

金塘岛海域叶绿素 a 的分布及其与环境因子关系研究

金衍健, 李子孟, 朱剑, 张玉荣, 朱敬萍, 鲍静姣

(浙江省海洋水产研究所, 农业部重点渔场渔业资源科学观测实验站, 浙江舟山 316021)

摘要 [目的]研究金塘岛海域叶绿素 a(Chl-a)的分布及其与环境因子的关系。[方法]2013年5月(春季)和10月(秋季)对金塘岛海域分别进行调查取样,分析了该海域 Chl-a 和 SS 的时空分布特征,及其与水温、盐度、pH、DO、COD、营养盐等主要环境因子的相关关系。[结果]春季 Chl-a 含量在 0.011~0.915 $\mu\text{g/L}$ 之间变化,平均含量为 0.551 $\mu\text{g/L}$;SS 含量在 58.8~1 186.0 mg/L 之间变化,平均含量为 488 mg/L。秋季 Chl-a 含量在 0.316~1.246 $\mu\text{g/L}$ 之间变化,平均含量为 0.701 $\mu\text{g/L}$;SS 含量在 372~1 628 mg/L 之间变化,平均含量为 881 mg/L。金塘岛海域春季 Chl-a 含量与环境因子并不存在极显著的相关性,春季 SS 含量虽然与 Chl-a 含量不存在显著性相关,但也具有一定的相关性($r = -0.474, n = 12$)。秋季 Chl-a 含量与 pH($r = -0.582, n = 12, P < 0.05$)、SS($r = 0.596, n = 12, P < 0.05$)之间具有显著相关性。[结论]该研究可为金塘岛海域的生态监测、评价提供依据,也可为该海域海洋资源可持续利用和发展提供科学依据。

关键词 金塘岛;叶绿素 a;SS;环境因子

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)31-236-03

The Distribution of Chl-a and the Relationship with Environmental Factors in the Sea Region of Jintang Island

JIN Yan-jian, LI Zi-meng, ZHU Jian et al (Key Research Station of Fisheries Resources of Main Fishing Ground, Ministry of Agriculture, Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang, Zhoushan, Zhejiang 316021)

Abstract [Objective] The research aimed to study the distribution of Chl-a and the relationship with environmental factors in the sea region of Jintang Island. [Method] The distribution of Chl-a and SS, the correlation between Chl-a and environmental factors (water temperature, salinity, pH, DO, COD and nutrient) in the sea region of Jintang Island were analyzed through spring and autumn survey in 2013. [Result] The Chl-a content varied between 0.011 and 0.915 $\mu\text{g/L}$ with the mean value of 0.551 $\mu\text{g/L}$, while the SS content varied between 58.8 and 1 186.0 mg/L with the mean value of 488 mg/L in spring. The Chl-a content varied between 0.316 and 1.246 $\mu\text{g/L}$ with the mean value of 0.701 $\mu\text{g/L}$, while the SS content varied between 372 and 1 628 mg/L with the mean value of 881 mg/L in autumn. The correlation analysis showed that there was no significant correlations between Chl-a and environmental factors in spring, but there was a certain correlation with SS ($r = -0.474, n = 12$). However, there were significant correlations with pH ($r = -0.582, n = 12, P < 0.05$) and SS ($r = 0.596, n = 12, P < 0.05$) in autumn. [Conclusion] The research could provide basis for ecological monitoring and evaluation, sustainable utilization and development of marine resources in the sea region.

Key words Jintang Island; Chl-a; SS; Environmental factors

金塘岛是舟山群岛中的第四大岛,与舟山本岛仅一水之隔,全岛面积为 76 km^2 ,东与舟山本岛最近岸距 6.25 km,南与宁波北仑港相隔仅 3.5 km。金塘岛附近海域总体呈南北走向延伸,地处长江口、杭州湾南部,紧邻甬江入海口,受地表径流来水影响较大^[1]。

浮游植物是海洋生态系统最主要的初级生产者,也是整个海洋食物链的起点和生物地化循环的重要环节^[2]。海域叶绿素 a(Chl-a)的浓度变化受到水温、光照、盐度、营养盐以及浮游动物摄食等多个环境和生物因素的影响,是开展生态系统研究的基础。Chl-a 含量不仅是研究浮游植物生物量、时空分布和动态变化的主要指标,同时也反映了整个生态系统的营养盐分布、生态系统健康状况以及动态变化^[3]。

笔者通过 2013 年 5 月(春季)和 10 月(秋季)对金塘岛周围海域分别进行调查取样,研究该金塘岛周围海域的 Chl-a、理化因子及营养盐,为该海域的生态监测、评价提供依据,也为该海域海洋资源可持续利用和发展提供科学依据。

1 材料与与方法

1.1 站位布设与取样方法 2013 年春季(5 月)和秋季(10 月)对金塘岛海域 Chl-a、环境因子等多方面进行综合调查。共布设 12 个 Chl-a 调查站位,具体调查位置如图 1。样品采集和分析方法按《海洋调查规范》进行^[4-5]。

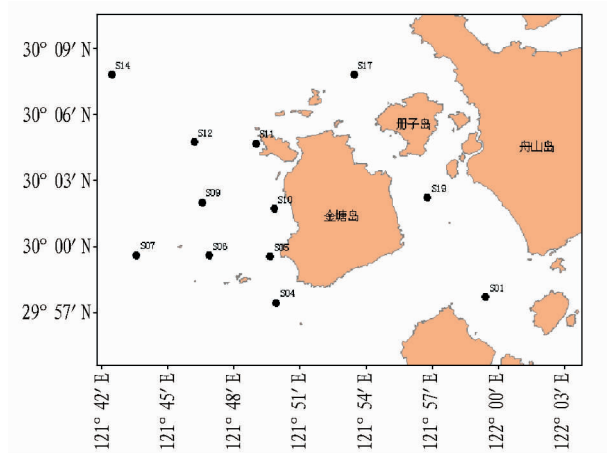


图 1 采样站位

1.2 数据处理 Chl-a 含量等值线由 Golden Software Surfer 8.0 生成。为了消除数据极差影响,更好地反映 Chl-a 与其他参数间的关系,在对 Chl-a 含量取自然对数后由统计软件 SPSS 19.0 进行数据分析。Chl-a 与主要环境因子(水温、盐度、pH、DO 和 COD)和营养盐的分析采用 Pearson 积矩相关分析(两尾)进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 金塘岛海域 Chl-a 和 SS 平面分布特征 春季金塘岛海域 Chl-a 含量在 0.011~0.915 $\mu\text{g/L}$ 之间变化,平均含量为 0.551 $\mu\text{g/L}$,最高值出现在 S12 和 S14 站,含量为 0.915

作者简介 金衍健(1988-),男,浙江永嘉人,助理工程师,从事渔业生态环境研究。

收稿日期 2015-09-29

$\mu\text{g/L}$,次高值出现在 S11 站,含量为 $0.902 \mu\text{g/L}$,最低值出现在 S05 和 S06 站,含量为 $0.011 \mu\text{g/L}$ 。春季金塘岛海域 SS 含量在 $58.8 \sim 1186.0 \text{ mg/L}$ 之间变化,平均含量为 488.0 mg/L ,最高值出现在 S10 站,含量为 1186.0 mg/L ,次高值出现在 S05 站,含量为 953.0 mg/L ,最低值出现在 S19 站,含量为 58.8 mg/L 。秋季金塘岛海域 Chl-a 含量在 $0.316 \sim 1.246 \mu\text{g/L}$ 之间变化,平均含量为 $0.701 \mu\text{g/L}$,最高值出现在 S19 站,含量为 $1.246 \mu\text{g/L}$,次高点出现在 S17 站,含量为 $1.087 \mu\text{g/L}$,最低值为 $0.316 \mu\text{g/L}$,出现在 S06 站。秋季金塘岛海域 SS 含量在 $372 \sim 1628 \text{ mg/L}$ 之间变化,平均含量为 881 mg/L ,最高值出现在 S12 站,含量为 1628 mg/L ,次高点出现在 S14 站,含量为 1450 mg/L ,最低值为 372 mg/L ,出现在 S04 站。

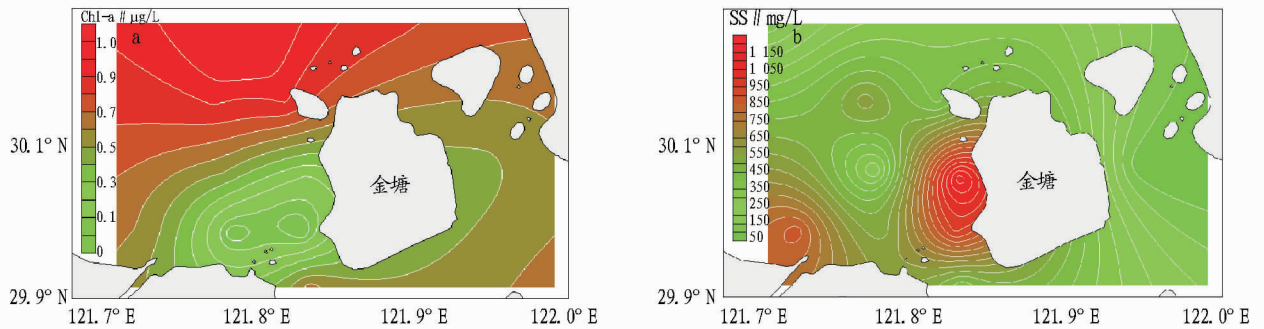


图2 金塘岛海域春季 Chl-a(a)和 SS(b)平面分布

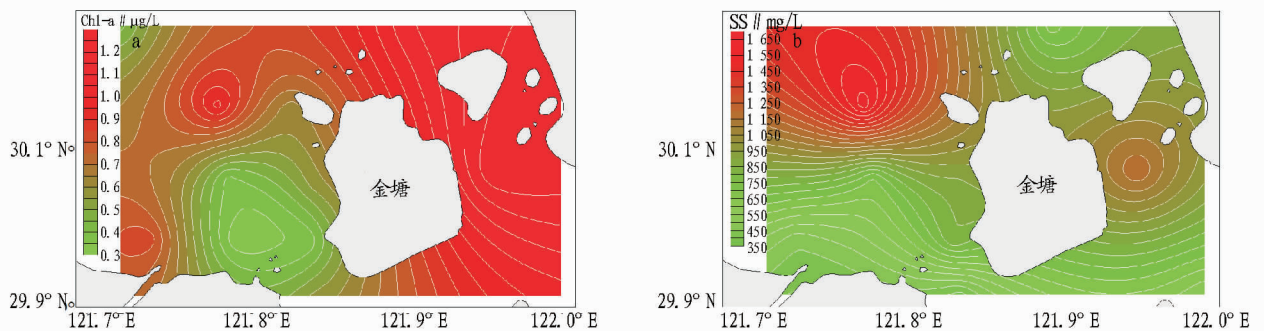


图3 金塘岛海域秋季 Chl-a(a)和 SS(b)平面分布

2.2 Chl-a 含量变化与环境因子的相关性 由表 1 可见,金塘岛海域 Chl-a 的含量与水温、盐度、pH、DO、COD、SS、无机氮、磷酸盐之间,随着季节的变化而有不同的相关关系。在春季,Chl-a 含量与 COD 和 SS 含量存在一定的相关性,但没有显著相关性($r_1 = -0.423, r_2 = -0.474, n = 12$)。在秋季,

由图 2~3 可见 Chl-a 和 SS 含量平面分布的不均匀性。金塘岛海域春季 Chl-a 呈现明显的北高中低的分布规律,在站位 S11 和 S14 以北海域 Chl-a 呈现高含量分布,低值主要出现在内陆河流入海口与金塘岛之间海域,即 S05 和 S06 站位。春季 SS 在站位 S05 和 S10 对比其他海域呈现明显的高含量分布。秋季 Chl-a 在金塘岛的东边和西边海域分布差异较大,高值明显出现在东部海域,金塘岛与舟山本岛之间海域(站位 S19),低值出现海域与春季类似,即 S05 和 S06 站位。秋季 SS 在东北海域对比其他海域呈现明显的高含量分布,即 S14 站位。说明 Chl-a 和 SS 的平面分布明显相关。虽然季节性变化适合整个调查海域,但这种季节性差异在不同区域的变化幅度显著不同。金塘岛北部和东部海域 Chl-a 和 SS 的季节性变化较大,其他海域变化幅度则较小。

Chl-a 含量与 pH、SS 之间具有显著相关性,相关系数分别为 $-0.582 (n = 12, P < 0.05)$ 和 $0.596 (n = 12, P < 0.05)$ (图 4),与盐度和无机氮含量存在一定的相关性,但没有显著相关性 ($r_1 = 0.441, r_2 = 0.484, n = 12$)。

在春、秋两季,Chl-a 与盐度的相关性都不显著,相关系

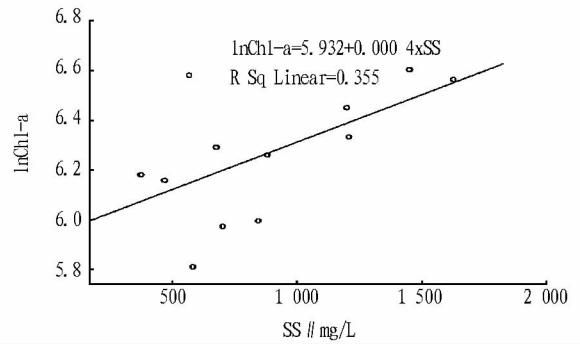
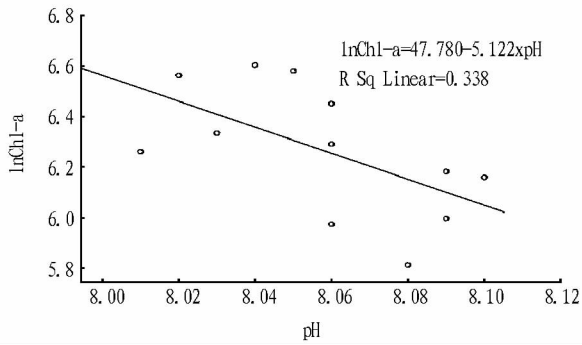
表 1 金塘岛海域 Chl-a 含量与环境因子的 Pearson 相关性 ($n = 12$)

项目	水温	盐度	pH	DO	COD	SS	无机氮	磷酸盐
春季 lnChl-a	0.013	0.137	0.139	0.226	-0.423	-0.474	0.167	0.042
秋季 lnChl-a	-0.177	0.441	-0.582*	-0.280	0.269	0.596*	0.484	0.046

注: * 表示显著相关 ($P < 0.05$)。

数分别为 0.137 和 0.441。事实上,海水盐度变化主要体现了沿岸河流入海的影响。入海河流带来大量的陆源营养盐,海区盐度变化与 Chl-a 的关系主要反映了近岸海域生态环境差异尤其是营养盐来源对浮游植物的影响,而非盐度本身对浮游植物生理效应的直接影响^[6]。

在春、秋两季,Chl-a 与无机氮的相关性系数分别为 0.167 和 0.484,与盐度的相关性系数具有相似性;与磷酸盐的相关性系数分别为 0.042 和 0.046,均不具有显著相关性。春季金塘岛海域平均无机氮含量为 1.251 mg/L ,平均磷酸盐含量为 0.313 mg/L ;秋季金塘岛海域平均无机氮含量为



注:纵坐标为 Chl-a 含量取对数后数值,Chl-a 原单位为 ng/L。

图4 秋季金塘岛海域 Chl-a 与 pH(a)和 SS(b)的相关关系

0.734 mg/L,平均磷酸盐含量为 0.020 mg/L。浮游植物吸收无机氮的半饱和和常数为 0.112 mg/L,磷酸盐的半饱和和常数为 0.018 mg/L,春秋两季金塘岛海域因营养盐超过浮游植物的营养盐半饱和浓度而不成为限制因子^[7]。

在春季,Chl-a 与 SS 的相关性系数为 -0.474,说明 Chl-a 与 SS 呈现一定的负相关性但不显著。在高浊度的沿海或河口地区,光照往往在控制浮游植物光合作用中扮演重要角色^[8-9]。在水体悬浮物浓度较低的区域,Chl-a 含量与悬浮物含量没有明显的相关性,但在浑浊水体中,水体中的各种悬浮颗粒物直接影响光在水体中的垂直分布,并附着于浮游植物,增加了其细胞外扩散层厚度,降低了溶解无机碳的供应,从而影响浮游植物的生长、繁殖与分布^[10-11]。由图 2 明显可见,在 SS 含量高海域对应的 Chl-a 含量较低。同该研究春季的研究结果类似,浮游植物生物量和初级生产力向浊度较高的方向降低的现象在其他近海地区被广泛观测到^[12]。尽管这些地区营养盐含量丰富,但较高的悬浮物浓度使光照成为浮游植物光合作用和生长速率的主要影响限制因子^[12-13]。在秋季,Chl-a 与 SS 的相关性系数为 0.596 ($P < 0.05$),说明 Chl-a 与 SS 呈现显著的正相关,与春季分析结果相反,还需要进一步的研究说明。

在春、秋两季,Chl-a 含量与水温关系不明显($r_1 = 0.013$, $r_2 = -0.177$, $n = 12$),说明水温不是表层浮游植物的限制因子^[14]。Chl-a 含量与盐度之间呈正相关,但不显著($r_1 = 0.137$, $r_2 = 0.447$, $n = 12$)。同样的,Chl-a 含量与 DO、COD 之间的相关性都不显著。但在秋季,Chl-a 含量与 pH 之间具有显著相关性($r = -0.582$, $n = 12$, $P < 0.05$)。

3 结论

通过 2013 年 5 月(春季)和 10 月(秋季)对金塘岛海域分别进行调查取样,分析了该海域 Chl-a 和 SS 的时空分布特征,及其与水温、盐度、pH、DO、COD、营养盐等主要环境因子的相关关系分析,得到以下结论:

(1)在春、秋两季,金塘岛海域 Chl-a 和 SS 含量平面分布不均匀,虽然季节性变化适合整个调查海域,但这种季节性差异在不同区域的变化幅度显著不同。金塘岛北部和东部海域 Chl-a 和 SS 的季节性变化较大,其他海域变化幅度则较小。春季 Chl-a 呈现明显的北高中低的分布规律,与 SS 的分布呈现一定的负相关。秋季 Chl-a 高值明显出现在东部海

域,与 SS 的分布呈现一定的正相关。

(2)在春季,Chl-a 含量与 COD 和 SS 含量存在一定的相关性,但没有显著相关性。在秋季,Chl-a 含量与 pH、SS 之间具有显著相关性,相关系数分别为 -0.582 和 0.596,与盐度和无机氮含量存在一定的相关性,但没有显著相关性。水动力过程、温度、光照、营养盐来源以及摄食等各因素以及它们之间的相互作用共同影响浮游植物的光合作用效率和生长速率,决定了浮游植物生物量、群落结构及其空间分布的变化^[13]。要确定金塘岛海域不同季节 Chl-a 含量的限制因素还需要进一步的研究。

参考文献

- [1] 薛彬,郭远明,李铁军,等. 金塘水道海域冬季环境现状评价及其指示意义[J]. 广州化工,2013,41(24):124-126.
- [2] ANDREA M, DAVID A. Small critters-big effects[J]. Science,2002,296(5575):1980-1982.
- [3] 蔡惠文,卓丽飞,吕华庆,等. 象山港 Chl-a 的分布及其与环境因子关系研究[J]. 中国海洋大学学报,2015,45(8):63-70.
- [4] 马永安,徐恒振,于涛,等. 海洋监测规范第 4 部分:海水分析:GB17378.4-2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [5] 马永安,王立俊,梁玉波,等. 海洋监测规范第 7 部分:海水分析:GB1378.7-2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [6] 李翌. 夏季南黄海叶绿素 a 分布特征及环境因子的影响研究[D]. 青岛:国家海洋局第一研究所,2010.
- [7] 王修林,李克强,石晓勇. 胶州湾主要化学污染物海洋环境容量[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [8] POPVICH C A, MARCOVECCHIO J E. Spatial and temporal variability of phytoplankton and environmental factors in a temperate estuary of South America (Atlantic coast, Argentina) [J]. Continental shelf research,2008,28:236-244.
- [9] CLOERN J E. The relative importance of light and nutrient limitation of phytoplankton growth: A simple index of coastal ecosystem sensitivity to nutrient enrichment [J]. Aquatic ecology,1999,33:3-16.
- [10] KORSCHGEN C E, GREEN W L, KENOW K P. Effects of irradiance on growth and winter bud production by *Vallisneria spiralis* and consequences to its abundance and distribution [J]. Aquatic botany,1997,58:1-9.
- [11] ÖGERN E. Prediction of photoinhibition of photosynthesis from measurements of fluorescence quenching components [J]. Planta,1991,184:538-544.
- [12] CALLIARI D, GÓMEZ M, GÓMEZ N. Biomass and composition of the phytoplankton in the Riodela Plata: Large-scale distribution and relationship with environmental variables during a spring cruise [J]. Continental shelf research,2005,25:197-210.
- [13] KOCUM E, UNDERWOOD G J C, NEDWELL D B. Simultaneous measurement of phytoplanktonic primary production, nutrient and light availability along a turbid, eutrophic UK east coast estuary (the Colne Estuary) [J]. Mar Ecol Prog Ser,2002,231:1-12.
- [14] 傅明珠,王宗灵,孙萍. 2006 年夏季南黄海浮游植物叶绿素 a 分布特征[J]. 生态学报,2009,29(10):5366-5375.