

# 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬腸道發育與生長之影響<sup>(1)</sup>

蕭智彰<sup>(2)(3)(5)</sup> 賈玉祥<sup>(3)</sup> 詹德芳<sup>(4)</sup>

收件日期：98年7月2日；接受日期：98年12月14日

## 摘要

本試驗探討主要蛋白質來源包括脫脂乳粉 (dried skim milk, DSM)、濃縮馬鈴薯蛋白 (potato protein concentrate, PPC) 或濃縮大豆蛋白 (soya protein concentrate, SPC)，對 18 日齡離乳仔豬腸道發育與生長之影響。各主要蛋白質來源佔人工乳中粗蛋白質總含量三分之一。試驗一採用 18 日齡離乳之三品種 [Landrace×Yorkshire 雜交母豬 (♀) 配 Duroc 公豬 (♂)] 雜交仔豬 45 頭，逢機分配至含 DSM、PPC 或 SPC 之飼糧處理組，每隻豬視為一試驗單位，各處理組仔豬分別於離乳後第 0、第 5 及第 10 天各屠宰 1 頭，重複 5 次，試驗為期 10 天。試驗二採用雜交仔豬 30 頭，經稱重後，依體重及性別分配至 6 欄，每欄 5 頭，各處理組 2 欄，試驗為期 5 週。結果顯示，不同蛋白質來源人工乳飼糧，對仔豬之腸道發育影響甚劇。離乳後第 5 天，脫脂乳粉組仔豬在小腸組織重量較濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者為重 ( $P < 0.05$ )，小腸絨毛高度較高 ( $P < 0.05$ )，且腺窩深度較淺 ( $P < 0.05$ )。離乳後第 10 天，餵飼濃縮大豆蛋白組者與脫脂乳粉組仔豬，以脫脂乳粉組小腸絨毛之高度及面積，僅在小腸片段中 40-60% 與 60-80% 兩段顯著 ( $P < 0.05$ ) 較濃縮大豆蛋白組為高。濃縮馬鈴薯蛋白組，各種性狀均較脫脂乳粉組者為低 ( $P < 0.05$ )。在生長試驗方面，使用濃縮大豆蛋白組仔豬於離乳後 1-2 週之生長性能較使用脫脂乳粉者差 ( $P < 0.05$ )，顯示剛離乳時，仔豬對濃縮大豆蛋白之利用率不如脫脂乳粉。然於 0-5 週全期間，兩組間無顯著差異。使用濃縮馬鈴薯蛋白組之日增重及每日飼料攝食量，均較脫脂乳粉組為低 ( $P < 0.05$ )。

關鍵詞：蛋白質來源、小腸絨毛、腺窩、生長、早期離乳仔豬。

---

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1545 號。  
(2) 本報告為第一作者之國立中興大學碩士論文之一部份。  
(3) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。  
(4) 國立中興大學動物科學系，402 台中市國光路 250 號。  
(5) 通訊作者，E-mail: ccchang@mail.tlri.gov.tw。

## 緒言

為提高母豬年產胎次和年產仔豬頭數，飼養業者一般均於仔豬 3 至 4 週齡時，即予以離乳。然仔豬在離乳初期由於飼養環境、日糧形態及其組成的迅速改變，常造成其生理、心理及營養之緊迫 (Worobec *et al.*, 1999)，導致離乳初期之食慾降低、飼料攝食量減少、增重減緩，並有生長遲滯之現象發生，嚴重者更導致下痢、死亡，致使飼養者蒙受嚴重之經濟損失。因此，如何設法使仔豬能夠安然渡過此時期，實為當務之急。

對早期離乳仔豬而言，腸道組織發育速率遠較身體增重為快，在仔豬出生後 10 天，即增加原有 1 倍。顯示此時期體組織發育的次序，消化道組織先於其他組織 (Cera *et al.*, 1988)，而較大的腸腔面積和腸細胞成熟，能夠使仔豬有較大的消化與吸收能力。任何不利腸道形態發育之因素，均會對仔豬產生一些危害作用。

對早期離乳之仔豬而言，最易消化、吸收、利用之碳水化合物為乳糖及葡萄糖。因此，人工乳中採用脫脂乳粉為原料，因嗜口性佳且蛋白質利用率高，獲得滿意之飼養成績。但因脫脂乳粉之價格高昂，漸有減少脫脂乳粉用量，而採用其它原料替代之趨勢。本試驗之目的是從消化道生理觀點，探討以不同蛋白質來源配置之人工乳對 18 日齡離乳仔豬腸道發育之影響，並觀察腸道組織生理變化，以期瞭解仔豬於甫離乳之生長遲滯期，所使用之人工乳，以何者為最佳之主要蛋白質來源？方能有兼顧仔豬之消化能力、生長成績及經濟效應。

## 材料與方法

### I. 動物及飼養環境

試驗一採用 18 日齡之三品種〔Landrace×Yorkshire 雜交母豬（♀）配 Duroc 公豬（♂）〕雜交仔豬。仔豬於哺乳期間，未餵予教槽料，於 18 日齡當日下午 5 時左右進行離乳。選取 4 胎 9 頭（每胎皆為 6 公 3 母），另 2 胎合計 9 頭（視為同胎，為 6 公 3 母）之離乳仔豬，每一胎內之仔豬經個別秤重後，依體重及性別分配至 3 欄，每欄 15 頭，共 45 頭仔豬。試驗二則選取 2 窩各 8 頭，另 2 窩各 7 頭之離乳仔豬，經個別秤重後，依體重及性別分配至 6 欄，每欄 5 頭，共 30 頭仔豬。

試驗豬欄為高床條狀地面，每欄內均設有保溫燈一盞，其下方有保溫墊板，防止小豬受涼。豬舍內啟始溫度維持在 30℃，每週下降 1-2℃。豬舍周圍設帆布簾，防止賊風入侵。每欄置一碗狀飲水器。飼槽為圓筒型之飼槽。仔豬初入欄時，未提供飼料，但充分供應飲水，經 15-16 小時禁食，於翌日晨 8-9 時，開始試驗。試驗期間飼料及飲水任食。

### II. 試驗設計及日糧

試驗採完全逢機設計。試驗一將 3 種飼糧處理完全逢機地安排於前述 3 欄仔豬，每處理 1 欄。該 3 種處理之飼糧分別由脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白或濃縮大豆蛋白提供作飼糧蛋白質之不同來源。試驗期間為 10 天，每隻豬視為一試驗單位，各處理組每一欄每胎仔豬分別於離乳後第 0 天、第 5 天及第 10 天各屠宰 5 頭。試驗二將 3 種飼糧處理完全逢機地安排於前述 6 欄仔豬，每處理 2 欄，欄為試驗單位，試驗期間為 5 週，1-2 週所餵飼人工乳含消化能 3,600 kcal/kg、粗蛋白質 22.15%，3-5 週則所餵飼保育料含消化能 3,510 kcal/kg、粗蛋白質為 20%。每週秤量豬隻個別體重與飼料採食量一次。

試驗飼糧組成列於表 1。飼料原料之營養組者成以 NRC (1988) 之分析值為準。仔豬之營養需要量以台灣地區飼養標準--豬 (1990) 為主要之參考依據。各處理組者之飼糧所含之粗蛋白質、消化能及其他主要營養成分等均調整為一致。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. Components and compositions in creep feed and starter diet for early-weaned piglets

Ingredients	Experimental diets			
	Dried skim milk	Potato protein concentrate	Soya protein Concentrate	Starter diet
Yellow corn, %	32.73	32.35	29.70	47.23
Soybean meal, %	6.00	6.00	6.00	13.94
Whole soybean, %	11.50	11.50	11.50	8.00
Fish meal, %	5.00	5.00	5.00	6.50
Dried whey, %	20.00	20.00	20.00	20.00
Dried skim milk <sup>1</sup> , %	19.43	-----	-----	-----
Potato protein concentrate <sup>2</sup> , %	-----	8.62	-----	-----
Soya protein concentrate <sup>3</sup> , %	-----	-----	10.54	-----
Soybean oil, %	1.66	1.66	1.66	2.48
Lactose, %	0.36	9.46	9.46	-----
Corn starch, %	2.07	3.20	2.72	-----
Middling, %	-----	-----	1.23	-----
Limestone, %	0.30	0.25	0.43	0.76
Dicalcium phosphate, %	0.47	1.48	1.08	0.48
Sodium chloride, %	0.10	0.10	0.10	0.15
L-lysine, %	0.12	0.11	0.13	0.18
DL-methionine, %	0.06	0.07	0.25	0.08
Vitamin premix <sup>4</sup> , %	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>5</sup> , %	0.10	0.10	0.10	0.10
Total, %	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated value				
Digestible energy (kcal/kg)	3,600	3,600	3,600	3,510
Crude protein, %	22.15	22.15	22.15	20.00
Lysine, %	1.54	1.54	1.54	1.36
Methionine + Cystine, %	0.86	0.86	0.86	0.78
Tryptophan, %	0.28	0.29	0.29	0.26
Calcium, %	0.91	0.91	0.91	0.86
Total phosphorus, %	0.75	0.75	0.75	0.71

<sup>1</sup> It was produced by Anchor Company, Australia (CP 34%).

<sup>2</sup> It was produced by Avebe Company, Holland (CP 75.5%).

<sup>3</sup> It was produced by Sahaijk Company, Holland (CP 64%).

<sup>4</sup> Vitamin premix provided per kg of diet with vitamins A 8,000 IU; D<sub>3</sub>, 800 IU; E 20 mg; K<sub>3</sub> 1.0 mg; B<sub>1</sub> 2.0 mg; B<sub>2</sub> 5.0 mg; B<sub>12</sub> 0.02 mg; pantothenic acid 12 mg; niacin 40 mg; folic acid 0.18 mg; biotin 0.06 mg and choline 120 mg.

<sup>5</sup> Mineral premix provided per kg of diet with minerals Cu 150 mg; Fe 120 mg; Zn 100 mg; Mn 10 mg and Se 0.1 mg.

該三種蛋白質來源所提供之粗蛋白質量，分別各佔其所配製成人工乳中之粗蛋白質總含量之三分之一。為使該 3 處理飼糧之乳糖含量一致，於含濃縮馬鈴薯蛋白或濃縮大豆蛋白之飼糧中添加 9.46% 乳糖。

試驗所採用之脫脂乳粉係澳洲 Anchor 公司製造，為乳白色粉末狀，其粗蛋白質含量為 34%，乳糖含量約為 47%。濃縮馬鈴薯蛋白為荷蘭 Avebe 公司製造，為白色粉末狀，其粗蛋白質含量為 75.5%，不含有一般植物性蛋白中所含之蛋白酶抑制因子。而濃縮大豆蛋白為荷蘭 Sahajk 公司製造之產品，為乳白色粉末狀，其粗蛋白質含量為 64%。該三種蛋白質來源所提供之粗蛋白質量，分別各佔其所配製成人工乳中之粗蛋白質總含量之三分之一。

### III. 樣品收集及分析方法

#### (i) 屠宰及採樣

豬隻經電擊、屠宰、放血後，去除胸、腹腔內臟，迅速將胃腸道各段取下，套上塑膠袋，放置在冰桶內（盛有碎冰混食鹽）。小腸先以利刃割去腸繫膜，測量其長度，接著分成五等分後，以生理食鹽水沖洗。屠宰地點：中興大學動物科學系。條件：常溫環境下，符合人道屠宰精神方式。

#### (ii) 腸道組組織切片

樣品依 Cera *et al.* (1988) 及 Li *et al.* (1991a) 之方法測定，取樣後之腸道組織，直接放至 10% 中性福馬林液中。將浸泡於 10% 中性福馬林液中的腸道組織取出，以漸增濃度之酒精 (50% 至 100%) 進行脫水，其次再經滲臘包埋、切片、脫臘，最後以蘇木精與伊紅 (hematoxylin-eosin, HE) 染色並加臘封蓋，於光學顯微鏡 (Nikon) 下觀察組組織切片。每一切片以 10 根完整絨毛之平均為單位測量其高度、周長、面積，腺窩深度則以 30 處深度平均為計算單位。

### IV. 統計分析

試驗所得資料利用試驗分析系統 (SAS, 1996) 進行分析，依一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，再以 Duncan's new multiple range test 比較各處理組間平均值差異顯著性。

## 結果與討論

### I. 小腸重量及長度

仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組者飼糧，其離乳後第 0 天、5 天及 10 天小腸重量及長度之變化列於表 2。離乳後第 5 天，餵飼脫脂乳粉組者較濃縮大豆蛋白組者其小腸重量較重 ( $P < 0.05$ )，但至離乳後第 10 天，兩處理組間則無明顯差異。而餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者其小腸重量顯著比脫脂乳粉組者為低 ( $P < 0.05$ )。小腸組者組織重量以相對重量表示時，其中離乳後第 5 天，餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者其小腸相對重量，均較脫脂乳粉組者及濃縮大豆蛋白組者為低 ( $P < 0.05$ )，而濃縮大豆蛋白組者亦顯著較脫脂乳粉組者為低 ( $P < 0.05$ )，離乳後第 10 天，各處理組間無顯著差異存在。

仔豬小腸長度隨離乳後天數之增加而上昇，根據 Zijlstra *et al.* (1996) 指出，小腸長度於正常情形下，受年齡之影響較受營養分者為大，本試驗有相同結果。各處理組者間在離乳後小腸長度發展上有相同的趨勢，且不同蛋白質來源對小腸長度之影響未有差異。

表 2. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬小腸重量與長度之影響

Table 2. Effects of various protein sources in creep feed on the small intestine weight and length of piglets weaned at 18 day-old

Item	Protein source			SEM
	Dried skim milk	Potato protein concentrate	Soya protein concentrate	
Small intestine weight, g				
Post-weaning 0 day	185	183	182	5.78
Post-weaning 5 day	243 <sup>a</sup>	202 <sup>c</sup>	221 <sup>b</sup>	6.94
Post-weaning 10 day	275 <sup>a</sup>	248 <sup>b</sup>	265 <sup>ab</sup>	7.11
Small intestine relative weight, g/ kg body weight				
Post-weaning 0 day	37.7	37.4	37.0	1.48
Post-weaning 5 day	44.0 <sup>a</sup>	39.1 <sup>c</sup>	41.1 <sup>b</sup>	1.26
Post-weaning 10 day	44.5	44.0	44.2	1.43
Small intestine length, cm				
Post-weaning 0 day	732	725	745	11.58
Post-weaning 5 day	766	742	747	13.28
Post-weaning 10 day	788	782	798	11.23

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row without the same superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means.

## II. 小腸絨毛與腺窩

仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組之飼糧，其離乳後第 0 天小腸絨毛高度、周長及面積之變化列於表 3，其離乳後第 0 天小腸絨毛高度、周長及面積，各處理組者間並無顯著差異存在。且小腸近端之絨毛較小腸遠端者，在絨毛高度、周長及面積均有較高與較大之現象，而各處理組者間均有相同之趨勢。仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組之飼糧，其離乳後第 5 天小腸絨毛高度、周長及面積之變化列於表 4。在小腸絨毛高度方面，餵飼脫脂乳粉組者在小腸絨毛各段較濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者高 ( $P < 0.05$ )。其幅度各分別為增加 22% 及 20%。且小腸絨毛之周長及面積亦顯著較大 ( $P < 0.05$ )。濃縮馬鈴薯蛋白組者與濃縮大豆蛋白組者方面，不論是在小腸絨毛各段之高度、周長及面積方面，兩處理組者間無顯著差異存在。仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組之飼糧，其離乳後第 10 天小腸絨毛高度、周長及面積之變化如表 5 所示。在小腸絨毛高度方面，脫脂乳粉組者與濃縮大豆蛋白組者，除在小腸片段 40-60% 處及 60-80% 片段處有顯著差異外 ( $P < 0.05$ )，其餘各小腸片段，均無顯著差異。在小腸絨毛周長及面積方面，亦有相似結果。而濃縮馬鈴薯蛋白組之小腸絨毛高度，則顯著較脫脂乳粉組者及濃縮大豆蛋白組者為短 ( $P < 0.05$ )。其餘各小腸片段，均無顯著差異。濃縮馬鈴薯蛋白組之小腸絨毛高度，則顯著較脫脂乳粉組者及濃縮大豆蛋白組者為短 ( $P < 0.05$ )，其周長與面積亦有相似結果發生。

表 3. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬離乳後 0 天小腸絨毛高度、周長與面積之影響

Table 3. Effects of various protein sources in creep feed on the villous height, perimeter and area in small intestine of piglets weaned and measured at 18 day-old

Small intestinal segment, %	Protein source			SEM
	Dried skim milk	Potato protein concentrate	Soya protein concentrate	
Villous height, $\mu$ m				
00-20	298	303	304	23.9
20-40	291	287	286	13.7
40-60	265	274	264	26.9
60-80	257	258	262	18.7
80-100	245	248	242	12.7
Villous perimeter, $\mu$ m				
00-20	705	713	702	34.8
20-40	678	665	676	44.6
40-60	642	628	632	35.0
60-80	585	594	584	24.0
80-100	531	526	535	48.0
Villous area, $\mu$ m <sup>2</sup>				
00-20	29,517	29,907	29,010	327
20-40	29,413	28,874	29,160	319
40-60	27,503	26,818	27,715	313
60-80	25,493	25,975	25,721	314
80-100	24,894	24,667	24,736	277

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row without the same superscripts are significantly different (P<0.05).

SEM: Standard error of means.

表 4. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬離乳後 5 天小腸絨毛高度、周長與面積之影響

Table 4. Effects of various protein sources in creep feed on the villous height, perimeter and area in small intestine of piglets weaned at 18 day-old when measured on the 5th day after weaning

Small intestinal segment, %	Protein source			SEM
	Dried skim milk	Potato protein concentrate	Soya protein concentrate	
Villous height, $\mu$ m				
00-20	261 <sup>a</sup>	203 <sup>b</sup>	205 <sup>b</sup>	13.0
20-40	247 <sup>a</sup>	200 <sup>b</sup>	196 <sup>b</sup>	18.9
40-60	244 <sup>a</sup>	194 <sup>b</sup>	198 <sup>b</sup>	22.9
60-80	227 <sup>a</sup>	180 <sup>b</sup>	189 <sup>b</sup>	32.7
80-100	221 <sup>a</sup>	164 <sup>b</sup>	168 <sup>b</sup>	32.4
Villous perimeter, $\mu$ m				
00-20	635 <sup>a</sup>	600 <sup>b</sup>	607 <sup>b</sup>	13.0
20-40	610 <sup>a</sup>	584 <sup>b</sup>	601 <sup>ab</sup>	22.9
40-60	604 <sup>a</sup>	570 <sup>b</sup>	583 <sup>b</sup>	12.8
60-80	572 <sup>a</sup>	534 <sup>b</sup>	552 <sup>ab</sup>	16.7
80-100	553 <sup>a</sup>	476 <sup>b</sup>	487 <sup>b</sup>	30.5
Villous area, $\mu$ m <sup>2</sup>				
00-20	25,736 <sup>a</sup>	20,897 <sup>b</sup>	21,008 <sup>b</sup>	245
20-40	24,888 <sup>a</sup>	21,061 <sup>b</sup>	21,738 <sup>b</sup>	236
40-60	23,934 <sup>a</sup>	21,061 <sup>b</sup>	21,383 <sup>b</sup>	238
60-80	22,637 <sup>a</sup>	19,643 <sup>b</sup>	19,946 <sup>b</sup>	232
80-100	21,667 <sup>a</sup>	20,026 <sup>b</sup>	20,907 <sup>ab</sup>	217

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row without the same superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means.

表 5. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬離乳後 10 天小腸絨毛高度、周長與面積之影響

Table 5. Effects of various protein sources in creep feed on the villous height, perimeter and area change in small intestine of piglets weaned at 18 day-old when measured 10 day after weaning

Small intestinal segment, %	Protein source			SEM
	Dried skim milk	Potato protein concentrate	Soya protein concentrate	
Villous height, $\mu$ m				
00-20	284 <sup>a</sup>	231 <sup>b</sup>	254 <sup>ab</sup>	33.0
20-40	290 <sup>a</sup>	231 <sup>b</sup>	284 <sup>a</sup>	18.7
40-60	275 <sup>a</sup>	206 <sup>c</sup>	232 <sup>b</sup>	42.7
60-80	260 <sup>a</sup>	206 <sup>b</sup>	214 <sup>b</sup>	22.5
80-100	244 <sup>a</sup>	202 <sup>b</sup>	235 <sup>ab</sup>	12.4
Villous perimeter, $\mu$ m				
00-20	666 <sup>a</sup>	605 <sup>b</sup>	635 <sup>ab</sup>	32.3
20-40	639 <sup>a</sup>	611 <sup>b</sup>	615 <sup>ab</sup>	42.2
40-60	654 <sup>a</sup>	570 <sup>b</sup>	578 <sup>b</sup>	36.5
60-80	629 <sup>a</sup>	580 <sup>b</sup>	578 <sup>b</sup>	37.6
80-100	596 <sup>a</sup>	544 <sup>b</sup>	588 <sup>a</sup>	28.8
Villous area, $\mu$ m <sup>2</sup>				
00-20	26,736 <sup>a</sup>	23,915 <sup>b</sup>	25,126 <sup>ab</sup>	214
20-40	25,888 <sup>a</sup>	22,654 <sup>c</sup>	25,915 <sup>a</sup>	304
40-60	26,934 <sup>a</sup>	23,159 <sup>b</sup>	23,383 <sup>b</sup>	297
60-80	24,637 <sup>a</sup>	22,921 <sup>b</sup>	22,946 <sup>b</sup>	289
80-100	25,875 <sup>a</sup>	21,026 <sup>c</sup>	24,102 <sup>b</sup>	285

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row without the same superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means.

不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬離乳後 0 至 10 天小腸腺窩深度之影響結果列於表 6。在離乳後第 5 天，餵飼脫脂乳粉組者，其腺窩深度顯著較餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者淺 ( $P < 0.05$ )。餵飼濃縮馬鈴薯蛋白與餵飼濃縮大豆蛋白兩組者間，除在小腸片段 20-40% 及 60-80% 兩段有顯著差異外，其餘各段均無差異存在。脫脂乳粉組者，在離乳後第 10 天之小腸腺窩深度，與離乳後第 5 天者相似。濃縮馬鈴薯蛋白組者則在離乳後第 10 天，其腺窩深度顯著較深 ( $P < 0.05$ )，顯示不同蛋白質來源會影響小腸腺窩深度。在離乳後第 5 天，濃縮馬鈴薯蛋白組者與濃縮大豆蛋白組者之小腸片段腺窩深度增加之幅度較大 ( $P < 0.05$ )。離乳後第 10 天，各處理組者之腺窩深度增加的幅度約為離乳後第 0 天的 1 倍左右。

表 6. 不同蛋白質來源人工乳對18日齡離乳仔豬離乳後0至10天小腸腺窩深度之影響

Table 6. Effects of various protein sources in creep feed on the crypt depth in small intestine of piglets weaned at 18 day-old when measured at 0 day to 10 day after weaning

Small intestinal segment, %	Protein source			SEM
	Dried skim milk	Potato protein concentrate	Soya protein concentrate	
Crypt depth at 0 day postweaning , $\mu$ m				
00-20	126	128	127	11.4
20-40	118	118	115	11.6
40-60	119	118	120	12.5
60-80	123	125	118	16.7
80-100	109	112	111	18.4
Crypt depth at 5 days postweaning , $\mu$ m				
00-20	164 <sup>b</sup>	207 <sup>a</sup>	203 <sup>a</sup>	21.8
20-40	172 <sup>b</sup>	225 <sup>a</sup>	211 <sup>b</sup>	18.7
40-60	158 <sup>b</sup>	211 <sup>a</sup>	211 <sup>a</sup>	32.9
60-80	173 <sup>c</sup>	228 <sup>a</sup>	207 <sup>b</sup>	38.9
80-100	170 <sup>b</sup>	204 <sup>a</sup>	212 <sup>a</sup>	25.7
Crypt depth at 10 days postweaning , $\mu$ m				
00-20	202 <sup>b</sup>	225 <sup>a</sup>	205 <sup>b</sup>	12.3
20-40	203 <sup>b</sup>	225 <sup>a</sup>	217 <sup>ab</sup>	22.6
40-60	218 <sup>c</sup>	243 <sup>a</sup>	225 <sup>b</sup>	16.4
60-80	192 <sup>c</sup>	220 <sup>a</sup>	207 <sup>b</sup>	20.3
80-100	208 <sup>b</sup>	223 <sup>a</sup>	211 <sup>ab</sup>	11.5

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row without the same superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means.

由以上結果得知，不同蛋白質來源會造成小腸絨毛結構之改變，除了導致小腸絨毛萎縮外，會使腺窩深度增加，此結果與 Li *et al.* (1991b) 及 Pluske *et al.* (1997) 結果相同。造成絨毛結構的改變，推測原因可能是仔豬體內營養份需求不足，導致腺窩細胞分裂速度下降。Hall *et al.* (1989) 指出，在提供能量和蛋白質不足前提下，腺窩細胞數目在離乳後 3 天內減少，而幼年動物小腸絨毛之生長依靠形成新腺窩。新細胞分裂速度降低，一方面使成熟腸細胞脫落速率減緩，另一方面使小腸絨毛生長因而受阻。在本試驗中，餵飼濃縮馬鈴薯蛋白質組者及濃縮大豆蛋白質組者較脫脂乳粉組者，在離乳後第 5 天，其攝食量顯著較低，且其絨毛高度顯著較短，腺窩深度會增加，而至離乳後第 10 天左右，腺窩深度則不再劇烈變化。Hampson (1986) 指出，腺窩細胞數目之增加，在離乳後 3-11 天發生，與本試驗結果略有不同。惟本試驗期僅維持 10 天，未能得知離乳 10 天以後之情形，而加以探討。

### III. 生長性能

18 日齡離乳之仔豬，於離乳後 0-5 週間，餵予不同蛋白質來源之人工乳，其生長性狀結果列於表 7。在離乳後第 1 週，餵飼脫脂乳粉人工乳者其日增重較餵飼濃縮馬鈴薯蛋白者或濃縮大豆蛋白者重 ( $P < 0.05$ )。離乳仔豬餵飼含濃縮馬鈴薯蛋白質者其生長性能較餵飼含其他蛋白質來源者差 ( $P < 0.05$ )。在每日攝食量及飼料效率方面，亦以餵飼脫脂乳粉者較佳。離乳後第 2 週，其生長性能受人工乳蛋白質來源之影響結果與離乳後第 1 週者相同。綜合離乳後第 1-2 週的結果得知，餵飼含脫脂乳粉人工乳之仔豬其生長性能的表現較佳，其次為餵飼含濃縮大豆蛋白者，而餵飼含濃縮馬鈴薯蛋白者表現最差 ( $P < 0.05$ )。於離乳後第 3-5 週，日增重方面及飼料效率方面，各飼糧處理組間無差異。但餵予含濃縮大豆蛋白人工乳之仔豬其飼料攝食量較高，而餵予含濃縮馬鈴薯蛋白者較低 ( $P < 0.05$ )。於離乳後 0-5 週之仔豬餵飼含脫脂乳粉之人工乳者，其生長性能與餵飼含濃縮大豆蛋白者間無差異，顯示以濃縮大豆蛋白等蛋白質含量取代脫脂乳粉所配製成之人工乳，用以餵飼 18 日齡之早期離乳仔豬，不影響其生長性能，此與 Friesen *et al.* (1993) 之試驗結果相同。然而，以濃縮馬鈴薯蛋白取代脫脂乳，所配製成之人工乳用以餵飼早期離乳仔豬，其日增重及每日飼料攝食量均較餵飼含脫脂乳粉者低 ( $P < 0.05$ )，亦較餵飼含濃縮大豆蛋白者低，顯示人工乳中所含之脫脂乳粉之粗蛋白質含量，無法全量以濃縮馬鈴薯蛋白取代之。

## 結論與建議

以濃縮大豆蛋白全量取代脫脂乳粉之粗蛋白質含量，用於仔豬用人工乳中，對於仔豬後續生長影響不大，應可添加使用。至於以濃縮馬鈴薯蛋白全量取代脫脂乳粉之粗蛋白質含量，供作仔豬人工乳之主要蛋白質來源，其飼養效果比脫脂乳粉者為差。

表 7. 不同蛋白質來源人工乳對18日齡離乳仔豬生長性能之影響

Table 7. Effects of various protein sources in creep feed on growth performance of piglets weaned at 18 day-old

Postweaning	Protein source			SEM
	Dried skim milk	Potato protein concentrate	Soya protein concentrate	
0-1 week				
daily gain, g	132 <sup>a</sup>	96 <sup>c</sup>	109 <sup>b</sup>	1.20
daily feed intake, g	218 <sup>a</sup>	184 <sup>a</sup>	198 <sup>a</sup>	1.50
Gain/feed	0.61 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.01
1-2 weeks				
daily gain, g	200 <sup>a</sup>	149 <sup>c</sup>	164 <sup>b</sup>	4.10
daily feed intake, g	338 <sup>a</sup>	299 <sup>a</sup>	302 <sup>a</sup>	2.70
Gain/feed	0.59 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.01
2-3 weeks				
daily gain, g	320 <sup>a</sup>	283 <sup>a</sup>	307 <sup>a</sup>	6.50
daily feed intake, g	514 <sup>a</sup>	480 <sup>a</sup>	500 <sup>a</sup>	4.30
Gain/feed	0.62 <sup>a</sup>	0.59 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.01
3-4 weeks				
daily gain, g	385 <sup>a</sup>	402 <sup>a</sup>	376 <sup>a</sup>	6.70
daily feed intake, g	737 <sup>a</sup>	754 <sup>a</sup>	747 <sup>a</sup>	6.47
Gain/feed	0.52 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.01
4-5 weeks				
daily gain, g	507 <sup>a</sup>	499 <sup>a</sup>	535 <sup>a</sup>	5.21
daily feed intake, g	1,089 <sup>a</sup>	1,067 <sup>a</sup>	1,111 <sup>a</sup>	8.44
Gain/feed	0.47 <sup>a</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.48 <sup>a</sup>	0.01
0-2 weeks				
Initial weight, kg	5.43	5.44	5.40	0.20
Final weight, kg	7.76	7.15	7.31	0.50
daily gain, g	166 <sup>a</sup>	122 <sup>c</sup>	137 <sup>b</sup>	2.70
daily feed intake, g	278 <sup>a</sup>	242 <sup>c</sup>	250 <sup>b</sup>	2.60
Gain/feed	0.60 <sup>a</sup>	0.51 <sup>c</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.01
3-5 weeks				
Initial weight, kg	7.76	7.15	7.31	0.50
Final weight, kg	16.2	15.5	15.8	3.90
daily gain, g	404 <sup>a</sup>	395 <sup>a</sup>	406 <sup>a</sup>	6.50
daily feed intake, g	780 <sup>ab</sup>	767 <sup>b</sup>	786 <sup>a</sup>	4.30
Gain/feed	0.52 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.08
0-5 weeks				
Initial weight, kg	5.43	5.44	5.40	0.20
Final weight, kg	16.2	15.5	15.8	3.90
daily gain, g	308 <sup>a</sup>	286 <sup>b</sup>	298 <sup>ab</sup>	4.80
daily feed intake, g	579 <sup>a</sup>	557 <sup>b</sup>	571 <sup>ab</sup>	6.10
Gain/feed	0.53 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.16

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row without the same superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means.

## 參考文獻

- 台灣地區養豬飼養標準編輯委員會編。1990。台灣地區飼養標準-豬。中華民國，台灣。
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1988. Effect of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.* 66: 1438-1445.
- Friesen, K. G., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, K. C. Behnke and L. J. Kats. 1993. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 71: 2099-2109.
- Hall, G. A., K. R. Parsons, G. L. Waxler, K. J. Bunch and R. M. Batt. 1989. Effects of dietary change and rotavirus infection on small intestinal structure and function in gnotobiotic piglets. *Res. Vet. Sci.* 47: 219-224.
- Hampson, D. J. and D. E. Kidder. 1986. Influence of creep feeding and weaning on brush border enzyme activities in the piglet small intestine. *Res. Vet. Sci.* 40: 24-31.
- Li, D. F., J. L. Nelssen, P. G. Reddy, F. Blecha, R. D. Klemm, D. W. Giesting, J. D. Hancock, G. L. Allee, and R. D. Goodband. 1991a. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. *J. Anim. Sci.* 69: 3299-3307.
- Li, D. F., J. L. Nelssen, P. G. Reddy, F. Blecha, R. D. Klemm and R. D. Goodband. 1991b. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 69: 4062-4069.
- National Research Council. 1988. *Nutrient Requirements of Swine*. 9th National Academy Press, Washington, D.C.
- Pluske, J. R., D. J. Hampson and I. H. Williams. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livest. Prod. Sci.* 51: 215-236.
- SAS. 1996. SAS (r) Proprietary Software Release 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, U. S. A.
- Worobec, E. K., I. J. H. Duncan and T. M. Widowski. 1999. The effects of weaning at 7, 14 and 28 days on piglet behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62: 173-182.
- Zijlstra, R. T., K. Y. Whang, R. A. Easter and J. Odle. 1996. Effect of feeding a milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal morphology compared with suckled littermates. *J. Anim. Sci.* 74: 2948-2959.

# Effects of various protein sources in creep feed on small intestine development and on growth of piglets weaned at 18 days of ages <sup>(1)</sup>

Chih-Chang Hsiao<sup>(2)(3)(5)</sup> Yu-Shine Jea<sup>(3)</sup> and Der-Fang Jan<sup>(4)</sup>

Received : Jun. 30, 2009 ; Accepted : Nov. 27, 2009

## Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of protein sources in creep feed on the development of small intestine and on growth of piglets weaned at 18 days of age. The protein sources were dried skim milk (DSM), potato protein concentrate (PPC) or soya protein concentrate (SPC). The protein source provided one third of the total crude protein in the creep feed. Experiment 1. Forty-five piglets of Landrace × Yorkshire (♀) crossed with Duroc (♂) from six litters weaned at 18 days of ages were used. According to body weight and sex, the piglets were allotted into three pens, each with fifteen piglets. The pens regarded as experimental units were randomly allotted into three dietary treatments, which contained DSM, PPC or SPC as the main source of protein for ten days postweaning. All piglets were slaughtered at 0, 5 and 10 days, respectively. Fifteen piglets (selected from each little of each pen) were offered to slaughter at each time. Experiment 2. Thirty piglets weaned at 18 days of age were used. According to body weight and sex, the piglets were allotted into six pens, each with five piglets. The pens regarded as experimental units were randomly allotted into three dietary treatments, which were containing DSM, PPC or SPC as the main source of protein for first two weeks postweaning. The results indicated that feeding with various protein sources in creep feed exerted a tremendous effect on intestinal development. At 5th days after weaning, piglets fed DSM had heavier weight in small intestine than that of PPC and SPC treatments ( $P < 0.05$ ). The DSM also showed greater height of villi ( $P < 0.05$ ) and less depth of crypts ( $P < 0.05$ ). At 10 days after weaning, in the aspect of the small intestine, the height and the area of the villi, only at the 40-60% and 60-80% segments of the small intestine, showed greater in DSM comparing with SPC treatment ( $P < 0.05$ ). Each variable measured in PPC treatment was less than that in DSM one ( $P < 0.05$ ). In Experiment 2, the results indicated that the piglets fed with milk replacer containing SPC in comparison with DSM had worse growth performance during the first two weeks after weaning ( $P < 0.05$ ). The results showed that the biological availability of DSM was better than that of SPC for piglets immediately postweaning. However, this superior performance no longer existed during the whole period of 0 to 5 wk after weaning. When creep feed containing PPC instead of DSM was fed, the piglets had worse growth performance ( $P < 0.05$ ) during the entire experiment period of 0 to 5 wk postweaning.

Key words : Protein source, Small villous, Crypt, Growth, Early-weaned piglet.

- 
- (1) Contribution No. 1545 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
  - (2) This report was part of the master thesis of the first author at National Chung Hsing University.
  - (3) Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI, Changhua, Taiwan, ROC.
  - (4) Department of Animal Science, National Chung-Hsing University. 250 Kuo Kuang Road, Taichung 402, Taiwan, R.O.C.
  - (5) Corresponding author, E-mail:ccchang@mail.tlri.gov.tw.