

## 滩涂围垦湖泊(上海滴水湖)轮虫的群落结构与时空分布\*

何 玮, 薛俊增, 吴惠仙\*\*

(上海海洋大学水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘 要:**滴水湖是在围垦滩涂上挖成的一个人工湖. 为了解该湖泊周年轮虫群落结构特征, 于 2008-2009 年对滴水湖轮虫进行逐月采样研究, 对湖泊中轮虫的种类组成、丰度及相关生态因子间的关系进行分析. 共采集到轮虫 12 属 33 种, 优势种有萼花臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、暗小异尾轮虫以及多肢轮虫等. 周年轮虫丰度变化范围为 58.3-1829.2 ind./L, 四个季节间存在极显著差异, 水平空间上没有显著差异. 夏、秋季轮虫丰度明显高于春、冬两季, 其中秋季最高, 平均为 1087.5 ind./L; 轮虫丰度变化主要与绿藻密度、温度等有关.

**关键词:**轮虫; 群落结构; 时空分布; 滴水湖

## Community structure and spatial-temporal pattern of planktonic rotifers of Lake Dishui in the reclaimed beach land, Shanghai

HE Wei, XUE Junzeng & WU Huixian

(Ministry of Education Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Resource, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, P. R. China)

**Abstract:** Lake Dishui is a man-made lake which was excavated in the reclaimed beach land, Shanghai. The study analysed monthly sampled rotifer from the lake between 2008 and 2009 to understand the dynamic features of planktonic rotifer. We also studied the specific composition, abundance and related ecological variables of rotifers. Altogether 33 species of rotifers, belonging to 12 genera were identified. The dominant species were including *Brachionus calyciflorus*, *B. angularis*, *Trichocerca rousseleti* and *Pol-yarthra* sp. The rotifer abundance of annual varying was 58.3-1829.2 ind./L. There was an extremely significant difference among the four seasons, but no significant difference among the sample stations. Apparently the abundance of rotifers in summer and autumn was higher than those in spring and winter, particularly the value in autumn was a maximum, averaged 1087.5 ind./L. The change of rotifer-abundance was mainly related to the variables, such as *Chlorophyta* biomass and temperature.

**Keywords:** Rotifer; community structure; spatial and temporal distribution; Lake Dishui

轮虫是浮游动物的重要组成部分, 在淡水生态系统的能量传递及物质循环中发挥着重要作用. 轮虫种类组成是水体营养、理化特征及生境多样性的表征<sup>[1]</sup>. 研究轮虫在湖泊中的群落结构和动态变化, 对湖泊生态系统的健康评估和水质监测具有重要意义. 近年来国内外对湖泊轮虫生态学的研究均有很多报道, 且主要集中于天然湖泊<sup>[2-7]</sup>, 而针对滩涂围垦而成的人工湖泊的研究较少.

滴水湖(30°54'N, 121°56'E)位于上海市临港新城, 是在围垦滩涂上挖掘而成的人工湖. 滴水湖是我国目前最大的人工湖, 湖泊圆形, 平均水深 3.7m, 总面积 5.56km<sup>2</sup>, 2003 年 10 月开始从大治河引水, 属黄浦江水系, 水质污染严重. 作为新建的人工湖泊, 对临港新城的景观生态、防汛排涝、置换水体功能起着重要的作用. 本文报道了滴水湖周年轮虫的群落结构与时空分布, 并且综合考虑了滴水湖为城市湖泊、湖水为半咸水这些特性, 为科学评价滴水湖水水质现状、水环境管理和人为干扰影响分析提供理论基础.

\* 上海市重点学科建设项目(S30701)资助. 2010-04-06 收稿; 2010-06-18 收修改稿. 何玮, 男, 1986 年生, 硕士研究生; E-mail: heweisunnan2004@yahoo.com.cn.

\*\* 通讯作者; E-mail: hxwu@shou.edu.cn.

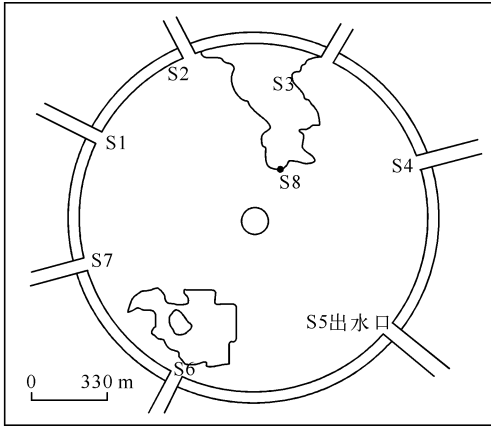


图1 滴水湖采样点分布

Fig. 1 Distribution of sampling sites in Lake Dishui

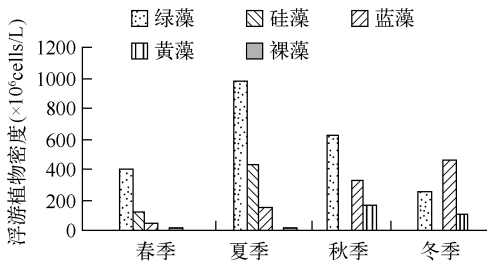


图2 滴水湖浮游植物各主要类群密度

Fig. 2 Density of main groups of phytoplankton in Lake Dishui

## 2 结果与分析

### 2.1 环境因子

通过对滴水湖近几年水质变化情况的对比发现<sup>[11-13]</sup>, 水体 TP、TN 含量均呈现明显的上升趋势, 透明度则有所下降(表1), 说明水体富营养化水平呈升高的趋势. 藻类中绿藻丰度在春季、夏季、秋季三个季节占优势; 蓝藻在冬季占优势, 并且在夏、秋两季也占有一定的优势(图2).

表1 滴水湖近几年水质变化

Tab. 1 Changes of water quality of Lake Dishui in recent years

时间(年或年-月)	温度(°C)	透明度(cm)	DO(mg/L)	TP(mg/L)	TN(mg/L)
2004	-	-	-	0.04-0.14	1.70-4.00
2005-05至2006-05	-	51.00	-	0.08	1.28
2007	20.01	51.20	9.39	0.09	1.07
2008-03至2009-02	17.60	40.70	10.09	0.34	2.77

### 2.2 轮虫种类组成

共鉴定到轮虫12属33种, 其中臂尾轮科14种, 疣毛轮科6种, 晶囊轮科4种, 鼠轮科4种, 镜轮科3种, 椎轮科、六腕轮科各1种. 采样期间出现频率超过33%的种类有10种, 亚热带地区广泛分布的种属臂尾轮属、异尾轮属、三肢轮属的出现频率较高, 其中的萼花臂尾轮虫、角突臂尾轮虫全年12个月均有出现. 在

## 1 材料与方法

### 1.1 采样情况

根据滴水湖湖区特征, 在滴水湖出入水口、河道横隔处和近湖中心处设8个采样断面(S1-S8)(图1). 2008年3月至2009年2月, 每月采样一次, 每个采样断面设左、中、右3个平行采样点. 轮虫的定性样品用64μm浮游生物网在垂直和水平方向上拖取. 轮虫的定量样品自水表层及底层取水各5L, 等量混合取1L, 用15ml的鲁哥氏液固定, 浓缩至50ml, 加4%福尔马林保存以备镜检. 浮游植物的样品与轮虫共用, 定量计数前将沉淀样品充分摇匀, 然后吸取0.1ml注入计数框内, 在10×20倍的光镜下鉴定计数<sup>[8]</sup>.

### 1.2 理化因子的测定

水体理化因子采用现场测定和实验室分析的方法. 其中温度、pH、溶解氧、补偿电导率等用YSI6600多功能水质分析仪现场测定, 透明度用塞氏盘测定, 总氮、总磷带回实验室按规定的国家标准方法分析<sup>[9-10]</sup>.

### 1.3 数据分析

多样性指数采用Shannon-Weaver指数; 用CANOCO软件进行典范相关分析(CCA分析), 分析群落与环境因子间的关系; 数据分析采用DPS软件.

春季(3-5月),相对于其他3个季节,轮虫种类数明显偏少,平均为2种.每个月都有未发现轮虫的点,如3月份的S2和S3样点,4月份的S4样点,5月份的S3、S6和S8样点.在夏季(6-8月),轮虫种类数最多,相同月份不同样点的种类数接近.6月份轮虫种类数为4-5种,7月份为5-6种,8月份为7-8种,在时间上呈上升的趋势.在秋季(9-11月),轮虫种类数相对较多,9月、10月份平均为7种,11月份有所下降,为5种.9月、10月轮虫种类最大值均出现在S2点,分别为10种、8种;最小值均出现在S8点,都为3种.在冬季(12-2月),轮虫种类数相对较少,平均为4种(图3).

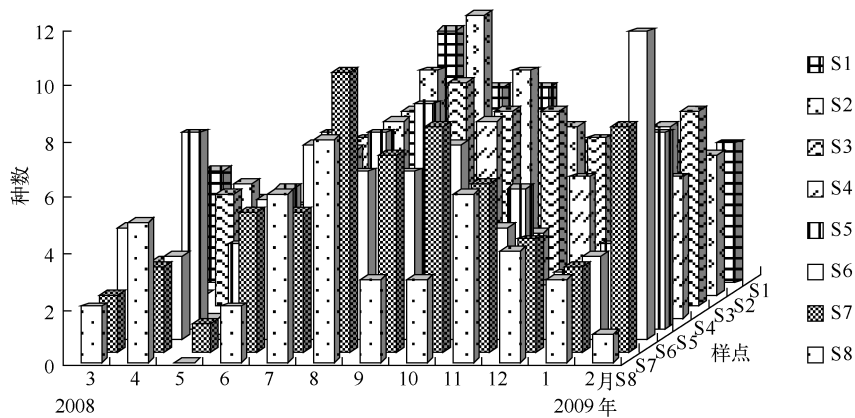


图3 滴水湖轮虫种类数

Fig. 3 Species numbers of rotifers in Lake Dishui

常见种有萼花臂尾轮虫(*B. calyciflorus*)、角突臂尾轮虫(*B. angularis*)、褶皱臂尾轮虫(*B. plicatilis*)、热带龟甲轮虫(*K. tropica*)、前节晶囊轮虫(*A. priodonta*)、多肢轮虫(*Polyarthra* sp.)、暗小异尾轮虫(*T. rousseleti*)、长三支轮虫(*F. longiseta*),大多数为小型的、具有坚硬背甲的轮虫.许多种类只在某些月份采集到,如长肢多肢轮虫(*P. dolichoptera*)仅出现在1月份;圆形臂尾轮虫(*B. rotundiformis*)、西氏晶囊轮虫(*A. sieboldi*)仅出现在4月份;尾棘巨头轮虫(*C. sterea*)仅出现在6月份;真翅多肢轮虫(*P. euryptera*)、刺簇多肢轮虫(*P. trigla*)、顶生三支轮虫(*F. terminalis*)、脾状三支轮虫(*F. opoliensis*)、中型六腕轮虫(*H. intermedia*)仅出现在8月份;镰形臂尾轮虫(*B. falcatus*)、钩状狭甲轮虫(*C. uncinata*)、多突囊足轮虫(*A. multiceps*)、长刺异尾轮虫(*T. longiseta*)、二突异尾轮虫(*T. bicristata*)仅在10月份出现;螺形龟甲轮虫(*K. cochlearis*)只在11月份出现,臂三支轮虫(*F. brachiata*)只出现在2、4月份水样中;剪形臂尾轮虫(*B. forficula*)仅出现在9、10月份.

对四个季节采样的种类数进行单因子方差分析( $F$ 检验), $F = 20.004$ , $P < 0.01$ ,按 $\alpha = 0.05$ 标准,四个季节出现的种类数差异极显著.而对于8个采样点的种类数进行分析, $F = 2.2476$ , $P > 0.05$ ,8个样点出现的种类数差异不显著.

### 2.3 多样性指数

滴水湖全年各月的Shannon-Weaver多样性指数,其值在1.24-2.40之间,均值为1.67,多样性指数较高.

### 2.4 丰度

2.4.1 总丰度 滴水湖轮虫周年丰度在58.3-1829.2ind./L内变动,平均丰度为621.9ind./L,具有夏秋季高、春冬季低的动态特点.在春季,滴水湖轮虫丰度变化范围为58.3-304.2ind./L,平均丰度为159.7ind./L,明显低于其他三个季节.在夏季,轮虫丰度变化范围为333.3-1829.2ind./L,平均值为976.4ind./L.在秋季,轮虫丰度的变化范围是775-1579.2ind./L,平均值为1087.5ind./L.夏、秋季节轮虫丰度较大,尤其秋季轮虫丰度最大.在冬季,轮虫丰度变化范围为150-333.3ind./L,平均值为263.9ind./L(图4).

对四个季节的轮虫丰度进行单因子方差分析( $F$ 检验), $F = 89.6169$ , $P < 0.01$ ,按 $\alpha = 0.05$ 标准,四个季节的轮虫丰度差异极其显著.从周年来看,春季轮虫的平均丰度最低,夏、秋两季的轮虫丰度较高.从轮虫

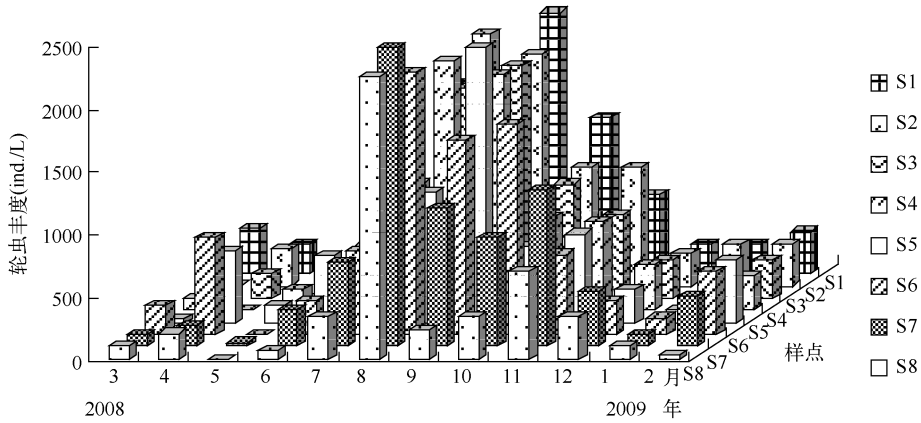


图4 滴水湖轮虫丰度的周年变化

Fig. 4 Annual dynamics of rotifer abundance of Lake Dishui

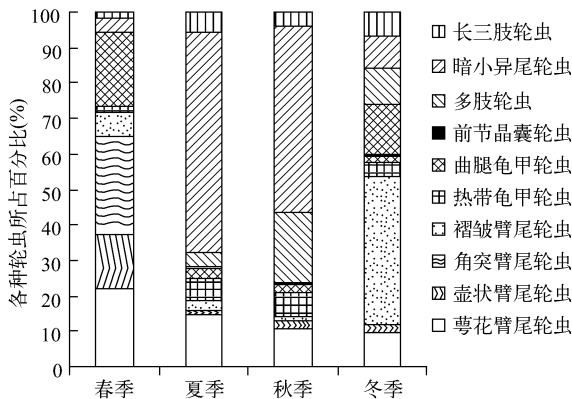


图5 滴水湖轮虫优势种的相对丰度变化

Fig. 5 Dynamics of relative abundances of the dominant rotifers in Lake Dishui

的空间分布情况来看,春季轮虫样点间的波动幅度较大,而夏季和冬季轮虫样点间的波动幅度较小.而对8个样点的轮虫丰度进行单因子方差分析,  $F = 1.0435, P > 0.05$ ,按  $\alpha = 0.05$  标准,8个样点的丰度差异不显著.

2.4.2 优势种的丰度 形成夏、秋季两个数量峰值的轮虫种类组成基本相同,第一优势种均为暗小异尾轮虫,相对丰度几乎都维持在40%以上;夏季第二优势种为萼花臂尾轮虫,而秋季第二优势种为多肢轮虫,相对丰度都在15%以上.春季的主要优势种为萼花臂尾轮虫(相对丰度 > 18%)和角突臂尾轮虫(相对丰度 > 30%);冬季的主要优势种为角突臂尾轮虫(相对丰度 > 28%)和前节晶囊轮虫(相对丰度 > 13%) (图5). 不同样点主要优势种种类,除样点 S7、S8 为暗小异尾轮虫和萼花臂尾轮虫外,其他5

个采样点的主要优势种均为暗小异尾轮虫和多肢轮虫.

根据优势度值的计算<sup>[14]</sup>,滴水湖轮虫主要优势种为萼花臂尾轮虫、壶状臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、褶皱臂尾轮虫、热带龟甲轮虫、曲腿龟甲轮虫、前节晶囊轮虫、多肢轮虫、暗小异尾轮虫和长三肢轮虫等.臂尾轮虫(包括萼花臂尾轮虫、壶状臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、褶皱臂尾轮虫)的丰度在全年都保持较高值,尤其在春、冬两季更是占绝对优势;龟甲轮虫(包括热带龟甲轮虫、曲腿龟甲轮虫)和多肢轮虫主要在秋季保持较高的丰度;晶囊轮虫在春、冬两季保持较高的丰度;异尾轮属,主要是暗小异尾轮虫,其丰度在夏、秋两季占绝对优势.

### 2.5 主要轮虫的丰度与环境因子的关系

根据轮虫丰度和出现的频率,选取10种主要轮虫种类,这些轮虫的丰度占滴水湖轮虫总丰度的93.9%.利用典范相关分析方法,分析了这10种轮虫丰度与各种环境因子之间的关系(包括蓝藻密度、绿藻密度、浮游植物密度;温度、透明度、DO、补偿电导率、pH、TN、TP等)(图6).总体来看,绿藻密度、浮游植物密度、温度和透明度是影响轮虫群落结构的主要因子.然而,轮虫丰度与环境因子之间的相关性具有明显的季节性差异.如春季8个样点的轮虫种类(1-8)与电导率、溶解氧呈正相关,夏季的与pH、TN、TP、温度、绿

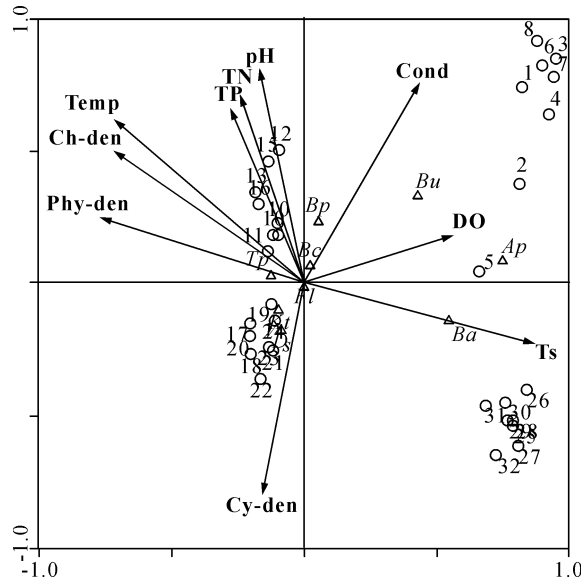


图6 轮虫丰度与环境因子之间的典范相关性分析(Kv = *K. valga*, Fl = *F. longiseta*, Tp = *T. pusilla*, Ap = *A. priodonta*, Bc = *B. calyciflorus*, Ba = *B. angularis*, Kt = *K. tropica*, Bp = *B. plicatilis*, Ps = *Polyarthra* sp. , Bu = *B. urceolaris*. The number: samples (1–32). Ts:透明度, Cy-den:蓝藻密度, Phy-den:浮游植物密度, Ch-den:绿藻密度, Temp:温度, TP:总磷, TN:总氮, pH:酸碱度, Cond:电导率, DO:溶解氧)

Fig. 6 Canonic correlation analyses between rotifer abundance and environmental variables

藻密度以及浮游植物密度呈正相关,秋季的与蓝藻密度呈正相关,冬季的与透明度呈正相关。

### 3 讨论

#### 3.1 轮虫的种类多样性与群落结构特征

滴水湖轮虫种类组成以臂尾轮属、异尾轮属、龟甲轮属、多肢轮属和晶囊轮属为主,其种类占总种类的74.3%。其中臂尾轮属有9种,比较常见的有萼花臂尾轮虫、壶状臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、褶皱臂尾轮虫;异尾轮属主要有暗小异尾轮虫。轮虫更适宜淡水和低盐度的半咸水,滴水湖底质为河口海滩滩涂,底泥盐度较一般内陆淡水湖的要高,盐度为2–3,从而为轮虫提供了一个良好的生存环境。

滴水湖周年平均水温为17.6℃,轮虫主要为广温性种类(包括臂尾轮虫、龟甲轮虫和晶囊轮虫),有些为暖水性种类,主要是异尾轮虫。个体大、肉食性的生物量优势种晶囊轮虫比较喜欢生活于水域宽敞的生态环境;而个体相对较小的密度优势种针簇多肢轮虫的分布极其广阔,从浅沼泽地到深水湖的敞水带都有其踪迹<sup>[8]</sup>。Duggan等认为针簇多肢轮虫等更适合在低营养水体环境中生长,而萼花臂尾轮虫、长三肢轮虫等更适应于富营养水平的水体<sup>[15]</sup>。

#### 3.2 轮虫的群落组成与水体营养水平

2006、2007年Shannon-Weaver多样性指数分别为1.20、1.44,而2008年的则为1.67。根据饶小珍等提出, $H' > 3$ 为轻污染或无污染,2–3为 $\beta$ 中污,1–2为 $\alpha$ 污染, $< 1$ 为严重污染<sup>[16]</sup>;因此滴水湖水体总体呈现 $\alpha$ 污染程度。根据污染生物指示法,滴水湖出现了不同污染指示等级的生物,分别有: $\alpha$ -中污的长三肢轮虫; $\alpha$ - $\beta$ (寡污- $\beta$ 中污)的曲腿龟甲轮虫、盖氏晶囊轮虫、裂足臂尾轮虫、螺形龟甲轮虫等; $\beta$ 中污的前节晶囊轮虫、暗小异尾轮虫、剪形臂尾轮虫、镰状臂尾轮虫、矩形臂尾轮虫、顶生三肢轮虫等; $\beta$ - $\alpha$ ( $\beta$ - $\alpha$ 中污)的针簇多肢轮虫、刺簇多肢轮虫、萼花臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、壶状臂尾轮虫等。滴水湖总共出现了17种污染指示轮虫。

按照生物指数法的评价指标,2006年、2007年 $Q_{B/T}$ 平均值分别为2.7和5,表征为富营养<sup>[12]</sup>;而2008年的 $Q_{B/T}$ 均值为2.3,亦表征为富营养<sup>[17]</sup>.这与水质理化因子的评价结果是一致的.从优势种看,基本上是在 $\beta$ - $\alpha$ 中污带,尤其臂尾轮属的种类;一般认为,水质富营养化的典型指示种有10种:臂尾轮虫、裂痕龟纹轮虫、沟痕泡轮虫、扁平泡轮虫、圆筒异尾轮虫、长三肢轮虫、暗小异尾轮虫、螺形龟甲轮虫、矩形龟甲轮虫和真翅多肢轮虫<sup>[18]</sup>.本次调查的33种轮虫中,富营养型指示种出现了14种,占有种类的42%.水化学监测与生物指示法在水质的评价上有较好的一致性,所指示的生态环境是中国东部地区水生生态系统.滴水湖是一个中富营养化的湖泊,来源水水质污染较严重<sup>[19]</sup>,水体交换慢,这可能是导致滴水湖呈富营养状态的主要原因.

### 3.3 影响轮虫丰度的主要因子

轮虫的数量主要受温度和食物所控制<sup>[20-22]</sup>.轮虫主要以真核藻类、细菌和原生动物作为食物<sup>[23-24]</sup>.进入滴水湖的生活污水和其他有机污染物,为细菌和原生动物的繁殖提供了优良的条件,进而为轮虫的生长和发育提供了食物.在典范相关分析中,绿藻密度、浮游植物密度(包括了绿藻)、温度都是影响轮虫数量与组成的重要因子,这些因子在很大程度上反映了水体中食物的状况.

Pourriot认为,臂尾轮属的轮虫以藻类为主要食物<sup>[25]</sup>.本研究数据表明,臂尾轮虫丰度的变化基本上与藻类丰度的变化一致,呈现同方向变动.在典范相关分析中,水温也是影响滴水湖轮虫群落结构的一个重要因子.轮虫具有差别的温度适应性,当水温达到特定轮虫的最适温度时,其种群增长率也最大<sup>[1]</sup>.水温上升时,藻类的丰度也不断上升,8月份温度达到最大值,此时藻类丰度到达最大峰值,这为轮虫的生长提供了有利条件.8月份过后,随着水温的下降,藻类丰度也逐渐下降.透明度也影响着轮虫丰度的变化,尤其在冬季,由于受雨水泥沙冲击小,较高透明度可能影响浮游植物的初级生产力,而有利于某些轮虫的生长<sup>[26]</sup>.DO、pH、TP和TN为次要因子,其中滴水湖秋、冬季的TN、TP含量低且变化不大,而轮虫丰度急剧下降,这说明氮、磷对轮虫数量的影响不大.

### 3.4 轮虫种类与丰度的时空分布

2007年滴水湖共检出轮虫27种,表现为夏、秋季多,冬、春季少<sup>[12]</sup>.本研究检出轮虫共有33种,比2007年多6种,亦表现为夏、秋季多,冬、春季少.2007年轮虫丰度平均为2751ind./L,而2008年的为621.9ind./L,相比之下,2008年的轮虫密度仅占2007年的23%.这说明虽然滴水湖轮虫的多样性有所增加,但是其密度却大大减少.从优势种来看,2007年滴水湖的优势种主要有褶皱臂尾轮虫、中型六腕轮虫、角突臂尾轮虫、疣毛轮虫、十字龟甲轮虫;而2008年的优势种为萼花臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、褶皱臂尾轮虫、热带龟甲轮虫、多肢轮虫、暗小异尾轮虫和长三肢轮虫等.除了角突臂尾轮虫、褶皱臂尾轮虫与2007年相同外,2008年优势种主要增加了适应于乙型-中污性至寡污性水体生存的多肢轮虫、暗小异尾轮虫和长三肢轮虫等.而角突臂尾轮虫、褶皱臂尾轮虫环境适应能力很强、分布很广,前者在长江中下游中小型湖泊终年均有出现,后者分布于温带至热带广大地区的半咸水和海水水域,两者均喜欢有机质丰富的水体<sup>[8,27]</sup>.这些特点都与滴水湖的现状相吻合.

就滴水湖本身而言,不同样点的轮虫种类数量和丰度,其差异均不显著.其主要原因可能是,相对于天然湖泊,滴水湖湖区不大,各个样点的理化情况差异不明显,从而为轮虫生长营造了一个相似的生活环境.因此,不同样点的轮虫种类数和丰度呈显著差异.

## 4 参考文献

- [1] Herzig A. The analysis of planktonic rotifer populations; A plea for long term investigations. *Hydrobiologia*, 1987, **147**: 163-180.
- [2] Sharma BK. Rotifer communities of floodplain lakes of the Brahmaputra basin of lower Assam (NE India): biodiversity, distribution and ecology. *Hydrobiologia*, 2005, **533**: 209-221.
- [3] Lewis WM. Basis for the protection and management of tropical lakes. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 2000, **5**: 35-48.
- [4] 黄祥飞,陈雪梅,伍焯田等.武汉东湖浮游动物数量和生物量变动的研究.水生生物学报,1984,**8**(3):346-358.
- [5] 黄祥飞,胡春英.武汉东湖针簇多肢轮虫的种群变动和生产力.水生生物学报,1989,**13**(1):15-23.

- [ 6 ] 杨桂军,秦伯强,高 光等. 太湖不同湖区轮虫群落结构季节变化的比较研究. 环境科学,2008,29(10):2964-2969.
- [ 7 ] 李共国,虞左明,千岛湖轮虫群落结构及水质生态学评价. 湖泊科学,2003,15(2):169-176.
- [ 8 ] 章宗涉,黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法. 北京:科学出版社,1991.
- [ 9 ] 黄祥飞. 湖泊生态调查观测与分析. 北京:中国标准出版社,1999.
- [ 10 ] 金相灿,刘树坤,章宗涉等. 中国湖泊环境(第一册). 北京:海洋出版社,1995.
- [ 11 ] 王延洋,李晓波,吴 波等. 上海滴水湖浮游动物研究初报. 上海师范大学学报(自然科学版),2008,37(2):167-172.
- [ 12 ] 王延洋. 滴水湖浮游动物群落结构及水质生态学评价[学位论文]. 上海:上海师范大学,2008.
- [ 13 ] 汪海英,周敏杰. 临港新城——滴水湖富营养化现状评价及调控对策. 上海水务,2006,22(4):24-28.
- [ 14 ] 徐兆礼,陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲶渔场的关系. 生态学报,1989,8(4):13-15.
- [ 15 ] Duggan IC, Green JD, Shiel RJ. Distribution of rotifers in North Island, New Zealand and their potential use as bioindicators of lake trophic state. *Hydrobiologia*, 2001, 446/447:155-164.
- [ 16 ] 饶小珍,许友勤,陈寅山. 福州内河的轮虫与水质污染评价. 福建师范大学学报(自然科学版),2000,(1):71-75.
- [ 17 ] Sladeck V. Rotifera as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 1983, 100:169-201.
- [ 18 ] Haberman J. Zooplankton of Lake Vortsjarv. *Limnologica*, 1998, 28:49-65.
- [ 19 ] 吴从林. 地表雨水径流对上海海港新城滴水湖水质的影响分析. 水利水电快报,2006,27(24):89-105.
- [ 20 ] 杨 柳,陈绵润,林秋奇等. 一座热带高产渔业水库枯水期轮虫的群落组成与动态分析. 湖泊科学,2008,20(6):780-789.
- [ 21 ] Hofmann W. The influence of abiotic environmental factors on population dynamics in planktonic rotifers. *Arch Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 1977, 8:77-83.
- [ 22 ] Kim HW, Hwang SJ, Joo GJ. Zooplankton grazing on bacteria and phytoplankton in a regulated large river (Nakdong River, Korea). *Journal of Plankton Research*, 2000, 22(8):1559-1577.
- [ 23 ] Flores BJ, Sarma SS, Nandini S. Effect of single species or mixed algal (*Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus*) diets on the life Table Demography of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera: Brachionidae). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 2005, 33(6):614-621.
- [ 24 ] Jürgens K, Wickham SA, Rothhaupt KO *et al.* Feeding rates of macro- and micro-zooplankton on heterotrophic nanoflagellates. *Limnology & Oceanography*, 1996, 41(8):1833-1839.
- [ 25 ] Pourriot R. Food and feeding habits of rotifera. *Archiv für Hydrobiologie Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 1977, 8:243-260.
- [ 26 ] 贺筱蓉,俞永鑫,楼琦霞等. 杭州西溪湿地春季浮游轮虫群落结构的初步研究. 海洋学研究,2009,27(2):90-96.
- [ 27 ] 王家楫. 中国淡水轮虫志. 北京:科学出版社,1961.