

# 돼지 생산성에 있어 게르마늄흑운모의 첨가수준 및 입자도의 효과

이원백\*·김인호\*·홍종욱\*·권오석\*·민병준\*·손경승\*·정연권\*\*

단국대학교 동물자원과학과\*, 서봉바이오베스텍\*\*

## Effects of Feeding Levels and Particle Size of Germanium Biotite on Pig Performance

W. B. Lee\*, I. H. Kim\*, J. W. Hong\*, O. S. Kwon\*, B. J. Min\*, K. S. Shon\* and Y. K. Jung\*\*

Dept. of Animal Resource & Sciences, Dankook University, Cheonan, 330-714, Korea\*

Seobong Biobestech Co., Ltd, Seoul, 137-070, Korea\*\*

### ABSTRACT

Two experiments were conducted to investigate the effect of germanium biotite (GB) on growth performance, nutrient digestibility and fecal gas emission in pigs. In Exp 1., a total of one hundred nursery pigs (initial body weight  $13.12 \pm 0.15\text{kg}$ ) were used in a 21 d growth assay. The five treatments were control (CON, basal diet), GB0.5-200 (basal diet + 0.5% GB, 200mesh), GB1.0-200 (basal diet + 1.0% GB, 200mesh), GB0.5-325 (basal diet + 0.5% GB, 325mesh), GB1.0-325 (basal diet + 1.0% GB, 325mesh). Each treatment had four replicates with five pigs per replicate. ADG, ADFI and gain/feed were not significantly different among the treatments. Fecal  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentration of pigs fed the GB325 diet was lower than that of pigs fed the GB200 diet ( $P=0.01$ ). The GB treatments reduced fecal volatile fatty acids significantly compared to the CON (propionic acid,  $P=0.01$ ; butyric acid,  $P=0.01$ ; acetic acid,  $P=0.02$ ). Especially, fecal propionic acid concentration of pigs fed the GB325 diets was lower than that of pigs fed the GB200 diets ( $P=0.02$ ). In Exp 2., a total of seventy five pigs (initial body weight  $21.18 \pm 0.15\text{kg}$ ) were used in a 28 d growth assay. The treatments were same as described for Exp. 1. Each treatment had five replicates with three pigs per replicate. The GB1.0 treatments significantly increased the ADG compared to the GB0.5 treatments ( $P=0.03$ ). The DM and N digestibility of pigs fed the GB1.0 diets were higher than that for pigs fed the GB0.5 diets ( $P=0.01$ ). Also, the Ca digestibility of pigs fed the GB diets was higher than that for pigs fed the CON diets ( $P=0.01$ ). The fecal  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentrations for the GB treatments were lower than that for the CON ( $P=0.01$ ). The GB325 treatments significantly decreased the fecal  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentration compared to the GB200 treatments ( $P=0.03$ ). The fecal butyric acid concentration for the GB325 treatments was lower than that for the GB200 treatment ( $P=0.04$ ). In conclusion, the results obtained from these feeding trials suggest that the dietary GB for nursery pigs affects fecal noxious gas emission. In growing pigs, dietary GB was effective to improve ADG and decrease fecal noxious gas emission.

(Key words : Germanium biotite, Feeding levels, Particle size, Growth, Noxious gas emission, Pigs)

### I 서 론

국내 사료관리법상 보조사료로서 인정되고

있는 비금속 광물질에는 제오라이트, 벤토나이트, 카올린 등이 있으며, 이와 같은 사료첨가제에 의해 성장율이나 생산성 개선과 더불어 돼

Corresponding author : I. H. Kim, Dept. Animal Resource & Sciences, Dankook Univ. Cheonan 330-714, Korea, Tel : +82-41-550-3652, Fax : +82-41-553-1618, E-mail : inhokim@dankook.ac.kr

지의 배설물 중 환경 오염 물질인 질소와 인을 줄이기 위한 연구가 다각적으로 진행되어 왔다. 그러나 대부분의 연구가 제오라이트를 중심으로 이루어져 왔으며, 규산염광물질의 돼지 급여는 돼지 분의 과잉수분조절, 독소 및 가스발생 억제, 연변 또는 설사증 방지 등의 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kondo 등, 1968; Honda 등 1976; Ramos 등, 1996). England (1975)는 제오라이트를 육성돈 사료에 5% 첨가하여 급여한 결과, 설사의 발생이 감소하였고, Nishimura (1973)도 가축사료에 제오라이트 첨가시 가축분의 탈취, 수분조절 그리고 질소 배출 감소효과를 보고하였다. 또한, 제오라이트의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방특성에 유리한 영향을 준다는 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있었다. 양돈영양에 있어서 규산염 광물질인 제오라이트의 영양적 가치와 탈취제로서의 효과 및 분내 질소 함량의 감소에 관한 연구는 많이 이루어져 왔으나 게르마늄을 함유한 흑운모에 관한 연구는 전무한 편이다. 현재 알려진 유기태 게르마늄의 효과는 혈액정화(Sandra, 1988), 체내 중금속 배출 촉진(Asai, 1980), 면역강화 작용(Suzuki, 1986), 산소공급증진(Levine와 Kidd, 1986) 및 바이러스 감염치료(Asc 등, 1989) 등 다양한 약리작용이 있음이 밝혀졌다.

본 연구에 사용한 게르마늄흑운모(Germanium biotite)는 36ppm의 게르마늄을 함유(대한광업진흥공사 기술연구소 분석)하고 있는 흑운모이다. 게르마늄은 1886년에 발견되었으며, 주기율표상에서 탄소, 규소, 주석 및 납과 함께 IVA에 속하며 32번의 원자번호를 가지며 분자량은 72.6인 미량원소이다. 게르마늄흑운모에는 게르마늄 이외에도 장석, 전기석 등과 같은 미량광물질이 포함되어 있다.

본 연구는 자돈 및 육성돈에 있어 게르마늄 흑운모 첨가 효과를 구명하기 위해 첨가수준 및 입자도를 달리하여 사료에 첨가하여 급여시 성장능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다.

## II 재료 및 방법

### 1. 시험 1

#### (1) 시험동물 및 시험설계

개시시 체중  $13.12 \pm 0.15\text{kg}$ 인 3원 교잡종 [(Duroc×Yorkshire)×Landrace] 자돈 100두를 공시하였으며, 사양시험은 21일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수 - 대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구(CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리로 하여 처리당 4반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다.

본 시험에 사용된 게르마늄흑운모는 게르마늄 36 ppm, SiO<sub>2</sub> 61.90%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 23.19%, Na<sub>2</sub>O 3.36%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.97% 함유한 것을 사용하였다.

#### (2) 시험사료 및 사양관리

대조구 사료는 3,340kcal 대사에너지/kg, 21.00% 조단백질, 1.25% 라이신, 0.80% 칼슘, 0.70% 인을 함유토록 하였다(Table 1). 시험사료는 가루형태로 급여하였으며 건식급여기를 이용하여 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

#### (3) 영양소 소화율 측정

영양소 소화율을 측정하기 위해 시험 종료 7일 전에 표시물로서 산화크롬 (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)을 0.2% 첨가하였다. 크롬이 첨가된 시험사료 급여 5일 후에 각각의 돈방에서 3마리씩 분 시료를 항문 마사지법으로 채취한 후, 이를 혼합하여 1개의 시료로 하였으며, 이와 같은 방법으로 각 처리구당 4개의 분 시료를 채취하였다. 채취한 분은 60℃ 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill로 분쇄, 분석에 이용하였다.

Table 1. Basal diet composition for Exp. 1 (as-fed basis)

Ingredient, %	CON	GB0.5 <sup>1)</sup>	GB1.0 <sup>1)</sup>
Corn	55.26	54.22	53.17
Soybean meal (CP 44%)	33.43	33.56	33.70
Animal fat	5.33	5.75	6.16
Molasses	2.50	2.50	2.50
Dicalcium phosphate	1.93	1.93	1.94
Limestone	0.78	0.77	0.76
Germanium biotite	–	0.50	1.00
Salt	0.20	0.20	0.20
L-Lysine · Cl	0.17	0.16	0.16
DL-Methionine	0.03	0.04	0.04
Vitamin premix/trace mineral premix <sup>2)</sup>	0.22	0.22	0.22
Antibiotic <sup>3)</sup>	0.10	0.10	0.10
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05	0.05	0.05
Chemical composition <sup>4)</sup>			
ME, kcal/kg	3,340	3,340	3,340
Crude protein, %	21.00	21.00	21.00
Lysine, %	1.25	1.25	1.25
Methionine, %	0.35	0.35	0.35
Calcium, %	0.80	0.80	0.80
Phosphorus, %	0.70	0.70	0.70

<sup>1)</sup> Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>2)</sup> Provided per kg of complete diet : 20,000 IU of vitamin A; 4,000 IU of vitamin D<sub>3</sub>; 80 IU of vitamin E; 16 mg of vitamin K<sub>3</sub>; 4 mg of thiamin; 20 mg of riboflavin; 6 mg of pyridoxine; 0.08 mg of vitamin B<sub>12</sub>; 120 mg of niacin; 50 mg of Ca-pantothenate; 2 mg of folic acid; 0.08 mg of biotin; 140 mg of Cu; 179 mg of Zn; 12.5 mg of Mn; 0.5 mg of I; 0.25 mg of Co and 0.4 mg of Se.

<sup>3)</sup> Provided by 50mg carbadox per kg of complete diet.

<sup>4)</sup> Calculated values.

#### (4) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 채취한 후, 동결건조기를 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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2~ 방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조시킨 후, phosphoric acid 1ml를 첨가

하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반 한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45m membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하여 휘발성 지방산 농도를 측정하였다.

#### (5) 화학분석 및 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 의해 분석하였다.

모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogonal contrasts

를 이용하여 1) 대조구 vs GB 첨가구, 2) 200 mesh vs 325 mesh, 3) 0.5% vs 1.0%로 분리하여 유의성을 검정하였다.

## 2. 시험 2

### (1) 시험동물 및 시험설계

개시시 체중  $21.18 \pm 0.15\text{kg}$ 인 3원 교잡종 [(Duroc× Yorkshire)×Landrace] 육성돈 75두를 공시하였으며, 사양시험은 28일간 실시하였다. 시험설계는 Table 2와 같이 옥수수 - 대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구 (CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구

(GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구 (GB1.0-325)로 5개 처리를 처리당 3반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다.

본 사양시험에 사용한 게르마늄흑운모는 시험 1과 동일한 것을 사용하였다.

### (2) 시험사료 및 사양관리

대조구 사료는 3,320kcal 대사에너지/kg, 18.00% 조단백질, 1.00% 라이신, 0.70% 칼슘, 0.60% 인을 함유토록 하였다(Table 2). 시험사료는 가루 형태로 급여하였으며 건식급여기를 이용하여 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료

Table 2. Basal diet composition for Exp.2 (as-fed basis)

Ingredient, %	CON	GB0.5 <sup>1)</sup>	GB1.0 <sup>1)</sup>
Corn	64.15	63.82	63.26
Soybean meal (CP 44%)	25.63	25.51	25.47
Animal fat	4.67	4.64	4.76
Molasses	2.50	2.50	2.50
Dicalcium phosphate	1.55	1.54	1.54
Limestone	0.81	0.80	0.78
Germanium biotite	-	0.50	1.00
Salt	0.20	0.20	0.20
L-Lysine · Cl	0.12	0.12	0.12
Vitamin premix/trace mineral premix <sup>2)</sup>	0.22	0.22	0.22
Antibiotic <sup>3)</sup>	0.10	0.10	0.10
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05	0.05	0.05
Chemical composition <sup>4)</sup>			
ME, kcal/kg	3,320	3,320	3,320
Crude protein, %	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	1.00	1.00	1.00
Methionine, %	0.28	0.28	0.28
Calcium, %	0.70	0.70	0.70
Phosphorus, %	0.60	0.60	0.60

<sup>1)</sup> Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>2)</sup> Provided per kg of complete diet : 20,000 IU of vitamin A; 4,000 IU of vitamin D<sub>3</sub>; 80 IU of vitamin E; 16 mg of vitamin K<sub>3</sub>; 4 mg of thiamin; 20 mg of riboflavin; 6 mg of pyridoxine; 0.08 mg of vitamin B<sub>12</sub>; 120 mg of niacin; 50 mg of Ca-pantothenate; 2 mg of folic acid; 0.08 mg of biotin; 140 mg of Cu; 179 mg of Zn; 12.5 mg of Mn; 0.5 mg of I; 0.25 mg of Co and 0.4 mg of Se.

<sup>3)</sup> Provided by 50mg carbadox per kg of complete diet.

<sup>4)</sup> Calculated values.

섭취량, 사료효율을 계산하였다.

(3) 영양소 소화율 측정

분내 영양소 소화율 측정, 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정 방법은 시험 1과 동일하였다.

(4) 화학분석 및 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr 분석 그리고 자료의 통계분석은 시험 1과 동일하였다.

III 결과 및 고찰

1. 시험 1

(1) 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

게르마늄 흑운모를 급여한 자돈에 대한 일당 증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 Table 3에 나타내었다. 사양시험기간동안 일당증체량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일당 사료섭취량 및 사료효율에서도 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 권 등(2003)은 15kg의 자돈에게 게르마늄흑운모

를 0.1, 0.3, 0.6, 1.0% 수준으로 급여하였을 경우, 성장능력에 미치는 효과를 평가하였다. 시험 결과에서, 일당증체량 및 사료효율에 있어서는 처리구내 표준편차가 크기 때문에 처리구간에 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 자돈 사료내 0.3~ 6%를 첨가하면 일당증체량이 대조구와 비교하여 약 7~ % 향상되는 것으로 나타났다. 이러한 결과가 나타난 요인 중에는 본 사양시험에 사용한 게르마늄 흑운모내 함유되어 있는 게르마늄의 약리작용 (Suzuki 등, 1986)에 의한 것으로 사료된다. 일반적으로 게르마늄은 원적외선을 방사하는 것으로 알려져 있는데, 권 등(2001)은 원적외선 방사물질을 15kg의 자돈에게 급여하였을 경우, 혈청내 IgG의 농도가 유의적으로 증가하였다고 보고하였으나, 혈청내 IgG 농도 증가가 성장에 미치는 상관성에 대한 조사는 실시하지 않았다. 지금까지 게르마늄을 포함한 원적외선 방사물질이 가축의 건강도 증진과 이에 따른 성장능력 향상과의 상관성에 대해서는 밝혀진 바 없다. 따라서 본 사양시험에 사용한 게르마늄 흑운모와 가축 성장능력 향상에 대한 상관성 조사가 계속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Table 3. Effect of dietary germanium biotite on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs (Exp. 1)<sup>1)</sup>

Item	CON	325 mesh		200 mesh		SE <sup>3)</sup>	Probability (P=) <sup>4)</sup>		
		GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>		1	2	3
Growth performance									
Average daily gain, g	457	476	446	468	473	10	0.48	0.40	0.29
Average daily feed intake, g	843	853	872	869	873	20	0.30	0.69	0.59
Gain/feed	0.54	0.56	0.51	0.54	0.54	0.02	0.96	0.60	0.33
Nutrient digestibility, %									
Dry matter	72.51	72.04	71.90	71.50	71.19	0.43	0.10	0.84	0.61
Nitrogen	71.01	73.00	70.22	70.37	71.57	0.53	0.62	0.37	0.52
Calcium	50.18	49.59	50.03	48.42	50.88	0.86	0.65	0.85	0.12
Phosphorus	39.61	40.97	40.93	39.24	41.83	1.00	0.33	0.69	0.23

<sup>1)</sup> One hundred pigs with an average initial body weight of 13.15 ± 0.15kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Standard error.

<sup>4)</sup> Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%.

(2) 영양소 소화율

게르마늄 흑운모를 급여한 자돈에 대한 영양소 소화율은 Table 3과 같다. 건물과 질소 소화율에 있어서 모든 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 권 등(2003)은 15kg의 자돈에게 게르마늄 흑운모를 0.1, 0.3, 0.6, 1.0% 수준으로 급여하였을 경우, 건물 및 질소 소화율에 미치는 효과를 조사하였다. 그들은 시험결과에서, 게르마늄 흑운모의 급여가 건물 및 질소 소화율에 영향을 주지 않은 것으로 보고하였다. 또한, 육계에게 게르마늄 흑운모를 급여한 시험에서도 건물과 질소 소화율에 영향을 미치지 않은 것으로 보고하였다(이 등, 2003a). 이러한 결과들은 다공성 광물질이 갖을 수 있는 영양소 흡착에 따른 소화율 저하 가능성과는 다른 결과를 나타낸 것이다. 칼슘과 인 소화율에 있어서도 모든 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 양 등(2000)의 시험결과와 일치하는 것으로, 대조구와 비교하여 scoria 첨가구의 영양소 소화율이 향상되는 경향을 보였다고 보고하였다.

(3) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

게르마늄 흑운모를 자돈에게 급여하였을 때 분내 암모니아 가스 및 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 분내 암모니아태 질소 농도의 경우 게르마늄 흑운모의 입자도가 클수록(325mesh) 유의적으로 감소하

였으나(P=0.01), 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 분내 암모니아태 질소농도에 영향을 미치지 못하였다. 분내 휘발성 지방산 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮게 평가되었다(Propionic acid, P=0.01; butyric acid, P=0.01; acetic acid, P=0.02). 특히, 분내 propionic acid 농도는 게르마늄 흑운모의 입자도가 클수록 감소하는 것으로 나타났다(P=0.02). 권 등(2003)은 비육돈에게 게르마늄 흑운모를 1.0, 3.0% 첨가하여 급여하였을 경우, 분내 암모니아 가스 농도에 미치는 영향을 조사하였다. 시험결과에서 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 62~ 4% 감소하였다고 보고하였다. 또한, 이 등(2003a)은 육계 게르마늄 흑운모를 200과 300 mesh로 구분하여 첨가수준을 0.5와 1.0%으로 각각 급여하였을 경우, 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 평가하였다. 시험 결과에서, 육계에게 게르마늄 흑운모를 급여하면 분내 휘발성 지방산 농도가 대조구와 비교하여 유의적으로 감소하였다. 이와 같이 게르마늄 흑운모를 가축에게 급여하였을 경우, 분내 유해가스 농도 감소 효과에 관한 작용 기전은 아직까지 알려져 있지 않다. 그러나 한국 원적외선응용평가연구원에 의뢰하여 게르마늄 흑운모의 암모니아 가스 탈취율에 관한 실험 결과를 보면, 실험 개시 후 60분에 측정된 탈취율이 80% 인 것으로 나타났다 (data not shown). 이러한 결과는 게르마늄 흑운모의 유

Table 4. Effect of dietary germanium biotite on fecal NH<sub>3</sub>-N and volatile fatty acids concentrations in nursery pigs (Exp. 1)<sup>1)</sup>

Item	CON	200 mesh		325 mesh		SE <sup>3)</sup>	Probability (P=) <sup>4)</sup>		
		GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>		1	2	3
NH <sub>3</sub> -N	580.17	575.40	509.41	423.67	329.19	49.17	0.06	0.01	0.14
Volatile fatty acids									
Propionic acid	215.45	163.83	138.91	66.22	51.67	30.09	0.01	0.02	0.52
Butyric acid	366.75	170.04	140.80	125.06	75.80	35.78	0.01	0.15	0.28
Acetic acid	61.51	46.45	23.83	23.61	11.79	10.56	0.02	0.14	0.14

<sup>1)</sup> One hundred pigs with an average initial body weight of 13.15 ± 0.15kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Standard error.

<sup>4)</sup> Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%.

해가스 발생 억제 가능성을 보여주는 것으로 사료되나, 좀 더 체계적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

2. 시험 2

(1) 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

게르마늄 흑운모의 급여가 육성돈의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 사양시험 기간동안 일당증체량을 보면 GB325 처리구가 GB200 처리구와 비교하여 높은 경향을 나타내었으며 (P=0.08), GB0.5 처리구 GB1.0 처리구 보다 유의적으로 더 높은 것으로 나타났다(P=0.03). 일당사료섭취량에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 높은 경향을 나타냈으나(P=0.06), 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 권 등(2003)은 32kg의 육성돈에게 게르마늄 흑운모의 항생제 대체효과를 평가하였다. 일당증체량 및 일당사료섭취량에 있어서 항생제 첨가구와 비교하여 게르마늄 흑운모 0.3% 첨가구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 비육돈에게 게르마늄 흑운모를 1.0% 첨가하였을 경우 대조구와

비교하여 성장율이 7% 향상된 것으로 보고하였다. 권 등(2003)이 보고한 결과와 본 사양시험의 결과를 기초로 하여 볼 때, 게르마늄 흑운모는 자돈시기보다는 육성돈 및 비육돈 시기에 성장율에 유의적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

(2) 영양소 소화율

게르마늄 흑운모를 급여한 육성돈에 대한 건물, 질소, 칼슘, 인 소화율을 Table 5에 나타내었다. 건물 소화율에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮게 평가되었으나(P=0.01), GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 건물 및 질소 소화율이 유의적으로 높았다(P=0.01). 칼슘 소화율에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 더 높은 것으로 나타났다(P=0.01). 권 등(2003)은 육성돈에게 항생제 무첨가 사료에 게르마늄 흑운모를 0.3% 첨가할 경우, 항생제 첨가구와 비교하여 건물 및 질소 소화율이 감소하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다고 보고하였다. 또한, 비육돈 시험에서도 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 건물 및 질소 소화율이 더 높은 것으로 보고하였다.

Table 5. Effect of dietary germanium biotite on growth performance and nutrient digestibility in growing pigs (Exp. 2)<sup>1)</sup>

Item	CON	200 mesh		325 mesh		SE <sup>3)</sup>	Probability (P=) <sup>4)</sup>		
		GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>		1	2	3
Growth performance									
Average daily gain, g	726	738	754	744	840	20	0.11	0.08	0.03
Average daily feed intake, g	969	995	996	1008	1028	20	0.06	0.18	0.51
Gain/feed	0.75	0.74	0.76	0.74	0.82	0.03	0.61	0.39	0.11
Nutrient digestibility, %									
Dry matter	77.74	73.72	75.19	73.51	74.90	0.28	0.01	0.40	0.01
Nitrogen	71.70	70.64	72.66	69.66	71.74	0.50	0.39	0.08	0.01
Calcium	47.87	51.52	54.40	52.28	54.76	1.70	0.01	0.75	0.15
Phosphorus	47.39	48.86	45.79	49.52	46.67	1.89	0.87	0.70	0.15

<sup>1)</sup> Seventy five pigs with an average initial body weight of 21.18 ± 0.15kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Standard error.

<sup>4)</sup> Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%.

Table 6. Effect of dietary germanium biotite on fecal NH<sub>3</sub>-N and volatile fatty acids concentrations in growing pigs (Exp. 2)<sup>1)</sup>

Item	CON	200 mesh		325 mesh		SE <sup>3)</sup>	Probability (P=) <sup>4)</sup>		
		GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB0.5 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>		1	2	3
NH <sub>3</sub> -N	951.68	673.15	643.04	573.30	341.20	78.37	0.01	0.03	0.13
Volatile fatty acids									
Propionic acid	277.96	261.56	248.88	232.59	126.94	45.11	0.26	0.13	0.23
Butyric acid	361.73	346.61	341.84	304.76	158.48	44.90	0.18	0.04	0.13
Acetic acid	95.29	85.97	80.45	71.94	40.15	12.96	0.11	0.07	0.19

<sup>1)</sup> Seventy five pigs with an average initial body weight of 21.18±0.15kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Standard error.

<sup>4)</sup> Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%.

### (3) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

육성돈 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가가 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다. 분내 암모니아태 질소 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮았으며(P=0.01), 200mesh 보다는 325mesh의 게르마늄흑운모를 급여한 처리구가 더 낮게 평가되었다(P=0.03). 분내 propionic acid에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 분내 butyric acid 농도에 있어서는 200mesh 보다는 325mesh 처리구가 유의적으로 낮은 것으로 나타났다(P=0.04). 또한, 분내 acetic acid 농도에 있어서도 200mesh 보다는 325mesh 처리구가 낮은 경향을 나타내었다(P=0.07). 게르마늄 흑운모의 분내 유해가스 감소 효과는 산란계의 시험에서 유사한 결과를 나타내었다. 산란계에 게르마늄 흑운모를 0.5, 1.0, 1.5% 급여할 경우, 분내 암모니아 가스 및 휘발성 지방산 농도가 직선적인 효과를 나타내며 감소하였음을 보고하였다(이 등, 2003b). 이러한 결과는 규산염계 광물질이 갖는 고유의 성질 중 탈취 효과(Kling과 Quarles, 1974)에 의한 것으로 판단되며, 게르마늄 흑운모의 분내 유해가스 감소 효과에 대한 추가적인 연구가 필요 한 것으로 사료된다.

### IV 요약

본 시험은 자돈 및 육성돈에 있어 급여수준 및 입자도에 따른 게르마늄 흑운모의 급여가 성장능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 농도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 시험 1은 3월 교잡종 자돈 100두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중은 13.12±0.15kg이었다. 시험설계는 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구(CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리로 하였다. 사양시험 기간동안, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 분내 암모니아태 질소의 경우 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 유의적으로 감소하였으며(P=0.01), 분내 휘발성 지방산 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮게 평가되었다 (propionic acid, P=0.01; butyric acid, P=0.01; acetic acid, P=0.02). 특히, 분내 propionic acid 농도는 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 더 낮은 것으로 나타났다(P=0.02). 시험 2는 3월 교잡종 육성돈 75두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중은 21.18±0.15kg



이었다. 시험설계는 시험 1과 동일하였다. 사양 시험 기간동안, 일당증체량에 있어서는 GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 유의적으로 높은 것으로 나타났다( $P=0.03$ ). 건물 및 질소 소화율에 있어서는 GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 향상되는 것으로 나타났다( $P=0.01$ ). 칼슘 소화율에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 더 높은 것으로 나타났다( $P=0.01$ ). 분내 암모니아태 질소 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮았으며( $P=0.01$ ), GB200 처리구 보다는 GB325 처리구가 더 낮게 평가되었다( $P=0.03$ ). 분내 butyric acid 농도에 있어서는 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 유의적으로 낮은 것으로 나타났다( $P=0.04$ ). 결론적으로, 자돈에 있어서는 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장에 영향을 미치지 않으면서 분내 유해가스 농도를 감소시키는 것으로 사료되며, 육성돈에 있어서는 성장율을 향상시키면서 분내 유해가스 농도를 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 사료된다.

## V 사 사

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

## VI 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official Method of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
2. Asai, K. 1980. Miracle Cure: Organic Germanium. Japan Publications Inc., Japan.
3. Asc, H., Suzuki, F., Ebina, T. and Ishida, N. 1989. Antiviral activity of carboxyethyl-germanium (Ge-132) in mice infected with influenza virus. *J. Biol. Respose Mod.* 8:180.
4. Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry.* 8:131.
5. England, D. C. 1975. Effect of zeolite on incidence

- and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. *Rep. 17<sup>th</sup> 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. Honda, S. and Koizumi, M. 1976. The use of zeolite mudstone in hog raising at Ikawa-machi, Akita prefecture, Japan. *Proc. & Abstracts, WEOLITE '76-Inter. Cont Occur. Prop/ Util Nat. Zeolites, Tucson, Ar., June* (Abstr).
8. Kling, H. F. and Quarles, C. L. 1974. Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. *Poult. Sci.* 53:1161-1167.
9. Kondo, N. and Wagai, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. *Yonkai, May.* 1-4.
10. Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedorn, 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. Levine, S. and Kidd, P. M. 1986. Oxygen-nutrition for super health. *J. Orthomol. Medicine* 1:145-148.
12. Nishimura, T. 1973. Properties and Utilization of zeolite. *J. Clay Sic. Japan.* 13:23.
13. 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.
14. Ramos, A. J., Fink, G. T. and Hernandez, E. 1996. Prevention on toxic effect of mycotoxins by mean of nonnutritive adsorbent compounds. *J. Feed Protection.* 59:631-641.
15. Sandra, G. 1988. Therapeutic Effects of Pigs. National Research Council, Academy Press. Washington, D.C., U.S.A.
16. SAS. 1996. SAS user's guide. Release 6.12 edition. SAS Institute. Inc., Cary, N.C., U.S.A.
17. Suzuki, F., Brutkiewicz, R. R. and Pollard, R. B. 1986. Cooperation of lymphokine (e) and macrophages in expression of antitumor activity of carboxyethyl-germanium (Ge-132). *Anticancer Res.* 62:177.
18. 권기범, 김인호, 홍종욱, 문태현, 최상열, 석호봉. 2001. 돼지에 있어 원적외선 방사물질의 첨가가

- 면역반응 및 분중 미생물의 변화에 미치는 영향. 대한수의학회지. 41:37-42.
19. 권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 정연권, 민병준, 이원백, 손경승. 2003. 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 게르마늄 흑운모의 급여 효과. 한국동물자원과학회지. 45:355-368.
  20. 양창범, 김진동, 조원탁, 한인규. 2000. 사료중 제주 화산암 분말(Scoria)이 돼지의 산육능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:467-476.
  21. 이원백, 김인호, 홍종욱, 권오석, 민병준, 손경승, 정연권. 2003a. 육계에 있어 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장 및 혈액성상에 미치는 영향. 한국가금학회지. 30:67-72.
  22. 이원백, 김인호, 홍종욱, 권오석, 이상환, 민병준, 정연권. 2003b. 산란계 사료에 게르마늄 흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향. 한국가금학회지. 30:61-66.
- (접수일자 : 2003. 7. 3. / 채택일자 : 2003. 8. 18.)