

# 環境閾值應用於乳牛熱負荷管理

## 前言

乳牛飼養管理中，牛隻體內熱負荷（heat load）過高會降低採食量、產乳量及減少受孕率。因此，針對環境帶來的熱緊迫，合理調整飼養環境減少熱緊迫，不僅能減少對牛隻的負面影響，還能提升生產效率與增進動物福利；而應用環境閾值（threshold），可以讓熱平衡管理事半功倍。

動物面對環境熱變化，其生理與行為反應往往不是簡單的直線型關係，而是在溫度或溫濕度指數（temperature humidity index, THI）達到某個數值後，生理與行為反應以不同趨勢急遽上升或下降。許多研究採用分段迴歸（piecewise regression）或斷棒模型（broken stick model）搭配赤池資訊量準則（Akaike information criterion）進行擬合分析，並定義AIC最低值所對應的斷點閾值，透過統計找出最佳動物生理指標模型及變化趨勢的臨界點。

## 環境閾值的產生

環境閾值是衡量乳牛對環境熱壓力耐受能力的重要指標。例如，泌乳牛的呼吸速率閾值為THI 67.1，而直腸溫度的閾值則為THI 69.8（Yan *et al.*, 2021）。當THI逐漸增加並達到這些數值時，乳牛的呼吸速率和體溫會以不同速率急速上升。這變化意味著當環境THI達到 67.1 時，原本趨於恆定或變化不大的呼吸速率需要大幅提升，透過增加潮氣量（tidal volume）將熱排出身體，才能應對體內的熱負荷增加情形。當THI達到 69.8 時，

◎ 畜產經營組／李佳蓉、范耕榛、林正鏞

牛隻用於平衡體溫的生理或行為策略都不足以緩解熱增加情形，體溫就會呈現急遽上升現象。

不同生產階段及泌乳量會影響閾值表現。例如，泌乳初期（泌乳天數60天）的母牛直腸溫度閾值為THI 67.8（圖1），泌乳中後期（泌乳天數 > 150 天）則為THI 70。此外，高產乳牛（日產乳量 > 39 kg）的直腸溫度閾值為THI 68（圖2），而低產乳牛（日產乳量 26 kg）則為THI 70.2。犢牛的體溫閾值高達THI 88（Kovács *et al.*, 2020），顯著高於成牛，顯示不同年齡的牛隻在熱負荷耐受性上存在顯著差異。

除了生產階段與泌乳量外，動物的健康狀態和毛色也會影響閾值。Gaughan *et al.* (2008) 透過喘氣分數分析肉牛的熱負荷閾值，發現健康牛隻的閾值高於不健康牛隻，意即健康牛隻比不健康牛隻更耐熱。在毛色方面，白毛牛因白色毛皮反射更多的陽光，降低熱吸收，較黑毛牛更耐熱。此外，飼養環境也對閾值有顯著影響，例如，相較於潮濕墊料環境，乾燥墊料環境下的牛隻閾值較高，這結果代表環境的微氣候條件對牛隻的熱耐受性至關重要。

## 環境閾值的應用

這些閾值為飼養者提供了重要的科學依據，有助於及早採取預防措施，避免生產力的重大損失。例如當環境快速變化且預期會達到閾值時，飼養者可以提高風速增加蒸散速率，或是啟動灑水或噴霧等降溫系統快速降低周圍環境溫度。此外，改善飼養環境設

施，例如延長或加大遮蔭結構阻斷輻射熱或增加刮糞次數使環境乾燥，也能有效減少熱負荷。針對長期處在高於閾值的環境，飼養者可採取更具系統性的調整策略。例如，根據季節變化提前規劃飼料配方，增加飼料中的高消化率成分或提供足夠的電解質補充，有助於減少高熱負荷對牛隻消化與代謝的負面影響。炎熱天氣中增加集中淋浴操作，可以直接且有效地降低牛隻核心體溫。

結語

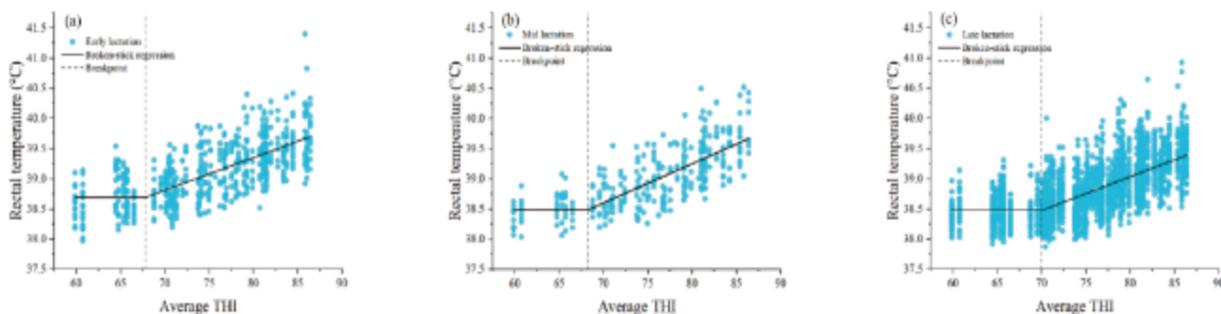
環境閾值的應用意義不僅侷限於熱緩解措施的即時性，還包括提升飼養管理的科學化與精準化。透過對環境閾值的研究，飼養者能更準確地採取適當的預防措施，最大限度地減少因熱緊迫導致的經濟損失與動物健康風險，也為未來優化飼養技術與提升動物福利奠定重要基礎，並在熱緊迫領域開創新局面。

參考文獻

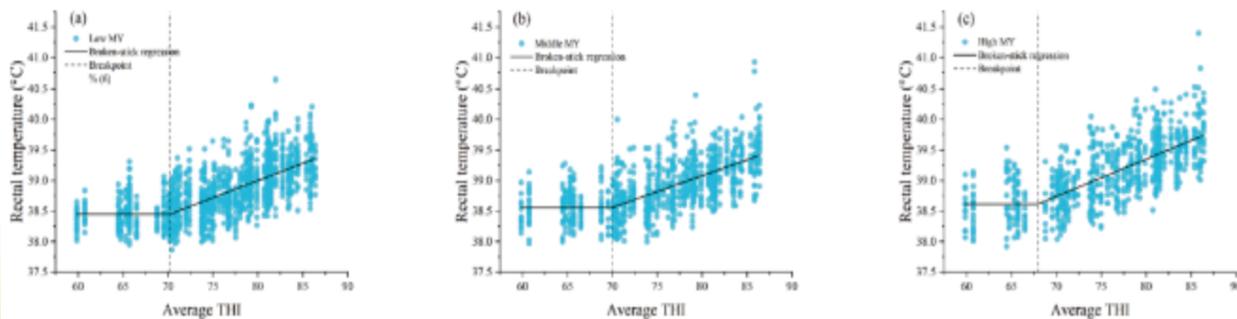
Gaughan, J. B., T. L. Mader, S. M. Holt, and A. Lisle. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86: 226-234.

Kovács, L., F. L. Kézér, P. Póti, N. Boros, and K. Nagy. 2020. Upper critical temperature-humidity index for dairy calves based on physiological stress variables. *J. Dairy Sci.* 103: 2707-2710.

Yan, G., K. Liu, Z. Hao, Z. Shi, and H. Li. 2021. The effects of cow-related factors on rectal temperature, respiration rate, and temperature-humidity index thresholds for lactating cows exposed to heat stress. *J. Therm. Biol.* 100: 103041.



▲圖1. 泌乳早期(a)、泌乳中期(b)與泌乳晚期(c)的泌乳牛，體溫對應環境THI的閾值不同，泌乳晚期泌乳牛的體溫閾值較中期與早期牛群高。(資料來源 Yan *et al.*, 2021)



▲圖2. 低乳量(a)、中乳量(b)與高乳量(c)的泌乳牛，體溫對應環境THI的閾值不同，高乳量泌乳牛的體溫閾值較中低乳量牛群低。(資料來源 Yan *et al.*, 2021)