

카드뮴의 處理가 桑樹의 生長 및 生體內 代謝에 미치는 影響

裴 啓 宣 · 金 永 相*

東亞大學校 農科大學 · *釜山大學校 自然科學大學

The Effects of Cadmium on the Growth of Mulberry Tree and Metabolic Activities in the Leaves.

Kae Sun Bae and Yong Sang Kim

College of Agriculture, Dong-A University, *College of Natural Science, Busan National University, Busan 600, Korea

SUMMARY

The study was carried out to examine effect of cadmium spraying on mulberry leaves on the growth and metabolism of mulberry tree.

The results obtained were as follows:

1. Brown spots were appeared on the leaves as the symptoms of damage and the damage was remarkable with higher concentration of cadmium.
2. Higher concentration of Cd inhibited the length and diameter of mulberry branches with a significant difference ($P < 0.05$) for the length. The growth of branch length in both 5 and 7 ppm treatment of Cd was inhibited by 31% compared with the control.
3. Cadmium concentration of mulberry barks was noticeably lower than that of leaves.
4. Cadmium concentration over 3ppm inhibited significantly chlorophyll content, activities of respiration, glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transase (GPT) and adenosine triphosphate (APT).
5. The lowest concentration of cadmium was identified to be 3ppm to incur the inhibitory effect on the growth and metabolism of mulberry and cadmium content of mulberry leaves at the concentration was 13.86ppm.

I. 緒 論

重金屬類들이 養蠶에 미치는 影響에 관하여는 三好 등(1971)이 Cd는 人工飼料中에 10ppm 以上 添加 飼育한 蠶兒는 毒性的 影響을 받아 繭層重이 低下되고, 經過가 遲延되며 中毒되어 죽는 누에가 增加한다고 했고 Zn는 0~400ppm範圍에서 障害가 認定되었지만 蠶體重이 增加하는 傾向이 있고 800ppm을 넘으면 生長障害가 나타났다고 했다. 公害地域 蠶이 非公害地域蠶에 비해 Cd含量이 3배에 달하며 被害 蠶을 먹은 누에는

實用形質이 떨어진다고 李 등(1979)은 報告했다.

茅野(1979)는 뿌리로부터 吸收된 Cd의 分布는 뿌리에 壓倒的으로 많이 集積되고 그 다음 莖, 新梢, 葉身의 순이고 반대로 葉身으로 부터 吸收된 Cd는 葉身에 가장 많고, 新梢, 가지, 뿌리의 순이라고 하였다. 또 李 등(1980)은 人工飼料 中에 Cd를 處理한 구가 對照區보다 飼育經過가 길었고, 掃蠶 7日째 發育狀態는 40ppm區는 不齊一했으며, 80ppm區는 發育이 停止된 狀態였다고 하였다. Cd는 Pb와 함께 콩의 代謝作用抑制(Huang et. al., 1974), 水耕栽培에서 水稻의 Cd吸收(伊藤과 飯村, 1976)와 生育障害, 植物組織에 의한

Cd吸收의 特徵(Cutlex와 Rains, 1974), Cd處理에 의한 植物의 耐性(車와 金, 195), 作物과 環境汚染에 대한 重金屬의 多樣한 調査 등이 있다. 또 Cd에 의하여 뿌리의 ATP減少와 呼吸作用이 抑制(Keck, 1978)되며, 메밀과 녹두의 發育種子에 대한 呼吸作用이 抑制된다고(成, 1979)하였고, 植物葉에 대해서는 重金屬이 ATP를 減少시킨다고(成, 1979)하였으며, Foy 등(1978)은 植物體에서 重金屬 毒性의 一般의인 影響은 生長障害와 黃化現狀이라고 지적한 바 있다. 그리고 綠色植物體의 葉綠體에 대한 重金屬의 파괴적 影響도 또한 觀察된 바 있다.(Hampp와 Lenzian, 1974; De Filippis, 1979).

Sung(1981)등은 강낭콩과 녹두의 發芽種子에서 呼吸作用을 抑制한다고 하였다.

本 研究는 Cd를 桑葉에 處理했을 경우, 뽕나무의 生長 및 葉綠素含量에 미치는 抑制效果를 追跡하고, 아울러 細胞內에 있는 Amino酸代謝에 重要한 役割을 하는 酵素인 glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT)의 活性도와 呼吸作用에 미치는 影響을 調査함으로써 處理된 各各의 重金屬마다 뽕나무의 生長 및 物質代謝에 抑制效果를 초래하는 最低地域 즉 被害限界區域을 設定하고자 하였다.

끝으로 本實驗은 1982年度 아산사회복지 사업재단 연구비에 의하여 研究된 것임을 附記해 둔다.

II. 材料 및 方法

1. 供試桑品種; 改良뽕

2. 供試뽕나무의 條件

1981年度에 接木한 지름이 7mm 苗木을 지름이 30cm 인 포트에 砂壤土를 넣고 82年 3月 25日에 植栽하여 發育程度가 均一한 一年生 뽕나무를 供試하였다.

3. 處理 및 試驗區 配置

試驗區는 完全任意配置法으로 처리농도는 0, 1, 3, 5 ppm 및 7ppm 카드뮴(Cd)(林純工業 Co., 標準液)의 5개 處理區로 하였으며 葉面撒布는 1982年 8月 5日부터 20日間 每日一回씩 處理하였다. 供試株數는 區當 10株씩 3반복으로 5구 總 150株로 하였다.

4. 뽕나무의 生育調査

枝條長, 條徑을 5일간격으로 4회에 걸쳐 測定하였다

5. Cd定量

試料는 處理 20일째된 뽕잎을 採取하여 105°C에서 乾熱乾燥시키고 Cd分析을 위하여 試料 5g을 취하여 濕式炭化(FDA의 chemical procedures(1975)중 濕式炭化, 原子吸光度法)시킨 후 100ml를 定量하여 分析試料

로 하고 測定은 Atomic Absorption Spectrophotometer (Hitachi Model 208)를 使用 測定했다.

6. 뽕잎의 葉綠素 및 酵素液 調製

葉綠素 測定은 處理後 15일과 20일째된 잎을 채취하여 Mackinney (1941)의 測定方法에 따랐으며, 뽕잎의 酵素液 調製(金, 1969)는 桑葉 1gr를 秤量하여 여기에 0.25M sucrose solution 4ml를 가하여 充分히 마쇄한 다음, 0.2 M sucrose solution 2ml와 0.01M K₂HPO₄ buffer solution 2ml를 가하고 1,700rpm에서 10分間 遠心分離하여, 그 上澄液을 3ml취하여 全酵素液으로 함,

7. GOT, GPT 活性도의 測定

GOT는 L-Aspartic acid와 α -Ketoglutaric acid로 부터 37°C에서 1時間 incubation으로 形成되는 Oxaloacetic acid를 2-4 diphenyl hydrozine으로 발색시켜 比色하는 Reitman과 Frenkel法으로 測定하였다.

GPT는 L-Alanine과 α -Ketoglutaric acid로 부터 37°C에서 1時間 恒溫下에서 形成되는 Pyruvate를 2-4 D initrophenyl hydrozine으로 발색시켜 比色하는 Reitman과 Frankel法(1957)으로 測定하였다.

各 試藥은 Sigma Co.製를 使用하였다.

8. 呼吸量 및 ATP測定

Warburg's manometer를 使用하여 처리 15일과 20일째의 뽕잎의 呼吸量을 測定하였고, ATP測定은 處理 20일째 된 뽕잎을 採取하여 前處理한 후 ATP photometer(Model 2,000)로 Sung(1979) 方法에 의하여 測定하였다.

III. 試驗 結果

1. 뽕나무의 生長

뽕나무에 Cd를 撒布한 후 5일째에 3ppm區는 枝條上端部 잎에 褐色斑點이, 5ppm區는 暗褐色 斑點이, 7ppm區는 모든 잎에 暗褐色斑點이 나타나기 始作하였다. 20일째에 桑葉에 대한 被害는 對照區와 處理區 1ppm에서는 正常的인 成長을 하며, 3ppm區에서는 葉身에 部分的으로 褐色斑點이 나타났고, 濃도가 높을수록 증상이 더 심했으며, 葉身은 對照區에 비해 밑으로 처지는 現狀(下垂現狀)이 Cd의 濃도가 높을수록 심하게 나타났다.

한편 한그루에서는 桑葉部位別 被害反應이 다른데, 硬葉보다 軟葉이 Cd에 대하여 민감한 反應을 보였다.

표 1에 의하면 Cd가 桑樹의 生長에 미치는 影響은 條長에 있어서 處理區들간에 5%수준에서 有意性이 認定되었으며, 對照區보다 1ppm區는 약 26%, 3ppm區는

Table 1. Effect of Pb on the shoot growth in mulberry tree

Concentration of Pb (ppm)	Height of shoot, cm	Diameter of shoot, cm
0	58	0.86
1	43	0.73
3	42	0.65
5	40	0.65
7	40	0.61

F-value(0.05) 4.46 < 5.23

28%, 5ppm 및 7ppm區는 31%, 각각 생장이抑制되었다.

條莖에 있어서는 有意性이 認定되지 않았으나(표1), 對照區에 비해 處理區들의 生長은 1ppm區가 15%, 3ppm 및 5ppm區가 24%, 7ppm區가 29% 순으로 生長이 抑制되었다.

2. Cd定量

뿌리에 Cd을 각 濃度別로 處理할 경우 桑葉表面 및 體內에 있는 Cd含量과 또 그 葉中の Cd이 줄기, 껍질로의 移動狀態를 究明하기 위하여 枝條의 껍질부위도 分析한 결과는 그림 1과 같다.

桑葉 中에서의 Cd이 對照區에서 0.31ppm인데 비해, 可視的인 被害가 없었던 1ppm구에서도 5.56ppm이 檢出되었고, 可視的인 被害가 있었던 3ppm구는 13.86ppm으로 Cd농도가 높을수록 Cd含量도 增大되었는데

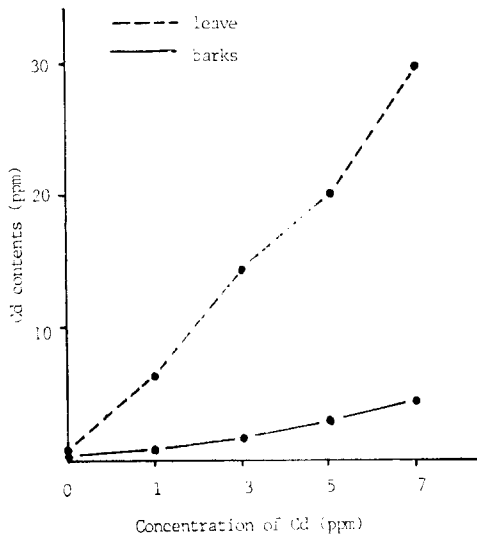


Fig. 1. Cd contents in leaves and barks of mulberry tree.

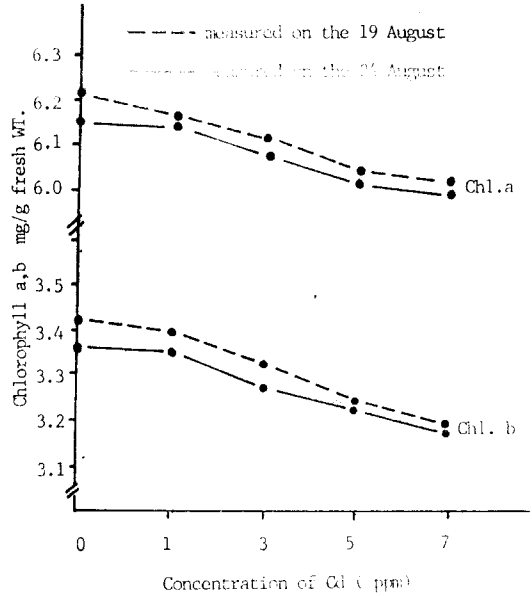


Fig. 2. Effects of Cd on the chlorophyll a and b contents of mulberry leaves.

對照區에 비해 1ppm구가 약 18배인데 비해 7ppm區는 약 95배로 높은 差異를 보였다.

줄기, 껍질에 있어서는 잎에 비해 Cd의 含量이 극히 적었으나, 對照區에 비하여 處理區들의 濃度가 높을수록 增加되었으며, 잎과 껍질을 比較해 보면 잎의 0.31ppm을 100으로 했을 때 껍질의 Cd含量은 12로서 잎에서 나타난 Cd含量이 줄기로의 移動이 微弱한 것으로 생각된다.

3. 葉綠素含量

葉綠素含量에 대한 Cd의 影響은 그림 2와 같이 處理된 濃度 중 가장 낮은 濃度인 Cd 1ppm處理濃度區에서는 對照區에 비해 chlorophyll a, b含量은 抑制現狀이 나타나지 않았으나, 처리농도가 높아지는데 따라서 감소되어서 Cd 7ppm구는 각각 顯著한 抑制效果를 보여주고 있다.

그리고 處理 15일째 測定한 葉綠素含量보다 20일째 測定한 葉綠素의 含量이 더욱 減少되었다.

4. GOT, GPT活性에 미치는 影響

重金屬인 Cd이 amino 酸의 代謝에 重要한 酵素인 GOT, GPT活性에 미치는 影響은 그림 3에서 보는바와 같이, 一般的으로 處理區가 對照區에 비하여 活性이 낮았으며, Cd의 散布濃度가 높은 順序대로 떨어져 있는데 GOT는 7ppm구에서 21%, GPT는 16%떨어졌다.

5. ATP 및 呼吸量의 變化

植物의 energy源인 ATP를 枝條의 上部, 中部, 下

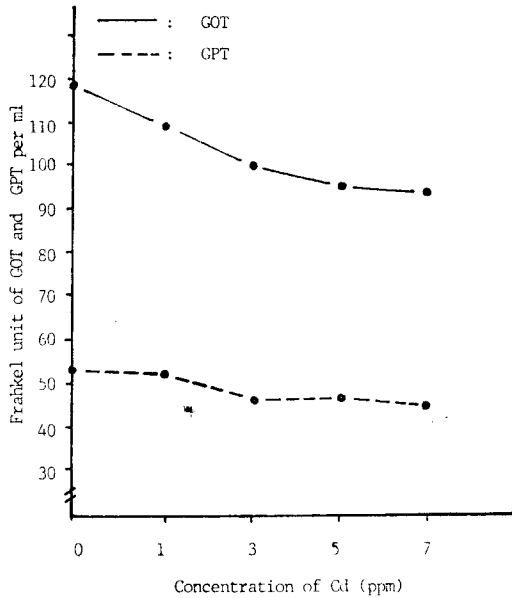


Fig. 3. Effects of Cd on GOT and GPT activity of mulberry leaves.

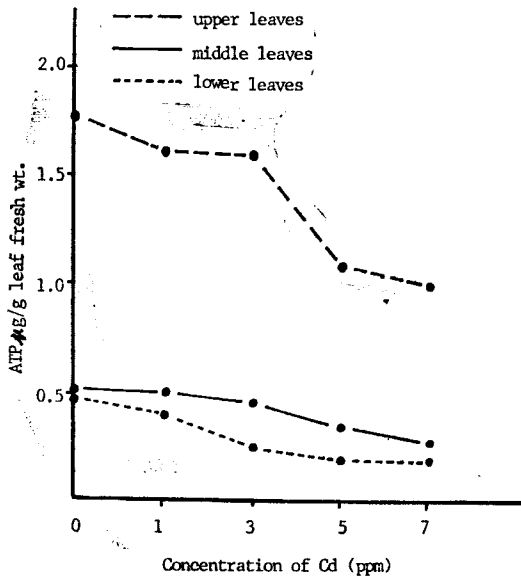


Fig. 4. Effects of cadmium on ATP contents of mulberry leaves.

부의 3부분의 잎으로 나누어測定한結果를 그림 4에서 보면 上部葉이 中部, 下部葉보다 ATP含量이 높게 나타났으며, 下部葉이 가장 낮게測定되었으나 Cd의 散布濃도가 높을수록 上, 中, 下部葉 모두 ATP가 현저히 낮았다.

上部葉에서 1ppm 및 3ppm 處理區들이 對照區에 비

하여 10%, 11% 낮았으나 5ppm 및 7ppm 區에서는 약 40%, 45% 含量이 떨어져 軟葉일수록 급격히 ATP의 含量이 떨어져 軟葉일수록 Cd의 高濃도에 敏感하고 沮害現象이 顯著하며, 硬葉인 中, 下部葉일수록 沮害現象이 완만한 것을 볼 수 있다.

6. 呼吸量의 變化

Cd濃度別 處理後 15일과 20일째된 桑葉의 呼吸量을 測定한 結果를 그림 5에서 보면, Cd의 濃도가 增加할수록 呼吸量은 減少하고, 15일 處理區가 20일 處理區에 비하면 7ppm 區에서 15일구는 26%, 20일구의 것은 25% 抑制效果가 나타났다.

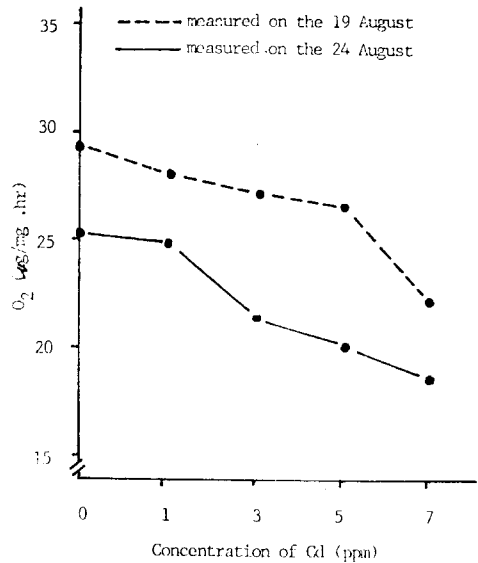


Fig. 5. Effects of Cd on the respiratory activity of mulberry leaves.

IV. 考 察

병잎에 대한 Cd의 被害現狀은 葉身に 黃色 내지 黑褐色의 斑點이 나타났으며, Cd處理濃도가 높아지는데 따라서 枝條發育이 有意성이 있게 감소하였고 5ppm 및 7ppm 區는 31% 각각 生長이 抑制되었다. 莖에 있어서는 有意성이 認定되지 않았으나 平均値 間에는 3ppm 및 5ppm 區가 약 24%, 7ppm 區가 약 29% 生長이 抑制되었는데, 이것은 Cd이 植物의 生長을 抑制하고 黃化現狀을 초래한다는 Foy(1979), Lamoreaux 등 (1978), Levings(1977)의 報告와 車 등(1975)이 Cd 200ppm에서 잣나무와 은행나무의 生長障害와 아카시아와 향나무에서 顯著한 黃化現狀이 나타나고 낙엽이 진다는 報告와 一致한다.

병잎중의 Cd含量이 줄기의 껍질에 어느 程度 移動

되는가를 알아보기 위해 分析해본 結果, 葉에서 對照區는 0.31ppm 인데비하여 可視的인 被害가 있는 3ppm 구가 13.86ppm으로 약 45배나 높은 含量을 보였다.

잎중의 Cd를 100으로 볼때 줄기껍질 部分의 Cd含量은 平均 약 12로서 적은양이 移動되었는데 이는 茅野(1979)가 葉身으로 부터 吸收된 Cd는 葉身に 가장 많고 줄기, 뿌리 순으로 적어진다는 報告와 一致한다.

葉綠素 含量에 대한 Cd의 影響은 chlorophyll a, b 모두 1ppm구에서는 對照區에 비하여 다소 낮았으나, 큰 차이는 없었으며, 3ppm구에서 부터 각각 顯著한 抑制效果를 보였는데, 이것은 Fillippis와 Pallaghy(1976)에 의하면 Cd와 Zn가 葉綠素 生成 過程의 酸化, 還元段階에서 影響을 미치며 또한 重金屬에 의하여 光合成이 抑制된다고 報告하였다. 이와같이 重金屬의 影響은 여러가지 作物에서 밝혀져 있는데(Bazzaz 등 1974; Huang 등, 1974; Lamoreaux 등, 1978; Porter 등, 1981), 이러한 光合成의 抑制現狀은 代謝에 관여하는 酵素作用이 重金屬에 의하여 抑制되기 때문이라고 思料된다.

또한 呼吸量에 있어서는 15일 및 20일째 잎들은 모두 對照區에 비하여 Cd의 處理濃度가 增加될수록 抑制現狀이 增加되었는데 Cd 7ppm처리인 경우 각각 26%(15일 處理區), 25%(20일 處理區) 抑制效果가 나타났다.

이는 重金屬에 의하여 光合成이 抑制된다는 많은 報告와(Jacobs 등 1956; Keck, 1978; Spalding, 1978; Sung 등 1981)一致한다.

GOT, GPT에 있어서는 對照區에 비해 Cd處理區 모두 1, 3, 5ppm 및 7ppm순으로 떨어졌는데 그 중에서도 GOT는 7ppm구에서는 21%, GPT는 16% 떨어졌는데, 이는 重金屬에 의하여 呼吸作用의 抑制, 光合成의 阻害, 蛋白質과 炭水化合物이 減少(Huang, Bazzaz, and Vanderhoef, 1974)되는 것으로 보아 아미노산의 代謝에 關與하는 GOT, 및 GPT 酵素의 活性도 낮아진 것이 아닌가 生覺된다.

ATP는 上部葉일수록 ATP의 수준이 中, 下部葉보다 높게 나타났으며, 5ppm 및 7ppm에서 對照區에 비해 40%, 45%급격히 ATP의 含量이 떨어졌으며 軟葉일수록 Cd의 高濃度에 敏感하고 硬葉일수록 阻害現狀이 완만하게 나타났다.

이는 Cd이 mitochondrial ATPase(Mustafa와 Cross, 1971) 및 myosin의 ATPase(Lipkan, 1970)를 抑制하고 mitochondrial 呼吸의 抑制와 光合成物質代謝時의 uncoupling結果, ATP水準을 減少(Keck, 1978)시키며, ATP 加水分解에 미치는 重金屬의 抑制 影響은 重金屬이 ATP를 抑制하기 보다는 ATPase를 不活性化시킨

다는 結果에(Sung 등, 1981) 起因되었으리라고 본다.

위의 考察에서 본 바와 같이 뽕나무의 生長, 葉綠素 含量, 呼吸作用 등에 미치는 Cd의 影響은 Cd의 濃度가 增加함에 따라 抑制 또는 減少되는 경향을 나타내었다. 또한 ATP의 合成이 抑制되고 Cd의 處理濃度가 높을수록 Cd의 吸收量이 增加되었다.

그러므로 뽕나무의 生物體內에 重金屬이 吸收되었을 때, 뽕나무의 生長과 物質代謝에 抑制效果를 미치는 Cd의 限界濃度는 3ppm인 것으로 생각되었다.

위와 같이 重金屬 Cd에 의하여 光合成의 減少 電子傳達의 遮斷, uncoupling의 誘導, ATP수준의 減少의 現狀과 重金屬에 의해 電子傳達이 제어되므로서energy의 傳達이 影響을 받아 ATP의 合成이 抑制되는 것으로 思料된다.

V. 摘 要

카드뮴(Cd)의 葉面撒布가 뽕나무의 生長 및 生體內 代謝에 미치는 影響을 分析 檢討하여 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 뽕잎의 被害症狀은 褐色斑點으로 나타났으며, 被害는 Cd 撒布 濃度가 높을수록 增加되었다.

2. 뽕나무의 條長과 條莖은 Cd의 濃度가 높을수록 生長이 抑制되었는데, 특히 條長은 5%의 有意性이 認定되었으며 對照에 비해 5ppm 및 7ppm구는 각각 약 31% 生長이 抑制되었다.

3. 枝條 껍질의 Cd 含量은 잎의 그것보다 월등히 낮았다.

4. 뽕잎의 葉綠素, ATP含量과 呼吸量, GOT 및 GPT의 活性은 Cd 3ppm부터 顯著하게 떨어지기 시작했다.

5. 뽕나무의 生長과 物質代謝에 抑制影響을 초래하는 最低 處理濃度는 Cd 3ppm이었다.

參 考 文 獻

- 金廣植(1969) 水稻根의 Amino酸代謝에 관한 研究. 第 1報 水稻根의 生長과 Transaminase의 活性에 미치는 各種 窒素化合物의 影響. 農化學會誌, Vol. 11, 143-149.
- 李載窪(1980) CCC(2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride)의 葉面撒布가 桑樹의 生長 및 生體內 代謝에 미치는 影響. 韓蠶學誌, Vol. 22(1), 45-51.
- 李鍾哲 外 3名(1979) 大氣公害가 養蠶에 미치는 影響에 관한 研究(原蠶種飼育에 있어서 亞黃酸가스 및

- 카드뮴의 해를 中心으로), 韓蠶學誌, 21(1), 36-45.
- 李鍾哲 外 4名(1980) 大氣公害가 蠶蠶에 미치는 影響에 관한 研究(人工飼料 中の 카드뮴濃度와 家蠶形質 과의 關係), 東亞大學校大學院論文集, 第 4 集, 99-106.
- 成敏雄(1979)發芽種子의 呼吸作用에 미치는 Cd, Hg 및 Pb의 影響. Korean Jour. Botany Vol. 22(1-2), 15-20.
- 車鍾煥·金炳宇(1975) 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. 韓國植物學會誌, 18(1), 23-30.
- 伊藤秀文·飯村康二(1976) 水稻における亞鉛, カドミウムの吸收と生育障害, 日土肥誌, 47(2):39-43.
- 茅野充男(1979) 植物體內における 過剰重金屬の舉動, Nippon Nogecikagu Kaishi 52(3):1-8.
- 三好健勝外 2名(1971) 重金屬類の蠶見におよぼす影響 (I) 飼料中のカドミウムおよび亞鉛が家蠶におよぼす發育段階別の影響. 日蠶雜, 40(4):323-329.
- Bazzaz, F.A., R.W. Carlson, and G.L. Rolfe, 1974. The effect of heavy metals on plants; Part I. Inhibition of gas exchange in sunflower by Pb, Cd, Ni, and Tl, *Environ. Pollut.*, 7, 241-246.
- Chemical procedures (1975) National shellfish sanitation program, U.S. Department of Health, Education and Welfare Public Health Service Food and Drug Administration.
- Cutler, Rains (1974) Characterization of cadmium uptake by plant tissue. *Plant Physiol.*, 54:67-71.
- De Filippis, L.F., and C.K. Pallaghy (1976). The effect of sub-lethal concentrations of mercury and zinc and chlorella. II. Photosynthesis and pigment composition. *ibid.*, 78, 314-322.
- De Filippis, L.F. (1979). The effect of heavy metal compounds on the permeability of chlorella cells. I. *Pflanzenphysiol.*, 92, 1, 39-49.
- Foy, C.D., R.L. Chaney, and M.C. White, (1978). The physiology of metal toxicity in plants, *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 29, 511-566.
- Hampp, R. and K. Lendizan, (1974). Effect of lead ions on chlorophyll synthesis, *Naturwiss.*, 61, 218-219.
- Huang, C.Y., F.A. Bazzaz, and L.N. Vanderhoef, (1974). The inhibition of soybean metabolism by cadmium and lead. *Plant Physiol.*, 54, 122-124.
- Jacobs, E.E., M. Jacob, D.R. Sanadi, and L.B. Bradley, (1956). Uncoupling of oxidative phosphorylation by cadmium ion. *J. Biol. Chem.*, 223, 147-156.
- Keck, R.W., (1978). Cadmium alteration of root physiology and potassium ion fluxes. *Plant Physiol.*, 62, 94-96.
- Lamoreaux, R.J., and W.R. Chaney, (1977). Growth and water movement in silver maple seedlings affected by cadmium. *J. Environ. Qual.*, 6, 201-205.
- Lamoreaux, R.J., (1978). The effect of cadmium on net photosynthesis, transpiration, and dark respiration of excised silver maple leaves. *Physiol. Plant.*, 43, 3, 231-236.
- Levings, M.K., (1977). Effects of cadmium chloride on growth and pigments in *Glycine max L.*, *Quercus rubra L.*, *Acer saccharum L.*, and *Cucumis sativus L.* Masters Thesis, Forestry and National Resources, Purdue University.
- Lipkan, G.N., (1970). The effect of unithiol on the enzymatic activity of myosin and myosinoid proteins and the content of sulfhydryl groups in the presence of metals reacting with thiols. *Formakol, Toksikol, Respub. Mezhvedom.*, S.B. 5, 191.
- Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solution, *Jour. Biol. Chem.*, 140:315-322.
- Mustafa, M.G. and C.E. Cross, (1971). Pulmonary alveolar macrophage. Oxidative metabolism of isolated cells and mitochondria and effect of cadmium ion on electron and energy-transfer reactions. *Biochem.*, 10, 23, 4176-4185.
- Porter, J.R. and R.P. Sheriden, (1981), Inhibition of nitrogen fixation in alfalfa by arsenate, heavy metals, fluoride, and stimulated acid rain. *Plant Physiol.*, 68, 143-148.
- Reitman, S. and S. Frankel, (1957). Colorimetric method for the determination of serum transaminase *Amer. J. of Clin. Path.*, 28, 56-63.
- Spalding, B.P., (1978). The effect of biocided treatments on respiration and enzymatic activities of douglas-fir needle litter, *Soil. Biol. Biochem.*, 10, 6, 537-543.
- Sung, M.W., (1979). Effects of Cd, Hg and Pb on the respiration of the germinating seeds. *Korean Jour Botany.*, Vol. 22, No. 1-2, 15-20.
- Sung, M.W., W.J. Yang, and B.K. Kwon, (1981).

Toxicity of various heavy metals on ATP and respiration in germinating seeds. *J. of Gyeong-*

Sang Nat. Univ., 20, 237-258