

镉胁迫对狭叶香蒲某些生理指标的影响

吴晓丽¹, 罗玉明², 徐迎春^{1,①}, 鄢贵龙², 赵艳¹

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095; 2. 淮阴师范学院生物系, 江苏 淮安 223300)

摘要: 利用水培法研究了 Cd 胁迫对狭叶香蒲 (*Typha angustifolia* L.) 某些生理指标的影响。结果表明, Cd 浓度在 0.4 和 1.0 mg · L⁻¹ 时, 狭叶香蒲的叶绿素含量呈上升趋势; Cd 浓度高于 1.0 mg · L⁻¹ 时, 叶绿素含量有所下降。当 Cd 浓度达 1.5 mg · L⁻¹ 时, 狭叶香蒲的根系活力明显降低。随 Cd 浓度的增加, 超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化物酶 (POD) 活性基本呈现低浓度时上升高浓度时下降的变化趋势; 丙二醛 (MDA) 含量则呈上升趋势。

关键词: 狭叶香蒲; 镉胁迫; 根系活力; 生理指标

中图分类号: Q948.116, X503.233 文献标识码: A 文章编号: 1004-0978(2007)01-0074-03

Effects of cadmium stress on some physiological indexes of *Typha angustifolia* WU Xiao-li¹, LUO Yu-ming², XU Ying-chun^{1,①}, YAN Gui-long², ZHAO Yan¹ (1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Department of Biology, Huaiyin Teachers College, Huai'an 223300, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2007, 16(1): 74-76

Abstract: Effects of cadmium stress on some physiological indexes of *Typha angustifolia* L. were studied by hydroponic culture method. The results showed that content of chlorophyll increased gradually when concentration of Cd was 0.4 or 1.0 mg · L⁻¹, but it decreased when concentration of Cd was higher than 1.0 mg · L⁻¹. When concentration of Cd reached to 1.5 mg · L⁻¹, root vitality decreased obviously. With Cd concentration increased gradually, activities of SOD and POD were increased in low concentration of Cd and decreased in high concentration of it, content of MDA was increased gradually.

Key words: *Typha angustifolia* L.; cadmium stress; root vitality; physiological indexes

镉是广泛存在于自然界中的毒性最强的重金属元素之一, 对人类及动植物危害巨大。近年来, 有关植物对镉胁迫生理反应的研究已成为热点, 研究对象涉及烟草 (*Nicotiana tabacum* L.)^[1]、玉米 (*Zea mays* L.)^[2,3]、小麦 (*Triticum aestivum* L.)^[4] 及遏蓝菜 (*Thalpsi caerulescens* L.)^[5] 等多种植物。从 Chaney^[6] 提出“利用超积累植物清除重金属污染”的观点以来, 全世界已发现 450 多种重金属超积累植物。

香蒲科 (Typhaceae) 有 1 属 16 种植物, 中国有 11 种^[7], 均为多年生挺水植物, 喜光照, 适应性强, 可用于污水净化^[8-11]。重金属胁迫条件下, 香蒲的生理变化研究可为其对重金属污染水质的净化研究起到一定的指导作用, 具有重要的现实意义。作者以狭叶香蒲 (*Typha angustifolia* L.) 为实验材料, 研究了在镉胁迫条件下其生理生化指标的变化, 以期对狭叶香蒲对重金属的抗性研究提供一定的参考依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试材料为取自江苏省淮安市楚州区的狭叶香蒲 (*Typha angustifolia* L.)。

1.2 方法

将狭叶香蒲用自来水驯化 10 d 后, 移入温室内培养, 每处理 3 株, 分别重复 3 次。先后在塑料杯中用 1/4 和 1/2 Honglang 营养液各培养 10 d, 每 3 天换 1 次营养液, 然后再用全营养液培养 10 d。实验时, 加入不同量的 CdCl₂ · 2.5H₂O 溶液, 使水培液中 Cd 的终浓度分别达到 0 (CK)、0.4、1.0、1.2 和

收稿日期: 2006-11-15

基金项目: 江苏省教育厅自然科学基金资助项目 (02180009) 和淮安市农业科技计划资助项目 (0352)

作者简介: 吴晓丽 (1980-), 女, 宁夏青铜峡人, 硕士研究生, 主要从事观赏植物生理生态学的研究。

① 通讯作者 E-mail: xu-yeh@163.com

1.5 mg · L⁻¹。将狭叶香蒲的根系全部浸入溶液中, 室温(25 ℃)培养 10 d 后, 测定各项生理指标。

叶绿素含量采用丙酮浸提分光光度法进行测定^[12]; 根系活力采用 TTC 法进行测定^[12]; 丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸显色法进行测定^[12]; 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用 NBT 光还原法进行测定^[13]; 过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法进行测定^[14]。各实验均重复 3 次。

1.3 数据分析

采用 SPSS 软件进行数据统计及分析, 并进行差异显著性分析。

2 结果和分析

2.1 Cd 胁迫对狭叶香蒲叶绿素含量及根系活力的影响

不同浓度 Cd 处理对狭叶香蒲叶绿素含量及根系活力的影响结果见表 1。由表 1 可见, Cd 浓度为 0~1.0 mg · L⁻¹ 时, 狭叶香蒲的叶绿素含量呈上升趋势, 其中 0.4 mg · L⁻¹ Cd 处理时的叶绿素含量为对照的 104.65%, 1.0 mg · L⁻¹ Cd 处理时的叶绿素含量最高, 为对照的 130.23%; Cd 浓度高于 1.0 mg · L⁻¹ 时, 叶绿素含量开始下降; 当 Cd 浓度达 1.5 mg · L⁻¹ 时, 叶绿素含量下降到最低值, 仅为对照的 51.16%。实验表明, 狭叶香蒲对 Cd 胁迫有一定的适应能力, 但随着 Cd 浓度的提高, 叶绿素含量不断降低, 对植株的伤害也逐渐显现。

表 1 不同浓度镉胁迫对狭叶香蒲叶绿素含量及根系活力的影响¹⁾
Table 1 Effects of different concentrations of Cd on chlorophyll content and root vitality of *Typha angustifolia* L. ¹⁾

浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	叶绿素含量/mg · g ⁻¹ Chl content	根系活力/mg · g ⁻¹ · h ⁻¹ Root vitality
0(CK)	0.86bB	0.34Bb
0.4	0.90bB	0.18dD
1.0	1.12aA	0.21cC
1.2	0.71cC	0.37aA
1.5	0.44dD	0.13eE

¹⁾数据后的大小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平上的差异显著性 Capital and lowercase letters indicate the significant difference at 1% and 5% levels respectively.

实验表明, 狭叶香蒲的根系活力与 Cd 浓度密切相关。当 Cd 浓度为 0.4 mg · L⁻¹ 时, 狭叶香蒲的根系活力比对照降低 47.06%; 随 Cd 浓度的增加,

根系活力逐渐升高, 当 Cd 浓度达 1.2 mg · L⁻¹ 时, 狭叶香蒲的根系活力迅速升高; 而当 Cd 浓度达 1.5 mg · L⁻¹ 时, 根系活力却比对照低 61.76%。上述结果表明, 当 Cd 浓度为 1.2 mg · L⁻¹ 时, 狭叶香蒲的根系对 Cd 有应激反应, 但随 Cd 浓度逐渐升高, 其毒害作用逐渐增大, 最终导致根系活力明显降低。

2.2 Cd 胁迫对狭叶香蒲 SOD 和 POD 活性及 MDA 含量的影响

不同浓度 Cd 处理对狭叶香蒲 SOD 和 POD 活性及 MDA 含量的影响结果见表 2。由表 2 可知, 随 Cd 浓度的增加, SOD 活性呈低浓度时升高, 高浓度时下降的趋势。当 Cd 浓度为 0.4 和 1.0 mg · L⁻¹ 时, SOD 活性上升; 当 Cd 浓度为 1.2 mg · L⁻¹ 时开始下降; Cd 浓度达 1.5 mg · L⁻¹ 时, SOD 活性最低, 但仍比对照高 6.0%。实验结果表明, 狭叶香蒲对 Cd 胁迫有一定的耐受能力, 在耐受范围内, SOD 活性随着 Cd 浓度的升高而增加; 高浓度 Cd 处理时, SOD 活性的下降则表明 SOD 酶结构被破坏且生理功能逐渐丧失。

经 Cd 处理后, 狭叶香蒲的 POD 活性较对照高, 说明 Cd 胁迫使活性氧自由基增多, 膜脂过氧化加剧。经 1.0 mg · L⁻¹ Cd 处理的狭叶香蒲的 POD 活性增加最明显, 比对照增加 318.17%; 随着 Cd 浓度的增加, POD 活性下降, 但仍然较对照高。

表 2 不同浓度镉胁迫对狭叶香蒲超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性及丙二醛含量的影响¹⁾
Table 2 Effects of different concentrations of Cd on activities of SOD and POD and MDA content of *Typha angustifolia* L. ¹⁾

浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	活性/U · min ⁻¹ · g ⁻¹ Activity		MDA 含量/mmol · g ⁻¹ MDA content
	SOD	POD	
0(CK)	172.27cC	51.95dD	5.32cB
0.4	175.97cBC	45.97eD	5.43cB
1.0	204.43aA	217.24aA	8.14bA
1.2	198.33aA	182.75bB	8.36bA
1.5	182.68bB	172.46cC	9.60aA

¹⁾数据后的大小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平上的差异显著性 Capital and lowercase letters indicate the significant difference at 1% and 5% levels respectively.

由表 2 可见, 随 Cd 浓度的增加, 狭叶香蒲的 MDA 含量呈上升趋势, 当 Cd 浓度达 1.0 和 1.5 mg · L⁻¹ 时, 其 MDA 含量分别为对照的 1.53 和 1.80 倍, 表明狭叶香蒲根中的过氧化程度随 Cd 浓度升高而加剧。

3 讨 论

实验期间,不同浓度 Cd 胁迫对狭叶香蒲的长势均未造成影响,无植株枯萎等重金属毒害症状,植株发育正常。在重金属胁迫下,植物光合作用对胁迫的反应比较敏感,因此叶绿素含量的高低可用来表征植物在逆境下受伤害的程度。研究表明,低浓度 Cd 处理时,叶绿素含量的上升可能与低浓度 Cd 能刺激细胞生长有关;而高浓度 Cd 处理可能影响到光合作用,致使合成代谢受阻,叶绿素含量下降。Cd 浓度为 $1.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,根系活力高于对照;而在 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,却又低于对照,说明狭叶香蒲对 Cd 胁迫有一定的适应和调节能力。

Cd 可诱导植物的自由基过氧化损伤,加剧植物体内的膜脂过氧化作用^[15],植物体内的 SOD 和 POD 是活性氧自由基清除系统中的两种重要保护酶,SOD 和 POD 活性的提高表明植物体保护机能的启动和增强,是保护细胞免受毒害的调节反应,但其调节能力是临时的和有限的。当细胞长时期受到胁迫时,细胞内的活性物质(包括酶)均会受到损伤,从而使其活性下降^[16]。本实验中,当 Cd 浓度为 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,狭叶香蒲体内的 SOD 和 POD 受到活性氧自由基的诱导,活性上升,发挥清除活性氧的作用;当 Cd 浓度为 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,该保护系统被重金属离子破坏,从而导致 SOD 和 POD 活性下降,狭叶香蒲对活性氧自由基和过氧化物的防御能力减弱,这与段云青等人的研究结果一致^[17]。Iannelli 等^[18]认为,在低、高浓度 Cd 胁迫下,植物分别表现出抗氧化活性增加和减少两种情况,说明抗氧化系统不仅具有解毒功能,同时还是 Cd 对植物产生毒性(phyto-toxicity)的作用位点。本研究也得到了类似结果。

综上所述,狭叶香蒲作为净化水质能力较强的水生植物,在重金属富集方面也具有一定的研究及应用价值。

参考文献:

- [1] 袁祖丽,李春明,熊淑萍,等. Cd, Pb 污染对烟草叶片叶绿素含量、保护酶活性及膜脂过氧化的影响[J]. 河南农业大学学报, 2005, 39(1): 15-19.
- [2] 刘建新. 镉胁迫下玉米幼苗生理生态的变化[J]. 生态学杂志, 2005, 24(3): 265-268.
- [3] 杨双春,张洪林. 镉胁迫对玉米生理特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 57-59.
- [4] 张利红,李培军,李雪梅,等. 镉胁迫对小麦幼苗生长及生理特性的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 458-460.
- [5] Boominathan R, Doran P M. Cadmium tolerance and antioxidative defenses in hairy roots of the cadmium hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*[J]. Biotechnol Bioeng, 2003a, 83(2): 158-167.
- [6] Chaney R L. Plant uptake of inorganic waste constituents. Land treatment of hazardous wastes[A]. Parr J F, Marsh P B, Kla J M. Noyes Data Corporation[M]. New York: Park Ridge, 1983. 50-76.
- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 第八卷[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 2-12.
- [8] 叶志鸿,陈桂珠,蓝崇钰,等. 宽叶香蒲净化塘系统净化铅锌矿废水效应研究[J]. 应用生态学报, 1992, 3(2): 190-194.
- [9] 陈桂珠,马曼杰,蓝崇钰,等. 香蒲植物净化塘生态系统调查研究[J]. 生态学杂志, 1990(4): 11-15.
- [10] 郑 瑛,李 晖. 香蒲植物净化塘对矿山废水的净化效益[J]. 中山大学学报论丛, 1996, 2: 169-171.
- [11] 阳承胜,蓝崇钰,陈文圣. 重金属在宽叶香蒲人工湿地系统中的分布与积累[J]. 水处理技术, 2002, 28(2): 101-104.
- [12] 郝建军,刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001.
- [13] 李合生,孙 群,赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000, 167-169.
- [14] 朱广廉. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
- [15] 黄玉山,罗广华,关 文. 镉诱导植物的自由基过氧化损伤[J]. 植物学报, 1997, 39(6): 522-526.
- [16] 李 元,王焕校,吴玉树. Cd, Fe 及其复合污染对烟草生理的影响[J]. 环境科学学报, 1990, 10(4): 499-502.
- [17] 段云青,王 艳,雷焕贵. 镉胁迫对小白菜 POD、PPO 和 SOD 活性的影响[J]. 河南农业科学, 2006, 7: 88-91.
- [18] Iannelli M A, Pietrini F, Fiore L, et al. Antioxidant response to cadmium in *Phragmites australis* plants [J]. Plant Physiol Biochem, 2002, 40(11): 977-982.