

三种水生植物对生活污水的生理响应

马 佳, 林 萍, 覃 晓 艳, 赵 宋 艺, 李 东 海

(西南林业大学 园林学院, 云南 昆明 650224)

摘 要:选取 3 种水生植物水葱、眼子菜、金鱼藻为试材,通过测定其电导率、丙二醛含量、游离脯氨酸含量、可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量,探讨 3 种植物对于以初始总氮(N)浓度为 10~10.5 mg/L 污水胁迫的响应特性。结果表明:植物在受到污水胁迫时通过调节渗透,抑制质膜过氧化以适应污水环境,但不同植物的响应特性存在差异。其中,水葱在受到污水胁迫后游离脯氨酸、可溶性糖含量迅速上升,有效抑制质膜过氧化,耐污染能力优于试验中的其它植物。

关键词:水生植物;生活污水;生理响应

中图分类号:S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)16-0072-04

随着城市化的发展和人民生活水平的提高,城镇生活污水排放数量大,呈逐年增长趋势,且污水成分日趋复杂,是导致水体环境恶化的重要污染源,城镇生活污水迫切需要治理。近年来,利用人工湿地中的水生植物来净化城市生活污水的研究工作引起了普遍的关注^[1]。

植物是人工湿地的核心之一,通过植物的生理活动不但有助于去除污染物,还可以促进污水中营养物质的循环和再利用,从而提高整个湿地生态系统微生物数量,调整其组成结构,促进湿地生态系统的硝化和反硝化作用的进行,强化其净化能力^[2-3]。几年来,我国学者对芦苇、香蒲等水生植物净化污水的效果开展了许多研究^[4-5],在植物耐污与去污能力方面:有许多学者采用植物对某种元素的积累量作为植物筛选的直接评价指标^[6-7]。但对于水生植物对污水胁迫响应的研究较少。不同植物对于环境因子具有不同的耐受能力,如果环境因子超出了植物本身的耐受限度,对植物来说就会形成逆境胁迫,影响其正常的生长,严重时导致植物死亡,因

此研究水生植物在污水胁迫下的生理特性是十分必要的。现通过研究水葱、眼子菜、金鱼藻 3 种水生植物在城市生活污水处理下的生理变化,以期揭示水生植物抗污水胁迫的机理提供理论依据,同时为人工湿地植物种类的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取 3 种水生植物水葱(*Scirpus validus* Vahl.)、眼子菜(*Potamogeton maackianus* A. Been.)、金鱼藻(*Ceratophyllum demersum* Linn.)为试验材料,引种在西南林业大学国家高原湿地研究中心钢架大棚内。试验所用污水取自西南林业大学校园生活污水,初始水质总氮(N)浓度为 10~10.5 mg/L。

1.2 试验方法

试验于 2011 年 6~10 月进行,每月以随机采样的方式剪取叶片,置于冰盒中,迅速带回实验室。为保证植株生长稳定且无明显个体差异,先用清水培育 2 周,然后把长势较一致的植株,植入 1.2 m×1.0 m×0.8 m 玻璃污水试验床中,每个污水试验床分为 3 个单元,各单元通过隔板孔道连通,在挺水植物单元铺设 30 cm 厚的细沙,在沉水植物及浮叶植物单元铺设 15 cm 厚的细沙以保证水生植物的生长。

1.3 项目测定

电导率用电导仪测定,丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法,游离脯氨酸(Pro)含量测定采用茚三酮法,可溶性糖含量测定采用蒽酮法,可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 法^[8]。

第一作者简介:马佳(1986-),男,云南楚雄人,硕士研究生,现主要从事水生植物生理方面的研究工作。E-mail: jim_ma@foxmail.com.

责任作者:林萍(1958-),女,云南人,本科,教授,现主要从事花卉学与花卉装饰应用及插花艺术与组织培养和切花保鲜等教学与科研工作。E-mail: al23456758@126.com.

基金项目:园林植物与观赏园艺省级重点学科资助项目;园林植物与观赏园艺省高校重点实验室资助项目;国家自然科学基金资助项目(40971285);西南林业大学仪器共享平台基金资助项目。

收稿日期:2013-05-06

1.4 数据分析

试验中采取各指标试验组与对照组的比值反映植物的抗性,试验数据利用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行处理,用 Duncan 检验作多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 污水处理对 3 种植物丙二醛(MDA)含量比值的影响

在自由基生物学中,往往用 MDA 的生成量来反映细胞膜的过氧化程度,把它当作一种受伤害程度的指标^[9],而电导率则明确体现了植物细胞的生活力和对外界胁迫的耐受限度。

从图 1 可以看出,水葱、眼子菜在污水处理 30 d 时,MDA 含量比值均大于 1.0,表明二者在污水处理下第 30 天时细胞内 MDA 含量水平较高,污水环境对其产生了毒害。水葱的 MDA 含量比值在污水处理第 30 天时为 1.6,在处理第 60 天时下降至 1.0 以下,且在随后的试验过程中 MDA 含量比值较稳定,保持在 0.8 左右,说明随着时间的推移,水葱逐渐适应了污水环境,污水对其影响较小。眼子菜在污水的影响下,第 30 天时 MDA 含量比值为 1.4,第 60 天时 MDA 含量比值升至 2.7,为 3 种植物在整个试验过程中的最高值,虽然在第 90 天时 MDA 含量比值迅速下降,但仍超过 1.0,MDA 含量的变化波动较其余 2 种植物大,表明眼子菜受污水影响较为明显。金鱼藻在 30、60 d 的污水处理下,MDA 含量比值均低于 1.0,但至第 90 天时,MDA 含量比值大幅度上升到 2.0 以上,MDA 含量比值呈上升趋势,第 120 天时虽有下降,但依然高达 1.5,受到污水毒害程度较大,膜质过氧化程度较高。

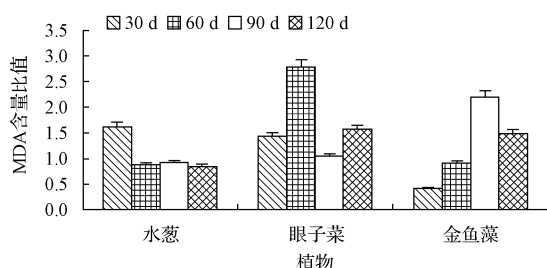


图 1 不同处理时间 3 种植物 MDA 含量比值的比较

Fig. 1 Ratio of MDA content of three species in different treatment time

2.2 污水处理对 3 种植物电导率的影响

从图 2 可以看出,水葱、金鱼藻在污水处理第 30 天时电导率比值分别为 2.089、1.577,表明在污水处理下,

水葱和金鱼藻的质膜系统受到了较大程度的伤害。污水处理第 60 天时,水葱和金鱼藻的电导率比值分别为 1.122、1.217,表明这 2 种植物逐渐适应了污水环境,受到污水毒害的程度下降。眼子菜在整个试验过程中电导率比值分别为 0.954、0.726、0.886、0.476,均在 1.0 以下,表明污水处理并未对眼子菜的质膜系统造成严重的伤害。3 种水生植物的电导率比值随着试验的进行都呈现逐渐下降的趋势,但又存在差异,水葱的下降幅度最大,金鱼藻的变化较水葱平缓,而眼子菜的电导率比值则波动较小。

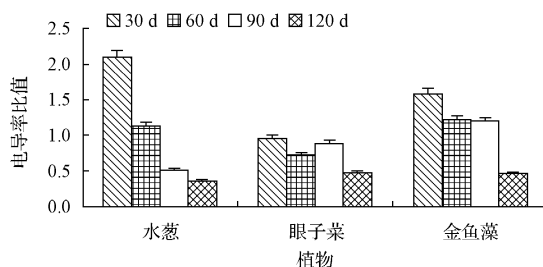


图 2 不同处理时间 3 种植物电导率比值的比较

Fig. 2 Ratio of conductivity of three species in different treatment time

2.3 污水处理对 3 种植物游离脯氨酸(Pro)含量比值的影响

从图 3 可以看出,在污水胁迫下,第 30 天时 3 种水生植物体内的 Pro 含量比值均超过 1,说明 3 种植物在受到污水胁迫后,体内 Pro 含量有不同程度的提高,但变化趋势存在差异。其中眼子菜和金鱼藻的 Pro 含量比值变化都呈先上升后下降的趋势,在污水处理第 60 天时 Pro 含量比值分别为 4.956、3.071,此后开始下降,处理第 120 天时二者均在 2 左右,但可以看出金鱼藻相对眼子菜和水葱而言 Pro 含量变化的幅度要小。而水葱的 Pro 含量比值要明显高于眼子菜和金鱼藻,平均比值达到 8.529,且在第 60 天时 Pro 含量比值下降至 5 左右,后在第 90 天又呈上升趋势,该现象与眼子菜和金鱼藻存在差异,表明通过提高体内 Pro 含量,是水葱适应污水环境的重要途径。

2.4 污水处理对 3 种植物可溶性糖含量比值的影响

在不同逆境下,植物代谢反应的总趋势是一致的,即水解作用增强,合成作用减弱,从而使植物体内淀粉、蛋白质等大分子化合物降解为可溶性糖、肽及氨基酸等物质。各种可溶性糖含量在植物体内对环境胁迫的变化非常敏感,因此,是指示植物遭受环境胁迫程度的重要指标^[10]。从图 4 可以看出,3 种植物在受到污水胁迫

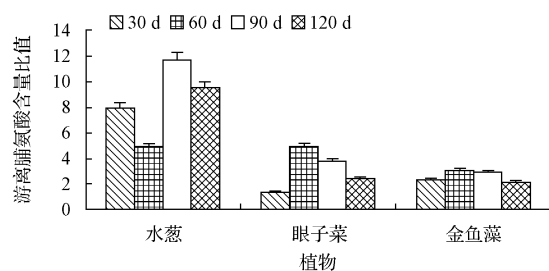


图3 不同处理时间3种植物游离脯氨酸含量比值的比较

Fig. 3 Ratio of free proline content of three species in different treatment time

后,可溶性糖含量均呈现先上升后下降的趋势,且在处理第90天可溶性糖含量比值达到最高值,分别为2.737、1.198、2.346。水葱在试验期间平均可溶性糖含量比值为1.740,高于眼子菜和金鱼藻,表明提高可溶性糖含量是水葱在受到污水胁迫下的一种重要适应机制。而眼子菜在整个试验过程中可溶性糖含量比值均在1左右,受污水胁迫的影响并不明显。

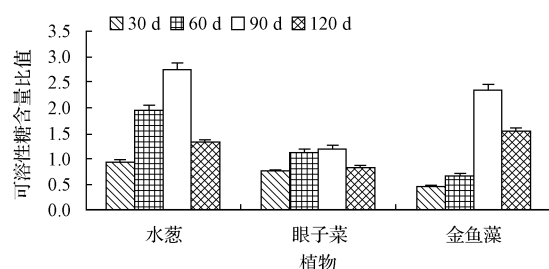


图4 不同处理时间3种植物可溶性糖含量比值的比较

Fig. 4 Ratio of soluble sugar content of three species in different treatment time

2.5 污水处理对3种植物可溶性蛋白质含量比值的影响

在植物受到环境胁迫时,自身通过体内调节作用以减轻胁迫造成的伤害,而可溶性蛋白可作为一种渗透调节物质。从图5可以看出,水葱和眼子菜在整个试验期间可溶性蛋白质含量比值都在1.0以下,但二者在变化趋势上存在差异,眼子菜在试验第30天时可溶性蛋白含量比值即达到峰值。金鱼藻整个试验过程中可溶性蛋白质含量比值都在1.0以上,变化趋势与水葱类似,在试验前段为上升趋势,第90天时下降后升至峰值。

3 结论与讨论

生活污水中的污染物成分十分复杂,会对生长在水中的水生植物形成多种生物或非生物胁迫,不同的水生植物对胁迫的耐受能力以及响应也不尽相同。目前虽

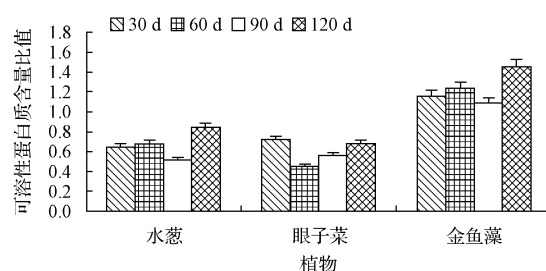


图5 不同处理时间3种植物可溶性蛋白含量比值的比较

Fig. 5 Ratio of soluble protein content of three species in different treatment time

然污水对植物的毒害及植物耐污的机理仍不十分清楚,但植物细胞受污水中各种污染物胁迫的影响一般最初表现在细胞膜上,因而污水胁迫下膜脂过氧化的程度与耐污能力可能存在密切的关系^[11]。因此,细胞膜系统作为植物细胞与外部环境交流的介质,不仅是植物抗逆的基础,在逆境生理中也起到非常重要的作用。在逆境胁迫下,植物细胞通过多种途径产生 O_2^- 、 $\cdot OH$ 、 O_2 和 H_2O_2 等自由基,同时在生物系统进化过程中,细胞也形成了清除这些自由基和活性氧的保护体系^[12]。如前所述,植物在污水胁迫条件下,细胞内产生的自由基引起质膜过氧化,破坏膜系统的完整性,对植物的正常生长产生影响,因而植物细胞内的抗氧化物质关系到水生植物对污水胁迫的抗性。

20世纪60年代末,Fridovich^[13]提出补文献生物自由基伤害假说,植物在逆境条件下,细胞内产生过量自由基,这些自由基能引发膜脂过氧化作用,造成膜系统的伤害。主要反应是,活性氧促使膜脂中不饱和脂肪酸过氧化产生丙二醛(MDA)。后者能与酶蛋白发生链式反应聚合,使膜系统变性^[13]。膜系统受到伤害后,其选择透过性降低,导致细胞内部正常生理代谢活动的紊乱。在污水处理30d时,3种植物电导率比值均超过1.0,表明植物细胞受到了污水毒害。但不同植物对于污水胁迫的响应特性存在差异,3种植物的MDA含量比值最高值分别出现在第30、60、90天,而三者的电导率比值变化趋势则比较一致,说明水葱、眼子菜、金鱼藻在受到污水胁迫时的抗性和调节机制存在差异。

渗透调节是植物适应盐胁迫的基本特征之一。盐胁迫下,细胞内积累一些物质,如脯氨酸、可溶性糖等,以调节细胞内的渗透势,维持水分平衡,还可以保护细胞内许多重要代谢活动所需的酶类活性^[14]。植物细胞在受到轻微胁迫时,其水溶性蛋白质较正常水平提高,被动降低细胞的渗透压,有利于提高吸水能力,一定程

度上缓解胁迫对细胞正常生理代谢的影响。试验过程中水葱和眼子菜的可溶性蛋白质含量比值均低于1,而金鱼藻则始终保持在1以上,明显高于水葱和眼子菜,说明金鱼藻可能通过提高可溶性蛋白质含量来减轻污水环境的毒害,但其蛋白质含量同处理时间之间的相关性并不明显,故金鱼藻如何通过提高可溶性蛋白质含量来调节渗透,抵抗环境胁迫,机理有待进一步研究。处理第30天时,水葱游离脯氨酸含量比值及可溶性糖含量比值上升,而且明显高于眼子菜和金鱼藻,但在处理第60天时水葱MDA含量比值及电导率比值恢复到1左右,说明水葱通过调节渗透,有效的降低了污水环境对质膜系统的破坏及对细胞正常代谢造成的影响,逐渐适应了污水环境,无论从反应速度,还是抑制质膜过氧化的效果看,水葱要好于其它2种植物。

虽然现在就植物如何抵御污水胁迫的机理还不完全清楚,但从该试验的结果看,应该同植物细胞内产生的一些抗氧化物质有关。植物在受到污水胁迫后产生的抗氧化物质及渗透调节物质的能力大小及反应时间与其抗逆性是密切相关的,这一结果为揭示水生植物抗污水胁迫的机理和利用水生植物净化污水提供了理论基础,同时对人工湿地植物种类选择工作也提供了参考。

参考文献

[1] 詹金星,支崇远,夏品华,等.水生植物净化污水的机理及研究进展[J].西南农业学报,2011,24(1):352-355.

- [2] 张鸿,陈光荣,吴振斌,等.两种人工湿地氮、磷净化率与细菌分布关系的初步研究[J].华中师范大学学报,1999,33(4):575-578.
- [3] Anderson T A, Cuthie E A, Walton B T. Bioremediation in the rhizosphere [J]. Science Technology, 1994, 27: 26302-26361.
- [4] 马安娜.北京地区人工湿地优势植物筛选及净化效果研究[D].北京:首都师范大学,2007.
- [5] 祝宇慧,赵国智,李灵香玉,等.湿地植物对模拟污水的净化能力研究[J].农业环境科学学报,2009,28(1):166-172.
- [6] 袁东海,高士祥,任全进,等.几种挺水植物净化生活污水总氮和总磷效果的研究[J].水土保持学报,2004,18(4):77-92.
- [7] 蒋跃平,葛滢,岳春雷,等.人工湿地植物对观赏水中氮磷去除的贡献[J].生态学报,2004,24(8):1720-1725.
- [8] 李合生.植物生理生化实验原理及技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [9] 陶大立,何兴元.国内植物环境胁迫研究应注意的几个基本问题[J].生态学杂志,2009,28(1):102-107.
- [10] 喻方圆,徐锡增.植物逆境生理研究进展[J].世界林业研究,2003,16(5):6-11.
- [11] Navari-Izzo F, Quartacci M F. Phytoremediation of metals: Tolerance mechanisms against oxidative stress[J]. Minerva Biotec, 2001, 13: 73-85.
- [12] 陈辉蓉,吴振斌,贺锋,等.植物抗逆性研究进展[J].环境污染治理技术与设备,2001,2(3):7-13.
- [13] Fridovich I. The biology of oxygen radical[J]. Science, 1975, 201: 875-880.
- [14] 周人纲,樊志和,李晓芝.高温锻炼对小麦细胞膜热稳定性的影响[J].华北学报,1993,8(3):33-37.
- [15] 李玉全,张海艳,沈法富.作物耐盐性的分子生物学研究进展[J].山东科学,2002,15(2):8-14.

Physiological Responses of Three Species of Aquatic Plants to Domestic Sewage

MA Jia, LIN Ping, QIN Xiao-yan, ZHAO Song-yi, LI Dong-hai

(Faculty of Landscape Architecture, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

Abstract: Taking three species of aquatic plants *Scirpus validus*, *Potamogeton maackianus* and *Ceratophyllum demersum* as test material, treated by sewage that initial TN contents was 10~10.5 mg/L. Determine the dconductivity, MDA content, free proline, soluble sugar content, soluble protein content at 30, 60, 90, 120 d, the response characteristics of three plants for sewage stress was discussed. The results showed that the plants accommodate the sewage environment by adjusting the penetration and inhibiting the peroxidation of plasma membrane when they confront sewage stress, and there are different response characteristics of different plants. Which, the free proline content and soluble sugar content of *Scirpus validus* rising rapidly in effective inhibition of the plasma membrane peroxidation to confront the sewage stress, and the resistance to pollution is better than the other plants in the test.

Key words: aquatic plant; domestic sewage; physiological responses