

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 10 期 Vol.32 No.10 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 10 期

2012 年 5 月 (半月刊)

目次

基于系统动力学的城市住区形态变迁对城市代谢效率的影响.....	李旋旗,花利忠 (2965)
居住-就业距离对交通碳排放的影响	童抗抗,马克明 (2975)
经济学视角下的流域生态补偿制度——基于一个污染赔偿的算例	刘涛,吴钢,付晓 (2985)
旅游开发对上海滨海湿地植被的影响.....	刘世栋,高峻 (2992)
汶川地震对大熊猫主食竹——拐棍竹竹笋生长发育的影响.....	廖丽欢,徐雨,冉江洪,等 (3001)
江西省森林碳蓄积过程及碳源/汇的时空格局.....	黄麟,邵全琴,刘纪远 (3010)
伊洛河流域草本植物群落物种多样性.....	陈杰,郭屹立,卢训令,等 (3021)
新疆绿洲农田不同连作年限棉花根际土壤微生物群落多样性.....	顾美英,徐万里,茆军,等 (3031)
荒漠柠条锦鸡儿 AM 真菌多样性.....	贺学礼,陈杰,郭辉娟,等 (3041)
彰武松、樟子松光合生产与蒸腾耗水特性	孟鹏,李玉灵,尤国春,等 (3050)
中亚热带常绿阔叶林粗木质残体呼吸季节动态及影响因素.....	刘强,杨智杰,贺旭东,等 (3061)
盐土和沙土对新疆常见一年生盐生植物生长和体内矿质组成的影响	张科,田长彦,李春俭 (3069)
长白山北坡林线灌木草本植物与岳桦的动态关系.....	王晓东,刘惠清 (3077)
不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响.....	颜侃,陈宗瑜 (3087)
基于因子分析的首蓿叶片叶绿素高光谱反演研究	肖艳芳,官辉力,周德民 (3098)
三峡库区消落带水淹初期土壤种子库月份动态.....	王晓荣,程瑞梅,唐万鹏,等 (3107)
三种利用方式对羊草草原土壤氨氧化细菌群落结构的影响.....	邹雨坤,张静妮,陈秀蓉,等 (3118)
西洋参根残体对自身生长的双重作用	焦晓林,杜静,高微微 (3128)
不同程度南方菟丝子寄生对入侵植物三叶鬼针草生长的影响	张静,闫明,李钧敏 (3136)
山东省部分水岸带土壤重金属含量及污染评价.....	张菊,陈诗越,邓焕广,等 (3144)
太湖蓝藻死亡腐烂产物对狐尾藻和水质的影响.....	刘丽贞,秦伯强,朱广伟,等 (3154)
不同生态恢复阶段无瓣海桑人工林湿地中大型底栖动物群落的演替.....	唐以杰,方展强,钟燕婷,等 (3160)
江西鄱阳湖流域中华秋沙鸭越冬期间的集群特征.....	邵明勤,曾宾宾,尚小龙,等 (3170)
秦岭森林鼠类对华山松种子捕食及其扩散的影响	常罡,王开锋,王智 (3177)
内蒙古草原小毛足鼠的活动性、代谢特征和体温的昼夜节律	王鲁平,周顺,孙国强 (3182)
温度和紫外辐射胁迫对西藏飞蝗抗氧化系统的影响.....	李庆,吴蕾,杨刚,等 (3189)
“双季稻-鸭”共生生态系统 C 循环	张帆,高旺盛,隋鹏,等 (3198)
水稻籽粒灌浆过程中蛋白质表达特性及其对氮肥运筹的响应.....	张志兴,陈军,李忠,等 (3209)
专论与综述	
海水富营养化对海洋细菌影响的研究进展	张瑜斌,章洁香,孙省利 (3225)
海洋酸化效应对海水鱼类的综合影响评述.....	刘洪军,张振东,官曙光,等 (3233)
入侵种薇甘菊防治措施及策略评估.....	李鸣光,鲁尔贝,郭强,等 (3240)
研究简报	
渭干河-库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究	孙倩,塔西甫拉提·特依拜,张飞,等 (3252)
2009 年冬季东海浮游植物群集	郭术津,孙军,戴民汉,等 (3266)
新疆野生多伞阿魏生境土壤理化性质和土壤微生物.....	付勇,庄丽,王仲科,等 (3279)
塔里木盆地塔里木沙拐枣群落特征	古丽努尔·沙比尔哈孜,潘伯荣,段士民 (3288)
矿区生态产业共生系统的稳定性.....	孙博,王广成 (3296)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-05	



封面图说: 哈巴雪山和金沙江——“三江并流”自然景观位于青藏高原南延部分的横断山脉纵谷地区,由怒江、澜沧江、金沙江及其流域内的山脉组成。它地处东亚、南亚和青藏高原三大地理区域的交汇处,是世界上罕见的高山地貌及其演化的代表地区,也是世界上生物物种最丰富的地区之一。哈巴雪山在金沙江左岸,与玉龙雪山隔江相望。图片反映的是金沙江的云南香格里拉段,远处为哈巴雪山。哈巴雪山主峰海拔 5396 m,而最低江面海拔仅为 1550 m,山脚与山顶的气温差达 22.8℃,巨大的海拔差异形成了明显的高山垂直性气候。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201104060439

刘丽贞, 秦伯强, 朱广伟, 宋玉芝, 王小冬, 丁艳青. 太湖蓝藻死亡腐烂产物对狐尾藻和水质的影响. 生态学报, 2012, 32(10): 3154-3159.

Liu L Z, Qin B Q, Zhu G W, Song Y Z, Wang X D, Ding Y Q. Effect of decomposition products of cyanobacteria on *Myriophyllum spicatum* and water quality in Lake Taihu, China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10): 3154-3159.

太湖蓝藻死亡腐烂产物对狐尾藻和水质的影响

刘丽贞¹, 秦伯强^{1,*}, 朱广伟¹, 宋玉芝², 王小冬¹, 丁艳青¹

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008;

2. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 南京 210044)

摘要:为揭示富营养化造成淡水生态系统中沉水植物消亡的机制,就太湖蓝藻大规模死亡腐烂后的产物对水体水质以及沉水植物造成的影响进行了研究。以沉水植物穗花狐尾藻为研究对象,测定了水质参数(pH值,浊度(NTU),温度,溶解氧(DO),电导率(Ec),盐度,磷酸根(PO_4^{3-}))以及狐尾藻 F_v/F_m 指标。将采自太湖梅梁湾的蓝藻水华,降解一个星期左右。随后在处理组中加入该蓝藻降解物,对照组中不加入。结果表明,加入蓝藻死亡腐解液后,水体的溶解氧、pH值均比对照组显著降低,浊度则显著升高。对照组中穗花狐尾藻生长良好,其 F_v/F_m 约为 0.8,而经蓝藻腐烂液处理的实验组,穗花狐尾藻在 2d 之内便接近死亡状态,其 F_v/F_m 值降至 0.3 左右。以上结果表明蓝藻死亡腐烂后形成的腐解液确实能在很短时间给沉水植物带来灭顶之灾。而在短时间内并不能形成大量附着生物,故本实验可排除其对水生植物的影响。证实了蓝藻死亡腐烂后的降解液极有可能是导致沉水植物消亡的主要原因。

关键词:蓝藻腐解液;穗花狐尾藻;水质

Effect of decomposition products of cyanobacteria on *Myriophyllum spicatum* and water quality in Lake Taihu, China

LIU Lizhen¹, QIN Boqiang^{1,*}, ZHU Guangwei¹, SONG Yuzhi², WANG Xiaodong¹, DING Yanqing¹

1 State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008

2 Faculty of Environment Science and Engineering, Nanjing University of Science Information & Technology, Nanjing 210044

Abstract: In order to reveal the mechanism on degradation of submerged macrophytes in the eutrophying freshwater ecosystems in shallow lakes, the effects of the decomposition products of cyanobacteria on the growth of submerged macrophyte and water quality were studied by laboratory experiment in this paper. In order to simulate the environment of Lake Taihu, the cyanobacterial bloom dominated by microcystis was collected from the surface water of Meiliang Bay in Lake Taihu, and the submerged macrophyte *Myphyllum spicatum* with the same vigor and the same size were collected from the aquatic planting areas near the Meiliang Bay. After one week degradation of algae bloom under dark and anaerobic condition, the bloom scum with the concentration about 0.47 g/mL was applied to *Myphyllum spicatum* incubation system. The system contained about 8—10 *Myphyllum spicatum* which was growing in 12 L water in the tank. Then we planted the macrophyte on ca. 8 cm-thick sediment on the bottom of the tank. The water quality index including pH value, turbidity (NTU), temperature, dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (Ec), salinity, phosphate radical (PO_4^{3-}) in the system and the index F_v/F_m of *M. spicatum* were measured to monitor the water quality and physiological activity of *Myphyllum spicatum* in the system. The results showed that DO value and pH value in water of *Myphyllum spicatum* incubation system drop significantly after the application of bloom decomposition residuals, and the turbidity increased

基金项目:国家自然科学基金(40730529);湖泊与环境国家重点实验室开放基金(2010SKL006)

收稿日期:2011-04-06; 修订日期:2011-08-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qinbq@niglas.ac.cn

markedly, which possibly resulted from both the large amounts of reducing substances and suspended substances in the decomposition products of cyanobacteria. The phosphate (PO_4^{3-}) concentration in water almost keep stable during the experiment and showed no distinct trends of change in the groups, which indicated that phosphorus nutrient did not significantly affect the growth of *M. spicatum*. The temperature and salinity in experimental groups also insignificantly differed from the control group from the results. After two days cultivation, the values of F_v/F_m always maintained nearly 0.8 in the control group, but it decreased sharply to 0.3 in treatment groups. It meant that the growth of *M. spicatum* in the control group was much better than the growth in experimental groups which was on the margin of death. In other words, *M. spicatum* was strongly affected by the decomposition products of cyanobacteria in Lake Taihu. Interestingly and importantly, the submerged macrophyte *M. spicatum* was dead in merely two days after the application of decomposition products of cyanobacteria. Being the time so short, periphyte is hard to develop and become the key reason for the dead of *M. spicatum*. And the incubation system is a glass side tank, so the overshadow of bloom is not the real reason for the dead of the macrophyte. So the chemical products from the dead cyanobacteria might be the major factor causing the degradation of submerged macrophytes in the freshwater systems. In this way, besides the living cyanobacteria, the dead ones could also affect the submerged macrophytes at an even greater extent. Additionally, the importance of various factors from the decomposition products is still worthy to have a further study.

Key Words: decomposition products of cyanobacteria; *Myriophyllum spicatum*; water quality

由富营养化引起的湖泊蓝藻爆发得到广泛关注。从 20 世纪 80 年代末,太湖北部的梅梁湾就开始频繁爆发蓝藻水华^[1]。此后太湖蓝藻水华爆发愈演愈烈,沉水植物分布区的面积呈下降趋势^[2],以微囊藻水华为特征的藻型生态系统在主要湖区越来越稳定^[3]。治理湖泊的一个经济有效的途径就是恢复水生植物^[4-5]。因为沉水植物是湖泊中的初级生产者,是湖泊演化和湖泊生态平衡的重要调控者^[6]。在有沉水植物存在的湖泊生态系统中,水质可以得到有效地改善^[7-8]。因此,沉水植物修复对太湖富营养化治理具有非常重要的意义。随着蓝藻水华频繁爆发,沉水植物分布面积越来越少,太湖湖泊由草型生态系统渐变到藻型生态系统,而主要原因机理至今还没形成统一完整的体系。活体藻类可以通过遮光、营养竞争,藻毒素或他感作用等途径来影响沉水植物的生长^[9-14]。但死亡降解腐烂后的蓝藻对沉水植物会造成多大损害,会对水质产生多大的变化,此方面的具体研究较少。仅有少量关于丝状藻类腐烂过程对沉水植物的影响的报道^[15-16]。夏季太湖蓝藻水华暴发,且在湖岸或湖湾处大量堆积,这些地方常常是水生植物生长区域。这些堆积的蓝藻死亡、腐烂后的产物对水生植物会造成什么样的影响,不是很清楚。鉴于此,我们针对蓝藻腐烂后对水质和水生植物的影响进行了研究,旨在揭示沉水植物衰退消亡的机制,为富营养化淡水生态系统沉水植物的恢复提供理论依据。

1 材料与方法

本实验于 2010 年 8 月底,位于无锡市太湖梅梁湾处的中国科学院太湖湖泊生态系统研究站(简称太湖站)进行。采用 25 号浮游生物网捞取太湖站旁漂浮在水表面的蓝藻水华(体积为 500 mL),将其装入瓶内于避光条件下降解 1 个星期。在生态室阳光充足的地方共设置 3 个等体积的透明玻璃培养缸(高×长×宽为 40 cm×30 cm×20 cm)。为模拟太湖的环境,在培养缸内铺置取自太湖大浦口及梅梁湾处的表层混合底泥,厚度约为 8 cm,上层水体积约为 12 L 自来水。静置 2 d 使整个系统趋于稳定。

沉水植物选用穗花狐尾藻,采自太湖站的水生植物培养区,用纯水将其小心洗净,去掉粘附在表面的附着生物及其他杂质。挑选 8—10 株长势一致、生长良好、长约 10 cm 的狐尾藻顶枝(去原根)植入同一个培养缸内。

几天后,狐尾藻长出新根,即认为该植株及整个系统稳定。于稳定后的第一天 7:00 时刻将蓝藻腐解液分成等体积的 2 份,即每份 250 mL 藻腐解液投入每个培养玻璃缸内。另一玻璃缸不加入藻腐解液作为对照组。在投入之前于每缸内任取其中一棵植株用水下饱和脉冲叶绿素荧光仪(Diving-PAM)仪器测定其顶枝叶的

F_v/F_m 值。取少量水样采用钼铵酸分光光度法测定磷酸根浓度。投入浓度约为 0.47 g/mL 蓝藻腐解液半小时后,再从 3 个玻璃缸内采取少量水样,待测。水体中的温度、pH 值、溶解氧、浊度、电导率、盐度指标采用 YSI6600V2 型仪器现场测定,以上各指标于当天及第 2 天每隔 2—4 h 采样并测定 1 次。采用 YSI 仪器测定的指标不一定精确,但可用于对比分析。

2 结果

2.1 蓝藻腐烂后对水体水质的影响

研究表明,梅梁湾的蓝藻水华,从 7 月至 9 月,微囊藻属几乎完全占据优势,9 月份蓝藻门百分比高达 90%^[17]。本实验投放的藻液浓度很高,是为模拟太湖蓝藻水华爆发时湖岸带高度堆积的藻类现象。由图 1 可见,蓝藻腐解液对水体水质的影响较大。在投放蓝藻腐解液之前,由于实验组和对照组体系的处理过程都是一样的,故可认为各玻璃缸内的水体水质指标都是相近的。此现象可以由图中的 pH 值来反映。在投放之前对照组和实验组的 pH 值无差异。图 1 中在投放的半小时后,实验组的 pH 值较对照组显著降低。与对照组相比,浊度、电导率在藻腐解液投入水体中的 2 h 后显著升高,盐度也呈现微弱上升趋势。pH 值、溶解氧则显著下降。而实验组的水体中的温度与对照组无明显差异。图 1 中对照组的温度、溶解氧、pH 值出现显著的日变化规律,都呈单峰曲线,且最高点出现在白天 15:00 左右。

2.2 蓝藻腐烂后对水体中磷酸根的影响

本实验在蓝藻腐解液投入水体后,由图 2 可见, PO_4^{3-} 浓度在极短时间内提高几倍甚至几十倍之高,这为水体中提供了不少磷源。在投入蓝藻腐解液 8 h 内, PO_4^{3-} 浓度出现先上升后下降的趋势,此后实验组和对照组中水体中的 PO_4^{3-} 浓度都无明显差异,处于低水平状态。而对照组中水体的 PO_4^{3-} 浓度一直处于较低的水平。

2.3 蓝藻腐烂后对沉水植物狐尾藻的影响

F_v/F_m 是光系统 II (PS II) 的最大光化学量子产量,于叶暗状态下适应 20 min 后测得。非胁迫条件下该参数的变化极小,不受物种和生长条件的影响。胁迫条件下该参数明显下降^[18]。由图 3 所示,在投放蓝藻腐解液后的 8 h 内,实验组中的狐尾藻的 F_v/F_m 与对照组中的无显著差异,说明该植物对环境的突然改变有个缓冲机制。而在 8 h 后,其 F_v/F_m 比值急速下降。与第 2 天 7:00 测得的值低至 0.5 左右,说明实验组中的狐尾藻已经受到明显的胁迫。在随后的几个小时内测得的狐尾藻的 F_v/F_m 比值则低至 0.3 以下,且观察到狐尾藻顶枝叶变黄且极易脱落,一些植株的根部已经开始腐烂。此现象表明,实验组中的狐尾藻在投入蓝藻腐解液后的第 2 天就开始死亡。而对照组中的狐尾藻的 F_v/F_m 比值则一致保持在 0.8 左右,属于正常情况。通过后面几天的肉眼观察,平行组中的水体陆续出现变黑的现象,而对照组中的水体清澈见底。

3 讨论

对照组中的温度、溶解氧、pH 值出现显著的日变化规律,都呈单峰曲线特征。此现象由沉水植物狐尾藻

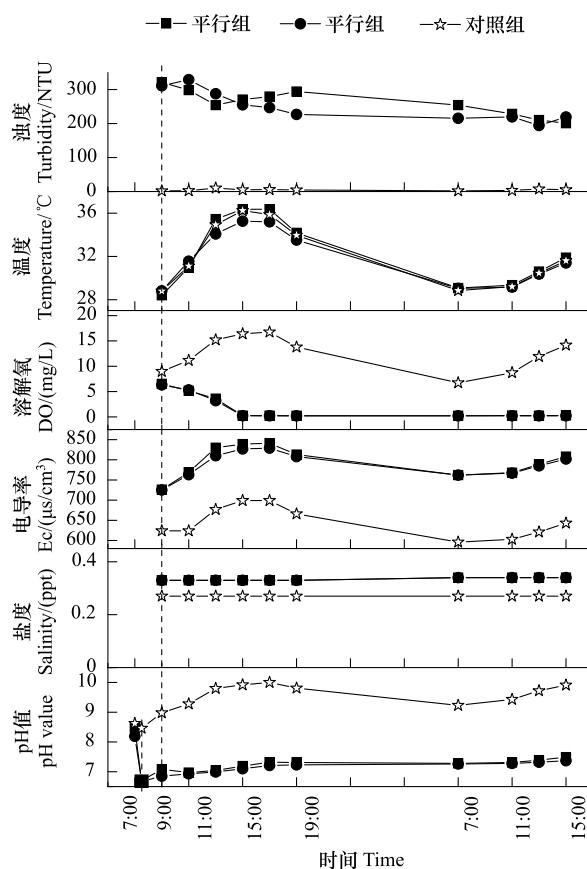


图 1 蓝藻腐解液对水质的影响

Fig. 1 Effects of decomposition products of cyanobacteria on the water quality

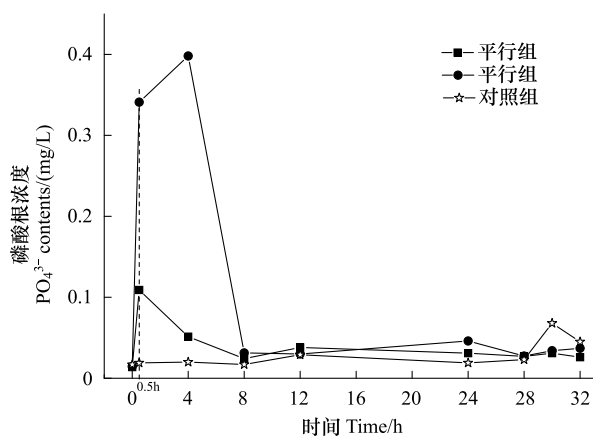


图2 水体中的溶解性磷酸根离子浓度的变化

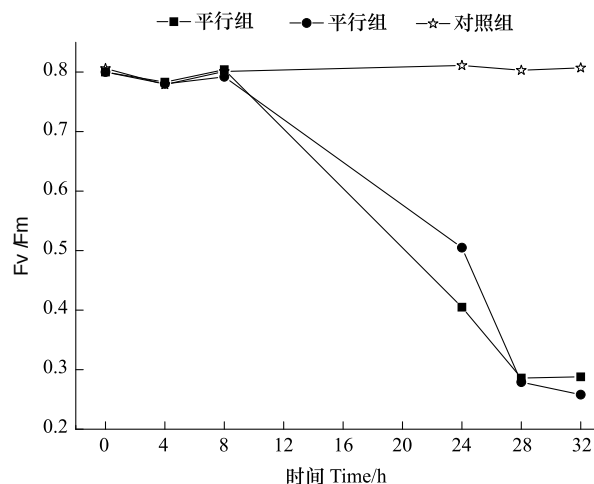
Fig. 2 The variation of PO_4^{3-} contents

图3 蓝藻降解液对沉水植物狐尾藻最大光化学量子产量的影响

Fig. 3 Effects of decomposition products of cyanobacteria on *M. spicatum*

光合作用的影响所致,与王永平研究苦草的光合作用日变化对水质影响的结果一致^[19]。而在实验组中,投入藻腐解液处理后,溶解氧、pH 值显著降低,且一直保持低水平状态,并未出现单峰曲线现象。随着蓝藻降解液的投入,水体中的 pH 值、溶解氧显著下降,浊度明显上升。这说明蓝藻降解可能产生了大量的酸性、还原性物质以及有机悬浮物质。悬浮物质主要是蓝藻的降解残留物,是导致水体中浊度迅速上升的主要原因。研究表明,穗花狐尾藻是一种较为耐受悬浮泥沙水体的沉水植物,在浊度为 90 NTU 时,其光合作用却随水体浊度的增加而降低,但对其光合系统 PS II,抗光抑制能力并无产生显著影响^[20]。在本实验组中,水体的浊度最多上升到 200 NTU 至 300 NTU 左右,所以蓝藻的降解残留物对沉水植物造成了较大影响。此外,溶解氧显著降低对植株的根部很不利,铵可能会对沉水植物造成危害^[21]。虽然本实验未测定铵根离子浓度,无法说明本实验中的铵根离子是否作为沉水植物于第 2 天开始死亡的主要影响因子。但据金相灿等研究表明,穗花狐尾藻对氨氮具有较强的耐受性,生长 7 d 后,在氨氮质量浓度为 1.5—4 mg/L 范围内均表现正常生长,而当其质量浓度达到 8.0 mg/L 时,穗花狐尾藻生长才受到胁迫,且从表观上观察植株仍能正常生长^[22]。值得注意的是,本实验于蓝藻降解液投入后在短短 2 d 之内,狐尾藻从表观上就濒临死亡状态。故本实验中,导致狐尾藻 2 d 内快速死亡,是蓝藻降解液产生的多种因素引起的综合结果,而不只是由某单个因素引起,至于是何种因素起的作用起主导作用,还有哪种可能的因素在起着关键性作用,还有待进一步研究。

本实验组中的 pH 值显著降低,在投入蓝藻腐解液的半小时内就由偏碱性降至偏酸性,且 2 h 后 pH 值始终保持在 7 左右,处于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) III 类水质标准中 (pH 值为 6—9) 范围之内。有研究表明,狐尾藻具有较低的 CO_2 补偿点,可利用较低水平的 CO_2 ,同时又可在碱性水体中利用 HCO_3^- ,具有较强的耐 pH 值变化能力^[23-24]。故 pH 值的下降并不会对狐尾藻产生多大影响。

蓝藻腐烂降解释放出大量的营养元素,尤其是作为水体浮游藻类的限制性营养元素的磷,为蓝藻二次暴发提供了一定的物质基础^[25-26]。由图 2 可明显看出,蓝藻腐解液确实能在短时间内带来大量的磷。加入蓝藻腐解液 8 h 内,处理组 2 个平行样之间磷酸根浓度差距较大。此结果可能是由底泥吸附平衡导致。结合图 2 和图 3 来看,在投入蓝藻腐解液后的 8 h 内,实验组水体溶液中 PO_4^{3-} 含量变化较大,可高达 0.4 mg/L 左右,但相对应的沉水植物的 F_v/F_m 值并没有明显变化。这反映了沉水植物狐尾藻可以对较高浓度的磷酸盐浓度具有较高的耐受能力。此结果与王小冬研究的伊乐藻能耐受高浓度的氮磷营养盐的结果一致^[27],而太湖中水体的总磷含量年变动范围为 0.05—0.27 mg/L^[27],从而也说明了蓝藻降解造成的水体中磷酸根离子短时间剧烈变化并不是导致沉水植物的死亡的主要原因。此结果与郭俊秀的实验结论一致^[28]。

由图 3 及从表观上观察得出,狐尾藻由第 2 天就开始出现死亡现象,这说明蓝藻腐解液在极短时间内对

沉水植物造成毁灭性灾害。究其哪个因素是主导因子,还有待于进一步研究。由本实验分析得出,pH 值降低及水体中磷酸根离子短时间内升高并不是主导因子。蓝藻死亡腐解后产生的一系列化感物质与水体水质的剧变(如浊度增加,溶解氧降低等)的协同作用,是致使沉水植物穗花狐尾藻快速死亡的原因。此现象的发现具有重大生态意义。本研究排除了附着生物对沉水植物的影响,因为附着生物在 2d 时间内是不能迅速生长起来的。因此,此研究可以引导后期研究人员从新的角度考虑,湖泊富营养化引起的蓝藻的爆发导致沉水植物消亡,其腐解液能够起着极其重要的破坏作用。

此外,本实验是在较小的封闭环境条件下完成的,封闭的水体与湖泊中开阔的水体可能存在一定的差异。即便如此,耐污能力强的狐尾藻因受蓝藻腐解液的影响在短时间内相继死亡,此现象可折射出湖湾大量蓝藻堆积死亡腐烂后造成的影响的严重性。

4 结论

1) 蓝藻腐解液能够在极短时间内对水质产生非常大的影响。蓝藻腐烂后使水体中的浊度、电导率升高,溶解氧、pH 值急剧下降,而温度变化不大。水体环境的水质改变对沉水植物生长很不利。这需引起富营养化水域的水生植物修复工程实施的重视。

2) 蓝藻死亡腐烂后在短时间内对水体中的磷酸根贡献较大,为蓝藻二次暴发创造了条件。太湖中的底泥对蓝藻腐解后释放的大量磷酸根离子具有吸附作用。故大太湖中不同的底泥性质决定了释放的磷酸根在水体中存在的时间长久问题。在本实验中,由于底泥和水体中存在磷的动态平衡过程,投有蓝藻腐解液的实验组在 8h 内,磷酸根的浓度值与对照组无明显差异,且此时间段内蓝藻降解液释放出的大量磷酸根并没有对狐尾藻造成直接影响。故水体中磷酸根离子短时间剧烈变化并不是导致沉水植物的死亡的主要原因。

3) 蓝藻腐烂降解液对沉水植物狐尾藻能够在 2d 之内造成毁灭性灾害。本实验再次证明了湖泊富营养化导致沉水植物消亡的现象,揭示了富营养化导致沉水植物消亡的一个重要可能机制。

References:

- [1] Chen Y W, Qin B Q, Teubner K, Dokulil M T. Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: *Microcystis*-domination in Lake Taihu, a large shallow lake in China. *Journal of Plankton Research*, 2003, 25(4): 445-453.
- [2] Lei Z X, Xu D L, Wan B X, Liu W, Liu Z W. Function of submersed and floating-leaved macrophytes in the shallow lake ecological system — a case study of Taihu Lake. *Journal of Henan Normal University: Natural Science*, 2010, 38(2): 136-139.
- [3] Zhu G W. Eutrophic status and causing factors for a large, shallow and subtropical Lake Taihu, China. *Journal of Lake Sciences*, 2008, 20(1): 21-26.
- [4] Cheng X Y, Li S J, Pu P M. Ecological restoration of urban eutrophic lakes — a case study on the physical and ecological engineering in Lake Mochou, Nanjing. *Journal of Lake Sciences*, 2006, 18(3): 218-224.
- [5] Qin B Q. Principles and approach for lake ecological restoration. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4848-4858.
- [6] Engel S. The role and interactions of submersed macrophytes in a shallow Wisconsin Lake. *Journal of Freshwater Ecology*, 1988, 4(3): 329-341.
- [7] Ozimek T, Vandonk E, Gulati R D. Growth and nutrient-uptake by two species of *Elodea* in experimental conditions and their role in nutrient accumulation in a macrophyte-dominated lake. *Hydrobiologia*, 1993, 251(1): 13-18.
- [8] Qin B Q, Wang X D, Tang X M, Feng S, Zhang Y L. Drinking water crisis caused by eutrophication and cyanobacterial bloom in Lake Taihu: cause and measurement. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(9): 896-906.
- [9] Ozimek T, Pieczyńska E, Hankiewicz A. Effects of filamentous algae on submerged macrophyte growth — a laboratory experiment. *Aquatic Botany*, 1991, 41(4): 309-315.
- [10] Casanova M T, Burch M D, Brock M A, Bond P M. Does toxic *Microcystis aeruginosa* affect aquatic plant establishment?. *Environmental Toxicology*, 1999, 14(1): 97-109.
- [11] Chen K N, Li W C, Wu Q L, Qiang S. Impact of cyanobacteria on the growth of submerged Macrophytes, Dianchi Lake. *Journal of Lake Sciences*, 2003, 15(4): 364-368.
- [12] Irfanullah H M, Moss B. Allelopathy of filamentous green algae. *Hydrobiologia*, 2005, 543(1): 169-179.
- [13] Chen C, Yin D Q, Yu B, Zhu H K. Effect of epiphytic algae on photosynthetic function of *Potamogeton crispus*. *Journal of Freshwater Ecology*, 2007, 22(3): 411-420.
- [14] Li H J, Ni L Y. The effects of chlorophyta on the growth of submerged macrophyte *Vallisneria natans*: a laboratory experiment. *Journal of Lake*

- Sciences, 2007, 19(2): 111-117.
- [15] Pieczynska E, Tarmanowska A. Effect of decomposing filamentous algae on the growth of *Elodea canadensis* Michx (a laboratory experiment). Aquatic Botany, 1996, 54(4): 313-319.
- [16] Li D H, Shi L X, Li G B, Wang G H, Chen W X, Liu Y D. Effect of decomposed filamentous green algae on water quality and the growth of submerged macrophyte *Hydrilla verticillata*. Environmental Science and Management, 2006, 31(6): 27-30.
- [17] Song X L, Liu Z W, Pan H K, Yang G J, Chen Y W. Phytoplankton community structure in Meiliang Bay and Lake Taihu. J. Lake Sci, 2007, 19(6): 643-651.
- [18] Xu D Q, Zhang Y Z, Zhang R X. Photoinhibition of photosynthesis in plants. Plant Physiology Communications, 1992, 28(4): 237-243.
- [19] Wang Y P, Wang X D, Qin B Q, Zhu G W. Effects of diel variation of *Vallis neria asiatica* photosynthesis on water quality. Research of Environmental Sciences, 2009, 22(10): 1141-1144.
- [20] Wen T, Wang G X, Li Q. Effects of water turbidity on the photosynthetic characteristics of *Myriophyllum spicatum* L. Asian Journal of Plant Sciences, 2007, 6(5): 773-780.
- [21] Cao T, Xie P, Ni L Y, Wu A P, Zhang M, Wu S K, Smolders A J P. The role of NH_4^+ toxicity in the decline of the submersed macrophyte *Vallisneria natans* in lakes of the Yangtze River basin, China. Marine and Freshwater Research, 2007, 58(6): 581-587.
- [22] Jin X C, Guo J X, Xu Q J, Hu X W, Zhang R J. Effects of different concentrations of NH_4^+ on antioxidant system of *Hydrilla verticillata* and *Myriophyllum spicatum*. Ecology and Environment, 2008, 17(1): 1-5.
- [23] Stanley R A, Naylor A W. Photosynthesis in Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum-spicatum* L). Plant Physiology, 1972, 50(1): 149-151.
- [24] Adams M S, Guilizzoni P, Adams S. Relationship of dissolved inorganic carbon to macrophyte photosynthesis in some Italian Lakes. Limnology and Oceanography, 1978, 23(5): 912-919.
- [25] Chen W M, Cai H J. Study on the aerobic decomposition of Microcystis in Taihu Lake. Journal of Lake Sciences, 1996, 8(3): 248-252.
- [26] Sun X J, Qin B Q, Zhu G W. Release of colloidal phosphorus, nitrogen and organic carbon in the course of dying and decomposing of cyanobacteria. China Environmental Science, 2007, 27(3): 341-345.
- [27] Wang X D, Qin B Q, Gao G, Yang G J, Wang H Y, Song Y Z, Feng S. Endurance of *Elodea nuttallii* to high concentration of nitrogen and phosphorus. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(12): 2561-2566.
- [28] Guo J X, Xu Q J, Jin X C, Hu X W, Li H. Effect of phosphorus concentration on growth of *Myriophyllum spicatum* and *Hydrilla Verticillata*. Acta Scientiae Circum Stantiae, 2009, 29(1): 118-123.

参考文献:

- [2] 雷泽湘, 徐德兰, 王备新, 刘雯, 刘正文. 沉水和浮叶植物在浅水湖泊生态系统中的作用——以太湖为例. 河南师范大学学报:自然科学版, 2010, 38(2): 136-139.
- [3] 朱广伟. 太湖富营养化现状及原因分析. 湖泊科学, 2008, 20(1): 21-26.
- [5] 秦伯强. 湖泊生态恢复的基本原理与实现. 生态学报, 2007, 27(11): 4848-4858.
- [8] 秦伯强, 王小冬, 汤祥明, 冯胜, 张运林. 太湖富营养化与蓝藻水华引起的饮用水危机——原因与对策. 地球科学进展, 2007, 22(9): 896-906.
- [11] 陈开宁, 李文朝, 吴庆龙, 强胜. 滇池蓝藻对沉水植物生长的影响. 湖泊科学, 2003, 15(4): 364-368.
- [14] 黎慧娟, 倪乐意. 浮游绿藻对沉水植物苦草生长的抑制作用. 湖泊科学, 2007, 19(2): 111-117.
- [16] 李敦海, 史龙新, 李根保, 王高鸿, 陈武雄, 刘永定. 丝状绿藻腐烂过程对水质和沉水植物黑藻生长的影响实验研究. 环境科学与管理, 2006, 31(6): 27-30.
- [17] 宋晓兰, 刘正文, 潘宏凯, 杨桂军, 陈宇炜. 太湖梅梁湾与五里湖浮游植物群落的比较. 湖泊科学, 2007, 19(6): 643-651.
- [18] 许大全, 张玉忠, 张荣铨. 植物光合作用的光抑制. 植物生理学通讯, 1992, 28(4): 237-243.
- [19] 王永平, 王小冬, 秦伯强, 朱广伟. 苦草光合作用日变化对水质的影响. 环境科学研究, 2009, 22(10): 1141-1144.
- [22] 金相灿, 郭俊秀, 许秋瑾, 扈学文, 张瑞玖. 不同质量浓度氨氮对轮叶黑藻和穗花狐尾藻抗氧化酶系统的影响. 生态环境, 2008, 17(1): 1-5.
- [25] 陈伟民, 蔡后建. 微生物对太湖微囊藻的好氧降解研究. 湖泊科学, 1996, 8(3): 248-252.
- [26] 孙小静, 秦伯强, 朱广伟. 蓝藻死亡分解过程中胶体态磷、氮、有机碳的释放. 中国环境科学, 2007, 27(3): 341-345.
- [27] 王小冬, 秦伯强, 高光, 杨桂军, 王洪艳, 宋玉芝, 冯胜. 伊乐藻 (*Elodea nuttallii*) 对高浓度氮磷营养盐的耐受性. 生态学杂志, 2009, 28(12): 2561-2566.
- [28] 郭俊秀, 许秋瑾, 金相灿, 扈学文, 李涵. 不同磷质量浓度对穗花狐尾藻和轮叶黑藻生长的影响. 环境科学学报, 2009, 29(1): 118-123.

CONTENTS

Landscape aesthetic assessment based on experiential paradigm assessment technology	LI Xuanqi, HUA Lizhong (2965)
Significant impact of job-housing distance on carbon emissions from transport: a scenario analysis	TONG Kangkang, MA Keming (2975)
The watershed eco-compensation system from the perspective of economics: the cases of pollution compensation	LIU Tao, WU Gang, FU Xiao (2985)
The tourism development impact on Shanghai coastal wetland vegetation	LIU Shidong, GAO Jun (2992)
Effects of the Wenchuan Earthquake on shoot growth and development of the umbrella bamboo (<i>Fargesia robusta</i>), one of the giant panda's staple bamboos	LIAO Lihuan, XU Yu, RAN Jianghong, et al (3001)
Forest carbon sequestration and carbon sink/source in Jiangxi Province	HUANG Lin, SHAO Quanqin, LIU Jiyuan (3010)
Species diversity of herbaceous communities in the Yiluo River Basin	CHEN Jie, GUO Yili, LU Xunling, et al (3021)
Microbial community diversity of rhizosphere soil in continuous cotton cropping system in Xinjiang	GU Meiying, XU Wanli, MAO Jun, et al (3031)
Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. in desert zone	HE Xueli, CHEN Zheng, GUO Huijuan, et al (3041)
Characteristics of photosynthetic productivity and water-consumption for transpiration in <i>Pinus densiflora</i> var. <i>zhangwuensis</i> and <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	MENG Peng, LI Yuling, YOU Guochun, et al (3050)
Seasonal dynamic and influencing factors of coarse woody debris respiration in mid-subtropical evergreen broad-leaved forest	LIU Qiang, YANG Zhijie, HE Xudong, et al (3061)
Influence of saline soil and sandy soil on growth and mineral constituents of common annual halophytes in Xinjiang	ZHANG Ke, TIAN Changyan, LI Chunjian (3069)
Dynamics change of <i>Betula ermanii</i> population related to shrub and grass on treeline of northern slope of Changbai Mountains	WANG Xiaodong, LIU Huiqing (3077)
Effects of ecological conditions on morphological and physiological characters of tobacco	YAN Kan, CHEN Zongyu (3087)
A study on the hyperspectral inversion for estimating leaf chlorophyll content of clover based on factor analysis	XIAO Yanfang, GONG Huili, ZHOU Demin (3098)
Monthly dynamic variation of soil seed bank in water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water	WANG Xiaorong, CHENG Ruimei, TANG Wanpeng, et al (3107)
Effects of three land use patterns on diversity and community structure of soil ammonia-oxidizing bacteria in <i>Leymus chinensis</i> steppe	ZOU Yukun, ZHANG Jingni, CHEN Xiurong, et al (3118)
Autotoxicity and promoting: dual effects of root litter on American ginseng growth	JIAO Xiaolin, DU Jing, GAO Weiwei (3128)
Effect of differing levels parasitism from native <i>Cuscuta australis</i> on invasive <i>Bidens pilosa</i> growth	ZHANG Jing, YAN Ming, LI Junmin (3136)
Heavy metal concentrations and pollution assessment of riparian soils in Shandong Province	ZHANG Ju, CHEN Shiyue, DENG Huanguang, et al (3144)
Effect of decomposition products of cyanobacteria on <i>Myriophyllum spicatum</i> and water quality in Lake Taihu, China	LIU Lizhen, QIN Boqiang, ZHU Guangwei, et al (3154)
Succession of macrofauna communities in wetlands of <i>Sonneratia apetala</i> artificial mangroves during different ecological restoration stages	TANG Yijie, FANG Zhanqiang, ZHONG Yanting, et al (3160)
Group characteristics of Chinese Merganser (<i>Mergus squamatus</i>) during the wintering period in Poyang Lake watershed, Jiangxi Province	SHAO Mingqin, ZENG Binbin, SHANG Xiaolong, et al (3170)
Effect of forest rodents on predation and dispersal of <i>Pinus armandii</i> seeds in Qinling Mountains	CHANG Gang, WANG Kaifeng, WANG Zhi (3177)
Circadian rhythms of activity, metabolic rate and body temperature in desert hamsters (<i>Phodopus roborovskii</i>)	WANG Luping, ZHOU Shun, SUN Guoqiang (3182)
Effects of temperature stress and ultraviolet radiation stress on antioxidant systems of <i>Locusta migratoria tibetensis</i> Chen	LI Qing, WU Lei, YANG Gang, et al (3189)
Carbon cycling from rice-duck mutual ecosystem during double cropping rice growth season	ZHANG Fan, GAO Wangsheng, SUI Peng, et al (3198)
Protein expression characteristics and their response to nitrogen application during grain-filling stage of rice (<i>Oryza Sativa</i> L.)	ZHANG Zhixing, CHENG Jun, LI Zhong, et al (3209)
Review and Monograph	
Advances in influence of seawater eutrophication on marine bacteria	ZHANG Yubin, ZHANG Jiexiang, SUN Xingli (3225)
A review of comprehensive effect of ocean acidification on marine fishes	LIU Hongjun, ZHANG Zhendong, GUAN Shuguang, et al (3233)
Evaluation of the controlling methods and strategies for <i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	LI Mingguang, LU Erbei, GUO Qiang, et al (3240)
Scientific Note	
Dynamics of land use/cover changes in the Weigan and Kuqa rivers delta oasis based on Remote Sensing	SUN Qian, TASHPOLAT. Tiyp, ZHANG Fei, et al (3252)
Phytoplankton assemblages in East China Sea in winter 2009	GUO Shujin, SUN Jun, DAI Minhan, et al (3266)
On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild Ferula in Xinjiang	FU Yong, ZHUANG Li, WANG Zhongke, et al (3279)
The community characteristics of <i>Calligonum roborowskii</i> A. Los in Tarim Basin	Gulnur Sabirhazi, PAN Borong, DAUN Shimin (3288)
Stability analysis of mine ecological industrial symbiotic system	SUN Bo, WANG Guangcheng (3296)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 10 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 10 (May, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@csbg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csbg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元