

铜绿微囊藻与剑水蚤生态关系

李昊阳, 高大文, 任南琪

(哈尔滨工业大学 城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨 150090, lcy_nefu@163.com)

摘要: 为研究富营养条件下剑水蚤与铜绿微囊藻的生态关系, 选取了5组具有代表性的种群数量比例, 采用静态模拟法对二者进行周期13 d的生态学研究. 分别采用计数法和显微计数法测定剑水蚤和铜绿微囊藻的种群数量变化. 结果表明: 当铜绿微囊藻数量为 10^8 个/mL且剑水蚤数量为100只/L时, 二者之间相互抑制作用强烈; 当铜绿微囊藻数量为 10^7 个/mL, 剑水蚤数量为100只/L时, 二者相互抑制作用仍较明显; 当剑水蚤数量降为50只/L后, 抑制作用开始减弱. 可见二者抑制强度与其种群数量呈一定比例关系, 为控制水华及剑水蚤的爆发提供了新的思路.

关键词: 铜绿微囊藻; 剑水蚤; 生长影响; 生态关系

中图分类号: X52 文献标志码: A 文章编号: 0367-6234(2010)12-1870-04

Research on ecological relationship between cyclops and microcystis aeruginosa

LI Hao-yang, GAO Da-wen, REN Nan-qi

(State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, lcy_nefu@163.com)

Abstract: The relationship between cyclops and microcystis aeruginosa had been studied. The static test was divided into 5 groups in concordance with different proportion of populations and studied with periods of 13 days. The way of counting includes micro-metering and numbering. The results show that when the cyclops density is 100/L and the microcystis aeruginosa density is 10^8 /mL, they inhibit each other strikingly. When the microcystis aeruginosa density is reduced to 10^7 /mL, their inhibitory action is also obvious. And then if the cyclops density is reduced to 50/L, the inhibitory action becomes undistinguishable. So there is a proportional relationship between the inhibition intensity and their density. This study provides a new idea and theoretical basis for water bloom and cyclops overpopulated.

Key words: microcystis aeruginosa; cyclops; growth influence; ecological relationship

铜绿微囊藻作为水华的优势物种之一广泛分布于全国各大水体之中^[1-5], 剑水蚤也在各地分布广泛^[7-9], 二者虽都时有爆发, 但却很少发生在同一时间、地点. 迄今为止, 尚未对导致二者爆发的机理进行系统研究. 这其中仍然存在着很多关键问题没有解决, 如铜绿微囊藻和剑水蚤之间的生态关系以及达到何种密度时二者之间相互影响最为显著等.

本研究中拟通过静态烧杯实验以及显微计数法等手段对试验中的铜绿微囊藻与剑水蚤数量变化进行测定, 研究不同接种比例对二者生长变化的影响, 以期应对蓝藻水华暴发及剑水蚤爆发提供新的思路.

1 实验

1.1 材料

1.1.1 实验仪器

低温离心机; BX51T型显微镜, 日本奥林巴斯株式会社生产; 350H型光照培养箱; 血球计数板, 上海精密仪器仪表有限公司生产; 高压灭菌器.

收稿日期: 2009-05-12.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50638020).

作者简介: 李昊阳(1983—), 女, 硕士研究生;

高大文(1967—), 男, 教授, 博士生导师;

任南琪(1959—), 男, 博士生导师, 中国工程院院士.

1.1.2 实验药品及材料

铜绿微囊藻 FACHB936,由中国科学院水生生物研究所淡水藻种库提供.剑水蚤,采自松花江.基础培养液 BG-11:含硝酸钠 1.5 g/L,磷酸氢二钾 40 mg/L,硫酸镁 75 mg/L,氯化钙 36 mg/L,柠檬酸 6 mg/L,柠檬酸铁 6 mg/L,乙二胺四乙酸二钠 1 mg/L,碳酸钠 20 mg/L,氯化锰 1.81 mg/L,硫酸锌 0.22 mg/L,钼酸钠 0.39 mg/L,硫酸铜 0.079 mg/L,硝酸钴 0.049 mg/L.所有培养液及培养所用器材均经过高压灭菌处理.

1.2 方法

1.2.1 培养方法与条件

将铜绿微囊藻接种于盛有 250 mL BG-11 培养液的 500 mL 锥形瓶内,置于光照培养箱中进行培养.培养过程中,每天振荡锥形瓶 3 次,振荡时间为 3 min.扩大培养:将 1 000 mL BG-11 培养基均分于 4 个 500 mL 锥形瓶中,灭菌后每瓶接种 25~30 mL 原藻液,保持原条件进行培养.接种:将铜绿微囊藻在转速 5 000 r/min、半径为 16 cm 的条件下进行离心操作 5 min,去掉上清液,用蒸馏水洗涤后离心 3 min,去掉上清液接种于烧杯中.

在剑水蚤不同的生长阶段中,成虫对毒害的耐受力最大.取回剑水蚤后,用 pH 值为 7 左右的蒸馏水培养.取生长状态相同、体色正常、反应敏捷的成虫个体放入溶液中,同时做空白实验对照.(因为季节所限,试验所用剑水蚤群体中雄性占大多数,故繁殖能力较差).

1.2.2 接种比例与培养方法

微囊藻细胞与剑水蚤接种比例见表 1(剑水蚤误差小于 ± 10 只).将接种样本置于温度为 22 °C、自然光源的条件下培养 13 d,每 3 天测量一次各培养液中铜绿微囊藻细胞生长和剑水蚤数量的变化情况.

表 1 铜绿微囊藻与剑水蚤接种比例

铜绿微囊藻/(个·mL ⁻¹)	剑水蚤/(只·L ⁻¹)
10 ⁶	0
	50
	1 000
10 ⁷	0
	50
	100
10 ⁸	0
	100

1.2.3 藻细胞取样及计数方法

每天 13:00~17:00 取样,并采用显微镜配合

血球计数板进行计数.

1.2.4 实验水样中磷质量浓度的测定

将试验样品用 0.45 μm 滤膜过滤,取滤液按照 GB 11893-89,采用氯化亚锡还原法测定总磷的质量浓度.

2 结果与分析

2.1 高数量铜绿微囊藻条件下二者的生态关系

铜绿微囊藻数量高于 10⁸ 个/mL 时可导致剑水蚤快速死亡.当铜绿微囊藻数量为 10⁸ 个/mL 时,由剑水蚤数量变化曲线可知,接种前 2 天剑水蚤数量急剧下降,由 100 只下降至 30 只,第 4 天开始下降速度减缓,直至第 8 天左右全部死亡(图 1).这说明大多数剑水蚤都难以适应高数量铜绿微囊藻的环境而大量死亡,但由于物种的优胜劣汰使少数剑水蚤逐渐适应了环境而有了相对较长的存活时间.图 1 中铜绿微囊藻变化曲线显示,当剑水蚤存在的条件下铜绿微囊藻的生长速度明显慢于对照组.这说明剑水蚤会反作用于铜绿微囊藻的生长,使其生长速度减缓.

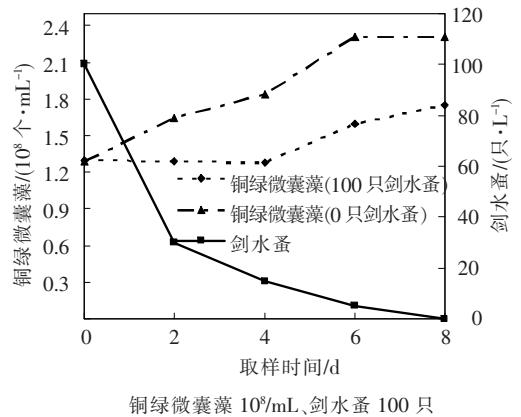
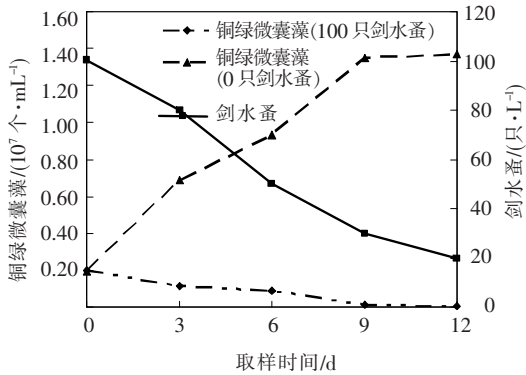


图 1 高数量铜绿微囊藻条件下二者的生态关系

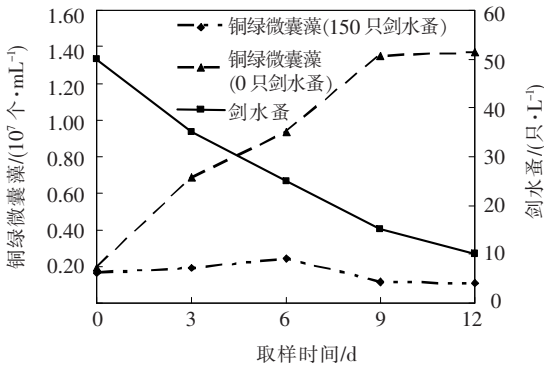
2.2 中等数量铜绿微囊藻条件下二者生态关系

当铜绿微囊藻数量为 10⁷ 个/mL 时,剑水蚤种群数量下降显著.当剑水蚤数量为 100 只/L 时,由其生长曲线可以看出其数量持续下降,由接种时的 100 只减少至 20 只(图 2(a));当剑水蚤数量为 50 只/L 时,其下降趋势与前者基本相同(图 2(b)).但二烧杯中的铜绿微囊藻变化趋势差异显著,剑水蚤数量为 100 只/L 时铜绿微囊藻数量持续显著下降,接种时为 10⁷ 个/mL,到第 13 天已降至 10⁵ 个/mL;同时,剑水蚤数量为 50 只/L 时,铜绿微囊藻呈现先缓慢上升后下降的趋势,在培养前期,铜绿微囊藻由接种时的 1.65 × 10⁷ 个/mL 上升至 2.42 × 10⁷ 个/mL,数量略有上升.随着培养天数的增加,其数量缓慢下降,到第 13 天时,数量已降至

1.08×10^7 个/mL,略低于接种时水平.上述实验说明,当铜绿微囊藻数量达到 10^7 个/mL时会对剑水蚤生长繁殖产生一定的抑制作用,使其数量显著降低.同时,剑水蚤为100只/L时会明显反作用于铜绿微囊藻的生长繁殖,使铜绿微囊藻数量较对照组显著下降,但剑水蚤为50只/L时这种作用相对较弱,只是抑制了铜绿微囊藻增加趋势,但未使其数量明显降低.



(a)铜绿微囊藻 10⁷mL、剑水蚤 100 只



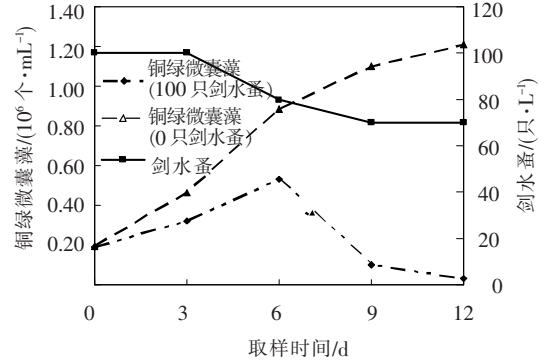
(b)铜绿微囊藻 10⁷mL、剑水蚤 50 只

图2 中等数量铜绿微囊藻条件下二者的生态关系

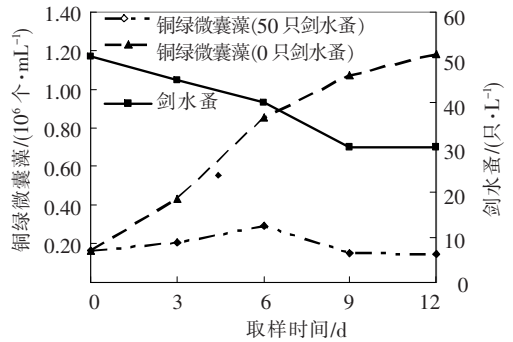
2.3 低数量铜绿微囊藻条件下二者的生态关系

当铜绿微囊藻数量为 10^6 个/mL,剑水蚤的下降速度较中等数量铜绿微囊藻条件时更为缓慢,同时铜绿微囊藻生长曲线皆呈现出先上升后下降的趋势.当剑水蚤数量为100只/L时,在培养初始阶段,铜绿微囊藻数量显著上升,随着培养天数的增加呈现显著下降趋势,到第12天时,铜绿微囊藻数量已降至 10^5 个/mL,明显低于接种水平(图3(a)).剑水蚤数量为50只/L时,铜绿微囊藻生长曲线与100只/L时趋势相同,但曲线更为平缓,在第12天时铜绿微囊藻数量为 10^6 个/mL,接近接种水平,数量变化不明显(图3(b)).上述数据说明,当铜绿微囊藻数量较低时,其对剑水蚤的致死作用也表现得较弱,同时,剑水蚤对铜绿微囊藻的抑制作用均未在接触初期表现出来,而是随着培养天数的增加而越加显著.当剑

水蚤为100只/L时,铜绿微囊藻曲线变化较50只/L时更为明显.



(a)铜绿微囊藻 10⁶mL、剑水蚤 100 只



(b)铜绿微囊藻 10⁶mL、剑水蚤 50 只

图3 低数量剑水蚤条件下的二者生态关系图

3 讨论

根据生态学理论的观点,当几个物种生活在同一体系之中时,其各自种群数量以几何级数增长将不可避免地导致生物之间的生存斗争.各物种所有个体资源的可利用程度降低,而资源可利用度的下降会影响所有个体,降低其适合度^[10-11].在本文的研究中,剑水蚤与铜绿微囊藻个体为了争夺有限的空间、光照、氮磷等环境因子,在行为上表现出双方之间直接对抗抑制关系,导致一方种群数量下降甚至消失^[12-13].

当剑水蚤与铜绿微囊藻共同存在同一水体中时,剑水蚤会捕食铜绿微囊藻,而铜绿微囊藻会通过向环境中分泌藻毒素而影响剑水蚤的生长发育^[14].本文试验发现:当剑水蚤数量为50只/L、铜绿微囊藻数量为 10^6 个/mL时,环境对两种生物而言相对宽松,剑水蚤捕食铜绿微囊藻是为了满足其正常生理需求,同时,绿微囊藻对剑水蚤毒害作用也较小,因此,这时二者的生长曲线变化较小;当铜绿微囊藻和剑水蚤数量增加后到一定程度后(铜绿微囊藻为 10^7 个/mL、剑水蚤为100只/L),二者之间拮抗与捕食作用加剧.剑水蚤大量捕食铜绿微囊藻以降低其种群密度,同时,

铜绿微囊藻分泌藻毒素以对抗剑水蚤的捕食,随着环境中以及剑水蚤体内毒素的积累,剑水蚤数量也显著降低.当铜绿微囊藻细胞量进一步提高时(10^8 个/L),铜绿微囊藻在竞争中表现出了绝对优势,导致剑水蚤死亡加速.

综上所述,当铜绿微囊藻数量低于 10^6 个/mL,剑水蚤数量少于50只/L时,铜绿微囊藻与剑水蚤存在单纯的食物链和拮抗关系;当铜绿微囊藻数量高于 10^7 个/mL,剑水蚤数量多于100只/L时,二者之间产生了以争夺有限空间为目的的抑制关系,且这种关系强弱主要取决于有限空间中二者的生物量.

4 结 论

1) 当生存空间有限时,剑水蚤与铜绿微囊藻之间存在显著抑制关系.这种抑制关系具体体现在铜绿微囊藻分泌毒素对剑水蚤的毒害与剑水蚤对铜绿微囊藻的捕食作用.

2) 铜绿微囊藻和剑水蚤的数量比例变化决定抑制作用的强弱:当铜绿微囊藻数量为 10^8 个/mL且剑水蚤密度为100只/L时,剑水蚤明显抑制铜绿微囊藻的生长,同时铜绿微囊藻对剑水蚤有较强的致死作用;当铜绿微囊藻密度为 10^7 个/mL,剑水蚤数量为100只/L时,二者仍表现为明显的相互抑制,当剑水蚤数量为50只/L时,抑制作用减弱,铜绿微囊藻生长呈抛物线形式;当铜绿微囊藻数量为 10^6 个/mL时,二者抑制作用不明显,可以共存.

3) 铜绿微囊藻和剑水蚤之间的相互抑制关系为实现水华及剑水蚤爆发的控制提供了一种新的思路.

参考文献:

[1] 韦立峰. 浅谈水体富营养化的成因及其防治[J]. 中国资源综合利用,2006(8):25-27.

- [2] 石凤,张雁秋,李艳芬. 水体富营养化的预防及治理办法[J]. 环境科学与管理,2008,(2):144-147.
- [3] GUO Nichun, XIE Ping. Development of tolerance against toxic *Microcystis aeruginosa* in three cladocerans and the ecological implications[J]. *Environmental Pollution*, 2006, 143:513-518.
- [4] 李毅. 富营养化水体除藻方法的研究[J]. 环境科学导刊,2009,28:76-78.
- [5] 赵汉取,韦肖杭,姚伟忠. 蓝藻爆发后南太湖水域浮游生物及富营养化[J]. 浙江海洋学院学报,2009,28(3):21-24.
- [6] 吕斌,王弘宇. 给水系统中剑水蚤的产生及控制措施[J]. 能源与环境,2009,(2):79-81.
- [7] BENNDORF J, HENNING M. Daphnia and toxic blooms of *microcystis aeruginosa* in bautzen reservoir [J]. *Int Revue Ges Hydrobiol*,1989,74:233-248.
- [8] LIU D M, CUI F Y, LI N T, *et al.* Preliminary study on biological control of cyclops of zooplankton in drinking water source [J]. *Journal of Harbin Institute of Technology (New Series)*,2004,11(2):121-125.
- [9] 李建平,吴立波,戴永康,等. 不同氮磷比对淡水藻类生长的影响及水环境因子的变化[J]. 生态环境,2007,16(2):342-346.
- [10] 王刚,张大勇. 生物竞争理论[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1996.
- [11] CONNELL J H. Diversity and the convolution of competitors or the ghost of competition past [J]. *Oikos*, 1980,35:131-138.
- [12] ABRAMS P A. The theory of limiting similarity [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*,1983,14:359-376.
- [13] GROOT de W T. Modelling the multiple nutrient limitation of algal growth [J]. *Ecological Modelling*, 1983, 18:99-119.
- [14] 郭匿春. 浮游动物与藻类水华的控制 [D]. 北京:中国科学院研究生院,2007.

(编辑 刘 彤)