

# 鼠尾藻和鸭毛藻水提液对三角褐指藻的抑制作用

周世伟, 刘苏静, 杨翠云, 夏传海\*

中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003

**摘要:**调查了鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* 和鸭毛藻 *Symphyclocladia latiuscula* 水提液对三角褐指藻 *Phaeodactylum tricornutum* 生长的抑制作用。结果表明, 海藻水提液明显抑制三角褐指藻生长, 并且这种抑制作用来自藻体活性物质(化感物质); 鼠尾藻和鸭毛藻的化感物质既溶于水也溶于乙醇, 随时间可能被三角褐指藻消耗尽或发生降解, 因而抑制作用减弱以至消失, 最大抑制发生在接种 4 d。鼠尾藻和鸭毛藻水提液抑制三角褐指藻生长的半效应质量浓度( $EC_{50, 96h}$ )分别为  $4.37\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $3.59\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 暗示三角褐指藻对鸭毛藻水提液抑制的反应更敏感。

**关键词:** 海藻; 水提液; 化感作用; 生长抑制

**中图分类号:** X171.5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2009) 06-2027-06

近年来氮、磷等营养物质大量排入水体, 使近海海域富营养化问题日益突出, 导致赤潮频发, 且规模不断扩大<sup>[1-2]</sup>。不仅给渔业生产造成重大经济损失, 而且危害人类的生存环境<sup>[2]</sup>, 因此, 如何控制和消除有害赤潮藻一直是人们关注的焦点。当前, 利用植物化感作用来抑制藻类生长的方法, 因其具有来自自然、生态危险小、效果好等优点而受到人们越来越多的重视, 已成为筛选和发现新除藻剂的重要途径<sup>[3-4]</sup>。

研究发现大型海藻有抑制微藻生长的作用<sup>[5-8]</sup>, 但迄今为止, 人们对大型海藻和微藻间相互作用的了解还较少, 不清楚是单一的相生相克作用机制还是营养竞争的作用机制, 或者二者共存<sup>[7-12]</sup>; 另外, 已开展的研究多集中于石莼 *Ulva pertusa*<sup>[5, 7-10, 13-14]</sup> 及小珊瑚藻 *Corallina pilulifera*<sup>[7, 15-16]</sup> 和江蓠 *Gracilaria lemaneiformis*<sup>[8, 10, 12]</sup>, 对鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* 和鸭毛藻 *Symphyclocladia latiuscula* 抑制微藻生长的报道尚不多见<sup>[7, 17]</sup>。

鼠尾藻和鸭毛藻是烟台海域常见的大型海藻, 本文研究它们的水提液对三角褐指藻 *Phaeodactylum tricornutum* 的生长抑制作用, 旨在揭示大型海藻对微藻的防御机制—化感作用, 为直接利用大型海藻分泌的或体内含有的天然活性物质作为除藻剂、为实现利用大型海藻控制和消除赤潮以及海域生态修复提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

三角褐指藻无菌株由中国科学院海洋研究所提

供, 于 f/2 培养液中培养至对数生长期。培养条件为  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 光照强度  $4\ 000\text{ lx}$ , 光暗比(L:D)=12 h:12 h, 培养瓶每天定时晃动 2 次, 以防止其附壁生长。

鼠尾藻和鸭毛藻采自烟台月亮湾, 先去除杂藻, 然后用灭菌海水洗去泥沙及附着物, 室温晾干后, 用研钵研磨成粉末, 存于玻璃瓶中备用。

天然海水来自烟台海域, 经脱脂棉过滤后通过  $0.45\ \mu\text{m}$  滤膜,  $121\text{ }^{\circ}\text{C}$  高压灭菌 30 min, 备用。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 大型海藻浸提液的制备

分别称取 50 g 鼠尾藻和鸭毛藻粉末, 放置 500 mL 三角瓶中, 用 300 mL 过  $0.45\ \mu\text{m}$  滤膜的灭菌海水浸泡 24 h,  $4\ 000\text{ r/min}$  离心 10 min, 收集上清液。重复浸泡、离心 3 次, 最后定容, 得到 1 L 提取液, 放于  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱备用。

向鼠尾藻离心后的残渣中加入 300 mL 无水乙醇, 浸泡 24 h,  $4\ 000\text{ r/min}$  离心 10 min, 收集上清液, 重复浸泡、离心 3 次, 合并上清液。在旋转蒸发仪上将乙醇提取液蒸至近干, 然后取出膏状固体样溶于 20 mL 二甲基亚砜(DMSO), 转移至 1 L 容量瓶, 用过  $0.45\ \mu\text{m}$  滤膜的灭菌海水定容。再将其通过  $0.22\ \mu\text{m}$  滤膜, 放于  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱备用。

#### 1.2.2 大型海藻提取液的抑制实验

在灭菌的 250 mL 三角瓶中加入过  $0.45\ \mu\text{m}$  滤膜的灭菌海水 100 mL, 并用 f/2 营养液加富, 然后加入不同体积的海藻水提液, 使最终样品中提取液的质量浓度梯度为 0、0.81、1.63、2.44、3.25、4.07、4.88、5.69、6.50、 $7.32\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 各处理的体积差以灭

**基金项目:** 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q07-04); 烟台市科学技术发展计划项目(FJ0811BX-077); 国家海藻工程技术研究中心开放基金项目(OK0810BX-078)

**作者简介:** 周世伟(1975年生), 男, 博士, 助理研究员, 从事环境化学研究。E-mail: swzhou@yic.ac.cn

\*通讯作者: 夏传海, 男, 博士, 研究员, 主要从事化学生态学。E-mail: chxia@yic.ac.cn

**收稿日期:** 2009-09-25

菌海水补齐。立即接入已培养至对数生长期的三角褐指藻液,接种藻密度约  $1.5 \times 10^5 \sim 2 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ 。进行细胞计数,并放于光照培养箱培养 12 d,培养条件为  $20^\circ\text{C}$ ,光照强度  $4000 \text{ lx}$ ,光暗比(L:D)=12 h:12 h,培养瓶每天定时晃动 2 次,以防止其附壁生长。每 24 h 进行三角褐指藻计数测定,在接种 5 d 和 10 d 还同时测量三角褐指藻叶绿素 a 含量。实验设 3 次重复,共 60 个处理。

对于鼠尾藻水提后残渣再经乙醇提取获得的提取液,其抑制实验方法同上,只是需要用 DMSO 补齐各处理的 DMSO 差异、用灭菌海水补齐各处理的体积差异。在本实验中,不再测量三角褐指藻的叶绿素 a 含量。同样,实验设 3 次重复,共 30 个处理。

### 1.2.3 三角褐指藻细胞计数和叶绿素 a 测定

每 24 h 进行三角褐指藻计数测定:每次定时取出 1 mL 均匀的培养液,用 Lugol's 试剂固定,并用血球计数板在 Olympus 显微镜下计数微藻细胞数量的变化。平行计数 3~5 次,按下式计算大型海藻水提液对微藻生长的抑制率 IR (Inhibition Ratio):

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

式中 IR 为抑制率,  $N$  为加入大型海藻水提液处理的藻密度,  $N_0$  为对照处理的藻密度。

接种 5 d 和 10 d 进行三角褐指藻叶绿素 a 测定:取 10 mL 均匀的培养液,  $4000 \text{ r/min}$  离心 5 min,倒掉上清液,残渣加入 5 mL 体积分数为 90% 的丙酮,摇匀后遮光、冷藏、萃取 24 h 至残渣变白,然后  $4000 \text{ r/min}$  离心 5 min,在紫外/可见分光光度计 (TU-1810,北京普析通用仪器有限责任公司) 上于 665、645、630 nm 处测上清液的吸光度,根

据 Parsons 和 Strickland 提出的公式计算叶绿素 a 含量<sup>[18]</sup>:

$$\rho(\text{Chla}) = (11.6A_{665} - 1.31A_{645} - 0.14A_{630})v / (lV) \quad (2)$$

式中  $\rho(\text{Chla})$  为叶绿素 a 的质量浓度,单位为  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $A$  是吸光度 (665、645、630 nm);  $v$  为丙酮体积,单位为 mL,  $l$  是比色皿长度,单位为 cm;  $V$  为藻液体积,单位为 L。

### 1.3 数据处理

使用 Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, USA) 计算平均值、标准误差 (SE) 和作图;应用 SigmaPlot for Windows Version 10.0 (Systat Software Inc., USA) 进行曲线方程拟合及  $EC_{50}$  的计算。

## 2 结果与讨论

图 1 为不同质量浓度海藻水提液影响下的三角褐指藻生长曲线,可看出鼠尾藻和鸭毛藻水提液都对三角褐指藻生长有明显的抑制作用,并且随水提液质量浓度增加,抑制作用增强。在接种 4 d 后,皆产生最大抑制,质量浓度为  $7.32 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  的鼠尾藻和鸭毛藻水提液分别抑制三角褐指藻 84% 和 79% 的生长。

但是,图 1 显示鼠尾藻和鸭毛藻水提液对三角褐指藻的抑制作用随时间发生变化,初期变强到接种 4 d 达最大,随后逐渐减弱直至消失,接种 8 d 后反而促进三角褐指藻生长而且促进作用也随水提液质量浓度加大而增强。三角褐指藻叶绿素 a 的变化也反映了这种情况,即大型海藻水提液在接种初期抑制微藻生长,在接种后期促进微藻生长,抑制作用和促进作用都随水提液质量浓度加大而增强 (图 2)。总之,图 1 和图 2 都证实鼠尾藻和鸭毛

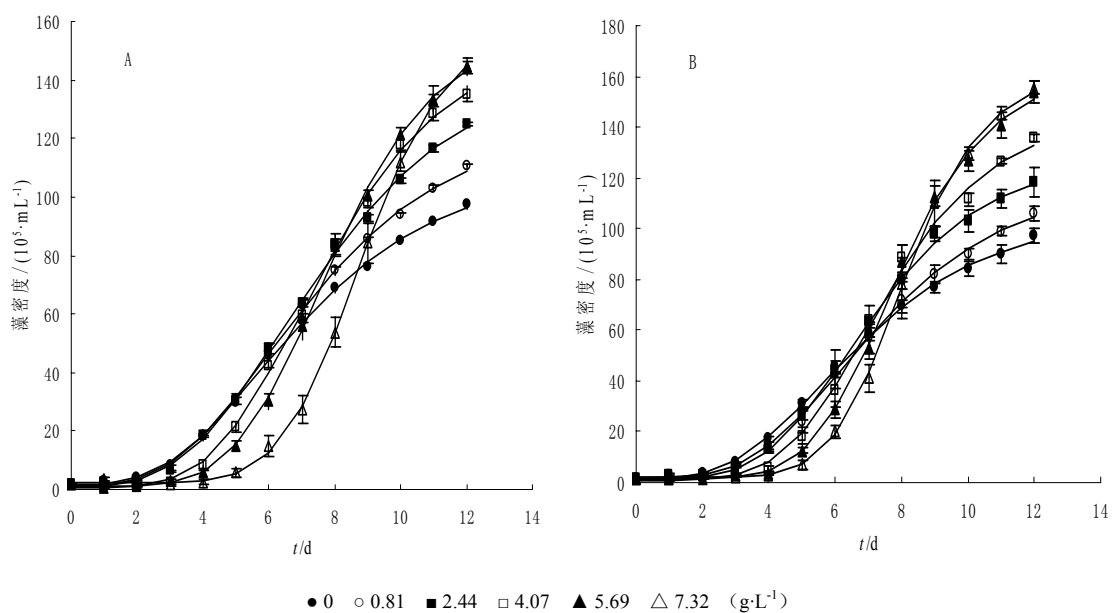


图 1 鼠尾藻 (A) 和鸭毛藻 (B) 水提液影响下的三角褐指藻生长曲线

Fig. 1 Effect of water extracts of *Sargassum thunbergii* and *Symphyocladia latiuscula* on the growth of *Phaeodactylum tricoratum*

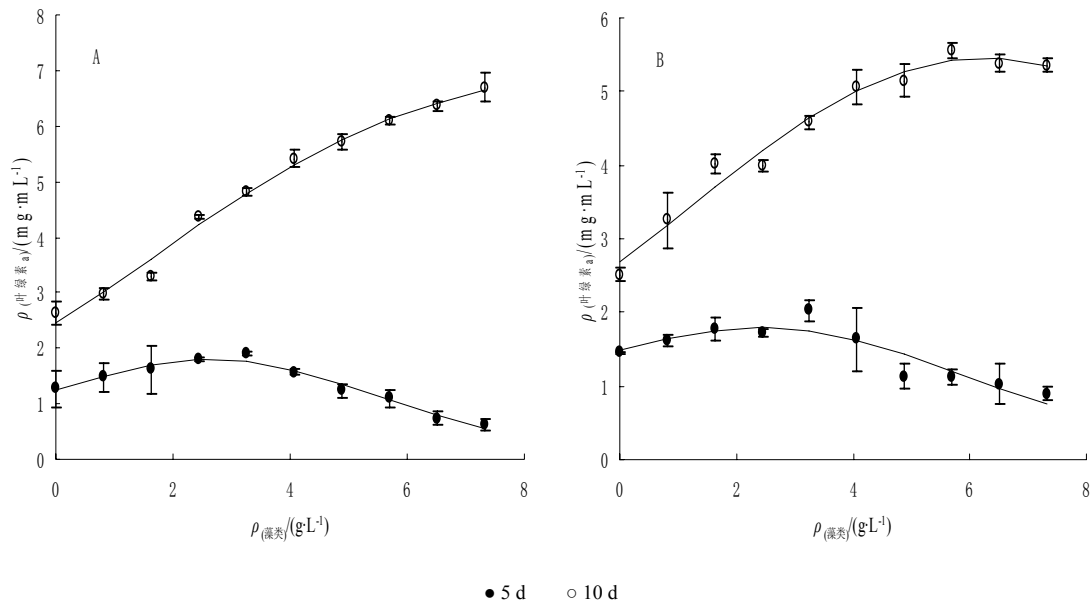


图2 鼠尾藻(A)和鸭毛藻(B)水提液影响三角褐指藻叶绿素a的变化

Fig. 2 Effect of water extracts of *Sargassum thunbergii* and *Symphyocladia latiuscula* on chlorophyll a of *Phaeodactylum tricoratum*

藻水提液对三角褐指藻的生长出现前期抑制、后期促进效应。那么,抑制效应来自什么?微生物作用还是化感作用?促进效应又来自什么?营养盐作用还是化感物质被消耗尽或发生降解?这些问题需要深入思考,需要进一步的实验验证。

大型海藻水提液除了包含化感物质外,会有大量营养盐。另外,本实验中所用的水提液没有过 0.22  $\mu\text{m}$  滤膜或灭菌,或许会有微生物存在。这些都有可能对三角褐指藻的生长产生或正或负影响。张薛等<sup>[19]</sup>发现大麦秆提取液对铜绿微囊藻生长的抑制主要来自提取液中原生动物的吞食作用;而桔皮水提液对铜绿微囊藻后期生长有明显促进作用,他们推测是桔皮水提液中抑藻活性组分易于降解之故<sup>[20]</sup>。南春容等<sup>[5]</sup>也发现孔石莼水提液对赤潮藻后期生长有促进效应,她们考虑这来源于水提液中的营养物质或化学性质改变后的抑藻物质。我们认为鼠尾藻和鸭毛藻水提液对三角褐指藻生长的抑制作用来自藻体活性物质(化感物质)、促进作用来自营养盐和化感物质的消耗或降解。为了证实这点,我们将鼠尾藻水提取后的残渣再用乙醇提取,提取物重新溶于含有一定浓度 DMSO 的灭菌海水,并通过 0.22  $\mu\text{m}$  滤膜,消除营养盐和微生物影响,重新考察提取液对三角褐指藻生长的影响,如图 3 所示,结果发现提取液对三角褐指藻生长仍有很强的抑制作用,而且在 12 d 的生长期内都抑制微藻生长,并没有出现促进生长的现象,证实图 1 所得到的促进生长效应的确来自水溶性营养盐;也证实抑制效应并非微生物作用,而是藻体内含有的活性物质—化感物质。从这里,我们可知道鼠尾藻和鸭毛藻的

克藻物质既溶于水,也溶于乙醇,属于极性强的化合物。王仁君等<sup>[16]</sup>表明小珊瑚藻体内的化感物质具有较高的极性,可溶于石油醚和乙酸乙酯,推测是不饱和脂肪酸;Jin 等<sup>[14]</sup>显示石莼体内的化感物质也具有强极性,在乙酸乙酯和石油醚萃取相中发现 7 或 8 种化合物。总体来说,由于大型海藻组织内的化感物质成分复杂,很难进行分离和纯化。我们已经获得一系列的萃取相,包括甲醇、石油醚、乙酸乙酯、正己烷等,正在进行生物抑制实验和化合物的进一步分离,希望能够获得 1-2 种高活性的化感物质。

象图 1 一样,图 3 显示化感物质对三角褐指藻生长的抑制作用也是接种 4 d 最大,随培养期的延长,抑制作用减弱。如在质量浓度为 7.32  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  提取液处理中,接种 4 d 抑制 63.8% 的三角褐指藻生长,而培养 12 d 后抑制率降为 28%。这表明藻体内的化感物质,无论水溶性的,还是醇溶性的,都有一个逐渐消失的过程,或许是被微藻生长消耗尽,或许是发生生物降解失去克藻性。王兰刚等<sup>[6]</sup>证实条浒苔水提液对三角褐指藻生长的最大抑制出现在接种 8 d,南春容等<sup>[5]</sup>则表明孔石莼水提液对三种赤潮藻(赤潮异弯藻、中肋骨条藻、塔玛亚历山大藻)的最大抑制效应发生在接种 2~3 d。可见,不同海藻水提液的克藻物质对微藻的抑制效应有很大的差别,这与它们的化学结构和性质有密切的关系,也和它们与微藻间的相互作用直接相关。因此,需要对化感物质进行分离与鉴定,进而研究化感物质对不同微藻的抑制效应,并着重揭示化感物质刺激下微藻的生理生化反应及随微藻生长化感物质的

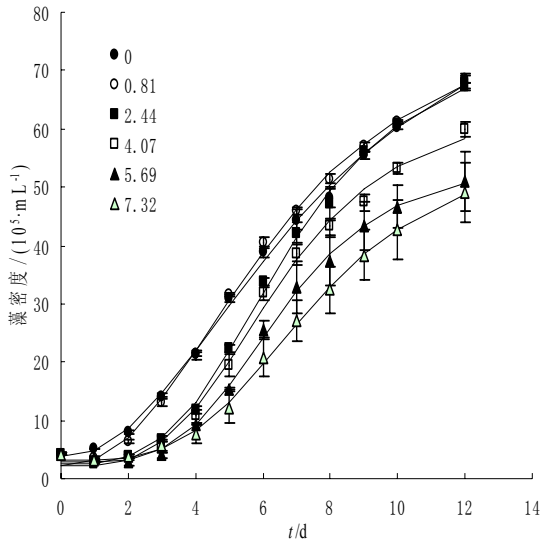


图3 鼠尾藻二次提取液(水提后的残渣再用乙醇提取,并过0.22 μm 滤膜)对三角褐指藻生长的影响

Fig. 3 Effect of second extract of *Sargassum thunbergii* (residual algae from water-extract was again extracted by ethanol and the extract was passed through filter membrane with 0.22μm) on the growth of *Phaeodactylum tricorutum*

消失途径。

下面,重点选取最大抑制(接种4 d)时的样品,探讨海藻提取液对三角褐指藻生长的抑制效应。以对照中三角褐指藻密度为100%,计算各提取液处理下三角褐指藻相对密度,并以此作图,得到提取液对三角褐指藻生长的抑制曲线(图4)。然后运用 Logistic 曲线方程拟合,即可获得鼠尾藻和鸭毛藻水提液的半效应质量浓度( $EC_{50, 96 h}$ )分别为  $4.37 g \cdot L^{-1}$  ( $R^2=0.946, p=0.0003$ )和  $3.59 g \cdot L^{-1}$  ( $R^2=0.952, p=0.0002$ ),暗示三角褐指藻对鸭毛藻水提液的抑

制作用更为敏感。同理,我们得到鼠尾藻二次提取液(水提后的残渣由乙醇提取)的  $EC_{50, 96 h}=2.06 g \cdot L^{-1}$  ( $R^2=0.955, p=0.0002$ ),仅为其水提液的一半,说明海藻水提液中营养物质的促进作用几乎能够抵消化感物质50%的抑制效应。

大型海藻的水提液为粗提物,含有多种成分,化学性质复杂,对实验结果的影响较大,如本实验中就出现了较复杂的现象——既有明显的抑制效应,也有明显的促进效应。而且,也难以弄清抑制作用消失的途径:是微藻生长消耗尽?还是发生降解?或者其它变化?因此,下一步对化感物质提取、分离、纯化,并深入研究其抑藻机理以及释放、消失途径,显得尤为重要,一方面可为直接提取和利用天然除藻剂(化感物质)治理赤潮及海洋环境提供科学依据,另一方面也可为合成新型、高效、专一且能生物降解的除藻剂提供科学依据。无论如何,利用植物体(陆生植物、水生植物及大型海藻)产生的天然克生物质进行水体富营养化治理及赤潮控制,是一条生物防治藻类水华的新途径,能够产生巨大的社会、经济和生态效益,具有广阔的研究和应用前景,但仍有许多基础性的科学问题需要多学科研究人员联合起来去探索和解决<sup>[3-4, 21]</sup>。

### 3 结论

- (1) 鼠尾藻和鸭毛藻水提液能有效抑制三角褐指藻生长,最大分别抑制84%和79%。
- (2) 大型海藻水提液对微藻生长的抑制作用来自化感物质,并且化感物质既能溶于水也能溶于乙醇。
- (3) 大型海藻水提液对微藻的抑制效应存在逐渐减弱最终消失过程,可能是化感物质被消耗尽或

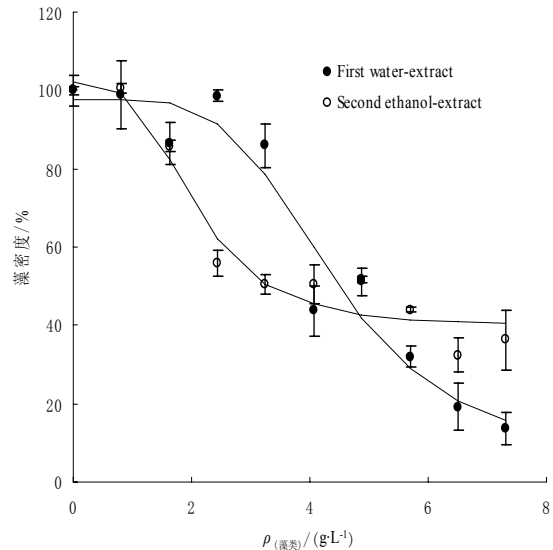
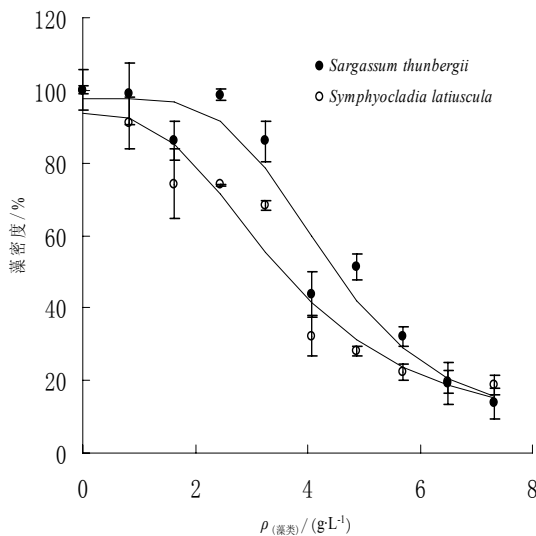


图4 接种4 d 海藻提取液对三角褐指藻生长的抑制效应

Fig. 4 Inhibitory effects of algae extracts on the growth of *Phaeodactylum tricorutum* at 96 h of the experiment

发生降解之故。

(4) 鼠尾藻和鸭毛藻水提液对三角褐指藻的最大抑制发生在接种 4 d, 半效应质量浓度  $EC_{50, 96 h}$  分别为  $4.37 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $3.59 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 表明三角褐指藻对鸭毛藻水提液抑制的反应更敏感。

### 参考文献:

- [1] 徐宁, 段舜山, 李爱芬, 等. 沿岸海域富营养化与赤潮发生的关系[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1782-1787.  
XU Ning, DUAN Shunshan, LI Aifen, et al. The relationships between the occurrences of red tides (HABs) and eutrophication in coastal waters [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(7): 1782-1787.
- [2] 周名江, 于仁成. 有害赤潮的形成机制、危害效应与防治对策[J]. 自然杂志, 2007, 29(2): 72-77.  
ZHOU Mingjiang, YU Rencheng. Mechanisms and impacts of harmful algal blooms and the countmeasures [J]. Chinese Journal of Nature, 2007, 29(2): 72-77.
- [3] 胡洪营, 门玉洁, 李锋民. 植物化感作用抑制藻类生长的研究进展[J]. 生态环境, 2006, 15(1): 153-157.  
HU Hongying, MEN Yujie, LI Fengmin. Research progress on phyto-allelopathic algae control [J]. Ecology and Environment, 2006, 15(1): 153-157.
- [4] 杨小茹, 苏建强, 郑天凌. 化感作用在赤潮调控中的意义及前景[J]. 环境科学学报, 2008, 28(2): 219-226.  
YANG Xiaoru, SU Jianqiang, ZHENG Tianling. The importance and potential application of allelopathy in red-tide control [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2008, 28(2): 219-226.
- [5] 南春容, 张海智, 董双林. 孔石莼水溶性抽提液抑制 3 种海洋赤潮藻的生长[J]. 环境科学学报, 2004, 24(4): 702-706.  
NAN Chunrong, ZHANG Haizhi, DONG Shuanglin. Growth inhibition of aqueous extracts of *Ulva pertusa* on three species of microalgae in red tide [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2004, 24(4): 702-706.
- [6] 王兰刚, 徐姗姗, 何文辉, 等. 海洋大型绿藻条浒苔与微藻三角褐指藻相生相克作用的研究[J]. 海洋渔业, 2007, 29(2): 103-108.  
WANG Langang, XU Shanshan, HE Wenhui, et al. Studies on the antagonistic relationship between seaweed *Enteromorpha clathrata* and marine microalgae *Phaeodactylum tricoratum* [J]. Marine Fisheries, 2007, 29(2): 103-108.
- [7] WANG R, XIAO H, ZHANG P, et al. Allelopathic effects of *Ulva pertusa*, *Corallina pilulifera* and *Sargassum thunbergii* on the growth of the dinoflagellates *Heterosigma akashiwo* and *Alexandrium tamarense* [J]. Journal of Applied Phycology, 2007, 19: 109-121.
- [8] WANG Y, ZHOU B, TANG X. Effects of two species of macroalgae-*Ulva pertusa* and *Gracilaria lemaneiformis*-on growth of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) [J]. Journal of Applied Phycology, 2009, 21: 375-385.
- [9] JIN Q, DONG S. Comparative studies on the allelopathic effects of two different strains of *Ulva pertusa* on *Heterosigma akashiwo* and *Alexandrium tamarense* [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2003, 293: 41-55.
- [10] 王悠, 俞志明, 宋秀贤, 等. 共培养体系中石莼和江蓠对赤潮异弯藻生长的影响[J]. 环境科学, 2006, 27(2): 246-252.  
WANG You, YU Zhiming, SONG Xiuxian, et al. Effects of *Ulva pertusa* and *Gracilaria lemaneiformis* on growth of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) in co-culture [J]. Environmental Science, 2006, 27(2): 246-252.
- [11] 南春容, 董双林. 大型海藻与海洋微藻间竞争研究进展[J]. 海洋科学, 2004, 28(11): 64-66.  
NAN Chunrong, DONG Shuanglin. Progress on the competition between macroalgae and microalgae [J]. Marine Sciences, 2004, 28(11): 64-66.
- [12] 张善东, 俞志明, 宋秀贤, 等. 大型海藻龙须菜与东海原甲藻间的营养竞争[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2676-2680.  
ZHANG Shandong, YU Zhiming, SONG Xiuxian, et al. Competition about nutrients between *Gracilaria lemaneiformis* and *Prorocentrum donghaiense* [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(10): 2676-2680.
- [13] NAN C, ZHANG H, ZHAO G. Allelopathic interactions between the macroalga *Ulva pertusa* and eight microalgal species [J]. Journal of Sea Research, 2004, 52: 259-268.
- [14] JIN Q, DONG S, WANG C. Growth inhibition to three red tide microalgae by extracts of *Ulva pertusa* [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2006, 24: 147-153.
- [15] JEONG J H, JIN H J, SOHN C H, et al. Algicidal activity of the seaweed *Corallina pilulifera* against red tide microalgae [J]. Journal of Applied Phycology, 2000, 12: 37-43.
- [16] 王仁君, 唐学玺, 孙俊华. 小珊瑚藻对赤潮异弯藻的化感效应[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2322-2326.  
WANG Renjun, TANG Xuexi, SUN Junhua. Allelopathic effects of *Corallina pilulifera* on red tide microalgae *Heterosigma akashiwo* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(10): 2322-2336.
- [17] 王仁君, 唐学玺, 冯蕾, 等. 鼠尾藻对赤潮异弯藻和中肋骨条藻的抑制作用[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2421-2425.  
WANG Renjun, TANG Xuexi, FENG Lei, et al. Inhibitory effect of *Sargassum thunbergii* on *Heterosigma akashiwo* and *Skeletonema costatum* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(12): 2421-2425.
- [18] BABANI F. Photosynthetic pigments of phytoplankton [EB/OL]. [2009-09-22].  
<http://www.regione.abruzzo.it/rivernet/docs/attivita/metodologie/lezioni/photosynthetic-pigments-of-phytoplankton.pdf>.
- [19] 张薛, 胡洪营, 门玉洁. 大麦秆提取液对铜绿微囊藻生长的影响研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(12): 1984-1987.  
ZHANG Xue, HU Hongying, MEN Yujie. Inhibitory effect of extract from barley straw on the growth of *Microcystis aeruginosa* [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2007, 27(12): 1984-1987.
- [20] 张薛, 胡洪营. 桔皮水提液对铜绿微囊藻生长的抑制效果研究[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 43-48.  
ZHANG Xue, HU Hongying. Inhibitory effect of extract from *Citrus* peel on growth of *Microcystis aeruginosa* [J]. Research of Environmental Sciences, 2008, 21(5): 43-48.
- [21] 洪喻, 胡洪营. 水生植物化感抑藻作用研究与应用[J]. 科学通报, 2009, 53(3): 287-293.  
HONG Yu, HU Hongying. Research and application of inhibitory allelopathy from aquatic plants on algae [J]. Chinese Science Bulletin, 2009, 53(3): 287-293.

## Inhibitory effect of water extracts from *Sargassum thunbergii* and *Symphyocladia latiuscula* on *Phaeodactylum tricorutum*

ZHOU Shiwei, LIU Sujing, YANG Cuiyun, XIA Chuanhai\*

Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China

**Abstract:** The interaction between macroalgae and microalgae is one of current focus in environmental science. In this study, inhibitory effect of crude extracts from *Sargassum thunbergii* and *Symphyocladia latiuscula* on the growth of *Phaeodactylum tricorutum* was investigated. The results showed that the growth of *Phaeodactylum tricorutum* was obviously inhibited by water extracts from macroalgae, and the inhibitory effect was possibly ascribed to the bioactive substance (allelopathic chemicals) existing in macroalgae. The allelopathic chemicals from *Sargassum thunbergii* and *Symphyocladia latiuscula* could dissolve in water and ethanol, and could be exhausted or decomposed by *Phaeodactylum tricorutum* with cultivation time, which resulted in the gradual weakening even vanishing of inhibitory effect. The maximum inhibitory effect occurred during 4 day of inoculation, where calculated  $EC_{50, 96 h}$  was  $4.37 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  for *Sargassum thunbergii* extract and  $3.59 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  for *Symphyocladia latiuscula* extract, respectively. It suggested that *Phaeodactylum tricorutum* was more impressionable to the inhibition from *Symphyocladia latiuscula* extract.

**Key words:** algae; water extract; allelopathy; growth inhibition