

수목의 영양 특성과 토양비료 지식(III)



이 원 규
전 임업연구원
중부임업시험장장

명나라의 왕 수인이라는 사람이 말하기를 “나무를 기르는 자는 그 뿌리를 복돋아주고 덕을 쌓는 자는 그 마음을 기름지게 한다(種樹者必培其根, 種德者必養其心).” 고 하였다. 나무를 기르는 것을 업으로 하고 있는 우리들은 그 뿌리가 어떠한 상태(상황)에서 가장 최선의 생육을 할 수 있을 것인가에 항상 유념할 필요가 있다. 즉 나무들에게 살기 좋은 토양환경을 만들어 주어야 함도 뿌리를 복돋아 주는 한 방법이라 생각하고, 전호에 이어 이번 호에서도 토양 비료에 관한 지식으로서 먼저 각 비료 요소별 생리작용과 토양에 주어졌을 때의 토양비료로서의 역할 및 각 비료별 특성의 순서로 정리하였다.

가. 질소(N)

(1) 생리 작용

질소는 식물체 건물(乾物)중에는 1~5%함유되어 있다. 단백질의 구성 요소로서 단백질 중에는 약16%정도 함유하고 원형질 구성요소로 되어있다. 생명의 원천이라고 생각되는 단백질(protein : 동물, 식물, 미생물 등 일반적으로 생물이라고 불리워지는 것의 세포 원형질의 주성분으로서 함유되어 있는 한 무리의 고분자질소화합물의 총칭. 생 세포의 구성 물질이고 또, 그 생활을 지배하는 활성물질로서 생명 현상에 가장 밀접한 관계를 갖고 있는 단백질은 식물체에서는 종자에 많이 함유한다.)은 질소를 함유한 유기화합물이다. 그래서 이 단백질은 세포 원형질의 주 성분으로 있으며 여러 가지의 생리작용을 장악하는 것으로서 단백질이 없는 곳에는 생명이 없다고 하고 있다. 광합성작용(녹색식물은 엽록소가 光 energy를 흡수하고 이산화탄소와 물로부터 탄수화물을 만드는 작용)에 없어서는 되지 않는 엽록소(chlorophyll : 광합성 생물의 엽록체 내에 존재하는 동화색소의 일종)도 합질소유기화합물로서 질소가 결핍하면 엽록소의 생성은 이루어지지 않는다. 따라서 질소가 결핍하면 잎은 차차 황색으로 되고 더욱 결핍이 진행하면 건조 상(乾燥狀)으로 되어 오래된 잎부터 차례로 시들어 생육은 정지한다. 반대로 질소가 과잉할 경우에는 잎은 녹색으로 되며 성숙이 늦어지고 병충해에 걸

리기 쉽게 된다. 비료로서 가장 많이 사용되고 있는 것이 질소를 함유한 질소비료인 점을 충분히 설명하여주는 대목이 아닌가 생각한다.

(2) 토양 비료

일반으로 토양 중에 질소가 부족하면 묘목의 생육이 빈약하게 되고 잎의 색깔은 담녹색 내지 황록색을 띄게 되는데 이러한 나무에 속효성 질소비료를 주게 되면 잎의 색깔이 빠르게 녹색으로 되어 생장을 회복한다. 묘목에 대한 질소의 천연 공급량은 비료의 3요소 중 가장 적은 것이 보통이다. 그러나 질소비료를 적당량을 넘어 다량으로 주게 됨에는 묘목이 도장하기 쉽게 되고, 또 묘목체내의 단백태질소가 감소하고 가용성질소 특히 암모니아 태 질소($\text{NH}_4\text{-N}$; 암모니아기(NH_4)의 형태로 존재하는 속효성 질소이다. 암모니아기는 정(+)-하전을 띠고 토양입자의 부(-) 하전과 느슨한 정전기결합을 하고 있으므로 우수에 의한 용탈이 적고 비효가 지속 한다. 산소가 충분한 밭 상태의 토양에는 초산 화성 균의 활동에 의하여 초산태질소로 변한다. 비료로서 토양 중에 시용된 암모니아태질소는 암모니아 이온(ion)으로 되어 점토광물에 흡착되고 酸化的條件에는 서서히 미생물의 작용을 받아 초산태질소로 변화한다. 또, 식물에 흡수된 초산태질소는 생체 내에서 다시 암모니아태질소로 환원되어 잇따라서 아미노산이나 단백질 등의 질소화합물로 합성된다.)가 증가한다. 그러므로 지엽(枝葉)은 연약 다즙 질(軟弱多汁質)로 되며 그로 인하여 병충해를 초래하기 쉽게 되고 내한성(耐寒性)이 떨어지게 되며, 더욱이 묘목의 활착율도 저하하는 것이 많으므로 질소질의 비료를 줄 때 특히 세심한 주의가 요망된다.

따라서 묘목을 생산하는 포지에서는 질소 비료는 주려고 하는 전 량의 2/3정도를 기비로 사용하고 나머지 1/3은 추비로 사용하는 것이 상식화 되어 있으며 이 때의 추비도 기계적으로 주는 것이 아니고 묘목의 생육상황을 잘 관찰하여 적당

하게 증감하는 등의 조치로 시비가 지나치지 않도록 하여야 한다. 많은 질소 질 화합물 중 식물이 흡수 이용 할 수 있는 것은 암모니아태질소와 초산태질소($\text{NO}_3\text{-N}$; 硝酸根(NO_3))의 형태로 존재하는 가장 속효성의 질소. 초산근은 부 하전을 띠고 있기 때문에 토양에 흡착되지 않고 유실하기 쉽다. 특히 노지에서는 우수에 의하여 하층으로 이행한다. 또, 논에서는 유실하기 쉽고 탈질균에 의하여 질소가스로 변화하여 공중으로 달아나기 때문에 적합하지 않다.)의 두 형태의 질소 뿐이다. 만약 토양중의 또는 토양에 주어진 여러 가지 형태의 질소화합물은 예를 들어, 계분 유박 등은 토양미생물의 작용으로 복잡한 분해 과정을 거친 후 암모니아태질소로 되어 비료소 나무에 흡수되고, 그 위에 미생물에 의한 초산화성작용에 의하여 초산태질소로 변화하여 흡수된다. 그런 관계로 암모니아태질소는 토양 콜로이드(colloid)에 잘 흡수 보지되지만, 초산태질소는 토양에 흡수되지 않고 우수와 함께 지하로 유실한다. 산림토양에서는 산성 반응이 강하여 암모니아태질소가 주로 많이 존재한다. 무기태질소화합물인 황산암모늄, 질산암모늄 등은 pH에 관계 없이 모두 토양수분에 용해되어 식물에 이용되어 지나, 유기태질소(유기물 중에 함유되어있는 질소를 유기태질소라 함. 토양중의 질소의 대부분은 유기태질소이며 이들은 동식물의 유체 및 배설물에 유래하며 그대로는 식물에 흡수이용 되지 않고 미생물에 의하여 분해되어 무기태질소로 된 후 비료소 식물에 흡수된다.)가 무기화하는 때에는 토양미생물의 활동이 왕성한 pH6~8이 좋다.

(3) 질소 질 비료의 특성

(가) 유안(硫酸; $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$)

물에 잘 녹는 속효성의 비료이다. 20.5%이상의 암모니아성질소를 함유함. 부성분으로서 유산근(硫酸根; 유산이온 SO_4^{--})을 말함. 토양중의 유산 근은 토양이 바닷물의 영향을 받는다든가, 유황이 산화될 때라든가 하여 되는 경우도 있으

나, 대부분 유안, 과린산 석회, 유산가리 등의 유산을 함유한 비료의 시용에 의하는 것도 있다.)을 함유하고 있기 때문에 주성분의 질소가 흡수된 후 토양을 산성화하는 생리적 산성비료이다. 유화수소(硫化水素 ; 토양미생물이 유산 근을 환원하는 것에 의하여 발생한다.)가 발생하여 벼의 뿌리 썩음의 원인이 되나 유산중의 유황은 단백질합성에 불가결한 요소(要素)이다. 토양의 반응이 pH 7이상의 알칼리성으로 조경수의 생장에 문제가 될 때는 유안비료의 시용 등 산도를 교정함도 검토의 대상으로 될 것이다.

(나) 염안(塩安 ; $[\text{NH}_4\text{Cl}]$)

물에 잘 용해하는 속효성의 비료이다. 암모니아성질소를 25%이상 함유함. 부성분으로서 염소(塩素)를 함유하기 때문에 주성분의 질소가 흡수된 후 흙을 산성화하는 생리적 산성비료(식물에 비료 성분이 흡수된 후 토양을 산성으로 하는 부성분을 남기는 비료. 유안, 염안, 유산가리, 염화가리가 이에 해당하며 이들 비료가 토양을 산성화하는 것은 암모니아나 가리가 작물에 흡수된 후 토양 중에는 산성물질인 유산이온(SO_4^{--})이나 염소이온(Cl^-)을 남기기 때문이다. 이들의 비료를 연용 한다든가 다량으로 시용한 후에는 석회질자재에 의하여 토양의 산성을 교정하여 줄 필요가 있다. 알칼리성 토양이 임목의 생장에 문제가 있을 때 한번쯤 생각해 볼만한 부분이다.)이다. 토양 중에서 초산(硝酸)으로 되는 속도는 유안이나 요소보다 다소 늦다. 부성분이 염소이므로 발작물에는 그다지 적당하지 않으나 유화수소가 발생하는 노후화답이나 염소 분을 필요로 하는 섬유작물에 적합하다.

(다) 초안(硝安 ; $[\text{NH}_4\text{NO}_3]$)

물에 잘 녹고, 질소 질 비료 중에서 가장 속효성의 비료이다. 암모니아성 질소와 초산성질소를 각각 16%이상 함유. 부성분을 함유하지 않기 때문에 흙의 산도를 변화시키지 않는 생리적 중성비료로 흡습성이 강하다. 초산 성 질소(초산 태

질소라고도하며 硝酸根(NO_3)의 형태로 존재하는 가장 속효성의 질소. 초산 근은 부의 전기를 띄고 있기 때문에 토양에 흡착되지 않아 유실하기 쉽다. 특히 로지에서는 우수에 따라 하층으로 이행한다.)는 작물에 빠르게 흡수되어지나 우수에 의하여 유실하기 쉽기 때문에 몇 회로 나누어 시용한다.

(라) 요소(尿素 ; $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$)

물에 녹기 쉬운 속효성의 비료이다. 질소를 약 46%함유하는 질소 질 비료 중에서는 질소의 함유량이 가장 높다. 흙을 산성으로 하는 것 같은 부성분을 함유하지 않는 생리적 중성비료로 시용 후 여름철에는 2~3일, 겨울철에는 1~2주간에서 탄산암모늄으로 변하고 그 후 빠르게 초산으로 변한다. 무유산근비료이기 때문에 노후화 답에 적당하다. 현재 가장 많이 쓰이는 질소 질 비료이다.

(마) 석회질소(石灰窒素)

탄화칼슘(카바이트)과 질소를 고온에서 반응시켜 제조한다. 주성분은 칼슘 시아나미드(CaCN_2)로 분해하여 질소가 흡수된 후 흙을 알칼리성으로 하는 생리적 알칼리 비료이다. 질소 21%, 알칼리분(分) 50~65%를 함유하는 것이 많다. 이외에 부성분으로서 산화칼슘, 탄소, 규산을 함유하고 있다. 토양에 시용하면 칼슘 시아나미드는 물에 녹아서 시아나미드(HCN_2)를 유리한다. 시아나미드는 가수분해하여 요소 태로 되고 다시 암모니아 태, 초산 태로 변화한다. 시아나미드에서 암모니아 태로 되는 데에는 따뜻한 곳에서 4~5일, 추운 곳에서는 7~10일 이 걸린다. 시아나미드가 분해할 때에 지시안지아미드(석회질소가 분해하는 과정에서 주성분인 시아나미드로 부터 생성되는 중간 화합물, 살균 제초효과가 있어 초산 화성 억제제로서도 이용된다.)로 되고 이것이 초산화성을 억제하므로 비효는 지속한다. 또, 석회를 다량으로 함유하고 있기 때문에 산성의 교정 자료로서의 효과도 있다. 석회질

소는 인체에 유해하므로 사용 할 때에 들이마신다든지 피부에 접촉하지 않도록 각별한 주의가 요망된다.

나. 인산(P₂O₅)

(1) 생리작용

인산은 핵산(Nucleic acid), 핵단백질(Nucleoprotein; 핵산과 단백질이 결합한 복합 단백질의 총칭), 인지질 등의 구성 원소의 하나로써 원형질 구성상 중요한 성분으로 되어있다. 이 외에 식물체내에는 인을 함유한 많은 화합물이 존재하고 물질대사상 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히 식물체내에서 중요한 생리작용을 장악하고 있는 인지질(磷脂質; phospholipid; 생체막을 구성하고 있는 주요 성분의 하나), 피틴(phytin)등의 구성요소로서 세포가 늘어나는 부분과 종자 중에 특히 많이 함유하고 있다. 또, 인산은 생체촉매(生體觸媒)로서 중요한 것으로서 광합성작용이나 호흡작용에 중요한 활동을 하고 있는 A D P(식물은 양분 흡수, 성장, 복잡한 화합물의 합성 등을 행 할 때 에너지를 필요로 하며 이 에너지는 광합성으로 만들어진 저장 당류의 분해에 의하여 얻어진다. 이 에너지의 저장과 전달에 관여하는 것이 아데노신(adenosin)과 인산이 결합한 화합물로서 결합하는 인산의 수에 의하여 아데노신 2인산(A D P; adenosin diphosphate), 아데노신 3인산(A T P; adenosin triphosphate), 아데노신인산(A M P; adenosin monophosphate)이다.), A T P등도 인산을 함유한 화합물이며, 흡수된 인산은 일부는 몸의 구성성분으로서 또, 일부는 생체촉매로서 사용되고 있다. 그리하여 구성 성분으로 된 것에도 필요에 따라서 분해되어 체내를 움직이는 것으로 생각되고 있다.

인산의 결핍은 뿌리의 발달을 빈약하게 하며 신초의 성장 불량 및 동아(冬芽)의 형성이 빨라지고 병해에 대한 저항력이 약해진다. 인산이 결

핍하면 오래된 조직의 인산이 새로운 조직으로 이동하여 결핍증은 오래된 조직에 나타난다. 잎은 암녹색으로 되며 대부분 잎의 둘째에 흑색의 지저분한 흔적이 생기며 화분과 식물에는 출수(出穗) 및 성숙이 늦어지는 것이 질소의 과다의 경우와 매우 닮았다. 식물의 생육에 필요한 인산의 양은 질소와 칼륨에 비하여 적은 양이나 흡수의 유효성 인산의 양이 적기 때문에 비료로서 사용할 경우가 대단히 많다. 특히 제주도와 같이 화산회토양에는 인산의 결핍이 식물의 생육저해의 요인으로 되고 있다.

(2) 토양비료

묘목의 인산 흡수량은 질소의 약 1/3정도로 3요소 중 가장 적으나 화산회 토양이나 홍적층 토양과 같이 인산이 결핍한 토양에서 낙엽송이나 비료목과 같은 특히 인산의 요구도가 높은 수종에 대하여는 인산비료의 사용은 육묘 성적을 크게 좌우하는 것으로 극히 중요하다. 인산은 생육의 초기에서 중기에 걸쳐 특히 필요로 하고 후기에는 인산의 제거는 그 해의 생육에는 영향이 적다. 소나무, 낙엽송의 파종 묘 등은 발아 직후에 인산이 부족하면 성장이 불량하고 그 위에 입고병이 발생하기 쉽게 된다. 한번 이 병기가 나타나면 소독제나 인산비료 등을 주어도 용이하게 회복하기 어려우므로 인산 성분이 부족하지 않도록 주의함이 가장 좋다.

또 근립(根粒; 콩과 식물의 뿌리에 근립균이 침입한 경우에 생긴 혹 모양의 구조를 말하며, 이 근립이 형성된 상태에서는 질소고정이 행하여진다. 또, 소귀나무나 오리나무의 뿌리에 미생물이 기생한 경우에도 근립은 형성되어 질소고정이 행하여진다. Rhizobium속의 세균으로 콩과 식물의 뿌리에 침입하여 근립을 만드는 세균을 근립균이라 함.)수목인 비료목 류(오리나무, 사방오리나무 류, 아까시아 류 등)등에는 근립을 형성을 위하여 특히 인산이 필요하며 인산이 적고 질소가 지나치게 많으면 근립의 형성이 나쁘게

되고 생육도 빈약하게 된다. 비료목(넓은 의미로는 임지의 건전한 생산을 유지하기 위하여 도입하는 副目的 또는 補助目的 樹木을 총칭하는 경우도 있으나, 보통으로는 콩과·비 콩과의 근립 수목을 비료목으로 부른다.)에 주는 비료가 예를 들어 질소 : 인산: 가리가 3 : 6 : 4, 12 : 16 : 10과 같이 질소에 비하여 인산이 많이 함유되어 있는 것은 바로 이 때문이다.

산성토양은 일반적으로 인산 결핍토양이다. 비화산회성의 이른바 광질(鑛質)산성토양은 인산비료의 시용에 의하여 비교적 빠르게 인산 결핍토양에서 벗어 날 수 있으나 화산회토양 특히 인산 흡수계수가 큰 토양에는 인산비료를 주어도 토양 중의 인산함유량을 풍부한 상태로 하기에는 오랜 세월을 요한다. 따라서 화산회토양에 대하여는 인산비료를 특히 많이 시용할 필요가 있다. 이 경우 먼저 석회와 퇴비를 사용하고 그 다음에 인산 비료를 주며 시용한 인산의 고정을 방지하는 것이 필요하다. 그리고 인산비료도 수용성 인산(물에 녹는 속효성의 인산)을 함유한 과석 등 보다, 구용성 인산(비료중의 인산 성분의 형태에는 인산의 용해성의 난이에 의하여 인산 전량, 구용성인산, 가용성인산, 수용성인산의 4종류가 있다. 구용성 인산이란 2%의 구연산(citric acid) 용액에 녹는 인산 분을 말한다. 작물의 뿌리는 有機酸(根酸)을 분비하여 물에는 녹지 않는 토양 중의 성분을 용해시켜 흡수하고 있다. 구용성인산은 이 뿌리의 작용에 의하여 용해·흡수되어지기 때문에 작물의 생육 초기에는 비효가 적으나, 비효에 지속성이 있다. 또, 우수에 의한 유실이나 토양중의 알미늄이나 철과 결합하여 불가급태로 되는 것도 적다.)을 함유한 용과린, 용성고도인비 등을 주는 것이 좋다. 인산은 질소나 칼륨에 비하여 토양에 잘 흡착된다. 바꾸어 말하면 토양 중을 이동하기 어렵다. 일본국에서 시험한 사례로 삼투계(滲透計 ; lysimeter)를 이용하여 조사한 양분의 유실시험 성적을 보면 질소, 칼

륨, 석회가 침투수중에 각각 19, 7, 70%인데 비하여 인산은 불과 0.4%에 지나지 않는다. 즉 인산은 토양 중을 하방으로 이동하는 정도가 극히 낮기 때문에 시용하는 인산비료가 될 수 있는 한이면 토층 전체에 빈틈없이 들어가게 하는 것이 중요하다. 또 인산 비료의 식물에 의한 흡수율도 질소, 칼륨이 모두 40 ~ 60%인데 대하여 겨우 5 ~ 20% 정도로 적다.

이상과 같이 인산은 토양 중을 이동하여 유실하는 것도 적고 더구나 식물에 의한 흡수율도 적은 것이 특징이다. 그 결과 시용한 인산비료의 대부분은 토양에 잔류하거나 가용성의 인산의 부분은 적고 인산의 고정이 행하여져 불용성의 인산으로 변화한다. 소토(燒土)는 이 불용성인산의 일부를 가용성으로 변화시키는 효과가 있다. 묘포시비의 경우 묘목의 인산 흡수량이 비교적 적음에도 불구하고 시비량을 많이 하지 않으면 안 되는 이유는 이상과 같이 인산비료의 흡수율이 낮기 때문이다.

식물세포 원형질의 주요 구성 성분이며 세포분열에 의한 생성 번식에 필요한 원소로서 특히 뿌리의 발육촉진에 관여하는 인산은 pH 6.5~7.5에서 가급태로 된다. pH 6이하에서는 철 및 알루미늄의 용해도가 크게 되어 인산은 불가급태로 되며 또 pH 7.5이상에서는 칼슘과 함께 침전되어 불용성으로 된다.

(다음 호에 계속 됨)

