

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.03.017

邻苯二酚和邻苯三酚对藻类化感作用的试验

吴 珊,李孝红,杨 龙

(北京工业大学建筑工程学院,北京 100124)

摘要 :以藻类细胞的叶绿素 a 含量变化为指标来分析不同浓度的邻苯二酚和邻苯三酚对蛋白核小球藻以及斜生栅藻生长代谢的化感作用程度,初步确定了邻苯二酚(*O-Dihydroxybenzene*)和邻苯三酚(*Pyrogallol*)对两种藻类生长抑制程度最高的投加量,为筛选高效抑藻化感物质及其最佳作用浓度提供了试验依据。

关键词 :化感作用 ;邻苯二酚 ;邻苯三酚 ;藻类 ;叶绿素 a

中图分类号 :X52 文献标识码 :A 文章编号 :1004-6933(2011)03-0069-03

Experimental study of effect of *O-Dihydroxybenzene* and *Pyrogallol* on algae allelopathy

WU Shan , LI Xiao-hong , YANG Long

(College of Architecture and Civil Engineering , Beijing University of Technology , Beijing 100124 , China)

Abstract : Taking the variation of the content of chlorophyll a in algal cells as an index , the allelopathy of different concentrations of *O-Dihydroxybenzene* and *Pyrogallol* on the growth and metabolism of *Chlorella pyrenoidosa* Chick and *Scenedesmus obliquus* was analyzed . The dosages of *O-Dihydroxybenzene* and *Pyrogallol* that inhibited two algae to the highest degree were determined preliminarily . It provided an experimental basis for filtering efficient algal allelochemicals and optimal concentration .

Key words : allelopathy ; *O-Dihydroxybenzene* ; *Pyrogallol* ; alga ; chlorophyll a

再生水应用于补充天然水体或作为景观水体的主要补水水源是目前城市污水再生利用的主要途径之一。根据北京市水务局公布的数据,2008 年北京市城市河湖利用再生水 1.8 亿 m³,占到北京市全年再生水利用总量 6.2 亿 m³ 的 29%。但由于再生水的水质特点,营养物本底浓度较高,排入景观水体后在其他条件适宜的情况下更易导致水中发生水华,出现水体富营养化的问题,从而引发一系列环境问题。因此,研究人员致力于研究各种不同的技术手段力图找到有效措施或方法解决再生水带来的景观水体富营养化问题。其中利用水生植物对富营养化水体进行修复的技术逐渐被重视^[1]。

目前被广泛接受的化感作用定义“植物或微生物的代谢分泌物对环境其他植物或微生物有利或

不利的作用”是 E.L.Rice 1984 年在《Allelopathy》第 2 版中提出的^[2]。化感作用是通过化感物质为媒介发生的。化感物质(Allelochemical)属于生物体内产生的非营养性物质(次生代谢物质),其能影响其他生物的生长、代谢、行为或群体关系。植物体可以通过根系分泌、茎叶淋溶、挥发性气体物质及植物残体的腐解等途径向周围环境释放化感物质,对本身或周围其他生物(包括微生物、动物)产生促进、抑制或非生命因素的抵抗作用^[3-5]。近几年来,随着水生植物对藻类的化感作用的被发现和不断研究,证实不同种类的水生植物分泌的化感物质在一定浓度下可以对多种藻类的代谢产生抑制作用,很多化感物质对环境没有副作用,易分解;同时,通过选择种植适宜的水生植物来抑制藻类生长,不需投加化学药剂,也

作者简介 :吴珊(1963—),女,北京人,副教授,博士,主要从事水质控制研究工作。E-mail :wushan@bjut.edu.cn

不需要耗能,在抑藻的同时还能起到美化水环境的功效。选择具有一定经济价值的水生植物不仅可以维持水环境的稳定还可以创造经济利润^[6],可以视为是一种“低碳绿色”的水体藻类控制技术。水生植物的抑藻效果会随着水生植物的种类、群落的配置、水体的透明度、水中污染物的浓度等因素而受到影响^[7]。近年来研究化感作用抑藻的技术逐渐成为控制水体富营养化的途径之一。

化感物质对藻类生长的抑制机理包括对光合作用的影响、对酶活性的影响、破坏细胞膜、影响呼吸代谢、抑制营养吸收、改变细胞亚显微结构等^[8-10]。到目前为止,大多数研究人员对化感作用的研究主要集中在具有抑藻能力的水生植物的筛选和抑藻化感物质的分离方面^[11]。由于各类生物体的生长特性不同,某一化感物质只能对一定生物体的生长代谢产生抑制作用,而且,随着化感物质浓度的变化,抑制作用强度也会发生变化甚至从抑制作用变为促进作用。邻苯二酚(*O-Dihydroxybenzene*)是已经被研究证实的对铜绿微囊藻(*M. aeruginosa*)有化感作用的化感物质^[12],但其具体作用浓度范围及最佳的抑制浓度还未见报道;邻苯三酚(*Pyrogallol*)也是一种已经被研究证实的对铜绿微囊藻(*M. aeruginosa*)有化感作用的化感物质,对其化感作用机理和作用浓度有研究^[13],其对其他藻类是否有抑制作用及最佳的抑制浓度还未见报道。笔者选择北京市景观水体中常见的优势藻种蛋白核小球藻(*Chlorella pyrenoidosa* Chick)以下简称小球藻和斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)为化感作用试验对象,通过在培养基中分别添加不同浓度的化感物质——邻苯二酚和邻苯三酚,测定藻细胞的叶绿素 a 含量来分析邻苯二酚和邻苯三酚对特定藻类的化感作用及其浓度范围,为通过化感作用抑藻提供试验参考。

1 材料与方法

1.1 材料

藻类及培养条件:小球藻和斜生栅藻由中国科学院武汉水生生物研究所淡水藻种库提供。培养基以 SE 培养基为基础,其中根据试验添加不同浓度、不同种类的化感物质,同时以不添加化感物质的为空白对照。藻类试验前经预培养,使之处于对数生长期。试验培养过程中光暗比控制在 14 h:10 h,培养温度为 25℃。

化感物质:邻苯二酚和邻苯三酚。 $\rho = 0.000\ 1$ g/mL。

1.2 试验方法

在一系列 250 mL 锥形瓶中分别加入 195 mL SE

培养基和不同浓度的化感物质(邻苯二酚和邻苯三酚)溶液,化感物质体积分别为 0 mL,1 mL,2 mL,4 mL,8 mL,使形成化感物质的质量浓度依次为 0 mg/L,0.5 mg/L,1 mg/L,2 mg/L 和 4 mg/L 的系列藻类培养液,高温灭菌后加入 5 mL 藻种,每组设置 2 个平行样。

2 结果与讨论

2.1 邻苯二酚和邻苯三酚对斜生栅藻生长的影响

2.2.1 邻苯二酚对斜生栅藻生长的影响

图 1 所示为在整个培养周期内,以叶绿素 a 含量为指标反映出的不同浓度的邻苯二酚对斜生栅藻生长的影响。

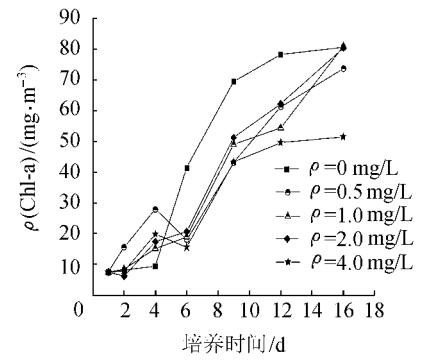


图 1 邻苯二酚对栅藻 Chl-a 含量的影响

可以看出,邻苯二酚对斜生栅藻的化感作用是从培养第 6 天后开始逐渐显现的,从第 6 天开始,添加邻苯二酚的各组生长速率明显下降低于对照组,之后各组的生长速率均始终低于对照组,直至培养结束。从最终结果看,邻苯二酚质量浓度为 4 mg/L 时抑制效果最明显,以叶绿素 a 含量计算的抑制率为 36.1%。培养结束时对照组 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 80.39 mg/m³,4 mg/L 组的 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 51.49 mg/m³。

2.1.2 邻苯三酚对斜生栅藻生长的影响

图 2 所示为在整个培养周期内,以叶绿素 a 含量为指标反映出的不同浓度的邻苯三酚对斜生栅藻生长的影响。

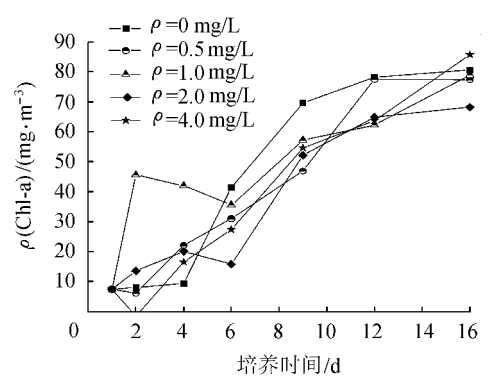


图 2 邻苯三酚对栅藻 Chl-a 质量浓度的影响

可以看出,基本上所有投加的邻苯三酚对斜生栅藻的化感作用也是从培养第6天后开始逐渐显现,但投加 $\rho = 4\text{ mg/L}$ 的邻苯三酚更早表现出抑制作用。从第6天之后的变化规律与邻苯二酚相比略有不同,培养第6天到15天基本所有投加浓度下都表现出不同程度的化感作用,16d后投加质量浓度为 4 mg/L 的邻苯三酚已经从对藻类生长的抑制变为促进作用。从最终结果看,邻苯三酚质量浓度为 2 mg/L 时抑制效果始终保持且最明显。以叶绿素a含量计算的抑制率为 15.4% 。培养结束时对照组 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 80.58 mg/m^3 , 2 mg/L 组的 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 68.20 mg/m^3 。

2.2 邻苯二酚和邻苯三酚对小球藻叶绿素a含量的影响

2.2.1 邻苯二酚对小球藻叶绿素a含量的影响

图3所示为在整个培养周期内,以叶绿素a含量为指标反映出的不同浓度的邻苯二酚对小球藻的化感作用。

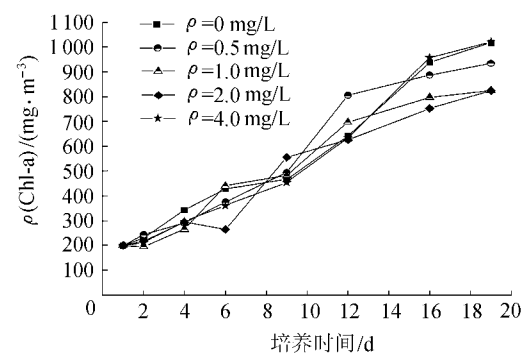


图3 邻苯二酚对小球藻 Chl-a 含量的影响

与对斜生栅藻的抑制效果不同,邻苯二酚对小球藻的化感作用出现在培养周期后期,基本上到第14天后各浓度组才都出现不同程度的对小球藻生长的抑制作用,且前期不稳定,有时表现为促进作用。最终抑制作用最强的是邻苯二酚质量浓度为 2 mg/L 的情况。以叶绿素a含量计算的抑制率为 11.8% 。培养结束时对照组 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 934.78 mg/m^3 , 2 mg/L 组的 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 824.70 mg/m^3 。

2.2.2 邻苯三酚对小球藻叶绿素a含量的影响

图4所示为在整个培养周期内,以叶绿素a含量为指标反映出的不同浓度的邻苯三酚对小球藻生长的影响情况。

图4中可见,邻苯三酚对小球藻的生长抑制出现在培养第12天以后,各浓度组均有作用。前期不稳定,有时表现为促进作用。综合看以 1 mg/L 浓度组最好。以叶绿素a含量计算的抑制率为 19.5% 。培养结束时对照组 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 1018.0 mg/m^3 , 1 mg/L 组的 $\rho(\text{Chl-a})$ 为 819.14 mg/m^3 。

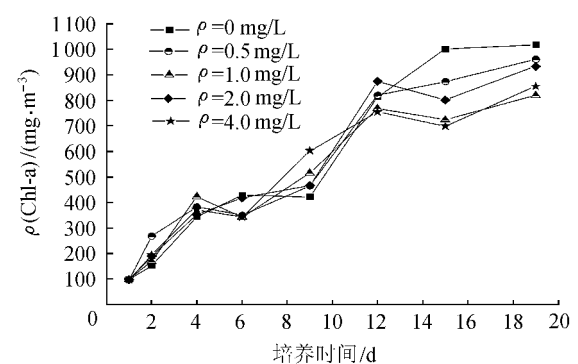


图4 邻苯三酚对小球藻 Chl-a 含量的影响

3 结 论

作为化感物质,邻苯二酚、邻苯三酚在 $\rho = 0.5 \sim 4\text{ mg/L}$ 不同浓度下对斜生栅藻和小球藻的生长速度都有一定的影响。相比而言,邻苯二酚对斜生栅藻的化感作用最强。邻苯二酚和邻苯三酚对小球藻的化感作用表现为出现时间晚,且前期不稳定,有时表现为促进作用。具体如下:

a. 培养结束时测定添加了邻苯二酚的各组斜生栅藻增长速率均低于对照组,其中质量浓度为 4 mg/L 时对斜生栅藻生长的抑制作用最强,以叶绿素a含量计算的抑制率为 36.1% 。而小球藻在培养基中添加邻苯二酚后,生长速度表现为提高→降低→提高的波形变化。培养结束时测定邻苯二酚质量浓度为 2 mg/L 时对小球藻抑制作用最强,为 11.8% 。

b. 培养结束时测定添加了邻苯三酚的各组斜生栅藻增长速率均低于对照组,其中质量浓度为 2 mg/L 时对斜生栅藻生长的抑制作用最强,以叶绿素a含量计算的抑制率为 15.4% 。邻苯三酚对小球藻生长速度的影响与斜生栅藻基本类似,先快后慢。培养结束时测定邻苯三酚质量浓度为 1 mg/L 时对小球藻抑制作用最强,为 19.5% 。

参考文献:

- [1] 韩照祥. 植物修复污染水体和土壤的研究进展[J]. 水资源保护 2007 23(1):9-12.
- [2] 余叔文. 植物间相互作用相生相克现象[M]. 植物生理与分子生物学, 北京: 科学出版社, 1992: 376-394.
- [3] 邓平. 三种沉水植物对浮游植物的化感效应研究[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 2007.
- [4] 阎飞, 杨振明, 韩丽梅. 植物化感作用(Allelopathy)及其作用物的研究方法[J]. 科学通报 2000 29(4):692-696.
- [5] 刘立新, 梁鸣早. 植物次生代谢作用及其产物概述[J]. 中国土壤与肥料 2009(5):82-85.
- [6] 吴建强, 阮晓红, 王雪. 人工湿地中水生植物的作用和选择[J]. 水资源保护 2005 21(1):1-6. (下转第74页)

对比结果如图 4 所示。

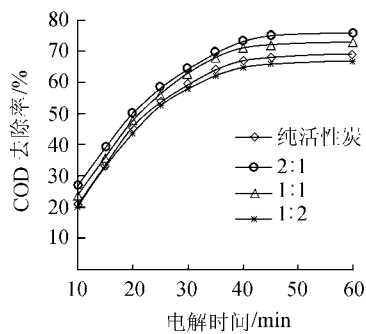


图 4 活性炭与玻璃珠体积比对 COD 去除率的影响

由图 4 可见,加入少许玻璃珠会对电解效果有积极影响,但玻璃珠的比例过大会降低电解效果。这主要是因为纯粹的活性炭粒子会在电解槽底部聚积,形成短路电流,从而降低了电流效率。玻璃珠是绝缘体,可阻碍短路电流的形成,从而提高了电流效率。但由于玻璃珠与活性炭密度差别较大,随着电解时间的增加会形成分层,从而降低玻璃珠阻碍电解电流形成的效果,故可考虑使用密度与活性炭相近的绝缘体作为共同填料。

3.5 pH 值

在一般情况下,pH 值是电解去除 COD 的重要影响因素之一。但作为焦化污水的三级处理工艺,在电解处理环节调节 pH 值显然存在成本问题;又因为进水 pH 值变化不大,电解法去除 COD 的效果没有显著的下降,所以暂不对 pH 值对 COD 去除率的影响进行研究。

4 结 论

a. 从实验结果可见,电解电压和电解时间是影响 COD 去除率的主要影响因素。电解电压的增大,粒子电极表面产生 HO·必然有所增大,粒子电极表面的直接氧化作用更加显著,COD 去除率将增大,然而随着电流的进一步增大,水的电解反应加剧,将析出氢气和氧气,导致 COD 去除效率降低,得到最佳条件:电解电压 12 V,电解时间 40 min。

b. 在活性炭与玻璃珠体积比为 2:1 的条件下,实验效果最佳。活性炭的比例越大,其活性表面将越大,吸附有机物的效果将越好,越有利于在其表面发生的有机物氧化反应,进而 COD 的去除效果将更佳;然而若活性炭积聚在电解槽底部,导致在底部形成短路,使电解槽的效率下降,所以应加入少许绝缘体阻断短路电流,并进行机械搅拌或曝气搅拌。

参考文献:

[1] 史晓燕,肖波,杨家宽,等.焦化废水处理技术的进展[J].

环境技术,2003,23(6):44-48.

[2] 汪群慧,张海霞,马军,等.三维电极处理生物难降解有机废水[J].现代化工,2004,10(24):56-58.
[3] 尹承龙,单忠健,曾锦之.焦化废水处理存在的问题及其解决对策[J].给水排水,2000,16(26):35-37.
[4] TISSOT P,FRAGNIERE M. Anodic oxidation of cyanide on a reticulated three-dimensional electrode[J]. Journal of Applied Electrochemistry,1994,24(6):509-512.
[5] 周集体,杨松,艾尼瓦尔,等.复极性固定床电解槽中粒子电极感应电位研究[J].环境科学与技术,2004(6):27-29.

(收稿日期 2010-04-16 编辑:高渭文)

(上接第 41 页)

[5] GB3822—2002 地表水环境质量标准[S].
[6] 何锦峰,舒兰,刘邵权,等.雅安市水资源开发利用与保护对策探讨[J].水利经济,2009,27(3):12-15.
[7] 朱喜,张扬文.五里湖水污染治理现状及继续治理对策[J].水资源保护,2009,23(1):86-89.
[8] 韩梅,郑丙辉,李子成,等.主要城市饮用水水源地水质状况评价与对策建议[J].环境科学研究,2000,13(5):31-34.
[9] 徐光宏.黔江区乡镇集中式饮用水源水质现状及保护对策[J].三峡环境与生态,2009,23(3):36-38.
[10] 李嘉熹,陈志良.流域水资源开发与饮用水源地保护实例分析[J].上海环境科学,2004,23(3):122-126.
[11] 李海燕,黄延,吴根.昆明湖水水质变化分析及污染控制对策[J].水资源保护,2007,23(5):18-20.
[12] 陈臣,谢伶俐,严向东,等.宜昌市饮用水源地保护问题及对策[J].环境科学与管理,2009,34(7):14-17.

(收稿日期 2010-03-04 编辑:高渭文)

(上接第 71 页)

[7] 吴建强,黄沈发,丁玲.水生植物水体修复机理及其影响因素[J].水资源保护,2007,23(4):18-22.
[8] 吴晓辉.常见眼子菜科沉水植物对浮游藻类的化感作用研究[D].武汉:中国科学院水生生物研究所,2005.
[9] 李锋民,胡洪营,种云霄,等.2-甲基乙酐乙酸乙酯对藻细胞膜和亚显微结构的影响[J].环境科学,2007,27(7):1534-8.
[10] 洪喻,胡洪营.水生植物化感抑藻作用研究与应用[J].科学通报,2009,54(3):287-293.
[11] 李锋民,胡洪营,门玉洁,等.化感物质对小球藻抗氧化体系酶活性的影响[J].环境科学,2006,27(10):2091-2094.
[12] 胡洪营,门玉洁,李锋民.植物化感作用抑制藻类生长的研究进展[J].生态环境,2006,15(1):153-157.
[13] 花铭,陈良燕,尹大强.邻苯三酚和咖啡酸对铜绿微囊藻的化感作用及其机理[J].环境化学,2008,27(3):331-334.

(收稿日期 2010-10-07 编辑:高渭文)