

# 녹지 조경수목의 보호관리 (XII)

## (토양의 산성화)

강 전 유 / 나무 종합 병원 원장

### 공해에 의한 토양의 산성화

최근 대기오염에 의한 아황산가스와 산성비의 영향으로 토양이 산성화되고 있다. 특히 공단지역 도심지역의 산림토양이나 조경수가 식재되어 있는 토양의 산성화는 가속화 되어 가고 있다.

1985년과 1986년 2년동안 토

양산도를 조사한것을 보면 평균 토양산도가 서울의 경우 PH4.6, 여천이 PH4.8, 울산이 PH5.0, 평창이 PH6.3으로 서울이 가장 낮았고 평창이 가장 높아 정상치를 나타내고있다. 서울지역의 토심별 침엽수림의 토양산도를 조사한것을 보면 표 1과 같다.

표1에서 보면 토양산도는 표토 뿐만아니라 토심까지 낮아지

는 경향이 있으며 수목의 세근이 가장많이 분포되어 있는 20~30cm 까지도 강산성화 되어 가고있다. 남산지역(도심지역)은 평균산도가 낮아지는 경향이 있고 외각지역(청량리, 상계동)은 산도가 높아지는 경향이 있다. 이는 도심지역은 차량의 집중화 고층건물의 밀집화로 아황산가스의 피해가 더욱 심하게 나타나기 때문 이라고 보아야 하겠다. 1986년도 남산 PH4.4, 청량리가 PH4.5, 상계동이 PH5.1로 나타났으나 1993년도 토양산도는 더욱 낮아진 것으로 추정된다. 이는 1993년도 2월, 3월의 산성비의 산도를보면 송파구 방이동과 도봉구 쌍문동은 PH3.5, 용산구 한남동 PH3.9, 동대문구 면목동 PH3.9, 구로구 구로동 PH4.3, 은평구 불광동이 PH4.2로 산성우의

표1. 서울지역별 토심별 침엽수림 토양산도

지 역	토 양 층 위	토 심 (cm)	토 양 PH		비 고
			85년	86년	
남 산	A	0~15	4.5	4.4	소나무림
	B	15~25	4.6	4.5	
	C	25~	4.6	4.5	
청량리	A	0~10	4.0	4.5	소나무림
	B	10~50	4.6	4.7	
상계동	A	0~5	4.3	5.1	소나무 및 리기다 소나무림
	B	5~50	4.7	5.2	



1989년 공해피해와 병충해피해로인한 수세쇠약 (남산공원)



1989년도 공해 및 병충해 피해 (남산공원)

산도가 낮아진 것으로 보아 토양의 산성도도 낮아진것으로 추정되기 때문이다.

특히 대형목(천연기념물, 보호수)와 도시근교 녹지지역 도심지의 공원, 정원등의 토양산도는 더욱 낮은 토양산도를 나타내고 있다. 이는 아황산가스의 집중화로 나무의 수간이나 수관의 가지등에 아황산가스의 퇴적물이 묻어 있다가 빗물에 녹아 수간을 통하여 수관내의 토양에 스며들어오기 때문이다. 수소이온을 생산하는 것으로 알려진 수피의 산도는 서울이 PH4.2, 울산이 PH4.2, 강원도가 PH4.7로서 서울이 가장 낮았으며 수종별로 보면 침엽수가 PH4.1, 활엽수가 PH4.6으로 침엽수가 활엽수 보다 낮았다.

지역별로 보면 서울지역의 침엽수가 PH3.7로 가장낮았고 강원도의 활엽수가 PH4.8로



1989년도 공해 및 병충해피해 (남산공원)



1992년도 공해피해 (서울)

가장높았다. (과학기술처 연구소조사보고) 이와같은 조사로보아 공해의 피해가 개선되지 않는한 토양의 산도는 더욱 낮아질것이고, 특히 나무 주위의 토양산도는 더욱 낮아져서 뿌리의 흡수기능에 지장을주어 수세쇠약에 큰 원인이 될것이다. 특히 천연기념물, 지방기념물, 보호수 대형조경수등은 수간이 굵고 수관폭이 넓어 공해물질이 묻어 있어 가지나 줄기를타고 내려오는 빗물은 강산성으로 추정되며 이와같은 현상이 매년 누적되어 토양이 강산성화 되어가므로서 수세쇠약의 원인이 될것이다.

### 토양 산성으로 인한 수목피해

식물체는 물(H<sub>2</sub>O)과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 무기양료로 구성되어 있는데, 물과 무기양료는 뿌리에서 흡수하고 이산화탄소는 대기중에서 호흡작용으로 흡수한다. 토양이 산성화가 되면 이들 무기양료 질소(N), 인(P), 칼리(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 황(S), 철(Fe)등 다량원소의 흡수에 지장을 받아 녹색식물은 정상적인 발육을 할 수가 없다. 줄기의 아래쪽에 착생하는 오래된 잎에서 결핍증상이

나타나는 것은 질소, 인산, 칼리, 마그네슘의 부족이고 줄기의 선단에 가까운 어린잎에서 먼저 결핍증상이 나타나는 것은 칼슘, 유황, 철, 붕소망간, 구리, 아연등의 결핍증상이다. 토양이 산성화되어 질소, 인산, 칼리, 마그네슘이 결핍되면 오래된 잎에서 이들 원소가 새로운 잎으로 이동되어 구엽에 결핍증상이 나타나는 것이고, 구엽에 결핍증상이 나타나지 않더라도 새로운 잎에 결핍증상이 나타나는 것은 구엽에서 이동이 곤란하고 토양이 산성화 되므로 뿌리에서 흡수가 되지않는 칼슘, 철, 유황, 붕소등의 원소가 결핍증상을 나타내기 때문이다.

토양이 산성화되어 나타나는 무기양료의 결핍원소는 특히 질소, 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘으로서 이중 칼슘과 마그네슘은 그 피해가 크게 나타나고 있다.

지상부에서는 아황산가스와 산성우의 피해가 발생하고 지하부에서는 토양의 산성화로 도시



1992년도 공해피해 (서울)

근교의 녹지조경수목은 대수난을 당하고 있다. 이로 인하여 수세가 쇠약하여 합병증에 의한 각종 병충해가 나타나 더욱더 큰 시련을 당하고 있다.

최근 조경수목의 각종 병충해가 많이 발생하는 원인에 하나가 바로 이와같이 녹지조경수목이 쇠약하기 때문이다.

천연기념물, 지방기념물, 지정보호수 대경목등은 수관이 넓고 가지가 많으며 수간의 표면적이 넓어 수간에 흘러 내려오는 빗물은 매우 강한 산성이 되므로 토양을 PH4이하로 낮게 하는 주원인이 될 것이며 이로 인하여 무기양료의 흡수를 저해하여 수세를 쇠약하게 만들기도 한다. 대형목 수관하의 토양산도는 소형목 수관하의 산도와



서울시 가로수 무기양료 결핍피해

인근지역의 산도 보다는 낮게 나타나며 소형목 보다 대형목의 수세에 큰 영향을 미칠 것이다. 또한 대기오염이 심한 지역의 토양에는 유황, 구리, 아연 농도가 높아 미량원소로서의 수치를 초과하여 식물에 과다한 흡수로 피해를 주고 있다. 토양의 산성화 과정에서 점토광물인 알미늄이 나와 뿌리의 생리작용에 지장을 준다는 보고가 나와있고 독일 산림의 피해가 알미늄이라

표2. 서울 남산과 강원도 평창침엽수의 이화학적 특징

	토 심	( G P P M )			치환성염기(ml / 100g)				( P P M )			
		PH	N	P205	K	Ca	Mg	Ng	S	Al	Zn	Cu
남	0~15	4.4	0.086	45	0.11	0.5	0.1	0.09	160	420	32.9	39.0
산	15~25	4.5	0.045	2	0.16	0.5	0.1	0.10	160	380	27.4	13.7
평	0~15	5.6	0.165	24	0.09	3.1	0.6	0.14	340	260	4.8	0.8
창	15~50	5.9	0.176	14	0.08	2.4	0.2	0.09	200	440	2.1	1.2

1987년 과학 기술처 연구보고



도시지역의 소나무 수간주위 산도측정



도시지역 정원수 토양산도측정

는 보고가 연구 결과로 밝혀졌다.

우리나라의 토양중 평균 활성 알미늄 농도를 조사한 것을 보면 강원도가 294ppm, 서울이 339ppm, 울산이 402ppm, 여천이 500ppm으로 나타나 있어 도심지역이나 공단지역의 산림 수종이나 조경수종에 피해가 예상된다. 서울의 남산과 강원도의 평창지역 소나무림의 토양에서 이화학적 특성을 보면 표2와 같다.

표2에서 보면 남산은 토양산도가 PH4.4로서 극도의 강산성인데 비해 평창은 PH5.6인 약산성으로 나타나고 있다.

그러므로 남산의 소나무림을 평창의 소나무림과 같이 울창한 소나무림으로 만들기 위하여는 산도를 PH5.5이상으로 높여야 한다. 또한 도심지역 소나무의 조경수목도 정확한 산도를 측정

하여 PH5.5이상으로 높여 주어야 조경수목으로서 생장이 원활하게 될 것이다. 또한 천연기념물, 지방기념물, 보호수 대형목 수관하의 토양도 PH5.5이상으로 높여 주어야 될 것이다.

칼슘( $Ca^{++}$ )의 경우는 남산이 0.5ml이고 평창이 3.1ml로서 남산이 평창보다 6배나 적고 마그네슘( $Mg^{++}$ )의 경우도 서울이 0.1ml, 평창이 0.6ml로서 서울이 6배나 적다. 그러므로 칼슘이나 마그네슘을 상당량 토양에 처리하여 주어야 한다. 소나무 조경수목도 마찬가지로 처리하여 주어야 한다.

유황은 남산이 평창의 2배, 알미늄은 1.5배, 아연은 8배, 구리는 50배로서 중금속은 단연 남산이 많았다. 현재 남산은 PH가 4에 가까우므로, 철, 구리, 아연이 잘 흡수되어 피해를 받을 우려가 많다.

중금속은 산성토양에서는 잘 흡수되고 중성토양에서는 흡수되지 않으므로 토양을 중성화가 가깝게 함으로써 이들 피해를 감소시키도록 한다. 도심지에 있는 조경수목은 매연, 분진 등으로 중금속의 함량이 남산보다도 더 많을 것이므로 그피해도 더 심할 것이다. 남산의 극도 강산성(PH4.0~4.5)지역과 광릉의 약산성(PH5.5~6.0)지역의 수목의 성장관계를 비교하여 보면 다음과 같다.

토성은 남산과 광릉이 같은 사질양토이고 유기물은 남산이 4.78%, 광릉이 2.64%, 전질소는 남산이 0.18%, 광릉이 0.15%, 유효인산은 남산이 38.01ppm, 광릉이 28.86ppm으로 유기물 전질소 유효인산은 남산이 월등히 높아 지역으로 보아서는 남산이 단연 우세하다. 산도는 남산이 극도의 강산

표3. 신초 및 평균홍고 단면적 성장량 비교

구 분	수 종 Species 지 역	잣 나 무 P. koraiensis		젓 나 무 A. holohylla		졸 참 나 무 Q. serrata		버 줍 나 무 P. occidentalis	
		남 산	광 능	남 산	광 능	남 산	광 능	남 산	광 능
신 초 Branch tip (cm)		8.7	15.8	5.0	11.0	9.7	14.8	25.2	27.0
평균홍고단면적(cm <sup>2</sup> ) Average basalarea		5.4	9.8	4.8	7.2	7.7	5.1	11.6	15.0

임업연구원 연구보고 (1983)

표4. 잎의 성장량 비교

구 분	수 종 지 역	잣 나 무		젓 나 무		졸 참 나 무		버 줍 나 무	
		남 산	광 능	남 산	광 능	남 산	광 능	남 산	광 능
무 계(100 leaves)		20.1	24.4	1.4	1.7	44.1	36.8	184.1	309.8
길 이( cm )		9.1	10.4	2.6	3.0	7.6	6.8	15.1	16.4

성(PH4.5)이고 광릉이 약산성(PH5.6)이며 무기양료인 칼륨(K)은 남산이 0.15ml, 광릉이 0.34ml, 칼슘(Ca<sup>++</sup>)은 남산이 0.26ml, 광릉이 0.63ml, 마그네슘(Mg<sup>++</sup>)은 남산이 0.26ml, 광릉이 0.44ml로서 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 광릉이 2배이상 높다.

이러한 상태에서 신초, 홍고 단면적, 성장량을 비교하여 조사한 것이 표3,4와 같다.

표3에서 보면 신초 성장에 있어 잣나무, 잣나무, 졸참나무는 광릉이 단연 2배 가까이 우세한 것을 알 수 있으며 표4에 있어 침엽수인 잣나무, 잣나무는 잎의 무게 및 길이에 있어 단연 우세하다.

이와같은 연구결과를 보아도 토양의 산도와 칼슘, 마그네슘, 칼리가 질소인산 유기물 양이온 치환용량 보다 수목 성장에 중요하다라는 것을 알 수가 있다.

### 산성 토양의 조경수목의 수세회복

표2에서 보는 바와같이 남산과 평창의 토양상태를 비교로 하여 남산의 수목들을 건전하게 육성 하기 위하여는 인위적으로 토양의 산성도를 PH5.6이상으로 개선하고 질소, 칼리, 칼슘, 마그네슘, 유황을 공급하여야 할것이다. 특히 마그네슘과 칼슘의 부족현상은 산성토양에서 수목에 가장 피해를 많이 준다.

남산토양이 평창토양보다 마그네슘 농도가 6배가 적은것은 당연한 것으로서 왜냐하면 산성토양은 치환성 염기의 함량이 적으며 일반적으로 산성토양 조건하에서는 흡수가 억제되기 때문에 마그네슘이 결핍되기 쉽다. 도심지의 조경수나 가로수 중 특히 활엽수에서 마그네슘 결핍현상을 자주 볼 수가 있다. 마그네슘과 인산은 서로 밀접한 관계가 있기 때문에 산성토양에서는 마그네슘 함량이 적으므로 인산을 주면 마그네슘 결핍현상이 더욱 조장된다.

그러므로 마그네슘을 사용한 후에 인산을 사용하면 효과적이다. 석회와 유기물을 많이 주어 토양산도와 토양구조를 개선하



토양에 퇴비와 석회처리 (인천)



토양에 석회처리 (서울 방어동)

는 것이 산성토양 개량의 근본 대책이다. 석회를 주어도 산도는 개량되지만 유기물과 함께 주는 것이 석회의 지중 침투성을 높여서 석회의 중화효과를 깊은 토층까지 미치게 할 수 있다.

그러나 산림에서는 유기물을 같이 주는 것이 불가능하고 어느 정도까지 유기물은 있으므로 석회만 주어도 좋으나 조경수목이나 도심지의 대경목에는 유기물과 반드시 석회를 함께 주어 토양구조를 개량하는 것이 좋다. 아황산가스나 산성우는 토양속의 유황을 증대시키며 유황이 산화상태에서는 황산이 되어 토양을 산성화하고 환원상태에서는 황 또는 황화수소가 된다. 황화수소는 그 농도가 높아지면 뿌리에 침해하여 인, 칼슘, 암모니아, 마그네슘, 망간 및 수분의 흡수를 심히 저해한다.

이와 같은 토양에는 철분을 가하여 황화수소가 황화철로 변해

침전되게 하여 피해를 경감시켜야 한다. 남산 토양의 유황 함유량이 평창의 2배에 달하는 것으로 보아 조경수목이나 보호수 등 대경목의 토양에도 상당량 함유되어 있을 것으로 사료되므로 철분의 토양 주입도 고려하여야 한다.

도심지에 식재되어 있는 조경수목과 천연기념물, 지방기념물, 지정보호수 등에 복합비료를 시비하여도 효과가 나타나지 않는 이유는 토양의 산도와 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 토양산도는 중성(PH7)과 약산성(PH6)에서 토양의 가급도가 가장 높으며 강산성(PH5.0~5.5)이 되면 인산, 칼슘, 마그네슘, 붕소, 몰리브덴의 가급도가 감소되어 수목 생장에 불리하다. 토양의 산도가 극도의 강산성(PH4.0~4.5)이 되면 질소, 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘의 흡수가 거의 중지되며 철, 망간, 아연의 흡수는 크게 증가

된다.

식물이 가장 필요로 하는 질소의 경우 토양에서의 흡수형태는 질산태질소( $\text{NO}_3^-$ )와 암모니아태질소( $\text{NH}_3$ )이지만 대부분의 식물은 질산태로 흡수되어 체내에서 암모니아태로 되고 다시 아미노산이나 단백질로 변화된다.

일반적으로 산도가 중성일때 암모니아태의 흡수가 잘되고 산도가 낮을 때에는 질산태의 흡수가 증가한다. 특히 우리나라의 경우 요소를 많이 사용하는데 요소는 땅속에 들어가 미생물의 작용을 받아 탄산암모니아  $[(\text{NH}_3) \text{CO}_3]$ 로 변화하여 토양에 흡착되고 암모니아태로 흡수되어 식물에 이용된다. 그러나 토양이 강산성인 경우 요소가 탄산암모니아태로 변하지 않고 그대로 손실되기 쉽다. 그러므로 도심지역의 대경목이나 조경수목은 공해로 인하여 토양이 심한 강산성(PH4.5~5.0) 또

는 극도의 강산성(PH4.0~4.5)으로서 요소를 시비하여도 효과가 없으므로 질산태질소를 시비하여야한다. 수세가 쇠약한 도심지의 대경목 : 조경목은 치료 차원에서 질산태 무기양료인 질산칼리(KNO<sub>3</sub>), 질산칼슘(Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)를 시비하거나 관수하므로서 흡수가 빠르고 수세회복에 좋은 효과가 있다. 질산칼리, 질산칼슘을 처리하면 질소는 물론 칼리와 칼슘의 공급도 병행하게 되어 이중의 효과를 나타낼 수 있다.

인산의 경우 과석[Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]과 중과석[Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]은 대부분이 수용성이며 속효성이고 작물에 잘 흡수되나 산성 토양의 경우 철·알루미늄과 작용하여 불용화 되어 토양에 고정되기 때문에 흡수율이 극히 적고 인산철[Fe(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]과 인산알루미늄[Al(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]이 된다.

그러므로 인산의 경우도 토양이 강산성인 경우 과석이나 중과석을 시비하지 말고 제일인산칼리(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)를 시비 또는 주주하므로서 인산과 칼리의 효과를 동시에 공급 할 수가 있다.

칼리의 경우는 질소공급시 질산칼리(KNO<sub>3</sub>)를 시비하고 인산공급시 제일인산칼리(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)를 공급하게 되면 별도로 칼리를 공급할 필요가 없다. 산성토양은 치환성염기의 함량이



토양에 석회와 퇴비처리 (서울 용산)

적으며 특히 마그네슘은 그함량도 적을 뿐만 아니라 일반적으로 강산성 조건하에서는 식물에 의한 흡수가 억제되기 때문에 산성토양에는 마그네슘 결핍현상이 나타난다. 그러므로 산성토양에서는 마그네슘을 필연적으로 공급하여야 한다.

우리는 흔히 도심지역의 조경수목이나 가로수에서 마그네슘 결핍현상이 일어나는 것은 주지의 사실이다.

수목은 일반식물 보다 많은 양의 칼슘을 요구하므로 산성토양에서는 칼슘을 반드시 보충하여야 한다. 왜냐하면 칼슘은 체내 이동이 전혀 안되어 다른 무기양료 보다 결핍현상이 크기 때문이다. 또한 칼슘은 산도를 중화시키고 아황산가스나 산성우의 피해를 경감시키는 작용을 한다. 산성토양을 개량하기 위하여는 탄산석회, 탄산마그네슘

을 주성분으로 하는 석회석 분말, 백운석 분말을 이용하면 된다.

토양이 강산성(PH5이하)에서 식물의 영양상태가 불량하여 쇠약해졌을 경우 토양 시비는 그 효과가 늦게 나타나므로 수간주사와 엽면시비로서 수세 회복을 기하여야 한다.

또한 도심지역이나 공단지역의 수목생장을 촉진하기 위하여는 산도를 PH5.5 이상으로 높여야 하고 칼슘, 마그네슘, 칼리를 공급하여 주어야 한다는 결과가 나오게 된다.

그러므로 조경수목에 있어서도 이러한 문제들을 조사하여 보호관리에 중점을 두어야 한다. 특히 조경수목의 토양과 주위 환경은 최악의 경우라고 보아도 무방하므로 앞으로 많은 조사 연구가 시행되어야 할 것이다.◆◆