

文章编号:1004-8227(2006)05-0502-04

月湖底栖动物的空间格局及其对水草可恢复区的指示

姜莘红^{1,2}, 梁小民¹, 陈芳¹, 周易勇¹, 王洪铸¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100081)

摘要:底质适宜是富营养湖泊恢复沉水植物(水草)的重要前提。大型底栖动物可综合指示底质的污染程度,于2002~2003年在武汉月湖开展了底栖动物水平分布对水草可恢复区指示作用的研究。首先通过月湖底栖动物与环境的相关分析,选择颤蚓科寡毛类作为底质营养状况的指示类群,然后利用同类湖泊群颤蚓与水草数据分析阈值,初步确定颤蚓密度 ≤ 100 ind/m²的底质适合水草生长,最后绘制月湖颤蚓分布的水平等值线,显示水草恢复的合适区域。在此基础上构建了应用底栖动物空间格局指示水草恢复区的技术原理框架。

关键词:大型底栖动物;颤蚓密度等值线;沉水植物恢复阈值;富营养浅水湖泊;武汉月湖

文献标识码:A

月湖位于武汉市汉阳区,东临长江,北依汉水,周边有古琴台和晴川阁等名胜,并正在兴建武汉市大型文化艺术中心。由于多年来大量废水未经处理直接排入,月湖严重富营养化,水质为劣V类,综合生态服务功能严重受损。为改善水质,重建健康城市景观水体,国家科技部和武汉市政府于2003年启动了月湖治理工作。

恢复沉水植物(以下简称水草)是富营养化浅水湖泊生态重建的重要手段,因为它们能减少沉积物再悬浮,降低湖水营养含量,从而遏制藻类水华发生^[1]。但若底质过富营养则水草难以定植^[2],因此选择合适的恢复区域尤为重要。由于大型底栖动物可综合指示底质的污染程度^[3],其空间分布格局应可指示合适的水草恢复区。为此,笔者在月湖开展了探索性研究。首先通过底栖动物与环境的相关分析遴选合适的指示动物,然后利用同类湖泊指示动物与水草的数据分析阈值,最终确定合适的恢复区域。具体的技术路线见图1。

1 湖泊概况与研究方法

月湖(114°15'E, 30°33'N),面积0.66 km²,水深1.2±0.05 m;湖水透明度61.1±2.4 cm,pH值为8.1±0.3,凯氏氮4.75±0.51 mg/L,总磷0.49

±0.01 mg/L;底质淤泥,总氮4.87±0.18 mg/g,总磷2.53±0.16 mg/g,有机质含量10.11%±0.55%。

2002年10月和2003年12月对月湖底栖动物和沉积物进行了全面调查,设置20个样点(2002年8个,即S1、S3、S6、S9、S11、S13、S16、S20)(图2)。

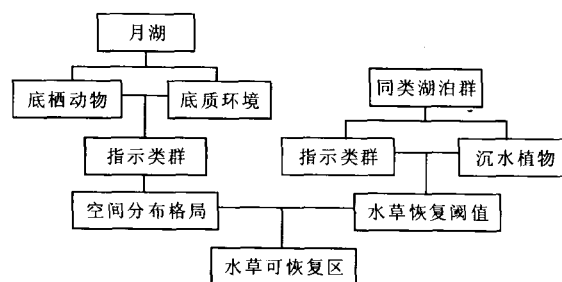


图1 运用底栖动物界定月湖水草可恢复区的研究方案
Fig.1 Approach to Determine the Macrophyte-restorable Area by Macrobenthos in Yuehu Lake

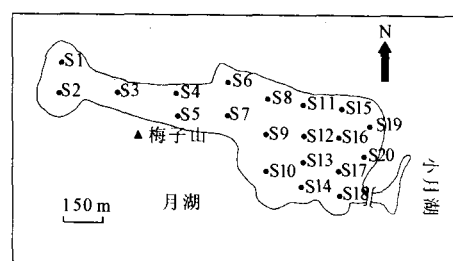


图2 月湖采样点分布

Fig.2 Sampling Sites in Yuehu Lake

收稿日期:2005-08-05;修回日期:2005-09-12

基金项目:科技部863项目(2002AA601021)、科技部973项目(2002CB412309)、中国科学院项目(KSCX2-SW-110)共同资助。

作者简介:姜莘红(1979~),女,湖南省邵阳人,硕士研究生,主要研究方向为底栖动物生态学。

底栖动物的定量采集用 1/16 m² 的彼得生采泥器。泥样经 24 目/cm 的筛网筛洗后置于解剖盘中将动物检出,用 10% 福尔马林固定,然后进行种类鉴定、计数和称重。

底质参数的测定采用常规方法^①。阈值分析所用数据来自我们 2003 年对长江中下游 16 个湖泊 101 个样点的调查结果,包括 8 个草型湖泊,水草生物量($\bar{x} \pm SE$)为 1 525.4 ± 725.4 g/m²。

密度等值线的绘制采用插值法绘制^[4],统计分析软件为 STATISTICA 6.0,多重比较采用邓肯多倍距方法。

2 结果与讨论

2.1 群落结构

月湖底栖动物计 15 种,隶属 3 门 6 科 14 属,其中寡毛类 7 种,昆虫 6 种,其它动物 2 种(表 1)。密度和生物量($\bar{x} \pm SE$)分别为 1 302 ± 164 ind/m² 和 12.9 ± 2.3 g/m²。摇蚊幼虫占绝对优势,其次是颤

蚓科寡毛类(图 3),二者合计占密度的 86.5%,生物量的 97.5%。

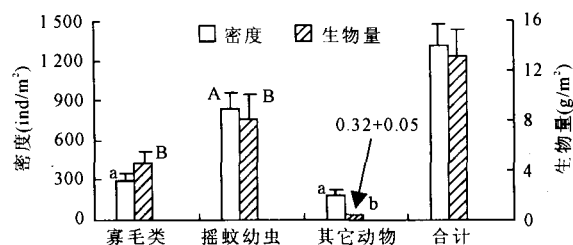


图 3 月湖底栖动物密度和生物量($\bar{x} \pm SE$)比较

Fig. 3 Comparison of Density and Biomass ($\bar{x} \pm SE$) of Macrobenthos in Yuehu Lake

注:同类参数比较中字母不同表示差异显著($p < 0.05$)

以相对密度或生物量 $\geq 10\%$ 为标准,优势种类有 4 种,即苏氏尾鳃蚓、红裸须摇蚊、长足摇蚊和雕翅摇蚊,均为耐污种,计占密度的 72.3%,生物量的 92.9%(表 1)。苏氏尾鳃蚓和红裸须摇蚊的出现频率最高(表 1)。红裸须摇蚊 12 月甚多,10 月却没有采到,这与该冷水种暖季垂直下迁的习性有关^[5]。

2.2 底质营养状况的指示类群

表 1 月湖底栖动物种类组成、相对丰度及出现频率

Tab. 1 Species Composition, Relative Abundance and Occurrence Frequency of Macrobenthos in Yuehu Lake

种类	密度(%)	生物量(%)	频率(%)
线虫动物门 Nematoda	0.5	0.1	21
环节动物门 Annelida			
寡毛纲 Oligochaeta			
仙女虫科 Naididae			
仙女虫 <i>Nais</i> sp.	0.3	0.1	4
尾盘虫 <i>Dero</i> sp.	0.3	0.1	4
颤蚓科 Tubificidae			
正颤蚓 <i>Tubifex tubifex</i>	4.1	0.5	57
霍雨水丝蚓 <i>Limnodrilus hofmeisteri</i>	4.1	1.6	43
巨毛水丝蚓 <i>Limnodrilus grandisetosus</i>	1.2	0.3	29
多毛管水蚓 <i>Aulodrilus pluriseta</i>	1.3	0.2	43
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>	6.9	32.5	100
蛭纲 Hirudinea			
舌蛭科 Glossiphoniidae	4.7	2.3	71
节肢动物门 Arthropoda			
昆虫纲 Insecta			
双翅目 Diptera			
蠓科 Ceratopogonidae	8.3	0.9	75
摇蚊科 Chironomidae			
长足摇蚊 <i>Tanytus</i> sp.	25.8	6.0	43
前突摇蚊 <i>Procladius</i> sp.	2.7	0.4	29
雕翅摇蚊 <i>Glyptotendipes</i> sp.	11.3	1.4	29
红裸须摇蚊 <i>Prosilocerus akamusi</i>	28.3	53.0	71
摇蚊 <i>Chironomus</i> sp.	0.2	0.6	7
合计	100	100	—

① 陈芳,夏卓英,宋春雷,等. 浅水湖泊沉积物有机质与内源营养负荷的关系[J]. 水生生物学报,2006(刊印).

相关分析表明(表 2),月湖颤蚓科寡毛类及其优势种与底质的总氮和总磷显著正相关(图 4),与有机质亦有一定关系;摇蚊及其优势种仅与有机质显著负相关。这说明颤蚓能比较全面地指示底质的营养状况。许多研究亦表明颤蚓是有机污染的指示生物,并发展了若干指标体系^[6~8]。鉴于颤蚓密度较生物量及优势种更佳(表 2),确定采用颤蚓科寡毛类的密度作为底质营养状况的指标。

表 2 底栖动物现存量与底质营养的相关系数和概率水平(n=20)(2003 年 12 月)

Tab. 2 Correlation and Probability Levels between Macrobenthic Standing Crops and Sediment Nutrients (n=20) (December, 2003)

	lg TN		lg TP		lg OM	
	r	p	r	p	r	p
lg D _{BS}	0.54	0.02	0.42	0.07	0.26	0.28
lg B _{BS}	0.57	0.01	0.29	0.22	0.35	0.13
lg D _{PA}	-0.17	0.49	-0.05	0.83	-0.46	0.04
lg B _{PA}	-0.05	0.82	-0.02	0.89	-0.25	0.28
lg D _{TUB}	0.48	0.03	0.56	0.01	0.24	0.32
lg B _{TUB}	0.58	0.01	0.33	0.16	0.36	0.12
lg D _C	-0.15	0.52	-0.05	0.83	-0.47	0.04
lg B _C	-0.04	0.85	-0.04	0.88	-0.26	0.26
lg D _T	0.12	0.61	0.37	0.11	-0.13	0.57
lg B _T	0.20	0.40	0.12	0.62	-0.13	0.58

注:D,密度;B,生物量。下标:BS,苏氏尾鳃蚓;PA,红裸须摇蚊;TUB,颤蚓科寡毛类;C,摇蚊幼虫;T,底栖动物总。TN,总氮;TP,总磷;OM,有机质。黑体表示显著相关(p<0.05)。

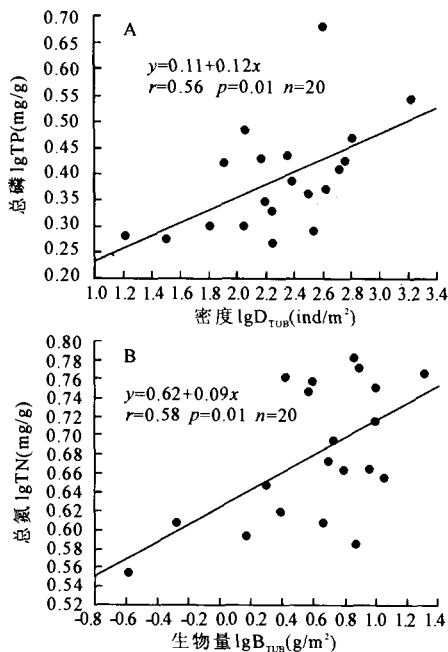


图 4 月湖颤蚓科寡毛类与底质营养的关系: A—密度与总磷;B—生物量与总氮
Fig. 4 Relationships Between Tubificids and Sediment Nutrients in Yuehu Lake.
A—Density vs TP, B—Biomass vs TN

2.3 底栖动物指示的水草恢复阈值

依据同类湖群的数据,选择颤蚓密度与水草的生物量进行回归分析,显示颤蚓随着水草增长而呈指数下降(图 5),进一步证明颤蚓数量可指示底质状况从而指示水草的恢复条件。考虑到方程虽达到极显著但实际预测能力不高(实测 D_{TUB}与预测值的 r=0.37),采用目测法确定阈值。图 5 显示,当颤蚓密度超过 140 ind/m² 时,水草生物量为零,而在大部分有草样点,颤蚓密度小于 100 ind/m²。图中显示若干颤蚓较少的样点亦无草,这可能与水底光照、动物摄食和繁殖体等因素有关^[9]。据此,初步认为颤蚓密度 ≤ 100 ind/m² 的底质适合水草生长。

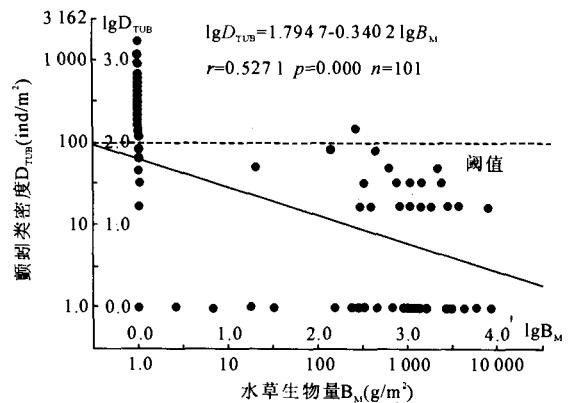


图 5 水草生物量(B_M)与颤蚓类密度(D_{TUB})的关系及颤蚓指示的水草恢复阈值

Fig. 5 Relationship Between Submersed-macrophyte Biomass and Tubificid Density with Threshold for Macrophyte Restoration Indicated by Tubificids

2.4 水平分布格局与水草可恢复区

根据 2003 年 12 月的采样结果,绘制了月湖颤蚓密度水平分布的等值线,如图 6 所示。可以看出,该湖东北部和西部颤蚓密度较高,有机污染严重。颤蚓密度低于 100 ind/m² 的区域有两块,均在梅子山附近,污染较轻。建议首选此地开展水草恢复工作。若欲在污染较重的区域恢复水草,最好先用理化技术改善底质。

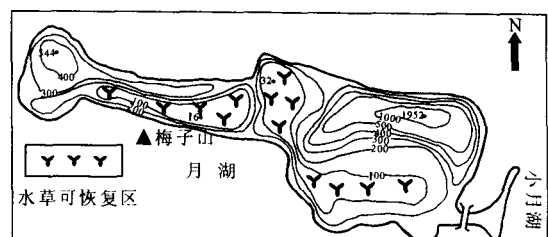


图 6 月湖颤蚓密度水平等值线及其对水草可恢复区的指示
Fig. 6 Horizontal Isograms of Tubificid Densities and Indication to Macrophyte-restorable Areas in Yuehu Lake

综上所述,本文构建了应用底栖动物空间格局指示水草恢复区的技术原理框架,而国内外尚未见类似的报道。今后将侧重于建立一套完整的水草恢复阈值分析方法,并付诸实践检验。

参考文献:

- [1] Scheffer M. Ecology of shallow lakes[M]. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 1998. 357.
- [2] Ni L Y. Stress of fertile sediment on the growth of submersed macrophytes in eutrophic waters[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001, 25(4): 399~405.
- [3] 刘建康. 高级水生生物学[M]. 北京:科学出版社,1999. 402.
- [4] Wetzel R G, Likens G E. Limnological Analysis[M]. Philadelphia London Toronto: Press of W B Saunders Company, 1979. 1~14.
- [5] Guo X W. Studies on chironomid communities of Nanhu Lake, Wuhan, China[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1995, 14(6): 578~585.
- [6] Goodnight C J, Whitley L S. Oligochaetes as indicators of pollution[A]. Proceedings 15th Annual Industrial Waste Conference[C]. Purdue University, Lafayette, Indiana, 1960. 139~142.
- [7] Wright S. Limnological survey of western Lake Erie[R]. U. S. Fish and Wildlife Service Special Research Report Fisheries, 1955, 139:341.
- [8] King D L, Ball R C. A quantitative biological measure of stream pollution[J]. Water Pollution Control Fed, 1964, 36: 650~653.
- [9] Wang H Z, Wang H J, Liang X M, et al. Empirical modelling of submersed macrophytes in Yangtze lakes[J]. Ecological Modelling, 2005, 188:483~491.

INDICATION OF MACROPHYTE-RESTORABLE AREA BY SPATIAL PATTERN OF MACROBENTHOS IN YUEHU LAKE

JIANG Ping-hong^{1,2}, LIANG Xiao-min¹, CHEN Fang¹, ZHOU Yi-yong¹, WANG Hong-zhu¹

(1. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;

2. Graduate School of The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Substrate suitability is critical to the restoration of submersed macrophytes in shallow eutrophic lakes. Since benthic animals are good indicators of sediment eutrophication, the authors conducted a pioneer study during 2002~2003 in Yuehu Lake, a hypertrophic urban lake of Wuhan City, with the purpose to explore the indicative value of macrobenthos distribution in determining macrophyte-restorable area. First, by correlating density and biomass of different benthos with trophic variables of sediment, density of Tubificidae (Oligochaeta) was selected as the best indicator. Secondly, on the basis of the data from 16 Yangtze lakes, a significant negative relationship between tubificids and macrophytes was detected, and it is demonstrated that the sediment with tubificids less than 100 ind/m² could be suitable for macrophyte growth. Finally, the horizontal isograms of tubificid density in Yuehu Lake were drawn, showing two proper places for macrophyte restoration. As the first attempt, the authors have established a principal framework for indicating macrophyte-restorable area by macrobenthos distribution, and will focus on the threshold analysis in the future.

Key words: macrobenthos; tubificid isograms; threshold for macrophyte restoration; eutrophic shallow lake; Yuehu Lake in Wuhan City