

富营养化水体中光照对黑藻生长的影响

王素梅, 潘伟斌, 黄 华

(华南理工大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘要 通过模拟实验研究富营养化水体中光照对黑藻生长的影响, 探索适合黑藻生长的光照条件。设置 3 个日平均光照水平, 分别为 6 284 lx、3 913 lx、3 196 lx, 测定各个光照条件下的黑藻生长指标和抗氧化系统酶活性指标。结果表明: 黑藻在 3 种光照条件下均可存活, 且对水质具有较好的处理效果。其中 6 284 lx、3 913 lx 这 2 种光照条件下黑藻的生长指标和抗氧化系统酶活性指标均无显著差异, 但均与 3 196 lx 时的这 2 项指标差异显著。结果显示, 在 3 196 lx 时黑藻所受胁迫最大, 生长状况最差, 且推测光照达到一定强度时有可能抑制黑藻的生长。

关键词 富营养化; 光照; 黑藻; 沉水植物

中图分类号 X524 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2010)02-0053-03

Effect of light on growth of *Hydrilla verticillata* in eutrophic water

WANG Su-mei, PAN Wei-bin, HUANG Hua

(College of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract : By carrying out a laboratory simulation experiment, the effect of light on the growth and physiology of *Hydrilla verticillata* in eutrophic water was studied, and a light condition suitable for promoting *Hydrilla verticillata* was determined. Three light intensity levels, daily mean light intensities of 6284 lx, 3913 lx, and 3196 lx, were set, and the growth indexes and antioxidant enzyme activity of *Hydrilla verticillata* in different light conditions were measured. The results indicated that *Hydrilla verticillata* survived in all three light conditions, and each condition had good treatment effects on the water quality. There was no significant difference between the growth indexes and antioxidant enzyme activity of *Hydrilla verticillata* at the levels of 6284 lx and 3913 lx, but both were significantly different from the values at the level of 3196 lx. *Hydrilla verticillata* suffered stress most severely and thus had the worst growth conditions at the level of 3196 lx. Light may inhibit the growth of *Hydrilla verticillata* when it reaches a certain intensity.

Key words : eutrophication; light; *Hydrilla verticillata*; submerged macrophyte

种植沉水植物是治理富营养化水体、修复受污染水体的一种有效措施, 但沉水植物的生长受到光照、溶氧、营养盐、温度、pH 等多种环境因素的影响。Ensminger 等^[1-3]的研究指出, 光照对于沉水植物的生长和生理活性具有重要影响。

黑藻是治理富营养化水体的一种重要沉水植物, 通过实验室模拟实验, 研究富营养化水体中光照对黑藻生长的影响, 探索适合黑藻生长的光照条件, 可为城区富营养化浅水池塘的治理工作提供参考和

借鉴。笔者用生长指标(生物量、茎叶干重比、分枝数)和抗氧化系统酶活性指标(超氧化物歧化酶活性(SOD)、过氧化物酶活性(POD))评价黑藻的生长状况。生长指标可直观地反映植物的生长情况, 因此, 定期对生长指标进行记录, 以获得对植物的生长情况的直观认识。SOD、POD 是植物体内抗氧化系统的 2 种重要保护酶。当植物遭受逆境以及衰老时, 体内活性氧产生与清除的代谢系统发生变化, 严重时会导致活性氧在体内的过量积累, 从而对植

作者简介: 王素梅(1985—)女, 江西吉安人, 硕士研究生, 研究方向为生态工程与环境修复。E-mail: wsm_020@163.com

通讯作者: 潘伟斌, 高工。E-mail: ppwbpan@scut.edu.cn

物造成伤害。而 SOD、POD 等抗氧化系统保护酶能有效地阻止 O_2 和 H_2O_2 在植物细胞内的累积,使生物自由基的产生和清除维持动态平衡,从而防止自由基毒害^[4-5]。因此,可从植物体内保护酶的活性来推断植物生长所受到的胁迫程度。

1 材料与方法

1.1 材料

实验供试水体和底泥采自华南理工大学西湖,水质与底泥的化学指标见表 1。计算供试水体的修正 Carlson 营养状态指数大于 70,表明该水体为重富营养化程度^[6];黑藻采自广州市乌涌,植株平均鲜重为 0.74 g/株,截取长势良好的植株顶枝 10 cm 用于扦插。

表 1 水体及底泥化学指标

化学指标	水体中的质量浓度/ ($mg \cdot L^{-1}$)	在底泥中的 质量分数
TN	9.90	0.002
TP	0.39	0.0000012
COD	41.73	—
叶绿素 a	0.08	—
有机质	—	0.099

1.2 研究方法

用外表覆盖黑色塑料膜的白色塑料圆桶模拟封闭池塘环境,桶高 70 cm,直径 40 cm。利用水深设置光照梯度,具体方法为:向每个实验桶中加入底泥 10 cm,覆建筑细沙 2 cm,注水至 25 cm 深度,静置 1 d,然后扦插黑藻,再静置 2 d 后继续注水,使水深分别为 30 cm、40 cm、55 cm,作为强、中、弱光照组。每个处理设 2 个平行。所有试验桶均放在室外自然光照的地方,接收自然降水。实验一共持续 6 周。每天测定 8:00、10:00、12:00、14:00、16:00、18:00 时各实验桶底泥之上 5 cm 处的光照强度,取其平均值为日平均值,再将各日的平均值进行平均即为实验期间的日平均光照强度,强、中、弱 3 个光照强度分别为 6284 lx、3913 lx、3196 lx;每周测定黑藻的 SOD、POD;实验结束时测定植物生物量、分枝数、茎叶干重比等

生长指标。

1.3 分析测定方法

水质:TN,过硫酸钾氧化紫外分光光度法;TP,钼锑抗分光光度法;COD,快速密闭催化消解法;叶绿素 a,乙醇萃取分光光度法^[7-8]。底质:有机质,重铬酸钾容量法^[9];TN、TP,见《水和废水监测分析方法》^[7]。植物酶活性测定方法见《植物生理学实验指导》^[10]。

1.4 数据处理方法

数据采用 SPSS 和 Excel 软件进行处理。

2 结果与讨论

2.1 不同光照对黑藻生长指标的影响

实验结束时各光照条件下黑藻的生物量、分枝数和茎叶干重比见图 1。

叶片是植物进行光合作用的主要场所。弱光照下,植物叶片接收到的光照较少。为了获得更多光照,植物生长过程中主要进行茎的生长,因此叶片所占比重较小。叶片少导致植物光合作用较弱,新陈代谢不强,植物体内积累的营养物质较少,表现为植物的生物量(鲜重)和分枝数较少。因此,植物生物量、分枝数和茎叶干重比等生长指标从一定程度上反映了植物的生长状况。由图 1 可见,6284 lx、3913 lx 2 个光照水平下黑藻的植物生物量和分枝数均明显大于 3196 lx 水平时的值($P < 0.05$),其茎叶干重比均明显小于 3196 lx 水平时的值($P < 0.05$),即 6284 lx、3913 lx 2 个光照水平下的生长指标均与 3196 lx 水平时的值存在显著差异。

沉水植物具有光饱和点,当光照强度高于其光饱和点时,光照强度的增加,不但不会促进植物的生长反而可能会抑制植物的光合作用进而抑制其生长。研究结果显示 6284 lx 和 3913 lx 时黑藻的生长状况无显著性差异,推测可能是由于 6284 lx 高于其光饱和点。

从植物生物量、分枝数和茎叶干重比的比较中可见,6284 lx 和 3913 lx 时植物的生长状况相近,但

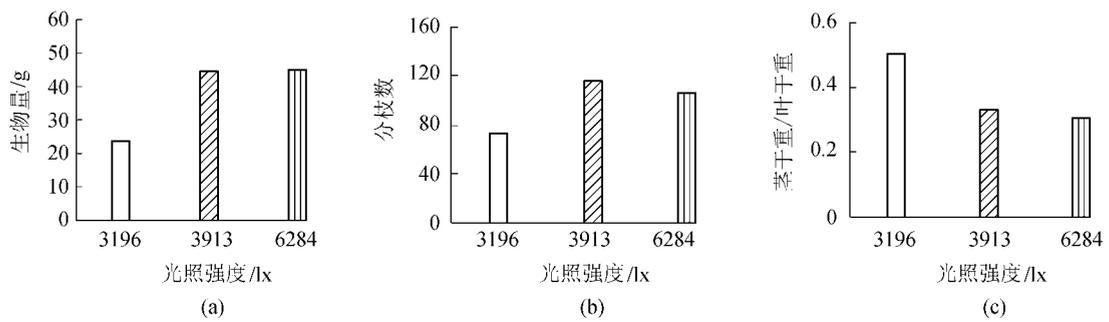


图 1 实验结束时的黑藻生长指标

均比 3 196 lx 时明显要好。而 6 284 lx 的光照强度可能高于黑藻生长的光饱和点。

2.2 光照对黑藻抗氧化系统酶活性的影响

实验期间各光照条件下黑藻的 SOD、POD 见图 2 (第 22 天低光照条件(3 196 lx)下的 SOD 数据遗失,并非为零)。由于实验前期数据处理问题,POD 数据来自实验开始 22 d 以后,但基本反映了实验结果的总体趋势。

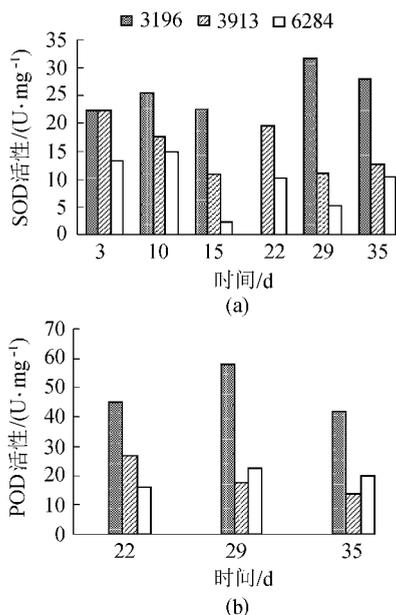


图 2 抗氧化系统酶活性变化

由图 2 可见,3 种光照处理下黑藻的 SOD 变化步调基本一致。从总体来看,6 284 lx 时 SOD 最低,3 196 lx 时 SOD 最高,6 284 lx、3 913 lx 2 个光照水平下黑藻的 POD 并无明显差异($P > 0.05$),但二者的 POD 一直显著低于 3 196 lx 时的值($P < 0.05$)。

在正常条件下,植物体的活性氧产生与清除处于动态平衡。结合光照对黑藻生长指标的影响来看,显然,相对于中(3 913 lx)、强(6 284 lx)光照来说,最低光照组光照 3 196 lx 已对黑藻的生长构成一定的胁迫,致使植物体内活性氧等自由基升高,而植物体内的 SOD、POD 活性也随之上升以消除过剩的自由基,减缓膜脂过氧化作用,保证植物的正常生长,因而 3 196 lx 时两种酶的活性均高于其他 2 个水平的光照,其中低光照条件下 POD 的活性显著高于 6 284 lx、3 913 lx 时的水平。

因此,SOD 和 POD 的数据均表明,6 284 lx 和 3 913 lx 时黑藻的生长状况比较好,而 3 196 lx 时的生长状况最差,受到一定的低光照胁迫。

2.3 不同光照下的水质改善效果

不同光照条件下的水质处理效果见表 2。由表 2 可知,实验结束时,TN 的去除率达到 93.79% ~ 95.71%,TP 去除率为 71.79% ~ 80.77%,叶绿素 a

的去除率为 86.53% ~ 98.43%,COD 的去除率为 6.90% ~ 33.51%。可见,种植黑藻对水体的营养盐和叶绿素 a 有显著的去除作用,而对 COD 的去除效果不明显,并且从表 2 中可以看出 3 个不同光照条件下黑藻对水质的改善效果都比较理想,但 3 种光照条件下黑藻对水质的改善效果无明显差别,即使在弱光照条件下黑藻受到的胁迫最大,也未影响其对水质的改善效果。

表 2 不同光照条件下的水质处理效果

项目	光照强度/ lx	$\rho(\text{TN})$ / ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TP})$ / ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Chla})$ / ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD})$ / ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
初始值	—	9.90	0.39	79.79	41.73
处理后值	6284	0.62	0.09	1.26	38.85
	3913	0.43	0.11	2.10	37.44
	3196	0.46	0.08	10.75	27.75

3 结 论

综上所述,在本研究的水质、底质以及气候条件下,3 种光照水平下黑藻都可存活,但是生长情况有差异。从植物生物量、分枝数、茎叶干重比、SOD、POD 等指标可以看出,日平均光照 3 196 lx 时黑藻所受到的胁迫最大,生长状况最差。6 284 lx 和 3 913 lx 时黑藻的生长状况无显著性差异,推测可能是由于 6 284 lx 的光照强度已高于其光饱和点,因此,光照强度的增加不再促进其生长。

3 个不同光照条件下黑藻对水质的改善效果都比较理想,即使在弱光照条件下黑藻受到的胁迫最大,也并未影响其对水质的改善效果,但是从植被的重建上来看,接近或高于 3 900 lx 的 2 种光照条件更有利于黑藻的生长。因此,以黑藻为先锋种在富营养化水体重建沉水植被时,控制水底日平均光照强度接近或高于 3 900 lx 可考虑作为重建沉水植被的初期调控措施。

参考文献:

- [1] ENSMINGER I, HAGEN C, BRAUNE W. Strategies providing success in a variable habitat :I. relationships of environmental factors and dominance of *Cladophora glomerata* [J]. *Plant Cell and Environment* 2000 23(10):1119-1128.
- [2] HUDON C, LALONDE S, GAGNON P. Ranking the effects of site exposure, plant growth form, water depth, and transparency on aquatic plant biomass [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2000 57:31-42.
- [3] 吴建强, 黄沈发, 丁玲, 等. 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):19-22.
- [4] 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害 [J]. *植物生理学通讯* 1988(2):12-16.

(下转第 91 页)

b. 可实现水、热、电联产。不仅节省建设和运营水厂的投资,还可以降低用水成本,多余的电能可以供水处理工艺使用,从而起到调蓄电能的作用。

总之,该热电厂在技术改造和今后的运行过程中大力开展水资源综合利用,因地制宜分配各系统用水、排水,将是缩短其与国内外先进发电企业发电用水差距的有效途径,也将产生明显的社会效益、环境效益和经济效益,具有很大的实际意义。

参考文献:

[1] 乔洪勇. 火力发电厂节约用水和循环用水管理模式研究

(上接第 55 页)

- [5] 徐勤松, 施国新, 杜开和, 等. Zn 诱导的菹草叶抗氧化酶活性的变化和超微结构损伤[J]. 植物研究, 2001, 21(4): 569-574.
- [6] 金相灿. 湖泊富营养化调查规范[M]. 2 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 291-293.
- [7] 国家环境保护总局. 《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 210-257.

(上接第 60 页) 严格实行限额用水, 确保“水量分配方案”制定的下泄塔里木河水量指标的实现。

d. 目前, 塔里木河生态综合治理工程仍在实施过程中。随着生态治理的持续开展, 源流区节水力度将进一步加大, 塔里木河河道整治工程得以完善, 塔里木河流域水量统一调度管理措施得到逐步落实和加强, 塔里木河水量将随之发生更为显著的变化, 这需要继续深入地进行分析和研究, 特别是阿克苏河、和田河、叶尔羌河向塔里木河的供水水量、供水过程的变化以及塔里木河泥沙、水质及水文过程的变化, 是今后塔里木河水文效应研究的关键和重点。

参考文献:

[1] 王西琴. 河流生态需水理论、方法与应用[M]. 北京: 中国

[D]. 保定: 华北电力大学, 2006.

- [2] 房海阔, 魏洪军. 电去离子(EDI)技术在热电厂水处理中的应用[J]. 净水技术, 2002, 21(2): 17-18.
- [3] 王佩璋. 火力发电厂全厂废水零排放[J]. 电力环境保护, 2003, 19(4): 25-29.
- [4] 华冰. 火电厂节水[D]. 保定: 华北电力大学, 2005.
- [5] MOUSA S M, JAMAL O J. Potential of industrial wastewater reuse[J]. Desalination, 2002, 152: 281-289.
- [6] 褚俊英, 陈吉宁, 王志华, 等. 中水回用的经济与中水利用潜力分析[J]. 中国给水排水, 2002, 18(5): 83-86.

(收稿日期 2008-11-10 编辑 徐娟)

出版社, 2002: 210-257.

- [8] 陈宇炜, 高锡云. 浮游植物叶绿素 a 含量测定方法的比较测定[J]. 湖泊科学, 2000, 12(2): 185-188.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1999: 30-38.
- [10] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 2 版. 广州: 华南理工大学出版社, 2002: 119-121.

(收稿日期 2008-11-04 编辑 徐娟)

水利水电出版社, 2007: 74-75.

- [2] 新疆维吾尔自治区人民政府. 中华人民共和国水利部. 塔里木河流域近期综合治理规划报告[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002: 55-72.
- [3] 徐海量, 叶茂, 李吉枚. 塔里木河下游输水后地下水动态变化及天然植被的生态响应[J]. 自然科学进展, 2007, 17(4): 460-470.
- [4] 宋郁东, 樊自立, 雷志栋, 等. 中国塔里木河水资源与生态问题研究[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2000: 9.
- [5] 叶茂, 徐海量, 宋郁东. 塔里木河流域水资源利用及其变化趋势分析[J]. 科学通报, 2006, 51(5): 14-20.

(收稿日期 2009-04-20 编辑 徐娟)

淮北市开展纪念“世界水日”活动

2010 年 3 月 22 日是第 18 届“世界水日”, 3 月 22 ~ 28 日是第 23 届“中国水周”。3 月 22 ~ 4 月 22 日是安徽省第 20 届“水法宣传月”。今年“世界水日”的主题是“严格水资源管理, 保障可持续发展”。根据统一安排, 淮北市水务局于 3 月 21 日就开始了宣传活动, 在市区主要公共场所面向广大市民作深入宣传, 摆放宣传展板, 发放宣传材料, 设立咨询台, 20 余家大型企业参与了活动, 现场开展节水百题知识有奖竞赛等。在淮北电视台集中播放水法宣传电视系列片《人-水-法》, 并在《淮北日报》上发表纪念“世界水日”的署名文章。淮北市不仅广泛开展纪念世界水日活动, 而且在加快建设水利基础设施的同时, 正在实行最严格的水资源管理制度, 推进水资源从供水向需水管理等转变, 其核心是建立水资源管理三条红线, 即建立水资源开发利用红线, 严格实行用水总量控制; 建立用水效率控制红线, 坚决遏制用水浪费; 建立水功能区限制纳污红线, 严格控制入河排污总量, 以水资源的可持续利用, 保障淮北区域经济社会可持续发展。

(淮北市水务局 李锋供稿)