

# 重金属复合污染对芹菜生长的影响

何芳芳<sup>1</sup>, 张德刚<sup>1</sup>, 陈雅顺<sup>2</sup>

(1. 红河学院 生命科学与技术学院, 云南 蒙自 661100; 2. 红河学院 理学院, 云南 蒙自 661100)

**摘要:**通过盆栽试验研究了不同浓度的铅、镉、铜、锌 4 种重金属污染对于芹菜生长的影响。结果表明:芹菜的株高、最大叶面积和鲜重随复合重金属浓度的增加而逐渐降低, 芹菜中的脯氨酸含量增加, 维生素 C 含量逐渐下降, 过氧化物酶(POD)的活性降低。

**关键词:**重金属; 复合污染; 芹菜; 影响

**中图分类号:**S 363.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)20-0005-03

土壤重金属污染目前已成为威胁我国食品安全的主要隐患之一, 随着研究的深入, 土壤重金属污染研究重点已从过去研究单一重金属元素的影响<sup>[1-4]</sup>, 逐渐转移到多种污染物复合污染研究上来<sup>[5-9]</sup>。该试验研究了铅、镉、铜和锌 4 种重金属复合污染对芹菜生长和生理指标的影响, 以期揭示复合重金属污染对作物的影响提供更多依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试土壤 供试土壤为远离矿区的无污染土壤, 采自红河学院温室大棚附近, 基本理化性质测试结果见表 1, 将土样自然风干, 过 5 mm 筛, 向 15 cm×15 cm 的试验盆中装入 2 kg 土壤, 再按 1 kg 土样加入 250 mg N (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), 109 mg P (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), 207 mg K (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 作为底肥, 远离矿区平衡 2 d。

**表 1 土壤的基本理化性质**

Table 1 Basic physico-chemical properties of soil samples tested

项目 Item	pH 值 pH value	有机质 Organic matter /g · kg <sup>-1</sup>	全氮 Total nitrogen /g · kg <sup>-1</sup>	有效氮 Available nitrogen /mg · kg <sup>-1</sup>	全磷 Total phosphorus /g · kg <sup>-1</sup>	有效磷 Available phosphorus /mg · kg <sup>-1</sup>
含量 Content	7.217	5.250	0.289	2.333	0.530	140.764

1.1.2 染毒土壤处理 将供试土壤分为 5 组, 分别向盆中进行 0、0.5、1、1.5、2 倍国标外源重金属(铅、镉、铜、锌)处理(表 2), 喷施去离子水充分混和, 保持土壤湿度

**第一作者简介:**何芳芳(1983-), 女, 河南信阳人, 硕士, 助教, 现主要从事重金属污染生态学与重金属污染防治等研究工作。E-mail: feiona24@163.com.

**责任作者:**陈雅顺(1982-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为生化分析及微分离技术。E-mail: yashunchen@163.com.

**基金项目:**红河学院博硕专项资助项目(10BSS126)。

**收稿日期:**2012-06-18

**表 2 添加重金属情况**

Table 2 The concent of heavy metals added to the soil mg

处理 Treatments	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	CuCl <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O	CdCl <sub>2</sub> · 2.5H <sub>2</sub> O
CK	—	—	—	—
1	799.23	2 198.7686	1 073.2492	2.0313
2	1 598.46	4 397.5372	2 146.4984	4.0626
3	2 397.69	6 596.3058	3 219.7476	6.09339
4	3 196.92	8 795.0744	4 292.9968	8.1252

注: “—” 不添加该物质, 处理中 1、2、3、4 分别为添加 0.5、1.0、1.5、2.0 倍国标的重金属。

Note: “—” means no addition. The number of 1, 2, 3 and 4 respectively represent the addition of 0.5 times, 1.0 times, 1.5 times and 2.0 times more than the national standard heavy metal.

为田间持水量的 60%~70%, 再平衡 15 d。

### 1.2 试验方法

挑选饱满一致, 无虫害、无破损的芹菜种子, 去离子水浸种 0.5 h 后播种于洗净的河沙中, 置于 28℃ 恒温培养箱中催芽。当幼苗胚芽鞘展开时, 将长势一致的 3~4 株苗移栽到花盆中, 室温栽培。期间保持土壤湿度为田间持水量的 60%~70%。试验共设 5 个处理, 每个处理设 3 次重复。常规方法管理芹菜的生长, 用自来水浇灌(自来水中无检出 Pb<sup>2+</sup>)。生长 60 d 后, 进行芹菜株高、叶面积、生物量的测定, 并采样进行实验室分析。

### 1.3 项目测定

1.3.1 土壤理化性质测定 土壤 pH 采用电位法测定, 土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法测定, 土壤碱解氮采用 NaOH 水解 FeSO<sub>4</sub> 还原法测定, 全氮采用半微量开氏法测定, 土壤速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 浸提-钼锑抗比色法测定, 全磷采用 HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 法测定<sup>[10]</sup>。

1.3.2 植物生长状况测定 植株株高用游标卡尺测定, 植株鲜重用电子天平准确称量, 叶面积用透明方格法测定。

1.3.3 植株维生素 C、脯氨酸含量及 POD 活性测定 维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定<sup>[11]</sup>, 脯氨酸

含量采用酸性茚三酮法测定<sup>[12]</sup>,POD 采用高锰酸钾滴定法测定<sup>[13]</sup>。

#### 1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 DPS v7.05 进行数据分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 重金属复合污染对芹菜生长的影响

由表 3 可知,随着重金属处理浓度的增加,芹菜的最大叶面积、株高和地上部分鲜重均呈下降趋势,在表 2 浓度范围内,植物的生长发育与重金属的浓度呈负相关关系。这可能是由于重金属影响了细胞分化,从而影响了植物的生长发育和产量等<sup>[14]</sup>。

表 3 重金属复合污染对芹菜最大叶面积、株高、地上部分鲜重的影响

Table 3 Effect of combined heavy metals pollution on the maximum leaf area, the height and the fresh weight of celery

处理	叶面积	株高	3 株总鲜重
Treatments	Leaf area/cm <sup>2</sup>	Height/cm	Fresh weight/g
CK	13.26±0.50a	20.65±0.74a	8.95±1.56a
T1	10.35±0.69b	16.37±0.48b	7.28±1.60a
T2	7.25±0.18c	14.45±0.40bc	7.28±1.65a
T3	7.05±0.51c	12.83±0.58c	5.30±1.04ab
T4	1.86±0.09d	9.35±1.28d	3.22±1.09b

注:不同字母表示不同处理的同一指标在 0.05 水平的差异。

Note: Different letters mean significant difference among celeries with different treatments at 0.05 level in the same index.

#### 2.2 重金属复合污染对芹菜脯氨酸含量的影响

由于植物体内脯氨酸含量的高低是反映植物抗逆性强弱的指标之一,为了测定重金属复合污染对于芹菜生理的影响,该研究分别测定了对照和重金属复合污染下的芹菜中脯氨酸含量。由图 1 可知,T4 处理过的芹菜中的脯氨酸含量最高,且随着铅、镉、铜和锌等重金属处理浓度的升高,芹菜中脯氨酸含量增大。这说明芹菜在逆境条件下,体内脯氨酸的含量显著增加。

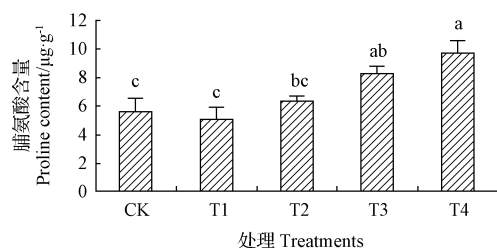


图 1 重金属复合污染下芹菜中脯氨酸含量变化

Fig. 1 Effect of combined heavy metals pollution on the proline content of celery

#### 2.3 重金属复合污染对芹菜维生素 C 含量的影响

维生素 C 的含量变化能在一定程度上反映作物的品质变化,所以该试验研究了重金属复合污染对芹菜维生素 C 含量的影响。由图 2 可知,CK 维生素 C 含量最高,随着土壤中重金属处理浓度的增大,芹菜中维生素 C

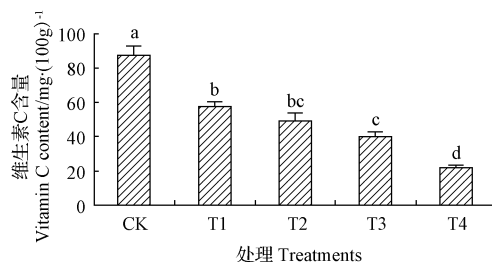


图 2 重金属复合污染下芹菜中维生素 C 含量变化

Fig. 2 Effect of combined heavy metals pollution on the vitamin C of celery

的含量逐渐降低。该研究结果显示,重金属污染对芹菜品质有非常重要影响。

#### 2.4 重金属复合污染对芹菜过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶(POD)广泛存在于植物体中,与呼吸作用、光合作用及生长素的氧化等都有关系。该试验测定了重金属复合污染对其活性的影响,由图 3 可知,CK 处理后的芹菜中 POD 的活性最高,表明重金属污染降低了芹菜中 POD 活性。反映了重金属污染对 POD 活性有一定影响,这可能是由于重金属作用于酶分子,从而导致酶活性的下降<sup>[15]</sup>。

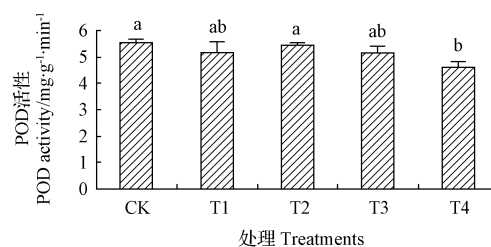


图 3 重金属复合污染下芹菜中 POD 活性变化

Fig. 3 Effect of combined heavy metals pollution on the POD activity of celery

### 3 结论

为探究重金属复合污染对于作物的影响,该试验研究了铅、镉、铜和锌 4 种重金属复合污染对芹菜生长及生理生化指标的影响,结果表明 4 种重金属复合污染对芹菜的生长以及品质具有较大的影响。但由于多元素的交互作用是一个相当复杂的过程,而目前重金属复合污染对生物体的交互作用机理也不十分清楚。但随着研究方法和分析技术的不断完善,以及重金属处理样本不断增多,相信重金属复合污染研究将会取得更大进步。

#### 参考文献

- [1] Kurtyka R, Małkowski E, Burdach Z, et al. Interactive effects of temperature and heavy metals (Cd, Pb) on the elongation growth in maize coleoptiles[J]. Comptes Rendus Biologies, 2012, 335(4): 292-299.
- [2] Renata K, Andrzej K, Waldemar K. Fusicoicin counteracts the toxic effect of cadmium on the growth of maize coleoptile segments[J]. Arch Environ Contam Toxicol, 2011, 61(4): 568-577.

- [3] 马海涛,李晓晨,郭志勇,等. Zn、Pb 和 Cd 对小麦幼苗生理生化影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(3):647-648.
- [4] 季丽英,肖昕,冯启言. 铅(Pb)和镉(Cd)对油菜幼苗的影响[J]. 现代农业科技,2006(3):48-49.
- [5] 李春喜,鲁旭阳,邵云,等. As、Zn 复合污染对小麦幼苗生长及生理生化反应的影响[J]. 农业环境科学学报,2006,25(1):43-48.
- [6] 钱湛,孙健,铁柏清,等. 铜、镉、砷单一及其复合污染对浮萍的毒性效应[J]. 中国生态农业学报,2006,14(3):135-137.
- [7] 朱红霞,陈效民,葛才林. 重金属复合污染对小麦幼苗生长的影响[J]. 生态环境,2006,15(3):543-546.
- [8] Ye H B, Yang X E, He B, et al. Growth response and metal accumulation of sedum alfredii hance to Cd/Zn complex-polluted ion levels[J]. Acta Bot Sin, 2003, 45: 1030-1036.
- [9] Gao Y, Zhou P, Mao L, Zhi Y E, et al. Effects of plant species coexistence on soil enzyme activities and soil microbial community structure under Cd and Pb combined pollution[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(7): 1040-1048.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:30-86.
- [11] 李玲,李娘辉,蒋素梅,等. 植物生理学模块实验指导[M]. 北京:科学出版社,2009:50-52.
- [12] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州:华南理工大学出版社,2006:66-67.
- [13] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003:50-53.
- [14] 杜应琼,何江华,陈俊坚,等. 铅、镉和铬在叶类蔬菜中的积累及其生长的影响[J]. 园艺学报,2003,30(1):51-55.
- [15] 姜虎生,石德成. Hg、Cd 复合污染对玉米生理指标的影响[J]. 陕西农业科学,2005(6):7-10.

## Effect of Combined Heavy Metals Pollution on the Growth of Celery

HE Fang-fang<sup>1</sup>, ZHANG De-gang<sup>1</sup>, CHEN Ya-shun<sup>2</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Honghe University, Mengzi, Yunnan 661100; 2. College of Science, Honghe University, Mengzi, Yunnan 661100)

**Abstract:** The effect of combined heavy metals pollution on the growth of celery were studied. The results showed that the height, the maximum leaf area and the fresh weight of celery treated by the combined heavy metals pollution were lower than the blank group. Compared with the blank group, the proline content and the peroxidase activity in the celery treated by the combined heavy metals pollution were increased and the vitamin C content was decreased.

**Key words:** heavy metals; combined pollution; celery; effect

## 欢迎订阅 2013 年《中国瓜菜》

《中国瓜菜》是由农业部主管、中国农业科学院郑州果树研究所主办的全国性瓜菜一体的科技期刊,为中国科技核心期刊。2013 年《中国瓜菜》将继续突出西瓜、甜瓜、籽瓜、南瓜、黄瓜、节瓜等瓜类特色和优势,及时报道瓜菜领域的重大科研成果、最新科技动态、实用技术和信息,努力把《中国瓜菜》打造成我国瓜菜科研和产业交流的优秀平台,促进我国瓜菜业的全面发展和社会、经济、生态效益的综合提升。

本刊划分为科研、生产、论坛和信息等四大板块,设有试验研究、品种选育、研究简报、专题综述、栽培与植保、生产者园地、产业发展专栏、百家论坛、典型报告、热点关注、市场前沿等栏目。适合瓜菜科技人员、农业院校师生、瓜菜种植者、种子及产品经销商、行业组织及实体管理人员、瓜菜区领导等瓜菜从业者参阅。

双月刊,80 页,单月 5 日出版,每期定价 5 元,全年 6 期共 30 元。

邮发代号:36-143;国外代号:BM2654。也可汇款至本刊发行部订阅。

地址:郑州市航海东路南·中国农业科学院郑州果树研究所

邮编:450009

电子信箱:zggc@163.com

电话:0371-65330927(编辑部),65330949/26(广告部)

65330982(发行部),65330949(传真),65330928(社长室)