

# 조경지의 각종 토양장애와 대책



**이원규**  
전 임연연구원 중부임업시험장장

나무는 흙 속에서 뿌리를 내리고 탄소이외의 무기성분을 흡수하면서 성장하고 있다. 따라서 큰 거목이나 나이가 많은 나무들이 수분이 쇠퇴한다든지하여 정상적으로 자라지 못하는 경우가 있는데, 이에는 그 요인도 여러 가지가 있을 것으로 판단되어 복잡 다양한 토양장애 요인에 대하여 토양환경의 개선책 및 토양관리 방법을 검토하여 보았다.

토양의 환경인자와 관리(토양의 개선 방안)와의 관계는 먼저 토양환경인자로서 견밀도, 딱딱한 토층, 불투수층, 건조 등의 물리성과 영양분의 결핍, 염류농도가 높다든가 하는 토양의 화학성이 있다. 그리고 토양관리를 하는데는 ① 토양관리방법으로서 토양의 갈기, 객토, 유기물 공급, 비료의 시비 등 ② 토지기반정비로서 심토의 파쇄(破碎), 통기관(通氣管)의 매설, 암거배수 ③ 보육관리면에서 임상(林床)식생 ④ 이용관리측면에서 사람의 출입 제한등으로 구분하여 검토할 수 있다.

예를 들어 토양의 물리성이 지나치게 견밀하여 정상적인 나무의 성장을 도모할 수 없는 경우에는 토양개량 차원에서 갈기를 한다든가, 유기물을 사용하는 방법이 있을 수 있고, 토지기반의 정비작업으로서 공기의 유통기관의 매설과 보육관리 차원에서 임상 식생(植生)을 유지케 하는 방법, 그리고 이용관리측면에서 휴식년제 실시 등 사람의 출입을 제한하는 방법으로 토양의 견밀성의 정도를 나무의 성장조건에 맞게 개선할 수가 있다. 또한 토양의 화학성으로서 양분이 결핍한 경우의 토양개량은 유기물과 비료의 공급으로 이를 해결 할 수 있을 것이다. 이와 같이 토양장애 요인 중에는 짧은 시일 내에 제거될 수 있는 처치방법으로는 배수처리나 유기물의 시여 및 비료주기 등도 있으나, 조경지에서 성장 저해 요인을 제거하고 수세를 회복시키는 데에는 수년 혹은 수십 년이 소요되는 관리방법

도 있을 것이다. 특히 심토를 파쇄하여 토양의 견밀도를 개선한다든가 하는 기반정비는 아주 특수한 조경지를 제외하고는 극히 어려운 것으로 보며, 일반 조경지에서도 경제라는 개념을 도입하여 검토함이 바람직 할 것으로 믿는다.

## 1. 과습 장애와 그 대책

### 가. 과습 장애가 발생하는 요인

나무는 토양 중에서 대, 중, 소의 뿌리가 각각 발달하며 특히 가는 뿌리(細根)의 생리작용에 의하여 양분과 수분을 흡수하여 나무의 몸체를 유지하면서 성장하고 있다.

주로 양·수분을 흡수하고 있는 가는 뿌리는 통기성이 양호하고 팽연(膨軟)한 단립(團粒)구조를 갖는 토양에서 잘 뻗게되며 이로부터 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 방출하고 산소를 흡수하고 있다. 토양입자가 거칠어 비모관공극(noncapillary pore)이 많은 사실토양에는 많은 물의 대부분이 중력에 의하여 빠지고, 통기성은 유지된다. 그러나 입자가 가늘고 대부분이 모관공극으로 차지되어 있는 점토질의 토양에는 많은 물을 보관하는 반면에 통기성은 나쁘게 된다. 단립구조를 갖는 토양은 단립내의 모관공극은 물의 보관유지에, 단립 사이의 비모관공극은 통기성에 각각 역할 하게 함으로서 나무의 생육에 알맞는 조건을 갖게 한다.

과습 장애는 토양중의 산소부족에 기인한다. 과습 장애를 토양내의 고체(흙 알갱이), 물, 공기의 조성으로부터 관찰하여보면 다음과 같다. 토양에는 흙, 자갈, 나무의 뿌리를 포함한 고체부분과 그 틈새에는 공극(孔隙)부분이 있으며, 공극부분은 물과 공기로 채워진다. 일반적으로 토양내의 수분은 토양용적의 40~60%를 차지하는 공극중에 액체나 수증기로서 존재하게 된다. 토양 내에서 고체가 차지하는 부분을 고상(固相), 물로서 채워진 부분을 액상, 공기가 차지하는 부분을 기상이라 부르고 있다.

이들의 용적조성은 토양별로 차이가 있으며 사토의 경우 고상 50 : 액상 40 : 기상 10이고, 식질 토양은 이의 비율이 45 : 50 : 5인데 비하여, 삼림토양은 그 비율이 25 : 65 : 10으로 조성되어 있다. 금후 조경수의 건전한 생육을 위하여는 조경지의 토양도 삼림토양과 같은 용적조성이 될 수 있게 관리함이 이상적이라고 볼 수 있

다. 이들 중 액상은 강우에 의하여 최대용수량에(토양이 중력에 저항하여 최대로 흡수보지 할 수 있는 전 수분함량) 달하나 강우 후에는 수목에 의한 흡수 및 증산과 지표면에서의 증발로 인하여 액상의 부분은 점점 감소하고 바깥으로부터 공기를 받아 들여 산소가 많은 기상으로 된다.

나무들의 생리활성이 높아지면 뿌리로부터 이산화탄소를 왕성하게 배출하고 산소가 소비되며, 기상에는 항상 대기와의 가스교환이 행하여져 산소가 보급된다. 이상과 같이 액상과 기상으로부터 기인한 공극은 물과 공기의 출입이 되풀이되고 있어 공극량의 많고 적음은 과습 장애와 밀접한 관계가 있게 된다. 과습 장애는 공극량이 적은 견밀한 토양이나 식질 토양에서 일어나기 쉬우며 특히 기상이 적은 식질 토양은 앞서서 설명한 바와 같이 토양중의 공기와 대기중의 공기간에 가스교환이 행하여지기 어려우므로 토양중의 산소가 부족하여 과습 장애를 나타내게 한다.

근계(根系)의 호흡작용에 따른 산소의 필요량은 나무의 종류에 따라 다르며 낙엽송이 가장 크고 메타세쿼이아가 가장 적다. 또 일반적으로 천근성 수종은 호흡량이 큰 경향을 보인다. 따라서 뿌리의 호흡량이 큰 수종은 과습한 토양에 견디는 힘이 적은 수종이라고 보아도 좋으며, 반대로 심근성 수종은 뿌리의 호흡량도 적고 과습 장애에 대하여 어느 정도 버틸 수 있는 내성이 있다고 볼 수 있다. 습지에서 나엽송의 생장이 불량한 것은 천근성수종 인데다 호흡량 또한 큰 것이 주된 원인이라 할 수 있다.

#### 나. 과습 장애가 나타나기 쉬운 토양 상태

과습 장애는 투수성, 통기성이 나쁜 토양에 나타나기 쉬우며, ① 표층(토심 50cm 이내) 이 견밀한 토양 ② 하층 토가 견밀하여 투수성이 나쁜 평탄지형 토양 ③ 점질 토양 ④ 지하수위가 높은 토양 등이다. ①과 ②는 개발 조성지에서 많이 볼 수 있는 토양으로서 이는 조경지를 조성하면서 중장비에 의한 기계작업시의 답압에 의한 것으로서 자연토양에서는 나타나기 어려운 토양상태이다. ③과 ④는 자연상태에서 나타나는 토양장애로서 이와 같은 지형의 장소에서는 집수지로서 이용되어야 할 곳이다. 그러나 이러한 곳에서도 환경녹지로서 지형을 변형하여 나무를 식재하고 있기 때문에 과습 장애를 일으키고 있음도 당연할 것으로 예측할 수 있다.

도시 주변에는 대규모의 토지조성이 행하여져 그 일

부가 환경녹지 및 공간녹지로서 조성되고 있다. 조성지 토양의 대부분은 다양한 자연토양을 겹쳐 쌓은 토층을 이루고 있어서, 자연토양에 비하여 극히 불완전한 미숙 토양(토양생성작용이 미숙하고 층위의 분화가 충분하지 않는 亞成帶토양을 말함)으로 보아도 좋다. 이러한 조성지에는 토층(土層)하부에 중장비에 의하여 굳게 다져진 고결층(固結層)이 개재하고 있어서 이것이 불투수층으로 역할하기 때문에 심어진 나무에 과습 장애를 일으켜 나무의 초단부가 대부분 고사하게 되는 증상을 보이게 된다. 신규로 조성된 택지의 아파트 주변 조경수가 초단부가 몽통하게 된다든가 고사하는 예를 우리주변에서 흔하게 관찰할 수 있는데 이의 원인이 바로 토층 하부에 견밀한 불투수층이 있기 때문인 것으로 추정된다.

#### 다. 과습 장애와 그 대책

습해의 대부분은 일시적으로 물이 정체하기 때문에 발생하며, 토양수분이 과잉으로 되면 조공극내의 공기가 빠지면서 그 부분이 물로 채워지기 때문에 나무뿌리는 호흡이 곤란하게 되고 드디어 장애를 받기에 이른다. 그리하여 기온의 상승과 함께 그 피해는 격심하게 된다.

과습 장애를 제거하기 위하여는 과잉한 토양수분을 제거하는 방법과 어떻게 하면 토양층에 산소의 량을 증가시킬 것인가 하는 데에 중점을 둔 토양 개량 방법을 생각하여 그 장소에 적합한 공법을 선택하여 시행하여야 한다.

##### (1) 명거 또는 암거배수

토양 과습의 원인으로 되는 부분이 지표층에 가깝고 경사가 있는 비탈진 곳에서는 명거배수 즉, 고랑을 파고 배수관을 묻어 배수함으로써 과습의 원인을 간단하게 제거 할 수 있으나, 과잉한 지중수를 조경지 밖으로 배수코자 할 때에는 토양의 깊이 0.5~1m 부근에 암거를 매설하고 과잉수를 유도하여 배수하는 암거배수가 유리하다. 이는 완경사지의 조경지에서는 용이하게 매설할 수 있으나, 지형적으로 오목한 곳(凹地)이나 평탄한 곳에서는 그 시행이 극히 곤란한 경우도 있다. 이런 곳의 과습 현상이 일시적일 때에는 배수관을 묻고 과잉한 물을 한곳으로 집수하고 양수기를 이용하여 조경지 밖으로 배수하는 방법이 있으나, 영구적인 곳에서는 경제적인 문제와 함께 검토한 후에 실시하여야 할 것으로 본다. 이와 같은 배수의 주목적은 토양내의 통기성을 높여서 토층의 환원(還元)적 상태를 산화(酸化)

적 상태[어떤 물질이 산소와 결합, 혹은 물질로부터 수소를 빼앗는 것을 의미한다. 일반적으로는 산화란 전자(電子)를 잃는 것이고, 환원은 그 반대이다.]로 변화시키는 효과가 있다. 즉, 토양이 환원적 상태로 되면 여러 가지의 환원적 물질이 생성하고 그 때문에 뿌리에 장애를 일으키게 되므로 배수 기타의 방법에 의하여 산화적 상태로 돌려야 한다는 뜻이 된다.

## (2) 유효 토층의 개량

유효 토층이란 나무의 뿌리가 아무런 저항 없이 매우 자유롭게 뚫고 들어가 양·수분을 흡수 할 수 있을 것으로 인정되는 물리 상태의 토층을 의미하는 것으로서, 기원에 나무가 서 있는 조정지의 경우 유효 토층을 개량한다는 것은 매우 어렵다는 느낌이 든다. 따라서 비교적 경비가 적게 들고 시행이 가능한 방법으로서 수관(樹冠)하부의 중심에서 원형으로 구덩이를 깊게 하여, 여러 곳을 파는 방법이 있으며 이때는 깊이 40cm 내의 토층 개량에 중점을 두고 시행한다.

또 나무가 서있는 하부의 토양 표면을 전면으로 굴기하는 방법이 있는데, 현지 여건상 이의 시행이 어려운 경우에는 직경 30~50cm, 깊이 1m정도의 구덩이를 주위환경의 조건이 허락하는 한 많이 판 후 토양개량자재를 묻는 방법이 있다. 그렇게 하면 토양 중의 모관공극을 증가시켜 토양의 투수성·통기성을 개량하여 나무를 과습 장애로부터 보호할 수가 있다. 이 때의 개량자재는 다공질(多孔質) 자재로서 퍼라이트(pearlite), 버미큘라이트(vermiculite)와 퇴비(특히 목질계)를 2 : 1 ~ 1 : 1로 혼합하여 사용한다. 장기간의 지속성을 고려할 때 퇴비에 의한 개량이 가장 적합하다. 암거배수와 유효 토층의 개량은 동시에 시공하여야 효과가 크며, 어느 한 가지만 단독으로 시공하게 되면 그 효과는 그다지 기대할 수 없다.

## (3) 객토에 의한 토양 과습지 개량

신규로 조성한 조정지에서는 과습에 의한 피해목을 뽑아내고 그곳에 구덩이를 파고 객토를 갈아넣는 것만으로 충분한 것으로 생각하여 새로운 나무를 다시 심는 경우가 많다. 과습의 장애요인은 누차 말한 바대로 토층의 통기·투수성의 불량으로부터 유래되므로 식혈한 구덩이내의 토양만을 이·화학적성이 우수한 것으로 교체하는 것으로 배수 불량요인은 제거되지 않는다.

배수 불량지에 식혈을 하고 객토한 경우 객토한 자재의 공극량은 크므로 토양중의 가스교환은 용이하게 이루어질 수 있으나, 강우로 인하여 그 주위가 전체가 배수 불량한 과습 장애를 나타내는 지역이므로 일부분만

의 객토로서는 해결되지 않는다. 이는 곧 항아리 안에 나무를 심은 것과 같아 그 항아리가 수용할 수 있는 용수량 이상의 물이 있을 때는 뿌리의 호흡이 이루어지지 않는다는 것과 같은 뜻이 된다. 이러한 곳에서는 식혈 하부의 불투수층을 관통하여 배수관을 매설하고 물을 뽑아내는 작업과 동시에 객토작업이 이루어져야 큰 효과를 가져온다.

## 2. 토양 답압의 해와 그 대책

### 가. 답압에 의한 토양환경의 악화

공원이나 특수 조정지에서 하층 식생의 제거를 위한 청소작업은 이들 유기물을 먹이로 하여 살아가는 토양소동물이나 토양미생물의 서식환경을 파괴하게 되고 이와 함께 사람의 출입에 의한 답압은 토양을 견밀화하게 하여 통기·투수성을 악화시키는 물론이고 토양동물과 토양미생물의 서식 환경 파괴로 인하여 토양환경을 나무의 성장 조건에 맞지 않게 변화시키게 한다. 특히 답압에 의한 토양의 견밀화 경향은 표토 20cm 깊이까지 분명하게 인정되었다는 보고도 있다. 한편 자연토양에는 나엽층이 퇴적하여 임상 식생은 번무하며 토층은 연하다. 토층이 연하면 표층 4cm까지는 고상(固相)용적이 현저히 증가하여 조대(粗大) 공극은 월등히 적게되며, 최소 공기량이 적은 삼상 조성을 나타내는데 반하여 답압으로 토층이 견밀화 하면 정 반대의 증상을 띄게 된다.

### 나. 답압에 의한 나무의 피해

답압 등에 의하여 토양의 견밀화가 진행되고 있는 곳에서의 나무는 점차로 잎의 량이 줄어들고 생장 정체를 일으키게 된다. 더욱 견밀화가 계속하면 가지나 초단부가 시들어 눈에 띄이게 수목쇠퇴의 징후가 나타난다. 답압에 의한 견밀화 와 수목쇠퇴 정도는 건전한 나무를 1이라 하였을 때 쇠퇴도는 2~5를 나타낸다. 답압의 영향이 강하게 됨에 따라 불건전한 나무가 자연 증가하게 된다.

### 다. 관리와 그 대책

도시공원이나 녹지공간 조정지에는 그 곳을 구성하고 있는 수풀의 형태나 식생 형태에 따라 이용 빈도가 상당히 다르다. 토양의 견밀화 정도를 측정한 예를 분석한 결과 각 종 운동에 의한 잔디의 손상도와 토양 견밀도의 증가는 걷는 것 만으로의 손상도는 낮으나, 토양 견밀도의 증가는 높으며 그 다음으로 달리기, 뛰기,

공차기 순 이라는 보고가 있다.

이러한 곳에서의 관리로서는 서두에서와 같이 사람의 출입을 제한하는 휴식년제의 실시가 반듯이 이루어져야 할 것이며, 대책으로서는 토양개량인데 이에는 토양의 물리성 개량과 화학성 개량이 있다. 토양의 화학성 즉 영양분의 결핍이나, 염류의 농도 장애 등에는 문제가 없다고 보고, 물리성의 개량에 중점을 두어야 할 것이다. 대부분의 도시지역에서는 식물 - 토양생물 - 토양이라고 하는 일련의 물질순환계가 파괴되어 있어 유기물 시용을 기본으로 한 토양개량이 절실하게 필요하다. 이때의 물리성 개량 목표는 답압으로 인하여 견밀화된 토양의 통기성·투수성의 향상에 있으며, 개량 방법에는 토양 갈기에 의한 토양의 용적조성을 변화시키는 것이다. 이를 위하여는 일반적으로 수관 하부를 갈아서 퇴비나 토양개량 자재를 투입하여 토양과 잘 혼합 사용하는 방법이 있다. 답압을 배제 할 수 없는 장소에서는 어느 정도의 답압에도 견딜 수 있는 토양개량 방법을 생각하여야 할 것이다. 일본국에서 실시한 느티나무, 팽나무 식재지 토양에 대한 토양개량시험에서는 잎의 양분함유량이 수피(樹皮) 퇴비와 화학비료의 병용, 고분자계 토양개량자재와 시비 병용 구에서 효과가 있었다 고 하는 보고가 있다. 여하간에 토양의 개량 효과는 짧은 기간 내에 나타나기 어려우며 토양개량 자재로서는 다공질의 펄라이트(pearlite), 버미큘라이트(vermiculite), 목탄 분말이나 수피 퇴비 등 목질계 퇴비의 병용이 가장 효과적이다.

### 3. 염해와 그 대책

주위가 바다로 에워싼 지역에서 종전의 눈을 메우는 등의 소규모 간척사업 후 녹지로 전환한 곳이라든가, 임해 매립지 중에 바다와 연결하여 있는 조경지가 평탄한 지역에 분포하여 있을 경우는 폭풍우 등에 의한 바다물의 직접 침입, 혹은 상승적으로 바다물의 용출 또는 관수 할 때에 이용되는 물 속에 염분의 과다라든가, 바다 바람의 직접 피해 등등, 바다 물은 나무의 생장에 장애를 일으키고 있다. 염해는 염류(나트륨, 마그네슘, 석회)의 염화물, 탄산염, 유산염 등)과다로 기인하는 직접적인 생장 장애로서 그 주된 기작(機作)은 ① 토양 용액의 침투압 증가에 의한 나무뿌리의 수분 흡수 저해, ② 다량의 염분을 용존(溶存)하는 토양 용액으로부터 특수 이온(ion)의 이상 흡수에 기인한 영양과 대사의 저해이다. 또 간접적인 것으로서 토양과 해수층의 염분과의 반응, 특히 염기치환반응에 의하여 토

양의 성질과 그 자체가 변화하며 그 결과로 일어나는 생장 저해 작용이 있다. 그 대부분은 나트륨점토와 마그네슘점토의 생성에 기인하는 현상으로서 이들과 같은 종류의 점토가 많게되면 교환성 나트륨, 교환성마그네슘 과잉에 의한 영양대사의 저해, 그 위에 이들 점토에 의한 토양물리성의 악변으로 유래하는 생육장애가 일어난다. 일반작물의 경우 작토층에 염소(鹽素)가 0.04% 이상으로 되면 해가 있으며, 0.1%에 달하면 수일에 고사한다고 한다. 나무의 경우도 일반작물에 비하여 염소에 대한 내성이 강하리라 믿으나 유효 토심 내에 염소 성분의 과다 존재는 이롭지는 않을 것이다.

이들의 개량대책으로서 먼저 나무뿌리의 양·수분의 흡수 범위 내에서의 염분을 제거하는 것이 제일이다. 염분을 제거하는 방법에는 담수(湛水)제염법과 침투수(浸透水)제염법이 있으며, 어느 것이나 많은 양의 물을 필요로 한다. 전자는 흙덩이속의 염분을 담수중으로 확산 용출시킨 후 배수하여 염분을 제거하는 방법이며, 후자는 염분을 함유하고 있는 물이 배수됨과 함께 토양 속으로 침투한 염분을 함유한 물은 명·암거를 통하여 배제되어 하층의 제염이 촉진된다. 또 항상 해수가 침입하는 곳에서는 토목공사에 의하여 배수를 함으로서 제염하는 방법도 생각할 수 있으나 어느 방법이든 조경지에서의 실행은 무리가 따르리라 믿는다. 이러한 곳에서는 특히 내염성이 강한 나무를 조경수로 선발하여 식재하는 것도 한 방법이 될 수 있다. 그러기 위하여는 연결하고 있는 도서지방의 자생수종의 사례를 조사하여 조경수로서 가치가 높고 생존빈도가 높은 나무를 선발 할 필요가 있다.

염해지는 지하수위가 높고 더욱이 토양의 물리성이 열악하므로 투수성이 나쁘고 배수불량의 경우가 많으며, 관수에 의한 제염이 순조롭게 이루어지지 않는 경우가 많다. 이 경우에는 명·암거를 포함한 용·배수로 시설의 확립이 필요하다. 특히 간척지토양은 염분이 많아 약 염기성반응을 나타내기 때문에 염류토라 할 수 있다. 이런 토양의 개량은 산성비료인 유안, 과린산석회 등의 시용이 알카리의 중화에 효과가 있다. 그 위에 유기질비료로서 퇴비와 같은 것은 토양을 팽윤(膨潤)케 하며 수분의 증발을 조절하고, 만들어진 부식산은 알카리의 중화에 이바지하게 되므로 이또한 좋은 방법이 될 수 있음을 첨언하면서, 끝으로 임해매립지의 면적이 급증하고 있는 시대의 흐름에 맞게 제염방법에 대한 연구가 각 분야에서 이루어지길 간절히 소망한다.

**조경수**