

7 家畜ふん尿処理技術実用化実証試験

(1) 豚からの環境負荷物質排泄量を低減するための栄養管理技術の開発

ア 豚からの銅、亜鉛等重金属排泄量低減技術の開発

Reduction of heavy metal (zinc, copper etc) excretion by pig

阿部正八郎 津田 剛

要 旨

子豚期飼料中の銅、亜鉛含有量の異なるいくつかの飼料を給与した子豚の血清中銅含有量および血清中亜鉛濃度の指標となるアルカリフォスファターゼ活性 (ALP) は、飼料への銅、亜鉛添加量の増加と共に上昇し、子豚の発育と飼料効率も向上する傾向にあり、慣用飼料より少ない銅、亜鉛添加量 90mg/kg の水準で最大となった。一般環境下の飼育方法においては、現状の自主規制上限値より 30% 程度添加量を削減可能である。

フィタ - ゼの亜鉛代替効果について、血清中の亜鉛濃度は、亜鉛欠乏飼料へのフィタ - ゼ添加量の増加と共に直線的に増加した ($P < 0.01$)。しかし 1 日増体重および飼料要求率は、フィタ - ゼの添加量に対し 2 次の関係を示し (2 次回帰 $P < 0.01$) 700 単位で最大となった。1 日増体重を指標とした場合の亜鉛欠乏飼料に対するフィタ - ゼと亜鉛添加効果との比較からフィタ - ゼ 500 単位は無機亜鉛 13.7mg/kg、血清中亜鉛濃度およびアルカリフォスファターゼ活性からは 4.1mg/kg にあたるという推定式が得られた。

さらにアミノ酸とフィタ - ゼを添加した低タンパク質飼料中の銅、亜鉛濃度を養分要求量と酵素代替効果を考慮して調整した結果、環境負荷物質排泄量低減のための試験飼料により豚からの窒素、リン、銅および亜鉛排泄量が有意に低下した。

(キ - ワ - ド : 子豚期飼料、フィタ - ゼ、銅、亜鉛)

背景および目的

農業環境三法が成立し家畜排泄物の利用促進が図られるとともに、肥料取締法の一部が改正され、豚ふん推肥等特別肥料に含まれる銅、亜鉛含量等重金属の表示が義務づけられ耕種農家との連帯を一層密接にして良質推肥の生産をしなければならない状況となってきた。

また、農家の持続的な発展を基本理念とした「食料、農業、農村基本法」が施行され、今後の家畜排泄物等の有効利用による地力推進を積極的に推進されることとなるが、本県では、環境にやさしい (Soft) 農業、安心感 (Safety) の

もたれる農業、土づくり (Soil) を基本とした農業の 3S 農業を推進しており、その一貫として家畜ふん尿のリサイクルや円滑な流通、堆肥としての品質の向上を図り、農耕地への施用を促進しなければならない状態にある。こういう情勢であって、豚ふんの良質堆肥の生産面から、豚の生産性の低下を招くことなく、重金属等の環境負荷物質排泄量の低減化を図るための技術開発に取り組まなければならない状況となっている。

そこで本試験では農林水産省畜産試験場で研究された「豚におけるリン排泄量の低減技術の開

発、「微量ミネラルの適正給与による環境負荷低減化技術の開発」の成果を応用し、子豚期における生産性と飼料中の銅、亜鉛等重金属含量の関係を明らかにし、豚からの重金属等の環境負荷物質排泄量を同時に低減する技術を確立し、亜鉛等重金属排泄量同時低減技術の開発特に豚の発育や生理等を阻害しない適正な飼料中の銅、亜鉛濃度の解明 飼料へのフィターゼ添加による豚からの銅、亜鉛等重金属排泄量同時低減技術の開発 窒素、リン、銅及び亜鉛排泄量同時低減技術の開発を行う。

試験方法

試験 1 子豚期の発育や生理等を阻害しない適正な飼料中の銅、亜鉛濃度の解明

1) 供試飼料はトウモロコシ等飼料原料で配合、基礎飼料は T D N 80% 前後、C P 18.5% 前後、C a 0.75% 前後、N p P 0.4 % (非フィチンリン) 前後とし、他の栄養素 (ビタミン、銅亜鉛以外のミネラル、アミノ酸) は要求量を満たすものとした。5 種類の試験飼料は基礎飼料に硫酸銅、炭酸亜鉛を添加し調整した。その際硫酸銅、炭酸亜鉛の添加分だけ、主原料のトウモロコシの配合割合を減らし全体を 1 0 0 とした。

2) 供試豚および飼養条件は、4 週齢離乳のランドレース去勢豚を 5 区に割り振り試験を実施、1 区は無機銅添加量 0 mg/kg、無機亜鉛添加量 50mg/kg、2 区：30mg/kg、50mg/kg、3 区：60mg/kg、60mg/kg、4 区：90mg/kg、90mg/kg、5 区：125mg/kg、120mg/kg、とした。飼育方法は試験開始 1 週間は群飼、その後単飼で 1 週間飼育、この時の飼料は 1 区の飼料を不断給与した。3 週目からそれぞれの専用飼料を不断給与し 4 週間の本試験を開始した。また消化試験指示薬として酸化クロムを飼料 1 k g 当たり 0.1% 添加した。

試験 2 飼料へのフィターゼ添加による子豚からの銅、亜鉛等重金属排泄量同時低減技術の開発

1) 供試飼料はトウモロコシと大豆粕を主体とした基礎飼料 (亜鉛欠乏飼料) で配合、飼料は T

D N 80% 前後、C P 18.5% 前後、C a 0.75% 前後、N p P 0.4 % 前後とし、他の栄養素 (ビタミン、亜鉛以外の銅、ミネラル、アミノ酸) は要求量を満たすものとした。基礎飼料にフィターゼを外付けで一定割合添加し 4 種の飼料を調整した。飼料 B・C は基礎飼料に炭酸亜鉛を添加しその分だけ、主原料のトウモロコシの配合割合を減らし全体を 100 とした。

2) 供試豚および飼養条件は、4 週齢離乳のランドレース去勢豚 2 8 頭を 7 区に割り振り試験を実施、1 区は基礎飼料のみ、2 区：基礎飼料にフィターゼ 350 単位添加、3 区：フィターゼ 700 単位添加、4 区：フィターゼ 1050 単位添加、5 区：フィターゼ 1400 単位添加、6 区：炭酸亜鉛 20mg/kg 添加、7 区：40mg/kg 添加した。飼育方法は試験開始 1 週間は群飼、その後単飼で 1 週間飼育、この時の飼料は基礎飼料を不断給与した。3 週目からそれぞれの専用飼料を不断給与し 4 週間の本試験を開始した。また消化試験指示薬として酸化クロムを飼料 1 k g 当たり 0.1% 添加した。

試験 3 子豚期における窒素、リン、銅及び亜鉛排泄量同時低減技術の開発

1) 供試飼料はトウモロコシと大豆粕を主体とした飼料で配合、試験飼料、対照飼料とも T D N 80% 前後、C P 18.5% 前後、C a 0.75% 前後、N p P 0.4 % 前後とし、他の栄養素 (ビタミン、銅亜鉛以外のミネラル、アミノ酸) は要求量を満たすものとした。飼料中への無機銅の添加量は、試験飼料 5mg/kg、対照飼料 125mg/kg とし、無機亜鉛の添加量は 48mg/kg 程度、120mg/kg とした。また試験飼料にフィターゼ 500 単位を内付けで添加した。

2) 供試豚および飼養条件は、4 週齢離乳のランドレース去勢豚 1 0 頭を 2 区に割り振り試験を実施、飼育方法は試験開始 1 週間は群飼、その後単飼で 1 週間飼育、この時の飼料は試験前飼料を不断給与した。3 週目からそれぞれの飼料を不断給与し 3 週間の発育試験を実施、発育試験終了後各飼料を一日一頭当たり 1200 g を 3 回に分け 4

日間制限給与（予備期）を行い4日間消化試験を実施、一期目の試験が終了後、供試飼料を切り替えて（クロスオーバー）二期目の試験を1期目と同様な方法で実施した。また消化試験指示薬として酸化クロムを飼料1kg当たり0.1%添加した。

結果および考察

試験1 子豚期の発育や生理等を阻害しない適正な飼料中の銅、亜鉛濃度水準の解明

銅、亜鉛含有量の異なるいくつかの飼料を給与した子豚の血清中銅含有量および血清中亜鉛濃度の指標となるアルカリフォスファターゼ活性（ALP）は、飼料への銅、亜鉛添加量の増加と共に上昇し、子豚の発育と飼料効率も向上する傾向にあり、慣用飼料より少ない銅、亜鉛添加量90mg/kgの水準で最大となった。（表1）一般環境下の飼育方法においては、現状の自主規制値（上限添加量；Cu 125mg/kg，Zn 120mg/kg）より約30%程度添加量を削減可能である。

試験2 飼料へのフィターゼ添加による子豚からの銅、亜鉛等重金属排泄量同時低減技術の開発

血清中の亜鉛濃度は、亜鉛欠乏飼料へのフィターゼ添加量の増加と共に直線的に増加した（ $P < 0.01$ ）。しかし1日増体重および飼料要求率は、フィターゼの添加量に対し2次の関係を示し（2次回帰 $P < 0.01$ ）700単位で最大となった。（表2）

1日増体重を指標とした場合の亜鉛欠乏飼料に対するフィターゼと亜鉛添加効果との比較からフィターゼ500単位は無機亜鉛13.7mg/kg、血清中亜鉛濃度およびアルカリフォスファターゼ活性からは4.1mg/kgにあたるという推定式が得られた。（表3）

試験3 子豚期における窒素、リン、銅及び亜鉛排泄量同時低減技術の開発

アミノ酸とフィターゼを添加した低タンパク質飼料中の銅、亜鉛濃度を養分要求量と酵素代替効果を考慮して調整した環境負荷物質排泄量低減のための試験飼料により豚からのリン、銅排泄量は有意に低下し、窒素、亜鉛も低下する傾向にあった。（表4、5）

参考文献

- 1) 農林水産技術会議事務局，日本飼養標準・豚．中央畜産会．東京．1998
- 2) 齋藤守，豚におけるフィターゼの利用によるリン排泄量の低減とフィターゼの効果的利用法，栄養生理研報，42，141-154，1998
- 3) 小泉徹・山田渥・梶野清二，養豚飼料へのフィターゼ添加がリン排泄量および離乳子豚の発育に及ぼす影響，北海道立滝川試験場研究報告30号，17-22，1998

表1 飼料中銅、亜鉛含有量が離乳子豚期におよぼす影響

	添加Cu (ppm)	添加Zn (ppm)	飼料摂取量 (g/日)	1日増体量 (g/日)	飼料要求量 (g/日)	血清Cu* (μ g/dl)
飼料A	0	50	1039	573	1.84	113
飼料A	30	50	1096	573	1.92	121
飼料A	60	60	1068	580	1.86	123
飼料A	90	90	1119	629	1.78	135
飼料A	125	120	1103	626	1.77	142

基礎飼料（飼料A）中に日本飼料標準に基づき、Cu 4 ppm、Zn 30 ppm を含有

* 飼料中Cu添加量に対する血清中Cu濃度の1次回帰が有意（ $P < 0.01$ ）

表 2 亜鉛欠乏飼料へのフィタ - ゼ及び亜鉛の添加効果

	phytase (u/kg)	添加zn (ppm)	飼料摂取量 (g/日)	1日増体量 (g/日)	飼料要求率	血清zn (ppm)	血清ALP (IU/l)
飼料C	0	0	663	157	4.71	27.6	106
飼料C	350	0	1025	488	2.32	32.1	134
飼料C	700	0	1119 L,Q	638 L,Q	1.87 L,q	42.7 L	231 L
飼料C	1050	0	1021	546	1.88	48.2	279
飼料C	1400	0	1117	576	1.92	60.5	393
飼料C	0	0	663	157	4.71	27.6	106
飼料C	0	20	1106 L,Q	582 L,Q	1.93 l	56.7 l	371 L
飼料C	0	40	1108	626	1.77	70.0	429

基礎飼料に (飼料 C) 中に Cu 10 ppm、Zn 30 ppm を含有

L : 1 次回帰 (P < 0.01) l : 1 次回帰 (P < 0.05)

Q : 2 次回帰 (P < 0.01) q : 2 次回帰 (P < 0.05)

表 3 フィタ - ゼ添加量の無機亜鉛相当量推定式

指標とした項目	推定式	寄与率	500 IU 相当量
発育成績	$Zn = 0.0535 + 3.37 \times 10^{-2} \times F - 1.29 \times 10^{-5} \times F^2$	$R^2 = 0.999$	13.7mg
血清成分	$Zn = -0.626 + 6.21 \times 10^{-3} \times F + 6.57 \times 10^{-6} \times F^2$	$R^2 = 0.997$	4.1mg

Y は無機亜鉛相当量 X はフィタ - ゼの添加量

500IU 相当量は、フィタ - ゼ 500 単位を添加した場合の無機亜鉛相当量

表 4 . 各成分消化率

試験区分	対照区	試験区 (%)
窒素	81.75	82.47
リン	26.77 A	32.46 B
銅	-14.01	-28.76
亜鉛	82.5 A	70.6 B

A , B 異符号間に有意差有り (P < 0.01)

表 5 . ふんからの環境負荷物質の排泄量

試験区分	対照区	試験区 (低減率 (%))
窒素 (mg/kg)	7.12	5.9 (17.1)
リン (mg/kg)	6.08 A	4.36 B (28.2)
銅 (mg/kg)	0.191	0.016 (91.4)
亜鉛 (mg/kg)	0.027 A	0.025 B (9.2)

A , B 異符号間に有意差有り (P < 0.01)