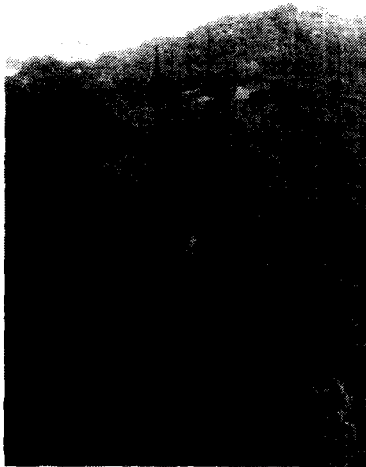




# 녹지 조경수목의 보호관리 (XI) (아황산가스 산성비)

강 전 유 / 나무종합병원 원장



소나무의 공해 (남산)

## 〈녹지조경수목의 보호관리〉

### ■ 주위환경조건과 조경수목

조경수는 주위환경과 생육과정에서 밀접한 관계를 가지고 있다. 일반적으로 조경수목은

산림수목과는 달리 인간집단 생활과 근접한 거리에서 성장 하므로서 인간에 의하여 만들어 지는 환경변화에 영향을 받는다. 인구가 밀집되고 생활양식이 변화되고 산업이 발달하며 자동차의 증가 석탄 및 석유자원을 이용한 연료사용등으로 인하여 대기오염이라는 공해속에서 조경수는 자라고 있다. 원래 수목은 대기정화기능을 가지고 있어 탄산가스를 흡수하고 산소를 배출하여 인간에게 산소를 공급하여 주는 기능과 각종 공해물질을 흡수하는 기능을 가지고 있다. 이러한 기능때문에 인간과 서로 상호 보안관계가 유지되면서 살고 있다. 이와같은 기능을 가졌다 하여도 오염물질이 어떤기준치를 초과하는 경우에는 수목자체에 피해를 주어

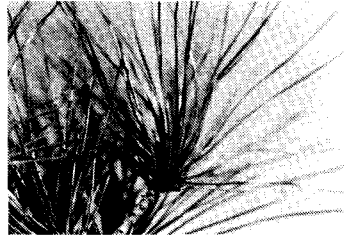
수세가 쇠약하게되고 조경수로서의 가치를 상실하게 하므로서 대기정화기능의 상실, 대도시의 기온 습도 분진, 소음 방풍 일조량의 변화를 가져오게 하며 인간의 정서까지 메마르게 하는 피해를 가져온다. 그러므로 이들 대기오염이 가급적 조경수목에 피해가 없도록하여 건강을 유지시켜 그 기능을 원활하게 하도록 하여야 한다. 대기오염에 의하여 조경수목의 잎이 갈색으로 변하고 조기낙엽이되고 생장이 저해되어 수세가 쇠약하므로서 각종 병충해 발생을 유도하여 조경수목으로서의 가치가 상실되는 경우가 많다. 특히 조경수목은 대형목을 이식하고 부적당한 토양으로 인하여 뿌리의 기능이 쇠약하여 수세가 쇠약하므로서 대기오염의 피해가

더욱 심한 경향이 있다. 대기오염의 피해는 여러가지가 있으나 중요한것은 아황산가스의 피해, 산성비에 의한 피해, 토양의 산성화 피해로 나누어 생각할 필요가 있다.

■ 아황산가스의 피해와 대책

아황산가스의 피해는 급성피해와 만성 피해로 나눌수가 있다. 급성피해는 아황산가스에 약한수종은 0.2ppm~0.4ppm의 농도에서 급성으로 나타나는데 세포의 엽록소가 급격히 파괴되어 세포의 붕괴 및 괴사현상이 일어나는 것을 말하고 만성피해는 일명 불가시적 피해라고 하며 낮은 농도에서 오래 노출되어 피해초기에는 육안으로 관찰되지 않으나 시간이 경과함에 따라 엽록소가 서서히 붕괴되어 황화현상을 나타내는 것이다. 그러나, 이만성피해는 급성피해와 달리 세포는 파괴되지 않고 생명을 유지하고 있다. 일반적으로 도심지나 공단지역의 경우 조경수목이 산림수목 보다 잎의 색깔이 황화현상이나 회록색으로 보이는 것은 만성피해의 원인이기도하다. 식물에 피해를 주는 아황산가스의 농도는 0.1ppm~0.2ppm이며 사람이 감지 할수 있는 농도는 0.2ppm~1.0ppm이다.

우리는 흔히 도심지나 공단지역에서 이와같은 아황산가스를



소나무의 공해 피해 증상 (만성)

중중 감지 할수가 있다. 식물에 피해를주는 아황산가스의 농도가 중요하지만 그이의 접촉시간 접촉시 광도 온습도 기상조건등과 수목의 종류 및 품종에 따라 많은 영향을 받으며 식물의 활동사항 생육시기등에 큰차이가 있다. 조경수의 경우는 산림수종보다 피해를 많이 나타내는 경향이 있다.

1982년과 1983년 서울일원에 나타난 아황산가스의 농도를 보면 1982년 11월 하순경 서울의 삼청동이 0.143ppm~0.508ppm 광화문이 0.107ppm~0.437 ppm이였고 1983년 11월 상순 평균 0.25ppm으로 최저가 0.087ppm 최고가 0.52ppm이였으며 중순이 평균 0.221ppm으로 최저 0.080ppm 최고 0.51ppm이었다. 하순경에는 평균 0.307ppm으로서 최저 0.05ppm 최고가 0.507ppm이었다. 특히 이시기의 최저기온이 5℃이고 평균기온이 10℃ 이상이어서 피해가 심하게 나타나 삼청동 광화문 성북동 일대

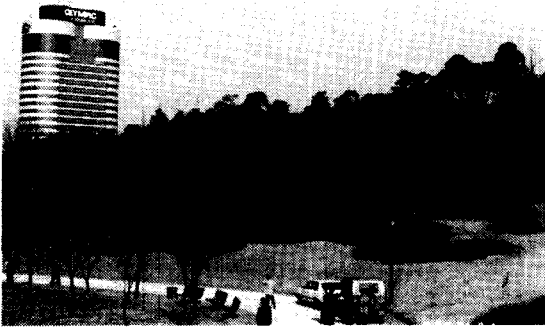
표1. 지역 및 월별 대기중 황산화물

Unit : SO<sub>3</sub>/day / 100cm<sup>3</sup>Pbo<sub>2</sub>

85.8	0.063	0.459	-	0.037
9	0.369	0.709	0.015	0.022
10	0.770	0.399	0.019	0.021
11	1.462	0.852	0.132	0.117
12	1.915	0.628	0.033	0.080
86.1	1.620	0.349	0.069	0.073
2	1.243	0.277	0.149	0.102
3	1.091	0.583	0.090	0.112
4	0.826	0.315	0.012	0.054
5	0.651	0.318	0.052	0.125
평균	1.001±0.157	1.489±0.077	0.064±0.033	0.074±0.052

1986년 임업연구원

대기오염과 산성우가 산림생태계에 미치는 영향



소나무의 공해 (방이동 올림픽 공원)



소나무의 피해증상 (금성피해)

의 소나무잎이 갈색으로 변하는 등의 피해가 심하게 나타났다. 즉 가스농도 식물의 생리기능, 온도, 습도, 기상조건등이 소나무에 아황산가스의 피해를 받기 좋은 조건들이 이루어 졌다고 보아야 한다. 이와같은 아황산가스의 피해가 또 언제 나타날지 주의하여야 한다. 이와같은 피해는 급성피해로서 서울지방의 침엽수 조경수목에 많은 피해를 주었다. 시간이 가면 갈수록 피해가 자주 나타날 것이다. 대기중에 아황산물질 농도를 측정한 86년 5월~87년 5월까지 조사한 것을보면 다음표 1과 같다.

표1에서 보는 바와같이 대기중의 유황산화물은 서울이  $1.00 \pm 0.157$ 로서 공단(울산 여천)지역  $0.489 \pm 0.079$  보다 2배이상 높고 산악지역 (강원도 평창)  $0.064 \pm 0.033$  보다 무려 15배나 된다. 이와같은 결과로 보아 도시지역의 대기중의 유황

산화물의 농도가 얼마나 높은지를 알수가 있다. 월별로 보면 도심지역은 11월~2월 사이가 가장 높으며 이중에서도 12월과 1월이 더욱더 높게 나타나고 있다. 이와같은 현상은 이시기가 난방기간이고 비교적 저기압 상태가 많이 나타나는 시기 때문이라고 볼수 있다. 공단지역은 계절과 관계없이 기복이 심한것은 공장에서 배출되는 오염물질의 차이에 의한 결과라고 보아야 할것이다. 1990년 아황산가스 농도를 조사한것을 보면 1월에 서울(홍농)이 평균  $0.067 \text{ppm}$  울산이 평균  $0.017 \text{ppm}$  평창이 평균  $0.007 \text{ppm}$  으로서 서울이 울산의 5배 평창의 10배로서 서울의 아황산가스가 공단보다도 높은것을 알수가 있다. 8월에 조사된것을 보면 서울이  $0.004 \text{ppm}$  울산이  $0.019 \text{ppm}$  평창이  $0.004 \text{ppm}$  로서 울산이 서울의 5배이고 서울과 평창은 비슷하게 나타나고

있다. 지역별로 계절적인 차이를 보면 서울의 경우 1월이 8월보다 16.7배이며 울산은 0.8배 평창은 1.75배 높은 결과가 나오므로 아황산가스의 피해는 동기에 받을 우려가 많다는 결과가 된다. 특히 주의할점은 가스농도의 평균보다 가장 낮은 농도가 얼마나에 따라 급성피해와 만성피해가 나타난다. 즉 평균농도를 가지고 피해확율을 예상할것이 아니라 가장 낮은 농도를 가지고 피해를 예측하여야 한다. 가스농도의 1월의 평균치가  $0.067 \text{ppm}$ 이지만 이중  $0.1 \text{ppm}$ ~ $1 \text{ppm}$ 의 농도가 몇시간 또는 몇일 나타났는가에 따라 피해정도가 달라지게 된다. 서울지방의 아황산가스의 피해는 조사 결과로 보아 동기에 급성피해를 받을 확율이 많다. 그러나 다행스럽게도 동기에는 낙엽수는 모두 낙엽되어 있고 침엽수만 잎이 있으므로 급성피해는 침엽수로 보아야 할것이다. 또

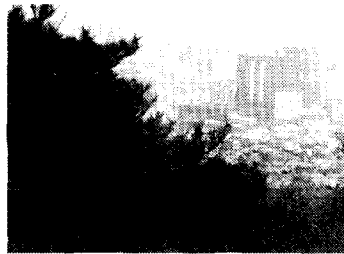
한 최근에는 동기의 기온이 높아 5℃ 이상 올라가는 일수가 많아 수목의 호흡작용 생리작용이 일어나고 있어 피해가 나타날 확율이 높다. 낙엽수의 경우 4월~10월 사이에 급성피해를 받을 확율은 적으나 가스농도로 보아 만성피해를 받고 있음을 알수가 있다. 그러나 공단지역은 도심지보다 평균 아황산가스 농도는 적으나 공장에서 나오는 아황산가스의 배출량과 기온 및 기압 풍속에 의하여 언제나 급성피해를 받을 확율이 높다. 즉 계절적영향이 없다는 것이다. 어느때라도 가스농도가 0.3ppm 이상 올라가고 기온과 습도 기압이 일치될때에는 몇시간이나 단 1일이라도 급성피해를 받게 될것이다. 조경수목은 도심지 또는 공업단지 내에 많이 식재되어 있으므로 아황산가스로부터 보호하여야 할것이다. 이문제를 해결하기 위하여 아황산가스가 식물에 어떻게 작용하는가를 알아둘 필요가 있다. 아황산가스의 피해를 받은 잎은 기공의 공변세포가 변하고 표피에 가장 인접한 해면상조직이 가장 먼저 피해를 입어 엽록소가 붕괴되어 원형질 분리가 일어나며 그다음은 표피조직과 책상조직이 파괴된다. 이와같은 피해현상이 왜 일어나는가 하는 문제는 여러학설이 있는데 이중 중요한 이론은 다음과 같다. 아황산가스가 기공을 통하여 조직



소나무의 공해피해의 초기증상 (만성피해)



소나무 공해피해의 말기증상 (만성피해)



리기다 소나무 공해피해 (남산)



리기다 소나무 공해

내에 들어오면 광합성에 의하여 생긴 산소와 작용하여 황산염 또는 아황산이 된다. 과량의 황산염이나 아황산은 축적되어 세포를 파괴한다. 과다한 황산염은 산도가 증가하여 엽록소 부자로 부터 마그네슘을 분리시켜 피테로피친 (Phateophutin)을 만들어 엽록소가 파괴되어 황화현상과 광합성을 저해한다고 하였다. 또한 엽록소내의 철분이 불활성으로 되어 유기합성을 방해하고 황산염자체는 유해하지 않으나 칼슘의 이용을 방해 하므로써 칼슘의 부족현상을 야기 하고 철의 흡수를 방해하여 영양 균형의 파괴에 의하여 식물의 황화현상이 일어 난다고 하였다. 또한 과량의 황산염은 무기양료의 균형을 파괴시켜 황의 이용과 단백질합성에 혼란이 생겨 피해를 준다고 하였다. 식물 세포의 조직학적면에서 보면 동일수종이라도 해면상조직 책상조직의 구조상태와 세포질의 농도 차이, 단위면적당 기공의 수, 기공의 개폐작용 등과 관계가 있다고 하였다. 이상과 같이 아황산가스의 농도 피해작용 환경 조건등을 감안할때 아황산가스 농도 환경조건등은 인위적으로 조절하는 것은 그리 쉽게 개선 할수가 없다. 다만 수목 자체에서 일어나는 피해작용을 인위적으로 방지하여 아황산가스의 피해를 극소화 하여야 하는것이 보호관리 측면에서 시행 할수가

표2. 지역별 월평균 강우의 산도

단위 pH

지 역	달												평 균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
홍릉	4.18	4.71	4.87	4.70	5.04	5.37	5.02	4.83	4.82	4.58	4.26	4.67	4.75±0.33
광릉	5.20	5.21	5.90	5.02	5.22	5.11	5.14	5.08	5.07	4.52	4.90	4.69	5.09±0.32
울산	5.01	5.27	4.94	5.20	4.93	4.83	4.96	4.93	5.07	4.89	5.19	5.33	5.05±0.16
울주	5.34	5.72	4.85	5.37	5.26	5.25	5.83	5.17	5.64	5.14	5.73	5.99	5.45±0.33
평창	6.16	6.31	5.72	6.07	6.20	5.29	5.71	5.34	5.57	5.49	5.38	5.98	5.77±0.38

1989. 임업연구원 연구보고

표3. 년도별 평균 산성도와 산성화 비율

지 역	년 도	평균산도	산성화비율 %		
			강산성	약산성	정상우
홍릉	1986~1988	4.75±0.33	5.0	66.3	28.4
	1990	4.68	49	36	15
울산	1986~1988	5.05±0.16	1.2	64.7	34.2
	1990	5.05	21	49	30
평창	1986~1988	5.77±0.38	0.2	27.2	72.6
	1990	5.60	1	38	61

있다. 피해기작으로 보아 가리갈습, 마그네슘, 철의 무기물을 식물 체내에 공급하여 피해를 극소화하는 방법이다. 식물체에 가장 빠르게 무기물을 공급하는 방법은 수간주사와 엽면시비가 가장 유리하다. 그러므로 가리갈습, 마그네슘, 철등은 5% 포도당에 첨가하여 수간주사를 하거나 이들 무기 양료를 물에 희

석하여 엽면시비 하면 바른 효과를 기대할수가 있다. 또한 가리와 갈습은 기공의 개폐작용에 절대 필요한 무기양료 이므로 상기와 같은처리는 이중효과도 볼수가 있다. 도심지의 아황산가스의 농도가 11월~2월 사이에 0.1ppm~0.5ppm까지 상승되어 급성피해가 오므로 황산염을 중화시키고 기공개폐를 원활

하게 하기 위하여 10~12월과 1~2월에 석회유와 질산칼슘, 질산가리, 황산마그넬, 염화철을 엽면시비하여 피해를 방지하여야 한다. 만성피해는 주로 여름철에 받기 쉬우므로 피해지역은 6월과~10월 사이에 월1~2회 상기 무기양료를 살포하여 아황산가스의 피해를 경감시켜 아름다운 조경수목의 가치상실이 없도록 하여야 할것이다.

앞으로 아황산가스의 피해를 방지할수 있는 많은 연구가 시행되어야 할것으로 생각 된다.

■ 산성우의 피해와 대책

산성비와 산성눈은 대기오염이 심한 지역에서 내리는 비와 눈으로 공기중의 아황산가스, 무수황산가스, 황화수소가스, 암모니아가스, 질산화수화물가스를 흡수하여 산성비 또는 산성눈이 되어 지상에 떨어지는 것을 말한다. 정상우는 PH 7인 경우를 말하나 일반적으로 PH

5.6이상이면 정상우라 하고 PH 5.6이하 일때에는 산성우라고 한다. 조경수는 일반적으로 공해가 심한지역에 많이 식재 되어 있어 산림수종보다 산성우의 피해를 받을 확율이 높다. 세계 여러곳에서 산성비로 인하여 산림의 생태계가 파괴되어 인류에게 직·간접적으로 피해를 주고 있으며 앞으로도 산업이 발달되고 인구가 집중되고 자동차가 증가하므로서 공해의 피해에 의한 산성비의 피해가 증가 할것이다. 1980년도 뉴욕과 펜실바니아에서 PH 3.98~

PH 4.0으로 강산성비가 내리고 산업이 집중적으로 발달한 독일의 경우 1983~1984년도에 서독이 PH 4.0~PH 4.6, 동독이 PH 4.0~PH 4.4의 강산성비가 내렸다. 일본의 경우 1974~1983년 10년 평균 PH 4.59이고 심한경우 PH 3.3이였고 정상외의 경우 PH 6.3이였다. 산업이 발달된 나라 일수록 산성비의 피해가 심하게 나타나는 공통점이 있다. 우리나라도 산업이 발달 됨에 따라 산성비의 피해가 증가 할것으로 생각 된다.



느티나무공해 (부산)



느티나무공해 (부산)

표4. PH2.0의 인공 강우를 앞에 뿌린후 피해 증상 (침엽수)

수종	피해지수	피해율	피해발견시기	피해증상
낙엽송	2.20	86.8%	1회 살포 1일후	하엽 선단부가 갈색으로 변색 진전.
삼나무	2.20	87.3%	2회 살포 5일후	엽 선단부에서 적갈색으로 변색.
편백	1.66	85.3%	2회 살포 5일후	엽 선단부에서 적갈색으로 변색.
버지니아 소나무	1.60	81.5%	1회 살포 7일후	엽 선단부가 황적색으로 변색 진전.
젓나무	1.56	75.6%	1회 살포 7일후	엽 선단부가 황적색으로 변색 진전.
리기타다 소나무	1.52	78.9%	2회 살포 5일후	엽 선단부에서 황적색으로 변색.
리기다 소나무	1.32	74.5%	1회 살포 7일후	엽 선단부에서 적황색으로 변색.
소나무	1.26	73.6%	2회 살포 5일후	초두부의 잎 선단 황록색으로 변색.
곰솔	0.16	11.8%	14회 살포 3일후	엽 선단부가 경미한 증상.

임업연구원 자료.

표2에서 보는 바와같이 1989년도 산성비 조사를 보면 서울지구(홍릉)가 평균 PH 4.75±0.33, 울산지구 PH 5.05±0.16, 평창지구 PH 5.77±0.38로서 서울지구가 가장 낮은 강산성이고 강원도 평창지역은 아직까지도 정상치를 유지하고 있다. 산성비의 피해를 받는것은 평균치에 의하여 피해를 받는것이 아니라 가장 낮은 농도에 의하여 피해를 받는 것이므로 평균치는 큰 의미가 없다. 년중 정상치의 강우가 내리다가 단 1회의 강산성 (PH 3-4)비가 내리면 피해를 받게 되므로 평균치에 의한 판단보다는 최저치(강산성)의 산성농도에 따라 피해지역을 판정하여야 한다. 평균

치는 강산성의 피해를 받을 위험성을 표시하는 기준으로 사용 하면 된다. 1988년 서울지구의 산성비의 비율은 5%이었으나 1990년도에는 49%로 산성비가 10배로 증가 하였다. 평균 산성 농도는 PH 4.75에서 PH4.68로 낮아 졌으며 최저 강산성의 경우 PH 3.63이었다. 1993년 2월의 산성비의 산성농도는 서울이 PH 4.9로 나타났으나 송파구 방이동과 도봉구 쌍문동은 PH 3.5(2월 28일)이었고 용산구 한남동은 PH 3.9(2월 28

일), 동대문구 면목동은 PH 3.9(2월 21일, 27일), 구로구 구로동 PH 4.3(2월 21일, 27일), 은평구 불광동 PH 4.2(2월 17일)을 기록하여 강산성비가 왔다. 산성의 피해와 강우량과의 관계를 보면 시간당 강우량이 1.5mm이상일때는 정상강우이고 강우량이 0.5mm이하 일때는 강한 산성으로 피해가 예상된다. 다시 말하면 비가 많이 내리면 강산성비에 의한 피해가 없으며 극소량의 비가 장시간 내리거나 소량의 비

가 약간 올때 마치 먼지를 방지하기 위하여 지상에 물을 뿌리는 정도의 비가 오면 산성비에 의한 피해가 우려 된다는 것이다. 시기적으로보면 아황산가스의 농도가 높은 11월~2월 사이에 내리는 비나 눈이 강산성비 또는 강산성눈이 될것이다.

또한 늦가을부터 이른봄까지 사이에 나타나는 안개는 강산성의 안개로서 수목에 피해를 줄 위험이 많다. 그러므로 일반적으로 산성비의 급성피해는 겨울에 잎이 남아있는 침엽수에

표5. PH2.0의 인공강우 살포 후 피해증상 (활엽수)

수종	피해지수	피해발견시기	피해증상
은행나무	2.99	1회 살포 3일후	엽맥간에 갈색 원형 소반점 다수발생.
물푸레나무	2.98	1회 살포 3일후	엽록부가 회황색으로 변색되어 안으로 확산 엽록부가 오그라들. 조기낙엽
양버즘나무	2.95	1회 살포 1일후	엽록부 및 엽맥간에 적갈색 대형 부정형 반점 발생.
밤나무	2.91	1회 살포 1일후	엽맥간에 회백색 소타원형 반점 다수 발생. 엽록부 함몰. 조기낙엽.
이태리포푸라	2.84	1회 살포 3일후	회백색 소반점 발생. 조기낙엽.
느티나무	2.78	1회 살포 1일후	엽맥간에 적갈색 소반점 다수발생. 엽록부 함몰. 조기낙엽.
참나무	2.62	1회 살포 3일후	엽록간에 황백색 부정형 반점 발생.
자작나무	2.51	1회 살포 1일후	엽맥간에 적갈색으로 변색 안으로 확산

12 전수종 피해율 100%임

임업연구원 자료



히말라야시다 공해 (포항공업단지)



히말라야시다 공해증상 (포항공업단지)

피해가 많이 나타날 것이다. 강산성에 대한 침엽수의 피해정도를 조사 한것을 보면 가장약한것이 은행나무, 삼나무, 편백, 버지니아소나무, 잣나무, 리기테다소나무, 리기다소나무, 소나무 곰솔의 순으로 별표3과 같다. 가장 약한것이 은행나무이고 가장강한것이 곰솔이다. 잣나무의 경우 서울에 있는 수종은 거의 피해가 있으며 상당수가 고사 또는 고사직전에 있어 조정수로서의 가치는 거의 상실되고 있다. 소나무의 경우는 보호관리 측면에서 잘관리 되고 있어 피해를 상당량 경감 시키고 있다.

소나무계통에 있어 산성비에 가장 강한 수종은 곰솔이다. 최근 서울지방의 산성비 피해를 보면 잣나무, 잣나무가 소나무보다 더 많은 피해가 있다. 산

성우에 의한 침엽수의 피해 증상을 보면 수종에 따라 약간 다르기는 하나 일반적으로 잎선단부가 황록색, 적황색, 황적색으로 변하다가 점차 황갈색으로 변한다. 서울지방에서 피해증상을 보면 잣나무, 잣나무, 소나무의 경우 잎의 중간부분 잎의 기부에 굵은 띠를 두른것 같은 갈색, 논갈색 띠가 형성되고 시간이 경과함에 따라 점차 잎전체가 적갈색, 황적색으로 변하고 잣나무의 경우 잎이 회백색으로 퇴색 되기도 한다.

11월과 2월사이에 짙은 안개가 오래동안 끼었을때 침엽수(특히 소나무) 수관이 우산을 편 표면과 같이 윗부분만 적갈색으로 피해가 나타나는 경우도 있다. 이는 안개가 대기 오염층을 오래 머물면서 떠도는 동안 강산성화되어 잎에 서서히 내려

앉아 수관상층의 노출부분에 피해가 발생된 것이다. 마치 우산같은 피해모양으로 우산형피해라고 말할수 있다. 산도 PH 2 되는 인공강우로 활엽수에 대한 시험결과를 보면 양버즘나무(프라타나스) 밤나무, 느티나무, 자작나무는 1회 살포후 1일만에 피해증상이 나타났고 은행나무, 물푸레, 이태리포플라, 참나무는 피해가 3일후에 육안으로 관찰 할수 있는 것으로 보아 양버즘나무, 밤나무, 느티나무, 자작나무는 산성강우에 민감한 수종이라 할수 있다. 피해증상은 수종에 따라 차이가 있으나 엽록부와 엽맥간에 부정형의 반점이나 황록색의 반점이 생기며 피해가 커지면서 이들이 서로 합쳐져 큰반문이 되었다. 변색부위는 최초로 황록색을 나타내다가 점차 황갈색, 적갈색, 회갈색으로 변하였다. 느티나무, 밤나무, 물푸레나무는 엽록부가 함몰되면서 오그라드는 피해양상을 나타내었다. 서울지역의 노천강우와 참나무임내의 강우 소나무임내의 강우의 성분을 각각 비교한 시험결과를 보면 음이온( $SO_4^{--}$ ,  $SO_3^{--}$ ,  $Cl^-$ )의 함량을 보면 노천강우가 10.67ppm 참나무임내가 38.20ppm, 소나무임내가 67.43ppm로서 참나무임내가 3.6배, 소나무임내가 6.3배 증가 하였고 양이온( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ )의 경우 노천강우가 2.79ppm, 참나무

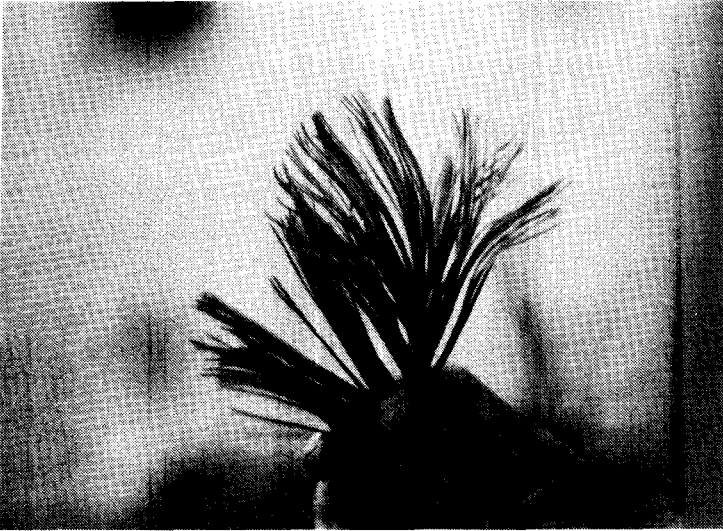


은행나무 공해 (구로구)



은행나무 공해 (서울 중구)





산성우의 피해 (올림픽공원)



산성우의 피해 (올림픽공원)

임내가 10.88ppm, 소나무임내가 16.87ppm으로 참나무임내가 3.9배, 소나무임내가 6.0배 많은것으로 나타났다(산성우가 산림생태계에 미치는 영향 : 1986. 과학기술처). 이와같은 현상은 산성강우가 나무잎에서 상당량의 무기양료 (K, Ca, Mg, Cl, Na, S)을 탈취하여 지상으로 떨어졌다는 결과가 나온다. 이러한 작용은 산성비중에  $H_2SO_4$ 가 잎표면에서  $H^+$ 이온이  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ 이온과 교환을 이루어  $K_2SO_4$ ,  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ 가 되어 지상으로 떨어진 것이다. 그러므로 산성우가 심한 지역은 나무에 무기양료 결핍으로 엽록소의 파괴를 가져와 잎이 변색되고 수세가 쇠약하여지는 원인이 된다. 이와같이 산성비의 피해지역은 인위적으로 무기양료를 공급하여야 한다. 공급 방법으로 속효성의 효과가 있는 수간주사 엽면시비를 실시하여야 한다. 수간주사액과 엽면시비액에는 K, Ca, Mg, SO, Fe, Cl등에 중점을 두어야 하며 특히 Ca는 산성비를 중화시키는 역할을 하고 기공을 폐쇄시키는 역할을 하므로 대단히 중요하다. 앞으로 많은 연구가 요구된다.