

# 大田 市の 街路樹 樹皮 및 表土의 重金屬 汚染에 關한 研究

## 1. 街路樹 樹皮 內의 重金屬 蓄積에 關한 研究

吳 仁 惠

培材大學校 理工大學 生物學科

## Study On The Heavy Metal Pollution in Soils and Barks of Roadside Trees in Taejon

### 1. Study on the heavy metal contents of barks of roadside trees

In-Hye Oh

Dept. of Biology, Pai Chai University

대전시 도로변의 대기오염 정도를 알아보기 위하여 주요 간선도로변, 외곽의 도로변 및 보문산의 가로수 중 버즘나무 (*Platanus orientalis*), 은행나무 (*Ginkgo biloba*) 및 백합나무 (*Liriodendron tulipifera*) 를 선택하여 그 수피내의 납과 카드뮴의 축적량을 측정하고 교통량과의 관계를 분석하였다. 수피내의 납 축적량은 가로수의 수피에서는 2-1109ppm 으로 보문산 지역의 수피내의 함량이 5-11ppm 인데 비하여 지역에 따라 차이도 심하고 농도가 높았다. 또한 교통량과의 관계는 차량통행량의 증가에 따라, 특히 병목 현상이 심한 지역에서 납의 함량이 높게 나타났는데, 차량 통행량 증가에 따라 수피내의 중금속의 최대 축적량이 비례적으로 증가하였다. 이에 비하여 가로수 수피내의 카드뮴 축적량은 보문산 수피내의 축적량보다 다소 높았으나 변이가 적게 나타났다.

To find out the extent of air pollution in Taejon city, we investigated the contents of heavy metals in barks of trees in principal roadside, the outer block of a roadside and Pomunsan Park. Among the roadside trees in these areas, *Platanus orientalis*, *Ginkgo biloba* and *Liriodendron tulipifera* have been chosen. And we analyzed the relationship between the content of heavy metal of the barks and the traffic volume expressed by cars passing through for an hour.

The range of contents of the lead in barks of the trees in the roadside and Pomunsan Park were respectively 2-1109 ppm and 5-11 ppm. Generally the contents of lead of barks of the trees in roadside was much higher than that in Pomunsan Park. And there has been positive correlation between the traffic volume and the content of lead in the barks. The more cars passing through for an hour, the higher the maximum in contents of lead in the barks of roadside trees. By the way the contents of cadmium in barks of the roadside trees was slightly higher than that in Pomunsan Park and was little variable.

**Keywords** : air pollution, roadside trees, lead, cadmium, traffic volume.

## I. 서론

우리나라는 1960년 대 중반부터 급격한 산업화가 이루어지면서 인구의 도시 집중현상이 두드러졌다. 특히 서울의 경우는 심하여 1955년에는 157만명에 불과하던 것이 1970년대에는 553만명, 1982년에는 892만명으로 증가되었다(최, 1982). 또한 자동차의 급증으로 인한 도심지의 대기오염이 매우 심각한 문제가 되고 있다. 도시의 대기 오염원은 첫째로 공장에서의 배출물, 둘째 자동차에서 나오는 배기가스, 셋째 인간의 생활활동 결과 배출되는 오물 및 가스들로 분류될 수 있다(Ichiro and Kitagishi, 1982). 우리나라의 경우 대기오염의 주 원인은 자동차 배기가스로 보고되어 있는데, 자동차 배기가스로부터 나오는 납, 유황과 타이어의 마모 잔유물로 부터 나오는 카드뮴은 생물에 큰 피해를 줄 수 있다(Langerwerff and Specht, 1970).

이들 오염물질은 대기에 의해 운반되어 토양 내에 축적되어 있다가 식물체에 흡수되거나, 직접 식물체에 흡수되면 세포내 원형질을 구성하는 단백질과 결합하여 세포를 파괴시키고 효소의 작용을 억제하며 호흡작용과 연관된 여러가지 생리적 작용을 저해한다(차, 1975). 辰己修三(1973)의 보고에 의하면 가로수의 잎과 그 표토 내에는 Pb, Zn, Cu, Cd, Mn 및 Fe이 비교적 높은 농도로 축적되어 있다고 한다. Zn, Cu, Mn은 식물의 성장에 필요한 미량원소들이나 과잉 축적되거나 또는 Pb이 축적되면 식물체에 유해하다(Page & Locke, 1970).

카드뮴은 다른 원소 보다 생물체에 더 치명적인 영향을 주는 원소로 식물에서 카드뮴 처리를 하면 양분의 흡수가 저하되며 황화현상이 나타나고(Cha and Kim, 1975) 또 식물의 발아도 저하된다고 보고하였다(Sung, 1979). Carroll (1966)은 호흡기관에 의해 다량의 카드뮴이 흡입하면 심장병을 일으킨다고 보고하였다. 또, 도로 주변 토양에서 가장 현저한 차이를 보이는 금속은 납으로 그 농도는 교통량에 비례하며 도로변에서의 거리에 반비례한다(Warren & Delavault, 1962). 또한 차(1975)는 납이 식물에 흡수되면 잎에 황화현상이 나타나고 빠른 낙엽현상이 수반된다고 하며, 清水 등(1973)은 식물의 종류에 따라 납의 유독성에 대한 내성이 다르다고 했다. 성(1976)은 pH에 대한 납 흡수 및 유해 증상은 알칼리성일수록 더욱 가중화

된다고 보고한 바 있다.

그리하여 최근에 들어 구미 여러나라와 함께 일본과 우리나라에서도 대기 오염의 지표로서 가로수가 집중적으로 연구되고 있다 (Flores & Casterllon, 1982; 岡崎正規 등(1977); 池田愛一郎 & 依田恭二(1982); 강과 최(1972); 김(1980, 1982); 성(1976); 성과 정(1977); 차(1974, 1975)). 그러한 연구 결과 가로수 종에 따라 중금속의 축적도와 중금속에 대한 내성 범위가 밝혀지고 있다. 그런데, 우리나라의 경우는 주로 서울지역만을 대상으로 연구될 뿐(장 과 이, 1990; 장 과 이, 1990; 장 등, 1990), 다른 지역에서의 광범위한 조사가 이루어 지지 못하고 있는 실정이다.

대전시는 인구가 1955년에 17만명, 1970년에는 41만명, 1982년에는 70만명, 1990년에는 106만명으로 증가되었으며, 등록 차량의 수는 1985년에 2.6만 대에서 1990년에 9만대로 증가하였다(대전통계연보, 1991). 차량의 등록수만을 고려해 본다면 크게 많은 것은 아니나 대전지역이 앞으로도 건축이 지속된다는 점과 대전이 주변 지역에서 차지하는 비중등을 감안해 볼 때, 대전시에는 등록된 차량이외에 대전지역을 경유하는 차량의 비율도 상당함을 충분히 짐작할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 대전시 전체의 가로수를 대상으로 가로수의 수피에 축적되어 있는 Pb 및 Cd의 농도를 측정하고 교통량과의 관계를 조사하고자 한다.

## II. 조사지역, 재료 및 방법

### 1) 조사 지소 선정

조사지소는 대전시 전체 도로를 중심으로 하여 크게 배치하여 50 지소를 선정하였다(Fig. 1). 그리고 교통량이 적은 보문산을 대조구로 선택하였다.

### 2) 재료 및 분석내용

조사재료는 대전지역의 주 가로수종인 버즘나무(*Platanus orientalis*), 백합나무(*Liriodendron tulipifera*) 및 은행나무(*Ginkgo biloba*)를 대상으로 하였으며 잎이 완전히 변성된 나무의 수피를 채취하였다(Fig. 2). 표본으로는 수목의 직경이 약 15 cm, 수고 1-3 m의 가로수를 선택하였다.

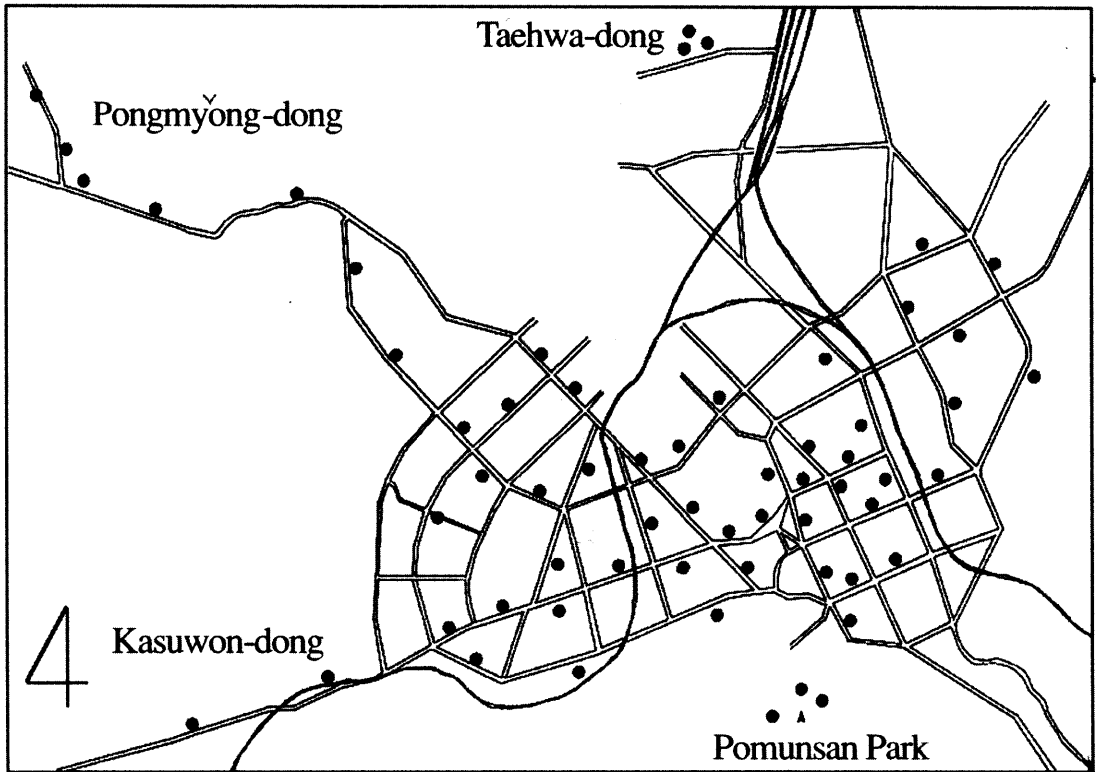


Fig. 1. Geographical map of sampling sites.

0 900m

3) 분석방법

수목의 수피는 70°C에서 48시간 건조시켜 후 분쇄기로 갈아 0.5 mm 체로 쳐서 보관하였다. 그중 0.5g 취하여 conc. HNO<sub>3</sub> 5 ml/g를 가하여 약한 열로 30 분간 가열한 후 식히고, ternary solution 2-4 ml/g를 가하여 100-200°C 에서 더 이상 갈색 연기가 나오지 않고 액이 맑아지게 될 때까지 가열하였다. 가열이 끝나면 식혀서 여과하고 증류수를 가하여 50 ml 로 한 다음 원자흡광광도계 (Atomic Absorption Spectrophotometer) 로 중금속의 농도를 측정하였다 (Standard Method, 1989).

Ⅲ. 결과 및 논의

수피의 중금속 농도를 측정한 결과는 Table 1 과 같다. 가로수 수피내의 납 축적량은 보문산 수목의 수피내의 납 농도가 5-11ppm 으로

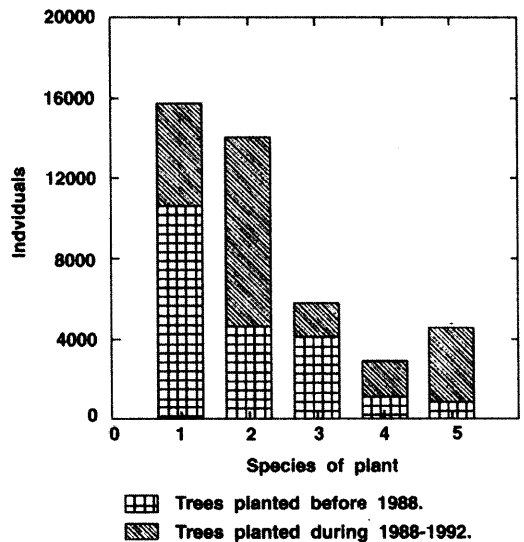


Fig. 2. The individuals of roadside trees of Taejeon city.

1. *P. orientalis* 2. *G. biloba* 3. *L. tulifera*  
4. *S. pseudo-lasiogyne* 5. Etc.

Table 1. Total ranges of concentrations(ppm) of lead and cadmium in barks for three plant species from the roadside and Pomunsan

species \ metal	metal	Site	
		Roadside	Pomunsan Park
<i>Platanus orientalis</i>	Pb	2-395	5-11
	Cd	2.30-6.25	3.40-4.22
<i>Gingko biloba</i>	Pb	3-1109	3
	Cd	2.40-8.70	3.40-3.80
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Pb	2-750	-
	Cd	2.70-5.71	-

농도가 낮고 변화 폭이 적은데 비하여 도로변의 가로수 수피의 납의 농도는 2-1109ppm 으로 지역에 따라 변이가 심하고 농도도 높았다. 카드뮴 측정량도 보문산 수목의 수피는 3-3.8ppm인데 비하여 도로변 가로수 수피내의 농도가 2 배 정도 높았다(Fig. 3). 이는 다른 요인도 관여되나 주로 자동차 배기 가스 중에 포함되어 있는 납 성분으로 인한 것이라 사료된다.

가로수 수피내의 납 축적량도 지역에 따라 차이가 큰데 동양 백화점 앞 은행동사거리 수목 수피에서 1100ppm 으로 납 축적량이 가장 높았으며 정립동 앞은 850ppm, 문화국교 앞 및 서대전 사거리는 500ppm 이상이었고 교보 건물 앞, 용문사거리, 목동사거리, 서대전 역 앞 및 보문 오거리는 300ppm 이상이었다. 1990년에 조사된 자동차 통행량과 비해볼 때 정립동은 최근 교각 공사로 자동차의 병목 현상이 심하고 목동사거리 또한 고속버스터미널과 연결된 지역으로 자동차의 지체 현상이 심하며 용문사거리 또한 최근 둔산 신도시 건설을 위한 대형 차량의 통행이 많은 지역이다. 이러한 조사 결과로 볼 때 자동차의 통행량이 많고 병목 현상이 심한 지역의 수목에서 수피내의 납 함량이 높게 나타났다. 이것은 Kim이 1983년 서울지역에서 납 축적량이 중앙청 앞은 1218ppm, 성북구 안암동 778ppm, 시청앞 168ppm 라고 보고한 결과와 거의 비슷한 농도이다(김, 1984). 납 오염의 정도는 차량 배기 가스의 양에 비례할 뿐만 아니라 도로면적이나 고층 건물의 수 등에도 연관된다 (하, 1972). Lisk(1972)는 납이 일반

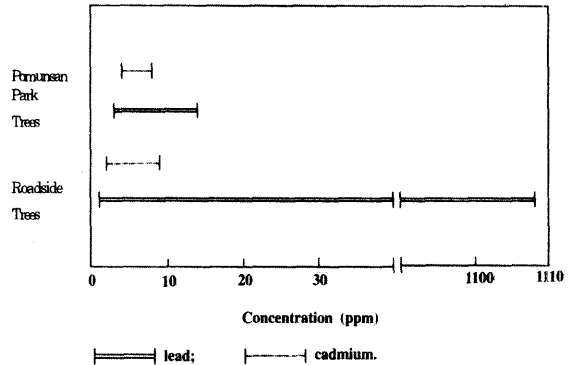


Fig. 3. Total ranges of lead and cadmium concentration in barks from different localities.

적으로 식물체 내에 흡수가 어려운 금속이라 보고한 바 있고 성(1976)은 납의 식물체 내의 흡수는 알칼리성 토양일수록 더 큰 장애를 받는다고 하였다. 이러한 두가지 사실로 미루어 볼 때 대기 중의 납 농도는 실제로는 더욱 높다고 추정해야 할 것이다. 납은 식물체 내에서 광합성 작용 억제 (Miles et al., 1972), 호흡작용 억제 (Koeppe and Miller, 1970), 단백질 합성 억제 (Huang et al., 1974) 및 효소의 작용을 억제한다(Martin, 1962)고 한다. 본 실험결과에서는 가로수 수종에 따라서 보다는 교통량에 따라서 가로수 수피내의 중금속 축적량이 뚜렷한 차이가 있었는데 식물체의 원소 흡수력은 원소의 종류 뿐아니라 식물 종류에 따라 다양하다고 한다(Lowman et al., 1971; Svedrup et al., 1972).

가로수 수피내의 중금속 축적량에 미치는 차량의 영향을 평가하기 위하여 시간 당 자동차의 통행량과 중금속 농도와 관계를 조사하였다. 자동차 통행량 자료는 대전직할시에서 발행한 '도시 교통소통 개선계획' (1990) 자료를 이용하였다. 자동차 통행량과 가로수 수피내의 납의 농도를 조사한 결과는 Fig. 4 와 같다. 시간 당 자동차 통행량이 2000 대 이상인 지역에서는 수피내의 납 축적량은 변이가 커졌으며 수피내 최대 납 축적량은 자동차 통행량 증가에 따라 직선적으로 증가됨을 보여준다. 이러한 결과는 자동차 통행량이 같은 지역이라도 수피의 표본 부위에 따라 납 축적량이 다를 수 있으며 또한 대전 지역의 가로수가 1988에서 92년 사이에 수목된

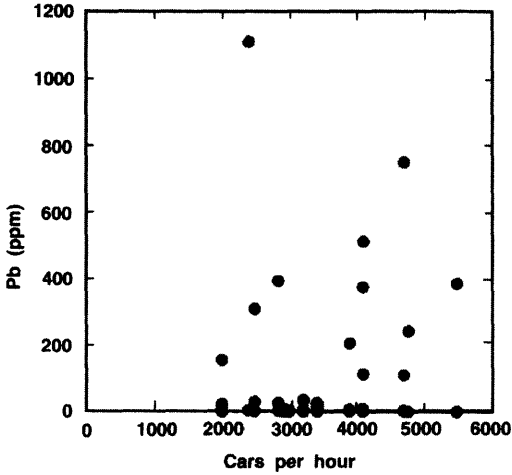


Fig. 4. The relationship between concentration of lead and cars per hour.

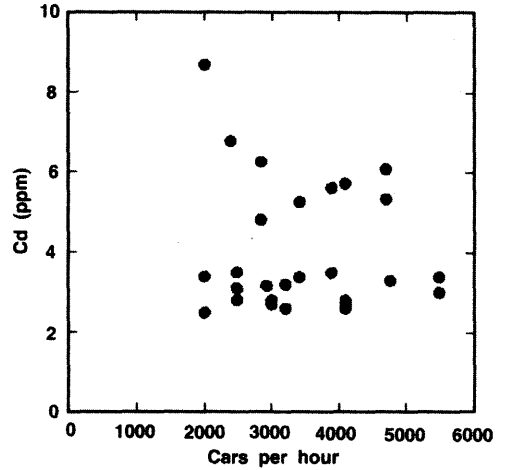


Fig. 5. The relationship between concentration of cadmium and cars per hour.

량이 많기 때문일 (Fig. 2) 것으로 사료된다. 또한 자동차 통행량 조사는 1990 년에 이루어져 자동차 통행량의 증가가 빠른 대전에서는 1992 년과는 많은 차이가 있을 것으로 추측된다. 또한 자동차 통행량 조사가 광범위하게 이루어 지지 못하고 대전의 도심지역에서만 이루어져 현재 자동차 통행량이 급격히 증가하는 가수원동, 정립동 및 유성구 지역에 대한 자료가 없는 실정이다.

수피내의 카드뮴 농도는 조사 지역에 따라 크게 변이는 없었으나 동양 백화점 앞 은행동사거리, 대전역 앞, 보문 오거리, 정립동, 서대전사거리, 문화국교 앞, 충남 지방공무원 교육원 앞이 4ppm 이상으로 높았다. 단위 시간 당 자동차 통행량과는 밀접한 연관성은 없었다 (Fig. 5). 대기 중의 납, 카드뮴은 대기 중에 1-4 주간 머물다가 토양에 흡착되거나 기공을 통하여 잎 내에 흡수된다. 이때 토양을 통해 근계에 흡수되는 것과 잎에서 흡수되는 것은 상호간의 이동이 거의 없는데 이는 납이 식물체 내에 흡수된 후 음이온과 결합하여 복합염을 형성함으로써 불용태로 축적되기 때문이다. 그러므로 수피내의 중금속은 대개 토양에 의해 흡수된 것이 아니라 공기 중으로 부터 기공을 통하여 직접 흡수된 것이라 생각된다 (김, 1982)

수피내의 납과 카드뮴 농도의 상관관을 조사하였다 (Fig. 6). 두 이온의 상관정도는 0.46이었다.

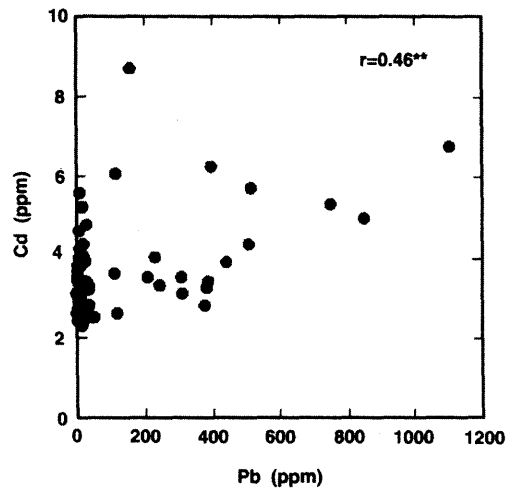


Fig. 6. The correlation between concentration of lead and cadmium.  
\*\* : highly significant.

위의 결과를 종합하여 보면, 대전 시 가로수의 수피 내의 납과 카드뮴의 축적량은 자동차의 통행량과 밀접한 관련이 있으며 특히 자동차의 병목 현상이 심한 곳일수록 높았다. 또한 조사 지역의 특성, 토양 및 채집지소에 따라서도 다른데 중금속의 축적량의 최대치가 교통량이 증가함에 따라 비례적으로 증가함을 알 수 있었다.

## 참고 문헌

1. 강상준, 최혜숙. 1972. 자동차 매연 중의 미량금속이 토양 및 식물체에 미치는 영향. 한국 식물학회지, 15(3):9-13
2. 김병우. 1980. 도로변 수종 식물체 내의 Zn, Mn, Fe, Pb의 함량에 관한 연구. 상지대 논문집 1:195-203.
3. 김병우. 1982. 수종식물의 생육에 미치는 중금속의 영향에 관한 연구. 한국생태학회지 5(4):176-186.
4. 김희자. 1984. 가로수 수피 및 표토의 중금속 오염에 관한 연구. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
5. 대전직할시. 1991. 제30회 대전통계연보.
6. 성민웅. 1976. Pb 이온의 침전과 식물생장의 억제에 관한 연구. 한국식물학회지 9(1):1-6.
7. 성민웅, 정영호. 1977. 식물체의 Pb 흡수 및 유독성에 미치는 음이온의 영향. 한국식물학회지 20(1):7-14.
8. 장남기, 이은영. 1990. 서울 지역의 대기오염이 강수와 생물에 미치는 영향 2. 능수버들 가로수 피층의 S, Pb 및 Cd 함량에 의한 대기의 상대 오염도 추정. 한국생태학회지 13(2):143-148.
9. 장남기, 이경형. 1990. 서울 지역의 대기오염이 강수와 생물에 미치는 영향 3. 지역별 은행나무 낙엽의 S, Pb 및 Cd 함량. 한국생태학회지 13(3):165-172.
10. 장남기, 배진호, 김승철. 1990. 서울 지역의 대기오염이 강수와 생물에 미치는 영향 4. 지역별 소나무 수피의 S, Pb 및 Cd 함량변화. 한국생태학회지 13(3):173-180.
11. 차종환. 1974. 환경오염 방지를 위한 식물의 생태학적 연구(III)-도로변 식생과 중금속 함량 및 오염에 관한 연구. 한국식물학회지 17(4):158-162.
12. 차종환. 1975. 환경오염과 식물. 현대과학신서.
13. 최병찬. 1982. 대기중 자동차 배출가스에 의한 오염물질에 관한 연구. 건국대학교 산업대학원 석사학위 논문.
14. 하영신. 1972. 서울시내 대기 중 Pb의 오염에 관한 연구. 이화여자대학교 대학원 석사학위 청구논문.
15. 岡崎正規, 山根一郎, 右田裕二, 宮田千春. 1977. 街路土壤のアルカフリ化と重金属汚染 - 東京都府中市お例として -. 농업토목학회지 제 49권 제 9호 13-17.
16. 池田愛一郎 & 依田恭二. 1982. 堺市における土壤の金属汚染. 日生態會誌 32:241-249.
17. 辰巳修三. 1973. 重金属と樹木. 公害對策, 9(9):1-12.
18. 清水武, 市倉恒七, 前田正男. 1973. 水滔およびそさいの鉛の吸収について. 日本土肥要旨 19:166.
19. APHA-AWWA-WPCF. 1989. Stand Methods, 17th ed. American Public Health Association.
20. Carroll, R. E. 1966. The relationship of Cadmium in the air to cardiovascular disease death rates. J. Ame. Med. Ass., 198:177-179.
21. 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.
22. Flores, M. R. and E. R. Casterillon. 1982. Lead and cadmium levels in soil and plants near highways and their correlation with traffic density. Environmental pollution 4:281-290.
23. Huang, C. Y., F. A. Bazzas and L. N. Vanderhoff. 1974. The inhibition of soybean metabolism by cadmium and lead. Plant Physiol. 54:122-124.
23. Ichiro, Y. and K. Kitagishi. 1982. Heavy metal pollution in soils of Japan, Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
25. Koepe, D. E. and R. J. Miller. 1970. Lead effects on corn mitochondrial respiration. Science 107:1376-1378.
26. Lagerwerff, J. V. and A. W. Spectht. 1970. Contamination of roadside and vegetation with Cadmium, Nickel, Lead and Zinc. Environ. Sci. Tech., 4:583-596.
27. Lisk, D. J. 1972. Trace metals in soil. Adv. Agron. 24:267-325.
28. Lowman, F. G. T. R. Rice and F. A. Richards. 1971. Accumulation and redistribution of radionuclides by marine organisms. Radioactivity in the marine environment 161-199.
29. Martin, F. 1962. Fundamentals of microbiology. Saunders Co. pp. 244-246.
30. Miles, C. D., J. R. Brandle, D. J. Daniel, O. Chuder, P. D. Schnare and D. J. Uhlik. 1972. Inhibition of photosystem in isolated chloroplast by lead. Plant Physiol. 49:820-825.
31. Page, A. L. and J. K. Locke. 1970. Relationship of automotive lead particulates to certain consumer crops. Environ. Sci. & tech., 4(4):324-330.
32. Sung, M. W. 1979. Effects of Cd, Hg and Pb on the respiration of germination seeds. Korean J. Bot., 22:15-20.
33. Svedrup, H. U., M. W. Johnson and R. H. Fleming. 1972. The oceans: their physics, chemistry and general biology, 10th ed. Prentice-Hall Inc., N. J.
35. Warren, H. V. and R. E. Delavault. 1962. Lead in some food crops and trees. J. Sci. Food. Agr., 13:96-98.