

富营养化污水对美人蕉生理特性的影响

尹程^{1,2}, 王荣富^{1*}, 张云华¹

(1. 安徽农业大学生命科学学院, 合肥 230036; 2. 安徽水利水电职业技术学院, 合肥 231603)

摘要: 以美人蕉为材料, 研究了富营养化污水中氮、磷浓度变化对美人蕉生理特性的影响。结果显示, 富营养化污水明显影响美人蕉的生长, 表现为生物量增加缓慢、叶绿素含量下降。高浓度的氮、磷引起美人蕉过氧化物酶、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶等酶的活性持续升高, 随着富营养化污水中氮、磷浓度的升高, 3种酶的活性变幅明显减小, 相反, 美人蕉植株中的丙二醛含量却明显升高。研究表明美人蕉抗氧化酶系统的活性受到富营养化污水的干扰, 清除活性氧能力有所下降, 活性氧积累促进膜脂过氧化加快。这种变化可能是富营养化污水影响植物生长的原因之一, 也可能是植物对富营养化污水修复效果的限制性因素之一。

关键词: 富营养化污水; 美人蕉; 生理特性; 氧化胁迫; 抗氧化酶系统

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2012)06-0989-04

The effect of eutrophic water on *Canna indica* physiological characteristics

YIN cheng^{1,2}, WANG Rong-fu¹, ZHANG Yun-hua¹

(1. School of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Anhui Technical College of Water Resources and Hydroelectric Power, Hefei 231603)

Abstract: The effect of eutrophic sewage water on plant physiological characteristics was investigated using *Canna indica* as materials. It was shown that eutrophic water significantly inhibited the growth of *Canna indica*, which was represented by the slow increase of biomass and the decrease of chlorophyll content. Furthermore, increased concentrations of N and P in eutrophic water led to the continuous increase of peroxidase, catalase and superoxide dismutase activities while the vibrating range decreased dramatically compared with the control. In addition, malondialdehyde content increased greatly in *Canna indica* under eutrophic water. These results demonstrated that in eutrophic water, the activities of active oxygen-scavenging enzymes(POD, SOD and CAT) of *Canna indica* were interrupted, resulting in decreased active oxygen scavenging capacity, intensified oxidative stress and more serious membrane lipid peroxidation, which might be one of the reasons leading to the effect of eutrophic water on plant growth and one of the limiting factors in eutrophic sewage remediation effect of plants.

Key words: eutrophic water; *Canna indica*; physiological characteristics; oxidative stress; active oxygen-scavenging enzymes

近年来, 由于人为和自然原因, 排入湖(库)的氮、磷等营养物质不断增加, 导致中国湖(库)中的水体环境现状令人堪忧, 富营养化情况愈加严重^[1]。治理和修复富营养化水体的研究已成为国内外生态学和环境学研究的热点。利用植物吸收水体中氮(N)、磷(P)等营养元素来净化富营养化水体的方式已受到国内外学术界的高度重视^[2]。然而,

在富含N、P元素的水体中, 净化植物自身的生理特性变化却少有报道。

美人蕉(*Canna indica*)是美人蕉科多年生宿根草本植物, 由于花期较长、生长速度快及景观效应等特点而被广泛种植于街道及公园, 且常作为富营养化水体植物修复的先锋物种。本文研究美人蕉在修复不同N、P浓度的富营养水体中的生理特性变

收稿日期: 2012-05-31

基金项目: 安徽水利水电职业技术学院校级科研项目(2011XJKY)资助。

作者简介: 尹程, 男, 硕士研究生。E-mail: yincheng0922@sina.com

* 通讯作者: 王荣富, 男, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: rfwang@ahau.edu.cn

化,旨在探索陆生植物在净化污水过程时水体中过高浓度的 N、P 对植物的胁迫机理,以期为植物修复富营养水体提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

供试植物美人蕉为本地红黄花高秆美人蕉,购自合肥市裕丰花市。

模拟富营养化污水以 Hoagland 营养液^[3]为基础配制而成,其中 N、P 浓度以目前合肥市南淝河水体中 N 和 P 的平均值为参考,放大 5~20 倍,设计 4 个浓度(表 1)。

表 1 污水 N、P 浓度的设置

处理 Treatment	总氮/mg·L ⁻¹ Total N	总磷/mg·L ⁻¹ Total P
CK	28	3.1
C1	56	6.2
C2	140	15.5
C3	280	31.0

1.2 试验处理

首先将供试植物在去离子水中驯养 3 d,然后取出用去离子水反复清洗,晾干,选择大小及生物量较为接近的植物,在 12 L 红色塑料桶中,每桶盛装 8 L 营养液,植物用白色泡沫板固定,设计不同浓度的模拟污水进行水培试验。试验共设 3 个处理和 1 个对照,每个处理设 3 个重复。试验期间每隔 2 d 更换桶中 50% 的溶液,以保持桶中 N、P 浓度相对稳定。试验期间分别于植物在污水的停留第 0 天和第 8 天

记录植物鲜重及叶绿素含量,在第 0、2、4、6、8 天采集植物鲜叶测定植物叶片中丙二醛(MDA)含量及过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和超氧化物歧化酶(SOD)3 种酶的活性。

1.3 测定方法

1.3.1 生物量的测定 在美人蕉培养前和实验结束时,使用滤纸快速擦干植物表面水分再用千分之一台秤测量其重量,用 g 表示。

1.3.2 叶绿素的测定 从每个处理中选取 6 片植物叶片加以编号,使用柯尼卡美能达 SPAD502 叶绿素含量测定仪逐一测定后取平均值,实验结束时测定相同叶片的叶绿素含量。

1.3.3 MDA 含量的测定 采用 TBA 法^[4]。

1.3.4 POD 活性的测定 采用愈创木酚比色法^[4]。

1.3.5 CAT 活性的测定 采用过氧化氢分解法^[4]。

1.3.6 SOD 活性的测定 采用 NBT 还原法^[4]。

1.3.7 数据分析 所有试验数据采用 EXCEL2003 和 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 富营养化污水对美人蕉生长的影响

从表 1 中可以看出,不同浓度的 N、P 对美人蕉生长的影响表现基本一致,均使植物的生物量增加,但随着 N、P 含量增加,植物生物量的增长率却随之降低,并在 N、P 含量最高时植物生物量增长率达到最低。与对照相比,增长率存在显著性差异,说明随着 N、P 含量的增加,美人蕉植株的生长受到了抑制。

表 2 不同浓度的 N、P 对美人蕉生物量的影响

Table 2 Effects of different N, P concentrations on biomass of *Canna indica*

处理 Treatment	美人蕉生物量/g Biomass of <i>Canna indica</i>			
	0 d	8 d	增长量/g Increase amount	增长率/% Increase rate
CK	323.67	404.33	80.67	24.92
C1	327.33	384.33	57.00	17.41
C2	320.67	371.33	50.67	15.80
C3	323.00	360.33	37.33	11.56

表 3 美人蕉在不同 N、P 浓度下叶绿素含量变化

Table 3 Changes of chlorophyll contents of *Canna indica* in different N and P concentrations

处理 Treatment	美人蕉叶绿素含量 (Spad index) Chlorophyll contents of <i>Canna indica</i>			
	0 d	8 d	下降量 Decrease amount	下降率/% Decrease rate
CK	54.77	45.53	9.23	16.86
C1	54.00	41.20	12.80	23.70
C2	54.33	38.00	16.33	30.06
C3	54.10	35.43	19.67	34.50

2.2 富营养化污水对美人蕉叶绿素含量的影响

由表 2 可知, 在不同浓度的 N、P 水体中美人蕉的叶绿素含量均在第 8 天达到最低, 叶绿素含量降低的幅度与 N、P 的含量成线性关系, 即随着 N、P 浓度的升高, 叶绿素含量下降的幅度表现为 $C3 > C2 > C1 > CK$ 。这说明了在高浓度 N、P 的影响下, 美人蕉植物的叶绿素正常合成受到了阻碍或者其加快了分解速度。

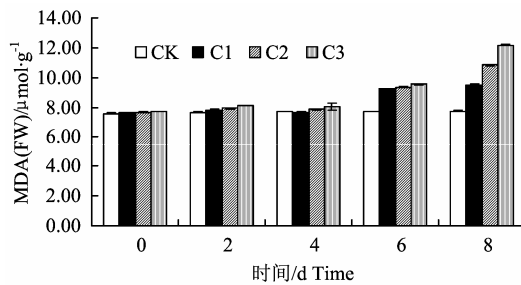


图 1 美人蕉在不同浓度 N、P 元素下 MDA 含量的变化

Figure 1 Changes of MDA activity of *Canna indica* in different N and P concentrations

2.3 富营养化污水对美人蕉 MDA 含量的影响

图 1 所示, 美人蕉的 MDA 含量在实验前期 (前 4 d) 处理与对照之间均没有大的变化, 但从第 6 天开始, 3 个处理的 MDA 含量逐渐增大, 到第 8 天, 从 MDA 含量增幅来看, C1 为 24.54%, C2 为 28.28%, C3 为 31.27%, 而对照仅为 2.15%, 表明随着 N、P 浓度的增加, 美人蕉植物的膜脂过氧化程度逐渐增加。

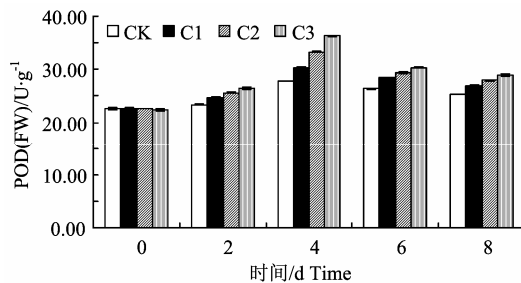


图 2 美人蕉在不同浓度 N、P 元素下 POD 活性的变化

Figure 2 Changes of POD activity of *Canna indica* in different N, P concentrations

2.4 富营养化污水对美人蕉 POD 活性的影响

图 2 所示, 美人蕉 POD 的活性在实验前期随培养时间的延长而上升, 并在第 4 天达到最大值, 随后变化幅度有所减小。这说明在长时间的高 N、P 环境中, 美人蕉 POD 的活性有所受抑。比较处理之间的差异, 发现 POD 活性变化的幅度也不尽相同。

说明美人蕉通过提高 POD 的活性来适应环境中高 N、P 的变化。

2.5 富营养化污水对美人蕉 CAT 活性的影响

图 3 反映了美人蕉在不同浓度的 N、P 水体中 CAT 活性的变化情况。在各个处理中, 美人蕉体内 CAT 活性均表现出先上升—第 4 天达到峰值—随后逐渐下降的趋势, 且后期水体中 N、P 浓度愈高, 其 CAT 活性下降愈多。

2.6 富营养化污水对美人蕉 SOD 活性的影响

美人蕉在不同浓度 N、P 水体中的 SOD 的活性变化见图 4。尽管对照与处理 1 和 2 中的美人蕉 SOD 活性均随培养时间的延长而升高, 处理 3 中的 SOD 活性先降低, 随后再上升, 但所有处理的 SOD 活性均在第 8 天达到最大值, 且 3 个处理的 SOD 活性增加幅度均明显低于对照, 表明在高浓度的 N、P 水体中美人蕉通过增加 SOD 活性来加以适应。

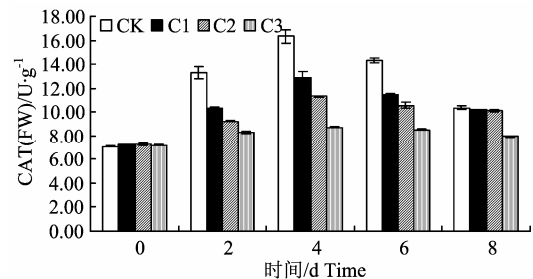


图 3 美人蕉在不同浓度 N、P 元素下 CAT 活性的变化

Figure 3 Changes of CAT activity of *Canna indica* in different N, P concentrations

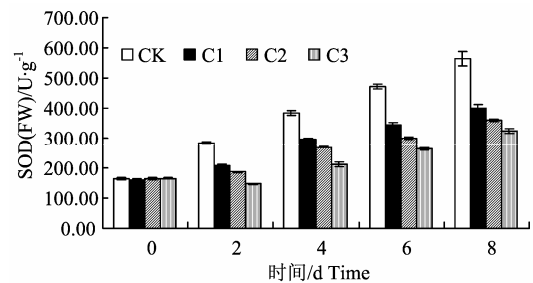


图 4 美人蕉在不同浓度 N、P 元素下 SOD 活性的变化

Figure 4 Changes of SOD activity of *Canna indica* in different N, P concentrations

3 讨论

研究表明, 对植物而言, 环境中较高的 N、P 浓度与盐、重金属等一样都是一种逆境胁迫, 同样影响植物的正常生命活动^[5-6]。这也可能是富营养化水体中水生植物逐渐消退的原因之一。试验发现, 美人蕉的生长量和叶绿素含量都随 N、P 浓度的增加和水中停留时间的延长而逐渐降低。据此可以认

为,高 N 和高 P 对美人蕉形成了逆境胁迫,影响了美人蕉的叶绿素的正常合成,抑制了它的正常生长。

植物在逆境胁迫下,通过激活或增加类似 POD、CAT 和 SOD 等保护酶来适应和保护自己,从而使其在一定程度上忍耐、减缓或抵抗逆境胁迫^[7-8]。本研究发现,美人蕉在水体中停留前期,MDA 含量变化均不大,但从第 6 天起却迅速增加,说明长期的高浓度的 N、P 胁迫,使得植株体内的自由基的含量逐渐积累,不能及时被清除,过氧化程度加大,膜损伤加快导致 MDA 含量升高。前期美人蕉植株体内 POD 活性均随在水体中停留时间的增加而增加,并在第 4 天达到最大值,随后回落。这可能是因为在开始时,细胞中产生的活性氧还不足以伤害 POD,随着在水体中停留时间的延长,美人蕉体内活性氧浓度逐渐增大,已足以引起 POD 活性下降。至于在高浓度的 N、P 胁迫下,CAT 活性增幅较小,说明 CAT 的活性受到高浓度的 N、P 胁迫的影响。在各个处理中,SOD 的活性均表现升高,说明 SOD 在美人蕉抗高 N、P 胁迫中发挥着重要的作用。

美人蕉虽然对 N、P 的胁迫表现一定适应性,

但当 N、P 浓度超过一定阈值时,或者长期处于高 N、P 污染的水体中则会导致生长、代谢受到限制,从而减弱了美人蕉对富营养水体的净化效果。

参考文献:

- [1] 舒金华, 黄文银, 吴延根. 中国湖泊营养类型的分类研究[J]. 中国湖泊营养类型的分类研究, 1996, 8(3): 193-200.
- [2] Cristina S C, Calheiros, Antonio O S S, et al. Constructed wetland systems vegetated with different plant applied to the treatment of tannery waste water[J]. Water Research, 2007, 41(8): 1790-1798.
- [3] Yoshida, Forno D A, Cock J H, et al. Laboratory manual for physiological studies of rice[M]. 3rd ed. Manila: IRRI, 1976, Z61-64.
- [4] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 123-124; 274-277.
- [5] 王斌, 李伟. 不同 N、P 浓度条件下竹叶眼子菜的生理反应[J]. 生态学报, 2002, 22(10): 1616-1621.
- [6] 范燕萍, 余让才, 陈建勋, 等. 氮素营养胁迫对匙叶天南星生长及光合特性的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 297-299.
- [7] 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆叶片膜脂过氧化及体内保护系统的影响[J]. 植物学报, 2000, 42(5): 461-466.
- [8] Scankalios J G .Oxygen stress and superoxide dismutase [J]. Plant Physiol, 1993, 101(1): 7-12.