

肥育豚に対するリン及び窒素一括排泄量低減試験

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
巻/号	31
掲載ページ	p. 269-274
発行年月	1999年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



肥育豚に対するリン及び窒素一括排泄量低減試験

増田達明*・市川明*・加納正敏*・河辺鋭治*

摘要: 肥育期の豚に対して、リン排泄量を低減するフィターゼ添加低リン化処理(低リン処理)と、窒素排泄量を低減する結晶アミノ酸添加低タンパク化処理(低窒素処理)の二処理による二元配置法で試験を行い、発育及びリン(P)と窒素(N)の排泄量に及ぼす影響について検討した。発育は試験開始時平均体重37.8kgの三元交雑種去勢雄24頭と雌24頭の計48頭を用いて調査した。また、PとNの出納は去勢雄20頭を用いて調査した。飼料は無処理を前期CP16.09%、全P0.51%、後期CP13.98%、全P0.45%とし、低リン処理は、全Pを0.09%低減し、フィターゼを1000単位加えた。低窒素処理は、CPを約2%低減し、塩酸リジン、DLメチオニン、Lトレオニンを加えてアミノ酸の補正をした。

- 1 肥育前期、後期とも飼料の違いによる1日平均増体重及び飼料要求率の差は認められなかった。
- 2 肥育前期、後期とも低リン処理によりP排泄量が減少した。また、同時に低窒素処理を行うことによるP排泄量への影響はなかった。
- 3 肥育前期、後期とも低窒素処理によりN排泄量が減少した。また、低リン処理によりN消化率が向上し、N排泄量低減効果が高まる傾向にあった。

これらの結果から低リン処理と低窒素処理を同時に実施することにより、NとPの排泄量を一括して低減できることが明らかとなった。

キーワード: 豚、フィターゼ、低リン、リン出納、アミノ酸、低タンパク、窒素出納

Studies on Reduction of Phosphorus and Nitrogen Excretion in Growing and Finishing Pigs

Tatsuaki MASUDA, Akira ICHIKAWA, Masatoshi KANO and Toshiharu KAWABE

Abstract: The experiments were conducted to examine effects of low phosphorus(P) diets with phytase(Low-P-diet) and/or low crude protein(CP) diets with crystalline amino acids (Low-N-diet) on growth and excretion of P and N in growing and finishing pigs. The effects on the growth were examined by 48 three-way crossbred pigs; 37.8kg average live weight, 24 castrated pigs and 24 gilts. The balances of P and N were estimated by 20 castrated pigs. The control diet in the growing period(GP) contained crude protein(CP) 16.09% and total P(t-P) 0.51%, and control diet in the finishing period(FP) contained CP 13.98% and t-P 0.45%. Low-P-diet was prepared by decreasing t-P 0.09% in the control diet and added 1000U phytase. Low-N-diet was prepared by decreasing CP 2% and supplementing of three crystalline amino acids, Lysin-HCl, DL-Methionine and L-Threonine. The experiments were based on the two-factor factorial experiment.

- 1 On the average daily gain and feed conversion ratio, significant effects were not observed by the Low-P-diet and Low-N-diet feeding during GP and FP.
- 2 P excretion was reduced by Low-P-diet in GP and FP. Low-N-diet didn't affect on P excretion.
- 3 N excretion was decreased by Low-N-diet feeding. Low-P-diet also assisted the effect of reducing N excretion, since it strengthened N digestibility of the diet.

These results suggested that the low P and low CP diets added with phytase and crystalline amino acids are obviously effective on reducing P and N excretion from pigs.

Key Words: Pig, Phytase, Low phosphate, Phosphate balance, Amino acid, Low protein, Nitrogen balance

緒 言

豚ふん尿中に含まれるリン(P)や窒素(N)は環境に対して負荷を与える物質であり、これらの適切な処理は養豚経営を行う上で重要な課題である。近年、これら排泄物対策として堆肥化あるいは浄化処理に加えて、豚体内での利用性を高めることにより、排泄量を低減させる方法が注目されている。リンは微生物由来のフィターゼを利用して穀類中のフィチンリンの消化性を高めることにより、無機リン添加量を減らした低リン飼料でも豚の要求量を満たし、リン排泄量が低減できることが報告^{3,5,12)}されている。また、窒素は飼料を低タンパク化した上で、不足する必須アミノ酸を結晶アミノ酸で補うことにより、過剰となるアミノ酸が減少し、排泄量を低減できることが報告^{2,8,10,11)}されている。これらの手法は国内外で多くの研究がなされているが、両者を同時に実施した報告は少ない。そこで、本試験ではフィターゼを利用した飼料の低リン化によるリン排泄量低減方策と結晶アミノ酸を利用した飼料の低タンパク化による窒素排泄量低減方策を一括して行った場合のリンと窒素の低減効果及び発育への影響について検討した。

材料及び方法

1 供試飼料

飼料の配合割合及び栄養成分を第1表に示した。飼料はリン排泄量を低減させる低リン処理と窒素排泄量を低減させる低窒素処理の二処理を二元配置した4種を設定し、無処理のものを対照区、低リン処理のみ行ったものをLP区、低窒素処理のみを行ったものをLN区、低リン処

理と低窒素処理の両方を行ったものをLPN区とした。各々の処理は対照区の粗蛋白質含量(CP)及び全リン(全P)を、前期:CP16.09%,全P0.51%、後期:CP13.98%,全P0.45%とし、低リン処理は対照区に対してフィターゼを1000単位/kg添加し、添加したフィターゼによるリン消化率向上分に相当するリン酸カルシウム添加量を減少させたもので全P含量として0.09%低減した。また、低窒素処理はCPを約2%低減し、塩酸リジン、DL-メチオニン、トレオニンの3種類の結晶アミノ酸を、各アミノ酸含量が対照区と同量になるように添加した。

飼料は可消化養分総量(TDN)を1993年版日本飼養標準⁹⁾における各発育期間の設定値に換算した場合、各栄養素の含量が要求量を下回らないように設定した。また、配合原料のトウモロコシは粗蛋白質含量を7.5%とし、アミノ酸含量もこれに比例して日本標準飼料成分表(1995年版)⁷⁾の数値から減少させた値で計算を行った。

2 発育試験及び肉質調査

供試豚はWLD系統三元交雑種48頭(去勢♂24頭、♀24頭)を用いた。これらを性及び体重によって3頭ずつ16群に分け、各々をコンクリート平床式豚房(有効床面積6.24m²)に収容し、各試験飼料を4群ずつ(去勢♂群2、♀群2)に不断給与した。肥育前期試験は平均体重が概ね37kgの時点から70kgまで(1998年4月27日~6月3日)とした。肥育前期試験終了後、飼料を後期用飼料に切り替え、飼料に対する馴致期間を1週間設けた。この後、平均体重が概ね75kgの時点から、体重110kgに達した個体が現れた時点(同年6月10日~7月15日)まで肥育後期試験を行った。肥育後期試験終了後は、継続して肥育後期に給与した飼料を与え、体重が約110kgに達した時点で各群2頭ずつと殺した。調査項目として、体重、飼料摂取量及び血中の無機リン(無機P)、カルシウム(Ca)及

第1表 試験飼料の配合内容(%)

区分 項 目	肥育前期				肥育後期			
	対照区	LP区	LN区	LPN区	対照区	LP区	LN区	LPN区
トウモロコシ	77.46	77.36	81.555	81.435	81.94	81.82	86.84	86.72
配 大豆 粕	18.50	18.50	16.00	16.00	15.50	15.50	11.00	11.00
魚粉(CP65%)	2.50	2.50	----	----	1.00	1.00	----	----
合 第3リン酸Ca	0.61	0.12	1.01	0.54	0.59	0.11	0.76	0.31
炭酸カルシウム	0.58	0.97	0.58	0.97	0.67	1.07	0.70	1.07
割 食 塩	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
アプレミックス	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
合 塩酸リジン	0.07	0.07	0.32	0.32	0.02	0.02	0.25	0.25
DL-メチオニン	----	----	0.145	0.145	----	----	0.09	0.09
(%) トレオニン	----	----	0.11	0.11	----	----	0.08	0.08
フィターゼ	----	0.20	----	0.20	----	0.20	----	0.20
T D N	77.54	77.46	77.63	77.54	77.88	77.78	78.23	78.13
C P	16.09	16.08	13.95	13.94	13.98	13.97	11.93	11.92
栄*1 (分析値)	(15.79)	(15.64)	(13.53)	(13.64)	(13.60)	(13.66)	(11.57)	(12.18)
養 D C P	13.46	13.46	11.61	11.61	11.58	11.57	9.77	9.76
成 全 P	0.51	0.42	0.50	0.42	0.45	0.36	0.44	0.36
分 (分析値)	(0.47)	(0.37)	(0.46)	(0.38)	(0.45)	(0.36)	(0.41)	(0.33)
(%) 非フィチンP	0.32	0.23	0.32	0.23	0.27	0.18	0.26	0.18
C a	0.61	0.61	0.61	0.61	0.56	0.56	0.57	0.57
リ ジ ン	0.88	0.88	0.88	0.88	0.69	0.69	0.69	0.69
メチオニン+シスチン	0.51	0.51	0.50	0.50	0.44	0.44	0.42	0.42
トレオニン	0.59	0.59	0.59	0.59	0.51	0.51	0.49	0.49

*1: 日本標準飼料成分表⁷⁾に基づく計算値

び尿素態窒素含量(BUN)含量を測定した。体重及び飼料摂取量は2週間に1回測定した。血中無機P、Ca及びBUN含量は、前後期各々のほぼ中間点で、各群から無作為に抽出した2頭から血液を採取して測定した。と殺時には、格付け、背脂肪の厚さ及び皮下内層脂肪融点を測定した。また、と殺時に右前肢の第3及び第4指中手骨を採取し、重量及び灰分含量を測定した。分析は、血中の無機P含量はP-メチルアミノフェノール還元法、CaはMXB法、BUNはウレアーゼ・インドフェノール法、脂肪の融点は上昇融点法を用いて実施した。統計処理は、処理間には二元配置による分散分析、区間の比較はTUKEYの方法で行った。

3 出納試験

供試豚として、WLD系統三元交雑種去勢雄20頭を体重が等しくなるように4区に分け、試験に用いた。試験はステンレス製代謝ケージでの単飼で実施した。飼料は午前9時30分と午後3時30分の1日2回に分けて、肥育前期は日量2.5kg、肥育後期は3.0kg給与した。ケージ収容後7日間は馴致期間とし、その後4日間の全ふん尿を回収して分析に用いた。調査項目は体重、P及びN摂取量、ふん及び尿への排泄量、血中の無機P、Ca、BUNを測定した。体重はケージ収容時及び試験終了時に測定した。分析はPは湿式灰化の後リン・バナドモリブデン酸法にて測定

した。またNは、飼料はケルダール法、ふんはCNコーダー(島津製作所：SUMIGRAPH NC-800)、尿は微量全窒素分析計(三菱化成：TN-05)で測定した。血中の無機P、Ca、BUNについては発育試験と同様の方法で測定した。統計処理は発育試験と同様の方法で行った。

結 果

1 発育試験

肥育前期及び後期における成績を第2表に示した。肥育前期の1日平均増体重(DG)及び飼料要求率(FCR)では差は見られなかった。血液成分では無機P含量及びCa含量には有意差は見られなかった。BUNは低窒素処理で有意に(P<0.01)低くなり、これら2区間ではLN区が低い傾向にあった。

肥育後期も前期と同様に、DG及びFCRに差は認められなかった。血中の無機P含量は低窒素処理で高く(P<0.05)なった。Ca含量については差はなかった。BUNは肥育前期と同様に低窒素処理で有意(P<0.05)に低くなり、これら2区間ではLN区の方が低くなった。

2 肉質等調査

第3表にと殺時における肉質等の成績を示した。背脂

第2表 発育試験結果

項 目	区 分	対 照 区	L P 区	L N 区	L P N 区	分散分析 ^{*1}		
						低リン処理	低窒素処理	交互作用
肥育前期								
生体重(kg)	開始時	37.9	37.5	37.7	37.9	ns	ns	ns
	終了時	70.0	68.6	69.6	67.5	ns	ns	ns
1日平均増体重(g)		868	841	862	839	ns	ns	ns
飼料要求率		2.85	2.84	2.79	2.89	ns	ns	ns
血液成分(mg/dl)無機P		11.19	10.38	10.36	10.35	ns	ns	ns
	Ca	10.97	11.12	11.06	11.08	ns	ns	ns
	BUN	14.58 ^{* * 1}	15.44 [*]	10.88 ^b	13.13 ^{ab}	ns	**	ns
肥育後期								
生体重(kg)	開始時	75.7	74.8	75.8	73.4	ns	ns	ns
	終了時	102.9	101.2	101.8	97.0	ns	ns	ns
1日平均増体重(g)		777	754	742	761	ns	ns	ns
飼料要求率		3.67	3.84	3.77	3.79	ns	ns	ns
血液成分(mg/dl)無機P		8.06 [*]	8.46 ^{ab}	8.70 ^{ab}	8.81 ^b	ns	*	ns
	Ca	10.42	10.75	10.73	10.52	ns	ns	ns
	BUN	15.55	15.30	12.25	13.29	ns	*	ns

※1：* (P<0.05)、** (P<0.01)、*** (P<0.001)、ns (有意差無し)

※2：異符号間に有意差あり(P<0.05)

第3表 肉質等成績

項 目	区 分	対 照 区	L P 区	L N 区	L P N 区	分散分析 ^{*1}		
						低リン処理	低窒素処理	交互作用
と殺時生体重(kg)		110.5	111.0	109.7	111.0	ns	ns	ns
枝肉重量(kg)		74.4	74.8	73.5	74.5	ns	ns	ns
脂肪厚 背(mm)		25.5	23.2	23.2	24.0	ns	ns	ns
	平均 ^{*2} (mm)	31.8	31.1	31.1	31.7	ns	ns	ns
格付 ^{*3}		1.4	1.8	1.5	1.8	ns	ns	ns
脂肪融点 ^{*4} (°C)		40.6 ^{* * 5}	42.0 ^{ab}	42.1 ^{ab}	43.1 ^b	*	*	ns
中手骨 ^{*6} 重量(g)		14.0	14.5	14.0	14.4	ns	ns	ns
	灰分(%)	54.0	55.4	54.9	55.0	ns	ns	ns

※1：* (P<0.05)、** (P<0.01)、*** (P<0.001)、ns (有意差無し)

※2：肩、背、腰の3部位平均

※3：上=1、中=2、並=3として数値化

※4：第10-11胸椎部の皮下内層脂肪における測定値

※5：異符号間に有意差あり(P<0.05)

※6：右前肢第3及び第4中手骨の平均値

肪の厚さと格付では区間に有意な差は見られなかった。脂肪の融点は、対照区がLPN区に対して有意に低くなったため、低リン処理及び低窒素処理の双方で有意性(P<0.05)が認められた。また、中手骨の重量及び灰分含量には差は見られなかった。

3 出納試験

肥育前期における出納試験の結果を第4表に示した。低リン処理によりふん中のP排泄量が有意に(P<0.001)減少し、ふん尿合計でLP区39%、LPN区34%低減した。また、見かけのP消化率及び摂取量に対する蓄積の割合は低リ

第4表 肥育前期出納試験成績

項 目	区 分	対 照 区	L P 区	L N 区	L P N 区	分散分析 ^{*1}		
						低リン処理	低窒素処理	交互作用
体重 ^{*2}								
開始時(kg)		45.6	44.8	45.7	45.5			
終了時(kg)		55.5	55.4	54.8	55.0			
P								
摂取量 (g/飼kg)		4.73 ^{*3} (100)	3.72 (79)	4.57 (97)	3.79 (80)			
排泄量 ふん中		2.58 [*] (100)	1.54 ^b (57)	2.55 [*] (99)	1.73 ^b (67)	***	ns	ns
(g/飼kg) 尿 中		.093 (100)	.090 (97)	.150 (161)	.046 (49)	ns	ns	ns
計		2.68 [*] (100)	1.63 ^b (61)	2.70 [*] (101)	1.78 ^b (66)	***	ns	ns
蓄積量(g/飼kg)		2.05 (100)	2.09 (102)	1.87 (91)	2.01 (98)	ns	ns	ns
見かけの消化率(%)		45.4 [*] (100)	58.5 ^b (129)	44.1 [*] (97)	54.3 ^{ab} (120)	***	ns	ns
蓄積/摂取 (%) ^{*5}		43.4 [*] (100)	56.1 ^b (129)	40.9 [*] (94)	53.1 ^{ab} (122)	***	ns	ns
蓄積/吸収 (%) ^{*6}		95.6 (100)	95.9 (100)	92.2 (96)	97.8 (102)	ns	ns	ns
可消化P(飼料中%) ^{*7}		.214 (100)	.218 (102)	.202 (94)	.206 (96)	ns	ns	ns
血清中含量(mg/dl)		9.23 (100)	9.63 (104)	9.82 (106)	9.58 (104)	ns	ns	ns
Ca								
血清中含量(mg/dl)		11.04 (100)	11.13 (101)	11.07 (100)	11.46 (104)	ns	ns	ns
N								
摂取量 (g/飼kg)		25.27 (100)	25.02 (99)	21.65 (86)	21.83 (86)			
排泄量 ふん中		3.54 (100)	3.24 (92)	3.40 (96)	3.26 (92)	ns	ns	ns
(g/飼kg) 尿 中		10.38 (100)	10.02 (97)	8.81 (85)	7.61 (73)	ns	*	ns
計		13.92 [*] (100)	13.25 ^{ab} (95)	12.21 ^{ab} (88)	10.87 ^b (78)	ns	*	ns
蓄積量(g/飼kg)		11.35 (100)	11.77 (104)	9.43 (83)	10.96 (97)	ns	ns	ns
見かけの消化率(%)		86.0 (100)	87.1 (101)	84.3 (98)	85.1 (99)	ns	ns	ns
蓄積/摂取 (%)		44.9 (100)	47.0 (105)	43.6 (97)	50.2 (112)	ns	ns	ns
蓄積/吸収 (%)		52.3 (100)	54.0 (103)	51.7 (99)	58.9 (113)	ns	ns	ns
BUN (mg/dl)		15.80 (100)	15.48 (98)	13.51 (86)	15.03 (95)	ns	*	ns

※1: *(P<0.05)、**(P<0.01)、*** (P<0.001)、ns (有意差無)
 ※2: 開始時=馴致開始時点、終了時=試験終了時
 ※3: 異符号間に有意差あり(P<0.05)
 ※4: ()内は対照区に対する比
 ※5: 蓄積量/摂取量
 ※6: 蓄積量/吸収量 (摂取量-ふん排泄量)
 ※7: 摂取飼料に占める吸収P量の割合

第5表 肥育後期出納試験成績

項 目	区 分	対 照 区	L P 区	L N 区	L P N 区	分散分析 ^{*1}		
						低リン処理	低窒素処理	交互作用
体重 ^{*2}								
開始時(kg)		77.9	77.9	77.6	77.9			
終了時(kg)		85.0	83.8	84.3	83.3			
P								
摂取量 (g/飼kg)		4.52 ^{*3} (100)	3.57 (79)	4.14 (92)	3.32 (73)			
排泄量 ふん中		2.50 [*] (100)	1.51 ^b (60)	2.86 [*] (114)	1.37 ^b (55)	***	ns	*
(g/飼kg) 尿 中		.101 (100)	.164 (162)	.083 (82)	.093 (92)	ns	ns	ns
計		2.60 [*] (100)	1.67 ^b (64)	2.94 [*] (113)	1.46 ^b (56)	***	ns	*
蓄積量(g/飼kg)		1.92 [*] (100)	1.90 [*] (99)	1.19 ^b (62)	1.87 [*] (97)	*	**	*
見かけの消化率(%)		44.8 [*] (100)	57.8 ^b (129)	30.8 [*] (69)	58.9 ^b (131)	*	***	*
蓄積/摂取 (%) ^{*5}		42.5 ^{ab} (100)	53.2 ^b (125)	28.8 [*] (68)	56.1 ^b (132)	***	ns	*
蓄積/吸収 (%) ^{*6}		94.8 (100)	91.8 (97)	93.5 (99)	94.5 (100)	ns	ns	ns
可消化P(飼料中%) ^{*7}		.202 [*] (100)	.206 [*] (102)	.127 ^b (63)	.196 [*] (97)	**	**	*
血清中含量(mg/dl)		8.51 (100)	8.78 (103)	8.30 (98)	8.33 (98)	ns	ns	ns
Ca								
血清中含量(mg/dl)		11.50 (100)	11.44 (99)	11.22 (98)	11.48 (100)	ns	ns	ns
N								
摂取量 (g/飼kg)		21.76 (100)	21.85 (100)	18.51 (85)	19.49 (90)			
排泄量 ふん中		3.09 [*] (100)	2.73 ^{ab} (88)	2.85 ^{ab} (92)	2.23 ^b (72)	**	*	ns
(g/飼kg) 尿 中		9.79 (100)	10.32 (105)	9.13 (93)	8.53 (87)	ns	ns	ns
計		12.88 (100)	13.05 (101)	11.97 (93)	10.76 (84)	ns	*	ns
蓄積量(g/飼kg)		8.88 (100)	8.81 (99)	6.53 (74)	8.73 (98)	ns	ns	ns
見かけの消化率(%)		85.8 ^{ab} (100)	87.5 ^{ab} (102)	84.6 ^b (99)	88.6 [*] (103)	**	ns	ns
蓄積/摂取 (%)		40.8 (100)	40.3 (99)	35.3 (87)	44.8 (110)	ns	ns	ns
蓄積/吸収 (%)		47.5 (100)	46.0 (97)	41.7 (88)	50.3 (106)	ns	ns	ns
BUN (mg/dl)		16.02 (100)	16.18 (101)	13.08 (82)	13.93 (87)	ns	*	ns

※1: *(P<0.05)、**(P<0.01)、*** (P<0.001)、ns (有意差無)
 ※2: 開始時=馴致開始時点、終了時=試験終了時
 ※3: 異符号間に有意差あり(P<0.05)
 ※4: ()内は対照区に対する比
 ※5: 蓄積量/摂取量
 ※6: 蓄積量/吸収量 (摂取量-ふん排泄量)
 ※7: 摂取飼料に占める吸収P量の割合

ン処理により有意に($P < 0.001$)上昇した。Nは低窒素処理により尿中のN排泄量が有意に($P < 0.05$)減少した。特に、LPN区は減少程度が大きく、27%減少した。この結果、ふん尿合計ではLN区12%、LPN区22%の減少となった。また、BUNも低窒素処理により有意($P < 0.05$)に減少したが、LPN区はLN区ほど低くはならなかった。その他の項目では有意差は認められなかったが、LN区でN蓄積量がやや低値を、LPN区が摂取及び吸収量当りの蓄積率でやや高値を示していた。また、全ての項目で交互作用は認められなかった。

肥育後期における出納試験の結果を第5表に示した。

ふん中及びふん尿合計P排泄量、P蓄積量、Pの見かけの消化率、摂取当りのP蓄積率、可消化P含量でLN区の数値が対照区より劣り、LPN区がLP区と同等の数値を示したため交互作用($P < 0.05$)が認められた。LN区を除く3区は前期と同様の傾向を示し、低リン処理によるふん中へのP排泄量の減少及びP消化率の向上が見られ、ふんと尿を合わせたP排泄量ではLP区で36%、LPN区で44%の減少となった。Nは低リン処理($P < 0.01$)、低窒素処理($P < 0.05$)によりふん中へのN排泄量が減少した。尿中へのN排泄量は有意差は認められなかったが、前期と同様に低窒素処理で減少する傾向にあり、LPN区は13%の減少となった。ふん尿を合計したN排泄量では低窒素処理で有意に($P < 0.05$)減少した。しかし、LPN区では16%減少したが、LN区での減少は7%とわずかであった。N蓄積量は有意差は認められないもののLN区が他の3区より劣っていた。見かけの消化率は低リン処理で有意に($P < 0.01$)高くなった。摂取あるいは吸収されたNに対するNの蓄積率には差は認められなかったが、LN区で低く、LPN区で高い数値を示した。BUNは前期と同様に低窒素処理により有意($P < 0.05$)に減少したが、LPN区はLN区ほど低くはならなかった。

考 察

近年の研究で、フィターゼを利用したP排泄量の低減^{5,13)}及び、結晶アミノ酸を添加した低CP飼料によるN排泄量の低減^{2,6,11,12)}が可能であることが明らかにされてきている。今回、低リン処理と低窒素処理の有無による二元配置法の試験を実施し、各々の効果及び相互の影響について検討した。

発育試験では、肥育前期、後期ともDGとFCRに大きな差はなかった。枝肉成績でも脂肪厚、格付けには差は見られなかった。低CP飼料を給与した際には脂肪厚が増加するとして報告^{2,11)}が多いが、今回設定した低窒素処理では筆者ら⁹⁾及び市川ら⁴⁾の報告と同様に脂肪厚には差が生じなかった。脂肪融点では低リン処理、低窒素処理の両処理とも有意差が($P < 0.05$)生じているが、処理によって融点が高くなっており、取引上はプラス要因となるため、問題はないと考えられた。また、中手骨の重量及び灰分含量にも差は見られず、低リン処理条件下でも骨形成には支障の無いことが示された。これらのことから発育試験では低リン処理、低窒素処理及び双方の同時処理による影響はなく、各飼料が同等の栄養的価値を持って

いたものと思われた。

出納試験では各々の処理によるP、N排泄量への影響を調査した。Pについて肥育前期では、低リン処理により、リン消化率の向上($P < 0.001$)及びこれに伴うふん中排泄量の減少($P < 0.001$)が認められ、総排泄量としてLP区39%、LPN区34%の低減効果が得られた。低窒素処理及び交互作用による有意差は認められなかったが、低窒素処理によりわずかながら数値が劣る傾向が見られた。

後期でも前期と同様に低リン処理により、リン消化率の向上($P < 0.001$)及びこれに伴うふん中排泄量の減少($P < 0.001$)が認められたが、LN区における見かけの消化率が対照区より有意に($P < 0.05$)低く、LP区とLPN区間に差がなかったため、LPN区での低リン処理の効果が大きくなり、交互作用が有意($P < 0.05$)となった。低窒素処理でP消化率が低下した原因については不明であるが、魚粉利用の有無など原料構成の変化に伴うものと思われる。また、後期のLN区ではN蓄積量が26%減少しており、栄養的不良条件からもたらされたものとも考えられる。いずれにせよP出納に関して低リン処理と低窒素処理の間に認められた交互作用は正の効果を持つものであり、2処理を同時に行っても問題はないことが示された。

Nの出納については前期では低窒素処理により尿中へのN排泄量が有意に($P < 0.05$)減少し、ふん尿を合わせた排泄量はLN区12%、LPN区22%低減した。しかし、LN区と対照区間では尿中N排泄量に有意差はなかった。また、LN区のN蓄積量は有意差は見られないものの減少していた。LN区は摂取及び吸収当りのN蓄積効率が対照区とほとんど差が見られていない。結晶アミノ酸を用いてアミノ酸バランスを補正した場合、N蓄積率は向上すると報告⁹⁾されているためLN区における、アミノ酸バランスの補正は不十分であったものと考えられる。これに対して、LPN区ではN蓄積量は対照区と同等で、N蓄積効率は改善され、尿中N排泄量が減少しているため、吸収されたアミノ酸のバランスが対照区並に補正されたことを示していた。計算上LN区とLPN区のアミノ酸構成にほとんど差がないことから低リン処理により、Nの消化吸収に変動があったものと考えられる。見かけのN消化率ではLN区84.3%に対してLPN区85.1%と、ほとんど差は見られないが、BUNが発育試験と出納試験の両試験で高くなっており、わずかながらN吸収量の増加があったことが示された。また、消化率の変動に対して、N蓄積効率の向上等の効果が高いため、消化率増加分は不足していた必須アミノ酸消化率を特異的に高めたものと考えられる。

肥育後期では有意性は認められなかったが低窒素処理による尿中N排泄量に前期と同様の減少傾向が見られた。また、ふん中N排泄量で低リン処理($P < 0.01$)と低窒素処理($P < 0.05$)の双方で有意性が認められた。これは、低リン処理では見かけの消化率が有意($P < 0.01$)に高くなったこと、また低窒素処理では飼料中のN含量が低いことが影響したものと考えられる。肥育後期ではLN区におけるN蓄積量の低下及び低リン処理による改善効果が前期よりも顕著に見られた。低リン処理によるN消化率改善傾向は前期と後期の両期間とも対照区とLP区の間でも見

られる。しかし、これら2区間ではふんへの排泄量は減少するものの、蓄積量や蓄積効率に対する影響はほとんどなく、後期では尿中排泄量が増加傾向にあった。これは、低リン処理効果が無くとも豚の要求量を満たすだけのアミノ酸が供給されたので、N吸収量が増加しても蓄積されずに尿中に排泄されたためと考えられた。これら低リン処理によるN消化率向上効果は、フィターゼの添加によりアミノ酸消化率が改善されるという報告^{1,9)}もあるため、フィターゼによる効果とも考えられるが、本試験で用いたフィターゼが粗酵素でプロテアーゼ等の酵素も含んでいたため、単体としてのフィターゼに由来するものと結論づけることはできない。本試験の低窒素処理では吸収されるアミノ酸バランスが十分補正されていなかったが、今後検討するに当たってはN消化率の向上によってバランス改善がなされたことから、アミノ酸含量だけでなく、飼料の粉碎粒度やペレット化あるいはエキスパンダー処理等、消化率を向上させる処理についても検討する必要がある。

以上のことから本試験における設定では低窒素処理に課題を残したが、低リン処理と低窒素処理の併用は互いの低減効果を減ずることなく、PとNを一括して低減する環境対策上の方法として有効であることが明らかとなった。

引用文献

1. A.C.Murry, R.D.Lewis, and H.E.Amos. The effect of microbial phytase in a pearl millet-soybean meal diet on apparent digestibility and retention of nutrients, serum mineral concentration, and bone mineral density of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 1284-1291 (1997)
2. 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, 1, 15-20, (1997)
3. Gary.L.Cromwell Phytase appears to reduce phosphorus in feed, manure *Feedsutuffs*, October 7, 14-16 (1991)
4. 市川明, 玉田成甫, 高橋努. 肉豚に及ぼす蛋白質水準及びアミノ酸添加の影響 (第3報). *愛知農総試研報.* 13, 347-354 (1981)
5. 増田達明, 市川明, 加納正敏, 杉山弘行. フィターゼ添加低リン飼料が肥育豚の発育とリン排泄量に及ぼす影響. *愛知農総試研報.* 30, 301-306 (1998)
6. 増田達明, 大橋秀一, 加納正敏, 杉山弘行. 結晶アミノ酸添加低タンパク質飼料が肥育豚の発育と窒素排泄量に及ぼす影響. *愛知農総試研報.* 30, 295-300 (1998)
7. 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 日本標準飼料成分表 (1995年版)
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 (1993年版)
9. P.A.Kemme, A.W.Jongbloed, Z.Mroz, and M.Makinen. Apparent ileal amino acid digestibility in pigs as affected by phytate, microbial phytase, and lactic acid. *J. Anim. Sci.* 73, 173, 255 (1995)
10. P.A.Lee, R.M.Kay, P.J.Fullarton, A.W.R.Cullin and S.Jagger: Manipulating dietary crude protein to reduce nitrogen excreted by pigs: *J. Anim. Prod.* 60, 519 (1995)
11. R.M.Kay and P.A.Lee. The Performance of growing and finishing pigs offered diets formulated reduce nitrogen excretion. *J. Anim. Sci.* 62, 635 (1996)
12. 齊藤守, 増田達明, 生雲晴久, 小出和之, 伊奈孝二三. 肥育豚に対するフィターゼ添加低リン飼料給与によるリン排泄量低減効果. 第66回日本養豚学会講演要旨 (1996)