

사료내 흑운모 분말 첨가가 육성돈의 생산성, 혈액내 면역 및 스트레스 관련지표의 변화, 분중 악취방출 가스 생성에 미치는 영향

장해동* · 김진동** · 홍종욱*** · 유종상* · 김효진* · 신승오* · 황 염* · 주천상* · 진영걸* · 조진호* · 정연권**** · 김인호*

단국대학교 동물자원학과*, (주)CJ 사료**, 대상 팜스코***, 서봉바이오베스텍****

Effects of Dietary Biotite Powder on Growth Performance, Changes in Blood Immune and Stress Related Parameters, and Fecal Malodor Gas Emission in Growing Pigs

Hae-Dong Jang*, Jin-Dong Kim**, Jong-Wk Hong***, Jong-Sang Yoo*, Hyo-Jin Kim*, Seung-Oh Shin*, Yan Hwang*, Tian-Xiang Zhou*, Ying-Jie Chen*, Jin-Ho Cho*, Yeon-Kwon Jeong**** and In-Ho Kim*

Department of Animal Resource & Science, Dankook University*, CJ Feed, Co., LTD.**,
DAEDANG Famsco, Anseng, Korea***, SEBONG Biobestech, Co., LTD****

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate effects of biotite powder on growth performance, changes in blood immune and stress related parameters, and fecal malodor gas emission in growing pigs. 96 pigs[(Landrace × Yorkshire) × Duroc, average initial body weight of 29.45±1.35kg] were used in 42d growth trial. Dietary treatments included CON(Basal diet), Solt2(Basal diet+ Biotite 0.2%), Solt4(Basal diet + Biotite 0.4%) and Solt6(Basal diet + Biotite 0.6%). The pigs were assigned to each treatment based on body weight and each treatment had 6 replicates of 4 pigs per pen in a randomized complete block design. Nitrogen digestibility was significantly higher in Solt4 treatment group than in CON and Solt2 treatment groups(Linear effect = 0.016). Gross energy in Solt4 and Solt6 treatment groups was higher than in CON treatment group(Linear effect = 0.008, Quadratic effect = 0.019). There were no significant differences in blood immunological(RBC, WBC, Lymphocyte and IgG) and stress related parameters(cortisol, epinephrine and norepinephrine) among treatment groups. At day 5 and day 10, hydrogen sulfide was reduced in Solt treatment groups compared to CON treatment group(day 5, Linear effect = 0.009, Quadratic effect = 0.037; day 10, Linear effect = 0.009). At day 5, acetic acid was significantly reduced in Solt treatments compared to CON treatment group(Linear effect < 0.001, Quadratic effect < 0.001). At day 15, acetic acid was significantly decreased in CON and Solt6 treatment groups compared to Solt2 and Solt4 treatment groups(Quadratic effect = 0.023). At day 5 and day 10, Solt treatment groups showed decreased total mercaptans compared to CON treatment group(day 5, Linear effect = 0.029, Quadratic effect = 0.037; day 10, Linear effect = 0.029). For the whole experimental period, ammonia was significantly reduced in Solt2 and Solt4 treatment groups compared to CON and Solt6 treatment groups(day 5, Quadratic effect = 0.038; day 10, Quadratic effect = 0.045; day 15, Quadratic effect = 0.038). In conclusion, biotite decreased fecal malodor gas emission in growing pigs.

(**Key words** : Biotite, Growth performance, Changes in blood immune, Stress related parameters, Fecal malodor gas emission, Growing pigs)

Corresponding author : In Ho Kim, Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea.
Tel : 041-550-3652, Fax : 041-553-1618, E-mail : inhokim@dankook.ac.kr

I. 서 론

현대 양돈 산업은 생산성 향상에 중점을 두고 있다. 하지만, 돼지 분뇨에 의한 환경오염문제가 점차 대두되고 있는 실정이다. 환경 친화적인 축산을 위해서는 돼지의 오염물질 배설량을 감소시키는 것이 가장 시급한 문제이다.

주요 점토광물로서 규산염 광물질로는 zeolite, kaolin, bentonite 등이 있으며, 규산염(SiO_2)을 60% 내외 함유하고 있다. 이러한, 규산염계에 속하는 점토 광물질들은 일반적으로 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고, 동물이 섭취하였을 때 미량무기물을 비롯한 영양소 이용성을 개선하며, 장내 유해가스의 흡착 및 연변방지 등의 효과가 인정되고 있으며, 일부 점토 광물은 보수력과 양이온치환용량이 높아서 사료 배합 공정에서 펠렛 제조의 결합제용으로 첨가되어 사용한다고 보고되고 있다(사료자원 핸드북, 1976).

규산염계에 속하는 zeolite는 장내 과잉 수분을 흡수하여 연변을 방지하고 사료의 장내 통과시간을 지연시켜 소화율을 향상시키는 효과가 있다고 하였으며(Harms와 Damron, 1973), Mumpton과 Fishman(1977)은 자연산 zeolite는 이온교환과 부착성을 가지고 있어 사료의 영양소 이용율을 향상시키고 악취 감소를 나타내었다고 보고하였다. England(1975)는 zeolite를 육성돈 사료에 5% 첨가하여 급여시 설사의 발생이 감소한다고 하였으며, Nishimura(1973)의 연구에서는 가축사료에 zeolite 첨가시 가축분뇨의 탈취, 수분조절 및 질소 배출 감소효과를 나타내었다고 보고하였다. 또한, 제오라이트의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방특성에 유리한 영향을 준다고 보고되었다(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등, 1990).

권 등(2001)은 육성돈에 있어 원적외선방사물질을 첨가함에 따라 증체율이 향상된다고 보고하였다. 양 등(2000)의 연구에서는 적갈색을 갖는 다공성 화산 쇄설물인 Scoria를 육성-비육돈 사료에 첨가할 때 도체등급에 대한 A등급의 출현율이 유의적으로 높게 나타내었다고 보고하였다. 김 등(2000)은 결과에서는 황토성분

(illite)의 비육돈 첨가급여는 근내 지방도와 다즙성에서 대조구와 비교하여 우수하다고 보고하였다.

따라서, 육성돈에 규산염 광물질을 함유한 흑운모 분말 급여시 생산성, 면역관련 혈액학적 지표, 혈청 내 스트레스 호르몬 농도 및 분내 유해가스 발생에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

[(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 3원 교잡종 육성돈 96두를 공시하였으며, 시험 개시시의 체중은 $29.45 \pm 1.35\text{kg}$ 으로 사양시험을 42일간 실시하였다.

시험설계에서 공시돈은 돈방당 4두씩 1) CON(Basal diet), 2) Solt2(Basal diet+ Biotite 0.2%), 3) Solt4(Basal diet + Biotite 0.4%) 및 3) Solt6(Basal diet + Biotite 0.6%)로 4처리구에 각각 6반복씩 완전 임의배치 하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험사료는 NRC(1998) 요구량에 따라 배합한 옥수수-대두박 위주의 가루 사료로서 ME 3,360 kcal/kg, CP 20% 및 lysine 1.30% 수준으로 하여 자유 채식토록 하였으며(Table 1), 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 조절하였다. 본 시험에 사용된 흑운모 분말은 SiO_2 61.90%, Al_2O_3 23.19%, Na_2O 3.36% 및 Fe_2O_3 3.97% 함유한 것을 사용하였다.

3. 조사항목 및 방법

(1) 성장효율

체중 및 사료 섭취량은 시험 개시시와 종료시에 각각 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

(2) 소화율

Table 1. Composition of experimental diets (as-fed basal)

Ingredients	%
Corn	55.18
Soybean meal	33.43
Molasses	2.50
Animal fat	5.33
Difluorinated phosphate	1.93
Limestone	0.78
L-lysine-HCl	0.17
Trace mineral premix ¹⁾	0.10
Vitamin premix ²⁾	0.20
Salt	0.20
DL-methionine	0.03
Choline chloride	0.03
Biotite ³⁾	0
Chemical composition ⁴⁾	
ME, kcal/kg	3,360
Crude protein (%)	20.00
Lysine (%)	1.30
Calcium (%)	0.90
Phosphorus (%)	0.80

¹⁾ Provided per kg of complete diet: 50 mg Mn, 70 mg Zn, 70 mg Fe, 54 mg Cu, 0.5 mg I, 0.5 mg Co and 0.3 mg Se.

²⁾ Provided per kg of complete diet: 13,000 IU vitamin A, 1,900 IU vitamin D₃, 54 IU vitamin E, 4.0 mg vitamin K₃, 7.2 mg vitamin B₂, 2.6 mg vitamin B₆, 30 mg pantothenic acid, 52 mg niacin and 0.1 mg biotic.

³⁾ Abbreviated CON, basal diet; Solt2, 0.2% biotite complex replaced in 0.2% corn; Solt4, 0.4% biotite complex replaced in 0.4 % corn; Solt6, 0.6% biotite replaced in 0.6% corn.

⁴⁾ Calculated values.

소화율을 측정하기 위하여 시험종료 7일전에 표시물로서 산화크롬(Cr₂O₃)을 0.2% 첨가하여 급여 후 항문 마사지법으로 분을 채취하였다. 채취한 분은 60°C의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Willey mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1995)의 방법에 준하여 분석하였다.

산화크롬 함량(Cr₂O₃) = 시료 흡광도 / 1 ppm × 회석배수 / 시료무게

소화율 = [(100 / 사료내 크롬함량) - (100 / 분내 크롬함량)] / (100 / 사료내 크롬함량) × 100

(3) 면역관련 혈액학적 지표

혈액채취는 각 실험구당 8마리를 임의 선발하여 개시시와 종료시에 각각 경정맥(Jugular)에서 K₃EDTA Vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액 2 ml 채취 후 자동혈액분석기(ADVID 120, Bayer, USA)를 이용하여 White blood cell(WBC), Red blood cell(RBC) 및 Lymphocyte를 조사하였다. 혈청 생화학적 검사는 시험 개시시와 종료시에 경정맥에서 vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액 5ml 채취 후 4°C에서 2,000 × g로 30분간 원심분리를 하여 혈청을 채취하였다. IgG농도 측정은 혈청을 분석 전까지 냉동보관 하여 nephelometer (Behring Nephelometer, Germany) 분석기계를 이용하여 분석하였다.

(4) 혈청 내 스트레스 호르몬 농도 측정

혈청 스트레스 호르몬 농도 검사는 시험 개시시와 종료시에 경정맥에서 vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액 5 ml 채취 후 4°C에서 2,000×g로 30분간 원심분리를 하여 혈청을 채취하였다. 신체적이나 정신적 스트레스를 받는 경우 분비되는 Cortisol 농도 측정은 혈청을 분석 전까지 냉동보관 하여 Coat-A-count Cortisol(Diagnostic Products Cor., USA) kit를 사용하여 배양 후, R-counter(Cobra 5010 Quantum, Packard, USA)분석기계를 이용하여 분석하였다. 스트레스 대응 호르몬으로서 부신 수질에서 분비되는 Epinephrine과 Norepinephrine 분석은 혈청을 분석 전까지 냉동보관 하여 Plasma catecholamin (Bio-Rad, Germany)kit를 이용하여 배양 후, HPLC(Acclaim, Bio-Rad, USA) 분석기계를 이용하여 분석하였다

(5) 분내 유해가스 발생량

분내 발생하는 유해가스물질 측정은 시험 종료시 각 처리구에서 동일한 시간 동안 배설된 분을 처리당 12마리로부터 채취한 후, 신선한 분 100g을 취하여 1000 mL의 밀봉된 플라스틱 용기에 넣고 실온에서 24시간 동안 발효 시킨 후, 개시부터 15일 동안 실온에 보관하면서 Gastec(Model GV-100, GASTEC, Japan)을 사용하여 발생하는 Total mercaptans, Ammonia, Acetic acid 및 Hydrogen sulfide을 측정하였다.

4. 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 분석하였고, 대조구와 흑운모의 첨가 수준을 비교하기 위해 Polynominal regression(Peterson, 1985) 방법으로 linear와 quadratic 효과를 나타내었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 성장능력

흑운모 분말 급여가 육성돈의 성장능력에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다. 개시체중, 종료체중, 일당 증체량, 일당 사료 섭취량 및 사료 효율에서도 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 권 등(2003)의 연구에서 자돈에

게르마늄 흑운모 급여시 일당증체량에 있어 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않는다고 하였다. 또한, Amon 등(1997)의 연구에서도 육계에 zeolite 급여시 증체량과 사료 효율에서 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않는다고 하였다. Coffy와 Pilkington(1989)의 연구에서도 sodium zeolite-A 급여시 자돈에서는 증체량과 사료 효율에 유의적으로 증가한다고 하였지만, 육성돈과 비육돈에서는 성장능력에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한, 어린 자돈에 비하여 성숙한 돼지일수록 aluminosilicat 첨가 효능이 적게 나타낸다고 보고하였다. 따라서, 본 시험에서도 흑운모 분말 급여시 성장률에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타난 것으로 보아, 육성돈에 있어 흑운모 분말에 대한 효과가 없는 것으로 사료된다.

2. 영양소 소화율

흑운모 분말 급여가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 질소 소화율에서는 Solt4 처리구가 CON 과 Solt2 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타내었다 (Linear effect = 0.016). 총에너지에서는 Solt4와 Solt6 처리구가 CON 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타내었다(Linear effect = 0.008, Quadratic effect = 0.019). 하지만, 건물 소화율에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Xia 등

Table 2. Effect of dietary biotite powder on growth performance in growing pigs

Items	CON ¹⁾	Solt2 ¹⁾	Solt4 ¹⁾	Solt6 ¹⁾	SE ²⁾	P-value ³⁾	
						Linear	Quadratic
Initial BW, kg	29.40	29.40	29.55	29.45	0.09	0.470	0.533
Final BW, kg	52.40	52.04	51.83	49.99	1.53	0.285	0.631
ADG, kg	0.605	0.596	0.586	0.541	0.04	0.256	0.673
ADFI, kg	1.615	1.529	1.570	1.505	0.04	0.181	0.766
G/F	0.374	0.387	0.375	0.359	0.02	0.620	0.558

¹⁾ Abbreviated CON, basal diet ; Solt2, 0.2% biotite complex replaced in 0.2% corn; Solt4, 0.4% biotite complex replaced in 0.4 % corn; Solt6, 0.6% biotite replaced in 0.6% corn.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Refers to the P-value of the corresponding effect of dose of the biotite.

Table 3. Effects of dietary biotite powder on apparent digestibility in growing pigs

Item	CON ¹⁾	Solt2 ¹⁾	Solt4 ¹⁾	Solt6 ¹⁾	SE ²⁾	P-value ³⁾	
						Linear	Quadratic
DM, %	79.01	78.48	78.99	79.65	0.34	0.128	0.098
N, %	80.21 ^b	80.13 ^b	82.13 ^a	81.39 ^{ab}	0.49	0.016	0.510
GE, kcal/kg	80.19 ^b	81.08 ^{ab}	81.92 ^a	81.23 ^a	0.31	0.008	0.019

¹⁾ Abbreviated CON, basal diet ; Solt2, 0.2% biotite complex replaced in 0.2% corn; Solt4, 0.4% biotite complex replaced in 0.4 % corn; Solt6, 0.6% biotite replaced in 0.6% corn.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Refers to the P-value of the corresponding effect of dose of the biotite.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).

(2004)의 연구에서는 육계에 구리와 결합한 montmorillonite(aluminosilicate clay)을 급여시 영양소 소화율이 증가한다고 하였으며, Chen 등 (2005)의 연구에서도 비육돈에 흑운모 광물질 0.2% 처리구가 영양소 소화율이 유의적으로 증가한다고 하였다. Lee 등(2003)의 연구에서도 육성돈에 게르마늄 흑운모 급여시 영양소 소화율이 증가한다고 하였다. 하지만, 성장률에서 처리구간의 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 질소 소화율과 총 에너지에서 유의적인 차이는 나타내었지만, 수치상으로는 큰차이를 나타내지 않았다. 또한, 건물 소화율에서 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않아, 흑운모 분말의 효과가 없는 것으로 사료된다.

3. 혈액 내 면역학적 지표

흑운모 분말 급여가 육성돈의 혈액 내 면역학적 지표에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 혈액 내 적혈구, 백혈구, 림프구 및 IgG은 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 흑운모 분말내 함유하고 있는 게르마늄은 항암, 항염증 및 면역 증강 기능 등의 생리화학적 효능이 있으며 특히, 대식세포의 활성을 촉진 시키는데 대식세포는 조직에서 볼 수 있는 단핵식세포로서 세포표면에 immunoglobulin 항원을 가지고 있어 이물질 배제 기능이 있으며, 또 항원을 포착하고 이것을 처리한 후 T-림프구에 넘기는 작용이 있어 항원제시세포

(antigen-presenting cell; APC)라고도 한다(Ikemoto 등, 1996). 오(1986)의 연구에서는 쥐에서 혈평 전가운모와 운모의 첨가구가 대조구에 비해 혈액 내 면역적 특성에서 유의적인 증가를 나타낸다고 하였다. 그러나, 조 등(2000)의 연구에서는 Holstein 송아지에게 점토광물질 급여시 면역력 작용에 하나인 림프구 표면항원에 특이적으로 반응하는 단클론항체(monoclonal antibody; MoAb)를 이용하여 flow cytometry로 검사 한 결과 항병력에 관한 결과에서는 영향을 미치지 않는다고 하였다. 본 시험에서는 흑운모 급여에 따른 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않아 흑운모 분말 급여가 혈액 내 면역학적 효과에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

4. 혈청 내 스트레스 관련 지표

흑운모 분말 급여가 육성돈의 혈청내 스트레스 지표에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 혈청 내 코티졸, 에피네프린 및 노에피네프린에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 일반적으로 코티졸 스트레스 호르몬으로 신체적이나 정신적 스트레스를 받는 경우 분비되는 호르몬으로 면역 기능 저하 및 각종 질병에 대한 저항력을 감소시킨다. 또한, 스트레스 대응 호르몬으로서 부신 수질에서 분비되는 에피네프린, 노어에피네프린 및 부신 피질에서 생성되는 당류코르티코이드가 있다 (Herman 등, 2003). 특히, 에피네프린, 노에피네프린은

Table 4. Effects of dietary biotite powder on blood immunological parameters in growing pigs

Item	CON ¹⁾	Solt2 ¹⁾	Solt4 ¹⁾	Solt6 ¹⁾	SE ²⁾	P-value ³⁾	
						Linear	Quadratic
RBC, $\times 10^6/\mu\ell$							
Initial	6.92	7.02	6.48	6.72	0.19	0.219	0.733
Final	7.46	7.24	0.75	6.94	0.22	0.100	0.808
Difference	0.54	0.22	0.56	0.22	0.21	0.527	0.951
WBC, $\times 10^3/\mu\ell$							
Initial	14.03	13.74	13.63	14.19	0.86	0.920	0.630
Final	22.16	16.81	15.56	16.44	3.07	0.200	0.327
Difference	8.14	3.07	1.92	2.25	3.01	0.182	0.385
Lymphocyte, %							
Initial	59.55	51.88	59.17	56.60	3.99	0.931	0.533
Final	56.42	58.37	57.97	52.83	2.78	0.385	0.223
Difference	-3.13	6.48	-1.20	-3.77	5.61	0.708	0.295
IgG, mg/dL							
Initial	330.17	362.17	333.67	293.67	20.35	0.150	0.097
Final	768.50	672.00	830.33	748.00	36.75	0.564	0.849
Difference	438.33	309.83	496.67	454.33	43.08	0.242	0.333

¹⁾ Abbreviated CON, basal diet ; Solt2, 0.2% biotite complex replaced in 0.2% corn; Solt4, 0.4% biotite complex replaced in 0.4 % corn; Solt6, 0.6% biotite replaced in 0.6% corn.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Refers to the P-value of the corresponding effect of dose of the biotite.

Table 5. Effects of dietary biotite powder on blood stress hormone concentration in growing pigs

Item	CON ¹⁾	Solt2 ¹⁾	Solt4 ¹⁾	Solt6 ¹⁾	SE ²⁾	P-value ³⁾	
						Linear	Quadratic
Cortisol, $\mu\text{g}/\text{dL}$							
Initial	3.18	3.90	2.58	3.70	0.66	0.938	0.766
Final	2.75	3.03	2.67	1.93	0.55	0.274	0.374
Difference	-0.43	-0.87	0.08	-1.77	0.82	0.421	0.404
Epinephrine, pg/mL							
Initial	53.85	54.67	62.73	66.25	9.54	0.305	0.889
Final	56.77	49.27	38.88	44.07	14.02	0.104	0.262
Difference	2.92	-5.40	-23.85	-22.18	16.09	0.051	0.366
Norepinephrine, pg/mL							
Initial	288.62	347.22	307.23	263.77	70.79	0.722	0.482
Final	673.17	401.92	405.88	321.97	152.98	0.145	0.549
Difference	384.55	54.70	98.65	58.20	156.92	0.202	0.371

¹⁾ Abbreviated CON, basal diet ; Solt2, 0.2% biotite complex replaced in 0.2% corn; Solt4, 0.4% biotite complex replaced in 0.4 % corn; Solt6, 0.6% biotite replaced in 0.6% corn.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Refers to the P-value of the corresponding effect of dose of the biotite

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ ($P < 0.05$).

신체가 단기간 스트레스를 받을 때 심박수 증가, 기관지 확장, 당원(glycogen)의 포도당으로의 분해 등을 촉진하여 스트레스에 대처케 하는 기능을 수행하는 물질로 알려져 있다. 본 시험에서는 육성돈의 혈청 내 스트레스 지표에 대한 처리구간 차이를 나타내지 않았다. 하지만, 코티졸의 함량에 경우 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 흑운모 분말 첨가에 따른 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서, 흑운모 분말 급여에 따른 스트레스 지표를 추가적으로 연구해야 할 것으로 사료된다.

5. 분내 유해가스 발생량

흑운모 분말 급여가 육성돈의 분내 유해가스 발생량에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다.

황화수소(Hydrogen sulfide)는 day 5와 day 10에서 대조구에 비해 Solt 처리구가 유의적으로 감소를 하였다(day 5, Linear effect = 0.009, Quadratic effect = 0.037; day 10, Linear effect = 0.009). 하지만, day 15에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

아세트산(Acetic acid)는 day 5에서 대조구에 비해 Solt 처리구가 유의적으로 감소를 하였다 (Linear effect < 0.001, Quadratic effect < 0.001). day 15에서도 CON과 Solt6 처리구가 Solt2와 Solt4 처리구에 비해 유의적으로 감소를 하였다 (Quadratic effect = 0.023). 하지만, day 10에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

메캅탄(Mercaptans)은 day 5와 day 10에서 CON 처리구에 비해 Solt 처리구가 유의적으로 감소를 하였다(day 5, Linear effect = 0.029,

Table 6. Effects of dietary biotite powder on fecal malodor gas emissions in growing pigs

Item, ppm	CON ¹⁾	Solt2 ¹⁾	Solt4 ¹⁾	Solt6 ¹⁾	SE ²⁾	P-value ³⁾	
						Linear	Quadratic
H₂S							
day 5	7.50 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	1.53	0.009	0.037
day 10	0.50 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.10	0.009	0.067
day 15	5.00	2.00	2.11	2.95	2.50	0.213	0.343
Acetic acid							
day 5	0.75 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.05	<0.001	<0.001
day 10	0.50	0.25	0.38	0.13	0.26	0.412	1.000
day 15	0.00 ^b	2.75 ^a	2.25 ^a	0.00 ^b	0.91	0.905	0.023
Mercaptan							
day 5	1.85 ^a	0.15 ^b	0.25 ^b	0.38 ^b	0.37	0.029	0.037
day 10	4.00 ^a	1.13 ^b	1.05 ^b	1.00 ^b	0.78	0.029	0.104
day 15	4.00	1.33	1.93	1.90	0.67	0.090	0.080
Ammonia							
day 5	2.50 ^a	1.50 ^b	1.50 ^b	3.50 ^a	0.62	0.304	0.038
day 10	1.00 ^a	0.50 ^b	0.50 ^b	1.63 ^a	0.35	0.261	0.045
day 15	2.50 ^a	1.50 ^b	1.50 ^b	3.50 ^a	0.61	0.304	0.038

¹⁾ Abbreviated CON, basal diet ; Solt2, 0.2% biotite complex replaced in 0.2% corn; Solt4, 0.4% biotite complex replaced in 0.4 % corn; Solt6, 0.6% biotite replaced in 0.6% corn.

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ Refers to the P-value of the corresponding effect of dose of the biotite

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).

Quadratic effect = 0.037; day 10, Linear effect = 0.029). day 15에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

암모니아(Ammonia)는 day 5, day 10 및 day 15에서 Solt2와 Solt4 처리구가 CON과 Solt6 처리구에 비해 유의적으로 감소하였다(day 5, Quadratic effect = 0.038; day 10, Quadratic effect = 0.045; day 15, Quadratic effect = 0.038). 권 등(2003)의 연구에서 비육돈에 게르마늄 혹은 흑운모 급여시 분내 암모니아 가스 함량이 대조구에 비해 62~64% 정도 감소한다고 보고하였으며, 이 등(2003)의 연구에서도 육계 게르마늄 혹은 흑운모 급여시 분내 휘발성 지방산 농도가 유의적으로 감소한다고 하였다. 한 등(1975)의 연구에서는 규산염 광물질(zeolite)의 첨가 수준을 증가시켰을 때 단백질 소화율을 개선시킨다고 하였으며, Watanabe 등(1971)의 연구에서도 규산염 광물질이 축산내 악취감소 효과가 나타낸다는 보고가 있었다. 따라서, 본 시험에서도 분내 악취 물질이 대조구에 비해 Solt 첨가 처리구가 유의적으로 감소하여 흑운모 급여시 분내 악취 물질에 유의적인 영향을 나타냈으며, 아세트산 day 10과 황화수소와 메캅탄 day 15에서 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 CON 처리구에 비해 낮은 경향을 나타내어 흑운모 분말 급여시 분내 유해가스 함량 감소에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

따라서, 육성돈에 흑운모 분말 급여시 성장률과 유의적인 차이가 있었지만 수치상의 결과로 보았을 때 영양소 소화율에 대해서 흑운모 분말의 효과가 나타나지 않았다. 하지만, 분내 유해가스 함량 감소에 유의적으로 영향을 미치는 것으로 나타내었다.

IV. 사 사

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

V. 요 약

본 연구는 흑운모 분말 급여시 육성돈에 생

산성, 면역관련 혈액학적 지표, 혈청 내 스트레스 농도 및 분내 유해가스 발생에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 시험 동물은 [(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 3원 교잡종 육성돈 96두를 공시하였으며, 시험 개시시의 체중은 $29.45 \pm 1.35\text{kg}$ 으로 사양시험을 42일간 실시하였다. 시험설계에서 공시돈은 돈방당 4두씩 1) CON (Basal diet), 2) Solt2(Basal diet + Solto-B 0.2%), 3) Solt4(Basal diet + Solto-B 0.4%) 및 4) Solt6 (Basal diet + Solto-B 0.6%)로 4처리구에 각각 6돈방씩 완전 임의배치 하였다. 질소 소화율에서는 solt4 처리구가 CON과 solt2 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타내었다(Linear effect = 0.016). 총 에너지에서는 Solt4와 Solt6 처리구가 CON 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타내었다(Linear effect = 0.008, Quadratic effect = 0.019). 면역 및 스트레스 관련 혈액성상에서는 처리간의 차이가 없었다. 황화수소는 5 day와 10 day에서 대조구에 비해 Solt 처리구가 유의적으로 감소를 하였다(5 day, Linear effect = 0.009, Quadratic effect = 0.037; 10 day, Linear effect = 0.009). 아세트산는 5 day에서 대조구에 비해 Solt 처리구가 유의적으로 감소를 하였다(Linear effect < 0.001, Quadratic effect < 0.001). 15 day에서도 CON과 Solt6 처리구가 Solt2와 Solt4 처리구에 비해 유의적으로 감소를 하였다(Quadratic effect = 0.023). 메캅탄은 5 day와 10 day에서 CON 처리구에 비해 Solt 처리구가 유의적으로 감소를 하였다(5 day, Linear effect = 0.029, Quadratic effect = 0.037; 10 day, Linear effect = 0.029). 암모니아는 5 day, 10 day 및 15 day에서 Solt2와 Solt4 처리구가 CON과 Solt6 처리구에 비해 유의적으로 감소하였다(5 day, Quadratic effect = 0.038; 10day, Quadratic effect = 0.045; 15day, Quadratic effect = 0.038). 결론적으로, 육성돈에 흑운모 분말 급여시 분내 유해가스 함량에 유의적인 감소를 나타내었다.

VI. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemists,

- Washington, D. C., U.S.A.
2. Amon, M. M., Dobeic, R. W., Sneath, V. R., Phillips, T. H., Misselbrook and Pain, B. F. 1997. A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and de-odorase for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. *Biores. Tec.* 61:229-237.
 3. Chen, Y. J., Kwon, O. S., Min, B. J., Shon, K. S., Cho, J. H. and Kim, I. H. 2005. The effects of dietary Biotite V supplementation on growth performance, nutrients digestibility and fecal noxious gas content in finishing pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18:1147-1152.
 4. Coffey, M. T. and Pilkington, D. W. 1989. Effect of feeding zeolite-A on the performance and carcass quality of swine. *J. Anim. Sci.* 67 (Suppl.2):36(Abstr.).
 5. England, D. C. 1975. Effect of zeolite on incidence and Severity scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. *Rep. 17th Swine Day, Spec. Rep.* 447, *Agr. Exp. Sta., Oregon State Univ.*, 30-33.
 6. Hagedorn, T. K., Ingram, D. R., Kovar, S. J., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of white leghorn hens. *Poult. Sci.* 69 (Suppl. 1): 169(Abstr).
 7. Harms, R. H. and Darmron, R. H. 1973. The influence of various dietary follers on the utilization of energy by poultry. *Poult. Sci.* 52: 2034.
 8. Herman, J. P., Figueiredo, H., Mueller, N. K., Ulrich-Lai, Y., Ostrander, M. M., Choi, D. C. and Cullinan, W. E. 2003. Central mechanisms of stress integration: hierarchial circuitry controlling hypothalamuo-pituitary-adrenocortical responsiveness. *Frontiers in Neuroendocrinology* 24:151-180.
 9. Ikemoto, K., Kobayashi, M., Fukumoto, T., Morimatsu, M., Pollard, R. B. and Suzuki, F. 1996. 2-Carboxyethylgermanium sesquioxide, a synthetic prganogermanium compound, as an inducer of contrasuppressor T cells. *Experientia.* 52, 159-166.
 10. Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedom, T. K., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Broiler performance as influenced by sodium zeolite A. *Poult. Sci.* 69(Suppl. 1): 174 (Abstr).
 11. Lee, W. B., Kim, I. H., Hong, J. W., Kwon, O. S., Min, B. J., Shon, K. S. and Jung, Y. K. 2003. Effects of feeding levels and particle size of germanium biotite on pig performance. *J. Anim. Sci. & Technol(Kor.)*. 45:787-796.
 12. Mumpton, F. A. and Fishman, P. H. 1977. The application of natural zeolites in animal science. *J. Anim. Sci.* 45:1188.
 13. Nishimura, T. 1973. Properties and Utilization of zeolote. *J. Clay Sic. Japan.* 13:23.
 14. Peterson, R. G. 1985. Design and analysis of experiments. *Marcel dekkor.* New York.
 15. Pond, W. G., Yen, J. T. and Varel, V. H. 1988. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. *Nutr. Rep. Int.* 37:795.
 16. Xia, M. S., Hu, C. H. and Xu, Z. R. 2004. Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities, and intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poult. Sci.* 83:1868-1875.
 17. Watanabe, S., Yanaka, Y. and 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.
 18. 김천제, 이의수, 송민석, 조진국. 2000. 황토성분 (Illite) 첨가 급여가 비육돈의 육질에 미치는 영향. *한국축산식품학회지.* 20(2):152-158.
 19. 권기범, 김인호, 홍종욱, 문태현, 최상열, 석호봉. 2001. 폐지에 있어 원적외선 방사물질의 첨가가 면역반응 및 분증 미생물의 변화에 미치는 영향. *대한수의학회지.* 41(1):37-42.
 20. 권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 정연권, 민병준, 이원백, 손경승. 2003. 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 케르마늄 흑운모의 급여 효과. *한국동*

- 물자원과학회지. 45:355-368.
21. 사료자원핸드북. 1976. 한국사료협회.
 22. 양창범, 김진동, 조원탁, 한인규. 2000. 사료중 제주 화산암 분말(Scoria)이 돼지의 산육능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42(4):467-476.
 23. 오수일. 1986. 운모 및 혈평전가운모가 흰쥐의 혈압과 혈액상에 미치는 영향. 경희대학교 석사학위 논문.
 24. 이원백, 김인호, 홍종욱, 권오석, 민병준, 손경승, 정연권. 2003. 육계에 있어 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장 및 혈액성상에 미치는 영향. 한국가금학회지. 30:67-72.
 25. 조원모, 최성복, 백봉현, 안병석, 김준식, 강우성, 이수기, 송만강. 2000. 점토광물질 첨가가 한우 송아지의 발육 및 면역기능에 미치는 영향. 동물자원과학회지. 42(6):871.
 26. 한인규, 하종규, 김춘수. 1975. Zeolite의 사료화에 관한 연구, 1. 육성돈에 대한 Zeolite 급여효과에 관한 연구. 한국축산학회지. 17(5):595-599. (접수일자 : 2008. 1. 24. / 수정일자 : 2008. 5. 12. / 채택일자 : 2008. 5. 27)