

環境保全型高品質豚肉生産技術の確立

(3) 肥育豚のふん尿および環境負荷物質排せつ量低減飼料の開発

鈴木直人 大城まどか 仲村敏 太田克之
渡久地政康

I 要 約

産肉性を維持しつつ豚のふん尿および窒素、リン、銅、亜鉛等環境負荷物質排せつ量を低減させることを目的として、代謝試験および肥育試験を行った。肥育豚に日本飼養標準に準拠し、無機態の銅および亜鉛を自主規制上限量まで添加し調製した飼料を給与した対照区、対照区の飼料に対して粗タンパク含量、リン、銅、亜鉛含量を下げ、要求量に対して不足するアミノ酸、消化酵素フィターゼ500単位/kgおよびペクチナーゼ・セルラーゼ複合酵素0.05%をそれぞれ添加した飼料を給与した低減区を設け、比較検討したところ、以下の通りであった。

1. 低減区は、対照区に比べ窒素、リン、銅排せつ量で有意な差が認められ、窒素で21.3%、リンで23.1%、銅で79.0%それぞれ低減した。また、尿排せつ量は低減する傾向にあった。
2. 代謝試験の血清成分に有意な差は認められなかった。
3. 発育成績、枝肉成績に有意な差は認められなかった。

以上のことから、肥育豚に低減飼料を給与することにより産肉性を維持しつつ、豚からの窒素、リン、銅排せつ量が低減された。また、ふん、尿およびふん中亜鉛排せつ量についても低減されることが示唆された。

II 結 言

水質汚濁防止法における窒素、リン等排水基準値の改正や肥料取締法における堆肥中の銅、亜鉛等成分表示義務規定の制定により、家畜のふん尿処理はますます困難なものとなっている。家畜ふん尿処理は処理技術だけでなく、ふん尿の量や成分を低減するため飼料面からの検討も必要であり、産肉性を維持しつつ、豚からの環境負荷を低減させることが重要な課題となっている。これまで、豚からの尿、窒素排せつ量を低減させる技術¹⁾、リン、銅および亜鉛排せつ量低減させる技術^{2, 3)}、ふん排せつ量低減させる技術⁴⁾がそれぞれ報告されており、筆者ら⁵⁾も肥育豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料給与による窒素排せつ量低減効果およびペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素とセルラーゼ添加による乾物消化率の向上について報告している。しかし、これらの技術を併用した飼料の効果についての報告は少ない。そこで、豚のふん尿量およびふん尿中の環境負荷物質の同時低減効果を目的とした飼料（低減飼料）を調製し、同飼料の肥育豚へ給与による効果について比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験区分および供試飼料

試験区分は対照飼料を給与した対照区および低減飼料を給与した低減区とした。供試飼料の配合割合および成分組成を表1、2に示した。供試飼料は、体重30～70kgの肥育前期用、体重70～110kgの肥育後期用を調製した。対照飼料は日本飼養標準⁶⁾に準拠し、銅および亜鉛については飼料製造業界が行なっている9自主規制⁷⁾の上限添加量（体重30～70kgの肥育前期用で銅45ppm、亜鉛55ppm、70kg以上の肥育後期用で銅10ppm、亜鉛80ppm）まで添加し調製した。対照飼料に対して、低減飼料は粗タンパク質含量を2%程度、非フィチンリン含量、銅および亜鉛含量をそれぞれ下げ、不足する4種のアミノ酸（リジン、トレオニン、メチオニン、トリプトファン）を要求量の110%程度となるように添加し、さらに消化酵素のフィターゼ500単位/kg、ペクチナーゼ・セルラーゼ主体酵素を0.05%それぞれ添加して調製した。ペクチナーゼ・セルラーゼ主体酵素はペクチナーゼ5000単位/g、セルラーゼ120単位/g以上である。

表1 供試飼料の配合割合

単位：%

	肥育前期 (30~70kg)		肥育後期 (70~110kg)	
	対照飼料	低減飼料	対照飼料	低減飼料
二種混	71.85	71.16	79.46	86.34
大豆粕	22.40	16.00	14.40	7.50
フスマ	3.40	3.40	4.00	4.00
第3リン酸カル	0.70	0.35	0.50	0.14
炭酸カルシウム	0.58	0.90	0.63	0.95
食塩	0.20	0.20	0.20	0.20
ビタミン・ミネラル	0.50	0.50	0.40	0.40
植物性油脂	0.35	—	0.40	—
塩酸L-リジン	—	0.21	—	0.22
L-トレオニン	—	0.05	—	0.02
DL-メチオニン	—	0.05	—	—
L-トリプトファン	—	0.03	—	0.03
硫酸銅(無水)	0.0106	—	0.0018	—
硫酸亜鉛(無水)	0.011	0.0027	0.01	0.0027
フィターゼ	—	0.10	—	0.10
セルラーゼ主体酵素	—	0.05	—	0.05

表2 供試飼料の成分値

成分	肥育前期 (30~70kg)			肥育後期 (70~110kg)		
	対照飼料	低減飼料	要求量	対照飼料	低減飼料	要求量
TDN (%)	76.70	76.49	75.00	77.63	77.46	75.00
CP (%)	17.09	15.05	15.00	14.25	12.00	13.00
全リン (%)	0.53	0.45	0.45	0.48	0.39	0.40
非フィチンリン (%)	0.28	0.20	0.25	0.22	0.14	0.20
銅 (mg/kg)	51.39	9.25	3.50	15.29	7.24	3.00
亜鉛 (mg/kg)	85.44	51.31	55.00	76.68	46.24	50.00
リジン (%)	0.85	0.85	0.75	0.65	0.65	0.55
メチオン+システイン (%)	0.54	0.53	0.46	0.47	0.41	0.34
トレオニン (%)	0.65	0.60	0.49	0.52	0.44	0.36
トリプトファン (%)	0.17	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11

注) TDN: 可消化養分総量, CP: 粗タンパク質含量。

2. 試験方法

1) 代謝試験

試験は、2003年8月から同年10月まで、沖縄県畜産試験場で実施した。供試豚は、三元交雑種 (LWD) で、ふん中リン、銅および亜鉛排せつ量については、去勢4頭ずつ配置し、他尿排せつ量、窒素排せつ量等については個体差が大きいため去勢豚2頭ずつを2×2のクロスオーバー法で配置した。

試験は、亜鉛どぶ付けメッキの影響を防ぐため無鉛のペンキを塗布した代謝ケージに、体重40kgの去勢雄豚を1頭ずつ収容して行なった。最初の2週間は環境にならすための馴致期間として銅、亜鉛含量を要求量水準まで下げた子豚用試験飼料を不断給餌した。次の5日間を供試飼料に慣らすための予備期間、その後の4日間を本試験期間としてサンプル採取等行なった。

飼養管理は、肥育前期用飼料1.65kgを550gずつ1日3回に分けて制限給餌し、飲水は自由飲水とした。

調査項目は飼料摂取量、飲水量、ふん排せつ量、ふん乾物量、尿排せつ量、窒素、リン、銅および亜鉛排せつ量、血清成分とした。飼料摂取量は、飼料給与量から残飼量を差し引いた量とした。ふんおよび尿は、本試験期間の4日間毎日1日分を全量採取し重量を測定後、一部を直ちに窒素分析に供した。採

取ふんの残りは60℃で48時間乾燥後粉碎し、分析に供した。窒素、ふん中リン、銅、亜鉛排せつ量は常法⁷⁾により行なった。採血は、本試験期間終了後1日間絶食し、採血して分析に供した。血清分析は血清分析キット(和光純薬工業社製)により行なった。血清成分分析項目は、尿素窒素濃度、リン濃度、銅濃度、亜鉛濃度とした。

2) 肥育試験

試験は2003年7月から同年11月まで沖縄県畜産試験場で実施した。供試豚は三元交雑種(LWD)で同腹去勢2頭、雌2頭を各区に配置した。

試験は、開始体重30kgから出荷体重110kgまで単飼豚房(間口1.2m×奥行2.7m)に收容して行なった。

飼料給与は、体重30kg~70kgに肥育前期用飼料、70~110kgに肥育後期用飼料を不断給餌し、飲水は自由飲水とした。

調査項目は飼料摂取量、肥育期間、1日平均増体量、飼料要求率、枝肉成績(枝肉重量、背脂肪厚、ロース芯断面積、肉色)、血清成分とした。血清成分は、体重70kg到達時と出荷時に1日絶食後採血し、分析に供した。

IV 結 果

1. 代謝試験

代謝試験の結果を表3に示した。飼料摂取量、飲水量、ふん排せつ量、ふん乾物量、尿排せつ量、ふん中亜鉛排せつ量に有意な差は認められなかった。ふん中窒素と尿中窒素排せつ量を合計した総窒素排せつ量、ふん中リン、銅排せつ量について、対照区が総窒素21.20g/日、ふん中リン1.21g/日およびふん中銅排せつ量0.78mg/日であったのに対し低減区は総窒素16.69g/日、ふん中リン0.93g/日およびふん中銅排せつ量0.16mg/日であり、有意な差(総窒素、リン $P<0.05$ 、銅 $P<0.01$)が認められ、総窒素で21.3%、リンで23.1%、銅で79.0%それぞれ低減した。また、飲水量、ふん乾物量、尿排せつ量、ふん中亜鉛排せつ量については対照区に比べ低減区で低減する傾向にあった。供試豚の窒素蓄積量は、対照区で22.1g/日、低減区で21.38g/日であった。

表3 代謝試験結果

		対照区	低減区
飼料摂取量	(kg/日)	1.61±0.07	1.62±0.08
飲水量	(L/日)	6.23±1.27	5.93±1.41
ふん排せつ量	(kg/日)	0.418±0.102	0.415±0.161
ふん乾物量	(kg/日)	0.145±0.035	0.138±0.049
尿排せつ量	(kg/日)	3.49±1.13	2.97±1.43
窒素摂取量	(g/日)	43.30±0.19	38.07±0.19
ふん中窒素排せつ量	(g/日)	5.06±1.22	4.34±1.10
尿中窒素排せつ量	(g/日)	16.13±3.12	12.35±2.78
総窒素排せつ量	(g/日)	21.20±3.56 ^a	16.69±3.29 ^b
リン摂取量	(g/日)	5.56±0.24	3.81±0.19
※ふん中リン排せつ量	(g/日)	1.21±0.38 ^a	0.93±0.34 ^b
銅摂取量	(mg/日)	170.53±7.55	40.16±1.92
※ふん中銅排せつ量	(mg/日)	77.98±34.19 ^a	15.94±8.26 ^b
亜鉛摂取量	(mg/日)	220.10±10.96	160.68±8.75
※ふん中亜鉛排せつ量	(mg/日)	34.24±15.08	30.51±13.84

注1) 小文字異符号間 $P<0.05$ 、大文字異符号間 $P<0.01$ で有意差。

2) ※は $n=4$ 、その他の項目は2頭ずつ2×2のクロスオーバー法により配置。

代謝試験の血清成分を表4に示した。血液成分に有意な差は認められなかった。各血清成分は、対照区に比べ低減区で濃度が高い傾向にあった。

表4 代謝試験の血清成分

血清成分		対照区	低減区
尿素濃度	(mg/dl)	8.4±2.7	9.9±1.5
無機リン濃度	(mg/dl)	8.0±2.0	9.5±4.3
銅濃度	(ug/dl)	239.1±32.9	260.9±42.0
亜鉛濃度	(ug/dl)	122.2±37.4	125.8±28.1

注) n=4。

2. 肥育試験

発育成績を表5に示した。飼料摂取量、肥育日数、1日平均増体量、飼料要求率に有意な差は認められなかったが、対照区に対して低減区は各項目において良好な傾向にあった。

表5 発育成績

区分	飼料摂取量 (kg/日)	肥育日数 (日)	1日平均増体量 (kg/日)	飼料要求率
対照区	2.74±0.30	104±3	0.77±0.05	3.56±0.50
低減区	2.87±0.23	98±9	0.79±0.06	3.64±0.43

注) n=4。

枝肉成績を表6に示した。ロース芯断面積、肉色、背脂肪厚に有意な差は認められなかったが、背脂肪厚について低減区は対照区に比べ肩、背、腰、3部位平均はそれぞれ薄くなる傾向にあった。

表6 枝肉成績

区分	枝肉重量 (kg)	ロース芯断面積 (cm ²)	肉色	背脂肪厚 (cm)			
				肩	背	腰	3部位平均
対照区	80.5±3.0	18.0±3.4	3.6±0.5	4.5±0.6	2.6±0.5	4.1±0.4	3.7±0.5
低減区	79.0±3.3	18.5±2.3	3.6±0.5	4.2±0.7	2.3±0.5	3.4±0.8	3.3±0.6

注1) 肉色は畜試式豚肉色標準模型 (PSC) による数値。

2) n=4。

肥育試験の血清成分を表7に示した。体重70kg到達時の血清中亜鉛濃度は、対照区84.7ug/dlに対し低減区133.3ug/dlで有意 (P<0.05) に高い値を示した。

表7 肥育試験の血清成分

血清成分	体重70kg到達時		出荷時	
	対照区	低減区	対照区	低減区
尿素窒素濃度 (mg/dl)	10.1±2.0	11.7±3.2	8.1±2.3	10.2±3.1
無機リン濃度 (mg/dl)	9.1±2.8	7.1±2.0	6.7±0.6	7.7±1.3
銅濃度 (ug/dl)	272.9±15.9	278.6±17.1	317.7±67.4	335.4±51.9
亜鉛濃度 (ug/dl)	84.7±22.0 ^a	133.3±8.3 ^b	124.4±28.6	108.3±17.4

注1) 異符号間にP<0.05で有意差あり。

2) n=4。

V 考 察

筆者ら⁶⁾は、アミノ酸添加低タンパク質飼料の給与により豚からの窒素排せつ量を低減したことを報告した。家入らは、フィターゼを豚の飼料中に添加することによって、豚からのリン排せつ量を 23.5

%低減できた³⁾報告している。また、山本らはセルラーゼ、プロテアーゼおよびペクチナーゼ複合酵素とフィターゼの飼料添加により、リン、銅、亜鉛排せつ量は21%、10%、16%低減した²⁾と報告している。本試験の代謝試験においても、低減区は窒素、リン、銅排せつ量で対照区に比べて有意に低減し、低減飼料は豚からの窒素、リン、銅排せつ量を低減できるものと考えられた。飲水量、尿排せつ量については有意差は認められないものの低減する傾向にあり、低減飼料は飲水量、尿排せつ量についても低減できることが示唆された。ふん排せつ量については有意差は認められず、低減する傾向にあったものの、平均値で5%程度と大きく低減しなかった。筆者ら⁵⁾はペクチナーゼ・キシラナーゼ複合酵素0.5%とセルラーゼ0.12%の飼料添加により乾物消化率1.87ポイントの向上がみられ、10%以上のふん排せつ量低減が見込まると報告した。本試験において表3のふん乾物量、飼料摂取量と供試飼料の乾物量から乾物消化率を算出したところ、対照区に対する低減区の乾物消化率の向上は0.5%程度にとどまっており、本試験のふん排せつ量を反映するものとなっていた。セルラーゼ等の消化酵素はコスト面で課題があるが、乾物消化率向上のため添加量をさらに高く設定することは困難であり、今後検討が必要である。

亜鉛排せつ量については、有意差は認められず、平均値で10%程度の低減にとどまった。原因について亜鉛は微量成分であり、飼料原料中の成分のばらつきが原因として考えられた。

血清中のリン、銅および亜鉛濃度について、フィターゼの使用により豚が体内に吸収しにくいフィチン酸からリン、銅、亜鉛が遊離し吸収率が高まる⁶⁾とされている。本試験では代謝試験、肥育試験ともに、各血清成分濃度はやや高い傾向にあり、効果的に豚の体内に取り込まれたことが示唆された。

肥育試験における発育成績、枝肉成績は対照区と低減区に有意差は認められなかった。しかし、発育成績は対照区に比べ低減区で良好な傾向にあり、枝肉成績の背脂肪厚については、背、肩、腰ともに薄くなる傾向にあった。このことから、低減飼料は対照飼料と遜色なく豚の産肉性を維持できるものと考えられた。本試験において、対照飼料に対して低減飼料は粗タンパク質含量を2%程度とやや押さえ気味に下げ、要求量に対して110%程度のアミノ酸含量としたことも厚脂傾向を抑えることができた原因と考えられた。

以上のことから、低減飼料は、対照飼料に比べ豚の産肉性を維持しつつ環境負荷物質の窒素、リン、銅排せつ量を同時に低減することができると考えられた。また、ふん尿およびふん中亜鉛排せつ量についても低減することが示唆された。本試験において飼料コストはアミノ酸や酵素添加により増加しており、今後検討が必要である。

VI 引用文献

- 1)古谷修, 1996, 飼育技術からの畜産環境対策, 日豚会誌, 33(4), 144-151
- 2)山本哲也・八谷純一・岩井俊暁, 2001, 酵素・アミノ酸利用による豚ふん中の環境負荷物質の低減, 京都畜研試験成績, 41, 78-86
- 3)家入誠二・古閑護博・村上忠勝・早田繁伸・木庭研二・中島吉直, 1998, 豚からのリン排せつ量低減試験(第1報), 9, 73-77
- 4)大和碩哉・山本英二・佐藤充徳, 1999, 酵素添加飼料給与による肥育豚のふん排せつ量の低減, 福岡農総試研報, 18, 126-130
- 5)鈴木直人・大城まどか・仲村敏・太田克之・伊禮判・渡久地政康, 2003, 環境保全型高品質豚肉生産技術の確立(1), 沖縄畜試研報, 41,
- 6)農林水産省農林水産技術会議事務局, 1998, 日本飼養標準・豚(1998年版), 12-45, 中央畜産会
- 7)森本宏, 1971, 動物栄養試験法, 507-512, 養賢堂