

# 花叶冷水花对镉和铅及其复合处理的生理响应

赵杨迪

(南充职业技术学院 四川 南充 637131)

**摘要:** 采用盆栽方法研究了土壤外源重金属 Cd、Pb 及其复合处理对花叶冷水花部分生理指标的影响。结果表明,在 Cd、Pb 单一处理下,花叶冷水花叶片 SOD 活性随着重金属处理浓度的增加而上升,而复合处理下,SOD 活性逐渐下降。POD 活性随 Pb 单一处理浓度的增加出现先升后降的趋势,表明花叶冷水花对低浓度的 Pb 有一定的抵抗能力,但在高浓度的 Pb 处理下则受到伤害;在 Cd、Pb 复合处理下 POD 活性逐渐下降,这进一步证实了复合处理对植物的毒害效应大于单一处理。在 Cd、Pb 单一及其复合处理下,植物叶片 Pro 含量和 MDA 含量都随着处理浓度的增大逐步上升,这是植物对重金属胁迫的一种生理适应。

**关键词:** 花叶冷水花; 复合浓度; 生理指标

中图分类号: S601

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2013)04-0033-04

## Physiological Responses of *Pilea cadierei* to Single and Combined Treatment of Cadmium and Lead

ZHAO Yang-di

(Nanchong Professional Technical College, Nanchong 637131, China)

**Abstract:** A pot experiment was conducted to study the physiological responses of *Pilea cadierei* Gagnep. et Guill to single cadmium (Cd) or lead (Pb), and their combined treatment. The results showed that the activities of SOD in leaves would increase with the concentration increasing of single Cd and Pb. When *P. cadierei* was treated with combined Cd and Pb, the activities of SOD would decrease. The activities of POD increased in the use of lower Pb concentration but decreased in the use of higher Pb concentration. It was indicated that *Pilea cadierei* had definite Pb-tolerance capability in the use of lower Pb concentration but was damaged in the use of higher Pb concentration. In the use of combined treatments of Cd and Pb, the activities of POD would gradually decrease. That further confirmed that the combined treatment had a higher toxicity than single Cd or Pb treatment. The contents of Pro and MDA all would gradually increase with the concentration increasing of single or combined Cd and Pb, which was a physiological adaptation of plants to heavy metal stress.

**Key words:** *Pilea cadierei* Gagnep. et Guill, Combined concentration, Physiological index

随着工农业生产活动的高度发展,重金属污染及环境生态问题已严重关系到经济的持续发展及生物健康。Cd、Pb 是目前环境中主要的重金属污染物,一般情况下,因其化学性质相似而常常伴生,表

现为复合污染土壤的现象。因而开展 Cd、Pb 复合污染对植物影响的研究很有必要。由于以往大部分研究都是基于农作物和草坪植物,对花卉植物的研究尚少。事实上,在人口密集的城市环境中,花卉植

收稿日期: 2013-03-14

基金项目: 四川农业大学“211 工程”双支计划。

作者简介: 赵杨迪(1986-),女,四川隆昌人,助教。硕士研究生,研究方向为园林植物栽培及应用。E-mail: zhaoyangde3926@163.com

物在美化环境的同时,还在大气污染监测与防治方面有许多实际应用<sup>[1-3]</sup>。因此,研究花卉植物在污染环境治理、修复等方面具有重要的现实意义<sup>[4]</sup>。本文选用了常见的花卉植物花叶冷水花(*Pilea cadierei* Gagnep. et Guill),通过土培试验,研究系列浓度 Cd、Pb 单一及其复合处理对植物部分生理指标的影响,探索重金属对植物毒害机理及植物对重金属污染的耐性机理,以期为植物修复技术提供科学依据。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 种植土

种植土由腐叶土、园土、细沙按照 3:1:1 的比例配成。腐叶土和园土先自然风干、捣碎、剔除杂物,再与细沙按比例配成后过 5 mm 竹筛。然后用多菌灵粉剂给种植土消毒,静置数天。测定土壤的基本理化性质(如表 1)。

表 1 土壤基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of soil

pH (值)	有机质 (g·kg <sup>-1</sup> )	全 N (g·kg <sup>-1</sup> )	全 P (g·kg <sup>-1</sup> )	全 K (g·kg <sup>-1</sup> )	重金属含量 (mg·kg <sup>-1</sup> )	
					Pb	Cd
6.3	39.62	0.46	0.66	3.67	35.53	0.32

#### 1.1.2 植物材料

花叶冷水花(采自雅安市周公山脚下):在 4 月中旬,选取当年生的健壮枝条进行扦插,扦插基质为 1/2 蛭石 + 1/2 珍珠岩。待新生根木质化后,从扦插苗床上挖取长势一致的花叶冷水花生根幼苗,用清水洗净根系基质后,按每盆 10 株移植于种植土中。

#### 1.2 材料处理

选用素烧泥盆(直径 35 cm,深为 25 cm)做栽培容器(盆下放塑料蓄水垫盘),每盆装土 9.5 kg。盆土浇清水至田间持水量的 60% 左右。平衡 1 周后,将花叶冷水花生根幼苗上盆。生长期保证盆土的持水量在 60% 左右。培养 20 d 后,植株正常生长。按表 2 所示,把相应的 CdCl<sub>2</sub>·2.5H<sub>2</sub>O 和 Pb(OAc)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O 配成溶液,均匀地浇灌在盆土中(渗出液反复回收浇灌,直到 Cd、Pb 离子与土壤均匀混合),浓度以纯 Cd 和 Pb 计,单位为 mg·kg<sup>-1</sup>;以灌自来水为对照,记为 CK。设置的重金属起始浓度参考国家土壤环境质量二级标准<sup>[5]</sup>。每个处理重复 3 次,共

处理 48 盆植物。待植物在重金属污染的盆土中生长 30 d 后收获,测定分析。

表 2 试验处理设计与水平(mg·kg<sup>-1</sup>)

Table 2 Factors and levels (concentration of element addition) (mg·kg<sup>-1</sup>)

处理	处理浓度(mg·kg <sup>-1</sup> )					
	CK	I	II	III	IV	V
Cd	0	0.3	1	3	10	30
Pb	0	250	500	750	1000	1250
Cd+Pb	0	0.3+250	1+500	3+750	10+1000	30+1250

### 1.3 测定方法

采用氮蓝四唑光还原法测定超氧化物歧化酶(SOD 酶)活性<sup>[6]</sup>;采用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD 酶)活性<sup>[7]</sup>;采用磺基水杨酸法测定脯氨酸(Pro)含量<sup>[8]</sup>;采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MDA)含量<sup>[9]</sup>。

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 DPS 软件对数据进行方差分析和 LSD 检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 SOD 活性的影响

SOD 为抗氧化物保护酶,能在一定胁迫范围内及时清除过多的活性氧以维持机体内自由基代谢的动态平衡,从而维护细胞膜的完整性<sup>[10]</sup>。由图 1 可知,随着 Cd、Pb 单一处理浓度的增大,花叶冷水花叶片的 SOD 活性呈持续上升的趋势。在 Cd 单一处理水平 I - V,测得的 SOD 活性依次为 142.19 U/(g·FW), 154.99 U/(g·FW), 174.44 U/(g·FW), 171.70 U/(g·FW), 200.33 U/(g·FW), 都显著高于对照(P < 0.05);在 Pb 单一处理各水平下 SOD 活性分别为 157.79 U/(g·FW), 159.11 U/(g·FW),

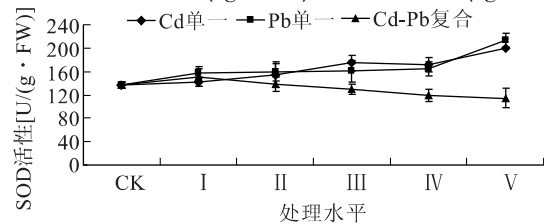


图 1 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 SOD 活性的影响

Fig. 1 The effect of single and combined treatment of Cd or Pb on the activity of SOD in leaves of *Pilea cadierei*

160.74 U/(g·FW), 164.41 U/(g·FW), 213.22 U/(g·FW); Cd-Pb 复合处理时,除了处理水平 I、II 测得的 SOD 活性分别为 151.09 U/(g·FW), 138.45 U/(g·FW), 高于对照,其他处理水平下的 SOD 活性都低于对照。

## 2.2 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 POD 活性的影响

从图 2 可以看出,花叶冷水花叶片 POD 活性在 Cd 单一处理水平 III 和 IV 时显著高于对照 ( $P < 0.05$ ),其他处理水平下与对照均无显著性差异。在 Pb 单一处理时,随着处理浓度的增大,花叶冷水花叶片 POD 活性先上升,后下降。在处理水平 I 时达到峰值,为 440.53 U/(g·min),显著高于对照 ( $P < 0.05$ ),在处理水平 IV 时最小,为 239.87 U/(g·min),略小于对照。其他处理水平下测得的 POD 值均高于对照。而 Cd-Pb 复合处理条件下,花叶冷水花叶片的 POD 活性都有不同程度的降低。这可能是由于复合处理下花叶冷水花体内产生的有毒物质已经超过了 POD 正常的催化能力,进而导致其活性下降。

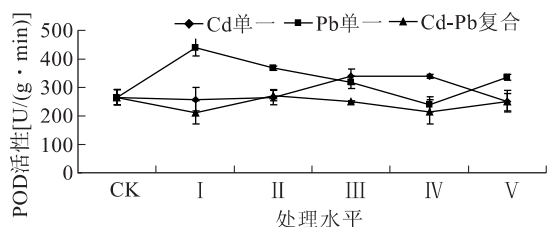


图 2 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 POD 活性的影响

Fig. 2 The effect of single and combined treatment of Cd or Pb on the activity of POD in leaves of *Pilea cadierei*

## 2.3 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 Pro 含量的影响

从图 3 可以看出,随着 Cd、Pb 单一及其复合处理浓度的增加,花叶冷水花叶片中 Pro 的含量也在

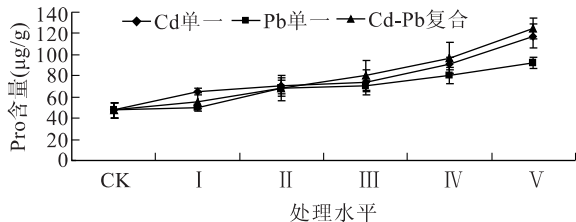


图 3 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 Pro 含量的影响

Fig. 3 The effect of single and combined treatment of Cd or Pb on the content of Pro in leaves of *Pilea cadierei*

逐渐增加,到处理水平 V 时,分别为 117.28  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 91.73  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 124.67  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 比对照高出 147.60%, 93.65%, 163.19%。与单一处理相比, Cd、Pb 复合处理下得到的 Pro 含量均高于所有单一处理。由此可见, Cd、Pb 复合处理使花叶冷水花叶片 Pro 的积累量进一步增大,具有协同促进作用。

## 2.4 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 MDA 含量的影响

由图 4 可知花叶冷水花在 Cd、Pb 单一及其复合处理下,叶片 MDA 的含量均随着处理浓度的加大而上升。在 Cd 单一处理各水平下,测得的值比对照依次高出 14.13%, 23.79%, 22.68%, 29.88%, 45.03%; Pb 单一处理各水平下,比对照依次高出 5.59%, 9.34%, 17.52%, 31.77%, 65.45%; Cd-Pb 复合处理各水平下,依次高出 22.84%, 43.46%, 40.82%, 59.47%, 67.50%。可见复合处理较单一处理加重了植物叶片 MDA 的积累。

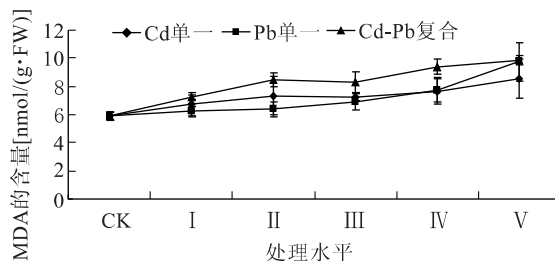


图 4 Cd、Pb 单一及其复合处理对花叶冷水花叶片 MDA 含量的影响

Fig. 4 The effect of single and combined treatment of Cd or Pb on the content of MDA in leaves of *Pilea cadierei*

## 3 结论与讨论

在 Cd、Pb 单一处理和低浓度的 Cd-Pb 复合处理时,花叶冷水花叶片 SOD 活性均产生了不同程度的激活效应,这可能是因为 SOD 作为一种诱导酶,在重金属逆境条件下,植物体内  $\text{O}_2^-$  含量一定程度的增加能诱导酶活性的上升,保持植物体清除自由基的正常功能, SOD 活性的提高是相应于  $\text{O}_2^-$  含量增加的应急解毒措施,从而使植物细胞免受毒害的调节反应<sup>[11]</sup>。而 Cd-Pb 复合处理又使得 SOD 活性下降,这是因为植物细胞受到两种重金属的胁迫,产生了大量的  $\text{O}_2^-$ ,超出 SOD 的能力范围,细胞受到损害, SOD 活性下降。

花叶冷水花叶片 POD 活性在 Cd 单一处理水平

Ⅲ和Ⅳ时显著高于对照 ( $P < 0.05$ ) ,其他处理水平下与对照均无显著性差异。这可能是因为低浓度的 Cd 处理对 POD 活性没有太大的影响 ,高浓度的 Cd 处理已经超出了花叶冷水花体内抗氧化酶系统能正常发挥其功能的临界值 ,使得 POD 活性受到抑制。在 Cd-Pb 复合处理条件下 ,花叶冷水花叶片的 POD 活性都有不同程度的降低。这可能是因为复合处理下花叶冷水花体内产生的有毒物质已经超过了 POD 正常的催化能力 ,进而导致其活性下降。可见 Cd-Pb 复合处理对花叶冷水花的伤害较严重。

Pro 作为植物体内适应外界逆境环境的调节物质之一 ,在遇到重金属胁迫时 ,其含量因植物抗性能力的不同而有所不同。本试验中 ,花叶冷水花在 Cd、Pb 单一处理下 ,叶片中 Pro 的含量随着处理浓度的增加而逐渐上升 ,Cd 处理组的 Pro 含量显著大于 Pb 处理组。与单一处理相比较 ,Cd-Pb 复合处理后 ,Pro 含量均高于所有单一处理 ,表明复合处理对 Pro 的积累有协同促进作用 ,这也是植物对重金属胁迫的一种生理适应<sup>[12,13]</sup>。

植物在衰老或逆境胁迫下 ,膜脂过氧化作用加强 ,其产物 MDA 含量变化是反映逆境下植物受到伤害程度的指标之一<sup>[14]</sup>。本实验中 ,花叶冷水花在 Cd、Pb 单一及其复合处理下 ,叶片中 MDA 的含量均随着处理浓度的加大而上升。MDA 含量不断积累 ,说明膜脂过氧化程度在加重 ,再者 ,复合处理时测得的 MDA 值比同水平单一处理时更大 ,可见 ,复合处

理加重了对花叶冷水花的毒害作用。

#### 参考文献:

- [1] 达良俊,陈鸣.凤眼莲不同部位对重金属的吸收、吸附作用研究[J].上海环境科学,2003,22(11):765~767.
- [2] 郭维明,毛龙生.观赏园艺概论[M].中国农业出版社,2000:55~59.
- [3] 马艳丽.家庭养花在污染防治中的作用[J].长春大学学报,2003,13(6):21~29.
- [4] 刘家女,周启星,孙挺,等.花卉植物应用于污染土壤修复的可行性研究[J].应用生态学报,2007,18(7):1617~1623.
- [5] 《土壤环境质量标准》,国家环境保护局,1995.
- [6] 张志良,翟伟菁.植物生理学实验指导(第三版)[M].高等教育出版社,2003:203~204.
- [7] 郝再彬.植物生理实验[M].哈尔滨工业大学出版社,2004:113~116.
- [8] 李合生,孙群,赵世杰,等.植物生理生化实验原理和技术[M].高等教育出版社,2000:167~169.
- [9] 熊庆娥.植物生理学实验教程[M].四川科学技术出版,2003:93~97.
- [10] Chowdhury S R, Choudhuri M A. Hydrogen peroxide metabolism as an index of water stress tolerance in jute [J]. Plant Physiol. 1985, 5: 503~507.
- [11] 孙健,铁柏清,钱湛,等. Cu、Cd、Pb、Zn、As 复合污染对灯心草的生理毒性效应[J].土壤,2007,39(2):279~285.
- [12] 汤章城.逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能意义[J].植物生理学通讯,1984,23(1):15~21.
- [13] 张义贤,李晓科.镉、铅及其复合污染对大麦幼苗部分生理指标的影响[J].植物研究,2008,28(1):43~46.
- [14] 苏金为,王湘平.镉诱导的茶树苗膜脂过氧化和细胞程序性死亡[J].植物生理学与分子生物学学报,2002,28(4):292~298.