

영양생리 장애의 대책

장 태 현

(주)대유 연구개발부장

최근에 농업기술의 발달로 작물의 재배환경과 재배기술 또한 날로 개선되어 가고 있으나 농촌 인력의 부족과 재배자의 고령화로 인한 토양 비배 관리의 소홀, 화학 비료의 과다 및 편중 사용, 토양산도 변화에 따른 작물의 영양 흡수 불균형으로 인한 각종 생리적 장애의 발생과 하우스 재배면적의 증가로 인한 연작장애의 발생이 심각한 문제로 대두되고 있다. 본 강좌에서는 『영양생리 장애의 발생현황과 발생조건』 과 『영양생리 장애의 진단』에 이어 작물 재배시에 발생하는 각종 『영양생리 장애의 대책』을 소개한다.

토양 공존 이온이 원소 흡수에 미치는 영향

토양에는 여러 이온들이 동시에 존재하고 있으므로 이들 이온들의 흡수는 서로간의 영향을 미치는 경우가 많다. 이온 서로간의 흡수를 방해하여 억제하는 경우를 길항작용이라고 하고, 이온 흡수를 도와주는 경우를 상조작용이라 하는데, 길항작용은 양이온 상호간 또는 음이온 상호간에 일어나며 같은 전하일수록 강하게 일어나며 NH_4 와 Na, Ca, K의 경우와 Mg와 K 또는 Ca간에 많이 발생한다.

보통 작물체의 주요한 염기는 주로 K, Mg, Ca의 세가지 성분이지만 이들 사이의 길항작용의 존재로 이들 중 어느 한 원소를 많이 시비할 경우 작물 체내의 전 염기 조성에는 큰 차이가 나타나지 않으나 많이 시용한 원소 성분은 증가하고 다른 두가지 성분은 감소되어 거의 모든 작물 재배에서 자주 결핍이 유발된다. 미량 원소들 간에도 길항작용이 나타나는 경우를 보면 철성분이 많이 흡수되는 경우는 망간의 흡수가 억제되고, 또한 구리, 아연 등의 성분은 철흡수를 억제하여 철 결핍을 유발하여 황화가 일어나기 쉽다.

상조작용은 흡수된 성분이 체내 대사에 영향을 주어서 다른 성분의 흡수 작용에 영향을 주는 간접적인 경우가 많은데, 그 예로 질소와 인산, 인산과 질소, 인산과 고토 사이는 대표적인 상조 작용이라 할 수 있다. 질소를 추비할 경우 질소와 인산의 흡수가 동시에 증대되고, 반대로 인산 결핍이 일어나면 질소와 고토의 흡수가 억제되어 작물의 신장 생장이 잘 되지 않는 경우가 있다. 그러나 보통 길항작용이 있는 Ca와 NH_4 또는 K의 경우를 보면 칼슘이 전혀 없는 것보다 저 농도의 칼슘이 있는 것이 가리 흡수를 증대시킨다.

● 원소의 상호작용과 길항작용

원 소	상 조 작 용	길 항 작 용	비 고
P	고토, 규산, 질소	가리, 철, 아연, 구리	토양에 가리 사용량이 많으면 작물에 흡수와 이동이 잘되는 가리의 흡수가 비례적으로 증가되어 다른 요소의 흡수가 어려워져 양분의 균형이 깨어져서 생육 장애를 가져온다.
K	붕소, 철, 망간	질소, 고토, 칼슘	석회를 시비한 후 작물을 재배하여도 질소의 시비가 많을 경우는 칼슘 결핍이 유발된다.
Ca	인산	질소, 가리, 고토	작물체내에 칼슘이 흡수되면 인산의 흡수가 좋아진다.
Mg	인산, 규산	가리, 칼슘	
Mn	가리, 질소	칼슘, 동, 아연, 철	칼슘, 동, 아연, 철은 흡수도 나쁘게 하고 체내 이동도 나쁘게 한다.
B	칼슘	질소, 가리, 칼슘	뿌리에서 길항은 칼슘, 체내 붕소가 적으면 칼슘 이동이 나쁘다.
Fe	가리	칼슘, 인산, 망간, 아연, 동	칼슘이 토양 중에서 흡수를 억제시키고, 인산, 망간, 아연, 동은 흡수와 이동을 저해한다.
Zn		칼슘과 인산, 가리, 망간	칼슘과 인산의 영향이 크고, 가리, 망간, 과일도 흡수를 저해한다.
Cu	가리, 망간, 아연	칼슘, 철, 인산	
Mo	인산, 가리	철, 망간, 칼슘, 고토, 암모니아	

결핍 장애가 많이 나타나는 시기

최근 작물이 다양해지고 재배 시기도 연중 재배함으로써 지역에 따라서는 연작으로 인한 작물의 영양 결핍 장애가 점차 늘어나는 추세로 병충해에 못지않게 품질과 수량을 저하시키고 있다. 각종 작물에 나타나는 결핍 증상을 보면 생육 초기부터 수확기까지 2종 이상이 동시 발현되는 경우가 많으나 생육별로는 생식 생장기, 생육이 왕성한 시기, 과실비대가 왕성한 시기에 가장 많이 나타난다. 재배자에 따라서 특정 원소의 과다 시비로 오는 경우와 산도 교정으로 인한 석회 과다 시용으로 인한 결핍도 유발되지만 과수의 경우 가뭄으로 인해 원소의 결핍이 유발되는 경우도 상당량을 차지하고 있다.

결핍 증상 부위는 주로 잎에서 발생이 많으나 과채류나 근채류의 경우는 과실이나 뿌리에 직접적으로 영향을 미친다. 원소별 결핍증상이 나타나는 부위를 보면 N, P, K, Mg, Mo 등은 하엽부터 발

병하여 상위염으로 진전되고, Ca, B, Mn, Fe, Zn, S, Cu, Cl 등은 생장점부터 시작하여 하엽으로 전개되는 경우가 일반적이다. 과일이나 뿌리에 발생하는 원소로는 칼슘, 고토, 붕소가 가장 많으며 이들의 피해가 대부분을 차지하는데, 발생 시기별로는 주로 가뭄이 지속되거나 장마 후기에 발생이 심하다. 토양 pH에 따른 결핍 요인을 보면 중성에서 알카리성으로 되면서 잘 나타나는 원소는 Zn, Mn 등이고 산성에서 많이 나타나는 원소는 Ca, Mg, Mo 등이다.

각종 원소 결핍 장애 대책

● Ca 결핍 장애 대책

(1) 응급 대책

- ① 엽면살포를 한다. 토양 중에 칼슘의 흡수는 다른 양이온에 의해 흡수를 저해받을 경우도 많지만 대개의 경우 칼슘 이온 자체로 흡수가 어려우며 흡수 후 체내 이동도 잘되지 않으므로 칼슘이 결핍된 부위에(과일이나 잎 등) 엽면시비를 직접 해야 한다. 칼슘 이온을 콩잎에 시험한 결과를 보면 처리 후 4일만에 50%가 흡수된 것으로 보고되었으며, 특히 체내의 붕소 성분이 충분한 경우는 이동을 증대시키거나, $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 체내에 많을 때도 칼슘의 흡수를 증대시킨다. 엽면시비 물질로서는 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaCl_2 를 0.2~0.5%액이나, 칼슘 엽면 시비제인 물푸레 2호 A액을 500배(0.2%)액을 5~7일 간격 식물 전체에 2~3회 골고루 살포한다.
- ② 석회질 비료를 추비한다. 토양 중에 NH_4 , K, Mg, Na 등의 양이온이 많으면 흡수를 억제하고 NO_3 , P 등의 음이온은 흡수를 증대시킨다. 탄산석회나 생석회를 10a당 50~80 kg을 물에 소화시켜 이랑사이에 시용하거나, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.3~1% 관주하거나, 칼슘 관주제인 물푸레 2호(10, 20 L) A액을 100배로 1~2회 관주한다.
- ③ 수분을 공급하고 $\text{NH}_4\text{-N}$, K 시용을 줄인다.
- ④ 석회질 비료를 과다 시비한 곳에 NH_4Cl , K_2SO_4 등의 산성 비료를 10a당 20 kg정도로 시비한다.

(2) 종합 기본 대책

- ① 각 작물 재배지에 매년 규칙적으로 산도를 측정하여 가을에 적당한 양의 석회를 토양 깊이 시용한다.
- ② 재배 작물에 알맞는 관수 장비를 설치하여 관수를 한다.
- ③ 토양 부식질을 높여 보수, 보비, 완충력을 높여주는 퇴비를 시용한다.
- ④ 양배추 등 칼슘 흡수량이 많은 작물은 연작하지 않는다.

● Mg 결핍 장애 대책

(1) 응급 대책

- ① 엽면시비를 한다. 고토의 결핍은 전 작물에 가장 많이 발생하고 있으며 대다수가 생육이 왕성한 비대기(근채, 구근, 서류, 과수)나 장마 후기에 많이 나타나므로 엽면시비가 가장 손쉬운 방법이다. 고토의 경우는 결핍이 진전되는 앞에 고토염을 처리한 경우 1시간에 20%가 흡수될 만

큼 빠르게 있을 통해 공급이 되므로 엽면시비를 할 때에는 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 등 0.2~0.5%액을 사용하거나, 고토 엽면시비제인 마그네켄을 500배로 물에 녹여(물 20 L에 40 g 사용) 결핍 초기에 5~7일 간격으로 3~4회 연속 살포한다.

- ② 석회고토를 관주한다. 토양이 산성인 경우에는 석회고토를 10a당 80~100 kg를 물에 용해하여 고투양이나 지표면에 관주한다.

(2) 종합 기본 대책

- ① 토양에서 유실된 고투를 공급한다. 장마로 인해 유실된 유효태 고투가 부족하지 않게 계획적으로 공급한다. 단 과수의 경우는 연간 황산고토를 10a당 15~30 kg를 공급하며, 석회 시비 시에도 가급적 석회고토를 시비하도록 한다.
- ② 가리가 과다하지 않게 토양에 가리시비를 한다. 토양 속에 유효태 고투가 많아도 가리성분이 많으면 작물이 흡수가 되기 쉬운 가리를 먼저 많이 흡수하여 흡수가 좋지 않은 고투성분은 흡수가 나빠져서 체내에는 고투의 부족상태가 되어 결핍이 유발된다.
- ③ 토양 산도를 교정한다. 산성인 토양에서 고투의 유실이 심하므로 토양을 중성으로 교정한다.
- ④ 토양에 인산이 부족하지 않게 한다.

● Mn 결핍과 과잉 장애 대책

(1) Mn 결핍 장애 대책

- ① 엽면살포를 한다. 콩에 망간은 엽면살포 후 흡수를 보면 24~48시간 안에 50% 흡수를 하는 것으로 보고된 것처럼 엽면을 통해서 흡수가 상당히 빠르다. 그러나 우리 나라 토양에서 제주도 를 제외하고는 산성이 심해서 과수에서는 망간 과잉이 많이 유발되고 있으나 차츰 하우스 연작 지의 pH 상승으로 인해 망간 결핍이 유발된 가능성이 크다. 대체적으로 토양 산도가 6.3~6.5가 되면 유효태의 2가 망간이 불용성인 4가 망간으로 변할 때, 토양이 지나치게 건조하거나 토양 부식질이 적을 때도 심하게 발생할 가능성이 크다. 망간의 결핍은 아연 결핍을 동반할 가능성이 많으므로, 미량 요소의 복합 제제인 미량요소 복합비료 미리군을 1,000배액으로 엽면살포 하거나, $MnSO_4 \cdot H_2O$ 0.1~0.3%액에 생석회 0.3%를 가용하여 결핍 초기에 5~7일 간격 2~3회 연속 살포한다.
- ② 산성 비료를 토양 시비한다. 망간 결핍증은 알칼리성 토양에서 유발되므로 산성비료인 NH_4Cl , KCl , $(NH_4)_2SO_4$ 등을 토양에 시비하기도 하지만 망간의 결핍은 작물에 결정적인 장애는 주지 않으므로 서서히 교정하도록 한다.
- ③ $MnSO_4 \cdot H_2O$ 를 알칼리성 토양에는 10a당 5~10 kg, 중성토양에는 2~3 kg를 시용한다.

(2) 망간 과잉 장애 대책

- ① 토양에 석회를 사용하여 pH 5.5 이상으로 교정한다. 망간의 과잉증은 대표적으로 사과나무의 적진병을 유발시키는데 그 원인으로는 토양이 산성으로 기울어지면서 토양에 존재하는 4가 Mn이 유효태인 2가 망간으로 변하여 흡수가 과다하게 일어나기 때문에 토양 산도를 조절하여 불용화를 시켜야 한다. 토양 산도 교정시 고투 결핍을 동반할 가능성이 있으므로 석회고토를

사용하는 것이 바람직하다.

- ② 습해를 입지 않게 물빠짐을 좋게 한다. 토양에 수분이 과다하면 4가 망간이 2가 망간으로 환원되어서 유효태 망간의 흡수가 많아지므로 토양이 습하지 않게 관리한다. 과수원을 방사선으로 심경하여 배수를 좋게 하고 토양을 건조시키며 Mn의 흡수가 억제된다.

● B 결핍과 과잉 장애 대책

(1) 응급 대책

- ① 엽면살포를 한다. 붕소 결핍은 모든 작물에 광범위하게 발생하는 생리장애로 응급 처방 또한 중요하다. 붕소의 결핍은 품질과 수량에 직결되므로 중요한 미량원소 중의 하나이다. 특히 포도에 화진현상을 방지하기 위해서 개화 10~15일 전에 살포하거나, 붕소의 필요량이 많은 사과에 5~6월에 1~2회 살포는 품질을 높여 주는 역할을 한다. 붕소결핍에 사용하는 H_3BO_3 , $Na_2B_4O_{13} \cdot 4H_2O$ 은 찬물에 잘 녹지 않으나 더운 물에는 잘 녹는다. 채소, 과수류에 엽면살포는 0.2~0.3%액에 생석회 0.3% 가용 살포하거나 종합 미량 원소 엽면시비제인 미리근을 1,000배로 3~4회 연속 살포하는데 포도의 화진현상 방지를 위해서는 개화 10~15일 전에 살포하고, 붕소의 필요량이 많은 사과에는 5~6월경에 살포하는데 붕산을 살포할 때는 생석회와 같이 사용하여 약해를 막는다. (*보르도액 + 붕산 0.2~0.3% 혼용살포, 생석회 + 붕산 혼용살포는 약해를 경감시킨다.)
- ② 토양 시비를 한다. 토양 시비를 할 경우는 채소류는 10a당 1 kg, 과수류는 10a당 2~4 kg를 토양 수분이 충분할 때 시비한다. 단 미리근을 시비할 경우는 시비량은 4~8 kg을 퇴비나 유기질 비료에 섞어 골고루 시비한다.
- ③ 토양 관수를 한다. 토양이 건조하지 않게 관수를 하거나 반대로 습해를 받지않도록 한다.

(2) 종합 기본 대책

- ① 계획적으로 붕소를 사용한다. 채소류는 붕소의 필요량이 많기 때문에 매년 시비를 하고 사질토나 유기질이 적은 밭이나 과수원은 매년 일정량의 붕소를 사용하여야 한다. 대체로 작물은 토양 중에 수용성 붕소가 1~2 ppm이 포함되어 있는 것이 좋다.
- ② 퇴비나 생짚을 사용한다. 퇴비를 줌으로써 퇴비 중에 포함된 붕소가 공급된다든지, 토양이 비옥하게 되면 보수력이 강하여 한발의 해를 줄일 수 있거나 비료 흡수력이 증대된다.
- ③ 습해나 한해를 받지 않도록 대책을 세운다.

● Fe 결핍 장애 대책

(1) 응급 대책

- ① 엽면살포 및 수관주입을 한다. 철은 콩잎에 엽면살포시에 24시간 동안 8% 밖에 흡수되지 않는 이온이므로 수관이나 토양시비나 흡수이행되는 시간적인 차이는 크지 않다. 철은 엽면살포를 해도 이동이 잘 되지 않으므로 철염의 농도를 묽게하여 7~10일 간격으로 2~3회 연속 살포하는 것이 좋으며 특히 태양열이 약한 오후 4시 이후에 살포하여야 한다. 철염도 약해가 잘 일어나므로 사용에 주의해야 한다. 단 엽면시비에 사용한 Fe염의 농도는 0.2~1%로 사용하거나 엽면

시비제인 미리근을 800배로 사용하면 좋다.

- ② 토양시비를 한다. 철염으로 토양시비를 할 때는 습기가 함유한 토양에 10a당 2~3 kg를 사용하나 미리근을 토양시비시에는 5~6 kg을 사용한다.
- ③ 관수를 한다. 가뭄이 심하면 발생할 우려가 크므로 가뭄이 지속될 때는 규칙적인 관수를 한다.

(2) 종합 기본 대책

- ① 석회를 과용하지 않는다. 토양속에는 철함량이 상당히 많이 있으나 토양이 중성내지 알칼리성이 되면 흡수가 어려운 상태로 된다.
- ② 관수시설을 설치한다. 토양이 건조하면 철의 흡수가 나빠지기 때문에 퇴비나 짚을 사용하여 토양건조를 막거나 작물재배에 손쉬운 관수시설을 한다.
- ③ 철결핍은 인산이나 구리가 과잉 흡수되었을 때, 기온이 낮을 때, 일조가 적을 때에도 일어나기 쉬우므로 다각도의 방지책이 필요하다.

● Zn 결핍 장애 대책

(1) 응급 대책

- ① 엽면살포를 한다. 아연은 토양 시비보다 엽면시비 효과가 빠르고 우수한 미량원소 중의 하나다. 아연은 토양에 시비하여도 토양이 중성이나 알칼리성일 때는 망간과 철과 같이 불용성이 되어 흡수가 나빠지고 또한 토양 미생물에 고정되어서 효과가 감소하는 수도 있다. 그러므로 작물 생육기에는 엽면살포로 대처하는 것이 바람직한데 대체적으로 결핍 초기에 즉시 엽면시비를 7~10일 간격으로 3~4회 연속 살포한다. 엽면살포 비료로는 황산 아연($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)을 0.3%에 생석회를 0.2~0.3% 가용하여 살포하거나 아연 엽면시비제인 제텐올이나 미리근 1,000배액을 아침, 저녁을 이용해 살포하는 것이 좋다. 아연은 단용 살포를 하면 과수나 채소류에 약해 유발이 심하므로 주의해야 한다. (석회유황합제 + 0.3% 황산아연 살포도 약해 경감에 좋다.)
- ② 토양 시비를 한다. 토양 시비를 할 경우는 황산 아연을 10a당 2 kg 토양 시비를 하며 토양이 중성 이상일 때는 산성 비료인 유안이나 염화가리를 시비하는 것이 바람직하다.

(2) 종합 기본 대책

- ① 황산아연이나 아연을 다량 함유한 미리근이나 제텐올을 토양 시비한다. 사질토나 부식질이 적은 토양에는 격년에 한번 정도로 퇴비나 유기질 비료에 혼합하여 사용하는 것이 좋다.
- ② 유기물을 시용하여 지력을 높인다.
- ③ 인산 과용 시비를 금한다. 인산이 과다하면 아연의 흡수가 저해되어 아연 결핍이 유발되기 쉬우므로 수용성 인산인 과린산석회의 시용을 반으로 줄이고 용인과 같은 구용성 인산을 사용하면 좋다.
- ④ 토양 산도를 조절한다. pH 6.5이상 높아지지 않도록 관리한다.

● Cu 결핍 장애 응급 대책

- ① 엽면시비를 결핍 초기에 7~10일 간격으로 2~3회 연속 살포한다.

- ② $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.2~0.4%로 엽면시비를 하거나 종합 미량요소 제제인 미리근 1,000배액을 엽면 시비하거나 토양시비를(10a당 8-10 kg) 한다.
- ③ 토양에 10a당 4kg 이상 용성인비를 시용한다.

● Mo 결핍 장애 응급 대책

- ① 엽면살포를 결핍 초기에 7~10일 간격으로 2~3회 연속 살포한다. $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 을 0.01~0.05%액, 10a당 100 l살포하거나 종합 미량요소 제제인 미리근을 1,000배액으로 엽면시비를 한다.
- ② 토양에 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 30-50 g + 과인산 석회, 미리근 100~200 g + 과린산석회 1 kg을 100 L의 물에 녹여서 뿌리 부근에 관주하다. 토양시비는 10a당몰리브덴 20~30 g을 시비하거나 미리근 1~2 kg을 토양시비를 한다.

결 론

작물의 재배 과정에서 필요한 영양 공급을 뿌리로부터 충분히 받지 못하면 다음과 같은 여러 원인에 의해서 영양생리 장애가 발생하고 있다. 그 원인으로는 연작에 의한 염류 집적과 pH 상승, 토양 유기물 부족, 화학비료 과다 사용으로 인한 산성화, 비료의 편중 시비, 토양 물리성 악화, 기상 환경 등이 있다. 작물의 생육 기간 중 유발되는 생리적인 영양 장애는 작물에 따라서 증감되기도 하지만 몇몇 원소들은 정도가 심화되어 생산량 감소와 품질 저하로 이어지고 있다. 영양 장애는 재배기간 중에 발생하므로 적절한 조치가 어려움에도 불구하고 요즘은 다각도로 개발된 엽면시비제에 의해서 어느 정도의 장애는 해결하고 있지만 구체적으로는 휴한기에 토양 분석을 해서 종합적인 처방이 이루어지도록 해야 된다.

최근 영양 장애로 발생하는 원소 결핍의 예방 및 치유를 위해 사용하는 엽면시비제는 주로 응급적인 치유 수단으로 사용되고 있기는 하지만 전체적인 작물 재배라는 측면과 품질 향상 및 수량 증대의 측면으로 볼 때 상당히 크게 기여하고 있다. 더 나아가 작물의 생육 단계마다 필요한 영양분의 공급이나, 습해, 저온, 일조 부족 등 환경적인 요인으로 인한 피해로부터 회복시켜주므로 중요하다. 국내에서는 아직도 비료에 대한 이해 수준을 고려할 때 선진국의 농민처럼 특정 원소의 결핍에 대해 그 원소만을 구입하여 사용하는 것은 어렵기 때문에 현재의 종합적인 엽면시비제의 사용이 바람직하다. 보다 좋은 엽면시비제의 개발과 더불어 원소 결핍에 대한 생리적인 연구가 병과 더불어 연계적으로 검토되어야 한다. 아직까지도 밝혀지지 않는 원소의 결핍이나 과잉이 병충해 못지 않게 많이 발생하고 있으므로 장기적이고 지속적인 연구 과제의 일환으로 병해와 연관되는 생리적인 연구가 다각도로 이루어져야 하고, 보다 구체적인 영양 생리적인 장애에 대한 대책이 구명될 수 있어야 한다.