無蛋白質飼料給与時の家兎の窒素代謝について

I 強制給飼法による試験

広瀬 可恒・鈴木 省三

(北海道大学農学部)

Nitrogen metabolism of rabbits on N-free diets

I Experiments with the cramming method

YOSHITSUNE HIROSE and SHOZO SUZUKI

(Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

I 緒 言

蛋白質の Biological value の評価方法である THOMAS-MITCHELL 法は蛋白質の栄養価判定に広く応用され、理論的にも興味深い研究方法である。従来、この方法による実験は大抵鼠を用いて行われ、稀にモルモット・豚・牛でも行われているが、家兎を使用している例は極めて少い。草食動物の飼料は通常他の動物の飼料よりも多量の粗繊維を含んでいるから、家兎に対する精製飼料を調製する場合、消化・吸収の条件を成るべく正常に近くする為には、かなり多量の粗繊維を含むようにする必要がある。然し多量の繊維を混入した精製飼料は家兎の嗜好に適さない場合が多く、かかる飼料を充分食べさせるのはなかなか困難な仕事である。WOODWARD and MACY³⁾, PASSMORE⁴⁾等は繊維源として Diophan を使用した精製飼料を調製して長期の飼養に成功したが、その報告でも、殆んど食べない兎のいることを認めている。

若し家兎の嗜好と無関係に各種の精製飼料を完全に一定量食べさせることが出来れば、家兎を各種の栄養試験・代謝試験に簡便に利用し得るようになると思われ。筆者等はその方法として強制給飼法を考え、家兎を用いる蛋白質の Biological value 評価の基礎実験として無蛋白質飼料給与時の窒素代謝について研究した。

II 強制給飼法

(1) 使用飼料 本方法では飼料を咀嚼させず、直接口腔の奥へ少しづつ挿入して嚥下させる為、用いる飼料は粉末状とし、嚥下し易いように適量の水を加えて練り餌状とする。加える水の適量は第1表の通りである。

(2) 使用器具 この方法に用いる器具は第1図に示す。漏斗状の器具(A)は銅板製で、家兎の口に挿入する管部にはゴム管(B)をはめ、口腔内に傷をつけることの無いようにした。挿入棒(C)は鉄線又は竹で作った。

第1表 調合飼料加水適量

飼 料 の 種 類			飼料100g当加水適量
織 維	80%以上の飼料		500—1000 g
織 維	約50%の飼料		300—400
織 維	約30%の飼料		150—200
織 維	約20%の飼料		100—150

第 1 図

A: 銅板製漏斗

B: ゴム管

C: 鉄線又は竹製

(3) 給飼法 台上に兎を載せ、左手の肘と脇腹との間でかえ込むように兎の後軀を保定し、前肢を揃えて、左手中指と人差指の間にはさみ、その人差指と拇指で上・下顎を上下から抑える。右手で漏斗状器具(A)を持ち、皿の部分を下側にして切歯と臼歯の間から管部(B)を静かに口腔内に挿入する。生体量2 kg以上の兎では管の基部迄入れて差支えない。漏斗状器具の皿の部分に練った飼料を載せ挿入棒で少量宛押し込む。兎は1回乃至3回の挿入毎に嚥下し、特に苦しそう様子はない。通常1回分の練り餌10 g(乾物量約5 g)を約10分、馴れば5—7分で給与し得る。全部入れ終つた後、皿の上に少量の水を入れ、容器・棒に附着した飼料を洗つてやや上を向け、飲み込むのを待つて器具を口から抜き去る。

Ⅲ 強制給飼法による窒素出納試験

(1) 供試動物及び管理 生後 150 日乃至 250 日の生体量 1,750—2,930 g の白色在来種 9 頭を用いた。試験檻は 45cm 平方、高さ 30cm で、金網底の下に 2mm 目の金網を抽斗式に入れて糞を受け、一番下に亜鉛板を漏斗状に張つて尿を採取し得るようにした。給飼は朝夕 2 回又は朝昼夕 3 回定時に行い、毎朝午前 8 時給飼前に糞尿を採つて 1 日分とし、糞の限界判定の爲の marker は用いなかった。又尿も特に排出を促すことなく、自然の排尿分のみを以てその日の尿量とした。上の金網は糞が直ぐ通過して下の金網上に落ちるようになっていたが、coprophagy を完全に防ぐことは出来なかった。飲料水は常備したが殆んど飲まなかった。

(2) 給与飼料 エネルギー源としては、澱粉・蔗糖・抽出菜種油を使用した。繊維源としては、従来、Cellu flour⁶⁾、Ground cellophan⁶⁾、Wood flock³⁾、Diophan⁴⁾等が用いられているが、著者等は東洋沓紙 No. 2 を煮沸・乾燥・粉碎して沓紙粉末として使用した。試験期間は 8 日間の短期に限つたので、ビタミン類は全く加えなかった。鉍物質としては食塩を 1 日 0.5—0.6 g 与えたのみである。

各飼料成分の水分及び窒素含量は第 2 表の通りである。

第 2 表 各飼料成分の水分・窒素含量 (%)

	水分	窒素
デキストリン	9.13	0.00
蔗糖	9.45	0.00
抽出菜種油	0.00	0.00
沓紙粉末	9.40	0.05

各試験に与えた配合飼料は、(1)沓紙粉末のみ、(2)デキストリン・菜種油・沓紙粉末、(3)デキストリン・蔗糖・菜種油・沓紙粉末の 3 種に分け、その配合量は第 3 表に示す通りである。

第 3 表 給与飼料配合量 (1 日 1 頭当 g)

例	デキストリン	蔗糖	菜種油	沓紙粉末	計
1	—	—	—	10	10
2—3	—	—	—	15	15
4—7	60	—	2	10	72
8—9	60	20	5	15	100

(3) 試験結果

(a) 沓紙粉末のみを給与した場合

第 1 例、沓紙粉末 10 g、1 日 2 回に分与。(第 4 表)

第 4 表 第 1 例窒素出納試験結果

日数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第 1 日	2,080	—	—	—	—	—
第 2 日	1,970	18.2	1.37	249.3	98	1,360
第 3 日	1,900	10.4	1.17	121.7	122	1,626
第 4 日	1,730	14.8	0.74	109.5	123	1,409
第 5 日	1,680	9.4	0.83	78.0	105	1,285
第 6 日	1,620	13.7	0.51	69.9	115	892
第 7 日	1,530	10.0	0.52	52.0	138	1,675

註：第 1 日糞・尿は採取せず、衰弱甚だしい為 7 日までで中止。

第 2 例 沓紙粉末 15 g、1 日 3 回に分与。(第 5 表)

第 5 表 第 2 例窒素出納試験結果

日数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第 1 日	1,750	—	—	—	—	—
第 2 日	1,620	16.4	2.26	370.6	100	770
第 3 日	1,550	24.9	1.85	460.7	95	959
第 4 日	1,500	21.9	1.55	339.4	83	888
第 5 日	1,430	16.5	0.91	150.2	118	1,107
第 6 日	1,390	15.0	0.87	130.5	125	1,230
第 7 日	1,250	25.2	0.87	219.3	190	2,117

註：第 1 日糞・尿は採取せず、8 日目より下痢の爲中止。

第 3 例 第 2 例と同じ。(第 6 表)

第 6 表 第 3 例窒素出納試験結果

日数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第 1 日	2,100	—	—	—	—	—
第 2 日	2,010	26.5	1.14	302.1	123	1,226
第 3 日	1,950	29.1	0.94	273.5	134	962
第 4 日	1,830	19.2	0.97	186.5	169	1,342
第 5 日	1,730	14.2	1.00	142.0	167	1,559
第 6 日	1,600	19.6	1.08	211.7	148	1,450
第 7 日	1,480	17.6	1.05	184.8	205	2,887

註：第 1 日糞・尿は採取せず、8 日目より下痢の爲中止。

(b) デキストリン、菜種油、沓紙粉末を給与した場合

第 4 例 デキストリン 60 g、菜種油 2 g、沓紙粉末 10 g、1 日 3 回に分与。(第 7 表)

第 7 表 第 4 例窒素出納試験結果

日数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第 1 日	2,540	—	—	—	—	—
第 2 日	2,520	2.0	1.52	30.4	—	—
第 3 日	2,550	10.0	1.17	117.4	—	—
第 4 日	2,550	14.0	1.07	149.8	—	—
第 5 日	2,470	21.1	1.07	225.8	—	—
第 6 日	2,410	10.4	1.75	182.0	—	—
第 7 日	2,370	20.9	1.31	273.8	—	—
第 8 日	2,300	16.1	2.84	457.2	—	—

註：尿採取せず、第 1 日糞採取せず。

第5例、第4例と同じ。(第8表)

第8表 第5例窒素出納試験結果

日 数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第1日	2,930	—	—	—	—	—
第2日	2,910	4.3	3.16	135.9	103	517.7
第3日	2,860	17.2	3.19	548.7	—	—
第4日	2,800	20.3	1.78	361.3	168	588.0
第5日	2,760	9.4	2.56	240.6	100	366.8
第6日	2,720	21.6	1.33	287.3	98	511.8
第7日	2,700	13.4	1.98	265.3	95	581.2
第8日	2,650	10.2	1.81	184.6	125	773.5

註：第1日糞、第1日・第3日尿は採取せず。

第6例、第4例と同じ、1日2回に分与(第9表)開始時生体量 2,830 g

第9表 第6例窒素出納試験結果

日 数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第5日	2,720	13.6	1.93	262.5	106	368.0
第6日	2,730	11.2	2.06	230.7	58	186.8
第7日	2,650	13.1	1.88	246.3	78	282.8
第8日	2,670	6.2	1.55	96.1	57	205.1

註：4日目まで糞尿採取せず。

第7例、第4例と同じ、1日2回に分与(第10表)開始時生体量 3,080 g

第10表 第7例窒素出納試験結果

日 数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第5日	2,950	19.4	2.44	473.4	90	327.6
第6日	2,900	17.1	3.05	521.6	69	455.9
第7日	2,870	12.8	3.18	407.0	65	519.6
第8日	2,880	6.8	1.80	122.4	75	463.1

註：4日目まで糞尿採取せず。

(c) デキストリン、蔗糖、菜種油、苧紙粉末を給与した場合

第8例、デキストリン60 g、蔗糖20 g、菜種油5 g、

苧紙粉末15 g、1日3回に分与、(第11表)、開始時生体量2,930 g

第11表 第8例窒素出納試験結果

日 数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第5日	2,910	11.9	1.59	189.2	93	264.3
第6日	2,800	28.7	1.51	433.4	108	231.3
第7日	2,850	17.5	2.43	425.3	82	210.5
第8日	2,910	10.6	2.74	290.4	100	217.0

註：4日目まで糞尿採取せず。

第9例 第8例と同じ、(第12表)、開始時生体量2,900 g

第12表 第9例窒素出納試験結果

日 数	生体量 g	風乾糞 量 g	風乾糞 中 N %	糞中 N mg	排尿量 cc	尿中 N mg
第5日	3,200	12.2	2.14	261.1	75	97.7
第6日	3,000	12.7	1.88	238.8	125	264.3
第7日	3,300	22.4	3.05	683.2	70	163.7
第8日	3,300	24.7	2.59	639.7	85	235.4

註：4日目まで糞尿採取せず。

IV 考 察

(1) 強制給飼法について：この方法は前に述べた通り、一定量の飼料を家兎の嗜好とは無関係に完全に摂食させ得るという利点の他に、給与例にも見られるように、飼料が繊維質のみから成る場合でも食べさせ得る点便利である。然し、次のような大きな欠点があるから、この応用については充分考慮しなければならない。即ち、(a) 兎1頭毎に毎回ついていて食べさせなければならないので手間がかかる。(b) 咀嚼させないから、それに伴う唾液分泌異常その他消化器の正常な条件を妨げられる点がある。(c) 強制的に食べさせるので飼料の過剰又は不足による無理が生じ易く、成兎の胃の容積は約200ccと言われているが⁷⁾、1回にどの程度の量を与えるべきかを知ることが困難である。

(2) 窒素出納試験に就いて：給与飼料は1—3例に於ては、苧紙粉末のみを与えて、絶食時との比較を予定し

第13表 1日平均窒素排泄量

飼 料	例	生 体 量 g	風乾糞量 g	糞 中 N mg	尿 中 N mg	生体量1kg 当、尿中 N mg	飼料乾物 100g 当り 糞中 N mg
苧 紙 粉 末 10 g	1	1680—1530	11.0	66.7	1284	803	708.5
苧 紙 粉 末 15 g	2	1430—1250	18.9	166.7	1433	1117	1181.5
	3	1730—1480	17.1	177.7	1965	1253	1260.3
配 合 72 g	4	2470—2300	17.1	284.7	—	—	430.1
	5	2760—2650	13.7	244.5	558	207	369.3
	6	2720—2670	11.0	208.9	261	97	315.6
	7	2950—2880	14.0	331.1	442	153	575.7
配 合 100 g	8	2910—2910	17.2	334.6	231	80	372.6
	9	3200—3300	18.0	455.7	190	60	507.5

た。Schürch⁷⁾によれば、生体量3 kgの家兎の維持必要量は澱粉価 55 g、不消化物 30—60 gである。従つて、8—9例の飼料では澱粉価が大体充足し、4—7例ではやや不足で、不消化物は4—9例とも不足と考えられる。

各例について、一先づ4日目までを予備期として、5日目以後の結果を平均すると第13表の通りである。

1, 2, 3例は生体量の減少と共に衰弱が甚だしく、2, 3例は8日目より下痢を起して糞・尿の分離が不可能となつたので7日までで中止した。4—7例は体重が減少し、エネルギー供給不足を示した。8—9例は体重が大体維持された。4—7例で2回給与と3回給与とを比較したが、この程度の量では2回給与でも支障なかつた。

この給与例は何れも期間が短く、3日間乃至4日間の平均値であるが、同列の比較にはならないが、従来⁵⁾の報告と比較してみよう。

RUBNER⁵⁾は家兎の絶食時の尿中窒素を測定し、生体量2,341 gの家兎の19日間絶食の際の尿中窒素量は1日平均1—2日、1.56 g、3—8日1.07 g、9—15日0.95 g、16—18日2.12 gであつたと報告している。本試験では1—3例に於て4—7日に1.28—1.97 gで、RUBNERの値よりもやや多い。2, 3例で7日目の値が比較的多いのは絶食の場合より瀝紙粉末を与えた方が体内栄養分の欠乏状態を急速に招来することを暗示している。

1—3例の糞中窒素排泄量については、比較となる同様な試験例がないが、エネルギー補給成分を与えた4例以下の場合よりは、給与乾物量単位当りの糞中窒素量がずっと多く、2—3倍になつてゐる。これは、飼料中の粗繊維成分が多ければ糞中代謝窒素量が増加するというMITCHELL¹⁾の報告の極端な例を示している。

無蛋白質飼料給与時の尿中窒素量はMITCHELL等²⁾によれば、家兎では体重1 kg 当り0.105—0.145 gであるが、本試験では4—7例で0.097—0.207 g、8—6例では0.060—0.080 gで、飼料を充分与えれば、MITCHELL等の結果よりも稍少い値となるようである。

糞中代謝窒素量は、多くの動物で大体一致した値を示し、摂食乾物量100 gに対し、0.2 g前後²⁾とされているが、本試験では4—7例で0.316—0.576 g、8—9

例で0.373—0.508 gという約2倍の値を示した。この原因は予備期が短く、試験開始前の飼料の影響が残つていた為と考えられる。

V 要 約

(1) 家兎に精製飼料を食べさせることは困難なので、強制的に食下させる方法を考えた。

(2) この方法は咀嚼させないこと、適正な給与量を定めなければならないこと、給与に手間のかかること等の欠点があるが、家兎の嗜好とは無関係に一定量の飼料を完全に食べさせ得るから、各種の試験に応用出来るものと考えられる。

(3) 強制給飼法によつて、3種の無蛋白質飼料を家兎に与えて、尿及び糞中の窒素排泄量を測定した。

(4) 瀝紙粉末のみを与えた時は、尿中窒素量は絶食時よりやや多く、摂食乾物量単位当りの糞中窒素量は非常に多かつた。

(5) 充分な熱量を含んだ無蛋白質飼料を与えた時は、尿中窒素量は従来⁵⁾の報告と大体一致したが、糞中窒素量は約2倍の値を示した。(1954.1.11.受付)

VI 引用文献

- 1) MITCHELL, H.H. (1923) : J. Biol. Chem., 58; 873.
- 2) MITCHELL, H.H. and T.S. HAMILTON (1928) : Biochemistry of amino acids. New York.
- 3) MUKHERJEE, R. and H.H. MITCHELL (1951) : J. Animal Sci., 10; 149.
- 4) PASSMORE, R. (1935) : Biochem. J., 29; 2469.
- 5) RUBNER, M. (1881) : Z. Biol., 19; 313.
- 6) SCHNEIDER, B.H. (1935) : J. Biol. Chem., 109; 249.
- 7) SCHÜRCH, A. (1949) : Diss. ETH, Zürich.
- 8) WOODWARD, J.W. and C.M. MACY (1932) : Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 30; 241.
- 9) WOOLEY, J.G. and W.H. SEBRELL (1945) : J. Nutrition, 29; 191.

Résumé

In the preparation of N-free diets for rabbits for some experimental purpose, it is most important but difficult to make them fit for their taste.

The authors investigated the cramming method for rabbits to feed the constant amounts of N-free diets without regard for their taste and carried some nitrogen balance experiments.

1 The cramming method. The ingredients of the diets ought to be pulverized finely and to make paste with some warm water, because the rabbits are obliged to swallow them without mastication.

The cramming apparatus devised by the authors is shown in Fig. 1.

When the pipe part (A) is put into the mouth of a rabbit, the end point of it will reach near the throat, then paste diets brought on the disk part (B) should be pushed into the throat with the stick[®] (C) little by little.

The faults of this method are as follows: (a)

Not to permit the animals to masticate, (b) ought to decide the amounts of the feed fit for their requirements, and (c) to take much time for feeding.

However, it is very convenient that one can satisfactorily force the same amounts of the diet every day by this method.

2 The nitrogen balance experiments of rabbits on some N-free diets resulted as follows: When the animals were fed on pulverized filter paper only, the amounts of their urinary N excretion were nearly same as those of the fasting ones, and the amount of the metabolic N in feces per gram dry matter consumed was very high.

When fed on N-free diet containing enough calories for their requirements, the data of their endogenous urinary N was almost in accordance with those reported by MITCHELL, but the amounts of their metabolic N in feces was about two times larger than those reported by MITCHELL.