

# 塔玛亚历山大藻(*Alexandrium tamarense*) 和中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)种间 竞争及 UV-B 辐射胁迫对其影响\*

张培玉<sup>1,2</sup> 唐学玺<sup>1</sup> 董双林<sup>1</sup> 蔡恒江<sup>1</sup> 肖慧<sup>1</sup> 冯蕾<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学生命科学与技术学部 青岛 266003; 2. 青岛大学环境科学与工程系 青岛 266071)

**摘要** 采用共培养的方法,研究了塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群竞争关系对 UV-B 辐射增强的响应变化。结果表明,不同的接种密度对塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群竞争有明显的影响。当塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻的接种比例为  $A:S=1:4$  时,中肋骨条藻在竞争中占优势;当接种比例为  $A:S=1:1$  时,虽然塔玛亚历山大藻在竞争中占优势,但也受到了中肋骨条藻的抑制;接种比例为  $A:S=4:1$  时,塔玛亚历山大藻的生长竞争优势更加明显。UV-B 辐射增强(在预备实验的前提下,选择  $1.4\text{J}/\text{m}^2$ )可改变塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群竞争的关系,使塔玛亚历山大藻种群竞争能力降低,中肋骨条藻种群竞争能力大大提高,从而导致处理 ( $A:S=1:4$ )中,中肋骨条藻在竞争优势更加明显,在处理 ( $A:S=1:1$ )中,中肋骨条藻在竞争中占一定的优势。

**关键词** UV-B 辐射, 种群竞争, 抑制作用, 中肋骨条藻, 塔玛亚历山大藻

**中图分类号** X145

赤潮(red tide)是一种海洋生态灾害。近年来,我国近岸海域赤潮发生频率、波及范围和危害程度呈上升趋势。尤其是养殖环境的恶化和富营养化水平的提高,使赤潮发生的频率显著提高。赤潮对海洋生态环境、渔业资源和海水养殖业影响较大,因此,近海富营养化和有害赤潮早已成为国际社会共同关注的重大海洋环境问题(石晓勇等, 2005; 吴玉霖等, 2005)。但是由于赤潮生消过程及其与物理、化学和生物学过程相互作用的复杂性,特别是对赤潮生物孢囊萌发和上浮、种群增殖和生物竞争、摄食等过程了解尚少,因此到目前为止有关赤潮全过程及成因的定量评价资料较少,以致赤潮发生机理尚未被完全阐明(邹景忠, 1999)。另外,臭氧层的侵蚀是当今全球性的重大环境问题之一,由于臭氧层侵蚀和破坏的日趋加重,使得到达地面的紫外线,尤其是对生物 DNA 具损伤作用的紫外线 B 波段

(UV-B)的辐射增强。海洋生物(尤其是海洋浮游生物)受紫外线辐射影响不断增加。UV-B 辐射对海洋微藻在分子、细胞、生理生化水平上的研究已有大量工作(唐学玺等, 1999, 2002; Chaturvedi, 2000; Lesser, 1996)。但围绕赤潮微藻的研究却鲜见报道。本文中选取 2 种赤潮藻种,探讨 UV-B 辐射对其种群竞争的影响,试阐明 UV-B 辐射增强对海洋生态系统的影响和赤潮发生的影响机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 藻种

实验所用的有毒甲藻塔玛亚历山大藻(*Alexandrium tamarense*)和无毒硅藻中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)取自中国海洋大学微藻培养中心,二者均属赤潮藻种。

### 1.2 单养实验

在实验室内将处于指数生长期的藻液按照

\* 中国博士后科学基金资助项目, 20060390312 号; 山东省教育科技计划项目, J06I03 号。张培玉, 博士后, 副教授, E-mail: peiyu\_zhang@163.com

通讯作者: 唐学玺, E-mail: tangxx@alc.com

收稿日期: 2005-08-20; 收修改稿日期: 2006-01-25

$0.2 \times 10^4$ 、 $0.4 \times 10^4$ 、 $0.8 \times 10^4$  cells/ml 的起始浓度, 在无菌条件下接种在 100ml *f/2* 培养液中, 同时设 4 个平行样, 二种藻的处理相同。

### 1.3 混养实验

设置 3 个处理组: 塔玛亚历山大藻(简称 A)的起始密度为  $0.2 \times 10^4$  cells/ml, 中肋骨条藻(简称 S)的起始密度为  $0.8 \times 10^4$  cells/ml, 接种比例为 A:S = 1:4; 塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻的起始密度均为  $0.4 \times 10^4$  cells/ml, 接种比例为 A:S = 1:1; 塔玛亚历山大藻的起始密度为  $0.8 \times 10^4$  cells/ml, 中肋骨条藻的起始密度为  $0.2 \times 10^4$  cells/ml, 接种比例为 A:S = 4:1。每个处理组设 4 个平行样。

### 1.4 培养方法和条件

培养液采用加富 *f/2* 营养盐配方, 取指数生长期的中肋骨条藻和塔玛亚历山大藻接种, 连续培养。培养温度为  $(19 \pm 1)$  °C, 光照强度为 3000 lx, 光暗周期为 12h:12h, 培养瓶随机排放, 已避免光照的影响。用于微藻培养的三角瓶预先用 1mol/L 的盐酸浸泡 24h, 消毒海水冲洗干净后待用。

### 1.5 UV-B 辐射体系

采用北京曙光电源厂生产的紫外 B 灯, 北京师范大学生产的 UV-B 型紫外辐射强度仪测定辐射强度。紫外 B 灯外用乙酸纤维素薄膜(上海生化试剂公司, 厚度为 0.12mm)包被, 以除去 280nm 的短波辐射。整个体系在正式实验前需连续照射 72h, 以减小薄膜滤过作用的不稳定性。所用薄膜每隔 1 周更换 1 次, 防止薄膜的老化。

### 1.6 UV-B 辐射处理

辐射强度一定( $1.25 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ), 通过调整辐射时间控制辐射剂量。在预备实验的前提下, 设计  $1.4\text{J}/\text{m}^2$  的辐射剂量, 每天以紫外 B 灯取代日光灯管照射处理。

### 1.7 细胞密度的计算与数据处理

培养过程中定时摇动培养物, 每天至少摇动 6 次, 每隔 2 天取 1ml 藻液, 用鲁格氏碘液固定, 血球计数板计数并计算细胞密度。每个样品计数 3 次, 取其平均值。用 SPSS10.00 统计软件进行数据统计, 以 *P* 值表示差异显著( $P < 0.05$ )、极显著( $P < 0.01$ )或不显著( $P > 0.05$ )。

## 2 结果

### 2.1 单养条件下 2 种赤潮藻的生长

在不同起始浓度下, 2 种藻的生长曲线见图 1

和图 2。结果显示, 无论是塔玛亚历山大藻还是中肋骨条藻, 接种密度不同直接导致藻细胞的生长情况有所差异。比较二者生长情况, 发现 2 种藻细胞的生长情况表现出类似的规律性。首先, 随着接种密度的提高, 2 种藻细胞进入指数生长期的时间都相应地提前; 其次, 随着接种密度的提高, 2 种藻细胞进入平台期的时间同样都相应地提前; 第三, 随着接种密度的提高, 2 种藻细胞生长和繁殖所达到的最大细胞密度均相应地降低。

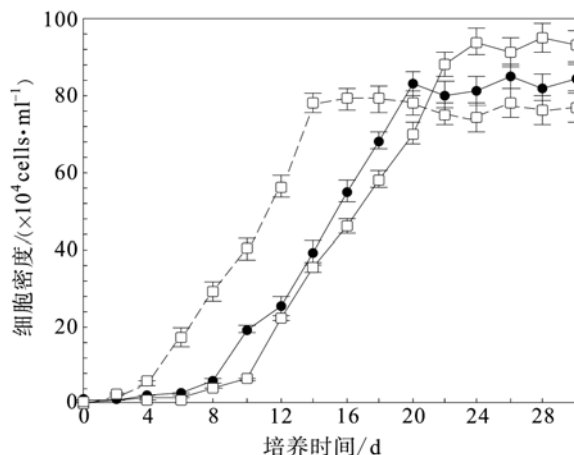


图 1 不同起始密度下塔玛亚历山大藻的生长曲线  
Fig. 1 Growth curves of *A. tamarensis* in different initial cell densities  
起始密度分别为:  $\square$ — $0.2 \times 10^4$ ,  $\bullet$ — $0.4 \times 10^4$ ,  $\circ$ — $0.8 \times 10^4$  cells/ml

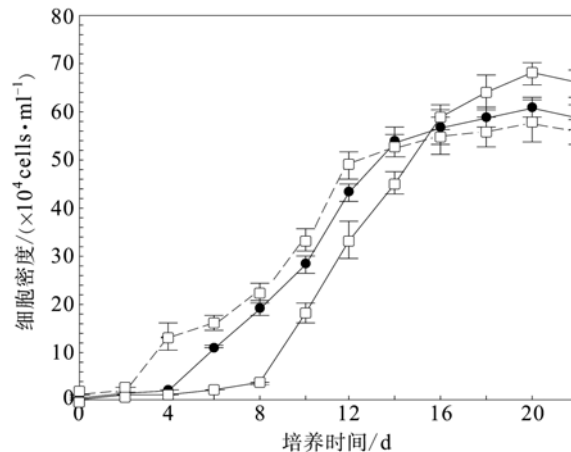


图 2 不同起始密度下中肋骨条藻的生长曲线  
Fig. 2 Growth curves of *S. costatum* in different initial cell density  
起始密度分别为:  $\square$ — $0.2 \times 10^4$ ,  $\bullet$ — $0.4 \times 10^4$ ,  $\circ$ — $0.8 \times 10^4$  cells/ml

### 2.2 混养条件下 2 种赤潮藻的生长

在不同起始密度混养下, 塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群之间的竞争结果如图 3 所示。

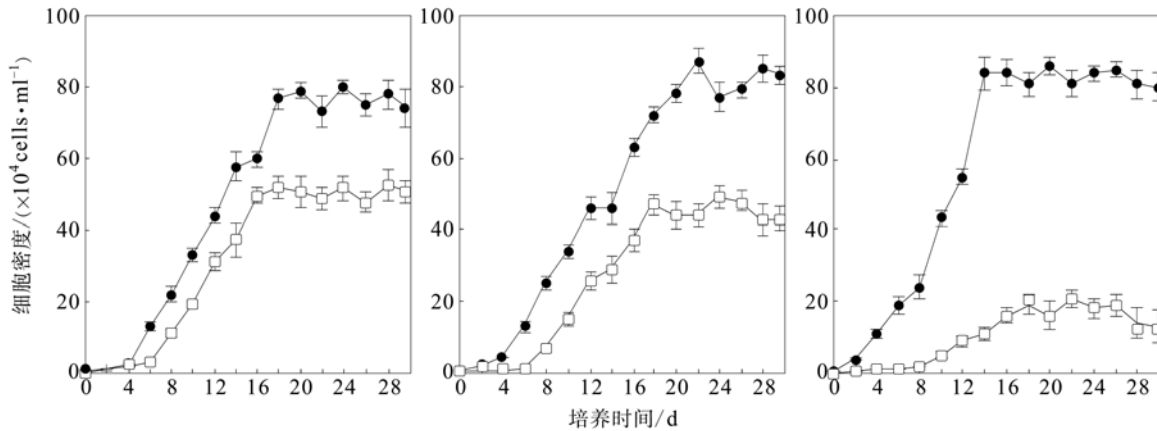


图 3 不同起始密度对塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群竞争的影响

Fig. 3 Effects of different inoculation proportions on the competition between *A. tamarense* and *S. costatum* populations  
表示 *A. tamarense*,  $\square$ : *S. costatum*。左: A:S=1:4, 中: A:S=1:1, 右: A:S=4:1

在处理 中, 塔玛亚历山大藻从培养的第 4 天进入指数生长期, 在 18 天时细胞密度达到  $77.74 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后种群生长进入平台期, 24 天时种群密度达到最大值  $80.57 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。中肋骨条藻从培养的第 6 天进入指数生长期, 在 16 天时细胞密度达到  $50.63 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后进入平台期, 28 天时种群密度达到最大值  $53.18 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。与单养时比较, 中肋骨条藻对塔玛亚历山大藻的生长显示出明显的抑制作用, 塔玛亚历山大藻的种群最大密度是单养时 ( $95.57 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ ) 的 84.3% ( $P < 0.05$ ); 而塔玛亚历山大藻对中肋骨条藻的生长同样有抑制作用, 中肋骨条藻的最大种群密度是单养时 ( $58.94 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ ) 的 90.2%。但 2 种藻相比, 中肋骨条藻在与塔玛亚历山大藻的竞争中占优势。

在处理 中, 塔玛亚历山大藻从培养的第 4 天起进入指数生长期, 在 20 天细胞密度达到  $78.89 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后种群生长进入平台期, 在 22 天时种群数量达到最大值为  $87.47 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。中肋骨条藻从培养的第 6 天进入指数生长期, 在 18 天时细胞密度达到  $47.18 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后进入平台期, 24 天时种群密度达到最大值为  $49.03 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。与单养时比较, 塔玛亚历山大藻对中肋骨条藻的生长有明显的抑制作用, 中肋骨条藻的种群最大密度是单养时 ( $61.54 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ ) 的 79.7% ( $P < 0.05$ ); 而塔玛亚历山大藻的生长没有受到中肋骨条藻的抑制, 塔玛亚历山大藻的种群最大密度与单养时 ( $85.46 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ ) 比较略有提高, 差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

在处理 中, 塔玛亚历山大藻迅速(从培养的第 2 天起)进入指数生长期, 在 14 天细胞密度达到  $84.56 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后种群生长进入平台期, 在 20 天时种群密度达到最大值为  $86.85 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。中肋骨条藻的生长缓慢, 没有出现明显的指数生长期和平台期, 在 22 天时种群密度最大, 仅为  $21.26 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。与单养时比较, 塔玛亚历山大藻极显著抑制了中肋骨条藻种群的生长和繁殖, 中肋骨条藻的种群最大密度是单养时 ( $68.55 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ ) 的 31.0% ( $P < 0.01$ ); 而塔玛亚历山大藻的生长没有受到中肋骨条藻的抑制作用, 塔玛亚历山大藻的最大种群密度比单养时 ( $78.38 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ ) 提高显著 ( $P < 0.01$ )。

比较处理 、处理 和处理 的结果不难发现, 在处理 (A:S=1:4) 中, 中肋骨条藻在竞争占一定的明显优势 ( $P < 0.05$ ), 在处理 (A:S=1:1) 和处理 (A:S=4:1) 中, 塔玛亚历山大藻在竞争中占明显的优势 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 UV-B 辐射增强对 2 种赤潮藻种群竞争的影响

UV-B 辐射增强可改变塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群竞争的关系(图 4)。

在处理 中, 塔玛亚历山大藻从培养的第 6 天进入指数生长期, 在 20 天时细胞密度达到  $71.18 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后种群生长进入平台期, 26 天时种群密度达到最大值  $74.66 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。中肋骨条藻从培养的第 6 天进入指数生长期, 在 18 天时细胞密度达到  $64.28 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后进入平台期, 24 天时种群密度达到最大值为  $66.63 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。与单养时比较, 中肋骨条藻对塔玛亚

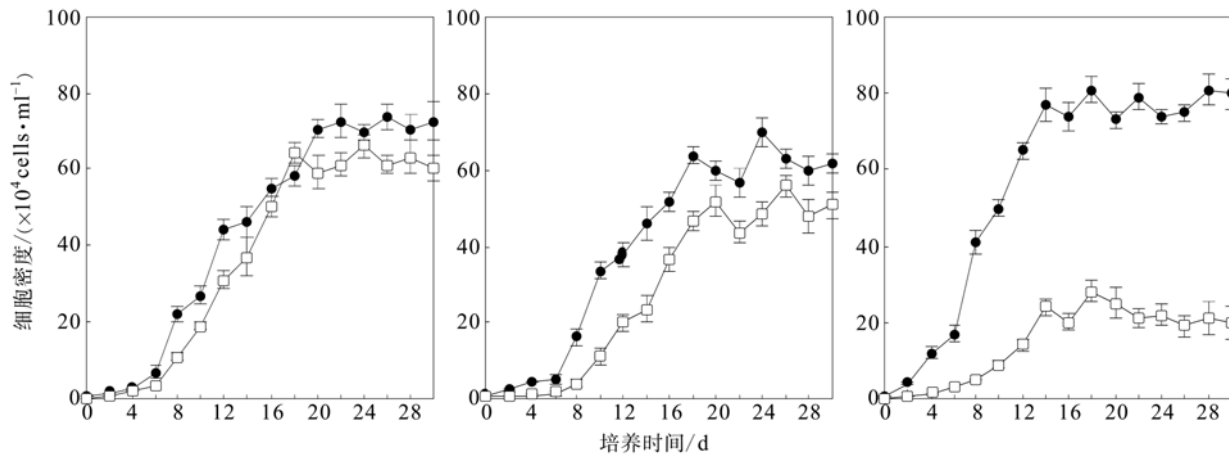


图4 UV-B辐射增强对塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群竞争的影响

Fig. 4 Effects of UV-B radiation increase on the competition between *A. tamarense* and *S. costatum* populations  
表示 *A. tamarense*, □: *S. costatum*。左: A S = 1 4, 中: A S = 1 1, 右: A S = 4 1

历山大藻的生长显示出显著的抑制作用, 塔玛亚历山大藻的种群最大密度是单养时( $95.57 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ )的78.1% ( $P < 0.01$ ); 而中肋骨条藻的生长没有受到塔玛亚历山大藻的抑制作用, 中肋骨条藻的最大种群密度比单养时( $58.94 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ )有较大程度的提高。所以中肋骨条藻在竞争中占明显的优势。

在处理 中, 塔玛亚历山大藻从培养的第6天起进入指数生长期, 在18天细胞密度达到 $64.39 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后种群生长进入平台期, 在24天时种群数量达到最大值 $70.83 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。中肋骨条藻从培养的第8天进入指数生长期, 在20天时细胞密度达到 $52.69 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后进入平台期, 26天时种群密度达到最大值 $56.93 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。与单养时比较, 塔玛亚历山大藻对中肋骨条藻的生长有一定的抑制作用, 中肋骨条藻的种群最大密度是单养时( $61.54 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ )的92.5%; 而塔玛亚历山大藻的生长同样受到了中肋骨条藻的抑制, 塔玛亚历山大藻的种群最大密度是单养时( $85.46 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ )82.9% ( $P < 0.05$ )。所以虽然中肋骨条藻的生长受到了一定的抑制, 但仍与塔玛亚历山大藻的竞争中占一定的优势。

在处理 中, 塔玛亚历山大藻迅速(从培养的第4天起)进入指数生长期, 在16天细胞密度达到 $77.66 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ , 随后种群生长进入平台期, 在20天时种群密度达到最大值 $81.86 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。中肋骨条藻的生长相对缓慢, 没有出现明显的指数生长期和平台期, 在18天时种群

密度最大, 是 $28.98 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 。与单养时比较, 塔玛亚历山大藻显著抑制了中肋骨条藻种群的生长和繁殖, 中肋骨条藻的种群最大密度是单养时( $68.55 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ )的42.3% ( $P < 0.01$ ); 而塔玛亚历山大藻的生长没有受到中肋骨条藻的抑制作用, 塔玛亚历山大藻的最大种群密度比单养时( $78.38 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ )略有提高。所以塔玛亚历山大藻在竞争中占明显优势。

比较处理 、处理 和处理 的结果不难发现, 在处理 (A S = 1 4)中, 中肋骨条藻在竞争中占极明显的优势( $P < 0.01$ ), 在处理 (A S = 1 1)中, 中肋骨条藻在竞争中占一定的优势( $P < 0.05$ ), 在处理 (A S = 4 )中, 塔玛亚历山大藻在竞争中占明显的优势( $P < 0.01$ )。

比较混养实验和UV-B辐射处理实验的结果可以看出, UV-B辐射增强可改变塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群竞争的关系, 使塔玛亚历山大藻种群竞争能力降低, 中肋骨条藻种群竞争能力大大提高。使处理 (A S = 1 4)中, 中肋骨条藻竞争优势更加明显, 处理 (A S = 1 1)中, 中肋骨条藻在竞争中占优势。

### 3 讨论

#### 3.1 不同接种比例引起2种赤潮藻种群竞争关系发生变化的原因分析

混养实验的结果表明, 接种比例的不同会直接导致塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻种群间竞争关系的变化。当接种比例为A S = 1 4时, 中肋骨条藻在竞争中占优势。当接种比例为A S = 1 1时, 虽然塔玛亚历山大藻在竞争中占优势,

但也受到了中肋骨条藻的抑制。接种比例为 A : S = 4 : 1 时, 塔玛亚历山大藻的生长竞争优势更加明显。至今的研究表明, 许多藻类之间通过生化联系存在着明显的互作关系(Uchida *et al.*, 1999, 1995, 1996; 张冬鹏等, 2000), 而且多种环境因子以及种群起始密度对藻类间的互作关系有重要影响(Hegarty *et al.*, 1998; Holm *et al.*, 1981; Uchida *et al.*, 1999)。环境条件的改变引起藻类相对增长速率的改变, 从而导致藻类之间种群竞争关系的变化。对于赤潮发生过程中种群间的竞争作用有一种观点认为引起种群竞争关系发生改变的主要原因是赤潮微藻的克生作用(Uchida *et al.*, 1999; Maestrini *et al.*, 1981; Honjo, 1994)。从 3 种混养处理实验的结果看出, 处理 1、处理 2 和处理 3 中 2 种藻的种群最大密度之和分别为  $133.75 \times 10^4$  cells/ml,  $136.50 \times 10^4$  cells/ml 和  $108.11 \times 10^4$  cells/ml, 处理 1 中的种群最大密度之和低于处理 2 和处理 3。另外在处理 1 中中肋骨条藻的生长始终非常缓慢, 没有明显的指数生长期和平台期, 而处理 2 和处理 3 中中肋骨条藻的种群密度都较高。因此, 作者推测引起塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻的种群竞争关系发生变化的原因除对营养盐竞争外, 克生作用对二者的竞争结果同样起着重要的作用。

种群之间通过克生作用相互竞争一般通过 2 种方式和途径进行。其一是细胞的直接接触抑制, 其二是通过分泌次生物质来完成对其它种群的抑制作用。颜天等(2003)对赤潮异湾藻(*Heterosigma akashiwo*)的深入研究表明, *H. akashiwo* 对其它种群的抑制作用采取的是细胞的直接接触抑制, 而且接触抑制作用的部位位于 *H. akashiwo* 细胞的细胞表面。而对塔玛亚历山大藻的研究表明, 其藻细胞和去藻的过滤液都有一定的毒性作用(谭志军等, 2002)。本文中塔玛亚历山大藻对中肋骨条藻生长的抑制作用很可能是通过其细胞表面的直接接触抑制作用和分泌次生物质来完成的, 而中肋骨条藻对塔玛亚历山大藻生长的抑制作用是通过细胞的直接接触抑制还是分泌次生物质, 或者二条途径都起作用有待于进一步的研究。

### 3.2 UV-B 辐射处理引起 2 种藻竞争关系发生变化的原因分析

研究表明, UV-B 辐射增强对海洋微藻有一定的伤害作用。Chaturvedi(2000)报道, 紫外线辐射增强可抑制藻细胞某些与光合作用有关的基因的

表达, 引起光系统 (PS) 反应中心蛋白(D1 和 D2)的降解, 限制光系统的损伤修复, 从而导致光合速率的下降。Lesser(1996)和唐学玺等(2002)的工作表明: UV-B 辐射的增强能够抑制藻细胞的生长, 引起叶绿素的降解和光合速率的下降, 并进一步证实这些反应性状的出现是由在 UV-B 辐射下藻细胞内产生并积累大量活性氧(超氧阴离子自由基和过氧化氢)所致。王悠等(2002)和于娟等(2002)的工作认为, 不同种类的海洋微藻对 UV-B 辐射处理的敏感性有较大的差异, 敏感性高的种类易受到 UV-B 辐射处理的伤害, 引起生长的减缓; 而敏感性低的种类不易甚至不会受到 UV-B 辐射处理的伤害, 其生长速率相对提高。因此 UV-B 辐射处理打破了种群间原有的生长平衡状态, 使种群间的竞争关系发生改变。本文中选用的塔玛亚历山大藻和中肋骨条藻在 UV-B 辐射处理下其种群竞争关系发生改变的原因是由于塔玛亚历山大藻对 UV-B 辐射处理相对于中肋骨条藻敏感, 其机理仍需要进一步的研究。

### 参 考 文 献

- 于娟, 唐学玺, 田继远, 2002. 葱与 UV-B 辐射共同作用对 2 种海洋微藻的毒性效应. 中国水产科学, 9(2): 157—160
- 王悠, 杨震, 唐学玺等, 2002. 7 种海洋微藻对 UV-B 辐射的敏感性差异分析. 环境科学学报, 22(2): 225—230
- 石晓勇, 王修林, 陆茸等, 2005. 东海赤潮高发区春季溶解氧和 pH 分布特征及影响因素探讨. 海洋与湖沼, 36(5): 404—412
- 邹景忠, 1999. 海洋环境的富营养化和赤潮危害. 见: 李永祺主编. 海水养殖生态环境的保护与改善. 济南: 山东科学技术出版社, 74—126
- 张冬鹏, 武宝轩, 2000. 几种赤潮藻对温度、氮、磷的响应及藻间相互作用的研究. 暨南大学学报, 21(5): 83—87
- 吴玉霖, 孙松, 张永山, 2005. 环境长期变化对胶州湾浮游植物群落结构的影响. 海洋与湖沼, 36(6): 487—498
- 唐学玺, 黄健, 王艳玲等, 2002. UV-B 辐射和葱对三角褐指藻 DNA 伤害的相互作用. 生态学报, 22(3): 375—378
- 谭志军, 颜天, 周名江等, 2002. 塔玛亚历山大藻对黑褐新糠虾存活、生长及种群繁殖的影响. 生态学报, 22(10): 1635—1639
- 颜天, 周名江, 傅萌等, 2003. 赤潮异湾藻毒性及毒性来源的初步研究. 海洋与湖沼, 34(1): 50—55
- Chaturvedi R, 2000. Degradation and de novo synthesis of D1 protein and psbA transcript levels in green algae during UV-B inactivation of photosynthesis and its reactivation. J Biosci, 25(1): 65—71

- Hegarty S G, Villareal T A, 1998. Effect of light level and N : P supply ratio on the competition between *Phaeocystis cf. pouchetii* (Hariot) Lagerheim (Prymnesiophyceae) and five diatom species. *J Exp Mar Biol Ecol*, 226(2): 241—258
- Holm N P, Armatrong D E, 1981. Role of nutrient limitation and competition controlling the population *Asterionella formosa* and *Microcystis aeruginosa* Kutz in semicontinuous culture. *Limnology and Oceanography*, 26: 672—684
- Honjo T, 1994. The biology and prediction of representative red tides associated with fish kills in Japan. *Rev Fish Sci*, 2: 225—253
- Lesser M P, 1996. Elevated temperature and ultraviolet radiation cause oxidative stress and inhibit photosynthesis in symbiotic dinoflagellates. *Limnology and Oceanography*, 41(2): 271—283
- Maestrini S Y, Bonin D J, 1981. Alloropathic relationship between phytoplankton species. *Can Bull Fish Aquat Sci*, 210: 323—338
- Uchida T M, Matsuyama Y, Yamaguchi M, 1996. Growth interactions between a red tide dinoflagellate *Heterocapsa circularisquama* and some other phytoplankton species culture. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 369—372
- Uchida T M, Satorutoda Y, Matsuyama M, 1999. Interactions between the red tide dinoflagellates *Heterocapsa circularisquama* and *Gymnodinium mikimotoi* in laboratory. *J Exp Mar Biol Ecol*, 24(1): 285—299

## UV-B RADIATION PLAYS DIFFERENT ROLES IN THE COMPETITION BETWEEN *ALEXANDRIUM TAMARENSE* AND *SKELETONEMA COSTATUM*

ZHANG Pei-Yu<sup>1,2</sup>, TANG Xue-Xi<sup>1</sup>, DONG Shuang-Lin<sup>1</sup>, CAI Heng-Jiang<sup>1</sup>,  
XIAO Hui<sup>1</sup>, FENG Lei<sup>1</sup>

(1. Division of Life Science and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266003;  
2. Department of Environmental Science and Engineering, Qingdao University, Qingdao, 266071)

**Abstract** Eutrophication and harmful red tides have raised considerable concerns in marine environment. Complexity of blooming and fading mechanism, in physical, chemical & ecological processes, and lacks of knowledge on cysts germination, feeding, reproduction, of red tide organisms, make it difficult to be quantitatively described objectively. Therefore, the population dynamics of major red tide algae and the conditions of the occurrence remain a puzzle.

Ozone layer depletion was one of the major global environmental damages. UV-B radiation is harmful to the DNA of organisms. Increased UV-B radiation has altered greatly some ecological systems on the earth's surface exposing potential danger to many marine organisms.

In this paper, we selected two red tide algal species [*Skeletonema costatum* (S) and *Alexandrium tamarense* (A)] in our research into UV-B radiation impact on their population competition, aiming to clarify the influence of intensified UV-B radiation on marine ecological system and red tide formation. Three treatments were set up in our experiment.

1. The initial inoculation density of A was  $0.2 \times 10^4$  cells/ml, S at  $0.8 \times 10^4$  cells/ml, at the proportion of A : S = 1 : 4;
2. The initial inoculation density of S and A were both  $0.4 \times 10^4$  cells/ml at A : S = 1 : 1;
3. The initial inoculation density of A was  $0.8 \times 10^4$  cells/ml, that of S  $0.2 \times 10^4$  cells/ml at A : S = 4 : 1.

Results of these mixed cultures showed that different proportion could directly change the population competition between A and S. at A : S = 1 : 4, S grew dominantly. at A : S = 1 : 1, A overcame S. at A : S = 4 : 1, A overwhelmed S. Meanwhile, the responses of A—S population competition to UV-B radiation intensification was studied in the co-cultures. The intensification could favor S in the competition. This was why the rivalrousness of S changed more remarkably at A : S = 1 : 4, and S prevailed over A at A : S = 1 : 1 under UV-B radiation dosage of  $1.4\text{J/m}^2$ . The UV-B radiation treatment could break the original growth of two in competition balance. Result of this experiment shows that A was more sensitive to UV-B radiation treatment than S.

**Key words** UV-B radiation, Population competition, Inhibition, *Alexandrium tamarense*, *Skeletonema costatum*