

铜绿微囊藻和小球藻室内竞争实验研究

张晓玥¹, 王 艳², 张玉柱³, 苏 畅³, 蒋质波³, 周亚峰³

(1. 华中师范大学第一附中, 湖北 武汉 430070; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079;

3. 武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉 430072)

摘要:对铜绿微囊藻和小球藻进行藻类竞争实验, 并通过模拟计算, 分别得到铜绿微囊藻和小球藻纯培养和竞争条件下的生长模式, 并计算了2种藻之间的相互竞争抑制强度。纯培养时铜绿微囊藻和小球藻的增长速率 r 分别为 0.451/d 和 0.419/d, 最大环境容量 K 分别为 1.414×10^4 个/mL 和 812×10^4 个/mL; 混合培养时铜绿微囊藻对小球藻的种间竞争强度为 1.44, 小球藻对铜绿微囊藻的种间竞争强度为 0.9。

关键词:铜绿微囊藻; 小球藻; 混合培养; 竞争; 水华

中图分类号: Q948.12+2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2009)06-0138-03

我国许多湖泊、水库富营养化, 导致藻类大量繁殖, 给以湖泊、水库为水源的地区的饮用水安全、工农业生产造成直接威胁。富营养化水体中的藻类主要有蓝藻、绿藻和硅藻等。铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 属蓝藻门微囊藻属, 小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 属绿藻门小球藻属。这2种藻均是我国富营养化湖泊频现的优势藻类。

许多学者已经对水华藻类优势种群的形成开展了实验研究。马祖友(2005)在实验室内通过改变磷浓度、光照、温度和 pH 等条件, 分析了铜绿微囊藻(蓝藻)、四尾栅藻(绿藻)和谷皮菱形藻(硅藻)3种藻类的生长和竞争特性; 王珂(2006)通过改变环境条件, 考察微囊藻和栅藻在纯培养和混合培养下的生存状况, 比较2者不同环境下的竞争能力; 吴忠兴等(2006)从生理学角度对微囊藻水华优势进行了研究; 陈德辉等(1999; 2000)对微囊藻和栅藻开展了共培养竞争试验的研究; 杨苏文等(2006; 2007)对铜绿微囊藻、四尾栅藻和小环藻竞争实验培养基的选择, 以及不同营养条件下的3种藻的竞争作用进行了研究; 梁仁君(2007)运用非线性动力学模式(Y Kuang et al, 2003; P Amarasekare, 2006), 从生态学角度研究了资源竞争的动力学机制。但针对同为优势水华藻的铜绿微囊藻与小球藻的竞争研究尚不多见。本文采用铜绿微囊藻和小球藻进行藻类竞争实验, 探讨水体中藻类各种群之间的相互作

用关系和铜绿微囊藻成为优势水华藻类的生态学机理。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验采用的铜绿微囊藻和小球藻, 藻种均来自中国科学院武汉水生生物研究所藻种库, 置于 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、光照强度 $25 \mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的光照培养箱中, 光暗比 12L: 12D。

自制混合培养柱: 柱高 55 cm, 直径 20 cm, 侧壁上沿垂直方向从表层至底层每隔 5 cm 开小孔, 在水平方向错位排列(图1), 用来分层取样, 共 10 层。

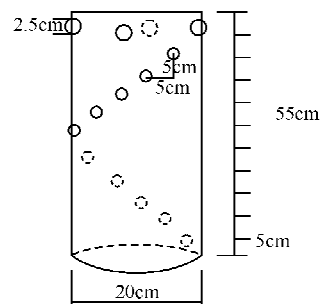


图1 藻类混合培养柱

Fig.1 Column for mixed culture

其他设备: 高压蒸汽灭菌锅、紫外消毒器、烘箱、光照培养箱、分光光度计 (UV9100)、光学显微镜 (Nikon)、目镜测微尺、物镜测微尺、血球计数板、取样器。

1.2 实验方法

1.2.1 消毒 在每次进行实验之前, 对实验采用的培养箱、培养柱、锥形瓶等进行消毒杀菌处理。

1.2.2 纯培养 纯培养实验在锥形瓶中进行, 配好培养基, 接种铜绿微囊藻和小球藻的初始密度为

收稿日期: 2009-09-12

通讯作者: 王艳, 讲师, 研究方向为水环境模拟、富营养化研究等。E-mail: yulin31502@163.com

作者简介: 张晓玥, 女, 甘肃宁县人。E-mail: hongpeng@whu.edu.cn

19.0×10^4 个/mL,置于光照培养箱,日光灯冷光源, $25 \mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光暗比 12L: 12D,培养温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。光照期每隔 2 h 摇动 1 次,同步做 3 个平行样。每天 9:00 测试藻类密度,连续测试 22 d。

1.2.3 混合培养 取密度一致的 2 种藻类放入图 1 所示的藻类混合培养柱内,温度、光照和光照周期的条件控制与纯培养相同。

1.2.4 营养条件 采用 BG11 培养基进行培养,配方来自中科院武汉水生生物研究所。经过预实验表明,适宜条件下,2 种藻类均可在此培养基中很好的生长。

1.2.5 藻类计数 自接种次日起为第 1 天,在同一时间进行计数。取样过程在无菌环境下取 0.1 mL 进行。采用血球计数板,在 Olympus 双目显微镜下,进行细胞计数,取得每日细胞密度。

2 结果

2.1 铜绿微囊藻和小球藻纯培养

铜绿微囊藻和小球藻在纯培养体系中的增长过程如图 2 所示。

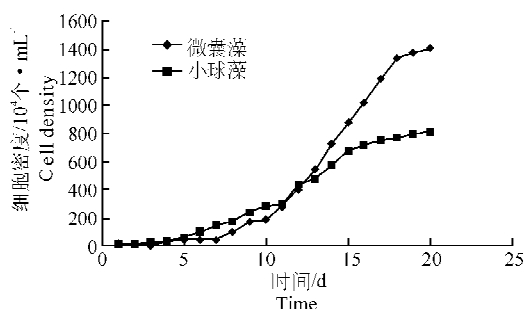


图 2 铜绿微囊藻和小球藻纯培养生长曲线
Fig.2 Growth curve of *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella vulgaris* in pure culture respectively with MA medium

由图 2 可以看出,第 5 天至第 12 天,铜绿微囊藻细胞密度低于小球藻细胞密度,到第 12 天 2 种藻类细胞密度相当,而后铜绿微囊藻细胞密度高于小球藻细胞密度,并一直保持较高的细胞密度状态。根据生长曲线,可以得出铜绿微囊藻和小球藻的最大环境容量分别为 1414×10^4 个/mL 和 812×10^4 个/mL。

根据逻辑斯蒂公式拟合铜绿微囊藻和小球藻的生长曲线,得到 2 种藻的回归曲线,见图 3 和图 4,通过回归分析得到 2 种藻类的回归方程。

铜绿微囊藻回归方程为 $y = -0.451x + 5.954$,相关系数 $R^2 = 0.964$;小球藻的回归方程为: $y = -$

$0.419x + 4.752$,相关系数 $R^2 = 0.992$ 。

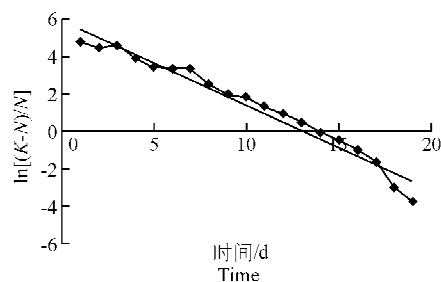


图 3 铜绿微囊藻回归曲线

Fig.3 Regression curve for *Microcystis aeruginosa*

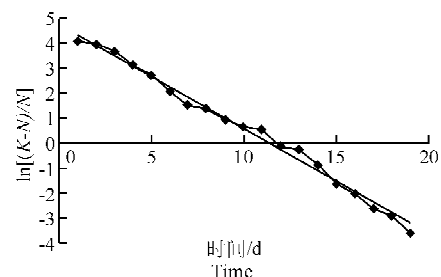


图 4 小球藻回归曲线

Fig.4 Regression curve for *Chlorella vulgaris*

2.2 铜绿微囊藻与小球藻混合培养

当铜绿微囊藻与小球藻混合培养时,1~4 d 2 种藻类细胞密度一致,从第 4 天开始铜绿微囊藻细胞密度一直处于优势。铜绿微囊藻和小球藻混合培养生长曲线见图 5。

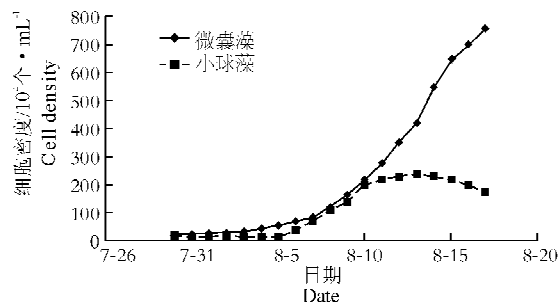


图 5 铜绿微囊藻和小球藻混合培养生长曲线
Fig.5 Growth curve of *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella vulgaris* in mixed culture with MA medium

由图 5 可以得出,铜绿微囊藻和小球藻混合培养中,铜绿微囊藻在 12 d 内生长略优势于小球藻,之后生长明显快于小球藻,表现出明显生长优势。

3 讨论

3.1 铜绿微囊藻和小球藻适应期和增长速率

由铜绿微囊藻和小球藻纯培养来看,培养初期铜绿微囊藻细胞密度较低,而小球藻细胞密度相对较高;培养 12 d 时 2 者生物量一致,之后铜绿微囊藻快速繁殖,生物量远大于小球藻。铜绿微囊藻的

增长速率 r 为 $0.451/\text{d}$, 最大环境容量 K 为 1414×10^4 个/mL, 增长模式为: $\ln[(1414 - N)/N] = 5.954 - 0.451t$, 其中 N 表示铜绿微囊藻密度 (10^4 个/mL), t 为时间(d); 小球藻的增长速率 r 为 $0.419/\text{d}$, 最大环境容量 K 为 812×10^4 个/mL, 增长模式为: $\ln[(812 - N)/N] = 4.752 - 0.419t$, 其中 N 表示小球藻密度 (10^4 个/mL), t 为时间(d)。这说明铜绿微囊藻的适应期比小球藻长, 同时它的增长速率高于小球藻。

3.2 铜绿微囊藻和小球藻种间竞争

根据种间竞争模型, 铜绿微囊藻和小球藻混合培养过程中的种间竞争模式如下:

铜绿微囊藻种间竞争模式:

$$\frac{dN_{\text{微囊}}}{dt} = 0.451N_{\text{微囊}} \left(\frac{1414 - N_{\text{微囊}} - 1.44N_{\text{小球}}}{1414} \right),$$

小球藻种间竞争模式:

$$\frac{dN_{\text{小球}}}{dt} = 0.419N_{\text{小球}} \left(\frac{812 - N_{\text{小球}} - 0.90N_{\text{微囊}}}{812} \right),$$

其中: $N_{\text{微囊}}$ 、 $N_{\text{小球}}$ 分别表示铜绿微囊藻和小球藻密度 (10^4 个/mL)。铜绿微囊藻和小球藻的种内竞争强度分别为 0.0007 和 0.0012, 而铜绿微囊藻对小球藻的种间竞争强度为 1.44, 小球藻对铜绿微囊藻的种间竞争强度为 0.90。因此, 在 2 种藻类混合培养时, 种内竞争强度小而种间竞争强度大, 且最大环境容量较高的铜绿微囊藻获得竞争优势, 其生物量远高于小球藻。

参考文献:

- 陈德辉, 刘永定, 袁峻峰, 等. 1999. 微囊藻和栅藻共培养实验及其竞争参数的计算[J]. 生态学报, 19(6): 908-913.
- 陈德辉, 章宗涉, 刘永定, 等. 2000. 微囊藻栅藻资源竞争的动力学过程[J]. 环境科学学报, 20(3): 349-354.
- 梁仁君. 2007. 物种对资源竞争的动力机制及数值模拟研究[D]. 南京: 南京师范大学.
- 马祖友. 2005. 蓝藻的生长生理特征及其竞争优势研究[D]. 西安: 西北农林科技大学.
- 王珂. 2006. 不同环境条件下铜绿微囊藻和栅藻竞争能力的比较研究[D]. 南京: 河海大学.
- 吴忠兴. 2006. 我国微囊藻多样性分析及种群优势的生理学机制研究[D]. 武汉: 中国科学院研究生院水生生物研究所.
- 杨苏文, 姜霞, 金相灿. 2007. Hco3-对铜绿微囊藻、四尾栅藻和小环藻增长特性及竞争行为的影响[J]. 生态环境, 16(2): 347-351.
- 杨苏文, 金相灿, 姜霞. 2006. 铜绿微囊藻、四尾栅藻和小环藻竞争实验培养基的选择[J]. 生态环境, 15(1): 129-133.
- P Amarasekare. 2006. Productivity, dispersal and the coexistence of intraguild predators and prey[J]. Theor. Biol., 243: 121-133.
- Y Kuang, W Fagan, I Loladze. 2003. Biodiversity, habitat area, resource growth rate and interference competition[J]. Bull. Math. Biol., 65: 479-518.

(责任编辑 杨春艳)

Competition Experiment Research of *Microcystis Aeruginosa* and *Chlorella Vulgaris*

ZHANG Xiao-yue¹, WANG Yan², ZHANG Yu-zhu³, SU Chang³, JIANG Zhi-bo³, ZHOU Ya-feng³

(1. No. 1 Middle School Attached to Central China Normal University, Wuhan 430070, China;

2. School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

3. College of water resources and hydroelectric engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Competition experiment was carried out for *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella vulgaris*. Based on the experiment and calculation, the growth patterns of *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella vulgaris* in pure culture and mixed culture were obtained respectively. The competitive parameters were calculated. In pure culture, the growth rate of *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella vulgaris* was $0.451/\text{d}$ and $0.419/\text{d}$ respectively, and the maximum capacity K was 1414×10^4 and 812×10^4 cells/mL. In mixed culture, the competitive parameter of *Microcystis aeruginosa* on *Chlorella vulgaris* was 1.44, and that of *Chlorella vulgaris* on *Microcystis aeruginosa* was 0.90.

Key words: *Microcystis aeruginosa*; *Chlorella vulgaris*; Mixed culture; Competition; Water bloom