

사료내 Phytase 첨가가 육계의 생산성과 분뇨 배설량에 미치는 영향

황보 종^{1a,†} · 홍의철^{1a} · 강보석¹ · 김학규¹ · 허강녕¹ · 추효준¹ · 김원²

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²(주)밀테크

Effect of Dietary Phytase on Growth Performance and Excreta Excretion of Broilers

Jong Hwangbo^{1a,†}, Eui-Chul Hong^{1a}, Bo-Seok Kang¹, Hak-Kyu Kim¹, Kang-Nyeong Heo¹, Hyo-Jun Choo¹ and Won Kim²

¹National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan 331-801, Korea

²Millitech, Co., LTD., Seongnam 463-010, Korea

ABSTRACT This work was conducted to investigate the effects of phytase on the growth performance, excreta excretion, and N and P excretion of broilers for 7 weeks. One hundred ninety two Ross broiler (one-day-old) with average weight 44.7 ± 1.5 g were assigned randomly to 4 treatments groups (12 birds/pen, 4 pens/treatment) as 2×2 complex factors of sex of broiler (♂, ♀) and phytase 2 treatments (0, 300 FTU/kg), and fed experimental diets for 6 weeks (starter, 0~2 wk; earlier, 2~4 wk; finisher, 4~7 wk). The experimental diets included that phytase was added to the basal diet. Body weight was high at male treatment and at phytase treatment. Feed intake was high at male treatment and was no difference between phytase and non-phytase treatment. Feed efficiency was the highest at male and phytase treatment. Manure excretion was high at male treatment and reduced at phytase treatment. Excretion of N and P was high at male treatment and at non-phytase treatment. Finally, when phytase was added to basal diet, the growth performance of broilers was improved and excreta excretion and N and P excretion of broilers were decreased.

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

서 론

가축 분뇨 배설량의 정확한 조사는 분뇨의 효율적 처리를 위한 기초 자료를 제공함으로써 국가나 농장 단위에서 정확한 분뇨 배출원 단위 산출을 위해 매우 중요하다. 최근에는 축산 농가가 기업화 및 규모화로 되면서 분뇨 배설량이 증가되어 왔으며(농림수산식품부, 2009), 환경부고시 제1999-109호(1999)에 한우, 젓소, 돼지의 분뇨 배출원 단위를 발표하였다. 그러나 이후 축산농가의 품종 개량, 사료 이용 기술 증진 등 가축 관리기술의 향상과 아울러 세정수 사용량을 최소화하여 가축을 사육하는 기술이 발달함에 따라 축산 농가의 현실에 맞는 가축별 가축 분뇨 배출원 단위의 재조사가 필요하게 되었다. 따라서 10년이 지난 2008년에 산란계와 육계를 새롭게 포함한 5가축의 배설량을 측정하여 분뇨 배출원 단위를 재산정하였다(환경부, 2008).

농가에서 발생한 가축 분뇨 배설량은 가축의 사료, 가축의 연령, 가축의 상태, 사양 방법, 사용된 깔짚 등과 같은 요인들의 영향을 받는다(Mariakulandai and Manickam, 1975). 특히, 배합 사료는 분뇨 배설량뿐만 아니라 분뇨의 화학적 조성에도 영향을 미칠 수 있다. 사료 내 질소의 대부분은 단백질 형태로서 근육 대사에 따른 단백질의 변화와 아미노산의 이화학적 작용에 의해 대략 70~75%가 소실되거나 배설된다(Parsons, 1995). 즉, 소화되지 않은 질소는 분뇨로 배설되며, 소화된 질소는 체내에 흡수 이용된 후에 노로 배설된다. 인은 가금류의 골격 발달과 산란계에서의 계란 생산성 향상을 위한 주요 공급원이지만, 사료에 과다 공급할 경우 인의 배설량이 증가한다(Sharpley, 1999). 분뇨 중 과다한 질소와 인의 함량은 강과 호수의 부영양화의 원인이 되어 수질을 오염시키며(Correll, 1999), N의 일부는 NH₃로 발생되어 대기를 오염시킨다(Kristense and Wathes, 2000).

^a First two authors equally contributed to this work

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

Phytase는 현재 양계 농가를 비롯한 가축 농가에서 자주 사용되는 첨가제 중 하나이다. 가금류에서의 phytase 이용은 1962년에 병아리의 Ca과 P의 이용성을 증대시킨다고 처음으로 도입되었으나(Warden and Schaible, 1962), phytase 추출이 어렵고 사료 첨가제로서의 가격이 비쌌기 때문에, 30년 동안은 이용되지 않았다. 그러나 네덜란드에서 인의 환경 오염을 줄이기 위한 법률을 제정한 후, 1991년에 Simons et al. (1990)이 phytase가 인의 배설량 감소를 보고한 후 생산성 증가와 소화율 향상 및 배설량 감소에 주로 이용되어 왔다. 특히, phytase는 가금류에서 단백질의 생체 이용성을 증가시키고(Khrehbiel and Matthews, 2003; Cowieson et al., 2004), 사료 내 피트산염에 결합되어 있는 인을 분해시켜 인의 소화 및 체내 흡수를 돕기 때문에(Simons et al., 1990; Zyla et al., 2001), 분뇨 중의 질소나 인의 함량을 크게 감소시킨다.

따라서 본 연구는 환경오염의 원인이 되고 있는 가축, 특히 육계의 총 배설량과 질소와 인의 배설량을 조사하고, 육계사료 내 phytase의 첨가가 육계의 생산성과 분뇨 배설량의 감소에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

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. 공시 동물과 시험 설계

본 시험에 사용된 공시계는 1일령 Ross종 육계(평균체중 44.7±1.5 g) 192수를 선별하여 육계 초기(0~2주), 육계 전기(2~4주) 및 육계 후기(4~7주)의 7주 동안 사양 시험을 실시하였다. 시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 육계 사료를 한국사양표준(가금, 2007)에서 제시한 초기(CP 23%, ME 3,050 kcal/kg), 전기(CP 21%, ME 3,100 kcal/kg)와 후기(CP 19%, ME 3,150 kcal/kg)로 나누어 기초 사료로 하였으며(Table 1), 기초 사료에 phytase 300 FTU/kg을 첨가하였다. 황보종 등(2007b)은 육계의 생산성과 인 배설량 감소 시험에서 phytase를 300 FTU/kg과 600 FTU/kg을 첨가하였을 때, 생산성과 배설량에서 유사한 효과를 보인다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 경제적인 면을 고려하여 phytase를 최소 300 FTU/kg 첨가하여 효과를 보고자 하였다. 시험 설계는 육계의 성별(♂, ♀)과 phytase 첨가 유무에 따라 2×2의 반복 조건에 따른 총 4처리

구, 처리당 4반복, 반복당 12수씩 192수를 체중별로 완전 임의 배치하였다.

3. 사양 관리

사료와 물은 자유롭게 섭취하였으며, 24시간 연속 점등하였다. 시험 기간 중 계사 내 평균 온도는 입추시에는 34℃로 조절하였으며, 온도를 점점 낮추어 4주령 이후에는 24℃로 조절하였다. 계사 내 습도는 육계 초기에는 약 70%, 전기와 후기에는 약 60%를 유지하였다. 기타 사양관리는 농촌

Table 1. Formula and chemical composition of basal diets^a

Item	Starter (0~2 wk)	Earlier (2~4 wk)	Finisher (4~7 wk)
Ingredients (%)			
Corn	53.50	58.40	63.30
Wheat bran	2.45	2.10	1.80
Soybean meal	33.80	30.10	26.30
Corn gluten meal	3.50	3.00	2.50
Soybean oil	2.50	2.50	2.50
Limestone	1.10	1.00	1.00
Dicalcium phosphate	1.50	1.35	1.10
Salt	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.10	0.10	0.10
DL-Methionine	0.25	0.20	0.15
Vitamin-mineral premix ¹	1.00	1.00	1.00
Chemical composition ²			
ME (kcal/kg)	3,052	3,104	3,154
CP (%)	23.1	21.3	19.4
Lysine (%)	1.22	1.10	1.00
Non-phytate P (%)	0.47	0.43	0.38
Nitrogen (%)	3.70	3.41	3.10
Total phosphorus (%)	0.68	0.64	0.58

¹Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D₃, 2,100,000 IU; vitamin E 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,500 mg; vitamin B₂, 4,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; Ca-pantothenate, 8,500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg; folic acid, 600 mg; Co, 300 mg; Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

²Calculated values.

^aKorean Feeding Standard for Poultry(2007).

진흥청 국립축산과학원의 사양 관행에 따라서 수행하였다.

4. 조사 항목

1) 체중, 사료 섭취량 및 사료 효율

시험 기간 중 체중과 사료 섭취량을 매주 오전 10시에 측정하였다. 사료 섭취량은 사료 급여량에서 사료잔량을 제하여 계산하였다. 사료 효율은 증체량을 섭취량을 나누어 계산하였다.

2) 분뇨 배설량 및 질소와 인 함량

분뇨는 암수 각각 120수에서 매주 10수씩 선별하여 분뇨 발생량을 측정하였다. 분뇨 배설량의 정확한 측정을 위해, 0~2주령에는 5개의 대사 철케이지(29×30×27.5 cm)에 각각 2수씩 배치하고, 분변틀에서 오전과 오후에 각각 2회씩 채취하였으며, 2~7주령 분뇨는 시험계 각각의 항문에 부착된 플라스틱 분변 통을 이용하여 오전과 오후 일정한 시각에 채취하였다. 분변틀은 비닐을 깔 다음 일정시간 동안 수집된 분뇨에서 먼지, 비듬 및 털 등을 제거하여 분뇨를 채취하였다. 분뇨틀과 플라스틱 분변 통에는 0.05 M 황산을 약 10 mL씩 넣어 미생물에 의한 부패와 암모니아가스의 발생을 최소화하였다. 채취한 분뇨는 즉시 -20℃의 냉동고에 저장 보관하며, 일정량의 분뇨는 따로 70℃의 건조기에서 48시간 건조시



Fig. 1. Manure collection of broilers(0~2 weeks).



Fig. 2. Manure collection of broilers(2~7 weeks).

켜 1차 수분을 측정하였다. 분뇨는 60℃의 건조기에서 72시간 건조시키고, 분쇄하여 분석에 이용하였다.

사료와 분의 질소와 인 함량은 AOAC(1995)에 의해 분석하였다.

5. 통계처리

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

결과 및 고찰

1. 체중, 사료 섭취량 및 사료 효율

육계 초기(0~2주), 전기(2~4주), 후기(4~7주) 및 전 기간(0~7주)의 체중, 사료 섭취량 및 사료 효율을 Table 2에 나타내었다. 육계 초기 증체량은 수컷 병아리가 암컷 병아리보다 높았으며($P<0.05$), phytase 첨가구가 무첨가구에 비해 높게 나타났으며($P<0.01$). 이 시기의 사료 섭취량은 성별과 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다. 사료 효율은 phytase 첨가구가 무첨가구에 비해 높았으며($P<0.01$), 성별에 따른 차이는 없었다. 육계 전기의 증체량은 암컷보다는 수컷에서, phytase 무첨가구보다는 첨가구에서 높게 나타났고($P<0.05$), 사료 섭취량은 성별에 따른 차이는 없었으나, phytase 첨가 유무에 따라 차이를 보였다($P<0.05$). 사료 효율은 성별과 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다. 육계 후기에서의 증체량은 phytase 첨가구가 무첨가구에 비해 높게 나타났으며, 암컷에 비해 수컷에서 높았다($P<0.05$). 사료 섭취량은 수컷이 암컷에 비해 높았으나($P<0.05$), phytase 첨가 유무에 따른 차이는 없었고, 사료 효율은 증체량과 마찬가지로 phytase 첨가구에서 높았으나($P<0.05$), 성별에 따른 차이는 없었다. 육계 전기의 증체량은 암컷보다는 수컷에서, phytase 무첨가구보다는 첨가구에서 높게 나타났고($P<0.01$, $P<0.05$), 육계 전 기간 사료 섭취량은 수컷이 암컷에 비해 높았다($P<0.01$). phytase 첨가 유무에 따른 차이는 없었으며, 육계 초기와 전기 사료 효율은 phytase 첨가구에서 높게 나타났으나($P<0.05$), 후기 사료 효율은 phytase 첨가에 따른 차이가 없었다.

일반적으로 같은 사료 성분을 가진 사료를 암컷과 수컷에 급여하였을 때, 3주령까지 육계 암컷과 수컷의 증체량과 사료 섭취량은 유사하였으나, 4주령부터는 육계 수컷의 증체량이 암컷보다 높으며, 사료 섭취량은 암컷과 수컷이 유사하다(NRC, 1994). 최근 연구에서 사료 내 단백질 증가에 따

Table 2. Body weight gain, feed intake, and feed efficiency on the phytase in the diet of broiler chicks

Weeks	Phytase (FTU/kg)				SEM ¹	Gender		Phytase (FTU/kg)		P-values ²		
	0		300			♀	♂	0	300	Gender	Phytase	Gender× Phytase
	♀	♂	♀	♂								
----- Body weight gain (g) -----												
0~2	271 ^b	311 ^{ab}	341 ^{ab}	378 ^a	21.3	306	345	291	360	*	**	**
2~4	711 ^c	754 ^{ab}	735 ^b	784 ^a	15.7	723	769	733	760	**	*	*
4~7	1,442 ^b	1,614 ^{ab}	1,524 ^b	1,728 ^a	57.6	1,483	1,671	1,528	1,626	*	*	*
0~7	2,424 ^b	2,679 ^{ab}	2,601 ^b	2,889 ^a	62.2	2,513	2,784	2,552	2,745	*	*	*
----- Feed intake (g) -----												
0~2	365 ^b	405 ^{ab}	404 ^{ab}	425 ^a	17.4	385	415	385	415	NS	NS	*
2~4	1,226 ^b	1,261 ^b	1,274 ^a	1,327 ^a	28.9	1,250	1,301	1,244	1,294	NS	*	*
4~7	2,720 ^b	2,982 ^a	2,756 ^b	3,025 ^a	76.3	2,738	3,004	2,851	2,891	*	NS	*
0~7	4,311 ^b	4,648 ^a	4,434 ^{ab}	4,777 ^a	149.8	4,373	4,713	4,480	4,696	**	NS	*
----- Feed efficiency -----												
0~2	0.74 ^b	0.77 ^b	0.84 ^a	0.89 ^a	0.025	0.79	0.83	0.76	0.87	NS	**	**
2~4	0.58	0.60	0.58	0.59	0.038	0.58	0.60	0.59	0.59	NS	NS	NS
4~7	0.53	0.54	0.55	0.57	0.027	0.54	0.56	0.54	0.56	NS	NS	NS
0~7	0.56 ^b	0.58 ^{ab}	0.59 ^{ab}	0.61 ^a	0.014	0.58	0.60	0.57	0.60	NS	*	*

¹Pooled standard error of the mean for 192 broilers per treatment.

²Provability of contrast: * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

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

른 사료 효율과 증체량은 육성기(11~26일령) 동안에는 암컷과 수컷 육계 사이에서 유사하였으나, 비육기(26~41일령) 동안에는 수컷에서 높은 생산성을 나타내었다(Eits et al., 2003). 또한, Taherkhani et al.(2008)은 21~42일령 사이의 육계 암수 생산성은 수컷이 암컷보다 우수하였다. 본 시험에서는 전체 기간 동안 수컷의 증체량이 암컷에 비해 높았다. 이런 결과는 성장에 대한 특성이 암컷보다는 수컷에서 높다(Cherry et al., 1978)는 연구 결과와 관련하여 육계의 성장이 수컷에서 더 빠르게 일어나는 것이라 사료된다.

Simons et al.(1990)은 0.45%의 인이 함유된 사료에 phytase 첨가시 0~24일령 육계의 증체량과 사료 효율을 증가시켰다. 그러나, Selle et al.(2003)은 사료 내 인 함량이 충분한 경우에는 phytase가 육계의 생산성에 영향을 주지 않는다. 또한, phytase에 대한 사료 효율은 시간에 따라 변화한다(Rosen, 2003). 본 시험에서도 phytase 첨가구가 증체량과 사료 효율에서 증가하였다($P<0.05$). 이것은 phytase 공급이 피트산염 분해를 활성화하여 영양소의 흡수 이용성을 높여주

었기 때문이라 사료된다.

2. 분뇨 배설량

Table 3은 성장기에 따른 사료 섭취량, 분뇨 배설량 및 배설율을 나타낸 것이다. 사료 섭취량은 앞에서 제시한 사료 섭취량과 동일한 경향을 나타내었다. 분뇨 배설량과 배설율은 육계 초기, 전기, 후기 및 전 기간 동안 성별에 따른 차이는 없었으며, phytase 무첨가구가 첨가구에 비해 높았다($P<0.05$).

본 연구에서 조사된 1~7주 동안의 phytase 무처리구 육계의 배설량은 암수 모두 Harada(1996)가 발표한 암수 평균 130 g/수/일과 유사하였으며, 농촌진흥청(1999)에서 제시한 암수 각각 102.5와 107.5 g/수/일보다는 높았다. 이런 결과는 지난 10년 동안에 육계의 유전적 형질 개선에 따라 동일한 주령의 체중이 증가하고, 체중의 증가에 따라 육계의 사료 섭취량과 음수량도 증가한다고 사료된다. 또한, 육계의 영양소 요구량이 높아지면서 사료의 단백질 함량과 에너지 수준

Table 3. Effect of phytase on feed intakes and excreta excretion of broilers

Weeks	Phytase (FTU/kg)				SEM ¹	Gender		Phytase (FTU/kg)		P-values		
	0		300			♀	♂	0	300	Gender	Phytase	Gender×Phytase
	♀	♂	♀	♂								
----- Feed intake (g/bird/d, DM Basis) -----												
0~2	45.9 ^b	51.5 ^a	50.8 ^{ab}	54.0 ^a	2.49	48.4	52.8	48.7	52.4	NS	NS	*
2~4	154.1 ^b	158.5 ^b	162.0 ^a	164.9 ^a	4.13	158.1	161.7	156.3	163.5	NS	NS	*
4~7	341.9 ^b	379.1 ^a	346.5 ^b	384.6 ^a	10.91	344.2	381.9	360.5	365.6	**	NS	**
0~7	542.0 ^b	589.2 ^a	559.2 ^b	603.6 ^a	15.42	550.7	596.4	565.5	581.5	**	NS	**
----- Excreta excretion (g/bird/d, DM Basis) -----												
0~2	8.9 ^a	8.5 ^a	7.1 ^{ab}	6.4 ^b	0.49	8.0	7.5	8.7	6.8	NS	**	*
2~4	48.9 ^a	51.0 ^a	39.6 ^b	40.6 ^b	2.28	44.3	45.8	50.0	40.1	NS	**	**
4~7	167.4 ^a	171.7 ^a	135.7 ^b	145.6 ^b	5.98	151.6	158.7	169.6	140.7	NS	**	**
0~7	225.2 ^a	231.2 ^a	182.4 ^b	192.6 ^b	7.75	203.8	211.9	228.2	187.5	NS	*	*
----- Excretion ratio (%) -----												
0~2	0.19 ^a	0.17 ^a	0.14 ^{ab}	0.12 ^b	0.016	0.17	0.15	0.18	0.13	NS	**	**
2~4	0.32 ^a	0.32 ^a	0.24 ^b	0.25 ^b	0.022	0.28	0.29	0.32	0.25	NS	**	**
4~7	0.49 ^a	0.45 ^{ab}	0.39 ^b	0.38 ^b	0.026	0.44	0.42	0.47	0.39	NS	**	**
0~7	0.42 ^a	0.39 ^{ab}	0.33 ^b	0.32 ^b	0.024	0.38	0.36	0.41	0.33	NS	**	**

¹Pooled standard error of the mean for 192 broilers per treatment.

²Provability of contrast: **P*<0.05, ***P*<0.01.

^{a-c}Means with different superscripts in the same row differ significantly (*P*<0.05).

이 높아졌으며, 다양한 사료 배합 프로그램과 새로운 사료 첨가제의 이용으로 사료의 품질이 향상되면서 1999년도에 비해 많은 양의 사료를 섭취하게 됨으로써 분뇨 배설량의 증가를 나타낸다.

Phytase 첨가구에서 1~7주 동안의 암수 분뇨 배설량은 Harada(1996)의 결과보다 낮았으며, 농촌진흥청(1999)의 결과와 유사하게 나타났다. 이미 많은 연구에서 phytase 첨가 시에 질소와 인의 소화율이 증가되며, 분뇨로 배설되는 질소와 인의 함량이 감소되는 것으로 알려져 왔다(Simons et al., 1990; Kornegay, 1996; Sebastian et al., 1997; Kornegay et al., 1999; Namkukg and Leeson, 1999; Zhang et al., 1999; Camden et al., 2001; Dilger et al., 2004; Zyla et al., 2001; Onyango et al., 2005; 황보종 등, 2007a,b). 이것은 사료 내 질소와 인이 다량으로 체내에 흡수된다는 것을 의미하며, 이에 따라 배설되는 분뇨 내 질소와 인의 함량도 감소되는 것이라고 사료된다.

본 시험에서 조사된 육계의 수분 함량은 평균 76.1%로서 Ostrander(1965)가 보고한 75~80%와 유사한 경향을 보였으며, 닭의 생리학적 특성상 분뇨의 수분 함량은 일정하게 유지된다고 사료된다.

3. 질소와 인의 섭취량과 배설량

Table 4 및 Table 5는 육계의 질소와 인 섭취량, 배설량 및 배설율을 나타낸 것이다. 육계 초기와 전기의 질소 섭취량은 성별과 phytase 첨가 유무에 따른 차이가 없었다. 육계 후기와 전 기간 동안의 질소 섭취량은 수컷이 암컷에 비해 높았으며(*P*<0.05), phytase 첨가 유무에 따른 차이는 없었다. 질소 배설량의 성별에 따른 차이는 육계 후기에 나타났으며, 육계 초기, 전기, 후기 및 전 기간 동안 phytase의 첨가구가 무첨가구보다 배설량이 낮게 나타났다. 배설율은 육계 초기에는 성별과 phytase 첨가유무에 따른 차이가 없었다. 육계 전기, 후기 및 전 기간 동안에는 암수 차이가 없었으며,

Table 4. Effects of phytase on the intakes and the excreta of nitrogen (N) of broilers

Weeks	Phytase (FTU/kg)				SEM ¹	Gender		Phytase (FTU/kg)		P-values		
	0		300			♀	♂	0	300	Gender	Phytase	Gender×Phytase
	♀	♂	♀	♂								
----- Intake (g/bird/d, DM Basis) -----												
0~2	1.70 ^c	1.91 ^{ab}	1.88 ^b	2.00 ^a	0.046	1.79	1.96	1.81	1.94	*	*	*
2~4	5.27 ^c	5.42 ^b	5.54 ^{ab}	5.64 ^a	0.057	5.41	5.53	5.35	5.59	*	**	**
4~7	10.60 ^b	11.75 ^a	10.74 ^b	11.92 ^a	0.078	10.67	11.84	11.18	11.33	**	NS	**
0~7	17.57 ^b	19.08 ^a	18.16 ^b	19.56 ^a	0.181	17.87	19.32	18.33	18.86	**	NS	**
----- Excreta (g/bird/d, DM Basis) -----												
0~2	0.44	0.48	0.43	0.45	0.028	0.44	0.47	0.46	0.44	NS	NS	NS
2~4	1.30 ^{ab}	1.43 ^a	1.12 ^b	1.20 ^{ab}	0.098	1.21	1.32	1.37	1.16	NS	*	*
4~7	2.73 ^{ab}	3.09 ^a	2.36 ^b	2.70 ^{ab}	0.171	2.55	2.90	2.91	2.53	*	*	*
0~7	4.47 ^{ab}	5.00 ^a	3.91 ^b	4.35 ^{ab}	0.207	4.19	4.68	4.74	4.13	NS	*	*
----- Excretion ratio (%) -----												
0~2	25.9	25.1	22.9	22.5	1.52	24.4	23.8	25.5	22.7	NS	NS	NS
2~4	24.7 ^a	26.4 ^a	20.2 ^b	21.3 ^{ab}	1.68	22.4	23.8	25.5	20.8	NS	*	*
4~7	25.8 ^a	26.3 ^a	22.0 ^b	22.7 ^{ab}	1.35	23.9	24.5	26.0	22.3	NS	*	*
0~7	25.4 ^a	26.2 ^a	21.5 ^b	22.2 ^{ab}	1.15	23.5	24.2	25.8	21.9	NS	*	*

¹Pooled standard error of the mean for 192 broilers per treatment.

²Provability of contrast: * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

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

phytase 첨가구에서 배설율이 낮아져($P<0.05$) 개선 효과를 보여 주었다.

인의 섭취량은 육계 초기와 전기에는 성별과 phytase 첨가 유무에 따른 차이는 없었다. 육계 후기와 전 기간 동안에는 수컷의 섭취량이 높았으며($P<0.05$), phytase 첨가 유무에 따른 차이는 없었다. 인 배설량의 성별에 따른 차이는 육계 후기에 나타났으며, 육계 초기, 전기, 후기 및 전 기간 동안 phytase 첨가 유무에 따라 인의 배설량에 차이가 나타났다($P<0.01$). 배설율은 육계 전기, 후기 및 전 기간 동안에는 암수 성별에 따른 차이가 없었으며, phytase 첨가구가 무첨가구에서 배설율이 낮아졌다($P<0.05$).

질소와 인의 배설량에서 수컷이 암컷보다 높은 이유는 수컷의 사료 섭취량이 암컷에 비해 높아서 배설되는 양도 높은 것으로 사료된다.

일반적으로 사료를 섭취하는 경우에는 사료내 피틴산염이 단백질과 전기 결합되어 펩신에 의한 소화율 억제시키기

때문에 체내에서 흡수되지 않고 배설되는 영양소의 양이 많다(Selle et al., 2000). Phytase의 첨가는 피틴산염과 단백질의 결합을 끊어주어 단백질의 소화를 돕는다(Camden et al., 2001; Dilger et al., 2004; Rutherford et al., 2004; Coweison et al., 2004; Ravindran et al., 2006). 사료와 분 중 단백질 함량은 질소의 함량으로 계산되며, 단백질 배설량은 질소의 배설량으로 이어진다. 결과적으로 사료내 phytase 첨가는 배설되는 질소의 양을 감소시키는 역할을 한다고 사료된다.

이런 원리는 인에서도 마찬가지로, 사료 내 인은 피틴산염과 결합되어 있으며, 이러한 인을 피틴태인이라고 한다(Coweison et al., 2006; Selle and Ravindran, 2007; 황보중 등, 2007a,b). 피틴태인은 유기태인으로 소화가 되지 않으며, 가축이 체내에서 이용하기 어렵다. 사료 내 phytase 첨가는 피트산염과 인을 분해시켜 주며, 이렇게 분리된 인을 비피틴태인 혹은 무기태인이라고 한다(Coweison et al., 2006; Selle and Ravindran, 2007; 황보중 등, 2007a,b). 무기태인은 체내

Table 5. Effects of phytase on the intakes and the excreta of phosphorus (P) of broilers

Weeks	Phytase (FTU/kg)				SEM ¹	Gender		Phytase (FTU/kg)		P-values		
	0		300			♀	♂	0	300	Gender	Phytase	Gender×Phytase
	♀	♂	♀	♂								
----- Intake (g/bird/d, DM Basis) -----												
0~2	0.32	0.36	0.35	0.37	0.006	0.34	0.37	0.34	0.36	NS	NS	NS
2~4	0.97	1.00	1.02	1.04	0.042	1.00	1.02	0.99	1.03	NS	NS	NS
4~7	1.98 ^b	2.20 ^a	2.01 ^{ab}	2.23 ^a	0.053	2.00	2.22	2.09	2.12	*	NS	*
0~7	3.27 ^b	3.56 ^a	3.38 ^{ab}	3.64 ^a	0.101	3.34	3.61	3.42	3.51	*	NS	*
----- Excreta (g/bird/d, DM Basis) -----												
0~2	0.22 ^a	0.21 ^a	0.18 ^{ab}	0.17 ^b	0.011	0.20	0.19	0.22	0.18	NS	**	**
2~4	0.69 ^a	0.73 ^a	0.60 ^b	0.63 ^{ab}	0.031	0.65	0.68	0.71	0.62	NS	**	**
4~7	1.55 ^b	1.80 ^a	1.34 ^b	1.52 ^b	0.077	1.45	1.66	1.68	1.43	*	**	**
0~7	2.46 ^{ab}	2.70 ^a	2.12 ^b	2.36 ^b	0.119	2.29	2.53	2.58	2.24	NS	**	**
----- Excretion ratio (%) -----												
0~2	68.8 ^a	58.3 ^{ab}	51.4 ^b	46.0 ^b	5.53	60.1	52.2	63.6	48.7	NS	**	**
2~4	71.1 ^a	73.0 ^a	58.8 ^b	60.6 ^b	3.28	65.0	66.8	72.1	59.7	NS	**	**
4~7	78.3 ^{ab}	81.8 ^a	66.7 ^b	68.2 ^{ab}	4.41	72.5	75.0	80.1	67.5	NS	*	*
0~7	75.2 ^a	75.8 ^a	62.7 ^b	64.8 ^{ab}	3.97	69.0	70.3	75.5	63.8	NS	**	**

¹Pooled standard error of the mean for 192 broilers per treatment.

²Provability of contrast: *P<0.05, **P<0.01.

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

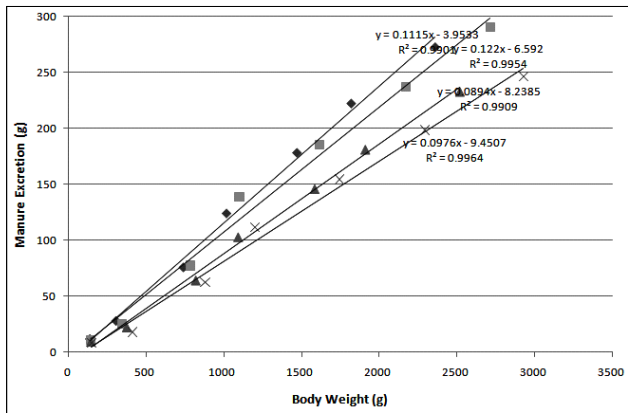


Fig. 3. Fecal excreta dependent upon body weight of broilers(◆, Female, phytase 0 FTU/kg; ■, Male, phytase 0 FTU/kg; ▲, Female, phytase 300 FTU/kg; ×, Male, phytase 300 FTU/kg).

에서 이용 가능하기 때문에 무기태인이 증가하면 인의 체내 이용율이 높아져 배설량도 감소된다고 사료된다.

적 요

본 시험은 사료 내 phytase 첨가가 육계 암수의 생산성과 분뇨 배설량 및 질소와 인의 배설량에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행하였다. 공식계는 1일령 Ross종 육계(평균체중 44.7±1.5 g) 192수를 선별하였으며, 육계의 성별(♂, ♀)과 phytase 첨가 유무(0, 300 FTU/kg)에 따라 2×2의 총 4처리구, 처리당 4반복, 반복당 12수씩 체중별로 완전임의 배치하였다. 시험 사료는 육계 초기(0~2주), 전기(2~4주)와 후기(4~7주)의 기초 사료에 phytase를 첨가하였다. 증체량은 수컷이 암컷에 비해 높게 나타났으며, phytase 첨가구가 높게 나타났다(P<0.05). 사료 섭취량은 수컷이 암컷에 비해 높았으며, phytase 첨가 유무에 따른 차이는 없었다(P>0.05). 사료 효율은 phytase 첨가구의 수컷에서 가장 높게 나타났다(P<0.05). 분뇨 배설량은 수컷이 높게 나타났으며, phytase 첨가구에서 감소하였다(P<0.05). 질소와 인의 배설량은 수컷이 높았으며, phytase 무첨가구가 첨가구에 비해 높았다(P<

0.05). 따라서, 사료 내 파이타제 첨가 시 육계의 생산성이 개선되고, 분뇨, 질소 및 인의 배설량이 감소된다.

(색인어 : phytase, 생산성, 분뇨 배설량, 질소와 인의 배설량)

사 사

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

인용문헌

- AOAC 1995 Official Method of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC USA P1-43.
- 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.
- Cherry JA, Siegel PB, Beane WL 1978 Genetic-nutritional relationships in growth and carcass characteristics of broiler chickens. *Poultry Sci* 57:1482-1487.
- Correll DL 1999. Phosphorus: A rate limiting nutrient in surface waters. *Poultry 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. *Poultry Sci* 85:878-885.
- Dilger RN, Onyango EM, Sands JS, Adeola O 2004 Evaluation of microbial phytase in broiler diets. *Poultry Sci* 83:962-970.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Eits RM, Kwakkel RP, Verstegen MWA, Emmans GC 2003 Responses of broiler chickens to dietary protein: Effects of early life protein nutrition on later responses. *Br Poult Science* 44:398-409.
- Harada Y 1996 Animal manure recycle systems and its utilization in Japan. *Proceedings of the 8th AAAP Animal Science Congress* pp. 99-108.
- Khrehbiel CR, Matthews JC 2003 Absorption of amino acids and peptides. In: D'Mello J.P.F. (Ed.), *Amino Acids in Animal Nutrition*. second ed. CABI pp. 41-70.
- Kornegay ET 1996 Effect of Natuphos[®] phytase on protein and amino acid digestibility and nitrogen retention in poultry. In: *Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*. BASF Corporation, Mount Olive NJ pp. 493-514.
- Kornegay ET, Zhang Z, Denbow DM 1999 Influence of microbial phytase supplementation of a low protein/amino acid diet on performance, ileal digestibility of protein and amino acids, and carcass measurements of finishing broilers. In: *Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*. second revised ed. BASF Corporation, Mount Olive NJ pp. 557-572.
- Kristensen HH, Watches CM 2000 Ammonia and poultry welfare: A review. *World's Poult Sci J* 56:235-245.
- Mariakulandai A, Manickam TS 1975 Chemistry of Fertilizers and Manures. Asia Publ House, New York, USA, pp. 224-230.
- Namkung H, Leeson S 1999 Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolisable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids. *Poultry Sci* 78:1317-1319.
- National Research Council 1994 Nutrient Requirements of Poultry, ninth revised ed. National Academy Press, Washington DC.
- Onyango EM, Bedford MR, Adeola O 2005 Efficacy of an evolved *Escherichia coli* phytase in diets for broiler chicks. *Poultry Sci* 84:248-255.
- 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): 1266-1274.
- Parsons CM 1995 Nutrient utilization and methods of assessment. an environmental perspective. In: *Deagussa Technical Symposium*, May 17, Marriott Hotel, Indianapolis IN USA pp. 1-5.
- 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. *Poultry Sci* 85:82-89.
- Rosen G 2003 Microbial phytase in broiler nutrition. In: Garnsworthy PC, Wiseman J(Eds), *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 105-117.
- 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. *Poultry Sci* 83:61-68.
- SAS 1999 SAS User Guide. release 6.11 edition. SAS Inst Inc Cary NC USA.
- Sebastian S, Touchburn SP, Chavez ER, Lague PC 1997 Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. *Poultry Sci* 76:1760-1769.
- 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, Ravindran V, Ravindran G, Pittolo PH, Bryden WL 2003 Influence of phytase and xylanase supplementation on growth performance and nutrient utilisation of broilers offered wheat-based diets. *Asian-Aust J Anim Sci* 16:394-402.
- Sharpley A 1999 Agricultural phosphorus, water quality and poultry production: are they compatible? *Poultry Sci* 78: 660-673.
- 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.
- Taherkhani R, Shivazad M, Zaghari M, Shahneh AZ 2008 Comparison of different ideal amino acid ratios in male and female broiler chickens of 21 to 42 days of age. *J Poult Sci* 45:15-19.
- Warden WK, Schaible PJ 1962 Preliminary investigations concerning utilization of phytin phosphorus by the chick. *Poultry Sci* 41 (Abstract).
- Zhang X, Roland DA, McDaniel GR, Rao SK 1999 Effect of Natuphos[®] phytase supplementation to feed on performance and ileal digestibility of protein and amino acids in broilers. *Poultry Sci* 78:1567-1572.
- 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.
- 농림수산물부 2009 축산분야의 바이오가스 산업 이용과 활성화 방안.
- 농촌진흥청/농업과학기술원 1999 친환경농업을 위한 가축 분뇨 퇴비·액비 제조와 이용.
- 한국사양표준(가금) 2007 농림수산부 농촌진흥청 국립축산과학원.
- 환경부 2008 가축 분뇨 배출원단위 재산정.
- 환경부고시 제1999-109호 1999 가축별 가축 분뇨 배출원 단위.
- 황보종, 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.
- 황보종, 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: 2011. 9. 1, 수정: 2011. 9. 27, 채택: 2011. 10. 7)