

生物學的 機能性 元素 : 희토(稀土)①

<항생제, Cu 또는 Zn의 대안이 될 수 있을까?>

하늘 높은 줄 모르고 치솟는 사료원료의 가격과 구입난 문제와 더불어 악성 세균들이 점점 더 심하게 기승을 부리는 요즘, 항생제 사용 억제나 구리(Cu)와 아연(Zn) 같은 기능성 광물질의 사용 제한은 가축사료 제조를 더욱 어렵게 하는 것 같다.

사실 가축의 성장촉진을 위해 사용해온 항생제를 대체하는 방안을 찾기 위하여 학자들은 백방으로 연구 노력을 하여 왔다. 항생제의 아버지격인 생균제 개발을 중심으로 하여 허브나 그 추출물 그리고 항생제 역할을 할 수 있는 기타 유기성분이나 대사물질을 찾아 많은 노력을 해오고 있다.

그러나 아직도 해결 방안은 나오지 않고, 오히려 구리나 아연 같은 항생활동을 할 수 있는 기능성 광물질의 사용은 EU나 일본보다도 우리나라에서 더 엄격하게 제한하고 있다.

젓먹이 돼지사료의 경우, 사료 중 구리와 아연의 첨가허용량이 EU는 170과 150ppm인데 비하여 우리나라는 135와 120ppm이며, 우리나라에서는 원료사료에 원래 포함되는 함량마저, 10과 30ppm으로 제한하고 있고, 나아가서 검정 허용오차마저 실제 분석오차에 버금갈 만큼 지극히 좁게 제한하고 있다.

이쯤 되면, 우리나라에서는 구리와 아연의 사료첨가는 아예 생각조하기 힘들게 되어있다. 물론 이들을 과다하게 사용하면 돈분 발효가 되지 않거나, 토양을 오염시키는 심각한 문제가 야기됨을 간과해서도 안겠지만.



박 홍 석
전북대학교 교수

희토류 원소들은 그 전자구조가 특수하여 아주 색다른, 그들만의 고유한 물리 화학적 성질을 가지며 독특한 생물학적 작용을 나타낸다. 신비로울 정도이다. 사용하기에 따라서는 환경에 도움을 주면서 가축 생산성을 향상시킬 수 있는 획기적 가능성을 지닌 물질이라고 할 수 있다.

항생제 그리고 구리와 아연 같은 기능성 광물질을 대신하여 사용할 수 있다는 가능성을 전제로, 우리에게 좀 생소한 희토(稀土, Rare earth)의 생물학적 작용에 대하여 이야기 해 보고자 한다.

아직은 연구가 미약하지만, 약 사십여 년 전 무기물 중에서는 마지막으로 셀레늄(Se)이 필수 광물질로 공인 되었듯이 언젠가는 희토원소가 영양소 중의 하나로 인정될지도 모를 일이다.

1. 희토(稀土, Rare earth)란 무엇인가?

'희토(稀土, Rare earth)'를 글자 그대로 해석한다면 '희귀한 흙'이란 뜻이다. 그러나 희토는 우리가 말하는 그런 흙이 아니다. 영어로 쓰여진 <earth>라는 단어가 '흙(土)'으로 번역되어 희토로 불리게 되었다고 생각되지만, <earth>란 원래 <물에 녹지 않는 물질>을 일컫는 말로, 17세기 유럽에서 연금술이 한참 유행하던 시절 물에 용해되지 않는 물질 가리켜 <earth>라 하였다고 한다.

그래서 희토는 <희귀한 물에 녹지 않는

물질>이라고 해야 좀 더 정확한 표현일 것 같다. 실제로 희토는 15개의 란탄족 원소와 원소번호 21인 스칸듐(Sc) 그리고 39인 이트륨(Y)을 합쳐 총 17개 화학 원소를 지칭하는 말이다.

희토에 대하여 관심을 갖게 되는 것은 그 희소성에 있는 것이 아니라 이에 속하는 화학원소 중 몇몇은 생체 내에서 아주 독특하고 고유한 기능적 활동을 보여주기 때문이다. 영양소로 알려져 있지도 않은 이 희토 원소들이 과연 가축성장에 어떤 효과는 있는 것일까? 항생제를 대체하여 사용할 수 있을까? 구리(Cu)나 아연(Zn) 같은 광물질을 대체하는 가능성은 있을까? 시간이 좀 흘렀지만, 희토 급여에 대하여 지난 2000년에 유명 유럽 영양학회지에 발표된 돼지 사양시험 논문(Arch. Anim. Nutr. Vol. 53 pp373-334) 하나를 살펴보자.

“Rare Earth Elements-A New Generation of Growth Promoters for Pig (희토원소-신세대 양돈 성장촉진제)?” 독일 문헨의 Ludwig-Maximilian 대학 가축생리 생물화학 및 영양 연구소에서 발표한 이 논문은 학술 논문치고는 제목부터 상당히 파격적이다.

아마도 실험결과가 매우 파격적이었기 때문이리라. 이들은 희토를 급여하는 두 번째 자돈 사양시험에서 체중 평균 17.3kg인 자돈에게 8주 동안 희토를 급여하여 증체량이 19%나 증가하고 사료 요구율이 10%나 개선되는 효과를 관찰하게 되었다.

유사한 양돈 사양시험에서 본 저자도 17%

나 되는 증체량 증가가 관찰되어 시험오차가 아닐까? 하고 생각하게 한 적이 있지만, 과연 파격적인 시험결과임에 틀림이 없다.

그들은 당시 EU의 가축에 대한 성장촉진용 항생제 사용규제를 언급하면서 희토 원소들을 “새롭고, 안전한, 그리고 저렴한 능력 향상제 (a new, safe and inexpensive alternative performance enhancers)”라 언급하고 항생제 대체 가능성을 강조하였다.

여기 소개된 이 논문은 관찰된 희토 급여 효과도 효과지만, 그 것보다는 희토에 대한 가축급여 반응이 처음 영어로 쓰여져 중국 이외의 세상에 처음으로 소개되었다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다. 희토 급여 효과 면에서는 이미 훨씬 이전부터 중국에서 실험 관찰되어왔으나 우리와 정보교환이 이루어지지 않았었을 뿐이다.

희토의 농업적 이용에 대한 이야기가 나오면 중국을 빼놓을 수가 없다. 세계 희토 매장량의 80%가 중국에 집중되어 있으며 희토 생산량이 세계 최대인 중국에서는 일찍이 등소평이 등장하면서 <희토의 농업적 이용>을 국가 개발 중점사업으로 지정하여 추진해 온 덕분에 지난 60년대부터 많은 연구가 이루어져왔다.

“中東有石油 中國有稀土”(중동에 석유가 있으면 중국엔 희토가 있다) 이는 등소평이 중국을 장악한 이후 국가개발을 위해 내건 슬로건으로, 지금도 중국 내몽고 포두의 희토연구원 정문 앞에 가보면 새까만 대리석으로 대문짝만하게 새겨 놓고 그의 유흘을 기

리고 있음을 볼 수 있다.

오늘 날 희토는 초전도체, 반도체, 특수합금, 신세라믹, 특수유리, 영구자석, 발광체, 광케미블, 레이저 등 첨단산업에 쓰이지 않는 곳이 없으며, 암이나 당뇨병 치료제 등의 약품 제조에도 광범위하게 쓰여 지고 있다. 한때 우리나라에서 널리 팔리던 자석(磁石)요의 자석은 모두 희토 합금으로 만들어진 것이다.

2. 희토원소 고유한 전자구조와 생물학적 작용.

희토 원소는 생체 내에서 free radical(遊離基)의 형성과 그 활동을 억제함으로써 스트레스를 해소시키는 것으로 알려지고 있다. 그람 네가티브(-) 병원성 세균에 대하여는 살균작용을 하며, 갑상선 호르몬 분비를 억제하고 성장 호르몬 분비를 촉진하는 등 내분비계에 작용하여 가축성장을 촉진하며, 한편으로는 면역력을 높여 주는 등 여러 가지 연구결과가 보고가 되어 있다.

본 저자가 관찰한 바에 따르면 돼지에 있어 육즙손실(drip loss)을 줄여줌으로써 육질 향상시켜주는 효과가 관찰되기도 하였다. 이외에도 많은 긍정적 생리적 현상들이 연구 보고되어 있다.

이와 같은 여러 가지 생물학적 작용은 결국, 희토 원소들의 전자 구조가 특수하기 때문에 있을 수 있는 일인데, 희토 원소들의 특수한 전자구조와 물리화학적 성질을 살펴보

면 매우 흥미로우며 신비롭기까지 하다. 사실 ‘희토’라고 하는 말은 시대에 맞지 않는 용어이다.

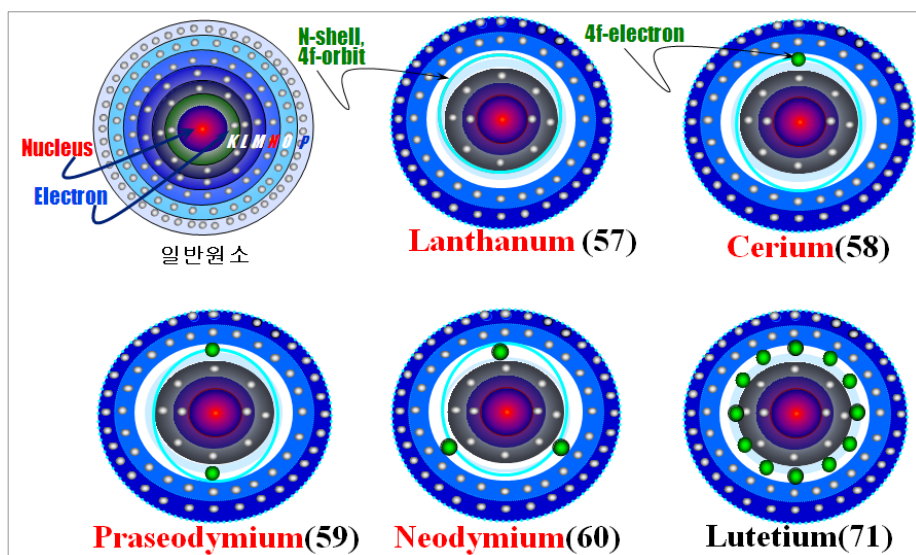
화학의 발전이 미약하였던 18세기 이 원소들의 분리기술이 개발되지 않아 개별적 원소를 쉽게 얻을 수 없었기 때문에 붙여졌던 이름이다. 비교적 근래에 와서야 분리기술 발달에 진전이 있었고, 개별적 원소량이 밝혀지면서 1970년대 이후부터는 15가지 원소를 총칭하여 란탄족 원소(Lanthanides)라 부르게 되었다.

이 란탄족 원소들 중 몇 가지 원소는 독특한 생물학적 작용을 한다는 사실이 속속 밝혀졌다. 이런 사실이 밝혀지기 훨씬 전에 명명된 이름이지만, 이 원소들에게 붙여진 이름의 내력이 재미있다. 먼저 원자번호 57이며 란탄족 원소 중 첫 번째 원소인 Lanthanum

(La)은 희랍어로 Lanthanein에서 비롯된 것인데, ‘숨은’이란 뜻을 가지고 있다하며, 두 번째 Cerium (Ce)은 로마 신화에서 ‘농업의 여신’ Ceres에서 비롯되었으며, 세 번째 Neodymium (Nd)은 희랍어로 Neos, ‘새로운’에서 비롯되었고, 네 번째Praseodymium (Pr)은 희랍어로 Prasios, 즉 ‘녹색’이란 뜻에서 비롯된 이름이라고 한다.

어딘지 모르게 우리 농업과 연관되어 유래된 이름 같기도 한데, 이들이 바로 희토 원소 중에서 특수한 생물학적 작용을 나타내는 것들이다. 희토라고 해서 다 같은 희토가 아닌 것이다.

일반적으로 어떤 한 원소의 전자 구조를 아래 그림1과 같은 모형으로 표현할 수 있을 것이다. 좌측 상단의 모형도는 일반적인 원소의 모형인데, 가운데에 핵이 있고 그 주변



〈그림〉 희토 및 일반원소의 전자구조.

에 전자들이 위치하게 된다.

핵을 중심으로 하여 원소 크기에 따라 **K** 부터 최대 **P**층까지 전자층(shell)을 이루며, 각층에는 다시 실제로 전자가 자리 잡게 되는 전자궤도(orbit)가 있다. 일반 원소들은 최 외각 층의 전자를 다른 원소와 쌍(짝수)으로 교환하면서 화학결합을 하는 것이다.

이와는 달리 희토원소들은 내부 깊숙한 **N**-전자층에 일반 원소에는 없는 **4f-orbit**가 있는데, 이 궤도는 비어 있거나 14개까지의 전자가 하나씩 하나씩 채워지게 된다. 이를 **4f-electron**이라고 하며, 하나씩 채워질 때마다 원소 이름이 바뀌어 진다. **4f-orbit**에 전자가 하나도 채워지지 않고 비어 있으면 그것이 바로 **La**이고, 한 개 채워졌으면 **Ce**, 둘이면 **Pr**, 그리고 셋이면 **Nd**인 것이다.

4f-orbit에 14개의 전자가 모두 채워지면 이 원소가 희토 원소 중 마지막 원소인 **Lutetium (Lu)**이다. 희토 원소들의 물리 화학적 성질이 특이한 것은 결국 이 전자구조의 독특함 때문인데, 이들은 첫째, 내부 깊숙한 **N**-전자층으로 전자가 흡인되어 채워지도록 강력한 전자 흡인력을 지니게 되고, 때문에 원소의 입자 영향력이 매우 크고, 물에 용해되면 그 이온 반경이 매우 크다.

둘째, 이들은 원래 자성(磁性)을 지니고 있어 다른 원소나 어떤 물체와 작용할 때 중간 매개물을 필요로 하지 않는다. 다시 말해서 물에 용해되지 않은 건조 상태에서도 작용할 수 있으며, 심지어 자석처럼 진공상태에서도 작용할 수 있다. 실제로 자석은 희토원소 세

가지의 합금으로 만들어진다. 셋째, 이들은 자신들이 쉽게 3가(3+++)로 산화한다. 즉, 희토는 자신이 산화되면서 남이 산화되는 것을 방지해주는 강력한 항산화제인 것이다.

3. 희토와 스트레스

흔히 스트레스는 만병의 근원이라고 한다. 스트레스가 무엇이며 어떤 때 생기고, 또 스트레스가 우리 건강에 어떤 영향을 미치는지 등에 대하여는 잘 알려져 있다. 그러나 우리 구체적으로 몸속에서 어떤 일이 일어나는지에 대하여는 잘 알려져 있지 않다.

스트레스는 사람은 물론, 동물의 몸속에 많은 **free radical(遊離基)**를 만들어내게 한다. **free radical**이란 홀수의 전자를 가진 원소나 물질을 말하는 것으로 매우 불안정하고 반응력이 강해 체내에서 세포분자와 즉각적이고 격렬하게 반응하는 성질을 가지고 있다.

자연계의 모든 원소나 물질은 짝수의 전자를 가지고 있음으로써 안정을 유지하고 있다. 그러나 어쩌다 홀수의 전자를 갖게 되면 매우 불안정해지고 주변으로부터 전자 하나를 취하기 위해 주변 세포 분자를 무차별 공격하게 된다. **free radical**이 생겨나면, 세포성분 중에서도 불안정한 불포화지방산이 많이 분포된 세포막 같은 조직이 손쉬운 공격 대상이 된다.

일단 **free radical**이 우리 몸속에 과도하게 생겨나면, 살아있는 세포는 공격을 받아 세포 구조에 손상을 입게 되고, 이어서 세포 기



〈그림 2〉 희토와 스트레스

능상실, 변질, 노화로 이어지는 일련의 세포 붕괴과정이 진행되며 여러 가지 성인병 증상이 나타나게 된다. 활성산소(活性酸素)는 우리 몸속의 흔히 생겨나는 free radical로 일명 우리 몸 속의 ‘불(火)’이라 불리기도 한다.

과격한 운동, 과식, 흡연, 합성의약품의 과다복용 등으로 우리 몸에 생겨나 세포들을 노화시키고 수명을 단축시킨다. 때문에 유명한 운동선수일수록 많은 세포가 파손되어 수명이 짧아지게 되며, 장수하는 사람이 없다.

일본의 스모선수들처럼 일반인에 평균 수명이 비해 형편없이 짧은 것도 과격한 운동과 대단한 과식 때문이다. 장수하려면 적절

히 운동하고 소식(小食)하라는 말은 그런 의미에서 참으로 지혜로운 우리 조상님들의 조언이다.

뭐니 뭐니 해도 우리 몸에 free radical을 많이 생기게 하는 것은 불안, 초조, 미움, 분노, 질투 같은 스트레스가 으뜸이다. 우리가 키우는 가축을 생각해 보면 매일 얼마나 많은 스트레스를 받게 되는지 짐작해 볼 수 있다. 돼지 같은 경우 여러 마리가 좁은 공간에서 먹고 마시고 자고 싸고 하는 매일 매일의 모든 일과가 경쟁이요 투쟁이다.


매일 몸속에 free radical 소낙비가 오는 것과 같을 것 같다. 이래서는 좋은 양돈 생산

성적을 기대할 수 없으며, 노화된 세포로 된 고기가 맛이 있을 리 없다.

가축을 도축하기 전 수송과 계류 과정에서 되도록 스트레스를 줄이려함은 몸속에 이 **free radical**이 적게 생기게 하기 위함이라. 기왕에 금방 죽을 텐데 하면서 마구 잡이로 다루었다간 고기는 **free radical** 범벅이 되어 좋은 맛 좋은 육질은 기대하기 어려울 것이다.

정상적인 생활 속에서도 어느 정도의 **free radical**은 우리의 몸에 생겨나며, 몸속의 효소 체계에 의해 처리되어 진다. 그러나 그 발생량이 과도하여 처리능력을 벗어나게 되면, 결국 문제가 발생하고 별도의 처리 수단이 필요하게 된다.

이 때 히토원소가 바로 적격인 것이다. 히토원소들의 전자구조 특성상 전자를 하나씩 흡수로 취하고 그 흡인력이 강하기 때문에, 흡수 전자를 가지는 **free radical**이 발생되지 않게 억제하는 동시에 일단 생겨난 것들에 대하여는 불활성화 시켜버린다.

실제로 스트레스 상황에서 히토를 처리하여 조직내 **free radical** 발생량을 직접 측정한다든지, 아니면 스트레스 상황에서 분비가 촉진되는 호르몬의 양을 측정함으로써 간접적으로 히토원소들의 **free radical** 감소를 통한 스트레스 해소 기능을 증명하고 있다. 히토는 우리 몸에서 **free radical**의 생성과 활동을 억제함으로써, 스트레스를 해소시켜 주는 것이다.  <다음호는 히토의 살균작용으로 이어짐>