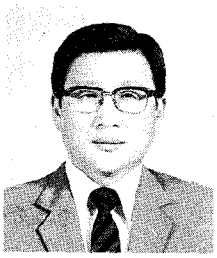
연재

축우의 미량광물질 결핍증상과 급여요령②



신 형 태
성균관대학교 낙농학과 교수

1. 아연의 생리적 기능 공급원과 이용율, 요구량 및 결핍증상

1) 생리적 기능

아연(Zn)은 체내에 널리 분포되어 있는데 고환의 정소(精巢)와 타액에도 포함되어 있다(Miller 등, 1968). 젖소의 경우 고온 또는 케도시스(Ketosis)에 걸렸을경우 혈청내 아연 함량은 저하되지만 유방염에 감염되면 혈청내 아연 함량이 증가한다(wehner등, 1973).

아연의 중요한 생리적 기능을 열거하면 다음과 같다.

① 여러가지 효소의 구성성분이며 aldolase, enodase 및 catalase등의 활성제로서 탄수화물 대사작용, 단백질 합성작용 및 핵산의 대사작용에 관여 한다.

② 아연은 RNA와 DNA를 합성하므로서 항체를 만들어 질병에 대한 저항력을 갖게 한다(기계 착유에 의한 유방염 예방).

③ 아연은 난포자극호르몬(FSH)과 황체호르몬(LH)의 기능을 촉진시키는 등 축우의 번식에 관여 한다.

④ 아연은 비타민A의 이용에 관여하므로서 시각작용에 필수적이다(Arora 등, 1969).

2) 공급원과 이용율

주요조사료와 곡류사료의 아연함량은 각각 표1 및 표2와 같은데 밀기울의 아연함량이 128PPM으로 가장많다. 일반적으로 식물이 성장함에 따라 아연함량이 저하되며 특히 산성토양을 개량하기 위하여 석회를 뿌린 토양에서 자란 식물에는 아연 함량이 낮다.

아연 공급원과 축우에 의한 생물학적 이용율은, 표3과 같은데 산화아연은, 이용성은 높으나 (납pb)과 카드늄(cd)이 함유되어 있어 취급시에 호흡

기 보호용 마스크를 착용하여야 하며 또한 건·냉소에 보관해야 한다. 그러므로 아연 공급원으로는 축우에게 이용성도 높고 안전한 황산아연($ZnSo_4$)을 사용하는 것이 좋다.

표1. 주요사료의 미량광물질 함량(mg/kg)

구 분	국제사료번호	아연	요오드	셀레늄
건 초				
알 팔 파	1-00-059	25	-	0.54
켄터키블루그래스	1-00-776	-	-	-
라디노클로버	1-01-378	17	0.30	-
레드클로버	1-01-415	15	0.25	
오차드그래스	1-03-428	38	-	-
이탈리안라이그래스	1-04-065	-	-	-
티 머 시	1-04-884	54	-	-
고 간 류				
볏 짚	1-03-925	-	-	-
보 릿 짚	1-00-498	7	-	-
밀 짚	1-05-175	6	-	-
사 일 리 지				
옥 수 수	3-28-250	21	-	-

자료 : NRC(1984)

표2. 곡류 및 강피류사료의 미량광물질 함량(mg/kg)

구 분	국제사료번호	아연	요오드	셀레늄
곡 류 사 료				
보 리	4-00-549	19	0.05	0.22
카 사 리	4-09-598	-	-	-
G S P	4-02-156	-	-	-
옥 수 수	4-02-931	16	-	-
귀 리	4-03-309	41	0.11	0.26
호 밀	4-04-047	36	-	0.44
수 수	4-20-892	-	-	-
밀	4-05-211	50	0.10	0.30
강피류사료				
쌀 겨	4-03-928	32	-	0.44
밀 기 울	4-05-190	128	0.07	0.43

자료 : NRC(1984)

표3. 아연공급원별 아연함량 및 생물학적 이용율

아연 공급원	아연함량(%)	생물학적이용율(%)
초산아연[$Zn(C_2H_3O_2)_2$]	29.79	-
탄산아연($ZnCo_3$)	52.15	-
염화아연($ZnCl_2$)	47.97	높음
산화아연(ZnO)	78.00	100
황산아연($ZnSo_4$)	36.36	높음

자료 : Ammerman과 Miller(1972).

3) 요구량과 결핍증상

아연의 요구량은 아연의 흡수및 이용에 영향을 미치는 칼슘 및 피틴산(phytic acid) 함량에 따라 다르며 또한 기생충에 감염되었을 경우에도 많은 양의 아연이 소실되므로 아연 요구량이 많아진다.

사료내 아연 함량이 우유내 아연으로 이행되는 비율은 표4와 같으며 젖소의 아연 요구량은 40PPM (NRC, 1989)이고 육우의 아연 요구량은 30PPM으로서 젖소의 아연 요구량이 육우보다 10PPM 높다.

그리고 송아지 사료에 아연을 500PPM이상, 성우 사료에 1,000PPM이상 급여하면 설사등과 같은 중독 증상이 나타나므로 요구량 이상 급여 할 필요는 없다.

표 4. 착유우 사료내 아연함량이 우유로 이행되는 비율

단미사료	사료내아연 함량(PPM)	우유내아연 함량(PPM)	우유로이행 되는비율(%)
실험 Ⅰ			
비트 펄프	17	3.3	18
비트 펄프	39	4.2	9
실험 Ⅱ			
사일레지+곡류	44	4.2	12
사일레지+곡류	372	6.7	2.2
사일레지+곡류	692	8.0	1.6
사일레지+곡류	1,279	8.4	0.8

자료 : Miller(1975).

> 요오드의 중요한 생리적 기능은 갑상선호르몬(thyroxiline)의 합성인데 요오드의 체내대사는 갑상선호로몬의 기능 및 대사와 밀접한 관계가 있다. Thyroxine은 축우의 에너지 대사를 조절하고, 성장이나 번식에 관여하며 단백질이나 지방의 대사를 촉진 시킨다. 만약 이 호르몬이 과다하게 분비되면 단백질과 지방의 체내 축적이 억제되어 가축이 야위게 된다

지금까지 발표된 아연의 결핍증상은 다음과 같다.

① 사료섭취량 및 사료효율 감소등에 의하여 송아지의 일당 증체량이 적다(표 5).

② 제1위내 휘발성 지방산량이 감소되고, 단백질의 이용성이 떨어져서 산유량이 감소한다(표 6).

표5. 사료내 아연 함량이 송아지(9~20주령)의 사료섭취량, 증체량 및 사료요구량에 미치는 영향.

항 목	아연 함량(PPM)	
	6	40
일당사료섭취량(kg)	1.757	2.586
일당 증체량(kg)	0.314	0.757
사료요구량	5.595	3.416

자료 : Miller 등(1965).

표 6. 사료내 아연 함량과 산유량 및 증체량

항 목	아연 함량(PPM)	
	12.5(옥수수 사일레지)	43.7(옥수수 사일레지+ZnO)
일당산유량(kg)	17.83	19.52
일당 증체량(kg)	0.55	0.69

자료 : Voelker 등(1969).

③ 간장내 비타민A의 동원력 감소에 의하여 시력장애가 생긴다.

④ 가려움증의 피부병이 생기며, 입과 눈 주위의 털이 빠지고, 목주위의 피부와 다리 안쪽 및 발꿈치가 각질화 된다.

⑤ 이빨을 갈며 타액을 과도하게 분비 한다(Miller와 Miller, 1962).

⑥ 송아지에게 아연이 부족하면 무기력해지고 2차 감염에 대한 감수성이 높아진다.

⑦ 암소에서는 유두가 괴사되어 유방염이 걸리기 쉬우며, 임신 지연, 불규칙한 발정, 난소내 포낭 퇴화, 분만후의 후산정체등의 번식장애가 있다(NRC, 1989).

⑧ 숫소의 경우에는 고환의 발달이 지연되고, 정충의 생성이 저하된다(Neathery등, 1973).

2. 요오드의 생리적 기능, 공급원과 이용율, 요구량 및 결핍증상

1) 생리적 기능

축우 체내의 요오드(I)함량중 60~70%는 갑상선에 함유되어 있으며 혈액과 근육에 각각20~25% 10~15% 함유되어 있다. Miller등(1973)의 보고에 의하면 염증이 생긴 조직의 요오드 함량이 정상조직의 요오드 함량보다 24~218%더 증가하였는데 이와 같은 현상은 요오드가 백혈구와 같이 세균을 죽이는 역할을 하는 것이라 생각된다.

요오드의 중요한 생리적 기능은 갑상선호르몬(thyroxiline)의 합성인데 요오드의 체내대사는 갑상선호로몬의 기능 및 대사와 밀접한 관계가 있다. Thyroxine은 축우의 에너지 대사를 조절하고, 성장이나 번식에 관여하며 단백질이나 지방의 대사를 촉진 시킨다. 만약 이 호르몬이 과다하게 분비되면 단백질과 지방의 체내 축적이 억제되어 가축이 야위게 된다.

2) 공급원과 이용율

사료작물에 포함되어 있는 요오드 함량은 품종과 토양중의 요오드 함량에 따라 다른데 질소질 비료를 많이 급여한 사료작물내 요오드 함량은 낮다. 일반적으로 조사료의 요오드 함량이 곡류와 식물성 단백질 공급원 보다 높다(표 1과 표 2).

요오드 공급원과 축우에 의한 생물학적 이용율은 표7과 같은데 초기에는 옥화나트륨 (sodiumiodide, NaI)과 옥화칼륨(potassium iodide, KI)을 사용하였다. (McClendon, 1927). 그러나 이들은 나쁜 환경 (수분, 열, 햇빛등)하에 저장하면 요오드가 쉽게 손실되어 비타민과 항생제등의 역가를 떨어뜨리기 때문에 옥소산칼슘(calcium iodate)과 과옥소산칼슘(calcium priodate; penta calcium ortho--periodte, PCOP)을 사용하게 되었다
(Miller와 stake, 1972).

표 7.요오드 공급원별 요오드 함량 및 축우에 의한 생물학적 이용율

요오드 공급원	요오드함량(%)	생물학적이용율(%)
옥소산 칼슘($Ca(IO_3)_2$)	64.80	100
과옥소산칼슘($Ca_5(IO_6)_2$)	39.28	100
옥화구리(CuI)	66.64	–
옥소산칼슘(KIO_3)	59.30	100
옥화칼륨(KI)	68.17	100
옥소산 나트륨($NaIO_3$)	64.13	–
옥화나트륨(NaI)	84.66	100

자료 : Ammerman 과 Miller(1972).

Dayhison등 (1951)은 옥화칼륨(KI)의 경우 건조하고 어두운 곳에 저장하지 않는 한 불록(bolck) 내에서 요오드가 매우 불안정 하다고 발표하였으며, Shuman과 Townsend (1963)는 옥화칼륨(KI)과 옥소산칼슘을 불록(blodk)에 첨가 하였을 때의 물리적인 안정성을 검사해 본 결과 실제 사양조건하에서는 불록 표면의 요오드가 빨리 없어졌다고 보고하였다.

그러므로 Miller(1968)은 옥외조건에서 옥화칼륨과 옥소산칼슘보다 물리적 안정성이 높으면서도 이용율이 높은 과옥소산 칼슘을 불록이나 광물질공급원(mineral premix)에 첨가하는 것이 가장 적합하다고 권장하였다. 그리고 액상사료에 첨가하는 가장 좋은 요오드 공급원은 EDDI (ethylenediamine dihydriodide)이다.

젖소에게 요오드을 공급하는 가장 좋은 방법은 0.01%I를 농후사료에 섞어주면 된다.

3) 요구량과 결핍증상

요오드는 다른 미량광물질에 비해 체내 필요량이 소량이지만 그 생리적 기능이 매우 중요하여 가축의 성장과 번식에 크게 영향을 미치며 또한 50PPM정도를 급여하면 중독증상을 초래하기 때문에 급여량에 주의를 기울여야 한다.

육우의 요오드 요구량은 0.5PPM(NRC,1984)이고, 젖소의 요오드 요구량중 성우는 0.6PPM이고 송아지는 0.25PPM으로서 성우의 요구량이 송아지보다 2배 이상 많다. 우유 생산량이 증가하게되면 요오드 요구량이 증가하는데 그 이유로는, 요오드 섭취량의 10%정도가 우유로 분비되기 때문이다. 또한 우유 생산량이 증가하게 되면 단백질 요구량도 증가되는데 대두박과 같은 식물성단백질 공급원에는 항갑상선물질이 포함되어 있어서 요오드의 이용성을 떨어뜨리기 때문이다. 그러므로 우유생산 능력이 높은 젖소의 경우에는 0.6PPM이상의 요오드가 필요하고, 또한 적어도 분만 2개월전 임신우에게는 0.6PPM의 요오드를 급여해야만 태아에게 요오드를 충분히 공

급받아 요오드 결핍증상이 나타나지 않는다.

표8. 요오드 첨가가 사료섭취량, 산유량 및 유지율에 미치는 영향(Hemken 등, 1969)

항 목	요 오 드	
	무첨가구	첨가구
일당 사료섭취량(kg)		
농후사료	10.2	10.4
옥수수 사일레지	22.1	25.0
일당 산유량(kg)	23.5	26.4
유지율(%)	3.51	3.65

*일당 요오드 섭취량 16mg~24mg〔=사료 1kg내 요오드 함량(0.8~1.2mg)×사료급여량(20kg)〕

그러나 요오드의 과잉공급은 눈물과 침의 분비가 지나차게 많으며 사료섭취량과 산유량이 떨어지기 때문에 절대로 과잉공급은 피하는 것이 좋다. 요오드의 결핍시 나타나는 중요한 증상을 보면 다음과 같다.

① 갑상선 호르몬(thyroxine)의 분비는 뇌하수체 전엽에서 분비되는 갑상선자극호르몬(TSH)에 의하여 지배되는데 혈액중의 thyroxine함량이 낮으면 뇌하수체전엽이 자극되어 TSH의 분비가 촉진되므로서 혈액내의 thyroxine함량이 증가하게 된다. 그러나 요오드의 섭취량이 적으면 갑상선호르몬을 더 많이 분비하려는 노력에 의하여 갑상선이 비정상적으로 비대해지는 갑상선종(goiterosis)에 걸리게 된다.

② 성장중인 축우에게 요오드가 부족하면 생식기관의 발달이 불완전하여 성성숙이 지연되고, 성우에 있어서는 성주기가 정지되고 발정이 안되며 수태율이 저하된다.

③ 임신우에게 요오드가 부족하면 태반에 영향을 미쳐 유산(流産)되기도 하고, 눈이 멀거나 털이 없는 송아지 또는 허약한 송아지를 분만하거나 죽은 송아지를 분만한다. 그리고 분만시 후산정체가 생긴다(Hemken, 1970).

④ 유지율과 산유량이 저하되는데 특히 비유초기때의 산유량이 크게 저하된다(표 8).

⑤ 스드레스(stres)에 대한 저항력이 약하고 케토시스(ketosis)에 걸릴 위험성이 높다(Hemken, 1970).

3. 셀레늄의 생리적 기능, 공급원과 이용율, 요구량 및 결핍증상

1) 생리적 기능

셀레늄(Se)은 가축체내에 골고루 분포되어 있는데 중요한 생리적 기능은 다음과 같다.

① 셀레늄은 세포의 중요한 구성성분들의 산화적 손실을 예방하는 효소인 글루타치온 페록시다제(GSH-Px)의 구성요소이다(Rotruck등, 1973). 글루타치온 페록시다제는 세포막을 공격하는 과산화물을 파괴하며, 비타민 E는 세포막지방의 연쇄적 자가산화(自家酸化)를 방지하여 준다.

② 셀레늄은 독성물질로부터 조직의 손상을 방지하는 작용을 한다. 즉, 무기태 Se가 비소(As), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 수은(Hg)등과 같은 중독광물질과 결합하므로서 중독광물질의 역가를 저하시킨다(그림1.;Frost, 1976).

③ 셀레늄은 가축의 번식과 성장을 위하여 필요하며 비타민 E 결핍으로 인한 여러가지 질병을 예방하는데 필수적이다.

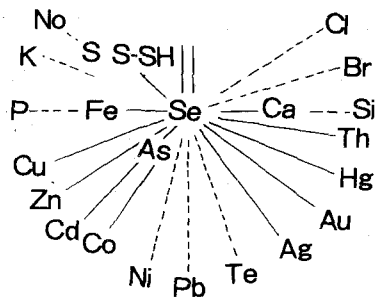


그림1. 셀레늄과 다른광물질간의 상호교호작용 (Frost, 1976).

2) 공급원과 이용율

사료내의 셀레늄 함량은 토양중의 Se수준과 작물의 종류에 따라 다르다(표 1). 곡류의 Se함량은 평균 0.27PPM이며, 보리(0.22PPM)나 귀리(0.26PPM)에 비해 밀(0.30PPM)에 더 많이 함유되어 있고(표 2). 옥수수의 Se함량은 생산지별에 따라 0.01~2.03PPM으로서 커다란 차이가 있었다(Ullrey, 1974).

식물성사료내의 Se이 동물성사료내의 Se에 비해 이용율이 높은데 그이유는 유황(S)이 Se의 이용율을 저하시키기 때문이다. 예를 들어 대두박의 Se이용율이 60인데 비하여 어분의 Se이용율은 22~25이고 육골분의 Se이용율은 15였다(Cantor등, 1975).

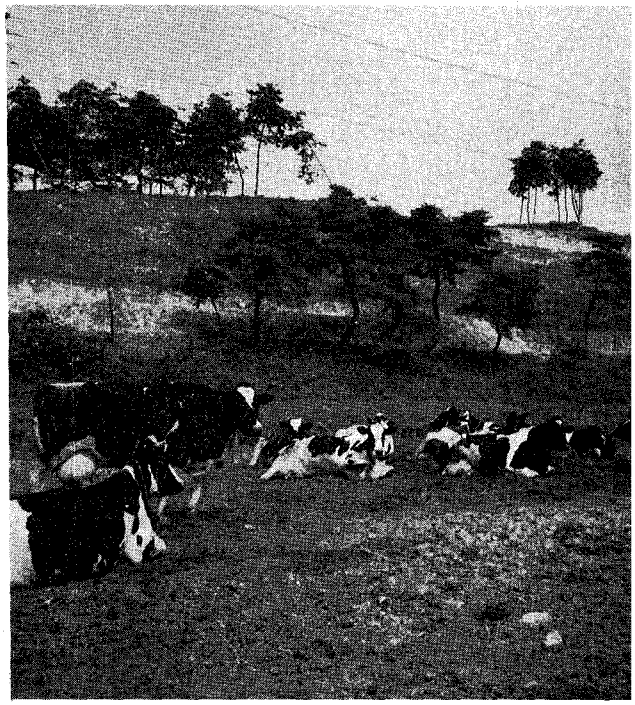
그리고 축우의 Se공급제로서 아셀레늄산 나트륨(Na_2SeO_3)과 셀레늄산 나트륨(Na_2SeO_4)이 주로 이용되고 있다.

3) 요구량과 결핍증상

축우의 셀레늄 요구량은 산유량, 비유시기, 비타민E함량, 및 스트레스등에 따라 다른데 Conrad등(1976)은 젖소의 셀레늄 요구량을 그림2를 기초로 하여 0.1PPM이라고 결정하였다. 이 수준은 사료의 변동, 또는 환경의 변화로 인한 스트레스, 목초의 건조 및 저장시에 발생하는 셀레늄의 손실 및 셀레늄의 체내대사에 영향을 미치는 물질들의 사료내 존재등의 여러가지 이유 때문에 0.3PPM을 급여해야 한다고 NRC(1989)는 주장하였다. 그러나 셀레늄은 다른 광물질에 비하여 안전수준(최대허용량)이 낮으므로 급여량에 항상 주의해야 할 광물질이다.

젖소의 셀레늄이 결핍되면 다음과 같은 증상이 나타난다.

① 송아지의 경우 영양성근육위축증 또는 근육백화증에 걸리게 된다. 이병에 걸리게되면 횡문(橫紋)골결근과 심장근이 퇴화(백색)하면서 근육이 경직되어 보행이 어렵고, 등이 구부러지며, 원기부족, 쇄약등의 증상이 나타나다가 결국에는 폐사하게 된다.



②송아지에게 셀레늄이 결핍되면 설사를 하게 되는데 설사 때문에 성장이 지연되고, 체중이 감소하게 된다(Andrew등 1968).

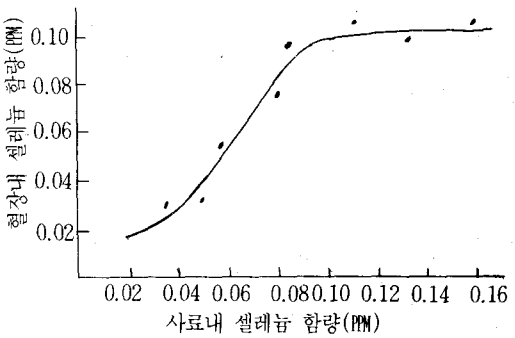


그림2. 젖소사료내 셀레늄 함량이 혈장내 셀레늄 함량에 미치는 영향(Conrad등, 1976)

③성우의 경우 셀레늄이 결핍되면 수태당 인공수정횟수가 증가한다(표9).

④임신초기에는 태아가 유산되기도 하고, 송아지가 사산되거나 허약하며 송아지 분만후에 난소낭종 및 자궁내막염, 후산정체가 많이 생긴다. 그러므로 분만예정일 1개월전에 셀레늄을 근육주사 하므로서 후산정체 발생율을 현저히 감소시켰다(표10).

⑤착유우에게 셀레늄이 부족하면 유방염 발생율이 높으며 치료효과가 낮은데 Se를 첨가하여 주면 유방염 발병빈도와 치료소요기간을 크게 단축 시켰다(표11).

표 9. 셀레늄 첨가가 젖소의 산유량, 인공수정 횟수 및 분만가격에 미치는 영향

항 목	사료내 셀레늄 함량(PPM)	
	0.040	0.305
일당 산유량(kg)	20.9	21.5
인공수정 횟수(수태)	2.88	2.16
분만간격(일)	408	398

자료 : Fisher(1965)

표10. 사료내 Se함량별 비타민E와 셀레늄공급이 후산정체에 미치는 영향

사료내 Se함량 (PPM)	시 험 구			대 조 구		
	시험축두수	후산정체		시험축두수	후산정체	
		두수	%		두수	%
0.04	53	6	11.3	39	16	41
0.02	37	4	10.8	23	12	52
0.035	14	0	0	9	7	77.7
—	9	0	0	9	6	66.6
	113	10	8.8	80	41	51.2

*시험구 : 분만 20일전에 비타민 E(α-tocopherod)680IU와 살레늄 50mg을근육주사함.

표11. 셀레늄과 비타민 E첨가에 의한 착유우의 유방염 예방 및 치료효과(Smith등, 1984)

항 목	무첨가구	첨 가 구		
		셀레늄 (5mg)	비타민E (0.74g)	셀레늄(52mg)+ 비타민(0.74g)
공시축 두	20	19	20	21
유방염 발병유두	33	29	21	22
유방염 발생빈도(%)	41	36	26	26
유방염 치료소요기간(일)	28.5	15.3	15.9	10.8

*무첨가구와 첨가구의 기본사료내에 셀레늄0.059mg과 비타민 E0.32g이 함유되어 있음.