Korean J. Environ. Agric.
Vol. 4. No. 1, June 1985

土壤中 重金屬(Cd, Zn)의 處理가 옥수수의 生育 및 吸收에 미치는 影響

李 敏 孝*·金 福 榮*

(1984년 12월 15일 접수)

The Effect of Cd and Zn Elements Applied to Soil on the Growth and their Uptake of Corn Plant

Min Hyo Lee* and Bok Young Kim*

Abstract

A pot experiment was carried out to investigate the effect of Cd and Zn added to soil on the growth, peroxidase activity, chlorophyll content, inorganic components, and interaction between Cd and Zn in corn plant. The results obtained are as follows.

Both Cd and Zn reduced dry weight and height of corn plant. Peroxidase activity of leaves increased in higher Cd content of shoot but adverse trend was shown with increasing Zn content of shoots. Chlorophyll contents were significantly decreased with increase of both Cd and Zn content of shoots.

Higher soil Cd levels increased N content but decreased P, K, Ca, Mg and SiO_2 content in plant. Wherease higher Zn levels in soil increased P and SiO_2 content but decreased N, Ca, Mg content in plant.

The total Cd and Zn uptake of shoot increased with time but the Cd and Zn content of shoot showed no tendency. Cadmium uptake by Zn application was reduced in higher Zn levels with time while Zn uptake by Cd application showed adverse trend.

序 論

産業의 發達과 더불어 그 構造가 多變化 됨에 따라 環境汚染 問題도 점차 複雜性을 띄고 있으며 특히 鑛工業과 금속工業의 發達로 인한 鑛山, 製鍊所 및 工團 등에서 排出되는 重金屬이 農耕地에 蓄積되므로써 農作物의 被害가 增大되고 있다. 이들 重金屬 元素中 亞鉛이나 카드뮴은 植物體로의 吸收 移行이 容易한 元素로써 亞鉛은 植物의 必須微量元素이나 土壤에 過剩蓄積될때 農作物의 生育에 被害를 주며, 카드뮴은 비교적 低濃度에서도 作物의 生育에 沮害를 주며 특히 生育被害가 發生하지 않을 정도의 濃度를 함유한 農産物일지라도 이를 長期間 攝取하면 人畜에 致命的인 病害를 일으키는 有害한 元素이다[1,2,3].

카드뮴은 greenokite나 monteponite 등과 같이 單一

*農村振興廳 農業技術研究所 (*Institute of Agricultural Sciences, ORD, Suweon 170*)

鑛物로도 存在하나[4] 주로 亞鉛鑛에서 부수적으로 産出되기 때문에 일반적으로 農耕地에서의 카드뮴의 汚染은 亞鉛과의 複合汚染으로 나타난다. 이와같이 카드뮴과 亞鉛은 化學的 性質이 매우 類似한 元素로써 이들 元素간의 比率이 一定水準 이상에서는 서로 競合하는 性質을 가지고 있으며 이는 作物 및 栽培環境에 따라서 多少 相異하다[5,6,7].

本報에서는 土壤中 카드뮴과 亞鉛의 處理에 의한 옥수수 體內 成分變化와 生育에 미치는 影響을 究明하고 이들 元素의 比率을 달리하여 土壤에 처리함으로써 生育時期別 카드뮴과 亞鉛의 植物體內 吸收程度등을 調査하여 몇가지 結果를 얻었기에 이를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

供試土壤으로 水原市 탑동에 위치한 熟田土壤의 表土를 使用하였으며 그의 化學的 性質은 表 1과 같이 有機物 및 置換性石灰含量은 一般 밭土壤과 비슷하나 pH, 有效燐酸, 置換性 苦土 및 加里含量은 낮은 傾向이었다.

試驗은 農業技術硏究所內 田作圃場의 無底 pot(ϕ 30 cm×70 cm)試驗區에서 行하여졌다.

Table 1. Chemical properties of the soil used

pH (H_2O)	OM (%)	Av-P_2O_5 (ppm)	CEC (me/100g)	SO_4 (ppm)	Cd (ppm)	Zn (ppm)	Ex. cations(me/100g)			Texture
							Ca	Mg	K	
4.9	1.95	49.1	6.1	90.0	0.25	3.21	4.52	0.26	0.23	Sand loam

Cd, Zn 및 三要素肥料의 土壤處理는 無底 pot의 底部에 40 cm 깊이로 모래를 넣고 그 위에 供試土壤과 三要素肥料 및 Cd, Zn의 所要量을 충분히 混合하여 pot에 充塡하였다. 三要素의 施用은 窒素, 燐酸, 加里를 成分量으로 25 : 14 : 13 kg/10 a를 尿素, 重過石, 鹽化加里로 窒素는 基肥 70%, 播種 1個月後 追肥 30%로 分施하였고, 燐酸, 加里는 全量基肥로 施用하였다. Cd와 Zn의 處理는 供試土壤 30 kg에 Cd와 Zn을 重量比로 Cd는 0.5 ppm, 10 ppm, 30 ppm, Zn은 0, 150 ppm, 300 ppm, 600 ppm이 되도록 $CdSO_4$와 $ZnSO_4$의 鹽으로 處理하였다.

供試作物의 品種 및 栽培方法은 위의 三要素肥料 및 Cd, Zn을 處理하고 3日이 경과한 6月 15日에 옥수수(水原 19號)種子를 pot當 一定한 간격으로 12粒씩 播種하였다. 試料採取는 播種後 15日, 30日, 45日의 3回에 걸쳐 實施하였고 播種後 15日에는 pot當 6株, 30日에는 4株, 45日에는 2株씩 採取하여 分析試料로 하였다. 試驗區 配置는 난괴법 三反覆으로 하였으며 Cd와 Zn의 交互作用에 關한 試驗은 Cd는 5 ppm, 10 ppm, Zn은 150 ppm, 300 ppm, 600 ppm으로 處理하여 要因試驗으로 實施하였다.

植物體中 Cd, Zn 含量分析은 ternary solution(HNO_3 : H_2SO_4 : $HClO_4$=10 : 1 : 4)으로 濕式分解한 溶液을 原子吸光分析器(1L-251)로 測定하였다. 植物體中 養分含量 分析은 窒素는 micro kieldahl method로 定量하였으며 그의 成分은 濕式分解하여 燐酸은 ammonium vanadate로 發色시켜 比色定量하였으며 加里, 石灰, 苦土는 原子吸光分析器로 測定하였다[8].

葉中 peroxidase活性은 crude enzyme extract 1 m*l*를 assay mixture [guiacol 1 m*l*, 1% H_2O_2 20 m*l*, 0.1 M acetate buffer(pH 5.2) 5 m*l*]에 넣어 spectrophotometer(波長 : 500 nm)에서 30초 간격으로 90초간 3回에 걸쳐 optical density의 差異를 測定하여 specific activity를 계산하였다[9].

$$\text{Specific activity} = \frac{\Delta OD}{\text{protein(mg)}}$$

葉中 chloropyll含量은 生葉 1 g에 methyl alcohol 10 m*l*를 加하여 24時間 동안 抽出시켜 이液 1 m*l*를 뽑아 5 m*l*의 acetone을 混合하여 spectrophotometer에서 chlorophyll a는 波長 645 nm, chlorophyll b는 波長 663 nm에서 測定하여 total chlorophyll 含量으로 表示하였다[10].

結果 및 考察

1. 生育狀況

發芽後 1주일경부터 土壤에 Cd, Zn을 處理하지 않은 對照區 植物體에서는 줄기를 싸고 있는 外皮의 색깔이 붉은 보라색을 나타내기 시작하였으나 土壤에 Cd를 添加한 區에서는 添加濃度가 높아짐에 따라 줄기外皮의 脫色程度가 뚜렷하였고, 土壤에 Zn을 添加한 區에서는 添加濃度가 높아짐에 따라 外皮의 색깔이 對照區 植物體보다 더 짙은 보라색을 나타내었다. 이와같이 Cd와 Zn은 植物體內에서 色素의 發現機作에 各各 다른 作用을 하는것으로 推定되나 이에 대해서는 앞으로 더 檢討되어야 할 것으로 思料된다.

카드뮴과 亞鉛의 土壤添加에 依한 植物體 葉에서 나타난 症狀을 보면 Cd添加區에서는 新葉과 舊葉에 뚜렷한 黃化症狀을 나타내었으며 時日이 經過함에 따라 잎둘레 部位가 말라지는 症狀을 나타내었다. Zn添加區에서는 主로 舊葉에 不規則한 보라색 斑點과 新葉과 舊葉의 葉脈사이에 黃化된 줄무늬가 나타났으며 時日이 經過함에 따라 被害症狀이 나타난 部位가 말라버렸고 이들 元素 모두 土壤 添加濃度가 增加함에 따라 植物體가 萎縮되었다.

Haghiri[11]는 植物體의 Cd toxicity는 새로 展開되는 잎에 鐵 缺乏症狀과 類似한 黃化症狀을 나타내며 甚할 때는 壞死와 生育沮害를 나타낸다고 하였으며, Rosen 等[12]은 亞鉛鑛山 隣近의 Zn含量이 높은 土壤에서 栽培된 植物은 葉脈사이에 黃化症狀을 나타내었다는 報告와 本 試驗에서 나타난 症狀과는 類似하나 Zn添加區에서의 不規則한 斑點의 生成은 植物體의 K 缺乏症狀과 類似하며 表 3에서 土壤의 Zn 添加濃度가 增加함에 따라 植物體內 K含量이 3時期 모두 크게 줄어드는 것으로 미루어 보아 이는 Zn의 過剩에 의한 被害症狀이 아니라 K缺乏에 의한 症狀인 것으로 판단된다.

表 2에서는 土壤中 Cd, Zn의 添加에 따른 옥수수의 生育程度를 나타낸 것으로 草長은 두 元素 모두 土壤中 添加濃度가 增加함에 따라 有意性있는 減少를 가져왔으며 葉數는 Cd添加區에서는 處理濃度가 높아짐에 따라 發芽後 15日에는 아무 影響이 없었으나 30日에는 減少하는 傾向이었고 45日에는 有意性있는 減少를 가져왔으며, Zn添加區에서는 處理濃度가 높아짐에 따라 有意性있는 減少를 가져왔다. 乾物重은 이들 두 元素 모두 處理濃度가 높아짐에 따라 減少하는 傾向이나 Cd添加區에서는 時日이 經過할수록 더 높은 減少를 나타내었다.

和地等[13]은 土壤의 Cd添加濃度가 높아짐에 따라 시금치의 收量 및 大豆의 稈長等이 크게 減少하였으며 添加濃度가 높아짐에 따라 大豆의 葉重 및 稈長이 減少하였다고 하였고 本間等[14]은 水稻에서 Cd와 Zn의 吸收에 對한 影響을 調査하기 위해 水耕試驗을 한 結果 Cd는 0.5 ppm 以上의 濃度에서 草長과 分蘖이 抑制되었고 莖葉 各 部位의 乾物重이 低下되었으며 Zn은 5 ppm 以上의 濃度에서 莖葉 各部位의 乾物重低下를 가져왔다고 하였다. 따라서 本 試驗에서 土壤에 添加한 Cd, Zn濃度가 增加함에 따라 옥수수의 生育이 沮害되고 Cd는 Zn보다 낮은 濃度에서 生育에 沮害를 나타낸 것과 一致한다.

Table 2. The influence of Cd, Zn concentration applied to soil on the growth of corn plant

Soil	Plant height			No. of leaves			Dry weight		
	15*	30	45	15	30	45	15	30	45
Cd	-0.923**	-0.961**	-0.936**	—	-0.305	-0.973**	-0.834	-0.957*	-0.962*
Zn	-0.917**	-0.983**	-0.969**	-0.881**	-0.419	-0.953**	-0.910	-0.924	-0.920

* 15, 30, 45 indicate harvest day after emergency.

2. 體內成分 變化

植物體中 Cd, Zn濃度에 따른 葉中 peroxidase의 活性 變化를 보면 그림 1과 같이 Cd의 경우 植物體 莖葉中 Cd含量이 增加함에 따라 peroxidase의 活性이 增加하고 있으며 時日이 經過할수록 더 높은 增加를 나타내고 있다. Zn의 경우 Zn을 添加하지 않은 對照區의 植物體에 比해 Zn을 150 ppm 添加한 區에서는 peroxidase의 活性이 높으나 Zn을 300 ppm, 600 ppm 添加한 區에서는 Zn 150 ppm 添加區에 比해 peroxidase活性이 낮았다. Lee等[15]은 大豆葉中 Pb농도가 增加함에 따라 peroxidase活性이 增加하였다고 하였고, Skoog[16]는 Zn이 缺乏된 植物에서는 peroxidase의 活性이 높아진다고 報告하였다. 本 試驗結果 葉中 Cd농도의 增加에 따른 peroxidase活性의 增加는 Pb와 같은 양상을 나타내었으나 Zn의 경우 葉中 濃度의 增加에 따라 一定濃度 以上에서는 오히려 peroxidase活性이 低下되는 것은 Zn이 缺乏된 植物에 比해 過剩 蓄積된 植物에서는 peroxidase活性이 一定 濃度 以上에서는 減少하는것이 아닌가 생각된다.

그림 2에서는 植物體中 Cd, Zn含量과 葉中 葉綠素 含量과의 關係를 나타낸 것으로 Cd, Zn 모두 莖葉中 含量이 增加함에 따라 葉中 chlorophyll 含量도 有意性있는 減少를 나타내었으며 Cd는 Zn에 比해 葉中 低濃度에서 葉綠素 含量이 크게 감소하였다. 이는 Cd가 植物體의 生合成 過程中 觸媒作用을 위해 필요한 SH-group에 結合됨으로써 葉綠體의 電子 傳達係에 影響을 주어 葉綠素의 生合成에 影響을 미치며[17], Robert等[18]은 水耕試驗에서 옥수수 莖葉中 Cd濃度가 增加함에 따라 葉中 chlorophyll含量은 減少한다고 하였다. 이와

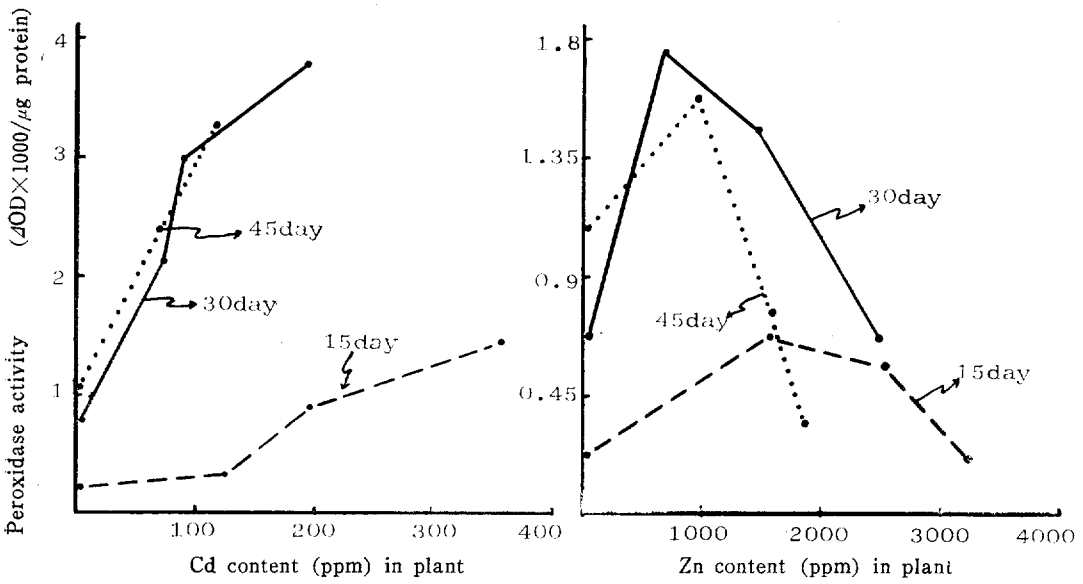

Fig. 1. The changes of peroxidase activity according to Cd and Zn content in plants at different harvest date

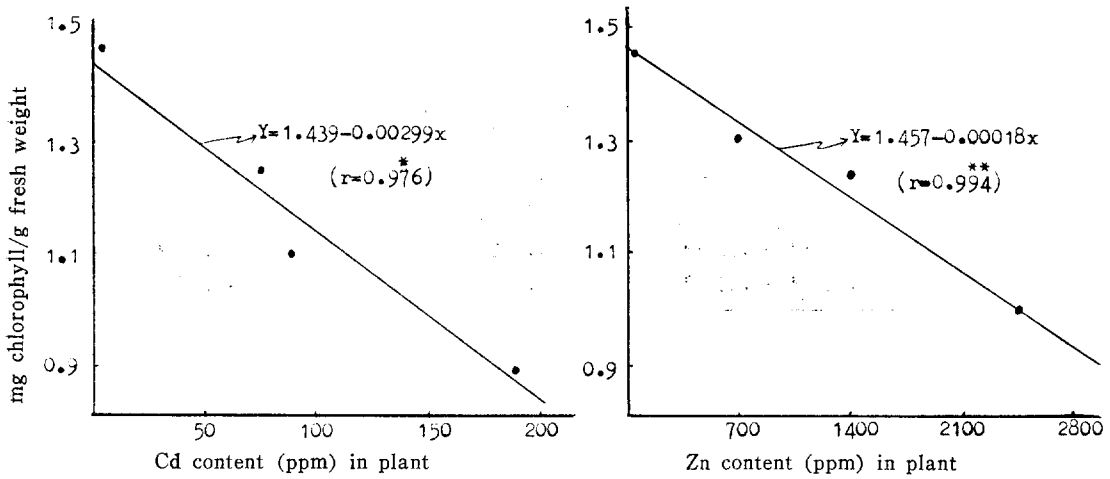

Fig. 2. Relationships between chlorophyll content in leaves and Cd, Zn content in plants at 30 th day after emergency

같이 Zn은 chlorophyll合成에 있어 必須的인 元素이나 植物이 必要로 하는 濃度 以上에서는 葉綠素의 生合成에 오히려 害作用을 줄것으로 생각된다.

土壤中 Cd, Zn添加에 依한 옥수수 植物體中 無機成分 含量變化는 表 3과 같다. Cd添加區의 경우 植物體中 N含量은 Cd濃度가 增加함에 따라 增加하였으며 發芽 15日을 除外하고는 對照에 比해 Cd添加區가 N含量이 모두 높았다. P_2O_5含量은 發芽 15日에는 Cd濃度가 增加함에 따라 P_2O_5의 含量도 增加하였다. K_2O의 含量은 發芽 15日에는 Cd濃度가 增加함에 따라 減少하였고 MgO, CaO, SiO_2의 含量도 Cd濃度가 增加함에 따라 이와 같은 경향이었다.

土壤中 Zn添加의 경우 植物體中 N, K_2O, CaO含量은 Zn濃度가 增加함에 따라 3시기 모두 減少하는 傾向이었고 植物體中 SiO_2含量은 Zn濃度가 增加함에 따라 增加하는 傾向이었다.

以上에서 土壤中 Cd와 Zn添加에 依한 植物體中 N와 SiO_2의 吸收는 이들 元素間에 서로 相反된 反應을

Table 3. The effect of Cd and Zn concentration applied to soil on the uptake of inorganic components by corn shoots

(Unit : %)

Metal concentration (ppm)		N		P_2O_5			K_2O			CaO			MgO			SiO_2		
		15*	30*	45*	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
Control		3.27	2.36	2.17	0.50	0.45	0.78	5.55	5.25	4.05	0.22	0.32	0.41	0.28	0.14	0.19	1.56	1.15	—
Cd	5	2.52	2.57	2.25	0.60	0.48	0.80	5.35	4.80	4.95	0.21	0.23	0.16	0.27	0.12	0.18	0.90	1.0	—
Cd	10	2.64	2.92	2.35	0.66	0.43	0.76	4.50	4.35	4.88	0.18	0.22	0.16	0.26	0.19	0.16	0.70	0.80	—
Cd	30	3.02	3.42	2.87	0.75	0.51	0.46	4.27	4.80	4.20	0.16	0.15	0.17	0.25	0.16	0.12	0.30	0.42	—
Zn	150	2.89	3.27	2.97	0.60	0.71	0.53	6.90	7.95	5.25	0.32	0.27	0.40	0.24	0.13	0.12	1.70	1.26	—
Zn	300	2.64	3.17	2.37	0.50	0.51	0.54	6.45	6.75	4.73	0.30	0.23	0.42	0.27	0.08	0.09	1.20	1.44	—
Zn	600	2.02	2.82	2.92	0.46	0.59	1.24	3.76	4.95	4.50	0.20	0.14	0.13	0.27	0.12	0.17	2.50	6.14	—

* Day after emergency

보인 反面 K_2O와 CaO의 吸收는 같은 反應을 보였다. 한편 高木等[19] 은 Zn濃度를 달리하고 水耕試驗으로 ladino clover와 orchard grass를 栽培하여 植物體의 N, P_2O_5, K_2O의 吸收를 調査한 結果 N와 P_2O_5含量은 Zn處理濃度가 增加함에 따라 減少하였으며 K_2O含量은 Zn을 5 ppm, 10 ppm 處理한 區에서는 對照에 比하여增加하는 傾向이나 50 ppm 處理區에서는 傾向이 없었다고 報告하였다. 그러나 本 試驗과 이를 서로 比較해보면 植物體中 N와 P_2O_5含量은 같은 傾向이나 K_2O含量은 相異한 傾向을 나타내어 高木의 報告와 相異하였는데 이는 土耕試驗과 水耕試驗에서 處理된 Zn의 濃度가 相異하기 때문인지, 아니면 土耕試驗은 水耕試驗과 달리 CEC나 OM等 여러가지 要因들의 作用에 依한 것인지는 더 檢討가 필요할 것으로 사료된다.

3. 交互作用

表 4에서는 Cd處理 土壤에 Zn濃度를 各各 달리 添加하므로써 Zn의 共存에 依한 時期別 옥수수 植物體의 Cd吸收에 對한 Zn의 效果를 나타낸 것으로 發芽 15日에는 Cd 5 ppm 處理區에서는 Zn 150 ppm添加로, Cd 10 ppm 處理區에서는 Zn 300 ppm添加로 Cd含量이 減少되었으며, 發芽後 30日에는 Cd 5 ppm 處理區에서는 Zn 300 ppm添加로, Cd 10 ppm處理區에서는 Zn 600 ppm 添加로 植物體中 Cd含量이 減少되었고, 發芽後 45日에는 Cd 5 ppm處理區와 10 ppm處理區 모두 Zn 600 ppm 添加로 植物體中 Cd含量이 減少되어 Cd處理區에서 Zn添加에 依한 Cd 吸收抑制는 時日이 經過할수록 Zn添加量이 높아짐으로써 가능하였다. 한편 時期別 植物體中 Cd吸收量을 보면 時日이 經過할수록 植物體의 Cd吸收量은 增加하였으며 發芽後 15日에는 Cd 5 ppm 處理區에서는 Zn 150 ppm添加로, Cd 10 ppm處理區에서는 Zn 300 ppm添加로 植物體中 Cd吸收量이 減少되었고 發芽後 30日과 45日에는 Cd 5 ppm處理區 및 10 ppm處理區 모두 Zn 150 ppm添加로 Cd吸收量이 減少되었다.

本間等[14]은 水耕試驗으로 水稻의 部位別 Cd吸收에 대한 Zn의 共存影響을 調査한 結果 Cd 0.05 ppm 處理區와 0.5 ppm處理區에서는 Zn 0.5 ppm添加로도 對照區에 比해 Cd含量이 減少하나 Cd 5 ppm處理區에서는 Zn 50 ppm添加로도 對照區에 比해 오히려 植物體 部位別 Cd含量이 增加하였다고 하였고, Chaney[20]는 sewage sludge의 土壤施用을 위한 安全 規制方案으로 Cd/Zn比率이 1%以下로 되어야 한다고 提案하고 있다. 또한 Sidle등[21]은 waste water를 land disposal한 土壤에 飼料用 옥수수와 Canarian grass를 栽培하여 年次別 植物體中 重金屬의 吸收程度를 調査한 結果 두 作物 모두 試料採取 시기가 늦어질수록 植物體中

Cd/Zn比率이 높았다고 하였다.

이와같이 Cd와 Zn은 化學的 類似性때문에 서로 拮抗作用을 하며 本 實驗에서도 Cd處理區에서의 Zn添加에 의한 植物體中 Cd吸收程度는 Cd와 Zn의 比率 및 試料採取 時期에 따라 달라지는 것으로 미루어 보아 sewage sludge를 施用한 土壤이나 이들 重金屬이 汚染된 土壤에서 飼料作物을 栽培할 경우 Cd와 Zn의 比率과 試料採取 時期를 調節하므로써 이들 土壤에서 보다 安全한 飼料作物 栽培의 한 方案이 될 것으로 생각된다.

Table 4. The effect of Zn, Cd concentration applied to soil on the content and uptake of Cd by corn shoots

Soil Zn (ppm)	Soil Cd (ppm)	Content (ppm)			Uptake (μg/plant)		
		15*	30	45	15	30	45
0	5	125	72	70	91	295	2359
	10	195	88	117	59	195	2121
150	5	89	73	74	25	204	954
	10	221	122	174	91	171	1298
300	5	78	63	79	16	79	1070
	10	180	100	173	48	108	549
600	5	66	60	48	9	19	125
	10	108	83	74	22	32	64

*Day after emergency

表 5에서는 Zn을 處理한 土壤에 Cd를 添加하므로써 Cd의 共存에 의한 옥수수 植物體의 Zn含量 및 吸收量을 나타내었다.

植物體中 Zn 含量 및 吸收量은 土壤中 Cd添加에 따라 뚜렷한 傾向은 없었고 收穫時期에 따라 각각 相異하게 나타났다. 이들 時期別 植物體中 Zn含量을 보면 發芽後 15日에는 Zn 150 ppm 處理區에선 Cd의 添加로 植物體中 Zn含量은 오히려 증가하였으며, Zn 300 ppm과 600 ppm 處理區에서는 Cd 10 ppm 添加로 植物體中 Zn 含量은 減少되었고, 發芽 30日에는 Zn 150 ppm과 600 ppm 處理區에서는 Cd 10 ppm 添加로 植物體中 Zn含量은 對照와 같은 水準이 되었으며, 發芽 45日에는 Zn 處理區 모두 Cd 5 ppm 添加로 植物體 Zn含量이 減少하였다.

植物體中 Zn吸收量은 時日이 경과 할수록 增加하였으며 Cd添加에 依한 수확 時期別 植物體中 Zn吸收效果를 보면 發芽後 15日에는 土壤中 Zn 150 ppm과 300 ppm 處理區에서는 Cd 5 ppm 添加로 植物中 Zn함량은 減少되었으나, Zn 600 ppm 處理區에서는 Cd의 添加로 오히려 增加되었으며, 發芽後 30日에는 Zn處理區 모두 Cd 5 ppm 添加로 植物體中 Zn吸收量이 減少하였고 發芽後 45日에도 같은 傾向이었다.

Table 5. The effect of Cd, Zn concentration applied to soil on the content and uptake of Zn by corn shoots

Soil Cd (ppm)	Soil Zn (ppm)	Content (ppm)			Uptake (μg/plant)		
		15*	30	45	15	30	45
0	150	1,550	675	938	615	1,959	21,141
	300	2,522	1,395	1,553	746	1,512	8,446
	600	3,218	2,438	1,800	470	1,458	1,926
5	150	1,657	780	927	469	2,191	12,116
	300	2,535	1,305	1,320	517	1,627	8,184
	600	3,548	2,700	1,680	472	870	4,368
10	150	1,721	675	825	706	944	6,155
	300	2,158	1,181	1,463	570	1,280	4,651
	600	3,044	1,950	2,340	612	745	2,012

*Day after emergency

이와같이 土壤中 Cd와 Zn의 共存에 의한 植物體中 Cd 및 Zn의 吸收는 Cd의 경우 土壤中 Zn 添加濃度가 增加할수록 減少된 反面 Zn은 土壤中 Cd添加에 依해 一定한 傾向이 없었다. 한편 土壤中 이들 元素의 共存에 依한 植物體中 Cd와 Zn의 吸收를 時期別로 보면 植物體中 Cd는 時日이 경과함에 따라 Zn의 添加濃度가 높아짐으로써 減少가 된 反面 植物體中 Cd은 時日이 경과함에 따라 Cd의 添加濃度가 낮은 濃度에서 減少되어 이들 元素들간에는 서로 相反된 作用을 나타내었다.

要 約

Zn와 Cd을 無底폿트(φ 30 cm×70 cm)에 Cd는 5, 10, 30 ppm, Zn은 150, 300, 600 ppm으로 處理하고 옥수수(水原 19號)를 播種하여 發芽後 15日, 30日, 45日의 植物體 生育, 葉中 peroxidase活性, 葉綠素 含量, 無機成分 含量 및 重金屬 含量을 調査한 結果는 다음과 같다.

1) 土壤中 Cd, Zn의 添加濃度가 높아질수록 稈長 및 乾物重이 有意性있게 감소하였다.

2) 植物體中 Cd含量이 높아질수록 葉中 peroxidase 活性은 增加하나, Zn은 含量이 높아질수록 減少하는 傾向이었다.

3) 植物體中 Cd, Zn濃度가 增加할수록 chlorophyll含量은 減少되었다.

4) 土壤中 Cd 添加濃度가 높아질수록 植物體中 N含量은 增加되나 P, K, Ca, Mg, SiO_2含量은 減少되었다. 反面 土壤中 Zn添加濃度가 높아질수록 P 및 SiO_2含量

은 增加되나 N, Ca, Mg含量은 減少되는 傾向이었다.

5) 植物體中 Cd, Zn吸收量은 時期가 경과할수록 增加하나 이들 含量은 一定한 傾向이 없었다.

6) 時日이 경과함에 따라 植物體中 Cd吸收는 Zn의 添加濃度가 높아질수록 減少된 反面 植物體中 Zn吸收는 Cd의 낮은 添加濃度에서 減少되었다.

參 考 文 獻

1. Lewis, G. P., Lyle, H., and Miller, S. (1969) : Association between elevated hepatic water soluble protein bound cadmium levels and chronic bronchitis and/or emphysema, *Lancet*, **11**, 1330.
2. Schroeder, H. A. (1966) : Cadmium as a factor in hypertension, *J. Chronic Dis.*, **18**, 647.
3. Tsuchiya, K. (1969) : Causation of ouch-ouch disease, Part 1. Nature of disease, *Keio J. Med.*, **18**, 181.
4. Nriagu. (1980) : Cadmium in the environment. Part 1. *Ecological cycling*, p. 35~70.
5. Edited proceedings First International Cadmium Conference, San Francisco (1977) : *Metal bulletin for the organizer*, 126~146.
6. Iwai I., Hara, T. and Sonoda, Y. (1975) : Factors affecting cadmium uptake by the corn plant, *Soil Sci. Plant Nutr.*, **21**, 37.
7. Maclean, A. J. (1976) : Cadmium in different plant species and its availability in soils as influenced by organic matter and additions of lime, P, Cd, and Zn, *Can. J. Soil Sci*, **56**, 129.
8. 農村振興廳 : 土壤化學分析法
9. Abramoff, P. and Thomson, R. G. (1972) : *Cellulon Respiration, Laboratory Outlines in Biology*-II, W.H. Freeman and Company, San Francisco, p. 113~143.
10. Mackinney, G. (1941) : Absorption of light by chlorophyll solution, *Jour. Biol.*, **140**, 315.
11. Haghiri (1974) : Plant uptake of cadmium as influenced by cation exchange capacity, organic matter, zinc and soil temperature, *J. Environ. Quality*, **3**, 180.
12. Rosen, J. A., Pike, C. S. et al. in printing.
13. 和地靑, 岩村紅美子, 前野道雄 (1976) : 畑作物の重金屬吸收に 關する研究一共存する 重金屬の 相互作用に ついて, 神奈川縣農業總合研究所報, 第116號, p. 71~86.
14. 本間美文, 平田熙 (1976) : イネの生育 および カドミウム吸收移行におよぼす 亞鉛共存の 影響, 日本土壤肥科學會誌, **47**(7), 314.
15. Lee, K. C., Cunniingham, B. A., Chung, K. H., Paulsen, G. M. and Liang, G. H. (1979) : Lead effects on several enzymes and nitrogenous compounds in soybean leaf, *J. Environ. Quality*, **5**, 357.
16. Skoog, F. (1940) : Relationships between zinc and auxin in the growth on higher plants, *Bot. Gaz., Agronomy. J.*, **60**, 453.
17. Nriagu (1980) : Cadmium in the environment. Part 1. *Ecological cyling*, p. 639~648.
18. Root, A., Miller, R. J. and Koeppe, D. E. (1975) : Uptake of cadmium-its toxicity, and effect on the iron ratio in hydroponically grown corn, *J. Environ. Quality*, **4**, 473.
19. 高木浩, 串崎光男 (1976) : 作物における 亞鉛榮養に關する 研究, 日本農業技術研究所報 13, 第28號 p. 75~118.
20. Chaney, R. L. (1974) : Recommendations for management of potentially toxic elements in agricultural and municipal wastes, p. 97~120. In factors involved in land application of agricultural and municipal wastes, Beltsville, US Department of Agriculture.
21. Sidle, R. C., Hook, J. E. and Kardos, L. T. (1976) : Heavy metals application and plant uptake in a land disposal system for waste water, *J. Environ. Quality*, **5**, 97.