

토양의 이·화학성과 조경지의 관리(4)



이 원 규
전 임업연구원
중부임업시험장장

5. 토양의 색

토양을 관찰할 때에 먼저 토색(soil color)의 차이가 우리들의 주의를 갖게 한다.

토양을 분류할 때에도 토색에 의한 구별이 옛날부터 행하여져 적색토, 적 갈색토, 갈색토, 흑색토 등의 표현이 사용되었다. 실제로 토양은 토색에 의하여 어느 범위까지는 이·화학적성질의 차이 혹은 토양 생성에 대하여 개요를 알 수 있었다. 그렇기 때문에 토색의 관찰은 대단히 중요하다고 할 수 있다.

토양의 구성에 관하여는 석영, 장석, 백운모, 탄산염광물 등은 원래 무색투명하여 분말이 되어도 백색으로 보인다. 또 이들이 풍화하면 불투명한 백색물질로 된다. 그러나 흑운모, 휘석(輝石), 각섬석(角閃石), 운기석(雲氣石), 자철광 등과 같이 철분을 함유하는 것은 녹색으로부터 흑색의 광물로서 이들이 풍화하면 황색에서 적색의

분상 물(粉狀物)로 된다. 토양에 특별한 색을 물들이는 물질은 유기물로서의 부식과 무기물로서의 산화철 및 산화망간 등이다. 유기물은 표토를 암회색(暗灰色)에서 흑색으로 물들게 한다. 이들 유기물에 의한 토색은 유기물의 함량에 따라 다르다. 토색은 각 층위의 토괴(흙덩이)를 자연 상태에서 채취하여 음지에서 토색 첩에 의거하여 조사한다. 산림청의 산림입지조사요령(1998)에 의하면 유기물의 함량은 약간 있다(0~2%), 있다(2~4%), 많다(4~6%), 아주 많다(6%이상)의 4단계로 구분하고 있다. 그러나 토양내의 유기물함량의 가장 정확한 측정은 역시 토양의 화학 분석 밖에는 그 길이 없다.

Raman에 의하면 사토는 유기물의 함량이 0.2~0.5%일 때는 회색, 2~4%에서 습윤한 때에는 농회색, 5~10%에서 습윤한 때에는 흑색을 나타낸다고 한다.

그러나 유기물에 의한 색은 부식화의 진행과 함께 달라서 미생물에 의한 변성·중합(重合)·축합(縮合)됨에 따라서 차츰차츰 흑갈색에서 흑색으로 된다. 또 화산회토에서 보이는 흑색은 흑토 등에서 보이는 흑색과 상당한 차이가 있으며 이는 부식화의 정도보다도 부식화의 과정이 다르기 때문으로 해석하고 있다. 일반적으로 토양이 검은 것은 유기물이 풍부한 것을 나타내고 있다. 유기물은 질소를 함유하는 것 만 아니고 수분이나 식물양분으로서의 양이온을 흡수 보지함이 가능하다.

또 유기물을 함유한 토양은 단립(團粒)구조를 취하여 공기 및 물의 유통이 적당하게 이루어지고 있으며, 이러한 환경은 유용한 미생물의 생

활에도 적당하다. 따라서 화산회토양은 별도로 하지만, 비옥한 토양은 유기물이 풍부한 흑갈색을 나타내는 것이 많다. 토양이 담색(淡色), 황색, 갈색, 적색인 것은 유기물함량이 적은 무기질토양으로 있음을 나타낸다.

이점은 조경지의 토양을 관리함에 있어 매우 중요하므로 항상 기억하여두는 것이 좋을 것으로 생각한다. 즉 내가 관리하고 있는 묘포나 조경지의 토양색갈이 위의 담색, 황색, 갈색, 또는 적색을 나타낼 때에는 곧 바로 유기물이 부족한 상태라는 것을 직감하고 이에 대처함이 좋을 것이다. 삼림이나 밭의 하층토는 황색~적갈색의 토색을 띄는데 이들은 주로 철(鐵)의 화수(和水平) 산화물에 의한다. 화수도가 높은 경우에는 황색으로 탈수(脫水)가 진행하는데 따라서 적색이 짙게 된다.

토색이 황색에서 적색을 나타내는 것은 풍화의 정도가 진행하고 있음을 나타낸다. 또 색이 짙고 철 함량이 많은 토양은 일반적으로 이·화성이 나쁘고 식물의 양분 특히 가급 태 인산이 모자라는 경우가 많다.

조경수 생산이나 조경지 관리를 함에 있어 당해 장소의 입지환경조건을 어떻게 함으로서 임목의 건전한 성장을 할 수 있을 것인가 하는 관점에서 다음의 “토양의 온열” 항과 함께 다소 참고가 되었으면 좋겠다.

6. 토양의 온열

토양의 온열(溫熱)은 대부분 태양열로부터 공급된다. 하루 중 대기를 통하여 토양표면에 도달한 태양의 복사광열(光熱)은 일부는 반사하고 일부는 복사(輻射)와 전도(傳導)에 의하여 대기 중으로 달아나며 대부분은 토양에 흡수된다. 이로 인하여 지표의 온도는 상승하고 열은 전도에 의하여 하방으로 전달된다. 그러나 야간은 받는 열(受熱) 보다도 방열이 크기 때문에 온열은 하층에서 상층으로 올라간다. 따라서 토양의 평균온도는 수열과 방열의 차에 의하여 결정된다. 이 수열량은 토양의 색이나 지표의 토양에 대한 경사의 각도나 방향에 따라서 다르게 된다. 또 온도의 상승 하강의 지속(遲速)은 토양 성분의 비

열(比熱; specific heat; 1g의 물질을 온도 1℃ 상승시키는데 요하는 열량을 물의 경우에 비한 숫자)이나 전도율 등에 의하여 다르게 된다.

물체는 일반적으로 착색이 짙을수록 다량의 태양열을 흡수하고 백색에 가까울수록 다량으로 반사한다. 식물은 그 종류에 따라 발아·생장·성숙의 각 시기에 있어서 각각 적온을 가지고 있다. 또 조경수를 심을 경우에는 특히 토양의 위치에 의한 온도의 차이를 염두에 두어야 할 것이다.

IV. 토양의 화학성

1. 토양의 Colloid 성(性)

토양 콜로이드(Colloid)란 토양입자의 크기가 2 μ m(1/1000mm)의 이하의 점토 전체를 포함하므로 교질점토(膠質粘土)라 부른다. 입자가 적어지면 특이한 성질을 갖게 된다. 가장 중요한 성질은 용액 중에서 정전기(靜電氣)를 띄는 것으로 이것을 하전(荷電)이라고 한다.

보통 음(minus)하전을 띄게 되고 그 강함에 따라서 식물의 영양물질이라 할 수 있는 양(陽)이온(암모늄, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등)을 흡착한다. 토양 입자 중 입경이 적은 점토로 되면 그 표면은 크게 되고 또 물리적 화학적 성질도 큰 입자에 비하여 현저하게 다르다는 것은 이미 토양의 물리성에서 설명을 하였다.

토양 중에는 규산·철·알루미늄의 콜로이드상의 화수산화물도 많이 함유하고 또 부식이나 알로펜(Allophane: 화산회 토양에 특이적으로 함유된 점토광물)과 같은 입자가 미세비정질(微細非晶質)로서 그 자체가 겔(gel)상 구조를 갖는 것도 있어 토양콜로이드의 특성은 더욱 중요성을 갖고 있다.

가. 콜로이드 용액

콜로이드라는 것은 미 입자가 균질한 매질(媒質; medium)중에 분산한 것으로서 이때 그 미립자를 분산상(分散相: dispersion phase), 매질을 분산매(分散媒: dispersion medium)라 한다. 토양 콜로이드 계(系)에는 분산상으로 있는 고상, 분산매로 있는 액상의 두 가지로부터 된 불 균질(不均質)계로서, 단상(單相)만으로 된

진실의 용액(true solution)과는 성질이 다르다. 토양에서는 통상적으로 입경 $2\mu\text{m}$ (0.002mm)이하의 입자를 점토라 하고 있으나 더욱이 이것을 $2\sim 0.2\mu\text{m}$, $0.2\mu\text{m}$ (0.0002mm)이하로 나누어 전자를 조 점토, 후자를 세 점토로 구별하는 것도 있다. 조 점토와 같이 비교적 큰 입자가 액체 중에 분산하여있는 경우는 이것을 현탁액(懸濁液: colloidal suspension), 세 점토와 같이 적은 입자가 분산한 것을 콜로이드용액(colloidal solution)라 한다. 다시 말하면 토양입자의 크기가 $0.2\mu\text{m}$ 이하의 세 점토가 토양수 중에 분산되어 있는 상태를 콜로이드 용액이라 한다.

그 위에 더욱 입경이 적어지게 되어 10\AA 면 정도가 되면 투명한 용액으로 되고 진실한 용

액으로 된다. 무기질 토양의 콜로이드용액은 약간 유탁(乳濁)하는 용액이다. 이와 같은 상태를 졸(sol)라 부르고 분산매가 물일 때에는 하이드로 졸(hydrosol)이라한다. 또 졸이 어떤 종의 염기의 영향으로 응고 침전할 때에는 콜로이드입자가 널리 퍼져 연결하여 그물모양과 같은 구조를 하며 그물구멍사이에는 분산매가 들어가 있는 상태가 되면 이것을 겔(gel)이라한다. 분산매가 물일 때에는 하이드로 겔(hydrogel)이다.

나. 양성콜로이드와 음성콜로이드

토양콜로이드를 물에 분산된 하이드로 겔에는 콜로이드입자는 정(正)또는 부(負)로 대전(帶電: 물체가 전기를 띠는 것)하며 하전의 부호와 양은 입자의 화학조성에 의하며, 또 액의 반응에 따라 다르다. 일반적으로 콜로이드상겔 산이나 부식의 미립자는 물속에서 부에 대전하기 때문에 이것을 음성콜로이드(negative colloid 또는 acidoid)라 한다. 또 알루미늄이나 철의 화수산화물, 알로펜(allophane: 화산회토양에 특이적으로 함유되어있는 점토광물) 등은 산성용액 중에서는 정(正)으로 대전하여 양성콜로이드(positive colloid)의 성질을 나타내며 알카리 용액 중에서는 음성콜로이드로서 행동한다.

이와 같이 분산매의 반응에 따라 정(+) 또는 부(-)로 되는 콜로이드를 양성콜로이드(amphoteric colloid)라 한다.

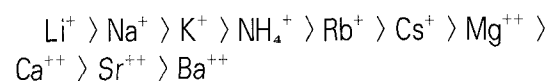
다. 미셀(Micell)

보통 토양 중에 존재하는 콜로이드는 철·알루미늄의 규산염 복합체이거나 부식산염 복합체등으로 염기성이 약하고 전체로서 음성(-)콜로이드이다. 이와 같은 음성콜로이드가 둥근 원형을 하고 있는 것으로 가정하여 생각을 하며는 그 입자의 주위는 음하전 권으로 둘러싸여 그 둥근 원형의 바깥쪽에는 Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , H^+ 등의 양(陽)이온 권이 있어 전기적 이중층으로 에워 싸여있다. 이것을 미셀(micell)이라한다. 이들의 양이온화수도와 이온의 해리도에 따라서 다양한 거리로 떨어져 분포한다. 즉 보통 토양 중에 존재하는 교질물은 알루미늄이나 철 등의 규산염 복합체이든가 부식산염 복합체등이며 염기성이 약하고 전체로 음성교질이라고 볼 수 있다. 음성교질입자의 주위의 음전기를 중화시키기 위하여 그 외측에 위에서와 같은 양이온이 붙을 수 있는 것이다. 이러한 입자는 보통 염(鹽)과 비슷한 것이라고 해석하면 된다. 다시 말하여 입자 안쪽은 산기(酸基)이며 바깥쪽은 염기(鹽基)이다. 식물의 영양물질 즉 비료를 주었을 때 토양 속에서의 움직임을 설명 할 수 있는 내용이 된다.

라. 이액순위(離液順位: Lyotropic Ion Series)

콜로이드입자의 표면에 결합하여 있는 양이온의 해리도(解離度)는 이온의 종류에 따라 다르다. 일반적으로 1가(價)의 양이온은 다가의 양이온보다도, 또 동일 원자가의 이온에서는 이온 반경이 적은 것일 수록 해리도가 크다.

이것은 원자가 적은 것일 수록 다량의 물분자를 갖기 때문이다. 이온은 단독으로 수중에 존재하는 것이 아니고 화수(和水)하고 있다. 이온의 화수 도는 이온의 농도, 온도에 따라 현저하게 차이가 있으므로 정확한 값은 알 수 없으나 그 순서를 1가, 2가의 양이온대하여 나타내면 다음과 같으며 이러한 이온의 순위를 이액순위라 한다.



이는 비료를 주었을 때 그 영양요소인 칼륨,

암모니아, 칼슘 및 마그네슘의 1 및 2가 양이온들이 어떠한 작용에 의하여 위 “다”항에서 설명한 바와 같이 음이온과 부착하여 있다가 해리되어 식물의 뿌리를 통하여 흡수 이용되는가 하는 내용 즉 해리도는 칼륨 > 암모니아 > 마그네슘 > 칼슘 순이며 조경지에서 묘포의 비배관리에 참고가 될 것이다.

2. 이온(ion)의 교환

가. 양(陽)이온의 교환

1850년에 톰프슨(Thompson)은 토양에 유산 암모늄을 뿌리고 물을 주어 토양의 하부로 삼투하여 나온 물속에는 암모니아는 존재하지 않고 석고가 함유되어있는 것을 발견하였으며, 1854년에 웨이(Way)는 이와 같은 흡수는 화학작용이 있어 염화칼륨을 주었을 때 칼륨이 흡수되고 이것과 당량(當量)의 타 양이온(주로 칼슘)이 토양으로부터 침출되어 지는 것을 알고 여기서 양이온의 교환이 행하여지는 것을 인정하였다.

이 현상은 큰 흥미를 불러 토양 중의 이온교환을 지배하는 물질에 대하여 연구가 행하여져왔다. 그 결과 이 물질은 토양의 콜로이드부분을 이루는 것이 있어 ① 조성이 다른 함수 규산알루미늄, ② 유리(遊離)의 규산, 함수규산알루미늄, 철, 알루미늄의 화수산화물, 콜로이드입자가 큰 일차광물, ③ 조성을 다르게 하는 흡착복합체라고 하는 세 가지의 견해가 포착되었다. 그러나 토양 중에는 무정형의 겔 상(Gel狀)의 물질이 존재하며 이것이 이온교환을 포함한 점토의 행동에 중요한 역할을 갖는 것도 무시하지 못한다. 토양 콜로이드는 부(-)에 하전하여 있는 음성콜로이드에 양이온을 흡착하고 있다. 토양의 교환성 이온으로서 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨이 가장보통의 양이온으로 존재하고 또 암모니아도 토양콜로이드에 교환성이온으로 되어 있다. 기타 알루미늄(Al^{+++}), 철(Fe^{+++}), 망간(Mn^{++}), 구리(Cu^{++}), 아연(Zn^{++})등도 교환성 양이온이다.

나. 양이온의 교환을 행하는 물질

양이온의 교환을 행하는 물질은 부(-)하전을 가지고 있기 때문에 이 하전량을 중화시키기 위하여 반대의 부호를 갖는 양(+)이온이 흡착하는

것이다. 이 하전의 성질로부터 살펴보면 이 물질은 ① 점토광물에서 그 구조 내부의 동상치환(同像置換)이 원인으로 나타나는 음하전, ② 결정과 피부로 있는 것, ③ OH 기(基)로 나눌 수 있다. 또 교환 흡수체로부터 보면 ① 부식, ② 겔 상의 Si, Al, Fe화수산화물 등, ③ 점토광물로 대별된다.

다. 이온 교환의 난이(難易)

콜로이드입자에 흡착하여있는 양이온은 진동하고 있다. 이 진동범위(oscillation volume)내에 타의 다른 이온이 침입하여 콜로이드입자가 가까이 하면 이 이온과 입자와의 인력이 원래의 이온과 입자간의 인력보다도 크게 되면 원래의 이온은 되받아 튕기어 밖으로 나간다. 이 반응은 순간적으로 행하여진다. 콜로이드입자에 이온이 침입하여 혹은 입자면의 이온이 외부에 교환 침출되는 것의 난이는 여러 가지의 인자에 의하여 지배된다. 이 인자 중에서 중요한 것은 양이온의 종류, 이온의 농도, 양이온과 공존하는 음이온의 종류 및 콜로이드입자의 성질 등이다.

양이온의 종류에서 보면 일반적으로 원자가가 높을수록 교환침입력이 크고 또 입자표면에서 침출되기 어렵다. 동일원자가이온에서는 이온반경이 크게 됨에 따라 교환력이 크게 된다. 양이온의 교환 능의 순서도 아에서 설명한바있는 이액순위와 대체적으로 동일하다.

라. 칼륨 및 암모늄의 고정

교환성양이온은 타의 양이온으로 교환 침출되며 칼륨(K^+)과 암모늄(NH_4^+)은 어느 종의 콜로이드에 강하게 흡수되어 다시 교환 침출할 수 없는 형태로 된다. 이것을 양이온의 고정(固定: Fixation)이라고 한다. 칼륨과 암모늄은 같은 행동을 취하므로 여기서는 칼륨에 대해서 설명하면 토양을 건조하는 것은 칼륨의 고정에 관련이 있는 것을 알고 있다. 칼륨의 고정은 팽창형의 2:1형광물에 한정하는 것이 밝혀졌다. 우리는 조경지의 토양을 관리함에 있어 어떻게 하면 비료의 3요소인 칼륨과 암모늄을 고정시키지 않고 식물이 이용할 수 있도록 할 것인가에 보다 깊은 관심을 가져야 할 것으로 믿는다. 