

自動化擠乳系統下的餵飼策略轉型

畜產試驗所北區分所 陳怡璇 編譯

(Lee Rainville, 2024)。

自動化擠乳系統 (Automatic Milking Systems) 已逐漸成為現代乳牛場的重要設備。然而，擠乳機器內提供的精料餵飼策略，是否一定要採用高精料誘因，近年來開始受到質疑。傳統觀點認為，精料是吸引牛隻自主進站擠乳的主要動力，但這種做法可能帶來營養失衡與健康風險 (Lee Rainville, 2024)。本文整合近期研究與實務經驗，說明餵飼策略的改變，除了影響生產效率，同時影響牛群健康與營養需求的平衡。

傳統高精料策略的挑戰

在自動化擠乳系統中，由於全年分娩模式 (year-round calving)，同一群牛的能量需求差異極大 (Bach and Cabrera, 2017)。為了滿足個別牛隻需求，牧場普遍在擠乳機器內提供精料，作為進站誘因與營養補充來源 (Tse et al., 2018)。然而，這種高精料誘因策略可能產生一些問題：

1. 過度擠乳動機與行為失衡

部分牛隻因為過度依賴精料而頻繁造訪擠乳機器，甚至在未到擠乳間隔就進站，導致擠乳站擁擠，並影響牛隻正常躺臥與休息時間 (Solano et al., 2022)。過多無效造訪還可能造成學習消退，降低系統運作效率

2. 營養替代效應與健康風險

研究顯示，擠乳機器內的精料攝取量增加，往往會抑制牛隻對於部分混合日糧 (PMR) 或完全混合日糧 (TMR) 的攝取，導致精料替代效應，Menajovsky et al. (2018) 發現，精料每日增加 1kg，PMR 攝取量減少 0.78-0.89kg，導致日糧總纖維攝取不足 (Hare et al., 2018; Menajovsky et al., 2018; Paddick et al., 2019)。纖維不足可能進一步引發亞急性瘤胃酸中毒 (SARA)，增加乳房炎與蹄病等健康問題風險 (Lee Rainville, 2024)。

3. 設備效率與經濟負擔

擠乳機器內的精料分配系統設置與維護成本高昂，且飼料粉塵、污染或堵塞問題也會降低擠乳效率 (Lee Rainville, 2024)。此外，牛隻採食精料的速度約為 250g/分鐘，受限於擠乳時間 (6-7 分鐘/次)，每次最多僅能採食 1.675kg (250g/分鐘*6.5 分鐘)，對應每天約為 5.025kg (1.675kg*3 次擠乳) (Harper et al., 2016; DeVries and Penner, 2022)。依 Farm Advisory Service (2024) 建議，每生產 1 公升生乳需額外補充 0.45kg 精料，意

味這 5.025kg 精料僅能支持 11.17L (5.025kg/0.45) 的乳量。若牛隻未採食足量的基礎日糧(PMR 與 TMR)，對高產牛來說，這遠不足以支持其生產需求。

無飼料餵飼策略

針對上述挑戰，近年來美國和加拿大部分酪農場開始採行「無飼料策略」(no-feed strategy)，就是將擠乳站與飼料完全脫鉤，即完全取消擠乳站內的精料供應，牛群進站節奏改由自然生理需求與社會動態引導，高泌乳牛帶動低泌乳牛的同儕效應，取代單純的食物誘因，也就是改以行為管理與生理需求驅動乳牛進站擠乳。以下跟據 Lee Rainville (2024) 建議之核心內容概述如下：

1. 動線引導—牛舍建議為引導式擠乳系統(guided-flow milking system)，以確保乳牛根據分配給牠們的擠乳權限前往機器人。利用閘門確保乳牛到達機器人正確區域，並根據泌乳階段和生產情況在適當的時間擠乳。

2. 完整的乳牛訓練—進入機器人擠乳設施的新乳牛應該參加一個訓練計劃，操作員每天至少三次將乳牛帶到擠乳圍欄並通過機器人進行三到六次擠乳，或者直到乳牛可以舒適地獨自完成這個程序。此後，應再密切監視乳牛三至五天，以確保乳牛們清楚知道如何進入閘門以及如何

抵達牛欄。

3. TMR 品質要求—擠乳站內不再提供任何飼料，將牛隻進站動力回歸到乳房充滿的不適感與擠乳後的舒緩感。飼料供應則移至餵飼區，並以高品質 TMR 或 PMR 全方位滿足牛群營養需求。雖然飼料品質對於任何乳牛場都很重要，但在無飼料機器人操作中為乳牛提供均衡營養的 TMR 至關重要。TMR 用於鼓勵乳牛進入牛槽。她想要去飼料槽的願望會促使她自願進入機器人擠乳。

4. 全場遵守—場內所有員工必須全力遵守所有的規定和程序，以確保此飼料管理策略可以順利執行。農場必須致力於訓練乳牛自願地在設施內行走，這可能需要在一天中的某些時間把乳牛接回來，調整飼料運送時間以增加乳牛在牛欄內的流量，並策略性地規劃牛欄內的日常活動以限制對乳牛的干擾。

降低擠乳站精料量餵飼測試

針對自由選擇的擠乳系統(free flow milking system)，「站外補料站」(Out-of-parlour feeders, OOPF) 成為另一種選擇解決上述問題(Johansen et al., 2025)。OOPF 是讓牛隻自由進出的精料補料站，部分精料透過 OOPF 提供，減少牛隻必須在擠乳機器內採食大量精料的壓力。

以下跟據 Johansen 等(2025)

研究簡單說明。使用 38 頭經產牛與 10 頭初產荷蘭泌乳牛（胎次 2.7 ± 1.49 ；泌乳天數 114 ± 6.3 ），平均分為兩組高擠乳機精料與低擠乳機精料。精料的總量為 6 公斤/日（依乳產量調整），高擠乳機精料組：50% 於擠乳機器人，50% 於 OOPF；低擠乳機精料組：20% 於擠乳機器人，80% 於 OOPF。牛隻飼養於自由牛舍無放牧，設有自由選擇的擠乳系統（free flow milking system, Lely A3），兩組使用相同的部分混合日糧（PMR）與 OOPF 站外補料器提供額外精料，試驗進行四週。

2 組別試驗全程都餵飼同樣的精料（粗蛋白 15%），這些精料一部分是透過擠乳機餵飼，另一部分透過 OOPF 提供，並且採「依產乳量餵飼」調整，意思是每頭牛獲得的精料量，會根據牠們的實際產乳量來決定。產乳量高的牛，獲得較多的精料；產乳量低的牛，獲得較少的精料。不過，每頭牛每天至少會獲得 2 公斤的精料作為基本配額。而這個基本配額，會隨產乳量增加而提高：經產牛每多產 1 公升的奶，精料就增加 0.3 公斤；初產牛每多產 1 公升的奶，精料增加 0.5 公斤。所有乳牛每天至少在擠乳機裡吃到 1 公斤的精料。精料分配量每兩週檢討一次，並視需要進行調整。擠乳機的精料釋放是以「少量但持續供應」的方式進行，初產牛最多每分鐘釋放 500 克或經產牛 600

克。如果是擠乳速度比較慢的牛，擠乳機會自動減慢釋放速度。OOPF 的精料釋放方式也是少量持續供應，最高每分鐘給予 400 克。乳牛可以自由進出 OOPF，不限停留多久，直到當天的 OOPF 精料配額吃完為止，之後就不會再提供額外的精料。

不同精料餵飼區分配策略下，兩組牛的擠乳頻率、產乳量、躺臥時間與 PMR 採食量無顯著影響（表 1）。另外發現，高比例精料分配於 OOPF 的牛隻（低擠乳機精料），符合預期 OOPF 的造訪次數與使用時間顯著增加，PMR 採食量無顯著差異，雖然擠乳機內精料剩餘量有處理差異，但牛隻可能以更多的 OOPF 造訪次數來補償擠乳機精料的減少，進而使得產乳量組間無差異；高擠乳機器精料的牛隻，精料採食量的日間波動性較大，這可能降低營養攝取的一致性，影響牛隻健康。

但值得注意的是，本研究試驗期僅四週，可能未能觀察較長期的適應變化。Livshin 等（2002）指出，牛隻對管理變更的適應期可能長達三個月。未來研究可進一步延長試驗期，並在不同牛群與飼養密度下重複驗證本研究結果。目前這項研究重點如下：

1. 改變精料分配位置（擠乳機器人 vs. 站外補料器 OOPF），不會顯著影響乳牛的擠乳頻率、產乳量或躺臥時間。

表 1. 探討改變精料分配比例，高擠乳機精料組與低擠乳機精料組週數對各觀察指標的影響

項目	週數	高擠乳機精料組	低擠乳機精料組	處理 p 值	週數 p 值	處理 × 週 數 p 值
OOPF 造訪次數	0	27.3 ± 1.62 ¹²³⁴	26.1 ± 1.62 ¹²³⁴	0.001	<0.001	<0.001
	1	24.3 ± 1.62 ^{a04}	31.9 ± 1.62 ^{b0}			
	2	24.0 ± 1.62 ⁰⁴	30.7 ± 1.62 ⁰			
	3	22.2 ± 1.62 ^{a04}	30.1 ± 1.62 ^{b0}			
	4	16.4 ± 1.62 ^{a0123}	30.4 ± 1.62 ^{b0}			
OOPF 停留時間 (分鐘)	0	15.93 ± 0.501234	15.24 ± 0.50123	<0.001	<0.001	<0.001
	1	13.74 ± 0.50a0234	17.06 ± 0.50b0			
	2	11.43 ± 0.50a0134	17.36 ± 0.50b0			
	3	8.77 ± 0.50a01234	16.76 ± 0.50b0			
	4	5.98 ± 0.50a0123	16.30 ± 0.50b			
被拒絕擠乳次數	0	4.02 ± 0.70	4.72 ± 0.70	0.75	<0.001	0.17
	1	4.57 ± 0.70	5.20 ± 0.70			
	2	4.94 ± 0.70	4.54 ± 0.70			
	3	5.61 ± 0.70	5.07 ± 0.70			
	4	5.95 ± 0.70	4.91 ± 0.70			
擠乳頻率	0	3.62 ± 0.072	3.54 ± 0.072	0.221	<0.001	0.225
	1	3.64 ± 0.072	3.51 ± 0.072			
	2	3.48 ± 0.072	3.27 ± 0.072			
	3	3.51 ± 0.072	3.49 ± 0.072			
	4	3.58 ± 0.072	3.52 ± 0.072			
擠乳機停留時間 (分鐘)	0	25.1 ± 1.04	26 ± 1.04	0.62	0.068	0.047
	1	27.5 ± 1.04	25.6 ± 1.04			
	2	25.9 ± 1.04	24.2 ± 1.04			
	3	25.4 ± 1.04	25.4 ± 1.04			
	4	26.2 ± 1.04	25.6 ± 1.04			
剩餘未吃精料 (克)	0	194 ± 20.114	194 ± 20.11	<0.001	<0.001	<0.001
	1	346 ± 35.8a023	118 ± 12.2b02			
	2	219 ± 22.714	251 ± 261			
	3	162 ± 16.714	172 ± 17.8			
	4	507 ± 52.5a023	170 ± 17.6b			
PMR 採食量 (公斤)	0	46.9 ± 1.834	47.7 ± 1.83124	0.23	<0.001	<0.001
	1	45.9 ± 1.83a34	54.7 ± 1.83b04			
	2	50.1 ± 1.834	55.2 ± 1.8303			
	3	51.6 ± 1.8314	50.0 ± 1.8324			
	4	37.6 ± 1.830123	37.5 ± 1.83013			
乳量 (公斤)	0	38.2 ± 1.07234	37.2 ± 1.071234	0.48	<0.001	<0.001
	1	38.3 ± 1.07234	34.5 ± 1.07024			
	2	35.0 ± 1.070134	33.2 ± 1.0701			
	3	32.5 ± 1.07012	33.7 ± 1.070			
	4	32.6 ± 1.07012	32.9 ± 1.0701			
臥躺時間 (時/日)	1	11.8 ± 0.4	13.0 ± 0.4	0.09	0.25	0.16
	2	12.1 ± 0.4	12.8 ± 0.4			
	3	12.0 ± 0.4	12.5 ± 0.4			
	4	12.1 ± 0.4	13.0 ± 0.4			

註：OOPF 為站外補料站 (Out-of-parlour feeders)。小寫上標字母的數值，表示同列處理之間存在顯著差異 (p<0.05)；具有不同上標的數值，表示週數之間存在顯著差異 (p<0.05)。

2. 將較高比例精料放在 OOPF，會顯著增加牛隻拜訪 OOPF 的頻率與停留時間。

3. 牛隻會主動調整行為以獲取精料，但整體採食量與舒適度（躺臥時間）維持穩定。

4. 為自動擠乳系統中的飼料分配策略提供重要依據，可彈性分配飼料位置區與時間，精料餵飼不必依賴擠乳同步進行。

策略轉型與效益評估

過去文獻曾指出，僅需 300g 精料即可誘發牛隻自主進站擠乳（Scott et al., 2014），甚至部分研究認為擠乳站內精料供應量與擠乳頻率關聯不大（Hare et al., 2018；Menajovsky et al., 2018；Paddick et al., 2019）。無飼料策略或低擠乳機精料搭配高品質 PMR 與 TMR，避免短時間過量精料引發的營養失衡與消化道疾病，進而改善蹄病與乳房炎等健康問題（Lee Rainville, 2024）。同時，擠乳站內粉塵污染與設備維護負擔也大幅降低。

執行重點與挑戰

1. 初期過渡期—乳牛原本習慣進擠乳站吃精料，一旦取消飼料供應，會有適應期。這段期間，飼養管理人員必須密切觀察牛群的擠乳頻率與行為模式，並適時調整管理措施。

2. 營養與行為管理同步優化—餵飼策略要重新設計，確保 TMR 日糧品質與營養均衡，讓乳牛不會因為「進站沒飼料吃」而降低採食量或反芻率。同時，也可以利用牛隻的社會階層與動態行為，讓高泌乳牛帶動低泌乳牛，形成自然的進站節奏。

3. 環境與舒適度提升—擠乳站的設計與舒適度變得更加重要。當擠乳站不再提供飼料誘因時，擠乳站內的空間寬敞度、乾淨度、照明、通風等，直接影響乳牛是否願意自主進站。

結論

這些發現為無飼料策略提供了科學基礎。近期 OOPF 試驗也顯示，不同精料分配策略對擠乳頻率的影響有限，但高精料比例反而造成日間採食量波動加劇，可能不利於營養攝取穩定性與健康（Sharipov et al., 2020）。自動化擠乳系統的餵飼策略，逐漸從「高精料誘因」轉向「行為管理搭配高品質 TMR/PMR」，這種策略轉型不僅有助於提升牛群健康與營養平衡，也有望降低系統運作成本與維護負擔。未來，如何針對不同牛群結構、產乳高低與牧場管理目標，選擇最適合的餵飼策略，將是自動化擠乳系統優化的重要方向。

參考資料

- Bach, A., & Cabrera, V. E. (2017). Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7720-7728. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12278>
- DeVries, T. J., & Penner, G. B. (2022). Quantifying the eating and rumination behavior of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 290, 115351. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115351>
- Farm Advisory Service. (2024). *Automatic milking systems and feed management*. Retrieved from <https://www.fas.scot/downloads/automatic-milking-systems-and-feed-management/>
- Hare, T. A., Macmillan, K. L., & Golder, H. M. (2018). Effects of concentrate allocation strategy on feeding behavior, milk production, and metabolic health in grazing dairy cows supplemented with concentrate in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6205-6215. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14143>
- Harper, K., Oh, J., Giallongo, F., Lopes, J. C., Weeks, H. L., Pate, J., ... & Hristov, A. N. (2016). Preference for alfalfa haylage or corn silage-based diets and rumination time of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4081-4092. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10727>
- Johansen, F. P., Buijs, S., & Arnott, G. (2025). Providing concentrate feed outside of the milking robot increases feed intake in dairy cows without reducing motivation to visit the robot. *animal*, 101459. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101459>
- Lee Rainville. (2024). A new 'no-feed' strategy for robotic dairies. https://www.agproud.com/articles/60766-a-new-no-feed-strategy-for-robotic-dairies?fbclid=IwY2xjaWwH9FFBleHRuA2FlbQlxMQABHfL94snABIPdTnVaU53kruHq5HBJZCrKloeT49y0HOiMKsayKiQkre6gKQ_aem_GMoA2t0BtmV7Q76u5yWz0A
- Livshin, N., Maltz, E., & Antler, A. (2002). Adaptation of dairy cows to change in a computer-controlled concentrates feeding routine. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 11(1), 19-38.
- Menajovsky, L. B., DeVries, T. J., & Penner, G. B. (2018). Effects of concentrate allocation strategy and parity on behavior, health, and productivity of transition dairy cows fed with an automated milking system. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4431-4444. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13751>
- Paddick, N. L., Kerrisk, K. L., & García, S. C. (2019). The effect of different premilking feeding strategies in a robotic milking system on voluntary cow traffic and milk production. *Journal of Dairy Science*, 102(11), 10079-10091. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15756>
- Scott, V. E., Thomson, P. C., Kerrisk, K. L., & Garcia, S. C. (2014). Influence of provision of concentrate at milking on voluntary cow traffic in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1481-1490.
- Sharipov, R., Heikkilä, A. M., & Juga, J. (2020). Effects of concentrate feeding in an automatic milking system on milk yield and milk composition. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 694-706. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16580>
- Solano, L., Schuenemann, G. M., & DeVries, T. J. (2022). Effect of automatic milking system and feeding management on the lying and feeding behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(6), 5302-5315. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21253>
- Tse, C., Barkema, H. W., DeVries, T. J., Rushen, J., & Pajor, E. A. (2018). Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' management practices and perceptions. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 3246-3258. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13528>