

穗花狐尾藻附着藻类对不同氮·磷浓度的响应

张晶, 刘存歧, 张亚娟, 王军霞 (河北大学生命科学学院, 河北保定 071002)

摘要 [目的] 研究穗花狐尾藻附着藻类对水环境中不同氮、磷浓度的响应。[方法] 在室内模拟水生微宇宙环境, 比较不同试验组不同时期附着藻类的密度变化。[结果] 模拟单次大营养脉冲的 E 组与其他试验组的水体总氮、总磷指标和附着藻类的密度均在试验后期达到动态平衡, 且各组水体总氮、总磷、水体叶绿素 a 和附着藻类密度差异性显著 ($P < 0.05$), 表现为 $D > E > C > B > A$; 在中等氮、磷浓度 (TN 3 ml/L, TP 0.5 mg/L) 水平下附着藻类与穗花狐尾藻能够保持相对稳态。[结论] 微宇宙环境水系统对氮、磷及附着藻类的密度具有一定的承载能力, 且附着藻类的密度与水体氮、磷浓度变化密切相关。

关键词 富营养化; 氮、磷营养盐; 附着藻类; 穗花狐尾藻

中图分类号 S181.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)28-09887-04

Response of Attached Algae and *Myriophyllum spicatum* to Different Concentrations of Nitrogen and Phosphorus

ZHANG Jing, LIU Cun-qi, ZHANG Ya-juan et al (School of Life Science, Hebei University, Baoding, Hebei 071002)

Abstract [Objective] The research aimed to study the responses of attached algae and *Myriophyllum spicatum* to the concentrations of nitrogen and phosphorus in water. [Method] Through indoor simulation of micro-cosmos aquatic system, the density changes of the attached algae at different periods of each experimental group was compared. [Result] The results showed that total nitrogen, total phosphorus, and density of attached algae in group E which stimulated a single large nutrient pulse and other groups achieved a dynamic balance at the late stage of the test. And the differences of total nitrogen, total phosphorus, chlorophyll a and density of attached algae were significant ($P < 0.05$) between different groups, showing as $D > E > C > B > A$. In medium nitrogen and phosphorus concentrations (TN 3 ml/L, TP 0.5 mg/L), the attached algae and *Myriophyllum spicatum* remained relatively steady. [Conclusion] This study suggested that micro-cosmos aquatic system had a certain bearing capacity to nitrogen, phosphorus and the attached algae, and the density of attached algae was closely related to changes of nitrogen and phosphorus concentration.

Key words Eutrophication; Nutritive salt; Attached algae; *Myriophyllum spicatum*

近年来, 由于人类对湖泊生态系统活动的加剧, 导致水华等藻类爆发的现象频发, 许多大型湖泊中水生植物减少, 甚至消失^[1-3], 湖泊由草型转向藻型, 这一现象被环境及湖沼学专家广泛关注。有研究者推测该现象可能与富营养化水体中的附着物增加有关^[1-4]。附着物包括附着藻类、菌类、动物、无机和有机碎屑等, 在沉水植物茎、叶表面组成的复杂系统, 能够对沉水植被的表面有遮阴作用, 限制其光合作用^[5-6], 长期的覆盖最终导致沉水植被的衰退^[7-9]。而附着藻类由于其初级生产量较高, 能够通过多种途径 (如改变水理化条件、自身吸收、反硝化等) 对水体的营养盐循环造成影响^[10], 并且敏感地响应水体环境的改变, 是导致湖泊发生从草型向藻型转化的关键因素。Liborioussen 等的研究指出, 沉水植物的生长明显受附着在其表面的附着藻类生长的影响, 附着藻类生物量的增加会使沉水植物的生长率下降^[11-12]。宋玉芝等对伊乐藻的研究也表明, 伊乐藻的叶绿素含量、光合作用速率、叶绿素含量会随着附着藻类添加量的增大而显著降低^[13]。因此, 相关研究多集中在附着藻类的种类和数量上^[14-16]。在烘干和燃烧的基础上, 采用重量法估计附着无机物和有机物, 采用叶绿素 a (Chl. a) 含量作为附着藻类反映附着物特征的综合指征。

目前, 附着物对沉水植物生长的影响研究较为集中, 但对于微环境下不同浓度氮、磷周期性脉冲输入的富营养化水

体对沉水植物附着藻类的影响研究较少, 而对于微环境中周期性脉冲输入对系统内水体氮、磷变化规律更是鲜有探究。基于此, 通过建立基于穗花狐尾藻的微宇宙生态系统, 周期性地向其中添加不同负荷氮、磷营养盐, 考察附着藻类对营养盐的响应, 及系统内水体氮、磷变化趋势, 探索附着藻类在水生态系统的作用, 为研究草型湖泊向藻型湖泊转化的机制和湖泊的生态系统修复提供理论依据与数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计 从白洋淀鲃淀淀区采集穗花狐尾藻, 进行预处理后选取长势一致的穗花狐尾藻供试验。试验容器为直径 60 cm、高 75 cm 的圆柱形高密度聚乙烯桶, 桶底铺 20 cm 高泥土 (采自鲃淀, 晒干后过 0.5 mm 筛), 加水 (原位湖水与自来水 1:1 混合) 至 70 cm 刻度, 待系统稳定 7 d 后每桶种植 8 株狐尾藻, 试验设 4 组氮、磷营养盐浓度, 1 组空白对照 (表 1), 每组 3 个平行。预培养 7 d 后按设置的氮、磷营养盐 (KNO_3 , $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) 浓度对各试验组每 7 d 进行 1 次添加, 每 14 d 进行一次采样, 及时因采样、蒸发损失的水分, 维持水体稳定在设置初始高度。试验在透光的温室内进行, 自 2012 年 8 月开始, 至 2012 年 10 月下旬植株大量死亡时结束。

表 1 试验水体营养盐添加量设置

组别	TN	TP
A 组	0	0
B 组	1.0	0.2
C 组	3.0	0.5
D 组	6.0	1.2
E 组	40.0	7.8

注: E 组模拟营养大脉冲, 仅在 8 月 30 日添加一次。

基金项目 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2009ZX07209-0008); 河北省科技厅科学技术研究与发展计划项目 (12273603)。

作者简介 张晶 (1988-), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 研究方向: 湿地生态学。

收稿日期 2014-08-27

1.2 水质指标的测定 总氮(TN)采用过硫酸钾氧化紫外分光光度法测定,总磷(TP)采用钼锑抗分光光度法测定,水体叶绿素 a 采用 90% 丙酮提取后分光光度法测定^[17]。

1.3 附着物的采集 附着生物的采集与处理:将生物网装入密封袋带回实验室,用软毛刷将附着生物刷下连同毛刷刷洗液一并收集定容至 500 ml 固定,进行镜鉴与计数^[18-19]。

1.4 附着物生物量的测定 将生物网带回实验室后放入 25 ℃ 的烘箱内去除多余水分后进行称重记为初始重量,再将生物网刷洗干净后再次烘干称重,此为生物网干重。附着物生物量 = 初始重量 - 生物网重量。

1.5 数据处理 采用 SPSS17.0 进行数据处理。用单因素方差分析(ANOVA)分析营养盐浓度对附着物的影响,用 Pearson 相关性分析对营养盐与附着藻类密度进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 水体总磷、总氮及水体叶绿素 a 浓度的变化 随着周期性营养脉冲的输入,如图 1 所示,8 月 30 日的第一次脉冲输入,E 组水体总磷浓度含量在 9 月 13 日达到最高峰,为 (2.0 ± 0.4) mg/L。B、C、D 和 E 组与空白对照 A 组相比较,水体总磷浓度含量均有显著的增大,A 组中水体总磷浓度一直保持较低含量,B、C、D 组水体总磷浓度所有波动,但整体呈上升趋势,且在试验后期都相对稳定,各组最终达到平衡点,且各组差异显著($P < 0.05$),依次为:D > E > C > B > A。各试验组水体总氮变化趋势与总磷基本一致(图 2),E 组在 8 月 30 日进行单次的营养盐大脉冲后,总氮浓度含量迅速上升达到最大值,为 (5.3 ± 0.7) mg/L。各种最终平衡点与总磷次序相同。

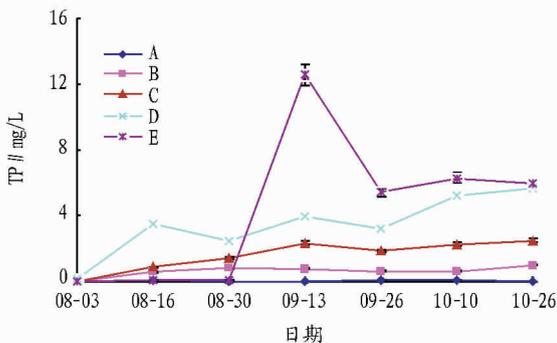


图 1 水质总磷

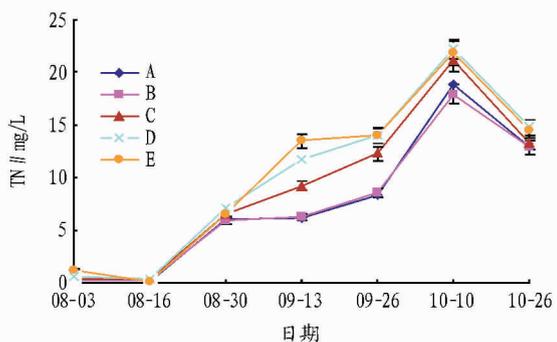


图 2 水质总氮

微宇宙水体叶绿素 a 含量在 B、C、D、E 组 4 个试验组与空白对照 A 组间变化趋势大体一致(图 3),在 8 月 30 日之前各组叶绿素 a 含量很低,随着营养脉冲的持续输入,各组叶绿素 a 含量均波动上升,9 月 26 日各组叶绿素 a 含量突然大幅度增大,此后一致保持较平稳的态势,各组平衡点浓度大小与总磷、总氮一致。

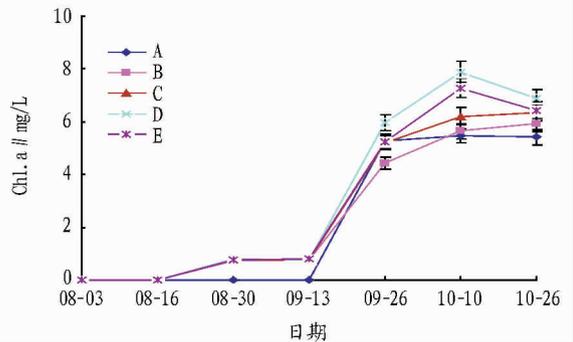


图 3 水质叶绿素

2.2 附着藻类对不同氮、磷营养盐浓度的响应 如图 4 所示,2012 年度微宇宙中附着藻类的密度随着营养盐的添加及时间的推移而变化,各试验组均呈现波动态势。试验初期各组分的附着藻类密度较大,但 8 月 30 日对 E 组进行大量营养盐的添加后,在 9 月 13 日的检测中显示 E 组附着藻类密度到达最高,可能是由于大量的营养盐导致了附着藻类的迅速繁殖。当试验结束时各试验组的附着藻类密度差异性显著($P < 0.05$),且大小依次为:B > C > D > A > E(图 4);各试验组的附着藻类生物量(图 5)虽有小幅波动但最终保持在平衡水平,且与附着藻类密度的平衡点大小排序相同(由于 E 组的生物网上有水绵附着,其附着藻类的生物量比其他组增长显著),说明中等浓度的周期性营养脉冲(TN 1 mg/L, TP 0.2 mg/L)最适宜附着藻类的生长,无营养脉冲的输入和较低浓度的营养脉冲下附着藻类的生长繁殖受到限制;而单次的大脉冲虽会使附着藻类的密度迅速上升,但由于营养及空间等生长繁殖限制的因素竞争使得附着藻类的密度迅速下降。

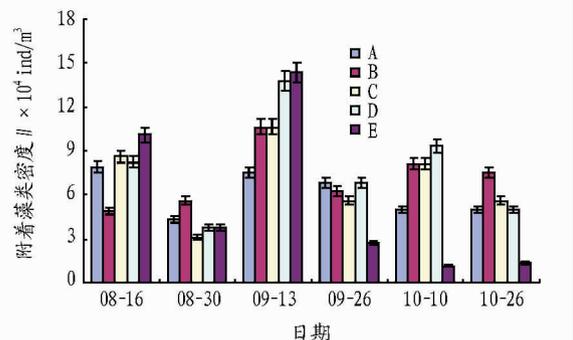


图 4 附着藻类密度

对附着藻类生物量与水体氮、磷进行相关性分析得知,附着藻类生物量与水体总氮呈显著正相关($P < 0.05$);与总磷极显著正相关($P < 0.01$)。

2.3 附着藻类对穗花狐尾藻生长的影响 附着藻类与穗花

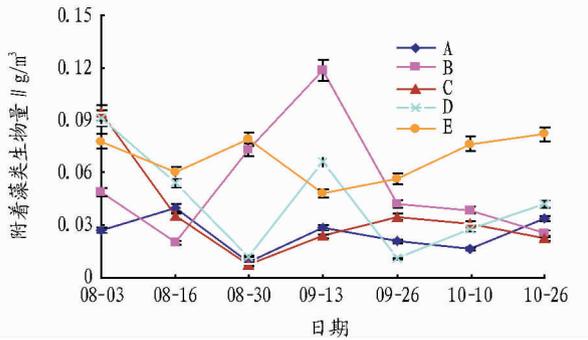


图5 附着藻类生物量

狐尾藻及周围水体环境关系密切,不仅能够表征水体营养盐等环境因子的特征,与狐尾藻植物、浮游植物类群也存在相互作用。表2记录了室内不同营养盐梯度下的系统的表现特征。试验结束时各系统内的穗花狐尾藻生长状况优劣依次为:C > B > A > D > E,说明穗花狐尾藻在中等偏高的周期性营养盐脉冲输入下生长良好,而过低和过高以及单次的大营养脉冲输入对穗花狐尾藻的良好生长均有影响。说明穗花狐尾藻在中等及中等偏高的周期性营养脉冲输入下生长状况要好于高营养和无周期性的脉冲输入。

3 讨论

3.1 微环境下水体总氮、总磷的变化 目前,对于微环境水

表2 各模拟系统表现特征

试验时间	A	B	C	D	E
8月2日	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈
8月16日	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈	狐尾藻盖度75%,株高60 cm,水质清澈
8月30日	狐尾藻有变黄现象,水呈黄绿色	狐尾藻长出5 cm高花穗,水体黄绿色	狐尾藻长势良好,水质清澈	狐尾藻长势良好,水质清澈	狐尾藻长势良好,水体呈淡黄绿色,加入营养脉冲
9月13日	小范围出现水绵,面积为5 cm × 5 cm	小范围出现水绵,面积为5 cm × 5.6 cm,狐尾藻长出5 cm高花穗,水体变黄	狐尾藻长势良好,水质清澈	狐尾藻长势良好,水质清澈	狐尾藻长势良好,水质清澈
9月26日	狐尾藻有变黄现象,水呈黄色	水绵面积变大为6 cm × 5.6 cm,狐尾藻长出5 cm高花穗,水呈变黄	狐尾藻长出5 cm高花穗,水呈淡黄色	狐尾藻长出5 cm高花穗,水呈黄绿色	狐尾藻长出5 cm花穗,有大团水绵附着在狐尾藻上,水呈淡黄色
10月10日	狐尾藻开始死亡,水呈黄色	长出水绵6 cm × 3 cm,水呈黄色	狐尾藻长出5 cm高花穗,水呈黄色	狐尾藻开始死亡,水体绿色	狐尾藻开始死亡、腐烂,水呈黄色
10月26日	狐尾藻大部分开始死亡,盖度不足30%	狐尾藻有少部分变黄死亡,盖度50%,水呈黄色	狐尾藻长出5 cm高花穗,水呈黄色	狐尾藻死亡,腐烂严重,水体绿色	狐尾藻死亡、腐烂严重,水呈黄色,有臭味

生态系统的研究主要集中在附着藻类对氮磷营养盐的负荷响应^[20]和沉水植物对水体氮磷的吸收与对附着藻类的影响^[8],以及附着藻类、浮游藻类和沉水植物三者之前的关系上^[21]。Meijer对荷兰Veluwe湖的生态修复研究的结果表明,水体的营养盐浓度达到一定程度后才会发生湖泊由草型向藻型的转化,说明湖泊的水环境对营养盐有一定的承载能力^[22]。

在室内模拟的微环境水体氮磷营养盐指标测定结果显示,各系统内的氮磷营养盐浓度至试验后期均达到动态平衡,单次的大脉冲也不至使建立系统坍塌(2012年E组8月30日N 0.162 g/L, P 0.025 g/L)。与Meijer对Veluwe湖的修复研究结果一致,在微环境下系统对周期性的营养脉冲同样具有负荷能力。

3.2 不同氮、磷负荷对附着藻类的影响 该研究发现,氮、磷的周期性脉冲的输入对穗花狐尾藻附着藻类的密度和生物量有显著的影响。由图5可以看出,5个系统内附着藻类密度差异性显著($P < 0.05$)。已有研究发现,氮磷含量的增加造成附着藻类的增长^[23-24],可以促进附着生物对N、P的吸收来满足自身的生长和能量的需求^[25],这与该试验初期至9月13日各系统内附着藻类的密度增加情况一致,随着周期性营养脉冲的输入逐渐增大,且营养盐负荷大的系统内附着藻类的密度也较大。宋玉芝等对N及N/P比下的附着藻类的影响研究显示,在试验结束时较高和较低的N/P比下

附着藻类的生物量均有显著下降,而中等浓度的N及N/P比下附着藻类的生物量有显著增加^[26]。说明中等浓度的N及N/P的较适宜附着藻类生长。这与试验后期结果相同,随着系统内营养盐不断累积和周期性的脉冲输入,N浓度及N/P比也随之增大,附着藻类在中等浓度的营养盐脉冲下的密度最大,而较低浓度和较高浓度的周期性营养脉冲下附着藻类的生长均受到不同程度的抑制,且较高浓度的周期性营养脉冲对附着藻类密度的抑制要高于较低周期性营养脉冲环境。

3.3 附着藻类对穗花狐尾藻的影响 在水体中,沉水植物、附着藻类和浮游藻类这三者之间存在着极为复杂的相互影响的关系^[27]。试验中,狐尾藻在试验初期均长势良好,随着营养盐的添加,附着藻类与沉水植物之间对营养和光的竞争,以及浮游藻类大量吸收光,导致沉水植物所接收的光衰减,对沉水植物产生不利影响,导致水生植被逐渐衰退甚至消亡^[20,28-29]。试验后期附着藻类的密度在较高的水平下保持动态的平衡。这是由于沉水植物也会反过来影响附着藻类,当光照和营养盐充足时,沉水植物引起水体氮、磷含量的降低从而限制浮游藻类的生长,并对浮游藻类有明显的生化抑制效应,但是随着营养盐的持续添加,沉水植物对浮游藻类的营养竞争就会降低,进而造成浮游藻类的大量增长^[28]。

4 结论

由此可见,附着藻类随水体氮、磷营养脉冲的周期性输

入呈明显的动态变化,对沉水植物的生长和衰败起重要作用,且对水体环境中氮、磷营养盐的浓度具有一定影响。因此,为防止湖泊由草型转向藻型,应降低水体中的氮、磷负荷以减少附着藻类生物量,增加水体的透明度以加大沉水植物对光的吸收及利用;同时,以沉水植物先锋物种逐步改善湖泊的水生态系统,降低甚至阻碍湖泊由草型向藻型转变,使得湖泊可以保持良好的生态稳态环境。

参考文献

- [1] PHILLIPS G L, EMINSON D, MOSS B. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwater[J]. *Aquatic Botany*, 1978, 4(1): 103-126.
- [2] KEMP W M, BOYNTON W R, TWILLEY R R, et al. The decline of submerged vascular plants in upper Chesapeake Bay: Summary of results concerning possible causes[J]. *Technology Society Journal*, 1983, 17(2): 78-89.
- [3] SAND-JENSEN K, RIIS T, VESTERGAARD O, et al. Macrophyte decline in Danish lakes and streams over the past 100 years[J]. *Journal of Ecology*, 2000, 88(6): 1030-1040.
- [4] TWILLEY R R, KEMP W M, STAVER K M, et al. Nutrient enrichment of estuarine submerged vascular plant communities. Part 1. Algal growth and effects on production of plants and associated communities[J]. *Marine Ecology-Progress Series*, 1985, 23(5): 179-191.
- [5] SAND-JENSEN K, REVSBECH N P. Photosynthesis and light adaptation in epiphyte-macrophyte association measured by oxygen microelectrodes[J]. *Limnology and Oceanography*, 1987, 32(2): 452-457.
- [6] SAND-JENSEN K. Epiphyte shading: its role in resulting depth distribution of submerged aquatic macrophytes[J]. *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica*, 1990, 25: 315-320.
- [7] 任向科. 人工基质附着藻类群落结构变化及其对水质的影响[D]. 广州: 暨南大学, 2009.
- [8] 宋玉芝, 秦伯强, 高光. 附着生物对富营养化水体氮磷的去除效果[J]. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(2): 180-185.
- [9] SEDDON S, CONNOLLY R S, EDYVANE K S. Large-scale seagrass die back in northern Spencer Gulf, South Australia[J]. *Aquat Bot*, 2000, 66: 297-310.
- [10] 秦伯强, 宋玉芝, 高光. 附着藻类在浅水在富营养化湖泊藻-草型生态系统转化过程中的作用[J]. *中国科学: C辑: 生命科学*, 2006, 36(3): 283-288.
- [11] 宋玉芝, 秦伯强, 高光. 附着生物对太湖沉水植物影响的初步研究[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(4): 928-932.
- [12] 宋玉芝, 黄瑾, 秦伯强. 附着生物对太湖常见的两种沉水植物快速光曲线的影响[J]. *湖泊科学*, 2010, 22(6): 935-940.
- [13] 宋玉芝, 秦伯强, 高光, 等. 附着生物对沉水植物伊乐藻生长的研究[J]. *生态环境*, 2007, 16(6): 1643-1647.
- [14] MORIN J O N, KIMBALL K D. Relationship of macrophyte-mediated changes in the water column to periphyton composition and abundance[J]. *Freshwater Biology*, 1983, 13(5): 403-414.
- [15] PIP E, ROBINSON G. A comparison of algal periphyton composition on eleven species of submerged macrophytes[J]. *Aquatic Ecology*, 1984, 18(2): 109-118.
- [16] BLINDOW I. The composition and density of epiphyton on several species of submerged macrophytes: The neutral substrate hypothesis tested[J]. *Aquatic Botany*, 1987, 29(2): 157-168.
- [17] 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: 243-284.
- [18] 胡鸣钧, 魏印心. 中国淡水藻类: 系统、分类及生态[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [19] 黄祥飞. 湖泊生态调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [20] 黄瑾, 宋玉芝, 秦伯强. 不同营养水平下苦草对附着和浮游藻类的影响[J]. *环境科学与技术*, 2010, 33(11): 17-21.
- [21] 李佩. 附着藻类及浮游植物与苦草的相互关系研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [22] MEIJER M L. Biomanipulation in the Netherlands: 15 years of experience[M]. Wageningen: Wageningen University, 2000: 1-208.
- [23] MOSISCH T D, BUNN S E, DAVIES P M. Effects of shade and nutrient manipulation on periphyton growth in a subtropical stream[J]. *Aquatic Botany*, 1999, 64(2): 167-177.
- [24] HAVENS K E, HAUXWELL J, TYLER A C. Complex interactions between autotrophs in shallow marins and freshwater ecosystems: implications for community responses to nutrient stress[J]. *Environmental Pollution*, 2001, 113(1): 95-107.
- [25] LIN H J, NIXON S W, ITAYLOR D. Responses of epiphytes on eelgrass, *Zostera marina* L., to separate and combined nitrogen and phosphorus enrichment[J]. *Aquatic Botany*, 1996, 52(4): 243-258.
- [26] 宋玉芝, 秦伯强, 高光. 氮及氮磷比对附着藻类及浮游藻类的影响[J]. *湖泊科学*, 2007, 19(2): 125-130.
- [27] 张亚娟, 刘存歧, 张晶, 等. 附着物对菹草光合作用速率的抑制效应[J]. *环境科学研究*, 2014, 27(1): 86-91.
- [28] 杨清心. 富营养水体中沉水植物与浮游藻类相互竞争的研究[J]. *湖泊科学*, 1996, 8(S1): 17-24.
- [29] LIBORIUSSEN L, JEPPESEN E. Temporal dynamic in epipelagic, pelagic and epiphytic algal production in a clear and a turbid shallow lake[J]. *Freshwater Biology*, 2003, 48(3): 418-431.
- [9] HAUGLAND R A, VESPER S J, HARMON S. Phylogenetic relationships of *Memnoniella* and *Stachybotrys* species inferred from ribosomal DNA sequences and evaluation of morphological features for *Memnoniella* species identification[J]. *Mycologia*, 2001, 96: 54-65.
- [10] JONG S C, DAVIS E E. Contribution to the knowledge of *Stachybotrys* and *Memnoniella* in culture[J]. *Mycotaxon*, 1976, 3: 409-485.
- [11] SHOEMAKER R A. Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolaris*, grass parasites segregated from *Helminthosporium*[J]. *Canadian Journal of Botany*, 1959, 37: 879-887.
- [12] 耿月华, 张天宇, 王洪凤. 藏东三江峡谷地带土壤暗色丝孢菌研究初报[J]. *菌物学报*, 2008, 27(1): 39-47.
- [13] 刘钢, 周与良. 真菌分类技术的进展[J]. *微生物学通报*, 1995, 22(6): 362-365.
- [14] 张天宇. 丝孢孢子真菌的分类问题[J]. *山东农业大学学报*, 1999, 30(S1): 24-32.

(上接第9779页)

- [3] CHLEBICKI A. *Cephalotrichum stemonitis* as a biofilm inhabitant in the gold mine in Poland[J]. *Acta Mycologica*, 2008, 43(1): 67-70.
- [4] JIANG Y L, XU J J, WU Y M, et al. Studies on *Cephalotrichum* from soils in China-twelve new species and two new combinations[J]. *Mycotaxon*, 2011, 117: 207-225.
- [5] 耿月华, 张猛, 李跃, 等. 河南郑州玉米田4种暗色丝孢真菌的鉴定[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(13): 3884-3886.
- [6] GENG Y H, ZHANG T Y. Soil dematiaceous hyphomycetes from Lhasa River Valley, Tibet, China[J]. *Mycosystema*, 2010, 29(6): 786-790.
- [7] ZHANG K, MA J, ZHANG X G. Taxonomic studies of *Corynespora* from Hainan, China[J]. *Mycotaxon*, 2008, 104: 153-157.
- [8] ELLIS D H, GRIFFITHS D A. The fine structures of conidial development in the genus *Torula*. f. *herbarum* (Pers.) Link ex S. F. Gray and *T. herbarum* f. *quaternella* Sacc[J]. *Can J Microbiol*, 1975, 21: 1661-1675.