三角褐指藻与东海原甲藻间的他感作用研究

郭　昕, 薛峤娜, 谭丽菊, 王江涛

(中国海洋大学海洋化学理论与技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100)

摘要: 本文主要探究了东海原甲藻(*Prorocentrum donghaiense*)与三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum*)之间的他感作用。在实验室模拟条件下, 分别研究了添加比例为 10%、40%、60%、90%、100%的三角褐指藻无藻细胞滤液的培养基对东海原甲藻生长的影响, 以及相同比例的东海原甲藻无藻细胞滤液培养基对三角褐指藻生长的影响。结果表明, 低浓度三角褐指藻滤液对东海原甲藻(*P. donghaiense*)的生长表现为促进作用, 高浓度则抑制其生长, 因此, 不同浓度的三角褐指藻藻液对东海原甲藻生长表现出两种相反的他感作用效果; 而东海原甲藻滤液对三角褐指藻(*P. tricornutum*)的生长没有显著影响, 说明东海原甲藻并未对三角褐指藻表现出他感作用。

关键词: 他感作用; 东海原甲藻; 三角褐指藻

中图分类号: X173　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-3096(2019)09-0020-07

DOI: 10.11759/hykx20190428002

海洋浮游植物是海洋中重要的初级生产者, 海洋浮游植物群落对海洋生态系统的多样性和稳定性有着直接而明显的影响。在海洋生态系统中, 由于生存资源的限制, 不同浮游植物之间存在着竞争关系, 他感作用作为一种普遍的竞争方式直接影响了海洋浮游植物的群落结构。近年来对海洋浮游植物间的他感作用的研究愈发热烈; 微囊藻能分泌藻毒素(microcystin, MC)抑制栅藻的生长[1]; Fistarol 等[2]发现小定鞭藻(*Prymnesium parvum*)会分泌毒素杀死其他浮游植物, 改变群落结构; 王江涛等[3]通过实验发现中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)滤液会抑制微小亚历山大藻(*Alexandrium minutum*)和东海原甲藻的生长, 同时通过实验发现中肋骨条藻还存在自他感作用。

东海原甲藻是中国沿海海域赤潮主要肇事藻种, 已取代硅藻成为目前研究热点。以东海原甲藻为优势种的甲藻赤潮是一种生态系统破坏性的有害藻华。已有的研究发现东海原甲藻不会分泌致死性或亚致死性的毒素, 但在已有的实验结果(室内模拟和野外调查)中发现在其爆发赤潮期间, 高密度的东海原甲藻会通过降低中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)的产卵率, 降低其丰度, 从而影响渔业生产[4-5]。硅藻是海洋生态系统中重要的生产者, 通过浮游动物尤其是桡足类动物的消费作用, 实现初级生产力向次级生产力的转化使其为更高级的生物利用。“硅藻-桡足类-鱼类”是海洋生态系统中的经典食物链关系[6]。三角褐指藻是一种常见且优质的硅藻饵料, 适应性强, 易于培养, 所以广泛应用于藻类生理、生态研究。

在赤潮爆发期间, 会出现甲藻与硅藻的演替现象[7]。本文主要采用滤液交叉培养的方法探究东海原甲藻与三角褐指藻之间的他感作用, 探讨赤潮期间他感作用在东海原甲藻和硅藻竞争与演替中的作用。

1　材料与方法

1.1　藻类培养

本实验选用的实验藻种是东海原甲藻和三角褐指藻(中国海洋大学海洋污染生态化学实验室藻种室)。实验用锥形瓶以及滤膜均用盐酸浸泡, 反复冲洗, 锥形瓶灭菌后备用。培养用海水采用陈化东海水经 0.45μm 滤膜抽滤, 灭菌后备用。实验在光照培养箱中进行, 培养温度为(20±1)℃, 光照采用冷白光源, 光照度 4 000 Lux, 光强 70 μmol photons/(m^2·s), 光暗比为 12 h∶12 h。三角褐指藻采用含硅的 f/2 培养基培养, 东海原甲藻则采用无硅的 f/2 培养基培养。

收稿日期: 2019-04-28; 修回日期: 2019-06-28

基金项目: 国家自然科学基金(41876078); 山东省基金(ZR2018MD016) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41876078; Shandong Provincial Natural Science Foundation of China, No.ZR2018 MD016]

作者简介: 郭昕(1997-), 女, 山西省孝义市人。主要从事海洋污染生态化学研究, E-mail: 17854295961@163.com; 王江涛(1967-), 男, 通信作者, 河北省承德市人, 教授, 主要从事海洋化学和生态学研究, E-mail: jtwang@ouc.edu.cn

每天在固定时段取样，取样后摇晃培养瓶并重新随机排放，以排除任何光或温度不同造成的影响。

1.2 三角褐指藻对东海原甲藻的他感作用

1.2.1 三角褐指藻无藻细胞滤液对东海原甲藻生长的影响　三角褐指藻以初始藻密度 10×10^4 个/mL 接种于 5 L 锥形瓶中，置于光照培养箱中培养。每天定时取样 20 mL 用于测定其 pH，在培养 10 d 后过滤。取三角褐指藻指数末期的培养液，其中三角褐指藻的藻细胞密度为 3×10^6 个/mL。置于抽滤装置中，以–0.1MPa 减压抽滤得到无藻细胞滤液。显微镜下观察藻体形态，发现三角褐指藻细胞仍然保持完整，滤液于显微镜下观察，滤液中无藻细胞。过滤得到无藻细胞滤液，取 20 mL 经 0.45 μm 滤膜过滤的滤液，用于磷酸盐、无机氮以及硅酸盐的测定(QUARRTRO Bran+Luebbe 型营养盐自动分析仪(Germany))。另外，加富至 f/2 培养基的三角褐指藻无藻细胞滤液和高压灭菌海水均用 HCl 调节 pH 为 7.9~8.1，以保证实验过程中，不会由于营养盐缺乏而使藻生长受到限制，以及避免 pH 对藻生理的影响。向 300 mL 的锥形瓶中分别加入 0、15、60、90、135、150 mL 的加富的藻液并用灭菌加富后的无藻的海水稀释至 150 mL 用于东海原甲藻的培养，并按滤液占总体积比例表示(0%, 10%, 40%, 60%, 90%, 100%)。东海原甲藻初始藻密度为 5×10^4 个/mL，每天定时取样 2 mL，用于细胞计数，设两个平行样，共培养 7 天。

1.2.2 三角褐指藻无藻细胞滤液乙酸乙酯萃取物对东海原甲藻生长的影响　将 150 mL 三角褐指藻无藻细胞滤液置于分液漏斗中，用乙酸乙酯萃取分离两次，合并有机相置于旋转蒸发仪中 40℃旋转至蒸干，甲醇溶解后通氮气将溶剂吹干，溶质溶于 1 mL DMSO(二甲亚砜)中，用灭菌海水稀释至 150 mL，加富至 f /2 培养基，培养东海原甲藻，设置两组平行试验。DMSO 经实验证实对藻类细胞的增殖无影响[8-10]。每天定时取样 2 mL，共培养 7 天。

1.3 东海原甲藻对三角褐指藻的他感作用

东海原甲藻接种密度为 5×10^4 个/mL，培养至指数末期。约培养 17 d，藻液经减压过滤，得到无藻细胞滤液，测定其营养盐浓度，调节 pH 为 7.9~8.1。东海原甲藻滤液和灭菌海水均加富至 f/2 培养基，向 300 mL 的锥形瓶中分别加入 0、15、60、90、135、150 mL 的无藻藻液并用灭菌加富后的海水稀释至 150 mL 用于三角褐指藻的培养。同样地，按照滤液占总体积比例表示(0%, 10%, 40%, 60%, 90%, 100%)。三角褐指藻初始藻密度为 20×10^4 个/mL，每天定时取样 2 mL，用于细胞计数，每个实验组设两个平行样，共培养 5 天。

1.4 数据处理

1.4.1 相对抑制率(*IR*)　采用下式计算相对抑制率[11]:

$$\mathrm{IR}(\%)=\left(1-\frac{T}{C}\right)\times100\%,$$

式中，IR 为相对抑制率，*T* 为实验组生物量，*C* 为对照组生物量。

1.4.2 比生长速率(μ)　比生长速率(μ，单位 d^{-1})用以下公式计算[11]:

$$\mu=\frac{\ln\frac{N_2}{N_1}}{t_2-t_1}$$

式中，N_2 和 N_1 分别为 t_2 和 t_1 天的细胞数量。比生长速率指在 t_1 和 t_2 内，群体量增加倍数的自然对数值，用于表示每单位细胞浓度的生长速度。

1.4.3 显著性检验　各实验组组间的差异用 SPSS 进行 one-way ANOVA 进行分析。$P < 0.05$ 作为显著性差异的标准[12]。

2 结果

2.1 三角褐指藻对东海原甲藻的他感作用

东海原甲藻在三角褐指藻滤液及滤液萃取物中的生长状况分别如图 1、图 2 所示。

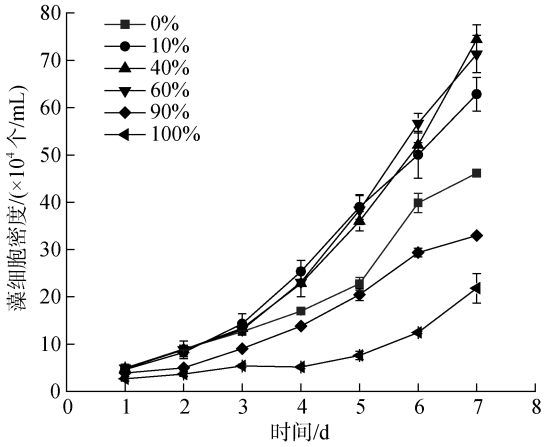

图 1　三角褐指藻滤液培养东海原甲藻生长曲线

Fig. 1　The growth curves of *P. donghaiense* in the filtrates of *P. tricornutum*

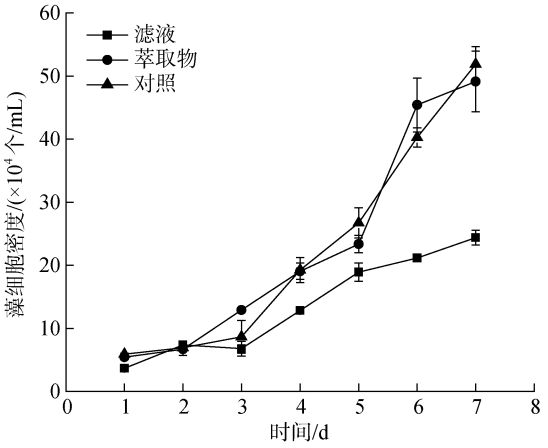

图 2　三角褐指藻滤液萃取物培养东海原甲藻生长曲线

Fig. 2　The growth curves of *P. donghaiense* after exposure to extracts from the filtrate of *P. tricornutum*

注: 对照组为灭菌海水, 滤液组滤液浓度为 100%, 萃取物组为乙酸乙酯萃取物

从图 1 可以看出, 不同比例的藻细胞滤液中东海原甲藻的生长状况不同。东海原甲藻在三角褐指藻滤液浓度为 10%、40%、60%培养基中生长状况相似, 相对于对照组(0%), 都促进了东海原甲藻的生长, 随着三角褐指藻滤液浓度的继续增加, 其对东海原甲藻的生长开始有抑制作用, 且抑制程度随浓度的增加而增大。从时间上看, 第一天较低浓度的滤液中的东海原甲藻藻密度基本没有差异, 而 90%和100%已表现出明显的抑制(P=0.03<0.05, P=0.001<0.05); 而在第四天, 10%、40%、60%的滤液开始出现促进作用; 在第七天, 0、10%、40%、60%、90%、100%滤液中的东海原甲藻藻细胞密度分别达到 4.61×10^5 个/mL、6.28×10^5 个/mL、7.44×10^5 个/mL、7.13×10^5 个/mL、3.30×10^5 个/mL、2.18×10^5 个/mL, 表现出明显的低促高抑现象。

萃取物对东海原甲藻生长的影响如图 2 所示, 由图可以看出, 各组藻的初始藻密度基本无差异, 萃取物中东海原甲藻的生长状况与灭菌海水中的生长状况基本吻合, 但 100%的三角褐指藻滤液对东海原甲藻生长的抑制作用很明显。

由图 1 可知不同浓度的三角褐指藻分泌的代谢物对东海原甲藻的抑制作用不同。为了直观地表示不同浓度滤液对东海原甲藻生长的抑制作用, 计算了不同实验组的抑制率, 结果如图 3 所示。萃取物结果如图 4 所示。

从图 3 可以得出, 抑制率随添加的滤液比例的增加而明显增大, 即 100% 滤液对其抑制作用最高, 抑制率一直保持在 50%以上, 最高为 70%。10%、40%、60%滤液对于东海原甲藻的抑制率(除第一天和第二天外)都为负数, 表示其对东海原甲藻的生长起到了促进作用, 其中抑制率最低为–70%, 这表明三角褐指藻分泌物对东海原甲藻生长的影响表现为低浓度促进其生长, 高浓度抑制生长。而萃取物对东海原甲藻生长的抑制率(图 4)与滤液相比较小, 几乎不表现抑制作用。

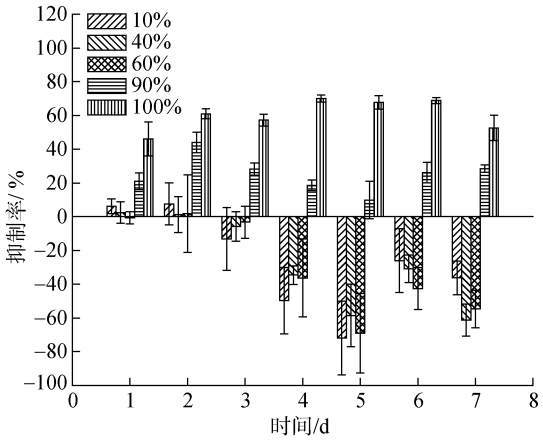

图 3　三角褐指藻滤液对东海原甲藻生长的抑制率

Fig. 3　The inhibition ratios of *P. tricornutum* filtrates on the growth of *P. donghaiense*

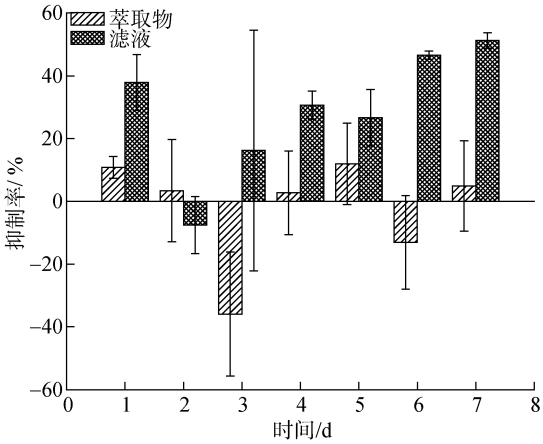

图 4　三角褐指藻滤液及滤液提取物对东海原甲藻生长的抑制率

Fig. 4　The inhibition ratios of *P. tricornutum* filtrates and extracts on the growth of *P. donghaiense*

注: 滤液组滤液浓度为 100%, 萃取物组为乙酸乙酯萃取物

东海原甲藻在三角褐指藻滤液及提取物中的比生长速率如图 5, 图 6 所示。其结果表明不论是在三角褐指藻的滤液还是提取物中, 其总体比生长速率都没有显著差异(P>0.05)。但由图可以得出, 实验前期低浓度滤液组就表现出高的生长速率, 而 90%和

100%的滤液组的比生长速率则低于其他组，且其差异主要表现在第一天。虽然后期 90%以及 100%的滤液中表现出高的生长速率，但其细胞密度基数小，仍然表现出明显低促高抑的结果。

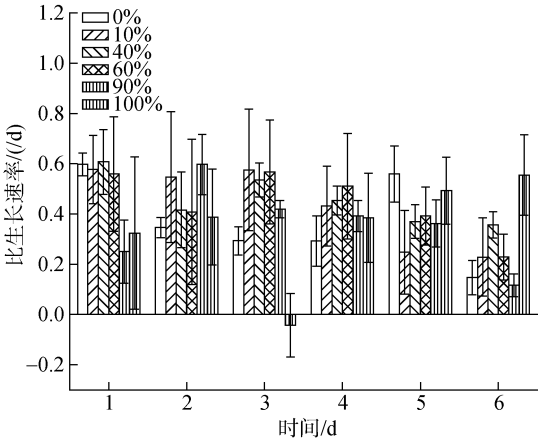

图 5　三角褐指藻滤液中东海原甲藻比生长速率

Fig. 5　The relative growth rate of *P. donghaiense* in *P. tricornutum* filtrates

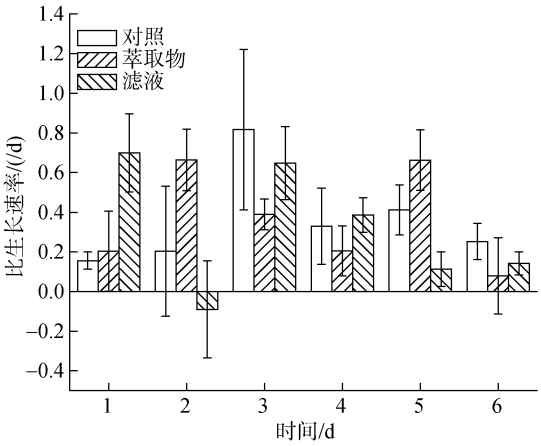

图 6　三角褐指藻滤液及滤液提取物中东海原甲藻比生长速率

Fig. 6　The relative growth rate of *P. donghaiense* in *P. tricornutum* filtrates and extracts

注：对照组为无菌海水，滤液组滤液浓度为 100%，萃取物组为乙酸乙酯萃取物

2.2　东海原甲藻对三角褐指藻的他感作用

三角褐指藻在东海原甲藻滤液中的生长状况如图 7 所示。

由图 7 看出，不同实验组中，三角褐指藻的生长趋势大体一致，生长曲线没有明显差异(P>0.05)。在第五天时，0、10%、40%、60%、90%、100% 组的藻细胞密度分别达到 4.9×10^6 个/mL、4.8×10^6 个/mL、4.7×10^6 个/mL、5.0×10^6 个/mL、5.0×10^6 个/mL、4.7×10^6 个/mL。

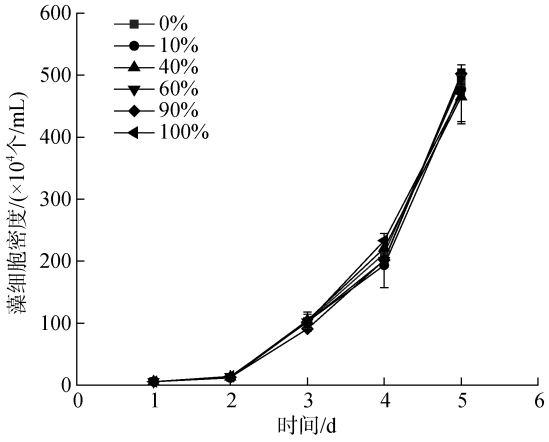

图 7　东海原甲藻滤液培养三角褐指藻生长曲线

Fig. 7　The growth curves of *P. tricornutum* in the filtrates of *P. donghaiense*

为了直观地表现东海原甲藻分泌物对三角褐指藻的抑制作用，计算各实验组的抑制率，结果如图 8 所示，三角褐指藻的比生长速率如图 9 所示。

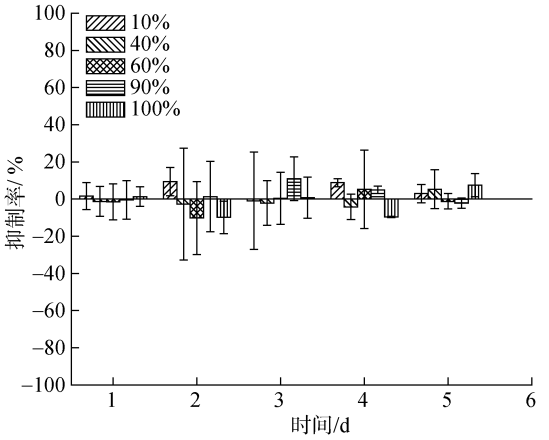

图 8　东海原甲藻滤液培养三角褐指藻生长抑制率

Fig. 8　The inhibition ratios of *P.donghaiense* filtrates on the growth of *P. tricornutum*

从相对抑制率(图 8)可以得出，各实验组抑制率均较小，低于 20%，即使当滤液浓度达到 100%，其抑制率也没有超过 15%。六个实验组的藻细胞密度和抑制率并没有显著性差异(P>0.05)，这说明在本次试验中，东海原甲藻细胞分泌物没有对三角褐指藻表现出明显的抑制作用。而从比生长速率(图 9)可以得出，各组生长速率没有明显变化(P>0.05)，说明其生长未受到影响。

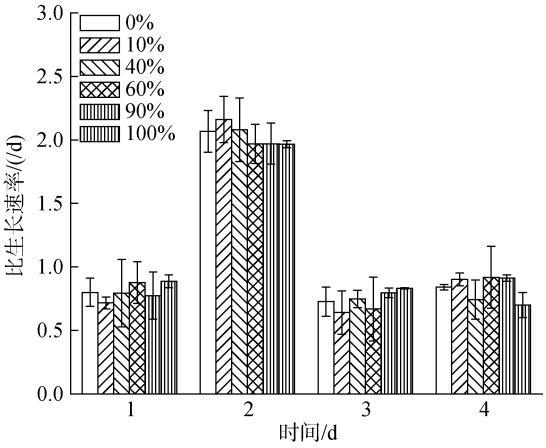

图 9　东海原甲藻滤液中三角褐指藻比生长速率

Fig. 9　The relative growth rate of *P. tricornutum* in *P. donghaiense* filtrates

3　讨论

藻类之间的他感作用强度与藻种的生长阶段有密切的关系，有研究表明指数期藻的胞内代谢物对其他藻的他感作用强，稳定期则减弱，而对于衰老的藻细胞则完全不表现他感作用[13]。Suikkanen (2004)[14]的实验发现指数期的泡沫节球藻(*Nodularia spumigena*)对其他藻的他感作用要比稳定期的明显。同样李慧等(2012)[15]通过实验发现中肋骨条藻还存在着自他感作用，且指数期的滤液对中肋骨条藻的抑制作用较强于衰亡期，而且他感作用的强度与藻细胞密度有关。因此，为了保证实验中他感作用效果，实验中选取指数末期的无藻细胞滤液培养目标藻种。

本实验采用滤液交叉培养的方式研究了东海原甲藻与三角褐指藻的他感作用，直观地表现了他感作用在浮游植物种间竞争甚至在群落演替间的作用，结果表明：三角褐指藻的无藻细胞滤液在低浓度时对东海原甲藻的生长有一定促进作用，而高浓度的三角褐指藻的滤液对东海原甲藻的生长有抑制作用，且随着浓度的增大抑制作用增强，而东海原甲藻的无藻细胞滤液对三角褐指藻的生长无明显影响。这些现象与其他文献研究的结果部分吻合[16]，但迄今未见有研究表明低浓度的三角褐指藻滤液对东海原甲藻的生长有促进作用，这种促进作用可能是较低浓度滤液对东海原甲藻细胞的刺激所导致的细胞应激反应。而高浓度的三角褐指藻滤液后期的高的比生长速率，可能是由于他感物质的降解和未消耗的大量营养盐，促进其快速生长。同时 150 mL 的无藻细胞滤液的乙酸乙酯萃取物对东海原甲藻的生长无明显作用，但已有文献证明三角褐指藻滤液的乙酸乙酯萃取物对东海原甲藻的生长有明显抑制作用[10]，实验结果不一致的原因可能是：(1)本次实验萃取了 150 mL 滤液，萃取的无藻细胞滤液体积太小，萃取出的他感物质含量低；(2)乙酸乙酯对三角褐指藻分泌物中的有效他感物质的溶解度可能较小；(3)他感物质可能由于光照，温度，pH 以及细菌等作用发生了降解[17-20]；(4)培养液中三角褐指藻藻细胞密度较低导致分泌的他感物质的浓度比较低。

他感作用中有他感藻和目标藻两个主体，他感作用的强度与两者的种类、生长阶段、藻细胞密度都有关系[2, 14, 16]。不同他感藻产生的他感组分可能有所差异，并且不同的他感藻对目标藻的他感作用强度不同，存在最敏感的目标藻，而不同的他感物质可能对不同的藻有着不同的作用。本次实验探究了东海原甲藻和三角褐指藻滤液对这两种藻生长的影响，得出在实验室培养下，三角褐指藻的滤液对东海原甲藻的生长表现出低促高抑的现象，而东海原甲藻滤液对三角褐指藻的生长无明显的作用。对于这两种藻间的种间的竞争，在营养盐充足的条件下，三角褐指藻处于优势地位。

赤潮爆发期间发生的甲藻与硅藻之间的演替，可能主要受营养盐，温度和光照的影响，同时还可能由于硅藻消亡期间藻密度较低，其分泌的他感物质恰好起到促进甲藻生长的作用。但在不同的藻种之间其演替机制可能不同，所以要依具体情况讨论。

4　结论

三角褐指藻滤液对东海原甲藻的生长在低浓度时表现为促进生长，高浓度抑制其生长，表现出两种不同的他感作用效果；东海原甲藻滤液对三角褐指藻的生长没有他感作用，与其他文献结果基本吻合，但由于实验条件不同，存在一定的差异，所以实验条件的变化对探究自然条件下两种藻的共存与消亡演替机制有着重要作用。

参考文献:

[1]　许秋瑾，高光，陈伟民. 从种群竞争的角度初步研究微囊藻的产毒机理[J]. 生物学杂志，2004, 21(1): 17-19.
Xu Qiujin, GaoGuang, Chen Weimin. Studies on microcystin from population competition aspect[J]. Journal of Biology, 2004, 21(1): 17-19.

[2]　Fistarol G O, Legrand C, Granéli E. Allelopathic effect of

Prymnesium parvum on a natural plankton community[J]. Marine Ecology Progress Series, 2003, 255: 115-125.

[3] 王江涛, 李慧, 曹婧, 等. 化感作用对中肋骨条藻与东海原甲藻竞争演替的影响[J]. 海洋学报, 2012, 34(2): 169-178.
Wang Jiangtao, Li Hui, Cao Jing, et al. The effect of allelopathy on the competition and succession between *Skeletonema costatum* and *Prorocentrum donghaiense*[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2012, 34(2): 169-178.

[4] Lin J N, Song J J, Yan T, et al. Large-scale dinoflagellate bloom species *Prorocentrum donghaiense* and *Karenia mikimotoi* reduce the survival and reproduction of copepod *Calanus sinicus*[J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2015, 95(6): 1071-1079.

[5] 周名江, 朱明远. "我国近海有害赤潮发生的生态学, 海洋学机制及预测防治" 研究进展[J]. 地球科学进展, 2006, 21(7): 673-679.
Zhou Mingjiang, Zhu Mingyuan. Progress of the project "ecology and oceanography of harmful algal blooms in China"[J]. Advances in Earth Science, 2006, 21(7): 673-679.

[6] Mann K H. Physical oceanography, food chains, and fish stocks: a review[J]. ICES Journal of Marine Science, 1993, 50(2): 105-119.

[7] 黄长江, 董巧香. 1998 年春季珠江口海域大规模赤潮原因生物的形态分类和生物学特征Ⅲ[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(1): 1-6.
Huang Changjiang, Dong Qiaoxiang. Taxonomic and biological studies on organisms causing a large scale red tide in Zhujiang River Estuary in spring, 1998Ⅲ[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2001, 32(1): 1-6.

[8] 韩秀荣, 高嵩, 侯俊妮, 等. 浒苔干粉末提取物对东海原甲藻和中肋骨条藻的克生作用[J]. 生态学报, 2013, 33(23): 7417-7429.
Han Xiurong, Gao Wei, Hou Junni, et al. Allelopathic effects of extracts from Ulva prolifera powders on the growth of *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(23): 7417-7429.

[9] 张议文, 王江涛, 谭丽菊. 旋链角毛藻对中肋骨条藻化感作用的影响因素及化感物质性质初探[J]. 海洋学报, 2014, 36(2): 123-129.
Zhang Yiwen, Wang Jiangtao, Tan Liju. The study on the influencing factors of *Chaetoceros curvisetus* allelopathic effect on *Skeletonema costatum* and the primary research on the properties of *Chaetoceros curvisetus* allelochemical[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2014, 36(2): 123-129.

[10] Wang R, Wang J, Xue Q, et al. Preliminary analysis of allelochemicals produced by the diatom *Phaeodactylum tricornutum*.[J]. Chemosphere, 2016, 165: 298.

[11] 王蕊, 王江涛, 沙相宇, 等. 中肋骨条藻与微小亚历山大藻间的他感作用研究[J]. 海洋学报, 2016, 38(6): 62-68.
Wang Rui, Wang Jiangtao, Sha Xiangyu, et al. The allelopathy between *Skeletonema costatum* and *Alexandrium minutum*,[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2016, 38(6): 62-68.

[12] Mulderij G, Mooij W M, Smolders A J P, et al. Allelopathic inhibition of phytoplankton by exudates from Stratiotes aloides[J]. Aquatic Botany, 2005, 82(4): 284-296.

[13] Schmidt L E, Hansen P J. Allelopathy in the prymnesiophyte *Chrysochromulina polylepis*: effect of cell concentration, growth phase and pH[J]. Marine Ecology Progress Series, 2001, 216: 67-81.

[14] Suikkanen S, Fistarol G O, Granéli E. Allelopathic effects of the Baltic cyanobacteria *Nodularia spumdigena*, *Aphanizomenon flos-aquae* and *Anabaena lemmermannii* on algal monocultures[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2004, 308(1): 85-101.

[15] 李慧, 王江涛. 东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征[J]. 生态学报, 2012, 32(4): 1115-1123.
Li Hui, Wang Jiangtao. Inter-specific competition between *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1115-1123.

[16] 张珍萍. 四种海洋微藻间的化感作用效应研究[D]. 广州: 暨南大学, 2005.
Zhang Zhenping. Effect of allelopathy among four marine microalgae[D]. Guangzhou: Jinan University, 2005.

[17] VanRijssel M, Alderkamp A C, Nejstgaard J C, et al. Haemolytic activity of live *Phaeocystis pouchetii*during mesocosm blooms[J]. Biogeochemistry, 2007, 83(1-3): 189-200.

[18] Graneli E, Weberg M, Salomon P S. Harmful algal blooms of allelopathic microalgal species: the role of eutrophication[J]. Harmful algae, 2008, 8(1): 94-102.

[19] Hargraves P E. Allelopathy at the land/sea interface: Microalgae and Brazilian pepper[J]. Marine environmental research, 2008, 66(5): 553-555.

[20] Sengco M R. A fatal attraction for harmful algae: clay sticks to algae and sinks, offering a potential solution to an expensive and deadly problem[J]. Oceanus, 2005, 43(1): 39-43.

Allelopathic effects between *Phaeodactylum tricornutum* and *Prorocentrum donghaiense*

GUO Xin, XUE Qiao-na, TAN Li-ju, WANG Jiang-tao
(Key Laboratory of Marine Chemistry Theory and Technology/Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Received: Apr. 28, 2019
Key words: allelopathic; *Prorocentrum donghaiense*; *Phaeodactylum tricornutum*

Abstract: The primary aim of this study was to explore and compare the allelopathic effects between *Prorocentrum donghaiense* and *Phaeodactylum tricornutum*. Using experimental conditions simulating the natural environment, we investigated the effects of different ratios (10%, 40%, 60%, 90%, and 100%) of cell-free filtrates of *P. tricornutum* on the growth of *P. donghaiense* and the effects of the same cell-free filtrate ratios of *P. donghaiense* on the growth of *P. tricornutum*. Results demonstrated that the growth of *P. donghaiense* increased at low concentrations of cell-free filtrates of *P. tricornutum*, whereas high concentrations of cell-free filtrates of *P. tricornutum* inhibited the growth of *P. donghaiense*. This implied that *P. tricornutum* with different biomass had two opposite effects on the growth of *P. donghaiense*.The filtrate of *P. donghaiense* had no effect on the growth of *P. tricornutum*, indicating that the allelopathic effect of *P. donghaiense* on *P. tricornutum* was not significant.

(本文编辑: 赵卫红)