

## 영양생리 장애의 발생현황과 발생조건

장 태 현  
(주)대유 연구개발부장

### 머 리 말

점차 다양화해지는 농작물을 재배해서 수확하기까지는 과도한 화학비료의 사용으로 인하여 작물에 따라서는 특정 원소의 요구 도가 많고 적음이 작물체 표면상의 증상으로 나타나고 있으며, 어느 원소라도 작물 생육에 필요한 원소의 과부족이 없이 골고루 섭취를 해야 만이 원하는 생산량 및 최고의 상품을 수확하는데 차질을 주지 않는데 대체적으로 작물이 필요한 10개의 필수 원소로는 C, H, O, N, P, S, K, Ca, Fe 등이며 이들 외에도 작물체 속에는 비교적 적은 양으로 존재하지만 작물의 생육에 필요한 원소로 작용하는 미량 요소들은 수확량 과 품질에 영향을 미치는 원소로는 대체적으로 B, Cu, Mn, Zn, Mo 등이며 그 외에도 Cl, Na, SiO<sub>2</sub>, I, Co 등의 많은 원소들도 있다. C, H, O는 자연 상태에서 필요한 양을 충족시켜 줄 수 있지만 그 외 원소들은 토양 조건에 따라서 과.부족의 발생이 심하여 작물의 생육 도중 개화 수정 불능, 황화, 괴저, 기형, 생산량 감소, 품질 저하 등을 유발하기도 한다.

최근의 농업 기술의 발달로 재배 환경, 재배 기술이 날로 개선되어 가고는 있으나 작물 재배 자의 고령화로 인한 토양 비배 관리 기술 부족, 화학비료 과다 및 편중 시용, 하우스 재배 면적 증가로 인한 작물에 따른 연작 장애 발생 등, 토양 산도에 따른 영양 흡수 불균형으로 인한 생리적인 장애 병이 날로 증가되고 있는 실정이므로 이에 따른 생리장애병의 판별과 처방에 관한 것을 언급하고자 한다.

### 작물의 영양생리 장애의 발생 현황

우리 나라의 토양의 모암은 화강암으로서 토양의 산성도가 심하였으나 꾸준한 석회 시용으로 인한 토양의 산도가 점차적으로 높아지고 있는 실정이나 대체적으로 과수류의 산도는 5.0~5.5의 범주에 속하므로 여기에 따른 영양 장애 적인 생리 병이 우리 나라 전지역에 고루 발생 되는 등, 병해에 버금가는 피해가 나타나고 있는 실정이며 특히 국내의 기후적인 관계인 긴 장마나 한발이 주요 인으로 작용하기로 하고 있다.

토양 산성에 의해서 유발되는 생리적인 병으로는 칼슘, 고도, 철, 몰리브덴인데 이 중에서 고도결핍이 가장 심하고, 광범위하게 나타나고 있으며, 또한 토양 건조에 의해서 나타나는 붕소, 철, 칼슘 등이 있는데 그 중에서 칼슘에 의한 병으로는 고추, 토마토 배꼽썩음병이 아주 심하게 발생하며 철 또한 아주 심각하여 복숭아, 포도, 배나무 등의 피해 면적이 점차 증가 추세로 심하며 나무 자체가 고사하는 등 심한 장애를 나타내고 있으며, 채소류. 과수류(포도, 복숭아, 배 등)의 붕소 결핍 피해도 심하게 발생되고 있는 실정이다. 여름철 긴 장마나, 비가 많은 해에는 용탈로 인한 고도나 가리, 칼슘, 붕소의 결핍을 더욱 가속화하는 경우가 많다.

#### ● 과수류에 발생하기 쉬운 영양생리 장애

과수류에서 주로 발생되기 쉬운 영양 결핍 장애 병으로는 주로 이른 봄에 붕소 결핍으로 발생하는 포도나무의 화진현상 과 사과와 신초고사현상이 전국적으로 발생하고 있으며, 봄 가뭄이나, 6월 가뭄, 장마 이후 가뭄등 과 당년도의 토양 표층에 석회 과다 시용으로 인한 토양 산도가 중성 내지 알카리성이 되어 유효태 철이 불용성으로 변화여 철결핍이 유발되는 포도, 복숭아, 단감, 대추나무, 배나무의 피해와 배나무의 칼슘 결핍으로 발생하는 돌배 현상도 해에 따라서 심각하게 대두 대는 경우가 있으며, 장마 후기인 7월 하순에서 8월 상순 사이에 주로 발생하는 포도, 사과, 배나무의 고도 결핍은 과일 비대기에 주로 발생하여 품질에 크게 영향을 미치므로 포도의 경우는 착색 저하 및 당도 저하를 초래하며, 사과나무의 망간 과잉은 강산성의 대표적인 피해로 발생하는 것으로 후지106 대목에 치명적인 피해를 주고 있다.

● 채소류에 발생하기 쉬운 영양생리 장애

채소류에서 주로 발생되기 쉬운 생리 장애 병으로서의 엽채류인 배추에는 붕소와 칼슘 결핍 등이 다발하고 있고, 무, 당근, 양파 등에는 붕소 결핍과 비대기에 칼슘, 고토 결핍이 주로 발생하며, 감자 고구마의 경우는 비대기에 가리 결핍과 고토 결핍이 주로 발생하고, 과채류의 경우는 하우스의 증가에 따른 연작 재배로 토양에 염류가 집적되어 생리적인 장애가 다양해 가고 있는 실정이다. 특히 참외 와 토마토의 칼슘과 고토 결핍이 점차 늘어나고 있으며, 오이도 재배 면적이 증가하면서 가리의 과다 시비로 인한 잎 뒷면이 만곡되는 칼슘 결핍과 고토결핍, 그리고 철결핍까지 다양하게 나타나는 경향을 보이고 있다. 상추나 케일, 썩갓 등의 엽채류는 수경재배 상에서도 철 결핍이 발생하기도 하며, 하우스 연작 지역에 산도 상승으로 인한 철 결핍이 종종 유발되거나 고추 연작지의 철결핍 피해도 점차 늘어나는 추세다.

● 화훼류에서 발생하기 쉬운 영양생리 장애

점차적인 소득 작목으로 호평을 받고 있는 화훼류에서의 생리적인 장애로서는 분식으로 봄에 많은 각광을 받고 있는 철쭉류는 철결핍이 많이 발생하며, 국화, 장미 등에서는 철결핍과 고토결핍의 많이 발생하고 있다.

● 질소(N)

질소의 결핍 유발 토양은 간척지, 사토 등의 유기물이 적은 토양이나 질소 유실이 많은 경우에 발생되기 쉽다. 과수류에서는 시비량이 적은 경우, 초생법을 택하는 경우, C/N율이 높은 경우에 일어나기 쉽다. 질소가 적을 경우 토양에 인산비료의 과다 시비나 인산 과다 집적은 질소 결핍 장애를 촉진시킨다.

● 인산(P, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

토양 중에 인산이 많이 존재하나 칼슘이 부족한 산성 토양에서는 활성이 높은 철이나 알루미늄이 인산과 결합하여 난용성이 되므로 작물에 인산 흡수가 나빠져서 결핍증상이 유발된다. 화산회토에는 인산 시비시 알루미늄과 결합하여 불용성 인산 알루미늄이 되고, 홍적층 지대의 점토 분이 많은 적토 지대에는 인산이 철과 결합하여

표 1. 원소결핍과 과잉으로 인해 유발되는 영양생리 장애

원 인	작물에서 발생하기 쉬운 영양생리 장애
원소과잉	포도(거봉)-화진현상, 과채류-공동과, 가지-돌가지증(암모늄과잉), 양파-속썩음병, 토마토-이상경, 참외-녹색 선과증, 배추-줄기(중특부) 깨알증(초산태과다)
인산결핍	유채-불임증
가리결핍	포도(거봉)-방고증상, 오이-곤봉과증상, 참외-잎가장자리 갈색고사증, 감자-잎, 줄기 황화고사증
칼슘결핍	양배추-속썩음병, 상추-속썩음병, 잎부패현상, 셀러리-혹색심부병, 양파, 무-혹색심부병, 토마토, 고추-배꼽썩음병, 딸기-잎가장자리마름증, 오이-잎만곡증상(뒷면), 참외-심부과속현상(발효과), 사과(홍옥)점무늬병, 배나무-돌배현상, 유부과
고토결핍	무, 고추, 참깨-황화증, 참외, 토마토-황화증, 수박-황화, 잎마름증상, 인삼-황병, 감자, 가지-황화증, 배추-외엽황화증, 장미, 국화-황화증, 포도-호엽(황화)증, 방고병(과경장마름증), 사과(후지), 배, 감귤, 단감-과일엽 황화증상
붕소결핍	배추-결구불량증, 줄기내부갈변증, 셀러리-심부병, 무-근부혹변병, 심부병, 근두코르크화, 근두조피현상, 유채, 참깨-불임병, 당근-총생한엽근두에 검은균열증, 토마토-과일내벽코르크화증, 감자-심부혹변증, 공동, 표면균열, 잔뿌리발생, 기형, 포도-화진현상, 과육혹변, 과피코르크화, 사과-신초미생 및 고사현상, 축과병, 복숭아-수지병, 잔가지 발생 및 고사, 암갈색의 엽소현상
망간결핍	참외-신엽가장자리 황백화증, 포도-성숙불량, 수도-꺼씨무늬병, 감귤-황화증
철 결핍	포도-복숭아, 배, 대추-황백화현상, 단감-황화현상, 고추, 수박, 오이-황화현상, 참외-육묘기 황백화증, 잔디-황하증, 상추, 케일, 썩갓-황화증, 화훼류(철쭉류, 국화, 장미)-황백화현상
아연결핍	감귤-황화현상

난용 성으로 된다. 이와 같이 시용한 인산이 토양 중에 난용 성으로 되는 것을 토양이 인산을 고정한다고 하고, 고정력이 강한 토양을 인산 흡수 계수가 높다고 한다. 그러나 석회의 시용시에는 인산 칼슘이 되어서 식물이 다소 이용할 수 있다. 발작물의 인산 결핍은 토양 산성이 큰 원인이 되므로 산성 교정이 필요하며 이때 칼슘이나 고토의 시용이 인산의 불용을 줄일 수 있다. 지온도 인산 흡수와 관계가 있어서 저온의 경우는 뿌리의 인산 흡수력이 약해져 결핍을 일으키며, 토양으로는 강산성 토양 조건에서 인산 결핍이 많이 발생된다.

#### ● 칼륨(K, K<sub>2</sub>O)

가리는 NH<sub>4</sub>와 같이 토양에서 유실되기 쉽다. 특히 사질 토양이나 부식질이 적은 토양이나 강산성 토양에서는 비나 관개수에 의해 유실된다. 토양으로는 노후화된 토양에서 가리 보수성 약하기 때문에 결핍증을 유발시킨다. 가리는 흡수가 매우 빠르기 때문에 생육 후기에 결핍이 많이 생긴다. 논 토양이 강환원이 된 환원 토양이나, 습해, 한해, 강산성으로 뿌리가 손상되었을 때 흡수가 현저히 저하되고, 작물로서는 가리 요구량이 많은 양배추나 감자, 담배 등을 2~3년 연작시 심한 가리 결핍이 생긴다.

#### ● 칼슘(CaO)

우리 나라 토양은 칼슘 함량이 낮은 화강암류에 속한 산성암에서 생성되어 비가 많이 오면 토양 중 칼슘이나 구토가 유실되고 만다. 특히 많은 과수원이나 밭이 경사지에 위치함으로 유실되기가 아주 쉽다. 최근간 화학비료의 지나친 사용으로 인한 이질 비료 중에 포함된 황산이나, 염산이나 질산이 토양 중 칼슘 유실을 한층 더 촉진 시킨 요인이 되었을 뿐만 아니라 유기물 시용의 부족으로 인한 척박한 토양은 칼슘 흡착력이 약해져서 한층 더 유실을 용이하게 하였다. 특히 사질토에 유기물이 부족하면 매년 석회를 시용하지 않으면 칼슘결핍증을 유발시킬 수 있다. 채소와 같이 칼슘 흡수량이 많은 작물은 토양 중 칼슘이 부족하기 쉽다. 고추나 토마토는 토양 중에 칼슘이 있어도 비가 적고 건조한 해에는 배꼽썩이병이 유발되는데, 이것은 토양 수분의 부족으로 토양 중의 질소나 염류 농도가 높아져서 흡수를 나쁘게 하기 때문이다. 과수나 채소류는 초산태 질소를 좋아하여 흡수하나, 초산은 음이온을 가지고 있기 때문에 초산이 작물 체내에 흡수가 되면 양이온을 가진 가리, 칼슘, 고토의 흡수가 좋아진다. 이해 반해 양이온을 가진 암모니아가 흡수되면 칼슘의 흡수가 나빠진다. 많은 질소질 비료는 암모니아 형태로 되어 있으나 시비 후 미생물에 의해 질산태로 변한 후 흡수되지만 과다 시비나 건조가 지속되면 미생물 활동이 제한을 받아서 암모니아태로 흡수될 경우는 칼슘 흡수가 나빠지거나, 또한 습해로 인한 뿌리의 장애를 받을 시에도 흡수가 나빠진다.

#### ● 마그네슘(MgO)

토양에서의 고토는 칼슘과 같이 유실이 되기 쉬우며, 특히 토양 산성이 심할수록 유실도 심화된다. 재배 작물에 있어서 고토의 결핍 원인을 크게 두 가지로 나누며 그중 하나는 토양에 치환성 고토 함량이 8~10 mg 이하로 적을 때와 다른 하나는 토양에 치환성 고토가 많이 존재하고 있어도 가리가 과다할 경우에 유발된다.

사질토의 채소원이나 과수원은 고토결핍이 유발되고 있는데 이는 화학비료의 장기적인 사용으로 토양 산성화가 격심하기 때문에 고토 유실이 그 원인이고, 또한 과수나 채소의 경우는 고토를 많이 필요로 하는 작물이기 때문이다. 포도의 경우 고토결핍이 심한 과수원의 경우 산도가 4.5~5인 경우가 대부분인 경우로 조사되었다.

제주의 감귤 재배 치의 경우를 보면 조생은주와 같이 고토결핍이 나타나기 쉬운 품종의 재배로 인해 고토결핍이 증상이 유발되고 있다. 특히 과수류의 고토결핍은 과일이 많이 달린 가지의 과일 주변 앞에서 거의 발생하고 있는데 이는 고토성분이 과일이 비대하면서 과일쪽으로 이동하기 때문이다.

#### ● 붕소(B, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

붕소는 토양 중에서 치환태, 수용태, 비치환 태로서 존재하는데 붕산(H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 붕산석회(Ca<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Mg<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 규산염의 성분으로서 존재하고 있으나, 강우나 관개수에 의해 유실되기 쉬우며 특히 사질토는 산성의 화학비료를 많이 주면 일시적으로 강산성이 되므로 유실이 심하고 이와 같은 산성 토양에 석회질 비료를 주면 산성은 개량되나 붕소는 불용성이 되고 만다. 단 강산성 토양에서 붕소가 극단으로 적으면 결핍된다. 특히 채소류와 같이 붕소 요구량이 많은 작물을 연작하면 다량의 붕소가 밭에서 반출되므로 유효태 붕소가 결핍된다. 밀감의 경우

붕소 요구량이 많으므로 논을 밀감 원으로 전환하였을 때도 발생한다. 시설 하우스나 온실의 경우 토양이 건조하게 되면 붕소의 흡수가 나빠져서 결핍이 유발된다.

### ● 철( $\text{Fe}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ )

토양 중의 있는 철은 2가와 3가의 형태로 존재하며 토양 중 10% 내외 함유되어 있으나 유효태 철은 몇 %에 지나지 않으며 대부분의 토양에서 부족 되기 쉬운 것은 치환성 철과 용액 중의 철이다. 토양에 치환성 형태로 존재하고 있는 철은 제일철인 2가 철( $\text{Fe}^{2+}$ )이며, 제이철인 3가 철( $\text{Fe}^{3+}$ )은  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})^{3+}$ , 또는  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  등의 형태로 토양의 유기, 무기 교질 위에 침전하여 강하게 부착되어 있다. 이들의 3가 철은 물이나 중성 염류에는 용해하지 않으나 부식산, 그 밖의 알파-Oxy나 dicarbon산 등의 유기산과는 쉽게 복합체를 형성하여 토양 용액 중에서 이동하는 수도 있다. 토양이 담수 상태로 되거나, 수분이 많으며 토양 미생물의 작용으로 토양 전하가 낮아져 가용성 제일철인 2가 철이온의 양이 증가하여 치환태 제일철이 많아져 특이 산성을 띄게 된다. 그리고 황산염의 환원에 의해서 생긴 황화 수소와 반응하여 일부 황화철로 침전한다. 철은 산화 상태에서 재차 산화되어  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 로서 침전한다. 그러므로 토양 산도(pH)가 중성 내지 알칼리성이 되면 철의 용해도가 줄어 불용태로 변한 철은 흡수가 방해되므로 철결핍을 유발하고, 작물 체내에서의 이동이 적기 때문에 토양이 지나치게 건조하거나 염류의 이상 집적에 의해서 흡수 장애가 생긴 식물의 신엽에 황백화현상이 나타난다. 또 인산 사용을 많이 하면 작물 체내의 인산이 과잉 흡수되어 과잉 흡수된 인산이 철과 결합하여 철의 체내 이동이 방해되기 때문에 철 결핍을 초래하며, 망간, 동이 체내에 과다 흡수되면 철이 이들에 의해 산화되어 불활성이 된다. 이와 같은 원인에 의해서 철 결핍이 복숭아, 포도, 배나무 등에서 심각하게 발생되어 심지어 나무가 고사되는 과원이 늘고 있으며, 또한 하우스 연작지의 산도 상승으로 인한 피해도 상당량이 발생하는 경우가 있다(그림 1).

### ● 망간( $\text{Mn}$ , $\text{MnO}$ )

망간은 토양 중에서 2가, 3가, 4가 망간의 형태로 존재하고 있고, 토양 용액 중에 존재하는 망간( $\text{Mn}^{2+}$ ), 치환성 이온으로 존재하는  $\text{Mn}^{2+}$ , 비치환성의  $\text{Mn}^{2+}$ , 불용성인 3가와 4가 망간, 광물 및 유기물 중의 망간 등으로 나누어진다. 토양 용액 중의 망간 이온은 극히 미량이며 특히 중성-알칼리성일 때는 극히 함량이 낮다. 치환성 망간은 토양의 산도, 산화 환원 상태에 따라 심하게 변한다. 산도가 6이상이 되면 2가가 4가 망간으로 산화되고 6이하의 강산성일 때는 4가는 2가 망간으로 환원된다. 그러므로 강산성 토양에서는 용탈이 일어나고 알칼리성 토양에서는 거의 용탈되지 않는다. 일반적으로 토양에서 보통 100 ppm 이상이 존재하나 산도 6 이상에서는 과수류, 감자, 양파, 콩 등에서 망간 결핍이 유발된다. 그러나 산도 5.5 이하의 강산성인 사과밭은 망간 과잉으로(적진병) 인한 피해가 심각하다.

#### (1) 망간결핍

망간의 결핍은 무기질 토양보다 유기질 토양에서 더 일어나기 쉽다. 이것은 동의 경우와 흡사하며, 그 원인 토



그림 1. 철 결핍에 의한 생리 장애 (A) 고추, (B) 복숭아.

양 세균은 작물이 토양에서 가급적 망간을 흡수하는 능력을 상실시키기 때문이라고 보고 있다. 이와 같이 망간 결핍이 일어나기 첫째 쉬운 조건은 토양 중에 유효태 망간이 적어지는 경우를 들 수 있다. 즉 눈에 관수를 하면 역 환원성 망간이 하층 토양으로 흘러가기 때문이다. 특히 사질 토양에 망간의 유실이 격심하다. 사질토 논외의 깨씨무늬병이 많고, 추락 현상이 일어나기 쉬우나 이런 현상도 작물체내의 망간 부족의 한 원인이 되고 있다. 화산토지대(제주도)내에서 토양 중 유효태 망간이 토양 유기물과 결합하여 불용성이 되기 때문에 결핍증이 많이 나타난다. 토양 중에 역치환성 망간이 40~55 ppm이하, 치환성 망간이 3~5 ppm이하의 곳은 망간 결핍 토양이다. 둘째 조건은 토양 산도가 높아짐으로 망간의 불용성에 기인하기 때문이다. 즉 산도 6.3~6.5가 되면 유효태 2가망간이 불용성인 4가망간으로 된다. 이 변화는 토양이 건조해 있거나 토양 부식질이 적을 경우에 극단으로 나타난다.

## (2) 망간과잉

과수류 재배 지역에서는 망간 결핍보다 과잉의 해가 심각하지만 하우스 연작 지역에는 결핍이 발생하기도 한다. 망간 과잉이 일어나기 쉬운 조건으로는 토양이 환원되면 4가망간이 2가 망간으로 환원되어 유효태로 되어 과다 흡수가 되고(사과 적진병, 단감 녹반증), 반면에 칼슘의 흡수가 되지 않아 칼슘결핍이 유발될 가능성이 크다(단감 녹반증). 논 토양에 미분해 유기물이 다량 투입이 되면 벼에 망간이 이상으로 흡수된다. 또 유기물이 많은 밭 토양에서 습해를 받았을 때에도 작물 체에 망간이 이상 흡수된다.

### ● 아연(Zn, ZnO)

보통 토양 중에는 전 아연 함량이 10~30 ppm을 나타내고 있으며 아연 함량은 토양 표층에 많고 하층일수록 적다. 그 이유는 뿌리에 의해서 심토 층에서 흡수한 아연을 잎까지 상승시킨 후에 낙엽으로 분해되어 유리된 아연은 표층에 잔류하기 때문이다. 그러므로 영년생 심근성 과수에서는 결핍의 가능성이 많다. 치환성 아연은 2가 아연으로서 토양교질에 흡착되어 있거나 유기물과 결합되어 있다. 무기교질에 흡착된 아연은  $Zn^{2+}$  이외에  $Zn(OH)^+$ ,  $ZnCl^+$ ,  $ZnNO_3$  등의 형태이다.

아연 결핍은 주로 사과, 밀감 등에서 많이 발생하는데 퇴비 등 유기물의 시용이 적은 곳에 아연 함량을 감소한 것이 원인이 되거나, 인산 함량을 많이 시비함으로써 길항작용에 의하여 불용성 인산 아연 또는 과석중의 석회와 작용하여 아연의 가급도를 저하시켜 흡수가 억제되거나, 토양개량제인 석회 시비 증가로 pH가 높아져 가급태 아연은 점차 불용성의  $Zn(OH)_2$  생성하여 아연의 흡수가 나빠져 결핍이 유발된다. 그러므로 아연의 결핍은 사질토나 알칼리성 토양에서 잘 일어나며, 특히 석회 과용으로 말미암아 아연, 망간, 붕소의 결핍이 많이 발생하는 경우가 있다. 논을 밀감 원으로 사용하던 곳은 토양 산성이 약하므로 알칼리성 비료를 연용 하면 아연 결핍이 유발된다. 지금까지 벼, 보리를 재배하던 곳은 점차 채소로 집약 재배의 증가로 유효태 아연의 유실 및 많은 흡수로 인하여 산성~알칼리 토양까지 광범위하게 나타나며 특히 사질 토양에서 심하게 발생되고 남쪽 경사지가 결핍이 심하다. 아연에 예민한 작물로서는 포도, 콩류, 옥수수, 호프 등이며 그 다음으로 고구마, 토마토, 양파 등이 예민하다.

### ● 구리( $Cu^{2+}$ )

부식질이 풍부한 양토 내지 사양토와 화산회토의 흑색 토양에서 주로 발생되는데 산도(pH)가 알칼리성으로 바뀌면 더욱 심하게 나타난다.

### ● 몰리부덴(Mo)

토양이 강산성이 되면 토양 중의 철(Fe), 알루미늄(Al) 등과 결합하여 난용성이 되어 흡수되지 않는다. 특히 토양 중에 인산이 많을 때는 흡수되기 쉬우나 인산이 부족하기 쉬운 화산회토인 경우는 몰리부덴 결핍을 초래한다.