

水生高等植物—浮游植物关系 和湖泊营养状态^{*}

章宗涉

(上海师范大学生物系, 上海 200034)

提 要 本文根据中国一些湖泊的资料,从湖泊富营养化角度分析了水生高等植物的生物量、分布和优势种以及浮游植物、透明度和湖泊营养状态的关系.表明高等植物和浮游藻类这两种初级生产者的生长在浅水湖泊中呈负相关,并反映在水质指标和湖泊营养状态上.同时,简要讨论了光限制、营养供给和生化抑制作用在浮游植物与水生高等植物关系中的作用.

关键词 水生高等植物 浮游植物 叶绿素 透明度 湖泊营养状态

分类号 Q948.12 P343.3

湖泊营养化是由于营养负荷的增加,促进初级生产者的过量生长,从而产生对水体功能的危害的现象.在浅水湖泊中的初级生产者主要是浮游藻类和水生高等植物,它们在湖泊生态系统中处于同一营养级,竞争相似的营养、光和其它生长条件.在某些湖泊,初级生产者群落中占优势的是水生高等植物,即所谓草型湖泊;而在另一些湖泊中,则由浮游植物占优势称为藻型湖泊.从理论上讲,两种类型的初级生产者的过量增长,都应是富营养化的表征,都会给湖泊利用带来危害.水生高等植物过量生长,影响渔业捕捞、航运,并加速了湖泊的变浅和消亡.而浮游植物的过量生长会降低水的透明度,恶化水质(色、嗅),形成缺氧,有时还产生毒素等.从水质控制角度看,藻型富营养化的危害相对而言要远远大于草型富营养化.

正因为如此,一般湖泊的富营养化的表征都指的是浮游植物的过量增长.对富营养化程度的评价都以浮游植物叶绿素和透明度作为最主要的指标,如最常用的 Carlson 指数和修正的 Carlson 指数等.

依据上述对湖泊富营养化的观点,本文试图探讨湖泊中水生高等植物和浮游植物间的关系,以及这种关系在湖泊富营养状态判定上的具体表现.

表1列举的这些湖泊按照 Vollenweider 的营养元素 N、P 的负荷,与 P 浓度、湖水平均深度/水力停留时间的关系都超过危险负荷限.可以看到,沉水植物分布广泛(超过湖泊总面积的 50%)、生物量较高(每平方米几公斤鲜重)的湖泊中,浮游植物生物量就较低(叶绿素值低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$).透明度除叶绿素外还受悬浮物的影响.在透明度主要受藻类控制的湖泊中,叶绿素量低的湖,透明度就高.因此,按照通常的评价方法,草型湖泊富营养化程度大都不高,而藻类湖泊都属于富营养化类型.

为了进一步说明这种关系,以同一湖泊中水生植物生长情况不同的区域中浮游植物和透明度的差异来作比较(表2、表3).可见,即使在同一湖泊中,由于高等植物生物量不同,浮游植

* 收稿日期:1997-01-24;收到修改稿日期:1997-07-14. 章宗涉,男,1936年生,教授.

物生物量/叶绿素透明度也显示了较大的差异.

水生高等植物的生物量在不同年份也有变化. 图 1 是武汉东湖中水草生长较多的汤林湖区中沉水植物的生物量和透明度关系的多年比较. 在水草生物量高的年份, 透明度也高, 反之则低. 这也同样说明了上述关系的存在.

表 1 中国若干湖泊中水生高等植物、浮游植物和透明度及各湖泊的 N、P 负荷和浓度^[1-8]

Fig. 1 Macrophyte, phytoplankton, transparency, TN, TP concentrations and surface loading in some Chinese lakes

湖泊	平均生物量 ¹⁾ (kg/m ²)	分布面积 (%)	浮游植物 Chl. a (mg/m ³)	SS (mg/L)	透明度 (m)	营养类型	TN 负荷 (g/(m ² ·a))	TP 负荷 (g/(m ² ·a))	TP 超危险 负荷倍数	TN 浓度 (mg/L)	TP 浓度 (mg/L)
洱海	5.7	60	1.23	3.5	3.29	贫	4.02	0.59	3.0	0.32	0.02
固城湖	6.4	95	3.30	42.0	0.34	中	—	—	—	0.68	0.02
保安湖	3.3	80	2.18	—	0.94—1.91	中	—	0.85	5.0	1.70	0.06
南四湖	2.3	83	3.83	16.5	0.52	中	33.03	12.49	96.1	3.38	0.21
淀山湖	3.9	56	5.98	22.4	0.55	中	67.06	4.01	30.8	1.34	0.09
巢湖	0.03	1.6	15.02	—	0.27	富	32.09	11.06	85.1	2.31	0.20
滇池 ²⁾	4.2	1.3	23.8	20.4—134.4	0.67	富	16.31	8.18	12.1	1.18	0.10
甘棠湖	极少	—	37.6	20.2	0.56	富	15.19	0.69	5.3	2.50	0.09
西湖	极少	—	60.43	26	0.48	富	152.13	18.05	138.8	1.73	0.24
玄武湖	极少	—	96.0	33.4	0.27	富	105.04	13.37	808	3.87	0.31
墨水湖	极少	—	153.0	14	0.24	富	348.96	3.70	105.4	20.82	1.03

1) 有沉水植物分布区的平均值(鲜重); 2) 外海.

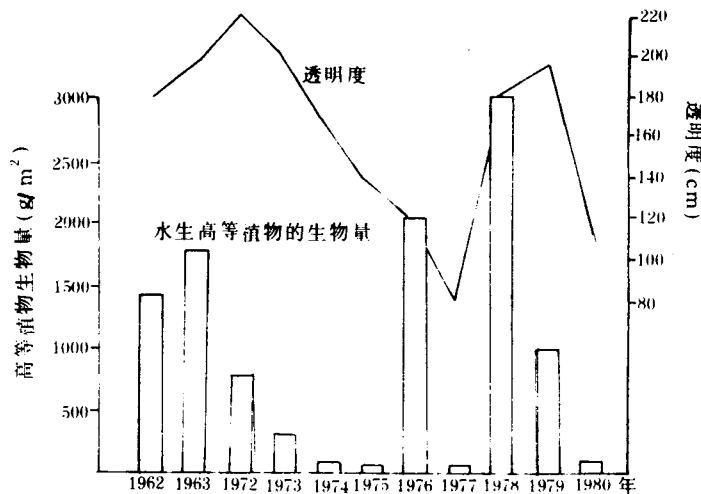


图 1 武汉东湖汤林湖区中沉水植物的生物量和透明度关系的多年比较

Fig. 1 Interannual variations of transparency and biomass of aquatic macrophytes in Tanglinghu area of Donghu Lake, Wuhan

上述是在野外自然条件下观察到的现象, 在池塘模拟试验中也可得到同样结果. 在 4 个养

殖不同密度河蟹的池塘中,水生高等植物的生物量与放养密度成反比,而浮游植物叶绿素值和透明度也显示了与湖泊中相似的关系.在不投放河蟹的对照池中,水生高等植物生物量最高,水的透明度也处于中等水平,而在高密度放养池中,水草完全消失,叶绿素上升,透明度下降.

表 2 同一湖泊的不同湖区中水生高等植物、浮游植物和透明度的比较(年平均值)^[1,6,9]

Fig Comparisons of biomass of macrophyte, phytoplankton and transparency in different areas of same lake(annual average)

湖泊	湖区	沉水植物 平均生物量 ¹⁾ (kg/m ²)	沉水植物 分布面积 (%)	浮游植物 Chl. a (mg/m ³)	透明度 (m)	资料年限
巢湖	全湖区	0.03	1.6%	15.02	0.27	1987
	马渡渡区	6.15	100%	0.04	0.70	
太湖	西湖区	0.02	2.2%	7.71	0.28	1987—1988
	东湖区	0.69	69%	4.42	0.33	
西湖	外西湖	极低		64.81	0.43	1987—1988
	三潭内湖	有较大分布		26.95	0.74	

1)有沉水植物分布区内的平均生物量.

除了生物量和分布外,沉水植物优势种类在不同营养水平湖泊中也有所不同,这反映了它们对环境变化的反应(表 4).可见,黑藻 *Hydrilla verticillata*、苦草 *Vallisneria spiralis*、黄丝草 *Potamogeton maackianus* 和金鱼藻 *Ceratophyllum demersum* 在贫—中营养型湖泊中占优势,而马来眼子菜 *Potamogeton perfoliatus*、菹草 *P. crispus*、狐尾藻 *Myriophyllum spicatum*、龙须眼子菜 *P. pectinatus* 等占优势可能显示中—富营养类型.

表 3 南四湖不同站位水生高等植物、浮游植物的生物量^[8]

Fig Biomass of macrophytes and phytoplankton at different stations in Nansihu Lake

站位	水生高等植物(g/m ²)	浮游植物(g/m ³)
25	230	3.652
27	635	1.724
33	1450	0.594
30	1760	0.327
15	2026	0.111
17	2232	0.033
32	2250	0.196
16	2252	0.038
21	2333	0.290

表 4 湖泊中沉水植物优势种^[1-3,5,6,8,9]

Fig. 4 Dominant species of submerged macrophytes in lakes

湖泊	主优势种	次优势种
洱海	黑藻	苦草
固城湖	马来眼子菜	苦草、黑藻、菹草
保安湖	黄丝藻	狐尾藻、苦草
南四湖	黑藻	菹草、光叶眼子菜
淀山湖	苦草	黑藻
西湖(三潭内湖)	黑藻	金鱼
巢湖	菹草	马来眼子菜
真池(外海)	狐尾藻	龙须眼子菜

人类活动对水生植物有重大影响.如湖泊中放养大量吞食水草的鱼类(如草鱼),挖除湖泊,建闸、农灌或蓄洪等,这是西湖、东湖、玄武湖和其它许多浅水湖泊中原有的丰富水生植物群落遭到破坏的重要原因.

湖泊生态系统是一个复杂的系统,初级生产者与初级生产者之间,及其与环境条件之间都存在错综复杂的关系.在这里对此不可能详细地加以讨论.

光和营养元素无疑起着重要作用.在富营养型湖泊中,营养对藻类和水生植物的生长应

该是相当充足的(表 2). 在贫、中营养型湖泊中,藻类生物量不同,沉水植物有较大数量和分布,两者间保持相对的平衡.但在营养输入不断增高时,浮游植物迅速增长,叶绿素值超过 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 时,光照随水深而急剧下降,这时对沉水植物来说,光就成为主要的限制因子,从而使浮游植物占据优势,沉水植物减少以至消失,这就是表 1 中后几个藻型富营养化湖泊中见到的情况.

水生植物和藻类的相互关系上还有一个值得注意的方面.作者近年来的试验证明苦草和金鱼藻对斜生栅藻 *Scenedesmus obliquus*、普通水球藻 *Chlorella vulgaris* 和羊角月牙藻 *Selenastrum capricornutum* 的生长都有明显的生化抑制作用.

本文讨论的一些现象是值得进一步深入研究,它们对于评价和防治湖泊富营养都有理论和实际意义.

参 考 文 献

- 屠清琰等.巢湖——富营养化研究,合肥:中国科学技术大学出版社,1990.226
- 胡传林等主编.保安湖渔业生态和渔业开发技术研究文集.北京:科学出版社,1991.236
- 昆明市环境科学研究所编著.滇池富营养化调查的研究.昆明:云南科技出版社,1992.204
- 刘建康主编.东湖生态学研究(一).北京:科学出版社,1990.407
- 金相灿等主编.中国湖泊富营养化.北京:中国环境科学出版社,1990.614
- 《云南高原湖泊资源不合理开发利用的生态后果研究》课题组.云南高原“四湖”的生态问题与生态后果.昆明:云南科技出版社,1987.148
- 金相灿等主编.中国湖泊环境.北京:海洋出版社,1995.1519
- 顾林娣等.苦草种植水对藻类生长的影响.上海师范大学学报(自然科学版),1994,23:62-68
- 袁峻峰,章宗涉.金鱼藻对藻类的生化干预作用.生态学报,1993,13:45-50
- 章宗涉,吴斯锦.固城湖河蟹放养和水草资料利用探讨.淡水渔业,1994,24(特刊):21-25

Macrophyte-Phytoplankton Relationship and Lake Trophic Status

Zhang Zongshe

(Dept. of Biology, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

Abstract

Based on the data of some Chinese lakes, the relationship between biomass, distribution and dominant species of aquatic macrophytes and phytoplankton biomass, chlorophyll a, water transparency and trophic status of lakes is presented in the viewpoint of lake eutrophication. It is shown that the growth of these two primary producers in shallow lakes is negatively correlated, which is reflected in the water quality indexes and lake trophic status. The role of light limitation, nutrient supply and biochemical inhibition in the interactions between aquatic macrophytes and phytoplankton is discussed briefly.

Key words Macrophyte, phytoplankton, chlorophyll, transparency, lake trophic status