

# 武汉东湖浮游植物各种成份分析与沉淀物中浮游植物活体碳、氮、磷的测定

林婉莲 刘鑫洲

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

## 提 要

本实验调查了武汉东湖浮游植物水华的各种成份以及水柱沉淀物内叶绿素  $a$  含量, 根据碳与叶绿素  $a$  关系, 给定了一回归方程, 并计算出沉淀物中藻类活体相应的碳、氮、磷含量。

从平均数值看, 武汉东湖浮游植物水华的 C, N, P 含量分别为 39.30, 7.98 及 0.94(%); 其干湿比为 0.20, 碳、氮比为 5.10, 碳、磷比为 46.54, 碳与叶绿素  $a$  之比则为 133.32。

1983 年东湖水柱沉淀物中浮游植物活体叶绿素  $a$  下沉量平均每天每平方米为 43.8675 微克 (I 站) 及 35.5881 微克 (II 站)。利用东湖浮游植物水华各种成份含量及其各种比率计算出的东湖水柱沉淀物中浮游植物活体碳、氮、磷量, 按顺序每天每平方米分别为 2.53, 0.50, 0.05 毫克 (I 站) 及 2.09, 0.41, 0.04 毫克 (II 站)。

有机碎屑在各种水生态系统功能上占着一个重要位置, 但要评价水生态系统内有机碎屑的作用比较困难。主要是难于把生物活体从有机碎屑中分离出来, 并从物质组成的角度来评估有机碎屑的量。用 ATP 法仅能解决碳的问题, 只有同时分离出其中活体氮和磷量, 才能最终解决有机碎屑在物质流中的功能问题。

浅水湖泊水柱沉淀物中, 除有机碎屑及一些无机颗粒外, 随同下沉的生物活体也不少。利用东湖浮游植物水华的一些特性, 如干湿比率, 碳、氮比率, 碳、磷比率, 以及叶绿素  $a$  与有机碳的关系, 计算东湖水柱沉淀物中浮游植物活体碳、氮和磷量, 能有效地分离出沉淀物中有机碎屑的物质含量。

## 方 法

在东湖各种浮游植物水华出现的时期, 用 25 号筛网在水表捞取水华, 随即移入烧杯, 并迅速放入冰箱内短时静置, 使浮游动物下沉, 然后挑取所需要的浮游植物量。经解剖镜或显微镜检查, 确认已无浮游动物存在, 即迅速把样品分成 3 份, 分别进行处理。

**1. 碳、氮和磷的测定** 分离出的样品放入烤箱 (68—80℃, 24 小时) 烤干, 分别测碳

1984 年 11 月 27 日收到。

和氮(用 CARLO ERBA 元素分析仪),及磷(用 Slanina 消解法<sup>[7]</sup>,用 751 型分光光度计测定)。

**2. 叶绿素  $a$  测定** 用滤纸滤干一定量样品,称其湿重,研磨后用酒精抽提,置冰箱中 12 小时,然后用 751 型分光光度计测定叶绿素  $a$  量。

**3. 测定干湿比** 用滤纸滤干样品,挑取一定量,称其湿重,然后放入烤箱(68—80℃, 24 小时)烤干,再称其干重,以定其干湿比。

## 结 果

### (一) 东湖浮游植物水华各种成份含量及比率

东湖浮游植物水华 1982 年 12 月到 1983 年 1 月及 4 月,是水华束丝藻,共采样 5 次; 1983 年 5 月,以颗粒直链硅藻为主,共采样 3 次;同年 8 月,以颤藻、微囊藻和颗粒直链硅藻占优势,共采样 6 次。1984 年 3 月中旬,为鱼腥藻水华,采样 1 次;4 月,为水华束丝藻和鱼腥藻水华,采样 1 次。所采样品,代表了东湖浮游植物绝大多数种类。由于优势种中夹杂着的其他数量不同的藻类成份,因此,虽然是以同一个优势种组成的水华,其各种成份含量及比率不尽相同(表 1)。

### (二) 东湖水华叶绿素 $a$ 及其与有机碳的关系

测定叶绿素  $a$  必须用鲜物,而测定有机碳则必须用干物,利用浮游植物水华的干湿比率,将测碳的平行样品量换算成鲜物量,从而算出其中所含的叶绿素  $a$  量。

东湖 1983 年 5 月到 1984 年 6 月浮游植物水华的  $C/\text{chl } a$  为 67:1—374:1, 平均为 133:1。根据 87 个系列样品测得的 87 对数据,得出下述回归方程式:

$$C = 74.06 + 53.21\text{chl } a \quad (n = 87, r = 0.95, p < 0.001)$$

其中,  $C$  为浮游植物水华的有机碳量,  $\text{chl } a$  为已测得的浮游植物叶绿素  $a$  量,均以微克为单位。

用上述回归方程计算出的浮游植物水华的碳值,与用  $C/\text{chl } a$  比值计算出的浮游植物水华含碳量相比,前者全年平均量更接近实测量。至于各月份的比差,则因浮游植物种类的不同而不同。

上述  $C/\text{chl } a$  比值或回归方程,不仅皆适用于计算东湖浮游植物水华的有机碳量;由于东湖水浅,也都适用于计算东湖沉淀中的浮游植物活体碳量。表 2 所列沉淀物活体碳量是用回归方程式计算的。

### (三) 东湖水柱沉淀物浮游植物活体碳、氮、磷的计算

1983 年 1—12 月,沉淀物每月采样 2 次(冬季每月采样 1 次),每次挂瓶 8 小时,每 3 瓶一组。一组瓶收集到的沉淀物视为 24 小时采得量。每次沉淀物用玻璃纤维滤膜(Whatman GF/C)抽滤,用滤纸压干滤出物,用酒精研磨抽提,放冰箱内过夜,用 751 型分光光度计测出叶绿素  $a$  量,再利用上述回归公式算出其碳量。根据测得的东湖浮游植物水华的  $C/N$  及  $C/P$  比值,分别计算出其中相应的氮量和磷量(表 2)。

表1 武汉东湖浮游植物水华各种成份含量及其比率

Tab. 1 Components and their ratios of the blooms in Lake Donghu, Wuhan.

采样日期	主要藻类	干/湿①	C%	N%	P%	C/N	C/P	C/chla
1982年12月1日 14日, 1983年1月 14日, 28日, 4月18 日	*水华束丝藻 <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	—	41.13	7.80	1.12	5.27	36.66	—
1983年5月 18—19日	*颗粒直链硅藻 <i>Melosira granulata</i> 角甲藻 <i>Ceratium hirundinella</i> 实球藻 <i>Pandorina</i> sp. 盘星藻 <i>Pediastrum</i> sp.	—	28.39	5.73	0.75	4.94	38.04	373.80
1983年5月20日	*颗粒直链硅藻 <i>M. granulata</i> 实球藻 <i>Pandorina</i> sp. 鱼腥藻 <i>Anabaena</i> sp.	—	26.97	4.24	0.70	6.37	38.81	116.89
1983年5月21日	*颗粒直链硅藻 <i>M. granulata</i> 实球藻 <i>Pandorina</i> sp. 鱼腥藻 <i>Anabaena</i> sp.	—	31.35	4.86	—	6.45	—	306.03
1983年8月1日	*颗粒直链硅藻 <i>M. granulata</i> 水华束丝藻 <i>A. flos-aquae</i> 螺旋鱼腥藻 <i>Anabaena spiroides</i> 微囊藻 <i>Microcystis</i> sp.	0.17	39.54	7.43	0.91	5.32	43.28	104.51
1983年8月2日	*微囊藻 <i>Microcystis</i> sp. 颗粒直链硅藻 <i>M. granulata</i> 水华束丝藻 <i>A. flos-aquae</i> 颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp.	0.17	44.94	10.18	0.95	4.42	47.40	104.24
1983年8月3日	*颗粒直链硅藻 <i>M. granulata</i> 颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp. 水华束丝藻 <i>A. flos-aquae</i> 角甲藻 <i>C. hirundinella</i> 螺旋鱼腥藻 <i>A. spiroides</i>	0.28	40.46	8.36	0.66	4.84	61.30	77.81
1983年8月4日	*微囊藻 <i>Microcystis</i> sp. 螺旋鱼腥藻 <i>A. spiroides</i>	0.27	40.96	9.67	0.77	4.24	53.20	81.08
1983年8月5日	*微囊藻 <i>Microcystis</i> sp. 螺旋鱼腥藻 <i>A. spiroides</i> 颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp. 颗粒直链硅藻 <i>M. granulata</i>	0.21	39.04	6.82	0.56	5.73	69.45	82.76
1983年8月9日	*微囊藻 <i>Microcystis</i> sp. 颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp. 螺旋鱼腥藻 <i>A. spiroides</i>	0.19	48.60	10.13	0.72	4.80	67.51	75.69
1984年3月 19—20日	*鱼腥藻 <i>Anabaena</i> sp.	0.17	45.47	9.32	1.68	4.88	27.00	76.95
1984年4月23日	*鱼腥藻 <i>Anabaena</i> sp. 水华束丝藻 <i>A. flos-aquae</i> 颗粒直链硅藻 <i>M. granulata</i> 微囊藻 <i>Microcystis</i> sp.	0.17	44.77	11.26	1.53	3.98	29.28	66.77
	总平均 (Total average)	0.20	39.30	7.98	0.94	5.10	46.54	133.32

\* 水华中占优势的种

\* dominant species in the blooms;

① dry wt./wet wt.

表2 1983年东湖沉淀物中浮游植物活体碳氮磷量

Tab. 2 The contents of C, N, P in the living algae in the sediments in different seasons, Lake Donghu, Wuhan, 1983.

站别	季节	chl <i>a</i> $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$	Carbon $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$	Nitrogen $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$	Phosphorus $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$
I 站	春①	64.0623	3.6011	0.7056	0.0774
	夏②	45.5091	2.6139	0.5122	0.0562
	秋③	51.8252	2.9500	0.5781	0.0634
	冬④	14.0732	0.9412	0.1844	0.0202
	平均*	43.8675	2.5266	0.4951	0.0543
II 站	春①	37.2683	2.1754	0.4263	0.0467
	夏②	55.9444	3.1691	0.6210	0.0634
	秋③	42.2442	2.4402	0.4782	0.0524
	冬④	6.8956	0.5593	0.1096	0.0120
	平均*	35.5881	2.0860	0.4088	0.0436

\* average; ① spring; ② summer; ③ autumn; ④ winter.

## 讨 论

1. 要用回归方程表示叶绿素 *a* 与浮游植物碳之间的关系, 其必要条件是要能够充分肯定所测样品是同质种群。

Lorenzen (1968) 用回归方程表示一个潮间带海区在一天内不同时间(日出、正午及日落)及不同水深的叶绿素 *a* 和浮游植物碳的关系<sup>[5]</sup>。Platt 等(1970)也用回归方程

$$C = 215 + 16.0 \text{ chl } a$$

计算过 St. Margret's Bay 浮游植物水华的含碳量<sup>[6]</sup>。

海洋方面多利用 C/chl *a* 比率以求出浮游植物的含碳量, Steele 和 Baird (1962) 分别在 Loch Nevis 及北海的北部测得的 C/chl *a* 值是 74:1 及 23:1。同时, 他们指出 Harris 及 Riley (1956) 在 Long Island Sound 测得的 C/chl *a* 范围为 34:1—233:1。Lorenzen 在上述潮间带海区测得的平均 C/chl *a* 值为 40.5<sup>[5]</sup>。Eppley (1968) 在 La Jolla(美国加州)海区附近测得的 C/chl *a* 平均值是 98±7:1(缺硝酸盐的地点)及 22:1—48:1(有硝酸盐的地点)<sup>[3]</sup>。Ahlgren et al. (1983) 指出 C/chl *a* 比率可能变动增加到 10—15 倍, 并认为一般可用 C/chl *a* = 50 以求浮游植物的含碳量<sup>[1]</sup>。

淡水方面, 类似的工作有 Hama 及 Handa (1981) 用回归方程阐述日本諏访湖(Lake Suwa) 水中悬浮物颗粒有机碳与叶绿素 *a* 的关系<sup>[4]</sup>。此外, 日本学者也做了一些 chl *c* 的研究工作。

2. Ahlgren (1983) 充分肯定用回归方程式及 C/chl *a* 比率求取浮游植物碳量法<sup>[1]</sup>。作者用这两个方法求出的东湖浮游植物的平均碳量, 二者基本上是一致的。

以东湖浮游植物水华为基础, 所组成的回归方程, 相关系数  $r = 0.95$ , 相关很显著, 可决系数 (Coefficient of determination)  $r^2 = 0.90$ , 说明在实测中有 90% 样品的碳与其叶绿素 *a* 相关, 用此回归式所求得的碳值可信性高。

东湖浮游植物水华的 C/chl *a* 比率, 最低为 66.8, 最高的一次为 373.8, 平均值为 133。其比率变化幅度虽大, 但其平均值仍是可比较的。变化大的原因, 除与不同时期水体营养盐存在量及采样时间有关外<sup>[1,3,5,8-10]</sup>, 与浮游植物种的本身也很有关系。东湖工作的采样时间, 一般在上午 9—10 点之间, 个别次数在下午。

通常用丙酮抽提, 分光光度计测定水体中浮游植物叶绿素 *a*。Brown 等人 (1981) 用高压液层析法 (high-pressure liquid chromatography) 测出沉淀物内叶绿素 *a* 含量, 并把所得数据与用分光光度计测得的叶绿素 *a* 数值相比较, 二者一致<sup>[2]</sup>。丙酮抽提或酒精抽提并无多大差别。因此, 用分光光度计法测定东湖水柱沉淀物内叶绿素 *a* 量是可行的。

3. C/chl *a* 的比值涉及到采样的时间和空间, 不同的水层所得的叶绿素 *a* 量可能会有差异<sup>[5]</sup>。但东湖是个浅水湖泊, 一方面, 下沉的藻类基本上就是悬浮着的藻类; 另一方面, 水上层与水下层的水文状况差异不大, 用计量浮游植物水华含碳量的回归公式来计量沉淀物内浮游植物活体碳量, 差异可能不会很大。

### 参 考 文 献

- [1] Ahlgren, G., 1983. Comparison of methods for estimation of phytoplankton carbon. *Arch. Hydrobiol.*, 98(4): 489—508.
- [2] Brown, L. M., Hargrave, B. T. and M. D. Mackinnon, 1981. Analysis of chlorophyll *a* in sediments by high-pressure liquid chromatography. *J. Fisheries Research Board Canada and Aquatic Science*, 38(2): 205—214.
- [3] Eppley, R. W., 1968. An incubation method for estimating the carbon content of phytoplankton in natural samples. *Limnol. Oceanogr.*, 13(4): 574—582.
- [4] Hama, T. and N. Handa, 1982. The seasonal variation of organic constituents in a eutrophic lake, Lake Suwa, Japan. I. Particulate organic matter. *Arch. Hydrobiologie*, 93(4): 446—465.
- [5] Lorenzen, C. J., 1968. Carbon/chlorophyll relationships in an upwelling area. *Limnol. Oceanogr.* 13(1): 202—204.
- [6] Platt, T. and D. V. Subba Rao, 1970. Primary production measurements on a natural plankton bloom. *J. Fisheries Research Board Canada*, 27(5): 887—899.
- [7] Slanina, J., Frintrop, P. C. M., Mansveld, J. F. and B. Giepink, 1970. The determination of phosphorus in organic compounds with potentiometric end-point detection. *Mikrochemica Acta* (Wien), 1970, p. 52—57.
- [8] Steele, J. H. and I. E. Baird, 1962. Further relations between primary production, chlorophyll and particulate carbon. *Limnol. Oceanogr.*, 7(1): 42—47.
- [9] Steele, J. H., 1962. Environmental control of photosynthesis in the sea. *Limnol. Oceanogr.*, 7(2): 137—150.
- [10] Steele, J. H. and I. E. Baird, 1962. Carbon-chlorophyll relations in cultures. *Limnol. Oceanogr.*, 7(1): 101—102.

# CONSTITUENT ANALYSIS ON THE ALGAL BLOOMS AND THE MEASUREMENTS OF C, N, P OF THE LIVING ALGAE IN THE SEDIMENTS OF LAKE DONGHU, WUHAN

Lin Wanlian and Liu Xinzhou

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan*)

## Abstract

Some constituents of the algal blooms and the amount of chlorophyll *a* in the sediments of Lake Donghu, Wuhan are investigated. On the basis of the components of the blooms, the contents of C, N, and P in the living algae sunk to the sediments are calculated. A regression is constructed to describe the relationship of carbon-chl *a*.

The average percentage of C, N, and P of the blooms in Lake Donghu, Wuhan is 39.30, 7.98, and 0.94, respectively. The ratios of different components are listed. The dry wt./wet wt. ratio is 0.20, the C/N ratio, 5.10, the C/P ratio, 46.54, and the C/chl *a*, 133.32.

In 1983, the amounts of chl *a* sunk from the seston algae to the bottom of the Lake were 43.8675 (Station I), and 35.5881 (Station II)  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$  in average. The contents of C, N, and P of the living algae in the sediments, calculated by using the regression of carbon-chl *a* and the ratios of different components, were estimated at 2.53, 0.50, and 0.05  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ , respectively (Station I), and 2.09, 0.41, and 0.04  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$  (Station II).

By the method given in this study, the amount of living algal material in the sediment can be discriminated from that of the detritus contained in the same sediment.

## Key words

Algal blooms, regression, C/N, C/P, C/chl *a*, sediments