

육계에 있어 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장 및 혈액성상에 미치는 영향

이원백 · 김인호[†] · 홍종욱 · 권오석 · 민병준 · 손경승 · 정연권¹

단국대학교 동물자원과학과, ¹서봉바이오테크

Effects of Dietary Germanium Biotite on Growth Performance and Blood Characteristics in Broiler Chicks

W. B. Lee, I. H. Kim[†], J. W. Hong, O. S. Kwon, B. J. Min, K. S. Shon and Y. K. Jung¹

Department of Animal Resource & Science, Dankook University,

¹Seobong Biobestech. Co., Ltd.

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the effect of germanium biotite on the growth performance, blood composition, fecal NH₃-N and volatile fatty acid(VFA) in broiler chicks. Two hundred forty broiler chicks were randomly allocated into five treatments with four replicates for five weeks. Dietary treatments included 1) Control, 2) GB1(basal diet + 200 mesh 0.5%), 3) GB2(basal diet + 325 mesh 0.5%), 4) GB3(basal diet + 200 mesh 1.0%) and 5) GB4(basal diet + 325 mesh 1.0%). For overall period, weight gain, feed intake and feed conversion were not significantly different among treatments (P>0.05). Digestibilities of nutrients were not affected by adding GB(P>0.05). No differences occurred in red blood cell(RBC), white blood cell(WBC), hematocrit(HCT), hemoglobin(Hb), lymphocyte, monocyte and platelet of blood among the treatments (P>0.05). Fecal NH₃-N concentration of chicks fed GB1.0 diets(GB3 and GB4) was lower(P<0.03) than chicks fed GB0.5 diets(GB1 and GB2). Propionic acid and butyric acid in feces of chicks fed GB diets were lower(P<0.04) than in chicks fed control diet. GB diets reduced fecal acetic acid significantly compared to control (P<0.01). Also, acetic acid of feces in chicks fed GB1.0 diets(GB3 and GB4) was lower(P<0.02) than GB 0.5 diets(GB1 and GB2) treatments. In conclusion, dietary germanium biotite was an effective means of decreasing fecal NH₃-N and volatile fatty acid(VFA) emission.

(Key words : germanium biotite, growth, blood characteristics, broiler chicks)

서론

가축영양에서 미량 광물질의 역할과 요구량이 구명되어 가축 사료에 결핍된 광물질의 첨가는 가축의 생산성 향상에 필수적이다. 이러한 역할을 할 수 있을 것으로 기대되는 규산염계 광물질은 전 세계적으로 약 40여종이 존재하며(Scheieler, 1990), 우리나라는 광물학적으로 규산염계 토양으로 구성되어 있으며 이에 속하는 점토광물 역시 다양하게 분포되어 있다(엄 등, 1993). 규산염 광물질에서 zeolite, bentonite 및 kaolin 등은 가축용 사료 첨가제로서 이용되며(이 등, 1996), biotite도 보조사료로서 지정되어 있다.

우리나라와 같이 자원이 부족한 국가에서 점토광물(clay mineral)과 같은 부존자원의 활용으로 외화를 절약할 수 있

다. 가축 사료내 광물질의 첨가 효과에 대한 연구 결과로서, 손과 박(1997)은 육계 사료내 0.3% 맥반석 첨가가 배설물의 수분함량 감소 및 사료의 영양소를 효율적으로 이용할 수 있다고 하였으며, 양 등(2000)은 적갈색을 갖는 다공성 화산 쇄설물인 scoria를 육성-비육돈 사료에 첨가하여 급여시에 도체 A등급 출현율이 유의적으로 높았다고 하였다.

게르마늄 흑운모는 미량광물질로 장식, 전기석 등이 포함되어 있으며, 면역강화 작용(Suzuki 등, 1986) 및 virus 감염 치료(Asc 등, 1989), 산소공급증진(Levine와 Kidd, 1986), 혈액정화(Sandra, 1988), 인터페론 분비 유도(Aso 등, 1982) 등 다양한 약리작용을 지닌 게르마늄을 36ppm 함유하고 있다. 이러한 측면에서 수천만톤이 매장된 것으로 추정되는 게르마늄 흑운모를 양계사료에 첨가하면 생산성과 사육환경은

개선될 수 있을 것으로 사료된다.

그러므로 본 연구는 게르마늄 혹은 흑운모의 사료첨가제로서 가치 평가 및 환경친화적 저공해성 사료개발을 위하여 육계 사료내 게르마늄 혹은 흑운모의 첨가가 성장 및 혈액성상과 분내 암모니아태 질소에 미치는 영향을 구명하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 설계

본 시험은 2일령의 Arbor Acre Broiler(♂)병아리 240수(평균 35.3±0.2)를 공시하였고 사양실험은 5주간 케이지에서 실시하였으며, 사육실의 온도는 초기 34℃±1℃에서 매일 1℃씩 감온하여 약 22℃로 시험 종료시까지 유지하였다. 점등은 입추시부터 3일령까지는 24시간 점등, 4일령부터 7일령까지는 23시간 점등 : 1시간 소등, 이후부터 시험 종료시까지 야간 간헐 점등은 1L : 2D로 실시하였으며, 사료와 물은 자유로 섭취하도록 하였다.

실험 설계는 육계 전기사료(Table 1)를 대조구(Control ; basal diet)로 하여 기초사료에 게르마늄 혹은 흑운모((주)서봉바이오 베스텍) 200 mesh를 0.5% 첨가한 구(GB 0.5~200), 게르마늄 혹은 흑운모 200 mesh를 1.0% 첨가한 구(GB 1.0~200), 게르마늄 혹은 흑운모 325 mesh를 0.5% 첨가한 구(GB 0.5~325) 그리고 게르마늄 혹은 흑운모 325 mesh를 1.0% 첨가한 구(GB 1.0~325)로 5개 처리를 하였으며, 처리당 4반복, 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다.

2. 조사항목 및 방법

1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

증체량은 개시시와 1주, 3주 그리고 종료시에 처리구별로 체중을 측정하여 구하였다. 사료섭취량은 1주, 3주 그리고 종료시에 사료급여량으로 부터 잔량을 제하여 구하였고, 사료요구율은 시험 기간중의 사료섭취량을 증체량으로 나누어 구하였다.

2) 영양소 이용율

사양시험 종료 10일전 사료와 배설된 분을 전분채취법으로 채취하여 60℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 다음 분쇄하여 건물과 질소소화를 분석에 이용하였다. 모든 화학분석은 AOAC(1995)에 의해 분석하였다.

Table 1. Basal diet composition

Ingredients	%
Corn	46.31
Soybean meal	36.04
Wheat bran	10.00
Soybean oil	4.32
Dicalcium phosphate	1.16
Limestone	1.40
Salt	0.40
DL-methionine(98%)	0.16
Vitamin premix ¹	0.10
Trace mineral premix ²	0.10
Chemical composition ³	
ME, kcal/kg	3,200
Ca, %	0.92
Available P, %	0.32
Crude protein, %	21.00
Lysine, %	1.18
Methionine, %	0.50
Met+cys, %	0.83

¹ Provided the following per kg of diet: vitamin A, 16,250 IU; vitamin D₃, 3,250 IU; vitamin E, 8 IU; vitamin K₃, 4mg; vitamin B₂, 10mg; vitamin B₁₂, 12 µg; Ca-pantothenic acid, 40 mg; niacin, 50 mg; choline chloride, 180 mg and folic acid, 0.6 mg.

² Provided the following per kg of diet : Mn, 120 mg; Zn, 90 mg; Fe, 40 mg; Cu, 5 mg; I, 1.5 mg and Se, 0.1 mg.

³ Calculated value.

3) 혈액성상

사양 시험 종료 시 처리구당 임의로 8수씩 채취 후 분석에 이용하였다. 혈액채취는 마리당 4.0ml씩 익정맥에서 채혈하였고 채혈 즉시 4℃의 냉장고에 보관한 다음 1시간 이내에 4℃에서 2,000×g로 30분간 원심분리하여 혈장을 채취하였다. 혈액검사는 자동혈액분석기(ADVID120, Bayer, USA)를 이용하여 red blood cell(RBC), white blood cell(WBC), hematocrit(HCT), hemoglobin(Hb), lymphocyte, monocyte 그리고 platelet count를 측정하였다.

4) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 채취한 후, 동결건조기(PVTFD10A)를 이용하여 건조시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은

Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H₂SO₄ 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유착액에 phenolphthalein 2~3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator(HEIDOLPH)를 이용하여 건조시킨 후 phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨 후 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 1ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45µm membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 투입하였다.

4. 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리기간의 평균을 orthogonal contrasts를 이용하여 1) 대조구 vs GB첨가구, 2) 200 mesh vs 325 mesh, 3) 0.5% vs 1.0%로 분리하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

게르마늄 흑운모의 사료내 첨가가 육계의 증체량, 사료섭취량, 사료요구율에 미치는 영향은 Table 2에 나타났다. 전체 사양시험기간 5주간에 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 통계적인 차이를 나타내지 않았다(P>0.05).

이러한 연구결과는 문과 백(1989)이 규산염 광물질인 zeolite의 수준별 첨가시험에서 증체량과 사료섭취량은 zeolite 2% 처리구에서 높았지만 처리구간 유의성은 없었으며, 이 (1975), 민 등(1988)도 사료내 zeolite를 첨가시에 성장율과 사료효율에 영향을 미치지 않았다는 보고와 동일한 경향을 나타냈다. 그러나 Onagi(1966), 정 등(1978), Willis 등(1982) 및 장 등(1983)의 zeolite 첨가시에 증체량이나 사료효율이 향상되었다는 보고와는 다른 경향을 보였다.

Table 2. Effects of dietary germanium biotite on growth performance in broiler chickens

Item	Particle size					SE	Contrast ²		
	CON	200 mesh		300 mesh			1	2	3
		GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹				
Week 0 to 1									
Weight gain(g)	100.51	105.38	106.00	105.06	103.31	2.39	0.12	0.54	0.82
Feed intake(g)	117.03	111.95	118.13	121.73	116.73	5.34	0.99	0.45	0.91
Feed/gain	1.16	1.06	1.11	1.16	1.13	0.08	0.21	0.27	0.76
Week 1 to 3									
Weight gain(g)	525.16	539.67	524.02	539.77	521.66	9.42	0.57	0.91	0.90
Feed intake(g)	476.00	468.08	486.13	460.00	478.53	20.32	0.9	0.39	0.71
Feed/gain	0.91	0.87	0.93	0.85	0.92	0.04	0.84	0.37	0.59
Week 3 to 5									
Weight gain(g)	811.12	824.66	849.38	862.06	852.02	20.42	0.14	0.35	0.73
Feed intake(g)	1273.20	1270.85	1298.63	1287.83	1251.63	33.00	0.92	0.66	0.9
Feed/gain	1.57	1.54	1.53	1.49	1.47	0.02	0.78	0.04	0.26
Week 0 to 5									
Weight gain(g)	1436.79	1469.71	1479.40	1506.89	1476.99	23.06	0.66	0.57	0.75
Feed intake(g)	1866.23	1850.88	1902.89	1869.56	1846.89	37.34	0.98	0.84	0.77
Feed/gain	1.30	1.26	1.29	1.24	1.25	0.02	0.48	0.54	0.99

Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%.

Table 3. Effects of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in broiler chicks

Item	Particle size					SE	Contrast ²		
	200 mesh		300 mesh		1		2	3	
	CON	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹					GB1.0 ¹
Dry matter	72.56	71.17	74.80	70.89	74.69	1.76	0.87	0.91	0.06
Nitrogen	61.05	60.91	61.52	62.36	62.92	4.33	0.86	0.75	0.90
Calcium	47.08	46.68	49.05	47.28	47.92	2.05	0.78	0.90	0.48
Phosphorus	39.73	38.76	39.09	41.73	40.16	4.67	0.97	0.67	0.90

¹ Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

² Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%.

2. 건물 및 영양소 이용율

육계 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가에 따른 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 외관상 건물과 질소 소화율은 처리구간에 통계적인 차이가 없었으며, 칼슘과 인의 소화율도 동일한 경향을 보였지만 문(1990)이 zeolite 1.5% 첨가와 Ca의 수준별 첨가로 건물 이용율이 증가하는 경향을 보였다는 결과와는 다른 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 사료에 규산염 광물질 게르마늄 흑운모를 첨가하여 가축에 미치는 영향에 대한 연구가 앞으로 더욱 필요함을 시사한다.

3. 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Platelet 함량

게르마늄 흑운모의 사료내 첨가에 따른 혈청내 RBC, WBC,

HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Platelet 함량은 Table 4에 수록하였다. RBC와 WBC는 각각 2.52~2.58($\times 10^6/\text{mm}^3$)와 314.19~335.0($\times 10^3/\text{mm}^3$)으로 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. HCT는 26.5~26.88(%)로 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 오(1986)는 쥐에서 혈평전가운모와 운모의 첨가가 대조구에 비하여 유의적인 증가를 보였다고 하였지만 본 연구에서, Hb는 8.73~9.50(g/dl)로서 처리구간에 차이를 보이지 않았다. Brij와 Rawnsley(1990)는 닭의 정상적인 헤모글로빈 농도는 7.50~13.18g/dl라고 하였는데 본 연구에서도 정상적인 수치를 나타낸 것으로 보인다. Lymphocyte 및 monocyte는 처리구간의 유의적인 차이는 없었으며 Platelet의 값도 동일한 경향을 보였다. 이러한 결과로, 규산염계 다공성 광물질인 germanium biotite은 가금에서 혈청의 변화에 미치는 영향이 적었지만 연구결과들이 소수에 불과하므로 이

Table 4. Effects of dietary germanium biotite on blood characteristics in broiler chicks

Item	Particle size					SE	Contrast ²		
	200 mesh		300 mesh		1		2	3	
	CON	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹					GB1.0 ¹
RBC ³ , $\times 10^6/\text{mm}^3$	2.55	2.58	2.54	2.54	2.52	0.07	0.92	0.67	0.67
WBC ⁴ , $\times 10^3/\text{mm}^3$	335.0	323.21	314.19	328.84	332.81	17.87	0.68	0.47	0.88
HCT ⁵ , %	26.69	26.75	26.88	26.5	26.63	0.82	1.0	0.75	0.87
Hb ⁶ , g/dL	9.32	8.73	9.05	9.35	9.50	0.51	0.81	0.27	0.62
Lymphocyte, %	85.10	82.38	86.75	84.38	85.25	1.93	0.86	0.89	0.17
Monocyte, %	6.0	5.88	5.96	6.61	6.84	1.67	0.85	0.66	0.93
Platelet, $\times 10^3/\text{mm}^3$	4.24	5.58	4.88	5.38	4.25	0.83	0.48	0.6	0.25

¹ Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

² Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%, ³ RBC(red blood cell), ⁴ WHC(whigh blood cell), ⁵ HCT(hematocrit), ⁶ Hb(hemoglobin).

Table 5. Effects of dietary germanium biotite on NH₃-N and volatile acids concentration of feces in broiler chicks

Item(PPM)	Particle size						Contrast ²		
	200 mesh		300 mesh		SE	1	2	3	
	CON	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹					GB1.0 ¹
NH ₃ -N	237.63	225.93	187.93	230.40	204.51	12.53	0.09	0.41	0.03
Propionic acid	9.3	7.83	5.84	6.59	4.28	3.35	0.04	0.69	0.54
Butyric acid	174.96	116.08	110.87	119.30	113.01	8.65	0.04	0.77	0.52
Acetic acid	219.3	179.81	145.51	181.32	153.06	12.17	0.01	0.72	0.02

Abbreviated GB 0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%.

부분에 대한 연구는 추후에 진행되어야 할 것이다.

4. 분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 측정

분중 암모니아태 질소와 휘발성 지방산의 함량에 미치는 효과는 Table 5에 나타났다. 분중 암모니아태 질소 함량은 GB 1.0 처리구에서 GB 0.5 처리구에 비하여 유의적으로 낮았다($P<0.03$). Propionic acid는 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P<0.04$). Butyric acid는 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비하여 낮게 나타났다($P<0.04$). Acetic acid는 분에서 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구에서 현저하게 낮았으며($P<0.01$), GB1.0 처리구는 GB0.5처리구보다 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.02$).

본 연구에서 일관성은 없었지만 규산염 광물질(zeolite)의 첨가 수준이 높았을 때 단백질 소화율 개선되며(한 등, 1975), 축분의 탈취효과를 인정할 수 있었다는 보고(Kiling과 Quarles, 1974)와 동일한 경향을 보였으며, 광물질사료에 첨가한 경우 축사내 악취발생을 감소시켰다는 보고(Watanabe 등, 1971)와 유사한 경향을 나타냈다.

그러므로 본 실험의 결과, 규산염 광물질에 속하는 게르마늄 흑운모의 첨가는 분내 암모니아성 질소 발생을 저하시키는 작용을 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가가 육계의 성장률 및 혈액성상에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 부화한 Arbor Acre Broiler(♂) 2일령 병아리 240수를 공시하였고 사양시험은 5주간 실시하였다.

시험설계는 육계전기사료를 대조구(Control ; basal diet)로 하여 기초사료에 게르마늄 흑운모 200 mesh를 0.5% 첨가한 구(GB1), 게르마늄 흑운모 325 mesh를 0.5% 첨가한 구(GB2), 게르마늄 흑운모 200 mesh를 1.0% 첨가한 구(GB3) 그리고 게르마늄 흑운모 325 mesh를 1.0% 첨가한 구(GB4)로 5개 처리를 하였다. 처리당 4반복, 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다. 전체 시험기간(5주)동안의 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에서는 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 건물 소화율에서도 처리구간 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Platelet 함량에 있어서도 게르마늄 흑운모를 사료내 첨가가 혈액학적인 변화에 영향을 미치지 못하였다. 분중 암모니아태 질소의 함량에서는 GB1.0 처리구(GB3과 4)가 GB0.5 처리구(GB1과 2)에 비하여 유의적으로 낮게 평가되었다($P<0.03$). Propionic acid에서는 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P<0.04$). Butyric acid에서도 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P<0.04$). Acetic acid의 분 중 함량에서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구에서 낮게 평가되었으며($P<0.01$), GB1.0 처리구(GB3과 4)가 GB 0.5 처리구(GB1과 2)보다 유의적으로 낮은 경향을 보였다($P<0.02$). 이러한 실험의 결과로, 육계사료에 게르마늄 흑운모의 첨가는 암모니아성 질소의 발생을 낮추는 인자로서 작용할 수 있다.

(색인어 : 게르마늄 흑운모, 성장, 혈액특성, 육계)

사 사

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어

어진 것이며, 이에 감사드립니다

인용문헌

- AOAC 1994 Official method of analysis.(16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Aso H, Suzuki F, Ebina T, Ishida, N 1989 Antiviral activity of carboxyethylgermanium sesquioxide(Ge-132) in mice infected with influenza virus. *J Biol Respose Mod* 8:180.
- Aso H, Suzuki F, Yamaguchi T, Hayashi Y 1982 Induction of interferon and activation of NK cells and macrophages in mice by oral administration of Ge-132, an organic germanium compound. *Gantokagakuryoho* 9:1976-1980.
- Brij MM, Rawnsley HM 1990 Clinical biochemical and hematological reference values in normal experimental animals and humans. Masson Publishing USA.
- Chaney AL, Marbach EP 1962 Modified regents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry* 8: 131.
- Kiling HF, Quarles CL 1974 Effect of atomospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. *Poultry Sci* 53:1161-1167.
- Levine SA, Kidd PM 1986 Oxigen-nutrition for super health. *J Orthomol Medicine* 1:145-148.
- Onagi T 1966 Treating experiments of chicken droppings with zeolite tuff powder. 2. Experimental use of zeolite-tuffs as dietary supplements for chicks. *Yamagata Stock Raising Ints* 7-18.
- Sandra G 1988 Therapeutic effects of organic germanium. *Med Hypotheses* 26:207-215.
- SAS 1996 SAS user's guide : Statistics, SAS Inst Inc Cary, NC.
- Scheideler SE 1990 Aluminosilicates in poultry rations. *Feed Management* 41(1):22-26.
- Suzuki F, Brutkiewicz RR, Pollard RB 1986 Cooperation of lymphokine(s) and varcrophages in expression of antitumor activity of carboxyethylgermanium (Ge-132). *Anitumor Res* 62:177-182.
- Watanabe S, Yanaka Y, Juroda A 1971 Report on the experimental use of zeolite tuff as dirtary supplement for cattle. *Rep. Okayama Prefecture Feder. Agr Coop Ass* April pp.18.
- Willis WL, Quarles GL, Fagerberg DJ, Shutze JV 1982 Evaluation of zeolites fed to male broiler chicks. *Poultry Sci* 61: 438-442.
- 문윤영 백인기 1989 Zeolite의 첨가가 육계생산의 경제성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 16:149-156.
- 문윤영 1990 육계에 있어서 Zolite의 사료적 가치에 관한 연구. 중앙대학교 석사학위논문.
- 민병석 김영일 오세정 1988 Zeolite의 첨가수준이 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국축산학회지* 15:31-38.
- 손장호 박창일 1997 사료내 맥반석의 첨가가 성장중인 육계의 배설물 수분함량, 장내 암모니아 함량 및 혈액성상에 미치는 영향. *한국가금학회지* 24:179-184.
- 양창범 김진동 조원탁 한인규 2000 사료중 제주 화산암 분말(Scoria)이 돼지의 산육능력에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 42:467-476.
- 엄명호 정필균 엄기태 임형식 1993 회색정암에서 유래된 토양점토 광물의 특성. *한국토양비료학회지* 26:1-9.
- 오수일 1986 운모 및 혈평전가운모가 흰쥐의 혈압과 혈액상에 미치는 영향. *경희대학교 석사학위 논문*.
- 이승환 서상훈 엄재상 백인기 1996 규산염 광물질 MAXIMINERAL(72)[®] 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 23:121-128.
- 이택원 1975 영계사료에 있어서 Bentonite와 Zeolite의 사료적 가치에 미치는 영향. *한국축산학회지* 17:625-628.
- 장윤환 이상진 이규호 강태홍 1983 한국산 Zeolite의 염기치 환용량이 Broiler의 증체, 사료효율 및 영양소 이용율에 미치는 영향. *한국축산학회지* 25:95-100.
- 정천용 이규호 최대웅 한인규 1978 Zeolite의 염기치환 용량 및 입자도가 Broiler의 증체, 사료효율 및 사료영양소 이용효율에 미치는 영향. *한국축산학회지* 20:226-230.
- 한인규 하종규 김춘수 1975 Zeolite의 사료화에 관한 연구 1. 육성돈에 대한 zeolite 급여효과에 관한 연구. *한국축산학회지* 17:595-599.