

研究简报

镉对作物种子萌发、幼苗生长及氧化酶同工酶的影响

刘海亮 崔世民*
(天津师范大学地理系)

李 强 刘 欣 彭永康
(天津师范大学生物系)

摘要 本文研究了镉对四种作物的某些影响。玉米和西葫芦幼苗生长受镉抑制明显,根内 POD 同工酶谱带比对照减少。旱萝卜幼苗生长虽也受抑,但根内 POD 没有变化。沙窝青萝卜和西葫芦幼苗根内 COD 同工酶谱带也比对照减少,这似乎也与镉害有关。

关键词 镉;过氧化物酶;细胞色素氧化酶。

镉是环境中危害最大的重金属污染物之一。它通过冶炼、电镀、塑料、颜料等工业排出,给农业生态环境造成严重影响。国内外不少学者^[1-6,11]对植物中镉的吸收累积规律进行了重点研究,而镉对作物种子萌发、幼苗生长,尤其对体内酶的影响报道很少。我们用不同浓度的镉溶液处理四种作物种子,企图了解镉对作物种子萌发、幼苗生长及两种氧化酶同工酶的影响,为农业生产上早期检测镉对作物幼苗生长的有害效应及在含镉工业废水浇灌区选择抗镉作物品种,减少农业损失提供依据。

一、材料与方 法

1. 材料及样品制备

供试作物品种:沙窝青萝卜,西葫芦(黄爆粒),旱萝卜。取上述四种作物健壮饱满的种子各 600 粒,分别置于六个大培养皿中,再分别加入 10, 20, 40, 60, 80 ppm 的氯化镉溶液各 40 ml,其中一个加入 40 ml 蒸馏水作为对照,在 24℃ 温箱内恒温培养四天。测定各自的发芽率、幼苗高度及主胚根长度。取上述供试材料的胚根各 0.5g,用自来水、蒸馏

水冲洗干净,滤纸吸干,剪碎至研钵中。加入 1ml 冰箱内预冷的 0.1 mol/L 磷酸缓冲液提取液 (pH7.0),迅速研磨成匀浆。把匀浆放于冰箱内沉淀 30 min,其上清液用作酶分析样品。

2. 同工酶的测定

同工酶测定采用聚丙烯酰胺圆盘状凝胶电泳法^[12],使用 BiO-RAD 多功能电泳仪,于冰箱内 0℃ 条件下电泳约 3 小时。凝胶缓冲系统,电泳缓冲液,POD 和 COD 同工酶染色按照文献[9]采用的方法。两种酶均以岛津 CS-910 双波长薄层层析仪扫描记录实验结果。

二、实验结果

1. 不同浓度镉溶液对四种作物种子萌发、幼苗高度及主胚根生长的影响

经不同浓度镉溶液处理的四种作物种子萌发率各表现不同。玉米与旱萝卜的发芽率随镉浓度的增加而明显下降,它们对镉害反应敏感。其中旱萝卜在 10ppm 和 80 ppm 时

* 现在天津市环湖医院

发芽受抑明显,20—60ppm 发芽率变化平缓。西葫芦和沙窝青萝卜反应比较迟钝,它们在不同浓度镉溶液中发芽率变化不大,只有 40 ppm 镉溶液对西葫芦具有一定的刺激作用(图 1)。

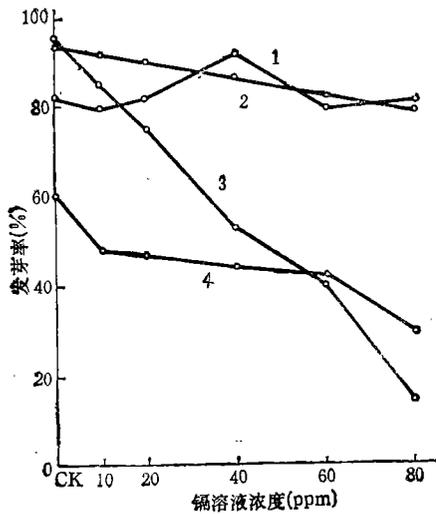


图 1 不同浓度镉溶液对作物发芽率的影响
1.西葫芦 2.沙窝青萝卜 3.玉米 4.旱萝卜

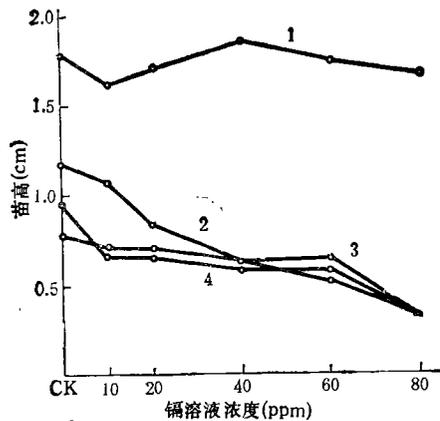


图 2 不同浓度镉溶液对作物幼苗高度的影响
1.西葫芦 2.沙窝青萝卜 3.玉米 4.旱萝卜

不同浓度镉溶液对四种作物幼苗高度的影响也不一致(图 2)。沙窝青萝卜、玉米和旱萝卜反应比较敏感,表现为镉浓度越高,苗高越低,其中 10 和 80 ppm 镉溶液对旱萝卜苗高的抑制作用明显。这与其发芽率的变化

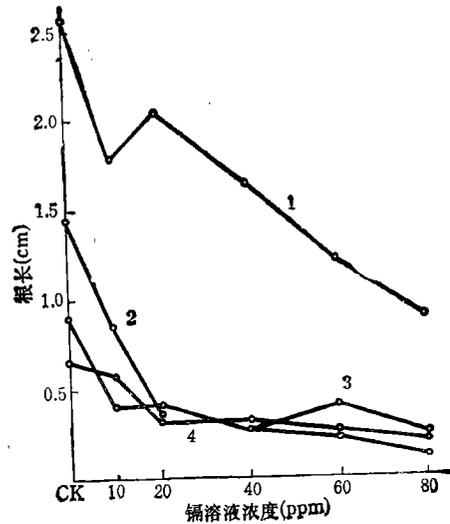


图 3 不同浓度镉溶液对作物幼苗主胚根的影响
1.西葫芦 2.沙窝青萝卜 3.玉米 4.旱萝卜

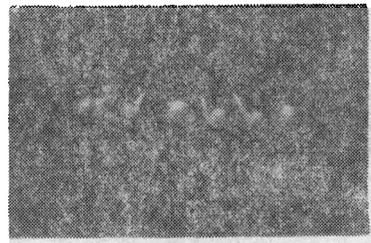


图 4 玉米主胚根在不同浓度镉溶液中的生长状况

相一致。西葫芦苗高的变化不明显,与其发芽率的变化基本一致。

不同浓度镉溶液对四种作物主胚根生长的影响则不同于上述结果,镉对它们的胚根伸长抑制效应均十分明显(图 3、图 4)。

2. 不同浓度镉溶液对四种作物胚根过氧化物酶 (POD) 同工酶的影响

测定结果表明,经 80 ppm 镉溶液处理的玉米和西葫芦根系中 POD 同工酶谱带数量均比对照减少了。从图 5 看出,玉米对照样品显示有 9 条谱带 (POD₁-POD₃, POD₅-POD₁₀), 而经 80 ppm 镉溶液处理的样品缺少了 5 条 (POD₃, POD₅, POD₈-POD₁₀), 另外还新产生了 1 条 (POD₄)。图 6 显示出,西葫芦对照样品有 4 条谱带 (POD₁-POD₄), 80ppm 的样品有 3 条 (POD₁, POD₂, POD₄),

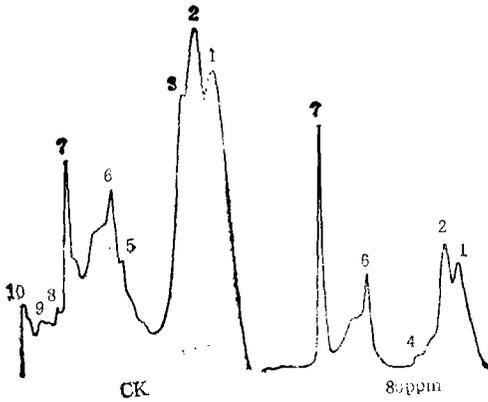


图 5 镉对玉米主胚根 POD 的影响

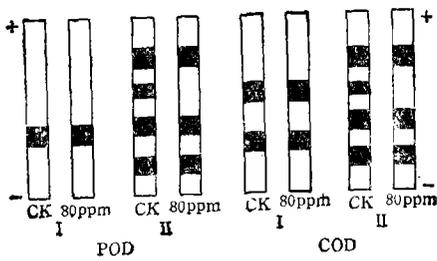


图 6 镉对早萝卜 (I)、西葫芦 (II) 主胚根 POD 和 COD 的影响

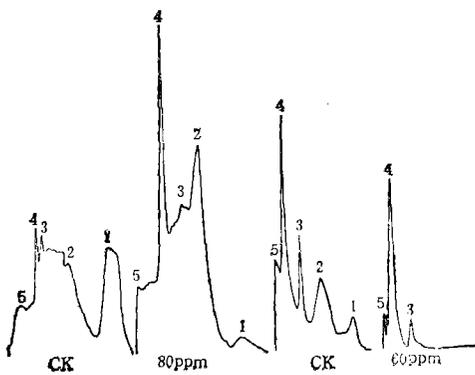


图 7 镉对玉米 (III) 和沙窝青萝卜 (IV) 主胚根 COD 的影响

缺少 POD₃。早萝卜 POD 同工酶没有产生明显变化。沙窝青萝卜则未能检测出 POD 谱带。

3. 不同浓度镉溶液对四种作物胚根细胞色素氧化酶 (COD) 同工酶的影响

COD 同工酶对镉害的反应是：沙窝青萝卜和西葫芦谱带变化明显。沙窝青萝卜对照样品有 5 条谱带 (COD₁—COD₅)，60 ppm 镉溶液处理样品只有 3 条 (COD₃—COD₅)，比对照减少了 2 条 (COD₁, COD₂)。西葫芦对照样品有 4 条谱带 (COD₁—COD₄)，80 ppm 镉溶液处理的样品有 3 条 (COD₁, COD₂, COD₄)，比对照缺少 1 条 (COD₃)。玉米和旱萝卜的谱带均无明显变化(图 6, 图 7)。

三、分析与讨论

实验结果表明,不同作物的发芽率、幼苗高度和根系生长对镉害的反应不同。这一结果可为我们在含镉污染区鉴别镉对作物幼苗生长的有害效应,以及选择抗镉作物品种提供依据。

POD 同工酶被认为是一种对环境条件变化反应灵敏的酶,当植物受病菌^[7]、高浓度盐^[8]、 γ -射线^[9]等不良环境因子伤害时,会诱导产生新的同工酶谱带或使同工酶谱带减少。同工酶的这种变化被认为是植物对外界不良环境伤害的“保卫反应”^[10]。本实验中所看到的玉米和西葫芦 POD 同工酶谱带减少现象也许也是作物对镉害的一种适应现象,以便使其在镉害条件下生存。本工作观察到玉米胚根和幼苗高度及西葫芦胚根生长受抑与 POD 的变化存在一定的相关性,这一结果可作为生产上鉴定作物抗镉性及抗镉品种筛选的一种生化指标。应该说明的是早萝卜胚根和幼苗高度生长虽然对镉害反应敏感,但其胚根内 POD 基本无变化,也许这是不同作物品种间的差异。有关这个问题尚需进一步研究。另外,经 80 ppm 镉溶液处理的玉米样品 POD 同工酶在某些谱带消失的同时,还产生出一条新谱带,这可能是由于某些谱带减少而产生的暂时补偿作用。

COD 同工酶是呼吸作用末端氧化的重要酶类。到目前为止,还未见到作物根系内 (下转第 7 页)

气率下降至 66%，而引入六价的体系产气率下降至 48%。换言之，当两个厌氧体系受到相同程度的抑制（产气下降率均为 35%）时，引入三价铬离子的体系比引入六价铬体系中的有机酸含量要高得多（分别为 1600 mg/L 和 500 mg/L），这说明虽然引入六价或三价铬都会对产甲烷菌产生抑制作用，使体系中积累大量的有机酸，但六价铬的引入不仅抑制了产甲烷菌，而且还严重地抑制了产酸菌，因而，表现出厌氧体系中有有机酸浓度并不很高，但受到的抑制比引入三价铬的体系更严重。从表 3 中还看到，受抑制的厌氧体系不仅有有机酸总量增加，而且出现了丁酸和戊酸，随着抑制程度加重，高碳酸的比例加大。

7. 厌氧消化污泥对铬承受情况

厌氧体系中污泥量（微生物数量）不同，加入相同浓度的金属离子引起抑制的程度也不同，以单位污泥干重对铬离子的承受情况来表示，不同厌氧体系才有相对可比性。表 2 列出了四个反应器中污泥量及污泥对加入铬离子的负荷。日加入铬量与厌氧污泥干重的比例低于 0.1%（60mg-N/kgVS）时，无抑制作用；0.2%（120 mg-N/kgVS）时，有明显抑制作用；0.4%（240 mg-N/kgVS）以上就产生较强的抑制作用。六价铬的毒性比三价铬大，

日加入量为污泥干重的 0.04%（45 mg-N/kgVS）时，无抑制作用；达到 0.096%（111mg-N/kgVS）时，有轻微的抑制作用；达到 0.2% 时有较强的抑制作用。

三、结 论

1. 三价铬加入浓度越高对厌氧体系产生的不良影响就越大。为维持厌氧体系正常运行，三价铬的日加入浓度应低于 20 mg/L，加入量为 36—72mg/L 时，产生轻度抑制作用；超过 140 mg/L，就会产生严重的抑制作用。

2. 六价铬对厌氧体系的毒性比三价铬大，维持厌氧体系正常运行允许的六价铬日加入浓度应低于 14.5 mg/L。

3. 保持厌氧消化液中溶解态铬离子浓度低于 1.0 mg/L 可维持厌氧体系正常运转。

4. 维持厌氧体系正常运行所允许的三价铬和六价铬的日加入量与污泥干重之比分别为低于 0.1% 和 0.04%。

参 考 文 献

- [1] Alexandra Kouzeli-Katsiri et al; *Environ. Technology Letters*, 9, 261(1988).
- [2] Thomas D. Hayes, Thomas L. Theis, *J. of Water Pollution Control Fed.*, 50, 61 (1978).
- [3] 園田、頼和等, 酸酵工学会誌(日), 55(1), 22(1977).

(收稿日期: 1991 年 4 月 5 日)

(上接第 31 页)

COD 同工酶的变化与作物镉害之间关系的报道。但在四种作物种子经不同浓度镉处理后在一些作物幼苗(沙窝青萝卜、西葫芦)胚根内 COD 的变化是明显可见的。因此, 似乎 COD 的变化与作物镉害之间也存在某些关系。

致谢 张玉荣绘图, 谨表谢意。

参 考 文 献

- [1] 陈铨荣等, 环境科学, (3), 4(1978).
- [2] 陈涛等, 环境科学, 1(5), 7(1980).

- [3] 辽宁林业土壤研究所, 环境污染与生物净化, 第 70—76 页, 科学出版社, 1976 年.
- [4] 董克虞等, 环境科学, 2(3), 6(1981).
- [5] 吕春元, 环境科学, 2(2), 57(1981).
- [6] 董克虞等, 环境科学, 3(4), 31(1982).
- [7] 沈其益等, 植物学报, 20(2), 108(1978).
- [8] 彭永康等, 植物学通报, 6(1), 33(1989).
- [9] 彭永康等, 华北农学报, 2(1), 13(1987).
- [10] 彭永康等, 环境科学学报, 10(4), 501(1990).
- [11] John, Matt K; *Environmental Pollution*, 4(1), 7(1973).
- [12] Siciliano M.J. et al., In Smith I, ed. Separation and visualization of enzymes on gels, PP. 185, London, Heinemann Medical book, 1976

(收稿日期: 1991 年 1 月 30 日)

Mining and Technology): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(6), 1991, pp. 20—24

The effects of Ca^{2+} and Al^{3+} ions on flocculating process of kaolin using polyacrylamide as flocculant was studied. It is found that Ca^{2+} and Al^{3+} ions depress the flocculation of kaolin. The higher the pH value, the greater the effect of Ca^{2+} ion will be and the lower the pH value, the greater the effect of Al^{3+} ion will be. Mechanism of the effects was investigated and discussed through molecular orbit (MO) theory, solution chemistry calculation and electronic probe examination. It is revealed that bonding interaction of Ca^{2+} , Al^{3+} and their positively charged hydrolyzed ions with polyacrylamide causes the crooking of molecular chains of the later, resulting in a low efficiency of flocculation of kaolin under acidic and neutral conditions; while the deposition of hydroxides of Ca^{2+} , Al^{3+} ions on the surface of kaolin hinders or depress the hydrogen bond interaction between polyacrylamide and kaolin at pH values higher than 9.

Key Words: calcium ion; aluminium ion; kaolin; polyacrylamide; flocculation.

Reliability of Tessier's Fractional Extraction Procedure for Cadmium Species in Soil.

Chen Xuecheng (Department of Environmental Engineering Hebei Institute of Light and Chemical Engineering, 050018, Shijiazhuang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(6), 1991, pp. 25—28

By quantitatively adding various chemical species of cadmium to soil sample GBW07401 (National Certified Reference Material of P. R. C.), the reliability of Tessier's sequential extraction procedure for the speciation analysis of trace metals was studied. It turns out that various fraction of cadmium in these samples could be extracted out with fairly good accuracy and precision. In spite of the fact that the transference from one fraction to another had taken place, the average recovery of added cadmium was determined to be 97.27%.

Key Words: sequential extraction; speciation analysis; cadmium in soil.

Effects of Cadmium on Seed Germination, Seedling Growth and Oxidase Isozymes in Crops. Liu Hailiang, Cui Shimin (Dept. of Geography, Tianjin Normal University, Tianjin), Li Qing, Liu Xin, Peng Yongkang (Dept. of Biology, Tianjin Normal University, Tianjin): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 29—31

This paper discusses the influence of Cadmium on seed germination, seedlings growth and oxidase isozymes of four crops which have been exposed to Cd solution of various concentrations. Obvious inhibitory effects were identified in seedling growth of *Zea mays* and *Cucurbita pepo*. Peroxidase (POD) isozyme bands in roots of treated *Zea mays* and *Cucurbita pepo* are less than those in control crops. Apparent correlation between inhibitive effects and changes of POD isozyme was observed. The changes could be taken as index for the resistance of the crops to Cd damage. The cytochrome oxidase (COD) isozyme changes may also relate to the harmful effects of Cd in *Raphanus sativus* (Shawo) and *Cucurbita pepo*.

Key Words: Cadminm, peroxidase, cytochrome oxidase isozyme, seedling growth

Toxicity Evaluation of Cyanogen Wastes and Antimony Smelting Alkali Wastes by

Daphnia Magna Straus. Gao Shirong, Xiu Ruiqin (Institute of Environmental Health and Engineering, Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing) *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(6), 1991, pp. 32—33

The toxicity test on solid wastes of cyanogen and antimony smelting alkali wastes with *Daphnia magna* as test organism is introduced in this paper. The results show that the solid wastes of cyanogen and antimony smelting alkali wastes were toxic to the test organism. For cyanogen wastes, the EC50 values (median effective concentration) at exposure time of 24 hr, 48 hr and 96 hr were determined to be 7.5%, 0.24% and 0.167%, respectively. While for antimony smelting alkali wastes, the EC50 value at exposure time of 96 hr was found to be 89%. The LC50 for cyanogen wastes at 48 hr and 96 hr were calculated to be 0.43% and 0.19%, respectively. The results show that the cyanogen wastes and antimony smelting alkali wastes were highly toxic to aquatic organisms. It should be indicated that *Daphnia magna* bioassay is a rapid and sensitive method in environmental toxicological studies.

Key Words: cyanogen wastes; antimony smelting alkali wastes; *Daphnia magna straus*.

Investigation of Ion Selective-Electrodes by Series Combination—Determination of Sulfide Ion in Wastewater with Silver Sulfide Electrode.

Cheng Zhaopeng, Zhang Zhengqi, Cao Zhixiang, Chen Shengzong, Wu Laoxi (Department of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(6), 1991, pp. 34—36