

광물질 공급원으로서 유기태 및 무기태 광물질의 중요성

김 유 용 교수

서울대학교 동물자원과학과

연 사 약 력

- 1983 ~ 1986 서울대학교 농과대학 축산학 학사
- 1988 ~ 1989 서울대학교 농과대학 축산학 석사
- 1994 ~ 1999 미국 Ohio State University 동물영양학 석사
- 1999 ~ 2000 미국 Ohio State University Post Dr.
- 2001 ~ 현재 서울대학교 농생대 동물자원과학과 교수
- 2001 ~ 현재 아세아-태평양 축산학회 편집위원

광물질 공급원으로서 유기태 및 무기태 광물질의 중요성

김 유 용 / 서울대학교 동물자원학과 교수

I. 서 론

체내에서 광물질의 기능은 체기관과 조직의 구성성분이며 골격을 형성할 뿐만 아니라 전해질, 체액의 구성성분, 효소와 호르몬의 촉매제로 사용되므로 동물의 건강뿐만 아니라 동물의 성장 및 번식에 중요한 기능을 한다. 그런데 가축의 광물질 요구량은 생산능력, 연령, 품종, 다른 영양소들과의 관계, 광물질의 양 및 화학적 형태에 따라 달라진다. 따라서 최근 고능력으로 개량된 가축들은 ARC나 NRC가 제시한 요구량에 비해 더 많은 양을 필요로 할 것이다. 또한 유전적으로 개량된 lean genotype 품종의 경우는 일반 품종에 비해 사료섭취량이 감소하므로 20여년 전의 요구량을 고려해보면 사료배합을 할 때 광물질을 더 높은 수준으로 공급하여야 한다. 최근까지 어린동물의 사료에는 광물질의 요구량과는 관계없이 특정 광물질(예, 구리나 아연)을 높은 수준(pharmacological level)으로 공급하여 설사 등의 질병발생을 억제하여 높은 성장능력의 향상을 도모하기도 하였다. 그러나 이 방법을 사용하면 일시적으로 동물의 성장능력 향상을 기대할 수는 있지만, 과량으로 공급된 광물질들이 체내에서 이용되지 못하거나 이용되었더라도 다시 동물체외로 다량 배설되어 생기는 환경오염의 문제가 대두되고 있다. 따라서 동물사료용으로 기존에 사용해왔던 무기태 광물질보다 이용성이 높은 것으로 알려진 유기태 광물질들이 개발되어 시판되고 있지만 여러가지 장점이 있음에도 불구하고 아직까지는 경제적인 이유로 인하여 그 사용량이 제한되고 있다. 본 논문에서는 최근 가축에 있어서 중요성이 인식되어 유기태 형태로 생산되고 있는 주요 광물질을 중심으로 무기태 및 유기태 형태의 광물질이 각각 어떤 장, 단점을 가지고 있는지를 동물실험의 연구결과에 근거하여 소개하고자 한다.

II. 본 론

1. 광물질의 공급원

지금까지 동물들의 광물질요구량을 맞추기 위하여 sulphate, carbonate, oxide 형태 등의 무기태 광물질들이 보편적으로 동물사료에 첨가되어 왔다. 무기태 광물질들의 소화, 흡수율은 화학적 특성에 따라 변이가 있지만, 일반적으로 sulfate형태가 chloride, carbonate, oxide 등 다른 형태에 비해 흡수율이 더 높은 것으로 알려져 있다 (NRC, 1998; Table 1).

<Table 1> 무기태 광물질의 생물학적 이용성

광 물 질	구 조 식	순수 함량 (%)	상대적 이용성 (%)
구 리	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25.2	100
	$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$	58.0	100
	CuO	75.0	0 ~ 10
아 연	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35.5	100
	ZnO	72.0	50 ~ 80
	ZnCO_3	56.0	100
	ZnCl_2	48.0	100
철	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	30.0	100
	FeCO_3	38.0	100
	Fe_2O_3	69.9	0

무기태 광물질의 흡수과정은 이들 염류가 소화과정 중에 분해되어 유리이온상태에서 흡수되는 비슷한 양상을 보이는데, 경우에 따라서 무기태 광물질들이 다른 물질과 complex를 이루어 체내에서 흡수되기 어렵거나 전혀 이용되지 못하는 경우도 있다

(Hynes와 Kelly, 1995). 따라서 동물의 최적 성장을 위해 사료내에 공급한 광물질 중 일부는 소화과정 중에 손실되어 동물이 필요로 하는 양을 공급하지 못할 뿐만 아니라 동물체 내에서 이용되지 못하고 체외로 배설되는 광물질은 환경오염의 원인이 되기도 한다. 이와 같은 문제점을 최소화하는 방법으로 최근에는 기존에 동물사료에 첨가되어 왔던 광물질 공급원과는 다른 형태인 유기태 광물질을 동물사료용으로 이용하는 데에 대한 관심이 높아지고 있다. 유기태 광물질은 화학적 형태에 따라 여러 형태로 분류되고 있으며 (AAFCO, 1998; Table 2), 동물체내에서의 이용효율은 광물질의 종류와 화학적 형태에 따라 조금씩 다르지만 무기태 광물질에 비해 높은 것으로 보고되고 있다 (Wedekind 등, 1992; Hahn과 Baker, 1993; Henry와 Miller, 1995).

<Table 2> 유기광물질에 대한 AAFCO의 정의

-
- Metal Amino Acid Complex** - 수용성 광물질염과 아미노산의 복합물.
 - Metal Amino Acid Chelate** - 광물질 한 개가 1~3개의 아미노산과 공유결합을 이루고 있는 상태를 말하며 가수분해된 아미노산의 평균무게는 150정도이고 전체 chelate 복합물의 분자량이 800 dalton을 넘지 않아야 한다.
 - Metal Polysaccharide Complex** - 광물질과 다당체가 결합된 복합물.
 - Metal Proteinate** - 광물질과 여러 개의 아미노산 (peptide), 또는 부분적으로 가수분해된 단백질이 chelate된 복합물.
-

(AAFCO, 1998)

Mahan과 Newton (1995)은 모돈에서 산차가 증가할수록 체내 광물질의 함량은 감소하며, 3산차까지 출산을 한 모돈과 그 연령까지 출산을 하지 않은 암컷의 체내 광물질 함량을 비교했을 때 출산을 한 모돈의 광물질 함량이 출산경험이 없는 암컷보다 낮았고, 번식능력이 높은 모돈일수록 체내 광물질 함량이 낮은 것을 보고하였다 (Table 3).

<Table 3> 3산까지의 번식능력에 따른 모돈의 체내 광물질 함량 비교

	비 임신 모돈	Litter size 총 무게 (kg)	
		< 55	> 60
Litter wt. (21d, kg)	-	54.8	63.8
광물질 함량 (g/모돈)			
칼슘	1569	1480	1262
인	935	816	770
마그네슘	51	46	44
철	82	74	76
아연	4.4	4.2	3.7
구리	516	488	468
망간 (mg)	107	133	127
셀레늄 (mg)	22	21	18

(Mahan과 Newton, 1995)

일반적으로 단백질이 가수분해되면 아미노산과 길이가 다른 peptide 혼합물인 hydrolysate가 만들어지는데, 이것이 적당한 조건하에서 광물질 sulfate와 반응하면 chelated metal ion이 들어있는 complex가 형성된다. Chelated 화합물들은 소장에서 흡수될 때 일반적인 무기물 흡수경로인 능동수송보다는 아미노산 또는 peptide가 흡수될 때 사용되는 활성흡수를 통하여 체내로 흡수되므로 흡수될 때 광물질간의 경합을 예방할 수 있다. 따라서 생물학적 이용율이 높을 뿐만 아니라 체내에서 빠르게 운송되며 장에서의 흡수가 촉진된다. Chelated 화합물들은 또한 매우 안정성이 높고 이용성을 떨어뜨릴 수 있는 다른 영양소들과의 저해작용으로부터 보호받을 수 있는 형태이다. 그리고 이와 같은 형태는 체내의 특정 기관, 조직, 기능에 선택적으로 작용할 수 있으므로 돼지사료에 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

2. 구리 (Copper)

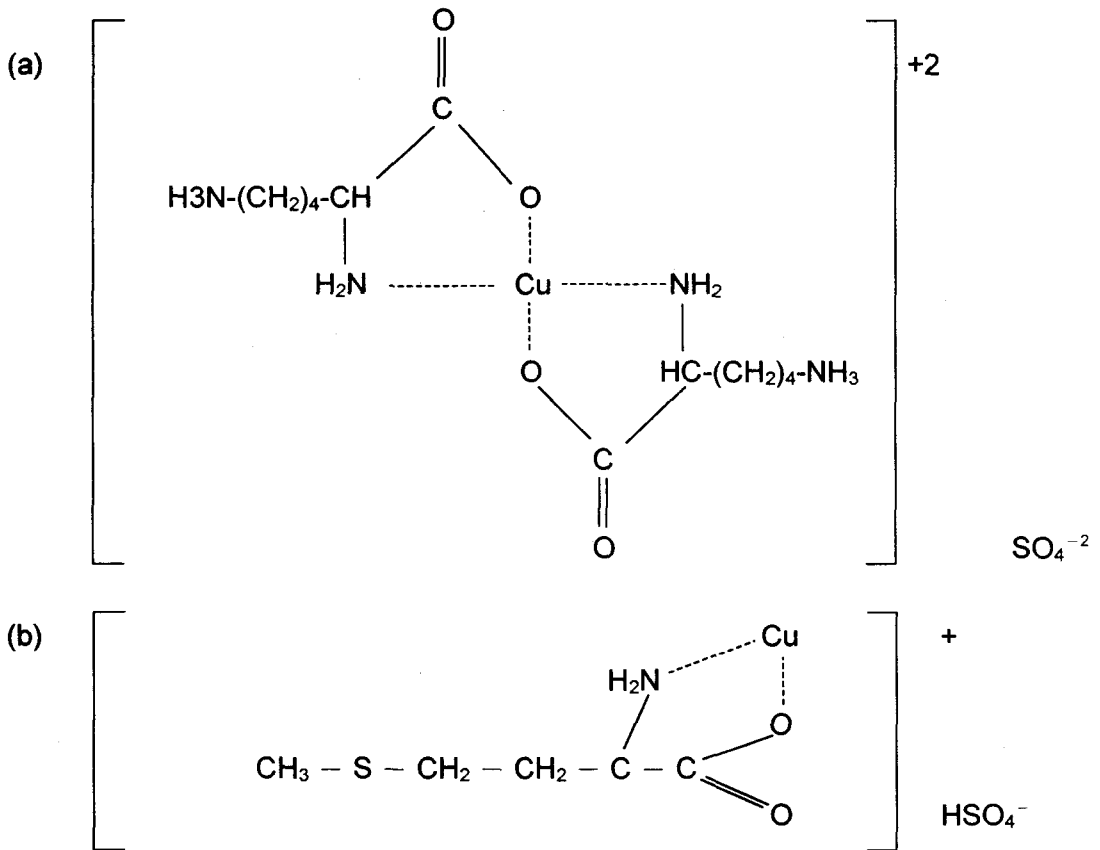
구리는 세포의 호흡, 심장활동, 골격형성, 결합조직의 발달, 조직의 각질화 및 착색, 철수의 형성을 위해 필요하며, 세포의 호흡 및 Hb의 합성 등에 작용하는 효소반응을 위해 필요한 물질이다 (Shils 등, 1994). 또한 구리는 철의 흡수 및 운반에 관여하고 시상하부에서 분비되는 LH-RH의 분비촉진을 통하여 번식에도 영향을 미친다.

구리는 성장촉진효과도 있어서 Cu sulphate의 형태로 자돈과 비육돈 사료에 100~250 ppm 정도 첨가할 경우 성장촉진효과를 기대할 수 있는데 이같은 효과는 지방을 첨가할 경우 더욱 증대되기도 하였다 (Dove와 Haydon, 1992). 사료내 구리의 첨가로 인한 성장촉진작용은 구리의 항미생물적 작용때문이라는 보고도 있지만, 이같은 가설을 뒷받침할만한 증거는 부족하다. 동물체내에서 구리의 이용성은 Cu sulphate, carbonate, oxide 순으로 낮아지지만, 아미노산과 chelate가 되거나 유기물과 결합한 구리의 형태가 모든 무기형태보다 이용성이 더 높다 (Baker와 Ammerman, 1995). 사료내 cysteine과 vit C에 의해서 Cu의 소화율은 감소하는데 이같은 현상은 유기형태의 Cu를 첨가하였을 때 흡수율 저하를 어느 정도 방지할 수 있다고 하였다 (Aoyagi and Baker, 1994). 유기태 Cu의 구조식은 Figure 1에서 보는 바와 같이 Cu-lysine의 경우는 lysine과 Cu의 비율이 2:1이며, Cu-methionine의 경우는 DL-methionine과 Cu의 비율이 1:1로 되어 있다 (Aoyagi and Baker, 1994). 이같은 DL-methionine이나 L-lysine · HCl과 결합된 형태의 유기태 Cu는 CuSO₄를 100으로 한 상대적 이용율이 각각 96%, 120%였다 (Aoyagi와 Baker, 1993a,b).

Cu sulphate와 다른 무기태 및 다당류와 결합된 구리의 이용성을 비교하였을 때에는 차이가 없었으나, Cu-sulphate와 Cu-lysine을 이유자돈에게 24일동안 급여하였을 때 Cu-lysine 처리구에서 높은 사료섭취량과 성장율을 나타내었으며 혈중 구리의 농도와 세포의 유사분열능력이 높았다 (Zhou 등, 1994).

Cu-lysine 복합물과 Cu-sulphate 첨가구, negative control을 비교했을 때 Cu-lysine 복합물 처리구에서 사료섭취량 (4%), 성장율 (4.2%), 사료요구율 (0.6%)의 개선효과가 나타났다 (Coffey 등, 1994). 자돈사료에 200 ppm의 Cu-lysine 및 Cu sulphate의 첨가효과를 비교했을 때 Cu-lysine 처리구에서 성장율이 14.3% 증가되었으나 Cu의 흡수율 및 체내축적에는

차이가 없었다(Apgar와 Kornegay, 1996). 그러나 Cu의 급여형태에 따라 성장능력에는 차이가 없고 Cu-lysine 처리구에서 간의 Cu 함량이 증가한다는 연구결과도 보고되었는데, 이는 유기태 구리가 무기태와는 다른 대사과정을 거치거나 더 잘 흡수된다는 것을 의미한다고 하였고 높은 수준의 Cu가 Fe나 Zn의 흡수를 저해하지는 않았다고 하였다(Apgar 등, 1995). 쥐에서 Cu complex가 Cu sulphate보다 이용성이 높다고 보고하였는데 이는 Cu complex형태가 무기태 구리와는 다른 대사경로를 거쳐 체내에서 이용되므로 Zn나 Fe과 길항작용을 갖지 않기 때문이라고 하였다 (Du 등, 1996). 한 가지 가설은 complex형태는 dipeptide가 흡수되는 기작과 유사하게 장벽을 통해서 흡수되고 운송된다는 것으로 *in vitro* 실험에서 complex 형태가 Cu sulphate보다 3배나 높은 흡수율을 나타냈다 (Ashmead 등, 1985).



<Figure 1> Cu-lysine sulfate (a)와 Cu-methionine bisulfate (b)의 화학적 구조

3. 아연 (Zn)

아연은 여러가지 효소의 구성물질이며 성장, 번식, 면역과 스트레스에 관여하는 호르몬의 분비와 깊은 연관이 있다(Shils 등, 1994). 또한 keratin의 합성, 피부에서 핵산 및 collagen의 합성에도 관여한다. 그 외에 혈중 비타민 A 농도와 난소기능 유지뿐만 아니라 면역체계, 이온교환에도 반드시 필요한 물질이다(Georgievskii 등, 1982). 동물사료중에 들어있는 Zn의 함량은 낮고, 다른 영양소 또는 항대사물질에 의해 이용성이 떨어지므로 대부분의 동물사료에 Zn를 보충해주고 있다. 또한 사료내 아연의 이용성은 phytate, Ca, Cu 및 단백질수준 등에 의해 영향을 받는데 사료내 Ca의 함량이 높을수록 Zn methionine의 이용성도 증가한다고 보고하였다(Wedekind 등, 1994a). 일반적으로 이유자돈사료에 성장효과와 설사를 방지하는 목적으로 Zn oxide를 첨가하고 있지만 Table 1에서 보는 바와 같이 체내 이용성은 sulfate, carbonate, chloride 형태가 높고 oxide나 sulfide 형태가 상대적으로 낮다(Miller, 1991). Zn sulphate나 Zn methionine을 자돈에게 급여하였을 때가 Zn oxide를 급여하였을 때보다 혈중 Zn의 함량이 높게 나타났으나 성장능력에는 차이가 없었으며, 상대적인 생물학적 이용성은 Zn sulphate를 100%일 때 Zn oxide는 55%, Zn methionine은 110-116%라고 보고하였다(Hahn과 Baker, 1993). Wedekind 등(1994b)도 성장능력에는 차이가 없었지만 Zn oxide의 이용성이 Zn methionine 보다는 낮았고 Zn lysine 보다는 높았다고 보고하였다. 혈중 Zn 함량을 기준으로 상대적인 생물학적 이용성을 본다면 Zn sulphate를 100%로 한다면 Zn oxide는 69-75%, Zn methionine과 Zn lysine은 77-99%였다고 보고하였다(Schell과 Kornegay, 1996). 이처럼 Zn oxide 형태가 동물에게는 이용성이 낮지만 자돈의 설사를 방지할 목적으로 과량(pharmacological level)의 Zn를 첨가할 때 oxide형태가 많이 쓰이고 있다.

Swinkel 등(1996)은 1) Zn가 결핍된 사료(17 ppm)를 24일동안 급여한 후 12일동안은 45 ppm의 Zn를 Zn sulphate와 Zn amino acid의 형태로 각각 급여한 구(Zn nondepleted)와 2) 24일동안 Zn 무첨가(Zn depleted) 후 12일동안 45ppm의 Zn을 두 가지 형태로 공급한 구에서 소장 조직내 Fe, Cu, Zn의 함량을 조사하였는데 Zn의 함량은 공급원과 관계없이 사료내 Zn의 함량과 비례하여 증가하며, Zn amino acid 처리구에서 Fe의 함량이 증가하는

것으로 보아 Zn amino acid가 Fe의 흡수를 촉진하는 상승작용을 하는 것으로 보인다.

가금에서 화학적 형태에 따라 Zn의 이용성에 상당한 차이를 보이는데, Zn sulphate의 이용성을 기준으로 한 상대적 이용성은 Zn methionine은 206%, Zn oxide는 61%였다 (Wedekind 등, 1992).

개와 젖소에서 Zn methionine과 무기태 Zn을 비교하였을 때 유기태 아연 처리구에서 무기태 아연 처리구보다 우유중 somatic cell과 유방염의 발생이 감소하였을 뿐만 아니라 털, 뿔, 발굽의 성장이 촉진되었다 (Lowe 등, 1994; Boland 등, 1996).

4. 철 (Iron)

철은 체내에서 전자전달계, 산소의 활성화 및 산소의 운반, 헤모글로빈의 구성물질, 에너지와 단백질대사, 빈혈예방을 위한 필수 물질이다 (Shils 등, 1994). 동물사료에 첨가되는 철의 양과 이용성은 화학적 형태에 따라 매우 큰 변이를 보이는데, ferrous sulfate, ferric chloride, ferric citrate 등의 형태는 자돈의 철분 결핍에 의한 빈혈을 예방하는데 도움이 된다.

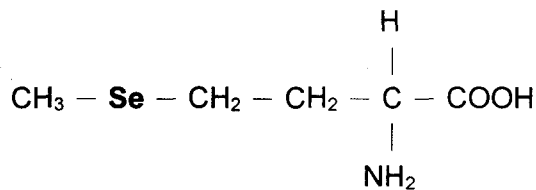
Ferrous sulphate의 이용성을 100으로 할 때 ferrous chloride는 106%, ferric chloride는 78%로 비교적 높은 편이지만 용해도가 낮은 ferrous carbonate, ferric oxide는 이용성이 매우 낮아 10% 이하이며 (Cunha, 1977; Henry와 Miller, 1995), chelated or proteinated 철의 상대적 이용성은 125-185%로 높아서 모돈이나 자돈사료에 이용될 수 있는 것으로 주목받고 있다 (Henry와 Miller, 1995). 하지만 methionine과 결합된 형태의 유기태 철의 이용율은 황산철에 비해 68~81%밖에 되지 않는다는 보고도 있다 (Lewis 등, 1995).

철이 아미노산과 결합하면 태반과 배아로의 철분의 운송이 촉진되는데, 200 ppm을 임신기간동안 급여하였을 때 태반을 통하여 태아로 운반되는 철분의 양이 증가하였다 (Ashmead와 Graff, 1982). 따라서 자돈의 생시체중과 이유시 체중이 더 무거워졌고 폐사율이 감소했으며 8산차까지 진행되는 동안 사산이 줄어들었고 이유자돈의 수가 증가되었으며 발정재귀기간이 단축되었다. 임신초기 자궁에서 분비되는 progesterone 관련 단백질인 uteroferrin은 수정란의 생존율을 높이고 철분이 태아로 전달되는데 중요한 역할을 한다고

알려져 있다.

5. 셀레늄 (Selenium)

셀레늄(Se)은 황과 화학적 성질이 매우 비슷하며 항산화작용을 하는 glutathione peroxidase (GSH-Px)의 구성 성분이 되므로 체내 Se이 부족하면 세포가 산화되어 vit E의 요구량도 증가한다. 유기태 Se은 다른 광물질의 유기형태와는 근본적으로 다른 화학적 특성을 갖는다. Figure 2에서 보는 바와 같이 Se이 methionine의 구조속의 황 (S)을 대신하여 methionine의 구성 성분이 되므로 다른 광물질의 chelation이나 proteinate와는 전혀 다른 형태임을 알 수 있다.



〈Figure 2〉 Selenomethionine의 화학적 구조

일반적으로 돼지사료에 Se 공급원으로 널리 쓰이는 것은 무기태인 selenite 형태이며, 유기태 Se (selenomethionine) 보다 상대적인 이용성이 120~150% 정도 더 높다. 하지만 무기태의 경우에는 소화율은 높지만 체내로 흡수된 Se이 체외로 짧은 시간안에 배설되고, 유기태 Se은 소화흡수율은 무기태보다 낮지만 체내로 축적될 때 단백질과 함께 근육 및 기관에 잘 침적되므로 체내 축적율은 유기태 Se이 무기태 Se보다 더 높다고 할 수 있다 (Mahan과 Kim, 2001). 유기태 Se을 모돈에게 급여하였을 때 모돈뿐만 아니라 자돈의 조직내 Se의 축적이 증가하였는데 이는 유기태 Se을 섭취한 모돈의 우유내 Se 함량이 무기태 처리구보다 80%나 높아서 모돈으로부터 자돈에게 Se이 효과적으로 전이된 것을 알 수 있다 (Mahan and Kim, 1996). 이같은 결과는 모돈에게 유기태 Se을 공급함으로써 이유 후 자돈에게 자주 발생하는 Se 결핍증을 예방할 수 있는 한 가지의 방법이 될 수 있다.

모돈의 체내에 축적된 Se의 양이 적을 경우 모돈의 근육량과 힘을 감소시켜 분만시 분만 시간이 길어져서 사산돈(stillborn)이 증가하게 된다. 고능력 모돈에서 체내 셀레늄의 양은 산차가 증가할수록 감소하여 궁극적으로 모돈의 Se 상태뿐만 아니라 새끼들의 Se 축적도 감소되어 이들의 건강상태에도 영향을 미친다.

무기태 Se 0.5 ppm을 웅돈사료에 첨가하였을 때 정액의 양, 정액농도, 정자의 운동성, 수정율이 증가하였고 비정상정자의 비율이 감소하는 것을 보고하였다(Martin-Guzman 등, 1997). 최근에는 Se이 육질 향상과 관계가 있어 유기태 Se을 급여하면 Se을 함유한 GSH-Px에 의한 항산화작용으로 세포의 유지에 도움을 주어 가금, 돼지에서 drip loss가 감소한다고 하였지만 상이한 결과도 보고된 바 있다.

6. 크롬 (Chromium)

크롬(Cr)은 잘 알려진 바와 같이 GTF (glucose tolerance factor)의 구성성분으로 식욕, 저혈당증, 단백질 흡수를 조절하며 심장병 및 당뇨병을 예방하는데 중요한 역할을 한다(Mertz, 1993). 체내의 Cr이 부족하면 혈중 glucose가 높아질 때 이를 낮출 수 없어서 (glucose intolerance) 당뇨병으로 발전하는데, 이때 Cr을 함유한 효모나 3가 Cr을 공급하면 혈당을 정상치로 내릴 수 있다. 이같은 작용은 Cr이 특정세포에서 insulin이 receptor나 target cell에 부착되어 활성이 높아지는데 중요한 작용을 하므로 체내의 glucose가 지방으로 축적되지 않고 효과적으로 대사될 수 있도록 하기 때문이다. 따라서 체내 Cr이 부족하게 되면 여러가지 문제점이 발생하는데, 우선 이용율이 낮은 Cr을 급여하거나 스트레스로 인하여 체내 Cr이 체외로 배설되면 Cr결핍을 유발할 수 있다.

동물이나 인체에서 무기태 Cr의 흡수율은 Cr의 형태에 관계없이 0.4~3%로 매우 낮지만 (Anderson 등, 1983), 유기태 Cr의 경우는 15~20%의 흡수율을 나타내어 (Nowat, 1997) 무기태보다 매우 높은 것을 알 수 있다.

크롬을 동물사료에 첨가하였을 때 돼지에서는 도체성적이나 번식능력이 향상되었고, 닭에서도 성장능력뿐만 아니라 계란의 품질이 향상되었다는 여러 연구가 있었다. Page 등 (1993)은 육성비육돈에서 Cr-picolinate 형태의 Cr 첨가에 의해서 사료효율, 정육량이 증가

하고 등지방두께가 감소한다고 보고하였으며, Mooney와 Cromwell(1997)도 Cr-picolinate가 CrCl_3 보다 더 효과가 있고 도체성적이 좋아지려면 육성비용 전기간동안 Cr을 급여해야 한다고 하였다. 그러나 Cr-picolinate의 첨가가 돼지의 도체성적 및 정육율에는 별다른 영향을 미치지 않는다는 보고도 있었다(Ward 등, 1995, Mooney와 Cromwell, 1996).

동물들이 스트레스를 받으면 체내의 Cr이 오줌을 통해서 체외로 배설되는 양이 급격히 늘어나므로 Cr 결핍증으로 발전되기 쉬운데 도살전 운송되기 전에 사료에 Cr의 첨가는 좋은 효과를 기대할 수 있다. 그러나 Cr의 첨가가 면역 stress 또는 밀사에 의한 스트레스 등에는 효과가 없었다. 그런데 Cr-picolinate의 첨가가 사료내 아미노산이 부족하거나 결핍된 경우 성장율을 높이는 효과를 보였다.

모돈에게 Cr-picolinate를 급여하였을 때 산자수와 수정율이 증가된다고 보고하였고(Lindemann 등, 1995), 산자수의 증가뿐만 아니라 분만율의 뚜렷한 증가도 나타났다고 하였다(Campbell, 1996). 이렇게 Cr의 첨가에 의해서 모돈의 생산성이 어떻게 향상될 수 있는지는 의문은 체내 insulin의 대사작용과 깊은 연관이 있는 것으로 여겨지고 있다. 즉 혈중 Insulin이 높아지면 뇌하수체에 영향을 주어서 시상하부로부터 GnRH의 분비를 촉진시켜 뇌하수체전엽에서 LH와 FSH의 분비가 증가되고, 이들 호르몬들은 난소에 직접 영향을 미쳐 난포의 발달을 촉진하게 되며, 배란율과 estrogen과 progesterone의 수준을 높게 된다. 임신초기에는 배란된 난자가 착상을 하기 위해서 uteroferrin과 retinol-binding protein 같은 자궁내 특정단백질의 생산이 필요하므로 높은 수준의 progesterone이 있어야 한다. 이같이 progesterone에 영향을 받는 단백질들은 수정란들의 생존율과 태아들이 자라는데 필요한 자궁의 기능 향상에도 영향을 주는 것으로 인식되고 있다.

III. 결 론

미량광물질들의 동물체내 함량은 다른 영양소들에 비해 상대적으로 낮지만, 동물이나 인체에 미치는 효과 때문에 그 중요성은 점점 높아지고 있다. 일반적으로 원료사료내에는 동물들이 필요로 하는 미량 광물질들의 함량이 모자라는 경우가 많으므로 부족한 광물질

들을 사료에 첨가하여 동물의 요구량을 충족시키기 위해서는 광물질 공급원들의 생물학적 이용성을 고려하여 사용하는 것이 중요하다. 지금까지 연구된 결과들을 종합하면 유기태 광물질들이 무기태 광물질보다 생물학적 이용성이 높다. 그러나 아직도 동물사료에는 무기형태중에서 비교적 이용성이 높은 sulfate 형태가 광물질 공급원으로 많이 사용되고 있고, 유기태 광물질의 경우 무기형태에 비해 여러가지 장점을 가지고 있음에도 불구하고 가격적인 측면에서 사용에 제한을 받고 있는 것이 현실이다. 따라서 앞으로 동물사료의 광물질 첨가제로 유기태 광물질의 사용을 높이려면 유기태 광물질의 가격이 낮아져야 하고 유기태 광물질을 공급할 때 부수적으로 공급될 수 있는 주요 영양소(예: methionine, lysine)들의 공급에 의한 효과가 검증되어야 하며 무기태보다 흡수율이 높으므로 장기적으로 동물에게 급여하였을 때 생길 수 있는 문제(예: 독성, 대사장애)들에 대한 연구가 시급하며 번식동물에게 유기태를 급여하였을 때 임신중, 비유중 전이에 대한 대사과정에 대한 연구도 수행되어야 한다고 생각한다.

이와 함께 간과할 수 없는 사항은 지금도 보편적으로 사용되고 있는 무기태 광물질들도 나름대로의 장점을 가지고 있으므로 유기태 광물질의 사용으로부터 얻을 수 없는 효과를 위해서는 무기태 광물질을 동물사료용으로 적절히 사용하는 것이다. 최근 한 실험의 예를 들면 특정 무기태 광물질을 어류의 민물양식에 사용하면 민물양식어에서 나는 특유의 냄새(off-flavor)를 제거할 수 있다고 하였는데 이같은 효과는 유기태 광물질의 사용으로는 얻을 수 없는 특이한 효과이다.

유기태 광물질들이 무기태 광물질들에 비해 높은 소화, 흡수율을 나타내므로 적은 양으로 동물의 요구량을 공급할 수 있으므로 배설되는 양이 적어져서 환경의 측면에서도 바람직하다. 만약 가격적인 면이 제약이 된다면 무기태 및 유기태의 적절한 비율에 의한 혼용도 대안으로 생각할 수 있을 것이다.

IV. 참고 문헌

1. AAFCO. 1998. Official Publication of the Association of American Feed Control

- Officials Incorporated (Paul. M. Bachman, ed). pp. 237-238.
2. Anderson, R. A., M. M. Bolanski, N. A. Bryden, E. E. Roginski, W. Mertz and W. H. Glinsmann. 1983. Chromium supplementation of human subjects: effects on glucose, insulin and lipid parameters. *Metabolism* 32:894-899.
 3. Aoyagi, S. and D. H. Baker. 1993a. Nutritional evaluation of a copper-methionine complex. *Poult. Sci.* 72:2309-2315.
 4. Aoyagi, S. and D. H. Baker. 1993b. Nutritional evaluation of copper-lysine and zinc-lysine complexes for chicks. *Poult. Sci.* 72:165-171.
 5. Aoyagi, S. and D. H. Baker. 1994. Copper-amino acid complexes are partially protected against inhibitory effects of L-cysteine and L-ascorbic acid on copper absorption in chicks. *J. Nutr.* 124:388-398.
 6. Apgar, G. A. and E. T. Kornegay. 1996. Mineral balance of finishing pigs fed copper sulfate or a copper-lysine complex at growth-stimulating levels. *J. Anim. Sci.* 74:1594-1600.
 7. Apgar, G. A., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann and D. R. Notter. 1995. Evaluation of copper sulphate and a copper lysine complex as growth promotants for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 79:2640-2646.
 8. Ashmead, H. D., D. J. Graff and H. H. Ashmead. 1985. Intestinal absorption of metal ions and chelates. Charles C. Thomas, Publisher, Illinois.
 9. Ashmead, H. D. and D. J. Graff. 1982. Placental transfer of chelated iron. *Proceedings of the International Pig Veterinary Society Congress*, p. 207.
 10. Baker, D. H. and C. B. Ammerman. 1995a. Copper availability. In: *Bioavailability of Nutrients for Animals* (C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis, eds). Academic Press, San Diego. pp. 127-156.
 11. Baker, D. H. and C. B. Ammerman. 1995b. Zinc availability. In: *Bioavailability of Nutrients for Animals* (C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis, eds). Academic Press, San Diego. pp. 367-398.
 12. Boland, M. P., G. O'Donnell and D. O'Callaghan. 1996. In : *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of the 12th Annual Symposium* (T. P. Lyons and K. A. Jacques,

- eds). Nottingham University Press, UK. pp. 95-103.
13. Campbell, R. G. 1996. The effects of chromium picolinate on the fertility and fecundity of sows under commercial conditions. Pp. 33-38 in 16th Annual Feed Ingredient Conference, Prince Agri. Products, Inc., Quincy, IL, Aug. 19-20.
 14. Coffey, R. D., G. L. Cromwell and H. J. Monegue. 1994. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promotant for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2880-2886.
 15. Cunha, T. T. 1977. *Swine Feeding and Nutrition*. Academic Press, New York.
 16. Dove, C. R. and K. D. Haydon. 1992. The effect of copper and fat addition to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. *J. Anim. Sci.* 70:805-810.
 17. Du, Z., R. W. Hemken, J. A. Jackson and D. S. Trammell. 1996. Utilization of copper in copper proteinate copper lysine and cupric sulfate using the rat as an experimental model. *J. Anim. Sci.* 74:1657-1663.
 18. Georgievskii, V. I., B. N. Annenkov and V. T. Samokhin. 1982. *Mineral Nutrition of Animals*. Birtterworths, Boston. pp. 192-198.
 19. Hahn, J. D. and D. H. Baker. 1993. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacological levels of zinc. *J. Anim. Sci.* 71:3020-3024.
 20. Henry, P. R. and E. R. Miller. 1995. Iron bioavailability. In: *Bioavailability of Nutrients for Animals* (C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. S. Lewis, eds.). Academic Press, San Diego. pp. 169-199.
 21. Hynes, M. J. and P. Kelly. 1995. Metal ions, chelates and proteinates. In: *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of the 11th Annual Symposium* (T. P. Lyons and K. A. Jacques, eds). Nottingham University Press, Loughborough, UK.
 22. Kim, Y. Y. and D. C. Mahan. 2001. Effect of high dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite on macro and micro mineral metabolism in grower-finisher swine. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 14(2):243-249.
 23. Lewis, A. J., P. S. Miller and C. K. Wolverton. 1995. Bioavailability of iron in iron methionine for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):172 (Abstr.).
 24. Lindemann, M. D., C. M. Wood, A. F. Harper, E. T. Kornegay and R. A. Anderson.

1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain/feed and carcass characteristics in growing/finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *J. Anim. Sci.* 73:457-465.
25. Lowe, J. A., J. Wiseman and D. J. A. Cole. 1994. Absorption and retention of zinc when administered as an amino acid chelate in the dog. *J. Nutr.* 124:2573S-2574S.
26. Mahan, D. C. 1995. The role of organic selenium in non-ruminant diets. In: Proceedings of the 56th Minnesota Technical Conference and Alltech Inc. Technical Symposium, University of Minnesota. pp. 9-23.
27. Mahan, D. C. and Y. Y. Kim. 1996. Effect of inorganic selenium at two dietary levels on reproductive performance and tissue selenium concentrations in first-parity gilts and their progeny. *J. Anim. Sci.* 74:2711-2718.
28. Mahan, D. C. and C. A. Newton. 1995. Effect of initial breeding weight on macro- and micro-mineral composition over a three parity period using a high-producing sow genotype. *J. Anim. Sci.* 73:151-158.
29. Martin-Guzman, J., D. C. Mahan, Y. K. Chung, J. L. Pate and W. F. Pope. 1997. Effects of dietary selenium and vitamin E on boar performance and tissue responses, semen quality and subsequent fertilisation rates in mature gilts. *J. Anim. Sci.* 75:2994-3003.
30. Mertz, W. 1993. Chromium in human nutrition: a review. *J. Nutr.* 123:626-633.
31. Miller, E. R. 1991. Iron, copper, zinc, manganese, and iodine in swine nutrition. pp. 267-284 in swine nutrition, E. R. Miller, D. E. Ullrey and A. J. Lewis eds. Stoneham, MA: Butterworth-Heinemann Publishing.
32. Mooney, K. W. and G. L. Cromwell. 1996. Effects of chromium picolinate on performance and tissue accretion in pigs with different lean gain potential. *J. Anim. Sci.* 74(Suppl. 1):65 (Abstr.).
33. Mooney, K. W. and G. L. Cromwell. 1997. Efficiency of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. *J. Anim. Sci.* 75:2661-2671.
34. Mowat, D. N. 1997. Organic chromium in animal nutrition. Chromium books. Guelph. pp. 2-47.

35. National Research Council. 1983. Nutrient requirements of swine. 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.
36. Page, T. G., L. L. Southern, T. L. Ward and D. L. Thompson. Jr. 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 71:656-662.
37. Schell, T. C. and E. T. Kornegay. 1996. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological levels of zinc from ZnO, Zn-methionine, Zn-lysine, or Zn SO₄. *J. Anim. Sci.* 74:1584-1593.
38. Shils, M. E., J. A. Olson and M. Shike. 1994. Modern nutrition in health and disease. 8th ed. Baltimore. Williams & Wilkins.
39. Swinkels, J. W. G. M., E. T. Kornegay, W. Zhou, M. D. Lindemann, K. E. Webb and M. W. A. Verstegen. 1996. Effectiveness of a zinc amino acid chelate and zinc sulfate in restoring serum and soft tissue zinc concentrations when fed to zinc-depleted pigs. *J. Anim. Sci.* 74:2420-2430.
40. Ward, T. L., L. L. Southern and R. A. Anderson. 1995. Effect of dietary chromium source on growth, carcass characteristics, and plasma metabolite and hormone concentrations in growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1): 189 (Abstr.).
41. Wedekind, K. J., A. E. Hortin and D. H. Baker. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc methioine, zinc sulfate and zinc oxide. *J. Anim. Sci.* 70:178-184.
42. Wedekind, K. J., G. Colhlings, J. Hancock and E. Titgemeyer. 1994a. The bioavailability of zinc methionine relative to zinc sulfate is affected by calcium level. *Poultry Sci.* 73(Suppl. 1):114.
43. Wedekind, K. J., A. J. Lewis, M. A. Giesemann and P. S. Miller. 1994b. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.* 72:2681-2689.
44. Zhou, W., E. T. Kornegay and M. D. Lindemann. 1994. The role of feed intake and copper source on copper-stimulated growth in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2385-2394.