

토양과 비료

토양과 비료

- 작물 생육과 비료 -

자료원 : 한국토양비료학회의 계간지인 토양과비료중에서
영남대 자연자원대학 김복진 교수님 자료 인용

작물이 토양으로부터 흡수하는 양분(원소)은 30여종에 이르고 있으나 영양 생리기능상 꼭 필요한 것은 이중 16종으로 알려져 있어 이를 작물 생육의 필수성분이라고 한다.

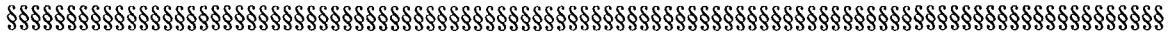
필수성분에는 작물이 많은 양으로 흡수하는 성분을 대량원소 또는 다량원소(多量元素)라 하며 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P), 칼리(K), 유황(S), 석회(Ca), 고토(Mg)등이 이에 속하고 비교적 소량으로 작물생육에 요구되는 원소는 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 아연(Zn), 봉소(B), 염소(Cl) 등으로 이를 미량원소(微量元素)라 한다.

작물은 토양에서 흡수한 양분과 물, 잎에서 흡수한 탄산가스와 광에너지를 이용하여 탄수화물(전분)을 합성(탄소동화작용)하여 생장에 기초 물질로 활용한다. 물 이외에 토양으로부터 흡수되는 성분을 영양소 또는 영양원소(營養元素)라 하며 영양소는 무기물질로서 이로부터 유기물이 합성된다.

작물에 흡수되는 대량 및 미량원소의 구분은 흡수되는 성분의 상대적인 양의 비교치로 질소, 인산, 칼리는 다량 흡수되어 비료의 3요소라 칭하며, 이들 성분들은 작물의 종류, 작물체의 부위, 생육시기 등에 따라 성분함량의 차이가 있다.

또한 필수원소는 작물 생리기능 및 생화학적으로 다음과 같이 네 개의 군으로 구분할 수 있다.

첫째군에 속하는 원소로서는 탄소, 수소, 산소, 질소, 유황으로 작물체의 유기물 구성요소가



된다. 작물체는 물(H₂O)이 약 80%를 차지하고 고형분인 탄수화물, 단백질, 지방등 유기화합물이 나머지 20%를 점유하며 이 유기물의 골격성분은 탄소로서 태우면 질소, 유황성분과 함께 날라간다.

탄소는 대기중 산소와 결합(산화)하여 탄산가스(CO₂)의 형태로 변해 대기 가스중 약 0.03%를 차지한다. 토양 중에는 뿌리의 호흡작용으로 탄산가스 농도가 높아 대기의 10배에 이르고 탄산이온(HCO₃⁻) 형태로 변해 작물에 흡수된다. 산소는 탄소와 함께 탄산가스로 또는 산소와 물로 대기와 토양으로부터 작물에 흡수된다.

질소는 밭토양에서는 질산태(NO₃⁻)와 논토양에서는 암모니아태(NH₄⁺)로 주로 흡수되고, 유황은 아황산가스(SO₂)와 황산염(SO₄²⁻)으로 대기와 토양에서 각각 흡수된다.

둘째군은 인, 봉소, 규소 원소로서 이들은 음이온 형태(H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻, B(OH)₄⁻)로 흡수된다.

셋째군은 칼리, 석회, 마그네슘, 망간, 염소 등 원소로서 이온상태(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Cl⁻)로 흡수되고 작물체내에서도 이온형태로 존재하거나 유기이온에 흡착되는 경우도 있다. 이들 원소는 세포내에서 삼투포텐셜의 조절과 이온간의 균형유지 등의 역할을 한다. 특히 칼리, 마그네슘, 망간 등 양이온(+)은 효소의 구성성분으로 각종 생화학반응에 관여한다.

넷째군은 철, 구리, 아연, 몰리브덴 등 미량원소로 주로 키레이트 화합물 형태로 흡수되고 작물체내에서도 동일한 형태로 존재한다.

이 밖에 작물에 따라 필수원소외에 필요로 하는 원소가 있는데 규소(Si)는 벼나 보리와 같은 화분과 작물에 다량흡수되어 생육에 매우 효과적이다. 나트륨(Na)은 칼리의 대체 역할을 하여 칼리 부족시 흡수되어 그 기능을 대신한다. 코발트(Co)는 소량으로 생장호르몬과 비슷한 작용을 하거나 산화적 대사과정에서 촉진작용을 한다. 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 셀레니움(Se)등 원소는 작물생육에 유해한 원소로 과잉 흡수되면 생리 장애가 발생하게 된다.

이상의 필수원소는 대부분 토양광물의 구성분으로 토양용액 중으로 용출되어 작물이 이를 쉽게 흡수 이용한다. 그러나 토양이 함유한 자연상태의 양분으로는 작물이 필요로 하는 양이 부족하여 영양장애가 일어나게 되어 부족한 성분을 비료로서 보충하게 된다.

특히 NPK 성분은 작물이 다량 흡수하는 관계로 과부족상태가 빈번하게 나타나며 장해 현상

//

도 다양하여 원소별 결핍 및 과잉증상의 구별이 쉽지 않다.

토양중에 양분이 충분히 들어 있어도 토양 특성이 작물생육에 부적합 할 경우는 흡수가 저해된다. 특히 낮은 토양 pH에서는 용해도가 높아져 그 성분이 과잉이 될 수 있는 미량 원소(철, 망간, 구리) 등은 pH가 높아지면 반대로 불용화되어 작물에 흡수되지 않는다.

또한 환경조건의 불량 및 병충해에 의한 장애등도 영양장해와 유사하게 발현되어 구분짓기가 어려운 경우가 많다.

이 같이 영양장해는 작물이 토양 중 양분을 적절하게 흡수할 수 없어 생리기능이 정상이 아닐 때 발생하므로 장해대책은 그 원인에 따라 성분별로 다양하게 대응하여야 한다.

질소는 작물생육에 중요한 질소화합물인 아미노산, 단백질, 효소의 구성분으로 이들 물질은 광합성에 의하여 동화된 탄수화물(당류, 전분)에서 합성된다. 질소는 작물체 건물당 약 2-4% 함유되어 있어 탄소의 40%에 비하여 매우 적은 양이다. 단백질은 염록체 원형질의 구성물질로 세포분열 및 증식에 필수적인 물질일 뿐 아니라 효소 및 보조효소의 구성분으로 생체내의 복잡한 대사 조절 기능을 막고 있다. 생육을 촉진하는데 가장 역할이 커서 왕왕 질소질 비료의 다량시비로 장해를 받는 경우가 많아 주의가 필요하다.

질소가 결핍되면 외관상 생육이 저조한 것이 특징이다. 잎은 염록체의 발육부진으로 황백화 되고 시일이 경과하면 괴사한다. 잎은 작고 늙은 잎은 성숙전에 떨어진다. 줄기는 가늘고 크지 않으며 분열이 억제되고 뿌리의 신장이 나쁘게 되고 세근이 적게 된다. 성숙이 빠르고 영양생장기가 짧아 일찍 노화되는데 이는 작물의 노화를 방지하는 식물호르몬인 시트 키닌의 합성이 억제되기 때문이다. 질소는 토양 중에 광물 구성 성분으로 존재하지 않는 유일한 원소로서 대기가스 중에 78%로 두과 작물에 의한 생물학적 질소고정과 질소비료 제조 시에도 공중질소를 고정하여 요소를 만들고 있어 주요 질소공급원은 대기중의 질소가 스이다.

질소성분을 과잉 흡수하면 잎은 진한 녹색이 되고 줄기가 왕성하게 뻗은 개체는 연약해져 도복하기 쉽고 병충해 및 냉해 저항성이 약하고 생장기가 연장되어 성숙기가 늦어져 수량이 감소되고 품질이 떨어진다.

인은 작물체내에서 유기화합물의 복합체로 에너지 저장체(ADP, ATP), 효소(NADP), 핵산단백질(DNA, RNA)의 구성분으로 세포의 생장, 뿌리신장, 개화, 결실에 필수적인 원소이다.

인이 생장점에 가까운 곳에 많이 존재하는 것은 세포분열에 필요한 에너지원으로서의 기능이 있기 때문이다. 흡수된 인은 식물체내에서 ATP등 고 에너지 인산염을 생성하여 탄수화물 대사와 에너지 대사에 중요한 역할을 담당한다.

토양중 인산은 산성(pH가 낮음)일 경우 알루미늄, 철과 결합 토양용액에 쉽게 녹지 않는 인산염이 형성되어 작물이 쉽게 이용할 수 없는 성분으로 남게 되고 알カリ성 일대는 칼슘과 결합 비교적 쉽게 이용될 수 있는 염으로 존재한다.

인의 결핍증상은 일반적으로 늙은 잎에서 먼저 나타나 잎의 폭이 좁아지고 암록색으로 변하며 진전되면 적색이 된다. 줄기는 작고 가늘어지며 분열이 저조하다. 쭉위에 견디는 힘이 적고 꽃이 늦게 피며 열매도 늦게 맺어 수량이 낮고 품질도 불량하다.

토양중 인산이 과도하게 축적되면 인산의 과잉 흡수로 초장이 짧아지고, 잎이 투터워지며 생육이 불량해지며 숙기가 빨라 수량이 감소된다. 또한 길항작용으로 음이온(-)으로 흡수되는 봉소, 규산 및 질소(NO_3^-)등의 작물흡수가 억제된다.

칼리는 작물의 생장점, 형성층 및 측근 발생조직과 생식기관이 형성되는 부근에 많이 들어 있다. 작물체내의 칼리는 대부분 이온 또는 유기산염의 형태로 존재하고 효소반응의 활성제로 작용하며 세포액의 삼투압을 증가시켜 수분증발을 억제 한발에 대한 저항성을 증대시킨다.

칼리 결핍으로 작물 생장과 물질생성 기능이 저하되고 탄수화물의 감소와 더불어 환경적 응성이 약화되어 도복하기 쉽다. 아마이드함량이 증가되고 단백질 합성이 저하되어 품질 및 저장성이 불량하게 된다. 세포의 팽압이 떨어져 증산과 호흡이 과대하게 되어 가뭄 및 냉해피해가 증대된다.

외관상 결핍증상으로는 잎들레에 갈색반점이 생기며 어린잎은 안토시아닌의 영향으로 생장점에 가까울수록 청록색을 띠우고 늙은 잎은 담황색과 백색의 반문이 생긴다. 심한 경우는 작물체 전체가 황색이 되어 질소 결핍증상과 구분이 어렵다.

토양중 칼리함량이 과다하면 석회 고토 흡수가 억제되고 수도에서는 암모니아테 질소의 흡수가 저하된다.

유황은 필수 아미노산인 시스테인, 시스틴 및 메치오닌 합성과 비타민, 당지질 및 엽록소 합성에 필요하다. 인산 저장체인 ATP 효소를 활성화하고 미생물의 질소 고정에 관여하는 폐레독신 유사물질의 생성 및 작물의 냉해 저항력을 높이고 광합성을 촉진한다. 마늘, 양파 등은 휘발성 유황화합물을 함유하고 있어 독특한 냄새를 내게 한다.

결핍은 지상부의 왜소현상으로 나타나며 질소의 경우와 유사하여 구분하기가 어렵다. 일은 담록황색으로 어린 잎에서 먼저 나타난다. 줄기는 목질화 되어 부러지지 쉽고 가늘어지며 단백질 합성이 억제되어 생장속도가 늦어진다. 아스파라진, 글루타민 등의 비유황아미노산의 축적으로 품질이 나빠진다.

칼슘은 페틴산 칼슘이나 수산화칼슘의 형태로 세포막에 많이 들어 있다. 세포분열시 페틴과 셀룰로오스가 세포막을 구성하고 헤미셀룰로오스가 첨가되어 세포막이 완성된다. 페틴산 칼슘이 세포와 세포를 연결하는 작용을 하므로 칼슘이 부족하면 이 결합이 제대로 안되어 조직이 파괴되기 쉽다.

칼슘결핍은 분열조직의 생장 저조에서부터 온다. 증상은 이미 자란 잎 끝부분에서 볼 수 있고 기형적으로 되면서 황백화되며 시간이 가면 잎의 변두리가 괴사된다. 세포벽이 분해되기 때문에 조직이 부드러워 진다.

산성토양을 중화하여 중금속의 흡수를 억제하고 유기물의 분해를 촉진하여 토양의 화학성을 개선하고 미생물의 활동을 조장하여 토양구조를 개량한다. 과잉시 토양이 알칼리성으로 되어 철, 망간, 아연, 봉소 등 미량원소 등의 용해도가 낮아져 흡수가 안된다.

마그네슘은 작물의 엽록소 구성원소이며 작물체에는 칼슘과 칼리에 비해 그 함량은 적다. 마그네슘은 이들 양이온과 길항작용으로 결핍이 초래된다. 효소의 활성화 및 질소 대사에 관여한다. 마그네슘은 이동성이 있어 늙은 잎에서 먼저 나타나 어린잎으로 확대된다. 잎의 기부에 짙은 녹생의 반점이 생기고 잎맥사이가 황백화 되며 심하면 괴사한다.

철은 미량원소로서 산화효소의 구성분이며 엽록소 형성에 관여하고 전자전달 단백질의 구성분으로 광합성, 질소고정 등에 관여한다. 결핍현상은 마그네슘의 경우와 같은 현상으로 엽록소가 생성되지 않아 잎맥사이에 황백화가 되고 작물체내에서 이동이 되지 않아 어린 잎에서 먼저 나타나는 것이 다르다.

우리나라 토양에서 철부족 현상은 휘귀할 만큼 토양중 철함량이 높아 때때로 망간 및 인산의 흡수를 억제한다. 부족한 곳에서는 엽면 시비한다.

망간은 생화학적 기능상 마그네슘과 유사하다. ATP와 효소 복합체를 연결해 주는 역할을 하며 산화효소를 활성화시킴으로서 물질을 산화시킨다. 광합성 전자전달체계에서 일어나는 산화환원과정의 광분해에 관여한다. 작물체의 엽록체는 망간결핍에 가장 민감하다. 조직은 작고 세포벽이 두껍고 표피 조직사이가 쭈그러드는 현상을 나타낸다. 망간과 마그네슘 결핍시 잎맥사이가 황백화 현상이 일어나는 점은 같으나 망간은 늙은 잎에서 마그네슘은 어린 잎에서 먼저 나타난다. 이는 어린잎 전체가 황백화되는 철결핍증과도 구분된다.

우리나라 토양에서 망간함량은 대체로 높은 편으로 과잉 흡수되면 늙은 잎의 선단에 갈색, 자색의 작은 점이 생긴다. 석회암지대나 역질 및 노후화답 토양 등에서 결핍이 나타난다. 석회암지대 토양에 결핍증상이 나타날때는 황산망간을 10a당 10-20kg, 노후화답에는 규산질비료 사용으로 망간부족을 해결할 수 있다.

아연은 효소의 구성분이며 효소의 활성화에 필요한 성분으로 망간, 마그네슘과 유사한 작용을 한다. 질소대사에 관여하여 RNA와 리보소ーム과 단백질 형성에 영향을 준다.

결핍증상은 잎맥사이가 황백화 현상이 나타나며 이 부분이 담록색 또는 황색으로 진전되는 경우와 희게 될 때도 있다. 잎이 총생되며 망간결핍과 구별하기 어렵다. 아연의 결핍은 흔히 석회암지대와 간척지 등 pH가 높은 토양에서 발생한다. 수용성 아연 20%인 황산아연비료를 10a당 2kg 시비한다. 과잉시 갈색의 반점이 생긴다.

구리의 생리적 주요기능은 산화효소의 구성분으로 효소기능을 통하여 광합성작용, 엽록소 형성에 기여한다.

결핍증상은 생장이 억제되고 탄수화물 및 단백질 생산이 줄어든다. 외관상 어린잎 선단부
부터 황화 및 백화현상이 발생한다. 과잉시 뿌리의 신장이 중지된다.

몰리브덴은 질소효소와 질산환원효소의 필수성분이며 질산환원효소는 질산염을 아질산염으로 변화시킨다. 결핍시는 생장 및 광합성작용이 저해되며 작물체내에 질산이 축적된다. 외관상 증상은 늙은 잎에서부터 황색 및 황록색으로 변하다가 괴사반점이 생기고 잎 끝이 위쪽으로 말린다.

붕소는 탄수화물 이동 및 효소의 활성제로서 작용한다. 작물체내에서 이동이 잘 안돼 생장점이나 저장기관에 나타나기 쉽다. 생장조직, 생장점 및 형성층에 피해를 주며, 뿌리생육이 불량하다. 어린 잎에서 황화현상이 일어나고 보리와 유채에 불임현상이 나타난다.

우리나라 토양 중 봉소함량은 낮은 편이나 최근 각종비료에 감초성분으로 들어가 때때로 과잉반응으로 나타날 때도 있어 토양 검정 후 부족시 시비한다. 과잉시 잎이 황화되어 고사한다.

염소는 이동성이 적어 작물체에 축적되어 세포 삼투압을 높여주며 친수성으로 작물조직의 수화 작용도 증가시킨다. 결핍시 탄수화물 함량이 감소되고 잎의 동화작용이 감소되어 영양 생장 끝 무렵에는 엽록소의 함량이 떨어진다. 증상은 어린 잎이 황백화 되고 작물전체가 시들어 진다. 염소가 든 비료(염화칼리)를 주어 결핍보다는 과잉이 되어 토양의 염농도를 높이는 것이 문제다.

염소가 토양에 축적되면 음이온으로 작물에 흡수되는 질소, 유황, 인산 및 붕소의 흡수를 길항적으로 방해하여 작물의 생육이 불량하다. 염화칼리를 다량 사용할 경우 질산태질소의 함량이 높아지는 것은 염소에 의한 질산태질소 흡수억제에 기인된다.

요소는 질소질 비료중의 대표 비종으로 대기중 질소가스와 나프타의 steaming(증기)분해로 수소를 얻어 합성된 암모니아 가스와 나프타 증기시 부생 된 탄산가스를 고온, 고압에서 반응시켜 제조하며, 백색의 입상으로 질소성분은 46%이다. 흡습성이 커서 다른 비료와

\$

혼합하여 사용할 때는 바로 시용하여야 한다. 고농도 비료이므로 밭에서 종자나 뿌리에 당지 않도록 하고 논에 기비로 줄 때는 전층 시비 후 4-5일간 물을 대지 않아야 한다.

요소태 질소이므로 암모니아태 질소로 변하여 이용되므로, 황산암모늄보다 지효성이며 물에 녹여 엽면시비 할 수도 있다. 요소는 암모니아 이온에 의한 pH상승으로 암모니아가스 (NH_3) 발생량이 유안에 비하여 많아 비닐하우스 등 밭작물 재배시 가스발생에 유의하여야 한다.

황산암모늄은 요소가 생산되기 이전에는 유일한 질소 대표 비종으로 암모니아와 황산을 반응시켜 제조되나 현재 유통되는 대부분 부산 황산암모늄(카프로락탐, 제철, 석유화학)으로 산출되고 백색 결정체이나 부생방법에 따라 착색된 것도 있다.

암모니아태로 토양에 흡착하여 유실이 적은 등 화학성이 좋아 보관하기가 용이하며 가스 발생이 적고 pH를 낮추는 효과가 있어 연작지의 비닐하우스에 효과적이다.

질소 21%, 유황 24%를 함유한다.

과석은 인광석에 황산을 반응시켜 제조하며 회백색 분말 또는 입상으로 비료공정 규격상 가용성인산 16%, 수용성인산 13% 이상이며, 부성분으로 석고가 60% 함유된다. 대부분 수용성 성분으로 속효성비료이다. 인산성분 함량이 낮으나 부수적으로 석회와 유황의 성분을 함유하고 있다. 산성비료로서 간척지 및 산도가 높은 시설원예에 효과적이다.

용과린은 과석과 용성인비를 혼합제조하여 수용성인산과 구용성인산이 함께 들어 있어 두비종의 장점을 지니고 있다. 인산 함량은 20% 내외이다. 인산은 음이온으로 작물에 흡수되어 토양중 함량이 높으면 같은 음이온인 질소, 봉소, 규산과의 길항작용으로 이들 성분의 흡수를 억제한다.

염화칼리는 암염층에 들어 있는 칼리광물을 물에 용해시켜 염화칼리 결정을 얻는다. 백색(불순물이 들어 있을 경우 담회색 또는 담홍색)의 결정으로 수용성 칼리가 60%이고 부성분으로 염소 20%를 함유한다.

~~~~~

화학적으로 중성이나 생리적으로는 산성비료이며 목화, 양파, 아마 같은 섬유작물에는 섬유의 강도를 높혀 효과적이나 전분, 담배, 당료 등 작물에는 수분함량의 증가로 전분함량이 떨어져 품질이 저하되고 특히 담배의 경우 연소성을 나쁘게 한다. 엽채류에서는 섬유의 강도가 커져 품질이 떨어진다.

**황산칼리**는 염화칼리에 황산을 반응시켜 제조하며, 수용성칼리 함량은 50%내외이다. 백색 또는 회색의 경정으로 흡습성이 적다. 생리적 산성비료이나 화학적 중성비료로 고구마, 감자 및 담배의 질을 좋게 하여 염화칼리 대신 사용된다.

황산칼리와 염화칼리로 사용된 칼리질 비료는 주성분인 칼리는 작물에 흡수되고 부성분인 황산기( $\text{SO}_4^{2-}$ )와 염소( $\text{Cl}^-$ )가 토양중 석회와 염을 형성하게 되는데 황산염( $\text{CaSO}_4$ )은 염산염( $\text{CaCl}_2$ )보다 용해도가 낮아 석회성분의 토양에서 유실이 적고 산성화 정도도 낮다. 또한 토양중 같은 당량으로 집적된 경우 염농도는 황산염이 적게 된다.

**황산칼리고토**는 칼리광물의 일종인 랑베나이트( $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ )를 분쇄하여 제조한다. 수용성칼리와 마그네슘이 각각 22%, 18% 함유하고 있어 황산칼리와 황산고토가 배합된 형태의 비료로 칼리, 고토, 유황 성분을 동시에 공급할 수 있다.

우리나라 논토양의 경우와 같이 칼리함량이 증가되고 고토함량이 감소된 경우 기존복비나 칼리질 단비에 비해 효과적인 비종이다.

♣ 서로에게 지나치게 빼달리면 우정과 사랑이 발전할 수 없습니다.

사랑과 우정에는, 서로를 향해 다가가면서도 떨어져 있을 수 있는 각정하고 절연한 공간이 있어야 합니다.

< 헨리 나우웬의 영적 발달-증에서 >