

環境汚染 防止를 위한 植物 生態學的 研究(Ⅳ)
—Cadmium 處理土壤에 의한 여러植物의 生長反應—

車 鍾 煥 · 金 炳 宇
(京畿大學校 師範大學 科學教育科)

Ecological Studies of Plants for the Control of
Environmental Pollution. IV.
—Growth of Various Plant Species as Influenced by Soil Applied Cadmium.—

Cha, Jong Whan and Byung Woo Kim
(Dept. of Science Education, Dongguk University, Seoul)

ABSTRACT

The relations of the growth responses of plants, i.e. 4 species of crops, 12 species of roadside trees and 5 species of horticultural plants to cadmium (Cd) to which added soil were studied in pot culture.

Growth in dry weight of corn, soybean, barley and wheat plant were decreased with increase of Cd concentration.

Damage of corn plant caused by Cd treatment was more or less recovered when it was grown in soil with calcium, but that of other three crops was not recovered when it was with calcium.

Although crop plants used here absorbed small amount of Cd through root, Cd content in the shoot was directly proportionate to the concentration of Cd treated to soil.

Additions of calcium and sulfur to soil were effectively to change of soil pH, and only of calcium increased exchangeable calcium and cation exchange capacity of its soil.

The chlorosis on leaves caused by Cd treatment was observed in 2 species such as *Euonymus japonica* and *Rhododendron yedoense* out of 5 species of the horticultural plants, especially at 50 ppm of Cd concentration, *Euonymus japonica* occurred symptoms of chlorosis and defoliation, and at the higher concentration than that the symptoms were sever more and more. At 200 ppm of Cd feeble damage was observed in *Pinus koraiensis* and *Ginkgo biloba* but severe chlorosis observed in *Robinia pseudoacacia* and *Sabina chinensis*, *Buxus koreana*, *Abies holophylla* and *Platanus orientalis*. Nevertheless those plants had serious damage at 200 ppm of Cd, such symptom was weakened by adding calcium to soil with Cd. There were

many Cd tolerant species out of the plants used in thies xperiment, such as *Crassula falcata*, *Chrysanthemum morifolium*, *Hibiscus syriacus*, *Ligustrum ovalifolium*, *Liriodendron tulipeferia*, *Lespedeza crytobotrys*.

序 論

Cadmium (Cd)은 다른 인소보다도 生體에 더 치명적인 영향을 주는 重金屬元素이다. 1962년 日本北部의 한 지역 내 Cd광산으로부터 223명의 많은 Cd 重金屬 病환자가 나타나는 기록이 보고 됴므로써 크게 문제가 야기되었다.

이를 중심으로 環境內의 Cd에 의한 人間이나 動物에 對한 장애현상에 관한 보고는 많으나(Axelsson과 Piscator, 1966; Carrd, 1966; Perry와 Schroeder, 1955; Schroeder, 1965; Shroeder와 Balassa, 1961; Smith 등, 1955) 植物에 依해 흡수되는 Cd에 관한 보고는 많지 않다.

Cd는 農藥, 肥料 및 交通기관을 통해서 汚染되고 또 공장지대의 廢物에 의하여 오인된 토양을 볼 수 있다. 음식물 속의 Cd함량은 濕重량을 기준으로 0.01~5.4ppm 범위로 檢出되었다(Schroeder 등, 1967).

Lagerwerff와 Sprecht(1970)는 交通량이 많은 도로변과 다이아 전유물에 의해서 Cd로 汚染되었다고 생각되는 곳에서 자란 무우잎에 수 ppm의 Cd가 함유됨을 발표하였다. Schroeder와 Balassa(1961)는 Cd오염지에서 Cd흡수능을 조사한 것과 類酸施用으로 약간 더 흡수되었으나 음식물에 포함된 것에 비하여 植物體內의 양이 아주 많은 편은 아니었다.

Lagerwerff(1970)는 土壤속의 Cd 함량이 5배 증가되면 무우의 體內 Cd함량은 약 2배 정도로 더 작은 변화가 나타나고 토양 pH가 5.9에서 7.2로 상승되면 植物의 生産量이나 重金屬含量이 감소되는 결과를 가 지온다고 하였다.

Page 등(1972)은 Cd 수용액에서 여러 栽培植物을 길러 生長 反應과 植物體內의 Cd함량을 조사한 결과 0.1~10μg/ml에서 生長이 약 50% 늦어지는가 하면 植物體內 Cd함량은 水溶液의 Cd농도가 짝을수록 높았다고 하였다. 이들 葉內含量은 9μg/g(콩잎)에서 469μg/g(turnip)까지 分布차이가 있다고 하였다.

植物體內의 Cd의 흡수는 수용액이나 토양을 통해서 또는 大氣로부터 일으켜 흡수하는 경우가 있으나 본 實驗에서는 土壤을 통해서 흡수한 후 植物에 나타나는 反應을 추구하였다. 즉 栽培植物과 街路樹 및 園藝植

物の Cd에 對한 反應을 조사함으로써 環境 汚染地에서 問題되는 이들 植物의 선정 및 環境美化를 위한 기초 자료 및 정보를 얻고자 하는 데 이 論文의 목적이 있다.

實驗材料 및 方法

<實驗 1>

本 實驗에서 使用된 植物은 옥수수(*Zea mays* L. 골든드로스 반탁옥수수)이다. Cd급원으로서 CdCl₂·2½ H₂O를 처리하였으며 Cd의 처리농도는 20ppm, 80ppm, 160ppm으로 각 농도별로 土壤 酸度別 反應을 調查하기 위해 1% sulfur와 1% CaCO₃를 처리하여 식질양토와 균등히 혼합하였다.

따라서 옥수수를 위한 처리는 10헥타(control, 20 ppm, 20 ppm+1% S, 20 ppm+1%Ca, 80 ppm, 80 ppm+1% S, 80 ppm+1%Ca, 160 ppm, 160 ppm+1%S, 160 ppm+1% Ca), 4반복으로 設計했으며, 파종은 보름에 1974년 9월 7일에 하고, 9월 14일에 土壤 2kg을 넣은 花盆에 移植하였다.

重金屬의 용탈을 防止하기 위해서 관수용 水의 길게 했으며 周期的으로 生長을 調查하고 10월 2日 收穫했으며 收穫된 食물은 70°C에서 건조시켜서 地上部와 地下部로 分離하여 生産량을 조사하였다. 토양조사는 植物을 改穫한 후 채취하여 室溫에서 氣乾시킨 후 재료 使用하였다.

<實驗 2>

이 實驗에 使用된 植物은 大豆(*Glycine max.* L. 흰콩, 작물시험장, 장미품종) 보리(*Hordeum vulgare* L. 울보리), 밀(*Triticum aestivum* L. 수제 185호) 등이다. 토양은 사질양토를 사용하였다.

이 實驗은 實驗 1의 결과를 고려하여 2% CaCO₃를 사용하여 토양의 alkali反應에 따른 重金屬反應을 시도하였다. 파종은 9월 25일에 하고, 植物體收穫은 11월 10일에 하였다. Cd처리구는 control, Cd 20 ppm, Cd 80 ppm, Cd 80 ppm+2%CaCO₃, Cd 160 ppm, Cd 160 ppm+2% CaCO₃ 등 6처리구 8반복으로 설계되었다.

기타 Cd급원植物, 栽培管理, 材料採取 및 調查方法

은 實驗 1 과 同—하게 하였다.

實驗 1 과 2 의 植物體內 Cd 分析은 연세대 公營 研究所의 도움으로 Official method of analysis of the association of official analytical chemist(A.O.A.C 1970, p. 403)에 의해 이루어 졌다.

<實驗 3>

本 實驗의 材料는 東國大學校 溫室에서 재배하는 園藝植物에서 生育條件이 一定한 것 五種을 선정하였다.

크라수라 肥大草(*Crassula falcata* Wendl), 국화(*Chrysanthemum morifolium* Ramat), 사철나무(*Euonymus japonica* Thunb), 꽃기린(*Euphorbia splendens* Bojer), 영산홍(*Rhododendron yedoense* Maxim) 등이다.

각 植物의 개재수에 따라 처리구수는 一定치 않았다.

Cd처리 농도는 control, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm 등으로 처리는 9월 11일에 하였으며, 관찰은 周期的으로 하였으며, 최종 生育反應調查는 처리 2個月 後인 11월 10일에 실시했다. Cd금원으로 $CdCl_2 \cdot 2\frac{1}{2}H_2O$ 를 사용했으며 처리후 관수는 처리용액이 용탈되지 않도록 주의깊게 하였다.

<實驗 4>

本 實驗에서 使用된 植物은 韓國에서 가루수 및 조경수로 많이 使用되는 다음과 같은 11종을 선정하였다.

잣나무(*Pinus koraiensis* S. et Z), 잣나무(*Abies holophylla* Max.), 향나무(*Sabina chinensis* L), 회양목(*Buxus koreana* Nakai), 무궁화(*Hibiscus syriacus* L.), 은행나무(*Ginkgo biloba* L.), 왕귀뚜나무(*Ligustrum ovalifolium* Hasskarl), 아카시아나무(*Robinia pseudacacia* L.), 튜올립나무(*Liriodendron tulipifera* L.), 플라탄나무(*Platanus orientalis* L.), 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya* Miquel) 등이다.

Cd처리 농도는 control, 40ppm, 100ppm, 200ppm 등 4 범위로 처리 되었고 각 처리별 반복수는 2~6으로 했다.

Cd금원은 $CdCl_2 \cdot 2\frac{1}{2}H_2O$ 이다.

Cd처리구에는 2% $CaCO_3$ 를 처리하는 畝를 친가했고 畝분의 크기는 참싸리는 39kg의 토양을 利用하고 기타 10개종은 2kg의 토양을 함유하는 畝분을 사용하였다.

처리는 9월 9일 1年生 묘목을 이식한 후 3주가 지나지 식물들이 완전히 활착되었다고 본 다음 9월 28일에 하였고 周期的인 관찰을 했으며 最終生長반응은

처리 1個月半 後인 11월 12일 조사했다. 관수 및 재배 조건은 實驗 3 과 같이 하였다.

實驗 1~4의 土壤 分析方法은 다음과 같다. 전질소는 Kjeldahl法, 유효인산은 Lancaster法, K와 Na는 Flame photometric法, Ca와 Mg은 chelate 적정법. 유기질은 Turin法으로 했다.

結果 및 考察

재배식물(옥수수, 大豆, 보리 및 밀), 원예식물(크라수라비데조, 국화, 사철나무, 꽃기린, 영산홍) 및 가루수(잣나무, 잣나무, 향나무, 회양목, 무궁화, 은행나무, 왕귀뚜나무, 아카시아나무, 튜올립나무, 플라탄나무, 참싸리)등에 대하여 Cd를 토양에 施用한 결과 植物體에 나타나는 影響은 다음의 여러표와 그림에서 관찰할 수 있다.

옥수수의 生長量에 미치는 土壤에 施用한 Cd의 影響을 Table 1 및 Fig.1에 표시한다.

Cd농도가 질을수록 地上部, 地下部 및 全體植物의 生長量은 낮은 値를 나타내고 있다. 160 ppm 처리구는

Table 1. Effect of Cd treatment on the growth

of corn plant(mg/plant)					
Treatment	pH	Top	Root	Plant	Top/Root
Control	4.39	180	256	435	0.70
20ppm	4.57	120	148	268	0.81
80ppm	4.32	133	130	263	1.02
160ppm	4.40	100	80	180	1.25
LSD 5%	—	76.3	54.50	82.8	—
LSD 1%	—	—	76.50	116.3	—

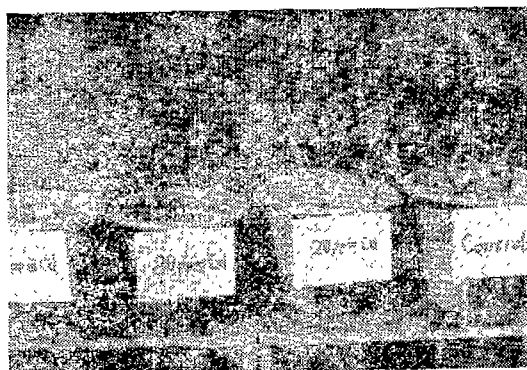


Fig. 1. Showing Cd treatment to the growth of corn plant.

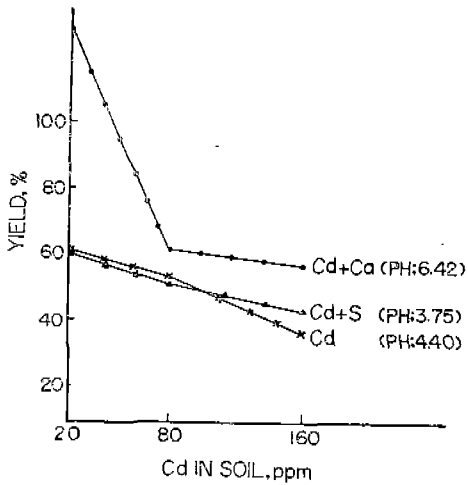


Fig. 2. Effect of pH and Cd concentration on the growth of corn plant.

생육후기에 고사하고 말았다(Fig.1).

이 실험과는 달리 토양재배에 의한 반응은 아니었지만 Page 등(1972)은 Cd수용액에 여러 재배植物을 수경재배하여 그 生長反應과 植物體內 Cd함량을 調査한 결과 Cd濃도가 0.1~10 μ g/ml에서, 植物種에 따라 一定하지는 않으나, 대개 生長이 약 50%정도 감소되었음을 발표하였다.

이와 같은 結果는 이 실험의 옥수수에서 Cd 20 ppm 농도로부터 나타나고 있다. 물론 Cd농도가 짙은 구에서는 더욱 현저히 나타나고 더 심한 감소현상이 보였다. T/R値는 對照區 및 Cd의 低濃度인 20 ppm에 비해 高濃度인 80 및 160 ppm구가 큰 것을 보여주었다. 이것은 흥미로운 結果로서 고농도에서는 지상부보다 지하부의 生長이 더욱 심한 障礙를 받았음을 보여주는 것이다.

옥수수의 生長에 미치는 pH 및 Cd농도의 영향은 Fig.2에 보여 준다. 이 그림의 測定値는 對照區의 생

장량을 100%로 기준하고 實驗區의 값을 환산한 것이다.

Cd농도가 짙은 區 또는 토양pH 値가 낮은 區(Cd+S區, pH: 3.75)는 Cd농도가 낮은 區 또는 Ca치리에 依해서 증성으로 된 區(Cd+Ca區, pH: 6.42)보다 더 生長량이 낮아지고 있다(Fig.2). 즉 Ca가 Cd의 障害現象을 어느정도 회복시킨다고 볼 수 있을 것이다.

Lagerwerff(1970)는 pH 5.9에서 7.2로 뒀에 따라 植物의 生長량이 감소된다고 했는데 그것은 이 實驗結果와 일치하지 않는 現象이므로 앞으로 더 追구할 문제라고 본다.

Cd를 처리하여 食物을 재배한 후의 몇 가지 토양성분을 精詳한 結果를 Table 2에 표시한다. Table 2의 수치는 평균치 인데, 浸漬소 濃도는 Cd+S區가 0.2%로 약간 높았으나 他처리구와 큰 차이는 없었다. 유효인산濃도는 167~257 ppm 사이에 分布되고, 有機物은 2.4~3.9%를 나타내고 있으며, 交換성Ca은 다른 처리구가 2~3m.e.인데 비하여 Cd+Ca 처리구만은 약 17m.e.로 8배정도 높았다. 이는 pH조절을 위해 Ca분토양에 使用했기 때문에 나타난 당연한 結果로 간주된다. 交換성Mg는 평균 0.65 m.e.로 처리간에 큰 차이가 없었다. K는 약 0.39 m.e.이고 Na는 평균 0.26 m.e.로 K나 Na 모두 처리간에 차이가 없었다. 이들 성분으로 보아 均일한 토양조건에서 성장했다고 볼 수 있을 것이다. 따라서 토양에 Cd를 처리한 후 옥수수를 재배한 결과 수확기의 土壤의 차이는 Ca함량과 염기치환용량 및 pH値에 나타났다. Ca침가구에서 Ca함량이 많다는가, Ca値가 높아지므로 염기치환용량値 등이 높고 토양의 pH가 다른 처리구에 비하여 증성에 育박함은 合理的인 結果라고 볼 수 있고 S처리에 의한 土壤산도가 높음도 당연한 結果로 본다.

공의 生長량에 미치는 토양에 施用한 Cd의 농도별 영향을 Table 3에 표시한다. 낮은 Cd농도에서는 지상부 및 지하부의 生長량에 큰 차이가 없으나 Cd농도가 漸을수록 兩部의 生長差가 심하였다. 또한 植物全體의

Table 2. Comparison of soil components after it has been cultivated corn plant, which treated with cadmium.

Treatment	Content	Total nitrogen (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable (m.e.)				Cation exchange capacity (m.e.)	Organic matter (%)	pH
				K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
Control		0.164	256.77	0.37	0.30	3.18	0.52	4.37	2.74	4.39
Cd		0.161	201.75	0.43	0.20	2.34	0.52	3.49	2.86	4.40
Cd+S		0.212	166.73	0.43	0.20	2.99	0.94	4.56	3.88	3.75
Cd+Ca		0.185	189.65	0.34	0.23	16.51	0.78	17.86	2.41	6.42

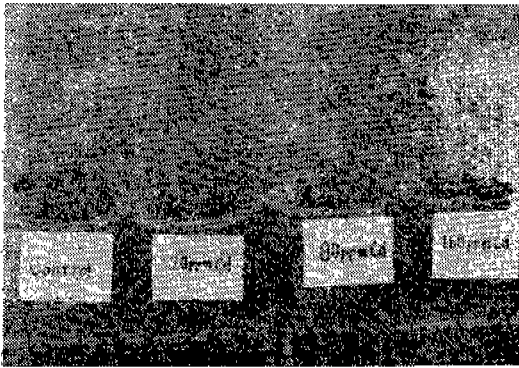


Fig. 3. Effect of different concentration of Cd treatment on the growth of soybean.

생장량도 농도가 짙을수록 심하게 낮아져서 통계적 유의성이 나타나고 있다.

Fig.3에서 볼 수 있는 바와 같이 Cd 80 ppm에서 chlorosis현상이 처음 일어나서 곧 잎끝이 말라 죽어갔으며 성장도 더 이상 일어나지 않았다. 물론 160 ppm에서는 이러한 현상이 더 빨리 일어났었다. 이러한 사실로 보아 前記한 옥수수과 같이 大豆도 Cd에 예민한 植物이라고 볼 수 있다.

보리의 生長量에 미치는 Cd처리영향은 Table 4에 표시한다. 이 결과는 前述한 大豆의 影響과 비슷하

여서 농도가 짙을수록 生長量이 감소됨을 볼 수 있다. 그리고 地上部보다 地下部의 生長이 심하게 늦어짐을 볼 수 있다.

본 실험에서 사용한 보리는 필자가 발표한 前報(1974)와 같이 地上部 生育에 현저한 차이가 없었다. 이트르아 보리는 품종에 따라 Cd에 대한 반응이 다를 수 있다.

즉 우리 나라 장려 품종이 미국에서 주로 재배하는 품종보다 Cd에 대한 저항성이 강하였다. 밀의 生長量에 미치는 토양에 施用한 Cd의 농도별 영향을 Table 5에서 볼 수 있다.

지상부의 Cd농도별 처리의 영향은 찾아 볼 수 없었으나 지하부의 生長量은 對照區에 비하여 Cd처리구는 상당히 낮은 値를 나타내고 있다. 마찬가지로 全體 生長量도 Cd처리구는 상당히 감소되었으나 Cd 처리간의 차이는 명확하지 않았다. 본 실험의 밀은 보리에 비해 生長량이 낮은 편이었다. 本 實驗에 使用된 옥수수, 大豆, 보리, 밀 등이 Cd의 濃度가 짙어지면, Page 등(1971)이 언급한 바와 같이, 生長이 50% 程度 또는 그 이상 감소되었다.

Table 6은 보리, 밀 및 大豆를 재배한 후 土壤成分을 조사한 결과 作物에 따른 차이가 없어 위 세 作物의 평균치를 나타낸 것이다. 또한 Cd의 농도에 따른 차이도 없어 이곳에서는 농도별 분석치를 평균해서 기재했다. 전질소는 0.15% 정도로 처리간에 차이가 없

Table 3. Effect of Cd treatment on the growth in dry weight of soybean plant

Treatment ppm	pH	Top(mg/plant)	Root(mg/plant)	Plant(mg/plant)	Top/Root
Control	5.10	450	550	1000	0.82
20	4.85	320	390	710	0.82
80	4.61	220	340	560	0.65
160	5.48	280	168	448	1.90
L.S.D. 5%	—	147.6	141.5	207.1	—
1%	—	—	190.4	278.8	—

Table 4. Effect of Cd treatment on the growth in dry weight of barley

Treatment ppm	pH	Top(mg/plant)	Root(mg/plant)	Plant(mg/plant)	Top/Root
Control	5.65	240	720	960	0.33
20	5.10	260	432	592	0.60
80	5.67	300	344	644	0.87
160	6.23	200	384	584	0.52
LSD 5%	—	—	106.5	100.5	—
1%	—	—	143.5	135.2	—

Table 5. Effect of Cd treatment on the growth in dry weight of wheat

Treatment ppm	pH	Top (mg/plant)	Root (mg/plant)	Plant (mg/plant)	Top/Root
Control	5.54	140	457	597	0.30
20	5.49	160	250	410	0.63
80	5.50	180	243	423	0.75
160	5.90	140	237	377	0.60
LSD 5%	—	—	196.8	180.4	—
1%	—	—	265.0	242.9	—

Table 6. Comparison of soil components after it has been cultivated barley, wheat and soybean which treated cadmium.

Treatment	Content pH	Total nitrogen (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Organic matter (%)	Exchangeable m.e.				Cation exchange capacity (m. e.)
					K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	
Control	5.10	0.158	8.76	2.71	0.26	0.12	3.21	0.52	4.09
Cd	5.50	0.145	7.34	2.00	0.31	0.13	4.94	0.52	5.90
Cd+Ca	7.49	0.154	5.59	2.24	0.33	0.24	18.72	0.62	19.88

었다.

유효인산의 함량은 5.59~8.76 ppm의 사이에 분포되고 유기물은 2.00~2.71% 사이에, 치환성 Mg은 0.52~0.62 m.e.로써 처리간에 큰 차이가 없었다. 그러나 치환성 Ca의 함량은 對照區나 Cd관용구에 비해 Cd+Ca처리구의 함량이 약 6 배정도 높은 것을 보였다. Ca는 pH조절을 위해 사용한 것이다. 또한 염기치환능력도 Cd+Ca區의 값이 다른 처리구의 약 4 배 정도 높았다. 이는 토양에 처리한 Ca 때문에 이런 결과가 나타난 것이다. 交換性 K⁺와 Na⁺의 함량도 處理 間에 別 差異가 없었다.

土壤에 처리한 Cd를 옥수수, 大豆, 밀 및 보리의 地上部 內에 흡수한 Cd 함량을 Tabel. 7에 표시한다. 각 植物 別 吸收能은 밀이 높은 편이었으나 他 植物과

Table 7. Relation between the amount of Cd treated soil and its absorbed by various plant species(ppm)

Treated	Absorbed			
	Corn	Soybean	Wheat	Barley
Control	0(trace)	0(trace)	0(trace)	0(trace)
20ppm	0.600	0.292	0.470	trace
80ppm	0.870	0.656	1.312	0.764
160ppm	0.948	1.580	1.560	1.836
LSD 5%	0.287	0.348	0.308	0.779
1%	—	0.469	0.414	1.049

큰 差異는 없었다. 네가지 植物이 모두 Cd의 處理濃度가 길으면 根을주루 植物體內 Cd함량은 많았다. 그러나 濃度와 비례하여 높은 값을 나타내지는 않았다. 本 實驗의 分析値는 Lagerwerff와 Sprech(1970)의 結果보다는 약 1 ppm 낮은 値이었다. 또한 page 등(1972) 등이 Cd의 여러 濃度의 水溶液에서 植物을 배양하였을 때 높은 Cd 9 ppm으로 生長量이 50% 정도 감소되었다고 하였는데 本 實驗에서는 이보다 낮은 Cd의 含量에서 植物의 生長量을 50% 이상 감소시켰다. 이상의 결과로 보아 토양에 施用한 Cd는 植物體에 吸收는 되나 많은 편은 아니었다. 本 實驗 材料의 生育 연령이 약 1個月 정도일뿐 아니라 地下部인 뿌리에 吸收되어 地上部까지 移動하여 축적된 것이므로 높은 値를 나타낼 수는 없을 것으로 해석된다.

園藝植物에 미치는 Cd의 영향을 관찰한 바에 依하면 크라스타라肥大草와 극화는 Cd 200 ppm 및 100 ppm에서도 反應이 나타나지 않았다. 따라서 이들은 耐Cd性 植物이라고 볼 수 있다. 그러나 사철나무는 잎에 chlorosis現象이 약간 나타났다. 이는 위의 두 植物에 비해서 다소 感受性이 예민한 植物이라 볼 수 있지만 가벼운 반응이었다.

꽃기린(*Euphorbia splendens*)은 다른 園藝植物에 비하여 反應이 예민하였다(Table 8과 Fig.4).

처리 일주일 후부터 200 ppm에서 잎에 chlorosis현상이 나타나고 2~3일후 100 ppm, 50 ppm에서도 나타났다. chlorosis의 강도는 농도가 질을주루 실패였고

이로 인해 落葉現象도 농도가 짙을수록 빨리 나타났다가 같은 시간에 200 ppm 처리구는 잎이 낙엽지는 모습을 Fig. 4에서 볼 수 있다.

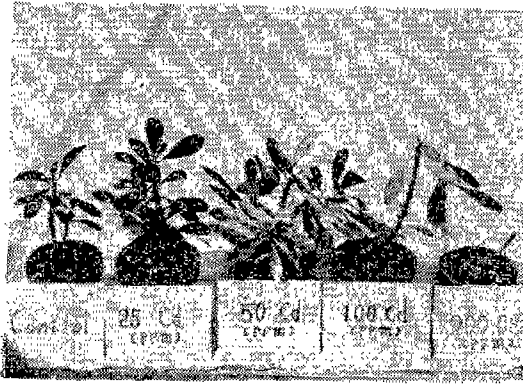


Fig. 4. Effect of Cd treatment on the growth of *Euphorbia splendens*.

Table 8. The effect of Cd on the growth response of *Euphorbia splendens*

Treatment ppm	pH	No. of plant	Response
Control	5.8	3	none
25	6.1	4	none
50	5.9	4	+
100	5.9	4	++
200	6.0	4	+++

None: Unspecific symptoms
+ ; chlorosis



Fig. 5. Effect of Cd treatment on the growth of *Robinia pseudoacacia*.

연산층은 Cd 100 ppm에서 反應이 나타나지 않았다. 단 2% S 처리에 의해 土壤의 pH가 4.6인 區에서는 약간의 chlorosis 現象이 일어났으나 심한 편이 아니었다. 따라서 이는 비교적 저항성이 강한 植物이라고 볼 수 있다.

Table 9에 나타난 각 가로수에 대하여 처리구와 동일한 개체수를 對照區에도 설치하여 반응을 조사하였다. 식물에 따라 반응은 일정치 않으나 chlorosis 現象과 落葉現象이 나타났다. 일차년도에 枯死현상과 같은 심한 障害現象은 나타나지 않았다. 무궁화나무, 왕귀똥나무, 튜울립나무 등은 Cd의 중금속원소에 대한 저항성이 강한 식물이고 은행나무와 잣나무에서는 약간의 chlorosis현상이 나타났고 아카시아나무와 향나무는 보다 더 심한 chlorosis가 일어나고 이로 인해 낙엽현상도 빨리 일어났다. 따라서 아카시아나무(Fig.5)와 향나무는 Cd중금속 오염지에는 부적당한 식물이라고 볼 수 있다(Table 9).

회양목과 잣나무의 Cd처리에 의한 反應에서 對照區나 低濃度(40 ppm)에서는 반응이 나타나지 않았으며 고농도인 200 ppm 처리구에서 chlorosis 現象이 약간

Table 9. The effect Cd treatment on growth response of the roadside trees

Species	Treated ppm	Number of plant	pH	Response
<i>Hibiscus syriacus</i>	200	4	7.26	none
<i>Ligustrum oralfoliam</i>	200	3	0.38	none
<i>Robinia pseudoacacia</i>	200	3	7.13	+++
<i>Ginko biloba</i>	200	3	5.64	+
<i>Liriodendron trilipifera</i>	200	3	5.74	none
<i>Sabina chinensis</i>	200	4	5.74	+
<i>Pinus koraiensis</i>	200	5	6.01	+

Table 10. Effect of Cd and Ca treatment on growth response of the roadside trees

	<i>Buxus koreana</i>		<i>Abies holophylla</i>		<i>Platanus orientalis</i>	
	pH	Response	pH	Response	pH	Response
Control	6.50	none	5.95	none	5.67	none
200 ppm	6.57	++	5.85	++	5.70	++
200+2%Ca	7.60	+	7.03	+	7.98	+

나타났으나 이들 두 植物 모두 反應이 비슷하여 Cd+Ca 처리구에서 나타나는 chlorosis 현상은 더욱 경미하였다.

Cd 100 ppm으로 처리한 참싸리는 反應이 없는 것으로 보아 耐Cd性 植物이라고 간주할 수 있다.

플라탄나무의 Cd 200 ppm 처리에 의한 反應에서 일 에 chlorosis現象이 나타났다, Cd 200 ppm 처리구 보다 Ca처리에 의해 토양산성도가 약 pH 8.0인 토양에서는 더 反應이 미약했다(Table 10).

要 約

本 實驗은 옥수수, 보리, 밀 및 大豆 등 재배 식물 4종, 잣나무, 잣나무, 향나무, 회양목, 무궁화, 은행나무, 왕취뽕나무, 아카시나무, 튜울립나무, 플라탄나무 및 참싸리 등 가로수 및 造景樹 11종, 그리고 국화, 크라수라肥大草, 사철나무, 꽃기린 및 영홍산 등 원예 식물, 5종을 선정하여 이들을 生育 花盆에 심어 여러 Cd 농도 및 S와 Ca에 의한 산성도 변화에 따른 生育 反應을 조사한 것이다.

Cd의 농도가 질을수록 옥수수의 뿌리 및 全體植物의 생장량이 낮아지고 이들의 障害現象은 Ca처리에 의해 다소 저지 되었다. 植物에 의한 Cd의 吸收는 比較的 낮은 値를 보였고 Cd처리 농도가 질을수록 地上部의 Cd농도는 높았다. 콩, 보리, 밀의 生長量도 土壤에 시용한 Cd농도가 질을수록 낮아지고 있었다. 그러나 이들 植物에 대한 Ca의 影響은 별로 없었다. T/R를 보면 地上部의 生長量이 Cd처리에 의하여 부진하였다. Ca와 S는 토양 산성도를 변화시켰고 Ca 施用區는 치환성 Ca량과 염기 치환능이 높았다.

5종의 園藝植物 중 사철나무와 영산홍이 Cd의 처리로 약간의 chlorosis現象이 일어났고, 꽃기린은 대단히 감수성이 예민한 식물로 Cd 50 ppm에서부터 chlorosis 및 落葉現象이 현저히 나타났다. 이러한 障害 정도는 농도가 질을수록 심하였다.

가로수 중 200 ppm의 Cd처리로 잣나무, 은행나무에서 약간의 장애가 나타나고 아카시아나무와 향나무에서 좀더 현저한 chlorosis現象이 나타났다. 회양목, 잣나무, 플라탄나무도 같은 농도의 Cd처리로 chlorosis現象이 일어났으나 Cd 200 ppm+Ca區에서는 反應이 輕微하였다.

園藝植物 중에서 크라수라肥大草 및 국화, 街路樹 중에서 무궁화, 왕취뽕나무, 튜울립나무 및 참싸리 등은 Cd에 대한 저항성이 강했다.

參 考 文 獻

Axelsson, B., and M.Piscator. 1966. Renal damage after prolonged exposure to cadmium, *Arch. Environ. Health* 12 : 360-373.

Carroll, R.E. 1966. The relationship of cadmium in the air to cardiovascular disease death rates. *J.Amer. Med. Ass.*, 198 : 177-179.

Cha, Jong Whan. 1974. Ecological studies of plants for control of environmental pollution. Plant response according pollutants of heavy metal and soil pH. *Jour. of Environmental Pollution Control* 5: 17-24.

車鍾煥. 1974. 環境汚染 防止를 위한 植物 生態學的 研究 — 갈마선에 對한 砂漠植物의 感受性 — 韓國造景學會誌. Vol.4.

———. 1974. 環境汚染防止를 위한 植物 生態學的 研究 — 道路邊植生과 重金屬 含量 및 汚染에 관한 研究 —, 韓國植物學會誌. 17(4)

———, 金炳宇. 1975. 環境 汚染防止를 위한 植物生態學的 研究 Pb처리 토양에 의한 여러 植物들의 生長反應, 韓國植物學會誌. (미인쇄)

———, 金鼎濟, 金炳宇. 1975. 境汚 染防止를 위한 植物生態學的 研究. — 서울 중요 도로변 식물과 토양의 중금속 함량 조사 — (미인쇄)

Lagerwerff, J.V., and A.W Sprecht, 1970, Contamination of roadside soil and vegetation with cadmium, nickel, lead, and zinc, *Environ. Sci. Tech.* 4 : 538-586.

McKee, J.E., and H.W.Wolf. 1963. Water quality criteria. 2nd ed. Calif State water Quality Control Board Publ. No. 3A. p.149-150.

Page, A.L. et al. 1971. Lead Quantities in plants soil and air near some major highways in southern California, *Hilgardia* 41 : 1-31.

Page, A.L. et al. 1972. Cadmium absorption and growth of various plant species as influenced by solution Cd concentration, *J. Environ. Quality* 1 : 288-291.

Perry, H.M. Jr., and H.A., Schroeder. 1955. Concentration of trace metals in urine of treated and untreated hypertensive patients compared with normal subjects, *J. Lab. Clin. Med.* 46 : 936.

Schroeder, H.A. 1965. Cadmium as a factor in hypertension. *J.Chronic Dis.* 18 : 647-656

———, and J.J. Balassad, 1961, Abnormal trace metals in man; cadmium' *ibid* 14 : 236-258.

———, et al. 1967. Essential trace metals in man Zinc in relation to environmental cadmium. *ibid* 20 : 179-210.

Smith, J.C. et al. 1955. Determination of cadmium in urine and observations on urinary Cd and protein excreted in men exposed to CdO dust, *Biochem. J.* 61 : 693-701.

Stockinger, H.E. 1963. The metals (including lead) p.1013. In Frank A.patty (ed), *Industrial hygiene and toxicology, Vol. II*, 2nd ed. Interscience Publishers. New York, London.

(1974.12. 5. 접수)