

不同湖泊演替过程中浮游动物 数量及多样性的研究 *

胡 春 英

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要 作者对长江中下游的湖北省保安湖的扁担塘、桥墩湖区、青菱湖的有草区(称南青菱湖)和无草区(称北青菱湖)及黄家湖等五个湖泊(区)浮游动物的种类组成、密度、多样性进行了研究。扁担塘常见浮游动物 104 种, 桥墩湖 107 种, 南青菱湖 89 种, 北青菱湖 73 种, 黄家湖 88 种, 浮游动物的种类均随着水草生物量的减少而下降。浮游动物的密度均随着水草生物量的减少而增多。上述湖泊(区)浮游动物无论是种类组成还是密度均以小型的原生动物和轮虫占绝对优势。浮游动物多样性指数的变化与水草的丰度密切相关。随着湖泊水草生物量的增加, 浮游动物的多样性指数也随之而增加。

关键词 湖泊, 长江中游, 浮游动物, 密度, 多样性指数

为了研究长江中下游湖泊在不同的演替阶段浮游动物的密度及生物多样性, 作者选择地理位置及营养状况接近, 但水草覆盖率明显不同的三个湖泊, 按季节鉴定其各自浮游动物的种类并测定它们的数量, 以期了解浮游动物密度及多样性与水草覆盖率的关系。扁担塘、桥墩湖为梁子湖水系所属保安湖的两个子湖, 位于湖北省大冶市境内($30^{\circ}15'N, 114^{\circ}43'E$), 面积分别为 333hm^2 和 800hm^2 。扁担塘的植被覆盖率为 74.8%, 群落生物量平均为 $2.015\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 优势种为狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum L.*) 和金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum L.*) 水生植物群落处于受人工干扰后的次生演替阶段, 而桥墩湖的相应值分别为 79.3%、 $3.413\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 优势种为微齿眼子菜 (*Potamogeton maackianus*) 由于受人工干扰相对较轻, 仍基本保持原生演替阶段^[1]。青菱湖位于武汉市南郊($30^{\circ}6'N, 114^{\circ}6'E$), 面积为 675hm^2 , 有竹箔将其分割为南、北两部分, 南青菱湖面积 422hm^2 , 菱角 (*Trapa natans L.*) 的覆盖率达到 90% 以上, 水草生物量达 $8.5\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 为顶极浮叶植物群落; 北青菱湖面积为 253hm^2 , 为渔业精养湖区, 水生植被已近绝迹, 可视为无水草湖区。由于青菱湖南、北两部分生态环境绝然不同, 又有竹箔相隔, 故作为两个水体论述。黄家湖亦位于武汉市南郊($30^{\circ}6'N, 114^{\circ}6'E$), 毗邻青菱湖, 面积为 625hm^2 , 该湖 3—5 月湖中部有菹草分布, 其平均生物量仅为 $0.45\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 夏秋两季沉水植物基本消亡。

* 本工作由中国科学院生物多样性课题及农业部八五攻关课题“小型草型湖泊渔业综合高产技术研究”(编号为 85-14-01-01)资助

本文承蒙黄祥飞教授修改。谨致谢意

1998-11-27 收到修改稿

若以水生植被演替过程划分,则可把上述 5 个湖泊大体上分为 4 种生态类型:桥墩湖,南青菱湖属原生演替型;扁担塘属次生演替型;黄家湖属严重破坏衰退型;北青菱湖属沉水植物灭绝型。

1 研究方法

1.1 采样站的设置 根据湖泊(区)的自然形态及生态特点设采样站(图 1)。扁担塘、桥墩湖自西向东设 3 个采样点;黄家湖自北向南设 3 个采样点;北青菱湖仅在中心位置设一个采样站;南青菱湖在湖心与沿岸带各设一个站。

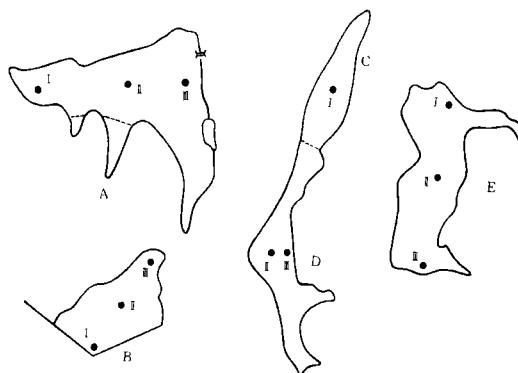


图 1 各湖浮游动物采样点分布图

Fig.1 Sampling stations of zooplankton in different Lakes

A: 桥墩湖 Qiaodunhu Lake B: 扁担塘 Biandantang Lake C: 北青菱湖 North-QingLinghu Lake D: 南青菱湖 South-QingLinghu Lake E: 黄家湖 Huang jiahu Lake

1.2 采样及计数方法 于 1993 年 7 月、10 月和 1994 年 1 月、4 月的中旬各采集一次,分别代表夏季、秋季、冬季、春季。采样方法为水面下 0.5m 和离底 0.5m 表底层采样等量混合,取 1L 水样经 24h 沉淀浓缩至 30mL 用于原生动物,轮虫的定量样品;取 10L 水样经孔径为 64μm 的 25 号浮游生物网过滤,作为甲壳动物的定量样品,以鉴定浮游动物的种类。以上各类样品均用 4% 的福尔马林固定。计数方法是将 1L 沉淀的浓缩样品摇匀,取 0.1mL 计数原生动物,取 1mL 计数轮虫。甲壳动物则用 10L 过滤水样全部计数。

1.3 生物多样性指数的计算 计算浮游动物的生物多样性采用 Shannon-Wiener 生物多样性指数(H)及 Simpson 多样性指数(d)

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_i)(\log_2 p_i)$$

$$d = \frac{1}{\sum(P_i)^2}$$

式中, s 为物种指数, Pi 为物种 i 的个体占总个体数的比例。

2 结果与讨论

2.1 种类组成与分布

表 1 列出了五个湖泊(区)浮游动物的种类分布。在不同演替过程的湖泊中,水草生长

表1 不同湖泊浮游动物的种类分布

Tab.1 Distribution of zooplankton species in different lakes

种 Species	类 Category	保安湖 Baoan lake 青菱湖 Qingling lake				
		扁担塘 Baian dantang lake	桥墩湖 Qiao dunhu lake	南青菱湖 South Qinglinghu lake	北青菱湖 North Qinglinghu Lake	黄家湖 Huang Jiahu Lake
原生动物 Protozoa						
暧昧砂壳虫 <i>Difflugia fallax</i> (Penard)		+	+	+	+	+
明亮砂壳虫 <i>D. lucida</i> (Penard)*		+	+	+	+	+
冠砂壳虫 <i>D. corona</i> (Wallich)				+	+	+
巧妙砂壳虫 <i>D. elegans</i> (Penard)			+			
弯角长园砂壳虫 <i>D. oblonga curvicaulis</i> (Penard)			+	+		
砾静水砂壳虫 <i>D. hydrostatica lithophila</i> (Penard)		+	+	+	+	+
褐砂壳虫 <i>D. avellana</i> (Penard)		+	+	+	+	+
尖顶砂壳虫 <i>D. acuminata</i> (Ehrenberg)*		+	+	+		
淡水筒壳虫 <i>Tintinnidium fluviatile</i> (Stein)*		+	+	+	+	+
思茨筒壳虫 <i>T. entzii</i> (Chiang)		+				
盘状匣壳虫 <i>Centropyxis discoidea</i> (Penard)		+	+	+	+	+
表壳圆壳虫 <i>Cyclopyxis areliodes</i> (Penard)		+	+	+	+	+
颗粒明壳虫 <i>Pamphagus granulatus</i> (Schulze)		+				
齿口犁壳虫 <i>Nebela dentistoma</i> (Penard)		+	+			
收音旋匣壳虫 <i>Centropyxis aerophila sylvatica</i> (Deflandre)		+				
王氏似铃壳虫 <i>Tintinnopsis wangi</i> (Nie)*			+	+	+	+
中华似铃壳虫 <i>T. sinensis</i> (Nie)		+	+			
湖沼似铃壳虫 <i>T. lacustris</i> (Entz)*		+	+	+	+	+
旋回侠盗虫 <i>Strobilidium gyrans</i> (Stokes)*		+	+	+	+	+
帽形侠盗虫 <i>S. velox</i> (Faure-Fremiet)		+	+	+	+	+
大弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i> (Müller)*		+	+	+	+	+
单环栉毛虫 <i>Didinium balbianii</i> (Fabre-Domergue)		+				
鼻栉毛虫 <i>D. nasutum</i> (Müller)		+		+	+	+
绿急游虫 <i>Strombidium viride</i> (Stein)*		+	+	+	+	+
多态喇叭虫 <i>Stentor polymorphus</i> (Müller)			+	+	+	
焰毛虫 <i>Askenasia faurei</i> (Kahl)		+				
多叶瞬目虫 <i>Glaucoma myriophylli</i> (Penard)					+	+
卵园前管虫 <i>Prorodon ovum</i> (Ehrenberg)			+	+		
微小蓝口虫 <i>Nassula pusilla</i> (Kahl)		+	+	+		
圆形半眉虫 <i>Henniophrys rotunda</i> (Kahl)		+	+	+		
齿盾纤虫 <i>Aspidisca dentata</i> (Kahl)		+	+	+		
小斜管虫 <i>Chilodonella nana</i> (Kahl)		+	+	+		
轴丝光球虫 <i>Actinospaerium eichhorni</i> (Ehrenberg)		+	+	+	+	+
放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i> (Ehrenberg)		+	+			
月形刺胞虫 <i>Acanthocystis erinaceus</i> (Penard)		+	+	+	+	+
短刺刺胞虫 <i>A. brevicirrhis</i> (Perty)		+	+	+	+	+
叉棘刺胞虫 <i>A. Chaetophora</i> (Perty)		+	+			
片状漫游虫 <i>Litonotus fascioloc</i> (Ehrenberg-Wrzesenowski)		+	+			

续表1

种 类 Species	保安湖 Baoan lake 青菱湖 Qingling lake				
	扁担塘 Baian	桥墩湖 Qiao	南青菱湖 South	北青菱湖 North	黄家湖 Huang
	dantang	dunhu	Qinglinghu	Qihnglinghu	Jiahu
	lake	lake	lake	Lake	Lake
天鹅长吻虫 <i>Lacrymaria olor</i> (Müller)	+	+			
小长吻虫 <i>L. minima</i> (Kahl)		+	+	+	+
明显长颈虫 <i>Dileptus conspicus</i> (Kahl)		+			
水藓瘦尾虫 <i>Uroleptus sphagni</i> (Stokes)	+				
蓬毛斜齿虫 <i>Enchelyodon lasius</i> (Stokes)		+			
垂边钟虫 <i>Vorticella marginata</i> (Stiller)	+	+	+	+	+
琵琶钟虫 <i>V. lutea</i> (Stiller)	+	+	+	+	+
缩钟虫 <i>V. abbreviata</i> (Keiser)	+	+	+		
镰形长颈虫 <i>Dileptus falciformis</i> (Kahl)	+	+			
吻状四膜虫 <i>Tetrahymena rostrata</i> (Kahl)				+	+
腔裸口虫 <i>Holophrya atra</i> (Svec)				+	+
绿色前管虫 <i>Prorodon viridis</i> (Ehrenberg-kahl)	+				
土生膜袋虫 <i>Cyclidium terricola</i> (Kahl)	+	+	+	+	+
苔藓尖毛虫 <i>Oxytricha muscorum</i> (Kahl)	+	+	+		
赫奕尖毛虫 <i>O. caudens</i> (Kahl)	+	+	+		
水藓尖毛虫 <i>O. sphagni</i> (Kahl)	+	+	+		
叶绿尖毛虫 <i>O. chlorelligera</i> (Kahl)	+	+	+		
扭曲管叶虫 <i>Trachelophyllum sigmoides</i> (Kahl)		+			
乳头壳吸管虫 <i>Acineta papillifera</i> (Keppen)	+				
粗匣壳虫 <i>Centropyxis hirsuta</i> (Deflandre)	+				
针棘匣壳虫 <i>C. acweata</i> (Ehrenberg)	+	+	+	+	+
园匣壳虫 <i>C. orbicularis</i> (Deflandre)					+
大针棘匣壳虫 <i>C. aculeata grandis</i> (Deflandre)			+	+	+
柴晶喇叭虫 <i>Stentor amethystinus</i> (Leidy)					+
轮虫 <i>Rotatoria</i>					
偏斜沟状狭甲轮虫 <i>Colurella uncinata forma deflexa</i> (Ehrenberg)	+	+			
钩状狭甲壳轮虫 <i>C. uncinata</i> (Müller)	+				
纯角狭甲轮虫 <i>C. obtusa</i> (Gosse)			+		
双尖钩状狭甲轮虫 <i>C. uncinata forma bicuspidata</i> (Ehrenberg)	+				
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i> (Gosse)*	+	+	+	+	+
萼花臂尾轮虫 <i>B. calyciflorus</i> (Pallas)	+	+		+	+
剪形臂尾轮虫 <i>B. forficula</i> (Wierzejski)	+		+	+	+
壶状臂尾轮虫 <i>B. urceolans</i> (Müller)					+
裂足轮虫 <i>Schizocerca diversicornis</i> (Daday)				+	+
真瞬轮虫 <i>Eudactylota eudactylota</i> (Gosse)	+	+			
透明须足轮虫 <i>Euchlanis pellucida</i> (Harring)		+			+
大肚须足轮虫 <i>E. dilatata</i> (Ehrenberg)		+	+	+	+
细趾须足轮虫 <i>E. calpidia</i> (Myers)	+				
裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissaa</i> (Gosse)*	+	+	+	+	+

续表1

种 类 Species	保安湖 Baoan lake 青菱湖 Qingling lake				
	扁担塘 Baian dantang lake	桥墩湖 Qiao dunhu lake	南青菱湖 South Qinglinghu lake	北青菱湖 North Qihnglinghu Lake	黄家湖 Huang Jiahu Lake
	+	+	+	+	+
螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)*	+	+	+	+	+
曲腿龟甲轮虫 <i>K. valga</i> (Ehrenberg)	+	+	+	+	+
蹄形腔轮虫 <i>Lecane unguilata</i> (Gosse)	+	+	+		
弯角腔轮虫 <i>L. curvicornis</i> (Murray)	+	+	+		
矛趾腔轮虫 <i>L. hastata</i> (Murray)			+		+
尾片腔轮虫 <i>L. leontina</i> (Turner)				+	
道李沙腔轮虫 <i>L. doryssa</i> (Harring)				+	+
真胫腔轮虫 <i>L. eutarsa</i> (Harring & Myers)	+	+			
月形腔轮虫 <i>L. luna</i> (Müller)	+	+	+	+	+
尖趾单趾轮虫 <i>Monostyla closterocerca</i> (Schmarda)	+	+	+	+	+
囊形单趾轮虫 <i>M. bulla</i> (Gosse)	+	+	+		
纯齿单趾轮虫 <i>Monostyla crenata</i> (Harring)	+				
前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	+	+	+	+	+
盖氏晶囊轮虫 <i>A. girodi</i> (Guerne)			+	+	+
小链巨头轮虫 <i>Cephalodella catellina</i> (Müller)	+				
大头巨头轮虫 <i>C. megalcephala</i> (Glasscott)	+	+			+
高轮虫 <i>Scaridium longicaudum</i> (Müller)			+		
卵形采胃轮虫 <i>Chromogaster ovalis</i> (Bergendal)			+		+
颈环同尾轮虫 <i>Diurella collaris</i> (Rousselet)	+	+			
对棘同尾轮虫 <i>D. stylata</i> (Gosse)*	+	+	+	+	+
圆筒异尾轮虫 <i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof)				+	+
冠饰异尾轮虫 <i>T. lophoessa</i> (Gosse)					+
刺盖异尾轮虫 <i>T. capucina</i> (Wierzejski & Zacharias)	+		+		+
鼠异尾轮虫 <i>T. rattus</i> (Müller)			+		
暗小异尾轮虫 <i>T. pusilla</i> (Lauterborn)*	+		+	+	+
针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i> (Ehrenberg)*	+	+	+	+	+
长园疣毛轮虫 <i>Synchaeta oblonga</i> (Ehrenberg)*	+	+	+	+	+
梳状疣毛轮虫 <i>S. pectinata</i> (Ehrenberg)	+				+
尖尾疣毛轮虫 <i>S. stylata</i> (Wierzejski)				+	+
盘镜轮虫 <i>Testudinella patina</i> (Hermann)			+		+
沟痕泡轮虫 <i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson)	+	+		+	+
奇异巨腕轮虫 <i>Pedalia mira</i> (Hudson)			+	+	+
环顶巨腕轮虫 <i>P. fennica</i> (Levander)	+				+
较大三肢轮虫 <i>Filinia maior</i> (Colditz)				+	+
臂三肢轮虫 <i>F. brachiata</i> (Rousselet)					+
长三肢轮虫 <i>F. longiseta</i> (Ehrenberg)	+				
迈由盲囊轮虫 <i>Itura myersi</i> (Wulfert)	+				
近矩多棘轮虫 <i>Macrochaetus subquadratus</i> (Perty)	+		+		+
多突囊足轮虫 <i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schrank)			+		

续表1

种 类 Species	保安湖 Baoan lake 青菱湖 Qingling lake				
	扁担塘	桥墩湖	南青菱湖	北青菱湖	黄家湖
	Baian	Qiao	South	North	Huang
	dantang	dunhu	Qinglinghu	Qihnglinghu	Jiahu
	lake	lake	lake	Lake	Lake
台杯鬼轮虫 <i>Trichotria pocillum</i> (Müller)		+			
无常胶鞘轮虫 <i>Collotheca mutabilis</i> (Hudson)		+	+	+	+
敞水胶鞘轮虫 <i>C. pelagica</i> (Rousselet)	+	+	+		
多态胶鞘轮虫 <i>C. ambigua</i> (Hudson)	+	+	+		
四甲平甲轮虫 <i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg)			+	+	+
异趾鞍甲轮虫 <i>Lepadella heterostyla</i> (Murray)				+	+
(某种)旋轮虫 <i>Philodina</i> sp.			+	+	+
没尾无柄轮虫 <i>Ascomorpha ecaudis</i> (Perty)		+			
团状聚花轮虫 <i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank)	+	+	+		
叉角似聚花轮虫 <i>Conochiloides dossuaricus</i> (Hudson)	+	+			
真足哈林轮虫 <i>Harringtonia cupoda</i> (Gosse)		+			
某种轮虫 <i>Rotatoria</i> sp			+	+	+
厚实椎轮虫 <i>Notommata pachyura</i> (Gosse)					+
枝角类 <i>Cladocera</i>					
透明薄皮溞 <i>Leptedora kindti</i> (Focke)	+	+			+
晶莹仙达溞 <i>Sida crystallina</i> (Müller)	+	+			+
短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lieven)*	+	+	+	+	+
长肢秀体溞 <i>D. leuchtenbergianum</i> (Fischer)	+	+	+	+	+
多刺秀体溞 <i>D. sarsi</i> (Richard)	+	+		+	+
透明蚤 <i>Daphnia hyalina</i> (Leydig)	+	+	+	+	+
老年低额溞 <i>Simocephalus vetulus</i> (Müller)*			+	+	+
锯顶低额溞 <i>S. serrulatus</i> (Koch)			+	+	+
微型裸腹溞 <i>Moina micrura</i> (Kurz)	+	+		+	+
近亲裸腹溞 <i>M. affinis</i> (Birge)			+		+
长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i> (Müller)*	+	+	+	+	+
脆弱象鼻溞 <i>B. fatalis</i> (Burckhardt)	+	+			
粉红粗毛溞 <i>Macrothrix rosea</i> (Jurine)			+		
点滴尖额溞 <i>Alona guttata</i> (Sars)	+	+	+		
矩形尖额溞 <i>A. rectangula</i> (Sars)*	+	+	+	+	
隅齿尖额溞 <i>A. karua</i> (King)	+	+	+		+
龟状笔纹溞 <i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	+	+	+		+
直额弯尾溞 <i>Campnocercus rectirostris</i> (Schoedler)		+			
某种单眼溞 <i>Monospis</i> sp.	+	+			
园形盘肠溞 <i>Chydorus sphaericus</i> (Müller)*	+	+	+		
卵形盘肠溞 <i>C. ovalis</i> (Kurz)	+	+	+	+	+
锯唇盘肠溞 <i>C. bydorus</i> (Richard)				+	
底栖泥溞 <i>Ilyocryptus sordidus</i> (Lieven)	+	+			
桡足类 <i>Copepoda</i>					
广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops Leuckarti</i> (Claus)*	+	+	+	+	+

续表1

种 类	保安湖 Baoan lake		青菱湖 Qingling lake		黄家湖 Huang Lake
	扁担塘 Baian lake	桥墩湖 Qiao lake	南青菱湖 South lake	北青菱湖 North Lake	
	Species	dantang	dunhu	Qinglinghu	Qihnglinghu
台湾温剑水蚤 <i>Thermocyclops taihokuensis</i> (Harada)*	+	+	+	+	+
透明温剑水蚤 <i>T. hyalinus</i> (Rehberg)					+
汤匙华哲水蚤 <i>Sinocalanus dorrii</i> (Brehm)*	+	+	+	+	+
球状许水蚤 <i>Schmackeria forbesi</i> (Poppe et Richard)*					+
跨立小剑水蚤 <i>Microcyclops varicans</i> (Sars)				+	
长江新镖水蚤 <i>Neodiaptomus yangtsekiangensis</i> (Mashiko)*	+	+	+	+	
右突新镖水蚤 <i>N. schmackeri</i> (Poppe et Richard)	+	+			
某种猛水蚤 <i>Harpacticoida</i> sp	+	+			

注: *表示主要种类

Note: *Indicating major species

茂盛的湖区如桥墩湖、扁担塘、南青菱湖的浮游动物种类数较高,分别为109种、107种、89种,其次是水草资源遭严重破坏的黄家湖为88种,种类最少的是沉水植物绝灭型的北青菱湖仅有73种。

各湖泊(区)浮游动物的共有种类为36种,有水草湖区的特有种类为19种,无水草湖区特有种类为14种。各湖泊浮游动物均以春、夏、秋季出现的种类较多,冬季出现的种类较少(表1)。

2.2 主要种类的比较

表2显示不同湖泊(区)浮游动物的主要种类,通过比较得知:扁担塘、桥墩湖属同一湖泊的不同湖区,由于生态环境较一致,它们的常见种类完全相似。南青菱湖、北青菱湖、黄家湖与保安湖同属长江中下游浅水湖泊,因此这三个湖泊浮游动物的主要种类多数相同,少数各异。

三个湖泊浮游动物的主要种类中有8种主要种类不仅在各湖泊广泛分布,而且终年可见。这些种类是原生动物的淡水筒壳虫、绿急游虫;轮虫中的针簇多肢轮虫、螺形龟甲轮虫、裂痕龟纹轮虫;枝角类的长额鼻蚤、短尾秀体蚤;桡足类的广布中剑水蚤。上述各湖泊广为分布的8种浮游动物在长江中下游的其它湖泊中亦为主要种类且同样终年可见(表1)^[2,3]。

2.3 密度

扁担塘、桥墩湖、南青菱湖、北青菱湖、黄家湖浮游动物的年均密度分别为:2696ind·L⁻¹、2706ind·L⁻¹、1835ind^{L-1}、3360ind^{L-1}、3793ind^{L-1}(表2)。结果表明,不同湖区浮游动物的数量与湖泊的演替过程存在较密切的关系,一般来说水生植被良好的水域浮游动物数量较少,但也不尽然,如桥墩湖水草覆盖率达79.3%,生物量为3.413kg·m^{2[1]},为五个湖区中生物量最高,可浮游动物的数量仅比扁担塘略高,其中的原因尚待深入研究,据分析可能与采样频率和位置等因素有关。

研究结果同样表明:浮游动物的密度随着水草生物量的减少而增加。王骥^[4]对浮游植

物密度的研究所得结果亦与此相符。他指出草型湖泊水草衰亡或消灭之后,浮游藻类是主要初级生产者,水草腐烂与湖泥营养物质的释放,使得藻类在温暖季节大量增殖。因此随着初级生产者浮游植物生产量的增加,依靠浮游植物而生存的次级生产者浮游动物的生产量也随之而增加(表 2)。

表2 不同湖泊浮游动物的密度(单位:个/升)

Tab.2 Density of zooplankton in different lakes (Unit: ind/L)

			原生动物 Protozoa	轮 虫 Rotatoria	枝角类 Cladocera	桡足类 Copepoda	合 计 Total
保 安 湖 Baoan lake	扁 担 塘 Baian dantan lake	春 Spring 夏 Summer 秋 Autumn 冬 Winter 平均 Average	2450 440 1700 2100 1672.5	1220 580 1440 560 950	2.7 1.8 3.0 24.7 8.1	62.9 77.7 89.6 30.6 65.2	3735.6 1099.5 3232.6 2715.3 2695.8
	桥 墩 湖 Qiaodunhu Lake	春 Spring 夏 Summer 秋 Autumm 冬 Winter 平均 Average	3550 1500 850 900 2150	1335 1038 1075 360 515	7.1 1.6 2.7 0.7 1.2	25.7 44.5 41.3 13.5 39.8	4917.8 2584.1 1969 1274.2 2706
	南青 菱湖 South Qinglinghu Lake	春 Spring 夏 Summer 秋 Autumm 冬 Winter 平均 Average	675 750 375 1575 844	480 790 1020 1553 961.8	0.7 8.9 10.2 1.7 5.4	36.8 19 32.4 7.8 24	1372.6 1572.9 1347.6 3136.9 1835
	北青 菱湖 North Qinglinghu Lake	春 Spring 夏 Summer 秋 Autumm 冬 Winter 平均 Average	1800 2550 750 3000 2025	120 3030 841 1155 1286.5	1 3.7 4.4 1.1 2.6	36.9 61.2 62.9 21.5 45.6	1957.9 5644.9 1658.3 4177.6 3359.7
	黄家湖 Huang Jianu lake	春 Spring 夏 Summer 秋 Autumm 冬 Winter 平均 Average	2450 1980 1700 1680 1952.5	185 2585 2018.3 1825 1653.3	231.3 6.2 3.0 0.7 60.3	27.3 61.8 390.5 27.3 126.7	2893.6 4633 4111.8 3533 3792.8

2.4 季节变动

扁担塘浮游动物的密度以春季最高,秋季次之,冬季再次之,夏季最少。桥墩湖浮游动物的密度同样以春季最高,夏季和秋季次之,冬季较少。南青菱湖浮游动物的密度以冬季最高,夏季次之,秋、春季几乎接近。北青菱湖的浮游动物密度以夏季最高,其密度为所调查的五个湖泊(区)之最,冬季次之,春季和秋季较少。

不同类型的湖泊(区),浮游动物密度高峰的出现期各异。一般趋势是:有水草湖泊(区)浮游动物密度的高峰出现于春季和冬季,如扁担塘、桥墩湖浮游动物密度的高峰均出现于春

季; 南青菱湖则出现于冬季。无水草湖区如北青菱湖、黄湖浮游动物的高峰均出现于夏季。

2.5 多样性指数

表4显示五个湖泊(区)浮游动物的Shannon-Wiener指数值。不同类型的湖泊(区)其浮游动物的多样性指数不同。扁担塘、桥墩湖、南青菱湖、北青菱湖、黄家湖浮游动物的年平均多样性指数分别为3.2981、3.4404、3.2094、2.7119、2.6461。多样性指数较高的湖区为桥墩湖和扁担塘,其次为南青菱湖,较低的为北青菱湖和黄家湖。调查结果表明,水草生长茂盛的湖泊区浮游动物的多样性指数高,反之水草被严重破坏或灭绝的湖泊区多样性指数随之而下降。作者同时应用Simpson多样性指数公式进行计算,其结果的总趋势与Shannou-Weaver计算结果一致(表3)。

表3 不同湖泊浮游动物与多样性指数
Tab.3 Diversity index of zooplanktons in different lakes

湖 Lake		春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	全年平均 Annual average
保安湖 Baoan lake	扁担塘 Baiandantang	3.5841	3.7672	2.5921	3.2490	3.2981
	Lake					
	桥墩湖 Qiaodunhu	3.7586	3.3425	3.2939	3.3667	3.4404
青菱湖 Qingling lake	Lake					
	南青菱湖 South	2.7978	3.9082	3.1306	3.0009	3.2904
	Qinglinghu Lake					
北青菱湖 North Qinglinghu	Lake	1.8363	3.5229	2.5599	2.9284	2.7119
	Lake					
黄家湖 Huang Jianu lake		2.7862	2.9463	2.6043	2.2477	2.6461

综上所述,影响长江中下游五个湖泊(区)演替过程中浮游动物的种类组成、密度、多样性指数发生改变的主要因素之一是水草的演变,水草生长茂盛的扁担塘、桥墩湖、南青菱湖浮游动物的种类数较多,分别为104种、107种、89种,而它们的浮游动物密度较小,因此这些湖泊(区)的多样性指数也相应较高。水草灭绝型的北青菱湖浮游动物种类最少,密度却较高,该湖区的多样性指数相应较低。水草资源遭严重破坏衰退型的黄家湖浮游动物种类数较少,而其密度最高,与其相应的多样性指数最低。可见浮游动物的种类组成、密度、多样性指数的递减与递增均与水草的丰度密切相关,而水生植被的分布,结构和生物量则受水体富营养化的影响^[5,6]。为此,可以这样推论:随着水体富营养化的进展,浮游动物的密度增加,种类减少,而多样性指数也随之降低。

参 考 文 献

- [1] 于丹、曾一本. 桥墩湖与扁担塘水生植物群落多样性的比较. 水生生物学报 1996, 20: 156—163. 增刊
- [2] 杨宇峰、黄祥飞. 武汉东湖浮游动物群落结构的研究. 应用生态学报. 1994, 5(3): 319—314
- [3] 胡春英. 牛山湖的浮游动物及渔业评估. 四川动物. 1989, 8(4): 12—13

- [4] 王 骥. 长江中游草型湖泊逆向演替过程中浮游藻类生物多样性的变化趋势. 水生生物学报, 1996, 20(增刊): 1201—29
- [5] MOSS B. The effects of fertilization and fish on community structure and biomass of aquatic macrophytes and epiphytic algal population in ecosystem experiment. *J. ECOL.*, 1976, 64: 313—342
- [6] Uotila P. Distribution and ecological features of hydrophytes in polluted Lake Venajavasi, s. Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 1971, 8: 257—295

THE DENSITY AND DIVERSITY OF ZOOPLANKTONS IN THE SUCCESSION OF FIVE LAKES

Hu Chunying

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract This paper embodies the results of species composition, density and diversity of zooplanktons in several lakes in the middle reaches of Changjiang River. Quarterly zooplankton samples were collected from Qiaodun Lake and Biandantang of Baoan Lake, South Qinglinghu, North Qinglinghu and Huangjiahuh Lakes from 1993 to 1994. 104 species of zooplankton were identified in Biandantang, of which 46 species were protozoa, 35 rotatoria, 17 cladocera, 6 copepoda. 107 species of zooplankton were identified in Qiaodun Lake, with 45 being protozoa, 37 rotatoria, 19 cladocera, 6 copepoda. 89 species of zooplankton were identified in South Qinglinghu, 37 of which were protozoa, 34 rotatoria, 13 cladocera, 5 copepoda. 73 species of zooplankton were identified in North Qinglinghu Lake, (28 protozoa, 28 Rotatoria, 13 Cladocera, 4 copepoda). 88 species of zooplankton were identified in Huangjiahuh Lake (31 protozoa, 39 rotatoria, 13 cladocera, 5 copepod). The number of species of zooplankton were reduced with the decrease of macrophyte biomass.

The annual average density of zooplankton were 2696 ind./L, 2706 ind./L, 1835 ind./L, 3360 ind./L, 3793 ind./L, respectively in Biandantang, Qiaodun Lake, South Qinglinghu, North Qinglinghu and Huangjiahuh Lake. In the water body surveyed, small protozoa and rotatoria were predominant in species composition and density of zooplankton. The zooplankton density increased with the decrease of macrophyte biomass.

The annual average diversity indexes of zooplankton were 3.2981, 3.4404, 3.2094, 2.7119, 2.3961, respectively in five water bodies (Biandantang, Qiaodun Lake South Qinglinghu, North Qinglinghu, Huangjiahuh Lake). The diversity index of zooplankton increased with the increase of macrophyte biomass.

Key words Lakes, Middle reaches of Changjiang River, Zooplankton, Density Diversity