

## 서울 지역의 대기오염이 강수와 생물에 미치는 영향

### 3. 地域別 은행나무 낙엽의 S, Pb 및 Cd의 함량

張 楠 基·李 慶 衡  
서울대학교 師範大學 生物教育科

## Effects of Air Pollution on Precipitation and Living Organisms in Seoul Area

### 3. Contents of S, Pb and Cd in Litters of *Ginko biloba*

Chang, Nam-Kee and Kyung-Hyung Lee  
Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University

### ABSTRACT

The contents of S, Pb and Cd in litters of *Ginko biloba* collected from thirty-four areas in Seoul were measured and analyzed for among relative air pollutions.

S contents in litters of *G. biloba* were 0.88% at Hyechwadong, 0.98% at Yongsan and 0.95% at Ch'angdong. Mean values were 0.65% in 0-10 km areas from Kwanghwamun, but were 0.47% in 10-15 km areas. In S contents, the correlation between 0-5 km area and 10-15 km area from Kwanghwamun was high significant, but correlation between 0-5 km area and 5-10 km area from Kwanghwamun had no significance.

Pb contents were 118.95 ppm at Pildong, 112.22 ppm at Ulchiro 3-ga and 105.55 ppm at Bus terminal (Banpo). In Pb contents the correlation between 0-5 km area and 10-15 km area from Kwanghwamun was high significant, but the correlation between 0-5 km area and 5-10 km area from Kwanghwamun had no significance.

In Cd contents, the correlation among 0-5 km, 5-10 km and 10-15 km from Kwanghwamun had no significance. Cd contents were high in Youido, Shinch'on, Kongdokdong, Haengdangdong, Kirum, Ch'ongnyangni and Imudong.

### 緒 論

도시의 대기오염원을 분류해보면 공장 배출물, 자동차 배기가스, 인간의 생활 배출물

등이다(Ichiro and Kitagishi, 1982). 우리나라의 경우 大氣汚染의 주원인은 자동차 배기가스로 보고되고 있는데(金, 1984), 자동차 배기가스로부터 나오는 Cd에 의한 환경오염은 생물에 큰 피해를 준다(Largerwerff and Specht, 1970). 이들 오염물질은 대기에 의해 운반되어 토양에 축적되었다가 식물체에 흡수되거나, 직접 식물체에 흡수되어 세포내 原形質의 단백질과 결합하여 세포를 파괴시키고, 효소의 작용을 억제하며, 호흡과 관련된 여러가지 生理作用을 저해한다고 알려져 있다(차, 1975).

특히 Cd는 다른 원소보다 生物體에 더 치명적인 영향을 주는 원소로 식물에 Cd를 처리하면 양분의 흡수가 저하되며 황화현상이 나타나고(Cha and Kim, 1975) 또 식물의 發芽도 저하시킨다(Sung, 1979). Carroll(1966)은 호흡기관에 의하여 다량의 Cd를 흡입하면 심장병을 일으킨다고 보고하였다. 대기중의 S는 저농도일 때 식물이 흡수하여 필요로 하는 영양원으로 이용되거나 식물이 이용할 수 있는 한계가 있기 때문에 고농도일 경우 원형질 분리현상을 일으켜 치명적인 해를 입힌다(Suwannapinut and Kozlowski, 1980). 또한 유황에 의해 고등식물의 葉綠素가 파괴된다(Kim, 1984).

우리나라에서도 S, Pb, Cd 등의 오염물질이 식물에 미치는 영향에 대해 계속적으로 연구되어 왔다(Cha, 1974; Cha and Kim, 1975; Kim, 1984; Park and Kim, 1983). 가로수의 식물체내 重金屬 함량과 大氣汚染과의 관계는 최근에는 활발히 연구되고 있는데, 식물체가 받는 피해정도와 내성, 가로수를 지표식물로 활용하는 방법, 수목에 의한 유해물질의 흡수로 汚染度를 완화시키는 방안 등의 연구가 주목되고 있다(Yim *et al.*, 1979).

본 연구에서는 서울시내 각 지역의 가로수중 은행나무 낙엽을 재료로 선택하여 낙엽의 S, Pb, Cd 함량을 분석함으로써 식물의 S 및 重金屬 함량과 大氣汚染과의 關係를 알아보고자하였다.

## 材料 및 方法

### 調査地所 및 調査方法

1988년 11월 9일부터 13일까지 Fig. 1에서와 같이 서울시내 13개 지소에서 은행나무 (*Ginkgo biloba*) 낙엽의 시료를 채취하였다. 서울시내의 가로수는 총 247,026그루로 이중 버즘나무가 48.5%로 가장 많고 은행나무는 28.6%를 차지한다. 서울에 알맞는 가로수로 권장되고 있는 나무가 은행나무이고 차지하는 비율이 버즘나무 다음으로 많기 때문에 실험재료로 택하였다.

본 연구에서는 광화문을 중심으로 하여 반경이 0-5 km, 5-10 km 및 10-15 km인 지역의 3군으로 나누어 각각 15개 지소, 12개 지소, 7개 지소를 선정하였다. 재료의 채취는 차도가 있는 곳의 은행나무 낙엽을 실제 분석량의 5-10배 정도가 되도록 채취하였다. 채취한 잎은 polyethylene 봉지에 넣어 운반하여 실험실에서 水洗한 후 일주일간 氣乾시켰다. 분쇄기로 분쇄한 후 건열기에 넣어 105°C에서 24시간 건조하여 시료를 준비하였다.

### S, Pb 및 Cd의 分析 方法

張(1990)의 방법에 따라 spectrophotometer와 atomic absorption spectrophotometer로 定量하였다.

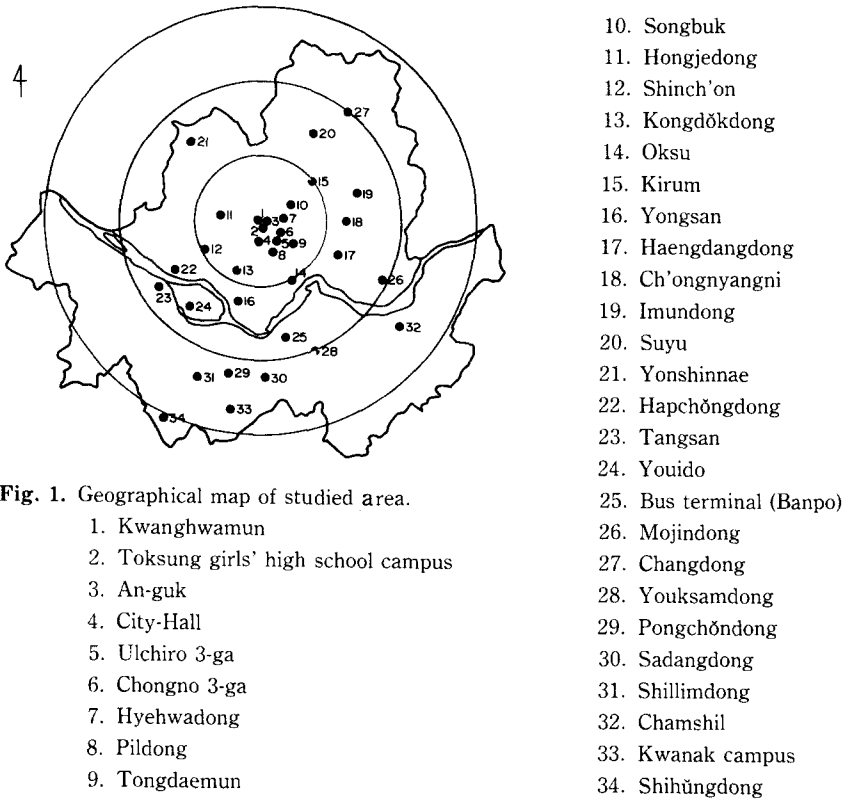


Fig. 1. Geographical map of studied area.

- 1. Kwanghwamun
- 2. Toksung girls' high school campus
- 3. An-guk
- 4. City-Hall
- 5. Ulchiro 3-ga
- 6. Chongno 3-ga
- 7. Hyehwadong
- 8. Pildong
- 9. Tongdaemun

**結果 및 論議**

1988년 11월 9일부터 13일까지 단시일내에 서울의 34개 지소에 식재되어 있는 은행나무 가로수의 막 떨어진 낙엽을 채취하여 S, Pb 및 Cd의 함량을 분석한 결과는 다음과 같다.

**황함량**

지역별 은행나무 낙엽의 황함량은 Table 1에서 보는 바와 같이 혜화동 0.88%, 용산 0.98%, 창동 0.95%였으며, 서울대 관악 Campus 0.37%, 사당 0.40%, 역삼동 0.44%를 나타내었다. 分散分析에 의한 지역별 황함량의 유의성 검정결과(Table 2) 중심 지역과 외곽 지역 사이에는  $p < 0.01$ 에서 유의차를 나타냈고 5-10 km지역과 외곽 지역에서도  $p < 0.01$ 의 수준에서 유의차를 나타냈으나 중심 지역과 5-10 km 지역 사이에는 유의차가 없었다. 이 결과는 은행나무 낙엽내의 황함량이 자동차 배기가스에서 배출되는 황과 관계있다는 것으로 해석할 수 있다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 은행나무 낙엽내 S의 오염이 심한 곳은 Figs. 3-4의 Pb, Cd의 경우와 같이 여의도, 용산, 신촌, 홍제동, 행당동, 수유, 이문동, 창동 지역으로 일정한 방향성을 나타내나 汚染이 심한 곳이 더 광범위하게 나타났다. 이는 Pb, Cd의 중금

**Table 1.** Comparison of S, Pb and Cd content in litters of *Ginko biloba*

Distance from Kwanghwamun	sites	Sulfur content (%)	Lead content (ppm)	Cadmium content (ppm)
0-5 km	1. Kwanghwamun	0.59	96.37	3.047
	2. Toksung girls' school campus	0.56	75.17	3.101
	3. An-guk	0.67	73.16	2.253
	4. City-Hall	0.63	67.26	2.191
	5. Ulchiro 3-ga	0.62	112.22	2.634
	6. Chongno 3-ga	0.63	92.96	2.992
	7. Hyehwadong	0.88	61.92	2.487
	8. Pildong	0.54	118.95	2.775
	9. Tongdaemun	0.70	71.31	2.434
	10. Songbuk	0.46	55.25	2.212
	11. Hongjedong	0.69	69.42	2.389
	12. Shinch'on	0.65	91.52	2.763
	13. Kongdŭkdong	0.61	86.47	3.131
	14. Oksu	0.49	64.89	2.259
	15. Kirŭm	0.53	82.89	2.945
5-10 km	16. Yongsan	0.98	—	—
	17. Haengdangdong	0.65	96.10	2.823
	18. Ch'ongnyangni	0.59	70.90	2.781
	19. Imudong	0.69	74.89	3.266
	20. Suyu	0.71	55.88	2.474
	21. Yonshinnae	0.62	69.82	2.495
	22. Hapchŏngdong	0.63	63.16	1.497
	23. Tangsan	0.57	90.12	2.573
	24. Youido	0.72	80.19	2.830
	25. Bus terminal (Banpo)	0.63	105.55	2.640
	26. Mojindong	0.42	65.91	2.795
	27. Changdong	0.95	50.58	2.024
10-15 km	28. Youksamdong	0.44	85.32	2.676
	29. Pongchŏndong	0.43	68.61	2.637
	30. Sadangdong	0.40	71.81	1.732
	31. Shillimdong	0.49	65.06	2.457
	32. Chamshil	0.55	51.22	2.795
	33. Kwanak campus	0.37	47.27	2.573
	34. Shihungdong	0.59	49.95	1.528

속과는 달리 S은 가볍기 때문에 바람에 의한 이동이 더 용이하기 때문인 것으로 생각되는데, S은 30 km까지 이동할 수 있으며 sulfate aerosol 상태에서는 1000 km까지 이동할 수 있다(Dassler and Bortitz, 1988).

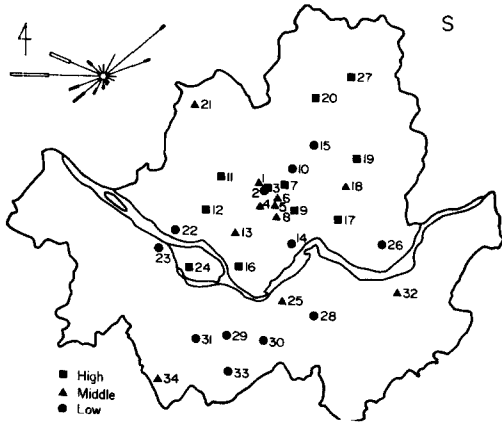


Fig. 2. Content of S in litters of *Ginkgo biloba* at each area in Seoul.

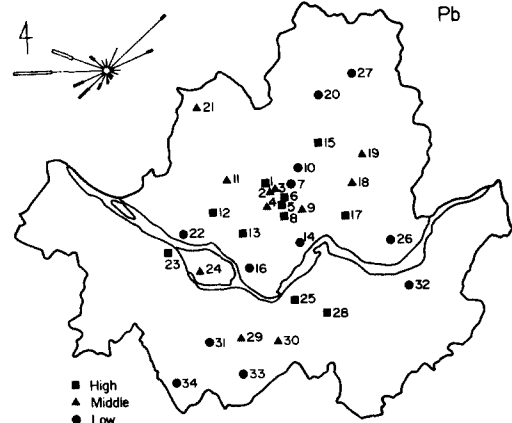


Fig. 3. Content of Pb in litters of *Ginkgo biloba* at each area in Seoul.

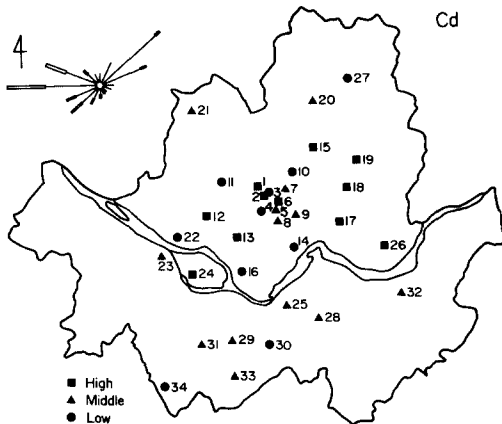


Fig. 4. Content of Cd in litters of *Ginkgo biloba* at each area in Seoul.

Table 2. Significant difference between means of S content in litters of *Ginkgo biloba* in Seoul area

Distance from Kwanghwamun	Mean Values	0-5 km	5-10 km	10-15 km
0-5 km	0.62	—		
5-10 km	0.68	0.06	—	
10-15 km	0.47	0.15**	0.21**	—

Pb함량

Table 1에서 보는 바와 같이 서울지역에서 은행나무 낙엽의 Pb함량이 가장 높은 지역은 필동으로 118.95 ppm이었고 다음은 을지로3가로 112.22 ppm이었다. 그외 광화문, 종로3가, 신촌, 공덕동, 고속터미널(반포) 지역이 90 ppm 이상으로 높은 수치를 나타내었다. 광화문으로부터 0-5 km인 지역, 5-10 km인 지역, 10-15 km인 지역의 3지역으로 나누어 분산분석으로 지역별 은행나무 낙엽의 Pb함량의 유의성을 검정한 결과 중심지역(0-5 km)과 외곽지역(10-15 km) 사이에는 P<0.05의 수준에서 유의차를 나타내었고, 중심지역과 5-10 km 지역사이에는 유의차가 없었다. Table 3은 지역별 Pb함량의 평균치는 자동차 배기가스에서 배출되는 Pb과 관계가 깊은 것으로 생각되며 이 결과는 식물체

내의 Pb의 축적은 교통량과 관계가 깊다(Kim *et al.*, 1985)는 보고와 일치한다.

Fig. 3은 지역별로 은행나무 낙엽에 포함된 납의 함량을 기준으로하여 3군으로 나누어 표시하였다. 33개 지소중 Pb함량이 많은곳 11개 지소를 선별하여 심한 곳, 그 다음 11개 지소를 선별하여 보통인 곳, 나머지 11개 지소를 미약한 곳으로 選別하였다. Fig. 3에서 오염이 심한 곳은 당산, 신촌, 공덕동, 광화문, 을지로3가, 종로3가, 필동, 길음지역으로 S의 경우와 같이 일정한 방향성을 나타내는데 이는 서울지역 風向과 관계가 깊은 것으로 서울지역 最多 風向은 서풍이고, 平均風速은 2.5 m/s이다. 서풍, 북서풍, 남서풍의 풍속이 강하며 바람부는 頻度도 높고, 북동풍의 경우 빈도는 많으나 풍속이 약하다. Fig. 3 위층의 바람장미(wind rose)와 연관시켜 볼때 汚染物質의 분포양상과 바람의 방향이 관련 있는 것으로 생각된다.

Cd함량

은행나무 낙엽의 Cd함량을 기준으로 하여 보면 광화문, 종로 3가, 덕성여고 교정, 공덕동, 이문동에서 높은 수치를 나타내었다. 광화문에서 0-5 km인 지역, 5-10 km인 지역, 10-15 km인 지역의 유의성 검정결과(Table 4) 지역간에는 유의차가 없었다. 이결과는 은행나무 낙엽내의 Cd축적이 차이가 날 정도로 Cd에 의한 大氣汚染이 심하지 않은 것으로 생각된다.

**Table 3.** Significant difference between means of Pb content in litters of *Ginko biloba* in Seoul area

Distance from Kwanghwamun	Mean Values	Mean Values		
		0-5 km	5-10 km	10-15 km
0- 5 km	81.32	—		
5-10 km	74.87	6.45	—	
10-15 km	62.75	18.57*	12.12	—

**Table 4.** Significant difference between means of Cd content in litters of *Ginko biloba* in Seoul area

Distance from Kwanghwamun	Mean Values	Mean Values		
		0-5 km	5-10 km	10-15 km
0- 5 km	2.635	—		
5-10 km	2.563	0.072	—	
10-15 km	2.343	0.292	0.22	—

Fig. 4는 Pb의 경우와 같은 방법으로 낙엽내 Cd오염이 심한 곳, 보통인 곳, 미약한 곳으로 나누어 표시하였다. Pb의 경우처럼 Cd의 오염이 심한 곳은 여의도, 신촌, 공덕동, 행당동, 길음, 청량리, 이문동 지역의 S와 Pb의 경우와 같이 일정한 방향성이 있는데 이는 서울지역 풍향과 관련이 있다고 생각된다. 이 결과는 대기오염원이 주변에 없는데도 대기오염도가 높은 것은 타지역의 오염으로 인해 높은 汚染度를 초래할 수 있는 기상, 지형조건등 기타 원인에 의한 수도 있다는 보고와 일치한다(Kim *et al.*, 1985).

대기중의 Pb, Cd는 대기중에 1-4주간 머물다가 토양에 吸着되거나 氣孔을 통하여 잎내에 흡수된다. 이때 토양을 통해 根系에서 흡수되는 것과 잎에서 흡수되는 것은 상호간의 이동이 거의 없는데 이는 Pb가 식물체내에 흡수된 후 음이온과 결합하여 복합염을 형성함으로써 不溶態로 축적되기 때문이다. 그러므로 은행나무 낙엽 내의 중금속은 대개 토양에서 흡수된 것뿐만 아니라 공기중으로부터 기공을 통하여 직접 흡수된 것도 있다고 생각된다(Kim, 1985).

이상에서 서울시내 가로수인 은행나무 낙엽내에 축적된 오염물질의 S, Pb, Cd의 함량이 지역에 따라서 차이가 나는 것은 자동차 배기가스의 회석작용을 가능케하는 대기의 이동과 관련된다. 그러나 대기오염물질의 이동기작에는 유속과 확산 두가지가 관계하며, 유속이동은 풍향과 풍속에 따라 오염물질의 이동방향과 속도가 결정되는 것으로 생각되며 확산이동은 난류에 의해 공간내의 농도구배가 좁혀지는 기능으로 생각된다. 중앙기상대(1985-1987)에 의하면 서울의 평균풍속은 2.5 m/sec이고 연중최다풍향은 서풍(W)이며 확산이동의 세기를 나타내는 안정도는 연중 거의 안정되어 있는 편이다. 그러므로 확산에 의한 이동은 그리 광범위하지 않으며 유속이 오염물질이동에 큰 역할을 한다고 생각할 수 있다.

### 摘 要

서울지역 가로수중 은행나무를 택하여 1988년 11월 9일부터 11월 13일 사이에 갓 떨어진 낙엽을 채취하여 S, Pb 및 Cd의 함량을 분석하였다.

은행나무 낙엽의 S 함량은 헤화동 0.88%, 용산 0.98%, 창동 0.95%로 높은 수치를 나타내었으며 중심지역에서 10 km 지역까지는 평균 0.65%였고 외곽지역은 평균 0.47%를 나타내었다. 서울중심지역과 외곽지역사이의 은행나무 가로수 낙엽에 함유되어 있는 유황은 유의한 차를 보였으나, 중심지역과 5-10 km내의 지역은 유의한 차이를 보이지 않았다.

Pb의 함량은 필동의 은행나무 낙엽이 118.95 ppm, 을지로 3가 112.22 ppm, 고속터미널 105.55 ppm을 나타냈고 광화문, 종로3가, 신촌지역의 은행나무 낙엽은 90 ppm이상의 높은 함량을 나타내었다. Pb의 함량에 있어서 광화문으로부터 0-5 km인 지역과 외곽지역(10-15 km) 사이에는 L.S.D. 검정결과 유의차가 있었으나, 중심지역과 5-10 km이내 지역 사이에는 유의차가 없었다. 이 결과로 미루어 볼 때 오염이 심한 곳은 당산, 신촌, 공덕동, 광화문, 을지로3가, 필동, 길음지역이었다. 은행나무 낙엽의 Cd함량은 지역별로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 여의도, 신촌, 공덕동, 행당동, 길음, 청량리, 이문동 지역의 은행나무 낙엽이 높은 편이었다.

### 引 用 文 獻

- 金炳宇. 1984. 道路邊 植栽植物의 成長에 미치는 lead 및 cadmium의 影響에 관한 研究. 東國大學校大學院 博士學位 請求論文.
- 張楠基. 1990. 서울地域의 大氣汚染이 降水와 생물에 미치는 영향. 2. 능수버들 가로수 皮層의 S, Pb 및 Cd 含量에 의한 大氣의 相對 汚染度의 추정. 한생태지 13 : 143 - 148.
- 중앙기상대. 1985, 1986, 1987. 기상연보, p.132, 15, 17.
- 차종환. 1975. 환경오염과 식물. 현대과학신서. 서울.
- Allen, S.E., H.M. Grimshaw and J.A. Parkinson. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Pub. U.S.A.
- Carroll, R.E. 1966. The relationship of cadmium in the air to cardiovascular disease death rates. J. Ame. Med. Ass. 198 : 177-179.

- Cha, J.W. 1974. Ecological studies of plants for control of environmental pollution. III. The studies on the content and contamination of heavy metals and vegetation of roadside. Korean J. Bot. 17 : 158-162.
- Cha, J.W. and B.W. Kim. 1975. Ecological studies of plants for the control of environmental pollution. IV. Growth of various plant species as influenced soil applied cadmium. Korean J. Bot. 18 : 23-30.
- Dassler, H.G. and S. Bortitz. 1988. Air pollution and its influence on vegetation. Dr W. Junk Pub. German.
- Ichiro, Y. and K. Kitagishi. 1982. Heavy metal pollution in soil of Japan. Japan Scientific Societies Press. Tokyo.
- Kim, J.B., J.O. Bea, J.G. Kim, J.J. Park, H.O. Nam and S.M. Cho. 1985. Studies on the air pollution tolerance of the urban trees. The report of NEPI, Korea 7 : 337-352.
- Kim, H.J. 1985. Studies on the heavy metal pollution in soil and barks of road side trees. M.S. Thesis, The Graduate School of Education, Ewha Women's Univ.
- Lagerwerff, J.V. and A.W. Specht. 1970. Contamination of roadside and vegetation with cadmium, nickel, lead and zinc. Environ. Sci. Tech. 4 : 583-596.
- Park, B.K. and O.K. Kim. 1983. Ecological effect of zinc and lead on plants. Korean J. Ecol. 6 : 98-105.
- Sung, M.W. 1979. Effects of Cd, Hg and Pb on the respiration of germinating seeds. Korean J. Bot. 22 : 15-20.
- Suwannapenut, W. and T.T. Kozlowski. 1980. Effect of SO<sub>2</sub> on transpiration, chlorophyll content, growth and injury in young seedling of weedy angiosperms. Can. J. For. Res. 10 : 78-81.
- Yim, K.B., T.W. Kim, K.W. Kwon, K.J. Lee, Y.H. Cheung and J.K. Lee. 1979. Studies of the effect of environmental pollution of the growth of urban trees( I ). Bulletin of Seoul National Univ. Forests 15 : 80-102.

(1990年 4月 6日 接受)