

應用統合分析評估高溫緊迫對豬隻生產表現之影響

◎南區分所／梁筱梅

統合分析 (Meta-analysis) 之概念

統合分析透過將多篇主題相近且彼此獨立的研究結果進行量化合併，以獲得較客觀且具代表性的整體估計結果。相較於僅依單一研究結果推論，統合分析可降低因個別研究設計、樣本數或研究情境差異所造成的不確定性，並提升效果估計之穩定性與可檢核性。在研究流程上，研究者先依預先制定的策略全面蒐集文獻、評估研究品質、並訂定明確的納入與排除標準；再以統計模型對納入研究結果進行加權整合，產生整體性估計與信賴區間。統合分析的應用領域廣泛，除醫學與臨床試驗外，亦常見於公共衛生、心理學、教育學及經濟學等領域，能整合既有科學證據並支援決策。

評估高溫緊迫對豬隻生產表現影響

Le Dividich 等人 (1998) 指出，多篇研究在 20 - 30°C 溫度範圍內觀察到豬隻採食量隨溫度升高而下降，但不同研究的下降幅度約介於每升高 1°C 減少 40 - 80 g/日。此一高度變異可能源自：動物特性（品種、體重、生理狀態及性別）、環境條件（舍飼型態、飼料組成、管理方式及衛生狀況）、其他環境因素（如相對濕度）及實驗設計（豬隻數量、溫度處理數及暴露時間）等因素或其交互作用。由於上述多因子難以在單一試

驗中同時完整探討，故透過統合分析彙整所有已發表的研究結果，可在更廣泛的環境與育種情境下，更精確地估計高溫緊迫對豬隻生產表現之影響情形。

Renaudeau 等人 (2011) 為建立熱緊迫條件下生長育肥豬的動物與舍飼特性、飼糧組成及平均日採食量 (Average Daily Feed Intake, ADFI) 與平均日增重 (Average Daily Gain, ADG) 等資訊之資料庫，收集 71 篇已發表文獻 (PubMed、ScienceDirect 收錄期刊論文及科學會議論文集)，並篩選納入資料庫研究之條件須符合：1. 研究方法 (舍飼方式、飼養管理) 描述充分；2. 試驗飼養之生長育肥豬其初始平均體重大於 10 kg；3. 試驗期間自由採食與飲水；4. 溫度可控制；5. 飼糧粗蛋白大於 12%；6. 試驗期達 7 天以上；7. 至少有 2 種溫度處理。符合平均日採食量分析標準者為 47 篇研究、86 個試驗報告及 202 個溫度處理值；符合平均日增重分析標準者為 43 篇研究、80 個試驗報告及 182 個溫度處理值。分析依變項項目包括：平均日採食量 (g/日，或以代謝體重校正之 g/kg BW^{0.60}/日)、平均日增重 (g/日) 及飼料轉換率 (Feed Conversion Ratio, FCR) (kg 飼料/kg增重)。由於並非所有觀測值皆具備完整資料，各應變項之分析樣本數可能不同。

部分資料因報告不一致需由原文數據推算；若無法推算則視為隨機缺失（missing at random）。若飼糧代謝能（Metabolizable Energy, ME）未報告，則依飼糧可消化能（Digestible Energy, DE）、法國國家農業研究院（Institut National de la Recherche Agronomique, INRA）飼料成分表所推得之 ME/DE 比值及飼料原料描述估算 ME。彙集各研究資料顯示可分析的文獻溫度範圍約 14 - 36°C（平均約 26.2°C），試驗期平均約 45 天，豬隻體重範圍約 14 - 101.5 kg；跨試驗豬隻平均日採食量 1,837 g/日、平均日增重約 702 g/日、飼料轉換率約 2.62 kg/kg。統合分析結果顯示：

1. 高溫效應呈非線性且具加速特性：

溫度對平均日採食量與平均日增重之影響並非單純線性，而呈曲線型變化：溫度越高，採食量與增重下降速度越快。此一「加速型下降」特徵對現場管理具有重要意義，顯示高溫端（例如 30°C 以上）的小幅升溫可能導致更顯著的生產損失。

2. 體重增加提高對高溫的敏感性

研究指出環境溫度與增重之交互作用顯著，顯示體重較大的豬隻對高溫更敏感（如圖1）。以 20 - 30°C 區間為例，依平均日採食量推估，每升高 1°C 50 kg 豬隻約下降 32 g/日，而 100 kg 豬可達 78 g/日。此一結果亦可用以解釋文獻中 40 - 80 g/日之差異範圍，因為豬隻體重差異本身即可造成顯著幅度差距。此外，估算豬隻耐熱臨界溫度（Critical Temperature, CT）分析顯示，平均日採食量的耐熱臨界溫度會隨體重增加而下降；即豬隻體重從 10 至 90 kg，豬隻臨界溫度可由約 30°C 下降至約 21°C，亦即育肥後期體重較重的豬可能在尚未達極端高溫時，即開始出

現採食與增重下降，使熱緊迫壓力更早出現。

3. 飼養方式、濕度及研究設計差異可能影響研究間異質性

統合結果顯示飼養方式（群飼/個飼）會影響平均日採食量的整體水平，群飼平均採食量較低，可能與飼槽競爭相關；然而飼養方式（群飼/個飼）的採食量不一定會隨溫度升高而增加。另相對濕度（Relative Humidity, RH）在資料中多低於 80%，因此統計上不顯著。然而這些不同試驗之豬隻環境溫度適應期、暴露時間及溫度是否波動等研究設計差異，皆可能是造成研究間異質性之來源。

4. 實務應用層面

在 20 - 30°C 的中度升溫區間，豬隻之飼料轉換率均相似，顯示增重下降主要由採食量下降所致。因此，凡能維持採食或降低熱負荷之管理與降溫措施（如通風、降溫、調整餵飼時段、提高營養密度、確保飲水供應及降低競爭）皆可能對維持生長表現具有直接效益。當溫度進一步升高而散熱效率可能開始惡化時，飼養管理策略更需以降低整體熱負荷為核心，進行更全面之環境改善（如圖2）。

結語

統合分析為一種以統計方式整合多篇研究證據之方法，可降低描述性回顧之選擇性偏誤，強調效果量與估計精準度，並可進一步解析研究間異質性與調節因子；然而其推論亦受限於納入研究品質、異質性程度及資料缺漏。將統合分析應用於「環境溫度升高對生長育肥豬生產表現」之議題，可得到較清楚的定量結論：高溫造成採食與增重呈加速下降，且體重越大敏感度越高、耐熱臨界溫度越低。此類證據不僅有助於更準確估計

熱緊迫造成的生產損失，亦可作為高溫季節及豬隻育肥後期之環境管理、營養調整與耐熱性研究設計的重要參考。

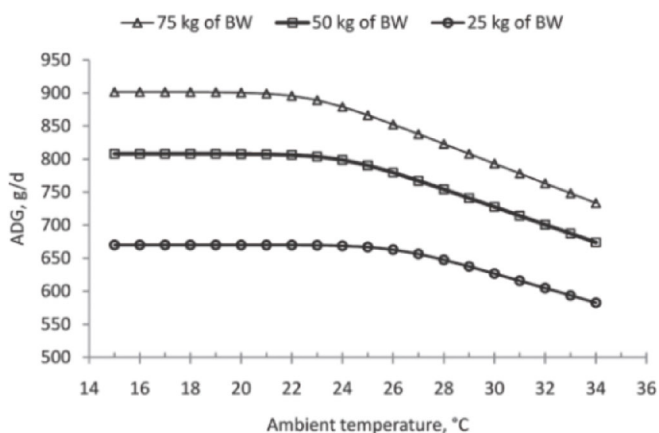
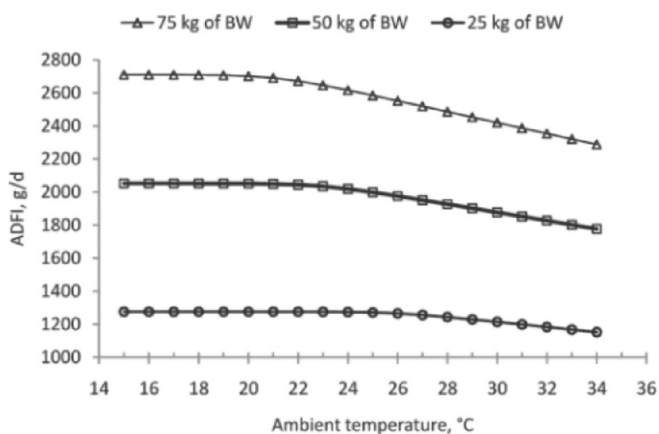
參考文獻：

Le Dividich, J., J. Noblet, P. J. Herpin, V. Milgen, and N. Quiniou. 1998. Thermoregulation. In *Progress in Pig Science*. J. Wiseman, M. A. Varley, and J. P. Chadwick, ed. Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK.

Scheidt S., P. Vavken, C. Jacobs, S. Koob, D. Cucchi, E. Kaup, D. C. Wirtz, and M. D. Wimmer. 2019. Systematic reviews and meta-analyses. *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 157(4),392 – 399.

<https://doi.org/10.1055/a0751-3156>

Renaudeau D., J. L. Gourdine, and N.R. St-Pierre 2011. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. *J Anim Sci.* 89 (7), pp.2220-2230. [ff10.2527/jas.2010-3329ff](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3329). [ffhal-02646507f](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3329ff)



▲圖2. 畜試所黑豬群養情形示範。

圖1. 統合分析環境溫度與豬體重（25、50及75kg）對平均日採食量與平均日增重的影響，顯示高溫環境對體重較重的豬隻影響較大（Renaudeau *et al.*, 2011）。