

녹지 조경수목의 보호관리

강 전 유 / 나무종합병원 원장

토양의 공극 및 공기와 뿌리의 발근, 성장

뿌리가 발근되고 성장하는 것은 토양의 공기(산소) 및 온도와 밀접한 관계가 있다. 뿌리의 호흡작용, 효소작용 및 미생물의 활동, 뿌리 근균류의 작용도 토양 공기와 밀접한 관계가 있다. 수목은 일반적으로 뿌리가 깊으므로 공기유통이 불량하여 지표면의 세근과 같이 잘 발달되지 못하는 것이 일반적이다. 그러므로 지표면은 물론 지하부의 깊은 곳까지 세근의 발달을 유도하여 수목을 건전하게 육성하는 것이 중요하다. 또한 뿌리의 호흡작용과 유기물의 분해로 생성되는 일산화탄소를 지상위로 배출하고 산소의 공급을 원활하게 하기 위하여서는 토양속의 공기와 공기유통이 대단히 중요하다. 대형목을 식재하고 가급적 관수를 하지 못하도록 하는 것은 공기 부족현상이 일어나 발근 및 성장에 지장을 주지 않게 하기 위함이다.

이러한 토양공기는 토양공극과 상호 밀접한 관계가 있다. 토양의 입자와 입자 사이에는 공기가나 물로 채워질수 있는 틈이 있는데 이것을 토양공극이라고 한다. 토양공극은 소공극 즉 모세관공극과, 대공극 즉 비모세관 공극이 있다. 모세관

공극은 모세관 작용으로 물로 채워져 있고, 비모세관공극(대공극)은 공기로 채워져 있으며, 관수시나 강우시 물로 채워져 있다가 중력에 의하여 물이 지하수로 빠져 나가면 다시 공기로 채워지는 공극이다. 즉, 비모세관공극(대공극)이 공기가 차 있는 공극이며 동시에 산소를 공급하여 주는 공극이다.

그러므로 토양의 보수력과 보비력은 모세관공극(소공극)에 따라 좌우되고 토양공기는 비모세관공극(대공극)에 의하여 좌우된다. 뿌리의 발근과 생장이 토양공극에 따라 크게 영향을 받는것은 토양공기와의 밀접한 관계 때문이다. 일반적으로 토양수분량이 적당하고 비모세관 공극(대공극)이 많으면 뿌리 발근에 좋다. 반대로 토양이 치밀하면 소공극이 많아 토양 수분량은 좋은 반면, 대공극이 적어 산소 부족 현상으로 뿌리의 발근과 성장에 나쁘다.

그러므로 산소 공급을 원활하게 하기 위하여는 비모세관공극(대공극)이 크면 클수록 좋다. 우리가 껌꽂이(삼목)할 때 모래를 사용하여야 뿌리가 잘내리는 것은 수분보다 토양 공기가 중요한 역할을 하기 때문이다. 사질토와 사질양토는 점질 토양 보다 공극량은 적으나 비모세관공극(대공극)

이 많아 공기유통이 양호하여 산소공급이 용이하다. 그러므로 수종의 특성에 따라 비모세관공극과 모세관 공극이 균형 있게 맞아 공기의 양과 수분의 양이 균형을 유지하므로써 생육과 발근에 좋은 조건을 주게 된다.

산림수와 다르게 조경수의 경우 인위적으로 수분을 공급할 수 있으나 공기유통은 인위적으로 조절하기가 어렵고 조절하기 위하여 토양을 개량하여야 하므로 경제적 손실과 작업이 간단하지 않다. 그러므로 식재시 공기유통에 유의하여 비모세관공극(대공극)이 많도록 하여 주어야 한다. 점토질 토양이 사질양토보다 수목생장에 나쁜 이유는 사질토양이나 사질양토 보다 공극량은 많으나 거의 소공극(모세관공극)으로 공기유통이 불량하여 산소부족으로 뿌리의 발달 성장과 기타 생리기능에 지장을 주기 때문이다.

또한 과습하거나 지하수가 높은 토양은 토양공극에 수분이 차있어 공기유통이 불량하므로 산소 결핍현상이 일어나 생장에 지장을 주고 뿌리가 고사·부패되는 원인이 된다. 비옥한 토양은 공

극량이 57%~67%이며, 이중 기상공극량(대공극량, 대공극)은 32%~35%라는 조사 결과가 나타나고 있다. 수목은 하층토의 기상공극량이 지하 60cm 경우 22%, 80cm 경우 10%로 급격히 저하되어 있어 뿌리의 발근이나 생장에 큰 지장을 주므로 노거수와 같은 대형목을 심거나 뿌리가 쇠약하여 뿌리를 절단할 때에는 지하 1m 이하의 경우 토양의 공극을 극대화하여 공기유통이 양호하도록 하여 주므로써 발근 및 생장이 원활하도록 해 주어야 한다. 즉 자갈이나 조사를 넣어주고 PVC관을 수직으로 세워 공기유통이 양호하도록 해주는 것이 좋다. 이렇게 하므로써 지하 1m에 공기 유통이 양호하여 산소를 충분히 공급할 수가 있다. 대기 중에는 산소가 20.93%, 이산화탄소가 0.03%이며, 토양공기는 산소가 10.21%, 이산화탄소 0.1~1.0%라는 조사 결과가 나와 있다. 지표 30cm 이내에는 산소가 18%, 이산화탄소가 2%, 지하 60cm 들어가면 이산화탄소가 3.8%, 산소가 11.8%로서 이산화탄소는 2배로 증가하고 산소는 1.7배로 감소한다. 그러므로 토양속의 산소공급을 위하여 토양의 공



공기 유통을 위한
복토제거
(정미품 소나무)

극이 대단히 중요하다.

산소농도와 발근관계를 보면 뽕나무의 경우 산소농도 2%인 경우 발근수가 18개, 5%인 경우 76개, 10%인 경우 128개, 20%인 경우 100개로 조사 보고된 것도 있다. 저산소 농도에 약한 소나무, 낙엽송, 편백등은 산소 농도가 4mg/l일때 생장이 저해되며, 저산소 농도에 강한 삼나무도 1~1.5 mg/l일때 생장의 저해를 가져 왔다는 보고가 있다. 그러므로 소나무, 낙엽송, 편백, 녹나무, 오동나무의 호기성 특성을 가진 수종의 발근 및 생장은 통기 및 수분의 조건에 주의하여야 한다.

토양중의 산소농도와 뽕나무의 생장

산 소 농 도	전체가지의길이	착엽수	발근수	총 근 장
2%	44	74	18	4
5%	104	93	76	84
10%	101	109	128	108
20%	100	100	100	100

삼나무의 근의 생장 및 발근

처 리	용존 산소	세 장 근 수	1보당길이	
N ₂ 구	1~1.5	18~28	36	0.6~0.8
O ₂ 구	6~7	255~290	120~168	2.0~2.5
대조구	4~5	150~200	78	2.0~2.5

(산소가스와 질소가스를 통기)



복토에 의한 공기유통 방해(정이품 소나무)



뿌리의 공기유통 개선(파이프 설치)



뿌리의 공기유통 개선(자갈 채우기)



도로변 수목의 공기유통장치(수원노송)

토양의 온도와 뿌리의 발근 및 생장

뿌리의 수분흡수, 생장, 발근, 미생물 활동은 토양의 온도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 온도가 낮으면 뿌리의 생리적 활동에 지장을 주고, 온도가 높으면 흡수, 생장, 발근, 미생물 활동에 활발하다. 그러나 지나치게 높아 40°C 이상이면 생리적 활동이 저해된다. 토양의 온도는 태양광선에 의하여 조절되는 것이므로 이를 충분히 이용하여 토양온도를 높이는 방법을 활용하여야 한다. 토양의 온도 상승은 온도의 비열, 열전도, 토양의 빛깔, 토양의 공극량, 토양의 습도, 피복토, 경사도, 방향에 의하여 좌우된다. 수목에 있어서는 일반작물과 달리 지하 깊이까지 발근되어 있으므로 지하속의 온도를 높여 주므로써 기존 수목의 뿌리 생리 증진을 촉진시키고 있으며, 대형목을 이식할 경우 토양 깊숙히 새로운 뿌리의 발근도 유도시킬 수 있다.

그러므로 지표 온도를 지하까지 충분히 전도되게 하기 위하여 제일 중요한 것이 토양의 습기와 토양 내 공기이다. 토양의 구성은 공기, 습기, 무기물, 유기물이다. 이들 구성 물질중 비열을 보면 공기가 0.0003이고, 무기성분은 0.2, 유기성분은 0.4, 수분은 1이므로써 이중 공기는 0과 같다고 보아야 한다. 그러므로 토양공기가 많을수록 비열은 낮아 토양온도는 높아지고 열 전도도 좋다. 열 전도는 공기, 무기성분, 유기성분, 물 순서이다. 사토에 있어서 건조할 때에는 비열이 0.302이었으나, 50% 포화일때 0.5%, 포화일때는 0.71%인 것을 보아도 토양온도는 건조할수록 높게 됨을 알 수가 있다. 또한 토양 열전도에 있어서도 세사토의 경우 건조할 때에는 0.00046이나 물로 포화될때에는 0.039인 것으로 보아도 열전도에 있어 수분이 많으면 지장을 받는 것을 알 수가 있다. 그러므로 토양속의 온도 상승을 위하여는 습기를 가급적 적게하고 공기유통이 양호하도록 하여 주는 것이 좋다.

토양의 온도 상승은 토양의 색깔과도 관계가 있다. 열흡수율을 보면 흑색, 남색, 적색, 녹색, 청색,

백색의 순서이므로 가급적이면 표토의 흙을 흑색으로 하는 것이 좋다. 태양광선의 단위면적당 수열량을 보면 광선이 지표면에 수직으로 투시될 때 가장 많이 받고, 경사지게 투시될 때 적게 받는다. 그러므로 나무를 심을 때에는 높게 심을수록 태양광선이 지표면보다 수직으로 투시되어 온도가 높아지며 배수가 잘되어 공기 유통이 양호하여 산소공급이 좋으므로 온도와 산소에 의하여 발근 및 생장에 좋은 조건을 주게 된다. 높게 심을 수 없는 경우와 기존나무의 뿌리가 부패되어 생장이 나쁠 경우에는 나무를 심은 후 또는 뿌리를 절단한 후 나무 주위를 넓게, 깊게 원형으로 파 놓으면 태양광선이 수직으로 투시되어 온도가 상승되고 배수에 의한 공기유통으로 발근 및 생장에 좋은 조건을 주게 된다. 계절적인 차이는 있으나 경사도 30°~60° 사이이면 단위 면적당 수열량이 많아 최고 온도를 유지시킬 수 있다.

테다소나무의 경우 토양온도가 25°C~30°C 일때 뿌리의 생장이 가장 좋았고 15°C인 경우 절반으로 줄고, 35°C 이상일때 중지되었다는 보고가 있다. 소나무의 경우 발근에, 있어 30°C~35°C 일때 발근수가 최대에 이르고 20~30°C 일때 1/4로 감소하였고 15°C와 40°C일때 전혀 발근되지 아니 하였다는 보고가 있다. 그러므로 뿌리기능 회복을 위하여 뿌리 부근의 토양온도를 높여 주어야 한다. 일반적으로 표토는 높으나 지하 20cm 이하에는 표토와 상당한 차이가 있으므로 토양 열전도를 위하여 앞에서 말한 수분 및 토양공기에 유의하여야 한다.

토양수분과 발근 및 생장과의 관계

토양의 수분은 모세관현상에 의하여 지하수로부터 토양으로 이동하고 관수나 강우로 인하여 보충하기도 한다. 토양속의 수분은 토양입자의 물 분자에 의한 흡인력으로 고체와 액체의 얇은 층으로 간직되어 있고 물분자의 상호간 인력(표면장력)에 의하여 두꺼운 층을 이루고 있으며 모세

관공극(소공극)까지 물로 채워진다. 그러나 비모세관공극(대공극)은 주로 물로 채워지지 않고 공기로 채워져 있다. 그러므로 모세관공극이 많으면 수분이 많고 비모세관공극이 많으면 토양의 수분 함량은 적어진다. 뿌리는 모세관 공극에 채워져 있는 수분을 흡수한다.

그러나 현재 연구된 뿌리의 물 흡수를 보면 뿌리가 모세관수의 이동으로 보충되는 수분을 흡수하기 보다 뿌리의 생장으로 인하여 모세관수가 있는 곳으로 발달하여 흡수하는 것이 더 많다는 연구결과가 나와있다. 즉 근계의 발달이 더욱 흡수에 관여한다는 것이며 근계의 발달이 흡수능력을 증대시킨다는 것이다. 또한 뿌리의 신장발달이 수분의 모세관 이동보다 빠르다는 것이다. 토양의 수분은 결합수, 흡수수, 모세관수, 중력수, 지하수로 나누어지며 이중 모세관수가 식물에 이용되고 나머지는 식물에 이용되지 않는다.

그러나 토양의 수분 중에 중요한 것은 중력수이다. 중력수는 비가 오거나 관수할때 모세관공극(소공극)을 채우고 남은 물이 토양입자 사이의 비모세관공극(대공극)에 채워지는 수분으로 중력에 의하여 흘러 내리는 물을 말한다. 그러므로 만약 토양속의 비모세관에 물이 많이 있다하여도 식물 수분공급에 전혀 영양을 주지 못하고 오히려 비모세관공극의 공기를 추출하는 결과가 되어 식물에 피해를 주게 된다. 또한 토양의 온도를 하강시켜 발근이나 생장에 지장을 준다. 즉 중력수는 토양공기의 결핍, 토양온도의 하강을 조장하여 식물의 뿌리 생리작용에 지장을 주는 결과가 된다.

일반적으로 뿌리가 지표면에 가까이 있는 일반작물이나 화초류에 있어 수분을 공급하지 않아도 충분히 성장하는 것으로 보아 뿌리가 깊은 조경수나 대경목인 경우 모세관수의 수분 결핍으로 건조의 피해를 받을 우려는 없는 것이다. 그러므로 뿌리의 생장과 발근을 위하여는 가급적 관수를 하지 않는 것이 좋다. 자연상태에서 식물의 수분은 그렇게 큰 문제가 안되며, 자연 보충되기 쉬우나

토양공기의 경우는 토양공극의 조건에 따라 상당한 차이가 있으므로 이점에 유의하여야 한다. 흡수에 의하여 토양이 물에 잠겼을때 빠른 시간내에 물을 빼지 않으면 나무는 고사하나 건조에 의하여 고사되는 경우는 거의 드물다.

건조에 의하여 수목이 고사되었을 경우 일반작물, 잔디, 관목 등의 식물이 고사된 후에 고사될 것이다. 대형목을 이식한 후 잘 생육하다가 장마가 지난후 7일~10일 경에 갑자기 고사되는 것은 토양의 공기 부족에 의하여 일어나게 되는 것이다. 그러므로 수목을 이식한 토양이 점질토양인 경우나 배수가 불량한 토양인 경우는 장마기간 동안 토양에 빗물이 들어가게 하지 않는 장치를 하여 주면 발근 생장에 큰 도움을 줄 수가 있다. 또한 지나친 관수는 발근과 생장에 지장을 준다. 수목을 식재하고 토양에 비음장치를 하기 위하여 거적, 이영을 덮어 주는 것을 종종 보는데, 이는 토양수분의 증발과 온도를 저하시키는 목적으로 시행하고 있다고 하나 이는 절대로 잘못된 것이다. 오히려 토양의 과습, 온도 저하, 공기유통 방해로 뿌리 발달 발근에 지장을 주므로 절대 금물이다.

토양의 경도와 뿌리의 생장 관계

토양의 입경조성, 공극량, 용적량, 토양분이 종합되어 외력에 의한 토양의 저항을 말한다. 일반적으로 경도가 심한 토양은 토양의 물리적 저항을 받아 식물의 뿌리가 성장하여 뻗어 나갈수가 없어 생리적 피해를 받아 생육 발근이 불량하다. 또한 경도가 심한 토양은 대공극이 감소되고 소공극만 남게되어 공기유통이 불량하여 산소 공급이 감소되며 뿌리의 생장발근에 지장을 주고 미생물활동과 무기양료공급에 지장을 주어 생육이 저해되고 심하면 수세가 쇠약하여지는 원인이 된다. 또한 수분의 증발이 심하여 수분 부족 현상도 일어난다. 토양경도가 심한 토양은 수분의 증발이 빠르는데 이는 뿌리의 발달지연과 모세관수의 이동에 의한

수분공급이 지연되기 때문이다. 토양경도와 토양의 3상을 보면, 지표경도 10mm의 경우 고상 51%, 액상 21%, 기상 28%이며 지표경도 15mm인 경우는 고상 55%, 액상 22%, 기상 23%로 구성된다. 식물의 뿌리 생리작용에 적당한 3상 용적비율은 평균 고상 50%, 액상 25%~30%, 기상 20%~30%가 적당하므로 경도측정기로 10mm를 초과하지 않는 토양이 식물의 뿌리 발근 생장에 좋다고 볼 수가 있다. 일반적으로 사람이 많이 모이거나, 길, 공원, 등산로, 휴양지, 관광지 등의 수목은 토양 경도가 심하여 뿌리 발근 생장에 지장을 받으므로 이러한 경우에는 토양을 사질 또는 사질양토로 바꾸어 토양경도가 심해지지 않도록 함이 유리하며 지표 속에 자갈과 사토 또는 사양토를 혼합하여 처리하므로써 토양경도를 심화되지 않도록 하여야 한다.

토양의 입단구조와 식물생장과의 관계

수목의 뿌리발달이나 발근은 토양공기, 온도, 습도와 밀접한 관계를 가지고 있으므로 이들 조건을 충분히 좋게 하기 위하여는 토양의 입단구조가 가장 좋다. 일반적으로 토양의 구조는 토양의 입자들이 모여있는 상태를 말한다. 일반 작물의 경우 표토를 많이 이용하고 하층토에는 큰 영향을 안 받으나 수목의 경우는 하층토의 영향을 크게 받고 있다. 그러므로 하층토의 토양구조를 개선하므로써 수목의 뿌리기능을 활성화할 수 있다.

토양의 구조를 보면 단립구조와 이상구조, 입단구조로 나눌 수가 있다. 단립구조는 해변이나 사구지에서와 같이 큰입자가 무구조인 단일상태로 집합되어 있는 구조이며, 이상구조는 미세한 입자가 무구조인 단일상태로 집합되어 있는 구조이나 건조하면 각 입자가 서로 결합하여 부정형의 흩덩어리를 형성하는 것으로 단립구조와 다르다. 과습한 점질토양에서 볼 수 있다. 식물 뿌리에 가장 적합한 구조인 입단구조는 단일입자가 집합하여

2차 입자가 되고 다시 3차, 4차입자 등으로 집합하여 입단을 구성하는 것을 말한다. 토양의 3가지 구조중 입단구조가 되면 입단내의 소공극과 입단 사이의 대공극이 조화를 이루어 뿌리의 생리작용에 좋은 조건을 준다. 장마나 관수시에도 소공극에 물이 차고 대공극은 배수가 용이하여 공기로 차게 되어 과습을 피할수가 있으며, 지하수가 높다 하여도 비교적 대공극으로 인하여 수분의 피해를 방지할수가 있다. 또한 입단의 발달은 토양을 비옥하게 하고 수분과 양분의 보수력이 좋고, 토양 통기도 잘 되어 빗물의 이용도 좋고 배수가 용이하여 미생물 활동이 좋아지고 유기물 분해도 촉진되므로써 수목의 생육발근에 극히 적당하다. 입단은 부식과 석회화 많고 토양입자가 비교적 미세할때 형성되므로 입단을 구성하기 위하여는 미사와 유기물, 석회를 사용하므로써 입단 구조의 토양을 조성할 수가 있다. 입단의 크기를 0.5mm인 경우 모세관공극(물이 차 있는 부분)이 44.8%, 비모세관공극(공기가 차 있는 부분)이 2.01%로서 전체 공극량의 47.5%가 되고 입단의 크기가 3.0mm~5.0mm 경우 모세관공극량이 23.9%, 비모세관공극량이 38.7%로서 전체의 공극량이 62.6%라는 시험 결과가 나와 있다. 그러므로 입단의 크기를 크게 하는것이 식물의 뿌리 생리에 좋다고 볼 수가 있다. 입단 구조의 토양을 만들려면 사양토, 양토, 식양토에 미숙퇴비 20~30%와 석회를 5~10%로 혼합하여 장기간 쌓아 놓으면 유기물을 무기물화하는 곰팡이의 균사나 세균의 폴리우로니 등이 토양을 입단화 한다. 이렇게 조성된 토양을 노거수나 대형목 이식후 뿌리에 넣어 주면 공기의 유통 및 수분과 영양의 보수력에 의하여 뿌리 발근 생장에 좋은 조건을 주게 된다.★