

浙江千岛湖浮游动物群落多样性研究

李共国¹ 虞左明²

1(浙江万里学院生物技术研究所, 宁波 315101)

2(杭州市环境保护科学研究所, 杭州 310008)

摘要: 1999年1~12月对浙江千岛湖浮游动物的群落结构,包括密度多样性和生物量多样性进行了系统研究。轮虫类的多样性指数最高,并且当湖泊在一定的营养水平范围内(贫营养型向中营养型过渡)时,轮虫的密度多样性与湖泊的营养水平呈现相同的变化趋势。以时间和空间为参照,对千岛湖两种浮游动物多样性指数与群落因素之间进行了相关分析,得到相关关系如下:

月变化 密度多样性 = $-0.922 + 4.521 \times \text{密度均匀度}$ $n = 12, r = 0.872, p < 0.001$;

生物量多样性 = $1.99 - 0.348 \times \text{透明溇生物量}$ $n = 12, r = -0.868, p < 0.01$;

水平变化 密度多样性 = $2.35 + 0.008 \times \text{种类数}$ $n = 10, r = 0.672, p < 0.05$;

生物量多样性 = $2.88 - 1.739 \times \text{生物量优势度}$ $n = 10, r = -0.826, p < 0.01$ 。

关键词: 千岛湖, 浮游动物, 群落, 密度多样性, 生物量多样性

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2001)02-0115-07

A study on the diversity of a zooplankton community in Lake Qiandaohu, Zhejiang

LI Gong-Guo¹, YU Zuo-Ming²

1 Institute of Biotechnology, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315101

2 Institute of Environmental Protection Science, Hangzhou 310008

Abstract: A study on community structure of zooplankton, including density diversity and biomass diversity, was carried out from Jan. to Dec. of 1999 in Lake Qiandaohu, Zhejiang. The diversity index of rotifers was the highest observed. The results show that the higher the trophic level of the lake, the higher the density diversity index of rotifers in definite trophic level range (from oligotrophic to mesotrophic). Regression analysis among the two zooplankton diversity indices and community factor under variations in time and space demonstrate the following relationships:

Monthly variation density diversity = $-0.922 + 4.521 \text{density evenness}$ $n = 12, r = 0.872, p < 0.001$

biomass diversity = $1.99 - 0.348 \text{Daphnia hyalina biomass}$ $n = 12, r = -0.868, p < 0.01$

Horizontal variation density diversity = $2.35 + 0.008 \text{species number}$ $n = 10, r = 0.672, p < 0.05$

biomass diversity = $2.88 - 1.739 \text{biomass dominance}$ $n = 10, r = -0.826, p < 0.01$

Key words: zooplankton, community, density diversity, biomass diversity, Lake Qiandaohu

千岛湖位于浙江省淳安县西南,原名新安江(钱塘江支流,源出安徽省率山)水库,为1960年新安江上游拦坝建成水电站后所形成的大型、深水湖泊。湖中有大小岛屿409个,低水位时岛屿逾千,故

又名千岛湖。全湖水面积573 km²,平均水深34 m,蓄水量178亿 m³。千岛湖集旅游观光、水产养殖、饮用水源及工农业用水等多种功能于一体,对当地乃至浙江省经济发展起着重要的作用。近年来,随

着湖泊经济的发展,千岛湖的水生态环境遭到了一定程度的破坏,引起了有关部门的高度重视,并于1999年8月起采取了对千岛湖部分水域禁渔三年的措施。本文试图通过系统调查千岛湖浮游动物群落的种类数(S)、密度(d)、生物量(b)、密度多样性(H'_d)和生物多样性(H'_b)、均匀度(E)和优势度(D),对千岛湖浮游动物群落在时间和空间上的结构特点进行分析,并试图通过它们反映水生态环境的稳定性及其在时空上的变化规律,从而为千岛湖水环境监测和湖泊的综合治理提供一定的背景资料 and 理论基础。

1 材料和方法

在千岛湖设置10个浮游动物采样点,分别为1号(街口)2号(威萍)3号(小金山)4号(航头岛)5号(织岭口)6号(茅头尖)7号(三潭岛)8号(密山)9号(大坝)10号(排岭水厂)。1999年1~12月逐月采样,采样和计数按《淡水浮游生物研究方法》(章宗涉,黄祥飞,1991)进行,定性样品用25号筛绢制成的浮游生物网拖捞获取,定量样品用2L采水器分别于各样点透明度2倍深度间均匀分5个水层采取等量水共10L,混匀后用25号筛绢制成的浮游生物网过滤取样,当即用鲁哥氏溶液(Lugol's solution)固定,带回实验室镜检。原生动物主要按《淡水浮游生物研究方法》(章宗涉,黄祥飞,1991)、《江苏安徽淡水沙壳纤毛虫的调查报告》(蒋燮治,1956)和《淡水生物学》(上册)(何志辉,1982)鉴定,轮虫按《中国淡水轮虫志》(王家楫,1961)鉴定,枝角类按《中国动物志》(淡水枝角类)(蒋燮治,堵南出,1979)鉴定,桡足类按《中国动物志》(淡水桡足类)(中国科学院动物研究所甲壳动物研究组,1979)鉴定。原生动物和轮虫生物量按体积法(黄祥飞,1981)统计,枝角类生物量按体长-体重回归方程式(黄祥飞,胡春英,1986)计算,桡足类生物量按体长-体重回归方程式(陈雪梅,1981)计算。

浮游动物多样性分别按其密度和生物量进行统计,并分别称之为密度多样性(H'_d)和生物量多样性(H'_b)。多样性指数(H')采用 Shannon-Wiener 公式 $H' = -\sum P_i \log P_i$ 计算,均匀度指数(E)采用 $E = H'/H'_{\max}$ 公式计算,优势度指数(D)采用 $D = N_{\max}/N$ 公式计算(赵欣如等,1996),其中 P_i 为第 i 种物种密度(或生物量)的概率, H'_{\max} 为最大多样性指数,

N_{\max} 为群落中优势种的密度(或生物量), N 为群落中所有物种的总密度(或总生物量)。

2 结果

2.1 浮游动物群落种类组成及其优势种

通过系统调查,共鉴定浮游动物139种。其中,原生动物27种,占浮游动物总种数的19.4%;轮虫70种,占50.4%;枝角类26种,占18.7%;桡足类16种,占11.5%(表1)。

原生动物优势种为褶累枝虫(*Epistylis plicatilis*),常见种有圆钵砂壳虫(*Diffugia urceolata*)、冠冕砂壳虫(*D. corona*)和罇形似铃壳虫(*Tintinnidium potiformis*)等。

轮虫优势种为螺形龟甲轮虫(*Keratella cochlearis*),但生物量以个体大的晶囊轮虫(*Asplanchna* spp.)占优势。常见种有等刺异尾轮虫(*Trichocerca similis*)、针簇多肢轮虫(*Polyarthra trigla*)、圆筒异尾轮虫(*Trichocerca cylindrica*)等。

枝角类的优势种为透明溞(*Daphnia hyalina*),其生物量在浮游动物中占绝对优势。常见种有长额象鼻溞(*Bosmina longirostris*)和短尾秀体溞(*Diaphanosoma brachyurum*)等。

桡足类的优势种为一种中剑水蚤(*Mesocyclops notius*) Xie Ping & Noriko Takamura, 1997),常见种有近邻剑水蚤(*Cyclops vicinus*)、右突新镖水蚤(*Neodiaptomus schmakeri*)、球状许水蚤(*Schmackeria forbesi*)和特异荡镖水蚤(*Neurodiaptomus incongruens*)等。

2.2 浮游动物群落特征年平均值

浮游动物四大类群中以轮虫群落的种类数最多、密度优势度最低,密度多样性和生物量多样性均最高;枝角类群落的密度最低、生物量却最高,密度优势度和生物量优势度均最高,而密度多样性和生物量多样性均最低;原生动物群落的密度最高,但生物量最低;桡足类的种类数最少,但群落的密度均匀度和生物量均匀度均最高(表2)。

2.3 浮游动物多样性的月变化和水平变化

6月份千岛湖的褶累枝虫大量繁殖,密度达481个/L,优势度为0.68,致使其密度多样性降至最低;由于累枝虫的生物量极微,并不影响生物量多样性的下降。浮游动物密度多样性除6月份较低外,在时空变化上均较平稳;生物量多样性在时空变化上稍有波动,尤其表现在时间变化上(图1、图2)。

表 1 千岛湖浮游动物群落种类组成

Table 1 Species composition of the zooplankton community in Lake Qiandaohu

原生动物 Protozoa	大肚须足轮虫 <i>Enchlanis dilatata</i>	敞水胶鞘轮虫 <i>Collotheca pelagica</i>
蹼足变形虫 <i>Amoeba vespertilio</i>	裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i>	无常胶鞘轮虫 <i>C. mutabilis</i>
一种表壳虫 <i>Arcella</i> sp.	螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	瓣状胶鞘轮虫 <i>C. ornata</i>
一种瓜形虫 <i>Cucurbitella</i> sp.	曲腿龟甲轮虫 <i>K. valga</i>	枝角类 Cladocera
瓶形砂壳虫 <i>Diffugia biwae</i>	唇形叶轮虫 <i>Notholca labis</i>	透明薄皮溞 <i>Leptodora kindti</i>
尖顶砂壳虫 <i>D. acuminata</i>	月形腔轮虫 <i>Lecan luna</i>	晶莹仙达溞 <i>Sida crystallina</i>
冠冕砂壳虫 <i>D. corona</i>	弯角腔轮虫 <i>L. curvicornis</i>	短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>
圆钵砂壳虫 <i>D. urceolata</i>	凹顶腔轮虫 <i>L. papuana</i>	长肢秀体溞 <i>D. leuchtenbergianum</i>
一种刺日虫 <i>Raphidiophrys</i> sp.	真腔腔轮虫 <i>L. eutarsa</i>	透明溞 <i>Daphnia hyalina</i>
一种芒刺虫 <i>Raphidiphrys</i> sp.	无甲腔轮虫 <i>L. inermis</i>	棘爪低额溞 <i>Simocephalus exspinosus</i>
一种裸口虫 <i>Holophrya</i> sp.	蹄形腔轮虫 <i>L. ungulata</i>	棘体网纹溞 <i>Ceriodaphnia setosa</i>
卵形颈胞虫 <i>Trachelius ovum</i>	钝齿单趾轮虫 <i>Monostyla crenata</i>	壳纹船卵溞 <i>Scapholeberis kingi</i>
一种伪长颈虫 <i>Pseudodileptus</i> sp.	囊形单趾轮虫 <i>M. bulla</i>	微型裸腹溞 <i>Moina micrura</i>
梨形四膜虫 <i>Tetrahymena pyriformis</i>	史氏单趾轮虫 <i>M. stenroosi</i>	直额裸腹溞 <i>M. rectirostris</i>
尾草履虫 <i>Paramecium caudatum</i>	爪趾单趾轮虫 <i>M. unguitata</i>	多刺裸腹溞 <i>M. macrocopa</i>
多核草履虫 <i>P. multimicronucleatum</i>	尖趾单趾轮虫 <i>M. clostrocera</i>	长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>
绿草履虫 <i>P. bursaria</i>	前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>	脆弱象鼻溞 <i>B. fatalis</i>
沟钟虫 <i>Vorticella convallaria</i>	盖氏晶囊轮虫 <i>A. girodi</i>	筒弧象鼻溞 <i>B. coregoni</i>
褶累枝虫 <i>Epistylis plicatilis</i>	卜氏晶囊轮虫 <i>A. brightwelli</i>	颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i>
一种短柱虫 <i>Rhabdostyla</i> sp.	环形沟栖轮虫 <i>Taphrocampa annulosa</i>	底栖泥溞 <i>Ilyocryptus sordidus</i>
一种盖虫 <i>Opercularia</i> sp.	一种巨头轮虫 <i>Cephalodella</i> sp.	一种泥溞 <i>I.</i> sp.
多态喇叭虫 <i>Stentor polymorphus</i>	小型腹尾轮虫 <i>Gastropus minor</i>	直额弯尾溞 <i>Camptocercus rectirostris</i>
恩次筒壳虫 <i>Tintinnopsis entzii</i>	一种腹尾轮虫 <i>G.</i> sp.	矩形尖额溞 <i>Alona rectangula</i>
一种麻铃虫 <i>Leptotintinnus</i> sp.	等刺异尾轮虫 <i>Trichocerca similis</i>	点滴尖额溞 <i>A. guttata</i>
罍形似铃壳虫 <i>Tintinnidium potiformis</i>	韦氏异尾轮虫 <i>T. weberi</i>	中型尖额溞 <i>A. intermedia</i>
杯形似铃壳虫 <i>T. cratera</i>	田奈异尾轮虫 <i>T. dixon-nuttalli</i>	秀体尖额溞 <i>A. diaphana</i>
王氏似铃壳虫 <i>T. wangi</i>	腕状异尾轮虫 <i>T. brachyura</i>	肋形尖额溞 <i>A. costata</i>
一种似铃壳虫 <i>T.</i> sp.	纤巧异尾轮虫 <i>T. tenuior</i>	吻状弯额溞 <i>Rhynchotalona rostrata</i>
轮虫 Rotifera	瓷甲异尾轮虫 <i>T. poresllus</i>	钩足平直溞 <i>Pleuroxus hamulatus</i>
桔色轮虫 <i>Rotaria citrina</i>	颈环异尾轮虫 <i>T. collaris</i>	圆形盘肠溞 <i>Chydorus sphaericus</i>
长足轮虫 <i>R. neptunia</i>	双齿异尾轮虫 <i>T. bidens</i>	桡足类 Copepoda
玫瑰旋轮虫 <i>Philodina roseola</i>	细异尾轮虫 <i>T. gracilis</i>	球状许水蚤 <i>Schmackeria forbesi</i>
尖刺间盘轮虫 <i>Dissotrocha aculeata</i>	暗小异尾轮虫 <i>T. pusilla</i>	特异荡镖水蚤 <i>Neutrodiaptomus incongruus</i>
卵形鞍甲轮虫 <i>Lepadella ovalis</i>	圆筒异尾轮虫 <i>T. cylindrica</i>	大型中镖水蚤 <i>Sinodiaptomus sarsi</i>
截头鬼轮虫 <i>Trichotria truncata</i>	长刺异尾轮虫 <i>T. longiseta</i>	右突新镖水蚤 <i>Neodiaptomus schmackeri</i>
方块鬼轮虫 <i>T. tetractis</i>	长尖异尾轮虫 <i>T. bicuspis</i>	长江新镖水蚤 <i>N. yangtsekiangensis</i>
萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	冠饰异尾轮虫 <i>T. lophocssa</i>	沼泽叶颚猛水蚤 <i>Phyllognathopus paludosus</i>
方形臂尾轮虫 <i>B. capsuliflorus</i>	一种异尾轮虫 <i>T.</i> sp.	白色大剑水蚤 <i>Macrocyclus albidus</i>
剪形臂尾轮虫 <i>B. forficula</i>	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	锯缘真剑水蚤 <i>Eucyclops serrulatus</i>
壶状臂尾轮虫 <i>B. urceus</i>	真翅多肢轮虫 <i>P. eurypetra</i>	近邻剑水蚤 <i>Cyclops vicinus</i>
镰状臂尾轮虫 <i>B. falcatus</i>	尖尾疣毛轮虫 <i>Synchaeta stylata</i>	草绿刺剑水蚤 <i>Acanthocyclops viridis</i>
角突臂尾轮虫 <i>B. angularis</i>	颤动疣毛轮虫 <i>S. tremula</i>	一种中剑水蚤 <i>Mesocyclops notius</i>
矩形臂尾轮虫 <i>B. leydigi</i>	截头皱甲轮虫 <i>Ploesoma truncatum</i>	台湾温剑水蚤 <i>Thermocyclops taihokuensis</i>
尾突臂尾轮虫 <i>B. caudatus</i>	郝氏皱甲轮虫 <i>P. hudsoni</i>	蒙古温剑水蚤 <i>T. mongolicus</i>
裂足轮虫 <i>Schizocerca diversicornis</i>	沟痕泡轮虫 <i>Pompholyx sulcata</i>	短尾温剑水蚤 <i>T. brevifurcatus</i>
十指平甲轮虫 <i>Platylas militaris</i>	迈氏三肢轮虫 <i>Filinia maior</i>	透明温剑水蚤 <i>T. hyalinus</i>
四角平甲轮虫 <i>P. quadricornis</i>	跃进三肢轮虫 <i>F. passa</i>	粗壮温剑水蚤 <i>T. dybouskii</i>
腹棘管轮虫 <i>Mytilina ventralis</i>	叉角聚花轮虫 <i>Conochilus dossuarius</i>	

密度多样性月变化的最高值出现在 8 月份,此时,各类浮游动物出现较多,密度优势度又最低。密度多样性的水平变幅在 2.60 至 3.03 之间,以 1 号采样点街口最高,9 号采样点大坝最低。

生物量多样性月变化的最高值也出现在 8 月份,此时,生物量优势度最低为 0.31;生物量多样性的最低值出现在 4、5 月份,此时,优势种透明溞的生

物量达到最高值,分别为 2.478 mg/L 和 3.503 mg/L,优势度也达到较高水平。生物量多样性的水平变幅在 1.26 至 2.02 之间,以 2 号采样点威萍最高,10 号采样点排岭水厂最低。

2.4 影响浮游动物多样性的群落因素

月份和样点变化的情况下,群落因素对浮游动物多样性的影响表现在:密度多样性随月密度优势

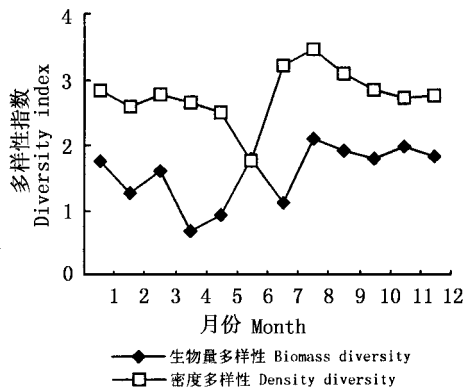


图1 千岛湖浮游动物密度多样性和生物量多样性的月变化

Fig.1 Monthly variations in density and biomass diversity of zooplankton in Lake Qiandaohu

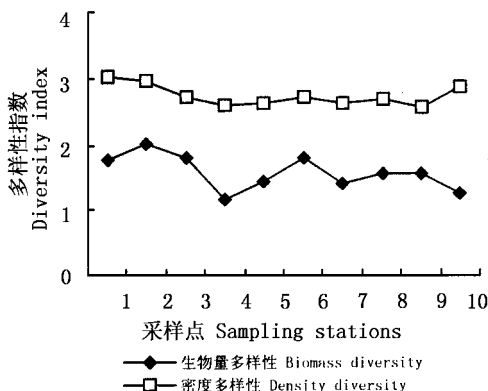


图2 千岛湖浮游动物密度多样性和生物量多样性的水平变化

Fig.2 Horizontal variations in density and biomass diversity of zooplankton in Lake Qiandaohu

表2 千岛湖浮游动物群落特征年平均值

Table 2 Mean annual characteristic value of zooplankton community in Lake Qiandaohu

群落 Community	种类数 Species	密度 Density (ind./L)	H_d	E_d	D_d	生物量 Biomass (mg/L)	H_b	E_b	D_b
浮游动物 Zooplankton	139	298	2.74	0.81	0.37	1.637	1.56	0.58	0.67
原动物 Protozoa	27	125	0.98	0.56	0.52	0.011	0.94	0.50	0.32
轮虫 Rotifera	70	103	2.03	0.72	0.35	0.069	1.93	0.68	0.58
枝角类 Cladocera	26	25	0.71	0.58	0.69	1.433	0.53	0.47	0.87
桡足类 Copepoda*	16	45	0.97	0.72	0.67	0.124	1.04	0.72	0.39

* 桡足类以哲水蚤、剑水蚤和无节幼体统计多样性。Diversities of Copepoda included calanoids, cyclopids and their nauplii

表3 月份和样点变化下浮游动物密度多样性与种类数、密度、生物量及密度优势度和均匀度的相关分析

Table 3 Regressive relations between species number, density, biomass, dominance and evenness of density and the density diversity of zooplankton

生态因素 Ecological factor	种类数 Species number	密度 Density	生物量 Biomass	D_d	E_d
月份间变异 Monthly variation	r 值 r value	0.278	-0.037	-0.034	0.872
	显著性检验 Significance test	—	—	—	$P < 0.1$ $P < 0.001$
样点间变异 Variation among sampling stations	r 值 r value	0.672	0.418	0.408	0.472
	显著性检验 Significance test	$P < 0.05$	—	—	$P < 0.2$

度的增加而下降,两者呈明显的负相关;随样点间群落的种类数增加而升高,两者呈现显著的正相关;与群落密度和生物量的相关性不大(表3)。

生物量多样性随样点间群落密度的增加而升高,两者呈现显著的正相关,随月生物量的增加而下降,两者呈极显著负相关;随生物量优势度在时间和空间上的变化而变化,两者呈极显著的负相关;与群落种类数之间随着时间的变化有一定的负相关关系(表4)。

另外,群落均匀度有随多样性的增大而增高的规律,尤其表现在生物量多样性的时空变化上,两者呈极显著或显著的正相关性;密度多样性与密度均匀度之间仍在时间变化上有极显著的正相关性(表3、表4)。

3 讨论

1) 千岛湖属于我国东部平原湖区,因建坝造新安江水电站使湖面加宽、水深加大而具有水库生态

表 4 月份和样点变化下浮游动物生物量多样性与种类数、密度、生物量及生物量优势度和均匀度的相关分析

Table 4 Regressive relations between species number, density, biomass, dominance and evenness of biomass and the biomass diversity of zooplankton

生态因素 Ecological factor	种类数 Species number	密度 Density	生物量 Biomass	D_d	E_d	
月份间变异 Monthly variation	r 值 r value	-0.467	-0.254	-0.765	-0.774	0.819
	显著性检验 Significance test	$P < 0.2$	—	$P < 0.01$	$P < 0.01$	$P < 0.01$
样点间变异 Variation among sampling stations	r 值 r value	0.399	0.651	-0.110	-0.826	0.621
	显著性检验 Significance test	—	$P < 0.05$	—	$P < 0.01$	$P < 0.05$

表 5 三个不同营养水平湖泊的轮虫密度多样性比较

Table 5 Comparison of density diversity of rotifers in three lakes with different trophic levels

湖泊 Lake	千岛湖 Qiandaohu	东湖 Donghu	西湖 Xihu
面积 Surface area (km ²)	573.0	32.0	5.6
水深 Water depth (m)	34.0	21.0	1.6
营养水平 Trophic level	贫 - 中营养型 Oligo-mesotrophic	中 - 富营养型 Meso-eutrophic	富 - 超富营养型 Eu-hypertrophic
Margalef index (d)*	2.08	5.37	1.64
Shannon-Wiener (H')	2.03	2.53	1.93
资料来源 Data source	本文 This paper	谢平等, 1996 Xie ping et al. , 1996	李国等, 1998 Li Gongguo et al. , 1998

* Margalef 指数 $d = (s - 1) / \ln N$, s = 种类数, N = 总密度(个体数/L)。Margalef index $d = (s - 1) / \ln N$, s = species number, N = total density(ind./L)。

系统的特点,因此,它与长江中下游地区因长江泛滥冲积而成的浅水湖泊不同:初级生产力低,水生高等植物缺乏,水体形成温跃层(Thermal stratification)。但千岛湖内拥有众多的岛屿,低水位时岛屿面积更大,岛屿的沿岸带更长,这样一个具有多种生态系统特征的湖泊有浮游动物 139 种,比长江中下游典型的中—富营养型浅水湖的太湖 122 种、鄱阳湖 112 种还要多(《中国生物多样性国情研究报告》编写组编,1997)。与大多数营养水平低的湖泊一样,千岛湖轮虫的种类数最多,占 50.4%;但原生动物种类很少,与枝角类种类数相接近,这也许是深度大的千岛湖具有水库生态系统特征的表现之一。欧洲和北美洲在贫营养型和超富营养型湖泊中枝角类的种类数较少,而在中—富营养型湖泊中种类数较多,即随着湖泊中初级生产量的增加,枝角类种类数增多,但超过一定程度时种类数反而下降(Dodson, 1990, 1992)。千岛湖比面积稍大而富营养化的山东东平湖(632 km², 山东省第二大淡水养殖基地)的枝角类种类数 21 种还要多(林育真等, 1998),可能千岛湖也具有一定的营养水平。

另外,浅水湖泊由于渔业的发展增加了对浮游动物的摄食压力,使浮游甲壳动物特别是枝角类的

优势种明显地小型化甚至消失。如武汉东湖 80 年代较大的枝角类优势种透明溞(雌体体长 1.30 ~ 3.04 mm)和隆线溞(*D. carinata* ssp. X)雌体体长 1.30 ~ 3.71 mm)逐渐被 90 年代较小的枝角类优势种微型裸腹溞(*Moina micrura*)雌体体长 0.65 ~ 0.83 mm)所代替(谢平,高村典子, 1996);而较大的桡足类优势种特异荡镖水蚤(雌体体长 1.47 ~ 1.68 mm)和长江新镖水蚤(*Neodiaptomus yangtsekiangensis*)的种群在东湖消失(杨宇峰等, 1994),由于鱼类的捕食还使这两种桡足类退出鄱阳湖浮游动物优势种的地位(谢钦铭,李长春, 1998)。而千岛湖中的透明溞、特异荡镖水蚤和比长江新镖水蚤略小的右突新镖水蚤(雌体体长 1.11 ~ 1.48 mm)仍为大型浮游动物主要的优势种。可见,千岛湖浮游动物受鱼类的摄食压力还比较轻。

2) 在武汉东湖不同营养水平的湖区中,当水体从中营养型向超富营养型过渡时,轮虫和桡足类的密度多样性降低,并且其密度多样性与水体营养水平呈现相反的变化趋势(谢平等, 1996)。这在不同营养水平湖泊的轮虫密度多样性中也有反映。但当水体从中营养型向贫营养型过渡时,密度多样性却有降低的趋势,如中—富营养型东湖的轮虫密度多

样性比贫-中营养型的千岛湖和富-超富营养型的西湖都要高,而千岛湖的轮虫密度多样性又要比西湖高(表5)。

可见,目前千岛湖的浮游动物多样性还处于较低的水平。随着湖泊受富营养化的影响不断加深,多样性可能还有较大的发展空间。墨西哥热带营养型的 Catemaco 湖浮游动物的体积越小,其密度和多样性越低(Torres-Orozco-B et al., 1998),而千岛湖浮游动物的密度以个体最小的原生动物为主,多样性则以中小型的轮虫为主(表2)。轮虫是一类非常普遍的浮游动物,且具被甲,易鉴定,用轮虫代表浮游动物的多样性是一种简便易行的方法。

3) 在富营养化的西湖及其入湖溪流浮游动物多样性的空间变化上,密度多样性指数随群落生物量的增加而下降,它们之间呈显著的负相关关系(李共国,魏崇德,1997)。但千岛湖无此现象,只是浮游动物生物量多样性在时间变化上随群落生物量的增加而显著下降,并且在采样站变化上随群落密度的增加而显著提高(表3、表4),这可能与千岛湖浮游动物主要由个体较小、密度较大的轮虫组成,而枝角类个别优势种的小幅变动会引起浮游动物生物量急剧的变化(浮游动物生物量与优势种透明溞生物量之间的相关关系达0.978)有关。因此,千岛湖浮游动物生物量多样性受透明溞生物量的影响较大,它们之间有极显著的负相关关系(生物量多样性 = $1.99 - 0.348 \times \text{透明溞生物量}$, $n = 12$, $r = -0.868$, $p < 0.01$)。

千岛湖浮游动物密度多样性的月变化与群落的密度均匀度之间相关性最高(密度多样性 = $-0.922 + 4.521 \times \text{密度均匀度}$, $n = 12$, $r = 0.872$, $P < 0.001$) (表3)。其水平变化与样点的种类数之间呈显著的正相关性(密度多样性 = $2.35 + 0.008 \times \text{种类数}$, $n = 10$, $r = 0.672$, $p < 0.05$)。群落的稳定性与其多样性有关,并随着种类数增加,群落的稳定性提高(MacArthur, 1955),街口、威萍采样点的浮游动物种类数分别达91、63种,分别占总种数的65.9%、45.7%,它们的密度多样性分别高达3.03、2.95;而大坝采样点的浮游动物种类数仍有34种,占总种数的24.6%,密度多样性也降到最低值2.06。从这个意义上讲,街口和威萍浮游动物群落的稳定性较高,而大坝较差。

千岛湖浮游动物生物量多样性的月变化还与群

落生物量的优势度之间有极显著的负相关性,与均匀度之间有极显著的正相关性(表4),其水平变化与样点的生物量优势度之间的负相关性最高(生物量多样性 = $2.88 - 1.739 \times \text{生物量优势度}$, $n = 10$, $r = -0.826$, $p < 0.01$)。生物量多样性最高的威萍,其生物量优势度最低为0.60;而生物量多样性最低的排岭水厂,其生物量优势度最高为0.87,种类数也只有39种。

4) 过去人们研究群落多样性大都着重考虑群落的物种数、每个物种的数量及其时空分布的概率,即密度多样性,而对群落中每个物种的生物量及其时空分布的概率,即生物量多样性则很少去考虑。如果群落中物种之间的个体大小差异较大,那么两种多样性数值的差异也会较大,这恰好能从密度和生物量分布概率的两个方面去考虑群落的结构特点,且后者还能从有机碳或有机氮等能量水平上去考虑群落的结构特点,为充分利用群落中的物种资源和环境容量提供理论基础。

参考文献

- 陈雪梅, 1981. 淡水桡足类生物量的测算. 水生生物学集刊, 7(3): 397 ~ 408
- 何志辉(主编), 1982. 淡水生物学(上册). 北京: 农业出版社
- 黄祥飞, 1981. 简易测重法在武汉东湖轮虫常见种中的应用. 水生生物学集刊, 7(3): 409 ~ 416
- 黄祥飞, 胡春英, 1986. 淡水常见枝角类体长-体重回归方程式. 见: 甲壳动物学论文集编辑委员会(编), 甲壳动物学论文集. 北京: 科学出版社, 147 ~ 157
- 蒋雯治, 1956. 江苏安徽淡水沙壳纤毛虫的调查报告. 水生生物学集刊, (1): 61 ~ 87
- 蒋雯治, 堵南出(编), 1979. 中国动物志(淡水枝角类). 北京: 科学出版社
- 李共国, 魏崇德, 1997. 西湖及入湖溪流浮游动物群落结构的研究. 见: 严力蛟, 鲍毅新(编), 生态研究与探索. 北京: 中国环境科学出版社, 253 ~ 257
- 李共国, 魏崇德, 裴洪平, 1998. 引水对杭州西湖轮虫群落结构的影响. 动物学杂志, 33(5): 1 ~ 4
- 林育真, 李玉仙, 郭沛涌, 1998. 山东省东平湖枝角类初步研究. 动物学杂志, 33(2): 3 ~ 6
- 王家楫(编), 1961. 中国淡水轮虫志. 北京: 科学出版社
- 谢平, 高村典子, 1996. 滤食性鲢、鳙对东湖枝角类群落结构长期变化的影响. 水生生物学报, 20(增刊): 47 ~ 59
- 谢平, 诸葛燕, 戴莽, 高村典子, 1996. 水体富营养化对浮游生物群落多样性的影响. 水生生物学报, 20(增刊): 30 ~ 37
- 谢钦铭, 李长春, 1998. 鄱阳湖桡足类的群落组成与现存量季节变动的初步研究. 江西科学, 16(3): 180 ~ 187
- 杨宇峰, 陈雪梅, 黄祥飞, 1994. 武汉东湖桡足类生态学演

变. 水生生物学报, **18**(4): 334 ~ 339

章宗涉, 黄祥飞(编), 1991. 淡水浮游动物研究方法. 北京: 科学出版社

赵欣如, 房继明, 宋杰, 廖晓东, 1996. 北京的公园鸟类群落结构研究. 动物学杂志, **31**(3): 17 ~ 21

中国科学院动物研究所甲壳动物研究组编, 1979. 中国动物志(淡水桡足类). 北京: 科学出版社

《中国生物多样性国情研究报告》编写组(编), 1997. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 93 ~ 96

Dodson S I, 1990. Species richness of crustacean zooplankton in european lakes of different sizes. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, **14**: 1223 ~ 1229

Dodson S I, 1992. Predicting crustacean zooplankton species richness. *Limnol. Oceanogr.*, **37**: 848 ~ 856

MacArthur R H, 1955. Fluctuation of animal populations and measure of community stability. *Ecology*, **36**: 533 ~ 536

Torres-Orozco-B, Roberto E, Sandra A and Zanatta, 1998. Species composition, abundance and distribution of zooplankton in a tropical eutrophic lake: Lake Catemaco, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **46**(2): 285 ~ 296

Xie Ping and Noriko Takamura, 1997. Morphological and ecological studies on a cyclopoid copepod, *Mesocyclops notius* Kiefer in a subtropical Chinese lake. *Acta Hydrobiologica sinica*, **21**(4): 334 ~ 340

(责任编辑: 闫文杰)

第一届国际山地生物多样性会议简讯

由瑞士科学院、瑞士 Basel 大学、全球高山环境观测研究行动项目组 and 瑞士生物多样性论坛共同组织的第一届国际山地生物多样性会议于 2000 年 9 月 7 日 - 10 日在瑞士阿尔卑斯山脉的 Rigi - Kaltbad 召开。来自 38 个国家和地区的 118 名生态学家参加了这次会议, 其中有 6 位来自中国。会议交流和讨论了 5 个有关生物多样性的问题: 1) 分布在各个研究区的山地生物多样性现状; 2) 有关山地生物多样性功能方面的研究; 3) 山地"异养"多样性: 从细菌到人; 4) 气候变化和山地生物多样性; 5) 土地利用和山地生物多样性。其间还穿插了全球高山环境观测研究行动(GLORIA)和全球山地生物多样性评价(GMBA)网络的两个工作会议, 讨论有关建立全球生物多样性的信息网络和高山环境的全球观察研究行动。最后, 与会学者就一些有待进一步探讨和研究的问题提出了倡议。与会研究者的成果可归纳为以下几点:

1. 山地垂直方向上气候带的压缩(compression)使得山地生物群成为生物丰富度研究的热点。虽然高海拔山地的生物多样性逐渐降低, 但土地面积也同样在减少, 因而高海拔上的生物多样性与土地面积比非常高, 往往超过低海拔的地方。

2. 有可靠的证据表明一组生物体(例如植物)内的多样性同另一组生物体(例如蝴蝶)的多样性相联系。因为资源和时间所限, 我们无法做出全球所有的山地生物群的明细表, 所以关键生物组群和生物分类群间的比率是一个有望评估生物多样性的工具。同时需要尽快改进现有的生物多样性数据库, 这也是 GMBA 首要解决的一个问题。

3. 山地生物群富含那些世界范围内仅存在于某一地点的特有种, 存在反映地质历史的特有种分布的典型格局等。

4. 我们为什么要关注山地生物多样性? a) 伦理道德的原因; b) 审美价值; c) 经济价值(饲料, 食物); d) 文化遗产; e) 生态价值(如, 生态系统的完整性)。

5. 陡峭山坡和高海拔景观上的生态系统完整性的关键是一个土壤稳定性的问题, 而土壤的稳定性依赖于植物的基盖度格局。可同时发生的植物形态的类型越多, 极端事件导致植被破坏和土壤侵蚀的可能性就越小(完全保障假说)。虽然直觉上该假说似乎是有理的, 但是缺乏足够的证据支持。这也是 GMBA 议程上一个重要的主题。

6. 人类土地利用改变了并将继续改变世界范围内的山

地生物群。我们需要知道如何管理山地生物群并使之可以持续利用的方法。

7. 要了解生物分类群的详细情况, 不需要调查全部区域。在一个给定的生物地理带内, 90% 的生物分类群和总的生物丰度指标可以用 10 ~ 20 km² 的取样面积来获得。

8. 生活型和功能多样性有其本身的价值, 并且提供了对生物分类多样性的生态解释的一个最有用的方式。

9. 遥感(卫星数据)为获取大面积群落多样性资料提供了新的途径。

10. 物种丰富度的某些趋势已初露端倪。如: 联结不同植物地理地带的山地物种丰富度高于孤立的山地。石灰岩山地上的生物多样性较高。中度(相对于短的或长的)的冰雪覆盖增加生物多样性。物种面积曲线是极具变化的。

11. 关键种和物种分布的均匀度是多样性数据(多度, 促进作用和竞争排他)的功能解释的关键因素。

12. 环境变化往往对均匀度比对分类群的有无更大的影响。

13. 种内多样性是驱动进化和保证分类群长期存在的因素。遗传多样性强烈地依赖于生物体的繁殖系统和生活对策。一个众所周知的问题是种内变异在多大程度上反映了功能上的显著特性。

14. 旧的生物多样性数据库在监测长期趋势上有巨大的价值, 但是使用时需谨慎。

15. 除非水平分配(暴露)是可行的, 否则全球变暖将会减少适应寒冷的生物体可利用的土地面积(诱捕现象), 许多物种可能会灭绝。

16. 在全球的一些区域, 社会环境变化对山地生物群的影响可能比自然气候变化的影响更大更快。山地经济必须创造比原材料更多的附加价值才能够生存。

17. 考虑到世界上仍有许多人为贫困所迫, 可持续利用比搁置不用更加现实可行。充分的传统土地利用方式甚至可能会增加生物多样性, 人类的存在可以提高生态系统价值, 我们不能再将人与自然分割开来。

18. 生物多样性对山地农业系统是很重要的: 通过空间上的多种轮作, 可以使高海拔农业生态系统更可依赖。

(北京师范大学资源科学研究所 唐海萍)