

南极西湖浮游藻类叶绿素 a 和 初级生产量的时空分布*

王 骥 冯伟松 王洪铸

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提要 于 1993 年 1—3 月、1995 年 1—3 月在南极西湖运用分光光度法和人工叶测氧法分别测定浮游藻类叶绿素 a 和初级生产量的时空分布。结果表明:(1)浮游藻类叶绿素 a 含量在 1993 年 2 月出现最大值,为 1.99 mg/m^3 ,1 月与 3 月的显著低于 2 月的,分别为 0.50 mg/m^3 和 0.58 mg/m^3 ;浮游藻类初级生产量的最高峰两年均出现在 2 月,1995 年 2 月为 $0.062 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,1 月、3 月分别为 $0.003 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 和 $0.011 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。(2)叶绿素 a 的水平分布按含量高低排序为:Ⅲ站(1.51) > Ⅱ站(1.29) > Ⅳ站(1.26) > Ⅰ站(1.25) > Ⅴ站(湖心站, 1.16 mg/m^3);初级生产量水平分布规律与叶绿素 a 相同,亦是四周各站高于湖心站的;湖底着生藻类分布状况和风力风向是影响叶绿素 a 含量和初级生产量水平分布的主要因素。(3)叶绿素 a 的垂直分布相对均匀。在晴朗天气条件下,初级生产量垂直分布则以水下 1.5 m 处的最高,为 $0.047 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$;3.0 m 处的次之,为 $0.036 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$;表层(0.5 m 处)较低,为 $0.011 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。光照强度是影响浮游藻类初级生产量垂直分布的主要因素。

关键词 南极 西湖 浮游藻类 叶绿素 a 初级生产量 时空分布

浮游藻类是淡水生态系统的生产者,是该系统次级生产者赖以生存的物质基础,研究浮游藻类叶绿素 a 含量与初级生产量,有助于研究淡水生态系统结构与功能。迄今对南极淡水藻类的研究甚少,且多为种类组成、密度和生物量等研究内容,有关叶绿素 a 含量与初级生产量的研究更为少见(Hawes, 1988, 1990; Knox, 1991)。在菲尔德斯半岛地区朱根海(1995)曾进行过西湖浮游藻类种类及密度研究。关于叶绿素 a 和初级生产量的研究尚未见到报道。本文着重报告西湖浮游藻类叶绿素 a 、脱镁叶绿素和初级生产量的时空分布,为进一步研究南极淡水生态系统结构与功能提供科学依据。

1 调查地区环境状况

西湖位于南极菲尔德斯半岛南端,邻近中国南极长城站。西湖为古泻湖(刘清泗等, 1990;张春光等, 1991),是靠冰雪融水补给的淡水湖。湖泊形态为近卵圆形,长 161m,平均宽度 84.2 m;最大水深 6.8 m,平均深度 2.53m;湖底倾斜度($\text{tg}\alpha$)为 0.035,湖盆似圆锥体形;面积随水位变化而异,波动在 1—1.36ha 之间;容积约 4.8 万 m^3 。西湖地区是南极最温暖湿润地区之一,全年云量大,湿度高,降水多,暴风雪天气多,具有极地海洋性气候特

* “八五”国家攻关项目,85-905-02-02 号;中国科学院“八五”重大科研项目,KJ85-08 号。王 骥,男,出生于 1940 年 12 月,高级工程师。

收稿日期:1997 年 3 月 27 日,接受日期:1997 年 11 月 25 日。

点,有明显的季节变化。冬季湖面冰封雪盖,夏季(11月—翌年3月)水温可达1—10℃,此时水下照度较大,有利于浮游藻类和沿岸着生藻类大量繁殖。夏季采样时水温为7—8.5℃,pH为6.6—7.0。由于暖季气旋活动频繁,盛行6—7级偏西风,水体流转较好。

2 材料与方 法

于1993年1—3月和1995年1—3月,在西湖采集浮游藻类标本,同时测定其叶绿素含量和初级生产量,每月测定1—2次。水平分布共设5个采样点,I,II,III,IV站在湖泊四周沿岸,V站位于湖心,见图1。垂直分布仅在湖心站,分三个层次进行采样和测定。

浮游藻类叶绿素a含量用GF/C滤膜过滤湖水1—2L,用丙酮提取24h,再用分光光度法测定。浮游藻类初级生产量测定采用人工叶测氧法,即用过滤的方法将1—2L水中的浮游藻类截留在GF/C滤膜上,用不含藻类湖水灌瓶,然后将上述滤膜置入瓶中,在光饱和或挂入采样水层曝光24h,用测氧法测定呼吸量。叶绿素a(Chl. a)和脱镁叶绿素(Phaeo)含量单位为 mg/m^3 ;初级生产量(P_G)和浮游生物呼吸量(R)单位为 $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,每立方米浮游藻类或浮游生物每天生产或呼吸氧气的克数。由于冬季寒冷,湖面冰封以及其他条件限制,浮游藻类叶绿素含量与初级生产量的时空分布研究只能在夏季进行。

3 结果与讨论

3.1 浮游藻类的种类组成

在实际工作中将浮游藻类与着生藻类严格区分开来并非易事。故凡在水层中采到的藻类统称浮游藻类。定性观察,西湖浮游藻类常见种如下:针杆藻(*Synedra* sp.)、双头舟形藻(*Navicula dicephale*)、钝形舟形藻(*N. muticopsis*)、雪生舟形藻(*N. nivalis*)、窄异极藻(*Gomphonema angustatum*)、橄榄形异极藻(*G. olivaceum*)、双头菱形藻(*Nitzschia amphibia*)、双尖菱板藻(*Hantzschia amphioxys*)、双头辐节藻(*Stauroneis anceps*)、细条羽纹藻(*Pinnularia microstauron*)、披针曲壳藻(*Achnanthes lanceolata*)、鱼腥藻(*Anabaena* sp.)、念珠藻(*Nostoc* sp.)、拉氏粘球藻(*Gloeocapsa ralfsiana*)、南极席藻(*Phormidium antarcticum*)、鞘丝藻(*Lyngbya* sp.)、弱细颤藻(*Oscillatoria tenuis*)、衣藻(*Chlamydomonas* sp.)、南极宽卵藻(*Pleurococcus antarcticus*)、多形丝藻(*Ulothrix variabilis*)、雪生尖丝藻(*Raphidonema nivale*)、雪生螺翼藻(*Scotiella nivalis*)、单鞭金藻(*Chromulina* sp.)等。

3.2 浮游藻类的时空分布

3.2.1 浮游藻类的时间分布

3.2.1.1 浮游藻类叶绿素a与脱镁色素的时间分布

结果表明,1993年Chl. a最大值

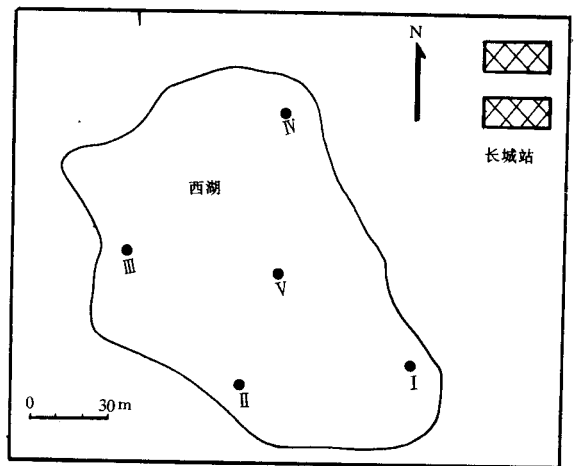


图1 西湖浮游藻类采样站位

Fig.1 Planktonic algae sampling stations in West Lake in the Fildes Peninsula, Antarctica

出现在2月,为 1.99 mg/m^3 ; 1月、3月的显著低于2月的,分别为 0.50 mg/m^3 和 0.58 mg/m^3 。1995年的最大值也出现在2月,为 1.75 mg/m^3 ; 其他两月的略低于2月的。

Phaeo 含量在1993年的最大值亦出现在2月,为 0.64 mg/m^3 ; 1月、3月次之,其分布规律与 Chl. *a* 相似,均表现为单峰曲线。但在1995年,其含量的最大值出现在3月,为 0.88 mg/m^3 ; 另两个月与之差别很大。见图2。

Chl. *a* 含量是浮游藻类现存量的重要指标,菲尔德斯半岛地区,每年2月水温较高,有利于浮游藻类生长繁殖,故而 Chl. *a* 常出现最高值。南极气候的多变,加上采集测定次数有限,年间变化规律存在一定差异是可以理解的,Phaeo 的波动与浮游藻类种群演替过程中叶绿素降解速率有一定关系。

3.2.1.2 浮游藻类初级生产量与浮游生物呼吸量的时间分布 浮游藻类 P_G 与浮游生物 R 量1993,1995两年分布的总趋势与 Chl. *a* 含量基本相同,即最高峰出现在2月, P_G 均大于 $0.3 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, R 均在 $0.03 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 以上;1月、3月的均低于2月的,见图2。这种分布规律与西湖地区气温逐月变化规律基本一致,据1985—1990年气象资料统计,每年2月气温最高,平均值为 2.1°C ; 1月、3月平均气温较低,分别为 1.7°C 和 0.8°C 。

3.2.2 浮游藻类的空间分布

3.2.2.1 浮游藻类的水平分布 1993年未进行水平分布调查。1995年1月和2月对浮游藻类进行了两次水平分布调查,每次设5个采样站(见图1)。

3.2.2.1.1 浮游藻类叶绿素 *a* 与脱镁叶绿素的水平分布 调查结果表明,浮游藻类 Chl. *a* 含量在1995年1月从高到低排序为:

IV站 > III站 > V站 > II站 > I站。即自北向南呈逐步下降趋势;2月其水平分布的最高值出现在III站,II站、I站次之,IV站最低。

1,2两月的水平分布趋势不同。见表1。从各站 Chl. *a* 含量两个月的平均值可以发现四周各站 Chl. *a* 显著高于湖心站的。按高低排序为:III站(1.51) > II站(1.29) > IV站(1.26) > I站(1.25) > V站(1.16)。III站所在地着生藻类分布最为丰富,水又较浅,在风浪作用下,着生藻类易于进入水层,Chl. *a* 含量因而较高。V站,水深 > 5.5 m ,底部生长着大量镰刀藓,着生藻数量较少,且难于卷入水层,故而 Chl. *a* 含量较低。Phaeo 含量较低,其水平分布规律与 Chl. *a* 有相似之处。

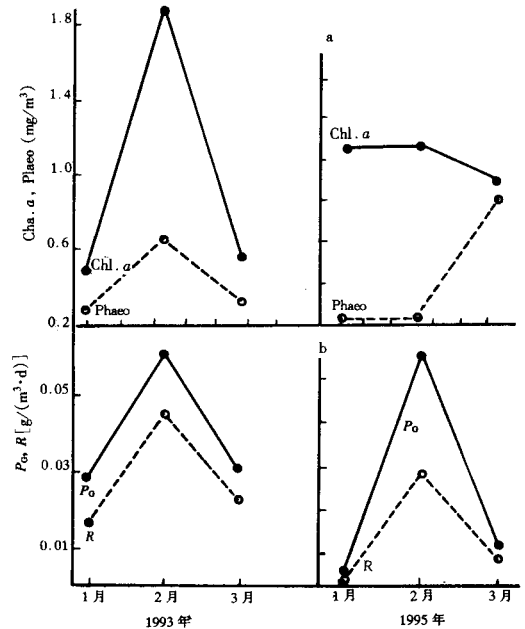


图2 西湖浮游藻类(Chl. *a*), Phaeo(a)和 P_G , R (b)的时间分布

Fig. 2 Time distribution of Chl. *a*, phaeo (a) and P_G , R (b) in planktonic algae in West Lake in the Fildes Peninsula, Antarctica

表1 西湖浮游藻类 Chl. *a*, Phaeo 和 P_C, R 的水平分布Tab. 1 Horizontal distribution of Chl. *a*, Phaeo and P_C, R of planktonic algae in West Lake in the Fildes Peninsula, Antarctica

站号	1995.01					1995.02				
	Chl. <i>a</i> (mg/m ³)	Phaeo (mg/m ³)	P_C [g/(m ³ ·d)]	R g/[(m ³ ·d)]	P_C/R	Chl. <i>a</i> (mg/m ³)	Phaeo (mg/m ³)	P_C [g/(m ³ ·d)]	R g/[(m ³ ·d)]	P_C/R
I	1.04	0.07	0.008	0.003	2.67	1.45	0.35	0.064	0.040	1.60
II	1.04	0.52	0.008	0.003	2.67	1.54	0.20	0.078	0.016	4.88
III	1.27	0.32	0.002	0.001	2.00	1.75	0.31	0.091	0.015	6.07
IV	1.50	0.47	0.0087	0.003	2.67	1.01	0.68	0.064	0.047	1.36
V	1.15	0.23	0.003	0.001	3.00	1.16	0.22	0.062	0.030	2.07

影响浮游藻类 Chl. *a* 水平分布的主要因素:(1) 风向, 每年 1 月最多风向为东风—南风—东风(ESE), 在东风特别是南风的作用下, 处于下风的 IV 站和 III 站 Chl. *a* 含量就会因底部着生藻类卷入而增高, 这或许是 1 月 Chl. *a* 含量自南向北逐步增高的原因之一; 每年 2 月最多风向是西风—北风—西风(WNW), 在西风特别是北风的作用下, 处在下风的 I, II, III 站 Chl. *a* 含量亦会因着生藻类卷入而增高, Chl. *a* 含量有自北向南逐步增高的趋势, 因而造成两个月不同的水平分布趋势。(2) 着生藻类分布, 西湖东岸和南岸底部多为沙底, 着生藻类数量较少; 西岸与北岸湖底基质稳定, 着生藻类相对丰富, 在风浪作用下, 着生藻类很易进入水层, 浮游藻类 Chl. *a* 含量增高。

3.2.2.1.2 浮游藻类初级生产量的水平分布 浮游藻类 P_C , 系指在光饱和条件下测定的表层生产量。调查结果表明, 1995 年 1 月较低, 其总趋势是湖心站最低, 四周各站较高; 在 2 月较高, 水平分布规律与 Chl. *a* 的含量相同, 即 II, III 站较高, 最高值出现在 III 站(0.091); I, IV 站较低, 均为 0.64; 最低值出现在 V 站(0.062)。若依浮游藻类 P_C 各站两个月平均值按大小排序为: III 站(0.047) > II 站(0.043) > I 站、VI 站(均为 0.036) > V 站(0.032)。可见浮游藻类 P_C 水平分布与 Chl. *a* 含量的水平分布规律基本相同, 见表 2。

3.2.2.2 浮游藻类的垂直分布

3.2.2.2.1 浮游藻类叶绿素 *a* 与脱镁叶绿素的垂直分布 两者垂直分布调查结果在两年度各层次略有不同。但从总的趋势看, Chl. *a* 在水层中的垂直分布是相对均匀的: 1993 年 2 月测定结果显示, 各水层中的 Chl. *a* 的含量的差别很小, 5.5 m 处最高(2.10); 1995 年 2 月测定虽显示出 1.5 m 处 Chl. *a* 含量最高(1.36), 但差别也不大。Phaeo 垂直分布也相对均匀, 自上而下略有下降趋势。见表 2。

3.2.2.2.2 浮游藻类初级生产量和浮游生物呼吸量的垂直分布 结果表明, 1993 年 2 月浮游藻类 P_C 垂直分布 0—3 m 没有差异, 浮游生物 R 差异也不显著; 1995 年 2 月 P_C 垂直差异较为显著, 即最高生产层出现在 1.5 m 处(0.047); 3.0 m 处次之(0.036); 0.5 m 处最低(0.011)。影响 P_C 垂直分布的通常有两个因素:(1) 光照强度, 在晴朗天气条件下, 表层常因光照过强, 光合作用受到抑制, 往往在 1/2 透明度处, 光强适宜, P_C 出现最高值, 然后再随着水深的增加而降低。1992 年 2 月 11 日, 天气晴朗, 其 P_C 的垂直分布符合上

述规律。(2) 浮游藻类现存量,以 Chl. a 为例,其垂直分布也会影响 P_G 垂直分布。1995 年 2 月 11 日 P_G 与 Chl. a 垂直分布规律相似可以说明上述两因素均可影响西湖 P_G 的垂直分布。

表 2 西湖浮游藻类 Chl. a , Phaeo 和 P_G , R 的垂直分布

Tab.2 Vertical distribution of Chl. a , Phaeo and P_G , R , planktonic algae in West Lake in the Fildes Peninsula, Antarctica

采样深度 (m)	1993.02					1995.02				
	Chl. a (mg/m^3)	Phaeo (mg/m^3)	P_G [$\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$]	R [$\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$]	P_G/R	Chl. a (mg/m^3)	Phaeo (mg/m^3)	P_G [$\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$]	R [$\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$]	P_G/R
0.0	1.99	0.67	0.062	0.046	1.35	—	—	—	—	—
0.5	—	—	—	—	—	0.98	0.88	0.011	0.007	1.57
1.0	—	—	0.062	0.050	1.24	—	—	—	—	—
1.5	—	—	—	—	—	1.36	0.63	0.047	0.029	1.62
3.0	2.04	0.54	0.062	0.041	1.51	1.09	0.54	0.036	0.025	1.44
5.5	2.10	0.33	—	—	—	—	—	—	—	—

4 结语

本研究仅报告 1993 与 1995 两年度 1—3 月上旬浮游藻类 Chl. a 和初级生产量时空的分布状况,因而有一定局限性,今后如有条件应开展周年变化研究。莫愁湖浮游藻类密度和生物量周年变化研究表明,浮游藻类现存量在全年有两个高峰,其最大峰值出现在夏初(11月)和夏末(2月中)(王 骥等,1997),西湖浮游藻类现存量 and 初级生产量在全年的分布是否存在两个或两个以上高峰尚待深入研究。

参 考 文 献

- 王 骥、梁彦龄,1997,海洋与湖沼,28(增刊):163—170。
 刘清泗、降迁梅,1990,南极研究,2(2):28—35。
 朱根海,1995,南极研究,7(1):67—74。
 张春光、高耀亭,1991,南极研究,3(1):30—37。
 Hawes, I., 1988, *Polar Biol.*, 8:428—437。
 Hawes, I., 1990, *Antarctic Ecosystems*, Springer-Verlag (Berlin), pp.81—91。
 Knox, G. A., 1991, *Primary Antarctic Ecosystems*, Springer-Verlag (Berlin), pp.115—128。

TEMPORAL AND SPACIAL DISTRIBUTION OF CHLOROPHYLL *a* AND PRIMARY PRODUCTION OF PLANKTONIC ALGAE IN WEST LAKE, ANTARCTICA

Wang Ji, Feng Weisong, Wang Hongzhu

(*Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*)

Abstract Studies on temporal and spacial distribution of Chl. *a* and primary production of planktonic algae in West Lake in the Fildes Peninsula, Antarctica were carried out in January to March, 1993 and January to March, 1995. The spectrophotometry method was employed to measure chlorophyll *a* (Chl. *a*) content and man-made leaf light-and-dark-bottle oxygen methods were used to measure the primary production (P_G). The results are given below. In 1993 the maximum chlorophyll *a* content (1.99 mg/m^3) occurred in February, but was obviously less in January (0.50 mg/m^3) and March (0.58 mg/m^3). In 1995 the primary production maximized at $0.062 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ in February, and was $0.003 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ in January and $0.011 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ in March. (Fig. 2)

The horizontal distribution chlorophyll *a* content was in the order: Station III (1.51) > Station II (1.29) > Station IV (1.26) > Station I (1.25) > Station V (lake center, 1.16); the horizontal distribution of primary production was also in the same order, showing that both Chl. *a* and primary production were higher in lakeshore stations. The main factors that affected the horizontal distribution of Chl. *a* content and primary production were the distribution of benthic algae, and the strength and direction of the wind. (Tab. 1)

The Chl. *a* of planktonic algae was relatively even vertically. In sunny days, primary production of planktonic algae maximized [$0.047 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$] at 1.5 m under the water surface, was less [$0.036 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$] at 3.0 m under the water surface, and even lesser [$0.011 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$] at 0.5 m. The main factor affecting the vertical distribution of primary production was light intensity. (Tab. 2)

Key words Antarctica West Lake Planktonic algae Chlorophyll *a* Primary production Temporal and spacial distribution