

아연과 망간의

중요성



유 문 일 교수
(연암축산원예전문대학)

I. 서 론

광물질은 비록 체조성을 구성하는 비율에 있어서는 2~5%의 적은 양이지만 이들 광물질의 중요성은 유기 영양소가 체내에서 잘 이용될 수 있도록 해 주고 있을 뿐만아니라, 광물질 자체가 부족하면 여러가지 특이한 부족증상이 나타나게 되기 때문에 사료중의 광물질 공급은 다른 영양소와 마찬가지로 대단히 중요하다.

광물질은 체내에서의 기능에 따라 필수광물질, 준필수광물질, 비필수광물질, 중독광물질로 구분되며 필수광물질은 다시 체내에서 필요한 양에 따라 비교적 많은 양이 공급되어야 하는 광물질을 다량광물질이라 하고 비교적 적은 양이 요구되는 광물질을 미량광물질이라 한다. 다량광물질에 대해서는 비교적 중요성이 많아 강조되어 왔지만 미량광물질은 흔히 중요성을 잊기 쉽다. 여기서는 미량 광물질중에서 우선 Zn과 Mn에 대하여 중요성과 생리적기능, 결핍

증, 요구량등에 대하여 간단히 설명코자 한다.

표 1. 광물질의 분류

구	분	광	물	질
필수 광물질	다량	칼슘 (Ca), 마그네슘 (Mg), 나트륨 (Na), 칼륨 (K), 인 (P), 염소 (Cl), 유황 (S)		
	미량	아연 (Zn), 망간 (Mn), 철 (Fe) 구리 (Cu), 코발트 (Co), 요드 (I), 셀렌 (Se), 불소 (F), 몰리브덴 (Mo), 비소 (As)		
준필수광물질		바륨 (Ba), 브롬 (Br), 스트론튬 (Sr) 니켈 (Ni), 규소 (Si), 바나듐 (Vd), 루비듐 (Rb), 알루미늄 (Al)		
비필수광물질		붕소 (B), 납 (Pb), 주석 (Sn), 크롬 (Cr), 수은 (Hg), 금 (Au), 은 (Ag)		
중독 광물질		불소 (F), 구리 (Cu), 셀렌 (Se), 몰리브덴 (Mo), 비소 (As), 크롬 (Cr), 수은 (Hg), 카드뮴 (Cd)		

II. 아 연(Zinc : Zn)

1. 아연의 중요성

돼지체내의 Zn함량은 어린돼지에서는 체중 kg당 약 10mg정도 있으며 성돈에서는 체중 kg당 약 25mg정도 있는데 체내 각 부위에 골고루 분포되어 있다. Zn공급이 부족하면 체내의 여러가지 효소작용이 억제되어 여러가지 대사작용이 방해를 받게 되는데 Zn부족시 생화학적 대사장애로는 ① 탄산탈수소효소의 작용이 되지 않아 생체기능조절에 방해가 되며 ② Zn은 핵산과 단백질대사에도 영향을 주는데 Zn부족시에는 DNA·RNA합성이 지연되어 단백질합성능력도 떨어지며 따라서 세포의 증식·성장등이 지연된다. ③ Zn결핍시에는 혈장의 알칼린 포스파타제 (alkaline phosphatase), 간, 눈의망막, 고환조직의 alcohol dehydrase, 결체조직과 태아의 thymidine kinase등 많은 효

아연은 정상적인 골격의 발달 및 유지뿐만 아니라 피부, 털을 건강하게 유지해주는 필수적인 원소이다. 또 효소의 구성성분으로도 대단히 중요하다.

소의 작용이 억제된다.

④ Zn부족은 탄수화물대사와 지방조직대사에 이상이 생기며 ⑤ prostagl-

-andin의 대사에도 중요한 작용을 한다.

따라서 Zn공급의 부족은 대사장애를 초래하게 되며 나아가서 고유의 결핍증상들이 나타나게 됨으로 사료에 부족하지 않도록 충분히 공급해 주어야 한다.

2. 생리적 기능과 결핍증

Zn은 정상적인 골격의 발달 및 유지뿐만 아니라 건강한 피부, 털 유지에 필수적인 원소이며 사료의 소화작용이나 호흡작용 및 다른 영양소의 대사작용에 관여하는 여러가지 효소의 구성성분으로 대단히 중요하다.

Zn은 또한 인슈린의 기능과 정상적인 미각유지, 상처의 치료, 번식기관의 정상적 발달과 기능유지, 뼈의 석회화등에도 중요한 역할을 하고 있는데 만약 공급량이 부족하면 여러가지 결핍증상이 나타나며 대표적인 결핍증상을 열거하면 다음과 같다.

- ① 식욕부진, 성장울저하, 이로 인한 사료 효율의 불량
- ② 설사 및 구토
- ③ 피부염 (dermatitis) 또는부전각화증 (Parakeratosis)
- ④ 생식기관의 발육불량 및 기능 저하
- ⑤ 임신 및 수유능력의 장애
- ⑥ 비정상적인 골격형성(크기 및 강도의 감소)
- ⑦ 피부병균에 대한 저항성 약화
- ⑧ 상처회복 지연 등을 들수 있으며 이 외에도 준 임상적 증상으로는 혈청조직 및

젖의 아연함량 감소, 혈청알부민 및 글로부린 비율감소, 혈청 알카린 포스파타제 감소, 홍선의

증량감소등이 관찰된다.

Zn결핍시 가장 대표적인 결핍증상은 피부염, 즉 부전각화증이다. 1953년 kernkamp와 Ferrin은 11년간이나 경험했던 돼지의 피부병, 즉 parakeratosis를 처음으로 보고 하였으며 1955년에 Tucker와 Salmon은 사료의 칼슘과 인의 수준은 돼지의 피부병 즉, parakeratosis 발생에 크게 영향을 주었으나 0.02%의 탄산아연을 사료에 첨가함으로써 피부병을 예방 또는 치료할 수 있었다고 발표한 이후 부전각화증과 아연 또는 이와 관련된 다른 광물질과의 상호 관련에 대하여 많은 연구가 이루어졌다.

양돈사양에서 나타나는 일반적인 증세를 보면 피부에 이상이 초래하게 된다. 피부에 이상이 올때는 먼저 식욕부진과 함께 사료섭취량과 증체량이 점점 떨어지며 며칠내로 피부에 이상이 볼수있다. 다리의 안쪽과 배부위의 피부가 붉어지고 딱지가 진행되는 발진증상을 보인다. 딱지는 점점 더 커지며 딱딱해지고 다리·주둥이·귀·눈·입 주위로 퍼지며 돼지는 대단히 고통스러워 하고 피모는 길고 거칠어지며 자주 각질화된 부분을 비벼대며 때로는 피모가 빠지기도 한다.

3. Zn 요구량에 영향을 주는 요인

Zn의 정확한 요구량을 결정하기 위해서는 Zn이용성에 영향을 주는 여러 요인들을 고려하여야 하는데 그 중요 요인들은 대개 다음과 같은 사항들이다.

1). Ca와 P의 함량이 높으면 Zn 공급량도 많아야 한다.

Ca가 증가하면 Zn 요구량도 증가되어야 하는 기전에 대해서는 아직도 분명하게 밝혀져 있지 않지만 소장 상단부(12지장부분)에서 과량의 Ca와 P가 결합되어 침전물을 형성하며 이 침전물은 Zn을 흡수하여 소장내를 통과함으로 Zn의 흡수율은 낮아지고 따라서 Zn의 요구량이 더 많아야 하는 것으로 알려져 있다. 그런데 사료의 P함량의 증가는 Zn요구량을 오히려 어느정도까지 감소시킨다는 실험결과도 있다.

2). 피틴산(Phytic acid)의 함량이 많으면 Zn 이용성은 떨어진다.

이것은 Zn과 피틴산이 결합하여 피틴태아연을 형성하게 되며 소화관내에서 불용성이 되어 흡수되지 않는다. 그러나 사료 kg당 8.9g의 피틴산을 함유한 사료를 성장중인 수태지에게 급여하여도 Zn결핍증은 나타나지 않았다는 보고도 있다(Bremner, 1976).

3). 사료중에 함유된 단백질의 특성에 따라 Zn요구량도 영향을 받는다.

우유단백질의 비율이 많은 사료를 급여하면 Zn함량이 사료 kg당 6~16mg으로 낮아도 영향이 없었으나 우유단백질 대신 콩단백질로 대체시키면 사료 kg당 Zn함량이 22mg이나 되어도 부전각화증이 발생 될 수 있었으며(Smith등, 1962), Zn함량이 사료 kg당 27-36mg이나 되어도 부전각화증이 발생될 수 있다. (Miller등, 1966).

4). 비타민 D는 Zn흡수를 증가시키는 것으로 알려져 있다.

Zn는 뼈의 석회화나 성장을 자극함으로써 Zn 요구량이 많아지는데 대한 항상성유지에 원인이 있다. 그러나 사료의 비타민D 함량을 증가시키면 Zn흡수율과 체내 축적율은 오히려 저하

된다는 보고도 있다(Whiting과 Bezeau, 1958).

5). 건조사료는 젖은사료를 급여한 같은 조성의 사료에 비해 부전각화증이 더 많이 발생될 수 있다.

사료의 Zn함량이 38mg/kg인 사료를 고압멸균하여 급여하면 Zn축적율은 34%까지 증가하지만 그대로 급여하면 축적율은 26%밖에 되지 않는다는 보고도 있다.

7). Fe는 부전각화증에 대하여 Zn과 길항작용을 하며 Zn은 사료의 Fe이용성을 감소시킨다.

8). 구리함량이 많으면 Zn함량도 많아야 된다.

9). Zn증가는 카드뮴(Cd)중독을 예방할 수 있다.

10). Zn결핍증은 코발트, 마그네슘, 니켈 급여로 예방할 수 있다.

11). 지방 특히 포화지방산의 함량이 많으면 Zn수준도 높은 것이 좋다.

4. Zn의 요구량

Stevenson과 Earle(1956)는 Ca함량이 1.0%인 육성돈사료를 급여할때 부전각화증을 예방할 수 있는 사료의 Zn수준은 44ppm~80ppm 사이에 있다고 하였고 Hoekstra등(1956)은 50ppm의 Zn공급은 부전각화증을 예방할 수 있다고 하였다.

한편 Dahmer등(1972)은 100ppm의 Zn 공급은 부전각화증을 예방할 수 있다고 하였으며 Lewis등(1957)은 0.8%의 Ca를 함유한 사료에 100ppm의 Zn을 첨가 급여하면 증체율도 개선되고 부전각화증도 예방할 수 있다고 하였다.

이외에도 많은 사양시험의 결과들을 종합하면 Zn의 적정 공급수준은 대개 50~100ppm의 위내에 있다는 것을 알수 있다.

NRC 사양표준에 의하면 사료의 Zn공급 수준

표 2. 돼지의 Zn 및 Mn 요구량 (NRC, 1979)

체 중 (kg)	Zn 요 구 량		Mn 요 구 량	
	사료중의합량 (mg/kg)	1 일공급량 (mg)	사료중의합량 (mg/kg)	1 일공급량 (mg)
1 - 5	100	25	4	1
6 - 10	100	50	4	2
11 - 20	80	80	3	3
21 - 35	60	90	2	3
36 - 60	50	100	2	4
61 - 100	50	150	2	6
종 돈	50	90	10	18
포유 모돈	50	200-275	10	40-55

은 체중 10kg까지의 어린 돼지에서는 사료 kg당 100mg (100ppm)이며 체중 20kg까지는 80mg, 체중 35kg까지는 60mg이고 비육돈 및 종돈 포유모돈 사료에는 50mg을 권장하고 있다 (표 2 참조).

ARC 사양표준에는 모든 돼지에 대하여 부전 각화증을 예방할 수 있는 적정 Zn수준은 사료 고형물 kg당 50mg이라고 하였다.

따라서 Zn공급은 사료 kg당 최저 50mg 에서 최고 100mg정도면 충분한 공급수준이 될 수 있다.

5. Zn의 중독성

Zn도 너무 많은 양을 섭취하면 독성을 나타낸다.

Brink등 (1959)에 의하면 Zn의 최대허용 수준은 탄산아연으로 0.1%라고 하였으며 이 수준보다 많은 양을 공급하면 중독증상이 나타나는데 Zn중독 증상으로는 증체량 감소, 사료섭취량 및 사료효율의 저하현상을 초래하며 그외에도 관절염, 용혈현상, 장염, 위장염등이 나타난다고 하였다. 한편 NRC 사양표준에도 Zn의 중독수준은 사료 kg당 2,000mg이며 중독증상으로는 Brink등이 보고한 것과 같은 증상이었다. 또한 ARC 사양표준에서도 Zn의 중독수준은 사료 건

아연은 돼지에게 꼭 급여해야 하나 너무 많은 양을 급여하면 증체량 감소, 사료섭취량 및 사료효율이 떨어진다.

물kg당 2,000mg이라고 하였다.

Klaus등 (1958)은 Zn을 1일 10g까지 육성돈에 급여하였더니 2.5g까지는 영향이 없었으나 Zn 2.5g 이상을 섭취할 경우 사료를 전혀 섭취하지 못하였다고 하였다.

6. Zn의 공급원

사료에 들어있는 Zn함량은 표 3과 같은데 일반적으로 곡류사료에는 Zn이 가장 적게 들어 있으며 강피류사료에는 비교적 많은 양이 들어 있다. 단백질사료에는 사료에 따라 다소 차이가 있지만 비교적 많은 양이 들어 있다.

표 3. 사료의 Zn 및 Mn 함량

(단위 : mg / kg)

사 료	Zn	Mn	사 료	Zn	Mn	사 료	Zn	Mn
옥수수	10	5	밀 기울	95	100	대두박	27	32.3
밀	14	62-2	탈 지 강	30	138	면실박	57	21.5
보 리	17	8	말 분	64	43	아마박	70	37.3
수 수	14	12-9	알팔파밀	17	28	채종박	83	61.0
어 분	147	33	육 분	103	9.5	임자박	79	33.0

표 4. Zn 공급제

구 분	분 자 식	Zn함량 (%)
탄산아연 (Zinc carbonate)	5 ZnO, CO ₃ , 4H ₂ O	56.0
염화아연 (Zinc chloride)	ZnCl ₂	48.0
산화아연 (Zinc oxide)	ZnO	80.3
황산아연 (Zinc sulfate)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	22.7
"	ZnSO ₄ ·H ₂ O	36.4

Zn이용성에 관계되는 여러요인에 따라 Zn의 이용성에 차이가 있기 때문에 Zn공급에 유의할 필요가 있다. 사료중의 Zn함량이 부족할 경우 Zn공급제를 사용해서 보충해 주어야 하는데 중요한 Zn공급제는 표 4와 같다.

Zn공급제는 미량이나마 Pb, As, Hg, Cd 등의 중독성 광물질이 함유될 수가 있기 때문에 Zn이 부족할 경우 Zn공급제의 단독 사용보다는 다른 미량광물질이나 비타민 등이 혼합된 복합 첨가제를 사용하면 안전하게 Zn을 공급할 수 있다.

Ⅲ. 망간(Manganese : Mn)

망간은 뼈의 형성, 번식활동 및 신경계의 정상적 기능유지에 필수적인 광물질이며 생체기능을 조절하는 여러가지 효소의 활성제로써 중요한 작용을 하고 있다.

1. 생리적 기능 및 결핍증상

1) Mn은 골격형성에 필수적이다.

Mn이 부족하면 뼈의 발육이 불량해 진다. 돼지의 경우 다리가 짧고 휘어지며 관절이 붓고 걸음이 비정상적이며 균형을 잡기가 어렵다. 특히 Mn은 glycosyltransferase라는 효소의 활성에 관여하는데 이 효소가 부족하면 연골조직 성분인 mucopolysaccharide의 chondroitin sulfate 합성이 저해된다.

2) Mn은 번식활동에 필요하다.

Plumlee 등(1956)에 의하여 0.5ppm의 저수준에서는 발정이 불규칙하거나 발정이 오지 않으며 태아가 재흡수되거나 견지 못하는 허약한 새끼를 분만하고 유방발달이 불량하며 젖분비가 거의 되지 않으며 젖에는 Mn함량이 33%나 적었다고 하였다. 그러나 Mn부족시 번식능력이 떨어지는 원인에 대해서는 아직도 확실하지 않

으나 홀몬의 합성모체가 되는 콜레스테롤 또는 기타 스테로이드 합성이 억제되기 때문이라고 보고 있다.

3) Mn부족은 지방대사에 영향을 준다

Mn은 콜린과 같이 작용하는데 Mn과 콜린을 보충 급여하면 지방축적과 등지방층이 감소된다고 한다. 콜린 결핍시에는 간의 Mn함량도 감소되며 cholesterol합성의 전구물질인 squalen의 형성이 억제된다.

4) Mn은 조직내의 효소의 활성화에 관여하며 특히 미토콘드리아의 구조와 기능에 영향을 주게된다.

Mn이 부족하면 임상적 증세로서는 성장불량으로 사료효율이 저하되며 성장하는 돼지의 걸음걸이가 비정상적이고 발정이 불규칙하며 유선조직의 발달불량, 태아흡수 및 임신중인 미경산돈은 지방이 축적되고 균형감각이 없는 허약한 새끼를 분만하게 된다. 또한 준임상적 증상으로는 골망상 조직이 섬유성 조직으로 대체되며 원심골단판의 조기폐쇄, 저혈청망강 및 뼈의 alkaline phosphatase의 감소 등이 나타난다.

망간은 뼈의 형성, 번식활동 및 신경계의 정상적 기능유지에 없어서는 안될 필수광물질이다.

2. Mn의 요구량 및 중독성

돼지에 대한 Mn급여시험은 많지 않으며 또한 정확한 요구량에 대해서도 실험결과에 따라 다소 차이가 있다.

Johnson(1940)은 Mn이 사료중에 0.3ppm 들어 있으면 만족할만한 성장율을 얻을 수 있었으나 조직내의 Mn수준은 크게 감소되었다고 하였으며, 또다른 시험에서는 사료중의 Mn수준이 7~10ppm에서도 돼지가 잘 성장하였다고 보고

하였다.

그러나 Keith 등(1942)은 11~14ppm에서는 성장율은 저하되지 않았으나 골격의 발달은 불량하였다고 하였다. Grummer 등(1950)은 Mn을 12ppm 함유한 사료를 급여하여도 성장이나 골격 발달은 충분하였는데 여기에 다시 40ppm의 Mn을 보충해 주었더니 가장 좋은 일당증체량을 얻을 수 있었다고 하였다. 이 실험결과에 의하면 Mn 요구량에는 상당한 변이가 있는 것 같다.

Plumlee 등(1956)도 0.5~40ppm의 Mn 수준에서는 육성비육돈의 성장율이나 사료효율에 차이가 없었으며 임신·표유시에는 0.5ppm의 저수준에서는 Mn 부족증상이 발생되었다고 하였다.

Leibholz 등(1962)도 Mn 0.4ppm은 어린 돼지의 요구량을 충족할 수 있었으며 따라서 별도로 Mn 보충제는 사용하지 않고 사료중의 Mn 함량만으로도 정상적인 성장을 기대할 수 있다고 하였으며, Mn 4,000ppm 수준에서도 중독증상은 없었으나 성장율이 크게 감소되었다고 하였다. 또한 Kayonog-male 등(1975)은 어린 돼지의 Mn 요구량은 3~6ppm 사이에 있다고 하였다.

이상의 실험결과들을 종합해 보면 Mn 수준은 0.3ppm에서 40ppm까지 상당한 차이를 보여 주는데 육성비육돈에 비해 종돈의 요구량이 약간 높다고 하겠다. NRC(1979) 사양표준에는 육성비육돈인 경우 사료 kg당 2~4ppm이나 번식돈의 경우 10ppm을 권장하고 있다. (표 3참고) 또한 ARC 사양표준에는 육성돈의 경우 4~16mg/kg의 범위내에 있다고 하였으며 번식돈의 경우 6~12mg/kg인데 모든 돼지에 대하여 사료 kg당 10mg이 적당하다고 하였다.

Mn의 과다공급은 성장을 감소, 사료섭취량이 감소되며 걸음걸이가 비정상적인데 Hale(1971)은 1,000~2,000ppm에서 증체율, 사료효율이 감소되었으며 500ppm에서도 식욕감퇴, 성장율이 감소되었다(Grummer 등, 1950).

**육성 비육돈에는 사료kg당 2~4ppm,
번식돈에는 10ppm을 급여하는
것이 바람직하다.**

표 5. Mn 공급제

구 분	분 자 식	Mn함량(%)
탄산망간(manganese carbonate)	Mn CO ₃	47.8
염화망간(manganous chloride)	Mn Cl ₂ ·4H ₂ O	27.8
산화망간(manganous Oxide)	MnO	77.4
황산망간(manganese Sulfate)	Mn SO ₄ ·5H ₂ O	22.7
황산망간(manganous Sulfate)	Mn SO ₄ ·H ₂ O	32.5

NRC 사양표준에는 사료kg당 4,000mg을 중독수준으로 하였으며 ARC에서는 1,000ppm 이상은 초과하지 않아야 된다고 하였다.

3. Mn의 공급원

사료의 Mn함량은 식물이 성장하는 토양에 따라 다소 차이가 있으나 곡류사료에는 옥수수 보리등이 다른 곡류에 비해 적으며 강피류사료에는 비교적 많이 함유되어 있다. (표 3참고)

Mn공급제조는 여러가지가 있지만 황산망간, 탄산망간, 산화망간 등의 이용효율이 비교적 좋은 것으로 알려져 있다. 보통의 사료에 함유된 Mn수준으로는 특히 부족하지 않지만 광물질 첨가제 등에는 Mn이 첨가되어 있으므로 첨가제를 사용하면 안전하다고 하겠다.

