

# 미량원소 상호 관계에 대한 영양학적 검토

金 春 洙

(한국과학기술연구소 동물사료연구실장)

## Antagonistic Inter-Relationships of Trace Elements in Nutrition

C. S. Kim

본고는 미량광물질(銅, 亞鉛, 鐵, 크롬 등)의 길항성(Antagonistic) 상호관계에 대한 저자의 발표논문에서 발췌한 것으로 크롬(Cr)의 함량이 높은 피혁분의 이용성제고, 그리고 수은 등에 의한 음수 오염에서 오는 닭의 성장저해의 대책을 제시하여 줄 수 있는 귀중한 자료로 생각된다.…… (주)

사료에는 여러가지 영양소가 함유되어 있고 각 영양소가 최대의 영양학적 효력을 나타내기 위하여는 다른 영양소의 함량에 영향을 받게되는 예가 많은 것이다. 즉 영양소간에는 상호관계가 존재되어 있어 이들이 동물성장에 미치는 영향은 영양학자들간의 큰 관심사라 생각된다. 이러한 상호관계는 Calorie-protein ratio, amino-acid balance 그리고 Ca:P ratio 등등의 예에서도 볼 수 있으며 사료에 함유되어 있는 여러가지 미량성 원소간에서도 밀접한 상호관계를 찾아볼 수 있는 것이다. 이와같은 영양소들 간의 상호관계가 영양학자들간의 큰 관심사가 됨에 따라 여기에서 제기되는 문제점도 많아지게 된다. 즉 어떠한 영양소간에 이러한 상호관계를 찾아볼 수 있으며 있다면 어떻게 일어나고 그리고 어느 정도로 일어나는 것인지는 많은 연구를 필요로 하는 것이다.

Copper가 닭이나 쥐의 성장에 꼭 필요로하는 물질이라는 것은 지금으로부터 약40년전 이미 알려졌다. 사료에 Copper와 Iron의 함량이 요구량보다 아주 낮을경우 빈혈증을 초래하게되나 Copper 만이 요구량보다 아주 낮은 함량을 가진 사료를 먹었을 때는 이러한 빈혈현상은 찾아볼 수 없었다. 1964년에 Smith와 Larson 두 학자의 연구결과에 의하면 0.7% Zinc를 쥐에게 먹었을때 초래된 빈혈증이 Copper를 사료에 첨가함으로써 극복되었다는 얘기

인데 이것은 Zinc가 구리에 Antagonistic한 상호관계 때문이 아닌가 생각된다. 즉 0.7% Zinc를 쥐에게 먹었을때 빈혈현상은 Zinc가 사료의 Copper에 Antagonistic하여 Copper의 결핍증이 격심하여진 결과라고 생각된다. 이와같은 Copper-Zinc의 Antagonistic한 상호관계는 쥐에서 뿐만 아니라 닭에서도 찾아볼 수 있다. 즉 Copper의 함량이 1ppm인 사료를 가지고 닭에 대하여 실험하여본 결과 Zinc의 함량이 0.25%인 경우 극심한 Copper결핍증에 의하여 실험용 병아리 전부가 일주일내에 폐사하였다. 다음 실험에서 Zinc의 사료내 함량을 300ppm까지, 다섯 처리구로 나누어본 결과 여기에 대한 Hemoglobin함량, 폐사율 그리고 닭의 성장을 보면 표1과 같다.

Table 1. Interaction of zine and copper on hefnoglobin concentration of chicks

Zinc, ppm	Cu, ppm		Cu, ppm		Cu, ppm	
	0	10	0	10	0	10
	H b, gm/100cc		% Mortality		Wt. gm.	
0	6.5	8.5	8.7	0	262	272
50	5.9	8.0	18.2	4.5	205	320
100	6.0	8.8	52.0	7.7	182	294
200	4.8	8.0	70.8	20.0	139	291
300*	4.1	6.6	88.0	4.2	127	310

Zinc 200ppm첨가구에서 hemoglobin함량이 Copper를 첨가하지 않은 구에서는 감소되었으나 첨가구에서는 아무런 변화도 찾아볼수 없었다. 반면에 Zinc 300ppm첨가구에서는 Copper첨가구에서도 Hemoglobin함량의 감소를 볼수 있었다. 닭의 폐사율은 Copper를 첨가하지 않은 구에서 100ppm Zinc 첨가시에 급격한 증가를 보여 주었으나 Copper 첨가구에서는 별 변화가 없었다. Copper를 첨가하지 않은 구에서의 사망률의 증가는 Zinc첨가량의 증가에 비례함을 또한 볼수 있었다. 닭 성장율의 경우 Zinc 50ppm첨가구에서 이미 현저한 성장의 차를 Copper를 첨가하지 않은 구에서 찾아볼 수 있었다. 이 실험의 결과를 통하여 작은 양의 Zinc를 사료에 첨가함으로써 Copper의 결핍증이 심하여진다는 사실을 알게 되었고 이러한 결과는 Zinc와 Copper 두 원소간에 어떠한 긴밀한 상호관계가 있음을 보여주는 것이다. 이들 두 원소 즉 Zinc와 Copper의 물리적 그리고 화학적 특징을 찾아보기로 한다면 이들 두 원소는 Ion으로써의 상태가 같을뿐 아니라 Electron Valence Shell의 구조도 같다는 것이다. 즉 이들 두 원소의 Ion은 Coordination number가 4 이고 이들 Ion은 둘다 Tetrahedral Complex을 형성하려는 경향이 있는 것이다. 이러한 Zinc와 Copper 두 원소간의 물리적 그리고 화학적 구조가 같다는 점에서 다음과 같은 가정을 내세울 수 있다고 우리는 생각된다.

즉 원소들간의 물리적 그리고 화학적 구조가 같은 경우 이들 두 원소는 Antagonistic한 상호관계가 있다는 것이다. 이러한 가정을 일단 내세우고 그리고 위에서의 실험결과에서 본 Copper와 Zinc의 Antagonistic한 상호관계를 염두에 두고 Copper와 비슷한 물리적 그리고 화학적 구조를 가진 다른 원소와 갖지 않은 원소들을 생각하여 보기로 하겠다.

Cadmium의 경우 구조상으로 Copper나 Zinc와 같으므로 Cadmium은 Copper와 Zinc에 Antagonistic한 것이며 Mercury는 구조상으로 이들과 다르기 때문에 Antagonistic한 상호관계는 찾아볼 수 없을 것이다. Silver의 경우 이 원소는 Copper가 Cupric한 상태로 있을 경우는 구조상으로 Silver와 같기 때문에 서로 Antagonistic할 것이나 Zinc의 경우는 구조상으로 Silver와 다르기 때문에 상호관계는 찾아볼 수 없을 것이다. 여기에 대한 실험결과 즉 Cadmium, Zinc 그리고 Copper간의 상호관계는 표 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. Interaction of cadmium with zinc and copper

Cu, ppm	Zn, ppm	Cu, ppm	
		0	10
Body wt. gm			
0	0	214	246
100	0	131	163
0	200	174	222
100	200	149	187
Mortality <sup>a</sup>			
0	0	4	1
100	0	17	1
0	200	13	0
100	200	19	1

<sup>a</sup> No. out of 20 chicks at 19 days.

Cadmium첨가시 특히 닭의 사망률에서 Copper와 의 Antagonistic한 상호관계를 볼 수 있었고 Cadmium과 Zinc를 동시에 첨가하였을 경우 Zinc만 첨가하였을 때 보다 성장의 감소와 폐사율의 증가를 볼 수 있다는 것은 Cadmium과 Zinc와의 Antagonistic한 상호관계를 보여주는 것이다. Silver의 경우 표 3에서 보는바와같이 100ppm 이상의 Silver를 첨가하였을 경우 Copper를 첨가하지 않은 구에서는 성장의 저하를 가져왔지만 첨가구에서는 별 변화가 없었다. 폐사율은 50ppm이상의 Silver를 사료에 첨가시 이의 증가를 볼 수 있었고 Elastin함량의저하는10ppm이상의 Silver첨가시에 Copper를 첨가하지 않은 구에서 찾아볼 수 있었다. 여기에서 Silver와Copper와의 상호관계를 볼 수 있었고 이러한 현상은Copper를 사료에 첨가함으로써 극복됨을 보여주고 있다.

물리적 그리고 화학적 구조상으로 Copper와 다른 Mercury는Copper와 Zinc 그리고 Copper와 Cadmium에서 볼 수 있었던 Antagonistic한 상호관계와는 전혀 다른 관계를 보여주고 있다. 표 4에서 보는 바와같이 Mercury를 첨가하였을 경우 Copper를 첨가한 구에서 닭의 성장 저해를 볼 수 있었고 첨가하지 않은 구에서는 Mercury가 주는 영향을 찾아볼 수 없었다. 이것은 표 5에서 보는바와 같이 닭의 폐사율에서도 찾아볼 수 있다.

우리의 가정대로 물리적 그리고 화학적 구조가 같은 Copper, Zinc Cadmium 그리고 Silver와Copper에서 사양실험을 통하여 Antagonistic한 상호관계를

Table 3. In vivo interaction between silver and copper

Ag ppm	Cu, ppm			Cu, ppm			Cu, ppm			Cu, ppm		
	0	10	25	0	10	25	0	10	25	0	10	25
	3-week body wt <sup>a</sup> , gm			Mortality 4 wk <sup>b</sup>			Hb gm/100cm <sup>3</sup>			Aortic elastif %wet wt		
0	145	196	232	5	2	3	7.45	7.17	7.72	7.58	11.63	12.12
10	125	190	229	5	1	2	6.37	7.32	9.00	5.39	11.68	10.46
25	139	199	244	3	0	0	6.05	7.35	8.22	4.92	14.58	12.45
50	126	240	243	10	2	0	5.02	7.40	7.30	6.67	12.05	11.15
100	110	174	240	12	1	4	4.62	7.00	7.60	5.26	11.03	11.33
200	96	187	207	13	0	0	3.52	7.75	8.32	4.78	11.59	12.46

<sup>a</sup> Twenty chicks started in each treatment.

<sup>b</sup> Mean of 4 determinations in each treatment.

<sup>c</sup> Mean of 5 determinations in each treatment.

Table 4. Interactions of copper with mercury and zinc

	Cu, ppm		
	0	25	body wt, gm 2 weeks
Mercury, ppm	0	100	130
	400	104	111
Zinc, ppm	0	107	119
	400	95	123

Table 5. Effect of mercury, zinc, and cadmium on mortality of chicks

Supplement	Cu, ppm	
	0	25
None	No. dead of 20 started	
	3	0
Zn, 400ppm	19	3
Cd, 100ppm	19	5
Hg, 400ppm	1	7
Zn, 400+ Cd, 100ppm	20	2
Cd, 100+ Hg, 400ppm	20	12
Zn, 400+ Hg, 400ppm	14	3
Hg, 400+ Cd, 100+ Zn, 400ppm	19	8

볼수 있었고 구조상으로 다른 Copper와 Mercury 에  
서의 Antagonistic한 상호관계는 없었다. 이와같은

구조상으로 같은 원소들간의 상호관계를 다른 원소  
즉 Vanadium이나 Chromium 그리고 Selenium과 Arsenate  
에서도 찾아볼 수 있는지는 흥미있는 문제라고  
생각된다. Vanadium은 구조상으로 Cadmium과 같  
으며 Vanadium을 25ppm정도 사료에 첨가시 매우  
toxic하여 닭이 전멸할 정도로 독한 원소이다. Vanadium  
20ppm첨가구와 첨가하지 않은 구에다 Chromium

Table 6. Interaction of vanadium and chromium on growth and mortality of chicks

Chromium ppm	Vanadium ppm		Vanadium ppm	
	0	20	0	20
	3wk wt, gm		% mortality	
0	238	98	6.7	86.6
500	257	125	6.7	66.7
1000	233	159	10.0	40.0
2000	183	193	6.7	13.3

Table 7. Interaction of vanadate and chromate on oxidative phosphorylation

Chromate mM	Vanadate mM	
	0	1
0	1.85	0.75
0.1	1.62	0.98
1.0	1.75	1.38
10	1.81	1.30

Table 8. Interaction of selenate and arsenate on a oxidative phosphorylation

Selenate mM	Arsenate mM	
	0	20
	p/o	
0	1.72	0.59
2	1.68	1.26
20	1.56	1.46
50	1.58	1.30

을 첨가하여 닭의 성장 및 사망률을 관찰하여본 결과는 표 6에서 보는바와 같다.

Chromium을 첨가하지 않았을 경우 Vanadium은 닭에 매우 toxic하나 Chromium의 첨가량이 증가됨에 따라 Vanadium의 toxic한 영향은 감소되었고 Chromium의 첨가량이 2,000ppm인 경우 Vanadium 20ppm에 의한 독성은 아주 적었다.

Oxidative phosphorylation의 경우 Vanadium에 대한 Chromium의 영향도 재미있는 결과라 생각된다.

표 7에서 보는바와 같이 incubation medium에 Chromium양이 증가됨에 따라 Vanadium에 의한 Oxidative phosphorylation에 Uncoupling이 감소됨을 볼수있다.

Arsenate도 Vanadium과 같이 Oxidative Phosphorylation을 Uncoupling 하는데 Arsenate와 구조상으로 같은 Selenate도 Chromium과 같은 역할로 Arsenate에 의한 Uncoupling을 감소시킨다. 표 8에서 보는 바와 같이 incubation medium의 Selenate의 함량에 비례하여 Arsenate를 첨가한 구에서 Oxidative Phosphorylation의 증가 즉 Uncoupling현상에 감소를 볼 수 있다.

Vanadium과 Chromium 그리고 Arsenate와 Selenate의 실험결과를 통하여 구조상으로 상사한 원소들간의 상호관계는 Copper에 Antagonistic한 원소들에만 국한된 것이 가니라는 것을 알수 있다. 이와같은 원소들간의 상호관계는 아직 조사되지 않은 다른 원소들에서도 찾아볼 수 있는 흥미있는 문제라고 생각된다.