E. Froidmont, and P. Dardenne. 2016. Capitalizing on fine milk composition for breeding and management of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99: 4071-4079.
- Hillerton, J. E., C. H. Knight, A. Turvey, S. D. Wheatley, and C. J. Wilde. 1990. Milk yield and mammary function in dairy cows milked four times daily. *J. Dairy Res.* 57: 285-294.
- ISO 15885 | IDF 184: 2002: Milkfat – Determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography.
- Jensen, T. 2004. Expectations of automatic milking and the realized socio-economic effects. Pages 78-79 in *Automatic Milking-A Better Understanding*. A. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Klei, L. R., J. M. Lynch, D. M. Barbano, P. A. Oltenacu, A. J. Lednor, and D. K. Bandler. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. *J. Dairy Sci.* 80: 427-436.
- Lind, O., A. H. Ipema, C. J. A. M. De Koning, T. T. Mottram, and H. J. Herrmann. 2000. Automatic milking, *Bulletin of the IDF* 348: 2000.
- Løvendahl, P. and M. G. Chagunda. 2011. Covariance among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows. *J. Dairy Sci.* 94: 5381-5392.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academies Press, Washington, DC. USA. 5: 43-85.
- Rasmussen, M. D., M. Bjerring, P. Justesen, and L. Jepsen. 2002. Milk quality on Danish farms with automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 85: 2869-2878.
- SAS. 2002. *SAS User's guide: Basics*, 2002 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.
- Schwarz, D. 2018. Fatty acid profiling according to origin for optimizing feeding and management of dairy cows-a new approach. FOSS white paper.
- Schwarz, D., M. R. Bak, and P. W. Hansen. 2018. The new FOSS fatty acid origin package-basics behind the prediction models. FOSS white paper.
- Speroni, M., G. Pirlo, and S. Lolli. 2006. Effect of Automatic Milking Systems on Milk Yield in a Hot Environment. *J. Dairy Sci.* 89: 4687-4693.
- Stelwagen, K. 2001. Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve. *J. Dairy Sci.* 84(E Suppl): E204-E211.
- Stoop, W. M., H. Bovehuis, J. M. Heck, and J. A. Van Arendonk. 2009. Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 92: 1469-1478.
- Svennersten-Sjaunja K., S. Persson, and H. Wiktorsson. 2002. The effect of milking interval on milk yield, milk composition and raw milk quality. In *Proc. Int. Symp. The First North American Conference on Robotic Milking*, Toronto, ON, Canada; pp. V43-V48.
- Svennersten-Sjaunja K. M. and G. Pettersson. 2008. Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Anim. Sci.* 86: 37-46.
- Tu P. A., M. K. Yang, and Y. H. Yu. 2022. Comparison of raw cow milk microbiota in two milking systems: a field study. *Ann. Anim. Sci.* 22: 785-794.
- Wiking, L., J. H. Nielsen, A. K. Båvius, A. Edvardsson, and K. Svennersten Sjaunja. 2006. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 89: 1004-1009.
- Wiking, L. and J. H. Nielsen. 2007. Effect of automatic milking systems on milk quality. *Journal of Animal and Feed Sciences* 16. Suppl. 1: 108-116.

# A survey of the effect of different milking systems on milk yield and milk component of Holstein milking cows in Taiwan <sup>(1)</sup>

Szu-Han Wang <sup>(2)(4)</sup> Hsiao-Han Liao <sup>(2)</sup> Tsung-Yi Lin <sup>(3)</sup> and Jen-Wen Shiau <sup>(2)</sup>

Received: Aug. 24, 2022; Accepted: Nov. 15, 2022

## Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect on Holstein milking dairy cows using an automatic milking system (AMS) or conventional milking parlor (CMP) on milk yield (MY), milk component, and milk fatty acids (FA) composition. The result showed that the MY of the AMS herd (average 35.96 kg/d) was higher than the CMP herd within 100 days in milk (average 31.74 kg/d) but did not have effect on other milk components. Meanwhile, there were no differences in milk FA composition. However, a trend of increased free FA levels in raw milk was observed in the AMS herd (1.16 mmol/100 g milk fat) compared with the CMP herd (1.04 mmol/100 g milk fat) ( $P = 0.06$ ). The AMS herd MY was significantly higher than the CMP herd in the early lactation ( $P < 0.05$ ), but there was no significant difference between the two types of system herds of MY and milk composition in the middle and late lactation. No significant difference was found between the two systems in MY and milk FA in the same parity, and the third birth of cows had the highest MY. Regardless of the kind of milking system, MY was decreased by high temperature, as in contrary with the milk composition. In summary, the AMS herd MY could increase the average milk yield due to the different milking systems and the number of milking, however with significant difference only in early lactation. The use of different milking system in cows could result in the significant difference of protection content while cows using different milking system need to pay attention to the balance between early feeding and lactation high-peak demand, in order to reduce the revenue loss due to the relatively low milk components in price calculation. This study preliminarily explores the differences in cows' performance with different milking systems, in terms of lactation, milk components and composition of fatty acids, and thereby intends to find appropriate management and nutritional strategy for AMS in Taiwan.

Key words: Milking systems, Milk yield, Milk component.

---

(1) Contribution No. 2726 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Chief Secretary Office, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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