

赤潮异弯藻(*Heterosigma akashiwo*)对蒙古裸腹溞 (*Moina mongolica*)和日本新糠虾 (*Neomysis japonica*)的毒性影响*

陈桃英 聂思宇 杨欣 高强 蔡生力

(上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

摘要 采用生物急性和慢性毒性实验的方法,研究了赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞和日本新糠虾的毒性影响,并初步探讨了赤潮异弯藻导致二者较快死亡的机制。结果发现,赤潮异弯藻不仅对蒙古裸腹溞和日本新糠虾的存活有显著影响,而且使其个体变小、产幼前发育时间延长、总生殖量降低、平均存活时间缩短,种群数量增长受抑制。显微观察发现,蒙古裸腹溞能摄食赤潮异弯藻,但摄食后,其粪便紧紧地粘在蒙古裸腹溞的肠道末端;日本新糠虾不摄食赤潮异弯藻,但该藻粘附在其触须、附肢以及腹部、尾部的刚毛上,以及作为食物的卤虫幼体也被大量粘附在一起,聚集成团,或通过赤潮异弯藻粘附在日本新糠虾的附肢上。因此赤潮异弯藻很可能通过干扰蒙古裸腹溞和日本新糠虾正常的生理活动,而导致其快速死亡。

关键词 赤潮异弯藻,蒙古裸腹溞,日本新糠虾,毒性作用

中图分类号 X55

针胞藻(Raphidophyte)中的赤潮异弯藻(*Heterosigma akashiwo* Hada)广泛分布于温带至亚热带内湾、河口及沿岸水域,也是我国沿岸海域形成有害赤潮的优势种之一,对许多养殖鱼类如鲑鱼、比目鱼等都有致死作用,由这种藻引发的赤潮给水产养殖业带来了巨大的经济损失(Kempton *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2008)。目前有关这种藻的细胞毒性以及对卤虫、桡足类、贝类和鱼类的危害有一定的报道,但未见对枝角类以及虾类展开研究(尹伊伟等, 2000; 王朝晖等, 2001; 颜天等, 2003; Delgado *et al.*, 1999; Keppler *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2006)。海洋枝角类种类少,仅发现 10 种,在实验室内难以成功培养,因此选择一种替代生物进行研究也是非常有必要的。蒙古裸腹溞 (*Moina mongolica* Daday)是一种盐水枝角类,体长 0.5—1.7mm,生长快,繁殖迅速,能在海水中长期培养(He *et al.*, 2001),可能

是一种用来研究有害赤潮急性和慢性毒性的理想模式生物。目前已有研究者应用蒙古裸腹溞于毒性测试试验(王广军等, 2002; Chen *et al.*, 2007)。糠虾在我沿海海域广泛分布,能在实验室内连续多代培养,是研究海洋污染物毒性的较好实验生物,但主要集中在对黑褐新糠虾(*Neomysis awatschensis*)的毒性作用(谭志军等, 2002; 李建军等, 2006; 张彬等, 2008; 王金锋等, 2008),对日本新糠虾(*Neomysis japonica*)的研究不多。因此,选择蒙古裸腹溞和日本新糠虾作为实验生物具有一定的实际意义。

本文研究了赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞和日本新糠虾的急性毒性和慢性毒性(包括对蒙古裸腹溞生长、繁殖和种群数量增长的影响),以期了解爆发异弯藻赤潮时对浮游动物以及我国虾类等自然资源可能造成的影响,为该类赤潮的监测和预警提供一定的理论依据。

* 上海市教委重点学科项目, J50701 号; 上海市青年科技启明星计划项目, 08QA1405900 号; 上海市优秀青年教师选拔基金项目, 科 07-10 号; 上海海洋大学博士启动基金, 科 06-310 号。陈桃英, 博士, 讲师, E-mail: tychen@shou.edu.cn

通讯作者: 蔡生力, 教授, E-mail: slcai@shou.edu.cn

收稿日期: 2008-12-17, 收修改稿日期: 2009-02-23

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验在上海海洋大学海洋生物学重点实验室内进行。实验用蒙古裸腹溞 (*Moina mongolica*)是在室内 20—25 ℃ 下, 用海水小球藻(*Chlorella* spp.)培养的种; 日本新糠虾(*Neomysis japonica*)由本校动物营养室提供, 用卤虫(*Artemia salina*)无节幼体培养的种。海水盐度为 30, 用红海盐加自来水配制。

赤潮异弯藻(*Heterosigma akashiwo*)从中国海洋大学藻种库购买。海水小球藻由上海海洋大学藻种培养中心提供。实验用藻均用 *f/2* 培养液培养, 培养温度为(20±1) ℃, 光照周期 L:D = 12:12。实验用水均经脱脂棉过滤, 煮沸消毒。

1.2 实验设计

1.2.1 对蒙古裸腹溞的 96h 急性毒性 取指数增长期的赤潮异弯藻, 于显微镜下计数密度后, 用消毒海水稀释至: 1×10^4 、 5×10^4 、 10×10^4 、 20×10^4 cells/ml。

本试验在(25±1) ℃ 的水浴中进行。试验容器为 50ml 的小烧杯, 试验液体积为 30ml。实验以 3×10^6 cells/ml 的小球藻组作为对照。随机挑选 20 个 2 龄健康的蒙古裸腹溞于每个烧杯中。每 24h 检查蒙古裸腹溞的存活数, 并更换培养液。每组设 3 个平行。

1.2.2 对日本新糠虾的 96h 急性毒性 取指数增长期的赤潮异弯藻, 于显微镜下计数密度后, 用消毒海水稀释至: 1×10^4 、 5×10^4 、 10×10^4 cells/ml。

本试验在(25±1) ℃ 的水浴中进行。试验容器为 1000ml 烧杯, 试验液体积为 1000ml。实验以消毒海水作为对照。随机挑选 10 个日本新糠虾于每个烧杯中。实验期间, 每天投喂 2 次刚孵化的卤虫作为食物, 每 24h 检查其存活状况, 并更换培养液。每组设 3 个平行。

1.2.3 对蒙古裸腹溞生长生殖的影响 本试验在

(25±1) ℃ 的水浴中进行。实验前挑选 1 个运动活泼的孤雌生殖溞置于 3×10^6 cells/ml 小球藻液中培养, 待幼溞产出后吸出母溞, 将幼溞转移至 50ml 的小烧杯中继续培养, 以此类推, 直至同一批出生的幼溞数目能够满足试验所需的溞数。

赤潮异弯藻设 2 个浓度: 2×10^4 cells/ml (+ 2×10^6 cells/ml 小球藻), 4×10^4 cells/ml (+ 1×10^6 cells/ml 小球藻), 以 3×10^6 cells/ml 的小球藻组作为对照。试验期间, 每 24h 更新培养液, 每 48h 在显微镜下测量体长; 枝角类的繁殖能力主要反映在生殖量和生殖频率两方面, 本实验中观测指标包括蒙古裸腹溞的产幼前发育时间、每窝生殖量和存活时间。

1.2.4 对蒙古裸腹溞种群的影响 本试验在(25 ± 1) ℃ 的水浴中进行。试验容器为 200ml 的烧杯, 试验液体积为 200ml。随机挑选 100 个健康的蒙古裸腹溞于培养液中, 即接种密度为 0.5 个/ml。

赤潮异弯藻亦为指数生长期, 显微镜下计数密度后, 用消毒海水稀释, 使藻细胞密度分别为 2×10^4 和 5×10^4 cells/ml, 即为实验液。以 6×10^6 cells/ml 的小球藻组作为对照。试验期间, 每 48h 检查蒙古裸腹溞的存活数, 计数其数量, 并置于同等浓度新鲜的培养液中。每组设 3 个平行。

1.3 统计分析

实验数据用 Excel 处理, 用 ANOVA 进行统计差异分析, 以 $P < 0.05$ 表示具有显著性差异。

2 结果

2.1 赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞的 96h 急性毒性影响

从表 1 可以看出, 赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞存活有明显影响。96h 后, 在 $1-20 \times 10^4$ cells/ml 范围内, 蒙古裸腹溞的存活率不超过 30%, 都显著低于对照组的 98.4% ($P < 0.05$)。

表 1 赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞的 96h 急性毒性影响
Tab.1 The toxic effect of *H. akashiwo* on survival of *M. mongolica*

处理组	存活率(%)				
	0h	24h	48h	72h	96h
对照	100 ± 0.0	100 ± 0.0	98.4 ± 3.9	98.4 ± 3.9	98.4 ± 3.9
1×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻	100 ± 0.0	99.2 ± 1.9	90.4 ± 8.0	55.4 ± 23.4	10.0 ± 12.6
5×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻	100 ± 0.0	99.2 ± 1.9	88.1 ± 13.4	58.2 ± 20.7	23.3 ± 27.3
10×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻	100 ± 0.0	100 ± 0.0	87.2 ± 11.5	64.6 ± 18.0	21.7 ± 27.1
20×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻	100 ± 0.0	100 ± 0.0	34.9 ± 9.8	14.3 ± 6.7	0

2.2 赤潮异弯藻对日本新糠虾的 96h 急性毒性影响

表 2 为赤潮异弯藻对日本新糠虾存活的影响。从表 2 中可以看出, 在 $(1-10) \times 10^4$ cells/ml 的赤潮异弯藻中培养 96 后, 日本新糠虾的存活率都不超过 35%, 显著低于对照组的 66.7% ($P < 0.05$)。

2.3 赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤生长的影响

表 3 为赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤生长的影响。实验发现, 培养 13 天后, 对照组中蒙古裸腹蚤的体长为 1.46mm, 而用 2×10^4 cells/ml 和 4×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻培养的蒙古裸腹蚤体长分别为 1.44mm 和 1.37mm, 统计分析并没有显著影响 ($P > 0.05$)。因此, 赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤生长的影响不大。

2.4 赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤生殖窝数、产幼前发育时间、总生殖量和寿命的影响

表 4 总结了赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤产幼前发育时间、总生殖量和寿命的影响。表 5 为赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤的生殖窝数和每窝生殖量的影响。从表 4、表 5 中可以看出, 赤潮异弯藻的影响表现如下:

(1) 延长了蒙古裸腹蚤的发育时间, 赤潮异弯藻组的为 4.0 和 4.1d, 而对照组的是 3.7d; (2) 降低了蒙古裸腹蚤的总产幼数, 赤潮异弯藻组的为 30.2 和 26.7 个, 显著低于小球藻组的 35.5 个; (3) 缩短了蒙古裸腹蚤的存活时间, 赤潮异弯藻组的平均寿命分别为 11.4d 和 12.5d, 低于对照组的 14.5d; (4) 减少了蒙古裸腹蚤的生殖窝数, 赤潮异弯藻的只繁殖了 5 窝, 而对照组繁殖了 7 窝; 而且每窝生殖量也低于对照组。

本实验结果表明, 尽管添加了小球藻, 但赤潮异弯藻仍对蒙古裸腹蚤的繁殖能力有很显著的影响。

2.5 赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤种群数量的影响

图 1 为赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤种群数量的影响。由图 1 可以看出: 赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤种群数量的增加有极显著的抑制作用, 培养至 13 天后, 5×10^4 cells/ml 组的种群数量为零; 培养至 17 天时, 2×10^4 cells/ml 组的种群数量仅对照组的 36.51%。T-test 发现, 赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤种群增长有明显不利影响 ($P < 0.05$)。

表 2 赤潮异弯藻对日本新糠虾的 96h 急性毒性影响

Tab.2 The toxic effect of *H. akashiwo* on survival of *N. japonica*

处理组	存活率(%)				
	0h	24h	48h	72h	96h
对照	100±0.0	83.3±5.0	66.7±0.0	66.7±0.0	66.7±0.0
1×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻	100±0.0	88.9±0.0	55.6±0.0	44.4±0.0	33.3±0.0
5×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻	100±0.0	66.7±0.0	55.6±10.0	44.4±0.0	27.8±0.0
10×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻	100±0.0	94.4±5.0	72.2±15.0	61.1±5.0	33.3±0.0

表 3 赤潮异弯藻对蒙古裸腹蚤体长的影响

Tab.3 The effect of *H. akashiwo* on body length of *M. mongolica*

处理组	体长(mm)						
	1d	3d	5d	7d	9d	11d	13d
对照	0.71±0.02	1.10±0.05	1.17±0.02	1.32±0.03	1.39±0.03	1.45±0.03	1.46±0.03
2×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻 + 2×10^6 cells/ml 小球藻	0.71±0.01	1.00±0.03	1.09±0.04	1.18±0.05	1.25±0.05	1.30±0.00	1.44±0.00
4×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻 + 1×10^6 cells/ml 小球藻	0.71±0.01	0.94±0.05	1.05±0.03	1.11±0.07	1.16±0.07	1.26±0.07	1.37±0.06

表 4 赤潮异弯藻和裸甲藻对蒙古裸腹蚤产幼前发育时间、总生殖量和寿命的影响

Tab.4 The effect of *H. akashiwo* on the time for the first brood, gross fecundity, and life-time of *M. mongolica*

处理组	产幼前发育时间(d)	总生殖量(个)	平均寿命(d)
对照	3.7±0.7	35.5±11.6	14.5±4.8
2×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻 + 2×10^6 cells/ml 小球藻	4.0±0.8	30.2±8.4	11.4±3.0
4×10^4 cells/ml 赤潮异弯藻 + 1×10^6 cells/ml 小球藻	4.1±0.8	26.7±5.6	12.5±2.4

表 5 赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞生殖窝数的影响
Tab.5 The effect of *H. akashiwo* on number of larvae broods of *M. mongolica*

处理组	每窝生殖量(个)						
	第一窝	第二窝	第三窝	第四窝	第五窝	第六窝	第七窝
对照	7.3±2.0	8.8±1.2	9.0±1.9	9.0±1.9	4.5±1.9	3.5±2.1	2.3±0.5
2×10 ⁴ cells/ml 赤潮异弯藻 + 2×10 ⁶ cells/ml 小球藻	8.0±1.6	9.4±0.9	8.8±2.0	7.9±2.1	3.0±0.0		
4×10 ⁴ cells/ml 赤潮异弯藻 + 1×10 ⁶ cells/ml 小球藻	6.3±1.5	8.3±1.6	8.0±1.0	5.3±2.2	3.5±0.7		

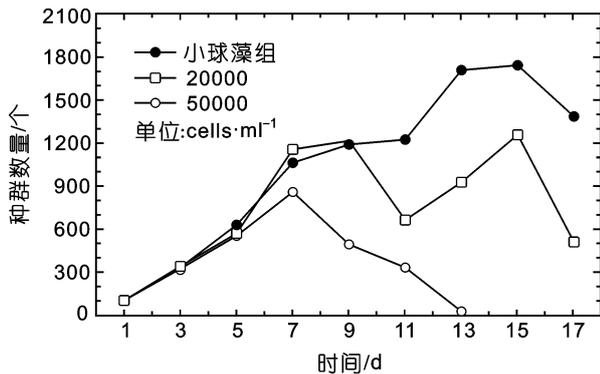


图 1 赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞种群增长的影响
Fig.1 The effect of *H. akashiwo* on population number of *M. mongolica*

2.6 赤潮异弯藻粪便团粘附在蒙古裸腹溞肠道末端

实验时发现, 蒙古裸腹溞能摄食赤潮异弯藻, 但摄食后, 似乎有一层膜将其排泄出的粪便形成团, 并牢牢地粘附在肠道末端(封面 B、C), 即使蒙古裸腹溞的尸体大部分已经被分解, 粪便仍粘在一起(封面 D), 这可能对蒙古腹溞的运动造成了很大的影响, 进一步干扰了其生理状况, 从而导致其快速死亡。而对照组没有发现此类现象(封面 A)。

2.7 赤潮异弯藻粘附在日本新糠虾的刚毛上

显微观察发现, 把日本新糠虾置于赤潮异弯藻的培养液中大约 6h 后, 就有藻粘附在日本新糠虾的刚毛上, 随着培养时间的延长, 粘附的赤潮异弯藻就越多(图 2A、B), 同时还发现作为日本新糠虾食物投喂的卤虫无节幼体有些被粘附在日本新糠虾的附肢上(图 2C), 或被大量粘附在一起(图 2D), 而在对照组中没有发现这种现象。

3 讨论

在本实验中, 赤潮异弯藻对蒙古裸腹溞和日本新糠虾的存活有极大的影响, 即使添加了海水小球藻, 赤潮异弯藻仍对蒙古裸腹溞生长和繁殖产生明显不利影响, 这表明对蒙古裸腹溞的不利影响应该是由赤潮异弯藻本身的特性所造成的。

目前关于赤潮异弯藻究竟产生何种物质导致海洋生物的死亡没有明确的结论。如有较多的文献报道, 认为在赤潮异弯藻的细胞表面存在一种多糖蛋白结构物质, 这种物质对海洋生物可能产生不利影响。如将海湾扇贝(*Argopecten irradians*)的幼体置于赤潮异弯藻的藻液中, 发现藻细胞和幼体在游动过程中发生了碰撞, 结果导致一些藻细胞粘附在幼虫表面, 将很多幼虫缠在一起, 影响其正常运动, 从而导致其生理状况受到干扰, 影响孵化成功(Wang *et al*, 2006); 颜天等(2003)研究发现赤潮异弯藻能够通过体表接触抑制卤虫的运动能力, 并指出这种毒害作用很可能与藻细胞表面的多糖蛋白质物质有关。还有研究者认为赤潮异弯藻产生这种粘性物质或多糖类物质能附在鱼鳃丝上, 导致海洋生物窒息死亡(Wang *et al*, 2006)。在本试验中作者发现, 将蒙古裸腹溞置于赤潮



图 2 赤潮异弯藻粘附在日本新糠虾刚毛上(bar = 100 μ m)
Fig.2 Showing *H. akashiwo* was that closely stuck onto the setae of *M. mongolica* (bar = 100 μ m)

A. 赤潮异弯藻粘附在日本新糠虾附肢刚毛上(箭头所示);
B. 赤潮异弯藻粘附在日本新糠虾刚毛上(箭头所示); C. 卤虫粘附在日本新糠虾的附肢上(箭头所示); D. 卤虫被赤潮异弯藻粘成一团(箭头所示)

异弯藻的培养液中后,在其身体表面以及附肢刚毛上并没发现赤潮异弯藻粘附,这一点在轮虫的研究中也有发现,即将褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)置于赤潮异弯藻培养液中,轮虫表面也未见赤潮异弯藻粘附。而将日本新糠虾置于赤潮异弯藻的培养液中,在6h后,就发现有赤潮异弯藻粘附在日本新糠虾的刚毛上,而投喂给其当作食物的卤虫无节幼体,大量聚集成团或直接粘附在日本新糠虾的附肢上,这样对日本新糠虾摄食卤虫无节幼体也会造成一定的影响。在本实验中,尽管添加了一定的小球藻液,但仍有大量赤潮异弯藻粪便团粘附在蒙古裸腹溞肠道末端(封面B、C、D),即使在蒙古裸腹溞尸体已大部分解体的情况下,粪便团仍然可见,蒙古裸腹溞在赤潮异弯藻的培养液中快速死亡可能与这些粪便团对其正常的生理活动造成一定的干扰有关。

至于赤潮异弯藻为什么会粘附在日本新糠虾的刚毛上,而不粘附在蒙古裸腹溞胸肢的刚毛上,这可能与这些动物的摄食方式、运动速度有关:蒙古裸腹溞个体较小,主要通过胸肢运动滤食,因此这些刚毛运动速度相对较快;日本新糠虾个体较大,不摄食浮游植物,主要捕食浮游动物,刚毛的运动速度相对较慢,因此赤潮异弯藻与日本新糠虾刚毛有相对较长的接触时间。而且作者在研究对褶皱臂尾轮虫的影响时也发现,赤潮异弯藻细胞也不粘附在轮虫的纤毛上,这可能也是由于褶皱臂尾轮虫主要依靠纤毛环的快速运动而获得食物,使赤潮异弯藻与其纤毛的接触时间较短,而不能粘附在其纤毛上有关。

此外,还有研究报道赤潮异弯藻能产生一些类似短裸甲藻毒素的神经毒素,能造成心脏功能紊乱或鳃损坏(Khan *et al*, 1997; Wang *et al*, 2006);或产生抑制摄食或游泳的物质以及活性氧等(Twiner *et al*, 2000, 2004; Kempton *et al*, 2008),这些都可能致蒙古裸腹溞和日本新糠虾的快速死亡,但究竟是何种物质以及何种机理,这需要在今后的工作中进行更深入的研究。

赤潮异弯藻赤潮爆发时,其藻细胞密度能高达 9.5×10^4 cells/ml (Liu *et al*, 2008),甚至 7.2×10^5 cells/ml (郭玉洁, 1994),这些密度都接近或远远高于本实验密度。因此,在野外,赤潮异弯藻赤潮将对浮游动物产生非常不利的影响,这对渔业资源的补充将造成极大的破坏作用,因此这类赤潮应引起水产养殖者和海洋环境研究者进一步的关注。

参 考 文 献

- 王广军, 黄建华, 任保振, 2002. 四种常用药物对蒙古裸腹溞的毒性研究. 海洋湖沼通报, 1: 75—78
- 王金锋, 杨筱珍, 吴旭干等, 2008. 水体中组织胺对黑褐新糠虾生长与发育的影响. 海洋渔业, 30(2): 157—162
- 尹伊伟, 王朝晖, 2000. 海洋赤潮毒素对鱼类的毒害. 海洋环境科学, 19(4): 62—65
- 李建军, 杨笑波, 黄 韧等, 2006. 五种重金属离子对黑褐新糠虾的急性毒性试验. 海洋环境科学, 25(2): 157—162
- 张 彬, 颜 天, 周名江, 2008. 一株非 PSP 产毒的亚历山大藻对黑褐新糠虾的急性和慢性毒性影响. 水产学报, 32(1): 111—116
- 郭玉洁, 1994. 大连湾赤潮生物 赤潮异弯藻. 海洋与湖沼, 25(2): 211—215
- 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、生长以及种群繁殖的影响. 生态学报, 22(10): 1635—1639
- 颜 天, 周名江, 傅 萌等, 2003. 赤潮异弯藻毒性及毒性来源的初步分析. 海洋与湖沼, 34(1): 50—55
- Chen T, Yan T, Wang L *et al*, 2007. The effect of the causative algae of large-scale HAB in the East China Sea on egg hatching of *Argopecten irradians*, and population growth of *Brachionus plicatilis* and *Moina mongolica*. Acta Oceanologica Sinica, 26(4): 112—122
- Delgado M, Alcaraz M, 1999. Interaction between red tide microalgae and herbivorous zooplankton: the noxious effects of *Gyrodinium corsicum* (Dinophyceae) on *Acartia grani* (Copepoda: Calanoida). J Plankton Res, 21(12): 2361—2371
- He Z, Qin J, Zhao W, 2001. Biology of *Moina mongolica* (Moinidae, Cladocera) and perspective as live food for marine fish larvae: review. Hydrobiologia, 457: 25—37
- Kempton J, Keppler C J, Lewitus A *et al*, 2008. A novel *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) bloom extending from a South Carolina bay to offshore waters. Harmful Algae, 7: 235—240
- Keppler C J, Hogust J, Smith K *et al*, 2005. Sublethal effects of the toxic alga *Heterosigma akashiwo* on the Southeastern oyster (*Crassostrea virginica*). Harmful Algae, 4: 275—285
- Khan S, Arakawa O, Onoue Y, 1997. Neurotoxin in a toxic red tide of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) in Kago-shina Bay, Japan. Aquacultural Research, 28: 9—14
- Liu J, Lewitus A J, Brown P *et al*, 2008. Growth-promoting effects of a bacterium on raphidophytes and other phytoplankton. Harmful Algae, 7: 1—10
- Twiner M J, Dixon S J, Trick C G, 2004. Extracellular organics from specific cultures of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) irreversibly alter respiratory activity in mammalian cells. Harmful Algae, 3: 173—182
- Twiner M J, Trick C G, 2000. Possible physiological mechanisms from production of hydrogen peroxide by the ichthyotoxic flagellate *Heterosigma akashiwo*. Journal of Zooplankton Research, 22: 1961—1975
- Wang L, Yan T, Zhou M, 2006. Impacts of HAB species *Heterosigma akashiwo* on early development of the scallop *Argopecten irradians* Lamarck. Aquaculture, 255: 374—383

THE TOXIC EFFECT OF *HETEROSIGMA AKASHIWO* ON *MOINA MONGOLICA* AND *NEOMYSIS JAPONICA*

CHEN Tao-Ying, NIE Si-Yu, YANG Xin, GAO Qiang, CAI Sheng-Li
(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306)

Abstract Zooplankton is an important link between phytoplankton and higher consumers in the marine food chain. Experiments were designed to investigate the harmful effects of *Heterosigma akashiwo* on *Moina mongolica* and *Neomysis japonica* under laboratory conditions. The results show that, after 96h, the survival rate of *M. mongolica* exposed to 1×10^4 , 5×10^4 , 10×10^4 , and 20×10^4 cells/ml of *H. akashiwo* is 10%, 23.3%, 21.67% and 0%, respectively, significantly lower than that of the control (98.4%); while the survival rates of *N. japonica* exposed to 1×10^4 , 5×10^4 , and 10×10^4 cells/ml of *H. akashiwo* are 33.3%, 27.8%, and 33.7%, respectively, obviously lower than that of the control at 66.7%. The harmful effect of 2×10^4 , 4×10^4 cells/ml of *H. akashiwo* on *M. mongolica* is as follows, (1) the body length of *M. mongolica* was reduced slightly to 1.44mm and 1.37mm after 13 days, respectively, while that of the control was 1.46mm; (2) the development was delayed, as the time for the first brood of *M. mongolica* was 4.0 and 4.1d, while that in of control was 3.7d; (3) the gross fecundity was decreased to 30.2, and 26.7, respectively, and that in control was 35.5; (4) the average life-time was shortened to 11.4 and 12.5d, respectively, and that of control was 14.5d. Moreover, *H. akashiwo* inhibited obviously the population dynamics of *M. mongolia*, as the population number of *M. mongolia* exposed to 2×10^4 cells/ml and 5×10^4 cells/ml of *H. akashiwo* was 36.5% and 0% of the control after 17 days, respectively. Microscope observation shows, *M. mongolica* could feed on *H. akashiwo* filled with in intestinal tract; however, it seemed that *M. mongolica* could not digest very well, and *H. akashiwo* could excrete some materials to stick on the intestinal tract end of *M. mongolica*; moreover, *H. akashiwo* also stuck to the setae of *N. japonica*. Thus, *H. akashiwo* can disturb normal activities of the zooplankton, and cause them death rapidly.

Key words *Heterosigma akashiwo*, *Moina mongolica* Daday, *Neomysis japonica*, Toxic effect