

# 土壤外源镉污染对番茄幼苗生长影响研究

林忠全<sup>1</sup>, 李佳繁<sup>1</sup>, 康友宏<sup>1</sup>, 陈 荣<sup>2</sup>, 吴田菊<sup>1</sup>

(1. 内江师范学院 化学与生命科学学院, 四川 内江 641112; 2. 内江师范学院 资源与环境科学学院, 四川 内江 641112)

**摘 要:** 采用盆栽试验的方法研究了不同浓度土壤外源镉 0、1、5、10、20、30 mg/kg 对番茄幼苗生长发育的株高、叶绿素含量和过氧化物酶(POD)活性的影响。结果表明: 随着土壤镉含量的增加, 番茄主茎总叶数变少、叶片泛黄、植株生长缓慢矮小; 1 mg/kg Cd<sup>2+</sup> 短时间内对番茄幼苗生长有一定的促进作用, 而高于 1 mg/kg 的处理, 随着 Cd<sup>2+</sup> 含量的增加, 植株生长受到明显抑制。当 Cd<sup>2+</sup> 的含量≤5 mg/kg 时, POD 活性先上升后下降, 而 Cd<sup>2+</sup> 的含量≥10 mg/kg 时则一直持续降低。试验表明, Cd<sup>2+</sup> 对番茄幼苗生长抑制程度与处理浓度和时间成正相关。

**关键词:** 镉; 番茄; 过氧化物酶

**中图分类号:** S 606<sup>+</sup>. 1; S 641. 2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2009)05—0081—03

镉是一种稀有必需分散元素, 未污染土壤中的镉主要来源于其成土的母质。一般在世界范围内土壤中镉的含量范围为 0. 01 ~ 2 mg/kg, 中值为 0. 35 mg/kg<sup>[1]</sup>。其污染主要来源于铅、锌矿和炼镉厂排放的废气、废水和废渣。镉是一种毒性较强的金属, 不易分解和消失, 是对植物生长发育和人类健康造成极大危害的环境污染元素。农田一旦受到镉的污染, 镉将大部分残留于土壤中, 且对农作物造成严重的危害, 植物体内镉积累到一定的程度就会表现出生长迟缓、植株矮小<sup>[2]</sup>, 叶绿素含量和光合强度下降<sup>[3]</sup>, 抑制过氧化物酶(POD)活

性<sup>[4]</sup>。尽管镉对作物生长发育的水培<sup>[5]</sup>、砂培试验研究已有一些报道, 但在土培试验条件下镉对植物生长的影响机理还有许多尚未阐明, 通过该研究探讨外源镉对番茄生长发育、叶绿素含量、过氧化物酶(POD)活性的影响, 揭示镉对番茄幼苗毒害作用机制, 为镉污染土壤的防治提供科学的依据。

## 1 材料与方法

### 1. 1 材料

1. 1. 1 供试土壤 供试土壤参照张丹<sup>[6]</sup> 内江紫色土壤其基本理化性质。

表 1 内江紫色土理化性质

土壤类型	利用方式	土层 / cm	水分 / %	pH 值 (水浸)	有机质 / g · kg <sup>-1</sup>	速效养分/ mg · kg <sup>-1</sup>			机械组成 / %			镉背景含量 / mg · kg <sup>-1</sup>
						N	P	K	砂粒	粉粒	粘粒	
中性紫色土	玉米地	0~20	4. 56	7. 48	6. 63	59. 98	4. 59	89. 13	23. 6	47. 2	29. 2	0. 035

1. 1. 2 供试作物 山东单县番茄研究所美国红帅-(045)。

1. 1. 3 盆栽试验污染物浓度的确定(见表 2)。

表 2 盆栽试验污染物含量 mg/kg

元素	对照	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组	第 6 组
Cd	CK(0)	1. 0	5. 0	10. 0	20. 0	30. 0

注: 镉元素化合物为 CdCl<sub>2</sub> · 5H<sub>2</sub>O。

1. 1. 4 试剂 愈创木酚、丙酮、三氯乙酸、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12H<sub>2</sub>O、NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O、CdCl<sub>2</sub> · 5H<sub>2</sub>O 等, 均为国产分析纯。

1. 1. 5 仪器 72S 型分光光度计、FA2004 电子天平、电子恒温水浴锅、冰箱、电热恒温培养箱、SPX-250 光照

培养箱、离心机等。

### 1. 2 方法

1. 2. 1 材料的培养及处理 选用饱满种子以漂白粉消毒, 用蒸馏水浸泡 24 h 后, 置于 30℃ 培养箱中催芽。萌发后播于垫有滤纸的培养皿中, 置于 25℃ 光照培养箱(每天光照 12 h) 中, 用 Yoshida 营养液<sup>[7]</sup> 培养。待番茄幼苗长至 5 cm 时, 选生长状况相同幼苗播于平衡静置 1 周镉污染的土壤中(其中加入基肥)。每盆土重均为 1 000 g。每盆栽种 2 株, 均设置 4 组平行试验。室内培养 5 d 后, 放置室外培养 15 d, 测定幼苗生长指标株高、叶绿素含量和过氧化物酶(POD)活性等。试验所获得的数据均为平行试验结果的平均值。

1. 2. 2 测定方法 植株生长量的测定: 测定未经处理与镉处理后幼苗株高的变化, 以每组平行试验幼苗株高的平均值表示植株生长量。叶绿素含量的测定: 按杨敏文<sup>[8]</sup> 方法作适当改进。称取一定量番茄幼苗地上部分,

第一作者简介: 林忠全(1985-), 男, 四川内江人, 在读本科, 研究方向为植物生理学。E-mail: linzhongquan10@163.com。  
收稿日期: 2008-12-20

剪碎后随机取样进行测定。酶液制备: 分别取各组番茄幼苗地上部分 1 g, 加 20 mmol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  5 mL 匀浆, 以 4 000 r/min 离 10 min, 取上清液定容至 25 mL, 作为酶液。过氧化物酶(POD)活性的测定: 参照张志良<sup>[9]</sup>的方法, 并作适当改进。取 1 mL 酶液加 3 mL 反应液, 于 25℃ 恒温水浴中反应 10 min, 加 15 mL 30% 三氯乙酸终止反应, 在 470 nm 波长下测吸光度 A 值, 结果以 POD 的相对活性表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤外源 $\text{Cd}^{2+}$ 对番茄幼苗生长的影响

图 1 可知, 番茄幼苗用不同浓度处理后, 其株高随处理浓度及天数的不同表现出不同的变化。在用低含量  $\text{Cd}^{2+}$  (1 mg/kg) 处理后, 对番茄幼苗株高有一定的促进作用, 增长率分别为对照的 0.04%、1.4%、1.12%、3.09% 和 6.65%。其他浓度处理的番茄幼苗株高均呈抑制状态; 在处理后的第 20 天, 各处理组的株高随着浓度的增加出现明显梯度差异, 其中含量 30 mg/kg 的处理组最为显著。

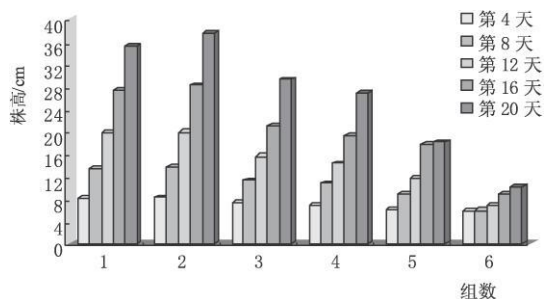


图 1  $\text{Cd}^{2+}$  对番茄幼苗生长状况的影响

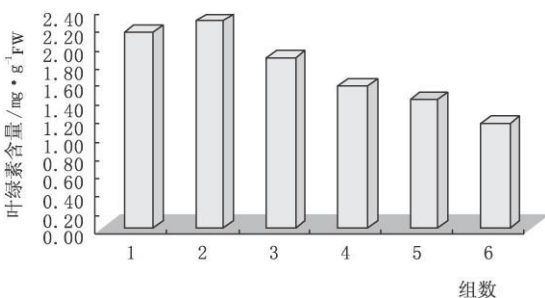


图 2  $\text{Cd}^{2+}$  对番茄幼苗叶绿素含量的影响

### 2.2 $\text{Cd}^{2+}$ 对番茄幼苗叶绿素含量的影响

图 2 可知,  $\text{Cd}^{2+}$  处理番茄幼苗后, 幼苗叶绿素含量也受到一定影响(第 20 天测定的叶绿素含量)。当处理  $\text{Cd}^{2+}$  1 mg/kg 时, 叶绿素含量高于对照组, 增高率分别为 4.32% 和 5.61%。但当处理浓度大于 1 mg/kg 时, 叶绿素含量均随处理浓度的增大及处理天数的增加而下降。当浓度为 5 mg/kg 时, 叶绿素含量下降较缓慢, 但

当浓度大于 5 mg/kg 时, 叶绿素含量下降幅度较大。处理浓度为 30 mg/kg 的幼苗, 在第 20 天叶绿素含量下降了 46.26%, 说明高含量  $\text{Cd}^{2+}$  对番茄幼苗叶绿素有强的破坏作用。

### 2.3 $\text{Cd}^{2+}$ 对番茄幼苗过氧化物酶(POD)活性的影响

图 3 可知,  $\text{Cd}^{2+}$  处理的开始时期, POD 活性升高, 第 1 天均高于对照; 随着处理时间延长, 1 mg/kg 和 5 mg/kg 处理的 POD 活性先是上升, 第 12 天后 POD 活性下降; 含量 1~30 mg/kg 的处理则随着处理时间的延长, 酶活性逐渐下降。30 mg/kg 处理的 POD 活性下降幅度最大, 第 20 天仅为对照的 51%。

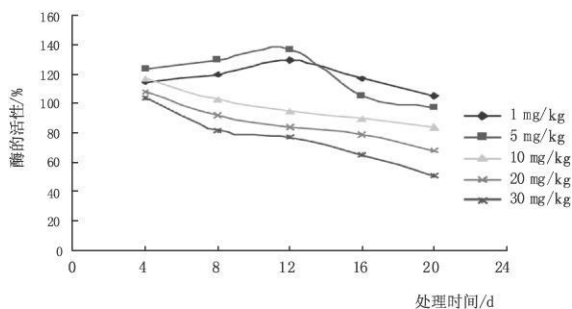


图 3 不同处理时间对番茄幼苗 POD 活性的影响

## 3 讨论

试验结果显示  $\text{Cd}^{2+}$  在低含量时对番茄幼苗的生长影响不大, 短时间内还有一定的促进作用, 表现在株高、叶绿素含量及过氧化物酶活性均高于对照组, 但高含量的  $\text{Cd}^{2+}$  对幼苗的毒害则较为严重, 表现出叶片失绿、植株矮小、叶绿素含量下降、过氧化物酶活性显著降低的伤害现象。重金属对植物的毒害作用主要表现在影响了植物正常的生理活动。叶绿素是植物进行光合作用的重要色素, 其含量高低在一定程度上反映了植物光合作用的强弱。在低含量的  $\text{Cd}^{2+}$  胁迫下, 番茄幼苗的叶绿素含量呈上升趋势, 这反映了植物的一种应激性现象; 在高含量  $\text{Cd}^{2+}$  下, 叶绿素含量却显著降低, 其含量降低的原因可能是金属离子抑制原叶绿素酸酯还原酶活性, 影响了叶绿素的合成<sup>[10]</sup>, 由于叶绿素含量下降, 光合速率相应也减弱, 结果导致幼苗鲜重降低。

根据自由基理论, 当植物受到重金属胁迫后, 植物体内活性氧的产生与清除间的平衡有可能遭到破坏, 结果出现活性氧自由基产生的速度超出植物体清除自由基的能力, 最终引起植物伤害。过氧化物酶(POD)是植物体内普遍存在的抗氧化酶, 在植物的抗性生理中起重要的作用。在植物体内 POD 能催化过氧化氢氧化酚类的反应, 其活性大小在一定程度上能反映植物抗氧化能力的强弱和植物受毒害的严重程度<sup>[11]</sup>。在该试验中, 低含量的 Cd ( $\leq 5$  mg/kg) 处理后, POD 活性随胁迫时间的

延长, 出现先升高后下降的现象, 这表明当植物在逆境的诱导下, 植物机体本身的防御机能应激加强, 防御体系中的质活性迅速升高, 以使植物忍受逆境得以生存<sup>[12]</sup>; 当处理浓度升高或胁迫时间延长的情况下, POD活性呈下降趋势, 这说明 POD 对植物的保护作用是有一定限度的<sup>[13]</sup>, 当有毒物质超过其氧化分解能力时, 活性则开始下降。试验显示, 当  $Cd^{2+} \geq 10\text{ mg/kg}$  时, POD活性呈持续下降趋势, 随着胁迫时间的延长, 植物受害程度将更加严重。因此可认为, POD 活性的维持和提高是植物耐受重金属胁迫的物质基础之一<sup>[14]</sup>。

参考文献

[1] 杜永, 王艳, 徐敏权, 等. 重金属污染来源及对水稻生长与发育的影响[J]. 耕作与栽培, 2004(2): 13-15.  
[2] 马文丽, 金小弟, 王转花. 镉处理对乌麦种子萌发幼苗生长及抗氧化酶的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 55-59.  
[3] 余国莹, 吴玉树. 不同化合形态镉、锌及其复合污染对小麦生理的影响[J]. 生态学报, 1992, 12(6): 29-31.  
[4] 王志坤, 廖柏寒, 黄运湘, 等. 镉胁迫对大豆幼苗生长影响及不同品种耐镉差异性研究[J]. 农业环境科学学报, 2006 25(5): 1143-1147.

[5] 姚晓惠. 重金属镉污染对黄瓜幼苗生理生化特性的影响[J]. 河南农业科学, 2007(10): 81-83.  
[6] 张丹, 徐建忠, 兰凌, 等. 紫色土表层和亚表层微生物数量比较[J]. 山地学报, 2001, 19(2): 172-174.  
[7] 徐吉臣, 李晶昭, 郑先武, 等. 苗期水稻根部性状的 QTL 定位[J]. 遗传学报, 2001, 28(5): 433-438.  
[8] 杨敏文. 快速测定植物叶片叶绿素含量方法的探讨[J]. 光谱实验室, 2002, 19(4): 479-481.  
[9] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 154-155.  
[10] 石贵玉. 铝对水稻幼苗生长和生理的影响[J]. 广西植物, 2004, 24(1): 77-80.  
[11] 张小兰, 施国新, 徐楠, 等.  $Hg^{2+}$ 、 $Cd^{2+}$  对轮藻部分生理生化指标的影响[J]. 南京师范大学学报, 2002, 25(1): 38-43.  
[12] 刘玲, 杨双春, 张洪林.  $Hg^{2+}$  胁迫下玉米生理生态变化的研究[J]. 生态环境, 2004 13(2): 161-163.  
[13] 王正秋, 江行玉, 王长海, 等. 铅、镉、锌污染对芦苇幼苗氧化胁迫和抗氧化能力的影响[J]. 过程工程学报, 2002(6): 558-563.  
[14] 杨居荣, 贺建群, 张国祥, 等. 不同耐性作物中几种酶活性对  $Cd^{2+}$  胁迫的反应[J]. 中国环境科学, 1996 16(2): 113-117.

(注: 该文作者还有孙波, 陈静, 单位同第一作者)

Study on Physical and Chemical Effects of Cadmium Pollution of Soil on Tomato Seedling Growth

LIN Zhong-quan<sup>1</sup>, LI Jia-fan<sup>1</sup>, KAN You-hong<sup>1</sup>, CHEN Rong<sup>2</sup>, WU Tian-ju<sup>1</sup>, SUN Bo<sup>1</sup>, CHEN Jing<sup>1</sup>

(1. Department of Chemistry and Life Science, Neijiang Normal University, Neijiang Sichuan 641112, China; 2. Department of Resource and Environment Science, Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641112, China)

**Abstract:** The effect of soil Cadmium pollution treatment 0, 1, 5, 10, 20, 30 mg/kg on tomato seedling height, chlorophyll content and activity of POD was studied by pot experiment. Results showed: with the increase of the Cadmium accumulation in soil, the total number of main stem of the tomato declined and the seedling became shorter. Growth of tomato seedling was promoted at 1 mg/kg of  $Cd^{2+}$ , in the short time. But the tomato seedling growth was inhibited when the concentration of  $Cd^{2+}$  were increased. Activity of POD had a resistant peak and decreased afterward in lower concentration of  $Cd^{2+}$  (less than 5 mg/kg); and higher concentration of  $Cd^{2+}$  (more than 10 mg/kg) treatment could reduce it. Conclusion: The inhibition of  $Cd^{2+}$  on tomato seedling growth had a positive culture concentration and time.

**Key words:** Cadmium; Tomato; Peroxidase