

## アミノ酸添加低蛋白質飼料の給与が肥育豚の 発育と窒素排泄量に及ぼす影響

設楽 修\*・岩本英治\*

### 要 約

肥育豚(30~110kg)へのアミノ酸添加低蛋白質飼料の給与が、発育と窒素排泄量に及ぼす影響を検討するために、粗蛋白質含量を標準の16%から2%及び4%低減した飼料と、この飼料に不足するリジン及びトレオニンを添加した飼料を調整し、30頭の豚を用いた肥育試験(実験Ⅰ)と、30頭の去勢豚を用いた10日間の窒素出納試験(実験Ⅱ)を行った。

- 1 1日平均増体量は、粗蛋白質含量を2%及び4%低減することにより有意に減少したが、2%低減区ではアミノ酸を添加することにより改善された。
- 2 飼料要求率は、飼料中の粗蛋白質含量を下げることによって低下した。
- 3 脂肪蓄積量は、アミノ酸を添加しない低蛋白質飼料区が多かった。
- 4 と体における背脂肪の厚さは、飼料中の粗蛋白質含量を下げるにより厚脂となり、不足するアミノ酸の添加により改善される傾向がみられた。
- 5 枝肉の格付は、飼料中の粗蛋白質含量を下げるにより低下し、不足するアミノ酸の添加により改善される傾向がみられた。
- 6 窒素排泄量は、飼料中の粗蛋白質含量を下げるにより総窒素排泄量が減少し、アミノ酸の添加によりさらに減少する傾向がみられた。

### Effects of Growth and Reduction in Nitrogen Excretion of Pigs Fed Reduced Crude Protein, Amino acid-supplemented Diets

Osamu SHIDARA and Eiji IWAMOTO

#### Summary

In exp.1, 30 pigs were fed either 16% crude protein (CP), 14%CP, 14%CP supplemented with amino acid, 12%CP or 12%CP supplemented with amino acid. In exp.2, Nitrogen balance trial, 30 hogs were fed the same diets in metabolic cages for 10 days.

- (1) Dairy gain was significantly reduced by low-CP, but in pigs fed 14%CP improved by supplementation of amino acid.
- (2) Feed conversion was less efficient by reducing CP.
- (3) Backfat depth increased with unsupplemented low-CP.
- (4) Backfat thicknesses in the carcass increased in pigs fed low-CP, and decreased in pigs fed low-CP supplemented with amino acid.
- (5) Carcass quality became inferior by reducing low-CP, and improved by supplementaion of amino acid.
- (6) Nitrogen excretion in the urine decreased by reducing CP, and in low-CP, was reduced by supplementation of amino acid.

キーワード：肥育豚，低蛋白質飼料，アミノ酸，発育，脂肪蓄積量，窒素排泄量

#### 緒 言

国際化の進展にともない養豚経営は規模拡大が進み、

排泄されるふん尿量が偏在的に増加し、環境汚染が問題となっている。さらに、水質汚濁防止法に係る「海域の窒素及び磷に係る環境基準」<sup>6)</sup>が新たに規定され、排出基準を達成するための早急な対応が求められている。このような中で養豚経営の安定を図るためには、給与飼料

1997年8月29日受理

\*中央農業技術センター

に含まれる蛋白質の利用性を高めて、ふん尿中に排泄される窒素排泄量を減少させていく必要がある。

現在流通している豚の配合飼料は、安価な穀類を中心に養分要求量を満たしながら低コストとなるように設計されるために、飼料に含まれるアミノ酸のバランスがARC<sup>1)</sup>のアイディアル・プロテイン(以下IPと呼ぶ)よりも過剰となっている。この過剰なアミノ酸が体内で利用されずにふん尿中に排泄されるために、環境への窒素負荷が増強される結果となっている。

そこで、生産性を低下させずに、ふん尿中への窒素排泄量を低減させることを目的として、肥育期飼料中の粗蛋白質(以下CPと呼ぶ)含量を低下させて、不足する第一制限アミノ酸であるリジン及びトレオニンを単体で添加したときの生産性への影響と、窒素の出納について検討したので報告する。

材料及び方法

1 実験I(発育試験)

(1) 供試豚

当センターで生産した三元雑種(LWD)の去勢豚15頭、雌豚15頭の計30頭を用いた。1区分には去勢豚3頭、雌豚3頭の計6頭を配置した。供試豚の試験開始日齢は平均76.3日、平均体重は33.4kgであった。

(2) 試験期間

1996年10月28日～1997年3月5日までの126日間であった。

(3) 試験区分

表1に試験区分を示した。IPの理論を採用した日本飼養標準<sup>2)</sup>に準じた肥育前後期のCP要求量を、計算上充足する標準飼料を1区とし、前後期ともにCP含量を1区より2%低下させたものを2区に、2区に計算上アミノ酸含量が不足するリジンを要求量を充足するように添加したものを3区とし、同様に前後期のCP含量を1区より4%低下させたものを4区に、4区の前中期飼料に不足するリジンとトレオニン及び後期飼料に不足するリジンを要求量を充足するように添加したものを5区とした。

なお、試験飼料の配合割合を、前期飼料は表2に、後期飼料は表3に示した。

肥育期の区分は、体重30kg～70kgを前期、70kg～110kgまでを後期とし、110kgに到達した豚から試験を終了し、順次と体検査を行った。

(4) 飼養管理

1.6×4.2mの豚房で6頭群飼し、不断給餌、自由飲水により飼養した。

表1. 試験区分

区分	供試頭数	肥育前期(30-70kg) TDN/CP	肥育後期(70-110kg) TDN/CP	アミノ酸の添加
1区	6	76/16	76/14	
2区	6	76/14	76/12	
3区	6	76/14	76/12	有
4区	6	76/12	76/10	
5区	6	76/12	76/10	有

表2. 肥育前期飼料の配合割合 (%)

区分	1区	2区	3区	4区	5区
トウモロコシ	73.2	76.3	76.3	79.9	79.9
大豆粕	18.3	12.0	12.0	5.8	5.8
フスマ	3.6	6.6	6.6	8.7	8.7
魚粉(CP60%)	2.6	2.8	2.8	3.3	3.3
炭酸カルシウム	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
第2リン酸カルシウム	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
食塩	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
プレミックス	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
塩酸L-リジン	0	0	0.09	0	0.23
L-トレオニン	0	0	0	0	0.02
可消化養分総量	76.0	75.9	76.0	76.0	76.2
粗蛋白質	16.1	14.0	14.1	12.0	12.3
リジン	0.81	0.66	0.75	0.52	0.75
トレオニン	0.59	0.50	0.50	0.43	0.45

表3. 肥育後期飼料の配合割合 (%)

区分	1区	2区	3区	4区	5区
トウモロコシ	76.3	79.9	79.9	83.0	83.0
大豆粕	12.0	5.8	5.8	1.6	1.6
フスマ	6.6	8.7	8.7	10.8	10.8
魚粉(CP60%)	2.8	3.3	3.3	2.3	2.3
炭酸カルシウム	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
第2リン酸カルシウム	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
食塩	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
プレミックス	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
塩酸L-リジン	0	0	0.04	0	0.19
L-トレオニン	0	0	0	0	0
可消化養分総量	76.0	76.0	76.1	76.1	76.2
粗蛋白質	14.1	12.0	12.1	10.0	10.2
リジン	0.66	0.52	0.56	0.37	0.56
トレオニン	0.50	0.43	0.43	0.35	0.35

(5) 調査項目

体重測定は毎週1回、背脂肪の厚さは超音波式豚背脂肪測定器（リーソミーター、RENCO社製）により開始時、飼料切り替え時及び終了時に体長1/2部位正中線上で測定した。飼料摂取量は前期、後期の摂取量を集計した。

供試豚は試験終了後出荷し、湯はぎ法によりと殺解体処理した後、豚産肉能力検定実務書<sup>10)</sup>の方法により枝肉の背脂肪の厚さ（カタ・セ・コシ）及び格付を調査した。

2 実験Ⅱ（窒素出納試験）

(1) 供試豚

当センターで生産した去勢豚30頭を用いた。肥育期を前・中・後期に区分し、各期に10頭を供試した。供試豚の平均体重は前期が42.4±3.7kg、中期が68.2±2.0kg、後期が92.5±2.1kgであった。

(2) 試験期間

前期試験は1997年2月29日～2月7日、中期試験は1996年12月4日～12月13日、後期試験は1997年3月19日～3月28日に実施した。

(3) 試験方法

10頭の供試豚を0.6×1.2mの代謝試験用ケージに収容し、実験Ⅰで用いた5種類の試験飼料をそれぞれ2頭に摂取させた。前期及び中期試験は前期飼料を、後期試験は後期飼料を用いた。

飼料給与量はケージ収容時体重の3%とし、毎日9時と16時に等量ずつ十分量の水とともに摂取させ、残餌があった場合は、翌朝回収して風乾後差し引いた。

試験は5日間の馴致及び予備期間の後、4日間全糞全尿採取法により実施した。なお、尿回収バットには全尿回収後濃硫酸10mlを加え、窒素の蒸散を防止した。

(4) 窒素の分析

試験飼料は原物を粉砕したものを分析した。毎日採取した全糞は65℃の通風乾燥機で乾燥後全量粉砕し、分析

した。毎日採取した全尿は十分攪拌した後100mlをサンプリングし、重量比率により合尿にして分析した。窒素の測定は、試料を硫酸分解した後1035型ケルテックオート（TECATOR社製）を用いて行った。

3 統計処理

一元配置分散分析により有意差の検定を行った。結果は、5%レベルで有意とみなした。

結 果

1 実験Ⅰ

(1) 発育成績

発育成績を表4に示した。試験終了日齢は1区が短く、2区、4区及び5区との間に有意差が認められたが、3区とは差がなかった。1日平均増体量は前期及び全期間において、終了日齢と同様の有意差が認められたが、後期は区間に有意差が認められなかった。

飼料要求率は、大きな差はないものの前後期及び全期間を通じて1区が優れ、4区が劣る傾向であった。

(2) 背脂肪の増加量

供試豚の背脂肪の増加量を表5に示した。増加量は前期よりも後期が多く、前期は各区に有意差が認められなかったが、後期は4区と、1区、3区及び5区との間に有意差が認められた。全期間においても、4区の増加量が多く、1区、2区、3区及び5区との間に有意差が認められた。

(3) と体成績

枝肉の背脂肪の厚さと格付を表6に示した。カタ、セ、コシ及び平均は、1区に対して2区と4区が厚く、3区と5区が薄い傾向を示した。

格付は、上を3、中を2、並を1として評価すると、3区が2.5で最も評価が高く、次いで1区及び5区、2区、4区の順であった。

2 実験Ⅱ

窒素の排泄量

表4. 発 育 成 績

区分	開始体重 (kg)	終了体重 (kg)	開始日齢	終了日齢	1日平均増体量(g)			飼料要求率		
					前 期	後 期	全期間	前期	後期	全期間
1区	33.4±2.7	110.9±1.6	75.2±3.2	176.7± 5.7 <sup>a</sup>	850.4±85.8 <sup>a</sup>	701.1± 44.6	764.6±24.1 <sup>a</sup>	3.46	3.93	3.71
2区	33.6±3.1	111.9±1.3	79.3±7.2	194.8±10.8 <sup>b</sup>	729.3±75.5 <sup>b</sup>	644.2± 55.6	679.5±41.0 <sup>b</sup>	3.67	4.11	3.91
3区	33.4±3.0	110.9±1.5	75.3±3.1	182.7±11.3	783.0±98.6	676.9± 67.4	727.8±67.5	3.55	4.31	3.94
4区	33.5±2.7	110.9±1.6	74.3±4.4	191.0±10.5 <sup>b</sup>	664.4±54.5 <sup>b</sup>	674.1±102.5	665.7±35.7 <sup>b</sup>	3.63	4.45	4.06
5区	33.0±2.9	110.2±2.1	77.3±5.9	190.5± 7.7 <sup>b</sup>	700.3±35.8 <sup>b</sup>	651.5± 54.9	675.7±27.7 <sup>b</sup>	3.59	4.33	3.95

a - b : 異符号間に有意差 (P<0.05)

表5. 背脂肪の増加量 (mm)

区分	前期	後期	全期間
1区	4.8±1.3	6.2±2.0 <sup>b</sup>	11.0±2.2 <sup>b</sup>
2区	3.2±1.8	9.5±1.9	12.7±0.5 <sup>b</sup>
3区	3.8±1.2	6.5±1.0 <sup>b</sup>	10.3±1.4 <sup>b</sup>
4区	5.8±2.2	10.3±1.6 <sup>a</sup>	16.2±1.9 <sup>a</sup>
5区	5.5±1.6	6.6±2.2 <sup>b</sup>	11.5±1.9 <sup>b</sup>

a - b : 異符号間に有意差 (P<0.05)

表6. と体成績

区分	背脂肪の厚さ(mm)				格付 <sup>1)</sup>
	カタ	セ	コシ	平均	
1区	40	21	34	32	2.3
2区	43	24	36	34	2.0
3区	38	20	29	29	2.5
4区	44	26	39	36	1.7
5区	39	21	33	31	2.3

1) : 上を3, 中を2, 並を1として計算した。

表7. 窒素出納 (g/W<sup>0.75</sup>kg)

区分	摂取量	蓄積量	排泄量		排泄率		
			ふん	中尿		中合計 (%)	
前期	1区	8.69 (100)	2.26 (100)	1.09 (100)	5.34 (100)	6.43 (100)	74.0 (100)
	2区	8.11 (93.3)	2.35 (104.0)	0.85 (78.0)	4.91 (91.9)	5.77 (89.7)	71.1 (96.1)
	3区	7.23 (83.2)	2.12 (93.8)	0.87 (79.8)	4.24 (79.4)	5.12 (79.6)	70.7 (95.6)
	4区	6.51 (74.9)	2.05 (90.7)	0.98 (89.9)	3.48 (65.2)	4.46 (69.4)	68.5 (92.6)
	5区	6.54 (75.3)	2.39 (105.8)	1.02 (93.6)	3.13 (58.6)	4.16 (64.7)	63.5 (85.8)
中期	1区	9.47 (100)	3.00 (100)	1.47 (100)	5.00 (100)	6.47 (100)	68.3 (100)
	2区	7.92 (83.6)	3.10 (103.0)	1.20 (81.6)	3.61 (72.2)	4.81 (74.3)	60.8 (89.0)
	3区	8.78 (92.7)	3.51 (117.0)	1.06 (72.1)	4.21 (84.2)	5.27 (81.5)	60.0 (87.9)
	4区	7.42 (78.4)	3.05 (101.7)	0.87 (59.2)	3.50 (70.0)	4.37 (67.5)	58.9 (86.1)
	5区	7.30 (77.1)	3.49 (116.3)	0.95 (64.6)	2.86 (57.2)	3.81 (58.9)	52.2 (76.4)
後期	1区	7.85 (100)	2.21 (100)	1.24 (100)	4.41 (100)	5.64 (100)	71.9 (100)
	2区	6.45 (82.2)	2.35 (106.3)	0.83 (66.9)	3.26 (73.9)	4.09 (72.5)	63.5 (88.3)
	3区	7.17 (91.3)	2.79 (126.2)	1.08 (87.1)	3.30 (74.8)	4.38 (77.7)	61.1 (85.0)
	4区	6.48 (82.5)	2.45 (110.9)	1.07 (86.3)	2.96 (67.1)	4.03 (71.5)	62.2 (86.5)
	5区	6.26 (79.7)	2.54 (114.9)	1.12 (90.3)	2.59 (58.7)	3.71 (65.8)	59.3 (82.5)

( ) は1区を100とした百分率

表8. 肥育期間中の窒素排泄量の試算

区分	1区	3区	
I期	飼料摂取量 (kg)	86.50	88.75
	窒素摂取量 (kg)	2.23	2.01
	窒素排泄率 (%)	74.0	70.7
	窒素排泄量 (kg)	1.65	1.42
II期	飼料摂取量 (kg)	51.90	53.25
	窒素摂取量 (kg)	1.34	1.20
	窒素排泄率 (%)	68.3	60.0
	窒素排泄量 (kg)	0.91	0.72
III期	飼料摂取量 (kg)	39.30	43.10
	窒素摂取量 (kg)	1.01	0.84
	窒素排泄率 (%)	68.3	60.0
	窒素排泄量 (kg)	0.69	0.50
IV期	飼料摂取量 (kg)	117.90	129.30
	窒素摂取量 (kg)	3.02	2.51
	窒素排泄率 (%)	71.9	61.1
	窒素排泄量 (kg)	2.17	1.53
全期	飼料摂取量 (kg)	295.6	314.4
	窒素摂取量 (kg)	9.19	6.56
	窒素排泄量 (kg)	5.42	4.17
	窒素排泄低減率 (%)*	-	23.1

I期: 体重30-55kg, II期: 55-70kg

III期: 70-80kg, IV期: 80-110kg

\* : 1区に対する3区の低減率

代謝体重当たりの窒素出納量を表7に示した。前中後期を通してCP含量を低下させた2~5区で窒素排泄率の低減が認められた。また、窒素の約78%が尿中に排泄されていた。窒素排泄率は、前期では1区に対して2区が96.1%, 3区が95.6%, 4区が92.6%, 5区が85.8%に減少し、中期では、1区に対して2区が89.0%, 3区

が87.9%，4区が86.1%，5区が76.4%に減少した。また後期では，1区に対して2区が88.3%，3区が85.0%，4区が86.5%，5区が82.5%に減少し，いずれの期も1区に対する窒素排泄率は5区が最も少ない結果であった。

### 考 察

前期及び全期間において，1区に対する1日平均増体量が飼料中の粗蛋白質含量を下げることによって有意に低下し，発育が遅延したが，3区との有意差はなかった。前期の発育についてHansenら<sup>9)</sup>も，前期の子豚にアミノ酸を添加したCP含量14%の飼料を給与することにより，CP含量16%の飼料と同等の発育が得られたとしており，肥育期の標準飼料からCP含量を2%低減しても，不足するリジンを追加することにより標準飼料と同程度の発育が得られるものと思われる。しかし，CP含量を2%以上低減すると，不足するアミノ酸を添加しても標準飼料の増体量には達しないものと考えられる。また，飼料要求率については，前期は各区とも近似した値で，後期は低蛋白化にともなって低下する傾向が見られたが，全期間では大きな差はなく，飼料利用効率と同程度と思われるが，低蛋白質飼料の給与により脂肪蓄積の割合が高くなるとの報告<sup>2, 7, 8, 11)</sup>もあり，増体の内容が赤肉か脂肪かを検討する必要がある。

脂肪の蓄積及び格付は，4区で背脂肪量の有意な増加及びと体における背脂肪の厚さの増加と，厚脂に起因する格付の低下が認められた。一般に，豚の発育は前期に赤肉が増加するため飼料のCP含量を高め，後期は脂肪が増加するため，CP含量を上げて赤肉生産には動員されにくいことが知られている<sup>9)</sup>が，4区では後期の背脂肪増加量が多くなった。これは，後期のエネルギー／蛋白質比が4%の低蛋白化によって標準よりも高くなり，過剰なエネルギーが脂肪蓄積に動員された結果と考えられ，CP含量を4%低減する場合には，エネルギー水準を低下させる必要があるものと思われる。一方，3区及び5区では，アミノ酸の添加により背脂肪の増加量，と体における背脂肪の厚さ及び格付が，1区と同等以上となったが，同様の結果はKerrら<sup>7)</sup>も報告しており，飼料中の粗蛋白質含量を下げたことによる厚脂とと体成績の低下は，アミノ酸の添加により改善にされるものと考えられる。

窒素の排泄量については，低蛋白質飼料に不足するアミノ酸を添加した場合の窒素の出納について推定式<sup>2, 8)</sup>や尿及び血清中の尿素態窒素量<sup>11)</sup>から効果を推察した報告が多い。今回行った窒素出納試験では，前中後期ともアミノ酸の添加に関係なく飼料中の粗蛋白質含量を下げ

るにつれて排泄率が減少傾向を示し，1区に対して前期では85.8%，中期では76.4%，後期では82.5%まで低減することができた。さらに，3区及び5区では第一制限アミノ酸であるリジンやトレオニンを追加したことにより，インバランスの状態が解消され，前中後期とも窒素排泄率が無添加区よりも低減したのと考えられる。一方，窒素の蓄積については，三期のうち中期が最大となったが，この傾向はHansenら<sup>4)</sup>も報告しており，中期が蛋白質蓄積量のピークであると考えられる。

今回得られた成績を用いて，肥育期における窒素の排泄低減量を試算し，表8に示した。発育，脂肪の増加量及びと体成績から，生産性を損なわない実用飼料として3区を用いて試算すると，全期間で1頭当たりの窒素排泄量は1区が5.42kg，3区が4.17kgで，標準飼料からCP含量を2%低減し，不足するリジンを追加することにより生産性を維持しながら窒素の排泄量を約23%低減することが可能となる。さらに，今回の試験は冬季に実施したため，摂取エネルギーが増加すると利用されない窒素の排泄量が増加する<sup>9)</sup>ことや，各区の1日平均増体量が，前期の1区を除いて設定値に到達しておらず，窒素が過剰となったことにより，窒素排泄量が増加したことも考えられ，今以上の窒素排泄量低減の可能性も考えられる。なお，今回試験に用いた飼料の単価は，前期飼料が1区で41.8円，3区で41.1円，後期飼料が1区で40.6円，3区で40.0円で，リジンを添加した3区は前後期飼料ともに1区よりも安価となり，実用飼料としても問題ないと考えられる。

以上の結果から，肥育期飼料のCP含量を2%低減しても，不足するアミノ酸を追加することにより発育，と体成績及び飼料価格に悪影響はなく，さらに肥育期間中の窒素排泄を標準飼料から約23%低減できる可能性が示唆された。今後，飼料中の粗蛋白質含量の低下にともなう脂肪蓄積を抑制するためのエネルギー／蛋白質比の検討や，飼料給与パターンを前後期の2期から前中後期の3期に変更し，より細かいアミノ酸給与パターンで飼養した場合の窒素排泄低減効果を検討する必要がある。

### 引用文献

- (1) Agricultural Research Council (1981): The Nutrient Requirements of Pigs, 2. Protein and Amino Acid Requirements, Commonwealth Agricultural Bureaux, 67-124
- (2) 古谷 修・渡辺正樹・阿部博行・清水俊郎・大門博之・佐藤圭子・今田哲雄・佐藤金一 (1997): 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：日豚研誌 34(1), 15-21
- (3) Hansen, J.A., D.A.Knabe and K.G.Burgoon (1993): Amino Acid Supplementation of Low-Protein Sorghum-Soybean Meal Diets for 20- to 50-Kilogram Swine: J.A.Sci. 71, 442-451
- (4) Hansen, B.C. and A.J.Lewis (1993): Effects of Dietary Protein Concentration (Corn: Soybean Meal Ratio) and Body Weight on Nitrogen Balance of Growing Boars, Barrows, and Gilts: Mathematical Descriptions: J.Anim. Sci. 71, 2110-2121
- (5) 梶 雄次・古谷 修 (1987): 寒冷環境における肉豚のリジン要求量：日畜会報 58(7), 632-633
- (6) 環境庁環境法令研究会 (1997): 環境六法 (平成9年度版) (中央法規出版株式会社) 536-559
- (7) Kerr, B.J., F.K.McKeith and R.A.Easter (1995): Effect on Performance and Carcass Characteristics of Nursery to Finisher Pigs Fed Reduced Crude Protein, Amino Acid-Supplemented Diets: J.Anim. Sci. 73, 433-440
- (8) 古閑護博・家入誠二・村上忠勝・早田繁伸・梶 雄次：豚からの窒素排泄量低減試験：第66回日本養豚学会大会講演要旨, 7
- (9) 農林水産技術会議事務局 (1994): 日本飼養標準・豚 (1993年版) (中央畜産会) 10-29
- (10) ㈱日本種豚登録協会 (1991): 豚産肉能力検定実務書 26-49
- (11) 渡辺正樹・清水俊郎 (1996): 低蛋白質飼料給与が肥育豚の発育および体成績に及ぼす影響：第65回日本養豚学会大会講演要旨, 5