畜產研究 57(1)：46-56, 2024
DOI：10.6991/JTLR.202403_57(1).0006


# 酪農觀點：導入自動擠乳系統後對擠乳人工、生乳品質及水電用量之影響 (1)

葉亦馨 (2)　楊明桂 (2)　蕭振文 (2)　凃柏安 (2)(3)

收件日期：112 年 6 月 13 日；接受日期：112 年 9 月 23 日

## 摘　　要

臺灣乳牛場平均規模擴增，但生乳產業面臨人口老化、缺工等問題，酪農養牛作業流程應逐漸機械化與自動化，朝向省工經營模式邁進。乳牛場導入自動擠乳系統（automatic milking system, AMS）緩解牧場勞動人力不足、極度缺工的困境。本調查酪農使用 AMS 的經驗，探討臺灣乳牛場導入 AMS 前後，人工數、乳產量、體細胞數、總生菌數、水電費及維護費用等項目的變化，並計算單位生乳擠乳工資及單日單泌乳牛擠乳工資之改變。本調查以線上問卷形式，邀請已使用 AMS 之酪農戶填寫，或以電話及親自訪問已使用 AMS 之酪農戶，全臺灣約 10 戶牧場使用 AMS 中，參與問卷調查之牧場共計 8 戶。各項調查數值敘述統計以中位數及四分位數計算。各項問題的成對樣本中位數差異檢定以魏克生符號檢定（Wilcoxon signed-rank test）無母數方法進行分析。結果顯示，使用 AMS 後每次人工擠乳所需時間極顯著降低（$P < 0.01$）；每次擠乳人工數顯著降低（$P < 0.05$）；每日每人可擠乳牛頭數顯著上升（$P < 0.05$）；每月擠乳工資顯著降低（$P < 0.05$）；每公斤生乳所需擠乳工資顯著降低（$P < 0.05$）；每日擠乳頻率極顯著上升（$P < 0.01$）；牧場每月乳產量極顯著提升（$P < 0.01$）。此外，每增加擠乳頻率 1 次可增加平均每日乳產量 5.2 kg（$P < 0.01$）；AMS 服務牛機比（cows per robot）每增加 1 則降低平均每日乳產量 1.1 kg（$P < 0.05$）；導入 AMS 的時間與平均總乳總生菌數呈負相關的趨勢（$P < 0.1$）。使用後牧場每月水費極顯著上升（$P < 0.01$）；使用後每年擠乳設備維護費用極顯著上升（$P < 0.01$）。使用 AMS 之後，不論冬季或夏季，總生菌數及體細胞數沒有顯著改變。本研究顯示，使用 AMS 後牧場總工作人數僅稍微減少，大多數牧場將節省的擠乳時間調整進行其他工作。

關鍵詞：自動擠乳系統、人工、生乳品質、水電用量。

## 緒　　言

2015 年全世界約有 25,000 個牧場使用自動擠乳系統（automatic milking system, AMS）（Barkema *et al*., 2015），研究指出 AMS 可替代部分牧場勞動力（Bentley *et al*., 2013; Woodford *et al*., 2015），因此，牧場勞動力不足及改善乳牛場經營者之家庭生活品質成為歐美地區廣泛使用 AMS 之主因（Mathijs, 2004; Heikkilä *et al*., 2010; Tse *et al*., 2018）。使用 AMS 可促進牛隻健康以增加乳產量（de Koning, 2010），同時提高牧場收益（Tse *et al*., 2018）。於此同時，也有研究發現在美國的中小型牧場，使用 AMS 比起傳統擠乳（Conventional milking system, CMS）方式能增加更多收益（Salfer *et al*., 2017）。

使用 AMS 對減少勞動力貢獻來自於乳房清潔、擠乳及分辨異常乳等工作項目，均可整合進自動化設備中，但勞動力也非完全被取代，目前尚需要人工調整及清潔 AMS，亦需要維持值班人員，當系統發出警報、出現異常狀況，人員須進行系統維護，日常工作則包含將牛群數據例如新生仔牛號、母牛分娩日期、配種日期等資料登打進系統之中（Butler *et al*., 2012）。歐洲研究顯示使用 AMS 約可節省 18% － 46% 的勞動（Rotz *et al*., 2003; Mathijs, 2004; Bijl *et al*., 2007），但同時需要提升人力素質成為 AMS 操作人員，以發揮 AMS 的潛在優點。

Matson *et al*.（2021）調查結果顯示，加拿大使用 AMS 的牧場中，平均飼養 110 頭泌乳牛，平均每間牧場有 2.4 臺 AMS，一臺 AMS 平均可服務 47.5 頭牛，每頭牛每日平均乳產量 36.7 公斤，乳脂肪率 4.13%，乳蛋白質率 3.4%，平均體細胞數 186,400 cells/mL。從乳質方面探討使用 AMS 後乳脂肪與乳蛋白質含量的變化，研究結果尚未有定論，部分研究表示 AMS 不改變乳脂肪與乳蛋白質含量（Svennersten-Sjaunja *et al*., 2000；Hovinen and Pyörälä, 2011），

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2764 號。
(2) 農業部畜產試驗所北區分所。
(3) 通訊作者，E-mail: tpa@mail.tlri.gov.tw

部分研究則顯示使用 AMS 的乳脂肪含量較 CMS 方式低，乳蛋白質含量則無顯著差異（Shoshani and Chaffer, 2002）。芬蘭的研究甚至顯示使用 AMS 後乳脂肪提升（Salovuo *et al*., 2005）。Tousova *et al*.（2014）表示捷克佛萊克維乳牛使用 AMS 後乳脂肪與乳蛋白質含量增加。Tse *et al*.（2017）的研究中指出，使用 AMS 的牧場經歷轉換期需要兩年以上的時間，生產之生乳品質才能趨於穩定，牧場從 CMS 成功轉型使用 AMS 平均需經過 30 個月的時間適應，更有研究表示導入 AMS 的過渡期是 6 個月亦或是 1 － 3 年，且生乳品質如冰點、游離脂肪酸及總生菌數均高於傳統擠乳模式（Meskens *et al*., 2001; van der Vorst *et al*., 2002）。

近 20 年來臺灣乳牛場平均規模擴增 50%，但生乳產業面臨人口老化、缺工等問題，2017 年行政院農業委員會畜產試驗所推動「智慧農業生乳領航產業」計畫，導入五大動線機器人，從擠乳、餵養、整潔、健康到分娩等面向，舒緩牧場勞動人力，改善現場極度缺工的困境。種牛場因家庭成員工作量負荷過重、缺工及例假日補班等問題，於 2017 年 9 月 20 日率先裝置第一臺荷蘭製 AMS（Lely Astronaut 4）。2019 及 2020 年於畜產試驗所北區分所及總所啟用新型 AMS（Lely Astronaut 5），建置南、北兩處臺灣智慧農業生乳產業示範場域。北區分所示範場域初期使用的成果顯示，比較 7 頭牛使用 AMS 前後 7 日的日乳產量，提升 1.7 － 20.7%，乳脂肪 3.9%，乳蛋白 3.18%；22 頭乳牛於 AMS 擠乳，每月使用約 6,500 公升自來水清洗設備，AMS 每月耗電約 938 度電。每日可節省 14 小時的人力擠乳工時，每年約可節省 105 萬元工資支出，使用 AMS 的乳款收入會高於使用 CMS，平均每頭牛每月會多出 9,000 元收入。

酪農戶養牛作業流程逐漸機械化、自動化，朝向省工經營模式邁進，同時搭配使用多種自動化設備，例如自動推料機、小牛自動餵飼系統及自動吸糞機等。牧場經營規模愈大愈需協同人機以進行牛乳生產管理與資訊管理，減少勞動成本並讓酪農更靈活地安排生活行程，兼顧健康、工作與生活品質。至 2022 年底臺灣已啟用 16 臺 AMS，有必要對於 AMS 導入前後各項乳牛場生產指標進行更完整的調查與統計，因此本試驗藉由調查臺灣乳牛場使用 AMS 情形，包含人工數變化、乳產量、體細胞數、總生菌數、水電費用等項目，以評估臺灣乳牛場應用 AMS 前後之改變。

# 材料與方法

I. 牧場選擇及牧場基本資訊

自 2007 年至 2022 年止，國內計 10 戶牧場裝設共 16 臺 AMS。本研究自 111 年 8 月 1 日至 111 年 10 月 30 日，以線上問卷進行已使用 AMS 之酪農戶填寫，或以電話及親自訪問已使用 AMS 之酪農戶。參與本調查 AMS 應用情形問卷之牧場分別來自彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市及臺東縣共 8 場，牧場資訊如表 1，牧場飼養頭數 200 － 1000 頭，使用 AMS 牛頭數 20 － 200 頭，使用 CMS 牛頭數 20 － 350 頭，牧場面積 0.8 － 8.0 公頃，CMS 形式：圓盤式 1 臺、賽馬式 2 臺、箱式 2 臺、魚骨式 3 臺，場內已裝設 1 － 4 臺 AMS（Boumatic 品牌為 1 臺雙拼形式，可服務 120 頭牛；Delaval 品牌及 Lely 品牌則為 1 臺服務 60 頭牛），Boumatic 品牌 1 戶、Delaval 品牌 3 戶、Lely 品牌 4 戶，使用 AMS 時間分布於 0.5 － 5.0 年之間。

II. 問卷調查內容

問卷設計為單選題、複選題及簡答題，選擇題最後一選項為其他，可依照個別牧場狀況進行填寫。問卷內容調查項目包含以下問題：（1）牧場規模（總頭數、使用 AMS 泌乳牛頭數、使用傳統擠乳系統泌乳牛頭數）、（2）牧場面積（公頃）、（3）傳統擠乳系統類型、（4）AMS 數量（臺）及廠牌、（5）工作人員人數（n）、（6）導入 AMS 的日期、（7）AMS 牛群平均每日擠乳次數（n）、（8）導入 AMS 前後每次人工擠乳的時間（h/day）與人工數（n）、（9）導入 AMS 前後每次非人工擠乳的時間（h/day）與人工數（n）、（10）導入 AMS 前後每月擠乳工資支出（新臺幣元）、（11）導入 AMS 前後冬夏季總乳總生菌數（$\times 10^3$ cfu/mL）、（12）導入 AMS 前後冬夏季總乳體細胞數、（13）導入 AMS 前後平均月乳產量（公噸）、（14）導入 AMS 前後每月水電費、（15）導入 AMS 及 CMS 每月的保養、耗材費用（新臺幣元）。經計算後取得（16）導入 AMS 前後每日每人可擠乳牛頭數、（17）導入 AMS 前後每公斤生乳所需擠乳工資、（18）導入 AMS 前後每日每頭泌乳牛所需擠乳工資、（19）AMS 服務牛機比，計算方式如下：

每日每人可擠乳牛頭數 ((頭 / 人)/ 日) ＝總泌乳牛頭數 / 擠乳人工數……（16）

每公斤生乳所需擠乳工資 (新臺幣元 / kg) ＝每月擠乳工資支出 / 平均月乳產量……（17）

每日每頭泌乳牛所需擠乳工資 (新臺幣元 / head) ＝ (每月擠乳工資支出 / 30) / AMS 與 CMS 泌乳牛總頭數……（18）

AMS 服務牛機比＝使用 AMS 泌乳牛頭數 / 每場 AMS 數量……（19）

表 1. 參與本調查 AMS 應用情形問卷之牧場基礎資訊
Table 1. Characteristics of the participating in the survey of AMS farms.

| Characteristics | Farm code | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
| Herd size (head) | 240 | 1000 | 156 | 200 | 180 | 267 | 450 | 300 |
| Number of lactating cows using AMS (head) | 60 | 200 | 50 | 70 | 20 | 90 | 95 | 105 |
| Number of lactating cows using CMS* (head) | 50 | 350 | 60 | 20 | 40 | 10 | 100 | 20 |
| Area of land (hectare) | 1 | 2.2 | 0.8 | 0.8 | 3.4 | 1.14 | 2 | 8 |
| Employees (milking labor) | | | | | | | | |
| Before AMS | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Current | 3 | 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| CMS type | Rotary | Rapid exit parallel | Tandem | Herringbone | Tandem | Herringbone | Rapid exit parallel | Herringbone |
| Number of AMS | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| AMS brand | Boumatic | Delaval | Delaval | Lely | Lely | Lely | Lely | Delaval |
| Operation time (year) | 3 | 1 | 0.5 | 5 | 2 | 1.5 | 1 | 1 |

* CMS: Conventional milking system.

III. 統計分析

試驗數據輸入 Excel 試算表軟體（Microsoft Inc.）彙整後，採用 R 軟體（版本 3.2.2, The R Foundation for Statistical Computing Platform, 2015）進行分析，以 P ＜ 0.05 為顯著水準。各項調查數值敘述統計以中位數及四分位數計算，各項問題的成對樣本中位數差異檢定以 Wilcoxon signed-rank test 無母數方法進行分析。為進行各牧場導入 AMS 後平均每日乳產量（kg/day/head）、冬季及夏季平均總乳體細胞數與冬季及夏季平均總乳總生菌數相關影響因子評估，調查數據並經對數轉換後符合統計假設，並以簡單線性迴歸評估其與擠乳頻率（visit/day）、泌乳牛群頭數（n）、AMS 服務牛機比與導入 AMS 的時間（年）之關係。

# 結　　果

I. 勞工及勞力需求

安裝使用 AMS 前後勞工及勞力需求變化如圖 1，每次人工擠乳所需時間中位數分別為 2 及 1 小時（圖 1a），每次擠乳人工數中位數分別為 3.0 及 2.5 人（圖 1b），皆有顯著降低（P ＜ 0.05）；非擠乳勞工人數中位數均皆為 3 人（圖 1c），無顯著差異；每日每人可擠乳牛頭數中位數分別為 36.7 及 47.5 頭（圖 1d），有顯著提升（P ＜ 0.05）。

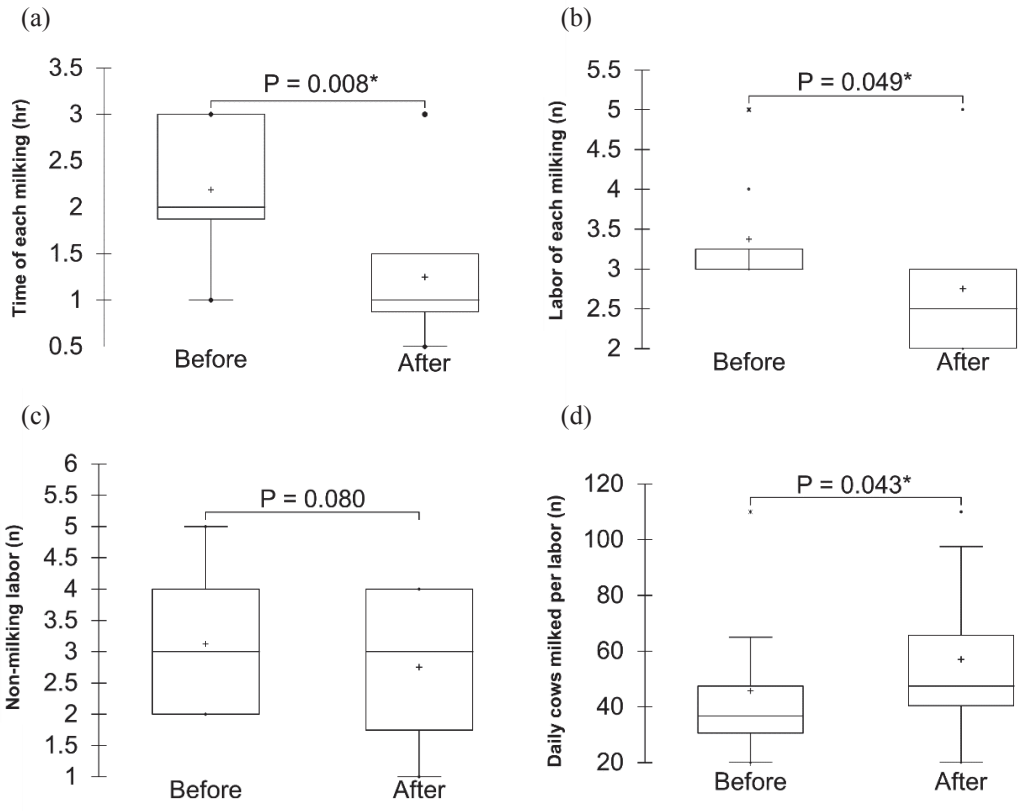


圖 1.　安裝使用 AMS 前後勞工及勞力需求變化，（a）每次人工擠乳所需時間；（b）每日牧場人工擠乳所需人數；（c）每日牧場非擠乳所需人數；（d）每日每人可擠乳牛頭數。* 表示顯著差異（P < 0.05）。+ 表示平均值。方框中的橫線為中位數。

Fig. 1.　Labor changes before and after AMS installation. (a)Time of each milking; (b)Labor of each milking; (c)Non-milking labor; (d)Daily cows milked per labor. * indicates a significant difference before and after AMS installation(P < 0.05). + indicates means. The horizontal line in the box indicates the median.

II. 擠乳工資支出變化

安裝使用 AMS 前後擠乳工資支出變化如圖 2，每月擠乳工資中位數分別為 126,000 及 105,000 元（圖 2a），每公斤生乳所需擠乳工資中位數 1.75 及 1.27 元（圖 2b），皆有顯著降低（P ＜ 0.05）；每日每頭泌乳牛所需擠乳工資中位數 38.19 及 25.56 元（圖 2c），有降低之趨勢（P ＜ 0.1）。

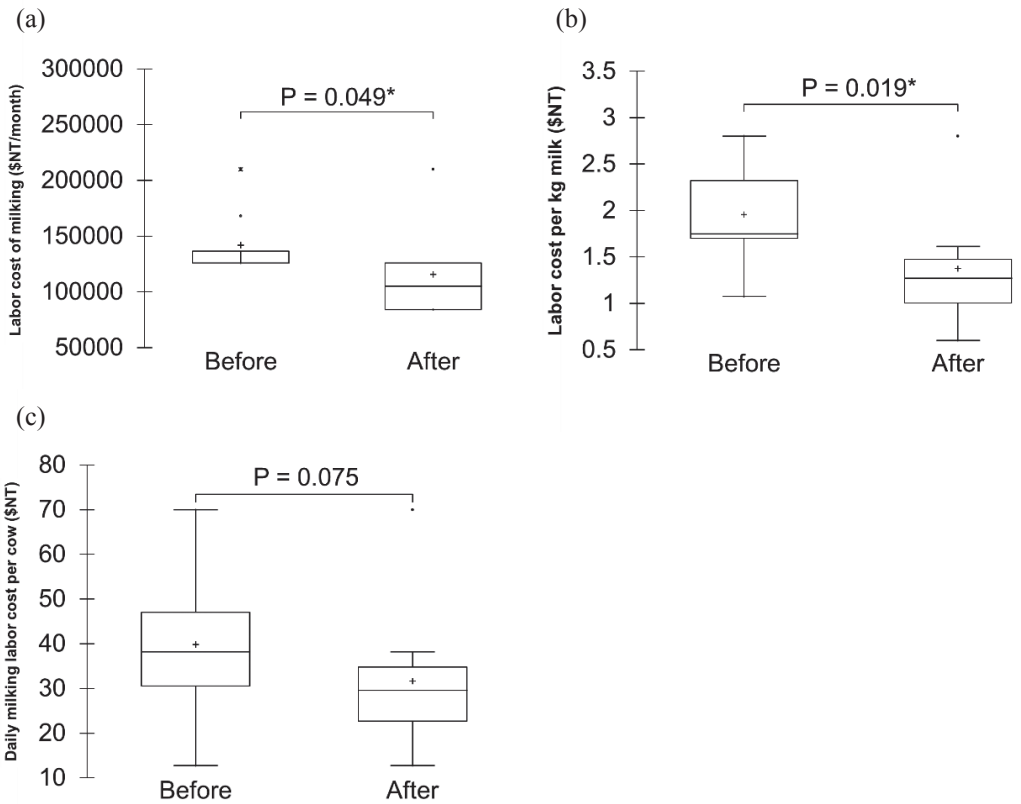


圖 2.　安裝使用 AMS 前後擠乳工資支出變化，（a）每月擠乳工資；（b）每公斤生乳所需擠乳工資；（c）每日每頭泌乳牛所需擠乳工資。* 表示顯著差異（P < 0.05）。+ 表示平均值。方框中的橫線為中位數。

Fig. 2.　Financial changes before and after AMS installation. (a)Monthly labor cost of milking; (b)Labor cost per kg milk; (c) Daily milking labor cost per cow. * indicates a significant difference before and after AMS installation(P < 0.05). + indicates means. The horizontal line in the box indicates the median.

III. 乳產量及乳品質

安裝使用AMS前後乳產量及乳品質之變化如圖3，總乳冬季總生菌數中位數分別為 $8 \times 10^3$ 及 $1 \times 10^4$ cfu/mL（圖3a），總乳夏季總生菌數中位數分別為 $1 \times 10^4$ 及 $2 \times 10^4$ cfu/mL（圖 3b），總乳冬季體細胞數中位數分別為 18 及 16 萬 /mL（圖 3c），總乳夏季體細胞數中位數分別為 23 及 22 萬 /mL（圖 3d），皆無顯著差異；每日擠乳頻率中位數分別為 2.00 及 2.85 次（圖 3e），牧場每月乳產量中位數 73 及 95 噸（圖 3f），皆有顯著提升（P ＜ 0.05）。

以簡單線性迴歸進行各牧場導入 AMS 後平均每日乳產量（kg/day/head）、冬季及夏季平均總乳體細胞數與冬季及夏季平均總乳總生菌數與擠乳頻率（visit/day）、泌乳牛群頭數（n）、AMS服務牛機比與導入AMS的時間（年）之關係。結果顯示，每增加擠乳頻率 1 次可增加平均每日乳產量 5.2 kg（P = 0.007）；AMS 服務牛機比每增加 1 則降低平均每日乳產量 1.1 kg （P = 0.036）；導入 AMS 的時間（P = 0.414）、泌乳牛群頭數（P = 0.86）與平均每日乳產量無顯著相關。擠乳頻率與冬季（P = 0.142）及夏季（P = 0.780）平均總乳體細胞數無顯著相關；泌乳牛群頭數與冬季（P = 0.188）及夏季（P = 0.229）平均總乳體細胞數無顯著相關； AMS 服務牛比例與冬季（P = 0.258）及夏季（P = 0.135）平均總乳體細胞數無顯著相關；導入 AMS 的時間與冬季（P = 0.932）及夏季（P = 0.973）平均總乳體細胞數無顯著相關。導入 AMS 的時間與冬季（P = 0.065）及夏季（P = 0.076）平均總乳總生菌數呈負相關的趨勢，在導入0.5至3年的時間區間中，每增加1年使用時間可分別顯著降低冬季5.3x103 cfu/mL及夏季1.6x103 cfu/mL 平均總乳總生菌數；擠乳頻率與冬季（P = 0.815）及夏季（P = 0.342）平均總乳總生菌數無顯著關係；泌乳牛群頭數與冬季（P = 0.635）及夏季（P = 0.972）平均總乳總生菌數無顯著關係；與 AMS 服務牛比例與冬季（P = 0.878）及夏季（P = 0.845）平均總乳總生菌數無顯著關係。

IV. 水電使用及維護保養費用

安裝使用 AMS 前後水電使用及維護保養費用之變化如圖 4，牧場每月水費中位數分別為 3,260 及 3,800 元（圖 4a），有顯著提升（P ＜ 0.05）；牧場每月電費中位數分別為 60,000 及 62,000 元（圖 4b），無顯著差異；每年擠乳設備維護費用中位數分別為 185,333 及 587,857 元（圖 4c），有顯著提升（P ＜ 0.05）；不計入 AMS 導入 0.5 的場，

每年擠乳設備消耗品費用中位數分別為 225,000 及 350,000 元（圖 4d），有增加之趨勢（P ＜ 0.1）。

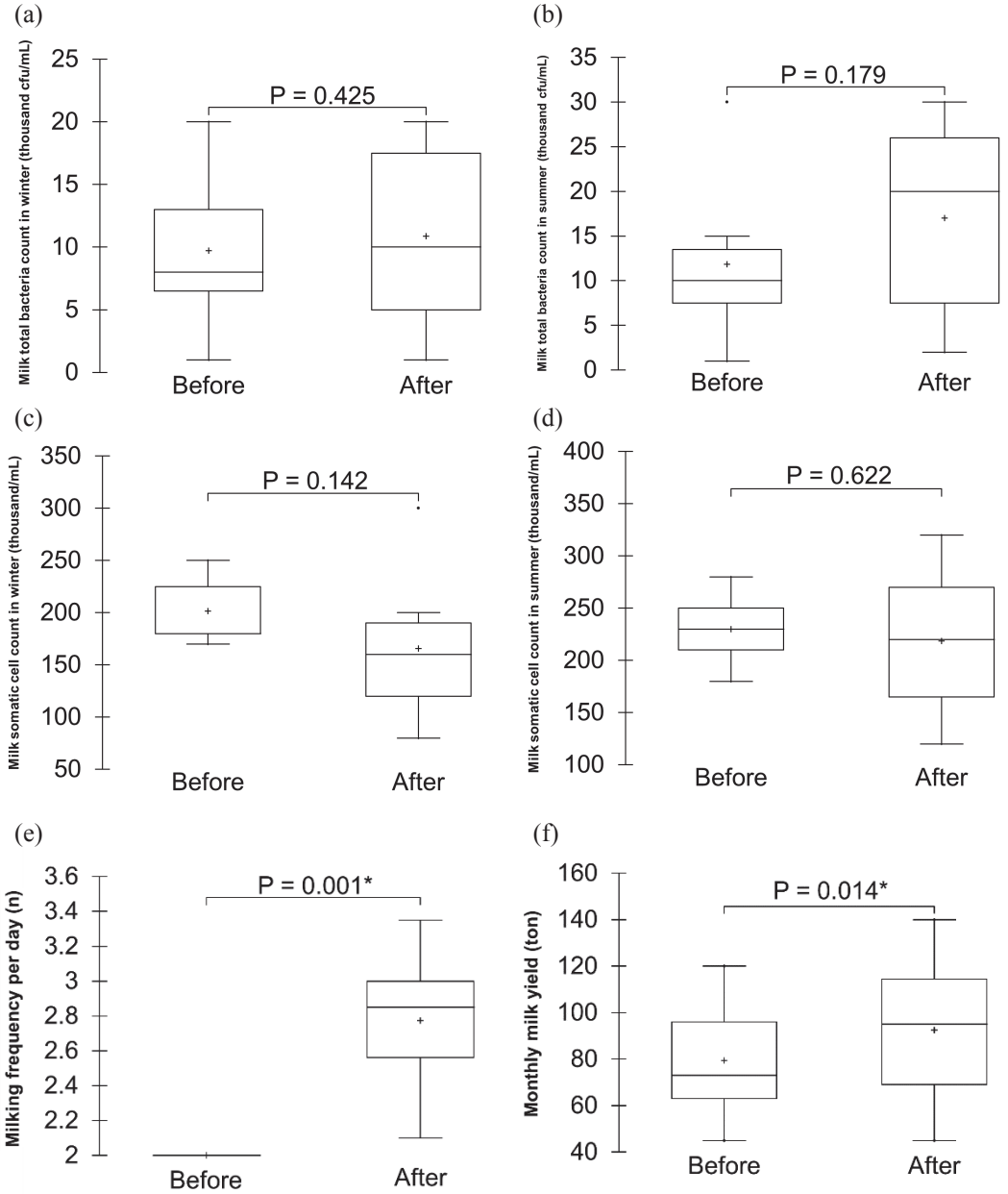


圖 3. 安裝使用 AMS 前後乳產量及乳品質之變化，（a）總乳冬季總生菌數；（b）總乳夏季總生菌數；（c）總乳冬季體細胞數；（d）總乳夏季體細胞數；（e）每日擠乳頻率；（f）牧場每月乳產量。* 表示顯著差異（P < 0.05）。+ 表示平均值。方框中的橫線為中位數。

Fig. 3. Milk production and quality changes before and after AMS installation. Milk total bacteria count in (a) winter and (b) summer; Milk somatic cell count in (c) winter and (d) summer; (e) Milking frequency per day; (f) Monthly milk yield for each farm. * indicates a significant difference before and after AMS installation (P < 0.05). + indicates means. The horizontal line in the box indicates the median.

# 討　　論

本研究顯示使用 AMS 前後每次人工擠乳所需時間，因多數牧場將泌乳牛移至 AMS 擠乳，需人工擠乳的泌乳牛頭數下降 50%，在泌乳牛頭數不變的狀況下，擠乳人工數顯著下降，則每日每人可擠乳牛頭數增加了 22.7%。Bentley *et al.*（2013）及 Tse *et al.*（2018）均與本研究有相似結果，Tse *et al.*（2018）研究顯示，530 間導入 AMS 的加拿大牧場，導入後與擠乳相關的工作時間從每日 5.2 小時降至 2.0 小時，減少了 62%。因擠乳工作量減少而減少每次擠乳人力 16%，此結果與 Tse *et al.*（2018）研究顯示牧場擠乳相關的平均人力由 2.5 人減少至 2.0 人相同。但非擠乳勞工包

含配料、餵小牛、環境清潔等工作事項，此部分工作量未減少，勞工人數中位數並未改變。本試驗調查的工作人員總人數異動微幅減少與 Tse *et al*.（2018）結果相似，參與本調查的 8 間牧場中，有半數牧場無論擠乳或非擠乳工作人數均未因使用 AMS 而改變，原因包含使用 AMS 為改善生活品質或擴大飼養規模等，另外 4 間牧場則因工作量減少，些微調整部分人力。Tse *et al*.（2018）推論在減少雇員之前，牧場會優先考量減少家庭成員的工作量再進行多餘人力調整，因此如同在問卷調查的結果中，我們並無看見受雇人員數量大幅減少的狀況。類似的結果在 Bijl *et al*.（2007）的研究中也可看到，非家庭成員的工作人員數量有小幅減少，但在統計上無顯著差異。另有研究表示（Butler *et al*., 2012），這些勞動力被轉變工作內容，例如管理 AMS 的電腦文書登打作業等。因此雖使用 AMS 後每次擠乳人力下降，每月擠乳工資中位數顯著降低了 16.7%，且因使用 AMS 平均每月乳產量增加，每公斤生乳所需擠乳工資中位數顯著降低了 27.4%，但換算每日每頭泌乳牛所需擠乳工資僅有降低之趨勢。

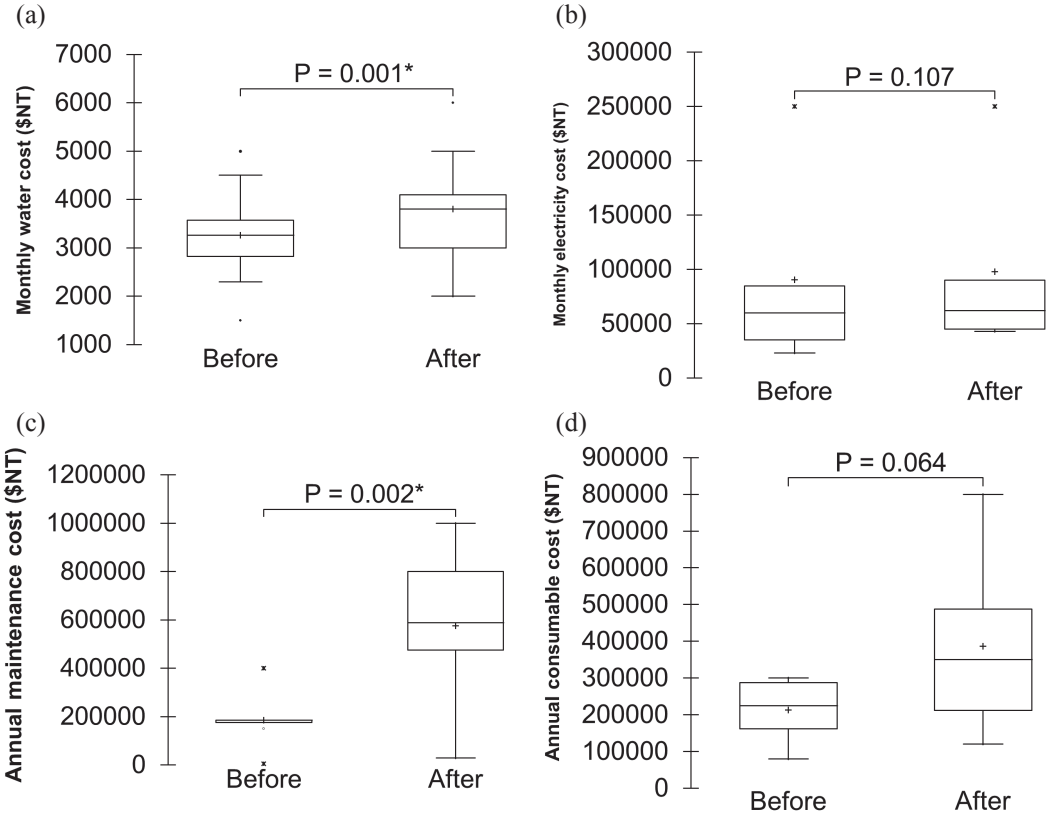


圖 4.　安裝使用 AMS 前後擠乳工資支出變化，（a）每月擠乳工資；（b）每公斤生乳所需擠乳工資；（c）每日每頭泌乳牛所需擠乳工資。* 表示顯著差異（P < 0.05）。+ 表示平均值。方框中的橫線為中位數。

Fig. 4.　Financial changes before and after AMS installation. (a)Monthly labor cost of milking; (b)Labor cost per kg milk; (c) Daily milking labor cost per cow. * indicates a significant difference before and after AMS installation(P < 0.05). + indicates means. The horizontal line in the box indicates the median.

使用 AMS 的總生菌數方面，冬季及夏季使用 AMS 前後的總生菌數中位數均無顯著差異，在 8 個牧場中，1 個牧場冬季及夏季使用前後的總生菌數持平，1 個牧場的冬季及夏季總生菌數則是使用後比使用前略低，此顯示 AMS 的使用不一定會造成總生菌數上升，影響總生菌數的因子除了季節性影響牛隻健康，還有設備的配置方式等。受調查的牧場中，大部分的擠乳站距離儲乳桶較遠，牛乳管線長，加上牛乳管線未搭配降溫措施，一旦生乳停留在管線中的時間拉長，容易造成生菌數較高的現象。因此推論在本調查的牧場中，大多數使用 AMS 生菌數比使用前稍高的原因並非設備本身造成。另分析導入 AMS 的時間與總乳總生菌數呈負相關的趨勢，顯示在導入的三年內使用 AMS 愈久總生菌數較低，此結果與 Tse *et al*.（2017）的研究接近，使用 AMS 的牧場經歷轉換期達到運作穩定需要兩年以上的時間。

使用 AMS 後的體細胞數中位數於冬季及夏季均無顯著差異，由於 AMS 能在每次擠乳時檢測導電度，並以導電度推估牛隻體細胞數的變化，可以及時將需要照護的牛隻進行分群；Tse *et al*.（2018）與 Svennersten-Sjaunja *et al*.（2000）的研究亦表示，使用 AMS 後總乳中體細胞數下降或是呈現持平。但 Tousova *et al*.（2014）研究捷克佛萊克維乳牛使用 AMS 的變化，結果顯示，總乳中體細胞數下降。另一項在以色列的研究表示，使用 AMS 的總乳體細

胞數較傳統擠乳方式低（Shoshani and Chaffer, 2002）。本調查的體細胞數結果與以上研究相似。但也有不同的試驗結果，芬蘭的研究表示，使用 AMS 後總乳體細胞數由 142,000 cells/mL 微幅增加到 208,000 cells/mL（Salovuo *et al*., 2005）。另有研究指出，使用 AMS 的總乳體細胞數約 193,000 到 302,000 cells/mL 之間，且比傳統擠乳高（Rasmussen *et al*., 2002; de Koning *et al*., 2003; Hiitiö *et al*., 2017）。van der Vorst *et al*.（2002）表示，在丹麥、德國及荷蘭，剛開始使用 AMS 的 1-2 年，總乳體細胞數會增加到 202,000 － 312,000 cells/mL，但此情況會逐漸改善，下降至 191,000 - 277,000 cells/mL。在 Tse *et al*.（2017）的研究中，亦顯示使用 AMS 的牧場經歷轉換期需要兩年以上的時間，生產之生乳品質始趨於穩定。Tremblay *et al*.（2016b）表示，早期的試驗研究結果顯示使用 AMS 的總乳體細胞數較 CMS 高，但相關的技術與機械問題可能已被解決，新機型的 AMS 系統已有所改善，因此近年的研究則認為使用 AMS 的總乳體細胞數不改變。

每日擠乳頻率因 AMS 不限制牛隻擠乳時間，一天中可以超過 CMS 的 2 次以上，顯著提升每月乳產量。許多研究均顯示（Wagner-Storch and Palmer, 2003; Hansen, 2015; Woodford *et al*., 2015；Tse *et al*., 2018），從傳統擠乳方式轉換成 AMS 之後乳產量有所提升，平均可增加約 2 － 25%（de Koning and Rodenburg, 2004; Bernier-Dodier *et al*., 2010）。北美使用 AMS 的牧場中，每頭牛每日平均乳產量為 32 公斤（Tremblay *et al*., 2016a）。Tse *et al*.（2018）及 DeVries *et al*.（2011）的研究均顯示乳產量與擠乳次數呈現正相關。臺灣研究不同擠乳系統對荷蘭泌乳牛的乳產量顯示（王等，2022），使用 AMS 牛隻平均日產乳量 33.67 公斤，使用傳統擠乳的牛隻平均日產乳量 25.76 公斤，使用 AMS 的乳產量較使用傳統擠乳高出 30.7%，產乳量增加因平均擠乳次數高達 3.1 次。一個使用 AMS 的牧場，其設置為控制門搭配開放式等待區的配置，擠乳次數由每日 2.1 次增加到 3.2 次時乳產量可提升 9%（Melin *et al*., 2005），本研究之結果與此相似。但也有學者認為乳產量增加並非受到擠乳次數影響，試驗透過改變餵飼槽裡提供的飼料口味與口感增加牛隻擠乳次數，因此乳產量未因擠乳次數增加而提高（Migliorati *et al*., 2005）。Spolders *et al*.（2004）則認為使用 AMS 的牧場中，只有第一胎次的牛隻會因為擠乳次數增加而提升乳產量。

使用 AMS 後牧場每月水費中位數顯著高於使用前（圖 4a），部分牧場導入 AMS 前地下水為主要水源，但 AMS 管線細小，為防止水垢堵塞管線的狀況發生，改使用自來水清洗管線，增加自來水使用，設備用水的改變讓水費有顯著差異。使用 AMS 後牧場每年擠乳設備維護費用中位數顯著高於使用前，經了解多數牧場的傳統擠乳設備無定期保養，牧場傾向設備有狀況或故障時，進行緊急維修後產生相關費用，AMS 則是必須依照原廠建議於固定期間內進行不同項目的保養，再加上緊急維修費用，因此 AMS 每年擠乳設備維護費用顯著較高之原因。調查的 8 間牧場均同時維持使用 AMS 與 CMS 兩套擠乳系統，這兩種系統部分消耗品不可共用，需同時準備兩套不同廠牌或型號的備品，因此使用 AMS 後每年擠乳設備消耗品費用中位數有較高的趨勢。

# 結　　論

未導入 AMS 前許多人擔心自動化、機械化可能取代勞力減少工作機會，本研究調查牧場酪農的觀點及經驗，結果顯示部分牧場總工作人數未大幅度改變，牧場將節省的擠乳時間調整進行其他工作，大大提高牧場裡擠乳工作的效能。生乳品質方面，使用 AMS 之後，不論冬季或夏季，總生菌數及體細胞數沒有顯著改變。但在乳產量上，確實隨著擠乳次數增加，有更高的乳產量。能源使用與維運費用上，由於 AMS 需使用自來水清洗管線，並且須定期進行維護保養，CMS 則可選擇使用地下水，保養維護費視酪農戶需求始產生費用，因此使用 AMS 後自來水費及保養維護費，兩項費用顯著較高。每個牧場因面臨不同挑戰，希望藉由本調查充分呈現目前臺灣導入 AMS 後牧場各項經營及生產指標之改變，作為未來其他牧場考量是否需導入後續 AMS 機型之考量，建議牧場及酪農可以從人員勞力配置、乳產量品質改善、增加維護成本等方面，評估 AMS 導入後之效益及使用策略，以達成改善酪農生活品質及創造牛乳收入之雙贏目標。

# 參考文獻

王思涵、廖曉涵、林宗毅、蕭振文。2022。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。畜產研究 55：300-308。

Barkema, H.W., M. A. G. von Keyserlingk, J. P. Kastelic, T. J. G. M. Lam, C. Luby, J. P. Roy, S. J. LeBlanc, G. P. Keefe, and D. F. Kelton. 2015. Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. J. Dairy Sci. 98: 7426-7445.

Bentley, J., L. Tranel, L. Timms, and K. Schulte. 2013. Automatic milking systems （AMS） - Producer surveys. Iowa State

University Animal Industry Report 2013.

Bernier-Dodier, P., L. Delbecchi, G. F. Wagner, B. G. Talbot, and P. Lacasse. 2010. Effect of milking frequency on lactation persistency and mammary gland remodelling in mid-lactation cows. J. Dairy Sci. 93: 555-564.

Bijl. R., S. R. Kooistra, and H. Hogeveen. 2007. The profitability of automatic milking on Dutch dairy farms. J. Dairy Sci. 90: 239-248.

Butler, D., L. Holloway, and C. Bear. 2012. The impact of technological change in dairy farming: Robotic milking systems and the changing role of the stockperson. Royal Agricultural Society of England 173: 1-6.

de Koning, C. J. A. M. 2010. Automatic milking—Common practice on dairy farms. Proc. First North Am. Conf. Precis. Dairy Manag., Toronto, Canada. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. Accessed Jan. 3, 2017. http://www.precisiondairy.com/proceedings/s3dekoning.pdf.

de Koning, C. J. A. M., and J. Rodenburg. 2004. Automatic milking: state of the art in Europe and North America. In Automatic milking - a better understanding. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. pp. 27-40.

de Koning, K., B. Slaghuis, and Y. van der Vorst. 2003. Robotic milking and milk quality: effects on bacterial counts, somatic cell counts, freezing point and free fatty acids. Ital. J. Anim. Sci. 2: 291-299.

DeVries, T. J., A. J. Deming, J. Rodenburg, G. Seguin, K. E. Leslie, and H. W. Barkema. 2011. Association of standing and lying behavior patterns and incidence of intramammary infection in dairy cows milked with an automatic milking system. J. Dairy Sci. 94: 3845-3855.

Hansen, B.G. 2015. Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jaeren, Norway. J. Rural Stud. 41: 109-117.

Heikkilä, A. M., L. Vanninen, and E. Manninen. 2010. Economics of small-scale dairy farms having robotic milking. The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010.

Hiitiö, H., J. Vakkamäki, H. Simojoki, T. Autio, J. Junnila, S. Pelkonen, and S. Pyörälä. 2017. Prevalence of subclinical mastitis in Finnish dairy cows: changes during recent decades and impact of cow and herd factors. Acta Vet. Scand. 59: 22.

Hovinen, M. and S. Pyörälä. 2011. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. J. Dairy Sci. 94: 547-562.

Mathijs, E. 2004. Socio-economics aspects of automatic milking. In Automatic milking-a better understanding. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. pp. 46-55.

Matson, R. D., M. T. M. King, T. F. Duffield, D. E. Santschi, K. Orsel, E. A. Pajor, G. B. Penner, T. Mutsvangwa, and T. J. DeVries. 2021. Benchmarking of farms with automated milking systems in Canada and associations with milk production and quality. J. Dairy Sci. 104: 7971-7983.

Melin, M., K. Svennersten-Sjaunja, and H. Wiktorsson. 2005. Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking systems. J. Dairy Sci. 88: 3913-3922.

Meskens, L., M. Vandermersch, and E. Mathijs. 2001. Implication of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms - Literature Review on the Determinants and Implications of Technology Adoption. Report within the EU project Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms（QLK5-2000-31006）.

Migliorati, L., M. Speroni, S. Lolli, and F. Calza. 2005. Effect of concentrate feeding on milking frequency and milk yield in an automatic milking system. Ital. J. Anim. Sci. 4: 221-223.

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.

Rotz, C. A., C. U. Coiner, and K. J. Soder. 2003. Automatic milking systems, farm size, and milk production. J. Dairy Sci. 86: 4167-4177.

Salfer, J. A., K. Minegishi, W. Lazarus, E. Berning, and M. I. Endres. 2017. Finances and returns for robotic dairies. J. Dairy Sci. 100: 7739-7749.

Salovuo, H., P. Ronkainen, A. Heino, A. Suokannas, and E. L. Ryhänen. 2005. Introduction of automatic milking system in Finland: Effect on milk quality. Agric. Food Sci. 14: 346-353.

Shoshani, E., and M. Chaffer. 2002. Robotic milking: a report of a field trial in Israel. Proceedings of the First North American Conference on Precision Dairy Management, 20 March 2002, Toronto, Ontario, Canada, pp. 56-61.

Spolders, M., U. Meyer, G. Flachowsky, and M. Coenen. 2004. Differences between primiparous and multiparous cows in voluntary milking frequency in an automatic milking system. Ital. J. Anim. Sci. 3: 167-175.

Svennersten-Sjaunja, K., I. Berglund, and G. Pettersson. 2000. The milking process in an automatic milking system, evaluation of milk yield, teat condition and udder health. In Robotic Milking Proceedings of the International Symposium. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. pp. 277-288.

Tousova, R., J. Duchacek, L. Stadnik, M. Ptacek, and J. Beran. 2014. The comparison of milk production and quality in cows from conventional and automatic milking systems. J. Cent. Eur. Agric. 15: 100-114.

Tremblay, M., J. P. Hess, B. M. Christenson, K. K. McIntyre, B. Smink, A. J. van der Kamp, L. G. de Jong, and D. Döpfer. 2016a. Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. J. Dairy Sci. 99: 3824-3837.

Tremblay, M., J. P. Hess, B. M. Christenson, K. K. McIntyre, B. Smink, A. J. van der Kamp, L. G. de Jong, and D. Döpfer. 2016b. Customized recommendations for production management clusters of North American automatic milking systems. J. Dairy Sci. 99: 5671-5680.

Tse, C., H. W. Barkema, T. J. DeVries, J. Rushen, and E. A. Pajor. 2017. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. J. Dairy Sci. 100: 2404-2414.

Tse, C., H. W. Barkema, T. J. Devries, J. Rushen, and E. A. Pajor. 2018. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labor management, milk production and milk quality. Animal 12: 2649-2656.

van der Vorst, Y., K. Knappstein, and M.D. Rasmussen. 2002. Milk quality on farms with an automatic milking system: Effects of automatic milking on the quality of produced milk. EU project: Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms. Available at: www.automaticmilking.nl.

Wagner-Storch, A. M., and R. W. Palmer. 2003. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. J. Dairy Sci. 86: 1494-1502.

Woodford, K. B., M. H. Brakenrig, and M. C. Pangborn. 2015. New Zealand case studies of automatic-milking-systems adoption. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 75: 127-131.

Taiwan Livestock Res. 57(1)：46-56, 2024
DOI：10.6991/JTLR.202403_57(1).0006


# Producers' perceptions: The impact of automatic milking system (AMS) on milking labor management, milk quality, and water and electricity consumption[1]

Yi-Hsin Yeh[2] Ming-Kuei Yang[2] Jen-Wen Shiau[2] and Po-An Tu[2][3]

Received: Jun. 13, 2023; Accepted: Sep. 23, 2023

## Abstract

In Taiwan, dairy farms have increased their herd size, but labor shortages and aging are causing problems. These issues could be resolved by using an automatic milking system (AMS). Mechanization and automation will be the future management model for dairy farms. Our study examined 8 dairy farmers' experiences with AMS, discussing labor management, milk production, somatic cell count, total bacterial count, water and electricity costs, maintenance costs, and other items. In addition, we calculated the changes in labor cost per kg milk and daily milking labor cost per cow before and after AMS adoption. In order to collect data, we used an online questionnaire, a telephone interview, or an in-person interview. A total of 8 out of 10 AMS users participated in the survey. Means, standard deviations, medians, and quartiles were calculated for each item. The Wilcoxon signed Rank test was used to compare two medians of variables. Labor significantly decreased before and after installation of AMS, including time of each milking ($P < 0.01$) and labor of each milking ($P < 0.05$) ; however, daily cows milked per labor increased ($P < 0.05$) . After AMS installation, monthly labor cost of milking ($P < 0.05$) and labor cost per kg milk ($P < 0.05$) significantly decreased. Daily milking frequency ($P < 0.01$) and monthly milk yield for each farm ($P < 0.05$) significantly increased. Each milking visit increased average daily milk yield by 5.2 kg per cow ($P < 0.01$), whereas each increased cow/robot reduced average daily milk yield by 1.1 kg per cow ($P < 0.05$). Installation time period had a tendency of negatively correlating with average total bacterial count for bulk tank milk ($P < 0.1$). Water consumption ($P < 0.01$) and maintenance costs ($P < 0.01$) increased significantly after AMS installation. The installation of an AMS does not influence the somatic cell count or the total bacterial count significantly either in the summer or the winter. Overall, the number of workers decreased only slightly after AMS installation. Those workers were usually assigned other tasks by the farm owner.

Key words: Automatic milking system, Labor, Milk quality, Water and electricity consumption.

(1) Contribution No. 2764 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).
(2) Northern Region Branch, MOA-TLRI, Miaoli 36843, Taiwan, R. O. C.
(3) Corresponding author, E-mail: tpa@mail.tlri.gov.tw.