

亚洲沙尘对三种海洋微藻生长的影响

孙佩敬^{1,2}, 李瑞香^{1,2,*}, 徐宗军^{1,2}, 朱明远^{1,2}, 石金辉³

(1. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 2. 海洋生态环境科学与工程国家海洋局重点实验室, 山东 青岛 266061; 3. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003)

摘要:实验研究了采自亚洲沙尘暴源地的 4 种沙尘及 1 种采自青岛的沙尘对不同海洋微藻生长的影响, 结果表明在营养盐贫乏的条件下, 沙尘的添加对旋链角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*), 小角毛藻(*Chaetoceros minutissimus*) 和东海原甲藻(*Prorocentrum donghaiense*) 的生长具有明显的促进作用。与不加沙尘的对照组相比, 指数生长期的比生长速率明显升高; 其中取自青岛的沙尘对 3 种藻类的影响最明显; 内蒙古锡林郭勒盟正蓝旗的沙尘营养盐含量最低, 但是由于其可溶性 Fe 的溶出量最高, 其促进作用也比较显著。在营养盐充足的条件下, 沙尘的添加对 3 种微藻生长的影响均不显著。因此亚洲沙尘输送到西北太平洋海域可能对该海域的初级生产力具有显著的影响。

关键词:亚洲沙尘; 微藻; 比生长速率; 活体荧光; Fe

中图分类号: Q142

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2009)01-0059-07

自然及人为来源的污染物以各种途径进入海洋, 对海洋环境和海洋生态系统产生重要影响^[1]。近 20 a 来, 许多研究资料表明, 由陆地排放的各种自然和人为来源污染物, 通过大气的传送进入海洋是一个很重要的途径^[2]。而且微量物质在大洋海域表层水中的含量, 受大气输入的影响要比由江河输入的更大^[3]。大气中的营养盐 (N, P, Si 等) 通过干、湿沉降过程输送到海洋中, 对海洋生态系统产生重要影响。Zhang 等研究表明, 大气沉降是大陆溶解无机氮 (DIN) 和 P 输入到黄海西部地区的主要途径, 每年通过大气入海 DIN 和 P 通量分别为 $14 \times 10^9 \text{ mol} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $0.3 \times 10^9 \text{ mol} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[4,5]。目前, 对大气中营养盐沉降的研究绝大多数都集中在其湿沉降(降水)上, 而对于沉降的研究相对较少。

大气的干沉降是气溶胶中的固体粒子依靠表面撞击和重力作用的沉降过程。沙尘粒子富含海洋生物必需的 N, P, Si 等常量元素及 Fe 等微量元素, 能够增加海洋营养盐的输入, 刺激海洋生物的活动, 加强藻类光合作用, 促进海洋生物的生长繁殖。我国是亚洲沙尘暴的主要起源地, 每年输入太平洋的沙尘约 $6 \times 10^7 \sim 8 \times 10^7 \text{ t}$, 对该海域的生态系统结构产生重要影响。目前此方面的研究主要集中在亚洲沙尘沉降与海洋生物兴衰及赤潮灾害之间的关系^[6,7], 缺少特定沙尘对具体藻类影响的针对性研究。观察比较 5 种沙尘在海水中的营养盐释放对 3 种不同藻类生长的影响, 讨论了不同地区沙尘对海洋浮游植物生长的影响, 为进一步研究大气干沉降对海洋环境、海洋生态系统的影响及亚洲沙尘对海洋生态系统的影响提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 沙尘来源

本实验的 5 种取自不同地点沙尘(表 1), 1~4 号沙尘采自沙尘暴发源地, 5 号沙尘采自青岛沿海地区。所有沙尘经孔径为 $20 \mu\text{m}$ 筛网过滤备用^[8]。

收稿日期: 2008-02-25

资助项目: 国家自然科学基金重大项目——上层海洋-低层大气生物地球化学与物理过程耦合研究(40490260)

作者简介: 孙佩敬(1981-), 男, 山东青岛人, 硕士研究生, 主要从事海洋生态学方面研究。E-mail: sunjoy11@sina.com

* 通讯作者, E-mail: liruixiang@fio.org.cn

(高 峻 编辑)

表 1 实验用沙尘采样地点
Table 1 Source of experimental dust

编 号	沙尘样品采样地点	采样地点经纬度
1 号	内蒙古自治区苏尼特右旗	43°28′06″N,112°08′10″E
2 号	甘肃省敦煌市戈壁滩表层较细砂土	40°04′57″N,94°40′48″E
3 号	内蒙古自治区锡林郭勒盟正蓝旗	42°43′752″N,115°51′974″E
4 号	内蒙古自治区阿拉善盟吉兰泰	38°02′314″N,105°05′293″E
5 号	山东省青岛市	36°04′57″N,120°24′57″E

1.2 实验海洋微藻藻种来源及培养

藻种:2 种硅藻——旋链角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*)和小角毛藻(*Chaetoceros minutissimus*)是从青岛近海分离的,1 种甲藻——东海原甲藻(*Prorocentrum donghaiense*)是从东海分离的,这 3 种藻均由李瑞香分离纯化,并保存于国家海洋局第一海洋研究所海洋生态环境科学与工程国家海洋局重点实验室。

实验采用一次性培养。每种沙尘称取 5 mg,分别放入经 121 ℃ 高压灭菌过的 50 mL 透明玻璃试管中,加入 45 mL 培养基,培养基分为 2 种:1)采用大洋海水配制的培养基,调节其 NO₃⁻ 浓度为 48 μmol · L⁻¹, PO₄³⁻ 浓度为 3 μmol · L⁻¹, SiO₃²⁻ 浓度为 48 μmol · L⁻¹,使其营养盐充足;2)大洋海水不添加任何营养盐,保持其低营养盐水平。所用大洋海水均用 GF/C 玻璃纤维滤膜过滤后,121 ℃、15 min 高压灭菌。2 种培养基中分别接入 3 种微藻,进行单种培养,每组设 3 个重复。在光照培养箱(LRH-250G 型,广东医疗器械厂生产)中培养,培养温度(20±1) ℃,光源为白色冷荧光灯管,光照度为 6 000 lx,光暗比 12h : 12h。实验周期为(10±1) d。每天上午 9:00 用荧光计(TD-10 型,美国 Turner 公司生产)直接测定活体荧光值,测量时先将试管缓缓颠倒 3 次以混匀,当活体荧光值稳定后读数。

1.3 沙尘溶出实验

沙尘样品的溶出实验及营养元素的测定:分别称取 5.0 g 不同源地的沙尘样品置于聚乙烯瓶中,各加入 200 mL 的用 Milli-Q 纯水仪制备的纯水混匀,放入恒温振荡器中。在温度为 25 ℃,震荡频率为 92 次 · min⁻¹ 的条件下震荡溶出沙尘样品中的营养元素,振荡时间 48 h。振荡结束后,沙尘溶出液分别用 0.45 μm 滤膜过滤。滤液中的 NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, SiO₃²⁻ 采用离子色谱法分析(DX-3000 型,美国戴安公司生产),滤液中的 Fe 采用电感耦合等离子质谱仪(7500a 型,美国安杰仑公司生产)测定。

1.4 数据处理及分析方法

指数生长期间细胞生长曲线方程: $B_t = B_0 \times e^{kt}$,其中 B_0 为生长开始时藻的生物量, B_t 为 t 时刻藻的生物量, k 为指数生长期间藻的比生长率^[9]。在整个指数生长期间, k 被认为是不变的。以相对活体荧光值作为相对生物量,以时间为横坐标,进行线性回归,回归得出直线的斜率即为相对比生长率 k 。

实验数据统计分析利用统计软件 SPSS13.0 进行。相对活体荧光值是每组 3 个重复样测定值的平均。

2 结果与讨论

测得每克沙尘溶出 48 h 时水体中的营养盐及 Fe 浓度见表 2。

表 2 沙尘溶出 48 h 水体中的营养盐及 Fe 浓度($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)

Table 2 The nutrient and iron concentration in water 48 h after dust is added($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)

沙尘编号	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{3-}	SiO_3^{2-}	SO_4^{2-}	Fe
1 号	3.577	10.505	未检出	2.075	13.675	0.027
2 号	4.756	5.251	未检出	0.165	35.228	0.028
3 号	3.117	3.923	未检出	0.191	5.870	0.062
4 号	2.104	6.626	未检出	0.662	9.478	0.004
5 号	19.064	9.707	1.946	0.806	91.329	0.043

2.1 不同沙尘对小角毛藻生长的影响

在不添加营养盐时不同沙尘对小角毛藻生长的影响如图 1 所示。实验开始之后,5 组添加沙尘的实验组及对照组中的小角毛藻都有不同程度的增长,除 3 号组外,其余实验组的藻类生长速度均在第 3 天达到最大值,然后缓慢下降;添加 3 号沙尘的实验组则在第 5 天达到最高值,添加了沙尘的实验组其小角毛藻的生长速度要明显高于对照组样品。其中,5 号沙尘对小角毛藻生长的促进作用最为显著,其在实验开始后的第 3 天小角毛藻的生长达到最高值时,藻类的活体荧光值达到 12.8,这与其所溶出的氨氮及可溶性 Fe 的含量较高有关,5 号沙尘在溶出实验中氨氮浓度达到 $19.064 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,接近其他沙尘氨氮浓度的 10 倍,可溶性 Fe 的含量也仅次于 3 号沙尘,比 1,2,4 号沙尘的含量高出 1 倍以上(表 2);1 号沙尘对小角毛藻生长的促进作用最低,在第 3 天小角毛藻的生长达到最高值时,藻类的活体荧光值为 7.8;而对照组的藻类生长速度在第 3 天升到最高点时,其藻类的活体荧光值仅为 4.5。

在添加营养盐时不同沙尘对小角毛藻生长的影响如图 2 所示。在富营养盐的条件下,除添加 5 号沙尘的实验组外,大部分实验组其小角毛藻生长速度上升的趋势并没有明显高于对照组样品,这说明沙尘中的营养盐的贡献因培养水体的富营养水平而显得对藻类的促进作用较小。说明 5 号沙尘的添加对小角毛藻还是有相当程度的影响,这可能由于 5 号沙尘取自沿海工农业经济发达地区,工业污染等因素使 5 号沙尘所含的氨氮及可溶出性 Fe 等相对于其他沙尘样品比较高,因而对小角毛藻的生长有比较强的促进作用。

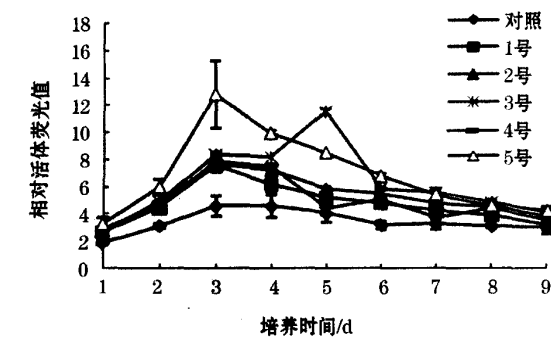


图 1 不添加营养盐时沙尘对小角毛藻生长的影响

Fig. 1 Effect of dusts on *Chaetoceros minutissimus* growth with out nutrients added

2.2 不同沙尘对旋链角毛藻生长的影响

如图 3 所示,在实验开始后,5 种沙尘实验组包括对照组的旋链角毛藻的生长速度都有明显上升趋势。在加入沙尘后的最初 2 d 里,旋链角毛藻皆呈指数生长,且 5 种添加沙尘的实验组的皆比对照组的要高,说

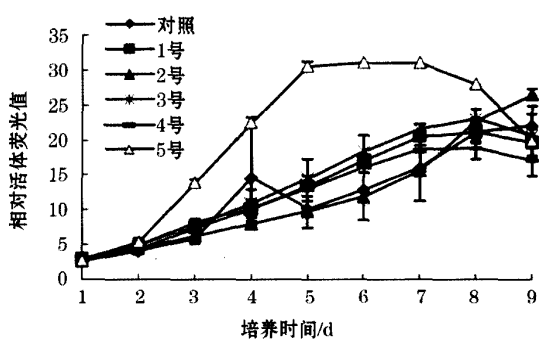


图 2 添加营养盐时沙尘对小角毛藻生长的影响

Fig. 2 Effect of dusts on *Chaetoceros minutissimus* growth with nutrients added

明沙尘的添加对旋链角毛藻的影响显著。相比对照组,大部分添加沙尘的实验组在第 3 天生长达到最大,只有 3 号、5 号和对照组是在第 4 天达到峰值,从第 3 天往后,添加 1,2,4 号沙尘样品的相对活体荧光值开始迅速下降,至第 5 天大部分样品的相对活体荧光值低于对照组,只有 3 号、5 号与对照组相似且 3 号略高于对照组。这与 3 号沙尘的可溶性 Fe 含量最高有关,3 号沙尘的可溶性 Fe 在溶出 48 h 后达到 $0.062\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$,是 1,2 号沙尘的 3 倍,4 号沙尘的 15 倍左右,因而对旋链角毛藻的生长有较长效促进作用。对照组由于藻类生长缓慢,营养盐消耗低,所以种群生长、下降的速度都不剧烈。

添加营养盐后,从图 4 可以看出沙尘对旋链角毛藻的影响不再明显。藻类在第 1 天~第 6 天都处于指数生长期,但只有添加了 2 号沙尘的实验组在第 6 天相对活体荧光值达到了最大,其他实验组和对照组则又缓慢生长了 1~2 d 才开始下降。其中对照组在整个培养过程中相比添加沙尘的实验组,相对活体荧光值一直较高;在第 8 天相对活体荧光值达到最大值 120.08,高于添加沙尘的样品。这可能因为在水体营养盐充足的情况下,加入沙尘后,沙尘中的黏土类物质能够吸附水体中的营养盐(尤其是 PO_4^{3-})而使其浓度下降,所以添加了沙尘的样品其藻类生长趋势反而不如对照组的。

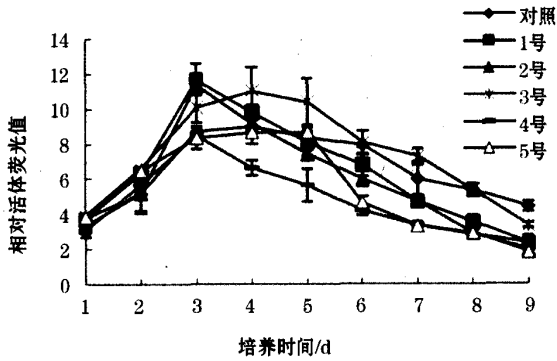


图 3 不添加营养盐时沙尘对旋链角毛藻生长的影响
Fig. 3 Effect of dusts on *Chaetoceros curvisetus* growth without nutrients added

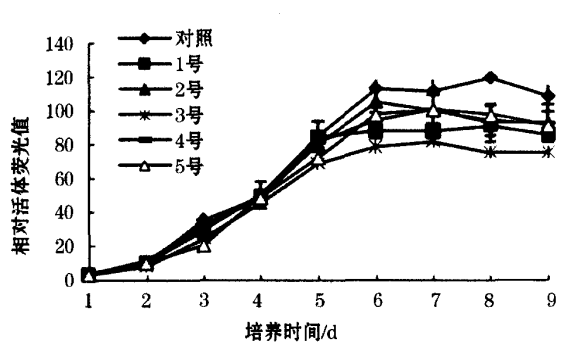


图 4 添加营养盐时沙尘对旋链角毛藻生长的影响
Fig. 4 Effect of dusts on *Chaetoceros curvisetus* growth with nutrients added

2.3 不同沙尘对东海原甲藻生长的影响

在不添加营养盐时不同沙尘对东海原甲藻生长的影响如图 5 所示。实验开始之后,添加沙尘的 5 个实验组及对照组中的东海原甲藻其生长速度都有不同程度的增长;除 3 号及对照组外,其余实验组的藻类生长速度均在第 2 天达到最大值,然后缓慢下降;3 号组在第 2 天~第 6 天其藻类生长速度均维持在较高的水平,主要是因为 3 号沙尘可溶性 Fe 的含量较高,对藻类生长的影响更显著。在实验开始的前 4 d 内,添加了沙尘的实验组其东海原甲藻的生长速度要明显高于对照组的。

在添加营养盐后不同沙尘对东海原甲藻生长的影响如图 6 所示。在富营养盐条件下,沙尘的添加对东海原甲藻的生长速度没有明显的影响。在实验的最初几天,所有实验组的相对活体荧光值几乎以同一幅度增长。至第 5 天,各添加沙尘的实验组的生长幅度才显示出差别,大部分实验组在第 6~第 7 天活体荧光值略有下降,可能是至第 7 天营养盐基本消耗到了比较低的水平,导致东海原甲藻生长受到抑制;但第 7 天后大部分实验组的相对活体荧光值继续维持在一个较高的水平上,这可能与东海原甲藻对低营养盐环境的耐受性有关^[10,11]。其中添加了 5 号沙尘的实验组相对活体荧光值与其他样品相比更高,最高值出现在第 8 天,可能与 5 号沙尘的氮和可溶性 Fe 的含量较高有关。

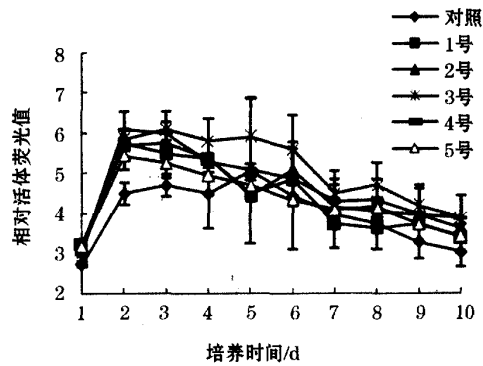


图 5 不添加营养盐时东海原甲藻沙尘对生长的影响
Fig. 5 Effect of dusts on *Prorocentrum donghaiense* growth without nutrients added

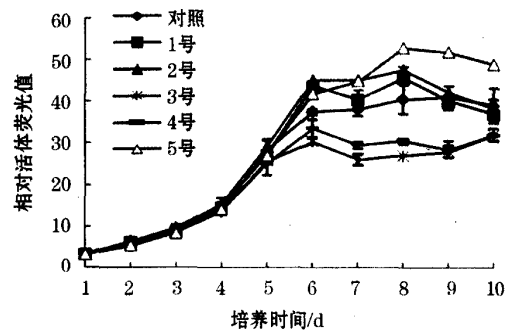


图 6 添加营养盐时东海原甲藻沙尘对生长的影响
Fig. 6 Effect of dusts on *Prorocentrum donghaiense* growth with nutrients added

2.4 各微藻指数生长期的比生长率

表 3 和表 4 示出了不同营养盐条件下各沙尘组的 3 种微藻在指数生长期的比生长率。不添加营养盐情况下(表 3),不管是添加沙尘暴源区的沙尘,还是青岛市区内的沙尘,或多或少对藻类的生长都有促进作用。旋链角毛藻的比生长率除 5 号沙尘组低于对照组外,其他实验组的比生长率在(0.28~0.32)/d,2 号和 3 号稍高于对照组,1 号最高。各组沙尘对小角毛藻的比生长速率均有不同程度的提高,最高的为 5 号沙尘:0.38/d,其次为 3 号:0.33/d,1 号、2 号和 4 号同为 0.29/d;均高于对照组(0.26/d)。对东海原甲藻的影响看出,添加沙尘实验组的比生长率最低是 5 号,为 0.21/d,比不加沙尘的对照组还低,1~4 号沙尘的添加对东海原甲藻的生长均有明显的促进作用,最高是 4 号(0.26/d)。总起来看,不同藻类对同一种沙尘的反应程度有所不同,不同来源的沙尘对同一种藻类的影响也有所差别,这除了藻类自身的生物学特性的差异外,可能与沙尘的性质有关,但由于只测了沙尘溶出的主要营养盐含量,沙尘中其它物质含量是否对藻类产生正、负面影响还需要进一步研究。

在营养盐丰富条件下(表 4),3 种微藻的比生长率比不添加营养盐时显著提高,旋链角毛藻的比生长率比不添加营养盐时增加了 2 倍左右,为(0.58~0.62)/d,添加沙尘与不加沙尘没有差别。说明在营养盐充足的情况下,沙尘的添加对旋链角毛藻的生长促进作用不明显。东海原甲藻的比生长率也比不加营养盐时增加了近 2 倍。对小角毛藻而言,只有添加 5 号沙尘的实验组比生长率显著提高,达 0.48/d,这可能是添加的营养盐与沙尘溶出的营养盐叠加作用的结果。其他组不比不添加营养盐时高,这与旋链角毛藻和东海原甲藻不同,比较图 3 和图 4,不加营养盐时,小角毛藻的生长期只有 2 d,添加营养盐时,其生长期虽长,但相对生物量增加幅度不如其他 2 种藻,这一现象究竟是条件的限制还是其他原因有待分析。

表 3 不添加营养盐情况下各沙尘组微藻指数
生长期比生长速率(d^{-1})

藻 种	对照组	1 号组	2 号组	3 号组	4 号组	5 号组
旋链角毛藻	0.27	0.32	0.28	0.28	0.31	0.24
小角毛藻	0.26	0.29	0.29	0.33	0.29	0.38
东海原甲藻	0.20	0.23	0.24	0.25	0.26	0.21

表 4 添加营养盐情况下各沙尘组微藻指数
生长期比生长速率(d^{-1})

藻 种	对照组	1 号组	2 号组	3 号组	4 号组	5 号组
旋链角毛藻	0.61	0.61	0.62	0.59	0.58	0.59
小角毛藻	0.27	0.28	0.26	0.29	0.28	0.48
东海原甲藻	0.38	0.40	0.42	0.37	0.37	0.38

3 结 论

1)在不添加营养盐的情况下,5种沙尘的添加对旋链角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*),小角毛藻(*Chaetoceros minutissimus*)和东海原甲藻(*Prorocentrum donghaiense*)具有明显的促进作用,说明在寡营养盐海域,如易受亚洲沙尘影响的西北太平洋海域,沙尘输入会显著促进海洋初级生产力增加。沙尘的促进作用随沙尘源地的不同及藻种种类的不同而有所差异。

2)在添加营养盐的情况下,5种沙尘的添加对3种微藻的影响均不再显著,表明在富营养盐海域,如近岸海域营养盐含量充足的情况下,沙尘对海洋浮游植物生长的影响不显著。

3)在贫营养盐条件下,从各沙尘对3种微藻指数生长期比长速率的影响来看,5号沙尘对3种微藻均有较高的促进作用,尤其是对小角毛藻的促进作用最高,这与5号沙尘取自沿海工农业发达地区,含较高的氨态氮和可溶性铁有关。3号沙尘对3种微藻的生长也有较高的促进作用,这可能与其较高的可溶性Fe的含量有关。

4)室内实验的结果与Bishop在2001年观测到的由于中亚沙尘暴的长距离输送,在寡营养盐的大洋海区(主要是北太平洋PAPA地区)的叶绿素和有机碳大幅度增长的观测结果是一致的^[12],即在寡营养盐的海区,亚洲沙尘的输入对浮游植物的生长具有显著的促进作用。

参考文献(References):

- [1] LIU C L, ZHANG J, YU Z G. Study on the characteristics of the aerosol and atmospheric flux of the heavy metals over the Yellow Sea [J]. Marine Environmental Science, 1998, 17(4): 1-6. 刘昌岭,张经,于志刚. 黄海海域大气气溶胶特征及重金属的大气输入量研究[J]. 海洋环境科学, 1998, 17(4): 1-6.
- [2] YANG S J, YANG Y N, CHEN B R, et al. Input of atmospheric trace elements to the near-China ocean[J]. Environmental Chemistry, 1994, 13(5): 382-388. 杨绍晋,杨亦男,陈冰如,等. 近中国海域大气微量元素输入量研究[J]. 环境化学, 1994, 13(5): 382-388.
- [3] LIU C L, CHEN H T. Atmospheric deposition of trace elements and its impact on the marine ecology systems[J]. Marine Science Bulletin, 2003, 22(2): 89-96. 刘昌岭,陈洪涛. 大气中微量元素的沉降对海洋生态系统的影响[J]. 海洋通报, 2003, 22(2): 89-96.
- [4] ZHANG J. Atmospheric wet deposition of nutrient elements: correlation with harmful biological blooms in northwest Pacific coastal zones [J]. Ambio, 1994, 54: 464-468.
- [5] ZHANG J, CHEN S Z, YU Z G. Factors influencing changes in rain water composition from urban versus remote regions of the Yellow Sea[J]. Geophys. Res., 1999, 104: 1631-1644.
- [6] HAN Y X, SONG L C, ZHAO T L, et al. The relationship between continental dust and marine phytoplankton in the North Pacific[J]. China Environmental Science, 2006, 26(2): 157-160. 韩永翔,宋连春,赵天良,等. 北太平洋地区沙尘沉降与海洋生物兴衰的关系[J]. 中国环境科学, 2006, 26(2): 157-160.
- [7] TIAN R X, WENG H X. Relationship between harmful algal bloom and transport of iron in atmospheric dust[J]. Journal of Natural Disasters, 2005, 14(3): 38-43. 田荣湘,翁焕新. 赤潮灾害与大气尘埃铁输送的关系[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(3): 38-43.
- [8] ZHUANG G S, GUO J H, YUAN H, et al. The compositions, sources and size distribution of the storm from China in Spring of 2000 and its impact on the global environment[J]. Progress in Nature Science, 2001, 12(6): 407-413.
- [9] SUN J, NING X R. Marine phytoplankton specific growth rate[J]. Advances in Earth Science, 2005, 20(9): 939-945. 孙军,宁修仁. 海洋浮游植物群落的比生长率[J]. 地球科学进展, 2005, 20(9): 939-945.
- [10] WANG J H, HUANG X Q. Ecological characteristics of *Prorocentrum dentatum* and the cause of harmful algal bloom formation in China Sea[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(7): 1065-1069. 王金辉,黄秀清. 具齿原甲藻的生态特征及赤潮成因浅析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(7): 1065-1069.
- [11] LÜ S H, OU M S. Effects of different nitrogen sources and N/P ratios on the growth of a marine dinoflagellate *Prorocentrum donghaiense*[J]. Marine Environmental Science, 2006, 25(2): 33-36. 吕颂辉,欧美珊. 不同N源及N/P对东海原甲藻生长的影响[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(2): 33-36.
- [12] BISHOP J K B, DAVIS R E, SHERMAN J T. Robotic observation of dust storm enhancement of carbon biomass of the north Pacific [J]. Science, 2002, 298: 817-821.

Effects of Asian Dusts on the Growth of Three Species of Micro algae

SUN Pei-jing^{1,2}, LI Rui-xiang^{1,2}, XU Zong-jun^{1,2}, ZHU Ming-yuan^{1,2}, SHI Jin-hui³

(1. *First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China;*

2. *Key Lab of Science and Engineering for Marine Ecological Environment, SOA, Qingdao 266061, China;*

3. *Ocean University of China, Qingdao 266003, China*)

Abstract: The effects of the four kinds of dusts taken from Asian dust-storm source and one kind of coastal dust from Qingdao on the growth of microalgae are studied. The results show that in the low nutrient conditions, the dust content could obviously accelerate the growth of *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros minutissimus* and *Prorocentrum donghaiense*. The specific growth rate in the water with dust increases clearly in the exponential phase, in contrast with the rate in the water without dust. The effect of the dust from Qingdao on the growth of these three species of algae are more obvious. Though nutrient content in the dust from the Zhenglanqi area of the inner Mongolia are very low, its effects on the growth of these microalgae species are remarkable because of its content of more dissolved bioavailable iron. But in high nutrient conditions, less effects of dust content are given to the 3 kinds of microalgae. Therefore if Asian dusts are transported into the northwest Pacific Ocean the primary production may be effected remarkably.

Key words: Asian dust; microalgae; specific growth rate; in vivo bioluminescence; iron

Received: February 25, 2008