

萊鴨品系間血液、殼腺黏膜細胞及子宮液中 鈣與鎂含量與蛋殼品質之關係⁽¹⁾

黃振芳⁽²⁾⁽⁴⁾ 林榮新⁽²⁾ 游士雯⁽²⁾ 顧穎傑⁽²⁾
林誠一⁽²⁾ 沈添富⁽³⁾ 胡怡浩⁽²⁾

收件日期：94 年 9 月 23 日；接受日期：94 年 12 月 13 日

摘要

本試驗旨在探討萊鴨品系間血液、殼腺黏膜細胞及子宮液中鈣與鎂含量與蛋殼品質之關係。試驗採 2 (品系) × 2 (飼糧鎂) 複因子設計，高、低蛋殼強度品系萊鴨自 53 週齡起分別餵飼高鎂 (2400 ppm) 及低鎂 (738 ppm) 飼糧三週，於試驗期間之第 0、7、14 及 21 天採翅下靜脈血，測定血漿鈣、鎂濃度；並於第 22 及 23 天犧牲鴨隻，測定鴨隻殼腺黏膜細胞及子宮液中鈣、鎂含量。實驗結果顯示，高蛋殼強度品系 (HES) 及低蛋殼強度品系 (LES) 萊鴨 40 週齡蛋殼強度分別為 5.76 及 5.19 kg。HES 萊鴨之血漿鈣濃度較 LES 萊鴨者為低；且在試驗三週後，餵飼高鎂飼糧之 HES 萊鴨，其血漿鈣濃度顯著較其它處理組合為低。血漿鎂濃度自試驗第 7 天即可觀察到飼糧鎂主效應顯著，但品系效應在血漿鎂濃度上並未呈現。殼腺黏膜細胞鈣濃度及總鈣含量在品系間及飼糧鎂含量間均無顯著差異；HES 萊鴨殼腺黏膜細胞鎂濃度有較 LES 萊鴨者低的趨勢，且兩者總鎂含量呈現品系主效應之顯著性；無論品系或飼糧鎂，對於殼腺腔總鈣及總鎂含量之主效應均不顯著；在品系與飼糧鎂交感作用方面，只有殼腺黏膜細胞總鎂含量有交感作用，其它性狀如血漿鈣、血漿鎂濃度、殼腺黏膜細胞鈣濃度、總鈣含量、鎂濃度及殼腺腔總鈣、總鎂含量，在試驗期間均無交感作用。本試驗顯示自殼腺黏膜細胞運輸鈣至殼腺腔的過程中，HES 及 LES 萊鴨確實存在差異性，雖然此差異性在鎂的運輸較不明顯，但鎂在蛋殼品質上所扮演的角色，及其在殼腺黏膜細胞之運輸機制，仍值得深入探討。

關鍵詞：蛋殼強度、殼腺黏膜細胞、子宮液、鈣、鎂。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1303 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。

(3) 國立台灣大學動物科學技術系。

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

緒言

萊鴨蛋殼品質與加工蛋之製成率息息相關，尤其產蛋後期之蛋殼品質低落，造成加工過程中之高破損率，直接增加加工蛋之生產成本。為了解影響蛋殼品質之機制，研究人員以萊鴨及來航雞為動物模式，設計一系列試驗比較此兩品種家禽在蛋殼組成分、結構、血液、殼腺黏膜細胞及子宮液性狀之差異（魏及沈，1991；丁等，1992；陳，2000；陳及沈，2000）。研究顯示鴨蛋蛋殼品質較佳者，其鴨隻血漿鈣濃度較低（李等，1999；黃，2004），且蛋殼之鎂含量與蛋殼厚度呈負相關（陳，2000）。萊鴨殼腺黏膜細胞鎂濃度於產蛋後 6-20 小時皆較雞者為高（陳，2000），且鴨蛋殼鎂濃度約 0.1%，遠較雞蛋殼鎂之 0.3-0.5% 為低（Chen and Shen, 1989；陳，2000）。此外，在蛋殼的堆積過程中，雞蛋殼之鎂分佈呈現兩次高峰，然鴨蛋殼之鎂分佈僅具一次高峰（Board and Love, 1980；陳，2000；Shen and Chen, 2003），且在年老蛋雞所生產的蛋，其蛋殼外層之鎂含量較年輕蛋雞者為高（Cusack *et al.*, 2003），此暗示可能在殼腺黏膜細胞中有某種調節機制控制鎂進入子宮液中。本試驗利用生產不同蛋殼品質之萊鴨，飼料含不同鎂濃度之飼糧，比較其血液、殼腺黏膜細胞及子宮液中鈣與鎂濃度之差異，期望藉由高、低蛋殼強度萊鴨產蛋生理性狀的探討，進一步了解影響蛋殼品質之機制。

材料與方法

I. 試驗設計

以第二代高蛋殼強度（HES）及低蛋殼強度（LES）萊鴨品系雄親家族40週齡蛋殼強度為指標，分別選留前五名及後五名家族之萊鴨，以人工授精方式避開近親配種繁殖第三代，於第三代鴨隻中每品系隨機選取 50 隻母鴨進行本試驗。育雛期及育成期之飼養管理參照黃（2004）之方法，產蛋期間飼料一般實用產蛋飼糧（Ca 3%，Mg 2500 ppm），於 51 週齡時，開始使鴨隻適應半純化飼糧，其方法為逐日增加低鎂半純化飼糧10%（表1）至實用產蛋飼糧中，至第十日以低鎂半純化飼糧再飼七天後，將 HES 及 LES 鴨隻隨機分為高鎂及低鎂飼糧組，同時開始進行高鎂及低鎂飼糧之試驗，試驗採 2（品系）× 2（飼糧鎂）複因子試驗。試驗飼糧如表 1 所示。

開始試驗當日定義為第 0 天，於試驗第 0、7、14 及 21 天時，測定蛋殼強度，並於當日下午 3~4 時，選取當時腹腔有蛋之鴨隻，採其翅下靜脈血（針筒經鋸鹽—肝素潤濕），供測定血漿中鈣、鎂含量；並於第 22 及 23 天之當日下午 3~4 時犧牲鴨隻，測定鴨隻血漿、殼腺黏膜細胞及子宮液中鈣、鎂含量。

II. 取樣及樣品分析

- (i) 血漿鈣、鎂含量測定：將採集之血液置於碎冰中保存，攜回實驗室以 $1500 \times g$ 離心 15 分鐘，取上清液（血漿）以 0.1% 鎳液稀釋 200 倍，以原子吸收光譜儀（Hitachi Z-6100）測定之。
- (ii) 殼腺黏膜細胞及子宮液之取樣：鴨經放血後，剖開腹腔，以止血鉗夾緊殼腺兩端（峽部及陰道前端），剪取整個殼腺，用冰冷之 10 mM Tris 緩衝液（pH 7.4）沖淨表面後。剪開一端殼腺（峽部端），將殼腺腔內之蛋取出，以約 20 mL 10 mM Tris 緩衝液沖洗蛋表面至 100 mL 燒杯內。取下另一端止血鉗，在漏斗上將殼腺完全剪開，把殼腺腔內的液體全部流入 100 mL 燒杯內，以約 60 mL 冰冷的 10 mM Tris 緩衝液將殼腺腔內容物完全沖入燒杯內。將殼腺包於已標示之鋁箔紙，投入液態氮中，隨後轉置於 -20℃ 冰箱中，供測定 Ca、Mg 含量。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredient, %	Diet	
	Low Mg	High Mg
Corn starch	59.2	
Isolated soy protein (CP, 90%)	21.1	
Soybean oil	2.0	
CaHPO ₄ · 2H ₂ O	1.4	
K ₂ HPO ₄	0.7	
NaHCO ₃	0.6	As in the low-Mg diet
Iodized NaCl	0.3	
Vitamin premix ¹	0.3	
Mineral premix ²	0.2	
Choline chloride (50%)	0.26	
DL-Methionine	0.26	
CaCO ₃	7.92	
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.45	1.43
Cellulose	5.31	4.33
Total	100	100
Calculated value		
CP, %	19.0	19.0
ME, kcal/kg	2750	2750
Avail. P, %	0.45	0.45
Ca, %	3.4	3.4
Mg, ppm	500	1500
Analyzed value		
Ca, %	3.88	3.91
Mg, ppm	738	2400

¹ Vitamins supplemented per kg of diet:

vitamin A, 11250 IU; vitamin D₃, 1200 ICU; vitamin E, 37.5 IU; vitamin K₃, 3 mg; thiamin 2.6 mg; riboflavin, 8 mg; vitamin B₆, 3 mg; Ca-pantothenate, 15 mg; niacin, 60 mg; d-biotin, 0.2 mg; folic acid, 0.65 mg, and vitamin B₁₂, 0.013 mg.

² Minerals supplemented per kg of diet:

Cu (CuSO₄ · 5H₂O, 25.45% Cu) 10 mg; Fe (FeSO₄ · 7H₂O, 20.09%) 100 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O, 32.49%) 60 mg; Zn (ZnO, 80.35% Zn) 65 mg; and Se (Na₂SeO₃, 45.65% Se) 0.15 mg.

- (iii) 殼腺黏膜細胞鈣、鎂含量測定：自 -20℃ 冰箱取出殼腺，置室溫中解凍，以二次蒸餾水 (ddH₂O) 沖洗黏膜表面後，黏膜面朝上置於乾淨鋁箔紙上，以玻璃載玻片刮取整個殼腺的黏膜。置入已秤重之 50 cc 坩堝，以 110℃ 烘乾 12 小時，取出秤重，即可得殼腺黏膜的乾重。將此坩堝於 650℃ 灰化 6 小時，冷卻後加 10 mL 3N HCl，蓋上錶玻璃煮沸 5 分鐘以溶解灰分，冷卻後以 Whatman No. 1 濾紙將溶解液過濾至 100 mL 定量瓶中，並加入 2 mL 5% 釧液，最後以 ddH₂O 定量至 100 mL，再經適當稀釋倍數稀釋後，以原子吸收光譜儀測定鈣、鎂含量。
- (iv) 子宮液中鈣、鎂含量之測定：前述第 2 項約 80 mL 子宮液沖洗液，以 Whatman No. 1 濾紙過濾至 100 mL 定量瓶，加 2 mL 5% 釧液，最後以 ddH₂O 定量至 100 mL，再經適當稀釋倍數稀釋後，以原子吸收光譜儀測定鈣、鎂含量。

III. 統計分析

試驗資料利用統計分析系統 (Statistical Analysis System, SAS) 軟體 (SAS, 1988) 之一般線性模式 (General Linear Model) 進行變方分析，並採用 Least Square Means (LSM) 測驗各主效應及各處理組合之差異，顯著水準為 $P < 0.05$ 。

結果與討論

HES 及 LES 菜鴨 40 週齡蛋殼強度分別為 5.76 及 5.19 kg ($P < 0.05$) (資料未列)。HES 菜鴨之血漿鈣濃度較 LES 者為低，除在試驗第 7 天外，其它時間點皆具品系效應之顯著性 ($P < 0.05$) (圖 1)，此現象是否具生理上之意義或僅為取樣誤差，尚待進一步了解。此與李等 (1999) 報告指出，蛋殼強度選拔一代菜鴨 20~50 週齡或選拔二代菜鴨 14~50 週齡，HES 菜鴨之血漿鈣顯著較 LES 菜鴨者為低，此應與 HES 菜鴨之殼腺黏膜細胞分泌較多的鈣至子宮液以進行蛋殼堆積有關，黃 (2004) 比較 HES 及 LES 菜鴨於不同週齡及產蛋後不同時間點之子宮液鈣含量的差異，發現 HES 子宮液中總鈣含量有較 LES 者為高的趨勢，此應與高蛋殼強度菜鴨之殼腺黏膜細胞 ATPase 活性較低蛋殼強度者為高有關 (黃, 2004)，ATPase 為細胞膜上將鈣輸送至胞外之重要酵素 (Guerini and Carafoli, 1999; Carafoli and Brini, 2000)。蛋雞經蛋殼強度選拔後，在血漿鈣濃度之反應不同，HES 蛋雞之血漿鈣濃度較 LES 者為高 (Wideman and Buss, 1985; Watanabe *et al.*, 1989)。無論 HES 或 LES 菜鴨之血漿鈣濃度於第 0 至第 7 天皆呈上升的現象，然自第 7 天至第 21 天，僅飼低鎂的 LES 鴨隻之血漿鈣持續上升 (圖 1)；飼高鎂飼糧之 HES 菜鴨，其血漿鈣濃度在第 21 天，顯著低於其它處理組合 ($P < 0.05$) (圖 1)，此時飼糧鎂對 HES 菜鴨之血漿鈣濃度之主效應呈現顯著性 ($P < 0.05$)。在三週的試驗期間，針對血漿鈣濃度，除在第 21 天飼糧鎂主效應顯著外，於其它時間高鎂飼糧與低鎂飼糧間並無顯著差異 (資料未列)。蛋雞或菜鴨血漿鈣會隨著飼糧鈣增加而增加 (Atteh and Leeson, 1983; Ding *et al.*, 1992)，但飼糧鎂含量 (690~2380 ppm) 卻不會改變菜鴨及蛋雞之血漿鈣濃度 (Ding and Shen, 1992)，NRC (1994) 之蛋雞飼糧鎂推薦量為 500 ppm，當飼糧鎂含量在 207 ppm 或 49 ppm 時，會引起低血鈣症 (hypocalcaemia) (Stafford and Edwards, 1973; Waddell *et al.*, 1991)。由於鈣與鎂皆為兩價陽離子，其吸收的部位皆位於十二指腸及空腸前端 (Pond *et al.*, 1995; Klasing, 1998)，且皆為骨骼之成分，在重吸收過程中會被釋放至血漿中，血漿總鈣及總鎂濃度具高度正相關 (黃, 2004)。

血漿鎂濃度呈現先上升後下降的趨勢，且第 7 天後即可呈現飼糧鎂主效應的顯著性 ($P < 0.05$) (圖 2)，顯示飼糧鎂增加會增加血漿鎂的濃度，Ding and Shen (1992) 指出當菜鴨飼糧之鎂含量從

690 mg/kg 增加至 2380 mg/kg 時，其血漿鎂濃度分別從 3.73 mg/dL 升至 4.90 mg/dL。本試驗顯示品系對血漿鎂濃度主效應不顯著，比較餵飼高鎂飼糧之 HES 及 LES 鴨隻血漿鎂濃度發現，在第 0 及第 7 天，LES 菜鴨血漿鎂濃度有較 HES 菜鴨者為高的趨勢；然在第 14 及 21 天，則呈現相反的趨勢。當比較餵飼低鎂飼糧之 HES 及 LES 鴨隻血漿鎂濃度，在第 0、第 7 及第 14 天，LES 菜鴨血漿鎂濃度有較 HES 菜鴨者為高的趨勢，直至第 21 天，此現象方消失（圖 2），由於本試驗整個子宮液中鎂含量在品系間之主效應並未呈現顯著性（表 3），可呼應品系對血漿鎂濃度主效應不顯著。黃（2004）針對蛋殼強度選拔二代菜鴨，於 27、49 及 71 週齡之產蛋後不同時間點（7、12、17 及 22 hr）進行血漿鎂濃度測定，雖發現 LES 菜鴨血漿鎂濃度有較 HES 菜鴨者為高的趨勢，且在某些週齡及產蛋後時間點的組合上呈現顯著性（ $P<0.05$ ），然在某些週齡及產蛋後時間點亦發現有與此趨勢相反的現

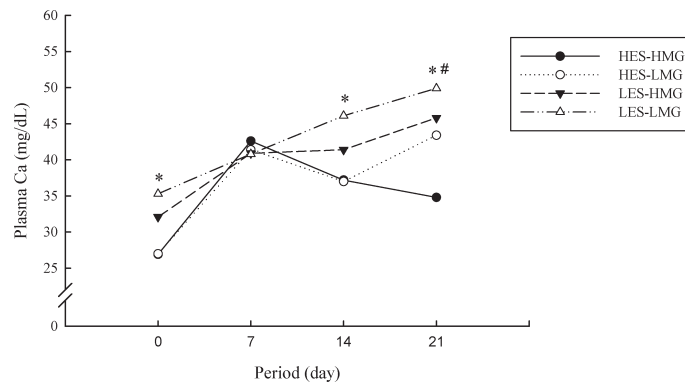


圖 1. 飼糧鎂含量對不同蛋殼強度品系菜鴨血漿鈣濃度之影響。

Fig. 1. Effects of dietary Mg on plasma Ca concentration in the Tsaiya ducks with high and low eggshell strength. HES, high eggshell strength; LES, low eggshell strength; HMG, high dietary magnesium; LMG, low dietary magnesium. *# refers to significant major effect of strain and dietary Mg, respectively ($P<0.05$).

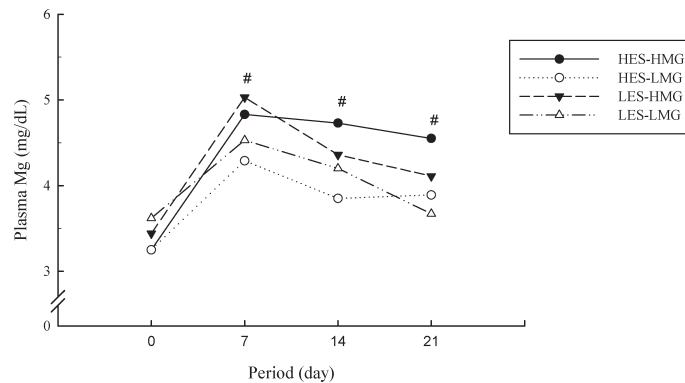


圖 2. 飼糧鎂含量對不同蛋殼強度品系菜鴨血漿鎂濃度之影響。

Fig. 2. Effects of dietary Mg on plasma Mg concentration in the Tsaiya ducks with high and low eggshell strength. HES, high eggshell strength; LES, low eggshell strength; HMG, high dietary magnesium; LMG, low dietary magnesium. # refers to the significant major effect of dietary Mg ($P<0.05$).

象；同一試驗亦發現 HES 菜鴨之子宮液中鎂含量有較 LES 菜鴨者為高的趨勢。由於菜鴨之蛋殼強度顯著優於來航雞者，藉由比較兩者血液及子宮液中成份，可探討影響蛋殼品質之因子，當比較菜鴨與來航雞血漿鎂濃度發現，在產蛋後 10~22 小時，菜鴨血漿鎂濃度較來航雞者為高，且於產蛋後 20 及 22 小時有顯著性存在 ($P<0.05$)；該試驗亦發現菜鴨在產蛋後 15~22 小時之子宮液鎂濃度顯著低於蛋雞者 (陳, 2000 ; Shen and Chen, 2003)。

品系或飼糧鎂對殼腺黏膜細胞鈣濃度之主效應不顯著 (表 2)，即無論品系間或飼糧鎂含量間，其殼腺黏膜細胞鈣濃度並無大差異；此外，整個殼腺黏膜細胞之總鈣含量亦無顯著差異 (表 2)。Tullett (1989) 指出家禽生殖道並無貯存鈣，殼腺腔之鈣主要來自血液，藉殼膜黏膜細胞之主動運輸及被動運輸運送至殼腺腔中。Lundholm (1984a ; 1984b) 發現若印度跑鴨 (Indian runner ducks) 殼腺內有蛋殼堆積時，其殼腺黏膜的鈣含量會下降，但殼腺黏膜均質液對鈣離子的結合能力增加。本試驗結果顯示，每公克殼腺黏膜細胞乾重的鈣含量為 186-215 μg ，遠低於每公克殼腺黏膜細胞乾重所含的鎂量 1714-2160 μg (表 2)。陳 (2000) 比較菜鴨及來航雞之殼腺黏膜細胞鈣濃度時發現，在產蛋後 6 小時之蛋殼形成早期，菜鴨之殼腺黏膜細胞鈣濃度顯著高於來航雞者，但在產蛋後 10 及 15 小時之蛋殼形成活躍期，則趨勢正好相反。品系或飼糧鎂對殼腺黏膜細胞鎂濃度之主效應亦不顯著 (表 2)，但飼高飼糧之 HES 殼腺黏膜細胞鎂濃度 (μg 鎂 / g 殼腺黏膜細胞乾重) 有較其它處理組合為低的趨勢，此現象反應在整個殼腺之黏膜細胞鎂含量 (μg 鎂 / 殼腺)，並呈現顯著的品系效應 ($P<0.05$) (表 2)。陳 (2000) 指出菜鴨在整個蛋殼形成過程中，其殼腺黏膜細胞之鎂濃度顯著較來航雞者為高，且除在蛋殼形成初期外，菜鴨血漿中之鎂濃度皆較來航雞者為高，暗示菜鴨的殼腺黏膜細胞可能存在阻止鎂進入殼腺腔之能力。

表 2. 飼糧鎂對高、低蛋殼強度菜鴨殼腺黏膜細胞鈣、鎂濃度之影響

Table 2. Effects of dietary Mg on the Ca and Mg contents in shell gland mucosa of Tsaiya ducks with high and low eggshell strength

Trait	HES		LES		Strain effect	Dietary Mg effect	Strain \times Dietary Mg effect
	High Mg	Low Mg	High Mg	Low Mg			
Shell gland mucosa (g, dry wt.)	0.358 ± 0.031	0.361 ± 0.025	0.401 ± 0.025	0.396 ± 0.026	NS	NS	NS
Ca ($\mu\text{g/g}$ shell gland mucosa dry wt.)	199 ± 18	201 ± 15	215 ± 15	186 ± 16	NS	NS	NS
Ca ($\mu\text{g/shell gland mucosa}$)	66 ± 9	71 ± 7	88 ± 7	73 ± 8	NS	NS	NS
Mg ($\mu\text{g/g}$ shell gland mucosa dry wt.)	1714 ^a ± 105	2033 ^b ± 86	2160 ^b ± 86	1898 ^a ± 89	NS	NS	NS
Mg ($\mu\text{g/shell gland mucosa}$)	580 ^a ± 56	741 ^b ± 46	851 ^b ± 46	749 ^b ± 48	*	NS	*

Data refer to Mean \pm SE. HES, high eggshell strength; LES, low eggshell strength; HMG, high dietary magnesium; LMG, low dietary magnesium. *# refers to significant major effect of strain and dietary Mg, respectively ($P<0.05$).

^{ab} Data within the same row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

雖然 HES 菜鴨殼腺腔內之鈣含量有較 LES 菜鴨者高的趨勢 (272 vs 217 mg)，但無論品系或飼糧鎂對殼腺腔鈣含量主效應均不顯著，且品系或飼糧鎂對殼腺腔鎂含量之主效應亦無顯著差異 (表 3)。黃 (2004) 發現 HES 菜鴨之子宮液總鈣含量亦有較 LES 者為高的趨勢，陳 (2000) 比較菜鴨及來航雞殼腺腔總鈣及總鎂含量發現，菜鴨於產蛋後 10~22 小時，其殼腺腔總鈣有較來航雞者為高的趨勢，且於產蛋後 15 小時有顯著差異；殼腺腔總鎂含量與總鈣含量之趨勢相反，在產蛋後 15 及 20 小時，來航雞殼腺腔鎂含量較菜鴨者為高，此現象反應在菜鴨與來航雞之蛋殼中鎂濃度 (0.13% vs. 0.33%) (Chen and Shen, 1989)。此外，先前研究顯示，在蛋殼強度差異達 1.5 倍時 (5.43 kg vs. 3.58 kg)，HES 鴨隻在產蛋後 12 小時之子宮液鎂濃度較 LES 者為低 (黃, 2004)，然本試驗發現殼腺腔中總鎂含量在品系間並無不同，此可能與本試驗鴨隻品系間之蛋殼強度差異不大有關 (HES 5.76 kg vs LES 5.19 kg)。本試驗發現飼糧鎂增加並未使殼腺腔鎂含量增加，可部分解釋當飼糧鎂含量自 690 ppm 增加至 2380 ppm 時，蛋殼鎂含量並未增加之原因 (Ding and Shen, 1992)。鎂如何自家禽殼腺黏膜細胞釋放至殼腺腔中，目前尚不明瞭，研究指出海魚之腎會將鎂排出 (efflux) 至管腔 (tubule lumen) 中，而海魚腎的管腔中尿液之鎂及鈉濃度呈負向關係，顯示 Na/Mg exchange 參與鎂的排出，此外非鈉依賴性的鎂排出方式 (Na⁺-independent Mg²⁺ efflux) 亦可能存在 (Gunther *et al.*, 1989; Beyenbach, 1990)；Na/Mg exchange 的鎂排出方式可能不適用於菜鴨殼腺黏膜細胞排出鎂的方式，因為菜鴨在蛋殼形成過程中，殼腺腔中鈉及鎂濃度皆逐漸下降 (陳, 2000; 黃, 2004)。目前有關鎂的運輸基因或 cDNAs 僅在細菌及植物被成功選殖 (Sato and Romero, 2002)，但隨著實驗技術的進步，未來在哺乳動物及家禽之研究應會有所突破。

HES 菜鴨之血漿鈣濃度較 LES 菜鴨者為低，殼腺黏膜細胞鈣濃度及總鈣含量在兩品系間相似，且 HES 殼腺腔之鈣含量有較 LES 者高之趨勢，意味 HES 殼腺黏膜細胞有較高的鈣輸送能力。血漿中鎂濃度隨著飼糧鎂含量增加而增加，HES 菜鴨黏膜細胞之總鎂含量有較 LES 菜鴨者為低的趨勢，但殼腺腔中總鎂含量並未因品系或飼糧鎂含量而有不同。殼腺黏膜細胞對鎂的運輸及殼腺液中是否存在與鎂結合的蛋白質，進而影響鎂堆積在蛋殼中，無論是在學術上或實際應用上，均值得再深入研究。

表 3. 飼糧鎂對高、低蛋殼強度菜鴨子宮液中鈣、鎂含量之影響

Table 3. Effects of dietary Mg on the uterine Ca and Mg contents of Tsaiya ducks with high and low eggshell strength

Trait	HES		LES		Strain effect	Dietary Mg effect	Strain × Dietary Mg effect
	High Mg	Low Mg	High Mg	Low Mg			
Ca (mg/uterus lumen)	262±49	281±44	269±44	165±45	NS	NS	NS
Mg (mg/uterus lumen)	12.9±1.5	14.1±1.3	13.1±1.3	10.1±1.4	NS	NS	NS

Data refer to Mean±SE. HES, high eggshell strength; LES, low eggshell strength; HMG, high dietary magnesium; LMG, low dietary magnesium. *# refers to significant major effect of strain and dietary Mg, respectively (P<0.05) .

致謝

本試驗承農委會經費支持（92 農科 -3.1.2- 畜 -L1（14）），試驗期間林連宗先生、曾萬來先生、陳麗晴小姐協助現場飼養管理及資料輸入，謹致最深之謝忱。

參考文獻

- 丁詩同、張覺前、沈添富。1992。飼糧中鈣和鎂含量對產蛋菜鴨及來航雞蛋殼品質以及血漿、蛋殼和骨骼中礦物質含量之影響。中華農學會報 157: 97-107。
- 李舜榮、沈添富、姜延年。1999。蛋殼強度雙向選拔一代菜鴨血液性狀之比較。中畜會誌 28（1）: 19-32。
- 陳婉琳。2000。產蛋菜鴨和來航雞之蛋殼鎂沉積模式與殼腺生理特性的比較。博士論文。台北。
- 陳婉琳、沈添富。2000。褐色菜鴨及白色來航雞之蛋殼構造與晶體結構的比較。中畜會誌 29（4）: 345-355。
- 黃振芳。2004。高、低蛋殼強度菜鴨血液、子宮液及殼腺黏膜細胞性狀的比較。博士論文。台北。
- 魏恆巍、沈添富。1991。飼糧中不同鈣含量對產蛋菜鴨和產蛋來航雞殼腺內黏膜中碳酸酐酶之影響。中華農學會報 新 156: 103-114。
- Atteh, J. O. and S. Leeson. 1983. Influence of increasing dietary calcium and magnesium levels on performance, mineral metabolism, and egg mineral content of laying hens. Poult. Sci. 62: 1261-1268.
- Beyenbach, K. W. 1990. Transport of magnesium across biological membranes. Magnesium Trace Elem. 9: 233-254.
- Board, R. G. and G. Love. 1980. Magnesium distribution in avian eggshells. Comp. Biochem. Physiol. 66A: 667-672.
- Carafoli, E. and M. Brini. 2000. Calcium pumps: structural basis for and mechanism of calcium transmembrane transport. Current Opinion in Chemical Biology. 4: 152-161.
- Chen, W. L. and T. F. Shen. 1989. Comparative studies on the utilization of calcium between laying Tsaiya duck and Leghorn hen. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 2: 67-75.
- Cusack, M., A. C. Fraser and T. Stachel. 2003. Magnesium and phosphorus distribution in the avian eggshell. Comp. Biochem. Physiol. B 134: 63-69.
- Ding, S. T. and T. F. Shen. 1992. The effect of dietary magnesium level on the eggshell quality in laying Tsaiya duck and Leghorn hen. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 5: 217-224.
- Ding, S. T., C. C. Chang and T. F. Shen. 1992. The effect of dietary magnesium and calcium level on the eggshell quality and mineral content in plasma, eggshell and bone in laying Tsaiya duck and Leghorn hen. J. Agri. Assoc. China 157: 97-107.
- Guerini, D. and E. Carafoli. 1999. The calcium pumps. In: *Calcium as a Cellular Regulator* (Eds. Carafoli, E. and C. Klee). Oxford University Press, Inc. U. S. A. pp. 249-278.
- Gunther, T., J. Vormann, E. J. Cragoe, Jr. and V. Holtriagl. 1989. Characterization of Na⁺-dependent and Na⁺-independent Mg²⁺ efflux from erythrocytes by amiloride derivatives. Magnesium Bull. 11: 103-107.
- Klasing, K. C. 1998. Minerals. In: *Comparative Avian Nutrition*. CAB Internationals, Wallingford, U. K. pp. 234-276.

- Lundholm, C. E. 1984a. Ca content of duck eggshell gland mucosa homogenate and the rate of Ca^{2+} binding to its subcellular fractions during and after the formation of the eggshell. *Comp. Biochem. Physiol.* 77B (4): 655-663.
- Lundholm, C. E. 1984b. Comparison of the effect of DDE on the Ca metabolism of the eggshell gland and its subcellular fractions of the duck and the domestic fowl. *Acta Pharmacol. et Toxicol.* 54: 400-407.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of chickens. In: *Nutrient Requirements of Poultry* 9th ed. Washington, D. C. pp. 19-34.
- Pond, W. G., D. C. Church and K. R. Pond. 1995. Inorganic mineral elements. In: *Basic Animal Nutrition and Feeding*. 4th ed. John Wiley & Sons Inc., New York. pp. 167-224.
- SAS Institute, Inc. 1988. *SAS/STAT User's guide*. Release 6.03 ed.
- Satoh, J. and M. F. Romero. 2002. Mg^{2+} transport in the kidney. *BioMetals* 15: 285-295.
- Shen, T. F. and W. L. Chen. 2003. The role of magnesium and calcium in eggshell formation in Tsaiya ducks and Leghorn hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16: 290-296.
- Stafford, J. E. H. and N. A. Edwards. 1973. Magnesium metabolism in the laying fowl. *Br. Poult. Sci.* 14: 137-148.
- Tullett, S. G. 1989. Egg shell formation and quality. In: *Egg Quality-Current Problems and Recent Advances* (Eds. Wells, R. G. and C. G. Belyavin). Butterworth & Co (Publishers) Ltd, London. pp. 123-146.
- Waddell, A. L., R. G. Board, V. D. Scott and S. G. Tullett. 1991. Role of magnesium in egg shell formation in the domestic hen. *Br. Poult. Sci.* 32: 853-864.
- Watanabe, E., S. Kobayashi, Y. Terashima and H. Itoh. 1989. Adenosine triphosphatase in the uterus and duodenum of chicken hens during eggshell formation. *Poult. Sci.* 68: 564-568.
- Wideman, R. F. Jr. and E. G. Buss. 1985. Percent shell and plasma mineral concentrations in three strains of domestic fowl selected for thick or thin egg shell production. *Poult. Sci.* 64: 388-395.

The relationship between eggshell quality and calcium and magnesium contents in the blood, uterine mucosa, and uterine cavity of Tsaiya ducks ⁽¹⁾

Jeng-Fang Huang ^{(2) (4)}, Jung-Hsin Lin ⁽²⁾, Shih-Wun Yu ⁽²⁾,
Ying-Jey Guh ⁽²⁾, Chung-Yi Lin ⁽²⁾, Tian-Fuh Shen ⁽³⁾ and Yi-Hao Hu

Received : Sept. 23, 2005 ; Accepted : Dec. 13, 2005

Abstract

This study was aimed to determine the relationship between eggshell quality and calcium (Ca) and magnesium (Mg) contents in the blood, uterine mucosa, and uterine cavity of Tsaiya ducks. A factorial experiment of two lines (high eggshell strength, HES; and low eggshell strength, LES) and two dietary Mg levels (high magnesium, HMG; and low magnesium, LMG) was employed. Ducks of HES and LES from 53 weeks of age were fed diets with high (2400 ppm) and low (738 ppm) Mg, respectively, for three weeks. Blood was taken from brachial veins on day 0, 7, 14, and 21 for the determination of plasma Ca and Mg concentrations. The ducks were sacrificed on day 22 and 23 for the measurement of Ca and Mg contents in the uterine mucosa and uterine cavity. The results showed that the eggshell strength of HES and LES ducks at 40 weeks of age was 5.76 and 5.19 kg, respectively. The ducks with high eggshell strength had lower levels of plasma Ca. After three weeks of treatment, the plasma Ca level of HES ducks fed HMG diet was lower than the other treatments. The main effect of dietary Mg was observed on the plasma Mg level since day 7 after treatment. However, the major effect of line was not noticed on the plasma Mg level. The Ca and Mg concentrations in uterine mucosa were similar between lines and between dietary Mg levels. The Mg concentration in the HES uterine mucosa tended to be lower than that in the LES one; and there was a main effect of line on the total Mg content in the uterine mucosa. The interaction between line and dietary Mg was only observed on total Mg content in the uterine mucosa. It illustrated that there were some differences between HES and LES ducks in the transportation of Ca across shell gland mucosa into the uterine fluid. Although the differences were not so obvious for Mg transport across the shell gland mucosa, the role of Mg plays on the eggshell quality and how it is transported across the shell gland deserve further studies.

Key words: Eggshell strength, Shell gland mucosa, Uterine fluid, Calcium, Magnesium.

-
- (1) Contribution No.1303 from Livestock Research institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
 - (2) Ilan Branch, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan.
 - (3) Department of Animal Science and Technology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan.
 - (4) Corresponding author, E-mail: huangajf@mail.tori.gov.tw.