

반추가축에 있어서 질산염 중독의 예방과 치료

이 광 원*

토양내에 존재하는 질소화합물은 거의 대부분이 NO_3^- (질산염) 형태로 식물에 흡수되어 식물체내에서 NH_4^+ 로 환원된 후 광합성작용과 연관되어 단백질을 비롯한 각종 질소화합물로 된다. 반추가축은 이러한 식물체를 섭취함으로써 1위내에 존재하는 미생물의 작용에 의해 미생물체 단백질을 형성하며 결국에는 영양소로 이용하게 된다.

이와같이 일련의 cycle이 원만하게 이루어진다면 어떠한 문제도 발생이 되지 않겠지만, 여러 원인에 의해 cycle이 균형을 잃게 되어 식물체내에 혹은 물에 질산염이 과도하게 축적이되고 이것을 가축이 섭취함에 따라 질산염 중독이 발생하게 된다. 특히 질산염이 과잉 축적된 식물의 섭취에 의한 중독증이 국내외에서 많이 보고되었는데, N시비와 더불어 계속된 한발, 일교차의 급격한 변화 등에 의하여 식물체내에서 질산염이 과잉 축적된 식물을 가축이 섭취함으로써 발생한 경우가 많다.

질산염의 중독은 대체로 산발적으로 발생하지만 일단 발생하면 가축에 치명적인 영향을 끼치기 때문에 늘 예방에 만전을 기하여 손실을 줄여야 한다. 따라서 술자는 질산염 중독의 발생예, 발생 및 중독기전, 임상증상, 진단 및 치료를 기술함으로써 질산염 중독의 예방 및 치료 대책에 도움을 주고자 한다.

*국립종축원

1. 반추가축의 질산염 중독 발생예

가. 1850년 미국의 Senita지방에서 처음으로 발생 보고가 있었고 그후 매년 집약 낙농국과 옥수수 생산국에서 때때로 발생.

나. 1966년 일본의 군마현에서 미숙한 카브(turnip) 잎을 저녁사료로 두당 20~30kg씩 급여한 결과 5두가 폐사되었음.

다. 1968년 9월 20일 일본의 천엽현 무원농고에서 젖소 27두에 청예 옥수수를 60kg내외 급여한 결과 6두가 폐사되고 나머지는 치료 2일만에 완치되었음.

라. 국내에서는 1982년 10월 충남 천원군에 소재하는 대규모 젖소 목장에서 건조하며 일교차가 심한 기후에서 재배된 옥수수 청예를 급여한 결과 18두가 중독되어 3두는 폐사되고, 나머지 15두는 평균 3일의 치료후 회복된 바 있음.

2. 질산염 중독의 발생 및 중독 기전

반추가축에 있어서 질산염 중독은 몇가지 원인이 있으나 주로 질산염이 과잉 축적된 사료 혹은 물을 섭취함으로써 발생하게 된다.

가장 흔히 중독을 일으키는 사료식물은 귀리, 보리, 밀, 호밀의 건초, 옥수수 등이 있으며, 물에 의한 경우에는 비료를 저장한 곳 또는 시비한 지역에서 흐르는 물 또는 질산염의 성분이 많은 토질의 물을 섭취함으로써 발생하게 된다

가. 식물의 섭취에 의한 발생 경로

1) 토양에서의 질소 화합물의 변화

① $\text{NH}_4\text{-N}$ 상태로 시비한 경우(유안염안, 화성 비료, 인분뇨 등)

$\text{NH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow$ 탄산 암모니아염 또는 NH_4

$\xrightarrow{\text{아질산균}} \text{NO}_2\text{염} \xrightarrow{\text{질산균}} \text{NO}_3\text{염}$ 상태로 식물체에 흡수됨.

② $\text{NO}_3\text{-N}$ 상태로 시비한 경우(질레초석, 초안, 질산가리, 질산석회 등)

$\text{NO}_3\text{-N}$ 는 $\text{NO}_3\text{염}$ 으로 변하여 식물체에 흡수됨

③ 요소, 요산을 시비한 경우

요소 $\rightarrow \text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$ 상태로 식물체에 흡수됨.

2) 식물체내에서 질산염의 대사

앞에서 보는 바와 같이 토양에서 N은 거의 대부분 NO_3^- 형태로 존재하며 식물의 뿌리로 흡수된다. 즉 우리가 어떤 형태로 N시비를 하든 지간에 토양내에서 NO_3^- 형태로 된 후 식물에 흡수된다는 사실을 의미한다. 식물체내에서 NO_3^- 는 환원과정을 통하여 NH_4^+ 로 전환되며 광합성작용과 관련되어 단백질을 비롯한 각종 질소 화합물로 된다.

이러한 대사는 식물체내에서 매우 빠른 속도로 진행되기 때문에 정상적인 조건에서는 식물체 조직내에 NO_3^- 의 농도는 매우 낮다. 또한 NO_3^- 의 환원과정에서 생기는 NO_2^- 도 거의 발견할 수 없다. 그러나 식물이 토양에서 NO_3^- 를 과도하게 흡수한 경우, 광합성작용이 방해받거나 혹은 질산염 환원 효소의 작용이 저해를 받게 되면 NO_3^- 가 원활하게 대사되지 못하고 식물체내에 축적하게 된다. 이러한 대사과정에서 식물체내에 질산염의 과잉 축적을 유발시키는 요인들은 다음과 같다.

① 질소 시비량

질소 시비를 많이 하게 되면 토양내에 NO_3^- 의 함량이 높아지고 이에 따라 식물체내에도 NO_3^- 의 농도가 증가하게 된다. 특히 성숙기 이전의 사료작물의 경우 이러한 경향이 높으며 중독증을 예방하기 위해서는 어떠한 형태의 비

료로 시비를 하더라도 토양중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량이 15~30mg/100g을 넘지 않도록 해야한다.

② 한발

한발이 계속되면 식물체내의 수분함량이 줄어들어 광합성작용이 방해받아서 결과적으로 식물체내의 CO_2 대사가 원활히 이루어지지 않고 축적되며 이는 성장이 빠른 미성숙기 식물에서 발생 가능성이 높다. 우리나라에서는 가을철 한발기가 계속될 때 청예 옥수수류가 과잉에 급여함으로써 중독이 발생하기 쉽다.

③ 광선부족 및 기온강하

일조광선이 부족하거나 기온이 낮은 조건에서도 광합성작용이 저해를 받기 때문에 식물체내에 질산염 축적이 발생한다.

④ 식물의 종류

식물의 종류에 따라 질산염의 축적 능력에 차이가 있다. 즉 청예 연맥, 옥수수, 사료용 비이트, 겨자과 작물 등과 비름과 등에 속하는 야초들은 질산염의 함유량이 높은 식물이며 목초의 경우에는 두과에 속하는 것이 화분과에 속하는 것에 비하여 함유량이 대체로 낮은 편이다.

⑤ 토양상태 및 토양 무기물의 결핍

적당한 수분을 함유한 토양 및 산성토양은 질산염의 흡수력이 크고, 몰리브덴, 황, 인 등이 결핍된 토양도 역시 질산염의 흡수력이 크다.

기온강하시에도 토양의 흡수력이 증가하게 된다. 그리고 질산 및 아질산 환원 효소의 금속 성분인 몰리브덴, 망간, 철 등이 토양중에 결핍될 경우 식물체내에서도 결핍이 일어나 NO_3^- 의 환원이 지연된다.

⑥ 제초제의 사용

2, 4-D와 같은 제초제는 질산염을 축적시키는데 관여한다.

3) 중독을 일으키는 식물체내의 질산염 농도

가축이 섭취하는 사료작물내 건물중 NO_3^- 함량이 1.0% 초과시 급성 중독이 발생할 수 있으며 또한 농후사료와 물에 함유되어 있는 NO_3^- 가 부가되어 작용할 수 있기 때문에 조사료, 농후사료 및 물에 함유되어 있는 NO_3^- 량을 모두

고려하여야 한다.

반추가축에 있어서 질산염의 치사량에 관한 많은 보고가 있으나 보고자에 따라 상당한 차이가 있는데 이것은 가축의 개체별 영양상태, 투여경로 및 질산염 복합물의 종류에 따른 차이라고 생각된다. 대략적으로 볼 때 젖소에서 LD₅₀은 체중 1kg당 1gm으로 보고(Crawford *et al.* Cornell Vet. 56 : 1-17 : 1966) 된 바 있으며, 아질산염의 최소 치사량은 체중 1kg당 88~110mg, 그리고 질산가리의 경우에는 약 0.6gm으로 나타나 있다. 그리고 질산가리를 일당 0.15gm씩 3~13일간 급여했을 때 유산을 일으켰다는 보고도 있다.(Stechell *et al.* Aust. Vet. J., 38, 58 1962) 신생축이나 나이 어린 가축은 쉽게 중독이 일어날 수 있는데 이는 어린 가축의 hemoglobin은 methemoglobin이 보다 쉽게 형성되며 또한 아질산 질소와 매우 강하게 결합되기 때문이다.

나. 물에 의한 질산염 중독

질산염이나 아질산염은 수용성이며, 부패된 유기물질, 질소비료, 가축의 배설물, 사일리지액에 의해 오염된 물을 가축이 섭취했을 때 중독증이 야기될 수 있다. 특히 봄철에 많은 눈이 녹은 후 혹은 여름철에 비가 많이 온 후 질산염이 물에 함유되어 있는 경우가 많다. 식물이 많이 자라는 연못에서는 식물이 질산염을 흡수하기 때문에 질산염의 농도가 그리 높지 않으나, 식물이 자라지 않는 연못에서는 농도가 높을 가능성이 있다.

물에 의한 질산염 중독은 물에 질산염이 1,500ppm을 초과했을 때 발생되어질 수 있다.

다. 반추가축 체내에서의 중독기전

반추가축에서는 NO₃⁻는 1위내의 미생물에 의하여 NO₂⁻를 거쳐 NH₃로 환원된 후 미생물체 단백질로 형성되어 지는데, 가축이 NO₃⁻를 다량 섭취한 때는 1위 미생물에 의해 분해되지 않은 NO₃⁻와 분해 중간 생성물인 NO₂⁻는 미처 다른 단계로 환원되지 못하고 1위벽을 통하여 쉽게 흡수되어 신속하게 혈류에 도달하게 된다.

질산염은 소화관 점막에 직접 작용하며 다량 섭취시에는 위장염을 일으키나 아질산염은 혈중의 hemoglobin을 산화시켜 methemoglobin을 형성하기 때문에 산소운반기능을 갖지 못하게 된다. 이 결과로 가축은 조직에 산소가 결핍되어 저산소증 혹은 무산소증을 일으키게 된다.

NO₂⁻상태로 가축이 섭취하게 되면 중독은 매우 빨리 일어나나 NO₃⁻상태로 흡수한 경우에는 1위내에서 NO₂⁻로 변화되기 때문에 임상증상이 나타나기까지는 몇시간이 걸리게 된다.

소에 있어서는 질산염 섭취 5시간 후 최대의 methemoglobinaemia가 발생되며 일반적으로 혈액중 methemoglobin의 농도가 전체 hemoglobin양의 50%에 달할 때 이미 중독증세를 나타내며 60% 이상이 되면 대부분 폐사한다(Kemp *et al.*, Neth. J. Agric. Sci. 25 : 51, 1977) 또한 소에서 혈액 100ml당 9gm의 methemoglobin은 치사수준이라는 보고도 있다(Purcell *et al.*, Res. Vet. Sci. 12, 598, 1971).

3. 증 상

급성중독은 질산염 함유량이 많은 사료나 물을 섭취하였을 때 1시간 부터 4시간내에 보통 발생하나 만성중독의 경우에는 가축이 질산염을 함유하는 조사료를 5~8일간 섭취한 후 중독증상이 나타나는 경우도 있다.

질산염의 직접적인 자극 작용으로 유연, 구토, 설사, 복통을 유발시키며 초기에는 빈번한 배뇨가 나타날 수 있다. 가장 특징적인 증상은 무산소증이며 호흡곤란, 점막의 청색증이 관찰되며 혈액은 전형적으로 암갈색 혹은 초콜렛색으로 나타난다. 빠르고 약한 맥박과 근 진전, 허약, 운동실조 등의 증상도 나타난다.

폐사는 보통 12~24시간에 일어나나, 질산염 함유량이 매우 높거나 아질산염이 포함되었다면 수시간내 폐사하며 임신중의 소에서는 회복이 되더라도 유산될 가능성이 많다.

4. 진 단

표 1. 질산염 중독과 혼동하기 쉬운 다른 중독증과의 감별진단

Toxicant	Blood color	Mechanism	Treatment	Physical characteristic
Nit rate (Nit rite)	Brown	Methemoglobin	Methylene blue	
Sodium chlorate	Brown	Methemoglobin	Methylene blue	
Silo gases (Nitrous Dioxide Nitric Oxide)	Slight Brown	Slight Methemoglobin	Methylene blue Ca gluconate	About same density as air
Cyanide	Cherry red	Anticytochrome oxidases	Nit rite-thiosulfate	
Carbon dioxide	Dark	Displaces oxygen	Oxygen; fresh air	Heavier than air
Carbon monoxide	Bright red	Carbon monoxide hemoglobin (stable)	Fresh air; oxygen+50% CO ₂ thionine solution	Lighten than air

위 내용물, 혈장, 혈청, 뇨, 타액, 사료 및 물에서 NO₃⁻ 또는 DO₂⁻ 함량을 측정할 수 있으며, 측정이 하루 이상 지연될 때는 샘플을 냉동보관한 후 사용해야 한다.

임상증상이 뚜렷하며 methemoglobinaemia, 혈청내 NO₂⁻의 증가 등이 나타나고 사료나 물에서 고농도의 NO₃⁻가 검출될 때 질산염 중독으로 진단할 수 있다. 그러나 몇가지 다른 중독증이 질산염 중독과 혼동되어질 수 있기 때문에 감별진단이 필요하다(표 1 참조).

질산염과 아질산염 중독의 진단에 사용되는 야외시험법

가. 질산염 진단

1. Diphenylamine 0.5gm을 20ml의 증류수에 첨가하고

2. Sulfuric acid를 적량 가하여 100ml의 용액을 만든 후 식혀서 갈색병에 보관한다 (Stock Sol).

3. 진단시에는 stock sol과 30% sulfuric acid를 동량 섞어서 사용한다.

4. 중독이 의심되는 식물의 줄기를 자른 표면에 진단액을 한방울 떨어뜨렸을때 녹색에서 청색으로 변색되면 질산염 함유량이 2% 이상임을 나타냄.

나. 아질산염 진단

1. 시약: sulfanilic acid(20% glacial acetic acid 150ml에 0.5gm 첨가), alphanaphthylamine

hydrochloride(20% glacial acetic acid에 0.2gm 첨가).

2. 측정하려는 시료 2ml를 시험관에 넣은 후 sulfanilic acid 2ml를 가하고 다시 alphanaphthylamine 2ml를 가함.

3. 보라색 혹은 적색으로 변색되면 아질산염에 대해서 양성반응인 것으로 판정한다.

4. 식물의 줄기를 절단하여 진단액을 떨어뜨리는 경우에도 동일한 순서로 행하며, 양성반응 판정도 동일하다.

다. Diphenylamine blue (DPB) test

DPB test는 질산염과 아질산염의 시험을 위하여 야외에서 쉽게 이용될 수 있는 가장 민감하고 간단한 시험법으로 물, 식물, 위 내용물, 타액, 혈청 및 뇨를 검사할 수 있다. 그러나 질산염과 아질산염의 특이적인 진단법은 아니며 야외진단에 도움을 줄 수 있다.

방법은 1% diphenylamine용액(황산을 용매로 사용) 0.5~1ml를 유리관에 놓고 검사하려는 물질(용액 혹은 현탁액)을 접촉시키지 말고 진단액 옆에 한, 두방울 떨어뜨린다. 진단액과 시료를 주사바늘 등을 이용하여 가는 선으로 연결시킨다. 이때 시료로부터 청색으로 변하여 진단액내로 확산해나가면 시험물질내에 질산염이나 아질산염이 존재함을 의미하는 것이다.

5. 치 료

가축의 질산염 중독에 있어서 methylene blue

가 특이적인 치료제인데 표준용량은 보편적으로 체중 1kg당 1~2mg을 1% 용액으로 정맥내 주사하며, 반주가축의 경우에는 methylene blue 가 고용량으로 투여되더라도 methemoglobinaemia 를 유발시키지 않기 때문에 체중 1kg당 20mg을 투여하는 것이 효과적이다. 그리고 중독물질을 많이 섭취한 경우에는 재 주사가 요망되며 조사료 섭취에 의한 질산염 중독시에는 염류 사료로 사하시키는 방법도 치료에 도움을 줄 수 있다.

6. 예 방

이상에서 반주가축의 질산염 중독, 발생례, 발생 및 중독 기전, 임상증상, 진단, 치료 등에 대해서 언급하였던 바 일단 중독이 발생하게 되면 경제적 손실이 크기 때문에 사전에 중독증이 발생되지 않도록 예방에 노력해야 할 것이다.

특히 한발기(5~7월) 혹은 일교차가 심한 봄, 가을철(4월, 9월, 10월)에는 질산염이 축적되기 쉬운 연맥이나 옥수수 등의 사료작물을 가축에

급여하면 중독증이 발생할 가능성이 매우 높기 때문에 사료 급여량의 조절 등 사양관리에 세심한 주의를 기울여야 한다. 사료작물의 생산성을 증가시키기 위하여 과비를 하는 농가가 있는데, 과비를 피하며 적정량을 시비함과 동시에 가능한 한 복합비료를 사용하여 토양내 무기물의 균형을 이루게 하는 것도 좋은 예방법이 되리라고 생각한다. 그리고 질산염의 함유가 의심되는 연못 및 우물의 물을 섭취하지 못하도록 해야한다. 가끔 시비한 직후에 비가 와서 비료가 연못이나 웅덩이로 흘러 들어가는 예도 빈번한데 이것을 가축이 섭취하지 않도록 해야 한다.

가축이 질산염이나 아질산염을 섭취할 기회가 많다고 판단될 경우에는 탄수화물 사료를 다량 급여하는 것도 예방의 효과가 있으며 사이레지에 고농도의 질산염이 함유되었다고 생각될 때는 먹이기 전에 하루밤동안 바람을 통하게 하는 것이 좋다.

■ 海外文獻抄録 ■

소의 甲状腺含有肉을 먹은 사람에서의
甲状腺中毒症發生

An Outbreak of Thyrotoxicosis caused by the
Consumption of Bovine Thyroid Gland in Ground Beef

Craig, W, et al : N. Engl. J. Med
316(16) : 993~998, 1987

1984년 4월부터 1985년 7월 사이에 미국 미네소타주 남서부와 남다코다주 그리고 아이오와주에 살고 있는 주민 가운데 甲状腺中毒症狀을 나타내는 환자가 집단적으로 발생된 바 있었고 이를 조사한 역학조사팀인 저자들은 이것이 소 갑상선섭취와 밀접한 관계가 있다는 흥미있는 보고를 하였다. 도살우체 중에서 甲状腺이 포함된 인후두부의 근육, 즉 neck gullet trimming부의 고기를 갈아서 만든 햄버거용과 같은 간(분

쇄) 고기를 먹은 사람들에서만 이런 중독증이 발생되었다고 밝혔으며 또한 인체실험을 통하여 이를 입증하였다. 소의 갑상선이 함유된 고기를 먹을 경우에 체내 갑상선호르몬 농도가 매우 유의성 있게 상승하고 갑상선이 비대되지만 無痛性 甲状腺炎인 것이 특징이다. 조사에 응했던 121명의 환자중 34명이 한 도살장에서 생산된 것을 섭취한 것으로 보아서 지역적이며 산발적인 환자 발생이 있지만 공중보건학적 측면에서 도축검사원에게 참고가 될만한 것 같다. 역사적으로는 제 2차 세계대전중에 덴마크전역에서 이런 증상이 크게 발생하였으나 원인이 알려지지 않았던 중 폴란드에서 처음으로 돼지의 갑상선이 함유된 분쇄고기를 소세이지로 섭취한 것과 관계가 있다는 원인규명이 있었다. 참고적으로 미국에서는 이와같은 햄버거용 분쇄고기가 년간 대략 2.04 billion kg이나 생산소비된다고 보고하였으며 甲状腺炎 患者의 병력청취에 유의할 사항으로 지적되고 있다.

(서울大 獸醫大 韓弘栗 抄)