

이유자돈에 있어 δ -아미노레블린산의 식이 내 첨가가 성장 및 혈액학적 변화에 미치는 영향

민병준¹ · 홍종욱¹ · 권오석¹ · 강대경² · 김인호^{1*}

¹단국대학교 동물자원학과

²(주)이지바이오시스템

Influence of Dietary δ -Aminolevulinic Acid Supplement on Growth Performance and Hematological Changes in Weaned Pigs

Byoung-Joon Min¹, Jong-Wook Hong¹, Oh-Suk Kwon¹, Dae-Kyung Kang² and In-Ho Kim^{1*}

¹Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University, Chungnam 330-714, Korea

²Easy Bio System, Inc., Chungnam 330-822, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of δ -aminolevulinic acid supplementation on growth performance, nutrient digestibility and hematological changes in weaned pigs. Seventy five Duroc \times Yorkshire \times Landrace pigs (7.21 \pm 0.02 kg average BW) were used in a 20 d growth assay. Dietary treatments included 1) NC (negative control; basal diet), 2) PC (positive control; NC diet + 0.1% Apramycin + 0.1% Oxytetracycline), 3) ALA0.1 (NC diet + 0.1% δ -aminolevulinic acid), 4) ALA0.2 (NC diet + 0.2% δ -aminolevulinic acid) and 5) ALA + AB (PC diet + 0.2% δ -aminolevulinic acid). In entire experimental period, ADG (Average Daily Gain) was greater in pigs fed ALA + AB diet than in pigs fed NC diet ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in ADG for pigs fed PC, ALA0.1 or ALA0.2 diets. Also, ADFI (Average Daily Feed Intake) and G/F (Gain/Feed) were not affected by treatments. For 20 d, fecal digestibilities of DM (Dry Matter) and N (Nitrogen) were higher ($p < 0.05$) for pigs fed ALA + AB diet than for pigs fed NC and ALA0.1 diets. Total protein concentration of serum was increased in ALA + AB treatment compared to NC and PC treatments ($p < 0.05$). In iron concentration of serum, pigs fed δ -aminolevulinic acid supplementation diets were greater than for pigs fed NC and PC diets ($p < 0.05$). TIBC (Total Iron Binding Capacity) concentration of serum was increased in ALA + AB treatment compared to NC, PC and ALA0.1 treatments ($p < 0.05$). Pigs fed ALA + AB and ALA0.2 diets were higher hemoglobin (Hb) and hematocrit (HCT) concentration of blood than pigs fed NC and PC diets ($p < 0.05$). RBC and WBC concentrations of blood were significantly higher ($p < 0.05$) for the pigs fed ALA0.2 and ALA + AB diets than for pigs fed NC diet. Lymphocyte concentration of blood was increased in δ -aminolevulinic acid supplementation treatment compared to NC treatment ($p < 0.05$). In conclusion, δ -aminolevulinic acid supplementation for weanling pigs had improved growth performance and nutrient digestibilities and had increased total protein, iron, hemoglobin and lymphocyte concentration of blood. Also, feeding for dietary δ -aminolevulinic acid and antibiotic mixture supplementation may have more higher effective growth performance in weanling pigs.

Key words: δ -aminolevulinic acid, growth, hematology, pigs

서 론

돼지 사료에 항생제의 첨가는 생산성 향상과 함께 질병에 방 효과를 가져왔으며(1), 특히 이유자돈에 있어 모유에서 고형식이로의 전환에 따른 스트레스의 증가와 면역기능의 저하로 인한 질병 발생 가능성이 높아지기 때문에 식이내 항생제의 첨가는 필수적이다. 그러나, 지속적인 항생제의 첨가에 따른 내성균의 발생과 항생제 오남용에 의한 돈육내 항생제 잔류 등의 문제가 대두되면서 이에 따른 항생제 대체

물질의 개발과 연구가 활발히 진행되어 왔으며(2-5), 효소제(6,7), 생균제(8), 효모제(9,10) 및 생약제(11,12) 등의 항생제 대체 효과가 보고되고 있다.

δ -아미노레블린산(δ -aminolevulinic acid)은 heme생성과정 중 glycine과 active succinate에 δ -아미노레블린산 합성 효소(δ -aminolevulinic acid synthetase)가 작동하여 생합성 되는 중간대사산물로서 예전부터 환경친화적인 체초제(13), 살충제(14)와 식물의 성장 촉진 물질(15), 피부암 치료제 및 미생물 저항성 약품 등의 생리활성물질로 사용되어 왔다. 특

*Corresponding author. E-mail: inhokim@dankook.ac.kr
Phone: 82-41-550-3652, Fax: 82-41-553-1618

히, 자돈에 있어 Fe의 급여는 자돈의 건강과 질병 발생 등에 있어 중요한 역할을 수행하는 것으로 알려져 있으며, 이는 Fe가 hemoglobin의 기본이 되는 heme의 합성에 필수적인 요소이기 때문이다. 또한, δ-아미노레볼린산은 heme 합성의 또다른 요소인 protoporphyrin의 전구체로서 이를 자돈에 급여시 hemoglobin증가에 따른 건강 증진 및 질병 예방 효과를 기대할 수 있겠다. 이에 최근에는 어류영양에 있어 δ-아미노레볼린산을 수조에 투여하거나 경구투여하여 어류 병원성 미생물의 감염예방 및 치료 등의 항생제 대체효과가 보고되었다(16).

따라서, 본 연구의 목적은 자돈식이내 δ-아미노레볼린산의 첨가가 이유자돈의 성장능력 및 혈액성상에 미치는 영향을 조사하여 항생제 대체효과를 평가하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

시험동물 및 시험설계

3월 교잡종(Duroc×Yorkshire×Landrace) 자돈 75두를 공시하였으며, 시험개시시 체중은 7.21±0.02 kg이었다. 사양시험은 20일간 실시하였다. 시험설계는 1) NC(negative control; 무항생제 기초식이), 2) PC(positive control; NC diet+0.1% Apramycin+0.1% Oxytetracycline, 항생제), 3) ALA0.1 (NC diet+0.1% δ-아미노레볼린산, 엔바이로박스®, (주)엔바이로젠), 4) ALA0.2(NC diet+0.2% δ-아미노레볼린산), 5) ALA + AB(PC diet+0.2% δ-아미노레볼린산)의 5개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다.

시험식이 및 사양관리

시험에 사용된 식이는 Table 1과 같이 옥수수-대두박-건조유청 위주의 식이로서 3,320 kcal ME/kg, 23.00% crude protein, 1.60% lysine, 0.90% calcium, 0.80% phosphorous를 함유토록 하였다. 시험식은 가루형태로 자유배식하였고 물은 자동급이기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 체중 및 식이섭취량은 시험개시시, 10일령과 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당식이섭취량, 식이효율을 계산하였다. 영양소 소화율을 측정하기 위하여 표시물로 산화크롬(Cr₂O₃)을 식이내 0.2%를 첨가하여 사양시험 개시 후 10일령과 20일령에 분을 채취하였다.

사양시험 개시 후 2일째 되는 날, 모든 시험군에 Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Vaccine(Ingelvac PRRS MLV, Boehringer Ingelheim, USA) 2 mL를 근육주사하였다.

조사항목

혈액채취는 사양 시험 개시 후 12일령에 처리당 5마리씩 정맥에서 K₃ EDTA vacuum tube(Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액을

Table 1. Diet composition (as fed basis)

Ingredient	%
Extruded corn	20.13
Extruded soybean meal (CP 46.5%)	20.13
Dried whey	20.00
Extruded oat	15.00
Soybean flour	8.00
Soybean oil	5.00
Spray-dried plasma protein	4.00
Mil-ko-lac ¹⁾	3.00
Fish meal	2.00
Monocalcium phosphate	1.16
Limestone	0.93
Salt	0.20
L-LysineHCl	0.14
DL-Methionine	0.11
Mineral mix ²⁾	0.10
Vitamin mix ³⁾	0.10
Chromic oxide ⁴⁾	0.20
Chemical composition ⁵⁾	
ME, kcal/kg	3,320
Crude protein, %	23.00
Lysine, %	1.60
Methionine, %	0.45
Calcium, %	0.90
Phosphorus, %	0.80

¹⁾Homogenized spray-dried blend of animal fat, sweet dairy whey, casein, soy protein isolate and soybean lecithin.

²⁾Provided per kg 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.

³⁾Provided per kg diet: 20,000 IU of vitamin A; 4,000 IU of vitamin D₃; 80 IU of vitamin E; 16 mg of vitamin K₃; 4 mg of thiamine; 20 mg of riboflavin; 6 mg of pyridoxine; 0.08 mg of vitamin B₁₂; 120 mg of niacin; 50 mg of Ca-pantothenate; 2 mg of folic acid and 0.08 mg of biotin.

⁴⁾Used as an indigestible marker.

⁵⁾Calculated value.

채혈한 후 혈액학적 및 혈청생화학적 검사에 이용하였다. 혈액학적 검사는 자동 혈액분석기(ADVID 120, Bayer, USA)를 이용하여 hemoglobin(Hb), hematocrit(HCT), RBC(red blood cell), WBC(white blood cell) 그리고 lymphocyte를 측정하였다.

또한, 혈청생화학적 검사를 위하여 2,000×g로 30분간 원심분리하여 혈청을 분석에 이용하였다. 혈청생화학적 검사는 자동 생화학 분석기(HITACHI 747, Japan)를 이용하여 total protein, iron 그리고 total iron binding capacity (TIBC)를 측정하였다.

화학분석

식의 일반성분과 표시물로 혼합된 산화크롬은 AOAC법(17)에 의해 분석하였다.

통계처리

모든 자료는 SAS(18)의 General Linear Model procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(19)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

자돈 식이내 δ -아미노레블린산의 첨가가 성장에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 0~10일간의 사양시험 기간동안, 일당증체량은 ALA+AB 처리구가 NC 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높게 나타났으나($p<0.05$), PC, ALA0.1과 ALA0.2 처리구와는 통계적 차이는 보이지 않았다($p>0.05$). 일당식이섭취량 및 식이효율에 있어서는 처리구간의 통계적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 10~20일간의 사양시험기간동안, 일당증체량, 일당식이섭취량 그리고 식이효율에 있어서 δ -아미노레블린산을 첨가한 처리구가 NC 및 PC 처리구와 비교하여 증가하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p>0.05$). 0~20일간의 총 사양시험기간동안, 일당증체량은 ALA+AB 처리구가 NC 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었으나($p<0.05$), PC, ALA0.1 그리고 ALA0.2 처리구와는 통계적인 차이는 보이지 않았다. 일당식이섭취량과 식이효율에 있어서는 처리구간의 유의적 차이가 없었다.

δ -아미노레블린산의 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 시험 개시 후 10일령에 측정된 건물과 질소 소화율은 처리구간의 유의적 차이를 보이지 않

았다. 또한, 20일령에 측정된 건물과 질소 소화율에 있어서는 ALA+AB 처리구가 NC 처리구 및 ALA0.1 처리구와 비교하여 높게 평가되었다($p<0.05$). 그러나 PC 처리구와 ALA0.2 처리구간에는 통계적인 차이를 보이지 않았다.

정상돼지의 혈액학 수준에 관한 연구보고는 여러 연구자들에 의해서 연구되었으나, 연구자들에 따라 약간의 차이를 보이고 있다. 이는 공시동물의 유전적 형질, 연령 그리고 사육환경의 차이에서 발생하는 요인에 따른 것으로 사료된다. 본 시험에서는 Dellmann과 Brown(20)이 보고한 혈액학적 분류치를 공시동물의 건강상태를 판정하기 위한 기준으로 이용하기 위하여 사용하였다. Dellmann과 Brown(20)은 정상돼지의 혈액학적 분류치의 범위를 RBC에 있어서는 $5.0 \sim 8.0 \times 10^6/\text{mm}^3$, WBC는 $11.0 \sim 22.0 \times 10^3/\text{mm}^3$, neutrophils는 28~47%, lymphocytes는 39~62%, monocytes는 2~10% 그리고 eosinophils는 0.5~11% 범위인 것으로 보고하였다. 본 시험에 이용한 시험동물들이 Dellmann과 Brown(20)이 보고한 혈액학적 분류치 범위내에 분포하기 때문에 공시동물로 적합한 것으로 사료된다.

자돈식이내 δ -아미노레블린산의 첨가가 혈청내 total protein, iron, TIBC농도에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 혈청내 total protein의 농도에 있어서는 ALA+AB 처리

Table 2. Effect of δ -aminolevulinic acid on growth performance in weaned pigs¹⁾

Item	NC ²⁾	PC ²⁾	ALA0.1 ²⁾	ALA0.2 ²⁾	ALA+AB ²⁾
0~10 days					
ADG (g)	140±42 ³⁾⁴⁾	220±36 ^{ab}	182±46 ^{ab}	170±46 ^{ab}	253±58 ^a
ADFI (g)	258±71	329±52	325±47	295±44	344±85
Gain/Feed	0.54±0.17	0.67±0.16	0.56±0.06	0.58±0.07	0.74±0.13
10~20 days					
ADG (g)	249±62	268±44	313±74	342±77	374±57
ADFI (g)	378±33	403±82	418±45	411±48	421±84
Gain/Feed	0.66±0.11	0.67±0.17	0.75±0.09	0.83±0.23	0.89±0.16
0~20 days					
ADG (g)	195±49 ^b	244±12 ^{ab}	248±59 ^{ab}	256±25 ^{ab}	314±56 ^a
ADFI (g)	318±51	366±61	372±95	353±45	383±85
Gain/Feed	0.61±0.09	0.67±0.16	0.67±0.02	0.73±0.11	0.82±0.14

¹⁾Seventy five pigs with an average initial body weight of 7.21±0.02 kg (SD).

²⁾Abbreviated NC, negative control added no antibiotic; PC, positive control added antibiotic; ALA0.1, NC diet+0.1% δ -aminolevulinic acid; ALA0.2, NC diet+0.2% δ -aminolevulinic acid; ALA+AB, PC diet+0.2% δ -aminolevulinic acid.

³⁾Mean±SD. ⁴⁾Means in the same row with different superscripts differ ($p<0.05$).

Table 3. Effect of δ -aminolevulinic acid on nutrient digestibility in weaned pigs¹⁾

Item	NC ²⁾	PC ²⁾	ALA0.1 ²⁾	ALA0.2 ²⁾	ALA+AB ²⁾
Day 10					
DM	76.7±1.0 ³⁾	79.8±0.5	79.5±1.4	78.3±1.3	80.7±0.3
N	72.2±1.1	76.1±0.5	77.5±1.4	75.7±1.4	78.5±0.1
Day 20					
DM	88.0±1.5 ⁴⁾	91.8±1.3 ^{ab}	90.5±1.7 ^b	92.1±0.8 ^{ab}	93.8±1.8 ^a
N	85.2±1.8 ^c	90.6±1.6 ^{ab}	90.0±1.1 ^b	91.0±1.0 ^{ab}	93.0±1.9 ^a

¹⁾Fecal samples were collected from 3 pigs per each pen.

²⁾Abbreviated NC, negative control added no antibiotic; PC, positive control added antibiotic; ALA0.1, NC diet+0.1% δ -aminolevulinic acid; ALA0.2, NC diet+0.2% δ -aminolevulinic acid; ALA+AB, PC diet+0.2% δ -aminolevulinic acid.

³⁾Mean±SD. ⁴⁾Means in the same row with different superscripts differ ($p<0.05$).

Table 4. Effect of δ -aminolevulinic acid on serum in weaned pigs¹⁾

Item	NC ²⁾	PC ²⁾	ALA0.1 ²⁾	ALA0.2 ²⁾	ALA + AB ²⁾
Total protein (g/dL)	5.2±0.6 ³⁾⁴⁾	5.4±0.6 ^b	5.8±0.6 ^{ab}	6.0±0.6 ^a	6.3±0.7 ^a
Iron (μ g/dL)	66.3±8.4 ^c	75.2±9.5 ^b	83.7±9.3 ^a	84.2±8.2 ^a	86.2±7.4 ^a
TIBC (μ g/dL)	503.3±41.0 ^c	508.0±47.8 ^c	527.3±48.9 ^b	547.9±50.7 ^{ab}	566.6±41.7 ^a

¹⁾Blood samples were taken from five pigs per treatment.

²⁾Abbreviated NC, negative control added no antibiotic; PC, positive control added antibiotic; ALA0.1, NC diet + 0.1% δ -aminolevulinic acid; ALA0.2, NC diet + 0.2% δ -aminolevulinic acid; ALA + AB, PC diet + 0.2% δ -aminolevulinic acid.

³⁾Mean±SD. ⁴⁾Means in the same row with different superscripts differ ($p < 0.05$).

Table 5. Effect of δ -aminolevulinic acid on hematological changes in weaned pigs¹⁾

Item	NC ²⁾	PC ²⁾	ALA0.1 ²⁾	ALA0.2 ²⁾	ALA + AB ²⁾
Hb (g/dL)	8.6±0.5 ³⁾⁴⁾	8.9±0.9 ^b	9.1±0.7 ^{ab}	9.7±0.7 ^a	9.4±1.1 ^a
HCT (%)	29.8±3.7 ^c	30.9±3.7 ^b	32.1±2.8 ^{ab}	32.3±2.7 ^a	32.6±3.0 ^a
RBC ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	5.2±0.5 ^b	5.4±0.6 ^{ab}	5.3±0.4 ^{ab}	5.5±0.5 ^a	5.6±0.6 ^a
WBC ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	21.2±4.1 ^b	23.0±4.2 ^{ab}	22.9±3.0 ^{ab}	23.3±2.9 ^a	23.7±1.3 ^a
Lymphocyte (%)	47.6±9.8 ^b	50.7±7.2 ^{ab}	58.4±11.7 ^a	58.3±8.1 ^a	58.6±7.9 ^a

¹⁾Blood samples were taken from five pigs per treatment.

²⁾Abbreviated NC, negative control added no antibiotic; PC, positive control added antibiotic; ALA0.1, NC diet + 0.1% δ -aminolevulinic acid; ALA0.2, NC diet + 0.2% δ -aminolevulinic acid; ALA + AB, PC diet + 0.2% δ -aminolevulinic acid.

³⁾Mean±SD. ⁴⁾Means in the same row with different superscripts differ ($p < 0.05$).

구가 NC 처리구 및 PC 처리구와 비교하여 높게 평가되었다 ($p < 0.05$). 혈청내 iron의 농도는 δ -아미노레블린산을 첨가한 처리구가 NC 및 PC 처리구에 비하여 유의적으로 높게 평가되었다 ($p < 0.05$). 혈청내 iron과 결합할 수 있는 능력을 나타내는 TIBC에 있어서는 ALA + AB 처리구가 NC, PC 그리고 ALA0.1 처리구와 비교하여 통계적으로 높게 평가되었다 ($p < 0.05$). 혈청 중 iron은 transferrin이라 불리는 혈청단백의 구성성분과 결합되어 있으며, 이 transferrin 중 1/3이 iron과 결합되어 있고 나머지 2/3은 iron과 결합할 수 있는 능력으로 남아있다. 이에 일정량의 iron을 가하여 남아 있는 transferrin이 결합할 수 있는 수치를 합한 것이 TIBC로서(21), 본 실험에서는 ALA 처리구에서 혈청 내 TIBC 함량이 혈청 내 iron의 함량과 함께 증가하였다.

δ -아미노레블린산의 첨가가 혈액 내 Hb, HCT, RBC, WBC, lymphocyte 농도에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 혈액 내 Hb 및 HCT의 농도는 ALA0.2 처리구와 ALA + AB 처리구가 NC 처리구와 PC 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었다 ($p < 0.05$). 또한, δ -아미노레블린산의 첨가 수준이 증가함에 따라 혈액 내 Hb의 농도가 높아지는 경향을 나타내었으며, 이는 δ -아미노레블린산의 제 2분자가 porphobilinogen과 protoporphyrin으로 합성되고, 이는 다시 protoporphyrin이 되어 여기에 Fe가 결합하여 hemoglobin의 기본이 되는 heme을 생성시키는 작용에 의하여 혈청내 Hb의 농도가 증가된 것으로 사료된다(21). 혈액 내 RBC와 WBC의 농도는 ALA0.2 처리구와 ALA + AB 처리구가 NC 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었다 ($p < 0.05$). 혈액 내 lymphocyte는 δ -아미노레블린산 처리구가 NC 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.05$).

혈액 내 RBC의 수치는 혈액학적 질병뿐 아니라 모든 질병에 가장 기초적으로 측정되어지는 항목으로서 본 실험에서 δ -아미노레블린산을 급여한 처리구에 있어 RBC의 수치가 증가되었으며, 전혈 내 적혈구가 차지하는 비율을 나타내는 HCT와 혈액소인 hemoglobin의 농도 역시 δ -아미노레블린산을 급여한 처리구에서 증가되는 것으로 나타났으며, 이로 인해 자돈에 있어 총체적인 건강 증진과 성장 촉진에 영향을 미친 것으로 사료된다. 돼지에 있어 hemoglobin의 농도는 체내 Fe의 흡수 상태와 매우 밀접하게 관계하며, 이들의 부족시 나타나는 증상으로는 성장 저하, 활력 저하, 피부 탄력 저하, 점막의 창백화 등이 있다(22). 본 실험에서는 δ -아미노레블린산을 급여한 처리구에서의 혈청 내 iron의 농도가 증가하였으며, hemoglobin의 농도는 ALA0.2 처리구와 ALA + AB 처리구에서 각각 9.67 g/dL와 9.40 g/dL를 나타내어 ALA를 첨가하지 않은 NC와 PC 처리구와 비교하여 8.5% 증가하였다. 그러나, Zimmerman(23)은 혈액 내 hemoglobin의 농도가 8 g/dL 이상에서 빈혈증이 나타나지 않는 수준이라고 하였으며, NRC(22)에 의하면 10 g/dL 이상이 적정 hemoglobin의 농도라고 하여 본 실험에서 나타난 hemoglobin의 수준이 조금 낮게 평가되었다. 이는 식이 내 서로 다른 iron의 농도 또는 시험동물의 연령, 품종, 성별과 환경 등(24)에 따른 차이인 것으로 사료되며, 이와 관련한 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

결론적으로, 본 실험에서 자돈식이내 δ -아미노레블린산의 첨가는 자돈의 성장 및 소화율을 향상시키며, 혈액 내 total protein, iron, hemoglobin, lymphocyte의 수준을 증가시켰다. 또한, δ -아미노레블린산과 항생제의 혼합급여는 자돈의 성장 능력에 있어 상승효과를 갖는 것으로 사료된다.

요 약

본 실험은 자돈식이내 δ -아미노레블린산의 첨가가 이유 자돈의 성장능력 및 혈액성상에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 3원 교잡종 자돈 75두(평균체중 7.21 ± 0.02 kg)를 공시하였다. 시험설계는 1) NC(negative control; 무항생제 기초식이), 2) PC(positive control; NC diet + 0.1% Apramycin + 0.1% Oxytetracycline), 3) ALA0.1 (NC diet + 0.1% δ -아미노레블린산), 4) ALA0.2(NC diet + 0.2% δ -아미노레블린산), 5) ALA + AB (PC diet + 0.2% δ -아미노레블린산)의 5개 처리를 하였다. 총 사양시험기간동안, 일당중체량은 ALA + AB 처리구가 NC 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었으나($p < 0.05$), PC, ALA0.1 그리고 ALA0.2 처리구와는 통계적인 차이는 보이지 않았다. 일당식이섭취량과 식이효율에 있어서는 처리구간의 유의적 차이가 없었다. 시험 개시 후 20일령에 측정된 영양소 소화율에 있어서는 건물과 질소 소화율에 있어서 ALA + AB 처리구가 NC 처리구 및 ALA0.1 처리구와 비교하여 높게 평가되었다($p < 0.05$). 또한, 혈청내 total protein의 농도에 있어서는 ALA + AB 처리구가 NC 처리구 및 PC 처리구와 비교하여 높게 평가되었다($p < 0.05$). 혈청내 iron의 농도는 δ -아미노레블린산을 첨가한 처리구가 NC 및 PC 처리구에 비하여 유의적으로 높게 평가되었다($p < 0.05$). 혈청내 TIBC에 있어서는 ALA + AB 처리구가 NC, PC 그리고 ALA0.1 처리구와 비교하여 통계적으로 높게 평가되었다($p < 0.05$). 혈액내 Hb 및 HCT의 농도는 ALA0.2 처리구와 ALA + AB 처리구가 NC 처리구와 PC 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었다($p < 0.05$). 혈액내 RBC와 WBC의 농도는 ALA0.2 처리구와 ALA + AB 처리구가 NC 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었다($p > 0.05$). 혈액내 lymphocyte는 δ -아미노레블린산 처리구가 NC 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 결론적으로, 자돈식이내 δ -아미노레블린산의 첨가는 자돈의 성장 및 소화율을 향상시키며, 혈액 내 total protein, iron, hemoglobin, lymphocyte의 수준을 증가시켰다. 또한, δ -아미노레블린산과 항생제의 혼합급여는 자돈의 성장 능력에 있어 상승효과를 갖는 것으로 사료된다.

문 헌

- Zimmerman DR. 1986. Role of subtherapeutic levels of microbials in pig production. *J Anim Sci* 62 (Suppl. 3): 6.
- Han IK, Kim JD, Lee JH. 1984. Studies on the growth promoting effects of probiotics. III. The effects of *Clostridium butyricum* ID on the performance and the changes in the microbial flora of the feces of growing pigs. *Kor J Anim Sci* 26: 166-171.
- Champman JD. 1988. Probiotics, acidifiers and yeast culture: a place for natural additives in pig and poultry production. In *Biotechnology in the feed industry*. Proc. Alltech's 4th Ann. Symp. p 219-233.
- Gedek B, Kirchgessener M, Wichler S, Bott A, Eidelburger U, Roth FX. 1993. The nutritive effect of *Bacillus cereus* as a probiotic in the raising of piglets. 2. Effect and microbial count, composition and resistance determination of gastrointestinal and fecal microflora. *Arch Tierernahr* 44: 215-226.
- Hong EC. 2001. The additive effect of egg yolk antibody in early weaned pigs. *MS thesis*. Dankook University.
- Min TS, Han IK, Chung IB, Kim IB. 1992. Effects of dietary supplementation with antibiotics, sulfur compound, copper sulfate, enzyme and probiotics on the growing performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Kor J Anim Nutr Feed* 16: 265-274.
- Noh SH, Moon HK, Han IK, Shin IS. 1995. Effect of dietary growth promoting substances on the growth performance in pigs. *Kor J Anim Sci* 37: 66-72.
- Pollman DS, Danielson DM, Peo ER Jr. 1980. Effect of microbial feed additive on performance of starter and growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 51: 577-581.
- Rhee HW, Kim IH, Kim CS, Sohn JC. 1997. Effect of feeding yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance and changes of intestinal *E. coli* in broiler chicks. *K J Poult Sci* 24: 67-72.
- Mathew AG, Chattin SE, Robbins CM, Golden DA. 1998. Effect of a direct-fed yeast culture on enteric microbial populations, fermentation acids, and performance of weanling pigs. *J Anim Sci* 76: 2138-2145.
- Park SJ, Park HS, Yoo SO. 1998. Effects of supplementation of *Rehmannia radix* on performance and physiological status in broiler chicks. *K J Poult Sci* 25: 195-202.
- Wenk C. 2003. Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. *Asian-Aust J Anim* 16: 282-289.
- Rebeiz CA, Hopen HJ. 1992. Photodynamic herbicides. *US Patent* 5,127,938.
- Rebeiz CA, Juvik JA, Rebeiz CC. 1994. Porphyrin insecticides. *US Patent* 5,300,526.
- Tanaka T, Hotta Y, Taketa H. 1995. Plant-growth regulator. *JP Patent* 0053487.
- 김형락, 김재호, 오명주. 2001. 어류 병원성 세균과 바이러스의 감염 예방 및 치료를 위한 δ -아미노레블린산의 신규한 용도. 공개번호 특2001-0102752.
- AOAC. 1995. *Official method of analysis*. 16th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. p 152-164.
- SAS. 1996. *SAS user's guide*. Release 6.12 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11: 1-42.
- Dellmann HD, Brown EM. 1987. Textbook of veterinary histology. Lea & Febiger, Philadelphia, PA. p 71-86.
- Yi KN, Rhee CS. 1993. *Clinical pathology file*. Euihak munwhasa Co., Seoul, Korea. p 351-354.
- NRC. 1998. *Nutrient requirement of pigs*. 10th ed. National Research Council, Academy Press, Washington, DC. p 54-55.
- Zimmerman DR. 1980. Iron in swine nutrition. In National Feed Ingredient Association Literature Review in Iron in Animal and Poultry Nutrition. National Feed Ingredient Association, Des Moines, Iowa.
- 양일석, 강창원, 김상근, 김주현, 김천호, 김태완, 나승열, 박수현, 박전홍, 윤영원, 이국경, 이만휘, 이상목, 이장현, 한호재. 2004. 수의생리학. 광일문화사, 서울. p 71.