

이 원 규
전 임업연구원
중부임업시험장장

토양의 물리·화학성에 관한 내용은 토양의 가장 기초가 되면서도 이해가 쉽지 않는 분야이므로 기본용어부터 설명하면서 가급적이면 이해할 수 있도록 쉽게 써 보려고 한다.

지난번까지는 토양의 물리성에 관한 내용을 검토하였고, 이번에는 토양의 화학성에 관한 내용으로 먼저 화학성이란 식물이 성장하는 데에 필요한 영양 요소인 질소, 인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 이온과 이들의 교환, 토양산성의 중화 등을 말하며 이들 하나하나의 인자를 어떻게 개선하는 것이 식물생장에 도움이 될 것인가 혹은 그 개선 방법에는 어떠한 것들이 있는가에 대하여 검토하여 볼 시간을 갖고자 한다.

1. 토양의 화학성

가. 양이온의 교환

먼저 이온이란 토양 용액 중의 각종 성분(질소, 인산, 칼륨, 칼슘 등등)의 대부분은 전기적 하전(荷電)에 의하여 양(+이온과 음(-이온의

두 가지의 형태로 나누어진다. 전기적으로 양이온은 음극(陰極)에, 음이온은 양극(陽極)으로 향하는 성질을 갖고 있다.

부식(腐植)이나 점토 등의 토양교질(膠質 ; colloid)은 음하전을 많이 갖고 있기 때문에 토양 중의 칼슘이나 마그네슘 등 양이온은 토양교질에 흡착 보지된다. 한편 음이온의 초산, 유산 등은 토양에 흡수되어지는 것이 적고, 다른 양이온과 결합하여 전기적으로 중성으로 되어 토양의 하층으로 용탈된다. 위에서 하전(荷電)은 토양 중에 있는 성분의 일부는 토양용액 중에 녹아서 양 혹은 음에 하전한 이온으로 되어있다. 양하전을 갖는 이온을 양이온이라 부르며, 이에는 칼슘이온, 마그네슘이온, 칼륨이온, 암모늄이온 등이 있으며, 음하전의 성질을 갖는 부식이나 점토 등의 토양교질의 표면에 흡착된다. 음하전을 갖는 이온은 음이온이라 부르며 이에는 유산이온, 염소이온, 초산이온, 인산이온 등이 있다.

토양용액 중에서 양·음의 양(兩)이온이 화합하여 생겨진 염류(鹽類)는 하전을 잃고 중성으로 된다. 토양중의 양이온에는 암모니아(NH₄⁺), 칼슘(Ca²⁺), 칼륨(K⁺), 마그네슘(Mg²⁺), 나트륨(Na⁺), 수소(H⁺) 등이 있다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 각 이온은 토양 염기(鹽基)로서 식물이 생육하는 데에 있어 대단히 중요하다. 수소이온 그 자체는 토양염기는 아니고 토양을 산성으로 한다. 위의 양이온들의 토양양분은 음하전이 많은 토양교질 즉 토양Colloid(점토, 부식 등)에 흡착보지 되어 진다. 조경지의 양분관리상 낙엽 등의 유기물의 공급이 쉽 없이 이루어져야 하고, 모래성분이 많은 토양을 점토분이 많은 토양으로 토성을 바꾸어 가야하는가를 이해할 수 있을 것이다.

토양중의 음이온으로서는 초산(NO₃⁻), 인산

($H_2PO_4^-$), 유산(SO_4^{2-}), 염소(Cl^-) 등이 있으며 이들 이온의 농도가 상승하면 작물에 농도장애를 일으키는 경우도 있다. 염해지(鹽害地) 등 특수한 토양에는 유산이온 혹은 염소이온이 다량으로 집적하여있는 경우가 있다.

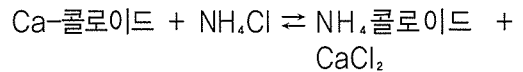
이들 음이온의 식물양분은 인산과 화합하여 난용성(難溶性)으로 되는 것 외에 토양에 흡착하기가 어렵기 때문에 강우 등에 의하여 유실하기 쉽다.

양이온에 관한사항으로 1850년에 Thompson은 토양에 유산암모니아를 넣고 물을 주었는데 토양의 하부에서 삼투(滲透)하여 나온 물속에는 암모니아는 존재하지 않고 석고(石膏)가 함유되어 있는 것을 발견하였다. 1854년에 Way는 이와 같은 흡수는 화학작용이 있어서 토양에 염화칼륨을 가하면 K^+ 가 흡수되어 이것과 당량(當量: 토양이나 교질물 100g 이 가지고 있는 양이온의 총량)의 타의 양이온(주로 Ca^{++})가 토양으로부터 침출되어지는 것을 알았으며, 여기서 양이온의 교환이 이루어지고 있다는 것을 인정하게 되었다. 이 현상은 큰 흥미를 불러일으켜 토양중의 이온교환을 취급하는 물질에 대한 연구가 행하여지게 되었다.

그 결과 이 물질은 토양콜로이드(Colloid)부분을 이루고 있으므로 ① 조성(組成)이 다른 규산알루미늄, ② 유리규산, 함수 규산알루미늄, 철·알루미늄의 화수산화물, Colloid입자크기의 일차광물, ③ 조성을 달리하는 흡착복합체(吸着複合體)라고 하는 세 가지의 견해를 얻게 되었다. 그러나 이것만으로는 토양콜로이드가 갖는 큰 활성(活性)을 설명하기는 어렵다. 1930~31년에 Hendricks등은 무기 토양콜로이드 중에 결정성의 점토광물의 존재가 인정되어 이 광물이 양이온교환에 중요한 역할을 갖는 것이 차츰 차츰 명확하게 되었다.

그러나 토양 중에는 무정형 겔(Gel: 물 또는 액체를 分散媒로 하는 膠質液을 Sol이라 하고, sol 이 電解質 기타의 영향으로 응고 침전한 것을 gel 이라 함)상의 물질이 존재하여 이것이 이온(ion)교환을 갖는 점토의 행동에 중요한 역할을 갖는 것도 무시할 수 없다. 토양콜로이드는 음(-)으로 하전하여있는 음성콜로이드로서 양(+)이온을 흡착하고 있다. 예로서 Ca 콜로이드에 염화 암모니움 용액을 가하면 콜로이드의 표면에 흡

착되어있는 Ca^{++} 와 NH_4^+ 와의 교환이 일어난다.



이 현상을 양이온교환(cation exchange)이라고 한다. 이의 교환에서 " NH_4^+ "의 H^+ 를 빼면 염기로 되기 때문에 이것을 염기교환(鹽基交換: base exchange)이라고도 한다.

또 Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} 및 Na^+ 등과 같이 흡수 교환되는 양이온을 교환성 양이온(exchangeable cation)라 부르며, 10 단위량의 토양, 혹은 콜로이드가 완전히 양이온으로 포화되었을 때의 양이온의 총량을 양이온교환용량(cation exchange capacity, 略하여 CEC)라고도 하고 염기치환용량(base exchange capacity B. E. C)이라고도 하는데 일반적으로 전자가 많이 쓰이고 있다. 교환성양이온 및 양이온 교환량 등은 토양 100g에 대하여 미리 그램 당량(當量: milli-equivalent, me/100g)으로 나타낸다.

토양콜로이드의 표면이 염기로서 포화되어 있는 경우에 이것을 포화콜로이드(saturated colloid), 또 교환성 H^+ 를 함유하는 것을 미 포화콜로이드(unsaturated colloid)라 한다. 교환성양이온 중 염기가 차지하고 있는 비율을 염기포화도(鹽基飽和度: degree of base saturation)라고 부른다.

그러면 토양의 교환성 양이온으로서는 어떠한 것이 있는가를 살펴보면 칼슘(Ca^{2+}), 칼륨(K^+), 마그네슘(Mg^{2+}), 나트륨(Na^+), 수소(H^+)가 가장 보통의 양이온으로서 존재하고 또 암모니아(NH_4^+)도 토양콜로이드에 흡착되어 교환성이온으로 되어있다. 기타 알루미늄(Al^{+++}), 철(Fe^{+++}), 망간(Mn^{+++}), 구리(Cu^{++}), 아연(Zn^{++})등도 교환성양이온 이라는 것을 기억해 두었으면 한다.

나. 양이온교환을 행하는 물질

양이온교환을 행하는 물질은 부(-)의 하전을 갖고 있기 때문에 이 하전량(荷電量)을 중화(中和)하기위하여 반대의 부호를 갖는 양이온이 흡착하는 것으로 된다. 이 하전의 성질에서 보면 이 물질은 (1) 점토광물로서 그 구조내부의 동상치환이 원인으로 나타나는 음하전(陰荷電) (2) 결

정의 파괴부에 있는 규소(Si)의 해리에 의한 것. (3) OH기(基) 등의 해리에 의한 것으로 나누어진다. 또 교환 흡수체 에서 보면, (1) 부식, (2) 겔(Gel) 상(狀)의 규소(Si), 알루미늄(Al), 철(Fe)의 화수산화물 등 (3) 점토광물로 대별 된다.

(1) 부식(腐植)

양이온 흡수 교환을 행하는 중요한 물질로서 입자가 미세하고 겔 상 구조를 취하므로 교환용량은 크다. 부식에는 칼복실기, 핵늘성 수산기 등이 있으며 이 중의 수소가 해리하기 때문에 부(-)하전이 된다. 이 중 핵늘성 수산기는 산도 6 이상에서 해리하므로 부식이 갖는 부하전은 주로 산성층에서 해리하는 칼 복실기에 의한 것으로 보아도 좋다. 부식의 양이온치환용량은 약 300me/100g 이다.

(2) 무정형(無定形)의 겔(Gel)상 물질

토양콜로이드는 그 중심에 점토광물이 있으며 그 주위에는 콜로이드 상(狀)의 규소와 알루미늄·철의 화수산화물 등이 존재하고, 또 콜로이드 상 규산이나 부식산과 알루미늄 철의 화수산화물과의 결합에 의하여 이루어진 콜로이드 복합체 등으로 둘러 쌓여있다. 콜로이드 상 규산의 수소는 약산으로서 활동, 양이온의 흡수 교환을 행한다.

(3) 점토광물

위에서 말한 겔 상 물질에 의한 양이온교환은 토양전체의 염기교환이라는 점으로부터 보면 그 다지 큰 부분은 차지하지 않는다. 가장 큰 역할을 갖는 것은 점토광물로서 이들 점토광물의 양이온 교환용량은 다음 표 1과 같다.

점토광물은 부(-)하전을 갖고 있고 양이온으로 이 하전을 중화(中和)하고 있다, 이 점토광물이 갖는 하전에는 2종류가 있다. 그 하나는 결정격자(結晶格子)내에 있어서 동상치환에 의한 것으로서 이 현상을 보이는 것은 규소(Si⁺⁺⁺)가 알루미늄(Al⁺⁺⁺) 와, 또 알루미늄(Al⁺⁺⁺)이 마그네슘(Mg⁺⁺) 라고 함과 같이 원자가가 큰 것이 작은 것과 교대 한다.

여기서 잠깐 양이온치환용량의 대소가 농경지에 미치는 의의를 알아보면 먼저 식물생장에 필요한 유효 영양 성분인 칼륨(K⁺), 암모니아(NH₄⁺), 칼슘(Ca²⁺), 마그네슘(Mg²⁺) 등의 보유량

〈표 1〉 토양콜로이드의 양이온 교환용량

종 류	교환용량(me/100g)
부식(腐植)	30 ~ 200
버미큘라이트(Vermiculite)	100 ~ 150
몬모리로나이트(Montmorillonite)	80 ~ 150
일라이트(Illite)	10 ~ 40
할로이사이트(Halloysite)	40 ~ 50
메타할로이사이트(Metahalloysite)	5 ~ 10
카오리나이트(Kaolinite)	3 ~ 5
깁사이트(Gibbsite)	0
알로펜(Allophane)	30 ~ 200

주 : 알로펜(Allophane)이란 무정형(無定形)인 점토광물로서 화산회토양의 점토의 주요 부분을 이루고 주성분은 규산, 알루미늄 및 철이다.

은 양이온치환용량이 크면 클수록 많다. 그러므로 비옥한 토양은 양이온치환용량이 크다고 할 수 있다. 비료로 공급하는 황산암모늄, 염화암모늄, 염화칼리 및 황산칼리 중의 암모니아(NH₄⁺) 또는 칼륨(K⁺)은 일단 교질물이나 토양미세입자에 흡착되었다가 서서히 식물에 공급되어야 하는데 양이온치환용량이 작은 토양에서는 흡착이 잘 되지 않으므로 식물이 한 번에 많은 양을 흡수하고 그 후 곧 양분 결핍이 생기며, 또 식물에 흡수되지 못한 성분은 유실과 용탈을 받기 쉽게 된다. 즉 양이온치환용량이 클수록 비료로서 이용하는 영양 성분의 식물에 이용되는 율은 증대되는 것이다. 끝으로 식물생육에 여러 가지 면에서 영향을 주는 토양반응의 변동에 저항하는 힘 즉 토양의 완충력(buffer capacity)은 양이온치환용량이 크면 클수록 커지므로 양이온치환용량이 큰 토양에 생육하는 식물은 비교적 안전하다고 볼 수 있다. 참고로 우리나라의 산지토양의 평균 C. E. C는 11.34me/100g이고 경작지 토양의 평균치는 10me/100g이며, 제주도과 같은 화산회토는 22.55me/100g로 가장 높고, 충적토에서는 5.44me/100g로 가장 낮다.

조경지를 관리함에 있어 조경 수목의 건전한 생육을 위한 양분 환경을 조성하기 위하여 이와 같이 양이온치환용량이 큰 물질들을 조경지에 많이 시여하였으면 하는 바람과 항상 건전한 토양 환경을 위하여 최선을 다 하였으면 하는 마음이다.