

芦苇化感组分对斜生栅藻 *Scenedesmus obliquus* 生长特性的影响

闫玉洁¹, 胡洪营^{1*}, 李锋民²

1. 清华大学环境科学与工程系/环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084;

2. 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛 266003

摘要:水华或赤潮现象是备受关注的环境问题之一。利用植物化感作用抑制藻类生长作为一种新型的生物抑藻技术在近年来开始受到研究者的重视, 并取得了一定的研究成果。文章研究了从芦苇 *Phragmites communis* Trin 中分离得到的化感组分对斜生栅藻 *Scenedesmus obliquus* 生长特性的影响。在藻类的对数生长期向培养液中投加不同浓度的化感组分, 分别测定并观察了培养期间受试藻种藻密度、藻细胞结构和群体形态的变化。结果表明, 该化感组分在培养初期对斜生栅藻藻密度的增长具有明显的抑制作用, 半效应质量浓度 ($EC_{50, 4d}$) 值为 $0.45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 但在培养 6 d 后, 出现促进作用, 且随投加浓度的增加而增强。斜生栅藻生长受到抑制期间, 藻细胞形态变大, 投加 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 化感组分时, 藻细胞平均宽度是对照组的 2 倍。TEM 观察结果表明藻细胞亚显微结构受到破坏。另外, EMA 提高了斜生栅藻的沉降性和吸附性。

关键词:化感作用; 芦苇; 斜生栅藻; 生长特性; 水华控制

中图分类号: Q945.78

文献标识码: A

文章编号: 1672-2175 (2006) 05-0925-05

近年来, 富营养化已经成为全球性的环境问题, 几乎所有的湖泊和城市景观水体都存在着不同程度的富营养化^[1]。由富营养化引发的藻类爆发性繁殖, 即水华 (water bloom) 或赤潮 (red tide)^[2] 的范围与影响正在不断扩大和恶化^[3]。水华不仅导致水产养殖业蒙受经济损失, 同时也破坏水域生态景观。一些水华藻类能够释放藻毒素, 造成水体中其它生物死亡, 导致生态系统失衡; 藻毒素还会通过食物链进入人体, 危害人体健康。一次严重水华或赤潮造成的经济损失超过数百万美元^[3]。我国在“七五”以来在江苏太湖、安徽巢湖、昆明滇池、武汉东湖开展了较为系统的湖泊富营养化控制研究, 虽取得了一系列研究成果, 但仍未有突破性的进展^[4-5]。因此, 有效控制水体富营养化, 防治水华成为环境领域需要深入持续研究的前沿和热点问题之一。

现有的藻类控制技术按其原理可分为三大类: 物理技术、化学技术和生物技术。其中短期效果最好, 最常用的是化学技术^[6]。化学技术是通过化学药剂 (统称杀藻剂) 来控制水中藻类的繁殖。常见的杀藻剂有硫酸铜和有机农药等。化学除藻技术虽能立竿见影, 但它将不可避免地破坏生态平衡并造成二次环境污染^[7]。物理技术和传统的生物技术则存在着操作时间长、难度高和费用大等缺点。因此, 寻找一种高效、经济、安全的新型抑藻技术成为富

营养化水体控制领域的重要课题。利用植物化感作用抑制藻类生长被认为是一种新型的生物抑藻技术。该技术具有高效、生态安全性较好等特点, 因而受到国内外专家学者的关注。

“化感作用 (allelopathy)”一词由 Molisch 于 1937 年首次提出, 后来 Rice 将其定义为一种植物通过向环境中释放化学物质影响其它生物生长的现象^[8-9]。这类化学物质称为化感物质。多种生活类型的水生植物对藻类具有生长抑制作用。国内外已有研究发现, 湿生植物马蹄莲 *Zantedeschia aethiopica*^[10]、沉水植物中的穗状狐尾藻 *M. spicatum* L.、水盾草 *Cabomba caroliniana*^[11]、金鱼藻 *Ceratophyllum demersum* L.^[12-13]、大茨藻 *Najas marina* ssp.^[12]、轮藻 *Chara*^[14]、*Stratiotes aloides*^[15] 以及浮水植物中的凤眼莲 *Eichhornia crassipes*^[16-17]、水浮莲 *Pistia stratiotes*、满江红 *Azolla imbricate*、浮萍 *Lemna minor*、紫萍 *Spirodela polyrhiza*^[17] 等对常见的水华蓝藻和绿藻具有一定的化感抑制作用。凤眼莲根部干粉及浸提液对赤潮藻类塔玛亚历山大藻 *Alexandrium tamarense* 也具有显著的抑制作用^[18]。

本课题组在对大型挺水植物的研究中发现芦苇 *Phragmites communis* Trin 对典型水华藻类铜绿微囊藻 *Microcystis aeruginosa* 和蛋白核小球藻 *Chlorella pyrenoidosa* 具有强抑制作用^[19-20]。进一步对芦苇进行提取、分离, 得到一种化感组分^[21]。

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划项目 (2004BA809B0402)

作者简介: 闫玉洁 (1983—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为富营养化藻类的控制。E-mail: menyj@mails.tsinghua.edu.cn

*通讯作者, E-mail: hyhu@mails.tsinghua.edu.cn

收稿日期: 2006-05-09

经生物检测,发现其对铜绿微囊藻和蛋白核小球藻具有很强的抑制作用,半效应质量浓度(EC_{50})值分别为 $0.79 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.49 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,但对普通小球藻*Chlorella vulgaris*却没有表现出明显的抑制作用^[21]。芦苇化感组分对上述3种藻类所产生的不同作用特性表明其对藻类的生长抑制作用具有选择性。Körner, Mulderij, Schrader和Sun等人的研究也表明抑藻物质对不同种属的藻类具有不同程度的生长抑制作用^[3, 14, 22-23]。实际水体中往往存在多种藻类,并形成一定的群落结构。由于化感物质对不同藻类具有不同的抑制特性,在投入水体后很可能使原有的藻类群落结构发生改变。因此,研究化感物质对多种藻类生长特性的影响,对其在富营养化水体中的实际应用具有重要的指导意义。本论文研究了芦苇化感组分对常见淡水藻类斜生栅藻*Scenedesmus obliquus*生长特性的影响。

1 实验材料与方法

1.1 材料

实验所用斜生栅藻由中国科学院水生生物研究所淡水藻种库提供。实验前采用SE培养基预培养4~6 d,使之处于对数生长期。SE培养基配方如表1所示。

表1 SE培养基成分
Table 1 The composition of SE medium

化学成分	浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	化学成分	浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
NaNO_3	250	FeCl_3	16.2
$\text{K}_2\text{HPO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	75	Na_2EDTA	200
$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	75	H_3BO_3	2.86
$\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	25	$\text{MnCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.81
KH_2PO_4	175	$\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22
NaCl	25	$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.079
$\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.5	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.039

化感组分采用乙醇提取、溶剂萃取法从芦苇中分离得到,其主要成分为:体积分数为78%的2-甲基乙酰乙酸乙酯(ethyl-2-methylacetoacetate, EMA);体积分数为17%的戊酮酸乙酯(ethyl levulinate)^[21]。实验证明,其中EMA为具有抑藻活性的化感物质^[21]。芦苇采自清华大学荷塘。

1.2 实验方法

1.2.1 抑藻活性检测方法

采用培养液法,通过摇瓶实验对芦苇化感组分做抑藻活性检测。培养混合液总体积200 mL,其中包括5 mL处于对数生长期的藻种液、一定量的培养液(121 °C灭菌20 min)和化感组分溶液。化感组分溶液的质量浓度梯度为0, 0.5, 0.75, 1, 2, 3, $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,每个质量浓度设3个平行样。将上述培养混合液置于温度25 °C,相对湿度75%,光照强度

$40\sim 60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,光暗时间比14 h:10 h的人工气候箱中培养1周左右。

1.2.2 藻类生长测定方法

采用显微镜计数法,每天在显微镜下用血球计数板进行计数,测定藻密度;采用测微物尺和测微目镜测定藻细胞大小。通过投射电子显微镜(TEM)观察藻细胞亚显微结构,TEM照片由中国农业科学院原子能利用研究所协助拍摄。

1.2.3 数据处理方法

根据藻密度计算相对抑制率。对于具有抑制作用的受试藻类,求出其半效应质量浓度(EC_{50})值。化感组分对藻类的相对抑制率计算公式如下^[6]:

$$IR(\%) = (1 - N/N_0) \times 100$$

其中,IR为相对抑制率,N为加入化感组分实验组的藻密度($\text{个}\cdot\text{mL}^{-1}$), N_0 为对照组藻密度($\text{个}\cdot\text{mL}^{-1}$)。

2 结果与讨论

2.1 对斜生栅藻生长特性的影响

2.1.1 对藻密度的影响

图1为投加化感组分后斜生栅藻的生长曲线。由图1可以看出,对照组的生长曲线前两天为迟滞期,之后进入对数生长期。而加入化感组分的实验组中,前4 d,斜生栅藻生长缓慢,藻密度一直保持在较低水平。这表明培养初期,化感组分抑制了斜生栅藻的生长。而培养5 d后,投加化感组分的实验组藻密度开始上升,培养6 d后,投加化感组分的实验组中斜生栅藻藻密度超过了对照组。以上结果表明,在加入化感组分后期,斜生栅藻的生长受到了一定的促进作用。

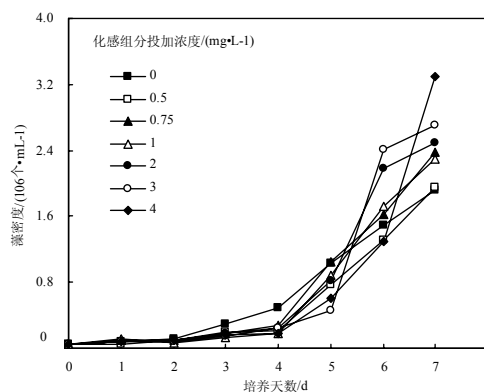


图1 投加化感组分后斜生栅藻的生长曲线

Fig. 1 The growth curve of *S. obliquus* with the addition of allelopathic fraction

利用相对抑制率公式分别求出培养4~7 d后的相对抑制率如图2所示。由图2可见,培养4 d时,化感组分对斜生栅藻具有抑制作用,从相对抑制率随

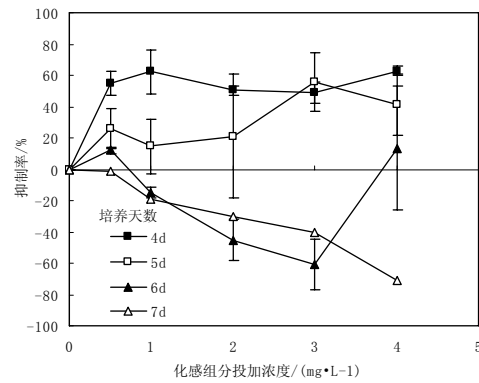


图2 化感组分对斜生栅藻抑制率的变化 (n=3)
Fig. 2 The growth inhibition ratio of the allelopathic fraction on *S. obliquus* (n=3)

化感组分投加浓度的变化曲线上求得 $EC_{50, 4d}$ 值为 $0.45\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。有研究报道, 凤眼莲等浮水植物^[16-17]和石菖蒲^[24]对斜生栅藻也具有一定的抑制作用。

培养5 d后, 化感组分对斜生栅藻的相对抑制率开始下降。6 d后, 相对抑制率出现负值, 即表现出促进作用, 并且化感组分投加浓度越高, 促进作用越强。化感组分投加到藻类培养液中后, 有效化感物质 (EMA) 可能被藻细胞代谢降解或自身发生转化, 从而随着培养时间的延长, 培养混合液中有效化感物质的浓度逐渐下降, 对藻类的抑制作用也会逐渐减弱。同时, 其代谢或转化的产物也可能对斜生栅藻产生了一定的促进作用。关于该现象有待进一步研究。

2.1.2 对藻细胞形态的影响

培养5 d后含不同质量浓度芦苇化感组分的培养液中斜生栅藻细胞大小分布如图3所示, 藻细胞平均宽度见表2。

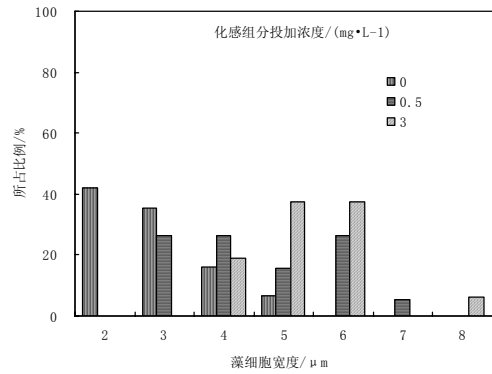


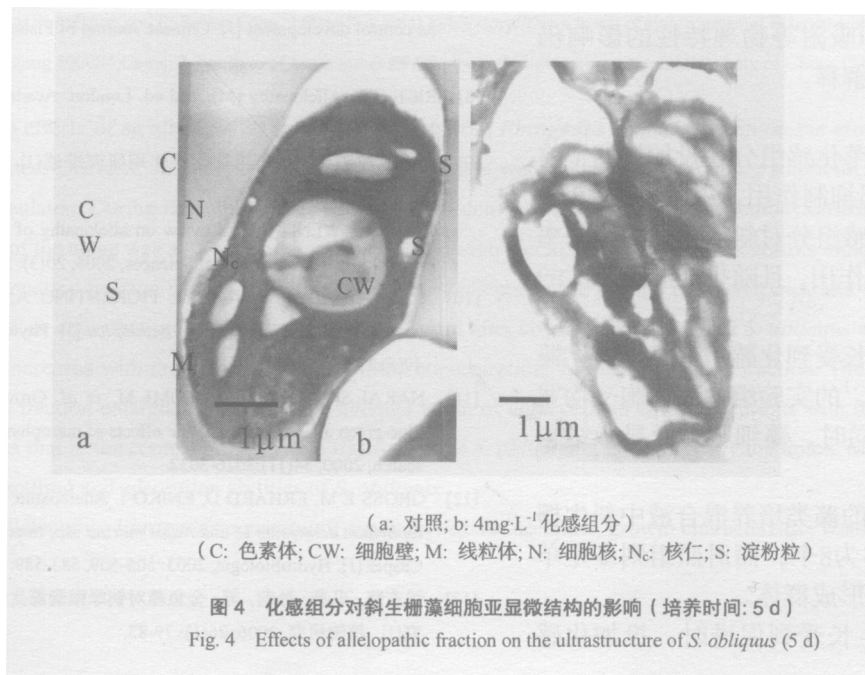
图3 含不同浓度化感组分的培养液中斜生栅藻细胞大小分布 (培养时间: 5 d)
Fig. 3 The size distribution of *S. obliquus* in culture solutions with different concentrations of the allelopathic fraction (5 d)

表2 含不同浓度化感组分的培养液中斜生栅藻细胞平均宽度 (培养时间: 5 d)

投加质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0	0.5	3
藻细胞平均宽度/ μm	2.9	4.5	5.4

由图3和表2可以看出, 加入化感组分后, 斜生栅藻细胞变大。 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 实验组中细胞平均宽度约为对照组的2倍。化感物质EMA可以破坏细胞膜, 改变膜透性^[21], 也可能使细胞内具有膜结构的细胞器或细胞核解体, 造成细胞内含物外泄, 从而使藻细胞发生溶胀而变大。另外, 还可能是化感物质阻碍了斜生栅藻似亲孢子的形成或释放^[25], 使得细胞内营养物质增加, 体积变大。

投加化感组分后培养5 d时斜生栅藻细胞亚显微结构的变化如图4a, b所示。投加化感组分后斜



(a: 对照; b: $4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 化感组分)
(C: 色素体; CW: 细胞壁; M: 线粒体; N: 细胞核; Nc: 核仁; S: 淀粉粒)

图4 化感组分对斜生栅藻细胞亚显微结构的影响 (培养时间: 5 d)
Fig. 4 Effects of allelopathic fraction on the ultrastructure of *S. obliquus* (5 d)

生栅藻细胞边缘变得不规则,细胞核消失,线粒体等细胞器解体,淀粉粒体积增大,数量增多,细胞结构出现显著的紊乱现象。

通过光学显微镜观察,对照组中正常生长的斜生栅藻一般是单个细胞或2~4个细胞形成排列整齐的群体。加入化感组分前4 d,斜生栅藻的生长受到一定抑制,2~4个细胞形成的群体排列变得松散,不规则。5 d后,斜生栅藻的生长受到一定促进作用,化感组分投加质量浓度为1、2、3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的实验组中斜生栅藻则多形成8个细胞组成的群体。加入化感组分的藻类培养混合液呈现的绿色明显深于对照组。

在静置状态下,含有化感组分的培养混合液中的藻细胞多沉降在锥形瓶底部,且有贴壁现象,而对照组中的藻细胞则多悬浮于培养液中,且不发生贴壁。培养5 d后,投加化感组分的实验组中,斜生栅藻大多以8细胞群体存在。斜生栅藻细胞群体中细胞个数的增加会使斜生栅藻平均颗粒体积(mean particle volume, MPV)增大^[26],从而提高沉降速率。Mulderij^[26]在水生植物*Stratiotes aloides*对斜生栅藻群体形成影响的研究中也发现,加入*S. aloides*的种植水后,形成多细胞群体的斜生栅藻所占比例增加,MPV值增大,从而使藻类在水中的沉降性能增强。Lüring^[27]的研究发现,表面活性剂FFD-6在低于对斜生栅藻产生明显抑制作用的投加质量浓度(1~10 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$),即0.001~0.01 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时能够促进斜生栅藻形成细胞群体。投加FFD-6后,培养液中由2、4或8个藻细胞形成的群体所占比例显著增加。这与本实验得到的结果类似。而轮藻,伊乐藻和狐尾藻的浸出液不能促进斜生栅藻细胞群体的形成,加入浸出液后,斜生栅藻的MPV值没有受到影响^[28]。化感物质对藻细胞沉降和吸附等物理特性的影响仍需通过进一步的研究来解释。

3 结论

(1) 本文研究的芦苇化感组分在投加初期(前4 d)对斜生栅藻具有强抑制作用, $EC_{50,4d}$ 值为0.45 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;培养5 d后,化感组分对斜生栅藻的抑制率下降,6 d后表现为促进作用,且随投加质量浓度的增加,促进作用增强。

(2) 在斜生栅藻生长受到化感组分抑制时,藻细胞变大,投加0.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的实验组中藻细胞平均宽度是对照组的近2倍。同时,藻细胞的亚显微结构发生变化。

(3) 加入化感组分的藻类培养混合液中斜生栅藻群体中藻细胞个数多为8个,而对照组则多是单细胞以及2或4个藻细胞形成群体。

(4) 在斜生栅藻生长受到促进时,投加化感

组分的实验组较对照组易沉降,且出现易贴壁的现象。

参考文献:

- [1] 李小平. 美国湖泊富营养化的研究和治理 [J]. 自然杂志, 2002, 24(2):63-68.
LI Xiaoping. Lake eutrophication research and control in USA [J]. Nature Magazine, 2002, 24(2): 63-68.
- [2] 周云龙, 于明. 水华的发生、危害和防治[J]. 生物学通报, 2004, 39(6):11-14.
ZHOU Yunlong, YU Ming. Review on the occurrence, harm, prevention and control of water blooms [J]. Bulletin of Biology, 2004, 39(6): 11-14.
- [3] SUN X X, CHOI J K, KIM E K. A preliminary study on the mechanism of harmful algal bloom mitigation by use of sophorolipid treatment [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2004, 304:35-49.
- [4] 毛国柱, 刘永, 郭怀成, 等. 湖泊富营养化控制技术综合集成方法框架[J]. 环境工程, 2006, 24(1): 65-68.
MAO Guozhu, LIU Yong, GUO Huaicheng, et al. Comprehensive integration of lake eutrophication control technique [J]. Environmental Engineering, 2006, 24(1): 65-68.
- [5] 王国祥, 成小英, 濮培民. 湖泊藻型富营养化控制: 技术、理论及应用[J]. 湖泊科学, 2002, 14(3): 273-282.
MAO Guozhu, LIU Yong, GUO Huaicheng. Lake eutrophication control in technology, theory and application[J]. Journal of Lake Science, 2002, 14(3): 273-282.
- [6] 李锋民, 胡洪营. 芦苇抑藻化感物质的分离及其抑制蛋白核小球藻效果研究[J]. 环境科学, 2004, 25(5):89-92.
LI Fengmin, HU Hongying. Isolation and effects on green algae *Chlorella pyrenoidosa* of algal inhibiting allelochemicals in the macrophyte, *Phragmites communis* Tris [J]. Environmental Science, 2004, 25(5): 89-92.
- [7] 王扬才, 陆开宏. 蓝藻水华的危害及治理动态[J]. 水产学杂志, 2004, 17(1):90-93.
WANG Yangcai, LU Kaihong. Harmful effects of cyanobacteria and its control development [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2004, 17(1): 90-93.
- [8] RICE E L. Allelopathy [M]. 2nd ed. London: Academic Press, 1984: 1-2.
- [9] 林嵩, 翁伯琦. 外来植物化感作用研究综述[J]. 福建农业学报, 2005, 20(3): 202-210.
LIN Song, WENG Boqi. Review on allelopathy of exotic plants [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2005, 20(3): 202-210.
- [10] GRECA M D, FERRARA M, FIORENTINO A, et al. Antialgal compounds from *Zantedeschia aethiopica* [J]. Phytochemistry, 1998, 49(5):1299-1304.
- [11] NAKAI S, INOUE Y, HOSOMI M, et al. Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of marophytes [J]. Water Research, 2000, 34(11):3026-3032.
- [12] GROSS E M, ERHARD D, ENIKÖ I. Allelopathic activity of *Ceratophyllum demersum* L. and *Najas marina* ssp. *Intermedia* (Wolfgang) Casper [J]. Hydrobiologia, 2003: 506-509, 583-589.
- [13] 钱志萍, 冯燕, 孙莉, 等. 金鱼藻对铜绿微囊藻生长的抑制作用研究[J]. 植物研究, 2006, 26(1): 79-83.

- QIAN Zhiping, Feng Yan, Sun li, *et al.* Inhibitory effects of *Ceratophyllum oryzetorum* on the growth of *Microcystis aeruginosa*[J]. Bulletin of Botanical Research, 2006, 26(1): 79-83.
- [14] MULDERIJ G, VAN DONK E, ROELOFS J G M. Differential sensitivity of green algae to allelopathic substances from *Chara*[J]. Hydrobiologia, 2003, 491(1-3):261-271.
- [15] MULDERIJ G, SMOLDERS A J P, VAN DONK E. Allelopathic effect of the aquatic macrophyte, *Stratiotes aloides*, on natural phytoplankton[J]. Freshwater Biology, 2006, 51(3): 554-561.
- [16] 孙文浩, 俞子文, 余叔文. 水葫芦对藻类的克制效应[J]. 植物生理学报, 1988, 14(3):294-300.
- SUN Wenhao, YU Ziwen, YU Shuwen. Inhibitory effect of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms on algae[J]. Acta Phytophysiologica Sinica, 1988,14(3): 294-300.
- [17] 俞子文, 孙文浩, 郭克勤, 等. 几种高等水生植物的克藻效应[J]. 水生生物学报, 1992, 16(1): 1-7.
- YU Ziwen, SUN Wenhao, GUO Keqin, *et al.* Allelopathic effects of several aquatic plants on algae[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1992, 16(1): 1-7.
- [18] CHEN Z L, YANG W D, LIU J S, *et al.* Allelopathic effects of *Eichhornia crassipes* roots on *Alexandrium tamarense*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005, 29(3): 313-317.
- [19] 李锋民, 胡洪营. 大型水生植物浸出液对藻类的化感抑制作用[J]. 中国给水排水, 2003, 12(11):18-21.
- LI Fengmin, HU Hongying. Allelopathy and inhibitory effect of extract from macrophytes on algae growth [J]. China Water & Wastewater, 2003, 12(11): 18-21.
- [20] LI F M, HU H Y. Allelopathic effects of different macrophytes on the growth of *Microcystis aeruginosa* [J]. Allelopathy Journal, 2005, 15(1): 145-152.
- [21] LI F M, HU H Y. Isolation and characterization of a novel antialgal allelochemical from *Phragmites communis* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2005, 71(11): 6545-6553.
- [22] KÖRNER S, NICKLISCH A. Allelopathic growth inhibition of selected phytoplankton species by submerged macrophytes [J]. Journal of Phycology, 2002, 38:852-871.
- [23] SCHRADER K K, NANAYAKKARA N P D, TUCKER C S, *et al.* Novel derivatives of 9, 10-anthraquinone are selective algicides against the musty-odor cyanobacterium *Oscillatoria perornata* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2003(69): 5319-5327.
- [24] 何池全, 叶居新. 石菖蒲(*Acorus tatarinowii*) 克藻效应的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 754-758.
- HE Chiquan, YE Juxin. Inhibitory effects of *Acorus tatarinowii* on algae growth[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(5): 754-758.
- [25] 刘静玲, 郎佩珍. 硝基芳烃类对斜生栅列藻的毒性及中毒症状[J]. 环境科学, 1995, 16(2): 7-10.
- LIU Jingling, LANG Peizhen. Toxicities of nitroaromatic compounds to *Scenedesmus obliquus* and toxic symptoms [J]. Chinese Journal of Environmental Science, 1995, 16(2): 7-10.
- [26] MULDERIJ G, MOOIJ W M, VAN DONK E. Allelopathic growth inhibition and colony formation of the green alga *Scenedesmus obliquus* by the aquatic macrophyte *Stratiotes aloides* [J]. Aquatic Ecology, 2005, 39(1): 11-21.
- [27] LÜRLING M. Effects of a surfactant (FFD-6) on *Scenedesmus* morphology and growth under different nutrient conditions[J]. Chemosphere, 2006, 62(8): 1351-1358.
- [28] LÜRLING M, VAN GEEST G, SCHEFFER M. Importance of nutrient competition and allelopathic effects in suppression of the green alga *Scenedesmus obliquus* by the macrophytes *Chara*, *Elodea* and *Myriophyllum*[J]. Hydrobiologia, 2006, 556: 209-220.

Effects of an allelopathic fraction from *Phragmites communis* Trin on the growth characteristics of *Scenedesmus obliquus*

MEN Yujie¹, HU Hongying¹, LI Fengmin²

1. Environmental Simulation and Pollution Control State Key Joint Laboratory//Department of Environmental Science and Engineering Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Institute of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

Abstract: The effects of an allelopathic fraction extracted from *Phragmites communis* Trin on the growth of *Scenedesmus obliquus* were investigated. Different amounts of the allelopathic fraction were added into the culture solutions, in which the same amount of algae was inoculated. During the cultivation period, the cell density was determined by hemocytometer under a microscope and the ultrastructure of the algae was also observed under a transmission electron microscope. The results indicated that, during the first four days, the allelopathic fraction showed significant inhibitory effects on the growth of *S. obliquus*, and the value of $EC_{50, 4d}$ was $0.45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. After four days, the inhibitory effects decreased. And after six days, the growth of *S. obliquus* was stimulated, and the stimulating effects increased with the increasing of the initial concentrations of the allelopathic fraction. The algal cells with the treatment of allelopathic fraction enlarged obviously. The average width of algal cells in culture solutions with $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ allelopathic fraction was as twice as that in the control group. The ultrastructure of *S. obliquus* was also greatly disrupted. Moreover, the addition of EMA increased the settling and adsorption abilities of *S. obliquus*.

Key words: allelopathy; *Phragmites communis* Trin; *Scenedesmus obliquus*; growth characteristic; water bloom control