

土壤中 砒素의 行動과 水稻의 砒素吸收에 依한 被害生理生態에 關한 研究

V. 土壤中의 砒素含量이 水稻根의 生態에 미치는 影響

李敏孝 · 林秀吉 · 朴永大 · 李淑喜
(1986. 11. 5 접수)

Behavior of Arsenic in Paddy Soils and Effects of Absorbed Arsenic on Physiological and Ecological Characteristics of the Rice Plant

V. Effect of arsenic added to soil on ecological characteristics of the rice plant

Min Hyo Lee**, Soo Kil H. Lim*, Young Dae Park** and Suk Hee Lee***

Abstract

A pot experiment was conducted to find out the effect of arsenic(As) added to soil on the number of roots, root diameter, root length and root tissue of the rice plant.

The results obtained were as follows:

Higher As levels in soil remarkably reduced not only the number of roots, root length and root diameter, but also the diameter of the central cylinder, the route of the water and inorganic nutrients of the roots.

When arsenic was treated in soil, abnormal cells in the cortex of rice root were developed and considerably increased with higher As levels in the soil. These were only observed in the middle and upper parts of root segments except root tips and they looked like rice roots without epidermis in shape.

Therefore, the occurrence of the abnormal cells in the root was attributed to high arsenic accumulation in the root. Its mechanism is not clear. However, it is assumed that the abnormal cells had occurred to compensate for lower amount of water and inorganic nutrient absorption by the injured rice root or self-defense against the penetration of arsenic within the rice root.

* 農業技術研究所(Agricultural Sciences Institute, Suweon, Korea)

** 高麗大學校 農科大學(College of Agriculture, Korea Univ., Seoul, Korea)

*** 慶北農村振興院(Kyung-bug Provincial Office of Rural Development, Chil-gog, Korea)

結 論

砒素는 植物의 뿌리에 大部分 蓄積이 되는 元素로써 作物에 對한 砒素被害는 一次의 으로 뿌리에서 부터 나 타난다.

Machlis 等⁽¹⁾은 뿌리가 砒素를 過剩吸收하면 plasmolysis 를 일으킨다고 하였고 이 現象에 依해 作物이 水分의 吸收를 沮害받는다고 하였으며 Morris 等⁽²⁾ 및 Fellenburg⁽³⁾도 作物根의 砒素吸收로 葉面蒸散이 低下 됨을 確認하였다. 이와같이 作物의 砒素被害를 解析하 는데 있어 生理的인 面에서는 그 研究가 多少 遂行되 어 왔으나 生態的인 面에서는 거의 研究된바 없다.

따라서 本 研究는 砒素處理에 依한 水稻의 生態的 特性을 究明하기 위해 砒素를 土壤에 處理하고 水稻를 栽培하여 根의 諸形質 및 組織內의 變化等을 調査하여 얻어진 몇가지 結果를 報告코져한다.

材料 및 方法

1. 供試土壤

第 3 報에서 供試했던 土壤과 化學的 特性이 同一한 土壤을 使用하였다.

2. 土壤에 대한 砒素處理 및 水稻栽培方法

風乾한 土壤 3.5 kg 에 第 3 報에서의 土壤에 대한 砒素 및 肥料處理와 같은 方法으로 砒素와 三要素肥料를 處理하고 잘 混合한 後 1/5,000 a Wagner pot 에 充填 시키고 灌水하였다. 供試作物로 曙光벼를 灌水 5 日後 에 45 日苗를 pot 당 3 株 1 本씩 1985 年 3 月 1 日에 移秧하여 온실에서 灌水栽培하였으며 本 試驗은 處理當 3 反覆으로 遂行되었다.

3. 根의 諸形質調査 및 解剖學的 觀察

移秧後 45 日에 水稻體를 採取하여 地上部는 除去하 고 뿌리는 수도물과 蒸溜水로 洗滌하여 根數, 根長, 根徑 및 中心柱 直徑을 調査하였다. 根徑과 中心柱 直徑 은 根의 中間部位를 橫斷面으로 切斷하여 光學顯微鏡 (Nikon HFX-II) 下에서 이를 觀察하였다. 한편 根의 內 部 解剖學的 觀察을 위해 試料를 F.A.A. (Formalin, Acetic acid, Alcohol) 溶液⁽⁴⁾에 固定시킨後 이를 根端部, 中間部 및 上端部로 區分하여 Hand section 方法 으로 試料切片을 만들어 光學顯微鏡 下에서 이를 觀察 하였다.

結果 및 考察

1. 根의 諸形質變化

砒素處理濃度를 달리한 土壤에서 移秧 45 日後에 採 取한 水稻의 根數, 根徑 및 根長은 表 1 과 같이 砒素 處理濃度가 增加함에 따라 大體로 減少하였으나 As 10 ppm 處理區에서는 根數와 根長이 對照區에 比하여 오히려 增加하였다. 이와같이 砒素處理濃度가 增加함에 따라 이들 根數, 根長 및 根徑의 減少는 砒素의 뿌리 蓄積에 의한 根代謝機能의 沮害에 起因된 것으로 생각 되며 As 10 ppm 區에서 根數 및 根長이 對照區에 比해 오히려 增加하는 것은 試驗의 水耕試驗結果에서와 같 이 As 1 ppm 處理區가 對照에 比해 根重이 많았던 事實과 비슷하다. 이는 水稻根이 低濃度의 砒素를 吸收 하던 水分刺戟을 받아 滲透壓調節能力이 더욱 좋아 지 기 때문으로 생각된다.

Table 1. The effect of As treatment on number, diameter and length of rice root at 45 days after transplanting

As treatment (ppm)	No. of root	Root diameter (μm)	Length (cm)
0	222±8.72	960.6±30.7	11.11±0.32
10	257.0±3.79	932.5±32.0	11.28±0.28
50	212.3±2.19	890.4±35.1	10.00±0.31
100	143.0±9.08	886.7±46.9	7.18±0.37
150	100.3±4.13	724.5±25.5	7.22±0.43

± standard error of the mean of three replicates

土壤中 砒素處理濃度에 따른 水稻根의 分布는 그림 1 과 같이 對照區와 As 10 ppm As 50 ppm 및 處理區에 서는 10.1~15 cm 가 全體根數의 37.5~42 %로 가장 많이 分布하고 있었고 As 100 ppm 處理區에서는 5.1 ~10 cm 가 32 %, As 150 ppm 處理區에서는 0~5 cm 가 47 %로 가장 많이 分布하였다. 이와같이 As 10 ppm 區와 50 ppm 區에서는 根長의 分布가 對照와 같이 10. 1~15 cm 가 가장 많이 分布하고 있어 砒素의 障害를 크게 받지 않았으나 As 100 ppm 區와 As 150 ppm 區 에서는 根長이 점차 짧은쪽으로 치우치고 있어 砒素의 沮害를 甚하게 받고 있음을 알 수 있다.

한편 土壤의 砒素處理濃度에 따른 水稻根의 直徑과 中心柱 直徑과의 關係를 그림 2 에서 보면 이들 間에 는 서로 높은 相關을 나타내고 있다. 土壤中 砒素處理 濃度가 높아짐에 따라 水稻根의 直徑은 減少하였으며

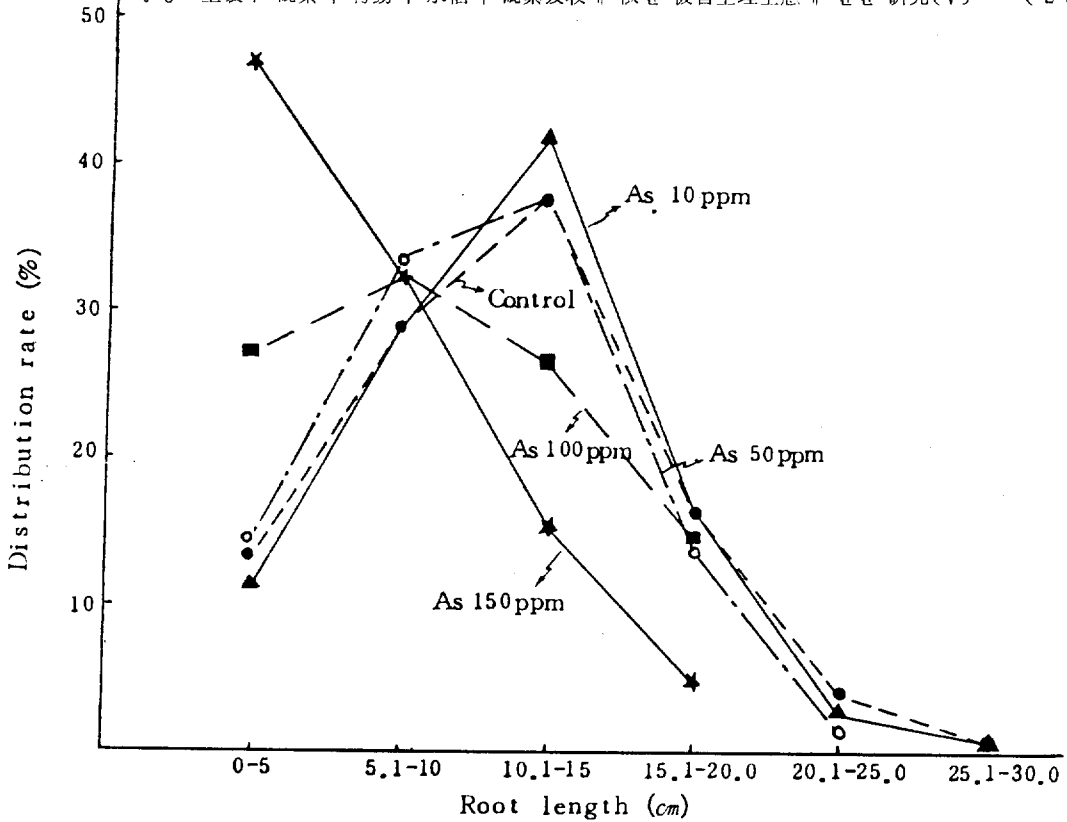


Fig. 1. The effect of As treatment on distribution of the length of rice roots

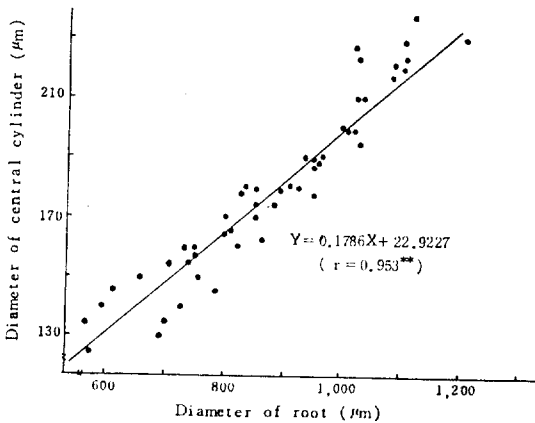


Fig. 2. Relationships between diameter of the central cylinder and that of root

이에 따라 中心柱의 直徑이 小다. 따라서 砒素의 被害를 받은 水稻는 水分 및 養分의 運搬通路인 中心柱가 좁아짐으로써 水稻가 正常的인 生育을 못하는데 큰 原因이 있는 것으로 判斷된다.

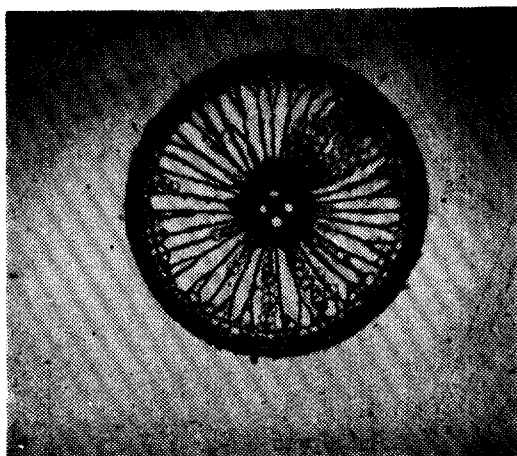
2. 根內 異常細胞 發生樣相

砒素의 吸收에 의해 被害를 받은 根에는 그 外形뿐

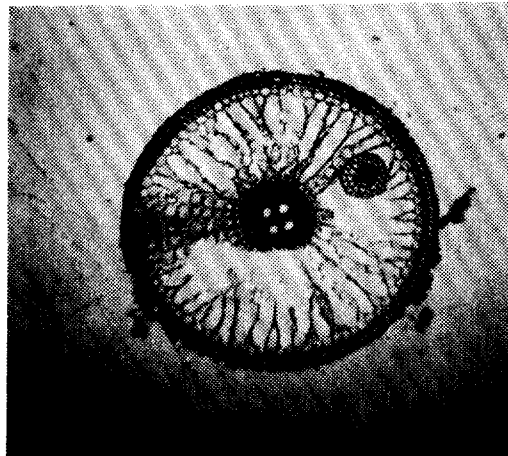
아니라 根組織內에서도 正常根과 差異가 있을 것으로 여겨져 砒素濃度別로 處理하여 栽培된 水稻를 根部만 切斷하여 F.A.A. 液에 固定한 後 hand section 으로 試料切片을 만들어 光學顯微鏡 下에서 뿌리組織을 橫斷面으로 切斷하여 觀察한 結果 砒素處理區의 根에서는 正常根에서 볼수없는 異常細胞와 같은 形態가 나타났다(寫眞 1, 1-1)

따라서 이 物體가 內皮에서 發生하는 2次根의 始源體가 砒素障害를 받아 表被쪽으로 向하지 못하고 밑으로 구부러져 나타난 것인지 또는 異常細胞가 發生된 것인지를 確認하기 위해 數個의 被害根을 根端부터 根의 上位部까지 連續的으로 區分切斷하여 順序別로 試料를 檢鏡한 結果 이 物體는 內皮에서 發生되는 2次根의 始源體가 아니라 根의 內皮와 表皮 사이인 皮層에서 無秩序하게 發生되는 異常細胞로 判斷되었으며 이 物體는 단지 表皮組織만 形成되지 않은 根의 形狀을 나타내었다.

한편 砒素處理濃度別 水稻根中 異常細胞 發生程度를 表2에서 보면 異常細胞는 砒素處理濃도가 높을수록 그 數가 增加하고 있으며 部位別로는 根의 中間部와 上端部에서 發見되었고 根의 伸長部位인 根端部에서는 砒素處理濃도에 關係없이 發見되지 않았다. 李⁽⁵⁾도 Cu,

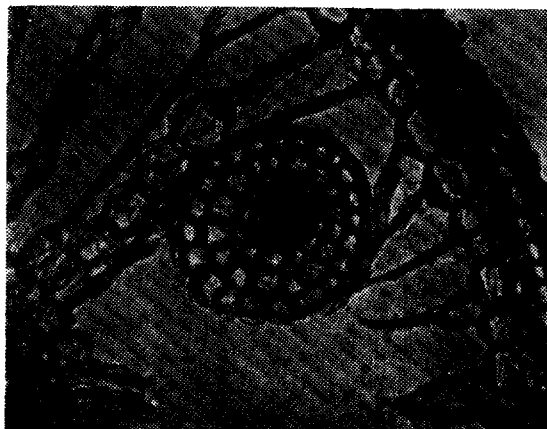


(a)

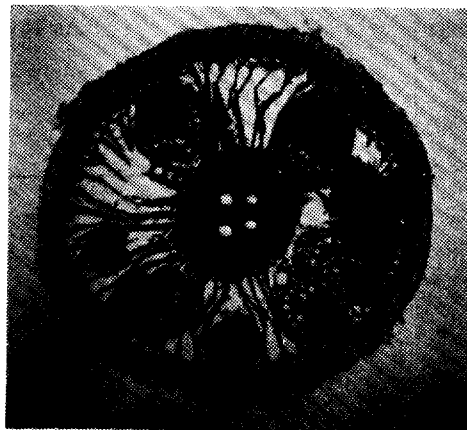


(b)

Photo. 1. Occurrence of abnormal cell in the cortex of rice roots affected by As treated in soil (a) Control. ×20. (b) As 50ppm treatment. ×20.



(c)



(d)

Photo. 1-1. Occurrence of abnormal cell in the cortex of rice roots affected by As treated in soil (c) Enlargement of abnormal cell. ×90. (d) As 150ppm treatment. ×30.

Table 2. The number of abnormal cells in cortex of rice roots and other root growth status with different As levels in soil at 45 days after As treatment

As treatment (ppm)	Root part			Appearance of root	
	Root tip	Middle part	Upper part	Root system	Root color
0	0	0	0	Well developed	Considerably white
10	0	0	0	"	"
50	0	2 (0.24)	2 (0.16)	Poorly developed	Brownish
100	0	8 (0.97)	12 (1.15)	"	"
150	0	14 (2.16)	15 (2.03)	Very poorly developed	Dark brownish

No. of root investigated : 15

() : Average of abnormal cell in each part with 7 replicates

Zn, Ni 및 Ge 을 生育沮害濃度로 土壤에 處理하여 水稻를 栽培하여 뿌리의 異常細胞發生與否를 調査한 結果 이들 元素中 뿌리 蓄積이 比較的 많은 Cu, Zn, Ni^(6,7,8) 處理區에서는 異常細胞가 發生한 反面 뿌리에 蓄積이 적고 地上部에 移行性이 큰 Ge⁽⁹⁾ 處理區에서는 異常細胞가 發生되지 않았다고 하였다.

따라서 皮層內 異常細胞의 發生은 뿌리에 有害한 重金屬을 過多蓄積한 根에서는 뿌리 機能의 障害로 因한 水分 및 無機養分의 吸收가 低下되므로써 이를 補充하기 위한 手段으로 發生되었거나 이들 細胞가 뿌리에 有害한 物質의 侵透에 對한 防禦手段으로 發生된 것이 아닌가 推定되나 이들 細胞의 根內 發生機作에 對해 서는 앞으로 研究 檢討해야할 課題로 思料된다.

要 約

砒素의 土壤處理에 依한 水稻根의 生態的 特性을 調査하기 위해 비스틀 토양이 濃度別로 處理하고 水稻를 栽培하여 根의 諸形質 및 組織內의 變化等을 調査하여 얻어진 結果는 다음과 같다.

水稻의 根數 根長 및 根徑은 土壤中 砒素濃度가 增加함에 따라 현저히 減少되었으며 中心柱의 直徑도 크게 줄아졌다.

한편 土壤에 砒素를 處理한 區에서는 水稻根의 皮層內 異常細胞가 發生하였으며 砒素處理濃度가 높을수록 그 數가 더 增加하였다. 根의 部位別 이들細胞의 發生程度를 보면 이들細胞는 根端部를 除外한 中間部와 上位部에서만 發生하였다. 또한 이들細胞는 表皮組織이 없는 根의 形狀을 하고 있었다.

따라서 土壤中 砒素處理에 따라 水稻根의 皮層內 異常細胞의 發生은 뿌리에 有害物質을 過多하게 蓄積한 根에서는 뿌리의 水分 및 無機養分의 吸收機能이 沮害를 받으므로 이를 補充하기 위한 手段으로 이들細胞가 發生되었거나, 뿌리에 有害한 物質의 侵透에 對한 防禦手段으로 發生된 것으로 推定된다.

參 考 文 獻

1. Machlis, L. (1941) : Accumulation of arsenic in the shoots of sudan grass and bush beans. Plant Physiol., 16, 521.
2. Morris, H.E., and D.B. Swingle. (1927) : Injury to growing crops caused by the application of arsenical compounds to soil. Jour.Agr. Res., 31, 59.
3. Fellenberg, T. (1930) : über den Arsengehalt natürlicher und mit Arsenpräparaten behandelter Lebensmittel. Biochem. Zeitschr., 218, 300.
4. 川田信一郎, 原田二郎. (1975) : 水稻의 冠根始原體における organization, とくに 出根までについて. 日作紀, 44(4), 438.
5. 李敏孝. (1986) : 土壤中 重金屬(Cu, Zn, Ni, Ge) 處理에 依한 水稻根의 生態的 特性. 未發表.
6. 石塚喜明. (1945) 植物に對する銅イオン有害作用の起因に就て(第一報)根系の全部が銅イオンに接觸せる場合に然らざる場合に於ける銅イオンの有害作用に就て. 日土肥誌, 14(4), 248.
7. 田中明, 但野利秋, 武藤和夫. (1975) : 重金屬適應性の作物間差異(第2報)亞鉛ガトミウム水銀適應性—比較植物榮養に關する研究. 日土肥誌, 46(10), 431.
8. 田中明, 但野利秋, 海老愛夫. (1978) : _____ (第3報)ニソケルコベルト適應性—比較植物榮養に關する研究. 日土肥誌, 49(4), 314.
9. 高橋英一, 蕭耳明, 三宅靖人(1976) : ケイ酸植物のケルマニウムに對する生育反應の特異性につて(その1). ケイ酸の比較植物榮養學的研究(第一報) 日土肥誌, 47(5), 183.