

## 飼養環境改善による畜舎発生臭気の軽減技術の検討 (1) アミノ酸添加低蛋白質飼料による畜舎発生臭気の低減

梅本栄一・倉田直亮・浅見貴恵

Reduction of Odor Emission of Growing-finishing Pighouse by Feeding  
Reduced Protein Amino acid-supplemented Diets

Eiichi UMEMOTO, Naosuke KURATA and Takae ASAMI

豚舎から揮散するアンモニア量を、飼料栄養面から軽減する技術を検討した。飼料の粗蛋白質（C P）水準を下げ、C P 18%から16、13、10%に調整したところ、飼料中のC P消化率はC P 10%では74%と低かったが、他は約79%と高く、窒素の利用率ではC P水準が高いほど利用率は低下した。この飼料を給与したふん100 gに尿10mlを混合して30℃の条件下で揮散するアンモニア量を測定したところ、5日間の積算量は初期窒素量の5.4%～8.4%にあたり、C P水準が高いほど揮散量も多い傾向であった。また人工気象室内のスノコ式豚房に肥育豚4頭を夏期条件で群飼育した時の室内アンモニア濃度はC P 16%に比べC P 18%が有意に高かった。C P 13%と10%でも同様に低蛋白質化によるアンモニアの揮散量の低下傾向が見られた。また、高蛋白質飼料を給与し、床面がふん尿で汚れた時、最も多くのアンモニアが揮散した。さらに、豚舎床面への敷き料の使用はアンモニア揮散量を増加し、尿が敷き料に吸着され揮散量を多くしたためと考えられた。

キーワード：豚、臭気、窒素、低蛋白質飼料、アンモニア揮散量

### 目 的

都市周辺の畜産経営においては、臭気対策が重要な課題で、この対策が急務である。この手軽な臭気対策として、飼料添加資材<sup>1)</sup>や微生物資材等の検討がされたが十分な効果が得られていない<sup>2)</sup>。

そこで、大きな施設や運転経費をかけることなく豚舎臭気の発生量を軽減する方法を、飼料栄養面から検討するため、豚舎臭気のうち発生量が多く官能的にも臭気の指標となるアンモニアの低減を飼料の低蛋白質化により検討した。これまで飼料への必須アミノ酸の添加は、飼料の低コスト化や蛋白質資源の不足への対応<sup>3)</sup>や結晶体の必須アミノ酸の利用性による、環境に負荷される窒素の軽減を目的に検討された<sup>4) 5) 6) 7)</sup>が、臭気対策を目的とした検討はほとんど無い。そこで、給与飼料中の粗蛋白質水準（C P）を低減し、不足する必須アミノ酸を単体のアミノ酸で補い、窒素利用率の改善を図ることにより、不消化でふん中に、また代謝され尿中に排せつされる窒素量を削減する。さらに、排せつふん尿から揮散するアンモニア量を明らかにし、飼料の低蛋白質化による臭気

軽減効果を検討した。

飼養管理面から、豚舎床面への敷き料の利用が、畜舎から揮散する臭気の軽減効果を検討した。

試験は（試験1）肥育豚飼料中窒素の低減と窒素の動態に関する試験、（試験2）飼料中のC P水準がふん尿混合物から発生するアンモニア量に及ぼす影響、（試験3）肥育豚飼料の低蛋白質化に伴う発生臭気の軽減試験により行った。

### 試験期間

平成10年7月から11年3月まで

### （試験1）

肥育豚飼料中窒素の低減と窒素の動態に関する試験

### 目 的

肥育豚飼料のC P水準18%、16%、13%、10%の4水準の飼料について、C Pに含まれる窒素の消化率と利用性を消化試験法により調査した。

### 材料及び方法

#### 1) 供試家畜

当所産ランドレース種の体重、生年月日の近い

去勢肥育前期豚（30～60kg）8頭を用いた。

## 2) 飼養管理

豚消化試験ケージに収容し、定量給餌、不断給水で行った。

試験は秋期に飼養し、各飼料について予備期1週間、試験期5日間の全ふん採取法による消化試

験を行い窒素の出納を調査した。

## 3) 試験区の構成

試験区は表1に示すようにCP10%から18%の範囲で4区を構成し、各区に4頭づつを割り当てて実施した。

表1 供試飼料の配合表 (%)

配合原料 \ 区	CP18	CP16	CP13	CP10
トウモロコシ	75.60	65.40	86.53	94.38
大麦	0	8.20	0	0
油脂	2.50	0	0	0
大豆粕	10.30	6.80	11.10	3
魚粕	10	5.50	0	0
ふすま	0	12	0	0
リジン	0	0.10	0.11	0.30
DLメチオン	0	0	0.01	0.04
Lトレオン	0	0	0.02	0.06
Lトリプトファン	0	0	0.03	0.02
ミネラルビタミン	1.60	2	2.20	2.20
粗蛋白質分析値	18.24	16.65	13.35	10.01

## 結果及び考察

飼料中のCP消化率は図1に示すように、CP18%から13%までの水準では約79%と高いが、飼料中のCP水準を極端に低減したCP10%では73.7%まで消化率は低下した。これは消化酵素や腸壁上皮細胞の代謝物や余剰窒素の血中から腸管への排せつなどの内因性蛋白質がふん中に排せつされたため、摂取蛋白質に対して、この窒素の排せつ量が影響し消化率を下げたものと考えられる。

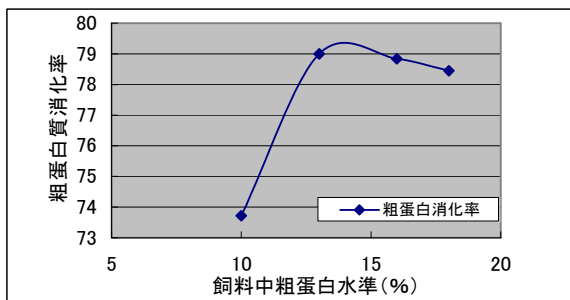


図1 豚飼料の低蛋白質化による消化率の変化

またCPの利用率は図2に示すように、低蛋白質化によって利用率は36.9%から51.7%まで向上したことを示し、CP10%とCP16%、18%の間及びCP13%とCP18%の間には統計的に有意な差があった。これは摂取CPが少なくなれば余剰なCPの尿中への排せつが少なくなり、利用率が向上したものと考えられる。

CPの摂取量や排せつ量を肥育豚の標準的な摂取量3kgに換算したところ、表2に示すようなふん尿への窒素排せつ量が推定された。

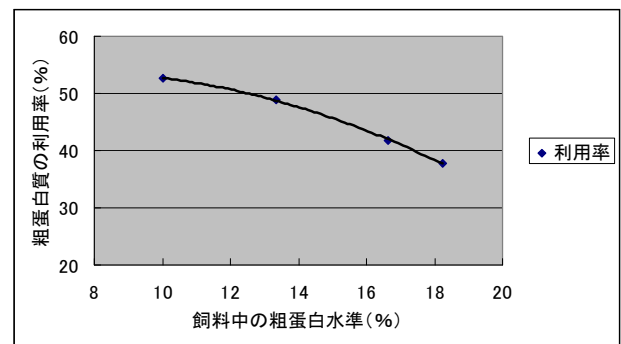


図2 豚飼料の低蛋白質化による粗蛋白質利用率

表2 豚飼料の低蛋白質化と排せつ窒素量（1日1頭3kg飼料給与した場合）

試験区	飼料中CP%	摂取N量(g)	ふん中N量	尿中N量	排せつ総N量
18	18.24	87.55	19.61(22.4)	35.63(40.7)	55.24(63.1)
16	16.65	79.92	19.74(24.7)	29.65(37.1)	47.87(59.9)
13	13.35	64.08	14.29(22.3)	19.35(30.2)	33.64(52.5)
10	10.01	48.05	13.55(28.2)	9.95(20.7)	23.69(49.3)

注) ( ) 内は摂取したN量に対する比率

低蛋白質化に伴う発育の変化や飼料の利用性については別に検討する必要があるが、アミノ酸要求量を満たしながら給与飼料中のCP水準を18%から10%にまで低減し、摂取窒素量を約1/2 (48.05/87.55)にすることにより、総窒素排せつ量で約1/3 (23.69/55.24)、尿中への窒素排せつ量は約1/4 (9.95/35.63)に低減できた。

飼料中の余剰な窒素は一旦消化吸收されてもその余剰部分は尿中に尿素態窒素として排せつされ、この分解されやすい窒素がアンモニア臭気の原因と考えられるため、低蛋白質化による尿中窒素の低減はアンモニアの揮散抑制に効果があるものと期待される。

### (試験2)

飼料中のCP水準がふん尿混合物から発生するアンモニア量に及ぼす影響

#### 目的

豚のふん尿混合物から発生する臭気ガスは低級脂肪酸や硫化物、アンモニア等であり、官能検査による臭気強度と相関の高いアンモニアを硫酸で連続捕集し、発生したアンモニア量を推定した。この揮散アンモニア量が飼料CP水準低下によりどの程度軽減されるかを簡易なアンモニア捕集試験で検討した。

#### 材料及び方法

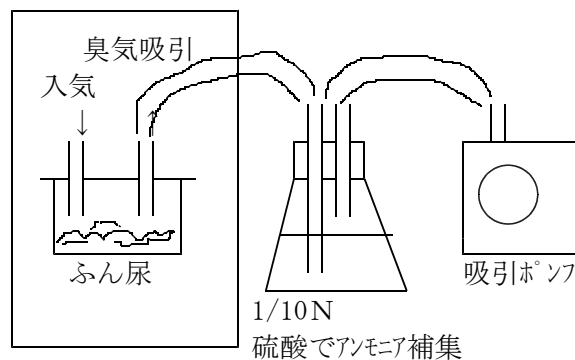
消化試験ケージに(試験1)で飼養した肥育豚にCP水準16%、13%、10%の3水準の飼料を給与し、分離ふん100gに尿10mlを混合(スノコ式豚

舎除ふん機の水分を想定)して、図1に示した捕集方法で、30°Cのインキュベーター内で5日間に発生するアンモニアガスを1/10Nの硫酸で捕集し、1/10NのNaOHで滴定して発生窒素量を推定した。

### 結果

5日間の通風乾燥条件下で発生するアンモニア量を測定したところ表1の結果を得た。CP16%では68.18mgのアンモニアが揮散し、CP10%では揮散量は34.09mgにとどまり約1/2に減少した。

5日間の合計アンモニアガス発生量はふん尿に含まれる窒素初期値の5.4%から8.4%の範囲で揮散したが、低蛋白質のCP10と13%では1~3日目まではアンモニアの発生量は少ないが5日目には多く揮散した。



30°Cインキュベーター

図1 ふん尿から揮散するアンモニア量を測定する簡易装置

表1 30°C通気条件下で豚ふん100gと尿10gの混合物から発生したアンモニア量の経時的变化 (単位:発生アンモニア量 mg、水分%)

区	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	合計	初期量	発生率
CP 16	7.48	27.66	17.51	14.96	0.51	68.12	814	8.4
〃 13	4.08	0.68	4.93	5.61	20.06	35.36	658	5.4
〃 10	2.72	8.50	3.15	5.27	14.45	34.09	560	6.1
サンプル平均水分	70.24	55.53	42.63	29.82	21.84			

### (試験3)

## 肥育豚飼料の低蛋白質化に伴う発生臭気の軽減試験

### 目的

肥育豚舎の夏期飼養条件下で発生するアンモニア等畜舎臭気の発生量軽減を飼料栄養面から検討するため、豚肥育期飼料中のC P水準をC P18%を基準とし、C P10%まで段階的に低減した場合の臭気軽減効果を検討した。また床面への敷き料使用の有無が臭気発生に及ぼす影響について検討した。

### 試験材料

家畜人工気象室内(5m×5m×高さ2.4m)2室に一部スノコ式の短冊形豚舎(間口1.3m×奥行き3m内スノコ部分1.2m)を設置し、肥育豚4頭(体重55kgから105kg)を群飼育して、不断給餌、不断給水とし、一日一回管理のため約30分間ドアを開放し除ふん清掃を行った。

床面はコンクリートモルタル仕上げとし、コンクリート製スノコ下は中央排尿溝式のV字型ピットとした。

環境温度条件は午前6時に22℃の最低温度に、午後2時を32℃の最高温度とした夏条件の日内リズムで行った。湿度は概ね60~75%の範囲でヒーターとクーラーの制御で調節した。

換気量は毎時50m<sup>3</sup>で一日豚1頭あたりの換気量は300m<sup>3</sup>とした。

### 試験方法

試験は前・後期の二期に分け、飼料C P水準18%と16%の比較を前期(平均体重55kgから90kgの間に2反復)に、C P13%とC P10%を後期(平均体重90kgから1反復)にそれぞれA室、B室を交互に飼料を変えて繰り返し、臭気発生状況を観察した。

アンモニア臭気の測定は前週の飼料の影響が無くなるよう予備期を4日以上とり、続く5日間に測定を行った。アンモニアの測定はA室は紫外線吸収型及びB室は赤外線吸収型のアンモニアガス連続測定器で5秒間隔で行い、一日の平均値を求めた。

### 結果

#### (1) 前期C P18%と16%の飼養試験

##### 1) 飼養状況とアンモニア濃度の日内変動

飼養温度条件及びアンモニアガス濃度の日内変動は図1に示すように、午前11時に両区ともアンモニア濃度の急激な低下が見られるが、これは除ふんと清掃のためにドアを開放したためで、閉鎖した後では温度上昇とふん尿の蓄積に伴い両区とも、アンモニアの急激な上昇が計測された。

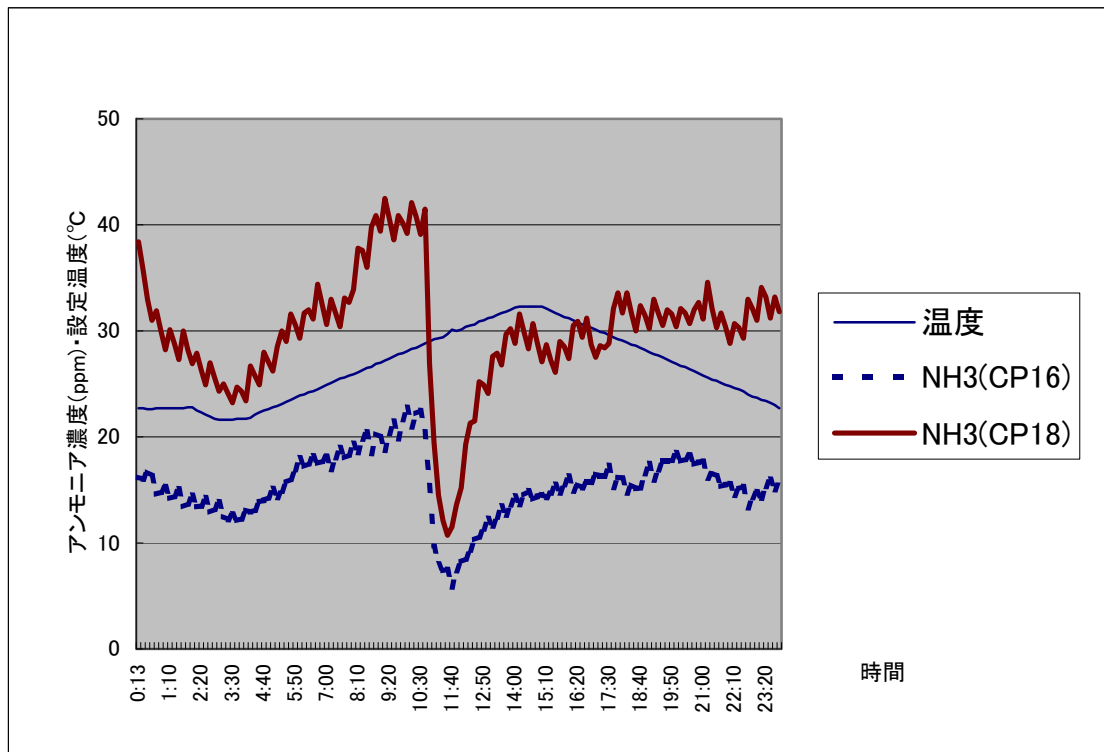


図1 飼料蛋白質水準とアンモニア濃度の日内変動

2) 給与飼料のC P水準と室内のアンモニア濃度及び排出された揮散アンモニア量

アンモニアの室内濃度は表1に示すように飼料間と室間で有意な差があり、交互作用が認められた。飼料中のC P含有量を2%削減することで畜舎内発生アンモニア濃度は24ppmから13.6ppmと約

半分になり、豚房全体をふん尿で汚したB室のC P18%の高蛋白質飼料給与時には30.14ppmと一番高い濃度のアンモニアガスが計測された。この濃度と一日の換気量からアンモニアガスとして揮散したアンモニア量は1日1頭当たりそれぞれ4.49gと2.54gと推測された。

表1 C P水準と試験室別のアンモニア濃度及び揮散アンモニアの推定量 (単位: ppm)

C P水準	A室	B室	平均	アンモニア揮散量
18	17.87	30.14	24.01*	4.49 g / 日・頭
16	14.67	12.55	13.61	2.54
平均	13.27	21.34*		

\* 飼料間、室間に統計的有意差有り (\*はP<0.05)

3) 結露水に溶出した揮散アンモニア量

ふん尿から揮散したアンモニアガスは上記のように換気により室外に排出されるものと、温度調整のために運転した冷房機の結露水に溶出しドレンとして排出するものがある。このドレン中のアンモニア水をアンモニア態窒素としてインドフェ

ノール法で分析し、1日に流出したドレン量に乗じて求めたところ表2の結果を得た。

このドレン中のアンモニア量についても、上記の濃度同様にC P水準と室間に有意差があった。

飼料中のC P水準を2%下げるとドレン中に溶出するアンモニア量は約25%減少したことになる。

表2 ドレン中に溶出したアンモニア量 (g)

C P水準	A室	B室	室内平均	アンモニア揮散量
18	6.99	11.05	9.02*	2.26 g / 日・頭
16	6.04	7.31	6.67	1.67
平均	6.51	9.18*		

\* 飼料間、室間に有意差あり (\*はP<0.05)

(2) 後期C P13%と10%の比較飼養試験

肥育豚飼料のC P水準13%と10%について同様のアンモニア揮散に及ぼす豚飼料の低蛋白質化の効果について検討したところ表3の結果を得た。アンモニア揮散量はC P13%とC P10%では1日1頭当たり2.63gと2.26gで有意な差はなかった。

(3) 試験前期後期の飼料中C P水準と揮散アンモニア量の関係

表4及び図2に示すようにC P水準の低減によって、アンモニア気散量は減少する傾向が見られた。

表3 飼料C P水準と揮散アンモニア量 (室単位: 4頭)

C P水準	(%)	13	10
分析値	(%)	13.34	10.09
平均飼料摂取量	(kg/日)	13.51	12.49
摂取窒素量	(g)	288.4	201.6
アンモニアガスとして			
気散した窒素量	(g)	4.84	3.56
ドレン中N	(g)	5.66	5.45
揮散アンモニア窒素総量	(g)	10.50	9.01
(1日1頭当たり)	(g)	2.63	2.26

表4 豚飼料の低蛋白質化とアンモニアガス発生抑制効果

CP水準 (%)	18	16	13	10
飼料摂取量 (kg)	10	10	13.5	12.49
同 窒素量 (g)	291.8	266.4	213.4	161.4
消化試験から				
ふん中排せつ窒素量 (g)	65.4	60.8	47.7	45.5
尿中排せつ窒素量 (g)	118.7	98.8	64.4	33.5
アンモニアガスとして揮散した窒素量 (1日1頭当り) (g)	22.24	13.87	8.65	7.41
	5.56	4.21	2.63	2.25

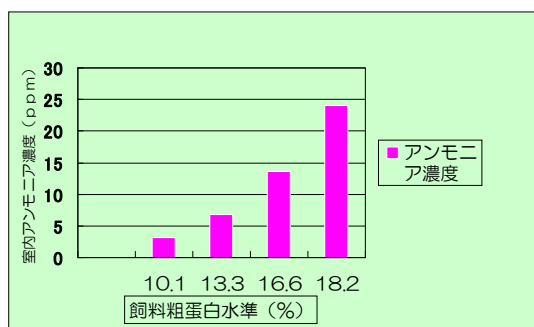


図2 飼料粗蛋白質水準の低減による豚房室内アンモニア濃度

(4) アンモニア以外の臭気の「飼料低蛋白質化」による軽減効果

CP18%から10%に飼料CP水準を低減し、給与した時の豚舎内の低級脂肪酸と硫化物について、その濃度をガスクロマトグラフ法で分析したところ表5の結果を得た。

一日平均アンモニア濃度は飼料の低蛋白質化により減少しているが、低級脂肪酸の臭気では、飼料CP水準との間に関連が見られず、硫化物については硫化水素、メチルメルカプタンで低蛋白質化による濃度減少の傾向が見られるが硫化ジメチル、二硫化ジメチルではその傾向が見られなかった。

表5 飼料低蛋白質化と発生臭気成分 (単位: ppm)

CP水準	18	16	13	10
日平均NH3濃度	14.03	11.62	7.32	3.67
プロピオン酸	0.0055	0.1106	0.0455	0.0082
n-酪酸	0.0259	0.0288	0.0250	0.0075
i-吉草酸	0.0021	0.0058	0.0039	0.0018
n-吉草酸	0.0086	0.0139	0.0065	0.0027
H2S	0.0278	0.0280	0.0151	0.0148
MM	0.0402	0.0496	0.0032	nd
DMS	0.0028	0.0034	0.0035	0.0051
DMD S	0.0062	0.0112	nd	0.0026

表6 一日平均アンモニアガス濃度 (単位ppm)

処 理	A室 (CP18)	B室 (CP16)
コンクリート床	12.5	9.14
床に飼料5kgをばらまき給与	45.8	25.52
床に敷き料としてオガコばらまき	83.13	46.35

(5) 敷き料の有無がアンモニア発生に及ぼす影響

豚房のスノコ上にふん尿の排せつを集中させるためコンクリート床面に飼料をばらまき給与した場合と、敷き料としてオガコを入れた場合についてアンモニアの発生量を比較したところ、表6の結果を得た。飼料のばらまき給餌もオガコを敷き料として床面に散布した場合でも、豚房コンクリート床面をふん尿で汚し、かえってアンモニア揮散量が増加した。これは尿中の分解されやすい窒素源（尿素）が飼料やオガコに吸着され、ふんに含まれる微生物のウレアーゼ作用で急速にアンモニアに分解され揮散したものと考えらる。畜舎内でのアンモニア揮散抑制には、尿の速やかな豚舎からの流出を図る必要がある。

### 総合考察

(1) 肥育豚飼料のCP水準を低減し、不足する必須アミノ酸を補充する形で低蛋白質化を進めるとCPの利用率が上がり、尿中に排せつされる窒素量を削減することができる。この尿中の窒素のほとんどは尿素態の窒素で微生物の酵素作用で容易にアンモニアとして揮散しやすいことから、飼料のアミノ酸バランスを考慮して、給与される余剰蛋白質を低減することによりアンモニア揮散量を低減する効果が認められた。

(2) 飼料の低蛋白質化によるアンモニアの揮散量は摂取窒素量に比例して減少するが、生産性や飼料の消化率から自ずと低蛋白質化には限度があり、また単体アミノ酸の価格等総合的な検討が必要であろう。

(3) 揮散アンモニア量が冷房機結露水中のアンモニア水として排出されたことから、アンモニアは水粒子に多量に溶解することを利用して、畜舎へのミストや散水等は、アンモニアガスの補集に効果があるものと推察される。

(4) 豚舎床面への敷き料利用は尿が畜舎内にとどまりアンモニア揮散量が多くなることから、豚舎でのアンモニア揮散抑制するには、尿の豚房からの速やかな排出が図られる床面、ふん尿溝の構造にする必要があると考えられる。

### 文 献

- 1) 矢後啓司・佐野順一・喜多浩一郎・仲澤慶紀・倉田直亮. 漢方残渣の豚への給与試験. 神奈川県畜産試験場研究報告, 86: 9-16. 1996.
- 2) 矢後啓司・佐野順一・喜多浩一郎・仲澤慶紀・倉田直亮. 木酢液および高温発酵資材の豚への

給与試験. 神奈川県畜産試験場研究報告, 86: 17-20. 1996.

3) 梅本栄一・小山昇・池田勝俊. 単体アミノ酸利用による子豚用飼料の低蛋白質化. 神奈川県畜産試験場研究報告, 83: 38-47. 1983.

4) 古谷 修・長野錬太郎・梶 雄次. 実際の飼養条件下における子豚の蛋白質及びアミノ酸要求量の測定. 日畜会報, 56: 623-633. 1985.

5) 梶 雄次・古谷 修. 子豚における可消化リジン要求量. 日畜会報, 58: 658-663. 1987.

6) 梶 雄次. 肥育豚での窒素排せつ量低減技術におけるアミノ酸要求量の重要性. 畜産技術: 6-10. 2001.

7) Myer R. O. Crystalline Lysine and Threonine Supplementation of Low-protein Diets for Growing Swine. J. Anim. Sci. 1996