アミノ酸添加低可消化粗タンパク質飼料による肥育豚の窒素排泄量および糞尿由来アンモニアガス濃度の低減効果

祐森誠司・池田周平・鈴木伸一*・栗原良雄

東京農業大学農学部, 厚木市船子 1737, 〒243-0034

* 東京農業大学短期大学部, 世田谷区桜丘 1-1-1, 〒156-8504

(2003 年 5 月 6 日受付, 2003 年 11 月 28 日受理)

要 約 本試験は可消化粗タンパク質 (DCP) 量を 4% 単位低減し, 不足するアミノ酸を添加した飼料を給与した同腹の去勢豚 (三元交雑種) の肥育前期 (50 kg 時) と肥育後期 (90 kg 時) に排泄した糞尿中の窒素量および 110 kg 時の糞尿に由来するアンモニアガス発生濃度について検討した。供試した飼料は日本飼養標準 (豚) に基づく可消化養分総量と DCP の対照区 (肥育前期 DCP 12.5%, 肥育後期 DCP 10.5%) および同様の飼料組成で, これらより DCP を 4% 単位低減させ, アミノ酸 (リジン・メチオニン・トリプトファン・トレオニン・イソロイシン) を添加した試験区 (肥育前期 DCP 8.5%, 肥育後期 DCP 6.5%) とした。測定項目は飼料摂取量, 飲水量, 排泄糞および尿量, 糞尿中窒素および無機物量ならびに平均体重 110 kg 時に採取した糞尿から発生するアンモニアガス濃度とした。

飼料摂取量には肥育前期, 後期とも飼料中 DCP 含量の違いによる差は認められなかったが, 飲水量は試験区において減少した。糞量は両区間で有意差は認められなかったが, 尿量は飲水量の減少に対応して試験区で減少した。摂取窒素量に対する糞中窒素量の割合は両区で同程度であるのに対して, 摂取窒素量に対する尿中窒素量の割合は対照区に対して試験区で 2/3 に低減した。摂取無機物量に対する糞中の割合において, 肥育前期では Mg と Fe が, また肥育後期では Ca, K, Fe が試験区で排泄される割合が高まる傾向にあった。また, 糞尿由来のアンモニアガス濃度は試験区で低くなり, またそのピーク時間も遅くなる傾向にあった。本試験結果からアミノ酸添加低 DCP 飼料の給与は窒素利用率を向上させ, その排泄を抑制する上で有効な手法であると考えられた。

緒 言

近年, 糞尿中の環境負荷物質量を低減する飼育技術として飼料中の粗タンパク質 (CP) 含量を低減し, それに伴い不足する制限アミノ酸を結晶ア

ミノ酸として添加することで余剰窒素代謝物の排泄を制御することが報告¹⁻⁶⁾ されている。著者らは前報⁷⁾ において, 日本飼養標準・豚 (1998 年版)⁸⁾ に示された可消化粗タンパク質 (DCP) 要求量より DCP 含量を低減し不足するアミノ酸を添加し

Effects of Low-Digestible Crude Protein Feed Supplemented with Amino Acids on Nitrogen Excretion and Ammonium Gas Generation from Feces and Urine of Pigs

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

Tokyo University of Agriculture, Department of Animal Science, Funako 1737, Atsugi-shi, Kanagawa, 243-0034, Japan

た飼料の給与が肥育豚(30~110 kg)の成長ならびに消化率に及ぼす影響について検討した。消化試験の成績から肥育前期では4%単位のDCP量の低減には至らなかったが、肥育後期では4%単位の低減となり、CP量としては両期間とも4.8%単位の低減であった。しかし、両区間において成長および消化率に差はみられなかった。

本報告では、前報⁷⁾において標準的なDCPを含む飼料およびアミノ酸添加低DCP飼料を給与した際に排泄された糞および尿の窒素量を測定した。また、タンパク質およびアミノ酸の利用に差が生じる場合、それらの消化・吸収に関わる無機物にも影響が認められると考え、飼料中と糞中のCa, Mg, K, Na, Feと尿中の窒素化合物およびK, Na, Clなどの無機物量を測定し、摂取量と排泄量からこれら無機物の動態について比較した。さらに、糞尿中の窒素はアンモニアガスとして揮散し、悪臭問題の一因となっているため、肥育後期終了時点で排泄された糞尿に由来するアンモニアガス濃度について比較検討した。

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同腹去勢豚8頭(三元交雑種:LWD)を用いた。出生後1カ月で離乳、去勢後、試験開始前に本学厚木キャンパス飼育室に移動した。供試豚の導入時期の平均体重は 10.8 ± 0.5 kgであった。

なお、試験開始時までは、日本飼養標準・豚(1998年版)⁸⁾子豚期(10~30 kg)の養分要求量に基づき配合した子豚期飼料を自由摂取させた。

2. 試験区分

試験区分として対照区は日本飼養標準・豚(1998年版)⁸⁾に示されたDCP要求量を満たした飼料(肥育前期:DCP 12.5%, 肥育後期:DCP 10.5%)と、試験区は対照区に対しDCP量を4%単位低減し、不足するアミノ酸量を添加した飼料(肥育前期:DCP 8.5%, 肥育後期:DCP 6.5%)の2区を設定した。両区には試験開始時に供試豚8頭を平均体重が等しくなるようにそれぞれ4頭ずつ配分した。

3. 供試飼料

供試飼料の配合割合と成分組成は、表1に示した。

1) 対照区飼料(肥育前期:DCP 12.5%, 肥育後期:DCP 10.5%)

DCP 12.5%飼料およびDCP 10.5%飼料は、日本飼養標準・豚(1998年版)⁸⁾肥育前期(30~70 kg)ならびに肥育後期(70~115 kg)の養分要求量に基づき配合した。

2) 試験区飼料(肥育前期:DCP 8.5%, 肥育後期:DCP 6.5%)

DCP 8.5%飼料およびDCP 6.5%飼料は、それぞれ対照区飼料と同様の配合原料を用いて配合した。なお、日本飼養標準・豚(1998)⁸⁾の肥育前期および後期のアミノ酸要求量に対して不足するリジン、メチオニン、トレオニン、トリプトファン、イソロイシンについてはそれぞれ結晶アミノ酸として添加し、充足した。

各飼料は、粒度を均一にするため16メッシュ(1 mm目)のふるいに通るサイズに大型コーヒーマイル型粉碎機で粉碎したものを給与した。

4. 測定項目

測定項目としては1)飼料摂取量、2)排泄糞量、3)排泄尿量、4)糞尿中の窒素量と無機物量、5)糞尿由来アンモニアガス濃度とした。

5. 飼育および試験方法

供試豚は、導入後試験用単飼ケージ(120 cm×30 cm×80 cm)に収容し、平均体重が30 kgに到達するまで予備飼育を行った。飼育期間中の室温は $25 \pm 2^\circ\text{C}$ に調温し、照明は1日13時間(5:00~18:00)とした。飼育期間中は飼育ケージの前方に黒いゴム管(内径8 mm)を吊り下げて嚙ませ、ストレスを解消させた。飼料の切り換えは肥育前期期間に入る前日から子豚期飼料:肥育前期飼料を前日朝2:1, 前日夕1:2, 当日朝0:1の比率で行った。なお、肥育前期から肥育後期に移行する際も同様に切り換えを行った。肥育前期からは代謝試験用二連単飼ケージ(150 cm×50 cm×80 cm)に収容した。

飼料は制限給餌にならないように毎日給与量を増減させ、1日2回朝10:00と夕16:00に分けて給与した。また、給餌器に残っている飼料と食べこぼした飼料は水分が多いため、アルミ皿に集

表 1. 供試飼料の配合割合と成分組成

	肥育前期 (体重 30-70 kg)		肥育後期 (体重 70-110 kg)	
	対照区飼料	試験区飼料	対照区飼料	試験区飼料
配合割合 (%)				
トウモロコシ	59.50	65.00	53.50	64.60
大麦	2.00	9.00	7.00	10.00
大豆粕	10.00	2.30	12.00	1.00
脱脂米ヌカ	6.60	4.00	4.50	3.25
フスマ	7.00	2.00	5.00	6.90
魚粉 (CP 65%)	6.70	4.10	2.00	0.20
コーンスターチ	7.05	11.06	14.50	11.00
炭酸カルシウム	0.80	0.22	1.05	1.00
第 2 リン酸カルシウム	—	0.80	—	1.00
食塩	0.05	0.20	0.15	0.23
ミネラル剤	0.10	0.10	0.10	0.10
ビタミン ADE 剤	0.10	0.10	0.10	0.10
ビタミン B 剤	0.10	0.10	0.10	0.10
リジン塩酸塩	—	0.22	—	0.28
DL メチオニン	—	0.10	—	0.07
トリプトファン	—	0.03	—	0.03
トレオニン	—	0.12	—	0.10
イソロイシン	—	0.09	—	0.04
成分組成 (%)				
TDN**	74.9±0.6	78.1±0.3	76.4±0.2	75.5±0.4
CP	15.8	11.0	13.0	8.2
DCP**	13.8±0.1	9.6±0.1	10.6±0.1	6.7±0.0
リジン***	0.84	0.70	0.65	0.56
メチオニン+シスチン***	0.51	0.46	0.41	0.35
トリプトファン***	0.18	0.15	0.16	0.12
トレオニン***	0.58	0.50	0.47	0.37
ソロイシン***	0.63	0.50	0.43	0.34

*本試験において実測した値

**飼料原料の配合割合と日本標準飼料成分表による計算値

肥育前期の試験区飼料ではリジン含量が要求量を下回っているが有効リジン含量は計算上、要求量を上回った。

め大型通風乾燥機 (60℃) に入れ半日乾燥させた後、室内に半日放置し、風乾後重量を測定した。飼料給与量から残餌量、こぼし量を差し引いて飼料摂取量とした。

飲水は自由として、朝夕 2 回飼料給与時に新鮮な水に交換した。飼料給与時に飲水器 (12 リット

ル容ポリエチレン製タンク) に一定量を入れ重量を測定し、次回の飼料給与前に残量とこぼした水の量を測定し、この重量差を飲水量とした。

排泄物の処理および清掃は毎日朝夕行った。平均体重が 50 kg (肥育前期) と 90 kg (肥育後期) の各 5 日間は日中豚が糞尿を排泄する時間帯 (8:

30～11:30, 13:00～18:00)を中心に新鮮な糞尿を採取した。糞尿は予め用意した容器に個体ごとに全量入れて冷蔵庫に保存した。採取した5日間の糞尿を個体ごとに均一に混和後、冷凍庫で凍結保存し、以下の方法で化学的分析を行った。

1) 糞中の水分、窒素および無機物の分析

糞中の水分は乾燥法で、窒素の定量はケルダール法で行い、分析には生糞を用いた。無機物定量には、冷凍保存した糞を室温で一昼夜放置し解凍後、よく砕いてからアルミ製のバットに広げ60℃の大型通風乾燥機で一昼夜乾燥後、室内で一昼夜放置して風乾状態とした。この糞を秤量して風乾率を求め、コーヒーマル型粉碎機で1mm目の標準フルイを通過する粒度に粉碎した。粉碎の終了した糞は湿式灰化法⁹⁾に基づき100ml容ケルダールフラスコに秤量し、硝酸約25mlを入れ一夜置き、ガスバーナーにより弱火で加熱分解した。黄色い煙が出なくなったら過塩素酸を約2ml加え、弱火で分解し、液体が透明になった時点で灰化を終了した。放冷後分解液は100mlにメスアップし、濾過して供試液とした。測定には原子吸光分析機(島津 AA-6700F)を用いた。

2) 尿中の窒素および無機物の定量

凍結保存した尿を解凍後、遠心分離(日立高速冷却遠心機 CR20E; 15℃, 1,000 rpm, 5分)により尿中の夾雑物を取り除き、窒素はケルダール法

で分析した。無機物は各供試豚の尿を11～21倍に希釈し、島津イオンクロマトグラフシステム(LC-10AD)を用いて測定し、尿量と尿の比重をもとに算出した。

3) 摂取飼料成分に対する糞尿成分比

摂取飼料に含まれる成分量に対する糞尿中各成分割合を求めた。

4) 糞尿由来アンモニアガス濃度

糞尿に由来するアンモニアガス濃度測定には肥育後期の終了(平均体重:111.5kg)時点で約16時間かけて糞と尿を個別に採取し、重量測定後、各区4頭分をよく混合して用いた。アンモニアガス濃度測定には、まず糞30gを表面が平らになるよう広口ビン(1l容)に入れ、その上から尿30gを散布し、28±2℃の空調室内に収納した。瓶の口は開放したままにして、瓶の口の部分に拡散式ドジチューブ((株)ガステック製 No. 3D)を装着して、試験開始6時間後から、6時間おきに96時間後まで測定した。なお、試験は各区3区分、計6区分で行った。

6. 統計処理

得られた成績は一元配置分散分析により両区間の有意差(5%水準)検定を行った。

結 果

1. 飼料摂取量、飲水量および摂取成分量(表2)

表 2. 飼料摂取量・飲水量ならびに成分摂取量

	肥育前期(体重 30-70 kg)		肥育後期(体重 70-110 kg)	
	対照区	試験区	対照区	試験区
飼料摂取量(kg/日)	2.3±0.07	2.4±0.04	3.0±0.05	3.0±0.07
飲水量(g/日)	5,404±920	3,394±109	5,682±530	4,786±551
粗タン白質摂取量(g/日)	389±8.8 ^a	264±3.4 ^b	361±6.1 ^a	242±5.7 ^b
N 摂取量(g/日)	62.2±2.8 ^a	42.2±1.2 ^b	57.7±1.6 ^a	38.8±1.9 ^b
Ca 摂取量(g/日)	10.5±0.5	10.4±0.3	17.5±0.4	18.8±0.3
Mg 摂取量(g/日)	4.6±0.2 ^a	3.2±0.1 ^b	6.6±0.2 ^a	5.6±0.3 ^b
K 摂取量(g/日)	20.3±0.9 ^a	15.5±0.4 ^b	26.3±0.7 ^a	18.2±0.9 ^b
Na 摂取量(g/日)	2.3±0.1 ^b	2.7±0.1 ^a	3.5±0.1	3.9±0.2
Fe 摂取量(g/日)	0.40±0.02	0.36±0.01	0.26±0.07	0.33±0.02

平均±標準誤差 n=4

異符号間に有意差(P<0.05)

1) 肥育前期

平均飼料摂取量は対照区 (DCP 12.5%) と試験区 (DCP 8.5%) で近似した成績となり, 平均飲水量は対照区に対して試験区は少なかったが, 有意差は認められなかった。なお, 各成分摂取量に若干の差がみられ窒素, Na は対照区で有意に ($P < 0.05$) 低く, Mg, K は試験区が有意に ($P < 0.05$) 低くなったが, Ca と Fe に有意差は認められなかった。

2) 肥育後期

平均飼料摂取量は対照区 (DCP 10.5%) と試験区 (DCP 6.5%) で同様の成績を示した。平均飲水量は肥育前期と同様に, 対照区に対して試験区は低い値を示したが, 有意差は認められなかった。

窒素, Mg, K 摂取量は対照区に対して試験区は有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した。しかし, その他の無機物摂取量は試験区間で差はみられたが, 有意差は認められなかった。

2. 排泄糞, 尿量および含有微量成分量

1) 肥育前期

排泄糞量は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した。排泄尿量は, 対照区に対し試験区は低い値を示したが, 有意差は認められなかった (表 3)。

糞中の窒素量は対照区に対して試験区が低くなる傾向にあり, 摂取窒素量に対する割合は試験区が有意に ($P < 0.05$) 高い値を示した。糞中無機物量については, 表 4 に示した。Mg, K, Fe 量は対

照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示したが, Ca と Na において有意差は認められなかった。

尿中の窒素量は対照区に対して試験区は有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した (表 3)。

尿中無機物量は, 表 4 に示した。NO₃, K, SO₄ は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示したが, Na, Cl は逆に対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 高い値を示した。NH₄, NO₂ および PO₄ では有意差は認められなかった。

2) 肥育後期

排泄糞量は対照区に対して試験区は高い値を示したが, 有意差は認められなかった。排泄尿量は対照区に対して試験区は低い値を示したが, 糞量と同様に有意差は認められなかった (表 3)。

糞中窒素量は, 対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した (表 3)。

糞中の無機物量は表 4 に示した。Ca 量は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 高い値を示し, Fe 量は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した。その他の成分には有意差は認められなかった。

尿中の窒素量は対照区に対して試験区は有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した (表 3)。

尿中の無機物量は, 表 4 に示した。NH₄ ならびに K は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した。その他の成分には有意差は認められなかった。

表 3. 1 日 1 頭当たりの排泄糞, 尿量および含有窒素量

	肥育前期		肥育後期	
	対照区	試験区	対照区	試験区
糞量 (g)	974±81 ^a	704±35 ^b	923±39	1,064±91
尿量 (g)	2,846±810	1,096±87	2,835±461	1,842±424
尿の比重	1.018±0.004	1.027±0.002	1.017±0.003	1.016±0.003
糞中窒素量 (g)	7.7±0.5 ^a	5.4±0.3 ^b	7.7±0.3	6.9±0.3
摂取窒素量に対する割合 (%)	12.3±0.5	12.8±0.6	13.3±0.4 ^a	17.8±0.4 ^b
尿中窒素量 (g)	18.3±1.6 ^a	8.7±0.9 ^b	17.3±0.9 ^a	7.3±1.0 ^b
摂取窒素量に対する割合 (%)	29.3±1.4 ^a	20.6±1.7 ^b	30.0±1.6 ^a	18.5±1.5 ^b

平均値±標準誤差, n=4

異符号間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

3. 摂取飼料成分に対する糞尿中成分割合

1) 肥育前期

摂取飼料成分に対する糞尿中成分割合は、表3および表5に示した。摂取窒素量に対する糞中窒素量の割合は対照区に対して試験区がやや高い値を示したが、有意差は認められなかった。しかし、

摂取窒素量に対する尿中窒素量の割合は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した。

さらに各無機物摂取量に対する糞中の無機物量の割合については、Mg と Fe は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示したが、そ

表 4. 1日1頭当たりの排泄糞, 尿中の無機物量

	肥育前期		肥育後期	
	対照区	試験区	対照区	試験区
糞中				
Ca (g)	3.9±0.3	3.3±0.3	3.5±0.1 ^b	6.6±0.4 ^a
Mg (g)	3.27±0.16 ^a	2.02±0.08 ^b	2.7±0.1	2.4±0.2
K (g)	5.3±0.4 ^a	3.5±0.2 ^b	4.6±0.2	4.5±0.6
Na (g)	0.75±0.06	0.69±0.07	0.7±0.1	0.9±0.1
Fe (g)	0.21±0.04 ^a	0.08±0.02 ^b	0.14±0.02 ^a	0.09±0.02 ^b
尿中				
NH ₄ (mg)	2,939±696	2,723±102	4,051±952 ^a	2,261±615 ^b
NO ₂ (mg)	15.0±1.5	7.2±3.2	11.7±5.4	6.2±2.2
NO ₃ (mg)	256±23 ^a	90.4±42.2 ^b	92.3±51	29.0±9.2
PO ₄ (mg)	3,342±862	4,390±370	1,105±425	1,084±333
K (mg)	10,940±830 ^a	5,930±520 ^b	12,548±619 ^a	6,547±281 ^b
Na (mg)	214±30 ^b	932±79 ^a	444±63	810±136
Cl (mg)	2,512±173 ^b	4,458±354 ^a	2,691±1,126	3,003±225
SO ₄ (mg)	6,355±584 ^a	4,480±297 ^b	3,935±1,946	2,344±328

平均値±標準誤差, n=4

異符号間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

表 5. 摂取無機物量に対する糞尿中無機物量の割合 (%)

	肥育前期		肥育後期	
	対照区	試験区	対照区	試験区
糞中 Ca	37.2±2.0	31.7±2.0	20.3±0.7 ^b	31.6±3.2 ^a
糞中 Mg	70.4±1.5 ^a	62.7±2.6 ^b	41.6±1.1	43.2±1.5
糞中 K	26.3±1.2	22.7±1.7	17.5±0.4 ^b	24.7±2.0 ^a
尿中 K	53.8±2.1 ^a	38.1±2.2 ^b	47.8±2.5 ^a	36.1±1.2 ^b
糞中 Na	32.4±1.4	25.3±2.3	20.2±1.9	22.1±0.3
尿中 Na	9.5±1.7 ^b	34.4±2.6 ^a	12.6±1.8	20.2±2.3
糞中 Fe	53.4±8.1 ^a	22.4±6.4 ^b	5.4±0.6 ^b	27.5±7.8 ^a

平均値±標準誤差 n=4

異符号間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

他の成分では有意差は認められなかった。無機物摂取量に対する尿中の無機物量の割合については、K は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示し、Na は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 高い値を示した。

2) 肥育後期

飼料中各成分と糞尿中成分割合について表 3 および表 5 に示した。摂取窒素量に対する糞中窒素量の割合は対照区に対して試験区が高い値を示したが、有意差は認められなかった。しかし、摂取窒素量に対する尿中窒素量の割合は、肥育前期と同様に対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した。

また各無機物摂取量に対する糞中の無機物量の割合については、Ca, K, Fe は対照区に対して試験区が有意に ($P < 0.05$) 高い値を示したが、その他の成分では有意差は認められなかった。無機物摂取量に対する尿中の無機物量の割合については、K は対照区に対し試験区が有意に ($P < 0.05$) 低い値を示した。Na は対照区に対して試験区が高い値を示したが、有意差は認められなかった。

表 6 にこれらの成績から無機物摂取量から糞中への排泄量を差し引いた消化・吸収量あるいは無機物摂取量から糞および尿へ排泄された量を差し引いた蓄積量を求めて示した。

4. 糞尿由来アンモニアガス濃度

6 時間ごとのアンモニアガス濃度は図 1 に示した。試験開始 36 時間まで対照区の濃度は試験区の 2~3 倍で推移したが 36 時間から 84 時間の間は約 1.5 倍となり、それ以降は約 1.3 倍になり、時

間経過に伴って濃度が低くなると区間の差も小さくなった。それぞれの区におけるガス濃度推移について回帰式を求めると、図 1 に示すように対照区は $y = 492.1 + 7.2445x - 0.11997x^2$ (y : 濃度, x : 経過時間), $r = 0.8246$, 試験区は $y = 121.7 + 8.5999x - 0.09348x^2$ (y : 濃度, x : 経過時間), $r = 0.8119$ の二次回帰式と回帰係数が得られた。この式から 6 時間ごとのアンモニアガス濃度が最大に達する時間は、対照区が 12~18 時間であるのに対して試験区は 30~36 時間と遅くなる傾向がみられた。

考 察

飼料の栄養価を知るために行われている消化試験は飼料成分と糞中成分の量から求められているが、生体内での有効利用を考慮した場合には尿に含まれる成分量についても検討する必要がある。今日排泄物中の環境負荷物質低減という観点から尿中成分の低減も求められており、これは摂取飼料の栄養成分の有効利用に通じるものと考えられる。

飼料中の CP 量を低減したうえで成長に必要なアミノ酸を添加する窒素排泄量の低減試験はこれまでいくつか報告¹⁻⁶⁾されている。本試験における成績もこれまでの成績と同様に窒素排泄量、特に尿中の窒素排泄量を低減する成績が得られた。過去の試験成績では排泄される窒素の実質量を試験区間で比較し、標準的な飼料成分での成績に対する低 CP 飼料の成績を割合として示している。本試験では実数としての排泄量と摂取量に対する排泄割合について検討した。併せて、アミノ酸添

表 6. 無機物の消化・吸収量および蓄積量 (g)

	肥育前期		肥育後期	
	対照区	試験区	対照区	試験区
K	3.98 ± 0.28 ^b	6.04 ± 0.26 ^a	9.17 ± 0.69 ^a	7.11 ± 0.25 ^b
Na	1.35 ± 0.08	1.08 ± 0.02	2.37 ± 0.08	2.26 ± 0.02
Ca	6.60 ± 0.36	7.10 ± 0.08	13.9 ± 0.46	11.7 ± 0.13
Mg	1.37 ± 0.10	1.20 ± 0.10	3.84 ± 0.16	3.16 ± 0.08
Fe	0.18 ± 0.03 ^b	0.28 ± 0.02 ^a	0.12 ± 0.01 ^b	0.24 ± 0.03 ^a

K, Na は蓄積量として摂取量から糞・尿中に排泄された量を差し引き求めた。

Ca, Mg, Fe は消化・吸収量として摂取量から糞中に排泄された量を差し引き求めた。

図 1. 6 時間当たりのアンモニアガス濃度の推移

加低 CP 飼料を給与した際の無機物の動態について摂取量と排泄物中の差，すなわち消化・吸収量と排泄割合で比較検討した。

本試験期間を通じて飼料中 DCP 含量は，試験区が対照区に対して肥育前期で 69.6%，肥育後期で 63.2% と低い値を示した。また，摂取無機物量は飼料組成に応じて試験区飼料で K, Mg は肥育前期で有意に多くなり，肥育後期では有意に少なくなった。Na は肥育前期で有意に少なく，後期では多くなっているが，有意な差は認められなかった。糞量は試験区が肥育前期では有意に少なく，肥育後期では多くなる傾向にあった。その中に含まれる窒素の実質量は試験区が肥育前期で約 30%，肥育後期で約 10% 低くなり，肥育前期では有意に少なくなった。このことは山本ら(18% 減)⁵⁾，斎藤(12% 減)⁴⁾，中村(育成期：7～16% 減，肥育期：4～14% 減)³⁾が報告している糞中窒素量の低減と同様の成績であった。しかしながら，摂取窒素量に対する糞中の窒素量の割合は特に肥育後期で高くなり，みかけ上の窒素消化・吸収率が低下しているように思われたが，内因性の窒素化合物の排泄量が同等であるとすればこの差は当然の結果と考えられ，先の報告⁷⁾で述べたように真の CP 消化率には差がないと考えられた。

無機物摂取量と糞尿中の無機物量の差を消化・吸収量あるいは蓄積量と考えた場合，Na, Mg は

肥育前期，後期ともに試験区で低くなる傾向にあり，逆に Fe は有意に高くなった。K と Ca は肥育前期に試験区が高くなるのに対して肥育後期では低くなる傾向にあった。飼料中の含有量が異なることが影響すると考えられたが，本試験では，飼料中の含有量が多いために余剰となり，未吸収で排泄されたと考えられる無機物は肥育前期の Mg, K, Fe ならびに肥育後期の Ca, Mg, Na, Fe であり，他は摂取量が多くても排泄量が多くなるとは限らなかった。

飲水量は前報⁷⁾にも述べたように試験区で少なくなる傾向にあったが，個体差の関係で有意な差としては認められなかった。山本ら⁵⁾，SUZUKI ら²⁾は飼料中の CP 量を 2/3 に低下することで飲水量は 13～20% 減少すると報告しており，今回の成績もデータのふれは大きい 16～38% の減少を示した。この飲水量を反映して，尿量も試験区で少なくなり，肥育前期では対照区に対し 62% 減，肥育後期で 35% 減と山本ら⁵⁾，SUZUKI ら²⁾と同程度の減少となった。山本ら⁵⁾は尿量の減少について体内で不要となる代謝産物が少なくなり，その排泄に対して必要とされる水分量が少なくなるために尿量が少なくなると推定しており，本試験成績も同様の理由から飲水量が低下し，尿量が減少したと考える。さらに，飲水量は肥育前期から肥育後期にかけて約 70% まで試験区で低下してお

り、約 30% の水道料金節約につながる経営面での効果も期待されるとともに、汚水処理量が低減できる点でも有効と考えられた。尿中に含まれる窒素の実質量についてもこれまでの試験成績と同様に試験区で有意に少なくなり、摂取窒素量に対する割合も試験区で約 10% の低下となり、消化・吸収された窒素の利用効率が高くなっていることを示唆する成績であった。

今回の試験において、尿中のリン化合物の測定は行ったが、糞中のリン量が明らかにできなかった。尿中の排泄量は肥育後期では対照区と試験区で同等であるが、肥育前期では対照区が多くなる傾向にある。上記のように無機物の排泄割合が高まることからアミノ酸添加低 CP 飼料の給与時には無機物のいくつかはタンパク質あるいはアミノ酸の消化・吸収および代謝に要する相対的なそれら無機物の量が変化することが示唆された。今後は窒素の排泄量を低減する試験においても、体内代謝を考慮して、それに伴う無機物の動態についても検討することが栄養上さらには環境保全への配慮として必要と思われ、継続して基礎的な知見の集積が重要であると考えらる。

また、糞尿に由来するアンモニアガスの発生についても、山本ら⁵⁾、坂井ら¹⁰⁾が報告しているように尿に由来する量が多いことから、尿中の尿素量が少ない試験区の発生濃度が低く推移した。また、山本らは測定時間が短時間であり、坂井らも 24 時間以内としているために比較参考とできなかったが、試験区で発生がピークを迎える時間が遅くなる傾向にあった。これは尿中の窒素量が少ないことのみでなく、その形態がアンモニアガスに移行しやすいか、否かが関連すると思われるので、今後ウレアーゼ等の酵素活性から検討する必要があると考えられる。

謝 辞

本試験を行うに当たり、結晶アミノ酸の提供を戴いた味の素(株) 飼料部ならびに試験期間を通

じて協力戴いた菅原春恵氏、本橋 勉氏、山崎誉平氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 古谷 修・渡部正樹・阿部博行・清水俊郎・大門博之・佐藤圭子・今田哲雄・佐藤金一：アミノ酸添加低蛋白質飼料の給与による肉豚における窒素排泄量の低減，日豚会誌，**34**，15-21，1997.
- 2) SUZUKI, K., X.C. CHENG, H. KANO, T. SHIMIZU and Y. SATO: Influence of low protein diets on water intake and urine and nitrogen excretion in growing pigs. Anim. Sci. Technol. (Jpn), **69**, 267-270, 1998.
- 3) 中村慶逸：養豚における環境負荷物質低減化とアミノ酸の役割，アミノ酸技術情報，**12**，15-27，2000.
- 4) 斎藤 守：ニワトリおよびブタからの環境負荷物質の低減化に関する栄養飼料学的研究の動向，日畜会報，**72**，J177-J199，2001.
- 5) 山本朱美・高橋栄二・古川智子・伊藤稔・石川雄治・山内克彦・山田未知・古谷修：肉豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料の給与による尿量，窒素排泄量およびアンモニア発生量の低減効果，日豚会誌，**39**，1-7，2002.
- 6) 阿部則夫・杉浦千佳子・中村慶逸：低タンパク質給与による繁殖豚の窒素排泄量低減化，日豚会誌，**39**，71-78，2002.
- 7) 池田周平・祐森誠司・鈴木伸一・栗原良雄：アミノ酸添加可消化粗タン白質低減飼料の給与が肥育豚の成長および消化率に及ぼす影響，日豚会誌，**40**，177-185，2003.
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準・豚（1998 年版），中央畜産会，1998.
- 9) 京都大学農学部農芸化学教室編：新改版農芸化学実験書第三巻，植物無機成分の分析法，試料の灰化，1058-1064，1979.
- 10) 坂井隆宏・花島 大・羽賀清典・鈴木直人：豚ふんと尿の混合が 24 時間以内の悪臭物質揮散に与える影響，日豚会誌，**40**，39-47，2003.

Effects of Low-Digestible Crude Protein Feed Supplemented with Amino Acids on Nitrogen Excretion and Ammonium Gas Generation from Feces and Urine of Pigs

Seizi SUKEMORI, Shuhei IKEDA, Shinichi SUZUKI and Yoshio KURIHARA

Tokyo University of Agriculture, Department of Animal Science, Funako 1737, Atsugi-shi, Kanagawa, 243-0034, Japan

In this experiment, we examined the effects of low-digestible crude protein (DCP) feed supplemented with amino acids on nitrogen excretion from feces and urine of growing-fattening pigs during the pre-fattening period (30–70 kg) and fattening period (70–110 kg) and on the density of ammonium gas from feces and urine in pigs at a body weight 110 kg.

Eight hogs (crossbred) were used in this study and were divided into two groups having the same mean body weight. Feed was prepared as follows ; standard feed containing DCP of 12.5% and 10.5% for the pre-fattening and fattening periods, respectively, and low-DCP feed containing DCP of 8.5% and 6.5% (a 4% reduction of DCP from the Japanese Feeding Standard for Swine) supplemented with amino acids (lysine, methionine, tryptophan, threonine and isoleucine). The total digestible nutrient ratio was nearly the same. Feed intake, water intake, feces amount, urine volume, nitrogen and mineral contents during the test period and ammonium gas generation density from the feces and urine of 110 kg pigs were determined in this study.

There was no significant difference in feed intake during the test period, but water intake was less in the low-DCP feed with amino acids group. The amount of feces showed no significant difference, but the urine volume in the low-DCP feed with amino acids group was less than that of the standard feed group as was the decrease in water intake. Although feces from both groups had similar nitrogen values, for urine nitrogen content, nitrogen intake decreased by two-thirds in the low-DCP feed with amino acids group. Mineral content excretion from feces and urine during the fattening period tended to increase in comparison with that during the pre-fattening period. The density of ammonium gas generation from feces and urine was reduced by the intake of low-DCP feed with amino acids. The peak of ammonium gas generation in the low-DCP feed with amino acids group occurred later than that in the standard feed group.

These results suggest that low-DCP feed supplemented with amino acids is a valuable method for increasing the nitrogen utilization ratio and reducing nitrogen excretion, however changes in the mineral content of urine and feces must be further examined.

Jpn. J. Swine Science, **41**, 1 : 1–10

Key words : Low-DCP feed, nitrogen excretion, ammonium gas