

사료에 대한 항생제, 황산동 및 생균제 첨가가 육성돈의 생산성 및 슬러리의 암모니아 발생에 미치는 영향

한영근 * · 신형태 **

농협중앙회 축산연구소 *, 성균관대학교 식품생명공학과 **

Effects of Antibiotics, Copper Sulfate and Probiotics Supplementation on Performance and Ammonia Emission from Slurry in Growing Pigs

Y. K. Han* and H. T. Shin**

Livestock Research Institute, NACF *,

Dept. of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University **

ABSTRACT

An experiment was conducted to determine the effect of supplementation of chlortetracycline (CTC, 110 ppm), copper sulfate (Cu, 125 ppm) and two levels of probiotics (Prob I, 0.04%, Prob II, 0.1%), *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis*) on growth performance, nutrient digestibility and manure characteristics in growing pigs. A total of 50 pigs that averaged 20.78 ± 0.35 kg BW and 50 ± 2.3 d age were allocated in a randomized block design with two pigs per pen and 5 pens per treatment. Pigs and feeders were weighed 10-days interval for the 40-d trials to determine ADG, ADFI and feed:gain ratio (F:G). Average daily gain, feed intake, feed/gain and nutrient digestibility were not improved (P > 0.10) by the supplementation of CTC, Cu and two levels of probiotics. There were significant (P < 0.05) Cu effects on digestibility of crude protein, and probiotics effects on digestibilities on organic matter, crude protein and energy between first 20 days and subsequent 20 days. Fecal concentrations of copper were highly increased (P < 0.001) by the copper supplementation. Total bacteria and coliform counts were not altered by the supplementation of CTC, Cu and two levels of probiotics. Ammonia emission from slurry, measured during first 3 weeks, was reduced (P < 0.001) in pigs fed diet with 125 ppm copper from copper sulfate. Results indicate that CTC, Cu and Probiotics supplementation had a little or not positive effect on grower pig performance under sound environmental conditions. Further studies may be warranted to investigate the effects of dietary copper-either reduced or in combination with dietary ammonia control agents-on the ammonia emission characteristics of swine manure.

(Key words : Antibiotics, Copper, Probiotics, Manure, Pig)

I. 서론

양돈분뇨의 효율적 처리는 주변의 환경오염과 관련 국제적으로 매우 중요한 문제로 대두

되어 있으며, 우리나라에서도 점차 관련법규가 엄격해지고 있는 실정이다. 이러한 이유로 말미암아 양돈산업에 있어서 분뇨처리에 대한 비용은 점차 증가되어 왔으며, 경제적 측면에서

Corresponding author : Y. K. Han, Livestock Research Institute, NACF. San54 Sinduri Kongdo-up Ansong-City 456-824, Korea. E-mail: swisshan@paran.com

매우 중요한 위치를 차지하게 되었다(김, 1999).

양돈 슬러리의 효율적 처리에 대한 연구 및 자원화 적용은 주로 배출된 분뇨자체에 대한 물리적 및 생물화학적 측면과(최, 1999) 섭취사료의 이용효율 증가를 통한 배출 영양소의 절대적 감소 측면에서 주로 이루어져 왔다(Van Kempen and Van Heugten, 1998). 시간경과에 따른 생물학적 및 화학적 산소요구량 변화에 영향을 미치게 되는 양돈 슬러리의 화학적 조성은 무엇보다 가축에게 급여된 사료의 각종 영양소 함량과 개별 영양소의 이용효율에 의해 크게 영향을 받게 되며(Coffey, 1996; Kornegay and Harper, 1977), 양돈 분뇨로의 사료영양소 배출량을 감소시키기 위한 연구는 사료가공(Wondra 등, 1995), 허실감소(Gonyou and Lou, 1998), 사육단계별 급여체계(Van der Peet-Schwering and Voermans, 1996) 및 영양소 이용효율의 증가를 위한 파이타제와 같은 효소제의 첨가(Jongbloed 등, 1993)에서 주로 이루어져 왔다.

가축이 섭취하는 사료에는 각종 영양소 외에 성장촉진을 위한 첨가제가 사용되는데, 이들 첨가물질의 체외배출에 의한 양돈 슬러리의 발효특성 변화 및 잔류, 특히 구리와 아연에 의한 토양오염 가능성으로 말미암아 액비의 자원화에 많은 장애요인으로 작용하고 있는 실정이다. 첨가되는 각종 첨가물질로 인한 가축분뇨의 발효 및 자원화에 대한 영향은 막연하게 항생제 또는 호르몬 정도일 것이라는 선입견이 일반 양돈농가 및 경종농가에게 알려져 있다. 구리와 아연에 의한 토양 및 식물성장에 대해 Tucker 등(1997)은 부정적인 영향을 나타낸다고 보고한 바 있으며, 사용이 보편화 되어있는 첨가제인 항생제와 생균제에 대해서는 아직 보고가 거의 이루어지지 않고 있다.

본 연구는 양돈분뇨의 효율적 처리에 대한 접근 방법으로서 각종 사료 첨가제 중 환경에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는 항산동과, 농가에서 부정적으로 인식하고 있는 항생제 및 긍정적 측면에서 활용되고 있는 생균제의 첨가가 육성돈의 생산성과 양돈분뇨의 발효에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하

였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험사료

평균 체중 20.78 kg(SD=0.35) 및 평균 일령 50일(SD=2.3)인 삼원교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc) 거세돈 50두를 완전임의로 각 돈방 별 5처리 5반복으로 배치하였다. 각 돈방은 전면 콘크리트 바닥 구조(1.2 m × 2.0 m)로 분과 뇨를 돈방 별로 구분하여 채취할 수 있는 구조로 되어있으며, 급수는 니플을 통해 시험돈이 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였고, 시험사료는 무제한으로 섭취할 수 있도록 급여횟수를 조절하였다.

체중 측정은 개체별로 10 g 단위를 유효숫자로 나타내는 전자저울을 이용해 실시하였는데, 개시체중과 종료체중을 포함 정기적으로 10일간격(50일령, 60일령, 70일령, 80일령 및 90일령)으로 실시하였다. 시험사료는 옥수수, 소맥 및 대두박을 위주로 NRC(1998) 요구량 및 그 이상을 기준으로 배합비를 작성하였고(Table 1), 배합에 따른 균질도는 1:100,000 배율에서 C.V. (%) 값이 5.0% 미만일 수 있도록 배합시간을 조절하였다.

시험구는 Basal diet구, Basal diet + CTC (Chlortetracycline) 110 ppm 첨가구, Basal diet + Cu 125 ppm 첨가구, Basal diet + Probiotic I 첨가구(1.20×10^9 cfu/kg feed, 동수의 *Bacillus licheniformis* : *Bacillus subtilis* ; 1:1) 및 Basal diet + Probiotic II 첨가구(3.00×10^9 cfu/kg feed, 동수의 *Bacillus licheniformis* : *Bacillus subtilis* ; 1:1)로 나누어 실시하였다. 사료 영양소 소화율 측정을 위한 분 채취는 시험개시 8~9일, 18~19일, 28~29일 및 38~39일 제에 각 돈방별로 실시하였으며, 소화율을 측정하기 위한 표식제로는 Celite-545(Fluka)를 1% 사용하였다. 슬러리의 발효에 따른 처리별 암모니아 가스발생량 측정을 위한 분뇨는 시험개시 20일령 체중 측정 후 각 돈방 바닥을 세척한 후, 계속하여 4일 동안 돈방별로 배출되는 모든 분뇨를 수거 하였는데, 잘

Table 1. Formula and composition of the basal diet (as-fed basis)

Ingredient	%
Corn, Yellow	36.50
Wheat	30.00
Soybean meal, 44%	26.00
Wheat bran	0.43
Animal fat	4.10
Celite545	1.00
Salt	0.35
Limestone	0.32
Tri-calcium phosphate	0.80
Vitamin-trace mineral premix ^a	0.50
CuSO ₄ ·5H ₂ O ^b	
CTC-200 ^b	
Probiotics I and II ^b	
Calculated analysis	
Digestible energy(DE) (MJ/kg)	14.79
Crude protein (%)	17.00
Ca (%)	0.56
P (%)	0.49
Lysine (%)	0.87
Methionine (%)	0.23

^a The vitamin and trace mineral premix for the basal diet provided the following per kilogram of diet: Fe, 60 mg; Cu, 10 mg; Mn, 25 mg; Zn, 60mg; I, 0.2 mg; Se, 0.25 mg; Vitamin A, 8,000 IU; Vitamin D3, 1,500 IU; Vitamin E, 40 mg; Vitamin K3, 1 mg; Vitamin B1, 1 mg; Vitamin B2, 2.5 mg; Vitamin B6, 2 mg; Vitamin B12, 0.01 mg; Pantothenic acid, 7 mg; Niacin, 15 mg; Biotin, 0.05 mg; Folic acid 0.5 mg; Choline, 165 mg.

^b Copper sulfate (0.05%), CTC-200(0.055%), Probiotics I(0.04%) and Probiotics II(0.1%) were substituted for wheat bran to provide 125 ppm Cu, 110 ppm Chlortetracycline, about 1.20×10^9 cfu / kg feed *Bacillus licheniformis* : *Bacillus subtilis*(1:1) and about 3.00×10^9 cfu/kg feed *Bacillus licheniformis* : *Bacillus subtilis* (1:1) where appropriate.

혼합된 분뇨는 20리터 플라스틱 통(처리별 4반복)에 10리터 씩 담은 후 7일 간격으로 14 주 동안 오전 10시에 플라스틱 통 입구 일정 부위에서 가스 검지관(Kitagawa)을 이용하여 암모니아 가스를 측정하였다. 분중 미생물 분석을 위

한 시료의 채취는 시험 개시 후 21일 및 41일 째에 개체별로 항문 부분을 세척한 후, 마사지를 통해 직장으로부터 인위적으로 실시하였으며, 채취한 시료는 whirl pack bag에 담아 분석실로 옮긴 후 즉시 PBS를 이용하여 1:10,000 (weight : volume)으로 희석한 다음 미생물을 분석하였다.

2. 시료의 분석

시험사료와 55℃의 건조기에서 72시간 동안 건조 시킨 분은 1.0 mm 스크린이 부착된 시험용 분쇄기(Model : 1093 cyclotec, FOSS)를 이용하여 분쇄한 후, 건물(AOAC 930.15), 조회분(AOAC 942.05), 조단백질(AOAC 984.13, model Tecator Kjeltac 1030 Analyzer), 조섬유(model Tecator Fibertec System M6)의 분석은 AOAC (1995) 방법에 준하였으며, 열량은 adiabatic bomb calorimeter(model PARR 1351)를, Cu는 질산분해 및 ICP(model J-Y 24, John Yvon, Edison, NJ) 분석방법을 이용하였다. 소화율 측정을 위한 지시제인 Celite는 4-N 염산을 이용한 Prabucki (1975) 방법을 적용하였다. 분중 coliform bacteria의 농도는 eosin methylene blue agar(Becton Dickinson, Cockeysville, MD)를 이용하여 결정하였는데, *Escherichia coli*는 중간부분이 어두운 전형적인 흑청색 콜로니를 나타내었으나, 더 이상의 세부적인 미생물 분석은 시행하지 않아 결과에는 coliform으로 나타내었다. 총혐기미생물수(total anaerobic bacterial counts)는 tryptic soy agar(Becton Dickinson)을 이용하여 결정하였는데, 모든 분석 조건은 혐기장치에서 혐기상태를 유지하였다.

3. 자료의 분석 및 통계처리

사료섭취량은 돈방별 10일 간격으로 총 급여량에서 잔량을 제한 값으로 계산하였는데, 매일 바닥에 흘린 사료(평균 약 7.5%)를 수거하여 건물을 측정 후 수분 함량을 감안하여 잔량에 포함시켰다. 분중 미생물 농도는 통계분석 이전에 log₁₀으로 변환하였다. 결과의 분산분

식은 Snedecor와 Cochran(1980)이 기술한 방법을 적용하였으며, 생산성 자료의 분석을 위해 시험돈은 초기체중을 기준으로 블록화 하였고 각 돈방을 시험단위로 설정하였다. 분석모델은 반복, 처리 및 반복×처리(error)의 효과를 포함하였으며, basal diet 급여구와 첨가제 급여구를 각각 비교하였다(Basal diet vs +CTC, Basal diet vs +Cu, Basal diet vs +Probiotics I, Basal diet vs +Probiotics II). 통계적 유의수준은 $P < 0.10$ 에서 유의차가 인정되는 경우, LSD 방법을 통해 평균간 비교를 실시하였으나, 차이가 나타나지 않는 경우 전체 결과에 대한 CV(변이계수)를 나타내었다. 소화율 및 분에 대한 구리 함량과 미생물 농도 자료의 분석은 각 돈방을 시험단위로 설정하였으며, 분석모델은 생산성과 동일한 요인효과를 포함하였다. 각각의 영양소에 대해 basal diet 급여구와 첨가제 급여구(Basal diet vs +CTC, Basal diet vs +Cu, Basal diet vs +Probiotics I, Basal diet vs +Probiotics II), 단계별(시험개시 후 0~20일 및 21~40일) 및 처리구 전체 영양소 소화율에 대한 기간별 차이를 각

각 비교 하였다. 슬러리의 저장기간에 따른 암모니아 발생농도의 분석모델은 처리, 기간 및 처리×기간(error)의 효과를 포함하였으며, 발생농도의 변화에 대한 기간의 주 요인효과는 다항비교(polynomial contrast)를 실시하였고, 처리별 뚜렷한 변화를 보였던 초기 3주간에 대해서만 처리별 비교를 실시하였다.

III. 결 과

시험전반기 20일(생후 약 50~70일령, 체중 21~37 kg) 동안의 처리별 ADG는 0.79, 0.84, 0.80, 0.80 및 0.80 kg, ADFI는 1.56, 1.75, 1.68, 1.60 및 1.59 kg으로 각각 나타나, 무첨가구에 비해 항생제, 황산동 및 생균제의 첨가가 생산성을 약간 개선시키는 수적 경향은 보였으나 통계적인 유의차를 나타내지는 않았으며($P > 0.10$), 사료요구율은 다소 증가하는 것으로 나타났다(Table 2).

시험후반기 20일(생후 약 71~90일령, 체중 37~60 kg)의 생산성은 ADFI와 F:G를 제외한

Table 2. Effect of dietary copper, chlortetracycline and probiotics supplementation on the growth performance of growing pigs

Item	Basal Diet	Basal diet + CTC	Basal diet + Cu	Basal diet + Prob-I	Basal diet + Prob-II	CV
Body weight (kg)						
Initial (50 d old)	20.84	20.80	20.40	20.56	20.52	10.71
Intermediate (70 d old)	36.56	37.68	36.36	36.56	36.56	7.48
Final (90 d old)	59.56	60.96	58.32	59.40	59.42	4.99
Day 0~20						
ADG (kg)	0.79	0.84	0.80	0.80	0.80	11.19
ADFI (kg)	1.56	1.75	1.68	1.60	1.59	9.37
F:G	1.99	2.09	2.12	2.00	1.98	7.93
Day 21~ 40						
ADG (kg)	1.15	1.16	1.10	1.14	1.14	8.43
ADFI (kg)	2.78	3.04	2.93	2.96	2.74	13.26
F:G	2.42	2.64	2.67	2.59	2.40	13.06
Overall						
ADG (kg)	0.97	1.00	0.95	0.97	0.97	5.52
ADFI (kg)	2.03	2.26	2.13	2.12	2.06	7.42
F:G	2.10	2.26	2.26	2.19	2.12	6.83

ADG는 전기와 같은 일정한 경향은 보여주지 못하였으며, 첨가제의 생산성에 대한 영향은 나타나지 아니하였다($P > 0.10$). 전체 육성기 동안(생후 약 50~90일령, 체중 21~60 kg)의 생산성은 첨가제에 의해 영향을 받지 않았으며($P > 0.10$), ADFI는 통계적 유의차가 인정되지는 않았으나, 약간 증가하는 경향은 보여주었다. 모든 처리구에 있어서 전반기 20일에 비해 후반기 20일 동안의 생산성 증가가 크게 나타나는데, 이는 Table 4에서와 같이 처리별 차이보다는 성장단계별 영향이 더욱 뚜렷한 것으로 나타난 영양소 소화율과 유사한 경향이었다.

전 시험기간에 걸친 영양소소화율은 첨가물질에 의해 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나($P > 0.10$), 무첨가구와 각 처리구의 비교에서

는 생균제 0.1% 첨가구가 무첨가구에 비해 건물($P = 0.093$), 유기물($P = 0.155$), 조단백질($P = 0.056$) 및 열량($P = 0.052$) 소화율에서 크게 개선되는 경향을 보여주었다(Table 3). 소화율에 대한 첨가제의 영향은 시험전기와 시험후기 각 20일 동안에도 나타나지 않았으나(Table 4), 모든 처리구에 있어서 전기 보다는 후기의 각 영양소 소화율이 높아지는 경향을 보여주었으며, 기간에 따라 전기(0~20일) 보다는 후기(21~40일)동안에 유기물($p = 0.020$), 조단백질($p = 0.005$) 및 에너지($p = 0.029$)에서 특히 뚜렷한 증가현상을 보여 주었다.

처리구별 전기와 후기의 소화율 변화는 무첨가구가 유기물($P = 0.060$) 및 조섬유($p = 0.116$)에서, 황산동첨가구가 유기물($p = 0.144$), 조단백질

Table 3. Effect of dietary copper, chlortetracycline and probiotics supplementation on nutrient digestibility of diets

Item	Basal Diet	Basal diet + CTC	Basal diet + Cu	Basal diet + Prob-I	Basal diet + Prob-II	CV
Dry Matter (%)						
Day 0~40, Mean	80.72	81.40	79.84	81.00	82.00	3.88
SD	2.60	3.20	3.62	3.58	2.68	
<i>P</i> -value ^a		0.414	0.329	0.753	0.093	
Organic Matter (%)						
Day 0~40, Mean	84.44	85.28	84.16	85.20	85.96	2.86
SD	2.71	2.87	2.94	3.06	0.54	
<i>P</i> -value		0.292	0.448	0.261	0.155	
Crude Protein (%)						
Day 0~40, Mean	79.36	81.44	78.00	79.96	81.56	5.98
SD	4.41	4.94	5.89	5.07	3.59	
<i>P</i> -value		0.123	0.360	0.657	0.056	
Crude Fiber (%)						
Day 0~40, Mean	45.28	44.92	44.84	47.00	46.40	22.58
SD	10.30	11.27	10.28	12.22	7.47	
<i>P</i> -value		0.907	0.881	0.593	0.662	
Energy (%)						
Day 0~40, Mean	82.92	83.68	82.28	82.72	84.28	3.98
SD	2.52	3.42	4.45	3.86	2.30	
<i>P</i> -value		0.376	0.534	0.829	0.052	

^a *P*-value : basal diet vs Chlortetracycline, basal diet vs $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, basal diet vs Probiotics-I, basal diet vs Probiotics-II, respectively.

Table 4. Effect of dietary copper, chlortetracycline and probiotics supplementation on nutrient digestibility of diets

Item	Basal Diet	Basal diet + CTC	Basal diet + Cu	Basal diet + Prob-I	Basal diet + Prob-II	Total ^b
Dry Matter (%)						
Day 0~20	80.40	81.20	78.80	80.90	81.40	80.54
Day 21~40	80.93	81.53	80.53	81.07	82.40	81.29
SEM	0.76	0.94	1.06	1.10	0.80	0.43
<i>P</i> -value	0.627	0.805	0.250	0.912	0.371	0.198
Organic Matter (%)						
Day 0~20	83.20	84.60	83.10	84.70	85.90	84.30
Day 21~40	85.26	85.73	84.87	85.53	86.00	85.39
SEM	0.76	0.84	0.85	0.94	0.16	0.34
<i>P</i> -value	0.060	0.343	0.144	0.516	0.659	0.020
Crude Protein (%)						
Day 0~20	76.90	79.10	75.20	80.90	79.40	79.18
Day 21~40	83.00	79.87	81.33	83.00	81.00	81.64
SEM	0.95	1.51	1.37	1.15	1.15	0.63
<i>P</i> -value	0.001	0.727	0.003	0.191	0.345	0.005
Crude Fiber (%)						
Day 0~20	44.23	44.10	42.40	44.50	44.60	45.16
Day 21~40	50.20	45.47	46.47	48.67	47.60	45.93
SEM	2.15	3.29	2.90	3.55	2.17	1.39
<i>P</i> -value	0.116	0.773	0.343	0.415	0.336	0.696
Energy (%)						
Day 0~20	82.40	83.10	80.80	82.20	83.30	82.36
Day 21~40	83.27	84.07	83.27	83.07	84.93	83.72
SEM	0.73	1.01	0.82	1.18	0.65	0.45
<i>P</i> -value	0.410	0.501	0.180	0.593	0.082	0.029

^a *P*-value : day 0 - 20 vs day 21~40.

^b Total : all data from day 0~20 and day 21~40.

($p=0.003$), 열량($p=0.180$)에서, 생균제 0.1% 첨가구가 건물($p=0.198$), 유기물($p=0.020$), 조단백질($p=0.005$) 및 열량($p=0.029$)에서 체중이 증가할수록 소화율이 증가되는 경향을 나타내었다.

Table 5에서 보는 바와 같이 처리별 분으로의 구리 배출량은 황산동 첨가구가 1,514 mg/kg으로 다른 구에 비해 뚜렷한 증가를 보였으며 ($P<0.001$), 분중 총균수 및 대장균균수는 첨가에 의한 영향이 나타나지 않았다($P>0.10$). 황

생제 첨가구는 총균수에서 다른 첨가구에 비해 약간 낮았으며, 생균제 첨가구는 대장균균수에서 무첨가구나 다른 첨가구에 비해 낮은 경향을 나타내었으나 통계적인 유의차는 보이지 않았다.

슬러리의 시간경과에 따른 암모니아 발생량은 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 처음 3주간은 황산동 첨가구가 다른 구에 비해 뚜렷한 감소를 보였으나($P<0.001$), 시간이 경과할수록 다른 첨가구와 비슷한 발생경향을 나타내었다.

Table 5. Effect of dietary copper, chlortetracycline and probiotics supplementation on fecal Cu concentration(DM basis) and fecal bacteria count of growing pigs^a

Item	Basal Diet	Basal diet + CTC	Basal diet + CuSO ₄	Basal diet + Prob-I	Basal diet + Prob-II	SEM
Cu (mg/kg ^b)	242.5	232.9	1,514.8	243.3	247.4	14.1
Total bacteria (log cfu/g)	7.35	6.91	7.53	7.56	7.67	0.46
Coliforms (log cfu/g)	5.97	5.95	5.30	5.19	5.09	0.68

^a Values represent least squares means of five replications.

^b Cu effect ($P < 0.001$).

Fig. 1. Effect of feed additives on Ammonia emission of swine waste from growing pigs according to storage period. Treatment were: Basal=10 ppm Cu from CuSO₄, CTC=110 ppm chlortetracycline, CuSO₄=125 ppm Cu from CuSO₄, probiotics = 0.1% bacillus ferment.

항생제 첨가구는 초기 2주간은 다른 첨가구에 비해서는 낮았으나 황산동 첨가구 보다는 암모니아 발생량이 높았다($P < 0.001$). 암모니아 발생량은 모든 처리구에서 초기 3주간을 제외하고는 비슷한 발생량 추세를 나타내었는데, 시간이 경과할수록 그 양은 감소하는 경향을 보여주었으며, 발생농도의 변화에 대한 저장기간의 주 요인효과는 linear, quadratic 및 cubic 모두에서 뚜렷하게 나타났다($P < 0.001$).

IV. 고 찰

본 연구결과에서는 통계적으로 뚜렷한 첨가 효과가 인정되지 않았으나, 항생제 첨가에 의

한 성장촉진 효과는 다른 연구결과에서와 마찬가지로 대체적으로 나타나고 있다. 항생제 첨가는 장관에서 경합 균주의 감소 및 대사산물 조절을 통한 영양소의 절약 및 유해 미생물의 감소 등에 영향을 미쳐 성장을 개선시킨다고 보고된 바(Vissek, 1978; Anderson 등, 1999), 본 실험에서의 무첨가구에 비해 ADG 및 ADFI가 상대적으로 다른 첨가구에 비해 더욱 개선되는 것으로 나타난 사실과 분 중 총균수의 농도 감소 및 슬러리의 초기발효 억제 등은 이들 요인들과 관련이 있을 것으로 사료된다.

성장촉진을 위한 황산동의 양돈용 배합사료 내 첨가수준은 순수한 구리 함량 기준으로 125 내지 250 ppm으로서, 본 실험결과와는 달리 자돈에 대해서는 증체량, 사료섭취량 및 폐사감소에 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며 (Edmonds와 Baker, 1986), 이러한 황산동의 성장촉진에 대한 작용기작 역시 항생제와 마찬가지로 아직 명확하게 밝혀져 있지 않다. Fuller 등(1960)은 장관에서 항생제와 유사한 작용을 할 것이라고 하였으나, 이러한 가정을 뒷받침해 줄 수 있는 연구결과는 아직 충분하지 않다. 이러한 항생제 유사 작용 기작 가설은 구리를 장관을 거치지 않고 직접 정맥 주사하여 실험한 Zhou 등(1994)의 연구에서 성장효과가 나타난다는 결과로부터 장관에서의 작용과 완전하게 일치하지 않는다고 예측할 수 있는데, 이들은 조직에 흡수된 구리가 주로 근육의 성장을 촉진시키며, 유리지의 제거작용을 하는 cuproenzyme인 간의 superoxide dismutase 활성을 증가시킨다고 보고하였다. 또 다른 가능성

으로는 무균동물에게 높은 수준의 구리 첨가나 성장촉진제 및 항생제 첨가사료를 급여하여도 성장촉진 효과가 거의 나타나지 않는다는 연구 보고(Whitehair와 Thomson, 1956; Shurson 등, 1990) 및 본 연구에서와 같이 환경조절이 잘 이루어진 실험돈사 환경에서의 첨가효과가 뚜렷하지 않은 것에서 예측할 수 있는 것처럼 황산동 첨가와 돼지의 장관에 서식하는 미생물에 의해 생성되는 독성물질과의 관계를 들 수 있을 것으로 사료된다(Whitehair와 Thomson, 1956; Shurson 등, 1990). 황산동의 첨가급여는 장관에서 생성되는 여러 다양한 독성물질 중 특히 동물에게 좋지 못한 영향을 미치는 암모니아의 생성감소를 통해 장관의 상피세포의 대사와 수명기간 단축 현상(turnover rate의 증가)을 감소시키게 되기 때문에, 이로 인한 에너지 낭비를 줄일 수 있게 된다고 보고된 바(Vissek, 1972). 암모니아를 통한 장관의 질량과 관련된 실험에서 Yen과 Pond(1990)는 항생제(Carbadox)의 첨가는 돼지의 성장과 소장의 질량 감소 모두에 긍정적인 영향을 미치는 반면 구리는 일당중체량에만 영향을 미친다고 보고 하였으며, Varel 등(1987)은 구리가 분의 Urease 활성을 낮추어 장관에서의 urease 활성을 저해시켜 암모니아 발생을 낮추게 되며, 장관에서의 암모니아 발생 억제제는 장관의 질량을 감소시키게 된다고 보고하였다. Topping과 Vissek(1977)는 쥐를 이용한 연구에서 암모니아는 장관에서의 핵산의 합성과 장관질량을 증가시키기 때문에 유지에너지의 증가를 가져오게 된다고 보고하였으며, Yen과 Pond(1990)는 구리에 의한 성장촉진은 사료섭취량 증가에 기인한 것이지 암모니아의 생성억제와 관련이 있는 것은 아니라고 보고하였다. 이러한 황산동에 의한 장관에서의 암모니아 생성억제효과는 본 시험에서의 슬러리 저장기간에 따른 초기 암모니아 가스 발생 억제(Fig. 1)에서 볼 수 있는 현상과 유사한 작용일 것으로 보이며, 이러한 생산성에 영향을 미치는 요인들은 본 연구결과에서 수적 경향으로 나타났다. 황산동의 첨가에 의한 또 다른 효과는 분뇨로부터 발생하는 악취발생을 개선시킨다는 점을 들 수 있는데(Armstrong 등 2000),

이러한 긍정적인 효과는 본 연구에서와 같이 슬러리로부터의 가스발생에 의한 영향을 미칠 수 없는 조건에서는 기대할 수 없기 때문에 생산성 향상 결과로는 나타나지 않았을 것으로 사료된다.

본 연구에 적용된 성장촉진용 물질의 첨가효과가 뚜렷하게 나타나지 않는 사실은 두 가지 측면에서 생각할 수 있는데, 하나는 시험돈사와 같은 위생적인 환경에서의 영향이며, 다른 하나는 사육단계에 따른 효용가치를 들 수 있을 것으로 사료된다. 생산성에 대한 첨가물질의 영향은 주로 어린 가축에서 크게 나타나며, 성장단계가 진행되고 사육환경이 좋을수록 그 효과는 작아지는 것으로 나타난다.

본 시험에서 사용한 모든 첨가제의 장내 미생물 균총변화에 대한 가능성에도 불구하고, 분중 총균수 및 대장균균수의 변화는 나타나지 않았다. 이는 무균동물에게 높은 수준의 구리 첨가나 성장촉진제 및 항생제 첨가사료를 급여하여도 성장촉진 효과가 거의 나타나지 않는다는 연구보고(Whitehair and Thomson, 1956; Shurson 등, 1990) 및 본 연구에서와 같이 환경조절이 잘 이루어진 상황에서의 첨가효과가 뚜렷하지 않은 것을 연관지어 생각할 수 있을 것으로 사료되며, 미생물학적으로 세분화된 연구가 필요한 것으로 판단된다.

황산동의 첨가는 초기 슬러리의 암모니아 가스 발생을 극도로 억제시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 사실은 분뇨의 발효를 위한 미생물의 성장을 저해하는데 기인한 것이라 볼 수 있으며, 환경보호 측면에서 매우 좋지 않은 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 황산동의 첨가는 액비의 자원화를 위한 발효에 악영향을 미칠 수 있을 뿐 아니라, 생산성 결과에서 알 수 있듯이 돼지의 성장률에도 크게 기여할 수 없기 때문에 육성기 동안의 사용여부는 재고해야 할 것으로 판단된다. 한(2003)은 육성비육돈에 대한 황산동 첨가는 다른 첨가제 사용에 비해 슬러리 처리장에서의 미생물에 의한 분해 감소 및 돼지 슬러리의 초기발효를 심하게 억제시켜 암모니아 가스 발생을 줄이는 효과는 있으나, 슬러리의 부패 가능성이 크다

고 보고 하였으며, 또한 슬러리의 색을 매우 검게 하여 배출수에 대한 일반인의 인식을 부정적으로 한다는 단점이 있다고 지적하였다. 한(2003)의 연구에서 시도한 바에 따르면, 고액 분리 후에도 황산동 처리구의 분은 매우 검은 색상을 나타내게 되는데, 이러한 현상은 액체 부분에서도 나타나게 되어 액체부분에서의 색상제거는 3,000 rpm에서 30분간 원심분리 하여야만 가능하였고 이는 일반적으로 사용되는 분뇨처리 기계에서는 불가능한 작업이라고 하였다.

종합적으로 판단할 때, 육성돈 사료에 대한 항생제, 황산동 및 생균제의 첨가는 환경이 좋은 돈사에서는 그 효과가 크게 나타나지 않으며, 황산동의 경우 배출된 분의 구리 함량을 현저히 증가시키고 슬러리의 초기발효를 강하게 억제시키기 때문에 암모니아 가스 발생억제를 위한 돈사 내부에서의 효과는 기대할 수 있겠으나, 슬러리의 숙성저해 및 환경에 따른 제한 사용이 필요할 것으로 사료된다.

V. 요약

양돈용 배합사료에 있어 사용빈도가 높은 첨가물질인 항생제(Chlortetracycline 110 ppm), 황산동(Cu 125 ppm) 및 생균제(*Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis*)의 첨가가 육성돈의 생산성, 영양소소화율, 구리의 배출량, 분내 미생물 변화 및 분뇨의 숙성에 미치는 영향을 알아보기 위해 평균 체중 20.78 kg (S.D.0.35) 및 평균 일령 50일(±2.3)인 삼원교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc) 거세돈 50두를 완전임의로 각 돈방별 5처리 5반복으로 배치하여 40일간 실시하였다. ADG와 ADFI 및 F:G는 처리별로 통계적인 유의차를 나타내지는 않았으며($P > 0.10$), 전 시험기간에 걸친 영양소 소화율은 첨가물질에 의해 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나($P > 0.10$), 무첨가구와 각 처리구의 비교에서는 생균제 0.1% 첨가구가 무첨가구에 비해 건물($P = 0.093$), 유기물($P = 0.155$), 조단백질($P = 0.056$) 및 열량($P = 0.052$) 소화율에서 크게 개선되는 경향을 보여주었다. 처리별 분으로의 구리 배출량

은 황산동 첨가구가 1,514 mg/kg으로 다른 구에 비해 뚜렷한 증가를 보였다($P < 0.001$). 분중 총균수 및 대장균균수는 첨가에 의한 영향이 나타나지 않았으며($P > 0.10$). 슬러리의 시간경과에 따른 암모니아 발생량은 처음 3주간은 황산동 첨가구가 다른 구에 비해 뚜렷한 감소를 보였으나($P < 0.001$), 시간이 경과할수록 다른 첨가구와 비슷한 발생경향을 나타내었다. 항생제 첨가구는 초기 2주간은 다른 첨가구에 비해서는 낮았으나 황산동 첨가구 보다는 암모니아 발생량이 높았다($P < 0.001$). 결론적으로 양돈사료에 대한 항생제, 황산동 및 생균제의 첨가는 환경조절이 잘 이루어진 상태에서의 육성돈에게는 생산성에 대한 영향을 크게 미치지 않는다고 볼 수 있으며, 환경측면에서 볼 때 황산동의 첨가는 슬러리의 초기발효를 억제시켜 암모니아 가스발생을 감소시킬 수 있으나, 배출량 과다로 인한 환경부담 요인으로 작용할 수 있기 때문에 이에 대한 종합적인 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

VI. 인용 문헌

1. Anderson, D. B., McCracken, V. J., Aminov, R. I., Simpson, J. M., Mackie, R. I., Verstegen, M. W. A. and Gaskins, H. R. 1999. Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Pig News Info.* 20:115N.
2. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA.
3. Armstrong, T. A., Williams, C. M., Spears, J. W. and Schiffman, S. S. 2000. High dietary copper improves odor characteristics of swine waste. *J. Anim. Sci.*, 78:859.
4. Coffey, M. T. 1996. Environmental challenges as related to animal agriculture-Swine. In: *Nutrient Management of Food Animals to Enhance and Protect the Environment*(Ed. E. T. Kornegay): pp 29.
5. Edmonds, M. S. and Baker, D. H. 1986. Toxic effects of supplemental copper and roxarsone when fed alone or in combination to young pigs. *J. Anim. Sci.*, 63:533.
6. Fuller, R., Newland, L. G. M., Briggs, C. A. E.,

- Raude, R. and Mitchell, K. G. 1960. The normal intestinal flora of the pigs. IV. The effect of dietary supplements of penicillin, chlortetracycline or copper on the faecal flora. *J. Appl. Bacteriol.* 23:195.
7. Gonyou, H. W. and Lou, Z. 1998. Grower/finisher feeders: design, behaviour and performance. Prairie Swine Centre, Saskatoon. Monograph 97-01, 77.
 8. Jongbloed, A. W., Kemme, P. A. and Mroz, Z. 1993. The role of microbial phytases in pig production. In: *Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings of the 1st Symposium Kartause Ittingen, Switzerland.* pp.173.
 9. Kornegay, E. T. and Harper, A. F. 1977. Environmental nutrition: Nutrient excretion of swine. *Prod. Anim. Sci.*, 13:99.
 10. Prabucki, A. L., Rennerova, L., Vogtmann, H., Wenk, C. and Schuerich, A. 1975. Die Verwendung von 4n-HCl-unloeslicher Asche als Indikator zur Bestimmung der Verdaulichkeit. Institut fuer Tierernaehrung, ETH Zuerich. Misc. Pap. Landbouwhoges. Weningen. 11:113.
 11. Shurson, G. C., Ku, P. K., Waxler, G. L., Yokoyama, M. T. and Miller, E. R. 1990. Physiological relationships between micribiological status and dietary copper levels in the pig. *J. Anim. Sci.*, 68:1061.
 12. Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. 1980. *Statistical Methods.* 7th ed. The Iowa State University Press. Ames, Iowa
 13. Topping, D. C. and Visek, W. J. 1977. Synthesis of macromolecules by intestinal cells incubated with ammonia. *Am. J. Physiol.* 233:E341.
 14. Tucker, M. R. 1997. Experiences with metal toxicities in North Carolina. In: McLaughlin RA, editor. *Proceedings of the 40th annual meeting of the Soil Science Society of North Carolina; 1997 Jan 21?22; Raleigh (NC). Raleigh (NC): Soil Science Society of North Carolina.* p 97.
 15. Van der Peet-Schwering, C. and Voermans, M. 1996. Effects of feeding and housing on the ammonia emission of growing and finishing pig facilities. Report Experimental Pig Station, Rosmalen, 10(2):17.
 16. Van Kempen, T. and Van Heugten, E. 1998. European strategies to reduce waste and odor through nutritional means. 14th Annual Carolina Swine Nutrition Conference, November 17th, 1998.
 17. Varel, V. H., Robinson, I. M. and Pond, W. G. 1987. Effect of dietary copper sulfate, aureo SP250 or clinoptilolite on ureolytic bacteria found in the pig large intestine. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:2009.
 18. Visek, W. J. 1972. Effects of urea hydrolysis on cell lifespan and metabolism. *Fed. Proc.* 31:1178.
 19. Visek, W. J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. *J. Anim. Sci.*, 46:1447.
 20. Whitehair, C. K. and Thompson, C. M. 1956. Observations on rearing disease-free swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 128:94.
 21. Wondra, K. J., Hancock, J. D., Behnke, K. C., Hines, R. H. and Stark, C. R. 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility and stomach morphology in finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 73:757.
 22. Yen, J. T. and Pond, W. G. 1990. Effect of carbadox on net absorption of ammonia and glucose into hepatic portal vein of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 68:4236.
 23. Zhou, W., Kornegay, E. T., Lindemann, M. D., Swinkels, J. W. G. M., Welten, M. K. and Wong, E. A. 1994. Stimulation of Growth by Intravenous Injection of Copper in Weaning Pigs. *J. Anim. Sci.*, 72:2395.
 24. 김창길. 1999. 환경관리측면에서 축산업의 경제성 평가. 1999. 한국축산학회 춘계 심포지움 Proceedings. 한국축산학회. pp. 39.
 25. 최홍림. 1999. 친환경적 한국형 돈분뇨 처리기술 현황. 1999 한국축산학회 춘계 심포지움 Proceedings. 한국축산학회. pp. 63.
 26. 한영근. 2003. 돈사환경 개선 및 분뇨자원화 연구보고서. 농협중앙회축산연구소 (접수일자 : 2005. 4. 26. / 채택일자 : 2005. 7. 28.)