

사료 내 Phytase 첨가가 산란계의 분뇨 배설량에 미치는 영향

홍의철 · 나승환 · 유동조 · 김학규 · 박미나 · 정기철 · 추효준 · 박희두 · 정완태 · 황보 중[†]

농촌진흥청 국립축산과학원

Effect of Dietary Phytase on the Excreta Excretion of Laying Hens

E. C. Hong, S. H. Na, D. C. Yu, H. K. Kim, M. N. Park, K. C. Jung, H. J. Choo,
H. D. Park, W. T. Chung and J. Hwangbo[†]

National Institute of Animal Science

ABSTRACT This work was conducted to investigate the effects of phytase on N and P excretion of laying hens excreta. Three hundred sixty ISA Brown layers were selected to investigate excreta excretion for 65 weeks and to investigate the effect of phytase on total excretion and N and P excretion of layers from 55 weeks. The experimental diets were fed the starter (0~5 wk), grower (5~12 wk), developer (12~16 wk), prelay diets (16 wk~first egg), layer diets for starting period (first egg~32 wk), middle (32~45 wk), finishing diets (45~55 wk, 55 wk~). Thirty ISA Brown layers were selected to investigate the effect of phytase supplementation on total N and P excretion of layers at 55 weeks and assigned randomly to 3 treatments groups (10 birds/treatment) and phytase was added to basal diets at 300 and 600 FTU/kg. Average body weight, feed intake, water intake, and excreta excretion were 1,622, 105.7, 187.2 and 124.7 g/bird/day, respectively. Excreta of birds fed phytase were DM (33.2, 31.2, 30.5 g/day), N (0.46, 0.42, 0.40 g/day) and P (0.51, 0.49, 0.48 g/day) and reduced as dietary phytase increased. Finally, dietary phytase can reduce the N and P excretion, but the amount of excreta was not different depending from the phytase addition in layers. This work investigated the N and P excretion of laying hens excreta and were considered that dietary phytase can reduce the N and P excretion for short period.

(Key words : phytase, layer, excreta excretion, N and P excretion)

서 론

가축 분뇨의 정확한 발생량 조사는 분뇨의 효율적 처리를 위한 기초 자료로서 국가 또는 농장 단위에서 정확한 분뇨 배출원 단위 산출을 위해 매우 중요하다. 축산 농가의 기업화 및 규모화로 발생하는 분뇨는 수질 오염과 악취 발생 요인으로 주요 환경 오염원에 속한다(Boucque et al., 1987; Chilliard, 1989; Hanrahan, 1989; Tyrrell et al., 1988; Van Weerden, 1987). 또한 해양 오염방지에 관한 국제협약 '런던협약 72'가 2006년 발효되어 2012년부터 가축 분뇨의 해양 투기가 전면 금지되면서 축산 농가 경영에 어려움이 가중되고 있다.

가축 분뇨는 가축의 특성, 배합 사료 및 환경에 의해 영향을 받는다. 불소화 단백질 내 질소는 분뇨로 배설되며, 소화된 단백질은 체내에 흡수 후 노로 배설된다. 분뇨에 함유된 질소는 암모니아 형태로 발산되며, 토양 오염에 의한 수질뿐

만 아니라 공기도 오염시킨다(Nahm, 2007). 곡류사료에 들어 있는 인은 유기태 인의 형태로서 동물의 소장에서 분해되지 않고 생체 이용성이 매우 낮아서 인의 배설량 증가 및 가금류의 충분한 성장 및 골격 발달과 생산성 저하를 일으킬 수 있으며(Sharpley, 1999), 분뇨 중의 질소와 인은 지표에서 빗물과 함께 강이나 호수로 흘러들어가 부영양화를 촉진시킨다(Sharpley, 1999).

사료 내 합성 아미노산의 이용은 질소 배설을 40%까지 감소시킬 수 있으며(Cromwell and Coffey, 1995; Creswell and Swick, 2001), Mahan and Howes(1995) 는 질소 배설을 최소화할 수 있는 가장 이상적인 단백질 원으로 합성 아미노산을 권장하였고, Nahm(2007) 은 사료 배합비를 조절함으로써 질소와 인을 감소시킬 수 있다고 하였다. 또한 phytase가 인 배설량을 감소시킨다(Simons et al., 1990)는 보고 이후, 환경오

[†] To whom correspondence should be addressed : kohb@korea.kr

염과 관련된 phytase 연구도 계속되고 있다. Cowieson et al. (2004) 은 육계 사료 내 phytase가 단백질 이용성을 증가시킴으로써 질소의 배설량이 감소될 수 있고, 또한, 소맥-대두 위주의 가금 사료에 phytase를 첨가하여 인의 배설이 감소되었다(Zyla, 2001; 황보 종 등, 2007a,b). Phytase는 체내에서 유기태 인을 분해하여 인의 생체 이용성을 증가시킴과 동시에 경골 회분의 축적율을 높여서, 증체량, 사료 섭취량 및 사료 효율을 개선시킨다(Shirley and Edward, 2003).

본 연구의 목적은 산란계의 정확한 분뇨 배출된 단위 산출을 위해 총 배설량 및 질소와 인의 배설량을 조사하고, 산란계 사료 내 phytase의 단기간의 첨가가 이들 배설량의 감소에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험에서는 역가 1 FTU/kg인 *Trichoderma reesei* 유래

phytase를 사용하였다. *Trichoderma reesei*는 식물체에서 당과 bioethanol로 이용되고 남은 폐기물을 분해하는 효소를 분비하는 곰팡이 균이다(Ouyang et al., 2006).

2. 공시동물과 시험 설계

본 시험에 사용된 시험계는 1일령 ISA Brown종 산란계(평균체중 44.7±1.5 g) 360수를 이용하여 65주에 걸쳐서 분뇨 배설량을 조사하였고, 55주령에서 phytase의 첨가에 따른 총 배설량과 질소와 인의 배설량에 미치는 영향을 조사하였다. 시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 산란계 사료를 한국사양 표준(가금, 2007)에서 제시한 육성기와 산란기로 분류하고, 육성기는 초생주(0~5주령), 중추(5~12주령), 대추(12~16주령)와 산란 전(16주령~초란), 산란기는 산란 초기(초란~32주령), 전기(32~45주령), 후기(45~55주령), 말기(55주령~)로 나누어 급여했다. Phytase의 첨가에 따른 55주령의 산란계 총 배설량 및 질소와 인의 배설량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 후기 기초사료에 phytase(0, 300, 600 FTU/kg)를 첨가하여(Table 1, 2), 3처리구, 처리구당 10수씩 총 30수를

Table 1. Formula and chemical composition of basal diets (0~First egg)¹

Items	0~5 weeks	5~12 weeks	12~16 weeks	16 weeks~First Egg
Ingredients(%)				
Corn (CP 8.3%)	54.74	59.32	61.68	59.05
Wheat bran	9.37	15.03	18.44	12.20
Soybean meal (CP 45.0%)	29.75	19.90	14.83	17.40
Corn gluten meal	—	2.00	1.50	3.50
Soybean oil	2.00	—	—	—
Limestone	0.85	1.00	0.90	5.60
Dicalcium phosphate	1.54	1.50	1.40	1.50
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.30	—	—	—
DL-Methionine	0.15	—	—	—
Vitamin-mineral Premix ²	1.00	1.00	1.00	0.50
Antibiotic	0.05	—	—	—
Chemical composition ³				
ME (kcal/kg)	2,939	2,824	2,816	2,807
CP (%)	19.2	17.1	15.2	16.4
Non-phytate-P (%)	0.48	0.46	0.43	0.44

¹Korean Feeding Standard for Poultry (2007).

²Hong et al. (2008).

³Calculated values.

Table 2. Formula and chemical composition of basal diets (First egg ~)¹

Items	First egg~35 weeks	35~45 weeks	45~55 weeks	55 weeks~
Ingredients(%)				
Corn (CP 8.3%)	57.05	58.65	56.85	56.75
Wheat bran	5.00	7.40	10.00	13.50
Soybean meal (CP 45.0%)	21.50	19.00	17.20	13.00
Corn gluten meal	4.50	3.00	3.50	4.00
Limestone	9.50	10.00	10.50	11.00
Dicalcium phosphate	1.50	1.00	1.00	0.80
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	-	-	-	-
DL-Methionine	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin-mineral premix ²	0.50	0.50	0.50	0.50
Chemical composition³				
ME (kcal/kg)	2,782	2,744	2,698	2,664
CP (%)	17.7	16.2	15.9	14.8
Non-phytate-P (%)	0.44	0.34	0.34	0.30

¹Korean Feeding Standard for Poultry (2007).

²Hong et al. (2008).

³Calculated values.

대조구와 유사한 체중별로 선별하여 완전입의 배치하고, 7일간 급여 후 전량 분뇨를 채취하여 공시하였다.

3. 사양 관리

사료는 자유급여하였으며, 물은 니플을 통하여 자유 섭취시켰고, 점등 관리는 1~2일령에 24시간, 3~6일령에 16시간, 2주령에 14시간, 3주령에 12시간, 4주령에 10시간, 5주령부터 점등시간을 8~10시간으로 점등시간을 낮추었다. 점등자극주령인 16~18주령에는 13시간으로 점등시간을 높였으며, 이후 2주령이 지난 시점부터 30분씩 증가시켜 17시간이 되면 시험 종료 시까지 유지하였다.

계사 내 온도는 병아리 입추 2시간 전부터 36°C로 설정하였다. 주령별 계사 온도는 1~2일령에 34~36°C, 3~4일령에 32~34°C, 5~7일령에 30~32°C, 2주령에 28~30°C, 3주령에 26~28°C, 4주령에 24°C, 5주령에 22°C, 6주령 이후 20°C로 조절하였고, 습도는 입추부터 1주간은 60~80%, 이후로는 50~70%를 유지하였다. 산란계의 백신 접종과 기타 사양 관리는 국립축산과학원의 관행에 따라 수행하였다.

4. 체중과 분뇨 배설량 측정

산란계는 측정시마다 각 처리구에서 10수씩 선별하였으며, 사양단계에 따라 4, 9, 15, 21, 26, 30, 35, 45, 55 및 65주령에 체중과 분뇨 배설량을 측정하였다. 체중은 측정시마다 오전 10시에 측정하였다.

분뇨 배설량은 정확한 측정을 위해, 시험계(4주령 이후) 각각의 항문에 자체 제작한 플라스틱 분변 통(80~180 cc)을 이용하여 1주 동안 오전과 오후 일정한 시각에 채취하였다. 플라스틱 분변 통에는 0.05 M 황산을 10 mL씩 넣어 미생물에 의한 부패와 암모니아가스의 발생을 최소화 하였다. 채취한 분뇨는 즉시 -20°C의 냉동고에 저장 보관하며, 일정량의 분뇨는 따로 70°C의 건조기에서 48시간 건조시켜 1차 수분을 측정하였다. 분뇨는 60°C의 건조기에서 72시간 건조시키고, 분쇄하여 분석에 이용하였다.

5. 화학분석과 통계 처리

사료와 분의 일반 성분과 질소 및 인의 함량은 AOAC(2000)에 의해 분석하였다.

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS(1999)의 GLM을 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산란계의 체중, 사료 섭취량, 음수량 및 분뇨 발생량

Table 3은 산란계의 성장 단계별 체중, 사료 섭취량, 음수량 및 분뇨 배설량을 나타내었다. 산란계의 성장 단계별 체중, 사료 섭취량, 음수량 및 분뇨 배설량은 각각 육성기인 4, 9, 15주령에서 체중 325, 844 및 1,587 g/수/일, 사료 섭취량 61, 68 및 76 g/수/일, 음수량 92, 104 및 116 mL/수/일, 분뇨 배설량 67.3, 86.9 및 111.3 g/수/일이었다. 산란 초기인 21, 26 및 30주령에서 체중 1,788, 1,813 및 1,841 g/수/일, 사료 섭취량 107, 112 및 118, g/수/일, 음수량 197, 206 및 217 mL/수/일, 분뇨 배설량 133.5, 139.1, 및 142.7 g/수/일이었다. 산란중기인 35와 45주령에서는 체중 1,869와 1,978 g/수/일, 사료 섭취량 128과 132 g/수/일, 음수량 236과 243 mL/수/일, 분뇨 배설량 145.0과 141.6 g/수/일이었다. 산란 후기인 55주령에서는 체중 2,187 g/수/일, 사료 섭취량 125 g/수/일, 음수량 226 mL/수/일, 분뇨 배설량 135.4 g/수/일로 조사되었다. 그러나 산란

Table 3. Body weight, feed intake and excreta excretion of layers

Weeks	Body weight (g/bird/day)	Feed intake (g/bird/day)	Water intake (mL/bird/day)	Raw excreta (g/bird/day)
4	325 ± 271	61 ± 4.4	92 ± 17	67.3 ± 7.1
9	844 ± 41	68 ± 7.4	104 ± 20	86.9 ± 7.3
15	1,587 ± 67	76 ± 5.1	116 ± 11	111.3 ± 8.7
21	1,788 ± 96	107 ± 8.5	197 ± 36	133.5 ± 9.6
26	1,813 ± 117	112 ± 12.2	206 ± 34	139.1 ± 7.2
30	1,841 ± 128	118 ± 8.4	217 ± 24	142.7 ± 9.1
35	1,869 ± 120	128 ± 9.5	236 ± 12	145.0 ± 9.3
45	1,978 ± 132	132 ± 12.0	243 ± 22	141.6 ± 10.1
55	2,187 ± 99	125 ± 8.1	226 ± 19	135.4 ± 9.7
65	1,989 ± 120	130 ± 12.5	235 ± 17	143.7 ± 10.0
Means ²	1,622 ± 563	106 ± 27.4	187 ± 60	124.7 ± 27.5

¹Means ± SD (n=10).

²Mean ± SD for total experimental periods.

말기인 65주령에서는 체중 1,989 g/수/일, 사료 섭취량 130 g/수/일, 음수량 235 mL/수/일, 분뇨 배설량 143.7 g/수/일로 조사되어 이 시기에 체중 감소는 시험상의 오류로 사료된다. 따라서 전 시험 기간 중 수당 일일 평균 체중과 사료 섭취량, 음수량 및 분뇨 배설량은 각각 1,622 g과 105.7 g, 187.2 mL 및 124.7 g/수/일로 조사되었다.

본 시험의 결과 산란계의 분뇨 배설량은 124.7 g/수/일로 농촌진흥청(1999)의 127.5 g/수/일과 Harada(1996)의 136 g/수/일, 그리고 일본 중앙축산회(1989)가 보고한 140 g/수/일보다 낮았다. 이것은 그동안의 사료의 품질 개선과 산란계종의 유전적 형질 개선에 따라 영양소 이용률이 높아졌기 때문이라고 사료된다.

산란계의 체중과 분뇨 배설량 간에는 Fig. 1과 같은 고도 ($P < 0.01$)의 상관관계식 $Y = 0.0449X - 51.858 (R^2 = 0.9165)$ 을 나타내었다.

2. 질소와 인의 섭취량과 배설량

Table 4는 55주령 산란계의 질소와 인 섭취량, 배설량 및 배설율을 나타낸 것이다. 건물 기준의 섭취량에서는 시험구 간의 차이가 없었으나, 건물 배설량은 대조구, phytase 300과 600 FTU/kg 첨가구에서 각각 33.2, 31.2 및 30.5 g/day, 건물 배설율은 29.8, 28.4 및 27.8%로 대조구에 비해 300과 600 FTU/kg에서 각각 4.7%, 6.7%로 phytase 첨가구가 감소했으나, 대조구와 300 FTU/kg 첨가구 그리고 phytase 첨가구간의 유의적 차이는 없었다. 사료 내 phytase 첨가는 질소와 인의 감소뿐만 아니라 건물을 비롯한 다른 유기물 및 미량 광물질의 배설 감소 효과도 기대할 수 있다(Simons 등, 1990; Corell, 1999; Sharpley, 1999; Zyla 등, 2001).

질소의 섭취량은 대조구, phytase 300과 600 FTU/kg 첨가구

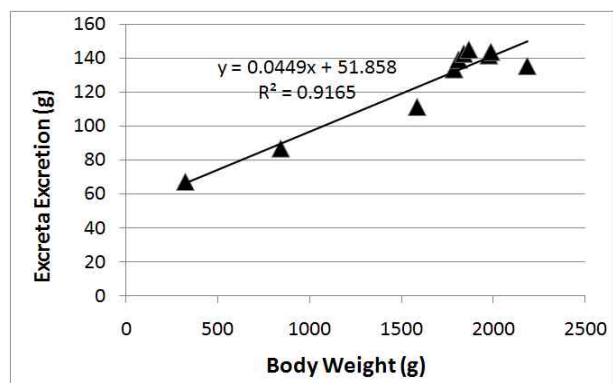


Fig. 1. Correlation between the daily amount of manure and body weight of layers.

Table 4. Effects of phytase on the intakes and excreta of DM, N and P of layers at 55 weeks

Items	Phytase (FTU/kg)			SEM ¹
	0	300	600	
Body weight (g/bird/day)	2,187 ± 992	2,204 ± 122	2,136 ± 132	
Feed intake (g/bird/day)	125 ± 8	126 ± 10	124 ± 7	
Excreta excretion (g/bird/day)	135 ± 10	127 ± 14	130 ± 18	
Feed intakes (DM Basis) (g/day)	111.3	110.9	110.4	2.41
DM excretion (g/day)	33.2 ^a	31.2 ^{ab}	30.5 ^b	0.72
DM excretion ratio (%)	29.8 ^a	28.4 ^{ab}	27.8 ^b	0.65
N intakes (g/day)	2.63	2.62	2.61	0.089
N excretion (g/day)	0.46 ^a	0.42 ^b	0.40 ^b	0.01
N excretion ratio (%)	17.5 ^a	16.0 ^b	15.8 ^b	0.53
P intakes (g/day)	0.59	0.59	0.59	0.013
P excretion (g/day)	0.51 ^a	0.49 ^b	0.48 ^b	0.006
P excretion ratio (%)	86.4 ^a	83.5 ^b	82.0 ^b	1.01

^{a,b}Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

¹Pooled standard error of the mean for 10 layers per treatment.

²Means ± SD ($n=10$).

에서 각각 2.63, 2.62 및 2.61 g/일이었으며, 질소의 배설량은 각각 0.46, 0.42 및 0.40 g/일이었다. 질소의 배설율은 대조구, phytase 300과 600 FTU/kg 첨가구에서 각각 17.5, 16.0 및 15.8%로 phytase의 첨가에 따라 대조구에 비해 각각 8.6과 9.7%씩 감소($P < 0.05$) 하였으나, phytase 첨가구간의 차이는 없었다. Phytase가 단백질과 피트산염의 결합을 끊어주어 단백질의 소화를 돕고(Camden et al., 2001; Dilger et al., 2004; Rutherford et al., 2004; Coweison et al., 2004; Ravindran et al., 2006), 이런 단백질 소화율의 증가는 체내에 흡수되는 단백질 양의 증가로 배설되는 양이 감소하여, 사료 내 phytase 첨가는 분뇨의 질소 배설량을 감소시키는 역할을 하게 된다. 가금류에서 옥수수 위주의 사료를 섭취하는 경우 체내 phytase의 결핍으로 사료 내 피트산염이 단백질과 킬레이트 결합되어져, 펩신에 의한 단백질 소화가 어려워 체내에서 흡수되지 않고 배설되는 양의 증가를 초래한다(Selle et al., 2000). 따라서 본 시험에서의 질소 배설량의 감소는 phytase의 첨가로 인한 단백질 소화 흡수의 증가로 사료된다. 옥수수와 대두박 주체의 육계용 사료에 *Phycol* 파이테이즈를 500과 750 FTU/kg 첨가해서 비교한 시험에서 회장에서 아미노산의 진정 소화율은 차이가 없었다(Rutherford et al., 2004).

인의 섭취량은 대조구, phytase 300과 600 FTU/kg 첨가구에서 각각 0.59, 0.59 및 0.59 g/일이었으며, 인의 배설량은 각각 0.51, 0.49 및 0.48 이었다. 인의 배설율은 대조구, phytase 300과 600 FTU/kg 첨가구에서 각각 86.4, 83.5 및 82.0%로 300과 600 FTU/kg phytase 첨가구에서 각각 3.4와 5.1%씩 감소($P < 0.05$) 하였으나, phytase 첨가구간의 유의적 차이는 없었다. 사료 내 인은 피트산염과 결합되어 피틴태 인으로 존재하며, 피틴태 인은 유기태 인으로서 거의 이용되지 않고 배설된다(Nelson et al., 1968; Kirby and Nelson, 1988; Eeckhout and de Peace, 1994; Ravindran et al., 1994; Viveros et al., 2000; Selle et al., 2003; Godoy et al., 2005). 사료내 phytase 첨가는 피트산염과 인을 분해시켜 무기태 인의 형태인 비피틴태 인으로서 체내 이용이 가능하게 된다(Coweison et al., 2006; Selle and Ravindran, 2007). 齊藤 守(2001)은 육계에서 phytase 첨가로 질소와 인의 배설량 감소를 보고하였고, 본 시험에서 산란계에서도 phytase의 첨가가 질소나 인뿐만 아니라 분뇨 혼합물 전체의 배설량을 감소시키는 것으로 나타났다. 사료 내 인이 충분히 함유된 육계 사료 내 phytase 첨가는 인의 배설량 감소에 크게 영향을 주지 않으며, 인이 결핍된 사료에서 그 효과가 높게 나타났다(Simons et al., 1990; Zyla et al, 2001;

Paik, 2003). 그러나, 본 연구에서는 유효인을 영양소 요구량 0.28%(한국사양표준, 가금 2007) 기준에 맞추어 급여하였으며, phytase의 급여에 따른 인의 배설량 감소를 알 수 있었다. 따라서 이에 관한 추후 연구가 요구된다.

본 시험의 결과로부터 산란계 산업에서 발생될 수 있는 분뇨와 질소 및 인의 배설량을 조사함으로써, 국가 및 농장 단위에서의 분뇨 배출원 단위 산출을 위해 매우 중요하게 사용될 수 있다. 또한 산란계에 단기간의 phytase 급여도 총 분뇨, 질소 및 인의 배설량을 감소 시켜 환경오염에 미치는 영향을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2008년 농촌진흥청 국립축산과학원의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

적 요

본 시험은 사료 내 phytase 첨가가 산란계의 분뇨 배설량 및 질소와 인의 배설량에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다. 시험에 사용된 닭은 1일령 ISA Brown종 산란계(평균체중 44.7±1.5 g) 360수이며, 65주령에 걸쳐서 분뇨 배설량 및 55주령에서 phytase의 첨가에 따른 총 배설량과 질소와 인의 배설량에 미치는 영향을 조사하였다. 시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 육계 사료를 육성기와 산란기로 분류하고, 육성기는 초생추(0~5주령), 중추(5~12주령), 대추(12~16주령)와 산란 전(16주령~초란), 산란기는 산란 초기(초란~32주령), 전기(32~45주령), 후기(45~55주령), 말기(55주령~)로 나누어 급여했다. Phytase의 첨가에 따른 55주령의 산란계 총배설량 및 질소와 인의 배설량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 후기 기초사료에 phytase(0, 300, 600 FTU/kg)를 첨가하여, 총 3처리구, 처리구당 10수씩 대조구와 유사한 체중별로 선별하여 완전임의 배치하였다. 산란계의 전 시험기간 중 평균 체중과 사료 섭취량, 음수량 및 분뇨 배설량은 각각 1,622 과 105.7 g, 187.2 mL 및 124.7 g/수/일로 조사되었다. Phytase의 첨가에 따른 분뇨 배설량은 건물(33.2, 31.2, 30.5 g/일) 및 질소(0.46, 0.42, 0.40 g/일)와 인(0.51, 0.49, 0.48 g/일)으로서 Phytase의 첨가에 따라 감소하였으며, phytase의 첨가량에 따른 차이는 없었다. 그러나 건물 분뇨 배설량에서 phytase 무첨가구와 300 FTU/kg phytase 첨가구간에는 유의

적 차이가 없었다. 본 시험을 통하여 산란계의 총 배설량 및 질소와 인의 배설량을 조사하고, 단기간의 phytase 첨가도 산란계의 분뇨 배설량 및 질소와 인의 배설량을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

- AOAC 2000 Official Method of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC USA P1-43.
- Boucque ChV, Fiems LO, Sommer M, Cottyn BG, Buysse FX 1987 Effects of the beta-agonist cimaterol on growth, food efficiency and carcass quality of finishing Belgian White-Blue Bulls. 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 93-10.
- Camden BJ, Morel PCH, Thomas DV, Ravindran V, Bedford MR 2001 Effectiveness of exogenous microbial phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in maize-soya-bean meal diets for broilers. Anim Sci 73:289-297.
- 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 DL 1999 Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. Poult Sci 78:674-682.
- Cowieson AJ, Acamovic T, Bedford MR 2004 The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. Br Poult Sci 45(1): 101-108.
- Cowieson AJ, Acamovic T, Bedford MR 2006 Phytic acid and phytase: Implications for protein utilization by poultry. Poult Sci 85:878-885.
- Creswell O, Swick RA 2001 Formulating with digestible amino acids (part 3). Asian Poul Magaz (May/June) 21-22. 24.
- Cromwell GL, CoVey RD 1995 Nutrient management from feed to Weld. In: Proceedings of World Pork Expo., Des Moines

- IA USA pp. 13-31.
- Dilger RN, Onyango EM, Sands JS, Adeola O 2004 Evaluation of microbial phytase in broiler diets. *Poult Sci* 83:962-970.
- Duncan DB 1995 Multiple range and multiple F tests. *Bio-metrics* 11:1-42.
- Eeckhout W, de Paepe M 1994 Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim Feed Sci Technol* 47:19-29.
- Godoy S, Chicco C, Meschy F, Requena F 2005 Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. *Interciencia* 30:24-28.
- Hanrahan TJ 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.
- Harada Y 1996 Animal manure recycle systems and its utilization in Japan. *Proceedings of the 8th AAAP Animal Science Congress* 99-108.
- Kirby LK, Nelson TS 1988 Total and phytate phosphorus content of some feed ingredients derived from grains. *Nutr Reports Int* 37:277-280.
- Mahan DC, Howes D 1995 Environmental aspects with particular emphasis on phosphorus, selenium, and chromium in livestock feeds. In: *OYcial Proceedings 13th Annual PaciWc Northwest Animal Nutrition Conference*, October 10.12, Marriott Hotel Portland OR USA, pp. 75-89.
- Nahm KH 2007 Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. *Bioresource Technology* 98:2282-2300.
- Nelson TS, Ferrara LW, Storer NL 1968 Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. *Poult Sci* 47:11372-11374.
- North MO 1972 *Commercial Chicken Production Manual*. The Avian Publishing Company Inc.
- Ostrander CE 1965 Poultry manure disposal. *Amer Soc Agr Eng Trans* 8(1):105-106.
- Ouyang J, Yan M, Kong D, Xu L 2006. A complete protein pattern of cellulase and hemicellulase genes in the filamentous fungus *Trichoderma reesei*. *Biotechnol J* 1(11):1266-74.
- Paik I 2003 Application of phytase, microbial or plant origin, to reduce phosphorus excretion in poultry production. *Asian-Aust J Anim Sci* 16:124-135.
- Ravindran V, Morel PCH, Partridge GG, Hruby M, Sands JS 2006 Influence of an *E. coli*-derived phytase on nutrient utilization in broiler starter fed diets containing varying concentrations of phytic acid. *Poult Sci* 85:82-89.
- Ravindran V, Ravindran G, Sivalogan S 1994 Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. *Food Chem* 50:133-136.
- Rutherford SM, Chung TK, Morel PCH, Moughan PJ 2004 Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. *Poult Sci* 83:61-68.
- SAS 1999 SAS user guide. release 6.11 edition. SAS Inst Inc Cary NC USA.
- Selle PH, Ravindran V 2007 Microbial phytase in poultry nutrition. *Anim Feed Sci Tech* 135:1-41.
- Selle PH, Ravindran V, Caldwell RA, Bryden WL 2000 Phytate and phytase: consequences for protein utilisation. *Nutr Res Rev* 13:255-278.
- Selle PH, Walker AR, Bryden WL 2003 Total and phytate-phosphorus contents and phytase activity of Australian sourced feed ingredients for pigs and poultry. *Aust J Expt Agric* 45:475-479.
- Sharpley A 1999 Agricultural phosphorus, water quality and poultry production: are they compatible? *Poult Sci* 78:660-673.
- Shirley RB, Edwards HM 2003 Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. *Poult Sci* 82:671-680.
- Simons PCM, Versteegh HAJ, Jongbloed AW, Kemme PA, Slump P, Bos KD, Wolters MGE, Beudeker RF, Verschoor GJ 1990 Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br J Nutr* 64:525-540.
- Tyrrell HF, Brown ACG, Reynolds PJ, Haaland GL, Bauman DE, Peel CJ, Steinhour WD 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 EJ 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 Eu-

- ropean Communities. Elsevier Applied Science UK pp. 152-162.
- Viveros A, Conteno C, Brenes A, Canales R, Rozano A 2000 Phytase and acid phosphatase activities in plant feedstuffs. *J Agric Food Chem* 48:4009-4013.
- Zyla K, Koreleski J, Swiatkiewicz S, Piironen J, Ledoux DR 2001 Influence of supplemental enzymes on the performance and phosphorus excretion of broilers fed wheat-based diets to 6 weeks of age. *Anim Feed Sci Technol* 89:13-118.
- 日本中央畜産會. 1989. “家畜尿汚水の處理利用技術と事例”, 中央畜産會
- 齊藤 守 2001 ニワトリおよびブタから環境負荷物質の低減化に関する營養飼料學的研究の動向. *Anim Sci J* 72(8):177-199.
- 농촌진흥청/농업과학기술원 1999 친환경농업을 위한 가축 분뇨 퇴비·액비 제조와 이용.
- 한국사양표준(가금) 2007 농림부·농촌진흥청 국립축산과학원.
- 황보 중, 안정현, 정완태, 오상집, 이현정, 김원, 이선업, 홍의철 2007b Phytase 수준별 급여가 육계의 생산성, 인의 배설과 흡수 및 회장과 분에서 소화율에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(3):207-215.
- 황보 중, 안정현, 정완태, 오상집, 이현정, 김학규, 이선업, 홍의철 2007a Phytase 첨가가 산란계의 생산성, 난질, 질소와 인의 배설량 및 외장 소화율에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(2):119-128.
- (접수: 2009. 9. 22, 수정: 2009. 9. 28, 채택: 2009. 9. 28)