

淀山湖着生藻类群落结构与数量特征*

由文辉

(华东师范大学环境科学系, 上海 200062)

摘要 在 1993-04~1997-06 间对淀山湖 5 种沉水植物及人工基质上的着生藻类群落进行了研究. 结果表明, 沉水植物上着生藻类群落由 37 属 39 种藻类组成, 其中硅藻门 13 属 13 种, 绿藻门 12 属 13 种, 蓝藻门 6 属 7 种. 5 种沉水植物上着生藻类群落密度和生物量, 均以黑藻最高, 金鱼藻次之, 菹草居第 3, 人工基质(塑料板)介于金鱼藻和菹草之间; 并于冬季达全年最高峰, 夏季为全年最低. 着生藻类生长与沉水植物生长间呈负相关, 并限制了沉水植物的分布.

关键词 着生藻类, 沉水植物, 密度, 生物量, 淀山湖.

The Species Composition and Quantitative Features of the Periphytic Algae Communities in Dianshan Lake

You Wenhui

(Dept. of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract The species composition and quantitative features of the periphytic algae communities from April, 1993 to June, 1997 in Dianshan Lake were reported. The periphytic algae found on submerged macrophytes consisted of 39 species belonging to 37 genera. Among them, there were 13 species and 13 genera of Bacillariophyta, 13 species and 12 genera of Chlorophyta and 7 species and 6 genera of Cyanophyta. The average density and biomass of periphytic algae communities reached their maximum in winter and the minimum in summer, and declined from *Hydrilla verticillata* > *Ceratophyllum demersum* > *Plastic flagging* > *Potamogeton crispus* > *Vallisneria asiatica*, *P. malaiianus*. Periphytic algae could have an adverse effect on the growth rate of its macrophyte host and more important shading agents than phytoplankton.

Keywords periphytic algae, submerged macrophytes, density, biomass, Dianshan Lake.

着生藻类(periphytic algae)常与周丛动物、细菌及有机碎屑一同组成水草表面的覆盖物, 不仅是水体食物网的重要环节, 被水生动物食用, 且对水草的生长、发育产生影响^[1~3]. Phillips 等人(1978)认为, 着生藻类对水草的营养及光竞争是沉水植被在富营养化水体中退化的关键因子^[4]; 通常情况下, 着生藻类生长量的增加常降低宿主植物的生长速率^[5,6]. 因此, 研究着生藻类群落的组成结构与数量特征可为进一步研究其生态功能, 以及探讨其在受损湖泊水生生态系统恢复与重建中的作用提供依据.

1 材料与方法

1993-04~1997-06 对淀山湖沉水植物上着生藻类群落按每季节一次(分别为 12、04、08、

10)进行了调研. 采样点与水生植物生物量研究相同^[7], 全湖共布设了 14 个采样点, 每次每样点采样数为 5, 各种宿主植物分布水深范围为 0.5~2.1m. 采样时力求避免搅动以减少植物上着生藻类损失, 按水草种类将整株植物(根除外)分别装入不同的塑料瓶(1000ml)中, 24h 内取出, 用软毛刷带水(无藻水)仔细刷洗植株表面, 刷洗液连同盛草塑料瓶和软毛刷的冲洗液一并收集, 并定溶至 500ml. 取 100ml 上述样品用鲁哥氏液(Lugol's solution)固定, 计数藻类密度和鉴定种类. 取冲洗液 100ml 过滤, 滤膜(孔径 0.8 μ m, 规格 50m/m, 上海新亚净化

* 国家教育部博士点基金资助项目
由文辉: 男, 34 岁, 生态学博士, 副教授
收稿日期: 1998-12-04

器件厂生产)用前先称重,过滤后在 60℃恒温箱中干燥 24h 再称重,以计算藻类生物量.着生藻类密度与生物量单位分别采用 $10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$,即用每 cm^2 沉水植物植株表面积上着生藻类的细胞数和干重来表示,沉水植物和植株表面积测算与周丛动物研究相同^[8].群落相似系数(Similarity coefficient,简称 S)采用 Sørensen 系数,即 $S = 2c / (a + b)$;其中 c 为 A、B 2 群落中共有种数, a 为 A 群落中的种数, b 为 B 群落中的种数.为比较沉水植物上着生藻类与人工基质塑料板上着生藻类的相似性,在各采样点水面下 10cm 处垂直放置聚乙烯塑料板(3cm×10cm)3 片.塑料板上固着藻类的收集与测量同沉水植物.

2 结果与讨论

2.1 着生藻类群落组成与结构

淀山湖主要沉水植物上着生藻类分布与名录见表 1.由表 1 知,淀山湖常见着生藻类计 37 属 39 种,其中以硅藻门最多,共 13 属 13 种;其次为绿藻门,12 属 13 种;蓝藻门有 6 属 7 种;裸藻门、金藻门和隐藻门各有 2 属 2 种.着生藻类优势种在硅藻门以曲壳藻(*Achnanthes*)、脆杆藻(*Fragilaria*)、舟形藻(*Nevicula*)、棒杆藻(*Rhopalodia*)和双菱藻(*Surirella*)等属中的一些种类为主;绿藻门以鞘藻(*Oedogonium*)、小球藻(*Chlorella*)、栅藻(*Scenedesmus*)和鼓藻(*Cosmarium*)等属中的一些种类为主;蓝藻门以席藻(*Phormidium*)和颤藻(*Oscillatoria*)等属中的种类为主,其他各门以隐藻(*Cryptomonas*)为优势.

苦草、马来眼子菜、菹草、黑藻、金鱼藻上着生藻类种数分别为 29、27、31、34、27 种,未见特有种.人工基质塑料板上着生藻类种数为 36 种,多于上述任何一种沉水植物.

在淀山湖已鉴定的 98 种浮游藻类^[9]和 39 种着生藻类中,有 27 种为共同种,群落相似系数(S)为 0.39.与塑料板上着生藻类相比,除马来眼子菜上着生藻类均出现于塑料板上外,其余 4 种沉水植物上的着生藻类均有 1 种未在塑

料板上检出,群落相似系数分别为:0.86(苦草)、0.86(马来眼子菜)、0.92(菹草)、0.94(黑藻)和 0.82(金鱼藻),说明用塑料板作着生藻类的着生基质,可基本反映淀山湖沉水植物上着生藻类的种类组成情况.

2.2 着生藻类群落的数量特征

(1) 群落密度 着生藻类密度以硅藻门最大,5 种水草上的平均值为 $38.83 \times 10^3 \pm 34.16 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$,低于塑料板上着生硅藻的密度;蓝藻门和绿藻门次之,水草上的均值分别为 $9.18 \times 10^3 \pm 12.60 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $6.60 \times 10^3 \pm 7.05 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$,均高于塑料板上的相应值;隐藻、裸藻和金藻在水草上的平均密度分别为 $0.58 \times 10^3 \pm 0.57 \times 10^3$ 、 $0.06 \times 10^3 \pm 0.06 \times 10^3$ 、 $0.05 \times 10^3 \pm 0.03 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$.

5 种水草上着生藻类密度变幅为 $13.04 \times 10^3 \sim 137.28 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$,大小顺序依次为黑藻> 金鱼藻> 菹草> 马来眼子菜> 苦草;塑料板上着生藻类密度介于金鱼藻与菹草之间,即小于小叶水草高于大叶水草上着生藻类的密度,可基本反映出着生藻类的密度情况.

着生藻类密度的季节变化规律,水草与塑料板之间相似,一年只有一次高峰,峰值(水草和塑料板分别为 $307.80 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $164.17 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{cm}^{-2}$)出现于 12 月(冬季);春(4 月)、秋(11 月)2 季相近,分别为 82.95×10^3 (水草)、 71.42×10^3 (塑料板)和 88.48×10^3 (水草)、 67.25×10^3 (塑料板) $\text{ind} \cdot \text{cm}^{-2}$;夏季(8 月)为全年中最低,分别为 27.65×10^3 (水草)和 24.65×10^3 (塑料板) $\text{ind} \cdot \text{cm}^{-2}$ (见表 2).

(2) 群落生物量 着生藻类生物量季节变化规律与密度相同,亦以冬季最高,秋季次之,夏季最低.不同水草上着生藻类生物量大小顺序为:黑藻> 金鱼藻> 菹草> 苦草> 马来眼子菜,塑料板介于金鱼藻与菹草间(表 3),并且,不同季节 5 种水草上固着藻类生物量平均值(Y)与塑料板(X)上固着藻类生物量间具有较好的正相关性: $Y = -20.09 + 1.19X$ ($r = 0.992$, $n = 4$),回归线的斜率接近于 1,说明二者固着藻类生物量间具有较好的相似性.

表 1 淀山湖沉水植物上的常见着生藻类

着生藻类		沉水植物					塑料板
		苦草	马来眼子菜	菹草	黑藻	金鱼藻	
蓝藻门 Cyanophyta							
平裂藻	<i>Merismopedia</i> sp. ¹⁾				+	+	+
纤维席藻	<i>Phormidium tenuis</i> ¹⁾	+	+	+	++	+	+
小颤藻	<i>Oscillatoria tenuis</i> ¹⁾	+	+	+	+	+	+
美丽颤藻	<i>O. formosa</i> ¹⁾			+	+	+	+
湖泊鞘丝藻	<i>Lyngbya limnetica</i>	+		+	+		+
蓝纤维藻	<i>Dactylococopsis</i> sp. ¹⁾		+	+	+		+
胶刺藻	<i>Gloeotrichia</i> sp.	+					+
绿藻门 Chlorophyta							
小球藻	<i>Chlorella pyrenoidosa</i> ¹⁾	+	+	+	+	+	+
卵囊藻	<i>Oocystis</i> sp. ¹⁾		+	+	+		
三叶四角藻	<i>Tetraedron trilobulatum</i> ¹⁾		+	+	+		+
四尾栅藻	<i>Scenedesmus quadricauda</i> ¹⁾	+	+	+	+	+	+
双星藻	<i>Zygnema</i> sp.	+				+	+
衣藻	<i>Chlamydomonas</i> sp. ¹⁾	+			+	+	
园鼓藻	<i>Cosmarium obsoletum</i> ¹⁾	+	+	+	+	+	+
斑点鼓藻	<i>C. punctulatum</i> ¹⁾	+	+	+	+		+
新月藻	<i>Closterium</i> sp. ¹⁾	+		+	+	+	+
转板藻	<i>Mauegotia</i> sp. ¹⁾	+	+	+	+		+
鞘藻	<i>Oedogonium</i> sp. ¹⁾	+	++	+	++	+	++
细丝藻	<i>Ulothrix tenerima</i>	+	+		+		+
刚毛藻	<i>Cladophora</i> sp.			+	+		+
硅藻门 Bacillariophyta							
小环藻	<i>Cyclotella</i> sp. ¹⁾	+	+	+	+	+	+
颗粒直链藻	<i>Melosira granulata</i> ¹⁾	+	+	+	+		+
披针曲壳藻	<i>Achnanthes lanceolata</i> ¹⁾	+	++	++	++	++	++
卵形藻	<i>Cocconeis</i> sp. ¹⁾	+	+	+	+	+	+
针杆藻	<i>Cynedra</i> sp. ¹⁾	+	+	+	+	+	+
脆杆藻	<i>Fragilaria</i> sp. ¹⁾	+	+	++	++	+	+
放射舟形藻	<i>Nevicula radiosa</i>	+	+	+	++	++	+
异极藻	<i>Gomphonema</i> sp. ¹⁾	+	+	+	+	+	+
新月形桥弯藻	<i>Cymbella cymbiformis</i>	+	+	+	+	+	+
弯棒杆藻	<i>Rhopalodia gibba</i>	++	+	+	++	+	+
斑纹窗纹藻	<i>Epithemia zebra</i>		+	+	+	+	+
菱形藻	<i>Nitzschia</i> sp. ¹⁾	+		+	+	+	+
双菱藻	<i>Surirella</i> sp.	+	+	+	++	+	+
裸藻门 Euglenophyta							
裸藻	<i>Euglena</i> sp. ¹⁾	+				+	+
囊裸藻	<i>Trachelomonas</i> sp. ¹⁾			+		+	
金藻门 Chrysophyta							
棕鞭藻	<i>Ochromonas</i> sp.					+	+
鱼鳞藻	<i>Mallomonas</i> sp. ¹⁾	+	+	+	+		+
隐藻门 Cryptophyta							
隐藻	<i>Cryptomonas</i> sp. ¹⁾	+	+	++	+	+	+
蓝隐藻	<i>Chroomonas</i> sp. ¹⁾		+		+		+

1) 为与浮游藻类共同种, 着生藻类的数量多度分别以“+”(一般)和“++”(较多)表示

表 2 淀山湖主要沉水植物上常见着生藻类的

平均密度×10³/ind·cm⁻²

藻类	苦草	马来眼子菜	菹草	黑藻	金鱼藻	塑料板
蓝藻门	1. 89	1. 24	3. 61	31. 24	7. 90	1. 43
绿藻门	0. 26	3. 02	4. 87	20. 36	6. 24	0. 63
硅藻门	12. 56	9. 25	21. 86	84. 25	66. 25	48. 61
裸藻门	0. 02	0. 02	0. 03	0. 17	0. 07	0. 04
金藻门	0. 03	0. 04	0. 02	0. 09	0. 06	0. 04
隐藻门	0. 17	0. 09	0. 24	1. 17	1. 25	0. 36
合 计	13. 04	13. 66	30. 63	137. 28	81. 77	51. 11

(3) 着生藻类与沉水植物的关系 研究表明, 沉水植物群落生物量, 除菹草群落生物量高峰出现在 5 月初外, 其余均在 08~09 间最大^[7], 此间着生藻类群落生物量却为全年最低; 而着生藻类生物量的高峰期(12~02)却是沉水植物群落生物量一年中的最低期, 即两者之间呈相反的消长现象, 这种现象亦见于保安湖^[10]. 这表明, 除水温外, 作为着生基质的水

表3 淀山湖主要沉水植物上着生藻类的平均生物量×10³/ind·cm⁻²

时间(月)	苦 草	马来眼子菜	菹 草	黑 藻	金鱼藻	塑料板
03~05	67.32	58.91	129.45	521.34	298.35	210.49
06~08	14.28	12.79	35.28	97.69	52.41	41.35
09~11	78.26	64.35	151.23	582.41	325.47	232.36
12~02	157.42	121.68	279.41	874.52	631.83	347.25
平 均	79.32±59.09	64.43±44.63	148.84±100.54	518.99±320.38	327.02±237.45	207.86±126.18

草的生长状态也是影响着生藻类丰度的重要因素. Bronmark 等(1989)认为, 水草旺盛生长阶段有碍着生藻类的增殖, 而水草生长减缓或衰亡时, 则有利于着生藻类的增长^[1].

Phillips 等人认为, 导致富营养化湖泊水生植被衰亡的原因, 不是浮游藻类生物量的增高, 而是由于水生植被表面着生藻类生物量的增加^[4]; 因为着生藻类不仅大大地削弱了到达植物表面的光照和营养物浓度, 其代谢产物尚对水生植物的光合作用具有抑制作用^[11]. 本研究发现, 着生藻类密度和生物量高的水草, 往往过早凋落. 尽管有些水域浮游藻类密度不是很高, 水体的透明度也较大, 但水生植被的生长状况仍很差, 显然这与浮游藻类的遮光和营养竞争关系不大, 而与水生植物表面着生藻类的丰度较高有关. 因此, 着生藻类在调节沉水植物的分布和生长方面的作用可能较浮游藻类更为重要.

3 小结

- (1) 淀山湖沉水植物上着生藻类以硅藻和绿藻为主.
- (2) 着生藻类密度和生物量, 小叶水草黑藻、金鱼藻高于大叶水草苦草、马来眼子菜、菹草; 并且, 均以冬季最高, 夏季最低.
- (3) 用人工基质塑料板上着生藻类的分布情况, 可基本反映水草上着生藻类的情况.
- (4) 着生藻类生长与水草生长呈负相关; 着生藻类生长对水草的生长和分布具有一定的抑制作用.

参 考 文 献

1 Bronmark C. Interactions between epiphytes, macrophytes and freshwater snails. A review. J. Moll. Stud., 1989, **55**: 299~311

2 Borchardt MA, Nutrients. In: Stevenson RJ, Bothwell, ML, Lowe, RL (eds.) Algal ecology. Freshwater benthic systems. San Diego: Academic Press, 1996. 183~227

3 Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL (eds.) . Algal ecology. Freshwater benthic system. San Diego: Academic Press, 1996

4 Phillips G L, Eminson D & Moss B. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated water. Aquatic Botany, 1978, **4**: 103~126

5 Underwood GJC, Thomas JD, Baker JH. An experimental investigation of interactions in snail-macrophyte-epiphyte systems. Oecologia. 1992, **91**: 587~595

6 Vermaat JE. Periphyton removal by freshwater micrograzers. In: van Vierssen, W Hootsmans MJM, Vermaat JE (eds) . Lake Veluwe, a macrophyte-dominated system under eutrophication stress. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1994, 213~249

7 由文辉. 淀湖水生维管束植物群落的生物量及其季节变化. 华东师范大学学报(自然版), 1995, **4**: 81~87

8 由文辉. 淀山湖周丛动物群落的初步研究. 水生生物学报, 1997, **21**(2): 114~122

9 由文辉. 淀山湖的浮游植物及其能量生产. 海洋湖沼通报, 1995, (1): 47~53

10 王骥, 梁彦龄. 保安湖着生藻类结构与丰度的初步研究, 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一). 北京: 科学出版社, 1995. 109~119

11 Rogers K H & Breen C M. An investigation of macrophyte, epiphyte and grazer interactions. In periphyten of freshwater ecosystems. Dr. W. The Hague: Junk Publishere, 1983. 217~226