

# 水绵对 3 种沉水植物的化感作用研究

马剑敏, 马 顷, 苏秀燕, 王程丽, 董文静, 代克岩, 郭 萌

(河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007)

**摘要:** 研究了水绵(*Spirogyra communis*)化感作用对菹草(*Potamogeton crispus*)、狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)、伊乐藻(*Elodea nuttallii*) 3 种沉水植物叶绿素含量、部分抗氧化酶活性和相对生长速率的影响。结果表明:在共培养条件下,处理组 3 种受试沉水植物的叶绿素 a、b 含量均明显降低,降幅最大的是伊乐藻,最小的是狐尾藻;3 种植物的过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)的活性明显高于对照组(无水绵共培养组);在生物量的增长上,3 种沉水植物的相对生长率均低于对照组,其中降幅最大的是伊乐藻,最小的是狐尾藻。总的来看,对水绵的化感胁迫,伊乐藻受到的抑制最大,狐尾藻受到的抑制最小。

**关键词:** 丝状藻; 水绵; 沉水植物; 化感作用; 叶绿素含量; 抗氧化酶; 相对生长率

**中图分类号:** Q17 X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)09-0070-04

## Allelopathy of *Spirogyra communis* on Three Submerged Plants

MA Jian-min, MA Qing, SU Xiu-yan, WANG Cheng-li, DONG Wen-jing, DAI Ke-yan, GUO Meng

(College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

**Abstract:** The influence of allelopathy of *Spirogyra communis* was investigated on the chlorophyll content, the activity of some antioxidant enzymes and the relative growth rate of three submerged plants, *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum spicatum* and *Elodea nuttallii*. The results indicated that under co-culture condition, the content of chlorophyll a and chlorophyll b decreased obviously in the three submerged plants, decreasing the largest in *E. nuttallii* and the least in *M. spicatum*. The activities of POD, CAT and SOD were obviously higher in the three submerged macrophytes than those of the control group. The relative growth rate of the three submerged plants was lower than the control group. *E. nuttallii* had the biggest drop of the relative growth rate, while *M. spicatum* was the smallest one. On the whole, the influence of *S. communis* allelopathy was the greatest on *E. nuttallii* and the lowest on *M. spicatum*.

**Key words:** Filamentous algae; *Spirogyra communis*; Submerged plant; Allelopathy; Chlorophyll content; Antioxidase; Relative growth rate

化感作用是指植物或微生物的代谢分泌物对环境中其他植物或微生物所产生的有利或不利的影  
响作用<sup>[1]</sup>。对陆生植物化感作用,由于其在农业和  
林业生态系统中的重要作用,其作用机制研究较为  
深入,特别是在农作物增产、减少病虫害及维护森林生

态平衡方面效果显著<sup>[2-5]</sup>,相对于陆生生态系统的水  
生生态系统要复杂的多,水生植物的化感作用研究  
进展较为缓慢,近年来,水域污染日益加剧、藻类大  
量暴发,严重影响了水体的功能,为了解决这一严重  
的生态问题,国内外许多学者做了大量的研究,越来

收稿日期:2011-04-04

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07106-002-004);河南省科技攻关计划(0624440039)

作者简介:马剑敏(1964-),男,河南偃师人,教授,博士,主要从事污染与修复生态和环境生物学研究。

E-mail: mjm6495@sina.com

越多的实践表明:重建和恢复以大型水生植物为主导的水生生态系统并保持其良性循环是治理水体富营养化的有效途径;水生植物间的化感作用对淡水生态系统中水生植物的可持续管理和湖泊富营养化的生态控制及治理都具有非常重要的意义。目前,在水生植物的化感作用这一领域的研究多集中在大型水生植物的化感作用对浮游藻类的影响方面,其中高等水生植物的化感抑藻研究和应用比较多,而有关浮游藻类以及丝状藻的化感作用对高等水生植物影响的研究鲜有报道。在实施国家“十一五”重大科技专项有关恢复杭州西湖湖西地区水生植被的过程中,发现该湖区极易滋生大量的丝状藻,如水绵、水网藻、刚毛藻等,丝状藻的存在会在物理缠绕、营养竞争、遮光、化感作用等方面影响高等水生植物的生长。为此,开展了丝状藻对高等沉水植物化感作用的初步研究,旨在为西湖水生植被的恢复和管理提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

以水生植被恢复中常用的菹草(*Potamogeton crispus*)、狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)和伊乐藻(*Elodea nuttallii*)为高等沉水植物的代表,以水绵(*Spirogyra communis*)为丝状藻的代表;它们均采自河南师范大学生态学试验基地,试验前一周转入室内适应及纯化培养。培养液为经改进的 BG11 培养基。

### 1.2 方法

试验采用共培养系统,尽可能排除营养、光照、微生物等因素的干扰,并在试验开始和结束时分别测定培养系统的全氮(TN)、全磷(TP)含量。

**1.2.1 共培养系统的设计** 试验用玻璃缸(30 cm×15 cm×25 cm)中间用玻璃板作为“挡板”,平均分成2个小室作为共培养系统,其中对照组的挡板要用玻璃胶粘牢,使左右两室的培养基不能相通、试验材料均不能接触;处理组的“挡板”简单固定,使两侧的培养液可互通但植物材料不能接触。

为尽可能排除微生物影响,试验材料都用无菌蒸馏水反复洗净,试验装置高温灭菌。

国外有学者在试验第3天起添加外源  $\text{NaNO}_3$  和  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,以满足培养系统中营养盐的含量,其中 N 含量>6.4 mg/L, P 含量>0.22 mg/L,可以排除化感研究中由于营养盐的不足而产生的抑制作

用<sup>[6]</sup>。在本试验中,所设置的 TN、TP 的量均超过上述要求,从培养的第3天起,每天定时在每个培养系统中外加 50 mL 培养液,以满足营养的需求。在试验开始和结束时分别测定了对照组和处理组水中 TN、TP 的含量,结果均高于这一数值要求,以此排除 N、P 等对化感作用的抑制干扰作用<sup>[7]</sup>。

**1.2.2 处理组和对照组的设置** 将制作好的共培养系统清洗后,在 120℃ 下灭菌 30 min,在 2 个小室内分别加入 4 L 经改进的 BG11 培养基。把已经转入室内培养的伊乐藻、菹草、狐尾藻清洗干净,并用无菌水反复清洗。选出鲜嫩的植株剪取长约 10 cm 的顶枝,用无菌滤纸吸干水分,称取 5 g,移入上述共培养系统的一侧小室。将已经纯化培养的水绵用同样的方法清洗、吸干表面水分后,称取 15 g 移入共培养系统的另一侧小室作为处理组,不移入水绵的共培养系统作为对照组。试验设置 3 个平行。

共培养系统在实验室内向阳的试验台上培养,自然光照,温度为(25±5)℃,培养时间为 20 d。

**1.2.3 测定指标** 采用分光光度法测定叶绿素 a、b 的含量<sup>[8]</sup>。采用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)的活性<sup>[9]</sup>,采用 NBT 光还原法和紫外吸收法分别测定超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)的活性<sup>[9]</sup>。相对生长率的测定依据计算公式: $\mu = [\ln(wt_2/wt_1)]/(t_2 - t_1)$ ,其中,  $wt_2$  和  $wt_1$  分别为  $t_2$ (试验终日期)和  $t_1$ (试验初始日期)时的湿质量<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 水绵化感胁迫对3种沉水植物叶绿素含量的影响

由图1和图2可以看出,对照组植物的叶绿素 a、叶绿素 b 含量均明显高于处理组。其中狐尾藻叶绿素 a 的含量变化最大,减少 49.1%,其次是菹草,减少 22.9%,伊乐藻的变化最小,减少 22.2%;叶绿素 b 的含量有同样的变化规律,狐尾藻、菹草和伊乐藻的叶绿素 b 含量分别减少 41.4%、34.3%、26.7%。

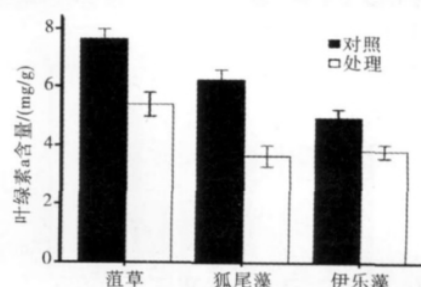


图1 水绵化感作用对3种沉水植物叶绿素a的影响

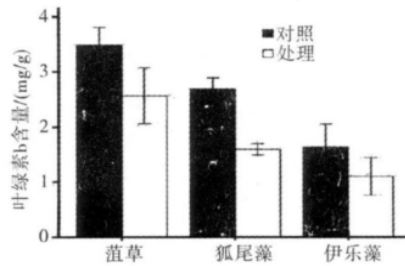


图 2 水绵化感作用对 3 种沉水植物叶绿素 b 的影响

## 2.2 水绵化感胁迫对 3 种沉水植物抗氧化酶活性的影响

SOD、POD、CAT 等被认为是清除活性氧过程中最主要的抗氧化酶类。由图 3—图 5 可以看出,在水绵化感作用的影响下,受试植物 3 种酶的活性均强于正常生长的对照组。从图 3 可以看出,3 种沉水植物的 CAT 活性增幅表现为菹草(677.8%)>伊乐藻(362.5%)>狐尾藻(71.4%)。由图 4 可知,3 种植物的 POD 活性的增幅表现为菹草(711.1%)>伊乐藻(187.5%)>狐尾藻(63.0%)。图 5 则表示 SOD 活性的增幅排序:狐尾藻(13.4%)>菹草(6.9%)>伊乐藻(6.4%)。

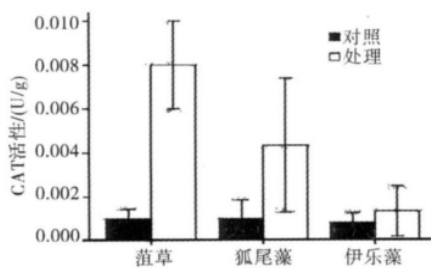


图 3 水绵化感作用对 3 种沉水植物 CAT 活性的影响

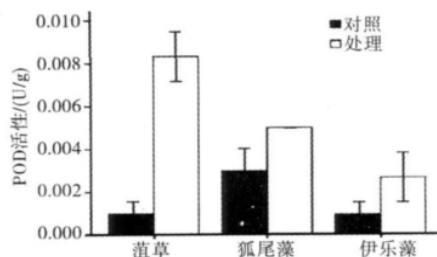


图 4 水绵化感作用对 3 种沉水植物 POD 活性的影响

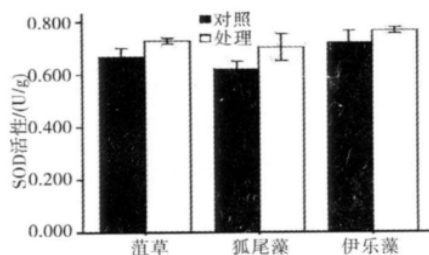


图 5 水绵化感作用对 3 种沉水植物 SOD 活性的影响

## 2.3 水绵化感胁迫对 3 种沉水植物相对生长率的影响

试验前后分别测定受试植物的鲜质量,3 种沉水植物的相对生长率如图 6 所示,伊乐藻的相对生长率降幅最大,达到 57.1%,其次是菹草,降幅为 38.4%,狐尾藻的相对生长率降幅最小,为 31.3%。

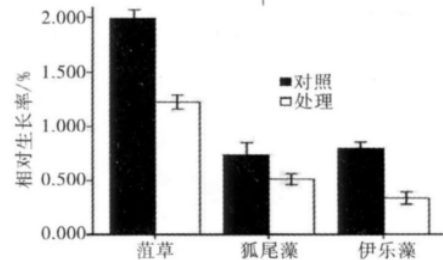


图 6 水绵化感作用对 3 种沉水植物相对生长率的影响

## 3 结论与讨论

本试验结果表明,水绵的化感作用对 3 种沉水植物的叶绿素 a、b 的含量,SOD、POD、CAT 活性,以及相对生长率均有明显影响。

叶绿素中主要有叶绿素 a 和叶绿素 b,它们是绿色植物体内的基本色素<sup>[11]</sup>。叶绿素 a、b 在光合作用的光能收集、传递和转化中起不可替代的作用,其含量的高低直接影响植物对于光合能量的捕获,进而影响到光合能量的净积累,最终会以产量和生物量的形式表现出来。可能是由于水绵产生的化感物质抑制了沉水植物叶绿素的合成或导致了叶绿素的分解。有研究表明,化感物质致使鬼针草植株高度发生变化,也会使植物叶绿素含量减少<sup>[12-13]</sup>。当然净光合能量的积累除了与色素含量有关外,还与植物总的有效光合叶面积、能量消耗等其他因素有密切的关系。所以分析叶绿素 a 和叶绿素 b 含量的变化可以在一定程度上反映植物的光合作用的状况。处理组受试沉水植物的叶绿素 a、b 含量较正常生长的对照组均有所降低,这说明他们均受到了水绵化感作用的影响。

植物在受到冻害、高盐、化感作用等环境胁迫时会在体内产生氧自由基(ROS),或称活性氧<sup>[14]</sup>。环境胁迫达到一定程度时能增加细胞中 ROS 的含量,若不能及时清除以恢复平衡,会引起生物膜的过氧化损伤,甚至造成细胞器的损害和 DNA 与蛋白质等的降解与失活。植物体内的 POD、CAT、SOD 等被认为是清除活性氧过程中最主要的抗氧化酶类,它们组成的抗氧化酶系协同防御活性氧的伤害。这些酶的活性与植物的代谢强度以及抵抗化感胁迫的

能力有一定关系。在本试验中,当水绵分泌的化感物质经培养基到达受试植物并达到一定的量的累积之后,相应的抗氧化酶被激活,其活性较正常生长的对照组均增强。其中菹草的CAT、POD活性、狐尾藻的SOD活性对水绵的化感作用最敏感;相对来讲伊乐藻的CAT、SOD活性,狐尾藻的POD活性变化最小。这说明水绵化感作用在一定程度上影响了3种沉水植物的生物氧化过程。在水绵化感作用的影响下,受试植物体内进行着对抗胁迫的相应的生理生化反应,而对抗的结果在3种沉水植物的生物量上有直观的反映。试验发现,3种沉水植物的相对生长率都受到不同程度的影响,伊乐藻受到水绵化感作用的影响最大,其次是菹草,狐尾藻受到的影响最小。另外,调查发现,杭州西湖湖西区目前存在的沉水植物仅能见到不多的狐尾藻,而且丝状藻较多,狐尾藻的单独存在也许是与它对丝状藻的化感作用不太敏感有关。因此,在恢复西湖湖西的沉水植被时,狐尾藻可以作为先锋物种优先种植。

#### 参考文献:

- [1] Rice E I. Allelopathy[M]. 2<sup>nd</sup> Ed. London: Academic Press, 1984: 424.
- [2] 陶燕铎, 张宝琛. 中国林业生产中的化感作用——化学生态学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1992: 125-130.
- [3] Anita A L, Calera M R, Mata R. Allelopathic potential of compounds isolated from *Ipomoea tricolor* Cav. (*convolvulaceae*) [J]. J Chem Ecol, 1990, 16: 2145-2152.
- [4] Hogan M E, Manner G D. Allelopathy of small everlasting (*Antennaria microphylla*): Phytotoxicity to leafy spurge (*Euphorbia esula*) in tissue culture[J]. Chemical Ecology, 1990, 16(3): 931-939.
- [5] Olofsdotter M. Allelopathy in rice [M]. Manila (Philippines): International Rice Research Institute, 1998.
- [6] Nakai S, Hosomi M, Okada M, *et al.* Control of algal growth by macrophytes and macrophyte extracted bio-active compounds[J]. Water Science and Technology, 1996, 39(8): 47-53.
- [7] 吴晓辉, 张兵之, 邓平, 等. 马来眼子菜化感作用对斜生栅藻同工酶的影响[J]. 武汉植物学研究, 2007, 25(5): 479-483.
- [8] 张志良, 翟伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 67-70.
- [9] 张家恩. 生态学常用实验研究方法与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 68-78.
- [10] LI Wen, Friedrich R. In situ removal of dissolved phosphorus in irrigation drainage water by planted floats: Preliminary results from growth chamber trial [J]. Agriculture, Ecosystem and Environment, 2002, 90: 9-15.
- [11] Vermaat J E. Periphyton removal by freshwater micrograzers[C]//Lake Veluwe amacrophyte dominated system under eutrophication stress. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994: 213-249.
- [12] Batish D R, Singh H P, Kohli R K, *et al.* Allelopathic effects of parthenin against two weedy species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa* [J]. Exper, 2002, 47: 149-155.
- [13] Einhelling F A, Rasmussen J A. Effect of there phenolic acids on the chlorophyll content and growth of soybean and grain sorghum seedlings[J]. Chem Ecol, 1979, 5: 815.
- [14] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 64-68.