

應用智慧化水簾及 變頻式設備優化豬舍降溫 換氣循環達到節能減碳

◎南區分所／黃憲榮

前言

熱緊迫 (heat stress) 是動物對不利生存的高溫環境所產生的反應，包括採食量下降、腸道功能受損、免疫反應減弱及繁殖性能不佳等現象。其中母豬因熱緊迫使體內熱負荷升高，致使採食量下降與發生焦躁不安之行為，進而被壓死的仔豬頭數偏高，影響母豬之繁殖性能、豬肉市場供需及養豬業者之收入，嚴重影響豬隻的生產效益。將豬舍室內環境增加通風、溫度與濕度控制調節等設施，打造出豬隻適宜的生長環境且兼顧能源節約。負壓水簾系統能帶動新鮮空氣與水分子，達到為畜舍降溫與換氣的功效。低碳能源管理智慧化水簾應用，有別於傳統安裝水簾設備，此系統整合智慧監控技術應用與雲端可視化，在辦公室就能清楚了解現場的狀況。導入新式降溫循環設備，期能提升養豬產業整體競爭力及永續利用，強化農業溫室氣體減量技術與能量。

水簾式豬舍對空氣品質、母豬生產及減碳排放效益

水簾在運作時，水往下流而風可以橫向穿過而進入畜舍，如此可使得水分蒸發到氣流中，達到蒸發冷卻之效果。水簾式系統之

畜舍需維持良好的氣密性，確保建築結構無裂縫、孔洞或其他未預期的開放處，所有通風氣流應經由水簾進入，以確保最佳冷卻效果，避免氣流外洩導致水簾系統效能降低與資源浪費。由於水簾系統的設計會使畜舍內部產生約 17 至 25 Pa 的靜壓降，若畜舍結構存在裂縫或孔洞密閉性不足，外部熱空氣便可能因此壓差而被吸入，影響內部環境的冷卻效果。在馬達加裝變頻器組（以下簡稱變頻組）之控制條件為舍內溫度到達28℃ 啟動風扇，以單相60赫茲 (Hz) 頻率100 % 功能全速運轉；溫度達26℃，風扇以80% 功能運轉；溫度達24℃ 以60% 功能運轉；溫度達20℃ 以40% 功能運轉。另外在馬達無加裝變頻組（以下簡稱非變頻組）之控制條件為舍內溫度到達28℃，風扇以60 Hz 頻率全速運轉。變頻組及非變頻組之舍內溫度，若達28℃ 則自動啟動水簾設施運作。

試驗期間豬舍內溫度、相對濕度、二氧化碳及氨濃度變化，列於表1。非變頻組之相對濕度顯著較變頻組高 ($P < 0.05$)，非變頻組之氨氣濃度顯著較變頻組低 ($P < 0.05$)。現代禽舍通風系統可以快速減少密閉飼養空間中的氨氣，但也相對的加快了氨氣排放

至環境中的速度。氨氣對生態系統、環境、畜禽及人類的健康會產生不利影響。最佳的暴露限值是 <10 ppm，但短暫的高於 25 ppm 也無害(Miles *et al.*, 2006)。試驗數據顯示，各組皆呈 <10 ppm，對豬隻呼吸系統無不利影響。畜舍外溫度顯著高於非變頻組及變頻組 ($P < 0.05$)。非變頻組之相對濕度顯著高於變頻組及畜舍外 ($P < 0.05$)，而變頻組顯著高於畜舍外 ($P < 0.05$)，推測非變頻組水簾較變頻組啟動時間較長所導致。變頻組之二氧化碳顯著高於畜舍外 ($P < 0.05$)。變頻組之氨氣濃度顯著高於非變頻組及畜舍外 ($P < 0.05$)，而非變頻組顯著高於畜舍外 ($P < 0.05$)。環控分娩豬舍加變頻器對母豬及其哺乳仔豬生長性能之影響，列於表2。變頻組與非變頻組之哺乳仔豬生長性能間無差異。環控分娩豬舍有無加變頻器之用電量與用水量比較，列於表3。試驗10個月期間之變頻組用電量較非變頻組減少6,285.5度，依據能源局公布112年度電力排碳係數 0.494 公斤 CO_2 /度換算，減少約3,105公斤碳排放量 ($6285.5 \times 0.494 = 3,105$)。變頻組用

水量較非變頻組減少 27.7 m^3 ，以能源局公布之111年度每度 CO_2 排放約當量 0.156 公斤 CO_2 /度，換算可減少約4.32公斤碳排放量 ($27.7 \times 0.156 = 4.32$)。合計使用變頻組之碳排放量能較非變頻組減少3,109.32公斤 CO_2e 。

結語

透過電腦系統根據溫度變化自動調節感應控制器，進而控制抽風扇的啟動、運轉速率及關閉時機，較傳統畜舍所使用的非變頻大風扇更能有效改善分娩舍內的整體環境，提供母豬分娩得到更舒適的生產條件。非變頻式風扇運轉時，壓縮機啟動與停止頻繁，導致瞬間耗電量大，不僅造成能源浪費且產生較大噪音。而變頻式能隨室溫改變運轉頻率，不會有頻繁之啟、停現象產生，且電動機中轉速與電源頻率成正比，適當的改變供電頻率，即能夠有效的改變其轉速，因此較為省電達到節約能源的目的，且變頻控制可使室內的溫度變化範圍縮小，而提供符合畜禽需求的舒適環境。

表 1. 變頻組與非變頻組設備試驗豬舍之微氣候與空氣品質

項目	變頻組	非變頻組	畜舍室外
溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	23.5 ± 1.2^b	22.7 ± 1.5^b	26.4 ± 3.2^a
濕度 (%)	85.5 ± 0.86^b	87.4 ± 0.83^a	81.2 ± 4.6^c
二氧化碳 (ppm)	439.4 ± 5.9^a	422.5 ± 5.1^{ab}	405.4 ± 5.2^b
氨 (ppm)	2.39 ± 0.21^a	1.98 ± 0.15^b	0.37 ± 0.07^c

變頻組：馬達加變頻器，非變頻組：馬達不加變頻器

變頻組及非變頻組各 10 頭哺乳母豬；變頻組哺乳仔豬 102 頭及非變頻組 B 棟哺乳仔豬 105 頭

表 2. 環控分娩豬舍有無加變頻器對仔豬生長性能之影響

項目	變頻組 (n = 102)	非變頻組 (n = 105)
4 週齡育成率 (%)	85.3 ± 3.40	83.8 ± 3.21
仔豬體重 (kg)		
出生	1.31 ± 0.23	1.35 ± 0.30
3 週齡	4.47 ± 1.20	4.55 ± 1.25
4 週齡(離乳)	6.07 ± 1.58	6.11 ± 1.37
平均仔豬攝食量 (克/天/頭)	112.5 ± 2.42	113.6 ± 2.59

變頻組：馬達加變頻器，非變頻組：馬達不加變頻器

試驗變頻組哺乳仔豬 102 頭及非變頻組哺乳仔豬 105 頭

表 3. 比較環控分娩豬舍(1-10 月)有無加變頻器之用電量及用水量

組別	非變頻組		變頻器組		(1) - (2) 用電量	(3) - (4) 用水
項目	用電量 ⁽¹⁾ (kwh)	用水量 ⁽³⁾ (m ³)	用電量 ⁽²⁾ (kwh)	用水量 ⁽⁴⁾ (m ³)	減少 (kwh)	量減少 (m ³)
1-2 月用量 (2 個月)	2775.6	22.1	2049.9	18.3	725.7	3.8
3-5 月用量 (3 個月)	6847.7	38.7	4295.6	28.0	2502.1	10.7
6-8 月用量 (3 個月)	5714.0	37.8	3907.3	27.8	2582.4	10.0
9-10 月用量 (2 個月)	3797.9	30.2	2596.9	27.0	3703.1	3.2
累計 1-10 月 用量	19135.2	128.8	12849.7	101.1	6285.5	27.7

變頻組：馬達加變頻器，非變頻組：馬達不加變頻器