

조경지의 토양 관리(Ⅱ)



이원규

전 입업연구원 중부입업시험장장

은 누리의 생명을 갖는 모든 만물은 그 근원을 토양에 두고 있다.

흙에서 나 흙으로 돌아간다는 말과 같이 먹이 사슬의 가장 꼭대기에서 있는 인간도 예외라 할 수 없다. 따라서 그 나라의 흥망성쇠가 토양을 잘 관리하는가, 그러하지 않는가에 달려있던 과거의 농본위주의 사회에서만 국한된 것이 아니라 나는 믿는다. 각 종의 시설에서의 기름누출, 공장오폐수에 의한 중금속의 오염은 말 할 것 없고, 생활 쓰레기의 매립에 따른 토양오염은 날로 심각한 상태인 것으로 알고 있다. 토양관리는 이제 농업과 입업의 차원을 떠나 국가 정책으로 다뤄줘야 할 시점에 접어들었다. 대대로 이어온 금수강산을 우리들은 어떻게 이용할 것이며, 선조에게 물려받은 오염되지 않은 상태로의 국토를 고스란히 후손들에게 물려 줄 것인가에 대하여 더 많은 사람의 관심이 모아 지길 간절하게 소망하면서 전호에 이어 계속한다.

다. 산성토양과 그 개량

기후가 온난하고 비가 많은 지방에서는 토양중의 염기(칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨 등)가 유실하기 쉬우며, 이들 양이온들의 유실로부터 토양은 점점 산성으로 되어 간다. 특히 여름철에 집중하는 강우는 토양의 산성을 가중화 시킬 것이다. 그러므로 토지를 대상으로 하는 농업, 입업은 물론이고 조경지 관리를 하는 입장에서 토양의 산성화에 대한 대책은 항상 머리 속에 두고 관심 깊게 대처하여야 할 과제로 생각된다.

(1) 산성 토양과 식물 생육과의 관계

토양의 산도(pH), 즉 pH 7을 중성이라 하고 7 보다 높은 수치를 갖는 토양을 알칼리성 토양, 7 이하의 수치를 나타내는 토양을 산성 토양이라고 한다. 참고로 대기오염이 우리의 생활 환경을 위태롭게 하면서 산성비에 대한 관심이 높는데, 산성비란 pH 5.6 의 비를 말한다. 그 이유는 먼저 순수한 증류수를 온실에 보존하고 가능한 한 많은 탄산가스(CO₂)를 주입(注入)하여 녹이면 어느 선에서 포화점에 도달한다. 이 때 수중에서 해리가 일어나 수소이온(H⁺)이 방출되므로 증류수는 약산성을 띠는데 바로 이 때의 pH는 대개 5.6 이다. 따라서 일반적으로 구름 속에 증류수와 같은 순수한 물이 있다고 생각하고, 이 물이 대기 중에 넉넉하게 존재하고 있는 탄산가스로 포화된 상태를 가정한다면 이 시점의 산성도(pH 5.6)를 기준으로 삼아 이것보다도 산성도가 높은 비를 산성비라고 부르고 있는 것이다. 물에 산 또는 알칼리를 가하면 pH는 곧 변화하는데, 약산이나 약염기의 염용액은 이와 같은 수소이온의 농도변화에 대하여 저항하며 그 격변(激變)을 억제하는 작용을 토양은 갖고 있다. 이것을 토양의 완충능이라 한다. 앞으로 산성비가 계속하여 내린다는 과정 하에서라도, 또는 강우로 인하여 염기가 유실하여 토양이 산성으로 기우는 것을 예방하기 위하여서라도 토양의 완충능을 높여야 하는데 그러기 위하여는 먼저 사질토양에는 점토질토양을 객토하고, 둘째는 유기물을 사용하여 부식에 의한 양이온의 교환용량을 증대시킨다든가 셋째로 석회를 사용하여 토양의 염기포화도(degree of base saturation : 양이온치환용량에 대한 치환성 염기이온 즉 Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ 등의 비율을 말함)를 높여주는 방법이 있음을 우리는 주지하여야 할 것이다.

일반적으로 낙엽활엽수는 pH 5.3 정도의 약 산성토양 및 알칼리성 토양에서 잘 성장하고, 침엽수인 경우는 낙엽활엽수보다 산성도가 높은 곳에서 잘 성장하는 것으로 알려지고 있다. 그러나 수종별 적정양분환경을 구명하기 위하여 조사 대상 임목들이 비교적 정상적으로 성장하는 것으로 예측되는 임지에서 수종별로 적정 산도를 조사 한 결과 잣나무, 낙엽송, 감송, 전나무, 해송, 삼나무 및 편백은 pH 4.9~5.5 범위, 물푸레나무,

상수리나무, 신갈나무 및 굴참나무는 pH 5.2~5.3의 범위가 밝혀졌다.

인근 일본국에서 산도와 수종과에 관한 문헌을 보면 산성토양에 많이 나타나는 식물로서는 차나무과의 사스레피나무, 측백나무과의 노간주나무, 참나무과의 너도밤나무 등이고 특히 산성에 약한 것으로서는 떡갈나무, 상수리나무, 졸참나무 등이 있다고 하였다.

우리 나라에서 생육하고 있는 수종과 토양반응과의 관계를 보면 다음과 같다.

- (가) 산성에 강한 수종 : 반송, 잣나무, 섬잣나무, 풍겐소나무, 리기다소나무, 스트로브소나무, 해송, 분비나무, 약밤나무, 밤나무, 산밤나무, 구실잣밤나무, 메밀잣밤나무, 아까시나무, 싸리나무, 참싸리, 물싸리, 조록싸리 등등의 싸리나무류.
- (나) 중성 또는 약산성에 적당한 수종 : 만주잎갈나무, 낙엽송, 느티나무, 상수리나무, 갈참나무, 졸참나무, 떡갈나무, 속소리나무, 굴참나무, 물참나무, 졸참나무, 개졸참나무 등등의 참나무류
- (다) 알칼리성에 강한 수종 : 은행양, 사시나무, 털사시나무, 수원사시나무, 물황철나무, 미루나무, 양버들나무, 가래나무, 호도나무, 서나무, 당개서 등 서나무류, 느릅나무, 흑느릅나무 등 느릅나무, 비술나무, 회양목류, 물푸레나무류, 들매나무, 단풍나무, 네군도단풍나무, 당단풍나무 등등의 단풍나무류로 구분되고 있다.

(2) 산성토양의 식물 성장 저해인자

식물생장에 있어서 산성토양이 갖는 주된 저해인자로서는 ①알루미늄과 망간의 과잉 장애 ②칼슘, 마그네슘, 칼륨 등의 염기의 부족 ③아연, 규소 등의 미량요소의 결핍 ④인산의 불가용태화 ⑤생물활성화의 저하를 들 수 있으며, 이 들 인자는 그 하나 하나가 단독으로 해를 미치게 하는 것보다는 복합적으로 식물생장에 해를 가져온다. 나무의 성장과 pH(산도)와의 관계를 보면 토양산도 4 이상에서는 대개 건전하게 자라고 있으나, pH 3~4 범위내에서는 생육이 떨어지고, pH 3 이하의 강산성으로 되면 생육이 정지된다는 보고가 있다. 일반적으로 산성토양이라 하여도 pH4 이하의 토양은 드물며, pH 그 자체에 의한 생육저하라기보다는 알루미늄이온 등과 같은 독성 물질의 과잉에 문제가 있는 것으로 알려지고 있으며, 우리 나라에서는 도시나 공업단지주변의 산림에서 아직 pH4 이하의 산성토양

은 보고되지 않고 있어 다행한 것으로 생각하나, 산성 물질을 많이 배출하는 공단 주변의 조경지에서는 주의 깊게 관찰을 함과 동시에 토양이 극 산성으로 변하였을 때를 대비하여 이에 대한 대책 등을 사전에 강구하여야 할 것으로 본다.

(3) 산성토양의 교정에 필요한 석회량

산성토양의 개량에는 먼저 석회를 사용하여 산성을 교정하고 그 위에 퇴비와 인산 질 비료를 주게되면 좋은 것으로 옛날부터 알려져 있으며 필요한 석회량의 산출 방법에 대하여는 본 조경수지 통권 58호에 수록되어 있으므로 여기서는 생략하기로 한다. 다만 주려고 하는 석회량을 구하는데는 간이 토양 검정기를 이용한다든가 치환산도(置換酸度)에 의하여 산출하는 방법과 토양의 완충곡선으로부터 구하는 방법이 있음을 첨기한다. 또한 농용 석회를 사용하여 산도를 교정할 때의 주의사항으로서 목표로 하는 토양산도가 pH 5.6인데 비하여 현재의 토양산도가 pH 4.8로서 0.8를 높여야 하는 경우, 이것을 일시에 교정한다는 생각을 버리고 시간적 여유를 두고 1~2년에 걸쳐 조금씩 교정한다는 것이다.

(4) 토양산성에 의한 식물에의 영향

토양용액중의 수소이온(H⁺)과 수산화(OH⁻)의 농도가 너무 과다하게 높아진 때에 식물의 뿌리를 직접으로 해치게 되며, 또 그 생리작용에도 장애를 주게 되는데 보통의 상태하에서는 오히려 간접적인 원인에 의한 피해가 많다. 즉,

(가) 양분의 결핍 : 온난하고 비가 많은 조건에서 용탈을 받게 되므로 칼슘, 마그네슘, 칼륨 등 양분으로서의 알칼리금속, 알칼리토금속이 결핍하게 된다. 또 붕소, 동, 아연, 몰리브덴, 망간 등도 결핍하게 된다. 극단으로 산성이 강한 수림지 등에는 가끔 이들 원소의 결핍 증상이 나타나고 있다는 보고가 있다.

(나) 유해 이온의 증가 : 토양 반응이 강한 산성으로 되면 점토광물을 구성하는 알루미늄 및 유리알루미늄화합물의 일부가 용해하기 시작하고 일루미늄이온이 존재하게 된다. 알루미늄이온은 1~2ppm의 농도에도 작물에 유해하다고 하는 것을 참고로 하면, 그 이상의 농도는 수목의 성장에도 영향이 미칠 것으로 생각된다. 또

산 부근의 토양에서 동, 아연 등을 함유한 물이 유입된 토양에는 그 반응이 산성으로 되면 용출량이 증가하여 광해(鑛害)를 일으키며, 한결같이 석회를 사용하여 토양반응을 중성부근에 가깝게 하면 그 해를 경감시킬 수 있다.

(다) 식물양분의 불가급태화 : 수립지 토양에는 산성이 강하게 되면, 인산질 비료성분이 활성화한 알루미늄, 철과 결합하여 고정되게 되어 불가급태로 변한다. 그러므로 토양의 산도를 pH 6.0 이상으로 유지케 함으로서 가급태 인산의 양을 확보하여 줄 필요가 있게 되는 것이다. 수목이 흡수하기 좋아하는 상태의 가급태 양분으로 존재하는 토양 pH는 질소 : 6~8, 인산 및 칼륨 : 6.5~7.5, 망간, 구리, 아연, 붕소 등 미량요소는 5.0 이상이다.

(라) 토양미생물의 활동에의 영향 : 토양미생물은 유황산화균을 제외하고 일반적으로 중성 부근에서 좋은 활동을 한다. 특히 질소고정균은 토양 반응에 민감하여 산성토양에서는 활동하기 어렵다.

질소 고정과 토양 산도와와의 관계를 살펴보면 산성이 강하게 됨에 따라서 생물적 질소고정의 속도는 뚜렷하게 떨어지는 것을 알 수 있다. 콩과식물과 근류균을 함유한 질소고정계의 발달에 필수 조건인 근류의 형성은 특히 산성반응에 민감하다. 유럽의 예로서 pH 5.2 이하에는 근류는 형성되지 않고 pH 5.0 이하에서는 근류박테리아의 수도 감소한다고 한다. 또 방선균(Frankia)이 착생한 오리나무 묘목은 pH 3.6~7.6의 토양에서 생육한다. 토양형에 의하여는 pH 5.5 이하에서 근류 형성이 저하하고 뿌리의 생육과 근모(根毛)의 발생이 억제된다. pH 6.0 보다 산성의 환경에는 질소고정세균은 거의 없고 채취한 산림토양의 pH 4.6에는 비공생 세균에 의한 질소고정은 보이지 않았다는 보고가 있다.

이상에서와 같이 건전한 토양미생물의 활동을 하게 하기 위하여는 조정지의 토양을 중성에 가깝도록 유지 관리함이 중요할 것이다.

라. 유기물의 사용

농경지 토양에서는 환경 조건에 따라 항상 일정한 수준의 토양유기물이 함유되어있다. 이 유기물은 토양

미생물에 의하여 분해되어 지상에서 생육하는 식물에 대한 양분을 공급하는 방법이 됨과 동시에 식물의 생육환경(수분의 보유, 배수성, 통기성)으로서의 토양을 양호한 상태로 갖게 하는 역할을 하고 있다. 토양 중의 유기물은 매년 수 %의 비율로 분해 감소하기 때문에 흙 속의 유기물 함량을 유지하고 비옥한 상태로 보전하기 위하여는 끊임없이 외부로부터 유기물의 보급을 하여 주어야 한다.

여기서 유기물의 사용이 토양에 미치는 효과를 다시 한번, 살펴보면 토양에 유기물을 사용함으로써 토양의 화학성, 물리성, 및 생물성의 3가지 면에서 효과가 있음을 알 수 있다.

① 토양의 화학성의 개선으로서 첫 번째 효과로서 유기물은 토양 중에서 미생물에 의하여 분해를 받게되며 그 결과 질소, 인산, 칼륨, 유황, 칼슘, 마그네슘, 규산, 망간, 붕소, 모리브덴, 아연 등 식물 생육에 필요한 필수 및 미량요소를 공급한다. 특히 질소는 토양 유기태질소로서 집적하며 곧 무기화(無機化)함으로써 유효화하는 질소로서의 효과가 크다. 둘째는 토양내의 유기물 함량을 높이고 이와 동시에 염기치환용량(CEC : cation exchange capacity : 비옥한 토양일수록 이의 수치가 큼)을 증대시켜 토양의 보비력(保肥力)을 증대시킨다. 토양 부식(腐植)의 염기치환용량은 200~250me/100g로서 우리나라 산림토양의 평균 11.34me/100g의 20~25배정도 높으며, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, NH₄⁺ 등 양이온을 흡착하는 힘이 강하며 이들 식물 양분의 유실을 막는 힘 즉, 보비력의 증대에 크게 기여한다는 뜻이다.

셋째 토양에 주어진 유기물이 변하여 된 부식 중에는 식물의 생육을 촉진하는 물질이 함유되어있는데 이들 물질 중에는 불량한 환경 조건하에서 식물이 생리활성작용을 가지고 있다. 넷째 부식 중에는 유기음이온의 존재에 의하여 안정한 화합물 혹은 비교적 불용성의 물질을 만들어 알루미늄, 철, 칼슘등의 활성을 감소시키는 킬레이트작용(chelator : 그리스어의 '사이'에 두다, 끼우다)의 어원으로부터 이용되었으며, 화합물의 구조가 금속원자 혹은 수소원자를 끼우는 형으로 되어 있는 것을 의미한다. 퇴비나 구비에 함유된 부식산, 유기산, 당류 등은 인산을 고정하는 알루미늄이나 유해한 중금속을 꺼안는 작용을 갖고 있으므로 인산의 토양고정을 막고 또, 토양의 유해금속의 작물에의 흡수를 억제하는 뜻에서 매우 중요함을 하는 물질이 함유

되어 있다.

이들 키레트물질은 토양 중의 알루미늄과 결합하여 그 해를 억제함과 동시에 인산의 비효를 높이게 되고 더욱이 미량요소의 중금속을 유효화하는 작용이 있다. 그 외에 토양중의 유기물 함량이 높게되면 토양이 갖는 여러 가지의 완충작용을 한결같이 높게 하는 장점이 있다.

② 토양의 물리성의 개선은 유기물의 사용에 의하여 토양의 단립화(團粒化)가 촉진되며 토양내의 공극률이 증가하여 통기성, 투수성, 배수성, 보수성 등 공기와 수분의 이동이 양호하게 됨으로서 식물의 뿌리가 충분히 발달하여 양분과 수분의 흡수력이 크게된다. 토양 유기물은 물을 잘 흡수한다. 점토는 그 중량의 약 반에 해당하는 물에 포화된다고 하지만, 토양유기물은 그 중량의 약 4~6배의 물을 흡수하는 능력을 갖고 있다. 실제로 1972년 임업연구원에서 시험한 결과에 의하면 신선한 낙엽을 60°C에서 건조시킨 후 24시간 침수시켜 유리수분을 없애고 칭량한 결과 일본잎갈나무의 낙엽은 절건중에 대하여 2.5배, 잣나무낙엽 2.0배, 리기다소나무 낙엽 2.1배의 수분을 흡수하였다는 결과를 얻은 바 있다.

③ 생물성의 개선 측면을 보면, 토양에 유기물을 사용함에 따라 토양미생물의 활동이 왕성하여지고 부생생활의 세균이 증가한다. 그 결과 토양 병원성 미생물 중에서도 큰 비중을 차지하고있는 사상균의 생육이 억제된다. 현재의 조경지는 과거에 밭 상태, 논 상태 혹은 간척지나 잡종지 등 어떠한 상태의 토양으로부터 유래한 조경지 든, 또 어떤 종류의 토양이든 관계없이 유기물은 식물생장에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 이 유기물을 기 조경지에 어떠한 방법으로 공급할 것인가가 큰 문제로 대두된다. 특히 위에서와 같이 질소, 인산, 칼륨 등 많은 식물생장에 필요로 하는 양분이 함유되어 있다고는 하지만, 그 함유 비율이 낮으므로 인하여 자연히 많은 양의 유기물을 사용하여야 하며 그에 따른 경제성이 없다는 점이다. 그리고 또 한가지는 조경지에 유기질비료의 공급 방법이 극히 어렵다는 점이다. 기회가 있을 때마다 토양관리와 유기질 비료와의 관계의 중요성에 대하여 강조하고 있으나, 어떠한 방법으로 공급할 것인가가 큰 문제로 대두된다. 특히 위에서와 같이 질소, 인산, 칼륨 등 많은 식물생장에 필요로 하는 양분이 함유되어 있다고는 하

지만, 그 함유 비율이 낮으므로 인하여 자연히 많은 양의 유기물을 사용하여야 하며 그에 따른 경제성이 없다는 점이다. 그리고 또 한가지는 조경지에 유기질 비료의 공급 방법이 극히 어렵다는 점이다. 기회가 있을 때마다 토양관리와 유기질 비료와의 관계의 중요성에 대하여 강조하고 있으나, 어떠한 방법으로 조경지에 많은 양의 유기물을 공급할 것인가에 관한 문제는 계속하여야 할 연구과제의 하나가 아닌가 생각된다.

3. 화산회토양

우리 나라에서 화산회토양의 대표적이라 생각되는 토양은 제주도를 들 수 있다.

농림업 분야에 관심이 있는 사람으로서 제주도를 여행하면서 느낄 수 있는 점은 벼를 심은 논이 거의 없다는 사실일 것이다. 경사가 거의 없는 들판에도 논은 찾아 볼 수 없고 대부분이 밭 상태로 경작하는 특성이 있다. 이는 화산회토가 갖는 특성 중 물 빠짐이 좋고 공기의 유통이 잘되는 토양이기 때문이다. 따라서 신규로 조성한 조경지는 물론이지만 무엇보다도 우선하여 관리하여야 할 사항은 물 관리라 할 수 있다. 곧 관수작업의 성패가 수목의 활착과 생장에 미치는 영향이 그만큼 비중이 크다는 뜻이다. 이와 같은 화산회토양은 일반적으로 가비중(단위 용적당의 토양의 고상 중량을 말하며, 건조토양 1ml당의 g수입)이 적고(0.6~0.7), 토양 공극 70% 정도의 다공질이므로 투수성, 보수성은 양호하나 일정 체적당의 토양의 절대량이 적기 때문에 식물의 가는 뿌리가 깊이 20cm 전후까지의 양분의 전량이 적은 것이 생산력이 떨어지는 한 원인으로 되기도 한다. 한편 토양중의 양분 공급 능력을 질적으로 살펴보면, 화산회토양중의 인산함량은 반드시 적은 것은 아니나 불가급태로 존재하며 식물에 유효인산함량이 적은것 뿐 만 아니고 생태적으로 토양의 인산 흡수력이 강하기 때문에 사용한 수용성 인산 비료의 이용도가 나쁘게 된다. 또 화산회토양의 염기치환용량은 크고, 염기성양분의 보지량을 많게 하는 유리성을 갖으나 그 흡착 보지력이 약하므로 암모니아나 칼륨이 용탈되기 쉬운 결점을 갖고 있다. 이 또한 관수와 함께 비배관리상의 유의점이라 할 수 있다.

화산회토는 비화산회토에 비하여 상당히 다른 성질을 나타내고 있어 토양을 관리함에 있어 특히 중요한

성질을 들면 ① 일반적으로 화산회토의 표층은 부식이 풍부한 암흑색을 나타낸다. 물과 공기의 유통은 좋고 동시에 물의 보지력도 강한 것은 다량의 부식을 함유하는 것과 점토광물의 주체가 알로판(Allophane : 화산회 토양에 특이적으로 함유되어 있는 광물로 알루미늄이 많기 때문에 인산을 난용화하는 성질이 강함)으로 있기 때문이다. 이와 같이 식물의 뿌리생육에 대한 토양의 물리성은 양호하다. ② 염기함량도 많고, 염기 포화도가 높은 중성에 가깝고 오래된 지역에서는 교환성 염기가 결핍하여 산성반응을 나타낸다. ③ 주요 점토광물인 알로판이 불안정하여 활성의 알루미늄이 다량으로 존재한다. ④ 인산의 함량이 적고 또 활성알루미늄(토양이 산성화하면 알루미늄이 점토나 토양입자로 부터 유리하는데 이 유리된 알루미늄을 말하며 이는 뿌리의 호흡 저해를 일으킴)이 존재하기 때문에 인산의 흡수력이 강하고 공급한 인산은 토양에 고정된다. ⑤ 화산회토의 등전점은 비교적 높고 낮은 pH의 장소에서는 양성 교질물로서의 성격을 갖는다. 따라서 암

모니아, 칼륨 등의 흡착력이 약하고 용탈하기 쉽다. 그러므로 화산회토양의 조경지에서의 토양관리는 인산 비료의 다량 사용과 토양반응의 교정 및 퇴비의 사용에 특별한 관심을 쏟아야 할 것으로 본다. **조경수**

