

Phytase 첨가가 임신돈과 포유돈의 분뇨 배설량 및 질소와 인 배설량에 미치는 영향

황보 증 · 홍의철

농촌진흥청 국립축산과학원 가금과

The Effect of Dietary Phytase on Nitrogen and Phosphorus Excretion of Gestating and Lactating Sows

Jong Hwangbo and Eui-Chul Hong

Poultry Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan 330-801, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of dietary phytase on nitrogen and phosphorus excretion of gestating and lactating sows (Yorkshire × Landrace × Duroc). Twelve gestating sows and twelve lactating sows were used in this study and were divided into 2 groups (1 control group and 1 treatment group, 6 replications/group) the control group was without phytase and the treatment group was fed with phytase (750 FTU/kg) in the diet, respectively. Body weights of gestating and lactating sows were 208.9 ± 13.8 kg and 190.5 ± 22.9 kg, respectively. In gestating sows, feed intake was greater in phytase fed group than the control ($P < 0.05$), but water intake and total excretion were not different between the groups. In lactating sows, feed and water intakes and total excretion were not different between the groups. The N intake of lactating sows was higher in phytase fed group than control ($P < 0.05$) but N excretion ratio was not different. In lactating sows, N intake and excretion and N excretion ratio were not significantly different between the groups. P excretion and excretion ratio in gestating sows decreased by phytase treatment ($P < 0.05$) as compared to control. In lactating sows, N intake and excretion was not significantly different by added phytase ($P > 0.05$). Finally, dietary addition of phytase decreased P excretion in feces of gestating and lactating sows.

(Key words : Gestating sows, Lactating sows, Feed and water intake, Fecal excretion, N and P excretion, Excretion ratio)

서 론

현대 축산업에서 가축의 분뇨는 환경오염과 관련되어 주요하게 인식되고 있으며, 가축분뇨 배설량의 정확한 조사는 분뇨의 효율적 처리를 위한 기초 자료를 제공함으로써 국가나 농장 단위에서 정확한 분뇨배출원 단위산출을 위해 매우 중요하다. MF (1999)는 환경부고시 제1999-109호에 한우 (14.6 L/h/d), 젓소 (45.6 L/h/d), 돼지 (8.6 L/h/d)의 분뇨배출원 단위를 발표하였으나, 이후 축산농가의 품종개량, 사료이용기술 증진 등 가축관리기술의 향상과 아울러 세정수 사용량을 최소화하여 가축을 사육하는 기술이 발달함에 따라 축산농가의 현실에 맞는 가축별 가축분뇨 배출원 단위의 재조사가 요구되었다. 따라서 10년이 지난 2008년에 한우 (13.7 L/h/d), 젓소 (37.7 L/h/d), 돼지 (5.1 L/h/d) 외에 산란계 (124.7 L/1000b/d)와 육계 (85.5 L/1000b/d)를 포함한 5가축의 분뇨배출원 단위를 재산정 하였다(MF, 2008).

가축분뇨는 악취발생, 수질오염 등 환경오염 원인이 되어 민원의

대상으로서 축산경영을 위한 양축농가들이 가장 어려워하던 문제 중의 하나이다(Boucq 등, 1987; Van Weerden 등, 1987; Tyrrell 등, 1988; Chilliard, 1989; Hanrahan, 1989). 가축의 분뇨는 주로 퇴비나 액비 및 대체 에너지와 사료로 이용되고 있으나(Inbar 등, 1993; Huh and Jeong, 2001), 가축의 분뇨량, 특히 양돈업에서 배출되는 분뇨의 양은 이미 농지가 감당할 수 있는 한계를 넘어섰으며, 지역에 따라 매우 심각한 수준에 이르고 있다. 또한 해양 오염방지에 대한 국제협약 '런던협약 72'가 2006년 발효되어 2012년부터 가축 분뇨의 해양투기가 전면 금지되면서 가축분뇨 처리방안 확보의 필요성이 시급하다.

가축 분뇨에서 발생하는 오염은 대부분이 지하수와 지표수의 질소와 인 오염이다. 가축의 분뇨 중 과도한 인의 함량은 강과 호수의 부영양화의 원인이 되어 수질을 오염시키며(Correll, 1999), 질소의 일부는 NH_3 로 발생되어 대기를 오염시킨다(Kristensen and Watches, 2000).

Phytase는 항영양적 요소로서 주로 식물에 함유되어 있으며, 단

* Corresponding author : J. Hwangbo. National Institute of Animal Science, san9 Eoryong-ri, Seonghwan-eup, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, 330-800, Korea. Tel: 041-580-6709, E-mail: kohb@korea.kr

위동물에서 단백질이나 인과 결합하여 소화를 방해한다(Swick and Ivey, 1992). 돼지의 배합사료는 주로 식물성 원료로 되어있어 사료내 phytate의 함량이 높으며, phytate와 결합되어 소화되지 않는 사료원료는 대부분이 분뇨로 배설된다(Selle and Ravindran, 2008). Phytase는 단백질과 phytate의 결합을 끊어주어 단백질의 소화를 돕고(Ketaren 등, 1993; Fandrewski 등, 1999; Gagne 등, 2002; Shelton 등, 2003), 체내에 흡수되는 단백질 양의 증가로 배설되는 양이 감소하여, 분뇨의 질소 배설량을 감소시키는 역할을 하게 된다. 또한 사료내 phytase 첨가는 식물 내에 있는 피틴태인에서 피트산염과 인을 분리시켜 무기태인의 형태인 비피틴태인으로서 체내 이용이 가능하게 된다(Dungelhoeft 등, 1994; Bruce and Sundstol, 1995; Coweison 등, 2006; Selle and Ravindran, 2008).

육성돈 사료에 phytase를 첨가하였을 때, 분 중 인의 절감 효과나 소화율 개선 효과에 대해서는 많은 보고들이 있다(Jongbloed, 1987; Eeckhout, 1995; Fernandez, 1995). 그러나 임신돈과 포유돈의 phytase 첨가 효과에 대해서는 아직까지 연구가 미미한 실정이다. 따라서 본 연구는 임신돈과 포유돈 사료에 phytase를 첨가하였을 때, 섭취량과 배설량 및 질소와 인의 배설량을 조사하여 환경오염을 감소시키는데 도움이 되고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

본 시험에서는 3원 교잡종 (Yorkshire × Landrace × Duroc) 임신돈(임신일령 49~100일) 12두와 이유시키기 2주 전의 포유돈 12두를 공시하였다. 처리구는 phytase의 첨가 유무 (0, 750 FTU/kg)에 따라 임신돈 2 처리구, 번식돈 2 처리구로 나누고, 처리구당 6반복, 반복당 1두씩 나누어 각각 12두씩 총 7일 동안 수행하였다. 시험개시시 임신돈과 포유돈의 체중은 각각 208.9 ± 13.8 kg과 190.5 ± 22.9 kg 이었다.

2. 시험사료 및 시험방법

시험사료는 KFSS (2007)에 따라 임신돈 (DE 3,300 kcal/kg, CP 13.0%)과 포유돈 (DE 3,300 kcal/kg, CP 14.0%) 사료를 자체 배합하여 이용하였다 (Table 1). 시험사료와 물은 자유채식토록 하였다.

3. 조사항목

(1) 분뇨 배설량

시료채취는 Hwangbo 등 (2010)의 방법에 따라 수행하였다. 1일 섭취량은 1일 2회 잔량 및 허실량을 측정하여 계산하였다. 1일 음수량은 준비된 음수측정용 자동급수기 (40 L)를 이용하여 1일 1회

음수량을 측정하였으며, 공시돈이 흘린 물은 따로 받아 측정 후 총 음수량에서 제하여 계산하였다. 분과 뇨 배설량은 대사케이지 및 분만 틀에서 7일간 적응기간을 거친 후 7~8일간 정밀조사를 실시하였다. 분 배설량은 자체 개발한 분뇨받이를 이용하여 전분 채취법으로 1일 4회 분의 무게를 측정하였으며, 뇨 배설량의 경우, 요도 내 2 way balloon catheter를 삽입하여 측정하였다. 분석용 분과 뇨는 공시돈으로부터 직접 채취하였다.

(2) 시료 내 질소와 인 함량

시료 (사료, 분, 뇨)에 함유되어 있는 질소와 인은 AOAC (2000) 방법으로 분석하였다.

(3) 질소와 인의 배설율

임신돈과 포유돈의 질소와 인 배설율은 건물 기준으로 질소와 인 배설량에서 질소와 인 섭취량으로 나누어 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{질소와 인 배설율(\%)} = \frac{\text{질소와 인 배설량 (g)}}{\text{질소와 인 섭취량 (g)}} \times 100$$

4. 통계처리

본 시험에서 얻어진 모든 결과는 SAS (1999)의 GLM (General Linear Model) Program (one-way ANOVA procedure)을 이용하

Table 1. Formula and chemical composition of basal diet

Ingredients (%)	Gestating sows	Lactating sows
Corn	82.45	80.45
Soybean meal	14.50	16.80
Tricalcium phosphate	1.37	0.90
Limestone	0.80	0.97
L-Lysine	0.13	0.13
Salt	0.25	0.25
Vitamin-mineral premix ¹⁾	0.50	0.50
Chemical composition (%) ²⁾		
DE (kcal/kg)	3,300	3,300
Crude Protein (%)	13.0	14.0
Lysine (%)	0.60	0.70
Phosphorus (%)	0.60	0.50

¹⁾ Provides per kilogram of diet: vitamin A, 11,025 IU; vitamin D₃, 1,103 IU; vitamin E, 44 IU; vitamin K (menadionic bisulfate complex), 4.4 mg; riboflavin, 8.3 mg; niacin, 50 mg; d-pantothenic acid (as d-calcium pantothenate), 29 mg; choline, 166 mg; vitamin B12, 33 µg; Cu, 16 mg; Fe, 16 mg; Zn, 165 mg; Mn, 12 mg; I, 0.3 mg; Co, 1.0 mg; Se, 0.3 mg.

²⁾ Analyzed values.

여 분석하였으며, 각 처리구간의 평균값을 T-test를 이용하여 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 섭취량, 음수량 및 분뇨배설량

임신돈과 포유돈의 phytase 첨가 유무에 따른 섭취량과 배설량은 Table 2와 3에 나타내었다. 임신돈의 경우, 사료의 섭취량은 phytase 첨가구에서 유의적으로 높았으며 (P<0.05), 음수량은 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다. 분 배설량은 phytase 첨가구에서 감소하였으나 (P<0.05), 뇨 배설량과 총 배설량은 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다. 임신돈에서 발생한 분의 수분 함량은 처리구에서 각각 56.6%와 61.8%, 뇨의 수분 함량은 96.4%와 96.8%로 처리구간에 차이가 없었다.

포유돈의 경우, 사료 섭취량과 음수량은 처리구에서 차이를 보이지 않았다. 포유돈의 분 배설량은 phytase 첨가구에서 유의적으로 감소하였으며 (P<0.05), 뇨 배설량과 총 배설량은 임신돈과 마찬가지로 처리구 사이에서 차이가 없었다. 포유돈에서 발생한 분의 수분 함량은 처리구에서 각각 69.6%와 68.6%, 뇨의 수분 함량은 94.4%와 91.2%로 처리구간에 차이가 없었다.

본 시험에서 phytase 무첨가시 임신돈과 포유돈의 섭취량은 Hwangbo 등 (2010)이 보고한 임신돈과 포유돈의 섭취량과 유사하였다. Lyberg 등 (2007)은 임신돈 사료에 phytase를 첨가하였을 때, 섭취량이 증가하였다고 보고하였는데, 본 시험에서도 이와 같은 결과를 나타내었다. 본 시험에서 phytase의 첨가 유무에 따른 음수량의 변화는 나타나지 않았으며, 이에 관한 연구결과를 보고한 자료는 거의 없는 것으로 확인되었다. 단지, 본 시험의 결과에 따라 phytase의 첨가는 음수량에 크게 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

본 연구에서 포유돈의 섭취량과 음수량은 임신돈에 비해 2배가량 높게 나타났다. 이런 결과는 포유돈이 자돈에게 모유를 공급하기 위해 많은 사료와 물을 섭취하기 때문이라고 사료된다. 또한 섭취량과 음수량의 비율이 임신돈에 비해 높기 때문에 배설량의 수분 함량도 높게 나타나는 것이라 사료된다. 그러나, 임신돈에 비해 많은 양의 물을 섭취하면서도 뇨의 배설량이 적은 것은 섭취된 물이 모유 생산에 이용되었기 때문이라고 사료된다.

Phytase 첨가구에서 분 배설량은 임신돈과 포유돈에서 모두 감소하였다. 환경문제와 관련하여 phytase 첨가로 분 배설량을 감소시킨 연구가 다양하게 보고되어 왔다 (Crumwell and Coffey, 1995; Jongbloed 등, 1992; Kornegay and Harper, 1997; Michel and Frosoth, 1999). 임신돈과 비유돈 사료에 phytase 첨가시 체내 대사가 활발해지거나 (Liesegang 등, 2005), 소화율이 개선된다는 (Jongbloed 등, 2004) 보고도 있다. 이런 보고들은 phytase 첨가시에 분 배설량이 감소된다는 것을 설명하는 자료로 이용된다. 하지만 이런 보고들의 대다수가 분 중 인 배설량에 대해

Table 2. Effect of phytase supplementation on intakes and excretion of gestating sows

Items	Phytase (FTU/kg)		SEM ¹⁾
	0	750	
Intake (g/head/day)			
Feed	2,050 ^b	2,210 ^a	63.4
Water	5,003	5,257	1,337
Excretion (g/head/day)			
Feces	772 ^a	575 ^b	51.5
Urine	4,286	3,295	751.1
Total	5,058	3,870	776.6
Moisture (%)			
Feces	56.6	61.8	3.85
Urine	96.4	96.8	0.53

¹⁾ Standard error of the mean for 6 pigs per treatment.
^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

Table 3. Effect of phytase supplementation on intakes and excretion of lactating sows

Items	Phytase (FTU/kg)		SEM ¹⁾
	0	750	
Intake (g/head/day)			
Feed	4,489	5,467	1,373
Water	10,917	11,576	1,478
Excretion (g/head/day)			
Feces	1,988 ^a	1,623 ^b	142.8
Urine	3,176	3,216	397.8
Total	5,164	4,839	318.6
Moisture (%)			
Feces	69.6	68.6	2.32
Urine	94.4	91.2	1.09

¹⁾ Standard error of the mean for 6 pigs per treatment.
^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

조사한 것이기 때문에 분 배설량 감소에 100% 적용시키는 것은 힘들다. 따라서 섭취량과 음수량, 분 중 질소와 인 함량, 대사성 질소 함량 등을 고려하여 정확한 분과 뇨 배설량을 측정하는 게 필요하다고 사료된다.

2. 질소와 인 섭취량, 배설량 및 배설율

임신돈과 포유돈의 질소와 인 섭취량, 배설량 및 배설율은 Table 4와 5에 나타내었다. 임신돈의 경우, 질소의 섭취량은 phytase 첨가구에서 높게 나타났으나(P<0.05), 분뇨의 질소 배설량과 총 배설량은 처리구간 유의차가 없었다. 질소 배설율은 phytase 첨가구에서 낮게 나타났으나, phytase 첨가 유무에 따른 유의차는 보이지 않았다(P>0.05). 포유돈의 경우, 질소의 섭취량과 분뇨 중에 함유된 질소의 배설량은 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었으며, 분뇨 중 질소 배설율도 phytase 첨가 유무에 따른 유의적인 차이가 없었다.

임신돈의 경우, 인의 섭취량은 질소의 경우와 마찬가지로 phytase 첨가구에서 높게 나타났으나(P<0.05). 분중 인 배설량과 인의 총 배설량은 phytase 첨가구에서 크게 감소하였으나(P<0.05), 뇨의 인 배설량은 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다. 임신돈의 인 배설율은 phytase 첨가구에서 감소하였다(P<0.05). 포유돈의 경우, 인의 섭취량은 phytase 첨가구에서 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 없었으며(P>0.05), 분뇨의 인 배설량과 총 배설량도 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다(P>0.05). 포유돈의 인 배설율은

Table 4. Effect of phytase on the intakes and the excretion of nitrogen (N) of gestating and lactating sows

Items	Phytase (FTU/kg)		SEM ¹⁾
	0	750	
..... DM Basis			
Gestating sow			
Intake (g/head/day)	36.40 ^b	39.13 ^a	1.109
Excretion (g/head/day)			
Feces	7.34	5.63	0.759
Urine	6.35	7.49	0.951
Total	13.69	13.12	0.823
Excretion Ratio (%)	37.61	33.52	2.143
Lactating sow			
Intake (g/head/day)	79.67	97.00	24.42
Excretion (g/head/day)			
Feces	12.52	14.19	0.852
Urine	24.68	23.45	4.449
Total	37.20	37.64	5.156
Excretion Ratio (%)	46.44	41.42	9.492

¹⁾ Standard error of the mean for 6 pigs per treatment.
^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

Table 5. Effect of phytase on the intakes and the excretion of phosphorus (P) of gestating and lactating sows

Items	Phytase (FTU/kg)		SEM ¹⁾
	0	750	
..... DM Basis			
Gestating sow			
Intake (g/head/day)	14.37 ^b	15.43 ^a	0.428
Excretion (g/head/day)			
Feces	11.92 ^a	7.60 ^b	0.738
Urine	0.26	0.16	0.051
Total	12.18 ^a	7.76 ^b	0.723
Excretion Ratio (%)	78.99 ^a	54.04 ^b	6.659
Lactating sow			
Intake (g/head/day)	17.67	21.33	1.826
Excretion (g/head/day)			
Feces	14.54	13.44	1.383
Urine	0.30	0.47	0.278
Total	14.84	13.90	1.163
Excretion Ratio (%)	85.23 ^a	65.63 ^b	2.874

¹⁾ Standard error of the mean for 6 pigs per treatment.
^{a,b} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

phytase 첨가구에서 무첨가구에 비해 20% 정도가 감소하였다(P<0.05).

Phytase 첨가는 닭의 분뇨내 질소와 인의 함량을 각각 5%와 25~35%까지 감소시켰다(FEFANA, 1992; Lobo, 1999). 또한 phytase 첨가는 돼지의 분뇨에서 인의 함량을 25~60%까지 감소시켰다(FEFANA, 1992; Jongbloed 등, 1992; Cromwell and Coffey, 1996; Kornegay and Harper, 1997; Michel and Frosoth, 1999).

임신돈과 포유돈 사료에 phytase를 첨가(750 FTU/kg)함으로써 인의 소화율을 높인다는 보고가 있다(Lantzsch and Drochner, 1995; Kemme 등, 1997a,b; Grela 등, 2000). 인의 소화율과 배설율은 역의 상관관계가 있어, 소화율이 증가되면 배설율은 감소한다(Jongbloed 등, 2004; Lyberg 등, 2007; Pomar 등, 2007). Jongbloed 등(2004)은 포유돈 사료에 phytase 750 FTU/kg 첨가 시 인의 소화율은 15.9%까지 증가한다고 보고하였다. 본 시험에서도 이와 유사하게 phytase 750 FTU/kg을 포유돈에 첨가하였을 때, 20%까지 인의 배설율이 감소하였다. 본 시험에서는 이런 결과들을 토대로 phytase를 750 FTU/kg 첨가하였으며, 본 시험의 배설율이 소화율에 비해 높게 나타난 것은 뇨 중 인의 배설량이 포함되었기 때문이라 사료된다. Jongbloed 등(2004)은 임신 70일과

100일령에 인 섭취량과 배설량 사이에서 차이가 있다고 하였는데, 본 시험에서는 임신 기간의 구분은 하지 않았으며, 추후 임신 기간에 따른 섭취량과 배설량의 비교도 되어야 한다고 사료된다.

포유돈 사료의 질소와 총 인 함량은 자돈의 성장과 유지, 모돈의 유지 (Jongbloed and Everts, 1992) 및 모유에서 추정된 인 소화율 (Jongbloed and Kemme, 1990)을 위한 요구량을 기준으로 평가되었으며, 육성비육돈이나 임신돈 보다 대략 3배 정도 높다 (Lyberg 등, 2007). 이것은 본 시험에서 포유돈의 분 배설량이 임신돈에 비해 3배 정도 높은 것과 관련이 있다고 사료된다.

Fig. 1은 임신돈과 포유돈의 질소와 인 배설율을 그래프로 나타낸 것이다.

포유돈 사료의 경우 임신돈에 비해 질소와 인 섭취량이 약 3배 정도 높기 때문에 (Lyberg 등, 2007), 질소와 인의 배설율도 높아지며, phytase에 의한 배설율 감소 효과도 임신돈에 비해 낮아지는 것이라 사료된다.

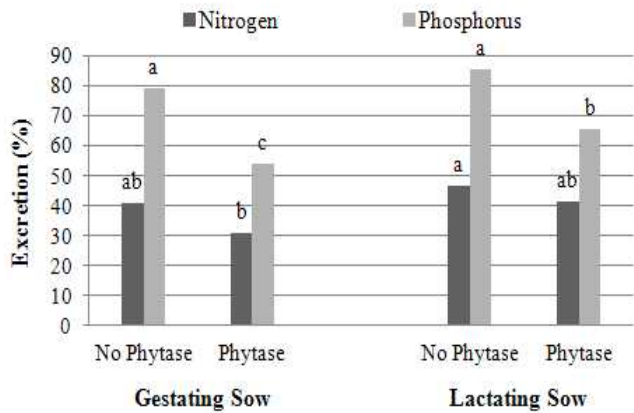


Fig. 1. Effect of phytase on the excretion ratio of nitrogen (N) and phosphorus (P) of gestating and lactating sows.

요 약

본 시험은 임신돈과 포유돈의 phytase 첨가 유무에 따른 섭취량, 분뇨 배설량 및 질소와 인의 섭취량과 배설량을 조사하기 위해 수행하였다. 본 시험에서는 3월 교잡종 (Yorkshire × Landrace × Duroc) 임신돈 12두와 포유돈 12두를 공시하였다. 처리구는 phytase의 첨가 유무 (0, 750 FTU/kg)에 따라 임신돈 2 처리구, 번식돈 2처리구로 나누고, 처리구당 6반복, 반복당 1두씩 나누어 각각 12두씩 총 7일 동안 수행하였다. 시험개시시 임신돈과 포유돈의 체중은 각각 208.9 ± 13.8 kg과 190.5 ± 22.9 kg 이었다. 임신돈의 경우, 사료의 섭취량은 phytase 첨가구에서 높았으며 (P<0.05), 음수량과 총 배설량은 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다. 포유돈의 경우, 사료 섭취량과 음수량 및 총 배설량은 임신돈과 마찬가지로 처리구 사이에서 차이가 없었다. 임신돈의 질소 섭취량은 phytase 첨가구에서 높게 나타났으며 (P<0.05), 질소 배

설율은 phytase 첨가구에서 낮게 나타났으나, 유의차는 보이지 않았다 (P>0.05). 포유돈의 경우, 질소의 섭취량과 배설량, 배설율은 처리구간 유의적인 차이가 없었다. 임신돈의 인 배설량과 배설율은 phytase 첨가구에서 크게 감소하였다 (P<0.05). 포유돈의 경우, 인의 섭취량과 배설량 phytase 첨가구에서 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 없었으며 (P>0.05), 인 배설율은 phytase 첨가구에서 무첨가구에 비해 낮았다 (P<0.05). 따라서 임신돈과 포유돈 사료에 phytase 첨가는 인 배설량 감소에 효과가 있다. (주제어: 임신돈, 포유돈, 섭취량, 배설량, 배설율)

사 사

본 연구는 2007~2008년 농촌진흥청 농업현안대응기술개발 연구과제의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17thed, Association Official Methods of Analysis of AOAC International, Ch. 4. pp. 5.

Boucque, Ch. V., Fiems, L. O., Sommer, M., Cottyn, B. G. and Buysse, F. X. 1987. Effects of the beta-agonist cimaterol on growth, food efficiency and carcass quality of finishing Belgian white-blue bulls. In: Hanrahan, J. P. (Editor), Beta-agonists and their Effects on Animal Growth and Carcass Quality. Commission of the European Communities. Elsevier Applied Science. UK., pp. 93-100.

Bruce, J. A. M. and Sundstol, F. 1995. The effect of microbial phytase in diets for pigs on apparent ileal and faecal digestibility, pH and flow of digesta measurements in growing pigs fed a high-fibre diet. Can. J. Anim. Sci. 75:121-127.

Chilliard, Y. 1989. Long term effects of recombinant bovine somatotrophin (rBST) on dairy cow performances: a review. In: K. Serjrsen, M. Vestergaard and A. Neimann-Sorensen (Editors), Use of Somatotrophin in Livestock Production, Commission of the European Communities. Elsevier Scientific UK.

Correll, D. L. 1999. Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. Poult. Sci. 78:674-682.

Cowieson, A. J., Acamovic, T. and Bedford, M. R. 2006. Phytic Acid and Phytase: Implications for Protein Utilization by Poultry. Poult. Sci. 85:878-885.

Cromwell, G. L. and Coffey, R. D. 1995. Nutrient management from feed to field. In: Proceeding of the World Pork Expo., Ses Moines LA., USA. pp. 47-53.

Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Bio-metrics 11:1-42.

- Dungelhoef, M., Rodehutsord, M., Spiekers, H. and Pfeffer, E. 1994. Effects of supplemental microbial phytase on availability of phosphorus contained in maize, wheat and triticale to pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 49:1-10.
- Eeckhout, W., de Paepe, M., Warnants, N. and Bekaert, H. 1995. An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs, as influenced by the Ca level of the diet. *Anim. Feed. Sci. and Tech.* 52:129-140.
- Fandrejewski, H., Weremko, D., Raj, S., Skiba, G. and Han, I. K. 1999. Performance, body and carcass composition and bone characteristics of pigs fed rapeseed and soybean meal-cereal diets supplemented with microbial phytase. *J. Anim. Feed Sci.* 8:533-547.
- Federation Europeenne des Fabricants d'Adjuvants pour la Nutrition Animale. 1992. Improvement of the environment: Possibilities for the reduction of nitrogen and phosphorus pollution caused by animal production. FEFANA, Belgium.
- Fernandez, J. A. 1995. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. III. A model resolution. *Livest. Prod. Sci.* 41:3255-3261.
- Gagne, F., Matte, J. J., Barnett, G., Pomar, C., 2002. The effect of microbial phytase and feed restriction on protein, fat and ash deposition of growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 82:551-558.
- Grela, E. R., Kumek, R. and Lipiec, A. 2000. The influence of microbial phytase and citric acid in sow feeding on mineral components availability during pregnancy and lactation. In: Grela, E. R. (Ed.), *Phytase in Animal Nutrition*, Proc. Int. Symp. on Phytase in Animal Nutrition, Lublin 8-9 June 2000. Institute of Animal Nutrition Agricultural University in Lublin, Poland, pp. 56-60.
- Hanrahan, T. J. 1989. Use of somatotrophin in livestock production: growth in pigs. In: K. Serjrsen, M. Vestergaard and A. Neimann-Sorensen (Editors), *Use of Somatotrophin in Livestock Production*, Commission of the European Communities. Elsevier Scientific UK.
- Huh, D. and Jeong, M. K. 2001. Cost and return to the scale of livestock manure management. *Kor. J. Agric. Manag. Policy.* 28:364-382.
- Hwangbo, J., Hong, E. C., Park, H. D., Kim, D. W. and Cho, S. B. 2010. The study on the amount and major compositions of excreta from swine. *J. Anim. Sci. and Tech.* 52(4):319-328.
- Inbar, Y., Hadar, Y. and Chen, Y. 1993. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *J. Environ. Qual.* 22:857-863.
- Jongbloed, A. W. 1987. Phosphorus in the feeding of pigs, effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs. PhD thesis, Wagening Agriculture University, Wageningen, The Netherlands.
- Jongbloed, A. W. and Kemme, P. A. 1990. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 1. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. *Neth. J. Agric. Sci.* 40:123-136.
- Jongbloed, A. W. and Everts, H. 1992. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 2. The requirement of digestible phosphorus for piglets, growing-finishing pigs and breeding sows. *Neth. J. Agric. Sci.* 40:123-136.
- Jongbloed, A. W., Mroz, Z. and Kemme, P. A. 1992. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs in concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus and phytic acid in different sections of the alimentary tract. *J. Anim. Sci.* 70:1159-1163.
- Jongbloed, A. W., van Diepen, J. Th. M., Kemme, P. A. and Broz, J. 2004. Efficacy of microbial phytase on mineral digestibility in diets for gestating and lactating sows. *Livest. Prod. Sci.* 91:143-155.
- Kemme, P. A., Radcliffe, J. S., Jongbloed, A. W. and Mroz, Z. 1997a. The effect of sow parity on digestibility of proximate components and minerals during lactation as influenced by diet and microbial phytase supplementation. *J. Anim. Sci.* 75:2147-2153.
- Kemme, P. A., Jongbloed, A. W., Mroz, Z. and Beynen, A. C. 1997b. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. *J. Anim. Sci.* 75:2129-2138.
- Ketaren, P. P., Batterham, U., Dettmann, E. B. and Farrell, D. J. 1993. Phosphorus studies in pigs. 3. Effect of phytase supplementation on the digestibility and availability of phosphorus in soya-bean meal for grower pigs. *Br. J. Nutr.* 70: 289-311.
- Korean Feeding Standard for Swine. 2007. National Institute of Animal Science, RDA.
- Kornegay, E. T. and Harper, A. F. 1997. Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. *Prof. Anim. Sci.* 13:99-111.
- Kristensen, H. H. and Watches, C. M. 2000. Ammonia and poultry welfare: a review. *World's Poult. Sci. J.* 56:235-245.
- Lantzsch, H. J. and Drochner, W. 1995. Efficacy of microbial phytase (*A. niger*) on apparent absorption and retention of some minerals in breeding sows. In: van Hartingveldt, W., Hensing,

- M., van der Lugt, J. P., Somers, W.A.C. (Eds.), Proceedings of the 2nd European Symposium on Feed Enzymes. TNO Nutrition and Food Research Institute, Zeist, p. 300.
- Lobo, P. 1999. Factor to consider When adding enzymes to feces. *Feces Management*. 50(10):21-23.
- Lyberg, K., andersson, H. K., Simonsson, A. and Lindberg, J. E. 2007. Influence of different phosphorus levels and phytase supplementation in gestation diets on sow performance. 91:304-311.
- Michal, J. J. and Froseth, J. A. 1999. Decreasing supplemental phosphorus may reduce feed costs. *Feedstuffs*. 71 (May, 24):11-13.
- Ministry of Environment. 1999. Environmental Notice No. 1999-109. Source Unit of livestock Manure.
- Ministry of Environment. 2008. Livestock Manure Source Unit Recalculated.
- SAS. 1999. SAS user guide. release 6.11 edition. SAS Inst Inc Cary NC USA.
- Selle, P. H. and Ravindran, V. 2008. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Live. Sci*. 113:99-122.
- Shelton, J. L., Southern, L. L., Binder, T. D., Persica, M. A., Braun, J., Cousins, B. and McKnight, F. 2003. Effect of microbial phytase on energy availability, and lipid and protein deposition in growing swine. *J. Anim. Sci*. 81:2053-2062.
- Swick, R. A. and Ivey, F. J. 1992. phytase: the value of improving phosphorus retention. *Feed Manage*. 43:8-17.
- Tyrrell, H. F., Brown, A. C. G., Reynolds, P. J., Haaland, G. L., Bauman, D. E., Peel, C. J. and Steinhour, W. D. 1988. Effect of bovine somatotrophin on metabolism of lactating dairy cows: energy and nitrogen utilisation as determined by respiration calorimetry. *J. Nutr*. 118:1024-1030.
- Van Weerden, E. J. 1987. Effects of clenbuterol on nitrogen deposition and carcass composition in castrated male pigs. In: J.P. Hanrahan (Editor), *Beta-agonists and their Effects on Animal Growth and Carcass Quality*. Commission of the European Communities. Elsevier Applied Science. UK. pp. 152-162.

(Received May 18, 2012; Revised Aug. 21, 2012; Accepted Aug. 22, 2012)