

크롬과 구리의 형태별 병용급여가 육성돈의 육성성적, 소화율 및 분의 Cr, Cu, Zn 배출량에 미치는 영향

박정금 · 김진웅 · 유영범 · 이준엽 · 오상집

강원대학교 사료생산공학과

Effects of Different Sources of Dietary Chromium and Copper on Growth Performances, Nutrients Digestibility, Fecal Cr, Cu and Zn Excretion in Growing Pigs

Jeoung-Keum Park, Jin-Woong Kim, Young-Beom Yoo, Jun-Yeop Lee and Sang-Jip Ohh

Dept. of Feed Science & Technology, Kangwon National University

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate effects of either organic or inorganic sources of both chromium and copper on growth performances, nutrients digestibility and fecal Cr, Cu, and Zn excretion in growing pigs. A total of 36 growing pigs ((Landrace × Yorkshire) × Duroc, weighing 61.2kg in average) were allotted to 4 treatments with 3 replicates and 3 pigs per replicate. Four treatments were designated by supplemental sources of both chromium and copper as follows: ①200 ppb Cr as Cr-methionine chelate (CrMet) and 200ppm Cu as copper methionine chelate(CuMet), ②200 ppb Cr as CrMet and 200ppm Cu as copper sulfate(CuSO₄), ③200 ppb Cr as chromium chloride(CrCl₃) and 200 ppm Cu as CuMet, ④200 ppb Cr as CrCl₃ and 200 ppm Cu as CuSO₄. Growth performance was highest (p<0.05) in CrMet and CuMet supplemented diet treatment. Nutrients digestibility of diets was lowest (p<0.05) in CrMet and CuSO₄ supplemented diet treatment, and highest (p<0.05) in CrMet and CuMet supplemented diet treatment. Fecal copper, zinc and chromium excretion was highest (p<0.05) in CrCl₃ and CuSO₄ supplementation treatment and lowest (p<0.05) in CrMet and CuMet supplementation treatment. This study showed a relatively high degree of utilization of Cr and Cu as well as Zn by supplementation of CrMet and CuMet compared with those of the inorganic sources.

(**Key words** : Chromium, Copper, Growing pig, Inorganic, Methionine chelates)

I. 서 론

미량 광물질은 가축의 체내 대사에서 필수 영양소이며, 고유의 생화학적 역할과 영양소 대사, 항병력 증진효과에 관여한다. 그러나 체내에서 자체 합성을 할 수 없으므로 반드시 외부로부터 공급을 받아야 한다. 하지만 현재 가축 사료에 첨가되는 미량광물질은 무기태 형태로 체내 흡수율이 매우 낮기 때문에 실제 가축

의 요구수준보다 많은 양을 첨가하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 광물질의 체내 흡수율을 증가시키는 목적으로 다양한 유기태 광물질이 개발되고 있다. 하지만 이런 유기태 광물질들도 결합 형태에 따라 흡수율과 급여효과가 매우 다르게 나타난다. 이러한 유기태 광물질의 형태 중 최근에 개발된 것이 아미노산 chelate이다. 아미노산 chelate란 둘 또는 그 이상의 아미노산 분자와 금속 이온

Corresponding author : Dr. S. J. Ohh, Dept. of Feed Science & Technology, Kangwon National University # 192-1 Hyojadong, Chuncheon, Gangwondo 200-701, Korea
Tel : 033-250-8631, Fax : 033-255-5482, E-mail : sjohh@kangwon.ac.kr

이 공유 또는 배위결합한 형태를 의미하며 분자량은 800 dalton 미만이다(AAFCO, 1998). 그리고 아미노산 chelate 광물질은 불용성 화합물인 무기태 광물질에 비해 가용성이며, 분자량이 낮아 소장에서 흡수율이 증가되며, 세포와 조직으로의 흡수율도 개선되므로 조직내 축적을 또한 증가되는 것으로 보고된 바 있다(Ashmead, 1992).

Cu는 가축의 성장촉진을 위한 필수 광물질로서 이제까지 CuSO_4 형태의 첨가제가 많이 활용되고 있다. 실제 양돈 사료에는 육성성적이거나 사료효율을 개선하기 위하여 일반적으로 250 ppm의 Cu가 첨가되고 있다(Hill 등, 2000). Calson(2005)은 유기태 Cu를 신생자돈에 급여한 결과 첨가수준에 따라 다르기는 하였지만 일당 증체량(ADG)이 평균 10.7% 증가하였다고 보고하였다. Kornegay와 Harper (1997)는 돼지가 섭취한 무기태 Cu의 70%~95%가 분으로 배출된다고 보고함으로써, 미량광물질 과잉급여에 의한 토양오염의 가능성을 시사하였다. 반면 Veum 등(2004)은 유기태인 Cu proteinate를 Cu 기준 50 ppm과 100 ppm 수준으로 급여한 결과 Cu 흡수율이 CuSO_4 (Cu기준 250 ppm) 보다 증가하였으며, 분을 통한 Cu의 배출량도 각각 77%와 61%가 감소했다고 하였다. Armstrong 등(2004)도 사료내 Cu 함량이 많을수록 배출되는 Cu의 함량도 많아지나, 유기태 Cu를 사용하면 무기태 Cu에 비하여 적게 배출된다고 보고함으로써 Cu의 토양내 축적을 감소할 수 있음을 보여주었다.

Page 등(1993)과 Evock-Clover 등(1993)은 돼지사료내 Cr picolinate(CrPic) 형태로 Cr을 급여한 결과 육성성적이 감소하거나 Cr 첨가의 효과가 없었다고 보고한 반면, Van Heugten과 Spears(1994)와 Harris 등(1995)은 이유자돈 사료에 CrPic를 첨가하였을때 육성성적이 개선되었다고 보고하였다. 이러한 결과들을 분석해보면 Cr 첨가에 의한 육성 능력 개선효과는 정상적인 가축보다는 스트레스 상태의 가축에서 나타나고 있다. Burton(1995)은 Cr의 급여로 glucose 흡수가 증가되어 영양, 대사, 신체, 환경 및 생리적 스트레스 상태의 가축에 필요한 에너지를

공급할 수 있기 때문에 그 가축의 스트레스가 감소된다고 보고하였다.

한편, 돼지에 Cu와 Zn를 병용첨가한 결과 증체량이 개선되었으며(Hoefler 등, 1960), Cu lysine complex를 200ppm 급여시 Cr의 흡수율이 감소되었다는 보고도 있다(Apgar와 Kornegay, 1996). 이러한 연구들을 바탕으로 Ohh와 Lee(2005)는 유기태 광물질 또는 무기태 광물질 사이에 교호 또는 길항작용의 가능성을 시사하였다. 그러나 Cr과 Cu의 교호 및 길항작용에 대한 연구는 매우 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 육성돈에서 사료내 첨가하는 미량 광물질간의 교호 및 길항작용을 평가하기 위하여 유기태 또는 무기태 Cr과 Cu의 급원별 병용급여가 육성돈의 육성성적, 영양소 소화율 및 분으로의 광물질 배출량에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물, 시험설계 및 시험사료

육성돈 사료내 각각 유기태 및 무기태 Cr과 Cu를 서로 다른 조합으로 병용첨가하였을 때 육성성적, 영양소 소화율 및 분으로의 광물질 배출량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 공시동물로 평균 개시체중이 61.2Kg인 육성돈(3원 교잡종 L×Y×D) 총 36두를 공시하였다.

기초사료는 Cr 및 Cu 첨가제 및 항생제를 첨가하지 않은 가루형태의 시판사료(Table 2)를 이용하였다. 시험사료는 광물질 첨가제를 첨가하지 않은 사료를 먼저 배합한 다음 Table 1에 서와 같은 조합으로 유기태 또는 무기태 Cr과 Cu 및 다른 광물질을 사전 예비 배합한 후 기초사료에 첨가하여 추가배합 하였다. Cr과 Cu를 제외한 광물질은 모두 무기태로 급여하였다. 유기태 Cr과 Cu 급여제로는 각각 국내에서 시판되고 있는 CrMet(Cramin, INNOBIO Co.)와 CuMet(Copamin, INNOBIO Co.)를 이용하였다. 무기태 Cr과 Cu 급원으로는 각각 CrCl_3 와 CuSO_4 를 사용하였다. 실험구는 4개의 처리구로 처리당 3반복, 반복 당 3두씩 완전임의 배치하

Table 1. Supplemental Cr and Cu sources regimen for the experimental treatments

Treatments	Supplemental Cr and Cu Sources			
	Cr (as CrMet)	Cr (as CrCl ₃)	Cu (as CuMet)	Cu (as CuSO ₄)
CrMet + CuMet	200 ppb	—	200 ppm	—
CrMet + CuSO ₄	200 ppb	—	—	200 ppm
CrCl ₃ + CuMet	—	200 ppb	200 ppm	—
CrCl ₃ + CuSO ₄	—	200 ppb	—	200 ppm

* CrMet : Chromium-methionine chelate

CuMet : Copper-methionine chelate

Table 2. Formula and chemical compositions of experimental basal diet

Ingredients	%
Formula	
Corn	45.32
Wheat	17.00
Lupin kernel	4.00
Rice bran	2.00
Soybean meal	11.60
Wheat bran	2.96
Rapeseed meal	2.50
Parm meal	3.00
Animal fat	2.50
Molasses	3.00
L-lysine	0.50
Choline chloride	0.06
Limestone	1.26
Tricalcium phosphate	2.02
Salt	0.28
Vitamin ¹⁾ / Mineral premix ²⁾	2.00
Total	100.00
Chemical composition³⁾	
ME (kcal/kg)	3,222
CP (%)	18.0
EE (%)	5.9
Ash (%.)	7.4

¹⁾ Vitamin premix contains the following per Kg of diet : Vit. A, 10,000 IU; Vit. D3, 2,000 IU; Vit. E, 40 ppm; Vit. K3, 2 ppm; Vit. B1, 10 ppm; Vit. B2, 4 ppm; Vit. B6, 4 ppm; Vit. B12, 40 ppb; Niacin, 20 ppm; Pantothenic acid, 15 ppb; Folic acid, 3 ppm; Biotin, 0.3 ppm; Ethoxyquin 0.5 ppm.

²⁾ Mineral premix contains the following per Kg of diet : Fe, 80 mg; Zn, 50 mg; Mn, 50 mg; Co, 5 mg; I, 4.5 mg; Se, 2 mg

³⁾ Calculated values

였으며 사료와 음수는 모두 자유로이 섭취하도록 하였다.

2. 조사항목

(1) 육성성적

일당 증체량(average daily gain ; ADG)은 시험 사료 급여 개시시의 체중과 종료시 체중의 차이를 반복군내 공시두수와 시험기간으로 나누어 계산하였고, 일당 사료 섭취량(average daily feed intake ; ADFI)은 반복 당 총 사료급여량을 측정하여 종료시 체중 측정일에 사료잔량을 공제하여 반복군내 공시두수와 시험기간으로 나누어 계산하였다. 사료 요구율(feed/gain ; F/G)은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.

(2) 영양소 소화율

유기태 또는 무기태 형태의 chromium과 copper의 병용급여에 대한 영양소 소화율을 평가하기 위하여 간접소화율 측정방법을 이용하였다. 본 시험에서는 시험사료에 chromium을 첨가 하였기 때문에 간접소화율 측정방법에서 널리 이용되던 marker인 chromium oxide를 이용하지 않고, McCarthy 등(1974)이 개발한 AIA (acid-insoluble ash) 법을 사용하였다. 이 방법은 가축의 체내에서 소화되지 않는 불소화성 회분을 marker로 이용하는 방법인데, 본 시험에서는 불소화성 광물질의 오차를 최소화하기 위해 celite를 배합사료에 0.2% 첨가하여 가축에 급여하였다. 또한 시험사료 급여로 배출되는 분을 구분하기 위하여 시험전후 시험사료에 Fe₂O₃를 0.5% 첨가하였다. AIA의 분석은 McCarthy 등(1974)

의 방법에 따라 4N-HCl로 소화시킨 후 filter paper(Whatman No. 42)로 여과하여 회화 시킨 다음 아래의 식에 따라 소화율을 계산하였다.

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

(3) 분으로의 광물질 배출량

분내 광물질 분석을 위해 air forced drying oven을 이용하여 60℃에서 72시간 건조 후 분쇄된 분 시료를 각 처리구와 반복별로 1g씩 칭량하여 분해용 튜브(50 ml)에 넣는다. 질산(65%, v/v) 10 ml와 끓임쪽(3~4개)을 첨가하여 60℃로 예열되어 있는 dry heating block에서 약 30분간 분해한다. 모든 시료가 질산용액에 녹았음을 확인한 후 110℃에서 1시간동안 가열한 다음 다시 150℃에서 30분에서 1시간 더 가열한다. 튜브를 실온에서 냉각시킨 다음, 다시 질산 10 ml를 첨가하고 튜브로부터 흰색의 연기가 나올 때까지 150℃에서 1시간 더 분해시킨다. 분해가 완료된 튜브를 실온에서 냉각시킨 다음, Hydrogen peroxide 4 ml를 튜브에 넣고 잘 혼합한 다음 110℃에서 1시간 정도 분해시킨다. 분해가 끝난 후 튜브에 3차 증류수를 첨가하여 filter paper(Whatman No. 42)로 여과시켜 50 ml 메스플라스크에 담는다. 이를 다시 0.45 μm syringe membrane filter로 여과하여 새로운 50 ml 튜브에 담는다.

광물질 분석은 유도결합 플라즈마 분광계

(inductively coupled plasma spectrometer, ICP; PS-950, Leman lab.)를 이용하여 분석하였다. 검량선 작성에 필요한 표준광물질(HIGH-PURITY STANDARDS Co., USA)은 ICP 분석용을 이용하였다.

3. 통계처리

각 시험성적에 대한 통계처리는 SAS program (2004)의 GLM procedure를 이용하여 5% 수준에서 유의성을 검증하였으며, 처리평균간 비교는 Duncan의 다중검정방법(Snedecor와 Cochran, 1980)을 이용하였다. Cr과 Cu의 화합물의 형태에 따른 요인분석은 Contrast를 이용하여 5% 수준에서 유의성을 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 육성성적

Cr 및 Cu의 급원을 달리한 병용첨가가 육성돈의 육성성적에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 일당증체량(ADG)은 CrMet 첨가구에서는 CuMet을 병용 첨가한 경우가 가장 높은(p<0.05) 결과를 보인 반면 CuSO₄를 병용첨가할 때에는 다른 처리구들에 비해 낮은(p<0.05) 결과를 보여주고 있다. 그러나 CrCl₃ 첨가구에서는 CuMet을 병용 첨가할 때 보다 CuSO₄를 병용 첨가한 경우가 높은(p<0.05) 결과를 보였다. 일당사료 섭취량(ADFI)은 CrCl₃ 첨가구에 CuSO₄를 병용 첨가한 경우가 다른 처리구에 비해 가장 높았으며(p<0.05), 유기태와 무기태를 병용 급여한 경우에는 사료섭취량이 낮은(p<0.05) 결과를 나

Table 3. Effect of organic or inorganic sources of dietary Cr and Cu on growth performances in growing pig

Item	Cr-Met		CrCl ₃		SEM ¹⁾	Contrast(P-value)		
	Cu-Met	CuSO ₄	Cu-Met	CuSO ₄		Cr	Cu	Cr*Cu
ADG, g	942.20 ^a	850.18 ^c	912.91 ^b	930.29 ^a	10.90	**	**	**
ADFI, g	2606.56 ^{ab}	2508.44 ^c	2568.39 ^{bc}	2651.56 ^a	19.19	0.07	0.78	**
Feed:Gain	2.76 ^c	2.95 ^a	2.81 ^{bc}	2.85 ^b	0.02	0.21	**	**

^{a, b, c} Means with different superscripts within the same row differ (P<0.05)

** Means with different superscripts within the same row differ (P<0.001)

¹⁾ Standard Error of Mean

타내었다. 사료요구율(F/G)은 CrMet과 CuMet을 병용 첨가 급여한 경우가 가장 낮은($p < 0.05$) 결과를 보여주었다. 반면 CrMet과 CuSO₄를 병용 첨가한 경우에는 오히려 가장 높은($p < 0.05$) 결과를 보여주고 있다. Cr과 Cu의 유기태와 무기태의 상호작용에 대한 요인분석에서는 ADG에서는 Cr과 Cu의 형태에 따른 효과가 나타났으며($p < 0.001$), ADFI에서는 Cr과 Cu의 형태에 따른 효과는 보이지 않지만 Cr과 Cu의 병용첨가 시에는 상호작용($p < 0.001$)이 나타났다. F/G는 Cr의 형태에 따른 효과는 나타나지 않았지만 Cu의 형태에 따른 효과가 나타났다($p < 0.01$). 이러한 결과는 Cr과 Cu의 병용급여시 Cr의 급원에 따라 Cu의 형태별 이용성이 달라질 수 있음을 보여주고 있다.

Mooney와 Cromwell (1997)은 육성비육돈에 유기태 Cr으로서 CrPic를 200 ppb 첨가시 일당 증체량이 개선되었으나 사료요구율에는 아무런 영향이 없었다고 보고하였다. 반면, Lindemann 등(1995 a,b)은 CrPic 200 ppb를 육성돈에 급여시 증체량에는 차이가 없었으나 사료요구율은 개선되었다고 보고하였다. 이러한 결과는 비록 제한적이기는 하나 Cr을 돼지사료에 첨가하였을 경우 일관된 효과를 얻기 힘들다는 것을 보여주었다. 그러나 기존 연구들의 경우 본 시험에서 사용된 CrMet과는 다른 형태의 유기태 Cr을 사용한 결과여서 상호 비교하기는 어려웠다.

Cr은 정상적인 탄수화물 대사와 지방대사에 중요한 역할을 하며, 인슐린 기능 활성화, 면역 기능 강화 등 여러가지 중요한 생리적 기능을 수행하고 있어(Riales과 Albrink, 1981; 김 등, 2003) 돼지의 생육상태에 따라 사료요구율은 다양하게 나타날 수 있을 것으로 추정된다.

Cu의 사료내 첨가는 서론에서 기술한 바와 같이 NRC 권장급여량 보다 과다 급여시 육성 성적이 개선되는 것으로 보고되고 있으며, 이러한 결과는 유기태 또는 무기태 Cu를 급여시에도 비슷한 결과를 보이고 있다(Stansbury 등, 1990). 하지만 본 시험에서는 Cu의 급여형태에 따른 일관된 경향은 나타나지 않았다. 이는 본 시험이 Cr과 Cu의 급원간 상호작용을 알아보기 위한 것이므로 예견될 수 있는 반응이라고 할

수 있을 것이다. 광물질간 상호작용에 관한 연구는 매우 제한되어 있으나, Smith 등(1997)은 어린돼지에서 Cu와 Zn의 병용급여시 Cu 단독 급여구보다는 일당증체량과 사료섭취량이 증가하였으나 Zn 단독급여구보다는 감소하였다고 보고하였다. 또한 Veum 등(1995)은 Fe, Cu, Zn, Mn의 경우 sulfate 형태의 무기태를 15~30% proteinate 형태의 유기태 미네랄로 교체시 이유 자돈의 일당증체량 및 사료효율이 개선되었다고 보고하였다($P < 0.04$). 본 시험에서도 Cr과 Cu의 급원별 병용첨가로 교호 또는 길항작용이 나타났음을 보여주었는데, 특히 이러한 상호작용은 급원간에도 차이가 있음을 보여주었다.

2. 영양소 소화율

사료내 유기태 또는 무기태 Cr 및 Cu 첨가가 육성돈 사료의 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 4와 같다. CrMet 첨가구에서는 CuMet을 병용 첨가한 구가 CuSO₄를 병용 첨가한 경우보다 소화율이 높은($p < 0.05$) 결과를 보였다. 반면 CrCl₃ 첨가구에서는 CuMet 또는 CuSO₄를 병용 첨가하더라도 영양소 소화율에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 CuSO₄를 첨가할 경우 CrMet 보다 CrCl₃를 병용 첨가시 소화율이 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이러한 결과는 Cr-Met을 첨가할 경우 Cu의 급여형태가 소화율에 영향을 미치고 있음을 보여준다. 또한 Cr과 Cu의 유기태와 무기태의 상호작용에 대한 요인분석에서는 Cr의 형태에 따른 효과는 나타나지 않았으며 Cu의 화합물 형태에 따른 효과는 회분을 제외한 다른 영양소 소화율에 영향을 미치는 것으로 나타났다($p < 0.05$). Cr과 Cu의 병용급여에 의한 영양소 소화율은 조지방을 제외하고 상호작용의 효과가 있는 것($p < 0.05$)으로 나타났다.

본 시험에서 영양소 소화율은 육성성적과 마찬가지로 광물질 종류와 형태에 따른 상호작용이 영향하는 것으로 나타났다. 일당증체량이 높았던 CrMet + CuMet 첨가구는 소화율도 상대적으로 높게 나타났다. 특히, CrMet + CuSO₄ 급여구는 사료섭취량과 일당증체량이 낮아, 사료

Table 4. Effect of organic or inorganic sources of dietary Cr and Cu on nutrients digestibility in growing pig

Item	Cr-Met		CrCl ₃		SEM ¹⁾	Contrast(P-value)		
	Cu-Met	CuSO ₄	Cu-Met	CuSO ₄		Cr	Cu	Cr*Cu
CP	77.63 ^a	63.06 ^b	76.00 ^a	72.97 ^a	3.79	0.09	*	*
EE	84.39 ^a	71.44 ^b	81.07 ^{ab}	78.07 ^{ab}	5.92	0.64	*	0.18
Ash	43.83 ^a	26.19 ^b	35.80 ^{ab}	42.63 ^a	7.25	0.35	0.23	*
Energy	79.16 ^a	67.11 ^b	76.88 ^a	77.12 ^a	3.32	0.08	*	*
Total CHO	84.18 ^a	76.39 ^b	82.36 ^a	83.14 ^a	2.44	0.12	*	*

a, b, * Means with different superscripts within the same row differ (P<0.05)

¹⁾ Standard Error of Mean

요구율이 가장 높게(p<0.05) 나타나고 영양소 소화율 또한 전반적으로 낮은 것으로 나타났는데 이를 명확하게 설명하기는 어려웠다. 다만 유기태인 CrMet과 무기태 CuSO₄ 사이에 일종의 길항작용이 있을 수 있는 것으로 추정할 수 있으나, 이에 관해서는 후속 연구가 필요한 것으로 판단된다.

3. 분으로의 광물질 배출량

Cr 및 Cu의 급원별 병용급여가 분으로의 Cu와 Zn은 물론 Cr 배출율에 미치는 영향은 Table 5와 같다. Cu, Zn, Cr의 분 배출율은 CrMet 첨가구와 CuMet을 첨가한 구가 다른 첨가구에 비해 낮았다(p<0.05). 특히, 시험처리시 급여한 광물질과는 별개로 분으로의 Zn의 배출량도 낮게(p<0.05) 나타났다. 이는 CrMet+CuMet 급여시에만 Zn이 낮게 나타나 Cr+Cu와 Zn의 상호작용이 Cr과 Cu의 형태에 의해서도 달라질 수 있음을 보여주었다. 광물질 배출량에 대한 Cr과 Cu의 급원형태에 대한 요인분석에서는 Cr

의 형태에 따라 광물질로 배출되는 Cu, Zn에는 영향(p<0.05, p<0.001)을 미치는 것으로 나타났으나 Cr에서는 차이가 없었다. Cu의 급원형태 뿐만 아니라 Cr과 Cu의 병용첨가시 분으로 배출되는 Cu, Zn, Cr에 상호작용하는 것(p<0.05, p<0.001)으로 나타났다.

Apgar와 Kornegay(1996)는 비육돈에 Cu-lysine 형태와 CuSO₄ 형태로 급여하였을 때 흡수율에서는 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 하지만 Creech 등(2004), NRC 요구량 수준보다 낮은 수준으로 각각 무기태 형태와 유기태 형태의 Fe, Cu, Zn, Mn을 육성돈에 급여하였을 때 chelate 형태의 유기태 미네랄을 급여할 때 분으로 배설되는 Cu, Zn의 양이 낮은 결과를 나타내었다. 또한 돼지에게 proteinate 형태로 Zn와 Cu를 급여시 sulfate 형태보다 간으로의 Zn와 Cu의 축적이 높아 sulfate 형태보다는 proteinate의 형태가 높은 이용성을 가진다고 하였다(Schiavon 등, 2000). Veum 등(2004)도 Cu-proteinate 형태로 급여시 sulfate 보다는 Cu의 배설량이 감소하였다고 보고하고 있다. Hahn과

Table 5. Effect of organic or inorganic sources of dietary Cr and Cu on fecal mineral excretion rate in growing pig

Fecal Minerals	Cr-Met		CrCl ₃		SEM ¹⁾	Contrast(P-value)		
	Cu-Met	CuSO ₄	Cu-Met	CuSO ₄		Cr	Cu	Cr*Cu
Excretion rate(%)								
Cu	56.10 ^a	56.10 ^a	67.40 ^{bc}	69.28 ^c	1.98	**	*	*
Zn	45.45 ^a	45.45 ^a	51.60 ^b	54.24 ^b	1.39	*	**	*
Cr	39.67 ^a	39.67 ^a	46.54 ^b	52.27 ^c	1.88	0.27	**	**

a,b,c,d, * Means with different superscripts within the same row differ (P<0.05)

** Means with different superscripts within the same row differ (P<0.001)

¹⁾ Standard Error of Mean

Evans(1975)에 의하면 Zn이 결핍된 쥐에서 Cr의 흡수 및 장내 함량이 증가되었고, 이와 같은 증가는 Zn의 재급여로 억제되었다고 한다. 또한 Cr을 급여한 결과 Zn의 흡수 및 장내의 Zn 함량이 감소되었기 때문에 Cr과 Zn은 장내에서 공통적인 대사경로를 가진다고 보고하였다. 본 연구에서도 Cr의 급여 형태에 따른 분으로의 Zn의 배출율에 차이를($P<0.05$) 나타내어 Zn의 흡수에 Cr이 영향을 미친 것으로 판단된다.

결과적으로 본 연구에서는 Cu, Zn, Cr의 분으로의 배출율이 CrMet+CuMet을 첨가한 구가 $CrCl_3+CuSO_4$ 를 첨가한 무기태 형태 첨가구보다 낮게($p<0.05$) 나타나 토양으로 배출되는 Cu, Zn, Cr의 양을 낮출 수 있음을 보여주었다.

IV. 요약

Cr 및 Cu의 형태별 병용급여가 육성돈의 육성 성적, 영양소 소화율, 분내 광물질 배출량에 미치는 영향을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 유기태 또는 무기태 형태의 Cr과 Cu를 병용 급여한 결과 육성돈의 일당증체량은 CrMet과 CuMet을 첨가한 구에서 높게($p<0.05$) 나타나고 사료요구율도 낮았다($p<0.05$). 반면에 CrMet과 $CuSO_4$ 를 병용 첨가한 구에서는 사료섭취량은 낮고($p<0.05$) 일당증체량도 낮게($p<0.05$) 나타났다.

2. 영양소 소화율은 CrMet과 CuMet을 병용 첨가한 구에서 영양소 소화율이 높게($p<0.05$) 나타났으나, CrMet과 $CuSO_4$ 를 병용 첨가한 구에서는 낮게($p<0.05$) 나타났다. $CrCl_3$ 첨가구에서는 CuMet 또는 $CuSO_4$ 를 병용 첨가하더라도 영양소 소화율에는 유의적인($p>0.05$) 차이를 보이지 않았다.

3. 광물질 Cu, Zn, Cr의 각각의 분으로의 배출율은 CrMet과 CuMet을 병용 첨가한 구에서 낮았으며($p<0.05$), $CrCl_3$ 와 $CuSO_4$ 를 병용 첨가한 구에서 높게($p<0.05$) 나타났다.

이상의 결과를 집약하여 보면 유기태 형태의 병용 첨가구가 무기태 형태 병용 첨가구보다 일당증체량이 높고 사료요구율이 개선되었고, 영양소 소화율도 높게 나타났다. 또한 유기태 형태로 급여한 병용 첨가구가 무기태 형태로 병용 첨가한 구보다 Cu, Zn, Cr의 분으로의 배

출율이 낮게 나타났다. 따라서 본 시험에서는 유기태 또는 무기태 Cr과 Cu의 병용첨가는 성장률이나 영양소 소화율에서 교호 및 길항작용 효과가 있는 것으로 판단된다. 또한 유기태 형태의 광물질로 무기태 형태를 대체 급여시 토양에 과다 축적될 경우 환경오염을 일으킬 수 있는 광물질의 배설량을 감소시킬 수 있음을 보여주었다.

V. 감사의 글

본 연구는 2004년도 농림부 현장애로기술개발사업 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다. 또한, 실험에 도움을 주신 강원대학교 동물자원공동연구소에 감사를 드립니다.

VI. 인용 문헌

1. A.A.F.C.O. 1998. Official publication of the Association of American Feed Control Officials incorporated (Paul. M. Bachman, Ed). pp. 237-238.
2. A.O.A.C. 1990. Official of Analysis 15th ed. Association of official Analytical chemists. Washington. D.C.
3. Apgar, G. A. and Kornegay, E. T. 1996. Mineral balance of finishing pigs fed copper sulfate or a copper-lysine complex at growth-simulating levels. *J. Anim. Feed. Sci.* 74:1594-1600.
4. Armstrong, T. A., Cook, D. R., Ward, M. M., Williams, C. M. and Spears, J. W. 2004. Effect of dietary copper source (cupric citrate and cupric sulfate) and concentration on growth performance and fecal copper excretion in weaning pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1234-1240.
5. Ashmead, H. D. 1992. The roles of amino acid chelates in animal nutrition. Noyes publications, Park Ridges, NJ. 479pp.
6. Burton, J. L. 1995. Supplemental chromium: Its benefits to the bovine immune system. *J. Anim. Feed. Sci. Tech.* 53:117.
7. Carlson, M. S. 2005. Piglet diets: can we manage without zinc oxide and copper sulfate. In; Redefining Mineral Nutrition(Ed. L. A. Tucker and J. A. Taylor-Pickard). Nottingham University, Nottingham. pp.75-88.
8. Creech, B. L., Spears, J. W., Flowers, W. L., Hill, G. M. and Lloyd, K. E. 2004. Effect of

- dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. *J. Anim. Sci.* 82:2140-2147.
9. Evock-Clover, C. M., Polansky, M. M., Anderson, R. A. and Steele, N. C. 1993. Dietary chromium supplementation with or without somatotropin treatment alters serum hormones and metabolites in growing pigs without affecting growth performance. *J. Nutr.* 123:1504-1512.
 10. Harris, J. E., Crow, S. D. and Newcomb, M. D. 1995. Effect of chromium picolinate on growth performance and carcass characteristics on pigs fed adequate and low protein diets. *J. Anim. Sci.* 73(suppl. 1):194(Abstr.).
 11. Hill, G. M., Cromwell, G. L., Crenshaw, T. D., Dove, C. R., Ewan, R. C., Knabe, E. A., Lewis, A. J., Libal, G. W., Mahan, D. C., Shurson, G. C., Southern, L. L. and Veum, T. L. 2000. Growth promotion effects and plasma changes from feeding high dietary concentrations of zinc and copper to weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 78:1010-1018.
 12. Hoefler, H. A., Miller, E. R., Ullrey, E. D., Ritchie, H. D. and Luecke, R. W. 1960. Interrelationships between calcium, zinc, iron and copper in swine feeding. *J. Anim. Sci.* 19:249-259.
 13. Konegay, E. T. and Harper, A. F. 1997. Environmental nutrition: nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. *Prof. Anim. Sci.* 13:99-111.
 14. Lindemann, M. D., Harper, A. F. and Kornegay, E. T. 1995a. Further assessment of the effects of supplementation of chromium from chromium picolinate on fecundity in swine. *J. Anim. Sci.* 73?:184(Abstr.).
 15. Lindemann, M. D., Wood, C. M., Harper, A. F., Kornegay, E. T. and Anderson, R. A. 1995b. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing beef steers fed barley-based diets. *Can. J. Anim. Sci.* 73:457-465.
 16. McCarthy, J. F., Aherne, F. X. and Okai, D. B. 1974. Use of HCl insoluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 54.:107-109.
 17. Mooney, K. W. and Cromwell, G. L. 1997. Effects of Cr picolinate or Cr chloride as potential carcass modifiers in swine. *J. Anim. Sci.* 75(in press).
 18. Ohh, S. J. and Lee, J. Y. 2005. Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol 18. 6:898-907.
 19. Page, T. G., Southern, L. L., Ward, T. L. and Thompson, Jr. D. L. 1992. Effects of chromium picolinate on growth, serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71:656-662.
 20. Riales, R. and Albrink, M. J. 1981. Effect of chromium chloride supplementation on glucose tolerance and serum lipids including high-density lipoproteins of adult men. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 2670.
 21. SAS. 1989. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Inc., Cary, NC.
 22. Schiavon, S., Bailoni, L., Ramanzin, M., Vincenzi, R., Simonetto, A. and Bittante, G. 2000. Effect of proteinate or sulfate mineral sources on trace elements in blood and liver of piglets. *Anim. Sci.* 71:131-139.
 23. Smith, J. W., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Nelssen, J. L. and Richert, B. T. 1997. Effect of the interrelationship between zinc oxide and copper sulfate on growth performance of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 75:1861-1866.
 24. Stansbury, W. F., Tribble, L. F. and DE Orr Jr. 1990. Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pigs. *J. Anim. Sci.* 68:1318-1322.
 25. Van Heugten, E. and Spears, J. W. 1994. Immune response and growth of stressed weanling pigs supplemented with organic or inorganic forms of chromium. *J. Anim. Sci.* 72(Suppl. 1):274(Abstr.).
 26. Veum, T. L., Bollinger, D. W., Ellersiekand, M. and Halley, J. T. 1995. Proteinated trace minerals and condensed fish protein digest in weaning pig diets. *J. Anim. Sci.* 73(suppl. 1): 308.(Abstr.).
 27. Veum, T. L., Calson, M. S., Wu, C. W., Bollinger, D. W. and Ellersieck, M. R. 2004. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. *J. Anim. Sci.* 82:1062-1070.
 28. 김현숙, 이선연, 김창혁, 오상집, 신종서, 성경일. 2003. Chromium methionine 첨가가 비만지수 및 지질대사에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지.* 32(5):706-709.
(접수일자: 2008. 4. 18. / 수정일자: 2008. 5. 16. / 채택일자: 2008. 5. 30)