

文章编号: 0529-6579 (2000) 01-0081-05

有效微生物群控制富营养化湖泊蓝藻的效应^{*}

李雪梅¹, 杨中艺¹, 简曙光², 黄增贤³, 梁近光³

(1. 中山大学生命科学学院, 广州 510275; 2. 中国科学院华南植物园;
3. 广西必佳微生物工程有限公司)

摘 要: 在藻型富营养化的湖泊水体中应用有效微生物群菌剂的结果表明, 有效微生物群对水体的透明度、叶绿素 a 含量的改善有明显的效果, 可有效抑制藻类的生长, 防止水华的发生, 改善景观. 在投入有效微生物群后, 透明度迅速提高, 2 个月后, 透明度提高了 433%; 水体表面的叶绿素 a 含量在 1 个月下降了 96.5% 并维持在 137.9 mg/m^3 以下; 水深 0.5 m 处的叶绿素 a 含量在投放菌剂期间及之后 1 个月保持在 100 mg/m^3 以下; 在投放菌剂后溶解氧有暂时的下降, 较本底值 7.72 mg/L 下降了 25.8%, 但很快持续上升至 12.99 mg/L ; 生化需氧量在投放菌剂期间及之后 1 个月变化不大, 仅上升 3.9%; 停止投放菌剂后 1 个月左右, 总 N、总 P 含量和高锰酸盐指数均下降至最低点, 分别下降了 60.2%, 58.1% 和 57.2%. 停止使用有效微生物群约 1 个半月后, 试验区的透明度、总 N、总 P、高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 和生化需氧量均有反弹现象, 但一直未见“水华”发生.

关键词: 水处理; 藻类; 有效微生物群; 污染物

中图分类号: X 172 **文献标识码:** A

随着城市和工业的发展, 以及农业化肥的大量使用, 大量未经处理的城市生活污水和工农业污水流入湖泊和江河, 使氮、磷等营养盐不断积累, 促使藻类以及其它水生生物大量繁殖, 水体透明度下降, 甚至形成“水华”, 水质恶化, 产生异味, 进而导致水体的富营养化进程加速发展^[1]. 在富营养化湖泊类型中, 以藻型富营养化为典型代表^[2], 如我国五大淡水湖之一的巢湖、南京的玄武湖、广州的流花湖和荔湾湖等, 这些湖泊多已处于富或重富营养状态, 藻类的过度繁殖对湖泊 (水库) 的多种用水功能 (饮用、水产养殖等) 和观赏功能造成严重损害^[2]. 目前, 在中国为治理水体富营养化已采取了多种措施, 如为了削减营养负荷, 在杭州西湖采用的污水截流技术、引水冲洗技术、底泥疏浚技术和在云南滇池采用的氧化沟技术, 又如利用大型水生植物吸收营养盐来控制富营养化, 这些措施在一定程度上缓解了营养盐的人为增加引起的富营养化^[1, 2].

所谓有效微生物群 (effective microorganisms) 是从自然界筛选出各种有益微生物, 用特定的方法混合培养所形成的微生物复合体系, 其微生物组合以光合细菌、放线菌、酵母

^{*} 基金项目: 国家科技部中日政府间科技合作资助项目; 广东省科委国际合作资助项目

收稿日期: 1999-03-15 作者简介: 李雪梅 (1972~), 女, 硕士研究生 通讯联系人: 杨中艺.

菌和乳酸菌为主^[3]。目前,世界许多国家和地区(泰国、巴西、日本、韩国、朝鲜、中国等)对有效微生物群技术在农业、畜牧业和水产养殖上的应用进行了试验研究^[3,4]。但有效微生物群技术在环保方面的研究工作起步较晚,近几年来逐步开始应用在净化城市生活污水对河流和湖泊的污染及固体废弃物除臭方面^[3]。在日本北海道松前郡观音桥川和附近的绿川河、鸟取县松江市掘川河、鸟取县鸟取市湖山湖和神奈川县镰仓市觉寺的水池投放有效微生物群后,均取得良好的效果(日本 EM 研究机构内部资料)。

有关方面在广西南宁市的人大鱼塘、市政府观赏水池和南湖的试验实施结果表明,有效微生物群对污染水体的透明度、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、溶解氧(DO)、总 N(TN)、总 P(TP)、叶绿素 a 均有明显的改善。但有效微生物群对富营养化水体中藻类的过度繁殖的抑制效果和机理尚不清楚,本研究试图对此作初步的探讨。

1 材料和方法

1.1 材料来源

实验所用的有效微生物群液体菌剂和有效微生物群固体泥球由广西必佳微生物工程有限公司生产提供。

1.2 环境概况

实验地点在广州市东北郊龙洞的中国科学院华南植物园内。园内的人工湖及小池塘的蓄水来源于植物园周围农区的农业废水和城镇的生活污水,故水体富营养化程度较高,每年频繁发生大面积“水华”,严重影响了植物园内水体的景观功能。

1.3 试验设计

1.3.1 试验区设置 选取植物园兰园内一个小型人工湖泊为试验区。该人工湖为水泥构造,面积约 $1\,000\text{ m}^2$,平均水深 0.8 m ,底部无淤泥。湖泊基本封闭,其湖水主要由雨水补充,在干旱季节用泵从华南植物园外的人工沟渠补水。另外,在该人工湖附近有一厕所,其化粪池中的污水在发生溢流时流入湖中,在试验过程中仍不断向试验区排入污水。因而该水体容纳了大量的营养负荷,如氮、磷和其他有机物质,属于重富营养化水体。在实验开始时,该水体表面时常被厚厚的蓝藻“水华”所覆盖,其优势种类为蓝藻中的铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*),透明度一般在 0.1 m 以下,严重降低了其景观功能。

1.3.2 试验方法 1998 年 4 月 7 日和 4 月 20 日测定了湖中营养物质的本底浓度。从 4 月 20 日~6 月 2 日总质量为 150 kg 的液体有效微生物群菌剂每隔 15 d 分 4 次均匀投入湖中,总投放浓度为 187 mg/L 。1998 年 4 月 20 日,在湖水中均匀投入 60 个固定了高浓度有效微生物群的泥球。湖水水质从投入有效微生物群后每隔 15 d 监测 1 次,直至 7 月底,即最后一次投放有效微生物群后约 2 个月。

1.4 水样采集方法及前处理

采样器为自制聚乙烯容器。水样采集后储存于聚乙烯容器中,置于黑暗低温处保存并尽快分析。测定溶解氧的水样当场于溶氧瓶中固定。采样时间固定于早晨。

1.5 监测项目及分析方法

监测项目为透明度、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 DO 、 TN 、 TP 和叶绿素 a 共 7 项指标。

叶绿素 a 的测定采用分光光度法^[5],其余指标测定方法参照文[5]。

2 结果与分析

2.1 水质变化趋势

2.1.1 叶绿素 a 含量 (Chl-a) 如图 1 所示, 水体表面的叶绿素 a 的含量在使用有效微生物菌群剂仅 1 个月后由 3 780. 2 mg/m³ 下降为 130. 6 mg/m³, 下降了 96. 5%, 并保持在 137. 9 mg/m³ 以下直至试验结束. 投放 EM 期间及后 1 个月, 在水深 0. 5 m 处的叶绿素 a 含量保持在 100 mg/m³ 以下, 以后开始上升为 171. 99 mg/m³, 其变化趋势如图 2 所示.

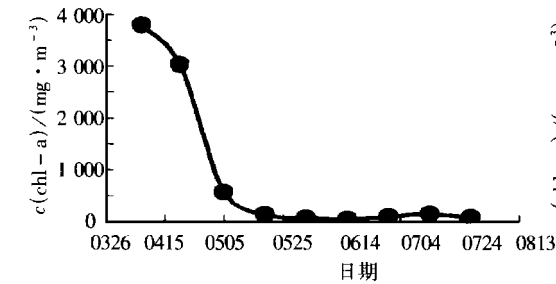


图 1 水体表面叶绿素 a 含量
Fig.1 Change of chl-a content
on the water surface

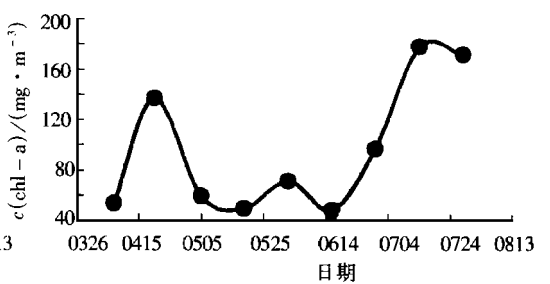


图 2 水深 0.5 m 处叶绿素 a 含量
Fig.2 Change of chl-a content
under the water surface

2.1.2 总氮含量 (TN) 和总磷含量 (TP) 在投放 EM 期间, TN 和 TP 均呈明显的下降趋势, 并在停止投放菌剂 1 个月之后达到最低点, 分别下降了 60. 2%和 58. 1%. 但以后总 N 和总 P 均有上升的趋势 (图 3, 4).

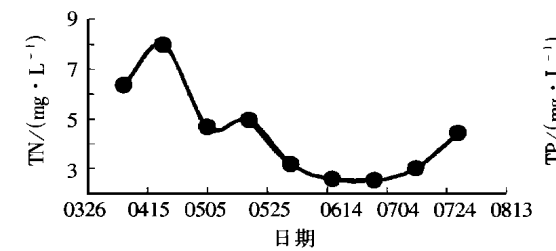


图 3 总氮的变化趋势
Fig.3 Change of TN content

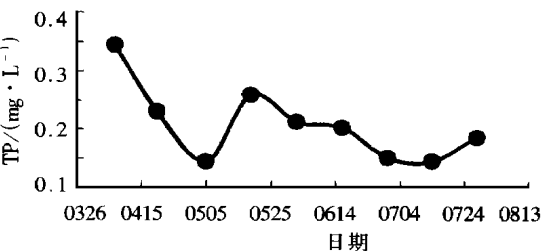


图 4 总磷的变化趋势
Fig.4 Change of TP content

2.1.3 生化需氧量 (BOD₅) 和高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) BOD₅ 在投加菌剂期间及停止投加菌剂 1 个月时有上升趋势, 但上升幅度较小, 由 8. 56 mg/L 上升为 8. 89 mg/L, 上升了 3. 9%. 但停止投加菌剂 45 d 之后试验区的 BOD₅ 上升幅度较大, 实验结束时 BOD₅ 为 13. 66 mg/L, 高于本底值 59. 6% (图 5).

水体的 COD_{Mn}在投入菌剂后逐渐下降, 在停止投加菌剂 1 个月时降至最低点, 由 29. 21 mg/L 下降为 12. 49 mg/L, 下降幅度为 57. 2%. 至实验的后期, 即停止投加菌剂 45 d 后, 试验区的 COD_{Mn}开始迅速上升至 24. 45 mg/L (图 6).

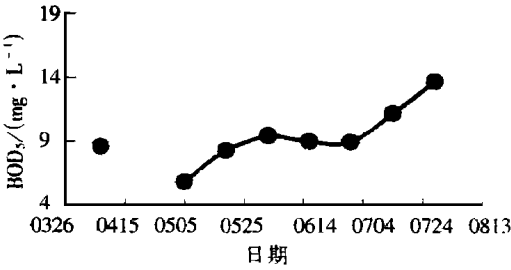


图 5 生化需氧量的变化

Fig.5 Change of BOD₅

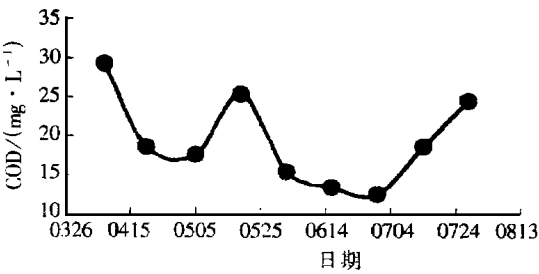


图 6 高锰酸盐指数的变化

Fig.6 Change of COD_{Mn}

2. 1. 4 溶解氧 (DO) 水体的 DO 变化趋势如图 7 所示. 在整个试验过程中, 试验区的 DO 基本呈上升的趋势, 仅在投入菌剂 1 个月时, DO 有所下降, 较试验开始 (本底值 7. 72 mg/L) 时下降了 25. 8%, 但之后迅速上升, 并且在停止投加菌剂 45 d 后达到最高点 12. 99 mg/L, 上升幅度为 68. 3%. 试验结束时 DO 又有所下降, 为 11. 14 mg/L.

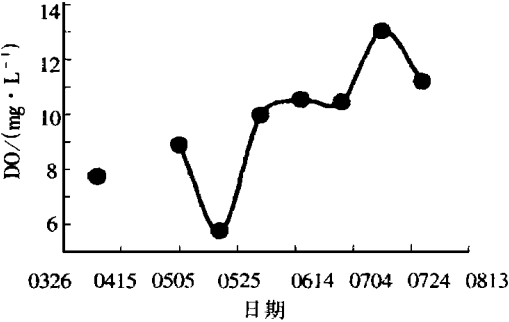


图 7 溶解氧含量的变化

Fig.7 Change of DO

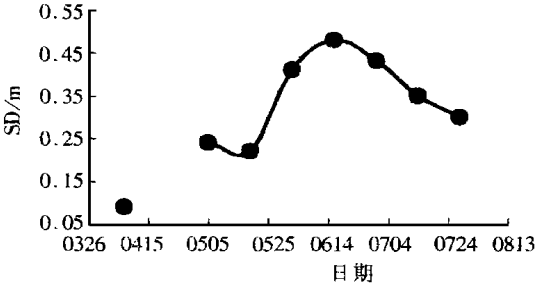


图 8 水体透明度的变化

Fig.8 Change of transparency

2. 1. 5 透明度 如图 8 所示, 在投入菌剂 45 d 后, 水体的透明度开始有大幅度的增加. 2 个月后, 透明度较本底值 0. 09 m 提高了 433%, 达到最大值 0. 48 m. 在停止投加菌剂后, 试验区透明度开始下降, 停止投加后约 2 个月时透明度下降为 0. 30 m, 但仍较本底值高 233. 3%.

5 月 19 日水体的 TN、TP、COD_{Mn}、DO 和 水体透明度均有反常的变化趋势, 其原因是 5 月 19 日之前约有数天从附近厕所的化粪池人为排入大量的污水, 导致水体污染物质增加, 水质各指标恶化.

2. 2 水体景观的变化

试验开始时, 该水体表面几乎全部为厚厚一层蓝绿色的藻类水华所覆盖, 在气温高时常散发异味, 严重影响其景观功能; 投放菌剂仅 1 个月后, 水华消失并未再发生, 水色亮、绿, 无异味, 恢复景观功能.

3 讨 论

在投入有效微生物群后, 水表面和水面以下 0. 5 m 水体中的叶绿素 a 含量、总氮、总磷和高锰酸盐指数下降, 而水中的溶解氧含量和水体的透明度相应的上升.

水表面的叶绿素 a 含量的明显降低, 表明藻类水华已完全得到了控制, 并由此直接提高了水体的透明度。因而应用有效微生物群对藻型富营养化水体叶绿素 a 含量的降低和水体透明度的提高有显著的效果, 可有效抑制蓝藻的过度繁殖, 控制藻类水华的发生。

在该试验中, 总氮、总磷和高锰酸盐指数均有下降的趋势, 这有可能是有效微生物群使藻类数量下降的原因。然而, 与高锰酸盐指数的变化趋势不同的是, 在试验中生化需氧量有上升的趋势, 目前尚无法解释, 可能与有效微生物群菌体的大量繁殖有关。

在停止投放有效微生物群菌剂后约 45 d (7 月 14 日), 几乎所有的水质指标开始劣化, 如总氮、总磷、高锰酸盐指数、水面下的叶绿素 a 含量、透明度和溶解氧。因而估计在该试验中有效微生物群控制蓝藻水华的有效期大约为 45 d。

参考文献:

- [1] 《全国主要湖泊、水库富营养化调查研究》课题组. 湖泊富营养化调查规范. 第二版[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [2] 金相灿, 刘鸿亮, 屠清瑛, 等. 中国湖泊富营养化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [3] 比嘉照夫. 人・くらし・生命が変わる, EM 环境革命[M]. 东京: 综合ユニム株式会社, 1994.
- [4] 吴留松, 李振高, 潘映华, 等. 有效微生物群(EM)对几种作物的增产效应[J]. 土壤, 1995, 27(4): 219 ~ 221.
- [5] 中国标准出版社第二编辑室. 环境保护国家标准汇编[M]. 北京: 中国标准出版社, 1995.

Control of Algae Bloom in Eutrophic Water by Effective Microorganisms

LI Xue-mei^{*}, YANG Zhong-yi, JIAN Shu-guang, HUANG Zeng-xian

Abstract: Effects of effective microorganisms (simplified as EM) on control of algae bloom in eutrophic water were studied in a small lake in South China Botanic Garden of Chinese Science Academy where algae bloom frequently occurred. The results showed that content of Chl-a both on the water surface and 0.5 m below the water surface, total N and P, and COD_{Mn} decreased after the spraying of EM, while the content of DO and water transparency increased accordingly. The very remarkable decrement of Chl-a on water surface indicated that the algae bloom had been completely controlled, and it contributed directly to the increase of the water transparency. The decrements of the content of total N and P, and organic matter seemed to be the main factors which caused the decreasing of algae. However, it is difficult to explain why the BOD₅ increased. The period that EM keeps active in controlling algae is estimated to be about one and half a month.

Keywords: water treatment; algae; effective microorganisms; water pollutants

^{*} School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China