

## 纖維對家兔消化道之影響

余 碧<sup>1)</sup>邱文石<sup>2)</sup>詹德芳<sup>2)</sup>

**摘要：**本試驗之目的在探討家兔餵予不同纖維來源與含量之日糧，對其消化作用之影響。以96頭28日齡之加州種公兔，隨機分配至16種不同之處理；整固草粉及苜蓿粉之二種來源，5.5、8.5、11.5及14.5%之四種不同纖維含量，以及全量與限量之二種飼養方式之因子設計。經八週飼養後屠宰，分別測定其消化道各部位重量及其內容物含乾物量與pH值之變化。

家兔消化道各部位：包括胃、小腸、盲腸及結直腸，平均相對重量每百克體重分別為0.78、2.48、1.47及1.32克；內容物平均含乾物量為19.33、15.86、21.98及27.79%；內容物平均pH值為1.51、6.91、6.45及6.80。

日糧之纖維含量(x)顯著影響盲腸重量(y)，盲腸重量，隨飼料中纖維含量增加而重量減少。 $y = 1.93 - 0.047x$ ； $r = -0.6819$ 。而盲腸內容物重(y)亦隨纖維含量(x)之增加呈顯著降低， $y = 182.8 - 6.98x$ ； $r = -0.651$ 。除胃內容物之含乾物量隨纖維含量增加而顯著提高外( $P < 0.05$ )，其餘部位之內容物含乾物量均未顯著受處理之影響。雖盲腸內容物之pH值隨纖維含量之增加呈下降之趨勢，但所有部位之內容物pH值亦未顯著受處理之影響( $P > 0.05$ )。

## 前 言

兔為具有糞食習性(coprophy)之單胃草食動物，對粗纖維之需要量高達10-12%<sup>(15)</sup>，但對粗纖維之消化率實際上較其他動物差，依據Slade & Hintz<sup>(18)</sup>分析各種動物對苜蓿粉粗纖維之消化率分別為兔16.2%；馬34.7%，小馬38.1%，天竺鼠38.2%。Maylard等<sup>(14)</sup>所測定粗纖維消化率分別為：兔14%，牛44%，豬22%。因此，纖維在兔消化過程中所扮演之角色，甚值得探討。

後腸(hind gut)是單胃動物發酵“消化殘渣”(digestive residue)之主要部位；尤其是單胃草食動物，其後腸佔整段消化

器官容積之比例遠大於其他動物：兔、豬、狗及牛分別為61、38、14及11%<sup>(3)</sup>。於豬<sup>(13)</sup>的報告中指出餵給高纖維，低能量日糧時，因增加採食量，致其消化道全部或僅部份器官擴大。亦有報告指出餵給鬆質飼料之小白鼠，其小腸及大腸之長度與重量的增加<sup>(22)</sup>。對耐粗食之家兔，纖維之攝取量是否亦影響家兔之消化道生理？Hoover & Heitman<sup>(11)</sup>曾指出家兔餵給29.4%或14.7%之纖維含量時，發現兩處理組間之兔隻盲腸體積相差不顯著，但以每公斤體重之盲腸相對體積估計時，高纖維組顯著大於低纖維組。

纖維在消化道內具有保水性<sup>(12)</sup>(water-holding capacity)，吸附有機物質<sup>(10)</sup>，

1) 國立中興大學畜牧系講師。

2) 國立中興大學畜牧系教授。

加速腸道內食糜之通過速率<sup>(4)</sup>。食糜化學成分及腸道之結構等均因纖維來源的不同而有差異，因此日糧所含纖維之來源不同，亦可能影響動物之消化功能。

本試驗之目的，乃以省產之盤固草粉與進口之苜蓿粉作為家兔日糧之主要纖維來源，並配合不同纖維含量，探討其對家兔消化道功能之影響，以瞭解家兔後腸發酵作用之型態，藉此作為家兔營養生理研究之參考。

## 材料與方法

### 一、試驗處理

本試驗採完全逢機設計 ( Complete randomized design )。試驗處理為 $2 \times 4 \times 2$ 複因子試驗，共十六處理。各因子分別為日糧中纖維來源 (盤固草粉、苜蓿粉)，粗纖維含量 (5.5, 8.5, 11.5 及 14.5 %) 及給飼量 (全量，限量；量為試驗兔體重之 6%<sup>(16)</sup>)。

### 二、飼養方式及屠宰

以生後 25 日齡已離乳平均體重 790 克之加州兔之公兔 96 隻，逢機分配至 48 欄，各欄再逢機於十六處理，兔欄為  $40 \times 25 \times 30 \text{ cm}^3$ 。飼料置於“丁字”型飼料槽內，並以乳頭式自動飲水器供給飲水。經 8 週之飼養於試驗結束後立即屠宰，屠宰時沿腹中綫剖開，取出之消化道包括胃、小腸、盲腸及結直腸等四部分。先以數位 pH 測定器測定各部位內容物之 pH 值，再將各部位之內容物取出，測定含乾物量<sup>(2)</sup>，盲腸內容物重量亦同時測定，再以生理食鹽水洗淨各段消化道後，測其重量<sup>(6)</sup>。

### 三、飼料之製備

盤固草粉係以乾草經切斷後再粉碎，

苜蓿粉以進口之粒狀再粉碎。其飼料配方依本試驗處理及 NRC<sup>(16)</sup> 兔之飼養標準配製成等蛋白質 (isonitrogenous)，等消化能 (equicaloric；DE) 之試驗日糧，其配方如表一，各處理飼料經混合後，添加酌量之水及 0.5~1% 之飼料用粘劑後，經由打粒機 (California pellet Mill) 製成直徑 0.5 cm，長 1 cm 之粒狀飼料再以 40°C 通風乾燥至水分含量約 12%。

### 四、統計分析

試驗結果資料依 Snedecor & Cochran<sup>(20)</sup> 所述之方法作變方分析。

## 結果與討論

兔消化道各部位；包括胃、小腸、盲腸及結腸等。各器官相對重量，內容物乾物量與 pH 值及盲腸內容物重之測定結果列於表二。

胃、小腸、盲腸及結直腸之平均相對重量以每百公克活體重計，分別為 0.78、2.48、1.46 及 1.33。除盲腸重量顯著受日糧纖維含量之影響外，其他部位之重量均不受纖維來源、含量與給飼量之影響 ( $p > 0.05$ )。試驗兔隻盲腸相對重量 ( $y$ )，於纖維含量 5.5、8.5、11.5 及 14.5% 之處理組分別為 1.71、1.48、1.38 及 1.28。隨著纖維含量 ( $x$ ) 增加顯著降低了盲腸的相對重量 ( $P > 0.05$ )。兩者成直綫關係； $y = 1.93 - 0.047x$ ， $r = 0.6819$ 。此結果與 Champe & Maurice<sup>(6)</sup> 之結果一致。但於豬之試驗，Kass 等<sup>(14)</sup>；Stanogias & Pearce<sup>(21)</sup> 却獲得不同之結果，他們指出隨著日糧中性洗劑纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量之增加，因攝食量增加，豬隻之胃、小腸、盲腸，前段及後段結腸之重

表一、試驗日糧之配方及成分，%

Table 1. The formula and composition of experimental diet, %

Diet composition %	Fiber level of pangola grass meal, %				Fiber levels of alfalfa meal, %			
	5.5	8.5	11.5	14.5	5.5	8.5	11.5	14.5
Corn	36.00	39.60	44.83	30.53	34.42	34.60	38.10	27.05
Soybean oil meal	14.00	19.50	25.00	26.50	14.50	13.50	13.50	12.00
Wheat middling	44.00	25.00	---	---	44.00	29.00	6.00	---
Pangola grass meal	2.00	13.50	27.00	36.00	---	---	---	---
Alfalfa meal	---	---	---	---	3.00	21.00	41.00	57.00
Red soil	1.50	---	---	---	1.8	---	---	---
Tallow	--	---	1.00	5.00	---	---	---	2.50
Limestone	1.50	1.40	0.70	0.50	1.20	0.60	---	---
Dicalcium phosphate	--	---	0.50	0.50	---	0.30	0.50	0.50
L-Lysine	0.10	0.05	0.02	0.02	0.10	0.05	---	---
D, L-Methionine	0.35	0.40	0.40	0.40	0.43	0.40	0.35	0.40
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Analyzed value								
Crude protein	17.01	17.20	16.82	17.48	17.50	16.87	15.94	16.30
Gross energy, kcal	3811	3819	3886	4085	3825	3876	3854	3991
Calcium	0.72	0.73	0.70	0.71	0.71	0.70	0.67	0.80
Phosphorus	0.35	0.33	0.35	0.36	0.36	0.35	0.33	0.36
Crude fiber	5.18	8.64	11.46	14.35	5.34	8.41	11.85	14.49
Neutral detergent fiber	16.02	21.32	26.73	29.19	16.63	20.36	24.51	28.83
Acid detergent fiber	5.50	11.14	14.40	16.69	5.90	10.08	14.65	17.68
Cellulose	3.99	8.80	11.53	12.42	4.35	7.57	11.22	12.54
Hemicellulose	10.52	10.18	12.33	12.50	10.73	10.28	9.86	11.15

\*: Premix components: Per kg of diet.

CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O : 8 mg; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O : 80 mg; ZnSO<sub>4</sub> : 120 mg;

MnSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O : 140 mg; Choline : 1 g; Vit. B<sub>6</sub> : 40 mg; Vit.

B<sub>2</sub> : 80 mg; Niacin : 200 mg; Vit. E : 50 mg.

量、容積均顯著呈直線增加 ( $P < 0.001$ )，而有極顯著差異 ( $P < 0.001$ )。在試驗期且各部位之重量亦隨日糧之纖維來源不同間，兔隻之攝食量隨著日糧纖維含量之增

表二、不同纖維來源、含量與給飼量對兔消化道相對重量及其內容物之影響

Table 2. The effect of different sources and levels of fiber and amounts of feeding on relative weight and contents of digestible tracts of rabbits.

Main effect Items	Crude fiber						Amounts of feeding		C. V. (%)
	Sources		Levels, %				Full feeding	Limit feeding	
	Pangola	Alfalfa	5.5	8.5	11.5	14.5			
Relative organ weight									
Stomach	0.78	0.78	0.74	0.76	0.79	0.83	0.77	0.79	10.57
Small intestine	2.38	2.58	2.55	2.57	2.50	2.31	2.48	2.48	13.68
Cecum	1.47	1.46	1.71 <sup>aA</sup>	1.48 <sup>b</sup>	1.38 <sup>bc</sup>	1.28 <sup>c</sup>	1.45	1.48	12.19
Colon	1.35	1.31	1.37	1.25	1.38	1.32	1.34	1.33	13.02
Weight of cecal fluid, g	115.1	111.5	150.6 <sup>aA</sup>	111.6 <sup>b</sup>	109.1 <sup>b</sup>	82.0 <sup>c</sup>	113.4	113.3	20.54
Dry matter of fluid, %									
Stomach	19.88	18.78	17.86 <sup>abA</sup>	16.79 <sup>a</sup>	20.92 <sup>bc</sup>	21.74 <sup>c</sup>	20.47 <sup>a</sup>	18.18 <sup>b</sup>	3.85
Small intestine	16.74	14.98	15.28	16.72	15.46	16.00	15.39	16.33	8.21
Cecum	27.80	16.17	30.41	26.24	27.19	24.19	24.94 <sup>a</sup>	29.04 <sup>b</sup>	6.59
Colon	27.78	27.80	26.04	31.14	24.77	29.24	28.43	27.16	11.00
Ph value of fluid									
Stomach	1.49	1.53	1.55	1.47	1.53	1.48	1.52	1.50	3.51
Small intestine	6.93	6.90	7.09	6.72	6.92	6.93	7.05	6.79	4.29
Cecum	6.47	6.44	6.60	6.22	6.58	6.38	6.47	6.43	4.21
Colon	6.82	6.78	6.83	6.68	6.87	6.87	6.93	6.68	3.42

a,b,c,d: Values within the same row with the same small letters are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

A: Linear effect among the levels of fiber.

1): Relative organ weight= organ weight, g/body weight, 100g.

2): C.V. = mean square of error/mean.

加而呈直線增加<sup>(1)</sup>，但胃、小腸、結直腸重量並未顯著受影響，而盲腸之重量却反而降低。此現象可能因纖維於消化道所扮演角色因動物不同而異，纖維之利用能力亦有所差異，抑或食糜 (digesta) 通過消化道之速率不同所致。據 Pickard & Stevens<sup>(17)</sup>指出兔消化纖維之能力低的原因，主要為其食糜通過速率 (digesta passage rate) 太快所致，減少食糜停滯於腸道之時間，尤其是於後腸之停留時間，致減少

盲腸內微生物發酵纖維之時間。

引起單胃動物消化道重量增加之原因，目前仍未被定論，可能原因包括消化道形態學與化學上之改變或肌肉層厚度之增加<sup>(21)</sup>。Hoover & Heitman<sup>(12)</sup>指出日糧纖維含量增加，兔每公斤體重之盲腸容積隨著增加。Hedge等<sup>(10)</sup>亦謂餵給高纖維之鷄隻，雖未改變其腸道重量，但其容積却增加，且發現這些鷄隻盲腸肌肉層較薄。於本試驗未測定兔隻腸壁之厚度，如果兔

隻腸壁厚度不變而盲腸重量減少，則其容積不會增加，由試驗之結果，當纖維含量增加時盲腸重量減少，因此盲腸壁可能變薄，而容積未受影響。

各部位消化道內容物含乾物量依序為 19.33、15.86、26.98 及 27.79%。由胃及小腸之含乾物量顯著較盲腸及結腸之含乾物量低，顯示盲腸及結腸為兔吸收水分之主要部位。馬吸收水分之主要部位亦在盲腸及結腸<sup>(11)</sup>。由表二顯示各部位消化道只有胃內容物的含乾物量隨纖維含量增加而顯著增加 ( $P < 0.05$ )。日糧纖維含量 5.5、8.5、11.5 及 14.5% 之處理組，其胃內容物含乾物量依序為 17.86、16.79、20.92 及 21.74%。豬之胃、小腸<sup>(21)</sup>，綿羊之皺胃<sup>(9)</sup>亦都呈現相同之現象。據 Badawy 等<sup>(3)</sup>謂餵給低纖維日糧時，豬之胃粘膜炎受精料刺激，內源性胃液分泌增加。

胃、小腸、盲腸及結腸內容物之平均 pH 分別為 1.51、6.91、6.45 及 6.80。各部位消化道內容物 pH 值雖於處理間無顯著差異 ( $P > 0.05$ )，但盲腸內容物 pH 值，隨日糧纖維含量增加呈下降之趨勢；各處理組依序為 6.6、6.22、6.58 及 6.38。纖維含量高之處理組，其食糜滯留時間較短<sup>(1)</sup>，可能影響碳水化合物或含氮物質於小腸受消化酶作用之時間，因此使大量未被消化之有機物質與纖維一起流入盲腸受微生物之發酵，致盲腸內容物 pH 值降低，Champe & Maurice<sup>(6)</sup>亦獲同樣之結果。依 Willard 等<sup>(22)</sup>指出反芻動物之瘤胃或馬

之盲腸內容物之 pH 在餵給高量精料時呈下降之現象，乃因高量精料能提供微生物所需之基質。

促進盲腸發酵之先決條件，不但要使其內容物多，且又需含高量之可溶碳水化合物之內容物，如內容物之量少時，其所含可溶碳水化合物濃度必須提高，才能維持高度之發酵。當比較盲腸內容物重量 ( $y$ )，發現雖不受纖維來源與給飼量之影響，但隨纖維含量 ( $x$ ) 之增加而呈直線減少 ( $y = 182.8 - 6.98x$ )；每增加 1% 粗纖維，盲腸內容物減少 6.98 g。因此在日糧中粗纖維含量增加，且兔盲腸之內容物又少之情況下，似不足以促進發酵，而導致內容物 pH 之下降。

兔具有特殊之盲腸生理功能，兔盲腸具有將食糜中大顆粒與小顆粒分開之能力<sup>(8)</sup>，大顆粒者能迅速被盲腸肌肉壓擠排出至結腸，小顆粒者被留滯於盲腸內作更進一步消化作用<sup>(7)</sup>。含高纖維日糧處理組之攝食量高且食糜通過腸道又快，因此在盲腸內未被消化部份之可溶碳水化合物積聚量亦可能比低纖維組多。由盲腸內容物揮發性脂肪酸 (Volatile fatty acids) 之濃度結果發現：高纖維處理組之兔隻盲腸內容物揮發性脂肪酸濃度呈增加之趨勢<sup>(1)</sup>，顯示高纖維處理組之兔隻盲腸內容物之發酵作用可能高於低纖維組。唯因盲腸內容物成分未被充分瞭解，致本試驗無法確定提高兔盲腸發酵作用之因素。

### 參考文獻

1. 余碧、黃暉煌、詹德芳、邱文石，1985。纖維對家兔生長性狀及後腸發酵之影響。中畜會誌 14(3-4)：15-27。

2. A.O.A.C. 1980. Official methods of Analysis (13th). Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
3. Badawy, A.M., R. M. Campell, D.P. Cuthbertson, B.F. Field and W.S. Mackie. 1958. Futher studies on the Changing Composition of digesta along the alimentary tract of the sheep I Total and non-protein nitrogen. Br. J. Nutr. 12:367-374.
4. Bardon, T. and J. Fioramonti. 1983. Nature of the effects of bran on digestive transit time in pigs. Br. J. Nutr. 50:685-690.
5. Bayley, H.S. 1978. Comparative physiology of the hindgut and its nutritional significance J. Anim. Sci. 46: 1800-1802.
6. Champe, K. S. and D. V. Maurice. 1983. Response of early weaned rabbits to source and level of dietary fiber. J. Anim. Sci. 56:1105-1114.
7. Cheeke, P.R. 1983. The singnificance of fiber in rabbit nutrition. J. Appl. Rabbit Res. 6:103-106.
8. Cheeke, P.R., M.A. Grobner and N.M. Patton. 1986. Fiber digestion and utilization in rabbits. J. Appl. Rabbit Res. Vol 9 No 1:25-30.
9. Grovum, W.L. and V.T. Williams. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. Br. J. Nutr. 29:13-21.
10. Hedge, S.N., B.A. Rolls, A. Turvey and M.E. Coates, 1978. The effects on chicks of dietary fiber from different sources : a growth factor in wheat bran. Br. J. Nutr. 40:63-69.
11. Hintz, H.F., D.E. Hogue, E.F. Walker, Jr., J.E. Lowe and H.F. Schxyver. 1971. Apparent digestion in Various segments of the digestive tract of ponies feed diets with varying roughage-grain ratios. J. Anim. Sci. 32:245-248.
12. Hoover, W.H. and R.N. Heitmann. 1972. Effects of dietary fiber levels on weight gain, cecal volume and volatile fatty acid production in rabbits. J. Nutr. 102:375-379.
13. Kay, R.M. 1982. Dietary fiber. J. Lipid Res. 23:221-228.
14. Kass, M.L., P.J. Van Soest, W.G. Pond, B. Lewis and R.E. Mc

- Dowell. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. 1. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastro intestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:175-191.
15. Maynard, L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz and R.G. Warnes. 1979. *Animal Nutrition* (7th) p.31. McGraw-Hill Book Company, New York.
16. NRC. 1977. Nutrient requirement of rabbits. The National Research Council. Washington D.C.
17. Pickard, D.W. and C.E. Stevens. 1972. Digesta flow through the rabbit large intestine. *Am. J. Physiol.* 222:1161-1166.
18. Reinhold, J.G., B. Faradji, P. Abaidi and F. Ismail Beigi. 1976. Decreased absorption of calcium, magnesium Zinc, and phosphorus by humans due to increased fiber and phosphorus consumption as wheat bread. *J. Nutr.* 106:493-504.
19. Slade, L.M. and H.F. Hintz. 1969. Comparison of digestion in horses, ponies, rabbits and guinea pigs. *J. Anim. Sci.* 28:842-843.
20. Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1980. statistical methods. The Iowa state University press. U.S.A.
21. Stanogias, G. and G.R. Pearce. 1985. The digestion of fiber by pigs. 3. Effects of the amount and type of fiber on physical characteristics of segments of the gastrointestinal tract. *Br. J. Nutr.* 53:537-548.
22. Willard, J.G., J.C. Willard, S.A. Wolfram and J.P. Baker. 1977. Effect of diet on cecal pH and feeding behavior of horses. *J. Anim. Sci.* 45:1-7.
23. Younoszai, M.K., M. Adedoyin and J. Ranshaw. 1978. Dietary components and gastrointestinal growth in rats. *J. Nutr.* 108: 341.

## Effect of Fiber on Gastrointestinal Tract Function in Domestic Rabbits

Bi-Yu<sup>1)</sup> Peter W.S. Chiou<sup>2)</sup> Der-Fang Jan<sup>2)</sup>

### Summary

The objective of this study was to investigate the function of gastrointestinal tract of domestic rabbits affected by the different levels and sources of dietary fiber.

Ninety-six weaned California male rabbits with 25-day-old and averaged live-weight of 790g, were randomly assigned to 48 cages of 16 treatments with three cages per treatment. The treatments were a factorial design with 2 fiber sources (pangola grass vs. alfalfa meal), 4 fiber levels (5.5, 8.5, 11.5 and 14.55%) and 2 feeding systems (full feeding vs. limited feeding). After 8 weeks of feeding, rabbits were then slaughtered.

The gastrointestinal segments were separated into stomach, small intestine, cecum and colon-rectum; Its relative weight (g) per 100g live body weight were 0.78, 2.48, 1.47, and 1.33; the dry matter (DM,%) of the contents were 19.33, 15.86, 21.98 and 27.79; the pH value of the contents were 1.51, 6.91, 6.45 and 6.8 respectively.

Both wet weight ( $Y_1$ ) and content ( $Y_2$ ) of the cecum were decreased linely ( $P < 0.05$ ) with the increased level of fiber in the diet. The regression equation is  $Y_1 = 1.93 - 0.047X$ ,  $r = -0.6819$ ;  $Y_2 = 182.8 - 6.98X$ ,  $r = -0.651$  respectively.

Although the pH value of cecum content seems to decreased by the increased of dietary fiber level in diet, but the pH value of all segments were unaffected by the treatments.



National Chung Hsing University

1) Lecturer, Department of Animal Science, National Chung-Hsing University.

2) Professor, Department of Animal Science, National Chung-Hsing University.