

## 환경친화적인 사료의 급여가 육성돈의 성장 능력, 영양소 소화율, 분 배설량, 분뇨내 질소배설량 및 악취 가스에 미치는 영향

유종상\* · 조진호\* · 진영결\* · 김해진\* · 왕 기\* · 현 영\*\* · 고태구\*\* · 박찬수\*\*\* · 김인호\*

단국대학교 동물자원학과\* , 도드람 B&F \*\* , 이지바이오시스템 \*\*\*

## The Effects of Environment-Friendly Diets on the Growth Performance, Nutrient Digestibility, Fecal Excretion, Nitrogen Excretion and Emission Gases in Manure for Growing Pigs

J. S. Yoo\*, J. H. Cho\*, Y. G. Chen\*, H. J. Kim\*, Q. Wang\*, Y. Hyun\*\*, T. G. Ko\*\*,  
C. S. Park\*\*\* and I. H. Kim\*

C. S. Park\*\*\* and I. H. Kim\*

Department of Animal Resource & Science, Dankook University\*,

Dodram B&F Inc, Eumseong, Korea \*\*,

EASY BIO System, Inc, Seoul, Korea \*\*\*

### ABSTRACT

Two experiments were used to determine the effects of environment-friendly diets on growth performance, fecal excretion, nitrogen excretion and emission gases in manure for growing pigs. In experiment 1, ninety six crossed pigs (Landrace × Yorkshire × Duroc) were allocated into four treatments. Treatments were AME (adequate ME diet, 3,265 kcal/kg), LME (lower ME diet, 3,100 kcal/kg), LME 0.05 (lower ME diet+ $\alpha$ -galactosidase &  $\beta$ -mannanase 0.05%) and LME 0.10 (lower ME diet+ $\alpha$ -galactosidase &  $\beta$ -mannanase 0.10%). Pigs fed AME diet had lower ADFI (Average Daily Feed Intake) than pigs fed other diets ( $p < 0.05$ ). DM (Dry Matter) digestibility in pigs fed AME and LME 0.10 diets had greater than pigs fed LME diet ( $p < 0.05$ ). Energy digestibility is higher in pigs fed AME and LME 0.10 diets than other treatments ( $p < 0.05$ ). In experiment 2, twenty four crossbred pigs (33.71 kg average BW) were used in a 14-d metabolism experiment. The pigs were housed in individual cages equipped with plastic bed flooring. Treatments were CP (Crude protein) 18% without *Bacillus* sp., CP 18% diet+*Bacillus* sp. 0.05%, CP 14% without *Bacillus* sp. and CP 14% diet+*Bacillus* sp. 0.05%. Nitrogen intake was higher for CP 18% diets than CP 14% diets ( $p < 0.05$ ). DM, N (Nitrogen) and energy digestibility were affected by probiotics ( $p < 0.05$ ). With the high CP in diets, Energy and N digestibility, urine N percent, urine N excretion and total N excretion were increased significantly compared to low CP in diets ( $p < 0.05$ ). Among the treatments, DM and N digestibilities, feces N excretion, N absorption were decreased significantly ( $p < 0.05$ ), however, feces excretion, feces N, urine N percent, urine N excretion and total N excretion were increased significantly ( $p < 0.05$ ) when pigs fed without probiotics diets compare to pigs fed with probiotics diets. DM and N digestibility, feces excretion, feces N excretion, urine N percent, urine N excretion, total N excretion, N absorption and N adsorption ratio were CP × probiotic interactions in  $p < 0.05$ . Ammonia ( $p < 0.01$ ) and H<sub>2</sub>S ( $p < 0.05$ ) in manure were lower in CP 14% diets than CP 18% diets. Also, ammonia and H<sub>2</sub>S in manure were CP × probiotic interactions in  $p < 0.05$ . In conclusion, low energy and reduction of CP dietary added enzyme and probiotics improved nutrient digestibility and reduced odors emission in manure for growing pigs.

(**Key words** : Environment-friendly diets, Carbohydrase, Probiotics, Growth performance)

Corresponding author : I. H. Kim, Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University, #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea

Tel : 041-550-3652, Fax : 041-550-3604, E-mail : inhokim@dankook.ac.kr

## I. 서 론

세계적으로 축산 폐수로 인한 환경오염 문제는 매우 심각하게 거론되어져 왔으며 특히 네덜란드, 덴마크, 영국 등과 같은 축산 선진 국가에서의 연구는 매우 심도 있게 이루어져 왔다. 우리 나라의 경우도 최근 들어 축산업이 대규모 전업화 혹은 기업화 되면서 가축이 배설하는 분뇨가 심각한 수질 및 토양 오염원이 됨에 따라, 정부는 이들 축산 폐수를 억제하기 위한 일환으로 환경 시행법을 법률화하고 있다. 또한 농림수산부는 시설 개선과 축산 폐수의 처리를 위한 시설 지원에 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 환경청이나 환경 관련 단체의 활동이 강화되면서 일반 국민의 수질오염에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데 이에 부응하는 축산인들의 자체 노력이 가세하여 축산 폐기물로부터 발생하는 수질오염에 대한 경각심은 초미의 관심사로 대두되고 있다.

동물의 품종의 개량과 함께 생산성을 저해하는 각종 질병의 예방, 치료 약제, 성장 촉진 및 사료 효율을 개선할 수 있는 물질이 사료첨가제로 개발되어 사용되었다. 동물의 성장 능력을 향상시키고 사료 효율을 개선하기 위하여 사용되는 물질로서는 항생제(Thrasher, 1968), 효소제(권 등, 2003), 호르몬제(Chung, 1990) 등이 있으며, 최근에는 축산악취저감 및 사료 효율개선 등을 위한 생균제에 관한 연구(박 등, 2001; 길 등, 2004)가 진행되고 있다. 하지만, 양돈 산업에 있어 생산성 향상뿐만 아니라 환경 친화적인 축산을 위하여 양돈을 하면서 발생하는 오염 물질을 감소시키는 것이 가장 시급한 문제로 대두됨에 따라 질소의 배설량을 줄이기 위해서는 저단백질 사료를 급여하거나 단백질 소화율을 개선시킬 수 있는 소화효소제나 미생물제제, 효모제, 생균제 등을 이용하여 배설량 및 질소의 배설량을 감소시킨다는 연구들이 있었으며(민 등, 1992; Park 등, 1994), Sutton 등(1999)과 Shriver 등(2003)은 사료내 단백질 수준을 낮추고, 합성아미노산을 급여함으로써 질소 배설량을 감소시켰다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 친환경적인 사료 개발은

사료 효율 및 영양소 소화율의 개선, 분뇨내 질소 배설량 및 악취 발생량을 감소시킬 수 있는 저공해 사료 개발에 대하여 연구하고자 하였다. 저공해 사료 개발에 대한 시험에서는 육성돈의 사료에서 대사에너지 함량을 낮추고,  $\alpha$ -1, 6-galactosidase와  $\beta$ -1,4-mannanase를 포함한 복합 효소제를 첨가하여 성장 능력 및 소화율에 미치는 영향을 알아보려고 시험을 실시하였다. 사료내 낮은 CP의 함량과 복합 생균제를 첨가 급여 성장능력, 질소배설량 및 악취발생량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험 1

#### (1) 시험 동물 및 시험 설계

3원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc) 육성돈 96두(평균체중 19.42kg)를 공시하였으며, 사양시험은 40일간 실시하였다.

시험 설계는 옥수수 - 대두박 위주의 사료에 NRC(1998)의 영양소 요구량에 따라 처리한 대조구(AME, adequate ME diet), 대조구 사료와 비교하여 대사 에너지 함량을 5% 낮춘 처리구(LME, Lower ME diet), 대사에너지 함량을 5% 낮춘 사료에 복합 효소제 0.05% 첨가한 처리구(LME0.05, Lower ME diet +  $\alpha$ -galactosidase와  $\beta$ -mannanase 0.05%) 및 대사 에너지 함량을 5% 낮춘 사료에 복합 효소제 0.1% 첨가한 처리구(LME0.1, Lower ME diet +  $\alpha$ -galactosidase와  $\beta$ -mannanase 0.1%)로 4개 처리를 하여 처리당 6반복, 반복당 4마리씩 완전 임의 배치하였다.

#### (2) 시험 사료

시험 사료의 배합 비율과 영양소 함량은 Table 1과 같으며 AME 사료는 ME 3,265 kcal/kg, CP 19.50%, Lysine 1.07%, Ca 0.80% 및 P 0.60%를 함유토록 하였으며, Low ME 사료는 ME 3100 kcal/kg, CP 19.50%, Lysine 1.08%, Ca 0.80% 및 P 0.66%를 함유토록 하였다.

시험 사료는 가루형태로 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다.

Table 1. Diets composition(as-fed basis)-Exp. 1<sup>1)</sup>

Ingredients, %	AME	LME	LME 0.05	LME 0.1
Corn	62.71	53.15	53.10	53.05
Wheat bran	3.42	12.79	12.79	12.79
SBM	30.76	30.99	30.99	30.99
Limestone	1.04	1.10	1.10	1.10
DCP	1.38	1.24	1.24	1.24
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-Methionine (98%)	0.03	0.05	0.05	0.05
L-LysineHCl (98%)	0.02	0.06	0.06	0.06
Threonine (98%)	0.00	0.02	0.02	0.02
Mineral Premix <sup>2)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin Premix <sup>3)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline-50 (Liq)	0.04	0.02	0.02	0.02
C.T.C (160ppm)	0.07	0.07	0.07	0.07
Saccha Mix	0.02	0.02	0.02	0.02
Endopower	—	—	0.05	0.10
Chemical composition				
ME (kcal/kg)	3,265	3,100	3,100	3,100
Crude protein (%)	19.50	19.50	19.50	19.50
Lysine (%)	1.07	1.08	1.08	1.08
Calcium (%)	0.80	0.80	0.80	0.80
Phosphorus (%)	0.60	0.66	0.66	0.66

<sup>1)</sup> Abbreviated AME, ME 3,265kcal; LME, ME 3,100kcal; LME0.05 LME+ carbohydrase 0.05%; LME0.1, LME+carbohydrase 0.10%.

<sup>2)</sup> Provided the following per kilogram of diet: Mn 8 mg, Cu 20 mg, Zn 60 mg, Fe 80 mg, I 0.36 mg, Co 0.4 mg, Se 0.16 mg.

<sup>3)</sup> Provided the following per kilogram of diet: Vitamin A 7,800 IU, Vitamin D3 1,560 IU, Vitamin E 26 IU, Vitamin K 1.95 mg, Thiamin 1.95 mg, Riboflavin 4 mg, Vitamin B6 1.95 mg, Vitamin B12 26 ug, Niacin 19.5 mg, Pantothenic acid 13 mg, Folic acid 0.65 mg, Biotin 0.13 mg

(3) 조사항목

1) 일당 증체량, 일당 사료 섭취량, 사료 효율

체중은 개시시와 종료시 각각 측정하여 일당 증체량을 계산하였고, 사료 섭취량은 매일 사료 급이기 내 사료 잔량의 무게와 허실량을 측정하여 계산하였다. 사료 효율은 일당 증체량을 일당 사료 섭취량으로 나눈 값으로 계산하였다.

2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 표시물로

서 시험 종료 7일전 산화크롬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 사료내 0.2% 첨가하였으며, 급여 4일 후 항문 마사지 법으로 분을 채취하였다. 채취한 분은 60℃의 건조기에서 72시간 건조 시킨 후 Willey mill로 분쇄 후 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr 함량을 기초로 하여 건물 소화율, 질소 소화율 및 에너지 소화율을 AOAC(1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

(4) 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

2. 시험 2

(1) 시험동물 및 시험설계

개시시의 체중 33.71kg의 3원 교잡종 (Landrace ×Yorkshire×Duroc) 육성돈 24두를 공시하였으며, 본 시험의 사용한 복합 생균제의 균주는 *Bacillus licheniformis*와 *Bacillus subtilis*를 1:1로 혼합하였으며, 최소 3.2×10<sup>9</sup> viable spores/g을 함유하고 있다.

시험 설계는 CP의 함량의 수준과 복합 생균제 첨가 유무로서, 시험 처리구는 옥수수-대두박 위주의 사료에 NRC(1998) 영양소 요구량에 따라 사료내 CP 함량이 18%인 대조구(CP 18%; CP 18% diet)와 대조구 사료내 복합 생균제 0.05% 첨가한 처리구(CP 18+; CP 18% diet + *Bacillus sp.* 0.05%) 및 대조구 사료보다 사료내 CP 함량이 4% 낮은 처리구(CP 14-; CP14% diet)와 복합 생균제 0.05% 첨가한 처리구(CP 14+; CP 14%+*Bacillus sp.* 0.05%)로 4개 처리를 하였으며, 처리당 6반복씩 개별 사육하였다.

(2) 시험 사료 및 사양관리

시험 사료의 배합 비율과 영양소 함량은 Table 2와 같으며 시험 사료는 옥수수-대두박을 기초로 배합하였으며 CP 18%의 시험 사료는 ME 3,450kcal/kg, CP 18.00%, Lysine 1.06%, Ca 0.82% 및 P 0.61%로 하였다. CP 14%의 시험 사료는 ME 3,390kcal/kg, CP 14.00%, Lysine 1.03%, Ca 0.83% 및 P 0.63%로 하였다.

시험 사료는 가루형태로 체중을 기준으로 하여 유지 에너지의 2배를 급여 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다.

(3) 조사항목

1) 영양소 소화율 및 외관상 질소 균형

7일간 사료 적응 기간을 두고 시험 사료를 급여하였으며, 전분 채취법을 이용하기 위하여 표시물로서 산화크롬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)을 사료내 0.2% 첨가하였다. 채취한 분과 뇨의 배설량은 매일 채취하여 무게를 측정하였다. 또한 채취한 분은 60℃의 건조기에서 72시간 건조 시켜 건물 함량을 계산하였으며, 건조된 분은 Willey mill로 분쇄 후 건물, 에너지 및 질소 소화율을 알아보기 위하여 분석에 이용하였다. 영양소 소화율 분석은 시험 1과 동일하였으며 AOAC (1995)에 의해 분석하였다. 외관상 질소균형을 측정하기 위하여 사료 및 분뇨내 질소 함량을 분석하였으며, 실제 급여된 질소 섭취량과 분뇨내 질소 배출량을 사료 섭취량과 분뇨 배출량을 이용하여 계산하였다. 질소 흡수량 및 흡수율은 섭취된 질소 함량에서 분뇨로 배출된 질소 함량의 차이 값을 이용하여 계산하였다.

2) 분뇨내 발생하는 악취물질 측정

분뇨내 발생하는 악취물질 측정은 각 개체에서 신선한 분 100g과 뇨 100g을 혼합하여 20℃에서 7일간 발효 후 가스 검지 펌프(GV-100, GASTEC.Co. Japan)를 이용하여 NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S Acetic acid 및 Mercaptan에 대한 검지관(No. 3L, No. 4L, No. 81L 및 No. 70)을 이용하여 각각의 항목을 측정하였다.

(4) 통계처리

모든 자료는 SAS (1996)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리간의 평균을 orthogonal contrast 이용하여 ① CP 18% vs 14%, ② probiotics - vs + 및 ③ CP와 probiotics 간의 상호작용을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시험 1

(1) 일당 증체량, 일당 사료 섭취량 및 사료 효율

일당 증체량, 일당 사료 섭취량 및 사료 효

Table 2. Diets composition(as-fed basis)-Exp. 2<sup>1)</sup>

Ingredients, %	CP 18%		CP 14%	
	probiotics -	probiotics+	probiotics -	probiotics+
Corn	69.32	69.32	79.02	79.02
Soybean MI (Dehull)	25.85	25.85	14.63	14.63
Animal Fat	1.38	1.38	1.38	1.38
Limestone (M)	1.03	1.03	0.98	0.98
DCP	1.55	1.50	1.93	1.88
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-Met (98%)	0.07	0.07	0.18	0.18
L-Lysine (98%)	0.17	0.17	0.52	0.52
Threonine	0.06	0.06	0.22	0.22
L-Tryptophan (10%)	-	-	0.53	0.53
Mineral Premix <sup>2)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin Premix <sup>3)</sup>	0.12	0.12	0.12	0.12
Choline-50 (Liq)	0.07	0.07	0.11	0.11
Bioplus 2B	-	0.05	-	0.05
Chemical composition				
ME (kcal/kg)	3,449.96	3,449.96	3,390.48	3,390.48
Crude protein (%)	18.00	18.00	14.00	14.00
Lysine (%)	1.06	1.06	1.03	1.03
Calcium (%)	0.82	0.82	0.83	0.83
Phosphorus (%)	0.61	0.60	0.63	0.62

<sup>1)</sup> Abbreviated 1) CP 18% without *Bacillus* sp., 2) CP 18% diet + *Bacillus* sp. 3) CP 14% without *Bacillus* sp. and 4) CP 14% diet + *Bacillus* sp.

<sup>2)</sup> Provided the following per kilogram of diet: Mn 8 mg, Cu 20 mg, Zn 60 mg, Fe 80 mg, I 0.36 mg, Co 0.4 mg, Se 0.16 mg.

<sup>3)</sup> Provided the following per kilogram of diet: Vitamin A 7,800 IU, Vitamin D3 1,560 IU, Vitamin E 26 IU, Vitamin K 1.95 mg, Thiamin 1.95 mg, Riboflavin 4 mg, Vitamin B6 1.95 mg, Vitamin B12 26 ug, Niacin 19.5 mg, Pantothenic acid 13 mg, Folic acid 0.65 mg, Biotin 0.13 mg.

율은 Table 3에 나타내었다. 일당 증체량은 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $p>0.05$ ). 일당 사료 섭취량에 있어서 AME 처리구가 다른 처리구와 비교하여 낮은 섭취량을 보여주었으나( $p<0.05$ ), 사료 효율에 있어서 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다 ( $p>0.05$ ). 권 등 (2003)의 시험에서도 사료섭취량은 저에너지 사료에 복합 효소제를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 나타내었으나, 사료 효율에 있어 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. Kim 등 (2001)은

육성 - 비육돈 사료에서 대사에너지를 5% 낮춘 사료내 복합 효소제를 0.05% 첨가 급여할 경우 일당 증체량에 있어서 다른 처리구와 비교하여 유의적인 차이가 없었다고 보고하였으며, Petty 등 (2002)은 이유자돈 사료내  $\beta$ -mannanase를 첨가 급여시 일당 증체량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고하여 본 결과와 일치하였다. 그러나, 다른 연구 결과에서는 복합 효소제 첨가 급여가 사료 효율을 개선시킨다는 보고도 있어(Hahn 등; 1995, 심 등; 2002a, b) 본 시험과 상이한 결과를 보여주었다.

Table 3. Effects of low energy density diet with enzymes on growth performance in growing pigs(Exp. 1)

Item	AME <sup>1)</sup>	LME <sup>1)</sup>	LME 0.05 <sup>1)</sup>	LME 0.1 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Initial BW (kg)	19.37	19.37	19.45	19.49	1.34
Finish BW (kg)	46.58	45.64	46.32	46.73	3.45
ADG (kg)	0.681	0.657	0.672	0.681	0.021
ADFI (kg)	1.287 <sup>b</sup>	1.358 <sup>a</sup>	1.383 <sup>a</sup>	1.381 <sup>a</sup>	0.024
Gain/feed	0.529	0.484	0.475	0.478	0.012

<sup>1)</sup> Abbreviated AME, ME 3,265kcal; LME, ME 3,100kcal; LME0.05 LME+ carbohydrase 0.05%; LME0.1, LME+carbohydrase 0.10%.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

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

Table 4. Effects of low energy density diet with enzymes on nutrients digestibility in growing pigs(Exp. 1)

Item, %	AME <sup>1)</sup>	LME <sup>1)</sup>	LME 0.05 <sup>1)</sup>	LME 0.1 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Dry matter	81.50 <sup>a</sup>	79.71 <sup>b</sup>	80.00 <sup>ab</sup>	81.18 <sup>a</sup>	0.61
Nitrogen	78.65	80.23	81.09	77.50	1.66
Digestible Energy	72.96 <sup>a</sup>	69.19 <sup>b</sup>	69.43 <sup>b</sup>	71.37 <sup>a</sup>	0.98

<sup>1)</sup> Abbreviated AME, ME 3,265kcal; LME, ME 3,100kcal; LME0.05 LME+ carbohydrase 0.05%; LME0.1, LME+carbohydrase 0.10%.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

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

(2) 영양소 소화율

영양소 소화율은 Table 4에 나타내었다. 건물 소화율에 있어서 AME와 LME0.1 처리구는 LME 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 그러나, 질소 소화율에 있어서 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다(p>0.05). 에너지 소화율에 있어서 AME 및 LME0.1 처리구가 LME0.05 및 LME0.1 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 심 등(2002b)은 육성돈 사료내 복합 효소제(phytase, α-galactosidase와 β-mannanase를 혼합)를 첨가한 연구에서 복합 효소제 첨가는 건물, 조단백질, 에너지 소화율이 개선되었다고 보고하였다. 본 시험에서는 저에너지 사료내 복합 효소제 0.1%를 첨가한 LME 0.1 처리구가 AME 처리구와 비교하여 건물 및 에너지 소화율에서

차이를 보이지 않아 복합 효소제를 첨가 급여 함으로써 항영양인자인 α-galactosides를 분해하여 영양소 이용성을 높인 것으로 사료된다. Mroz 등(1994)과 권 등(2003)은 사료내 복합 효소제 첨가는 영양소 소화율을 개선시켰다고 보고하여 본 시험과 일치하는 결과를 보여주었다.

2. 시험 2

(1) 영양소 소화율 및 외관상 질소 균형

영양소 소화율 및 외관상 질소 균형은 Table 5에 나타내었다. 건물 소화율은 복합 생균제를 첨가한 처리구가 첨가하지 않은 처리구와 비교하여 유의적으로 높았으며(p<0.01), 사료내 CP 함량의 감소와 복합 생균제 간에 상호작용을 보여주었다(P<0.05). 에너지 소화율은 CP 18%

Table 5. Effects of different crude protein with probiotics on nutrient digestibility and apparent N balance in growing pig (Exp. 2)

Item	CP 18% <sup>1)</sup>		CP 14% <sup>1)</sup>		SE <sup>2)</sup>	Contrast <sup>3)</sup>		
	probiotics-	probiotics+	probiotics-	probiotics+		1	2	3
DM (%)	76.17	78.85	78.00	79.80	0.96	NS	**	*
Energy (%)	85.57	86.70	79.25	81.65	0.98	**	NS	*
N (%)	89.30	91.56	89.30	89.53	0.45	*	**	NS
DM intake (g/d)	758	782	791	793	18.53	NS	NS	NS
N intake (g/d)	21.5	22.5	18.7	19.1	0.51	**	NS	NS
Feces excretion (g/d)	181	165	174	160	4.74	NS	*	*
Feces DM (%)	32.53	32.55	32.14	34.21	0.82	NS	NS	NS
Feces DM excretion (g/d)	58.71	53.75	55.69	54.46	1.59	NS	NS	NS
Feces N (%)	3.45	3.05	3.19	3.31	0.07	NS	*	NS
Feces N excretion (g/d)	2.03	1.64	1.78	1.80	0.10	NS	*	**
Urine excretion (g/d)	1,578	1,538	1,493	1,457	69.55	NS	NS	NS
Urine N (%)	0.85	0.68	0.67	0.68	0.11	**	**	*
Urine N excretion (g/d)	13.4	10.5	10.0	9.9	0.10	**	*	*
Total excretion (g/d)	1,759	1,703	1,667	1,617	70.52	NS	NS	NS
Total N excretion (g/d)	15.43	12.14	11.78	11.70	0.60	**	**	*
N absorption (g/d)	6.07	10.36	6.92	7.40	1.70	NS	**	*
N absorption ratio (%)	28.25	46.05	37.02	38.73	3.08	NS	**	**

<sup>1)</sup> Abbreviated 1) CP 18% without *Bacillus* sp., 2) CP 18% diet + *Bacillus* sp. 3) CP 14% without *Bacillus* sp. and 4) CP 14% diet + *Bacillus* sp.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>3)</sup> Contrast: 1) CP 18 vs CP 14; 2) probiotics- vs probiotics+; 3) CP + probiotics interaction.

<sup>4)</sup> NS: Not significant (p>0.05)

\* p<0.05.

\*\* p<0.01.

가 CP 14%와 비교하여 통계적으로 높은 결과를 보여주었으며(p<0.01), 사료내 CP 함량의 감소와 복합 생균제 간에 상호작용을 보여주었다(p<0.05). 질소 소화율은 CP 18%와 복합 생균제를 첨가에 따라 유의적으로 높은 결과를 보였다(p<0.05, p<0.01). 외관상 질소 균형의 경우, 질소섭취량, 뇨 질소 함량 및 배설량, 총 질소 배설량은 CP18% 처리구가 14% 처리구와 비교하여 유의적으로 향상되는 결과를 보였다(p<0.05).

분 배설량, 분 질소 함량 및 배설량, 뇨 질소함량 및 배설량, 총 질소 배설량, 질소 흡수량 및 흡수율은 복합 생균제 첨가에 따라 향상되는 것으로 보였다(p<0.05). 분 배설량, 분 질소 배설량, 뇨 질소 함량 및 배설량, 총 질소 배설량, 질소 흡수량, 질소 흡수율의 경우는 CP 함량과 복합 생균제 첨가 유무에 따른 상호 작용을 보였다(P<0.05). 또한 CP 함량을 낮추어도 질소 흡수율에 있어서 부정적인 효과를 보이지

않았으나, CP 18%에 생균제를 첨가한 처리구가 질소 흡수율이 CP 14%에 생균제를 첨가한 처리구와 비교하여 수적으로 높게 나타났다.

본 시험에서는 복합 생균제의 첨가는 건물과 질소 소화율을 개선시켰으며, Scheuermann 등 (1993)은 생균제의 첨가는 장내 효소의 활성을 증가시켜 사료내 영양소의 이용율을 향상시킬 수 있다고 보고한다. Kephart와 Sherritt (1990)은 CP 함량을 감소에 따라 영양소 소화율 또한 감소한다고 보고하고 하였으며, 본 시험에서도 에너지와 질소 소화율에 있어서 CP 18%인 처리구가 CP 14%인 처리구보다 높은 소화율을 나타내어 유사한 결과를 보여주었다. 본 시험과 동일하게 CP 함량을 4% 낮추어 육성돈 돼지에게 급여시 섭취되는 총 질소 섭취량을 감소시키지만, 배설되는 분과 노내 질소 함량을 낮추어 총 배설되는 질소 함량을 감소시킨다는 보고는(Kerr와 Easter, 1995; Figueroa 등, 2002) 본 시험 유사한 결과를 보여주었다.

(2) 분뇨내 악취 발생량

분뇨내 악취 발생량은 Table 6에 나타내었다. 분뇨내 발생하는 악취 물질 중 암모니아는 CP 18% 처리구에서 높게 나타났으며(p<0.01), 사료내 CP 함량과 복합 생균제 간에 상호작용을 보여주었다(p<0.05). 황화수소의 경우 CP 14% 처리구에서 높게 나타났으며(p<0.05), 사료내

CP 함량과 복합 생균제 간에 상호작용을 보여주었다(p<0.05). 초산과 메캅탄의 함량은 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 본 시험에서 암모니아의 함량이 CP 18%에서 높게 나타났으며, 이는 분뇨내 배출되는 질소 함량의 증가로 인하여 암모니아 가스 함량이 높게 나타났을 것이라 사료된다. 생균제의 급여는 암모니아, 황화수소, 아민류, indole, 페놀류 등 독성 및 냄새를 유발하는 물질 발생량을 감소시킬 수 있다는 보고도 있다(Larson과 Hill, 1960; Hill 등 1970). 그러나, 본 시험에서 생균제의 첨가는 암모니아, 황화수소, 초산 및 메캅탄의 발생량에 영향을 미치지 못하였다. Otto 등(2003)은 사료 내 CP 함량의 감소는 분내 암모니아 가스의 함량을 감소시킨다고 보고 하였으며, Turner 등 (1996)의 *in vitro* 실험에서는 분뇨에서 발생하는 암모니아 가스가 육성기간 동안 사료내 CP 함량을 16%에서 12%로 낮추고 합성 아미노산을 첨가시 79% 감소하였으며, 비육기간 동안 사료내 CP 함량을 14%에서 10% 낮추고 합성 아미노산을 첨가시 58% 감소한다고 하였다.

결론적으로 사료내 에너지와 CP를 일정수준 낮추어도 성장능력에 영향을 미치지 않았으며, 복합 효소제와 생균제 첨가는 영양소 소화율을 개선시켰으므로써 분 배설량과 분뇨내 질소 함량을 감소시켜 악취발생을 저감시킬 수 있을 것

Table 6. Effect of different crude protein with probiotics on gas emission in growing pig (Exp. 2)

Items	CP 18% <sup>1)</sup>		CP 14% <sup>1)</sup>		SE <sup>2)</sup>	Contrast <sup>3)</sup>		
	probiotics-	probiotics+	probiotics-	probiotics+		1	2	3
NH <sub>3</sub> (ppm)	15.0	11.7	9.2	11.0	1.05	**	NS	*
H <sub>2</sub> S (ppb)	60.0	58.3	76.7	85.0	4.98	*	NS	*
Acetic acid (ppm)	2.8	1.2	2.5	1.5	0.90	NS	NS	NS
Mercaptan (-SH) (ppm)	1.1	1.1	2.0	1.0	0.53	NS	NS	NS

<sup>1)</sup> Abbreviated 1) CP 18% without *Bacillus* sp., 2) CP 18% diet + *Bacillus* sp. 3) CP 14% without *Bacillus* sp. and 4) CP 14% diet + *Bacillus* sp.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>3)</sup> Contrast: 1) CP 18 vs CP 14; 2) probiotics- vs probiotics+; 3) CP + probiotics interaction.

<sup>4)</sup> NS: Not significant (p>0.05)

\* p<0.05.

\*\* p<0.01.

이라 사료된다.

#### IV. 요약

본 연구는 환경 친화적인 사료의 급여가 육성돈의 성장 능력, 영양소 소화율, 분 배설량, 분뇨내 질소배설량 및 악취 가스에 미치는 영향을 규명하고자 실시하였다. 시험 1은 삼원교잡종 육성돈 96두를 공시하였으며 처리구는 ① AME (adequate ME diet, 3265 kcal/kg), ② LME (lower ME diet, 3100 kcal/kg), ③ LME 0.05 (lower ME diet+ carbohydrase 0.05 %)와 ④ LME 0.10 (lower ME diet+ carbohydrase 0.10 %)으로 총 4처리구로 하였다. AME 처리구는 일당 사료 섭취량이 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 낮게 나타났다( $p<0.05$ ). 건물 소화율은 AME와 LME 0.1 처리구가 LME 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다( $p<0.05$ ). 에너지 소화율은 AME처리구와 LME 처리구가 높게 나타났다( $p<0.05$ ). 시험 2는 삼원교잡종 육성돈 24두를 공시하였으며 CP의 높고 낮음과 생균제의 첨가 유무에 따라 처리구를 ① CP 18%, ② CP 18%에 생균제 첨가구 ③ CP 14% , ④ CP 14% diet 생균제 첨가구로 총 4 처리구로 나누었다. 건물과 질소 소화율은 생균제를 첨가한 처리구에서 개선되었으며( $p<0.05$ ), 사료내 CP 함량의 감소와 복합 생균제간에 상호작용을 보여주었다. 질소 섭취량은 CP18% 처리구가 CP14%인 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며( $p<0.05$ ), 분 배설량, 분 내 질소 함량과 분내 질소 배출량, 뇨내 질소 함량, 뇨내 질소 배출량과 총 질소 배출량은 CP 18% 처리구에 생균제를 첨가하지 않은 처리구가 가장 높게 나타났으며( $p<0.05$ ). 질소 축적량과 질소 축적율은 CP 18%에 생균제를 첨가한 처리구가 유의적으로 높게 나타났으며( $p<0.05$ ), CP 함량과 생균제간에 상호 작용을 보여주었다( $p<0.05$ ). 암모니아 발생량은 CP 18%인 처리구가 유의적으로 높게 나타났으며 황화수소 발생량은 CP 14%인 처리구가 유의적으로 높게 나타났으며( $p<0.05$ ). 결론적으로 육성돈에서 저에너지와 낮은 CP 사료내 효소제와

생균제의 첨가는 영양소 소화율과 분내 악취 발생량 감소를 개선시켜 환경 친화적인 사료를 개발에 사용될 수 있을 것이라 사료된다.

#### V. 인용 문헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. U.S.A.
2. Chung, I. B. 1990. Effect of administration of recombinant porcine somatotropin on growth performance of growing swine. Ph. D. Dissertation. Seoul National University, Korea.
3. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1.
4. Figueroa, J. L., Lewis, A. J., Miller, P. S., Fischer, R. L., Gomez, R. S. and Diedrichsen, R. M. 2002. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. J. Anim. Sci. 80:2911-2919.
5. Hahn, J. D., Gahl, M. J., Giesemann, M. A., Holzgraefe, D. P. and Fodge, D. W. 1995. Diet type and feed from effects on the performance of finishing swine fed beta mannanase enzyme product Hemicell. J. Anim. Sci. 43 (suppl. 1): 153 (abstr.).
6. Hill, I. R., Kenworthy, R. and Porter, P. 1970. Studies of the effect of dietary *lactobacilli* on intestinal and urinary amines in pigs relation to weaning and post weaning diarrhea. Res. Vet. Sci. 11:32.
7. Kim, S. W., Zhang, Z. H., Soltwedel, K. T. and Easter, R. A. 2001. Supplementation of  $\alpha$ -1, 6-galactosidase and  $\beta$ -1,4-mannanase to improve soybean meal utilization by growing-finishing pig. J. Anim. Sci. 79 (suppl. 2): 58 (Abstr.).
8. Kephart, K. B. and Sherritt, G. W. 1990. Performance and nutrient balance in growing swine fed low-protein diets supplemented with amino acids and potassium. J. Anim. Sci. 68:1999-2008.
9. Kerr, B. J. and Easter, R. A. 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diet on nitrogen and energy balance in grower pigs. J. Anim. Sci. 73:3000-3008.

10. Larson, N. L. and Hill, E. G. 1960. Amine formation and metabolic activity of microorganisms in the ileum of young swine fed chlortetracycline. *L. Bact.* 80:188.
11. NRC. 1998. Nutrient requirement of pigs (10th Ed.) National Research Council, Academy Press. Washington, DC.
12. Otto, E. R., Yokoyama, M., Hengemuehle, S., von Bermuth, R. D., van Kempen T. and Trottier, N. L. 2003. Ammonia, volatile fatty acids, phenolics, and odor offensiveness in manure from growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.* 2003. 81:1754-1763
13. Park, H. R., Han, I. K., Kim, J. W. and Heo, K. N. 1994. Effects of dietary yeast culture products on the performance of broiler and Yeast colony in intestinal tracks. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 18(5):346.
14. Petty, L. A., Cater, S. D., Senne, B. W. and Shriver, J. A. 2002. Effect of  $\beta$ -mannanase addition to corn-soybean meal diets on growth performance, carcass traits, and nutrient digestibility of weanling and growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80:1012-1019.
15. SAS. 1996. SAS user guide. Release 6.12 edition, SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
16. Scheuermann, S. E. 1993. Effect of the probiotic paciflor on energy and protein metabolism in growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41: 181.
17. Shriver, J. A., Carter, S. D., Sutton, A. L., Richert, B. T., Senne, B. W. and Pettey, L. A. 2003. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 81:492-502.
18. Sutton, A. L., Kephart, K. B., Verstegen, M. W. A., Canh, T. T. and Hobbs, P. J. 1999. Potential for reduction of odours compounds in swine manure through diet modification. *J. Anim. Sci.* 77:430-439.
19. Thrasher, G. W., Shively, J. E., Askelson, C. E., Bacock, W. E. and Chalquest, R. R. 1968. Effect of feeding caradox upon the growth and performance of young pigs. *J. Anim. Sci.* 28:208.
20. Turner, L. W., Cromwell, G. L., Bridges, T. C., Cater, S. and Gates, R. S. 1996. Ammonia (NH<sub>3</sub>) emission from swine waste as influenced by diet manipulation. Pages 453-458 in Proc. 1st Int. Conf. Air Pollution from Agric. Operations, Kansas City, MO.
21. 김동용, 임종선, 전경철, 김법균, 김경수, 김유용. 2004. 지속적인 생균제의 첨가가 돼지의 성장, 영양소 이용율, 혈중 요소태 질소 및 면역능력에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 46(1):39-48.
22. 권오석, 김인호, 이상환, 홍종욱, 김지훈, 문태현, 이지훈. 2003. 자돈 및 육성돈에 있어  $\alpha$ -1, 6-galactosidase와  $\beta$ -1,4-mannanase의 사료내 첨가가 성장 및 영양소 소화율에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 45(2):211-218.
23. 민태선, 한인규, 정일병, 김인배. 1992. 사료내 항생제, 복합설파제, 유산동, 복합 효소제, 생균제의 첨가가 돼지의 성장능력에 미치는 효과. *한국영양사료학회지.* 16(5):265-274.
24. 박대영, 남궁환, 백인기. 2001. 효소제 및 생균제의 첨가가 이유자돈의 생산성과 암모니아 가스 방생에 미치는 영향. 2001. *한국동물자원과학회지.* 43(4):485-496.
25. 심영호, 주지환, 김원태, 이승형, 채병조. 2002a. 효소제의 첨가가 이유자돈의 생산성과 영양소 소화율에 미치는 영향. *한국동물자원과학회 학술발표회. Proceedings of the 3rd animal Congress.* pp. 236.
26. 심영호, 주지환, 김원태, 이승형, 채병조. 2002b. 원료사료의 다양성에 따른 효소제의 첨가가 육성돈의 생산성과 회장소화율에 미치는 영향. *한국동물자원과학회 학술발표회. Proceedings of the 3rd animal Congress.* pp. 236.

(접수일자 : 2007. 3. 12. / 채택일자 : 2007. 7. 9.)