

축우의 다량광물질 결핍증상과 급여요령(칼슘, 인, 마그네슘)

신 형 태

성균관대학교 낙농학과 교수

1. 서론

광물질(鑛物質)은 젖소 체내에 2~5%밖에 함유되어 있지 않지만 다른 유기영양소(有機營養素)가 체내에서 이용될 수 있도록 도와줄 뿐만 아니라 여러가지 중요한 생리적 작용을 하고 있다.

젖소에게 필요한 7대 중요 광물질 원소는 칼슘(Ca), 인(P), 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 나트륨(Na), 유황(S), 염소(Cl) 등이 있으며 이들 원소로 구성된 광물질은 젖소 체내의 전체 광물질 중의 60~80%를 차지하고 있으며, 이와 같은 필수광물질을 다량광물질(多量鑛物質)이라고 한다. 그리고 체내에 극히 미량으로 함유되어 있기는 하지만 중요한 생리작용을 하는 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 망간(Mn), 아연(Zn), 몰리브덴(Mo), 요오드(I), 불소(F), 셀레늄(Se), 크롬(Cr), 규소(Si), 니켈(Ni), 주석(Sn) 등을 미량광물질(微量鑛物質)이라고 한다.

그러므로 본고(本稿)에서는 젖소의 체내 대사작용에 중요한 역할을 하는 다량광물질중 칼슘, 인, 마그네슘의 생리적 기능, 공급원, 요구량(표1) 및 결핍증상에 대하여 설명하고 다음호에 계속하여 다른 광물질에 관하여 기술하고자 한다.

2. 칼슘의 생리적 기능, 공급원과 이용율, 요구량 및 결핍증상

1) 생리적 기능

생체내에서 칼슘(Ca)은 2가지 중요한 기능을 지니고 있는데, 첫째는 뼈와 치아의 구성을 돕고, 둘째는 생체내 몇가지 대사과정(代謝過程)을 조절한다. 즉, 혈액이나 조직내에 순환되는 칼슘은 신경 자극의 전달, 근육의 수축작용, 혈액응고, 세포벽을 통한 체액의 이동 조절 및 효소(enzymes)의 활성화 등의 역할을 한다.

2) 공급원과 이용율

곡류는 대체로 칼슘의 함량이 적으며, 두과목초에는 칼슘의 함량이 많다. 특히 칼슘을 공급하기 위하여 사용하는 광물질 사료에는 패분(貝粉), 탄산칼슘, 석회석, 석고 등이 있으며(표2), 칼슘 이용율은 칼슘 공급계의 종류 및 다음과 같은 요인에 따라 다르다.

- ① 젖소의 품종
- ② 연령 및 체중
- ③ 사료내 인과 비타민D의 수준
- ④ 칼슘 섭취량

표1. 젖소 사료내 영양소 함량(요구량)

(자료 : NRC (1989))

체중 (kg)	유지율 (%)	증체량 (kg/일)	착 유 우 사 료					비 유	건 유	송아지 대용유	송아지 사료	육 성 우			성우 (황소)	최 대 허용량
			유 생 산 (kg/일)									3~6	6~12	12개월 이상		
400	5.0	0.220	7	13	20	26	33	(0~3주) 임신우	및 대용유			개월	개월	이상		
500	4.5	0.275	8	17	25	33	41									
600	4.0	0.330	10	20	30	40	50									
700	3.5	0.385	12	24	36	48	60									
800	3.5	0.440	13	27	40	53	67									
칼슘 (%)	0.43	0.51	0.58	0.64	0.66	0.77	0.39	0.70	0.60	0.52	0.41	0.29	0.30	2.00		
인 (%)	0.28	0.33	0.37	0.41	0.41	0.48	0.24	0.60	0.40	0.31	0.30	0.23	0.19	1.00		
마그네슘 (%)	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.16	0.07	0.10	0.16	0.16	0.16	0.16	0.50		
칼륨 (%)	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	3.00		
나트륨 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	-		
염소 (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	-		
유황 (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.16	0.29	0.20	0.16	0.16	0.16	0.16	0.40		
철 (ppm)	50	50	50	50	50	50	50	100	50	50	50	50	50	1,000		
코발트 (ppm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	1,000		
구리 (ppm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100		
망간 (ppm)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1,000		
아연 (ppm)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	500		
요오드 (ppm)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	50.00		
셀레늄 (ppm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	2.00		

표2. 주요광물질 사료의 다량 광물질 및 유해광물질 함량

사 료	다 량 광 물 질 (%)							유해광물질(ppm)	
	Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S	F	V
탄산칼슘(CaCO ₃)	36.74	0.04	0.50	-	0.02	0.04	0.09	-	-
인산칼슘(CaHPO ₄)	24.32	18.97	-	-	-	-	-	1,400	140
탈불인광석	32.00	16.25	-	-	-	-	-	1,400	140
골분	30.71	12.86	0.33	0.19	5.69	0.01	2.51	-	-
산화마그네슘(MgO)	0.05	-	60.31	0.01	0.50	0.01	-	-	-
황산마그네슘(MgSO ₄)	0.04	-	20.18	0.01	0.01	-	26.58	-	-
염화칼륨(KCl)	-	-	-	52.44	0.01	47.55	-	-	-
중탄산나트륨(NaHCO ₃)	-	-	-	0.01	27.36	-	-	-	-
황산나트륨(Na ₂ SO ₄)	-	-	-	-	32.36	-	22.59	-	-

자료 : NRC(1972)

3) 요구량과 결핍증상

- ⑤ 사료내 칼슘 함량
- ⑥ 산유량
- ⑦ 다른 광물질과의 교호작용(그림1)

젖소의 칼슘 요구량은 표4과 같다. 송아지 사료에 칼슘의 공급이 부족할 경우에는 구루병에 걸리는데 구루병 증세는 성장율이 떨어지고, 걸음걸이

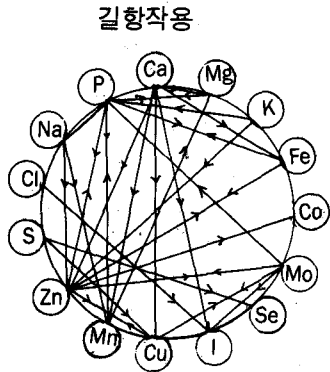
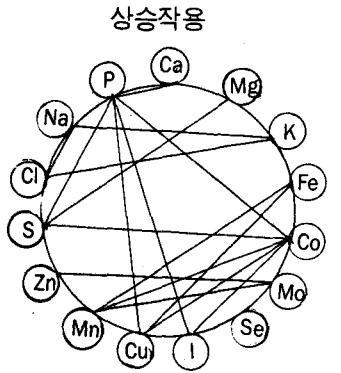


그림1. 광물질의 교호작용(Georgievskii, 1982)

가 뻣뻣하며, 관절 부근이 부풀어 커 보이고, 통증을 느낀다(NRC, 1989).

칼슘을 다량 필요로 하는 성축(成畜)에 있어서 그 공급이 뒤따르지 못할 경우에는 우선 연골(軟骨)내에 비축되어 있는 칼슘이 모두 동원되고 나중에는 장골(長骨)의 칼슘도 동원된다. 이와 같은 경우에는 장골이 연해지고 약해지는데 이와 같은 현상을 골연증(骨軟症)이라 하며, 이 증상은 주로 임신한 가축이나 비유중인 젖소에서 발생한다. 착유우에게 충분한 양의 칼슘을 급여하지 않으면 사료 섭취량과 산유량이 크게 저하되는데 우유내 주요 광물질 함량을 보면 표3과 같다.

표3. 우유내 광물질 함량

광물질	우유내함량 (g/kg)	광물질	우유내함량 (mg/kg)
Ca	1.28	Zn	3,000~5,000
K	1.25	Fe	200~400
Cl	1.15	Cu	50~200
P	0.95	Mo	40~50
Na	0.63	I	25~50
S	0.35	Mn	20~50
Mg	0.13	Se	4~10
		Co	3~5

자료 : Georgievskii(1982)

그리고 칼슘 첨가는 태아의 정상적인 골격을 형성시키므로 임신기간별에 따른 칼슘 요구량은 표4와 같이 분만일이 가까와 질수록 요구량이 증가한다. 건유기때 칼슘과 인의 비율이 맞지 않으면 분만후 칼슘의 요구량이 높을 때에 혈액내의 칼슘 함량이 급속히 감소하면서 칼슘 대사장애 증상인 유열(milk fever)이 발생될 수 있는데 특히 고능력우의 경우 유열로 인한 경제적 손실이 크므로 주의하여야 한다.

3. 인의 생리적 기능, 공급원과 이용율, 요구량 및 결핍증상

1) 생리적 기능

체내 인(P)중 75~80%는 골격에서 칼슘과 결합하여 신체의 구조를 유지하며 나머지는 혈액과 근육내 단백질, 지방, 탄수화물, 및 기타 여러가지 물질과 화학적으로 결합하여 에너지를 생산하고 조직을 형성, 보수하는 과정등에 중요한 음이온으로 관여하는데 인의 생리적 기능은 다음과 같다.

- ① 탄수화물의 정상적인 체내대사를 위하여 필요한 고에너지 결합물(A.T.P)의 구성성분이다.
- ② 지방대사과정에서 지방과 결합하여 신경조직

표4. 임신우의 임신기간별 다량광물질 요구량(g/일) (ARC, 1980)

구 분	임 신 기 간 (주 령)					
	20	24	28	32	36	40
칼슘(Ca)						
미경산우	12	13	14	26	29	34
경산우	15	16	18	20	24	28
인(P)						
미경산우	11	11	12	20	22	26
경산우	13	14	15	17	19	22
마그네슘(Mg)						
미경산우	5.9(10.2)	6.1(10.5)	6.4(11.1)	6.8(11.9)	7.6(13.2)	8.6(14.9)
경산우	6.2(10.8)	6.4(11.1)	6.7(11.7)	7.2(12.5)	8.0(13.8)	8.9(15.5)
칼륨(K)	-	-	-	-	46.3	46.3
나트륨(Na)	-	-	-	-	7.87	7.87
염소(Cl)	-	-	-	-	9.25	9.25

()내의 숫자는 권장량임.

등의 구성물질인 인지질(lecithin, cephalin)을 형성한다.

- ③ 혈액내에 인산(HPO_4^{2-})으로 존재하면서 혈액의 산-알칼리 평형을 조절한다.
- ④ 핵산인 DNA의 구성성분이며 소장으로부터 당류의 흡수와 신장에서의 포도당(glucose) 흡수를 촉진시킨다.

2) 공급원과 이용율

인은 곡류내에 포함되어 있으나 그 함량이 적고, 조사료내의 인 함량도 생육시기에 따라 다른데 어린식물에는 많으나 벼짚이나 보리짚과 같은 저질조사료에는 적다. 그래서 곡류 함량이 높은 사료와 저질조사료를 많이 급여하는 축우에게는 인 공급제(표2)를 급여하여야 하는데 이때 주의하여야 할 사항은 인 공급제에 포함되어 있는 유해광물질이다(표2).

인의 이용율은 사료의 종류에 따라 다른데 특히 곡류내에 포함되어 있는 피틴태 인의 함량에 따라 크게 다르다. 젖소의 피틴태 인의 생물학적 이용율은 보통 60%이며, monosodium phosphate의 이용율이 가장 높았다(표5). 그리고 젖소의 체중별에

표5. 축종별 각종 인 공급제의 생물학적 이용율(%)

인 공급제	소	돼지	닭
제1 인산나트륨 ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	107	100~140	100
인산칼슘 ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	100	100	100
골분	92	95	87~92
탈불인광석	71~95	92	82~100
피틴태인	60	10~40	0~50

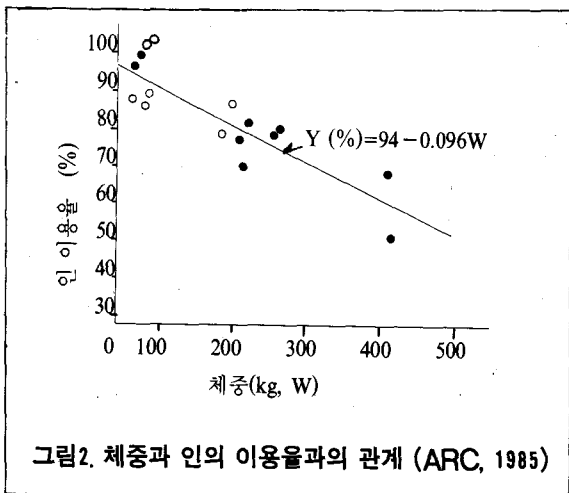
자료 : Miller(1983)

다른 인의 이용율은 그림2와 같은데 체중이 증가할수록 인의 이용율은 저하하였다(ARC, 1965).

3) 요구량과 결핍증상

젖소의 인 요구량은 표1과 같다. 우리나라에서 생산되는 대부분의 목초는 인 함량이 충분하지 않기 때문에 인은 젖소에게 필요한 광물질중 가장 제한된 광물질중의 하나이다.

인 결핍의 초기 임상적 증상은 식욕 감퇴(anorexia)와 증체를 감소이나, 이 증상이 나타나기 전에 이미증(異味症, pica)이 먼저 나타나는데 이미증이란 젖소가 사료가 아닌 쇠붙이, 돌, 모래, 나



4. 마그네슘의 생리적 기능, 공급원과 이용율, 요구량 및 결핍증상

1) 생리적 기능

체내 마그네슘(Mg) 함량의 60~70%가 골격에 포함되어 있으며 나머지가 체액과 연조직에 포함되어 있다. 골격에 함유되어 있는 마그네슘중에서 약 1/3은 인산과 결합되어 있고, 나머지 2/3는 광물질의 표면에 흡착되어 있으면서 혈액과 조직의 마그네슘 함량을 일정하게 유지시켜 주는데 마그네슘은 칼슘과는 달리 체내에 많은 양이 축적되지 않기 때문에 항상 일정한 양을 공급하여야 한다. 그리고 마그네슘의 중요한 생리적 기능은 다음과 같다.

- ① 유선에서 초산(acetic acid) 흡수를 증가시켜 유지율을 높혀준다.
- ② 반추위내 pH를 조절하므로써 제1위 산독증(rumen acidosis), 제1위염(rumenitis) 및 간농양(liver abscess) 등의 질병을 예방하여 준다.
- ③ 모든 에너지 대사과정 중에서 각종 효소를 활성화시키고, 또한 인산화 반응에 관여한다.
- ④ 혈액과 그밖의 체액중에 용해되어 있는 광물질로서 혈액, 조직액 및 분비액의 pH를 일정하게 조절하며 체세포내에서 삼투압과 전해질 농도의 차이에 의하여 체세포의 조직액과 영양소와의 이동을 원활하게 해 준다.
- ⑤ 칼슘이 신경자극이나 근육수축 등의 기능을 지니고 있는 반면 마그네슘은 근육을 완화시키는 역할을 한다.

2) 공급원과 이용율

마그네슘의 주요 공급원은 곡류, 조사료 및 마그네슘 공급제(표2)이며 곡류중의 마그네슘 이용율은 30~40%이고 조사료내의 마그네슘 이용율은 7~33%(평균 17%)이다. 다른 영양소의 이용율과는 반대로 어린식물의 마그네슘 이용율이 성숙한

무, 뼈, 털 같은 물질을 씹거나 섭취하는 것을 말한다. 물론 이미증은 인 결핍으로 인한 특수한 증상만이 아니고, 나트륨(Na)이나 칼륨(K) 결핍때도 일어날 수 있는데 이와 같은 증상에 의하여 창상성 심낭염이나 식체와 같은 부수적인 증상이 나타나서 소가 죽기 까지 한다.

장기간 인의 공급이 부족되면 혈액내 무기태 인이 정상수준(큰소 4~6mg%, 어린소 6~8mg%) 이하로 감소하면 골격의 광물질 함량이 감소하게 되어 결국 골격의 변화를 가져와서 관절의 강직으로 인한 절름발이 증상이 나타나며 또한 젖소의 다리가 부러지기 쉽다. 송아지에서는 구루병, 큰소에서는 골연증, 골다공증 등이 발생된다. 아주 심한 경우는 소가 지나치게 흥분하게 되며 근육의 경직 증상이 나타나고 호흡이 곤란하기도 한다(테타니 증상). 그리고 인 결핍은 간장에 저장된 비타민 A의 이용율을 저하시켜 비타민 A의 결핍증을 유발하기도 한다.

암소에게 인이 결핍되면 성성숙과 생식기관의 성장이 지연되고, 발정이 주기적으로 일어나지 않거나, 정지되어 수태율(受胎率)이 저하되며 산유량도 감소한다. 그리고 임신우에게 인이 결핍되면 허약한 송아지를 분만하게 된다.

식물의 마그네슘 이용을 보다 낮기 때문에 5월초 어린퉁에 방목할 때 마그네슘 공급에 특히 주의하여야 한다.

영국 ARC(1965)의 보고에 의하면 송아지의 경우 생후 5주까지 마그네슘 이용율이 70%이고, 생후 5주~5개월까지는 40%, 그리고 생후 5개월 이상일 때에는 20% 정도로 낮아지기 때문에 마그네슘의 이용율이 높은 산화마그네슘(magnesium oxide)을 적당량 사료에 첨가하여야 한다.

3) 요구량과 결핍증상

젖소의 마그네슘 요구량은 연령 및 생리적 상태에 따라 표1 및 표4와 같다. 젖소의 체내 마그네슘 중 일부가 우유로 이행되는데, 초유의 마그네슘 함량은 250mg/kg정도이며, 비유기 전반을 통하여 우유의 마그네슘 함량은 평균 125mg/kg이다(ARC, 1965).

마그네슘은 칼슘과는 달리 체내에 많은 양이 축적되지 않기 때문에 항상 일정한 양을 공급하여야 하며 만약 마그네슘 섭취량이 부족하게 되면 골격 내에 축적된 마그네슘이 분리되어 혈액으로 이동하게 되는데 혈액내의 마그네슘 함량이 1.8~3.2mg/ml에서 1.0/100ml 이하로 떨어지면 근육경련증에 걸리게 된다. 골격내의 마그네슘이 혈액의 마그네슘으로 이동하는 이동속도가 송아지에 비하여 성우(成牛)가 느리기 때문에 성축(成畜)에게 근육경련증이 많이 발생한다.

마그네슘의 만성결핍증상은 성장 지연, 식욕 감퇴, 소화율 감소, 골연증, 간장장애, 산유량 저하, 유지율 저하, 번식장애, 신경과민 및 근육경련증(grass tetany)등인데 근육경련증에 걸리면 소가 쉽게 폐사되므로 근육경련증에 걸리지 않게 5월 초 순경 방목시 특히 유의해야 한다.

5. 칼슘, 인 및 마그네슘의 급여요령

칼슘, 인 및 마그네슘을 급여하는 방법은 사료에 첨가하거나 광물질 블록(mineral block)으로 급여하는데 비유시기에 따라 급여하는 양을 달리하면 여러가지 질병을 예방할 수 있다.

즉 여름철에 사료내 마그네슘 함량을 0.20~0.25% 에서 0.30%로 높여주면 이등유 발생을 예방하여 주고, 분만 2주전 부터 저칼슘사료(칼슘 15~20g)를 분만 2~5일전 까지 급여하다가 분만 2~5일전 부터 50g의 칼슘을 급여하면 그림3과 같이 유열 발생율이 대조구 124두에서 실험구는 10두로 현저히 저하되었다(Pickard, 1977).

