

사료 내 유기태 구리 및 아연의 첨가가 이유자돈의 생산성, 혈액성상, 영양소 이용율 및 분내 미생물 군총에 미치는 영향

김찬호^{1*}, 정지연¹, 천시내^{1,2}, 유금주^{1,3}, 전중환¹

¹국립축산과학원 동물복지연구팀, ²경상대학교 대학원 동물자원학과, ³전북대학교 대학원 동물자원학과

Effects of organic copper and zinc supplementation on the growth performance, blood parameter, nutrient digestibility and fecal microflora of weaning pigs

Chan Ho Kim^{1*}, Ji Yeon Jung¹, Si Nae Cheon^{1,2}, Geum Zoo Yoo^{1,3}, Hung Hwan Jeon¹

¹Animal Welfare Research Team, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

²Department of Animal Science, Gyeongsang National University

³Department of Animal Science, Jeonbuk National University

요약 본 연구는 유기태 구리 및 아연을 제조하여, 이유자돈 사료 내 첨가 급여시 생산성, 혈액성상, 영양소 이용율 및 분 내 미생물 군총에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 약 4주령(28일령)의 3원교잡종(Duroc × Yorkshire × Landrace)의 이유자돈 36두를 35일간 사육하였다. 4처리 3반복으로 반복당 3두를 케이지에 임의로 배치하였다. 처리구는 대조구, 유기태 구리(Cu-SP) 100ppm, 유기태 아연(Zn-SP) 100ppm, 유기태 구리 및 아연 Cu+Zn-SP 각각 100ppm 였다. Phase 2와 전기간에서 일당증체량에서 Cu+Zn-SP 처리구에서 대조구와 Zn-SP 처리구와 비교하여 유의적으로 ($p<.05$) 높았다. 일당사료섭취량 및 사료요구량은 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 혈액내 백혈구, 적혈구 및 영양소 이용율은 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 또한, 유익균인 *lactobacillus* 는 유기태 구리 및 아연 복합 처리구에서 대조구 및 유기태 아연 처리구와 비교하여 유의적으로 ($p<.05$) 증가하였으며, 유해균인 *E.coli*는 구리 및 아연 처리구들이 대조구와 비교하여 유의적으로 ($p<.05$) 감소하였다. 결과적으로 이유자돈 사료내 유기태 구리 및 아연의 복합제는 혈액성상 및 영양소 이용율에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 일당증체량 및 분 중 미생물 군총의 환경을 개선할 수 있다고 생각된다.

Abstract This study was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of organic copper (Cu) and zinc (Zn) on the growth performance, blood parameters, nutrient digestibility, and fecal microflora of weaning pigs. A total of 36 weaning pigs (28d old) were assigned to four treatments: basal, Cu-SP (100mg/kg Cu supplementation as Cu-soy proteinate), Zn-SP (100mg/kg Zn supplementation as Zn-soy proteinate), and Cu+Zn-SP (100mg/kg Cu or Zn-soy proteinate, respectively). The results indicated that ADG was higher ($p<.05$) in the Cu+Zn-SP treatment group than in the basal and Zn-SP treatment group during phase 2 and the overall period. ADFI and FCR were not significantly different between treatments during phase 2 and the overall period. The population of *lactobacillus* significantly ($p<.05$) increased in weaning pigs with Cu+Zn-SP treatments when compared to weaning pigs on basal treatment. The population of *E.coli* was significantly ($p<.05$) different with the Cu and Zn-SP treated pigs showing the lowest *E.coli* numbers. In conclusion, we believe that Cu+Zn-SP supplementation has a beneficial effect on ADG and fecal microflora in weaning pigs.

Keywords : Weaning Pigs, Organic, Copper, Zinc, Performance, Fecal Microflora

*Corresponding Author : Chan Ho Kim(National Institute of Animal Science, R.D.A.)

email: kch8059@korea.kr

Received June 8, 2021

Accepted August 5, 2021

Revised July 12, 2021

Published August 31, 2021

1. 서론

전 세계적으로 축산분뇨로 인한 환경오염은 매우 심각하게 인식되고 있으며, 국내도 가축산업이 규모화 및 기업화됨에 따라 가축으로부터 배출된 분뇨가 수질 및 토양오염원이 되고 있는 실정이다. 이에 따라 정부는 축산폐수에 의한 환경오염을 인지하고 환경관련법을 강화하였으며, 사료 내 광물질 첨가 수준을 규제하였다. 하지만, 가축의 능력화로 인한 영양소 요구량뿐만 아니라 광물질의 요구량 또한 증가하고 있어, 현재 유기태 광물질에 대한 연구가 활발하게 전 세계적으로 이루어 지고 있다[1]. 이유자돈에서의 구리의 요구량은 6ppm으로 알려져 있으며[2], 약리적 수준(sub-therapeutic)으로 100~300ppm의 육계 사료내 황산구리 형태로 첨가시 성장 촉진 효과가 뛰어나다고 보고한바 있다[3]. 이러한 성장 촉진 효과는 구리가 장내 유해세균을 억제하고, 성장호르몬의 발현 시스템에 영향을 미친다고 알려져 있다[4]. 아연은 미량 광물질들 중에서 생체조직 내 함량이 비교적 높은 광물질의 하나로, 가축의 정상적인 성장과 유지에 필수적인 미량원소이다. 이유자돈에서 아연의 요구량은 100ppm[2]이며, 산화아연 형태로 요구량의 20~30배 높은 수준으로 첨가시 이유직후 설사의 발생율을 감소시키고, 생산성을 향상시킨다는 연구보고가 있다[5]. 사료 내 아연을 고수준으로 첨가하는 이유는 금속효소들의 구성성분으로 면역, 번식, 비유 등 다양한 신체기능에 관여하며, 단백질, 탄수화물, 그리고 지질의 대사에서 중요한 역할을 수행하기 때문이다[5]. 하지만, 무기태 광물질을 고수준에서 사용시 발생할 수 있는 배설물을 통한 오염 문제가 제기됨에 따라 사료 내 첨가수준을 제한함으로써 적정 수준의 사용이 불가능하게 되었다[6,7]. 무기태 형태에서 유기태 형태로 공급 시 흡수 이용율이 높아[8], 무기태보다는 낮은 첨가 수준에서도 성장촉진의 효과를 얻을 수 있기 때문에 이들 광물질의 아미노산 킬레이트(chelate) 또는 프로테이네이트(proteinates)의 이용에 대한 관심이 증가되고 있다[9]. 신체 조직이 가장 잘 흡수할 수 있는 형태인 아미노산과 저분자 펩타이드와 같은 유기물과의 킬레이션 결합한 광물질은 효과적으로 체내에 흡수 이용되며[10], 배설되는 구리 및 아연의 양을 감소 시킬 수 있어[11], 분뇨로 인한 환경오염을 감소시킬 수 있다. 광물질 아미노산 킬레이트의 킬레이팅제(chelating agent)로 널리 사용되는 아미노산인 메티오닌이 가격이 고가이기 때문에, 본 연구에서는 제조비용 절감을 위해 킬레이팅제로 대두박을 사용하여 유기태 광물질을 개발하였다.

개발된 유기태 광물질은 탈지 대두박을 단백질 분해 복합효소를 이용하여 가수 분해시켜 생성된 soy digest를 광물질 결합을 위한 불특정 다수의 ligand 소재로 이용하여 제조된 것이다. 본 연구에서는 유기태 구리 및 아연을 제조하여 이유자돈 사료 내 첨가 급여시 이유자돈의 생산성, 혈액성상, 영양소 이용률 및 분 내 미생물 균총에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 유기태 구리, 아연의 제조 및 공급

유기태 구리 및 아연은 [12]의 방법에 따라 대두박을 Alcalase 2.4L(Novozymes, Denmark)로 pH8.0, 60℃에서 가수분해하여 soy digest를 건물 중량 1:1 비율로 제조하였다. 제조된 유기태 구리(Cu-SP) 및 유기태 아연(Zn-SP)의 구리와 아연의 함량은 각각 20% 및 18% 였다.

2.2 실험 동물 및 시험 설계

약 4주령(28일령)의 3원 교잡종 이유자돈 36두(평균체중 7.31 ± 0.01 kg)를 처리당 9두를 3개의 자돈케이지(120L×70W×70H, cm)에 3두씩 임의로 배치하였다. 개체를 반복단위로 하였다. 본 시험기간은 phase 1(0-17일)과 phase 2(18-35일)로 나누어 총 35일간 진행하였다. 시험에 사용된 기초사료는 NRC[2]에 기준하여 권장하는 영양소 수준을 충족하거나 초과하도록 하였다. 시험에 사용된 처리구는 대조구, 유기태 구리(Cu-SP)100mg/kg, 유기태 아연(Zn-SP) 100mg/kg, 유기태 구리 및 아연 복합제(Cu+Zn-SP) 각각 구리 100mg/kg, 아연 100mg/kg 였다. 시험기간 동안 사료와 물은 자유 섭취하게 하였으며, 사양관리는 본 연구실 관행에 준하여 실시하였다.

2.3 조사항목

2.3.1 사양성적

체중측정은 Phase 1과 Phase 2 시험개시와 종료되는 시점에 실시하였으며, 사료섭취량을 측정하기 위하여 체중측정 시 사료급이기에서 사료잔량의 무게를 측정하여 총 사료급여량에서 공제하였다. 사양시험에서 얻어진 시험돈의 체중과 사료섭취량을 이용하여 일당증체량(ADG, average daily gain), 일일사료섭취량(ADFI, average daily feed intake) 그리고 사료요구량(F:G, body weight gain to feed intake ratio)을 산출하였다.

2.3.2 혈액성상 분석

사양실험 종료 직후 모든 개체(처리당 9두씩)의 경동맥으로부터 혈액 5ml씩 EDTA가 처리된 vacutainer tube를 이용하여 채혈한 후 즉시 혈액분석기 (HEMAVET HV950FS, Drew Scientific., USA)로 백혈구 및 적혈구를 측정하였다.

Table 1. Chemical composition of the experimental diet

Ingredient,	Unit	Amount
Corn, US, No.3	%	64.35
Soybean meal	%	23.57
Corn gluten	%	6.00
Tallow	%	2.81
Tricalcium phosphate	%	1.55
Limestone	%	0.53
Lysine-HCl (99%)	%	0.63
D,L Methionine-99%	%	0.01
Salt	%	0.27
Hog premix ¹⁾	%	0.30
Total	%	100.00
Calculated composition		
MEn	kcal/kg	3,260
Crude protein	%	23.00
Calcium	%	0.80
Lysine	%	1.35
Methionine + Cysteine	%	0.76
Available phosphorus	%	0.40

¹⁾Provides per kg diet: vitamin A(from vitamin A acetate), 10,000IU; vitamin D₃, 2,000IU; vitamin E (from DL- α -tocopheryl acetate), 67IU; vitamin K₃, 3,000mg; vitamin B₁, 2,000mg; vitamin B₂, 10,000mg; vitamin B₆, 5,000mg; vitamin B₁₂, 30,000mg; pantothenic acid, 30,000mg; niacin, 25mg; folic acid, 2,500 mg; Zn (as ZnSO₄·H₂O), 52.5mg; Mn (as MnSO₄·H₂O), 52.5mg; Fe (as FeSO₄·7H₂O), 52.5mg; Cu (as CuSO₄·H₂O), 52.5mg

2.3.3 소화율 측정 및 화학분석

실험사료의 소화율을 조사하기 위하여 사양시험 4주차에 산화크롬을 사료내 0.4% 첨가하여 3일간 하루에 2회씩 분을 채취하여 60℃의 건조기에서 72시간 건조후 분쇄하여 공시하였다. 사료와 분의 조성분은 AOAC[13]에 준하여 실시하여, 사료와 분 중 산화크롬의 농도를 측정하기 위하여 HNO₃와 HCl로 전처리 하여 ICP(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, JY-Ultima-2, France)를 이용하여 측정하였다. 시료와 분의 일반성분의 소화율은 간접방법으로 다음의 계산식에 의하여 산출

하였다.

영양소 소화율(%) = $100 \times \{1 - (\text{사료중의 산화크롬 함량} \% \times \text{분중의 영양소 함량} \%) / (\text{분중의 산화크롬 함량} \% \times \text{사료중의 영양소 함량} \%)\}$

2.3.4 분내 미생물 검사

사양시험 종료 전 신선한 분을 케이지 별로 채취하여 분석전까지 -50℃에 보관하였다. 채취한 분 1g을 멸균된 15ml 시험관에 담고 멸균된 증류수 9mL을 첨가하여 희석(10^{-1}) 시킨후 $10^{-2} \sim 10^{-8}$ 까지 단계적으로 희석하였다. 세 종류의 평판 선택 배지에 희석된 sample은 1ml씩 점종시키고 혐기적(Gaspak System, BBL Microbiology System, Becton Dickinson & Co., Cockeysville, MD, USA) 또는 호기적으로 배양하였다. 선택배지 및 배양조건은 Table 2에 나타난바와 같으며, 배양 후 미생물의 수를 각 평판의 colony-forming unit(cfu)으로 계산 후 log10으로 환산하였다.

Table 2. Media and culturing condition of microorganism

Microorganism	Selective agar	Incubating condition	Incubation time (h)
<i>Lactobacilli</i>	MRS ¹⁾	Aerobic	48
<i>E.coli</i>	MacConke ²⁾	Aerobic	24
<i>Cl.perfringens</i>	TSC ³⁾	Gaspak system	24

¹⁾Lactobacilli selective agar (DIFICO, USA)

²⁾E.coli selective agar (DIFICO, USA)

³⁾Tryptose sulfite cycloserine agar (Scharlau, EU)

2.4 통계분석

각 처리구 간 측정 항목에 대한 자료들은 SAS[14] 통계 패키지(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 t-test로 처리하였으며, 처리구에 따른 일당증체량, 일당섭취량, 사료요구율, 혈액분석, 영양소 이용율 및 분내 미생물 분석의 유의성은 Duncan's multiple range-test를 이용하여 5% 수준에서 검정하였다.

3. 결과

35일간 사양시험 결과는 Table 3에 요약하였다. Phase 1에서는 일당증체량, 일당사료섭취량, 및 사료요구량에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 하지만, Phase 2와 전기간에서 일당증체량에서 유기태 구리 및

아연 복합제 처리구가 대조구와 유기태 아연 처리구와 비교하여 유의적으로 ($p<.05$) 높았다. 일당사료섭취량 및 사료 요구량은 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Table 3. Effect of dietary Cu or Zn-soy proteinate supplementation on productive performance

Items	Basal ¹⁾	Cu-SP	Zn-SP	Cu+Zn-SP	SEM
Phase 1 (0 to 17d)					
ADG, g	249.0	262.0	265.5	277.9	19.94
ADFI, g	452.7	476.5	480.0	503.3	16.24
FCR	1.82	1.82	1.81	1.81	0.135
Phase 2 (18 to 35d)					
ADG, g	328.2 ^b	334.9 ^{ab}	314.1 ^b	347.9 ^a	21.29
ADFI, g	823.4	831.0	816.3	799.4	26.28
FCR	2.51	2.48	2.60	2.30	0.158
Overall (0 to 35d)					
ADG, g	288.6 ^b	298.4 ^{ab}	289.8 ^b	312.9 ^a	16.07
ADFI, g	638.1	653.8	648.2	651.4	15.35
FCR	2.21	2.19	2.24	2.08	0.145

^{a-b}Means with different letters in the same line are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾Basal = Basal diet; Cu-SP = basal diet + 100 mg/kg proteinate; Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Zn-soy proteinate; Cu+Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Cu soy proteinate + 100 mg/kg Zn soy proteinate.

유기태 형태로의 구리, 아연 및 구리, 아연 복합 첨가 구 혈액 성상중 백혈구 및 적혈구 수치에 미치는 영향은 Table 4, 5에 요약하였다.

백혈구 수치와 관련하여 초기 염증시 증가하는 것으로 알려진 백혈구와 급만성 염증시 증가하는 것으로 알려진 호중구, 급만성 감염증 회복기에 증가하는 림프구, 화농성 질환이나 조직괴사 증가 시 증가하는 단핵구, 기생충 감염이나 면역성 과민 반응시 증가되는 호산구 및 호산구와 공조하며, 유사한 반응을 보이는 호염구 등 모든 항목에서 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 적혈구 수치와 관련된 모든 인자들 적혈구, 헤모글로빈, 적혈구 용적, 평균적혈구 용적, 평균 적혈구 혈색소량 등은 백혈구 수치와 마찬가지로 처리구들간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이유자돈에서 구리 및 아연 첨에 다른 혈액분석 자료는 희소한 편이다. 본 연구 결과에 나타난 처리구간에 따른 차이에 의한 임상학적 의의는 추후 심도 있게 검토되어야 할 것이다.

Table 4. Leukocyte in blood of weaning pigs fed experimental diets

Items	Basal	Cu-SP	Zn-SP	Cu+Zn-SP	SEM
Leukocytes ²⁾ , K/ μ l					
WBC	19.02	19.53	17.68	19.23	1.204
NE	7.12	6.64	6.71	6.90	0.615
LY	10.96	12.01	9.70	10.37	0.597
MO	0.59	0.65	0.50	0.50	0.062
EO	0.17	0.21	0.19	0.23	0.044
BA	0.02	0.02	0.03	0.03	0.010

¹⁾Basal = Basal diet; Cu-SP = basal diet + 100 mg/kg proteinate; Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Zn-soy proteinate; Cu+Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Cu soy proteinate + 100 mg/kg Zn soy proteinate.

²⁾Leukocytes: WBC: White blood cell, NE: Heterophil, LY: Lymphocyte, MO: Monocyte, EO: Eosinophil, BA: basophil

Table 5. Erythrocyte in blood of weaning pigs fed experimental diets

Items	Basal	Cu-SP	Zn-SP	Cu+Zn-SP	SEM
RBC, M/ μ l	6.28	6.80	6.59	6.43	0.523
Hb, g/dL	11.40	10.96	11.00	10.92	0.392
HCT, %	34.52	34.40	33.04	32.32	1.185
MCV, fL	50.04	50.64	50.42	50.16	1.351
MCH, pg	16.48	16.97	16.82	16.76	0.625
MCHC, g/dL	33.32	32.66	33.06	32.04	0.580

¹⁾Basal = Basal diet; Cu-SP = basal diet + 100 mg/kg proteinate; Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Zn-soy proteinate; Cu+Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Cu soy proteinate + 100 mg/kg Zn soy proteinate.

²⁾Erythrocytes: RBC: Red blood cell, Hb: hemoglobin, HCT: Hematocrit, MCV: Mean corpuscular volume, MCH: Mean corpuscular hemoglobin, MCHC: Mean corpuscular hemoglobin concentration.

영양소 이용율에 대한 결과는 Table 6에 요약하였다. 고형물, 조단백, 조지방 및 모든 항목에서 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Table 6. Nutrient digestibility of experimental diet

Items	Basal	Cu-SP	Zn-SP	Cu+Zn-SP	SEM
DM, %	82.4	83.2	83.2	83.5	0.65
C. Protein, %	78.5	79.3	79.9	79.2	0.73
C. fat, %	61.3	60.6	59.3	59.9	2.26
C. Ash, %	52.7	51.3	52.6	53.3	4.66
NFE	89.6	89.0	85.6	85.6	0.76

¹⁾Basal = Basal diet; Cu-SP = basal diet + 100 mg/kg proteinate; Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Zn-soy proteinate; Cu+Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Cu soy proteinate + 100 mg/kg Zn soy proteinate.

Table 7. Microbial population in the feces of weanling pigs

Items	Basal	Cu-SP	Zn-SP	Cu+Zn-SP	SEM
- cfu, log ₁₀ /g -					
<i>Lactobacillus</i>	7.5 ^c	8.1 ^a	7.8 ^{bc}	8.1 ^a	7.26
<i>E.Coli</i>	5.4 ^a	4.5 ^b	4.3 ^b	4.5 ^b	4.26
<i>Cl.prefrigens</i>	2.7	5.8	2.4	2.5	2.13

^{a-b}Means with different letters in the same line are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾Basal = Basal diet; Cu-SP = basal diet + 100 mg/kg proteinate; Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Zn-soy proteinate; Cu+Zn-SP = basal diet + 100 mg/kg Cu soy proteinate + 100 mg/kg Zn soy proteinate.

이유 자돈의 분내 미생물 분석 결과는 Table 7에서 요약하였다. 유익균인 *Lactobacillus*와 유해균인 *E.coli*에서 처리간에 유의적인 ($p < 0.05$) 차이가 나타났다. *Lactobacillus*는 유기태 구리 및 아연 복합제가 대조구 대비 가장 높았으며, 대조구 대비 7.8% 증가 하였다. *E.coli*는 유기태 아연 첨가가 4.30cfu/g 으로 대조구와 비교하여 19.9% 감소하였다.

4. 고찰

이유자돈에서의 구리 첨가에 의한 성장 개선 효과는 소화효소 활성의 증가와 장내 유해 미생물 균총을 억제하기 때문이라고 알려져 있으며[4,15-16], 구리를 이유자돈의 혈관에 주입하였을 때 증체량이 향상되었는데, 이는 구리가 성장호르몬 분비 촉진과 같은 성장 조절 체계에 영향을 주기 때문이라고 추론한바 있다[4]. 육계사료 내 아연을 유기태 형태인 아미노산 킬레이트로 100ppm 첨가하였을 때 생산성이 유의적으로 향상된다고 보고한바 있으며[17], 사료내 황산구리 형태로 이유자돈 및 비육돈에게 섭취시 일당증체량, 사료 섭취량은 영향을 미치지 못한다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 결과를 보여주었다[18]. 이유자돈 사료내 산화아연 형태로 2,000ppm 아연을 첨가 급여시 일당증체량, 사료 섭취량에 유의적인 차이는 나타나지 않았다고 보고한바 있다[19]. 구리와 아연의 혼합 급여는 결과적으로 가장 높은 성장을 보여주었는데, 이는 사료 내 높은 수준의 아연 함량은 구리의 이용율을 감소시키는 길항작용이 있기 때문에 생체 내에서 이용되기 쉬운 형태로 공급 해야 한다고 알려져 있다[20]. 따라서, 본 연구의 경우 ligands들이 금속이온을 보호하고 있으므로, 길항작용을 방지하며

유기태 형태의 구리와 아연의 이용율이 높기 때문에 부작용이 방지되는 것으로 생각된다.

이유자돈에서 구리 및 아연 첨가에 따른 혈액성상에 대한 자료는 희소한 편이다. 본 연구 결과에 나타난 처리구간에 따른 차이는 추후 심도 있게 검토되어 될 것으로 생각된다.

육계 사료내 구리 형태별(황산구리, 구리-메치오닌 킬레이트, 구리-대두박-프로티오네이트)로 구리를 각각 육계 사료에 첨가시 영양소 이용율은 처리구간 차이가 나타나지 않았다고 보고한바[21] 있으며, 또한, 이유자돈 사료에 구리킬레이트 첨가시 건물 및 조단백질 소화율에서 차이가 나타나지 않았다고 보고하여[22], 본 연구결과와 유사하였다. 분내 미생물 균총은 이유자돈에서 구리와 아연의 첨가가 장내 유해 미생물 균총을 억제한다는 보고와 일치한다[1]. [23]는 구리 킬레이트 첨가시 장내 유해균인 *Clostridium* 및 *E.coli*의 군수를 감소시켰으며, 유익균인 *Bifidobacterium* 및 *Lactobacillus*의 수는 증가시키는 경향을 보여주었다고 보고한바 있다. 본 연구결과는 유기태 구리와 아연이 장내 유리한 환경을 조성한다는 것을 알 수 있다.

5. 요약 및 결론

본 연구는 유기태 구리 및 아연과 복합제의 첨가가 이유자돈의 사양성적, 혈액성상, 영양소 이용율 및 분내 미생물 균총에 미치는 영향을 구명하기 위해 실시하였다. 연구결과 유기태 구리 및 아연 첨가는 사양성적, 혈액성상 및 영양소 이용율에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만, 유기태 구리 및 아연의 복합 첨가에 따라 일당증체량이 증가하였으며, 분내 미생물중 유익균은 증가하였으며, 유해균은 감소하였다. 따라서 이유자돈 사료내 유기태 구리 및 아연의 복합 첨가는 사양성적 및 분내 미생물 균총의 환경을 개선하는 효과가 있음을 시사한다.

References

- [1] Y. H. Kim., J. S. Yoo., J. C. Park., H. J. Jung., J. H. Cho., Y. J. Chen., H. H. Kim., S. J. Lee, I. H. Kim. "Effects of copper and zinc sources on growth performance, nutrient digestibility, carcass traits and meat characteristics in finishing pigs", *Korean Journal*

- of Food Science Animal Resources*. Vol.28, pp.27-31., 2008.
DOI : <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2008.28.1.27>
- [2] NRC. Nutrient Requirements of swine. 11th ed. National Academic. Press, Washington, DC. USA, 2012.
- [3] C. K. Klasing. "Comparative Avian Nutrition". CAB International. New York. USA, 1995
- [4] W. Zhou., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann., J. W. G. M. Swinkels., M. K. Welton, E. A. Wong. "Stimulation of growth by intravenous injection of copper in weanling pigs. *Journal of Animal Science*. Vol. 72, pp. 2395-2403, 1994.
DOI: <http://doi.org/10.2527/1994.7292395x>
- [5] P. Ren., J. Chen., K. Wedekind., D. Hancock., M. Vazquez-Anon. "Interactive effects of zinc and copper sources and phytase on growth performance, mineral digestibility, bone mineral concentrations, oxidative status, and gut morphology in nursery pigs" *Translational Animal Science*. Vol. 4, pp.783-798, 2020.
DOI: <http://doi.org/10.1093/tas/txaa083>
- [6] J. Meng., L. Wang., L. Zhong., X. Liu., P. C. Brookes., J. Xu., H. Chen. "Contrasting effects of composting and pyrolysis on bioavailability and speciation of Cu and Zn in pig manure" *Chemosphere*. Vol. 180, pp. 93-99, 2017.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.009>
- [7] S. Yang., Q. Wen., Chen. Z. "Impacts of Cu and Zn on the performance, microbial community dynamics and resistance genes variations during mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresources Technology*. Vol. 312, pp. 123554, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123554>
- [8] K. J. Wedekind., A. E. Hortin, D. H. Baker. "Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc methionine, zinc sulfate, and zinc oxide", *Journal of Animal Science*. Vol. 70, pp.178-187, 1992.
DOI: <https://doi.org/10.2527/1992.701178x>
- [9] I. K. Paik. "Management of excretion of phosphorus, nitrogen and pharmacological level minerals to reduce environmental pollution from animal production", *Asian-Australas Journal of Animal Science*. Vol.14, pp.384-394, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.384>
- [10] J. W. Spears., E. B. Kegley. "Effect of zinc source(zinc oxide vs. zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers", *Journal of Animal Science*. Vol. 80, pp.2747-2753, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.2527/2002.80102747x>
- [11] C. E. Buff., D. W. Vollinger, M. R. Ellersieck, W. A. Brommelsiek., T. L. Veum. "Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide", *Journal of Animal Science*. Vol. 83, pp.2380-2386, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.2527/2005.83102380x>
- [12] C. H. Kim., H. K. Kang., H. T. Bang., J. H. Kim., H. Hwangbo., H. C. Choi., I. K. Paik., H. K. Moon. "Effects of dietary supplementation of copper-sulfate and copper-soy proteinate on the performance and small intestinal microflora in laying hens", *Korean Journal of Poultry Science*. Vol. 41, pp.241-247., 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5536/KJPS.2014.41.4.241>
- [13] AOAC. 2007. Official methods of analysis (18th ed.). Association of Official Agricultural Chemists. Washington, DC, USA.
- [14] SAS. 2012. SAS software for PC. Release 9.3. SAS Institute, Inc, Cary, NC, USA.
- [15] W. F. Stansbury., L. F. Tribble., D. E. Orr Jr. "Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pig", *Journal of Animal Science*. Vol.68, pp.1318-1322, 1990.
DOI: <http://doi.org/10.2527/1990.6851318x>
- [16] Y. Zhang., Z. Dong., H. Yang., X. Liang., S. Zhang., X. Li., D. Wan., Y. Yin. "Effects of dose and duration of dietary copper administration on hepatic lipid peroxidation and ultrastructure alteration in piglets's model" *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. Vol. 61, pp. 126561, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126561>
- [17] S. J. Hong., H. S. Lim., I. K. Paik. "Effects of Cu and Zn-methionine chelates supplementation on the performance of broiler chickens" *Journal of Animal Science Technology*. Vol. 44, pp. 399-406., 2002.
DOI: <https://doi.org/10.5187/JAST.2002.44.4.399>
- [18] H. Ding., Q. Zhang., H. Xu., X. Yu., L. Chen., Z. Wang., J. Feng. "Selection of copper and zinc dosage in pig diets based on the mutual benefit of animal growth and environmental protection" *Exotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 216, pp. 112177, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112177>
- [19] C. E. Buff., D. W. Bollinger., M. R. Ellersieck., W. A. Brommelsiek., T. L. Veum. "Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide" *Journal of Animal Science*, Vol. 83, pp. 2380-2386, 2005.
DOI: <http://doi.org/10.2527/2005.83102380x>
- [20] P. G. Hatfield., C. K. Swenson., R. W. Kott., R. P. Ansotegui., N. J. Roth., B. L. Robinson. "Zinc and copper status in ewes supplemented with sulfate and amino acid complexed forms of zinc and copper", *Journal of Animal Science*, Vol. 79, pp. 261-266, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.2527/2001.791261x>
- [21] M. K. Lee., C. H. Kim., D. H. Shin, B. Y. Jung, I. K. Paik. "Effects of supplementary copper sources(Cu sulfate, Cu-methionine, Cu-soy proteinate) on the performance broiler chickens" *Korean Journal of Poultry Science*, Vol. 38, pp. 121-128, 2011.
DOI: <http://doi.org/10.5536/KJPS.2011.38.2.121>

- [22] B. H. Kim., H. S. Lim., H. Namkung., I. K. Paik. "Effect of copper chelates (methionine-Cu, chitosan-Cu and yeast-Cu) as the supplements to weaning pig diet. *Journal of Animal Science Technology*, Vol. 45, pp. 49-56, 2003.
DOI: <http://doi.org/10.5187/JAST.2003.45.1.049>
- [23] M. S. Xia., C. H. Hu., Z. R. Xu. "Effects of copper bearing montmorillonite on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 118, pp. 307-317, 2005.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.anifeed.2004.11.008>

김 찬 호(Chan Ho Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 중앙대학교 동물자원학과 (석사)
- 2013년 2월 : 중앙대학교 동물자원학과 (박사)
- 2014년 1월 ~ 2020년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후연구원
- 2020년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 가축영양, 동물복지

정 지 연(Ji Yeon Jung)

[정회원]



- 2020년 2월 : 한양대학교 식품영양학과 (석사)
- 2020년 6월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원

<관심분야>

영양유전체학, 생리활성평가

천 시 내(Si Nae Cheon)

[정회원]



- 2015년 2월 : 경상대학교 대학원 동물자원학과 (석사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 대학원 동물자원학과 박사과정

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 동물발성음

유 금 주(Geum Zoo Yoo)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 축산학과 석사과정

<관심분야>

동물복지, 동물행동

전 중 환(Jung Hwan Jeon)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학석사)
- 2006년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학박사)
- 2006년 6월 ~ 2007년 7월 : University of British Columbia (연구원)
- 2007년 12월 ~ 2021년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사
- 2021년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 동물발성음