研究简报

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2010.00634

藻型浅水湖泊小型底栖动物的群落特征及生态地位探讨

闫福桂[1,2] 王海军[1] 王洪铸[1] 张堂林[1] 李 为[1,2]
(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

COMMUNITY CHARACTERISTICS OF MEIOFAUNA IN AN ALGAE-DOMINATED SHALLOW LAKE, WITH A DISCUSSION ON THE ECOLOGICAL ROLE

YAN Fu-Gui[1, 2], WANG Hai-Jun[1] , WANG Hong-Zhu[1] , ZHANG Tang-Lin[1] and LI Wei[1,2]
(1. *Institute of Hydrobiology*, *Chinese Academy of Sciences*, *Wuhan* 430072; 2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100049)

关键词: 小型底栖动物; 群落特征; 生态地位; 东汤孙湖
Key words: Meiofauna; Community Characteristics; Ecological Role; the Eastern Tangsunhu Lake
中图分类号: Q145$^+$.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2010)03-0634-05

小型底栖动物(Meiofauna)是指分选时能通过 0.5 mm 或 1.0 mm (本研究中指 1.0 mm)孔径的网筛, 但被 0.042 mm 孔径网筛所阻留的一类底栖生物, 主要指多细胞动物[1,2]。小型底栖动物是鱼、虾和贝等幼体阶段的优质饵料, 在底层食物网能量流动中起着重要作用, 且因种类多、数量大、世代周期短和终身底栖等优点, 开始应用于环境监测[2,3]。国外已经在河流和湖泊就小型底栖动物的现存量、生产量、呼吸、摄食和环境监测等开展了一些研究[3,4]。国内的研究相对较少, 仅吴纪华对扁担塘和洪湖线虫群落特征、东湖线虫物种多样性和小型底栖动物密度作了报道[5,6]。总的来说, 淡水小型底栖动物研究尚处于起步阶段, 与海洋研究相比还相当落后[2]。为摸清长江流域浅水湖泊小型底栖动物的基本情况, 本文全面地研究了藻型湖泊东汤孙湖小型底栖动物群落特征及其与环境因子的关系, 并且通过与大型底栖动物的比较分析其在生态系统中的作用, 以期为湖泊生态系统管理提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区域

东汤孙湖(E 114°18′-25′、N 30°22′-27′)位于长江中游南岸、湖北省武汉市江夏区北约 7 km 处, 面积约 10.0 km^2。东汤孙湖原属汤孙湖的一部分, 后来由于人工筑路而与西汤孙湖隔开。两湖间有桥涵, 湖水可相通。湖水主要源于湖面降水和湖周地表径流, 出水自西汤孙湖经武泰闸注入长江。水位由人工控制, 变化小。湖的北面为居民区, 有生活污水注入, 湖周其他地区主要为农田。东汤孙湖以放养河蟹和滤食性鱼类为主, 亦正被开发成旅游利用湖泊。湖内水草几乎绝迹, 为藻型富营养化湖泊。

东汤孙湖的调查于 2007 年 8 月下旬、10 月下旬、2008 年 1 月上旬和 4 月上旬进行, 分别代表夏季、秋季、冬季和春季。样点设置(图 1)。基本环境参数(表 1)。

1.2 调查方法

使用自制的筒式采泥器(内径为 50 cm)采柱状泥样, 取 0—5 cm 和 5—10 cm 两层。每个样点采集两次, 混合均匀, 用 4%福尔马林现场固定, 装塑料袋带回实验室。样品在实验室内依次用 1.0 mm 和 0.045 mm 的网筛过滤, 然后在比重为 1.15 的 Ludox-TM 溶液内悬浮, 取上层清液冲洗干净, 显微镜下按类群计数, 进行种类鉴定。

水深、透明度、水温和溶解氧分别用测深锤、萨氏盘、温度计和溶氧仪现场测定。湖水总氮、总磷浓度及浮

收稿日期: 2009-01-09; 修订日期: 2009-11-26
基金项目: 院重大交叉项目课题(编号: KZCX1-YW-14-1); 重大方向性项目课题(编号: KZCX2-YW-426-02); 国家支撑计划课题(编号: 2006BAD03B02 和 2007BAD37B03)资助
作者简介: 闫福桂(1982—), 男, 汉族, 山东金乡人; 硕士研究生; 主要从事底栖动物生态研究。E-mail: yanfugui1234@eyou.com
通讯作者: 王洪铸, E-mail: wanghz@ihb.ac.cn

游植物叶绿素 *a* 的测定采用国家标准方法。

1.3 数据处理

线虫个体平均体重根据公式 $V=530LW^2$(L, 体长; W, 体宽), 比重 1.13[7,8]; 桡足类个体平均体重根据公式 $W=0.0285L^{2.9505}$(L, 体长), 无节幼体每个按 0.003 mg 计算[9]; 其他类群个体的平均体重参照相关文献[10,11]。生产量按 P/B=9 进行换算, 干湿比为 1/4[1,2]。处理软件为 Excel 2003 和 SPSS 13.0。

2 结　果

2.1 种类组成

共鉴定小型底栖动物 25 种, 隶属于 7 纲 12 科 21 属; 包括线虫 11 种, 桡足类 8 种, 其他动物 6 种。线虫中杂食者占 63.7%, 其他依次为捕食者(18.4%)、藻食者(18.3%)、菌食者(0.7%)。

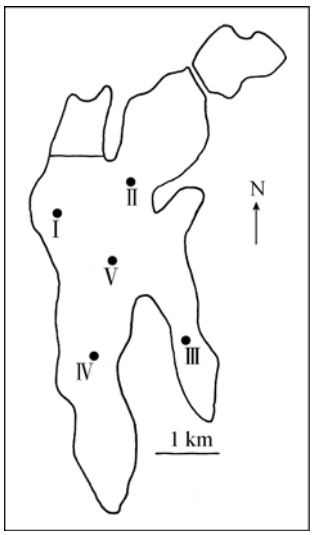

图 1　东汤孙湖样点设置

Fig. 1　Distribution of the sampling sites in the Eastern Tangsunhu Lake

表 1　东汤孙湖环境参数(均值±标准误)

Tab. 1　Environmental parameters (mean ± SE) of the Eastern Tangsunhu Lake

环境参数 Environmental parameters	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
水深 Z_M (m)	2.4±0.05	2.4±0.05	2.4±0.04	1.9±0.04
透明度 Z_{SD} (m)	0.76±0.06	缺失	0.35±0.02	1.05±0.15
水温 Temperature (℃)	19.4±0.7	31.7±0.1	21.7±0.2	7.3±0.1
总氮 TN (mg/L)	2.52±0.18	2.26±0.36	3.44±0.44	4.07±0.61
总磷 TP (mg/L)	0.08±0.01	0.08±0.02	0.18±0.03	0.07±0.01
叶绿素 *a* Chl*a* (μg/L)	30.9±7.0	33.1±2.1	124.4±23.6	21.0±4.5

东汤孙湖小型底栖动物种类名录如下：

线虫纲 Nematoda
- 筛咽科 Ethmolaimidae
  - 草地筛咽线虫 *Ethmolaimus pratensis*
- 单宫科 Monhysteridae
  - 单宫科一种 Monhysteridae sp.
- 希阿利科 Xyalidae
  - 吞咽属一种 *Daptonema* sp.
- 烙线科 Ironidae
  - 括约烙线虫 *Ironus sphincterus*
- 三叶科 Tobrilidae
  - 纤细三叶线虫 *Tobrilus gracilis*
  - 瑞士三叶线虫 *Tobrilus helveticus*
  - 异附三叶线虫 *Epitobrilus allophysis*
  - 三叶科一种 Tobrilidae sp.
- 矛线科 Dorylaimidae
  - 池塘矛线虫 *Dorylaimus stagnalis*
  - 黄斑中矛线虫 *Mesodorylaimus flavomaculatus*
  - 中矛线属一种 *Mesodorylaimus* sp.

轮虫纲 Rotifera

寡毛纲 Oligochaeta

枝角纲 Cladocera

介形纲 Ostracoda
- 腺状介虫科 Cypridae
  - 荧光介虫属一种 *Candona* sp.
  - 圆介虫属一种 *Cyclocypris* sp.

桡足纲 Copepoda
- 剑水蚤科 Cyclopidae
  - 大剑水蚤属一种 *Macrocyclops* sp.
  - 锯缘真剑水蚤 *Eucyclops serrulatus*
  - 如愿真剑水蚤 *Eucyclops speratus*
  - 胸饰拟剑水蚤 *Paracylops fimbriatus*
  - 拟剑水蚤属一种 *Paracylops* sp.
  - 小剑水蚤属一种 *Microcyclops* sp.
  - 中剑水蚤属一种 *Mesocyclops* sp.
- 剑水蚤科一种 Cyclopidae sp.

昆虫纲 Insecta
- 摇蚊科一种 Chironomidae sp.

2.2 密度、生物量、生产量及其与大型底栖动物的比较

表 2 给出了东汤孙湖小型底栖动物密度、生物量和

表 2 东汤孙湖小型底栖动物与大型底栖动物的密度、生物量(湿重)和生产量的比较

Tab. 2 Comparison of the density, wet biomass and production of meiofauna with those of macrofauna in the Eastern Tangsunhu Lake

	类群 Taxa	密度 Density		生物量 Biomass		生产量 Production
		ind/m^2(±SE)	%	g/m^2(±SE)	%	g/m^2·a
小型底栖动物 Meiofauna	线虫纲 Nematoda	(101.1±16.4)×10^3	72.5	1.8±0.3	63.8	16.0
	轮虫纲 Rotifera	(1.0±0.4)×10^3	0.7	0.01±0.01	0.5	0.13
	寡毛纲 Oligochaeta	(2.9±1.2)×10^3	2.1	0.16±0.07	5.8	1.5
	介形纲 Ostracoda	(2.8±1.1)×10^3	2.0	0.3±0.1	10.2	2.6
	枝角纲 Cladocera	(1.0±0.6)×10^3	0.7	0.01±0.01	0.5	0.13
	桡足纲 Copepoda	(28.3±6.5)×10^3	20.3	0.5±0.1	18.1	4.5
	昆虫纲 Insecta	(0.5±0.3)×10^3	0.4	0.007±0.004	0.3	0.06
	其他 Others	(1.8±1.1)×10^3	1.3	0.02±0.02	0.9	0.2
	合计 Total	(139.5±15.6)×10^3	100	2.8±0.3	100	25.1
大型底栖动物 Macrofauna	寡毛纲 Oligochaeta	165.6±32.2	21.7	1.3±0.4	2.2	5.2
	软体动物门 Mollusca	16.8±5.3	2.2	50.0±17.6	86.7	30.0
	昆虫纲 Insecta	575.2±162.9	75.4	6.3±2.3	11	31.5
	其他 Others	5.1±2.1	0.6	0.04±0.02	0.1	0.2
	合计 Total	762.4±156.0	100	57.6±17.6	100	66.9
小型底栖动物/大型底栖动物 Meiofauna/Macrofauna		183		0.049		0.375

生产量。线虫是最优势的类群，密度占 72.5%，生物量占 63.8%；桡足类居第二位，密度为占 20.3%，生物量占 18.1%，其他重要类群为介形类和寡毛类。表 2 还显示，小型底栖动物密度为大型底栖动物的 183 倍，生物量和生产量分别为 4.9%和 37.5%。

小型底栖动物的季节动态(图 2)。One-Way ANOVA 检验表明，四季间密度(F=0.68, P=0.58)和生物量(F=1.44, P=0.27)均无显著差异。

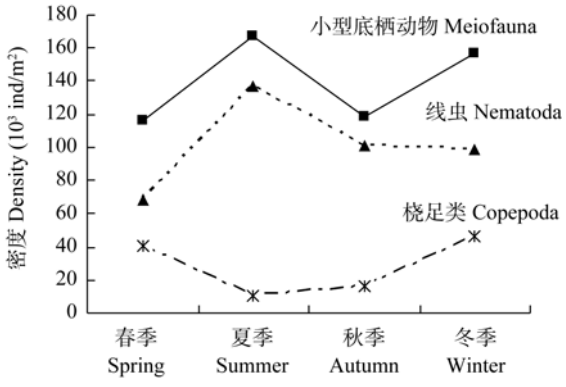

图 2 东汤孙湖小型底栖动物密度的季节动态

Fig. 2 Seasonal dynamics of meiofauna density in the Eastern Tangsunhu Lake

2.3 垂直分布

图 3 给出了小型底栖动物密度的垂直分布。0—5 cm 层密度为(95.6±11.7)×10^3 ind/m^2，占 68.4%；5—10 cm 层为(43.9±6.3)×10^3 ind/m^2，占 31.6%。One-Way ANOVA 检验表明，四季间(F=5.88, P=0.16)无显著差异。

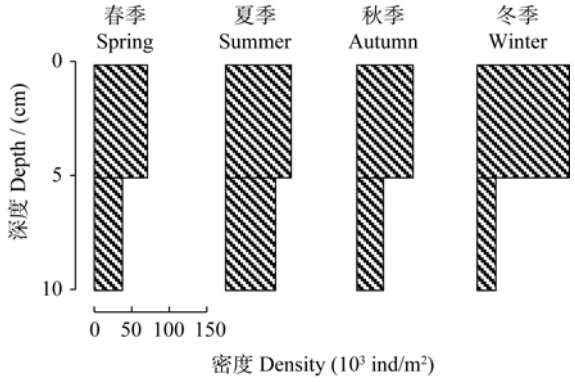

图 3 东汤孙湖小型底栖动物密度的垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of meiofauna density in the Eastern Tangsunhu Lake

2.4 密度与环境因子的关系

与表 1 中 6 个环境因子的皮尔逊相关分析表明，小型底栖动物密度仅与透明度和湖水总磷浓度显著相关。图 4 显示了小型底栖动物密度与这两个环境参数的回归关系。

3 讨 论

通过比较东汤孙湖与武汉东湖、欧美 12 个湖泊(芬兰 Lake Pääjärvi、美国 Lake Michigan 和 Mirror Lake, 9 个

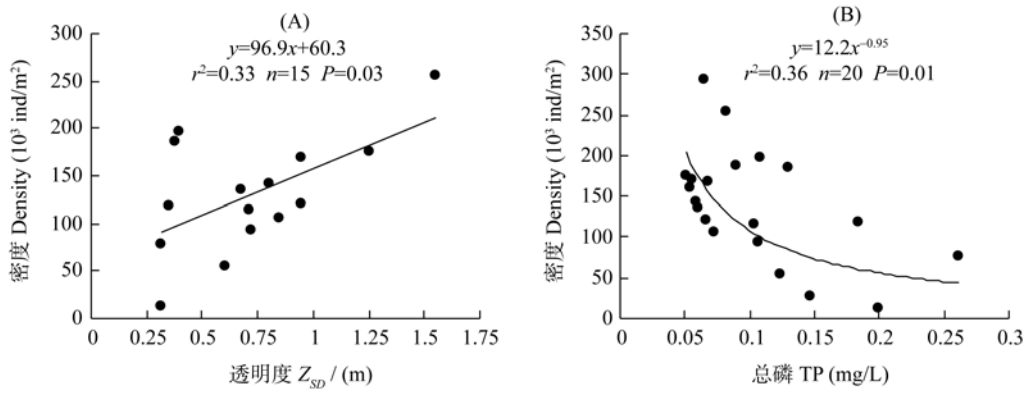

图 4　小型底栖动物密度与透明度(A)、总磷浓度(B)的关系

Fig. 4　Relationships of meiofauna density with Secchi depth(A)and total phosphorus(B)

加拿大山区湖泊)的结果[6, 12—16]发现, 湖泊小型底栖动物群落有以下几个共同点：(1) 密度多在(100—300)×10^3 ind/m^2 之间; (2) 线虫常是优势类群; (3) 主要分布在沉积物表层。就东汤孙湖而言, 小型底栖动物还有些自身的特点：(1) 不同季节小型底栖动物密度有一定的变动, 但差异不明显(图 2); (2) 0—5cm 层小型底栖动物占 68.4%, 与东湖(0—5cm 层占 61.2%—98.5%)类似, 却远低于芬兰深水湖泊 Lake Pääjärvi(0—2cm 层占 95%)[1, 2]。原因可能是东汤孙湖(2.3m)和东湖(2.2m)较浅, 沉积物亚表层仍有一定溶解氧可满足部分小型底栖动物的需求。

图 3 显示小型底栖动物密度与透明度正相关、与总磷浓度负相关, 表明营养水平是限制小型底栖动物的主要因素。这与东湖和拉脱维亚 6 个小型浅水湖泊(Lake Dl.Snidzinys、Lake Snidzinys、Lake Becheru、Lake Rogajzu、Lake Vorcalu、Lake Slejnovas)的研究结果[6, 16]是一致的。原因可能是富营养化导致水体缺氧, 从而限制了小型底栖动物的发展。因此, 小型底栖动物可作为富营养化的指示生物。

虽然东汤孙湖小型底栖动物生物量仅占大型底栖动物的 4.9%, 但由于 *P*/*B* 系数较高[1, 2], 其生产量仍可达到大型底栖动物的 37.5%。这说明东汤孙湖小型底栖动物在底层食物网能量流动中起重要作用。表 3 比较了东汤孙湖与其他湖泊小型底栖动物的生产量[16], 发现小型浅水湖泊小型底栖动物生产量为 17.8—113.1 kJ/m^2·a, 小型与大型底栖动物生产量之比为 0.38—5.76, 明显高于大型深水湖泊。其原因可能是浅水湖泊底层溶氧较丰富, 可满足更多的小型底栖动物生存[16]。这说明在小型浅水湖泊中, 小型底栖动物占有更为重要的生态地位。东汤孙湖小型底栖动物生产量与同为富营养化的小型浅水湖泊 Lake Vorcalu 接近, 但小型与大型底栖动物生产量之比却明显低于其他小型浅水湖泊(表 3)。这主要是因为耐污的软体动物(铜锈环棱螺)生物量占东汤孙湖大型底栖动物生物量的 86.7%(表 2)。根据功能摄食类群分析, 东汤孙湖优势类群线虫主要是杂食者(63.7%), 主食有机碎屑。在东湖、洪湖和其他一些湖泊, 食碎屑者也是小型底栖动物的重要组成部分[3,5,6]。这说明小型底栖动物作为碎屑食物链的重要一环, 对促进湖泊生态系统物质分解和能量流动起重要作用。

表 3　不同湖泊小型底栖动物生产量(*P*)及小型与大型底栖动物生产量之比(P_{Meio}/P_{Macro})

Tab. 3　Productions (*P*) of meiofauna and production ratios of meiofauna to macrofauna (P_{Meio}/P_{Macro}) in different lakes

	湖泊 Lakes	生产量(P) kJ/m^2·a	P_{Meio}/P_{Macro}
小型浅水湖泊 Small shallow lakes	东汤孙湖 Eastern Tangsunhu Lake	113.1	0.4
	Lake Dl.Snidzinys	74.6	5.8
	Lake Snidzinys	21.6	1.8
	Lake Becheru	40.7	1.3
	Lake Rogajzu	41.4	1.3
	Lake Vorcalu	110.1	1.3
	Lake Slejnovas	17.8	1.5
大型深水湖泊 Large deep lakes	Lake Onega	9.5	0.5
	Lake Päijänne	18.1	0.6
	Lake Ladoga	11.2	0.5
	Lake Constance	42.1	0.6

总之, 本文首次较全面描述了长江流域藻型浅水湖泊小型底栖动物的群落特征, 表明该类群在底层食物网能量流动中起重要作用, 今后应予更多的关注。

致谢：

感谢袁刚、刘志新和张翔协助野外采样！

参考文献:

[1] Higgins R P, Thiel H. Introduction to the Study of Meiofauna [M]. Washington D C: Smithsonian Press. 1988, 488

[2] Giere O. Meiobenthology [M]. Berlin: Springer-Verlag.

1993, 327

[3] Rundle S D, Robertson A L, Schmid-Araya J M. Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology [M]. Leiden: Backhuys Publishers. 2002, 369

[4] Hakenkamp C C, Morin A. The importance of meiofauna to lotic ecosystem functioning [J]. *Freshwater Biology*, 2000, **44**: 165—175

[5] Wu J H, Liang Y L. A comparative study of benthic nematodes in two Chinese lakes with contrasting sources of primary production [J]. *Hydrobiologia*, 1999, **411**: 31—37

[6] Wu J H, Fu C Z, Liang Y L, *et al*. Distribution of the meiofauna community in a eutrophic shallow lake of China [J]. *Archiv für Hydrobiologie*, 2004, **159**(4): 555—575

[7] Wieser W. Benthic studies in Buzzards Bay. II. The meiofauna [J]. *Limnology and Oceanography*, 1960, **5**: 121—137

[8] Vincx M. Seasonal fluctuations and production of nematode communities in the Belgian coastal z-one of the North Sea [M]. Verhanelingen Van Het Symposium “Invertebraten Van Belgie” P. 1989, 57—66

[9] Chen X M. Biomass calculation of freshwater copepoda [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1981, **47**(3): 397—408 [陈雪梅. 淡水桡足类生物量的测算. 水生生物学集刊, 1981, **47**(3): 397—408]

[10] Juario V J. Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight [J]. *Veroff Inst Mecresforsch Bremerh*, 1975, **15**: 283—337

[11] Widbom B. Determination of average individual dry weights and ash-free dry weights in different sieve fractions of marine meiofauna [J]. *Marine Biology*, 1984, **84**: 101—108

[12] Holopainen I J, Paasivirta L. Abundance and biomass of the meiozoobenthos in the oligotrophic and mesohumic lake Pääjärvi, southern Finland [J]. *Annales Zoologici Fennici*, 1977, **14**: 124—134

[13] Anderson R S, DeHenau A M. An assessment of the meiobenthos from nine mountain lakes in western Canada [J]. *Hydrobiologia*, 1980, **70**: 257—264

[14] Nalepa T F, Quigley M A. Abundance and biomass of the meiobenthos in nearshore Lake Mich-igan with comparisons to the macrobenthos [J]. *Journal of Great Lakes Research*, 1983, **9**(4): 530—547

[15] Strayer D. The benthic micrometazoans of Mirror Lake, New Hampshire [J]. *Archiv für Hydrobiologie* (Supplement), 1985, **72**: 287—426

[16] Kurashov E A. The role of meiofauna in lake ecosystems [J]. *Aquatic Ecology*, 2002, **36**: 447—463