

紫叶李对镉·铅胁迫的生理响应

倪彦博, 吴恒梅*, 孙权, 张雪键, 杨奇峰 (佳木斯大学生命科学学院, 黑龙江佳木斯 154007)

摘要 [目的]研究紫叶李对重金属镉和铅胁迫的生理响应。[方法]研究不同浓度镉(10、30、50、100、150、200 mg/kg)、铅(50、100、500、1 000、1 500、2 000 mg/kg)对紫叶李的相对电导率、丙二醛和叶绿素含量的影响。[结果]随着镉浓度和铅浓度的升高,紫叶李的相对电导率和丙二醛含量总体呈升高趋势,叶绿素含量明显降低,在铅浓度2 000 mg/kg和镉浓度200 mg/kg时,叶绿素含量分别较对照降低60.9%和50.1%。[结论]紫叶李是一种抗重金属能力较强的植物。

关键词 重金属;紫叶李;镉;铅

中图分类号 S718.43 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)33-0061-02

Physiological Response of *Prunus cerasifera* to Cadmium, Lead Stress

NI Yan-bo, WU Heng-mei*, SUN Quan et al (School of Life Sciences, Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154007)

Abstract [Objective] The aim was to study physiological response of *Prunus cerasifera* to cadmium, lead stress. [Method] Effects of different concentrations of cadmium(10, 30, 50, 100, 150, 200 mg/kg) and lead(50, 100, 500, 1 000, 1 500, 2 000 mg/kg) on relative electrical conductivity, MDA content and chlorophyll content were studied. [Result] With the increase of cadmium concentration and lead concentration, the relative electrical conductivity and MDA content showed an increasing trend, chlorophyll content decreased significantly. When lead concentration was 2 000 mg/kg and cadmium was 200 mg/kg, the chlorophyll content was decreased by 60.9% and 50.1% respectively compared with control. [Conclusion] *Prunus cerasifera* is a kind of heavy metal resistant plant.

Key words Heavy metal; *Prunus cerasifera*; Cadmium; Lead

近年来,随着工业的迅猛发展和各种化学产品的广泛使用,重金属废弃物不断进入环境,严重污染了土壤、水质和大气,导致环境不断恶化,尤其是土壤重金属污染日益加剧。土壤重金属污染对城市绿化树种的生长构成一定威胁,甚至对整个城市生态系统产生影响。紫叶李(*Prunus cerasifera* var. *atropurea*)又名红叶李,是北方常用的绿化树种。随着北方城市园林绿化事业的发展,彩叶树种的应用越来越多。笔者研究不同浓度镉、铅对紫叶李生理变化的影响,揭示其变化规律,以期为北方园林绿化植物修复重金属污染土壤的选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2016年在黑龙江省伊春市朗乡镇进行。伊春市有着“林都”的美称,气候属于中温带大陆性季风气候,夏季受热带海洋气团的影响,气候温热,雨量充沛,光热水同季,有利于农林业生产,森林覆盖率达到85%,而绿色植被覆盖率达到96%,能够生成负氧离子20 000个/cm³,是城市的20倍,物产自然天成,得天独厚,有着“天然氧吧”的美称,是彩叶植物栽培的最佳场所。

1.2 试验材料 栽培基质选用东北地区典型的暗棕壤腐殖层、沉积层土壤和风化沙的混合物,pH为7.0,含腐殖质较少,土质较黏重,肥力中等,结构较紧实。

选用露地栽培的2年生紫叶李树苗,购自哈尔滨江北区彩叶树基地。选择生长差异较小、长势中等、生长情况基本一致、无病虫害的紫叶李树苗。试验试剂为99%的分析纯CdCl₂·2.5H₂O和Pb(NO₃)₂试剂。

1.3 试验设计 镉离子浓度分别设10、30、50、100、150、200 mg/kg 6个处理,铅离子浓度分别设50、100、500、1 000、1 500、2 000 mg/kg 6个处理,同时分别设不加镉离子和铅离子的对照(加水)。共计14组,每盆栽种3株,每处理6次重复,共84盆,共计256棵。由于重金属对土壤、地下水等污染较大,合理配置用量,防止废弃液体污染土壤。最后将含有不同浓度的重金属镉、铅离子试剂浇入盆中,并把外流部分收集再次浇回土壤中。

1.4 样品采集与处理 将待用土壤风干后,过筛,充分混匀,按土:沙=1:3配比,然后将土壤装入塑料盆(上口直径30 cm、下口直径23 cm、高25 cm)中,称重,每盆混合后的风干土约10 kg。

1.5 田间管理 由于北方温度较低,试验所用紫叶李于4月放置温室大棚内,以增加生长势。5月中旬转入田间,进入正常的田间管理,待其盆内土壤干透前再进行一次重金属浸染,并于7月中旬(苗木生长旺盛期)选取完全展开的叶片,测定其生理指标。

1.6 测定项目与方法 采用浸泡法测定电导率^[1];采用硫代巴比妥酸显色法测定丙二醛含量^[2]。采用《植物生理生化原理技术》^[2]中的叶绿素测定方法测定叶绿素含量。

1.7 数据统计 采用Spss 19.0和Excel软件处理。

2 结果与分析

2.1 镉、铅胁迫对紫叶李相对电导率的影响 从图1、2可见,随着镉、铅浓度的升高,紫叶李的相对电导率总体呈升高趋势,且明显高于CK。在铅的影响下,各处理的相对电导率较CK高出12.1、37.5、57.0、79.1、127.1、158.3百分点;在镉的影响下,较CK高出27.7、42.0、50.2、82.7、117.1、139.3百分点。这说明镉、铅对植物叶片的细胞膜通透性有一定损伤,并且紫叶李叶片对低浓度的铅有一定的抗性,但是超过一定的浓度范围后,相对电导率的数值增加较快,细胞膜的

基金项目 佳木斯大学研究生科技创新项目(LZR2015_005)。

作者简介 倪彦博(1991-),男,黑龙江伊春人,硕士研究生,研究方向:植物学。*通讯作者,副教授,硕士,硕士生导师,从事植物生理与分子生物学研究。

收稿日期 2016-09-21

通透性损伤较为严重^[3]。

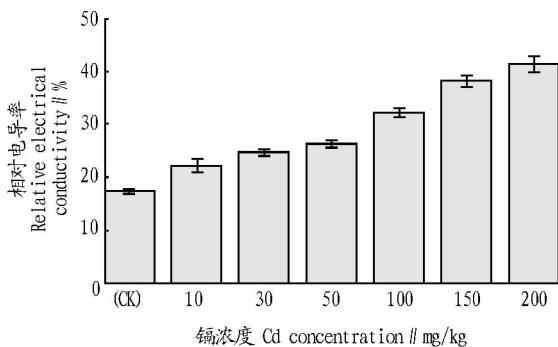


图1 铅胁迫下紫叶李相对电导率的变化

Fig. 1 The change of relative electrical conductivity of *Prunus cerasifera* under lead stress

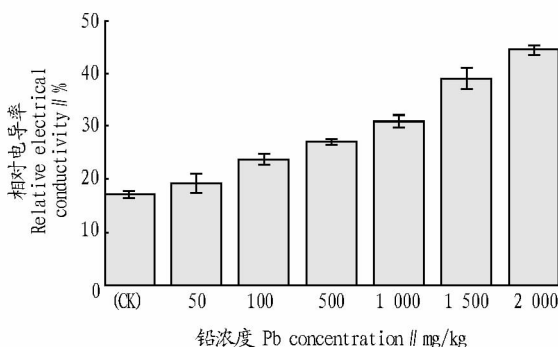


图2 铅胁迫下紫叶李相对电导率的变化

Fig. 2 The change of relative electrical conductivity of *Prunus cerasifera* under cadmium stress

2.2 镉、铅胁迫对紫叶李丙二醛含量的影响 从图3、4可以看出,镉、铅胁迫下,紫叶李叶片丙二醛的含量均随着镉、铅浓度的升高而增大。镉浓度为200 mg/kg,铅浓度为2 000 mg/kg时,紫叶李叶片中丙二醛的含量分别较CK高出56.9%、47.4%。这说明随着镉、铅浓度的升高,紫叶李叶片细胞膜受伤的程度随之增大,且在相同浓度下,镉离子对紫叶李叶片细胞膜的损伤程度较铅离子大。

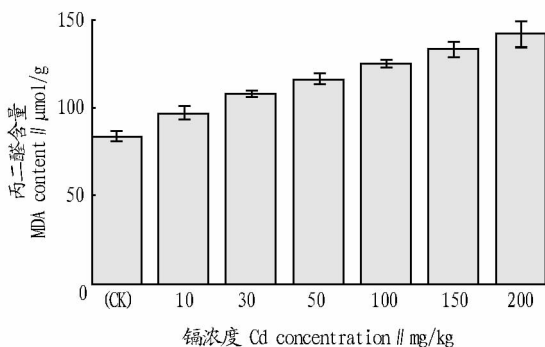


图3 镉胁迫下紫叶李丙二醛含量的变化

Fig. 3 The change of MDA content of *Prunus cerasifera* under cadmium stress

2.3 镉、铅胁迫对紫叶李叶绿素含量的影响 由表1、2可知,紫叶李叶片的叶绿素a+b含量与土壤中重金属浓度呈负相关,随着镉、铅浓度的升高,叶绿素含量降低。在镉浓度

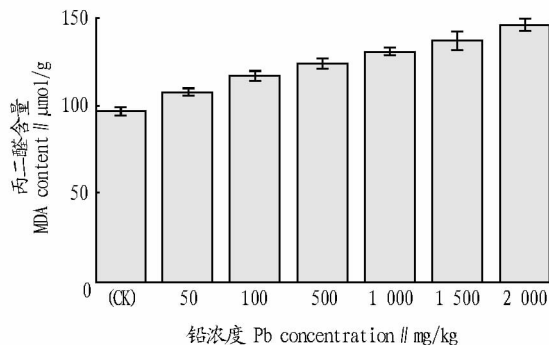


图4 铅胁迫下紫叶李丙二醛含量的变化

Fig. 4 The change of MDA content of *Prunus cerasifera* under lead stress

为200 mg/kg,铅浓度为2 000 mg/kg时,叶绿素含量分别较CK降低了60.9%和50.1%。此外,在低浓度镉、铅胁迫的影响下,叶片显绿时间大于高浓度影响下。由此可知,镉、铅对叶绿素的生成有一定抑制作用。

表1 镉胁迫对紫叶李叶绿素含量的影响

Table 1 Effects of cadmium stress on chlorophyll content of *Prunus cerasifera*

镉浓度 Cd concentration mg/kg	叶绿素 a Chlorophyll a mg/g	叶绿素 b Chlorophyll b mg/g	叶绿素 a + b Chlorophyll a + b mg/g
0 (CK)	1.09 ± 0.07 a	0.23 ± 0.04 a	1.32 ± 0.03 a
10	0.98 ± 0.08 a	0.22 ± 0.03 a	1.20 ± 0.05 a
30	0.90 ± 0.12 ab	0.22 ± 0.06 a	1.22 ± 0.06 a
50	0.86 ± 0.08 adc	0.21 ± 0.04 a	1.07 ± 0.04 ab
100	0.81 ± 0.09 abc	0.20 ± 0.05 a	1.02 ± 0.04 ab
150	0.74 ± 0.06 bc	0.19 ± 0.04 a	0.93 ± 0.01 b
200	0.69 ± 0.04 c	0.18 ± 0.04 a	0.88 ± 0.08 b

注:同列不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference at 0.05 level.

表2 铅胁迫对紫叶李叶绿素含量的影响

Table 2 Effects of lead stress on chlorophyll content of *Prunus cerasifera*

铅浓度 Pb concentration mg/kg	叶绿素 a Chlorophyll a mg/g	叶绿素 b Chlorophyll b mg/g	叶绿素 a + b Chlorophyll a + b mg/g
0 (CK)	1.09 ± 0.07 a	0.23 ± 0.04 a	1.32 ± 0.03 a
50	0.93 ± 0.08 ab	0.22 ± 0.09 a	1.15 ± 0.17 ab
100	0.84 ± 0.07 ab	0.21 ± 0.03 a	1.05 ± 0.04 ab
500	0.77 ± 0.04 ab	0.21 ± 0.03 a	0.98 ± 0.07 ab
1 000	0.77 ± 0.04 b	0.20 ± 0.02 a	0.97 ± 0.02 b
1 500	0.69 ± 0.05 b	0.19 ± 0.01 a	0.88 ± 0.06 b
2 000	0.63 ± 0.07 b	0.19 ± 0.02 a	0.82 ± 0.05 b

注:同列不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference at 0.05 level.

3 结论与讨论

(1) 该研究表明,不同浓度镉、铅胁迫对紫叶李的相对电导率、丙二醛有明显影响,均明显高于空白对照,说明重金属(下转第120页)

2.3 马尾松树皮原花青素对MDA含量的影响 从表4可看出,与空白对照组相比,低剂量组的原花青素不能明显地抑制小鼠血清中MDA含量的上升,中剂量和高剂量组的原花青素能显著地抑制小鼠血清中MDA含量的上升($P < 0.05$)。与异黄酮相比,低剂量和高剂量组的原花青素与对应剂量组的异黄酮则差异不显著($P > 0.05$),而中剂量组的原花青素能显著抑制小鼠血清中MDA含量的上升($P < 0.05$)。

表4 马尾松树皮原花青素对小鼠血清中MDA含量的影响

Table 4 Effects of procyanidins in *P. massoniana* bark on the MDA content in mice serum

组别 Group	动物个数 Animal number	MDA nmol/mL
空白对照组 Blank control group	10	9.14 ± 0.43
原花青素(低剂量) Procyanidins (low dosage)	10	7.02 ± 0.35
原花青素(中剂量) Procyanidins (middle dosage)	10	4.88 ± 1.08* [△]
原花青素(高剂量) Procyanidins (high dosage)	10	4.35 ± 0.31*
异黄酮(低剂量) Isoflavone (low dosage)	10	6.85 ± 0.23
异黄酮(中剂量) Isoflavone (middle dosage)	10	6.20 ± 0.38
异黄酮(高剂量) Isoflavone (high dosage)	10	4.51 ± 0.29

注: *、△分别表示与空白对照组比较、与异黄酮组比较差异显著($P < 0.05$)。

Note: * and △ indicated significant differences ($P < 0.05$) compared with blank control group and isoflavone group.

3 讨论

抗衰老药物的研制一直都受到人们的广泛关注。体外大量试验证明,原花青素有较强的抗自由基功能,然而在生

物体内有清除自由基的抗氧化酶如SOD和GSH-PX能够起到抗衰老的作用。原花青素强大的抗氧化功能可能是由于其能提供-OH基和H⁺与自由基发生反应从而保护一些抗氧化酶免受氧化和避免脂质过氧化。该试验以商品化的抗衰老保健品大豆异黄酮作对照,研究马尾松树皮原花青素精制物对小白鼠SOD和GSH-PX活力以及MDA含量的影响,结果表明,原花青素精制物各剂量组(低、中和高)均能显著提高小白鼠血清中抗氧化酶SOD和GSH-PX的活力;在抑制MDA方面与大豆异黄酮相当。

参考文献

- [1] BARJA G. Free radicals and aging[J]. Trends Neurosci, 2004, 27(10): 595-600.
- [2] GIARDINO R, GIAVARESI G, FINI M, et al. The role of different chemical modifications of superoxide dismutase in preventing a prolonged muscular ischemia/ reperfusion injury[J]. Artif Cell Blood Substit Immobil Biotechnol, 2002, 30(3): 189-198.
- [3] 王秋月, 郁建平, 蔡立, 等. 马尾松树皮中原花青素体外抗自由基作用的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 81-83.
- [4] 刁海鹏, 孙体健, 姬小蕾, 等. 高效液相法测定爬山虎红色素中原花青素含量[J]. 现代食品科技, 2009, 25(5): 566-568.
- [5] 田云, 卢向阳, 易克, 等. 天然植物抗氧化剂研究进展[J]. 中草药, 2005, 36(3): 468-470.
- [6] CASTILLO J, BENAVENTE-GARCIA O, LORENTE J, et al. Antioxidant activity and radioprotective effects against chromosomal damage induced in vivo by X-ray of flavan-3-ols (procyanidins) from grape seeds (*Vitis vinifera*): Comparative study versus other phenolic and organic compounds[J]. J Agric food chem., 2000, 48(5): 1738-1745.
- [7] LOTITO S B, ACTIS-GORETTA L, RENART M L. Influence of oligomer chain length on the antioxidant activity of procyanidins[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2000, 276(3): 945-951.
- [8] 王秋月, 郁建平, 杨文坤. 马尾松树皮中原花青素提取纯化工艺研究[J]. 山地农业生物学报, 2009, 28(5): 436-440.

(上接第62页)

镉、铅能够破坏紫叶李的细胞通透性,且随着浓度的升高,电导率和丙二醛含量呈增大趋势。丙二醛含量是衡量膜脂过氧化程度的重要生理指标。重金属是脂质过氧化的诱变剂,重金属浓度越高,脂质过氧化产物丙二醛积累越多,两者密切相关。郑世英等^[4]研究表明,棉花幼苗丙二醛的含量随着铅、镉离子质量浓度的升高呈增大趋势。这与笔者的研究结果一致。通过对比发现,重金属离子镉对植株的生长影响较大。

(2)不同浓度的镉离子和铅离子对紫叶李叶绿素含量的

影响较为明显,叶绿素含量普遍低于空白对照。这说明镉、铅离子能够抑制紫叶李叶绿素的形成,并随着浓度的升高而降低。

参考文献

- [1] 陈爱葵, 韩瑞宏, 李东洋, 等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. 广东教育学院学报, 2010, 30(5): 88-91.
- [2] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [3] 向地英, 邱葆, 张钢, 等. 镉胁迫对黄栌叶片电阻抗参数及相对电导率的影响[J]. 河北农业大学学报, 2014, 37(2): 58-64.
- [4] 郑世英, 张秀玲, 王丽燕, 等. Pb²⁺, Cd²⁺胁迫对棉花保护酶及丙二醛含量的影响[J]. 河南农业科学, 2007(8): 43-45, 63.