

重金属镉对红树植物白骨壤和桐花树幼苗生理特性的影响

石贵玉, 康浩, 段文芳

(广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 通过砂泥栽培实验研究了红树植物桐花树和白骨壤幼苗在含 Cd 0.6~30 mmol·L⁻¹ 系列海水培养液中某些生理特性的变化。当培养液中 Cd 浓度为 0.6 mmol·L⁻¹ 时桐花树和白骨壤幼苗生长正常, 叶绿素含量和光合速率变化不大。当高于 12 mmol·L⁻¹ 时, 除桐花树和白骨壤幼苗除 POD 酶活性越来越高之外, 叶绿素含量、光合速率、SOD、CAT 酶活性均不断减弱, 而且浓度愈高, 这些指标下降愈大。结果表明 Cd 对红树植物桐花树和白骨壤幼苗具有毒害作用, Cd 浓度愈高对其毒害愈严重, 两种红树植物比较, 桐花树抗重金属镉毒害的能力大于白骨壤。

关键词: 重金属镉; 红树林; 白骨壤; 桐花树; 生理特性

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)05-0644-04

Effect of Cadmium on physiological characteristics of mangrove *Avicennia marina* and *Aegiceras corniculatum* seedlings

SHI Gui-Yu, KANG Hao, DUAN Wen-Fang

(College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: Based on the pots experiments in sand and mud culture, the effect of heavy metal Cd on some physiological characteristics of *Avicennia marina* and *Aegiceras corniculatum* mangrove seedlings were studied when treated by saline water with different concentrations of Cd (0.6–30 mmol·L⁻¹). The results indicated that at the concentration of 0.6 mmol·L⁻¹, the chlorophyll content and the photosynthetic rates of *Aegiceras corniculatum* and *Avicennia marina* seedlings remained unchanged, the mangrove seedlings also grew well. When Cd concentration was higher than 12 mmol·L⁻¹, the leaf chlorophyll content and activities of POD and SOD in *Avicennia marina* and *Aegiceras corniculatum* seedlings began to decrease. But as the increasing of the concentration of Cadmium the activity of POD got lower and lower. The results were showed that Cd had poisoning effect to mangrove; higher Cd concentration could lead to more serious poisoning effect. Comparing the two terms, *Aegiceras corniculatum* had a higher tolerance to Cd than *Avicennia marina*.

Key words: cadmium; mangrove; *Avicennia marina*; *Aegiceras corniculatum*; physiological characteristics

红树林是指自然分布于热带亚热带海陆交汇的潮间带木本植物群落, 是海滩上特有的森林类型。红树植物对维护生态平衡, 保护海岸生态系统起着重要的作用(林鹏等, 1995; 林鹏, 1997; 林益明等, 2000)。近年来, 随着江河流域工农业的发展, 沿海

城市人口与经济的增长, 大量排放的污染物汇集于河口、海湾区, 从而使重金属污染日趋严重。Zabetoglou 等(2002)对塞萨洛尼基湾表层重金属污染的研究中发现其沉积物所含重金属超出其上层水域所含重金属 3~5 个数量级。重金属因其毒性、持久性

收稿日期: 2008-02-09 修回日期: 2009-01-05

基金项目: 广西博士学位授予点学科建设专项(XKY2006ZD02)[Supported by the Special Disciplines Deveioping Fund for Guangxi Ph. D Grogram(XKY2006ZD02)]

作者简介: 石贵玉(1953-), 男, 广西百色人, 教授, 主要从事植物生理生态方面的研究。

和生物累积性,使其成为最严重的生态污染物之一(MacFarlane & Burchett, 2000)。重金属对红树林生态系统的污染问题引起了国际社会和国内外生态学者们的极大关注,并对此进行了相关研究。由于人类活动的影响,使得全球范围内红树植物积累了高浓度的重金属,继而导致进一步的重金属污染(Harris & Santos, 2000; Tam & Wong, 2000)。许多红树林生态系统受到城市化和含有重金属的工业垃圾的影响(Defew 等, 2005),因而巴拿马共和国的红树林覆盖面积在 1960~1988 年间减少了 40%(Ellison & Farnsworth, 1996)。镉是对植物和人体危害极大的污染重金属(王凯荣, 1999),目前镉对红树幼苗毒害的研究为数不多,郑逢中等(1994)和杨盛昌等(1998)对镉毒害红树植物秋茄、桐花树种苗进行了生长和形态指标的研究,而有关生理生化等许多研究有待深入。本文从镉污染对红树植物白骨壤、桐花树幼苗几项生理指标的影响,研究两种红树植物抗重金属的能力,为研究镉毒害植物的机制和筛选对重金属抗性较强的红树植物提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

一年生(高约 30 cm, 2~3 叶)白骨壤(*Avicennia marina*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)幼苗由广西合浦山口红树林自然保护区提供,红树幼苗从海边运回校内后,在露天阳台上种植于试验盆(0.28 m×0.27 m, 内盛 0.2 m 高的红树林林下底泥,底泥上放 0.1 m 的河沙),每盆种植 4 株,用人工配制海水(盐度 10‰),每日浸水 12 h,排水湿润 12 h。四周后用人工配制含重金属镉(硫酸镉)的海水处理红树幼苗。试验分 0(对照组)、0.6、6、12、24、30 mmol·L⁻¹ 6 个处理,每组 3 盆平行处理。一个月后采样测定各项指标。

1.2 实验方法

(1)叶绿素含量测定:采用分光光度法,以 80% 丙酮研磨测定,用 Arnon 法计算叶绿素含量(张志良, 2000)。(2)叶片光合速率的测定:每盆选取一张成熟叶片,用思爱迪(北京)生态科学仪器有限公司生产的 CB-1101 光合仪测定,测定光照强度为 1 000·mol·m⁻²·S⁻¹。(3)超氧化物歧化酶(SOD)活性测定:按 Giannopolitis & Ries(1997)的方法以每单位时

间内抑制光化还原 50% 的氮蓝四唑(NBT)为一个酶活性单位。(4)过氧化氢酶(CAT)活性测定:用紫外吸收法测定(邹琦, 2001),以 1 min 内 A240 减少 0.1 为一个酶活性单位。(5)过氧化物酶(POD)活性测定:用愈伤木酚氧化法(张志良, 2000),以 470 nm 波长下每分钟每克材料的光密度变化表示酶活性大小。

对所得数据均取平均值,并用 SPSS 统计软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 镉对红树幼苗生长形态的影响

红树植物桐花树幼苗和白骨壤幼苗在人工配制含镉的海水中培养 1 个月后,形态上发生了明显的变化,在 0、0.6、6 mmol·L⁻¹ 三个镉浓度中生长的两种红树幼苗植株生长正常,叶片绿色;在 12 mmol·L⁻¹ 中桐花树幼苗生长也正常,但 24 mmol·L⁻¹ 时,幼苗则表现为个别植株叶片萎蔫变黄后逐步死亡;30 mmol·L⁻¹ 时全部苗叶片萎蔫变黄后死亡。在 12 mmol·L⁻¹ 中白骨壤幼苗生长则不正常,个别植株叶片出现萎蔫变黄的症状,然后慢慢死亡,在 24、30 mmol·L⁻¹ 浓度时则全部苗叶片萎蔫变黄后死亡。实验结果显示,对重金属镉的抗性,桐花树幼苗大于白骨壤。

2.2 镉对红树幼苗叶绿素含量和光合速率的影响

叶绿素是高等植物吸收光能的主要色素,它的含量高低是衡量叶片光合能力的重要指标,而光合速率的大小则反映植物光合能力和合成有机物质能力强弱的生理指标。由图 1 可知,在低浓度 0.6 mmol·L⁻¹ 和 6 mmol·L⁻¹ 镉处理时,桐花树叶片叶绿素含量比对照增加了 20.3% 和 13.8%,而白骨壤叶绿素含量变化不大,当镉浓度高于 12 mmol·L⁻¹ 时,桐花树、白骨壤的叶绿素含量均呈现下降的趋势,但两者比较,桐花树幼苗叶绿素含量始终高于白骨壤,两者差异显著($P < 0.05$)。

在镉浓度为 0.6 mmol·L⁻¹ 时,桐花树幼苗光合速率比对照组高 14.3%,浓度高于 6 mmol·L⁻¹ 则表现下降的趋势,而白骨壤幼苗则在 0.6 mmol·L⁻¹ 浓度以后,均呈现下降的趋势,两者差异显著($P < 0.05$)。实验结果说明,在重金属镉处理中,桐花树的叶绿素含量和光合速率上均高于白骨壤(图 1)。

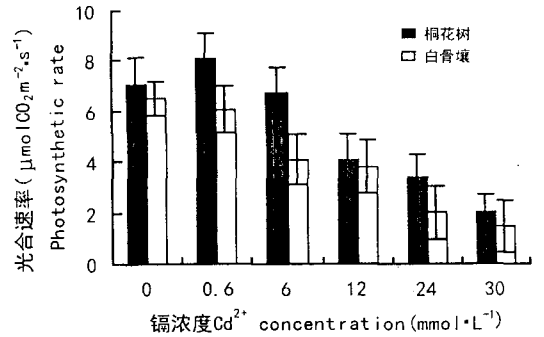
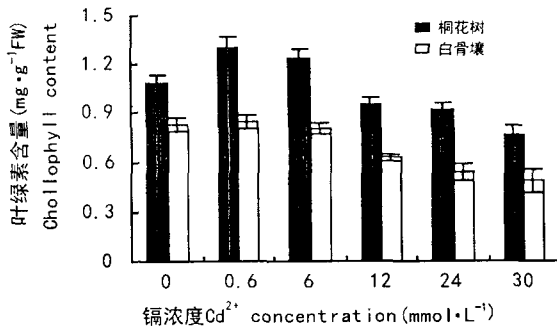


图 1 镉对红树幼苗叶片叶绿素含量和光合速率的影响

Fig. 1 Effects of Cd²⁺ on the chlorophyll content and photosynthetic rate of the leaves in mangrove seedlings

2.3 镉对红树幼苗抗氧化酶 SOD 和 CAT 活性的影响

SOD 和 CAT 是植物体内酶促活性氧清除系统中的细胞保护酶,其活性的大小与植物抗逆境的能力相关(石贵玉等,2005),两种酶中 SOD 是保护酶系统中最重要的组成部分。图 2 和图 3 反映,在 0、0.6、6 mmol·L⁻¹ 三个镉浓度时,两种红树幼苗叶片中的 SOD 活性和 CAT 活性变化较一致,均表现为上升趋势,6 mmol·L⁻¹ 后均表现为酶活性下降,浓度愈高下降愈大,但两种红树幼苗比较,桐花树的 SOD 活性和 CAT 活性高于白骨壤,其中 CAT 差异达显著性水平(P<0.05)。

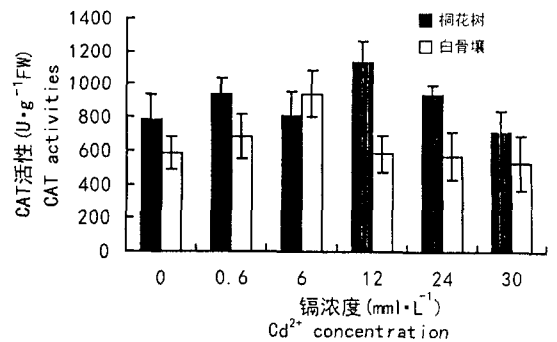


图 3 镉对红树幼苗叶片 CAT 活性的影响

Fig. 3 Effects of Cd²⁺ on the CAT activities of the leaves in mangrove seedlings

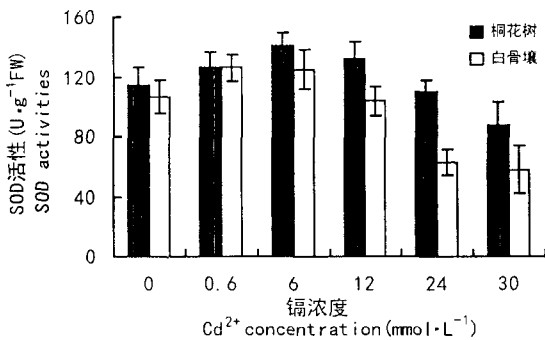


图 2 镉对红树幼苗叶片 SOD 活性的影响

Fig. 2 Effects of Cd²⁺ on the SOD activities of the leaves in mangrove seedlings

2.4 镉对红树幼苗 POD 活性的影响

过氧化物酶是植物体内重要的代谢酶,也是植物体内的抗氧化酶之一,过氧化物酶活性的高低不仅反映植物生长发育及内在代谢情况,同时也是植物抗性大小的标志之一。由图 4 可见,两种红树幼苗叶片中对照的 POD 活性较高,0.6 mmol·L⁻¹ 镉时酶活性均下降,0.6 mmol·L⁻¹ 后逐渐上升,但两种红树幼苗比较,白骨壤的 POD 活性显著(P<

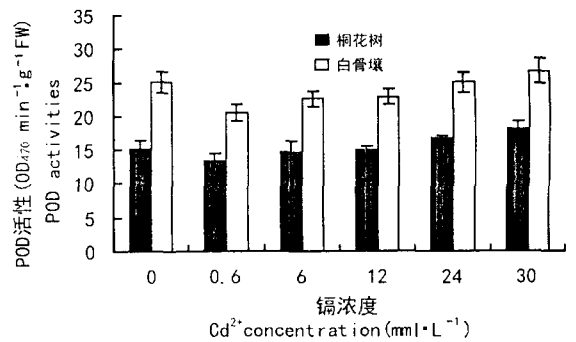


图 4 镉对红树幼苗叶片 POD 活性的影响

Fig. 4 Effects of Cd²⁺ on the POD activities of the leaves in mangrove seedlings

0.05)高于桐花树 POD 活性。

3 讨论

重金属镉处理 30 d 后,低浓度镉(<6 mmol·L⁻¹)处理时红树两个品种桐花树幼苗和白骨壤幼苗

生长正常,高浓度镉($>6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)则表现为生长受抑制,个别植株叶片萎蔫变黄后逐步死亡。从试验结果可以得出两种红树植物桐花树幼苗对重金属镉的抗性大于白骨壤($P < 0.05$)。在生理特性方面,低浓度镉处理时桐花树幼苗和白骨壤幼苗的叶绿素含量和光合速率与对照组相比,基本不变或稍高于对照组;高浓度镉处理下则表现为下降,浓度愈高下降愈多,但桐花树幼苗的叶绿素含量和光合速率始终高于白骨壤幼苗。Zn、Cu、Pb、Se 和 Cd 等都能引起细胞膜脂质和叶绿体膜脂过氧化作用、改变膜性质,从而导致植物生长不良(Devi & Prasad, 2004)。在高浓度镉处理后桐花树叶绿素含量以及光合速率均高于白骨壤的原因可能是桐花树细胞膜脂质和叶绿体膜脂抗过氧化作用比较强,保持了较好的细胞膜和叶绿体膜性质。在作为植物抗逆境能力大小指标的抗氧化酶方面,低浓度镉时,两种植物 POD 活性先下降后上升,呈“V”字形且白骨壤幼苗 POD 活性始终高于桐花树 POD 活性。红树植物在一定浓度的重金属、高盐度的胁迫下,POD、SOD 酶活力也出现升高现象(张凤琴等,2006)。白骨壤 POD 活性高于桐花树 POD 活性的原因可能是在受到不同浓度镉毒害情况下,白骨壤被诱导出新的 POD 同工酶,从而使得白骨壤 POD 活性高于桐花树 POD 活性,试验结果也证实了该推断。导致此现象的其它原因可作为进一步研究的方向。但 SOD、CAT 表现为低浓度时,酶活性上升,高浓度时酶活性下降,呈倒“V”字形且桐花树幼苗始终高于白骨壤幼苗,生理特征表现与形态特征基本一致。SOD、CAT 担负着清除生物体内 O_2^- 和 H_2O_2 的作用,SOD 和 CAT 的共同作用能有效地阻止 O_2^- 和 H_2O_2 在体内积累,所以出现上述结果的原因我们推测可能是由于镉(Cd)毒害下桐花树幼苗 SOD、CAT 活性高于白骨壤幼苗,有效地清除了体内的自由基,降低了自由基对植物的伤害,从而表现出对重金属镉较强的抗性;另外,我们推测桐花树幼苗比白骨壤幼苗的细胞膜和叶绿体膜性质完整、叶绿素含量高,光合作用较强从而使桐花树可以产生较多的有机物和能量,为细胞维持正常的生理代谢、维持膜透性以及酶活性提供了保证;另外也有可能是植株本身之间有差异导致此现象的出现,具体原因有待进一步研究。

参考文献:

王凯荣. 1999. 栽培作物对土壤镉污染的反应[M]. 欧细满.

- 迈向 21 世纪的土壤科学—提高土壤质量,促进农业持续发展(湖南省卷). 长沙:湖南科学技术出版社,88—94
- 林鹏,傅勤. 1995. 中国红树林环境生态及经济利用[M]. 北京:高等教育出版社,1—3
- 林鹏. 1997. 中国红树林生态系[M]. 北京:科学出版社,14—19
- 张志良. 2000. 植物生理学实验指导[M]. 第 2 版. 北京:高等教育出版社,160—161
- 邹琦. 2001. 植物生理学实验指导[M]. 中国农业出版社,163—171
- Devi, Prasad. 2004. Heavy Metals Stress in Plants[M]. Berlin: Springer-Verlag, 127—145
- Giannopolitis CN, Ries SK. 1997. Superoxide dismutation]. Occurrence in higher plants[J]. *Plant Physiol*, **53**:315—318
- Harris RR, Santos MCF. 2000. Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs, *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* [J]. *Marine Biology*, **137**: 691—703
- Jiang XL(蒋选利), Li ZQ(李振歧), Kang ZS(康振生). 2001. The recent progress of research on peroxidase in plant disease resistance(过氧化物酶与植物抗病性研究进展)[J]. *J North-west Sci-Tech Univ A & F*(西北农林科技大学学报), **29**(6): 125—129
- Lin YM(林益明), Lin P(林鹏), Wang T(王通). 2000. Caloric values and ash contents of some mangrove woods(几种红树植物木材热值和灰分含量的研究)[J]. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(6): 181—184
- MacFarlane GR, Burchett MD. 2000. Cellular distribution of Cu, Pb and Zn in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk) Vierh[J]. *Aquatic Bot*, **68**:45—59
- Shi GY(石贵玉), Chen MM(陈明娟). 2005. Effects of selenium and chromium on growth and physiological of rice seedlings(铬、硒对水稻幼苗生长和生理的效应)[J]. *Guihaia*(广西植物), **25**(3): 281—284
- Tam NFY, Wong WS. 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps[J]. *Environ Pollution* **110**:195—205
- Yang SC(杨盛昌), Lin P(林鹏). 1998. Ecological Studies On The resistance and adaptantion to cold of some tidal mangrove species in China(潮滩红树植物抗低温适应的生态学研究)[J]. *Acta Phytococla Sin*(植物生态学报), **22**(1):60—67
- Zabetoglou K, Voutsas D, Samara C. 2002. Toxicity and heavy metal contamination of surficial sediments from Bay of Thessaloniki(Northwestern Aegean Sea)Greece[J]. *Chemo sphere*, **49**: 17—26
- Zhang FQ(张凤琴), Wang YS(王友绍), Dong JD(董俊德), et al. 2006. Effects of wastewater borne heavy metals on some protective enzymes and lipid peroxidation of *Bruguiera gymnorhiza* seedling(重金属污染对木榄幼苗几种保护酶及膜脂质过氧化作用的影响)[J]. *J Trop Oceanography*(热带海洋学报), **25**(2):66—70
- Zheng FZ(郑逢中), Lin P(林鹏), Zheng WJ(郑文教). 1994. Study on the tolerance of *Kandelia candel* mangrove seedlings to cadmium(红树植物秋茄幼苗对镉耐性的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **14**(4):408—414