

食糞行動の阻止時間の相違がラットの成長に およぼす影響

池田周平*・祐森誠司**・栗原良雄**・伊藤澄磨**

(平成 13 年 2 月 21 日受付/平成 13 年 6 月 14 日受理)

要約: 本試験では、食糞行動の阻止時間の違いがラットの成長に与える影響を知るため、食糞行動阻止ケージを使用して、24 時間阻止、夜間 12 時間阻止、昼間 12 時間阻止および行動を全く制限しない自由行動(対照区)の 4 条件下でのラットの成長について検討した。供試ラットは、SD 系 4 週齢の雄性を 21 匹用いた。ラットは対照区・昼間阻止区・夜間阻止区の各々に 6 匹、24 時間阻止区に 3 匹配分した。食糞阻止ケージに収容していないラットは、試験中市販のラット飼育ケージに単飼し、室温 23 ± 1°C で、照明 1 日 12 時間の(9:00~21:00 を明期, 21:00~9:00 を暗期)明暗周期とした調温室内で 28 日間飼育した。供試飼料は市販のラット維持繁殖用固形飼料を給与し、飼料の摂取、飲水は自由とした。本試験において対照区ラットの増体量に比べ食糞行動を阻止した 3 区の成長は低くなった。食糞行動を阻止した 3 区の間では、24 時間阻止区が昼間阻止区、夜間阻止区に対して増体量が少なかった。飼料摂取量については、対照区に比べ、食糞行動を阻止した 3 区がいずれも有意に低い値を示したが、食糞行動を阻止した 3 区間には差は少なかった。また、飼料効率については、対照区に比べ、食糞行動を阻止した 3 区がいずれも有意に低く、食糞行動を阻止した 3 区の間では、24 時間阻止区が昼間阻止区と夜間阻止区に対して有意に低い値を示した。総糞量は、対照区に比べ、食糞行動を阻止した 3 区が有意に低い値を示したが、これは飼料摂取量に対応して増減するものと考えられた。含水糞量並びに、含水糞量の総糞量に対する割合で明らかなように、食糞の阻止によって、採食できなかった含水糞が多いラットほど成長の低下が認められ、食糞行動の頻繁な夜間を阻止する方が昼間阻止するよりも含水糞の摂取量が少なくこれが成長に若干強く影響したものと考えられた。これらのことから、含水糞の摂取は栄養補給の面で重要であり、従来の全糞採取法による比較と異なり含水糞として分類した糞に含まれる微量栄養素量を検討する必要性が認められた。

キーワード: 食糞行動・ラット・含水糞

緒 言

栄養試験に汎用されるラットが食糞行動を行うことは古くから知られており^{2,12)}、その行動原因について栄養学的試験が数多く行われている³⁻⁸⁾。それらの研究において、食糞行動を阻止し、糞を回収する手法として、テイルカップ法が主として用いられている。著者らは、先の報告において、食糞行動阻止時にラットが排泄する糞は 2 種類あり、食糞行動で摂取される糞は通常見られる糞とは臭気・粘性が異なり、一般化学成分として水分と粗タンパク質が多いことを明らかにした¹⁷⁾。このような糞の分類は、テイルカップ法よりも食糞阻止ケージを用いた方が好ましく、成長に対する影響も同等であることを報告した¹⁹⁾。通常の食糞行動の回数を調べた結果、60~70% は夜間(暗期)に行われている^{13,14)}。本試験では、食糞行動を阻止する時間の違いがラットに与える影響を知るため、食糞阻止ケージを使用して、① 24 時間制限した場合、② 食糞行動頻度調査

から 1 日の行動回数の内約 60-70% が行われることが明らかかな夜間 12 時間の行動を制限した場合、③ その逆の昼間 12 時間の行動を制限した場合、および④ 全く行動を制限しない場合の 4 条件がラットの成長に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

1. 供試ラット

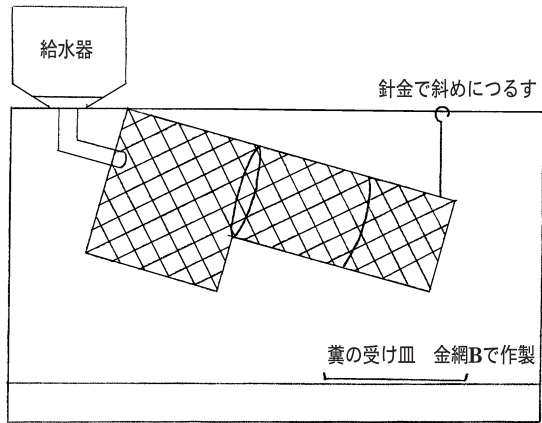
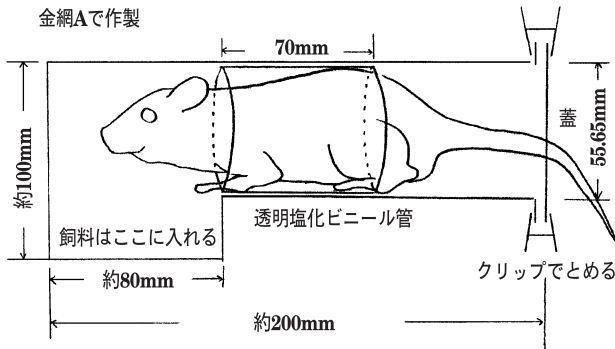
供試ラットは、SD 系の 4 週齢の雄(日本クレア社)、21 匹を用いた。試験開始時の平均体重は約 98 g であった。

2. 試験区分

試験区は、食糞行動を阻止する時間の違いとして 4 区を設けた。対照区としては 24 時間自由行動とした区を設け、食糞行動を阻止した区は昼間 12 時間の阻止区(以下昼間阻止区)、夜間 12 時間の阻止区(以下夜間阻止区)、並びに 24 時間の阻止区の 3 区を設けた。供試ラットは対照区に 6

* 東京農業大学短期大学部生物生産学科

** 東京農業大学農学部畜産学科



ラット用引き出し式金属製ケージ

図 1 食糞阻止ケージの模式図

匹、昼間阻止区・夜間阻止区に各 6 匹、24 時間阻止区に 3 匹を配分した。

3. 測定項目および方法

対照区は、市販のラット飼育ケージ (21×26×38 cm) に単飼した。試験区の昼間阻止区、夜間阻止区及び 24 時間阻止区は塩化ビニール管と金網を組み合わせた食糞阻止ケージ (図 1)^{17,19)} を用い、昼間阻止区では 9:00~21:00 の 12 時間、夜間阻止区では 21:00~翌 9:00 の 12 時間、24 時間阻止区では 24 時間ラットを収容した。尚、阻止時間帯以外では昼間、夜間の両阻止区のラットは対照区のラットと同様に飼育ケージで自由行動とした。試験は、室温 23±1℃ に設定し、照明時間は 9:00~21:00 を明期、21:00~9:00 を暗期とした調温室内で 28 日間飼育し、各区共毎朝 9 時に、体重測定、採食量、排泄糞量を測定した。試験期間中の供試飼料 (表 1) は市販のラット維持繁殖用固形飼料 CE-II (日本クリア社) を給与し、期間中飼料、飲水共に自由摂取とした。

4. 統計処理

統計処理として、一元配置の分散分析後、Scott-Knott のクラスター分析法¹⁾ による平均分離を行った。

結 果

1. 試験期間中の成長

表 1 供試飼料の組成 (現物中%)

水分	7.8
粗タンパク質	23.6
粗脂肪	4.4
粗繊維	4.9
粗灰分	6.6
可溶無窒素物	52.7
カロリー (kcal/100 g)	345

アミノ酸類含有量 (100 g 中) : Arg1.46g, His0.56g, Lys1.33g, Trp0.28g, Phe1.07g, Met0.48g, Thr0.93g, Leu1.80g, Ile1.03g, Val1.13g, Asp2.05g, Glu4.472g, Ser1.10g, Pro1.41g, Gly1.17g, Ala1.17g, Cys0.21g, Tyr0.76g. ビタミン類含有量 (100 g 中) : A1000IU, D₃200IU, E4.1mg, B₁1.2mg, B₂1.4mg, B₆1.3mg, B₁₂3.2 μg, パントテン酸Ca3.0mg, ナイアシン12.4mg, 葉酸0.2mg, 塩化コリン256mg, ビオチン26 μg, イノシトール53.7mg. ミネラル含有量 (100 g 中) : Ca1.16g, P0.96g, Mg0.26g, Na0.28g, K0.77g, Mn9.63mg, Fe32.5mg, Co0.11mg, Cu0.80mg, Zn4.84mg, I46.0 μg.

(1) 増体量

各区の平均体重の推移は図 2 に示し、平均増体量は表 2 に示した。ラットは試験開始 7 日後から、24 時間阻止区が他の 3 区、すなわち対照区、昼間阻止区、夜間阻止区に比べて増体量が少なく、特に 8 日目から 14 日目の増体量が著しく少なかった。昼間阻止区と夜間阻止区は共に対照区に比べ増体量の低下が認められたが、両区間には有意な差は認められなかった。

試験期間を通じての増体量は対照区で 266.8 g と最も多く、次いで昼間阻止区の 196.8 g、夜間阻止区の 181.6 g、24 時間阻止区の 124.3 g であった。24 時間阻止区は対照区、昼間阻止区、夜間阻止区に対し有意 (P<0.01) に少なかった。また対照区に対して昼間阻止区、並びに夜間阻止区は有意 (P<0.01) に低かった。なお、昼間阻止区と夜間阻止区の間には差は認められなかった。

(2) 飼料摂取量

試験期間中の総飼料摂取量は表 2 に示した。対照区が 757.9 g と最も多く、次いで昼間阻止区の 664.1 g、夜間阻止区の 648.1 g、24 時間阻止の 616.3 g であった。対照区に対して食糞行動を阻止した 3 区は有意 (P<0.01) に低い成績を示したが、食糞行動を阻止した 3 区間では有意な差は認められなかった。

(3) 飼料効率

各区の増体量と飼料摂取量より算出した飼料効率は表 2 に示した。対照区が 35.3% と最も高い成績を示し、次いで昼間阻止区の 29.6%、夜間阻止区の 27.9%、24 時間阻止区の 20.1% の成績であった。24 時間阻止区は対照区並びに昼間阻止区、夜間阻止区に対し、有意 (P<0.01) に低く、昼間阻止区、夜間阻止区の両阻止区は対照区よりも有意 (P<0.01) に低かった。しかし、昼間阻止区と夜間阻止区の間には有意な差は認められなかった。

2. 試験期間中の排泄糞量

表 3 に試験期間中の糞の総量ならびに分類した普通糞量、含水糞量を示した。

(1) 総糞量

総糞量は、対照区が 248.9 g と最も多く、次いで夜間阻止区の 203.2 g、昼間阻止区の 198.5 g、24 時間阻止区の 190.4

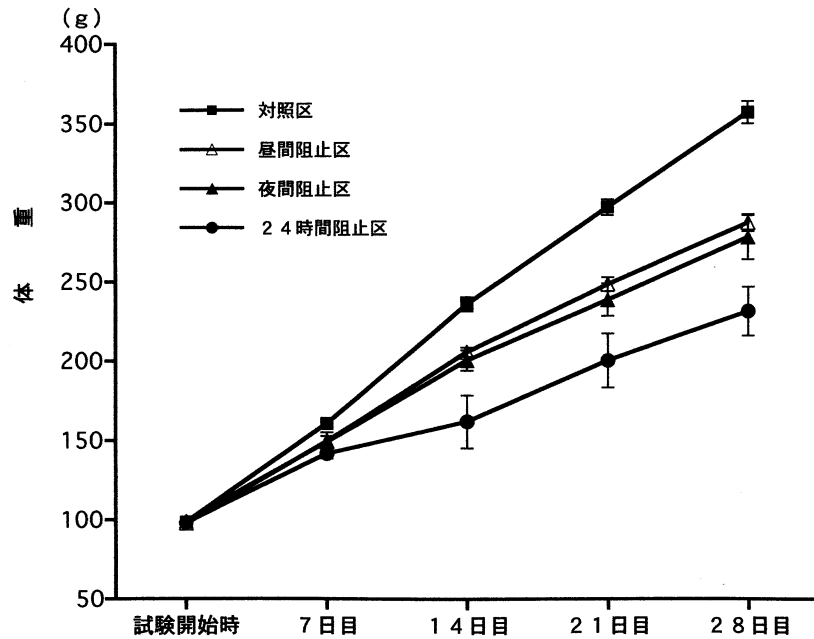


図 2 試験期間中の成長曲線

表 2 試験期間中の飼育成績

	対照区	昼間阻止区	夜間阻止区	24時間阻止区
開始時体重 (g)	98.5±2.52	97.6±2.18	99.1±1.80	98.1±1.13
終了時体重(g)	365.2±7.5	294.4±17.7	280.7±14.5	222.4±10.4
増体重(g)	266.8±8.6 ^A	196.8±7.0 ^B	181.6±14.3 ^B	124.3±9.6 ^C
飼料摂取量(g) [※]	757.9±20.8 ^A	664.1±20.6 ^B	648.1±17.6 ^B	616.3±38.1 ^B
飼料効率 (%)	35.3±1.10 ^A	29.6±0.53 ^B	27.9±1.84 ^B	20.1±0.47 ^C

※飼料摂取量は現物摂取量を示している 平均値±標準誤差 異符号間に有意差 (P<0.01)

表 3 試験期間中の排泄糞量

	単位：新鮮物中 g			
	対照区	昼間阻止区	夜間阻止区	24時間阻止区
総糞量	248.9±9.10 ^A	198.5±8.82 ^B	203.2±7.75 ^B	190.4±6.24 ^B
普通糞量	235.3±9.43 ^A	173.0±8.04 ^{B,a}	158.9±8.51 ^B	140.1±7.85 ^{B,b}
含水糞量	13.6±1.92 ^A	25.5±3.71 ^B	44.3±2.80 ^C	50.3±3.81 ^C
総糞量/飼料摂取量(%)	32.9±0.96	29.9±0.84	31.3±0.88	31.0±0.88

平均値±標準誤差 異符号間に有意差 (小文字:P<0.05, 大文字:P<0.01)

gであった。対照区に対して食糞行動を阻止した3試験区が有意 (P<0.01) に低かったが、食糞行動を阻止した3区間には有意な差は認められなかった。

(2) 普通糞量

普通糞量は、対照区が235.3gと最も多く、次いで昼間阻止区の173.0g、夜間阻止区の158.9g、24時間阻止区の140.1gであった。対照区に対して食糞行動を阻止した3区はいずれも有意 (P<0.01) に低い成績を示した。食糞行動を阻止した区間では、昼間阻止区および夜間阻止区と24時間阻止区の間で有意 (P<0.05) な差が認められ、24時間阻止区が少なかった。

(3) 含水糞量

含水糞量は、24時間阻止区が50.3gと最も多く、次いで夜間阻止区の44.3g、昼間阻止区の25.5g、対照区の13.6gであった。対照区、昼間阻止区に対して24時間阻止区が有意 (P<0.01) に多く、昼間阻止区は24時間阻止区、夜間阻止区に対して有意 (P<0.01) に少なかった。

3. 飼料摂取量に対する総糞量の割合

飼料摂取量に対する総糞量の割合を表3に示した。対照区が32.9%と最も高く、次いで夜間阻止区の31.3%、24時間阻止区の31.0%、昼間阻止区の29.2%であったが各区間に有意な差は認められなかった。

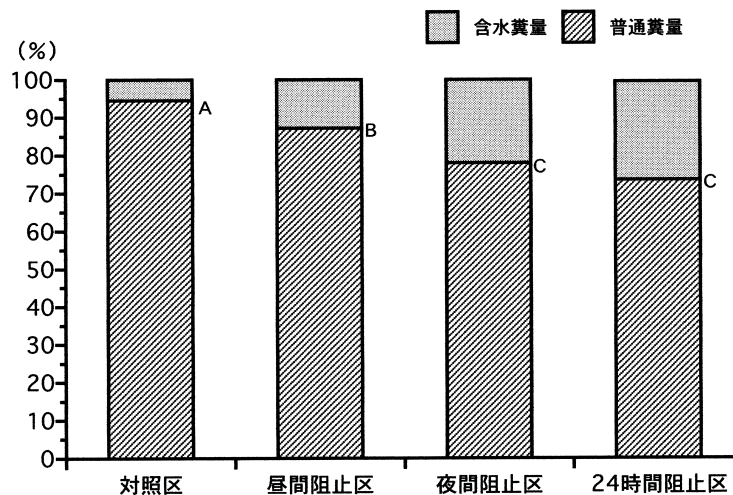


図3 普通糞、含水糞の排泄糞総量に対する割合
異符号間に有意差 (P<0.01)

4. 普通糞と含水糞の割合

糞の総量から普通糞と含水糞の割合を求め、図3に示した。普通糞は、対照区が94.5%と最も高い成績を示し、次いで昼間阻止区の87.2%、夜間阻止区の78.0%、24時間阻止区の73.5%であった。対照区に対して食糞行動を阻止した3試験区は有意 (P<0.01) に低く、3試験区間では、昼間阻止区に対して夜間阻止区並びに24時間阻止区が有意 (P<0.01) に低かった。

含水糞は、24時間阻止区が26.5%と最も高い成績を示し、次いで夜間阻止区の22.0%、昼間阻止区の12.0%、対照区の5.5%となり、各区間の関係は普通糞の逆となった。

考 察

本試験において自由行動の対照区に比べ食糞行動を阻止した区では増体量が低くなる結果となった。食糞行動の阻止が、ラットの成長を抑制するとしたBARNESら³⁾、STILLINGSとHACKLER¹⁸⁾並びにFAJARDOとHORNICKE¹⁰⁾の報告と同様であった。また、食糞行動を阻止する時間の違いとして、24時間阻止区が昼間および夜間の12時間阻止区に対して成長抑制の影響が大きく示された。

飼料摂取量については、STILLINGSとHACKLER¹⁸⁾が食糞行動の阻止は増体量を抑制するが飼料摂取量には影響しないと報告している点とは逆の結果となり、FAJARDOとHORNICKE¹⁰⁾が食糞阻止によって飼料摂取量は低下すると報告している事と一致した。本試験の飼料摂取量は、対照区と阻止区の間で有意な差が認められたが、阻止区間での差は少なく、先の食糞阻止器具の比較でも器具の違いに関係なく食糞行動の阻止が食欲低下を誘起することが示されている¹⁷⁾。飼料効率の結果は、対照区に比べ、食糞行動を阻止した区がいずれも有意に低い値を示した。食糞行動を阻止した区間では、24時間阻止区が昼間阻止区、夜間阻止区に対して有意に低い値を示した。本試験において、昼間阻止区と夜間阻止区の間で有意な差は認められなかったが、夜間阻止区が低い値を示した。これらのことから、食糞行動を阻止する時間の長さは増体量を抑制し、阻止の時

間帯に関してはラットのサーカディアンリズム¹⁵⁾との間に何らかの関係があり、本試験においては増体量が低くなるように反映されたことが推察される。

糞の総量において、対照区に比べ、食糞行動を阻止した区が有意に低い値を示した。飼料摂取量の違いを補正するために、飼料摂取量に対する総糞量の割合で比較を行ったが、対照区と阻止区の間には差は認められず、総糞量は飼料摂取量に対応して増減する傾向を示した。普通糞量および含水糞量の総糞量に対する割合は対照区に比べ阻止区が有意に低い値を示し、阻止区間では昼間阻止区に対して24時間阻止区が有意に低い値を示した。含水糞量および含水糞量の総糞量に対する割合は阻止区に比べ対照区が有意に低い値を示し、阻止区間では24時間阻止区と夜間阻止区に対して昼間阻止区が有意に低い値を示した。普通糞量、含水糞量並びに、普通糞量、含水糞量の総糞量に対する割合で明らかのように、食糞の阻止によって、採食できなくなった含水糞が、多いラットほど成長の低下が認められた。また、食糞行動を阻止する時間帯として、食糞行動の頻繁な夜間を阻止する方が含水糞の摂取量が少なく、これが成長に対し抑制的に影響したと考えられる。

以上の点から、含水糞の栄養的価値は高いと考えられ、従来全糞採取法でしか検討されてこなかったミネラル、ビタミン等の微量栄養素^{3-9,16,18,20,21)}について、含水糞に含まれる量を改めて分析・定量し、検討する必要性が認められた。

謝 辞：本試験を行うに当たり、協力いただいた柴田紀子氏に感謝の意を表する。

引用文献

- 1) ARMSTRONG, B.K. and CURNOW, D.H., 1967. The effect of Streptomycin and erythromycin on vitamin B12 nutrition in rats in which coprophagy was prevented. *Br. J. Nutr.*, 21, 527-535.
- 2) BARKI, V.H., DERSE, P.H., COLLINS, R.A., HART, E.B. and ELVEHJEM, C.A., 1949. The influence of coprophagy on

- the biotin and folic acid requirements of the rat. *J. Nutr.*, **37**, 433-456.
- 3) BARNES, R.H. and FIALA, G., 1958. Effect of the prevention of coprophagy in the rat. I. Growth studies. *J. Nutr.*, **64**, 533-540.
 - 4) BARNES, R.H. and FIALA, G., 1958b. Effect of the prevention of coprophagy in the rat. II. Vitamin B12 requirement. *J. Nutr.*, **69**, 81-84.
 - 5) BARNES, R.H., KWONG, E. and FIALA, G., 1958. Effect of the prevention of coprophagy in the rat. III. Digestibility of protein and fat. *J. Nutr.*, **65**, 251-258.
 - 6) BARNES, R.H. and FIALA, G., 1959. Effect of the prevention of coprophagy in the rat. IV. Biotin. *J. Nutr.*, **67**, 599-610.
 - 7) BARNES, R.H., TUTHILL, S., KWONG, E. and FIALA, G., 1959. Effect of the prevention of coprophagy in the rat. V. Essential fatty acid deficiency. *J. Nutr.*, **68**, 121-130.
 - 8) BARNES, R.H. and FIALA, G., 1959c. Effect of the prevention of coprophagy in the rat. 6. Vitamin K. *J. Nutr.*, **68**, 603-614.
 - 9) DAFT, F.S., MCDANIEL, E.G., HERMAN, L.G., ROMINE M.K. and HEGNER, J.R., 1963. Role of coprophagy in utilization of B vitamins synthesized by intestinal bacteria. *Fed. Proc.*, **22**, 129-133.
 - 10) FAJARDO, G. and HORNICKE, H., 1989. Problems in estimating the extent of coprophagy in the rat. *Br. J. Nutr.*, **62**, 551-561.
 - 11) GATES, C.E. and BILBRO, J.D., 1978. Illustration of a cluster analysis method for mean separation. *Agron. J.*, **70**, 462-465.
 - 12) GEYER, R.P., GEYER, B.R., DERSE, P.H., ZINKIN, T., ELVEHJEM, C.A. and HART, E.B., 1946. Growth studies with rats kept under conditions which prevent coprophagy. *J. Nutr.*, **33**, 129-142.
 - 13) IKEDA, S., SUKEMORI, S., KURIHARA, Y. and ITO, S., 1998. Changes in the frequency of coprophagy according to the growth of rats. *Jpn. J. Livest. Management*, **34**(3), 71-75.
 - 14) IKEDA, S., SUKEMORI, S., KURIHARA, Y. and ITO, S., 2000. Frequency of coprophagy in aged rats. *J. Agr. Sci., Tokyo Nogyo Daigaku*, **45**(2), 165-168.
 - 15) 加藤秀夫・石倉三奈子・岡 道子・宗正和美・岡元常美・中田理恵子・田口智子, 1993. 1日の運動時刻による運動機能, 生理機能の相違, 日本栄養・食糧学会誌, **46** (1), 33-38.
 - 16) KENAGY, G.J. and HOYT, D.F., 1980. Re-ingestion of feces in rodents and its daily rhythmicity. *Oecologia*, **44**, 403-409.
 - 17) KURIHARA, Y., IKEDA, S., SUKEMORI, S. and ITO, S., 1997. Hydrous feces induced coprophagy in rat. *Jpn. J. Livest. Management.*, **32**(3), 91-98.
 - 18) STILLINGS, B.R. and HACKLER, L.R., 1966. Problems in estimating the extent of coprophagy in the rat. *Br. J. Nutr.*, **62**, 551-561.
 - 19) SUKEMORI, S., IKEDA, S., KURIHARA, Y. and ITO, S., 2000. Comparison of three types of equipment for preventing coprophagy in rats. *Jpn. J. Livest. Management.*, **36**(2), 69-75.
 - 20) WONG, E. and BARNES, R.H., 1969. Effect of coprophagy prevention and antibiotics on choline degradation in rats. *J. Nutr.*, **100**, 711-714.
 - 21) WONG, E. and BARNES, R.H., 1975. Role of coprophagy in masking dietary deficiencies of cystine in the rat. *J. Nutr.*, **105**, 1457-1465.

The Effect of Coprophagy Prevention Period on the Growth of Rats

By

Shuhei IKEDA*, Seizi SUKEMORI**, Yoshio KURIHARA** and Sumimaro ITO**

(Received February 21, 2001/Accepted June 14, 2001)

Summary : In order to study the effect of coprophagy prevention period on the growth of rats, growth test was carried out under the following four conditions : no-prevention of coprophagy as a control, 24 hrs prevention of coprophagy, 12 hrs prevention of coprophagy at daytime and nighttime with prevention cage. Twenty-one Sprague-Dawley strain male rats, which were 4 weeks old, were used. The average of their initial body weight was about 98 g. They were divided into groups, 6 rats in each 12 hrs prevention group and control group respectively and 3 rats in 24 hrs prevention group. They were fed for 28 days, in the air conditioning room, temperature $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, and illumination was controlled with light and dark cycle for 12 hrs. They could feed commercial feed and water *ad libitum* during the test period. In the results of body weight gain, 3 prevention groups showed significantly lower values than those from the control group. Among the 3 prevention groups, 24 hrs prevention group showed a significantly lower value than those from the other 2 prevention groups. Feed intakes of 3 prevention groups were also significantly lower than from the control group, but there was no significant difference among 3 prevention groups. The results of feed conversion showed a similar tendency to the results of gain. Total fecal amounts showed a similar tendency to the results of feed intake and it seemed that the total feces relates to the feed intake. Hydrous feces amount and its ratio to the total fecal amount showed that the large amount of hydrous feces collected by coprophagy prevention decreased the gain of rats. Therefore it seemed that the nighttime prevention, in which coprophagy was active, affects the growth.

From the above-mentioned results, the ingestion of hydrous feces was important to supply nutrition. The small amount nutrition in the hydrous feces was examined by the total feces collection method in old days, and more study needs to be done on this aspect in future work.

Key Words : coprophagy, rats, hydrous feces

* Department of Bioproduction Technology, Junior College of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Department of Zootechnical Science, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture