

環境溫度與飼糧離胺酸及能量比對生長及肥育豬生長生理性狀及氮蓄積率之影響⁽¹⁾

王信凱⁽²⁾ 姜樹興⁽²⁾ 徐阿里⁽³⁾ 李恒夫⁽⁴⁾⁽⁵⁾

收件日期：97年5月14日；接受日期：97年7月29日

摘要

本試驗目的在於探討環境溫度與飼糧離胺酸及代謝能比 (lys/ME, g/Mcal) 對生長豬及肥育豬生長性能、生理性狀及氮蓄積率之影響。24 頭 LD 雜種豬，公母各半，以體重為區集，分別於生長期 (35.0 - 53.4 kg) 及肥育期 (60.9 - 69.2 kg) 進行試驗。試驗採 3×2 複因子，三種環境溫度 (21、27 或 33℃)，兩種 lys/ME (生長期：2.61 及 2.87 g/Mcal；肥育期：2.12 及 2.55 g/Mcal) 飼糧，而飼糧代謝能均為 3.3 Mcal/kg。試驗期間，測定豬隻呼吸速率、直腸溫度、體重、飼料採食量、飼料利用率、氮蓄積率、背脂厚度、血液 pH、CO₂ 分壓、O₂ 分壓、HCO₃⁻ 及 TCO₂ 濃度。結果顯示，溫度與飼糧 lys/ME 在各種測定性狀間皆無交互作用 (肥育期直腸溫度除外)。與 21 及 27℃ 組相較，33℃ 組之生長及肥育豬日增重及飼料採食量較低 (P < 0.05)；直腸溫度及呼吸速率較高 (P < 0.01)；血液 HCO₃⁻ 及 TCO₂ 濃度較低 (P < 0.05)；氮蓄積率則無差異。提高 lys/ME 對生長及肥育豬隻生長性能、呼吸速率、直腸溫度及氮蓄積率皆無影響，但顯著地提高血液 pO₂ 分壓及降低 TCO₂ 濃度 (P < 0.05)。綜合以上，氣溫 33℃ 已對生長及肥育豬造成熱緊迫，而提高飼糧 lys/ME 在各溫度組皆無法改善豬隻之生長生理性狀及氮蓄積率。

關鍵詞：離胺酸、溫度、氮蓄積、豬。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1471 號。

(2) 東海大學農學院畜產與生物科技學系。

(3) 南榮技術學院餐飲管理系。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(5) 通訊作者，E-mail：herngfulce@mail.tlri.gov.tw。

緒言

台灣地處亞熱帶，全年高溫期長達 8 個月，且高溫多濕，常造成豬隻熱緊迫。熱緊迫會使豬隻直腸溫度與呼吸速率提高，改變血液 CO_2 分壓 (pCO_2)、 HCO_3^- 、 O_2 分壓 (pO_2) 及 pH 值 (Christon, 1988; Curtis, 1983; Rose, 1989)。熱緊迫下，豬隻為降低熱產生量，會減少其飼料採食量，因而影響豬隻日增重及飼料利用效率，可能造成生長性能變差。另外，豬隻處於高環境溫度下，可能造成豬隻背脂增厚，使得屠體性能變差 (Lopez *et al.*, 1991; Kouba *et al.*, 2001; Rinaldo and Le Dividich, 1991)。研究發現，適當地提高飼糧離胺酸/代謝能 (lys/ME) 可以改善豬隻生長性能，提高氮蓄積率，降低背脂厚度 (Bikker *et al.*, 1994; Coma *et al.*, 1995; Le Bellego *et al.*, 2002)。在高溫下，豬隻因對能量的需求降低及需要降低熱產生量，而降低飼料採食量，導致離胺酸的攝取不足，故可能更需要提高飼糧中 lys/ME。

本試驗目的即在於探討高環境溫度下，提高飼糧 lys/ME 可否改善豬隻生長性能、降低背脂厚度及提高氮蓄積率，並測定生理及血液值，俾供熱季時改善豬隻生產之參考。

材料與方法

I. 試驗設計

本試驗分兩批次，每批次 12 頭，共使用 24 頭藍瑞斯 (L) × 杜洛克 (D) 二品種雜交豬，閹公豬女豬各半，每批次豬隻於生長期及肥育期進行試驗。豬隻分別飼於代謝籠，依性別及體重分配至六個處理。處理依 3×2 複因子設計，3 種環境溫度 (21、27 及 33°C)，2 種離胺酸/代謝能 (lys/ME，在生長期為 2.61 及 2.87 g/Mcal；在肥育期則為 2.12 及 2.55 g/Mcal) 飼糧。生長期及肥育期中除飼糧處理、餵飼量 (生長期採任飼，肥育期採限飼) 及糞尿收集天數 (生長期為 10 天，肥育豬為 5 天) 不同外，其他處理完全相同。試驗豬隻飼養於畜產試驗所營養組試驗豬場環控室，動物之使用、飼養及實驗內容，通過畜產試驗所「實驗動物審查小組」審查。

II. 環境控制及飼養管理

本試驗分兩批次，每批次自畜產試驗所產業組豬場內選取所需體重相近之豬隻 12 頭，移至營養組試驗豬場環控室飼養。在平均體重達試驗所需後 (生長豬 30 kg，肥育豬 60 kg)，禁食一晚，隔日早上再秤重一次，秤重後依性別及體重分成 6 組，隨即上架分別飼養於不銹鋼代謝籠中 (150 cm × 60 cm × 170 cm)，並飼予試驗飼糧。豬依組別之不同飼養於不同溫度處理之環控室內，試驗溫度處理分成高溫 (33°C)、中溫 (27°C) 或低溫 (21°C) 三組，適應期各組起始溫度皆為 27°C。適應期時，中溫組環控室溫度維持不變，高溫及低溫組則每日分別調整 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，至各組所需最終溫度後，維持恆定至試驗期結束。環控室溼度計及溫度計經溫溼度計統一校正絕對溼度後，溼度皆設定為 65%。豬隻經過 7 天適應期後，每天豬之排糞及尿均分別全量收集 (生長期：糞便收集十天，尿收集五天；肥育期：糞及尿均收集五天)，供給充足之飲水。試驗飼糧 (表 1) 以玉米及大豆粕為主配製，參考 NRC (1998) 20-50 kg 及 50-80 kg 生長豬及肥育豬飼糧所需營養分需要量，代謝能均為 3.3 Mcal/kg，但離胺酸含量則不同，分別調配出 lys/ME (g/Mcal) 為 2.61 及 2.87 兩種生長豬飼糧；2.12 或與 2.55 兩種肥育豬飼糧。試驗飼糧皆不添加結晶型離胺酸，完全以玉米-大豆粕作為離胺酸提供者，來調配飼糧所需之 lys/ME 值。

表 1. 生長及肥育豬飼糧組成

Table 1. Composition of experimental diets for growing and finishing pig

Pigs	Grower		Finisher	
lys/ME, g/Mcal	2.61	2.87	2.12	2.55
Ingredient	%			
Ground yellow corn	70.93	67.45	78.30	72.50
Soybean meal (44%)	25.66	29.14	19.20	25.00
Dicalcium phosphate	1.60	1.60	0.85	0.85
Limestone, pulverized	1.00	1.00	1.00	1.00
Salt	0.50	0.50	0.35	0.35
Vitamin premix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ²	0.15	0.15	0.12	0.12
Choline chloride (50%)	0.06	0.06	0.08	0.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated values				
ME, Mcal/kg	3.252	3.245	3.299	3.287
DE, Mcal/kg	3.351	3.347	3.393	3.387
Crude protein, %	16.48	17.73	14.72	16.88
Lysine, %	0.85	0.93	0.70	0.84
Calcium, %	0.85	0.86	0.66	0.67
Phosphorus, %	0.65	0.66	0.49	0.51
Analyzed values				
Crude protein, %	15.94	17.25	14.51	16.57
Lysine, %	0.87	0.96	0.74	0.87

¹ Provided per kilogram of diet: vitamin A, 6,000 IU; vitamin D₃, 800 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 4mg; riboflavin, 4 mg; pyridoxine, 1 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; niacin, 30 mg; pantothenic acid, 16 mg; folic acid, 0.5 mg; biotin, 0.1 mg.

² Provided per kilogram of diet: Fe, 140 mg; Cu, 7 mg; Mn, 20 mg; Zn, 70 mg; I, 0.45 mg.

III. 樣品收集與分析方法

分別於試驗開始及結束時，測定每處理之豬隻平均體重及飼料採食量，計算飼料利用效率，並以超音波背脂測定儀測定每頭豬第四、五肋骨之間、最後肋骨及最後腰椎，距背中線 3~8 公分之背脂厚度，取其平均值。於收集期開始及結束時，飼予含 0.1% 氧化鐵為紅色染劑之飼糧，以便識別最初及最後糞便之收集。每日每頭豬之糞均分別置於 55℃ 烘箱中，經 72 小時乾燥後置於室溫下平衡後秤重，粉碎後採樣 1/10，裝入夾鍊袋中保存以待分析。尿液自收集開始，每日收於集尿桶中。尿桶中加入 500 mL 1N H₂SO₄。每日尿量經秤重後取 1/10，保存於 4℃ 冰箱中，全數收集完成後混合均勻，取 350 mL 樣品，保存於 -20℃ 下待分析。豬隻於收集期結束時自頸靜脈採血，所得之血液立即予以冰浴，並隨即進行血液氣體分析。豬隻於試驗期開始於每日 08:00、14:00、

20:00 三時段測定呼吸速率，每回測定兩次，取其平均值作為當天當回之呼吸速率值。每日之呼吸速率值，為當天所測三回呼吸速率值之平均值。

飼糧、糞便及尿液樣品依照 AOAC (1984) 方法，以 Kjeldahl 法經凱氏氮蒸餾裝置 (Kjeltec system-1002, Foss Tector) 蒸餾滴定後，測定樣品含氮量。以計算每頭豬每日氮攝取量、糞氮排泄量及尿氮排泄量後，換算氮代謝值。血液以專用之氣體管抽取之靜脈血，經上下搖晃三次後，置於血液氣體分析儀 (型號: IL-1600, 美國Block Scientific 公司) 上，分析 pH 值、CO₂、O₂ 及 HCO₃⁻ 之分壓 (mm Hg) 及血液總 CO₂ 之濃度 (mmole/L)。

IV. 統計分析

試驗所得生長、血液氣體及氮蓄積率之數據以最小平方平均值 (least squares means) 表示之。呼吸速率及直腸溫度之數據以裂區 (split plot) 設計，其副區為複因子，進行統計分析。利用統計分析系統 (Statistical Analysis System; SAS, 2002) 套裝軟體，以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure, GLM) 複因子設計進行統計分析。如處理效應顯著 ($P < 0.05$)，則以最小平方平均值法，測定各處理間之差異。因環境溫度與 lys/ME 在大部分測定項目 (肥育期直腸溫度例外) 中之交互作用皆不顯著，故數據皆以主效應方式表示之。

結果與討論

本試驗中除了溫度與飼糧 lys/ME 對肥育豬直腸溫度之交互作用顯著外 (圖 4)，溫度與飼糧 lys/ME 在各種測定性狀間皆無交互作用。

I. 環境溫度的影響

(i) 生長性能及背脂厚度

環境溫度顯著地影響生長豬及肥育豬之日增重及每日飼料採食量及生長豬之背脂厚度 (表 2)。此結果與 Le Bellego *et al.* (2002) 報告豬隻飼養於熱緊迫之環境下 (33°C)，會較處於適溫帶 (23°C) 下，每日飼料採食量及日增重會降低，而增重/飼料相同之結果一致，此乃因日增重隨每日飼料採食量同幅度降低所致。但與 Lopez *et al.* (1991) 在肥育豬所發現，高溫下每日飼料採食量、日增重及增重/飼料皆會下降的結果不同。溫度影響生長豬背脂厚度之結果與豬隻飼養於高環境溫度下，會增加其體脂肪量及背脂厚度並不一致 (Kouba *et al.*, 2001; Close *et al.*, 1978)，但與 Le Bellego *et al.* (2002) 報告高溫降低生長豬背脂厚度與所得結果一致。Le Bellego *et al.* (2002) 報告中，豬隻背脂厚度雖較低，但是豬隻內臟間脂肪卻較多，故推測減少之脂肪可能轉變成內臟間脂肪儲存。環境溫度對豬隻生長性能之影響受到甚多因素的影響。溫度高低、環控室溫度控制為循環式或持續性、風速、豬隻日齡及飼養方法等都會是影響因素，故各個試驗間所得結果很難一致。一般來講，隨著溫度的升高，高溫首先降低豬隻之飼料採食量，依次為日增重，最後則降低增重/飼料。

本研究中，無論 21 或 27°C 都不影響生長豬或肥育豬之生長性能，顯示環境溫度在 27°C 時，並不會造成豬隻之熱緊迫；而 33°C 則會降低豬隻之飼料採食量及日增重，顯示 33°C 已造成生長或肥育豬之熱緊迫。而環境溫度持續升高或維持於造成熱緊迫之溫度下，則可能進一步降低增重/飼料。不過，本研究並未進一步測定環境溫度持續升高是否降低增重/飼料。

表 2. 環境溫度與飼糧 lys/ME 對生長及肥育豬生長性能及背脂厚度之影響

Table 2. Effects of environmental temperature and dietary lys/ME on growth performance and backfat thickness of growing and finishing pigs

Item	Temperature, °C				lys/ME, g/Mcal			P-value		
	21	27	33	SEM	2.61	2.87	SEM	Temp	lys/ME	Interaction ¹
Growing pigs										
Initial body weight, kg	35.50	35.02	34.67	0.85	35.26	34.86	0.70	0.789	0.690	0.998
Final body weight, kg	55.20 ^b	55.08 ^b	49.55 ^a	1.51	53.71	52.84	1.24	0.028	0.630	0.948
Daily gain, g	788 ^b	802 ^b	595 ^a	31	738	719	26	<0.001	0.613	0.789
Daily feed intake, g	1937 ^b	1896 ^b	1551 ^a	62	1831	1757	5	<0.001	0.318	0.306
Gain/feed	0.406	0.425	0.387	0.012	0.401	0.410	0.01	0.109	0.590	0.250
BF, mm [§]	14.50 ^c	13.00 ^b	11.33 ^a	0.27	12.44 ^a	13.44 ^b	0.22	0.001	0.023	0.064
Finishing pigs										
Initial body weight, kg	59.56	61.28	61.95	1.26	61.58	60.27	1.02	0.408	0.383	0.772
Final body weight, kg	69.20	70.54	67.85	1.49	68.93	69.47	1.21	0.461	0.757	0.881
Daily gain, g	567 ^b	545 ^b	347 ^a	56	432	541	46	0.028	0.115	0.983
Daily feed intake, g	2165 ^b	1865 ^{ab}	1638 ^a	101	1858	1920	82	0.036	0.616	0.694
Gain/feed	0.254	0.262	0.173	0.03	0.239	0.220	0.02	0.115	0.575	0.966
BF, mm [§]	14.24	14.63	14.79	0.37	14.31	14.83	0.27	0.533	0.168	0.569

¹ Interaction between environmental temperature and lys/ME.[§] BF, mm: backfat thickness was the average of backfat thickness of 5th rib, first rib and last lumbar.^{a,b,c} Values in the same row with different superscript letters were significantly different (P < 0.05).

(ii) 血液氣體

環境溫度對生長豬及肥育豬血液性狀之影響列於表 3。高溫組生長豬血液中 HCO_3^- 及總 CO_2 濃度 (TCO_2)，會顯著較中溫及低溫組者為低，但 pH、 pO_2 及 pCO_2 則無差異。高溫組肥育豬血液中 pCO_2 、 HCO_3^- 及 TCO_2 ，顯著較中溫及低溫組者為低。高溫導致豬隻血液 pH 及 pO_2 上升 (Aberle *et al.*, 1974)， HCO_3^- 下降 (Rose, 1989)，而 HCO_3^- 降低會導致血中氫離子濃度增加 (Rose, 1989)。Patience *et al.* (2005) 將 25 kg 之生長豬置於循環式之環控室中，短暫地接受高溫處理 (12 小時)，結果顯示，豬隻血液 pO_2 及尿液 pH 值會升高，但對血液 pH、 pCO_2 及 HCO_3^- 則無影響。

表 3. 環境溫度與飼糧 lys/ME 對生長豬及肥育豬血液 pH 及氣體之影響

Table 3. Effects of environmental temperature and dietary lys/ME on blood pH and gas of growing and finishing pigs

Item	Temperature, °C				lys/ME, g/Mcal			P-value		
	21	27	33	SEM	2.61	2.87	SEM	Temp	lys/ME	Interaction ¹
Growing pigs										
pH value	7.38	7.37	7.34	0.02	7.37	7.35	0.01	0.090	0.281	0.543
pCO_2 , mmHg	53.30	55.04	53.48	2.01	53.83	54.04	1.64	0.080	0.930	0.225
pO_2 , mmHg	40.8	38.2	44.0	2.09	37.86 ^a	44.08 ^b	2.48	0.160	0.020	0.650
HCO_3^- , mmole/L	31.7 ^b	31.5 ^b	29.0 ^a	0.5	31.2	30.2	0.4	0.001	0.095	0.148
TCO_2 , mmole/L	33.4 ^b	33.2 ^b	30.6 ^a	0.5	32.9 ^b	31.9 ^a	0.4	0.003	0.003	0.140
Finishing pigs										
pH value	7.38	7.38	7.41	0.01	7.37 ^a	7.40 ^b	0.09	0.151	0.050	0.487
pCO_2 , mmHg	52.55 ^b	50.30 ^{ab}	47.16 ^a	1.56	52.36 ^b	47.65 ^a	1.11	0.041	0.009	0.591
pO_2 , mmHg	42.3	51.9	54.4	1.7	42.08 ^a	58.25 ^b	2.67	0.108	0.001	0.586
HCO_3^- , mmole/L	31.1 ^b	30.0 ^a	29.8 ^a	0.6	30.8 ^b	29.8 ^a	0.3	0.047	0.025	0.370
TCO_2 , mmole/L	32.7 ^b	31.4 ^b	31.3 ^a	0.6	32.34 ^b	31.23 ^a	0.30	0.032	0.019	0.437

¹ Interaction between environmental temperature and lys/ME.^{a,b} Values in the same row with different superscript letters were significantly different (P < 0.05).

高溫下豬隻呼吸速率的增加，會加速 CO_2 的呼出，可能因而降低血液中 pCO_2 、 TCO_2 及 HCO_3^- ；如此理應導致血液 pH 值提高。惟本研究中，不論生長或肥育豬，高溫並未提高豬隻血液 pH 值，可能是因為長時間處於高溫，豬隻腎小管調整而降低 H^+ 離子之排泄，已重新產生一穩定路徑來維持 pH 恆定。

(iii) 呼吸速率及直腸溫度

環境溫度上昇顯著地提高生長豬及肥育豬之呼吸速率與直腸溫度（圖 1,2,3,4）。豬隻處於適溫帶，其體溫會處於一致範圍（Mount, 1974）。當環境溫度高或低於適溫帶之臨界溫度，因熱散失降低或提高熱產生量，而造成體溫改變，直腸溫度可能因而改變。Christon (1988) 及 Collin *et al.* (2001) 指出，高溫下豬隻之直腸溫度會顯著提高。Huynh *et al.* (2005) 指出，相對濕度較高時，豬隻蒸發性散熱會降低，使得高臨界溫度下降。另外，Renaudeau (2005) 之報告也顯示，不同品系豬隻之適溫帶範圍有些許差異。本試驗之環境溫度昇高，提高豬隻直腸溫度之結果與 Christon (1988) 及 Collin *et al.* (2001) 之結果相同。若以直腸溫度開始上昇之點作為高臨界溫度，則生長豬隻上限溫度約在 29°C ，肥育豬約為 27°C 。本研究中，高溫 (33°C) 組無論在生長或肥育豬，皆明顯地提高直腸溫度及呼吸速率，顯示 33°C 已對豬隻造成熱緊迫。

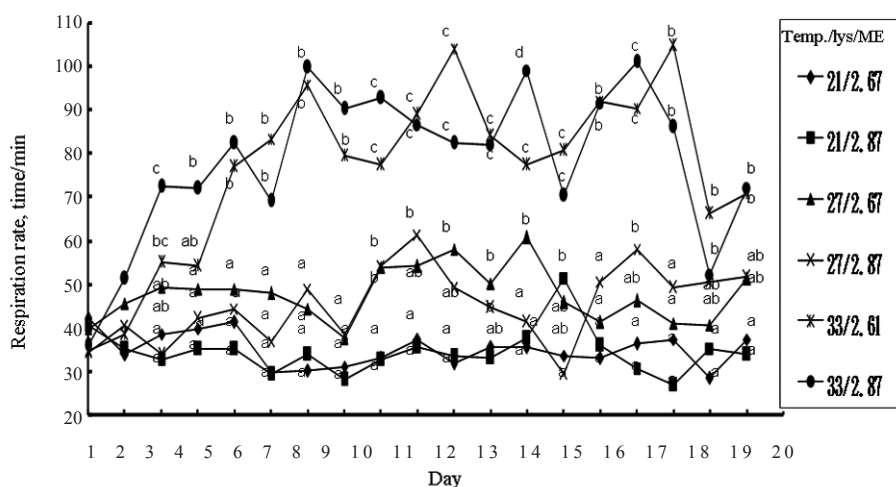


圖 1. 環境溫度與飼糧 lys/ME 對生長豬呼吸速率之影響。

Fig. 1. Effects of environmental temperature and dietary lys/ME on respiration rate of growing pigs.

^{a,b,c,d} Values in the same days with different superscript letters were significantly different ($P < 0.05$). Day effect: $P < 0.01$ (SEM = 3.18); temperature effect: $P < 0.01$ (SEM = 1.27); dietary lys/ME effect: $P > 0.97$ (SEM = 1.04); day \times temperature: $P < 0.01$ (SEM = 6.21); temperature \times diet: $P > 0.49$ (SEM = 1.80); day \times diet: $P > 0.93$ (SEM = 4.35); day \times temperature \times diet: $P > 0.48$ (SEM = 7.18).

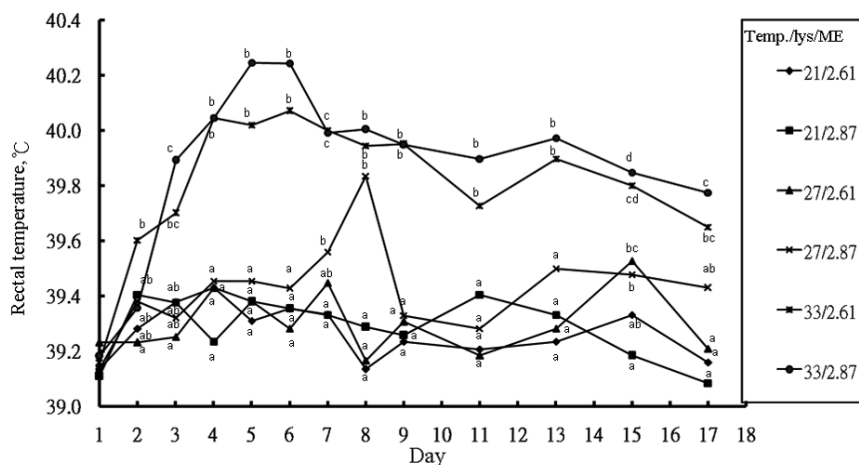


圖 2. 環境溫度與飼糧 lys/ME 對生長豬直腸溫度之影響。

Fig. 2. Effects of environmental temperature and dietary lys/ME on rectal temperature of growing pigs.

a,b,c,d Values in the same days with different superscript letters were significantly different ($P < 0.05$). Day effect: $P < 0.01$ (SEM = 0.04); temperature effect: $P < 0.01$ (SEM = 0.02); dietary lys/ME effect: $P < 0.01$ (SEM = 0.03); day \times temperature: $P < 0.01$ (SEM = 0.08); temperature \times diet: $P > 0.22$ (SEM = 0.03); day \times diet: $P > 0.43$ (SEM = 0.06); day \times temperature \times diet: $P = 0.92$ (SEM = 0.10).

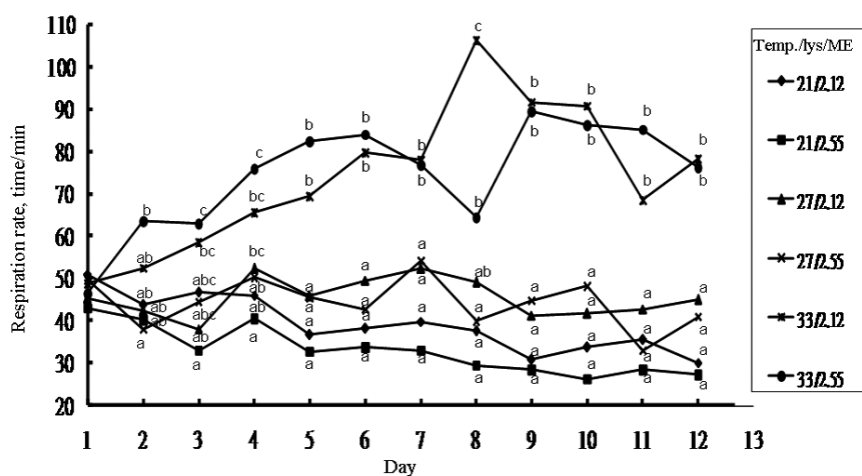


圖 3. 環境溫度與飼糧 lys/ME 對肥育豬呼吸速率之影響。

Fig. 3. Effects of environmental temperature and dietary lys/ME on respiration rate of finishing pigs.

a,b,c,d Values in the same days with different superscript letters were significantly different ($P < 0.05$). Day effect: $P < 0.33$ (SEM = 3.27); temperature effect: $P < 0.01$ (SEM = 1.64); dietary lys/ME effect: $P > 0.23$ (SEM = 1.34); day \times temperature: $P < 0.01$ (SEM = 5.66); temperature \times diet: $P > 0.32$ (SEM = 2.31); day \times diet: $P > 0.67$ (SEM = 4.62); day \times temperature \times diet: $P > 0.86$ (SEM = 8.00).

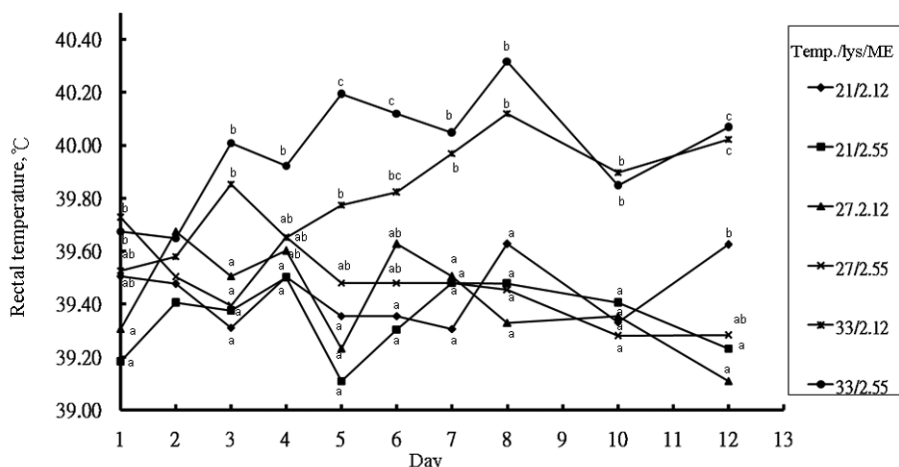


圖 4. 環境溫度與飼糧 lys/ME 對肥育豬直腸溫度之影響。

Fig. 4. Effects of environmental temperature and dietary lys/ME on rectal temperature of finishing pigs.

^{a,b,c} Values in the same days with different superscript letters were significantly different ($P < 0.05$). Day effect: $P = 0.08$ (SEM = 0.05); temperature effect: $P < 0.01$ (SEM = 0.03); dietary lys/ME effect: $P = 0.27$ (SEM = 0.03); day \times temperature: $P < 0.01$ (SEM = 0.09); temperature \times diet: $P = 0.02$ (SEM = 0.04); day \times diet: $P > 0.94$ (SEM = 0.08); day \times temperature \times diet: $P = 0.39$ (SEM = 0.13).

(iv) 氮蓄積率

溫度顯著影響豬隻之氮攝取量、糞中氮排泄量、可消化氮、尿中氮排泄量及氮蓄積量（表4）。在低溫組及中溫組間，豬隻之氮攝取量、糞中氮排泄量、可消化氮、尿中氮排泄量及氮蓄積量並無顯著差異。本試驗之生長豬試驗結果與 Collin *et al.* (2001) 仔豬試驗之結果相似，高溫下其氮消化率及氮蓄積率並無影響，而低溫組會因為每日氮攝取量較高，而每日氮蓄積量亦會較高，但氮蓄積率則無差異。本試驗高溫組肥育豬尿氮排泄量會較低之結果則與 Le Bellego *et al.* (2002) 及 Christon (1988) 之發現不同，此可能為原本限飼之給飼量在長期高溫下所造成嚴重之熱緊迫使得各組採食量不同所致。因為肥育豬試驗之限飼量為適應期高溫組任飼量之平均，但高溫組在試驗期因嚴重之熱緊迫，使得飼料採食量下降得更低，使得高溫組之飼料採食量低於中溫及低溫組者，造成在氮攝取及氮排泄量上高溫組較中溫及低溫組者為低。不過，氮蓄積率則無差異。

表 4. 環境溫度與飼糧 lys/ME 對生長及肥育豬氮代謝之影響

Table 4. Effects of environmental temperature and dietary lys/ME on nitrogen metabolism of growing and finishing pigs

Item	Temperature, °C				lys/ME, g/Mcal			P-value		
	21	27	33	SEM	2.12	2.55	SEM	Temp	lys/ME	Interaction ¹
Growing pigs										
Nitrogen intake, g/d	62.77 ^b	62.03 ^b	48.31 ^a	2.10	57.47	57.94	1.72	<0.001	0.847	0.175
Fecal nitrogen excreted, g/d	9.87 ^b	8.72 ^{ab}	7.76 ^a	0.54	9.35	8.22	0.44	0.046	0.092	0.209
Urinary nitrogen excreted, g/d	19.94 ^b	18.06 ^b	12.44 ^a	1.23	16.78	16.85	1.00	0.002	0.961	0.370
Nitrogen digested, g/d	52.90 ^b	53.30 ^b	40.55 ^a	1.75	48.12	49.72	1.42	<0.001	0.440	0.209
Nitrogen digestibility, %	84.27	85.93	84.00	0.67	83.70 ^a	85.76 ^b	0.55	0.125	0.018	0.239
Nitrogen retention, g/d	32.96 ^b	35.25 ^b	28.11 ^a	1.21	31.34	32.90	0.99	0.003	0.291	0.235
N retention of ND, % ²	62.69	66.32	69.93	1.95	65.41	66.93	1.59	0.078	0.511	0.421
Nitrogen retention of NI, % ³	52.80	56.96	58.46	1.60	54.74	57.40	1.30	0.062	0.171	0.193
Finishing pigs										
Nitrogen intake, g/d	48.69 ^b	47.77 ^b	44.03 ^a	0.99	43.09 ^a	50.57 ^b	0.81	0.011	<0.001	0.084
Fecal nitrogen excreted, g/d	7.33	7.61	6.77	0.58	6.83	7.65	0.48	0.597	0.244	0.639
Urine nitrogen excreted, g/d	18.95 ^b	17.29 ^{ab}	15.42 ^a	0.82	15.94	18.50	0.67	0.027	0.167	0.824
Nitrogen digested, g/d	41.36 ^b	41.36 ^b	37.26 ^a	1.04	36.26 ^a	42.92 ^b	0.85	0.037	<0.001	0.233
Nitrogen digestibility, %	84.92	84.92	84.57	1.19	84.04	84.92	0.97	0.863	0.549	0.975
Nitrogen retention, g/d	22.41	28.87	21.84	1.05	20.23 ^a	24.42 ^b	0.86	0.787	0.004	0.115
N retention of ND, % ²	54.08	56.65	58.75	1.64	56.04	56.95	1.34	0.259	0.690	0.242
Nitrogen retention of NI, % ³	45.87	47.55	49.61	1.92	47.11	48.24	1.57	0.301	0.562	0.285

¹ Interaction between environmental temperature and lys/ME.² Nitrogen retention of ND: nitrogen retention/nitrogen digested × 100.³ Nitrogen retention of NI: nitrogen retention/nitrogen intake × 100.^{a,b} Values in the same row with different superscript letters were significantly different (P < 0.05).

II. 飼糧 lys/ME 的效應

(i) 生長性能及背脂厚度

提高 lys/ME 對豬隻生長性能，並無顯著的影響（表 2）。Bikker *et al.* (1994) 提高飼糧 lys/DE，豬隻日增重及增重／飼料，會隨飼糧 lys/DE 提高而曲線增加。Smith *et al.* (1999) 指出，體重 29.5-72.6 及 72.6-90.7 kg 豬隻，飼糧 ME 為 3.57 Mcal，lys/ME 分別為 3.45 及 3.10 g/Mcal 時，分別具最佳每日增重及增重／飼料。其他研究顯示，適溫下（22℃）豬隻生長性能會因飼糧離胺酸濃度增加而改善（Yen *et al.*, 1986；Rao and McCracken, 1990）。此可能是因為本試驗所用之豬隻頭數過少，且飼養於代謝架中，並採限飼（肥育豬），使得處理效應無法顯現。提高 lys/ME 對生長及肥育豬之平均背脂厚度，皆無顯著影響（表 2）。Kerr *et al.* (2003a,b) 及 Le Bellego *et al.* (2002) 指出，高環境溫度下（33 及 29℃），提高飼糧 lys/ME，可增加體蛋白質量及降低生長豬背脂厚度。本試驗中，飼予高 lys/ME，無法降低生長豬背脂厚度之結果，或許是因為提高的幅

度不夠所致。此亦可能與本試驗中豬隻頭數過少有關。

(ii) 血液氣體

提高飼糧 lys/ME，顯著提高生長豬血液 pO_2 及降低 TCO_2 ；顯著提高肥育豬血液 pH、 pO_2 及降低 pCO_2 、 HCO_3^- 及 TCO_2 （表 3）。離胺酸為鹼性胺基酸，故提高 lys/ME 可能使得血液中離胺酸量增加，而使得 pCO_2 、 TCO_2 及 HCO_3^- 下降，以平衡血液中鹼性物質，維持正常血液 pH 值。

(iii) 呼吸速率與直腸溫度

提高飼糧 lys/ME 對豬隻呼吸速率並沒有顯著影響（圖 1 及圖 3），但生長豬之直腸溫度會顯著升高；肥育豬則否（圖 2 及圖 4）。在本試驗中，高 lys/ME 飼糧完全以玉米-大豆粕作為離胺酸提供者，使得粗蛋白質含量亦較高，故其熱增值可能較高，高溫下可能會加劇對豬隻直腸溫度之影響，在低溫與中溫組則無影響。在肥育豬，本試驗發現溫度與飼糧 lys/ME 對直腸溫度之交互作用顯著（ $P = 0.02$ ）（圖 4）。在 33°C 下，提高飼糧 lys/ME 明顯提高直腸溫度；但在 21 及 27°C 下，提高飼糧 lys/ME 對直腸溫度並無影響。此結果亦可支持在生長豬以熱增值對直腸溫度所作之解釋。

(iv) 氮蓄積率

提高飼糧 lys/ME 顯著提高（ $P < 0.05$ ）生長豬氮消化率及肥育豬氮攝取量、可消化氮量及氮蓄積量（表 4）。許多研究指出，提高飼糧蛋白質含量增加蛋白質攝取量，但氮排泄量也會相對提高（Buttery and Boorman, 1976；Noblet *et al.*, 1987）。在本試驗中，提高飼糧 lys/ME 在生長豬，除可提高氮消化率外，對其他氮代謝並無影響；在肥育豬亦僅提高可消化氮量及氮蓄積量。提高飼糧 lys/ME，無論在高溫或低溫下，均無法改善生長及肥育豬之氮蓄積率；亦即提高飼糧 lys/ME 由 2.61 至 2.87 g/Mcal（生長豬）或 2.12 至 2.55 g/Mcal（肥育豬），對豬隻之氮蓄積效率並無助益。

結論

環境溫度升高至 33°C 會加速豬隻呼吸速率及提高直腸溫度（尤其是肥育豬），並降低生長豬及肥育豬血液 TCO_2 及 HCO_3^- ；此結果顯示， 33°C 已對生長豬及肥育豬造成熱緊迫。在等能量（ 3.3 Mcal/kg）下，提高飼糧 lys/ME（生長豬 2.61 至 2.87 g/Mcal；肥育豬 2.12 至 2.55 g/Mcal），無論在高或低環境溫度下，皆無法改善生長豬及肥育豬生理狀態及氮蓄積率。

誌謝

本試驗承畜產試驗所營養組施柏齡博士及劉芳爵博士慨然允借儀器、嚴世俊先生及蔡文斌先生協助照護動物、楊瑋菁及宮怡君小姐協助血液分析、以及飼料化驗中心同仁協助部份樣品分析等事宜，始克完成，謹此誌謝。

參考文獻

- Aberle, E. D., R. A. Merkel, J. C. Forrest and C. W. Alliston. 1974. Physiological response of stress susceptible and stress resistant pigs to heat stress. J. Anim. Sci. 38: 954-959.

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis (14th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Bikker, P., M.W. A. Verstegen, R. G. Campell and B. Kemp. 1994. Digestible lysine requirement of gilts with high genetic potential for lean gain, in relation to the level of energy intake. *J. Anim. Sci.* 72: 1744-1753.
- Buttery, P. J. and K. N. Boorman. 1976. The energy efficiency of amino acid metabolism. In: D. J. A. Cole (ed.). *Protein metabolism and nutrition*. pp. 197-206. Butterworths, London.
- Christon, R. 1988. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. *J. Anim. Sci.* 66: 3112-3123.
- Close, W. H., L. E. Mount and D. Brown. 1978. The effects of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. 2. Growth rate, including protein and fat absorption. *Br. J. Nutr.* 40: 423.
- Collin, A., J. van Milgen, S. Dubois and J. Noblet. 2001. Effect of high temperature and feeding level on energy utilization in piglets. *J. Anim. Sci.* 79: 1849-1857.
- Coma, J., D. R. Zimmerman and D. Carrion. 1995. Interactive effects of feed intake and stage of growth on the lysine requirement of pigs. *J. Anim. Sci.* 73: 3369-3375.
- Curtis, S. E. 1983. *Environmental Managements in Animal Agriculture*. Iowa State University Press, Ames.
- Huynh, T. T. T., A. J. A. Aarnink, M. W. A. Vertergen, W. J. J. Gerrits, M. J. W. Heetkamp, B. Kemp and T. T. Canh. 2005. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *J. Anim. Sci.* 83: 1385-1396.
- Kerr, B. J., L. L. Southern, T. D. Bidner, K. G. Friesen and R. A. Easter. 2003a. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 81: 3075-3087.
- Kerr, B. J., J. T. Yen, J. A. Neinaer and R. A. Easter. 2003b. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 1998-2007.
- Kouba, M., D. Hermier and J. Le Dividich. 2001. Influence of a high ambient temperature in lipid metabolism in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 79: 81-87.
- Le Bellego, L., J. van Milgen and J. Noblet. 2002. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 691-701.
- Lopez, J., G. W. Jesse, B. A. Becker and M. R. Ellersieck. 1991. Effects of temperature on the performance of finishing swine: I. Effects of a hot, diurnal temperature in average daily gain, feed intake, and feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 69: 1843-1849.
- Mount, L. E. 1974. The concept of thermal neutrality. In: J. L. Monteith and L. E. Mount (eds). *Heat loss from animals and man*. pp. 425-439. Butterworths, London.
- Noblet, J., Y. Henry and S. Dubois. 1987. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 65: 717-726.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Patience, J. F., J. F. Umboh, R. K. Chaplin and C. M. Nyachoti. 2005. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to diurnal pattern of heat stress. *Livest. Prod. Sci.* 96: 205-214.
- Rao, D. S. and K. J. McCracken. 1990. Protein requirements of boars of high genetic potential for lean growth. *Anim. Prod.* 51: 179-187.
- Renaudeau, D. 2005. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on

- thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. *Anim. Res.* 54: 81-93.
- Rinaldo, D. and J. Le Dividich. 1991. Assessment of optimal temperature for performance and chemical body composition of growing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 29: 61-75.
- Rose, B. D. 1989. *Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders*, 3rd ed. McGraw-Hill Information Service Co., Toronto.
- SAS. 2002. *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Inst. Inc. Cray, NC.
- Smith, II, J. W., M. D. Tokach, P. R. O' Quinn, J. L. Nelessen and R. D. Goodband. 1999. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77: 3007-3015.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43: 141-154.

Effects of ambient temperature and dietary lysine: energy ratio on physiological characteristics and nitrogen retention of growing-finishing pigs⁽¹⁾

Shing-Kai Wang⁽²⁾ Shu-Hsing Chiang⁽²⁾ A-Li Hsu⁽³⁾ and
Herng- Fu Lee⁽⁴⁾⁽⁵⁾

Received : May 14, 2008 ; Accepted : Jul. 29, 2008

Abstract

An experiment was conducted to assess the effects of ambient temperature and dietary lysine:ME ratio (lys/ME, g/Mcal) on physiological characteristics and nitrogen retention of growing and finishing pigs. In each stage, twenty-four Landrace x Duroc pigs (12 barrows and 12 gilts) were allotted to 6 treatments with three ambient temperatures (21, 27, 33°C) and two lys/ME levels (grower: 2.61 and 2.87 g/Mcal, finisher: 2.12 and 2.55 g/Mcal) in a 3 x 2 factorial arrangement. Body weight, feed intake, respiratory rate (RR), rectal temperature (RT), blood pH, pCO₂, pO₂, HCO₃⁻, TCO₂ and nitrogen retention rate were measured during growing (35.0 - 3.4 kg) and finishing (60.9 - 69.2 kg) periods, respectively. No interaction between temperature and lys/ME for any measurements in exception of rectal temperature of finishing pigs was observed. As compared with the 21 and 27°C group, pigs in the 33°C group had lower average daily gain and feed intake ($P < 0.05$), higher RR and RT ($P < 0.01$), lower blood TCO₂ and HCO₃⁻ ($P < 0.05$) and similar nitrogen retention rate during growing and finishing periods. Increasing lys/ME did not affect growth performance, RR, RT or nitrogen retention rate of pigs, but increased blood pO₂ and decreased TCO₂ ($P < 0.05$) during growing and finishing periods. In conclusion, ambient temperature of 33°C caused heat stress in pigs during growing and finishing periods. Increasing dietary lys/ME could not improve their physiological characteristics or nitrogen retention rate regardless of the ambient temperature.

Key words : Lysine, Temperature, Nitrogen retention, Pigs.

(1) Contribution No. 1471 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Department of Animal Science and Biotechnology, Tunghai University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

(3) Department of Hospitality Management, Nan Jeon Institute of Technology, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(4) Animal Industry Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(5) Corresponding author, E-mail: herngfullee@mail.tlri.gov.tw

