飼料の物理的性状, 特に形態および硬度が 子豚の採食行動および飼料摂取量に及ぼす影響

祐森誠司・池田周平*・鈴木伸一**・栗原良雄・伊藤澄磨

東京農業大学, 家畜飼養学研究室, 厚木市, 243-0034

*東京農業大学短期大学部, 富士畜産農場, 富士宮市, 418-0219

**東京農業大学短期大学部, 畜産学研究室, 世田谷区, 156-8502

(2000 年 12 月 9 日受付, 2001 年 3 月 21 日受理)

要 約 本試験は, 子豚に対して給与する飼料の物理的性状について検討することを目的として行った。物理的性状として, 特に飼料の形態および硬度に着目して, 試験飼料の摂取量, 飼料摂取時の行動を指標とした嗜好試験を行った。供試子豚は体重 40~50 kg の交雑種去勢 4 頭を用いた。試験は 4×4 ラテン方格法に基づき, 3 反復で行った。飼料は, 市販飼料を 1 mm ふるいを通して通過するまで粉碎したマッシュ飼料, それに粉末シリコンを賦形剤として 1% 添加し, 直径 3 mm ペレット, 直径 5 mm ペレット, 直径 13 mm タブレットの 4 種類を製造して用いた。成形飼料の硬度は直径 3 mm ペレットで 1.15 kg/cm², 直径 5 mm ペレットで 0.34 kg/cm², タブレットでは, 2.3 kg/cm² であった。豚は, 室温 25±2℃ の調温室で試験用単飼ケージに収容して飼育し, 飼料は体重の 4% 量を目安として若干の食べ残しがある量を 1 日 2 回に分けて給与した。なお, 飲水は常に自由とした。試験時には飼料給与後 20 分間の飼料摂取量の測定およびその間の行動を調査した。飼料摂取量はタブレット, 直径 3 mm ペレットが共に他の 2 飼料よりも有意に多く, こぼし飼料量はタブレットがマッシュ, 直径 5 mm ペレットよりも有意に少なかった。また, 飼料給与後 20 分間の行動において, マッシュ飼料は飲水回数が多く, またそれに費やした時間が直径 5 mm ペレットと共に長かった。以上の結果から, 豚は硬度の高いタブレットや直径 3 mm ペレットは採食し易く, 採食行動に専念しており, いっぽう直径 5 mm のペレットは硬度が低いために嗜好性は芳しくないことが示唆された。したがって, ある程度の硬さに成形されていればその形態は子豚の嗜好性への影響は少ないと考えられる。

Effect of Physical Condition of Feed such as Form and Hardness on Feeding Behavior and Feed Intake of Pigs

S. SUKEMORI, S. IKEDA*, S. SUZUKI**, Y. KURIHARA and S. ITO

Laboratory of Animal Feeding, Tokyo University of Agriculture, Atsugi-shi, Kanagawa, 243-0034

*Fuji Farm, Junior College of Tokyo University of Agriculture, Fujinomiya-shi, Shizuoka, 418-0109

**Laboratory of Animal Science, Junior College of Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo, 156-8502

緒 言

豚に給与する飼料の物理的性状は飼料摂取量に影響し、その結果として成長に大きく影響することは明らかである。また、飼料の形状および硬度等の物理的性状を人工的に制御することによって、飼料のこぼし量の削減や空気中への飛散等が抑制でき、飼料の無駄を抑えることも可能となる¹⁾。それに対して、宮脇ら²⁻⁵⁾はウェットフィーディングの良好性を唱えている。著者らは、ウェットフィーディングで飼料を給与する際の飼料温度について検討し、飼育環境温度よりも若干低い飼料温度が子豚の飼料摂取にとって良好であることを報告した⁶⁾。一方、ウェットフィーディングとは逆に乾燥した状態での飼料摂取量向上に関しては、古くから粉餌をペレット（円筒）に加工して飼料摂取量ならびに飼料摂取行動や豚舎内の粉塵を指標として検討されており、ペレット加工が有効な方法であるとされている⁷⁻¹⁰⁾。但し、ペレットの耐久性によって採食量が影響を受けることも明らかにされている¹¹⁾。先の試験において著者らもマッシュや顆粒状の飼料に比べ、径 3mm あるいは径 5mm のペレットに加工した飼料は大きさに関係なく子豚が採食に専念し、その嗜好性が高いこと、さらには飼料のこぼし量が少なく飼料の無駄が抑えられることを確認した¹²⁾。また、

ペレット飼料では飼料摂取時に飲水行動をとらないで飼料摂取終了後にまとめて飲水することから給餌箱に残った飼料が濡れることがなく、夏季における腐敗等を防ぐことができる。しかしながら、ペレット飼料の製造ではその行程で加水してから成形し、その後に乾燥するために手間が多くなる。本試験では飼料製造時に水を加える必要がない錠剤型（タブレット）飼料を製造し、先の試験で良好な成績が認められたペレット飼料とタブレット飼料の形態の違いおよびそれら飼料の硬度の違いによる嗜好性の差について検討することを目的として飼料摂取量および飼料摂取時の行動を指標として比較を行った。

実験材料および方法

1) 供試豚

供試豚は、東京農業大学農学部富士畜産農場で生産された体重 40-50 kg の交雑種（LWD）去勢 4 頭を用いた。

2) 供試飼料

給与した飼料は、肥育前期用市販飼料（ミール状：表 1：保証成分；CP：18.0% 以上，TDN：78.0% 以上）を 1 mm 粒度のマッシュ状に粉碎した飼料と直径 3 mm ペレット，直径 5 mm ペレットおよび直径 13 mm タブレットに加工したものをを用いた。対照区の飼料は、この 1 mm 粒度の

表 1. 供試市販飼料の配合割合および保証栄養成分

区 分	配合割合 (%)	飼 料 組 成
穀類	74	トウモロコシ、マイロ (加熱トウモロコシ) (大麦) (ライ麦)
油粕類	19	大豆粕、ナタネ粕
動物質飼料	8	魚粉、ミートボーンミール
糟糠類	1	米ヌカ
その他	3	糖蜜、リン酸カルシウム
合 計	100	
可消化粗タンパク質		13.5% 以上
可消化養分総量		78.0% 以上

注：穀類の欄に括弧内で示された原料は、飼料価格の変動に対応した配合の補正時に用いられる原料である。

マッシュ状飼料に他の成形飼料と同様に粉末シリコンを1%添加して用いた。ペレット飼料は、市販飼料を1mm目の標準ふるい(16メッシュ)を通過するように粉碎し、賦形剤として粉末シリコンを1%添加した後、飼料:水=2:1の割合で良く混合し、ミートチョッパーを3回通過させて成形した。なお、それぞれの直径はミートチョッパーの孔径により調整した。成形後のペレットは60℃の通風乾燥機で1昼夜乾燥後給与時まで保存した。タブレットはマッシュ状飼料に粉末シリコン(賦形剤)を1%添加し臼・杵サイズ13mmの単式打錠機(富士薬品機械(株))を用いて加圧(1,000~2,000 kg/cm²)し、製造した。なお、各成形飼料の硬度は、図1に示した方向で木屋式硬度計を用いて測定した。

3) 飼育条件および方法

各豚は調温室(室温25±2℃,湿度約60%)に設置した試験用単飼ケージに収容し、約1週間肥育前期用市販飼料を給与して予備飼育を行った後に6日間試験を行った。飼料は、体重の4%量を目安として1日に2回(午前9時と午後4時)に分けて若干の食べ残しがある量を給与した。給餌器は図2に示したように幅21cm,最低の深さで

図1. 硬度の測定方向

矢印方向の硬度を硬度計を用いて測定した。

図2. 給餌器の形状と大きさ

7cm, 最高の深さ18cmのものを用いた。飲水は常に自由とした。なお、1日当たり2回給与する飼料が毎回異なる様に、ラテン方格法を用いて配当し、1回の試験は2日間で終了した。この1組合せを3回実施した。

4) 採食量および採食行動の調査

飼料摂取量は、試験飼料を給与してから20分間の成績を求めた。すなわち、飼料給与量から食べ残し飼料量およびこぼし飼料量を差し引き求めた。また、採食行動は、その時間内の行動を調査・記録した。測定項目は、食べ残し飼料量、こぼし飼料量、飼料摂取時間、飲水時間、飲水回数とした。なお、20分間の飼料給与時間では必要量を摂取できない場合を考慮して、各試験終了後、若干の食べ残しがある程度の飼料(ミール状市販飼料)を追加給与した。

5) 統計処理

得られた成績は、統計学的手法により1元配置分散分析で処理し、有意差が認められた内容は各々Turkey法¹³⁾による多重検定(P<0.05)を行った。

結 果

1) 各成形飼料の硬度

各成形飼料の硬度は、直径3mmのペレットが1.15 kg/cm², 直径5mmのペレットが0.34 kg/cm²であった。これらに対して、タブレット

図3. 飼料給与後20分間の平均飼料摂取量
異符号間に有意差が認められた

飼料は、 2.3 kg/cm^2 で3種類の飼料のなかで最も高い硬度を示した。

2) 平均飼料摂取量およびこぼし飼料量

飼料給与後20分間での飼料摂取量を図3に示した。タブレット区 ($734 \pm 7 \text{ g}$) と直径3mmペレット区 ($693 \pm 10 \text{ g}$) 間には有意な差は認められなかったが、この両区に対して他の2区 (マッシュ区: $471 \pm 19 \text{ g}$, 直径5mmペレット区: $519 \pm 10 \text{ g}$) は有意に少ない成績を示した。

飼料給与後20分間でのこぼし飼料量は、図4に示した。飼料摂取量とは反対にタブレット区が最も少ない成績を示し ($0.8 \pm 0.1 \text{ g}$)、次いで直径3mmペレット区 ($5.4 \pm 1.2 \text{ g}$)、マッシュ区 ($8.5 \pm 0.3 \text{ g}$)、直径5mmペレット区 ($11.2 \pm 1.8 \text{ g}$) の順となり、タブレット区が直径5mmペレット区、マッシュ区より有意に少ない成績を示した。

図4. 飼料給与後20分間の飼料の平均こぼし量
異符号間に有意差が認められた

3) 採食行動

飼料給与後20分間の採食行動を表2に示した。飼料摂取速度 (1分間当たり) は、飼料摂取量を採食時間で除して算出した。タブレット区と直径3mmペレット区が他の2区よりも有意に速い成績を示した。

咀嚼回数 (給餌箱から顔を上げて咀嚼する回数であり、顎の動きから読みとった咀嚼回数とは異なる) ならびにその行動に費やした時間には有意差は認められなかったが、直径の大きさに関わらず、両ペレット区が他の2区に比べて多くなる傾向を示した。

飲水回数は、タブレット区が他の3区より有意に少ない成績を示し、反対にマッシュ区は有意に多い成績を示した。また飲水に費やした時間は飲水回数と同様の傾向にあるがタブレット区と直径3mmペレット区間に有意差が認められず、他の2区に比べて短い成績を示した。マッシュ区は、最も費やした時間が長く、直径5mmペレット区を除く他の2区よりも有意に長い成績を示した。

考 察

飼料のペレット化は、嗜好性の向上に伴う増体量の向上あるいは、豚舎内の粉塵の軽減に有効であることが明らかにされている。著者らもすでに飼料を成形することにより嗜好性が向上することを報告した¹²⁾。飼料の成形はペレット以外にもタブレットとすることも考えられる。本試験では、ペレット飼料の成形に加えて新たにタブレットの調製を行い、これら成形飼料の嗜好性について大きさ、硬度などの物理的性状を基準として比較検討した。

表2. 採食行動の成績

給与飼料形態	飼料摂取時間 (分/20分)	飼料摂取速度 (g/分)	咀嚼回数 (回/20分)	咀嚼時間 (秒/20分)	飲水回数 (回/20分)	飲水時間 (秒/20分)
マッシュ	18.0 ± 0.5^a	21.9 ± 1.5^a	10.8 ± 1.2	5.3 ± 2.5	36.7 ± 1.3^a	107.0 ± 10.3^a
直径3mmペレット	19.0 ± 0.2^a	36.3 ± 0.4^b	13.8 ± 1.5	16.8 ± 5.7	17.9 ± 1.1^b	28.6 ± 1.6^{bc}
直径5mmペレット	17.8 ± 0.3^b	26.9 ± 0.7^a	4.2 ± 0.5	24.6 ± 4.5	18.5 ± 0.8^b	63.5 ± 8.0^{ab}
タブレット	19.0 ± 0.3^a	38.2 ± 0.2^b	2.5 ± 0.4	8.8 ± 1.7	4.8 ± 0.2^c	12.2 ± 2.2^c

n=3: 異なる符号間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

先の報告¹²⁾では体重 20-30 kg の育成後期の子豚を用いて行い、ペレット状に成形した飼料はマッシュ飼料に比べ嗜好性が向上していた。本試験も先の報告¹²⁾と同様にマッシュ状飼料に比べタブレットあるいはペレットに成形した飼料のほうが豚に好まれることが明らかとなった。本試験では、肥育前期の豚を用いており、対照区とした飼料はマッシュ状に粉碎することなく用いる方が適当と考えられるが、添加した粉末シリコンを均一に混合するために 1 mm メッシュを通過する大きさとした。したがって、マッシュ状飼料より成形飼料の方が豚に好まれるのは当然の結果と思われる。しかし、本試験では直径 3 mm と直径 5 mm の直径の異なるペレットに嗜好における差が認められた。

高田ら¹¹⁾は、直径が 3.5, 4.8, 6.0 mm と 3 段階に分けられるペレットを体重 38 kg 程度の豚に給与し、その飼料摂取量等を比較している。その成績において、不断給餌の場合はペレットの有効性はなく、また、直径の大きさは飼料摂取量に影響しないと報告している。本試験において、直径 5 mm ペレットはマッシュ状飼料と同程度の嗜好性を示しており、タブレットと直径 3 mm ペレットは嗜好性が高いと判断された。LARSAEN と OLDFIELD⁸⁾はペレット状に飼料を加工することにより食べ残し飼料が減少し、給与飼料の有効利用を唱えている。本試験でもタブレットおよび直径 3 mm ペレットではこぼし飼料量も少なく、特にタブレット飼料では食べ残し量も少なく、飼料摂取時に飲水行動が少なく専念して飼料を摂取することが明らかとなった。

成形飼料の形態および大きさにおいて、タブレットはその直径が 13 mm と大きい厚みは 3 ~ 5 mm である。タブレットと直径 3 mm ペレットが高い嗜好性を示したことは、形状は嗜好性に対して影響が少ないと考えられる。このことについて高田ら¹¹⁾も同様の報告をしている。

さらに、成形飼料の硬度については、タブレット飼料が 2.3 kg/cm² と最も硬度が高く、次いで直径 3 mm ペレット飼料 (1.15 kg/cm²)、直径 5 mm ペレット飼料 (0.34 kg/cm²) の順を示し、嗜好試験の成績も飼料硬度と同様の成績を示した。

本試験では硬度の違いは、飼料成形の結果として認められたものであり、意図した成績ではない。したがって、同一の大きさで高度の異なる飼料を用いて比較検討することが必要であるが、本試験の結果から子豚の成形飼料に対する嗜好性には形態および大きさよりも硬度が影響していることが示唆された。このことについて、高田ら¹¹⁾は成形飼料の耐久性指数(崩れ易さ)が飼料摂取量の増減に影響することを報告している。本試験では成形飼料の耐久性は確認していないが、それに準ずる硬度の成績と併せて直径 5 mm ペレットの嗜好性が芳しくなかったことは、成形されているにも関わらず、その硬度が低く崩れやすかったためと考えられる。

先の報告¹²⁾ならびに本試験の成績から、子豚の飼料嗜好性は粉状の飼料よりは成形された飼料を好み、さらにはその成形飼料の硬度は、形状ならびに大きさよりも嗜好性に大きな影響を及ぼすと考えられる。しかしながら、至適硬度については本試験の成績からは明らかにできなかったので、今後種々の硬度の飼料を製造して追加試験を行うと共に、本試験成績は短期間での内容であり、試験飼料の効率(栄養面・経済面)についての検討も長期試験を実施して行うことが必要であると思われる。

謝 辞

本試験を行うに当たり協力戴いた播磨孝輝氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) SKOCH, E.R., S.E. BINDER, C.W. DEYOE, G.L. ALLEE and K.C. BEHNKE: Effects of pelleting conditions on performance of pigs feed a corn-soybean meal diet. J. Anim. Sci., **57**, 922-928, 1983.
- 2) 宮脇耕平・伊東正吾・保科和夫: ウェットフィーディングにおける肥育豚の水要求量と節水効果, 日豚会誌, **31**, 35-42, 1994.
- 3) 宮脇耕平・伊東正吾・保科和夫: ウェットフィーディングが肥育豚の発育, 飼料要求率および枝肉の改善に及ぼす効果, 日豚会誌, **33**, 5-13, 1996.

- 4) 宮脇耕平・伊東正吾・保科和夫：飼料と水の同時混合給与が肥育豚の採食速度および採食量に及ぼす影響, 日豚会誌, **34**, 1-8, 1997.
- 5) 宮脇耕平・伊東正吾・保科和夫：ウェットフィーディングが離乳子豚の発育, 飼料摂取量, 水消費量および採食行動に及ぼす影響, 日豚会誌, **35**, 9-17, 1998.
- 6) 池田周平・祐森誠司・鈴木伸一・栗原良雄・伊藤澄磨：ウェットフィーディングにおける給与飼料温度の違いが子豚の採食行動ならびに発育に及ぼす影響, 日豚会誌, **36**, 160-164, 1999.
- 7) CHANBERLANIN, C.C., G.M. MERRIMAN, E.R. LIDVALL and C.T. GAMBLE : Effects of feed processing method and diet form on the incidence of esophagogastric ulcers in swine. *J. Anim. Sci.*, **26**, 72-75, 1967.
- 8) LARSEN, L.M. and J.E. OLDFIELD : Improvement of barley rations for swine. II Effects of pelleting and supplementations with barley malt. *J. Anim. Sci.*, **19**, 601-606, 1960.
- 9) HANKE, H.E., J.W. RUST, R.J. MEADE and L.E. HANSON : Influence of source of soybean protein, and of pelleting on rate of gain and gain/feed of growing swine. *J. Anim. Sci.*, **35**, 958-962, 1972.
- 10) YEN, J.T., D.H. BAKER, B.G. HARMON and A.H. JENSEN : Corn gluten feed in swine diets and effect of pelleting on tryptophan availability to pigs and rats. *J. Anim. Sci.*, **33**, 987-991, 1970.
- 11) 高田良三・森 淳・武政正明・高橋正也：養豚飼料の給与形状に関する研究 I. 養豚飼料の栄養価におよぼすペレット化の影響, 畜試研報, **45**, 19-23, 1986.
- 12) SUKEMORI, S., S. IKEDA, S. SUZUKI, S. PRASANPHANICH, Y. KURIHARA and S. ITO : Feed from and palatability for piglets. *Jour. Agr. Sci., Tokyo Nogyo Daigaku*, **44**, 39-43, 1999.
- 13) 吉田 実：畜産を中心とする実験計画法, 68-87, 養賢堂, 東京, 1975.

Effects of Physical Conditions of Feed such as Form and Hardness on Feeding Behavior and Feed Intake of Pigs

Seizi SUKEMORI, Shu-hei IKEDA*, Shin-ichi SUZUKI**, Yoshio KURIHARA and Sumimaro ITO

Laboratory of Animal Feeding, Tokyo University of Agriculture,
Atsugi-shi, Kanagawa, 243-0034

*Fuji Farm, Junior College of Tokyo University of Agriculture, Fujinomiya-shi,
Shizuoka, 418-0109

**Laboratory of Animal Science, Junior College of Tokyo University of Agriculture,
Setagaya-ku, Tokyo, 156-8502

The purpose of this study was to investigate the effect of physical condition of feed on the palatability of pigs. This study was designed to examine the influence of feed form and hardness upon feed intake and feeding behavior. Four pigs (cross-bred) weighting 40–50 kg were used to carry out the experiment with triplication under a Latin Square Design. As the test feed, four types were prepared from the commercial feed : mash, pellet of diameter 3 mm, pellet of diameter 5 mm and tablet of diameter 13 mm. To make mash, the material was ground until it was put through a 1 mm screen. Other three types of feed were prepared after the addition of 1% silicone powder. These feed types showed different value of hardness ; pellet of diameter 3 mm, 1.15 kg/cm² ; pellet of diameter 5 mm, 0.34 kg/cm² ; tablet, 2.3 kg/cm². The pigs were housed in individual cages in the environmentally controlled room at 25±2°C. Feed was provided twice a day at a daily rate of approximately 4% of body weight. Water was provided ad libitum. Feed intake and feeding behavior were observed for 20 minutes at each feeding. Feed intake in tablet group and pellet of diameter 3 mm group was significantly higher than in the other groups. Feed wastage in tablet group was significantly lower than that in mash and pellet of diameter 5 mm groups. As a result of feeding behavior for 20 minutes, the number of times the pigs in mash group drunk water showed the highest values, and mash and pellet of diameter 5 mm groups took long time for water drinking.

The above-mentioned results suggested that the hard feed like a tablet or pellet of diameter 3 mm was easy for pigs to take feed. Oppositely soft feed was not their favorite. Therefore, the form of feed didn't affect the palatability of pigs, as long as it showed certain hardness.

Jpn. J. Swine. Science, **38**, 2 : 52–58

Key words : Physical condition of feed, Form, Hardness, Piglets, Palatability