

厦门港微型浮游生物叶绿素的分布和作用^{*}

高亚辉 金德祥 程兆第

(厦门大学生物系, 厦门 361005)

提要 于1989年2月—1990年2月, 运用分光光度法对厦门港各大小类群浮游生物叶绿素测定结果表明, 微型浮游生物(3—20 μm)是初级生产者中的最主要组成者(叶绿素 *a* 平均占74.7%); 小型(20—200 μm)和极微型(<3 μm)浮游生物不是重要类群(平均占18.0和7.3%)。因此认为, 在浮游植物定量研究中用采水方法采集浮游植物比用网采方法更客观。微型浮游生物生物量季节变化明显, 夏季>春季>秋、冬季。

关键词 微型浮游生物 极微型浮游生物 浮游植物 叶绿素 厦门港

微型浮游生物在海洋生态系中起着重要的作用, 对初级生产者生物量和生产力的贡献比值高达50%—100%(El-Sayed et al., 1979; Fay, 1973; Hallegraeff, 1981; Li et al., 1983; Platt et al., 1986; Weber et al., 1987), 因此, 近年来对微型浮游生物各方面的研究日益增多(高亚辉等, 1989; Platt et al., 1986)。本文研究了厦门港小型、微型和极微型浮游生物叶绿素的分布和作用, 为厦门港的生态研究和渔业、养殖业提供重要的理论依据。

1 材料与方法

于1989年2月—1990年2月在厦门港(24°27'N, 118°02'E, 年平均水温20.6℃, 盐度为30.2, pH=7.94)海军码头用有机玻璃采水器分层(0m和10m)采集水样, 每月2次。1989年10月26日和1990年1月8日分别在厦门外港(I站)、内港(II站)和江口北港(III站)3个站位的0, 10和15m水层采集水样。

水样利用孔径200, 20 μm 筛绢¹⁾和3, 0.45 μm 滤膜, 按不同大小范围分开抽滤: 总浮游植物(Total phytoplankton, <200 μm), 小型浮游生物(Microplankton, 20—200 μm), 微型浮游生物(Nanoplankton, 3—20 μm), 极微型浮游生物(Picoplankton, <3 μm)。按Parsons等(1984)的方法, 用日本产Shimadzu UV-240紫外可见分光光度计测定叶绿素含量。

2 结果

2.1 季节分布

^{*} 高教委博士基金。

收稿日期: 1991年8月7日, 收稿日期: 1993年3月5日。

1) 孔径20 μm 筛绢由美国Texas A.&M. University的Sayed, Z. El-Sayed教授提供, 谨此志谢。

2.1.1 叶绿素 厦门港各大小类群浮游生物叶绿素(C_a, C_b, C_c, C_t 分别代表叶绿素 a, b, c 和总叶绿素的浓度)的变化范围和年平均值(表 1)表明,第一, C_a (mg/m^3), 0m: 微型(2.468)>小型(0.676)>极微型(0.222); 10m: 微型(3.405)>小型(0.719)>极微型(0.353)。 C_b, C_c 和 C_t 也基本相似。可见,表层和底层浮游生物均以微型为主,其次是小型和极微型。第二,小型、微型、总浮游生物含较多叶绿素 a, c 和较少 b ; 而极微型含较多叶绿素 c, b 和较少 a 。第三, 底层各大小类群的 C_a, C_b, C_c, C_t 均大于表层的相应值。

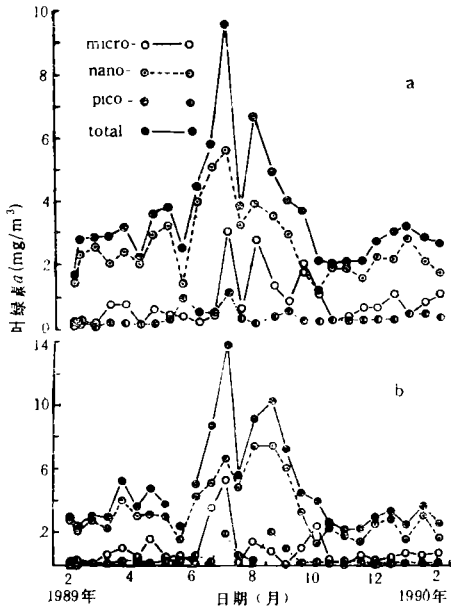


图 1 厦门港表层 (a)、底层 (b) 各大小类群浮游生物叶绿素 a 的季节变化

Fig. 1 Seasonal variation of chlorophyll a concentration of different size-fractionated phytoplankton at 0m(a) and 10m(b) depth in Xiamen Harbour

表明,微型浮游生物平均占 74.7% (33.9%—95.6%), 明显多于小型和极微型浮游生物所占的比例 [18.0% (0.1%—53.1%) 和 7.3% (1.1%—33.7%)]. 第二, 以其它色素 (C_b, C_c, C_t, P_g) 为指标的统计结果也表明,微型浮游生物均占 50% 以上。

2.2 空间分布

2.2.1 叶绿素 各站位各大小类群浮游生物叶绿素 a 的空间分布 (表 2 和图 3) 表明, 第一, 绝大多数测站都是: 微型>小型>极微型。第二, 从水平分布看, 微型在各站位的同一水层差别不大, 小型和极微型在 III 站大都比 I, II 站的相应水层高; 这与该站受淡水影响较大和水有翻动有关。第三, 从垂直分布看, 微型均为 15m>10m 或 0m, 其余不明显。

2.2.2 各大小类群浮游生物的相对组成 从各站位各大小类群浮游生物叶绿素 a 的相对组成可看出, 微型平均占 51%—80.8%, 小型和极微型占 14.9%—44.6% 和 2.5%—

表层和底层 C_a 的季节变化 (图 1) 表明, 微型、小型和总浮游生物的生物量高峰都在气温较高的 7—9 月, 极微型浮游生物的生物量季节变化较不明显; 8 月 3 日的突然降低可能与降雨有关 (采集当天和前两天均连续下了大雨)。微型浮游生物和总浮游生物一样, 季节变化趋势是, 夏季>春季>秋、冬季。

2.1.2 降解叶绿素 实验结果 (表 1) 表明, 第一, 0m: 微型(6.068)>极微型(3.102), 小型 (2.930); 10m: 微型 (12.971)>小型 (5.484), 极微型 (4.974)。第二, 底层 P_g 高于表层的。因为浮游动物排泄物和死亡藻类均下降到底层, 从而构成降解叶绿素的主要来源。

2.1.3 各大小类群浮游生物的相对组成 以各类色素为指标的各大小类群的相对组成 (图 2) 表明, 第一, 以 C_a 为指标的组成 (%) 是, 0m: Nano-/Total (73.3) > Micro-/Total (20.1) > Pico-/Total (6.6); 10m: Nano-/

Total (76.1) > Micro-/Total (16.0) > Pico-/Total (7.9)。0m 和 10m 的平均结果表明, 微型浮游生物平均占 74.7% (33.9%—95.6%), 明显多于小型和极微型浮游生物所占的比例 [18.0% (0.1%—53.1%) 和 7.3% (1.1%—33.7%)]. 第二, 以其它色素 (C_b, C_c, C_t, P_g) 为指标的统计结果也表明, 微型浮游生物均占 50% 以上。

2.2 空间分布

2.2.1 叶绿素 各站位各大小类群浮游生物叶绿素 a 的空间分布 (表 2 和图 3) 表明, 第一, 绝大多数测站都是: 微型>小型>极微型。第二, 从水平分布看, 微型在各站位的同一水层差别不大, 小型和极微型在 III 站大都比 I, II 站的相应水层高; 这与该站受淡水影响较大和水有翻动有关。第三, 从垂直分布看, 微型均为 15m>10m 或 0m, 其余不明显。

2.2.2 各大小类群浮游生物的相对组成 从各站位各大小类群浮游生物叶绿素 a 的相对组成可看出, 微型平均占 51%—80.8%, 小型和极微型占 14.9%—44.6% 和 2.5%—

表 1 厦门港各大小类群浮游生物各类色素的变化范围和年平均值 (mg/m³)
Tab. 1 Annual ranges and averages of various pigments for different size-fractioned phytoplankton in Xiamen Harbour

水深 (m)	色素种类	Micro-			Nano-			Pico-			Total		
		最大值 含月 量份	最小值 含月 量份	平均值	最大值 含月 量份	最小值 含月 量份	平均值	最大值 含月 量份	最小值 含月 量份	平均值	最大值 含月 量份	最小值 含月 量份	平均值
0	Ca	2.932 7	0.024 11	0.676	5.510 7	0.964 10	2.468	1.034 7	0.030 2	0.222	9.476 7	1.672 2	3.366
	Cb	1.691 8	0.005 7	0.296	1.966 8	0.086 3	0.533	1.359 7	0.007 2	0.225	3.714 8	0.306 12	1.054
	Cc	2.241 8	0.001 12	0.452	4.290 9	0.198 10	0.974	2.426 7	0.011 8	0.482	5.903 9	0.486 11	1.908
	Ct	6.564 8	0.274 6	1.441	9.413 9	1.796 10	3.957	4.819 7	0.107 11	1.009	16.301 7	2.718 12	6.407
	Pg	16.574 10	0.022 1	2.950	18.503 10	0.694 12	6.068	16.634 9	0.000 9	3.102	35.511 10	0.988 11	12.100
10	Ca	5.268 7	0.009 9	0.719	7.466 9	1.309 10	3.405	2.027 9	0.059 1	0.353	13.898 7	2.123 11	4.477
	Cb	1.872 9	0.007 11	0.433	7.083 9	0.069 3	1.394	2.638 9	0.014 1	0.506	11.593 9	0.465 3	2.333
	Cc	5.103 10	0.003 3	0.811	10.391 8	0.151 6	1.979	4.585 7	0.008 1	0.798	17.592 9	0.562 12	3.588
	Ct	8.696 10	0.155 11	2.136	24.863 9	2.172 2	6.778	9.148 7	0.094 1	1.657	39.486 9	3.161 12	10.571
	Pg	18.783 10	0.112 2	5.509	47.099 8	1.015 11	12.971	36.819 9	0.040 12	4.974	62.905 9	2.270 11	23.454

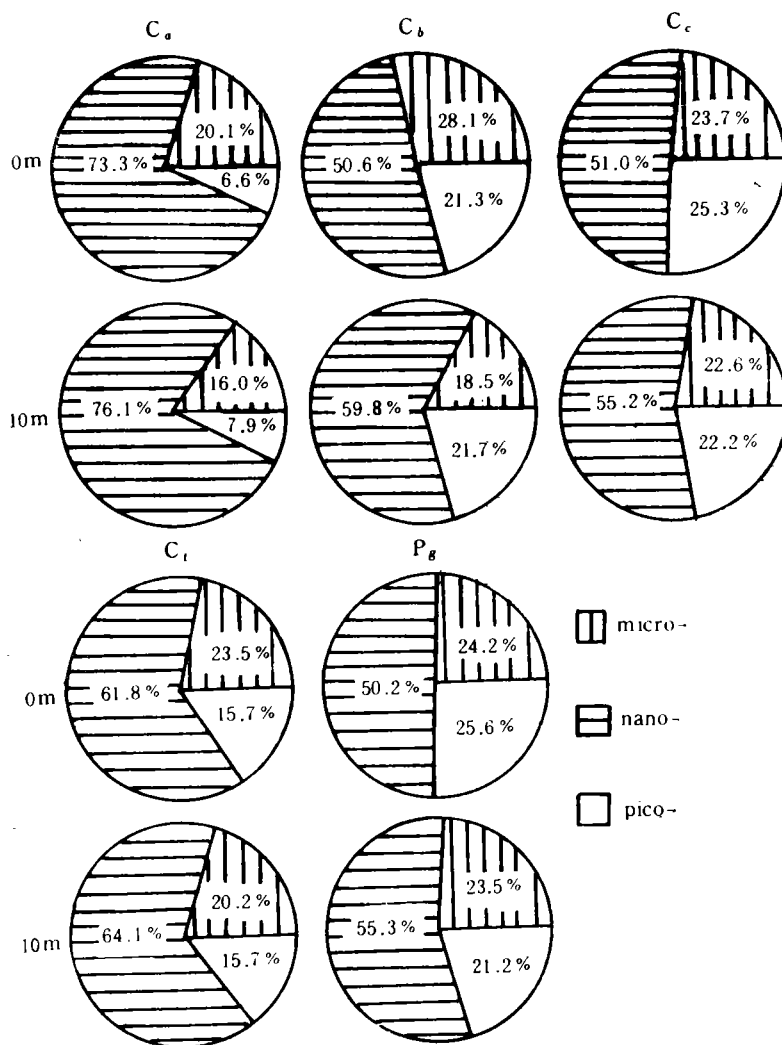


图 2 厦门港各大小类群浮游生物在总浮游生物中的相对作用

Fig. 2 Percentage contributions to total phytoplankton of chlorophyll *a*, *b*, *c*, total chlorophyll, and phaeopigment in different size-fractionated phytoplankton in Xiamen Harbour

8.2%。从水平分布看,微型浮游生物生物量所占的比例在各站的分布趋势是: I, II > III。

3 讨论与结语

3.1 微型浮游生物是初级生产者生物量的最主要的贡献者 研究表明,在大洋区,极微型浮游生物起着较大作用 (Li et al., 1983), 在沿岸、近海区,则以微型浮游生物的作用更大 (Hallegraeff, 1981)。

厦门港是沿岸河口区,微型浮游生物是初级生产者生物量的主要贡献者 (平均占 74.7%),而极微型浮游生物只占 7.3%;这与 El-Sayed 等(1979)、Weber 等(1987)、Fay (1973)、Hallegraeff (1981) 等的研究是一致的(表 3)。

表 2 厦门港各大小类群浮游生物叶绿素 *a* 和环境因子的空间分布

Tab. 2 Spatial distributions for chlorophyll *a* of different size-fractioned phytoplankton and for environmental factors in Xiamen Harbour

站 位	水 深 (m)	水 温 (℃)	盐 度	pH	Ca (mg/m ³)			
					Micro-	Nano-	Pico-	Total
1989.10.26								
I	0	21.9	29.0	7.87	0.198	2.032	0.068	2.298
	10	21.7	29.5	7.97	0.544	1.616	0.073	2.233
	15	21.2	31.0	7.98	0.397	2.740	0.219	3.356
II	0	22.4	28.0	7.95	0.707	1.633	0.040	2.380
	10	21.8	30.0	7.99	0.690	2.276	0.801	3.767
	15	21.6	30.5	7.94	1.285	2.828	0.073	4.186
III	0	22.2	30.0	7.96	1.347	1.377	0.170	2.894
	10	21.8	30.5	7.96	1.545	1.970	0.108	3.623
1990.1.8								
I	0	14.5	28.0	7.88	0.687	1.394	0.074	2.155
	10	14.4	31.5	7.97	0.736	1.164	0.034	1.934
	15	14.3	31.0	7.97	0.121	1.520	0.049	1.681
II	0	14.8	28.5	8.04	1.580	2.165	0.074	3.819
	10	14.6	30.0	8.02	0.593	2.500	0.102	3.195
	15	14.7	30.0	7.99	0.675	2.838	0.102	3.615
III	0	14.5	30.0	8.01	1.842	1.970	0.212	4.024
	10	14.7	30.0	8.04	1.906	2.344	0.162	4.412

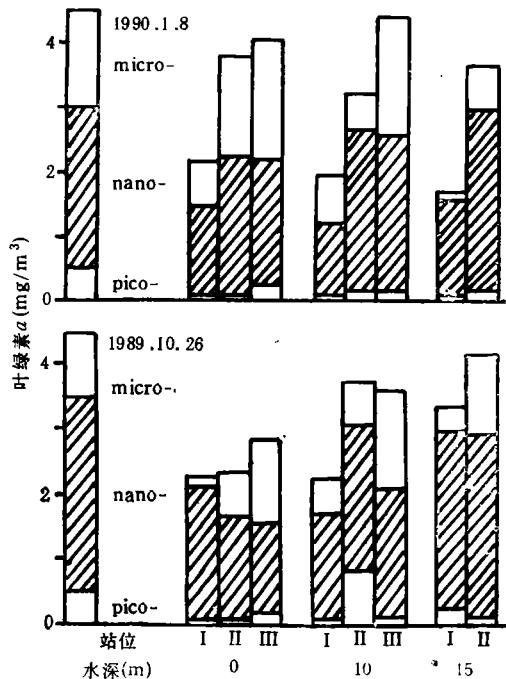


图 3 厦门港各大小类群浮游生物的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of chlorophyll *a* of different size-fractioned phytoplankton in Xiamen Harbour

表 3 微型浮游生物对总浮游生物生物量的贡献研究结果

Tab. 3 Contribution of nanoplankton chlorophyll to total phytoplankton's at different coastal areas

地 点	Ca(Nano-)/Ca (Total) (%)			作 者
	范 围	平均值	n	
克罗泽群岛	72—100	87	20	El-Sayed 等 (1979)
南非	42—92	74	14	Weber 等 (1987)
象岛	45—98	78	33	Weber 等 (1987)
布兰斯菲尔德海峡	33—97	64	6	Weber 等 (1987)
新西兰南部	77—100	85	3	Fay (1973)
罗斯陆缘冰	45—100	69	6	Fay (1973)
悉尼沿岸	50—80	65	108	Hallegraeff (1981)
厦门港	34—96	75	52	本文

3.2 微型浮游生物生物量在夏季高于其它季节 厦门港地处九龙江河口区, 微型浮游生物的生物量主要受径流量影响。5—6 月是多雨季节, 径流量增加, 给河口带来大量营养盐, 促使浮游植物在 7—8 月大量繁殖; 同时, 温度的上升促进细胞分裂, 所以, 在 7—8 月形成高峰。

3.3 浮游植物采集方法的改进 从本文所得的数据, 用浮游植物网 (孔径 60—70 μm) 采到的基本上都是大于 20 μm 的种类 (小型浮游生物), 而这些只占总浮游植物量的 1/5 左右, 因此, 用孔径 60—70 μm 筛绢作成的网采集浮游植物所反映的结果不客观。金德祥 (1955) 曾经作过网采和采水的比较试验, 认为采水才能反映海区浮游植物现存量的实际情况。本研究进一步证实了这一观点。

参 考 文 献

- 金德祥, 1955, 厦门港 1954 年浮游生物的定量调查, 厦门大学学报(自然科学版), 5: 17—30。
 高亚辉、金德祥, 1989, 海洋微型浮游生物的研究进展, 福建水产, 3: 33—37。
 El-Sayed, S. Z. et al., 1979, On the productivity of the southwestern Indian Ocean, *C. N. F. R. A.*, 44:83—100。
 Fay, R., 1973, Significance of nanoplankton in primary production of the Ross Sea, Antarctica, during the 1972 austral summer. Ph. D. Dissertation, Texas A. & M. University。
 Hallegraeff, G. M., 1981, Seasonal study of phytoplankton pigments and species at a coastal station off Sydney: importance of diatoms and the nanoplankton, *Mar. Biol.*, 61:107—118。
 Li, W. K. W. et al., 1983, Autotrophic picoplankton in the tropical ocean, *Science*, 219:292—295。
 Parsons, T. R. et al., 1984, A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis, Pergamon Press, UNESCO, pp. 101—107。
 Platt, T. & Li, W. K. W., 1986, Photosynthetic picoplankton, *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 214:1—583。
 Weber, L. H. & El-Sayed, S. Z., 1987, Contributions of the net, nano-, and picoplankton to the phytoplankton standing crop and primary productivity in the Southern Ocean, *J. Plankton Res.*, 9: 973—994。

DISTRIBUTION AND CONTRIBUTION OF NANO-AND PICOPLANKTON CHLOROPHYL IN XIAMEN HARBOUR

Gao Yahui, Jin Dexiang (T. G. Chin) and Cheng Zhaodi

(Biology Department, Xiamen University, Xiamen 361005)

ABSTRACT

The chlorophyll *a, b, c* and phaeo-pigment of micro-(20—200 μm), nano-(3—20 μm) and picoplankton ($< 3 \mu\text{m}$) in Xiamen Harbour were investigated half-monthly from February 1989 through February 1990 using spectrophotometrical technique. The seasonal and spatial distribution and contribution of chlorophyll of micro-, nano-, and picoplankton to phytoplankton were studied. Results show that Xiamen Harbour, like other coastal and estuary areas, has nanoplankton (Chl *a*, 2.468 and 3.405 mg/m^3 at 0 and 10 m depth) as its most important contributor to primary production accounting for 33.9%—95.6% (av. 74.7%) of total phytoplankton chlorophyll *a*, whereas microplankton (Chl *a*, 0.676 and 0.719 mg/m^3) and picoplankton (Chl *a*, 0.222 and 0.353 mg/m^3) account for only 0.1%—53.1% (av. 18.0%) and 1.1%—33.7% (av. 7.3%) respectively. It is suggested that phytoplankton collection for quantitative studies should be by water bottle rather than by common phytoplankton net which often neglects the abundant nanoplankton. A significant variation for nanoplankton chlorophyll *a* as Summer > Spring > Autumn and Winter is influenced mainly by runoff from the Jiu Long River.

Key words Nanoplankton Picoplankton Phytoplankton Chlorophyll Xiamen Harbour