

## 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 게르마늄흑운모의 급여 효과

권오석\*.김인호\*.홍종욱\*.이상환\*.정연권\*\*.민병준\*.이원백\*.손경승\*

단국대학교 동물자원과학과\*, 서봉바이오테크\*\*

## Effects of Dietary Germanium Biotite in Weaned, Growing and Finishing Pigs

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

Department of Animal Resource & Science, Dankook University\*, SEOBONG BioBestech Co., Ltd\*\*

### ABSTRACT

In Exp. 1, this study was conducted to determine the effect of dietary germanium biotite on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. A total of sixty crossbred pigs (initial body weight 15.09±0.18kg) were used in this experiment. This study was carried out for 28 days. The five treatments were control (CON; basal diet), GB0.1 (basal diet + germanium biotite 0.1%), GB0.3 (basal diet + germanium biotite 0.3%), GB0.6 (basal diet + germanium biotite 0.6%) and GB1.0 (basal diet + germanium biotite 1.0%). For overall period, ADG and Gain/feed were not significantly different among the treatments. In Exp. 2, a study was conducted to evaluate the effect of germanium biotite as a substitute for antibiotics in growing pigs. A total of fifty five crossbred pigs (initial body weight 32.47 ±0.9kg) were used in this experiment. The three treatments were negative control (NC: basal diet without antibiotic), positive control (PC: basal diet + 200ppm CTC) and GB0.3 (basal diet + germanium biotite 0.3%). Pigs fed PC (17%, 385 vs 451 g/d) and GB0.3 (14%, 385 vs 438 g/d) diets grew faster(P<0.05) than pigs fed NC diet. Pigs fed PC and GB0.3 diets resulted higher(P<0.05) ADFI than pigs fed CON diet. However, pigs fed GB0.3 diet had improved gain/feed compared to pigs fed NC diet(P<0.05). Apparent digestibility of DM and N by pigs fed PC and GB0.3 diets were greater(P<0.05) than those by pigs fed NC diet. In Exp. 3, a study was conducted to determine the effect of dietary germanium biotite on growth performance, plasma characteristics, backfat thickness and fecal ammonia gas concentration in finishing pigs. A total of seventy-two finishing pigs (initial body weight 78.56±1.32kg) were used in this experiment. The treatments included 1) Control (CON; basal diet) 2) GB1.0 (basal diet + germanium biotite 1.0%), 3) GB3.0 (basal diet + germanium biotite 3.0%). Pigs fed GB1.0 diet grew faster than pigs fed CON diet and GB0.3 diet (P<0.05). Also, pigs fed CON diet showed higher(p<0.05) ADFI than pigs fed GB3.0 diet. Pigs fed GB diets had improved gain/feed compared to pigs fed CON diet(P<0.05). Total and VLDL concentrations in plasma of pigs fed GB diets treatments were significantly decreased compared to those in pig fed CON diet(P<0.05). However, HDL-cholesterol concentration in plasma of the pig was significantly increased compared to those in pigs fed CON diet (P<0.05). Pigs fed CON diet exerted higher(P<0.05) backfat thickness than pigs fed GB1.0 (5.4%, 27.19 vs 25.71mm) and GB3.0 (16.1%, 27.19 vs 22.81mm) diets. Feces from CON treatment were higher in fecal ammonia gas concentration than faces from pigs fed GB1.0 (64.1%, 17.00 vs 6.10mg/kg)

---

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

and GB3.0 (61.8%, 17.00 vs 6.50mg/kg) treatments( $P<0.05$ ). In conclusion, the results suggest that the dietary addition of germanium biotite into diets for nursery pigs did not affect growth performance. The results also suggest the possibility of germanium biotite to replace antibiotic in diets for growing pigs. In finishing pigs, dietary supplementation of germanium biotite was an effective means for improving growth performance and for decreasing Total-and LDL+VLDL-plasma cholesterols, backfat and fecal ammonia gas concentration.

**(Key words :** Germanium biotite, Growth performance, Antibiotic, Cholesterol, Fecal ammonia gas, Pigs)

## I. 서 론

게르마늄흑운모 (germanium biotite)는 36ppm의 게르마늄을 함유하고 있는 물질로서, 지금까지 알려진 유기게르마늄의 생체내 효과는 면역강화 작용 (Suzuki 등, 1986), virus 감염치료 (Asc 등, 1989), 산소공급증진 (Levine와 Kidd, 1986), 혈액정화 (Sandra, 1988), 인터페론 분비 유도 (Aso 등, 1982) 그리고 체내 중금속 배출 촉진 (Asai, 1980) 등 다양한 약리작용이 밝혀져 있다. 게르마늄흑운모내에는 게르마늄 이외에도 미량광물질로 장석, 전기석 등이 포함되어 있으며, 운모는 신농본초경 (神農本草經) 상품 (上品)에 처음으로 수록된 약품으로서 양명 (養命)을 시키는 약으로 분류되어 있다.

육종 및 사료영양의 발달은 돼지의 생산성을 고도로 향상시켰지만, 질병에 대한 저항성은 그에 미치지 못하여 각종 병원성 미생물의 감염에 대한 저항성이 낮아져 여러 가지 질병이 발생되고 있으며, 가축 사육의 집산화 인하여 질병 발생에 대한 피해도 커지고 있다. 또한, 항생제 내성균에 대한 문제가 제기되면서 항생제 사용의 법적인 규제가 이루어지고 있으며, 이에 따른 대체물질에 대한 연구가 진행되고 있다 (Vanbelle, 1989). 최근에는 항생제 대체물질로서 가축의 체내 면역기능을 활성화시키는 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (Kim 등, 1999; Bae 등, 1999; Sohn 등, 2000). 특히 생체면역을 종합적으로 증강시킴으로써 백신 접종효과의 증진을 가져오거나, 외부에서 침입하는 질병 원인체에 대한 생체방어능 향진을 유도하는 비특이 면역증강제 개발에 더욱 관심이 모아지고 있다.

국내에서는 이미 오래전부터 Kaolinite, Zeolite, Bentonite, Vermiculite 등의 규산염 (Silicate) 점

토광물을 일반 농업, 수산, 환경정화 등에 널리 사용되어 왔으며, 축산업에서도 가축의 성장촉진, 소화율 및 사료효율 개선, 축분의 수분조절 및 축사 내 악취제거 등을 위하여 부분적으로 활용되고 있다. 그 중에서도 zeolite의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방 특성에 유리한 영향을 준다는 보고 (Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있다. 최근에 들어서 김(2000)은 황토성분의 비육돈 사료에 첨가 급여시 근내지방도와 다즙성에서 대조구와 비교하여 우수하였다고 보고한 바 있다.

본 연구는 게르마늄흑운모의 양돈사료내 첨가효과를 규명하기 위하여 자돈에서는 게르마늄흑운모의 첨가가 성장능력에 미치는 영향을 조사하고, 육성돈에서는 게르마늄흑운모의 항생제 대체효과 그리고 비육돈에서는 게르마늄흑운모의 급여가 성장능력, 혈장내 콜레스테롤 함량 변화, 등지방 두께 그리고 분내 암모니아 가스 함량 변화에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험 1

#### (1) 시험동물 및 시험설계

3원 교잡종 [(Duroc×Yorkshire)×Landrace] 자돈 60두를 공시하였으며, 시험개시시의 체중은  $15.09\pm 0.18\text{kg}$ 이었다. 사양시험은 28일간 실시하였다.

시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 게르마늄흑운모 무첨가구 (CON; basal diet), 기초사료에 게르마늄흑운모 0.1% (GB0.1), 0.3% (GB0.3), 0.6% (GB0.6), 1.0% 첨가구 (GB1.0)로 5개 처리를 하여 처리당 3만

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diet for Exp. 1 (as-fed basis)

Ingredients (%)	CON	GB0.1 <sup>1)</sup>	GB0.3 <sup>1)</sup>	GB0.6 <sup>1)</sup>	GB1.0 <sup>1)</sup>
Corn	54.67	54.46	54.06	53.45	52.62
Soybean meal (CP 47.5%)	24.83	24.85	24.89	24.96	25.06
Wheat	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Animal fat	4.54	4.63	4.79	5.04	5.37
Molasses	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dicalcium phosphate	1.82	1.82	1.83	1.83	1.84
Germanium biotite	—	0.10	0.30	0.60	1.00
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Limestone	0.93	0.93	0.92	0.91	0.90
Vitamin premix <sup>2)</sup>	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Trace mineral premix <sup>3)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-lysine · HCl	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Antibiotic <sup>4)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Chemical composition <sup>5)</sup>					
ME (kcal/kg)	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350
Crude protein (%)	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
Lysine (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine (%)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Calcium (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Phosphorus (%)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

<sup>1)</sup> Abbreviated GB0.1, added 0.1% of germanium biotite; GB0.3, added 0.3% of germanium biotite; GB0.6, added 0.6% 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 thiamine; 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 and 0.08 mg of biotin.

<sup>3)</sup> Provided per kg of complete diet : 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>4)</sup> Provided by 50mg carbadox per kg of complete diet.

<sup>5)</sup> Calculated values.

복, 반복당 4마리씩 완전임의 배치하였다. 본 시험에 사용된 케르마늄흑운모는 케르마늄 36ppm, 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 것으로 분석되었다.

(2) 시험사료 및 사양관리  
기초사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC (1998) 사양표준을 기초로 하여 3,350kcal ME/kg, 19.00% CP, 1.00% lysine, 0.80% Ca,

0.70% P를 함유토록 하였다 (Table 1). 시험사료는 가루사료의 형태로 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 14일령과 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

### (3) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험종료 7일전에 표시물로서 산화크롬 ( $Cr_2O_3$ )을 0.2% 첨가하였다. 크롬사료 급여 4일후 분을 채취하였고, 채취한 분은 60°C의 열풍건조기에서 72시간 건조 시킨 후 Wiley mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다.

### (4) 화학분석 및 통계처리

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

본 시험의 모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

## 2. 시험 2

### (1) 시험동물 및 시험설계

3원 교잡종 [(Duroc×Yorkshire)×Landrace] 육성돈 54두를 공시하였으며, 시험개시시의 체중은 32.47±0.90kg이었다.

시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 항생제 무첨가구 (NC; basal diet without antibiotics), 항생제 첨가한 처리구 (PC; basal diet + 200ppm CTC), 게르마늄흑운모를 0.3% 첨가한 처리구 (GB0.3; basal diet + germanium biotite 0.3%)로 3개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 6마리씩 완전임의배치하였다.

### (2) 시험사료 및 사양관리

기초사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC (1998) 사양표준을 기초로 하여 3,350kcal ME/kg, 18.00% CP, 0.90% lysine, 0.70% Ca,

0.60% P를 함유토록 하였다 (Table 2). 시험사료는 가루사료의 형태로 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험 개시시와 종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

### (3) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험종료 7일전에 표시물로서 산화크롬 ( $Cr_2O_3$ )을 0.2% 첨가하였으며, 분 채취 및 실험실 분석 방법은 Exp. 1과 동일하였다.

### (4) 화학분석 및 통계처리

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

본 시험의 모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

## 3. 시험 3

### (1) 시험동물 및 시험설계

본 시험은 개시시 체중이 평균 78.65±1.32kg의 3원 교잡종 [(Duroc×Yorkshire)×Landrace] 72두를 공시하였고 사양시험은 50일간 실시하였다.

시험설계는 Table 3과 같이 옥수수-대두박 위주의 사료에 NRC (1998)의 영양소 요구량에 따라 대조구 (CON; basal diet), 대조구 사료내 게르마늄흑운모 1.0 (GB1.0) 및 3.0% (GB3.0)를 첨가한 3개의 처리구로 처리당 3반복, 반복당 8마리씩 완전임의 배치하였다.

### (2) 시험사료 및 사양관리

기초사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 3,300kcal ME/kg, 14.00% CP, 0.70% lysine, 0.60% Ca, 0.50% P를 함유하였고 (Table 3) 사료와 물은 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시 측정하여 일당증체량, 사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

Table 2. Formula and chemical composition of experimental diet for Exp. 2

Ingredients (%)	(as-fed basis)		
	NC <sup>1)</sup>	PC <sup>1)</sup>	GB0.3 <sup>1)</sup>
Corn	66.00	65.79	65.39
Soybean meal (CP 47.5%)	23.96	23.98	24.03
Animal fat	4.24	4.32	4.48
Molasses	3.00	3.00	3.00
Dicalcium phosphate	1.26	1.27	1.27
Salt	0.25	0.25	0.25
Limestone	1.01	1.01	1.00
Vitamin premix <sup>2)</sup>	0.12	0.12	0.12
Trace mineral premix <sup>3)</sup>	0.10	0.10	0.10
Germanium biotite	—	—	0.30
Chlortetracycline	—	0.10	—
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05	0.05	0.05
L-lysine · HCl	0.01	0.01	0.01
Chemical composition <sup>3)</sup>			
ME (kcal/kg)	3,350	3,350	3,350
Crude protein (%)	18.00	18.00	18.00
Lysine (%)	0.90	0.90	0.90
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 NC, negative control added no antibiotic; PC, positive control added antibiotic; GB0.3, added 0.3% of germanium biotite.

<sup>2)</sup> Provided per kg of complete diet : 4,800 IU vitamin A, 960 IU vitamin D<sub>3</sub>, 20 IU vitamin E, 2.4 mg vitamin K, 4.6 mg vitamin B<sub>2</sub>, 1.2 mg vitamin B<sub>6</sub>, 13 mg pantothenic acid, 23.5 mg niacin and 0.02 mg biotin.

<sup>3)</sup> Provided per kg of complete diet : 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>4)</sup> Calculated values.

### (3) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험종료 7일전에 표시물로서 산화크롬 (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)을 0.2% 첨가하였으며, 분 채취 및 실험실 분석 방법은 Exp. 1과 동일하였다.

### (4) 혈액분석

혈액채취는 사양시험 개시시와 종료시에 경정맥 (Jugular vein)에서 채취하였으며, 혈액을 채취하여 4℃에서 혈액을 응고시킨 후에 2,000×g로 30분간 원심분리 한 혈장을 분석에 이용하였다.

Table 3. Formula and chemical composition of experimental diet for Exp. 3 (as-fed basis)

Ingredients (%)	CON	GB1.0 <sup>1)</sup>	GB3.0 <sup>1)</sup>
Corn	75.15	74.03	69.89
Soybean meal (CP 44%)	16.35	16.30	16.81
Animal fat	3.09	3.29	4.95
Molasses	3.00	3.00	3.00
Germanium biotite	—	1.00	3.00
Dicalcium phosphate	0.78	0.78	0.82
Salt	0.25	0.25	0.25
Limestone	1.06	1.03	0.97
Vitamin premix <sup>2)</sup>	0.12	0.12	0.12
Trace mineral premix <sup>3)</sup>	0.10	0.10	0.10
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05	0.05	0.05
L-lysine · HCl	0.05	0.05	0.04
Chemical composition <sup>4)</sup>			
ME (kcal/kg)	3,300	3,300	3,300
Crude protein (%)	14.00	14.00	14.00
Lysine (%)	0.70	0.70	0.70
Methionine (%)	0.23	0.23	0.23
Calcium (%)	0.60	0.60	0.60
Phosphorus (%)	0.50	0.50	0.50

<sup>1)</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 thiamine; 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 and 0.08 mg of biotin.

<sup>2)</sup> Provided per kg of complete diet : 220 mg Cu, 175mg Fe, 191 mg Zn, 89 mg Mn, 0.32 mg I, 0.5 mg Co and 0.35 mg Se.

<sup>3)</sup> Calculated values.

Total cholesterol 농도는 T. chol Kit (Boehringer Mannheim, Germany)를, HDL-cholesterol 농도는 HDL-C kit (Boehringer Mannheim, Germany)를 이용하였다. Triglyceride 농도는 T. G kit (Boehringer Mannheim, Germany)에 반응시켜 자동 생화학 분석기 (HITACHI 747, HITACHI, Japan)를 이용하여 측정하였다. LDL+VLDL 콜레스테롤 농도는 Naoyuki와 Yoshiharu (1995)의 방법에 따라 평

가하였다.

#### (5) 분내 암모니아 가스농도 및 등지방 두께 측정

분내 암모니아 가스의 농도 측정은 처리당 체중이 유사한 비육돈을 처리당 5마리씩 시험 종료시 분을 250g씩 정량 채취하여 밀폐된 플라스틱 박스(W15×H30cm)에 넣고 가스의 유출이 없도록 밀봉 후 24시간 뒤에 측정하였다.

측정기구는 암모니아 가스측정기(TG-2400KA, Japan)를 사용하였다.

등지방 두께 측정은 Digital backfat indicator (Renco lean-meter, USA)를 이용하여 시험 종료 시에 측정하였다.

#### (6) 화학분석 및 통계처리

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

본 시험의 모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 시험 1

(1) 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율  
시험사료를 급여한 자돈에 대한 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 Table 4와 같다. 0~14일간의 시험기간을 보면, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 있어서 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 14~28일간의 사양시험 기간동안, 일당증체량과 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 일당사료섭취량에 있어서는 GB0.6 처리구가 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다 ( $P<0.05$ ). 전체 사양시험 기간동안, 일당증체량과 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 일당사료섭취량에 있어서는 GB0.6 처리구가 GB0.1 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다 ( $P<0.05$ ). 그러나 양 등 (2000a)은 제주 화산암 분말인 scoria를 자돈사료내 3% 첨가하여 급여한 사양시험

Table 4. Effects of dietary germanium biotite on growth performance in nursery pigs (Exp. 1)<sup>1)</sup>

Item	CON	GB0.1 <sup>2)</sup>	GB0.3 <sup>2)</sup>	GB0.6 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>	SE <sup>3)</sup>
0~14 days						
ADG (g)	425	432	459	437	454	25
ADFI (g)	914	860	906	963	932	45
Gain/feed	0.47	0.50	0.51	0.45	0.49	0.02
14~28 days						
ADG (g)	556	539	590	637	551	31
ADFI (g)	1,302 <sup>b</sup>	1,240 <sup>b</sup>	1,284 <sup>b</sup>	1,532 <sup>a</sup>	1,213 <sup>b</sup>	56
Gain/feed	0.43	0.44	0.46	0.42	0.45	0.03
0~28 days						
ADG (g)	491	486	524	537	502	24
ADFI (g)	1,108 <sup>ab</sup>	1,050 <sup>b</sup>	1,095 <sup>ab</sup>	1,248 <sup>a</sup>	1,073 <sup>ab</sup>	56
Gain/feed	0.44	0.46	0.48	0.43	0.47	0.02

<sup>1)</sup> Sixty pigs with an average initial body weight of 15.09±0.18kg (SD).

<sup>2)</sup> Abbreviated GB0.1, added 0.1% of germanium biotite; GB0.3, added 0.3% of germanium biotite; GB0.6, added 0.6% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

<sup>ab</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $P<0.05$ ).

에서 일당증체량에 있어서는 scoria를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 성장율이 유의적으로 낮게 평가되었다고 보고하였다 (P<0.05). 또한, 양 등 (2000b)은 자돈사료내 scoria와 zeolite를 각각 3% 첨가하여 급여한 사양시험에서, scoria 첨가구가 대조구와 zeolite 첨가구와 비교하여 일당증체량이 유의적으로 높았으나 (P<0.05), 사료요구율에 있어서는 대조구가 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높았음을 보고하여 본 시험의 결과와 상이한 결과를 보고하였다.

(2) 영양소 소화율

시험사료를 급여한 자돈에 대한 건물과 질소 소화율은 Table 5와 같다. 건물과 질소의 외관상 소화율은 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 양 등 (2000b)은 자돈사료내

scoria를 3% 첨가한 사양시험에서, 분내 건물 함량은 scoria를 3% 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높았으며 (P<0.05), 분내 질소 및 인 함량에 있어서는 scoria를 3% 첨가한 처리구가 유의적으로 낮게 조사되었다 (P<0.05)고 보고하였으며, 이러한 결과는 본 사양시험의 결과와 상이한 것이다.

2. 시험 2

(1) 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율  
시험사료를 급여한 육성돈에 대한 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율은 Table 6와 같다.

사양시험 기간동안, 일당증체량에 있어서 NC 처리구와 비교하였을 때 PC 처리구와 GB 0.3 처리구의 성장율이 각각 17% (385 vs 451,

Table 5. Effects of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in nursery pigs (Exp. 1)<sup>1)</sup>

Item (%)	CON	GB0.1 <sup>2)</sup>	GB0.3 <sup>2)</sup>	GB0.6 <sup>2)</sup>	GB1.0 <sup>2)</sup>	SE <sup>3)</sup>
Dry matter	68.34	69.69	70.12	67.78	63.97	2.91
Nitrogen	65.15	67.09	67.50	56.84	62.58	3.36

<sup>1)</sup> Sixty pigs with an average initial body weight of 15.09±0.18kg (SD).

<sup>2)</sup> Abbreviated GB0.1, added 0.1% of germanium biotite; GB0.3, added 0.3% of germanium biotite; GB0.6, added 0.6% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

Table 6. Effects of dietary germanium biotite on growth performance in growing pigs (Exp. 2)<sup>1)</sup>

Item	NC <sup>2)</sup>	PC <sup>2)</sup>	GB0.3 <sup>2)</sup>	SE <sup>3)</sup>
ADG (g)	385 <sup>b</sup>	451 <sup>a</sup>	438 <sup>a</sup>	27
ADFI (g)	1,191 <sup>b</sup>	1,371 <sup>a</sup>	1,318 <sup>a</sup>	18
Gain/feed	0.32 <sup>b</sup>	0.33 <sup>ab</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.02

<sup>1)</sup> Fifty four pigs with an average initial body weight of 32.47±0.90kg (SD).

<sup>2)</sup> Abbreviated NC, negative control added no antibiotic; PC, positive control added antibiotic; GB0.3, added 0.3% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

<sup>ab</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

g/d), 14% (385 vs 438, g/d) 높았다 ( $P<0.05$ ). 일당사료섭취량에 있어서도 NC 처리구와 비교하여 PC 처리구와 GB0.3 처리구가 유의적으로 높았다 ( $P<0.05$ ). 사료효율에 있어서도 NC 처리구와 비교하여 GB0.3 처리구가 유의적으로 높았다 (0.323 vs 0.332) ( $P<0.05$ ). Kondo 등 (1968)은 clinoptilolite 계통의 zeolite를 육성돈 및 비육돈 사료에 각각 5%씩 첨가한 사양시험에서, 일당증체량은 25~29% 증가하였고 사료효율은 육성돈의 경우 35%, 비육돈의 경우에는 6%가 개선되었다고 보고하였다. 또한, 권 등 (2001)은 육성돈 사료내 원적외선방사물질을 50ppm 첨가하였을 때 일당증체량이 향상되었다고 보고하였다. 또한 양 등 (2000b)은 육성돈 사료에 scoria와 zeolite를 각각 3% 첨가한 사양시험에서 대조구와 비교하여 scoria와 zeolite를 첨가한 처리구의 일당증체율이 유의적으로 높았음을 보고하였다.

#### (2) 영양소 소화율

항생제를 첨가하지 않은 시험사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향을 Table 7에 나타내었다. 외관상 건물과 질소 소화율에 있어서 NC 처리구와 비교하여 PC 처리구와 GB0.3 처리구가 유의적으로 높았으며 ( $P<0.05$ ), 양 등 (2000b)은 육성돈 사료내 scoria를 1%와 3% 첨가한 사양시험에서, scoria를 3% 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 건물 및 단백질 소화율이 증가하였음을 보고하였

다. 또한, 한 등 (1975)도 육성돈 사료에 zeolite를 4.0%까지 밀기울을 대체 첨가한 경우 대조구에 비해 소화율 개선효과가 있었다고 보고하였다.

### 3. 시험 3

#### (1) 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율

비육돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 미치는 영향은 Table 8에서 보는 바와 같다. 일당증체량에서는 GB1.0 처리구가 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높았으며( $P<0.05$ ), 일당사료섭취량에 있어서는 대조구가 GB3.0보다 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 사료효율에 있어서는 GB 첨가구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 조사되었다 ( $P<0.05$ ). 양 등 (2000b)은 비육돈 사료내 scoria를 3% 첨가하여 급여한 사양시험에서, 일당증체량에 있어서는 scoria 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높았으며, 사료요구율에 있어서는 scoria 처리구가 유의적으로 낮게 조사되었으며, 이러한 결과는 본 시험과 일치하는 결과이다. 또한, Kondo 등 (1968)도 비육돈 사료에 zeolite를 5% 첨가하였을 경우 사료효율이 6%정도 개선되었다고 보고하였다. GB의 첨가에 의한 성장율에서는 대조구와 비교하여 높았지만, 사료섭취량에서 GB3.0 처리구는 대조구에 비하여 낮았다. 따라서 GB의 비육돈 사료내 첨가시 3% 이하로 첨

Table 7. Effects of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in growing pigs (Exp. 2)<sup>1)</sup>

Item (%)	NC <sup>2</sup>	PC <sup>2</sup>	GB0.3 <sup>2</sup>	SE <sup>3</sup>
Dry matter	77.01 <sup>b</sup>	88.44 <sup>a</sup>	86.02 <sup>a</sup>	2.06
Nitrogen	76.20 <sup>b</sup>	88.03 <sup>a</sup>	84.87 <sup>a</sup>	2.91

<sup>1)</sup> Fifty four pigs with an average initial body weight of 32.47±0.90kg (SD).

<sup>2)</sup> Abbreviated NC, negative control added no antibiotic; PC, positive control added antibiotic; GB0.3, added 0.3% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

<sup>ab</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $P<0.05$ ).

Table 8. Effects of dietary germanium biotite on growth performance in finishing pigs (Exp. 3)<sup>1)</sup>

Item	CON	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB3.0 <sup>2)</sup>	SE <sup>3)</sup>
ADG (g)	708 <sup>b</sup>	757 <sup>a</sup>	715 <sup>b</sup>	36
ADFI (g)	3,108 <sup>a</sup>	2,789 <sup>ab</sup>	2,620 <sup>b</sup>	99
Gain/feed	0.23 <sup>b</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.02

<sup>1)</sup> Seventy two pigs with an average initial body weight of 78.65±1.32kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB1.0, added 1.0% of germanium biotite; GB3.0, added 3.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

<sup>ab</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

가하는 것이 성장에 좋은 영향을 미칠 것으로 보인다.

#### (2) 영양소 소화율

비육돈 사료에 게르마늄흑운모의 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향을 Table 9에 나타내었다. 외관상 건물 및 질소 소화율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 양 등 (2000b)은 비육돈 사료내 scoria를 3% 첨가한 사양시험에서, 분내 건물 함량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 분내 질소 함량에 있어서는 scoria 첨가가 대조구와 비교하여 유의적으로 낮게 조사되었다고 보고하여 본 사양시험과 상이한 결과를 나타내었다.

#### (3) 혈액 분석

비육돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 혈장내 Total-cholesterol, Triglyceride, HDL과

LDL+VLDL-cholesterol의 함량은 Table 10에 나타내었다. Total-cholesterol 함량 변화는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 감소하였다 (P<0.05). 또한, LDL+VLDL-cholesterol 함량 변화도 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 감소하였다 (P<0.05). 그러나 혈장내 HDL-cholesterol 함량에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 증가하였다 (P<0.05).

#### (4) 등지방 두께 및 분내 암모니아 가스 농도

비육돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 등지방 두께 및 분내 암모니아 가스 농도에 미치는 영향을 Table 11에 나타내었다. 등지방 두께에 있어서는 대조구와 비교하여 GB1.0 처리구가 5.4% (27.19 vs 25.71mm)의 감소를 보였고, GB3.0 처리구는 대조구와 비교하여 16.1% (27.19 vs 22.81mm)로 유의적인 감소를 보였다

Table 9. Effects of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in finishing pigs (Exp. 3)<sup>1)</sup>

Item, %	CON	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB3.0 <sup>2)</sup>	SE <sup>3)</sup>
Dry matter	70.99	71.26	70.53	1.42
Nitrogen	64.31	67.65	67.92	1.73

<sup>1)</sup> Seventy two pigs with an average initial body weight of 78.65±1.32kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB1.0, added 1.0% of germanium biotite; GB3.0, added 3.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

Table 10. Effects of dietary germanium biotite on plasma cholesterol and TG in finishing pigs (Exp. 3)<sup>1)</sup>

Item	CON	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB3.0 <sup>2)</sup>	SE <sup>3)</sup>
Total cholesterol (mg/dL)				
0 day	97.80	110.60	113.20	2.75
50 days	99.33	100.00	99.00	3.59
Difference	1.53 <sup>b</sup>	-10.60 <sup>a</sup>	-14.20 <sup>a</sup>	3.77
HDL-cholesterol (mg/dL)				
0 day	41.60	44.50	43.25	0.32
50 days	42.80	50.33	50.00	0.27
Difference	1.20 <sup>b</sup>	5.83 <sup>a</sup>	6.75 <sup>a</sup>	0.55
LDL+VLDL-cholesterol (mg/dL)				
0 day	56.20	66.10	69.95	2.89
50 days	56.53	49.67	49.00	3.79
Difference	0.33 <sup>b</sup>	-16.43 <sup>a</sup>	-20.95 <sup>a</sup>	2.77
Triglyceride (mg/dL)				
0 day	48.60	47.80	42.00	3.17
50 days	35.25	35.50	30.00	2.14
Difference	-13.35	-12.30	-12.00	5.44

<sup>1)</sup> Seventy two pigs with an average initial body weight of 78.65±1.32kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB1.0, added 1.0% of germanium biotite; GB3.0, added 3.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

<sup>a</sup> <sup>b</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

Table 11. Effects of dietary germanium biotite on backfat thickness and fecal ammonia gas concentration in finishing pigs (Exp. 3)<sup>1)</sup>

Item	CON	GB1.0 <sup>2)</sup>	GB3.0 <sup>2)</sup>	SE <sup>3)</sup>
Backfat thickness (mm)	27.19 <sup>a</sup>	25.71 <sup>ab</sup>	22.81 <sup>b</sup>	1.14
Fecal ammonia gas concentration (mg/kg)	17.00 <sup>a</sup>	6.10 <sup>b</sup>	6.50 <sup>b</sup>	0.61

<sup>1)</sup> Seventy two pigs with an average initial body weight of 78.65±1.32kg.

<sup>2)</sup> Abbreviated GB1.0, added 1.0% of germanium biotite; GB3.0, added 3.0% of germanium biotite.

<sup>3)</sup> Pooled standard error.

<sup>ab</sup> Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

( $P<0.05$ ). 이는 Pond 등(1988)과 Kovar 등(1990)의 시험에서와 같이 규산염 광물질 급여가 돼지의 근육과 지방특성에 유리한 영향을 준다는 보고에서 알 수 있듯이 게르마늄흑운모의 사료내 첨가는 도체특성의 개선 효과가 있는 것으로 보인다. 하지만 이는 사료 섭취량에서 기인할 수도 있으므로 비육돈 사료내 3% 이하로 첨가하는 것이 좋을 것으로 보인다.

게르마늄흑운모의 분내 암모니아 가스 농도에 미치는 영향에 있어서는, 대조구와 비교하여 GB1.0 처리구가 64.1% (17.00 vs 6.10mg/kg), GB3.0 처리구가 61.8% (17.00 vs 6.50mg/kg) 유의적으로 감소하였다 ( $P<0.05$ ). 이는 규산염 광물질 (zeolite)의 첨가 수준을 증가시켰을 때 가축분 내 악취의 탈취효과가 있었음을 보고한 것 (Kling과 Quarles, 1974)과 일치하는 것이다.

#### IV. 요약

시험 1은 게르마늄흑운모를 자돈 사료에 첨가하였을 때 자돈의 성장 및 영양소 소화율에 미치는 영향을 평가하고자 실시하였다. 공시동물은 평균 체중 15.09±0.18kg의 3원 교잡종 자돈 60두를 공시하여 28일간 실시하였다. 시험설계는 기초사료에 게르마늄흑운모 무첨가구 (CON; basal diet), 기초사료에 게르마늄흑운모 0.1% (GB0.1), 0.3% (GB0.3), 0.6% (GB0.6), 1.0% (GB1.0) 첨가구로 5개 처리로 하였다. 전체 사양시험 기간동안, 일당증체량과 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 시험 2는 육성돈 사료내 게르마늄흑운모의 항생제 대체효과를 평가하기 위하여 실시하였다. 공시동물은 평균 체중이 32.47±0.90kg인 3원 교잡종 육성돈 54두를 공시하여 35일간 실시하였다. 시험설계는 기초사료에 항생제 무첨가구 (NC; basal diet), 항생제 첨가구 (PC; basal diet + 200ppm CTC), 게르마늄흑운모를 0.3% 첨가구 (GB0.3; basal diet + 0.3% germanium biotite)의 3개 처리로 하였다. 사양시험 기간동안, 일당증체량에 있어서 NC 처리구와 비교하였을 때 PC 처리구와 GB0.3 처리구의 성장율

이 각각 17% (385 vs 451, g/d), 14% (385 vs 438, g/d) 높았다 ( $P<0.05$ ). 일당사료섭취량에 있어서 NC 처리구와 비교하여 PC 처리구와 GB0.3 처리구가 유의적으로 높았다 ( $P<0.05$ ). 사료효율에 있어서도 NC 처리구와 비교하여 GB0.3 처리구가 유의적으로 높았다 (0.323 vs 0.332) ( $P<0.05$ ). 외관상 건물과 질소 소화율에 있어서 NC 처리구와 비교하여 PC 처리구와 GB0.3 처리구가 유의적으로 높았다 ( $P<0.05$ ). 시험 3은 비육돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 성장, 영양소 소화율, 혈장 성장, 등지방 두께 그리고 분내 암모니아 가스 농도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 공시동물은 평균 체중이 78.65±1.32kg인 비육돈 72두를 공시하였다. 시험설계는 기초사료에 게르마늄흑운모 무첨가구 (CON; basal diet), 기초사료에 게르마늄흑운모 1.0% (GB1.0), 3.0% (GB3.0) 첨가구로 3개 처리로 하였다. 사양시험 기간동안, 일당증체량에서는 GB1.0 처리구가 대조구와 GB3.0 처리구와 비교하여 유의적으로 높았으며 ( $P<0.05$ ), 일당사료섭취량에 있어서는 대조구가 GB3.0보다 유의적으로 높았다 ( $P<0.05$ ). 사료효율에 있어서는 GB 첨가구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 조사되었다 ( $P<0.05$ ). 혈장내 Total-cholesterol 함량 변화는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 감소하였다 ( $P<0.05$ ). 또한, LDL+VLDL-cholesterol 함량 변화도 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 감소하였다 ( $P<0.05$ ). 혈장내 HDL-cholesterol 함량에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 증가하였다 ( $P<0.05$ ). 등지방 두께에 있어서는 대조구와 비교하여 GB1.0 처리구가 5.4% (27.19 vs 25.71mm)의 감소를 보였고, GB3.0 처리구가 대조구와 비교하여 16.1% (27.19 vs 22.81mm)로 유의적인 감소를 보였다 ( $P<0.05$ ). 게르마늄흑운모의 분내 암모니아 가스 농도에 미치는 영향에 있어서는, 대조구와 비교하여 GB1.0 처리구가 64.1% (17.00 vs 6.10mg/kg), GB3.0 처리구가 61.8% (17.00 vs 6.50mg/kg) 유의적으로 감소하였다 ( $P<0.05$ ). 결론적으로, 양돈사료내 게르마늄흑운모를 첨

가하였을 경우, 자돈에 있어서는 성장에 영향을 미치지 않는 것으로 사료되며, 육성돈에 있어서는 항생제 대체효과를 갖는 것으로 나타난다. 또한, 비육돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 비육돈의 성장능력을 향상시키는 것으로 판단되며, 혈중 Total 및 LDL+VLDL-cholesterol 함량을 감소시키며, HDL-cholesterol 함량을 증가시키는 것으로 판단된다. 또한 등지방 두께가 감소되며, 분내 암모니아 가스 농도가 감소하는 것으로 나타났다.

## V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis. (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
2. Asai, K. 1980. Miracle Cure: Organic germanium. Japan Publications Inc.
3. Asc, H., Suzuki, F., Ebina, T. and Ishida, N. 1989. Antiviral activity of carboxyethylgermanium sesquioxide (Ge-132) in mice infected with influenza virus. *J. Biol. Respose Mod.* 8:180.
4. Aso, H., Suzuki, F., Yamaguchi, T. and 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.
5. Bae, K. H., Ko, T. G., Kim, J. H., Cho, W. T., Han, Y. K. and Han, I. K. 1999. Use of metabolically active substances to substitute for antibiotics in finishing pigs. *Kor. J. Anim. Sci.* 41:23-30.
6. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
7. 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.).
8. Kim, J. D., Kang, W. B., Han, Y. K. and Han, I. K. 1999. Study on the development of antibiotic free diet for weaned pigs. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 23:277-282.
9. 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.
10. Kondo, N. and Wagi, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. *Yonokai,* May 1-4.
11. 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.).
12. Levine, S. and Kidd, P. M. 1986. Oxygen-nutrition for super health. *J Orthomol Medicine* 1:145-148.
13. Morita, I. 1967. Efficiency of zeolite-s in underdeveloped pigs affected with diarrhea. *Internal Rep. Gifu-city Animal Husbandry Center.*
14. Naoyuki, N. and Yoshiharu, F. 1995. The elevation of plasma concentration of high-density lipoprotein cholesterol in mice fed with protein from proso millet. *Biosci. Biotech. Biochem.* 59:333-335.
15. NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine. National Research Council, Academy Press.
16. 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.
17. Sandra, G. 1988. Therapeutic effects of organic germanium. *Med Hypotheses.* 26:207-215.
18. SAS. 1996. SAS user's guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
19. Schutte, J. B. 1990. Nutritional possibilities to reduce nitrogen and phosphorus excretion in pigs and poultry. *Tekst lezing tijdens de VIV symposium. "Manure and Environment"* 14 November.
20. Sohn, K. S., Kim, M. K., Kim, J. D. and Han, I. K. 2000. The role of immunostimulants in monogastric animal and fish. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13:1178-1187.
21. 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.
22. Vanbelle, M. 1989. The European perspective on

- the use of animal feed additives : A world without antibiotics, anabolic agents or growth hormones? In : T. P. Lyons (Ed.) *Biotechnology in the feed industry*. pp 191. Proc. of Alltech's 5th Annu. Symp. Alltech Tech. Publ., Nicholasville, KY.
23. 권기범, 김인호, 홍종욱, 문태현, 최상열, 석호봉. 2001. 돼지에 있어 원적외선 방사물질의 첨가가 면역반응 및 분중 미생물의 변화에 미치는 영향. *대한수의학회지* 41:37-42.
  24. 김천제, 이의수, 송민석, 조진국. 2000. 황토성분 (Illite) 첨가 급여가 비육돈의 육질에 미치는 영향. *한국축산식품학회지*. 20:152-158.
  25. 양창범, 김진동, 조원탁, 한인규. 2000a. 사료중 제주 화산암 분말 (Scoria)이 돼지의 산육능력에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지*. 42:467-476.
  26. 양창범, 김진동, 이지훈, 조원탁, 한인규. 2000b. 돼지사료중 제주 화산암 분말 (Scoria)과 Zeolite가 산육능력에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지*. 42:477-488.
  27. 조원모, 백봉현, 강수원, 김준식, 김용국. 2001. 거세한우에 있어 점토광물질 첨가 급여가 발육 및 면역기능에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지*. 43:203-210.
  28. 한인규, 하중규, 김춘수. 1975. Zeolite의 사료화에 관한 연구, 1.육성돈에 대한 zeolite 급여효과에 관한 연구. *한국축산학회지*. 17:595-599.
- (접수일자 : 2002. 11. 14 / 채택일자 : 2003. 4. 22)