

## 广州城市河段和湖泊轮虫群落结构的研究

茹鹏凌, 王庆, 杨宇峰

(暨南大学水生生物研究所, 广东 广州 510632)

**[摘要]** 2005年12月-2006年11月,对珠江广州河段及天河、流花公园内湖泊轮虫群落结构进行了初步研究。经鉴定,共发现轮虫21属77种(包括亚种)。其中湖泊的优势种分别为暗小异尾轮虫(*Trichocerca pusilla*)、微型多突轮虫(*Liliferotrocha subtilis*)、裂痕龟纹轮虫(*Anuraeopsis fissa*)和剪形臂尾轮虫(*Brachionus forficula*),而广州河段则是微型多突轮虫(*Liliferotrocha subtilis*)、裂痕龟纹轮虫(*Anuraeopsis fissa*)、暗小异尾轮虫(*Trichocerca pusilla*)、角突臂尾轮虫(*Brachionus angularis*)和尾突臂尾轮虫(*Brachionus caudatus*)。轮虫数量的两次高峰分别出现在春末夏初和8月份。全年最高密度为5494 ind./L(中大采样点,2005年12月),最低密度为117 ind./L(中大采样点,2006年7月)。枯水期,轮虫密度较高,丰水期,轮虫密度较低。4个采样点轮虫年平均密度以天河采样点最高(1260 ind./L),中大采样点次之(1123 ind./L),黄埔采样点再次(737 ind./L),流花采样点最低(718 ind./L)。径流量、盐度、温度是造成河口和湖泊轮虫密度以及种类组成区别的重要因素。研究结果表明轮虫在河流和湖泊生态系统中具有重要作用。

**[关键词]** 轮虫; 群落结构; 珠江广州河段; 城市湖泊

**[中图分类号]** Q178.1<sup>44</sup>; Q178.51<sup>43</sup> **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-9965(2007)05-0524-07

## Studies on community structure of rotifers in the Guangzhou segment of the River Pearl and the city lakes

RU Peng-ling, WANG Qing, YANG Yu-feng

(Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**[Abstract]** The spatial and temporal distribution of planktonic rotifers in the Guangzhou segment of the River Pearl and the two city lakes, was investigated at one month intervals from December 2005 to November 2006. 77 species of rotifer belonging to 21 genera and 13 families were identified during the survey period. Results indicate that the dominant species were *Trichocerca pusilla*, *Liliferotrocha subtilis*, *Anuraeopsis fissa* and *Brachionus forficula* in the lakes, and *Liliferotrocha subtilis*, *Anuraeopsis fissa*, *Trichocerca pusilla*, *Brachionus angularis* and *Brachionus caudatus* in the river segment, respectively. The peak densities were recorded in the end of spring and the beginning of summer, and August. The highest annual average density of total rotifers was 5494 ind./L (Zhongda port, December 2005). The lowest annual average density of total rotifers was 117 ind./L (Zhongda port, July 2006). The annual average density was highest in Tianhe (1260 ind./L), then Zhongda (1123 ind./L) and Huangpu (737 ind./L), lowest in Liuhua (718 ind./L). River discharge and salinity have important effect on the density fluctuation of rotifers. The importance of temperature in determining rotifer community structure and seasonal

**[收稿日期]** 2007-05-24

**[基金项目]** 国家自然科学基金(40673062);科技部973项目(2002CB412405)资助

**[作者简介]** 茹鹏凌(1981-),男,硕士研究生,研究方向:河口近海环境与浮游动物生态。通讯联系人:杨宇峰,tyyf@jnu.edu.cn

succession is analyzed. Results indicate that rotifers play an important role in river and lake ecosystems.

[Key words] rotifers; community structure; Guangzhou segment of River Pearl; city lakes

珠江是我国三大江河之一,径流量居全国第二位。珠江流域位于典型的亚热带季风气候区,高温多雨,每年的4月份到9月份是珠江汛期。天河公园和流花湖公园位于广州城区,两公园内的湖泊在丰富城市景观、减缓洪涝灾害、调节气候、保护水生生物多样性等方面具有重要的作用。轮虫因其发育时间短、周转快、生产量较高的特点,在水生态系统中起着重要的作用。国内外学者对河口和湖泊的轮虫进行了广泛深入的研究<sup>[1-4]</sup>。而有关珠江广州河段和城市湖泊水生生物,特别是浮游轮虫的研究很少,仅王庆<sup>[5]</sup>对珠江广州河段轮虫群落进行了初步调查。本文首次对广州两城市湖泊轮虫群落结构进行了为期一年的调查并与珠江广州城市河段轮虫进行了比较研究,旨在为广州城市水环境保护提供基础数据。

1 材料与方法

本次调查共设4个采样点(中大、黄埔、天河、流花),分别位于珠江广州河段(低盐度河口水域)的中大码头和黄埔港,天河公园和流花公园内的湖泊。2005年12月至2006年11月,每月采样一次。定量样品用2 L采水器采集6 L表层水,经20 μm浮游生物网过滤浓缩,用甲醛固定(最终浓度4%~5%)。定性样品用35 μm的浮游生物网采集。种类鉴定主要依据《中国淡水轮虫志》<sup>[6]</sup>和《Rotatoria》<sup>[7]</sup>。计数采用1 mL计数框,根据浮游生物的密度,将样品沉淀浓缩成10 mL至50 mL,在显微镜下计数,每个样品计数2片,取其平均值。采集轮虫样品的同时,用YSI-556水质仪(美国)测定水温和盐度。总氮(TN)的测定采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(GB11894-89),总磷(TP)的测定采用钼酸铵分光光度法(GB11893-89),叶绿素a的测定采用国家标准方法丙酮三色法。

2 结果

2.1 环境因子的周年变化

中大、黄埔、天河、流花4个采样点的水温、盐度、总氮、总磷和叶绿素a 5个环境因子的周年变化见表1。4个采样点的水温变化范围几乎一致,12月时水温最低,1~4月份趋于平缓,随后逐渐上升,7、8月时达到最高,然后逐渐下降。在水温变动的总体趋势上,两城市湖泊和珠江广州河段总体一致。

对于盐度,在冬季枯水期,径流量减少,海水上溯,盐度逐渐上升,黄埔港盐度最大值达3.69‰(1月),中大码头高峰值达1.35‰(2月)。随着雨季到来,河流径流量开始增加,海水对河口盐度的影响逐渐变小。4~10月处于平稳期。湖泊中的水主要来自降雨和人工蓄水,所以全年盐度基本持平。中大、黄埔的年平均盐度分别为0.42‰和1.06‰,而天河、流花的年平均盐度分别为0.13‰和0.21‰。总的来说,河口在枯水期间,受海水潮流的影响,盐度变化较大,而湖泊盐度全年基本维持不变。

总氮、总磷和叶绿素在汛期和雨季期间都有不同程度的降低,叶绿素降低的程度较为明显,其他月份随着温度的升高而升高。总氮在冬季最高,随着春季的到来有所降低,在3月份有小幅度的增长,在4~9月份的雨季中为全年最低,雨季过后再升高,全年总氮平均值以中大最高(8.3 mg/L),黄埔次之(6.7 mg/L),随后是流花(4.2 mg/L)和天河(3.7 mg/L);总磷在冬季波动较大,河口的峰值出现在1月份,之后的4~11月变化较为平稳,全年总磷平均值也是以中大最高(0.37 mg/L),黄埔次之(0.34 mg/L),随后是流花(0.23 mg/L)和天河(0.16 mg/L);叶绿素指标在1~4月份有所增高,4~9月份受径流量或蓄水量的影响降低,雨季之后再度升高,全年叶绿素平均值则是以流花最高(159.1 mg/m<sup>3</sup>),天河次之

表1 4个采样点水温、盐度、叶绿素a、总氮和总磷的周年变化(2005年12月-2006年11月)

采样地点	t/℃		盐度/‰		叶绿素/(mg·m <sup>-3</sup> )		总氮/(mg·L <sup>-1</sup> )		总磷/(mg·L <sup>-1</sup> )	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
天河	14.0-31.7	24.1	0.1-0.34	0.13	38.7-282	151.0	2.0-7.3	3.7	0.12-0.22	0.16
流花	13.1-30.8	23.9	0.15-0.28	0.21	90.6-221.7	159.1	2.5-6.8	4.2	0.16-0.44	0.23
中大	15.7-31.1	23.7	0.07-1.35	0.42	7.6-175	82.8	3.0-16.3	8.3	0.29-0.62	0.37
黄埔	16.2-30.5	24.2	0.11-3.69	1.06	5.1-195.1	66.5	2.1-13.0	6.7	0.24-0.53	0.34

(151.0 mg/m<sup>3</sup>),随后是中大(82.8 mg/m<sup>3</sup>)和黄埔(66.5 mg/m<sup>3</sup>).

2.2 轮虫的种类组成

经鉴定,珠江广州河段,天河和流花公园内湖泊的轮虫共计 77 种(包括亚种),隶属于 2 纲、3 目、13 科 21 属. 其中,双巢轮纲 1 目、1 科、2 属、5 种;单巢

轮纲 2 目、13 科、19 属、72 种. 种类以臂尾轮科、腔轮科、三肢轮科和异尾轮科的种类居多. 湖泊的优势种根据数量多少依次为暗小异尾轮虫、微型多突轮虫、裂痕龟纹轮虫和剪形臂尾轮虫,而河口则是微型多突轮虫、裂痕龟纹轮虫、暗小异尾轮虫、角突臂尾轮虫和尾突臂尾轮虫(表 2、表 3).

表 2 珠江广州河段和湖泊轮虫的种类组成

轮虫种类	天河公园	流花湖公园	中大码头	黄浦港码头
单巢纲(Monogononta)				
裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+
卜氏晶囊轮虫 <i>Asplanchna brightwelli</i> (Gosse, 1850)	+	+	+	+
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+
精达臂尾轮虫 <i>Brachionus budapestinensis</i> (Daday, 1885)	+	+	+	+
蓴花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1766)	+	+	+	+
无棘蓴花臂尾轮虫 <i>Brachionus c. dorcas</i> (Gosse, 1851)	-	-	+	+
双棘蓴花臂尾轮虫 <i>Brachionus c. amphiceros</i> (Ehrenberg, 1838)	+	+	+	+
尾突臂尾轮虫 <i>Brachionus caudatus</i> (Barrois & Daday, 1894)	-	-	+	+
裂足臂尾轮虫 <i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)	+	+	+	+
镰形臂尾轮虫 <i>Brachionus falcatus</i> (Zacharias, 1898)	+	-	+	+
剪形臂尾轮虫 <i>Brachionus forficula</i> (Wierzejski, 1891)	+	+	+	+
短棘剪形臂尾轮虫 <i>Brachionus f. reducta</i> (Grese, 1926)	-	-	+	+
矩形臂尾轮虫 <i>Brachionus leydigi</i> (Cohn, 1862)	-	-	+	-
褶皱臂尾轮虫 <i>Brachionus plicatilis</i> (O. F. M., 1786)	-	-	+	+
方形臂尾轮虫 <i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	-	-	+	+
短棘方形臂尾轮虫 <i>Brachionus q. brevispinus</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	+	-
壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceolaris</i> (O. F. M., 1773)	+	+	+	+
瓣状胶鞘轮虫 <i>Collotheca ornata ornata</i> (Ehrenberg, 1832)	-	+	-	-
一种胶鞘轮虫 <i>Collotheca</i> sp.	+	+	+	+
爱德里亚狭甲轮虫 <i>Colurella adriatica</i> (Ehrenberg, 1831)	+	-	-	-
钩状狭甲轮虫 <i>Colurella uncinata</i> (O. F. M., 1773)	-	-	+	-
叉角囊花轮虫 <i>Conochilus dossuarius</i> (Hudson, 1875)	-	-	+	+
粗足水轮虫 <i>Epiphanes macrourus</i> (Barrois & Daday, 1894)	-	-	+	+
泛热三肢轮虫 <i>Filinia camasecla</i> (Myers, 1938)	-	-	-	+
臂三肢轮虫 <i>Filinia brachiata</i> (Harring, 1913)	+	-	+	+
角三肢轮虫 <i>Filinia cornuta</i> (Weisse, 1847)	+	-	-	+
长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	-	-	+	-
跃进长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta passa</i> (O. F. M., 1786)	-	-	-	+
西氏三肢轮虫 <i>Filinia novaezealandiae</i> (Shiel & Sanoamuang, 1993)	+	+	+	+
脾状三肢轮虫 <i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)	+	+	+	+
奇异六腕轮虫 <i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	-	+	+	-
曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i> (Ahlstrom, 1934)	+	+	+	-
螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+
无棘螺形龟甲轮虫 <i>Keratella c. tecta</i> (Lauterborn, 1898)	-	-	+	-
矩形龟甲轮虫 <i>Keratella quadrata</i> (O. F. M., 1786)	-	-	-	+

续上表

轮虫种类	天河公园	流花湖公园	中大码头	黄浦港码头
热带龟甲轮虫 <i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	-	-	+	+
爱琴腔轮虫 <i>Lecane aeganea</i> (Harring 1914)	-	-	-	+
囊状腔轮虫 <i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1886)	-	-	+	+
尖趾腔轮虫 <i>Lecane closteroerca</i> (Schmarda, 1859)	-	-	-	+
弯角腔轮虫 <i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)	-	-	+	+
华美腔轮虫 <i>Lecane elegans</i> (Harring, 1914)	-	-	+	+
柔韧腔轮虫 <i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1889)	-	-	-	+
叉爪腔轮虫 <i>Lecane furcata</i> (Murray, 1913)	-	-	+	-
尖角腔轮虫 <i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	-	-	+	+
矛趾腔轮虫 <i>Lecane hastata</i> (Murray, 1913)	-	-	-	+
无甲腔轮虫 <i>Lecane inermis</i> (Bryce, 1892)	-	-	+	+
月形腔轮虫 <i>Lecane luna</i> (O. F. M., 1776)	-	-	-	+
凹顶腔轮虫 <i>Lecane papuana</i> (Murray, 1913)	-	-	+	+
罗氏腔轮虫 <i>Lecane robertsonae</i> (Segers, 1993)	-	-	+	+
史氏腔轮虫 <i>Lecane stenroosi</i> (Meissner, 1908)	-	-	-	+
棘腔轮虫 <i>Lecane stichaea</i> (Harring, 1913)	-	-	+	+
短趾腔轮虫 <i>Lecane glypta</i> (Harring & Myers, 1926)	+	+	+	+
蹄形腔轮虫 <i>Lecane unguate</i> (Harring, 1913)	-	-	+	+
一种腔轮虫 <i>Lecane</i> sp1.	+	+	+	+
一种腔轮虫 <i>Lecane</i> sp2.	+	+	-	-
尖爪单趾轮虫 <i>Lecane closteroerca</i> (Schmarda, 1859)	+	+	-	-
爪趾单趾轮虫 <i>Lecane unguitata</i> (Fadeew, 1925)	-	-	+	+
卵形鞍甲轮虫 <i>Lepadella ovalis</i> (O. F. M., 1786)	-	-	-	+
盘状鞍甲轮虫 <i>Lepadella patella</i> (O. F. M., 1786)	-	-	-	+
微型多突轮虫 <i>Liliferotrocha subtilis</i> (Rodewald, 1940)	+	+	+	+
十指扁甲轮虫 <i>Plationus patulus</i> (O. F. M., 1786)	-	-	-	+
小多肢轮虫 <i>Polyarthra minor</i>	+	+	+	+
长肢多肢轮虫 <i>Polyarthra dolichoptera</i>	+	-	+	+
广生多肢轮虫 <i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin, 1943)	+	+	+	+
沟痕泡轮虫 <i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson, 1885)	-	-	+	-
尖尾疣毛轮虫 <i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski, 1893)	+	+	+	-
圆筒异尾轮虫 <i>Trichocerca cylindrica</i> (Harring, 1913)	+	+	-	+
对棘异尾轮虫 <i>Trichocerca stylata</i> (Harring, 1913)	+	+	-	-
刺盖异尾轮虫 <i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	+	+	+	+
暗小异尾轮虫 <i>Trichocerca pusilla</i> (Lauterborn, 1898)	+	+	+	+
一种异尾轮虫 <i>Trichocerca</i> sp.	-	-	+	-
一种猪吻轮虫 <i>Dicranophorus</i> sp.	+	+	+	-
双巢轮纲 (Digononta)				
巨环旋轮虫 <i>Philodina megalotrocha</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	+	-
长足轮虫 <i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	+	+
转轮虫 <i>Rotaria rotatoria</i> (Pallas, 1766)	+	+	+	-
懒轮虫 <i>Rotaria tardigrada</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	-
一种旋轮虫 <i>Philodina</i> sp.	-	-	+	-

表 3 珠江广州河段和湖泊轮虫科、属的组成

科 (Families)	属 (genera)	种类数 (number)
单巢纲 (Monogononta)		
游泳目 (Ploima)		
1. 臂尾轮科 (Brachionidae)	臂尾轮属 <i>Brachionus</i>	15
	龟甲轮属 <i>Keratella</i>	5
	龟纹轮属 <i>Anuraeopsis</i>	1
	扁甲轮属 <i>Plationus</i>	1
2. 狭甲轮科 (Colurellidae)	狭甲轮属 <i>Colurella</i>	2
	鞍甲轮属 <i>Lepadella</i>	2
3. 腔轮科 (Lecanidae)	腔轮属 <i>Lecane</i>	
4. 水轮科 (Epiphanidae)	多突轮属 <i>Liliferotrocha</i>	1
	水轮属 <i>Epiphanes</i>	1
5. 晶囊轮科 (Asplanchnidae)	晶囊轮属 <i>Asplanchna</i>	1
6. 疣毛轮科 (Synchaetidae)	多肢轮属 <i>Polyarthra</i>	3
	疣毛轮属 <i>Synchaeta</i>	1
7. 异尾轮科 (Trichocercidae)	异尾轮属 <i>Trichocerca</i>	5
8. 猪吻轮科 (Dicranophoridae)	猪吻轮属 <i>Dicranophorus</i>	1
真轮盘目 (Gnesiotrocha)		
簇轮亚目 (Flosculariacea)	聚花轮属 <i>Conochilus</i>	1
9. 聚花轮科 (Conochilidae)	泡轮属 <i>Pompholyx</i>	1
10. 镜轮科 (Testudinellidae)	三肢轮属 <i>Filinia</i>	7
11. 三肢轮科 (Filiniidae)	六腕轮属 <i>Hexarthra</i>	1
12. 六腕轮科 (Hexarthriidae)		
胶鞘亚目 (Collothecacea)	胶鞘轮属 <i>Collotheca</i>	2
13. 胶鞘轮科 (Collothecidae)		
双巢纲 (Digononta)	旋轮属 <i>Philodina</i>	2
14. 旋轮科 (Philodinidae)	轮虫属 <i>Rotaria</i>	3
合计 14	21	77

2.3 轮虫数量的周年变动

(1) 轮虫总数的周年变化 从 12 月至 4 月, 轮虫的数量随着温度的上升而增加. 在 4~7 月降雨量最大, 径流量增加, 珠江河段的轮虫总数是全年最低的; 湖泊的蓄水增多, 轮虫的密度也显著下降(图 1). 7 月之后, 轮虫的密度逐渐增加. 天河、流花、中大、黄埔 4 个采样点轮虫年平均密度以天河采样点最高(1 260 ind./L), 中大采样点次之(1 123 ind./L), 黄埔采样点再次(737 ind./L), 流花采样点最低(718 ind./L)(图 2).

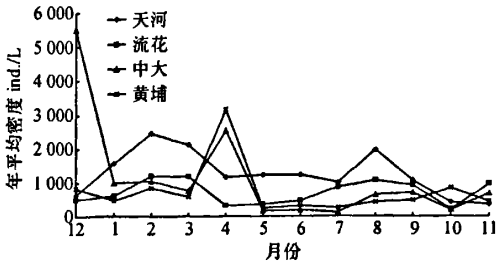


图 1 4 个采样点轮虫总数周年变化  
(2005 年 12 月 - 2006 年 11 月)

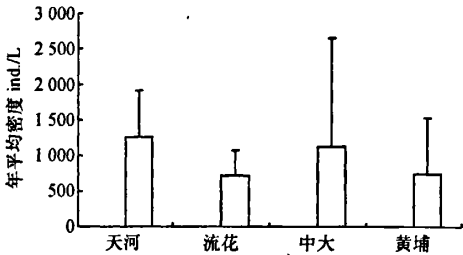


图 2 4 个采样点轮虫年平均密度  
(2005 年 12 月 - 2006 年 11 月)

以 4 个采样点 12 个月的月平均密度进行方差分析, 结果表明, 天河采样点的轮虫密度显著高于流花采样点和黄埔采样点 ( $P < 0.05$ ), 和中大采样点的密度差异性不显著 ( $P > 0.05$ ); 流花、中大、黄埔 3 个采样点之间的密度差异性并不显著 ( $P > 0.05$ ).

(2) 轮虫优势种的数量变化

① 暗小异尾轮虫 暗小异尾轮虫 (*Trichocerca pusilla*), 广生性, 常见于中营养化和富营养化水体营浮游性生活<sup>[6]</sup>, 是两个湖泊的优势种, 全年可见, 且数量很多. 天河公园湖泊内最高密度为 1 183

ind./L,年平均密度为 518 ind./L;流花湖公园湖泊内最高密度为 1 004 ind./L,年平均密度为 425 ind./L. 两个湖泊的暗小异尾轮虫的密度都是在 3 月份达到最高峰,之后随着广州市雨季的到来(4~9月),密度有所降低. 在珠江广州河段的两个样品中,暗小异尾轮虫的优势并不明显,只是在 4 月和 8 月的时候,形成了两个较小的峰值. 中大码头和黄埔港的年平均密度分别为 48 ind./L 和 42 ind./L. 暗小异尾轮虫是湖泊和河口水体中优势度差别最大的种类. 在湖泊中占绝对优势的暗小异尾轮虫在河口水体中其密度却较低(图 3).

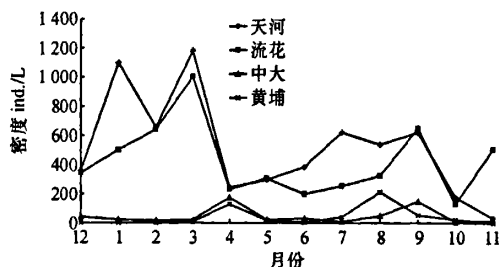


图3 4个采样点暗小异尾轮虫数量周年变化  
(2005年12月-2006年11月)

②裂痕龟纹轮虫 裂痕龟纹轮虫(*Anuraeopsis fissa*)是一种小型轮虫,常见于富营养化水体,营浮游性生活,狭温性暖水种<sup>[8]</sup>,在4个采样点中都只是某个月份数量突然增多,其他月份少量出现,4个点出现峰值的月份并没有明显的相关性. 天河、流花、中大、黄埔的峰值分别为 508 ind./L(2月), 219 ind./L(7月), 353 ind./L(9月), 306 ind./L(4月)(图4).

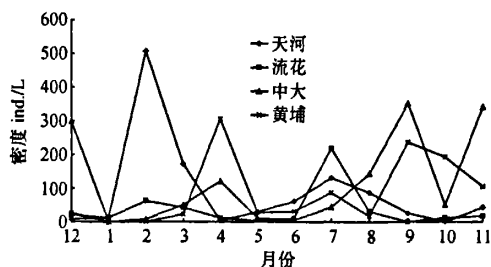


图4 4个采样点裂痕龟纹轮虫数量周年变化  
(2005年12月-2006年11月)

③微型多突轮虫 微型多突轮虫(*Liliferotrocha subtilis*)也是体型较小的轮虫(72~152 μm),身体纵长,蠕虫形,体表有许多乳突状突起,乳突上常粘有碎屑. 两个湖泊中微型多突轮虫的密度变化较为平稳,在8月份达到一个小的峰值,河流的两个采样

点的密度变化明显,在4月份达到峰值. 天河、流花、中大、黄埔四点的年平均密度分别为 206.1、100.2、299.9、308.9 ind./L(图5).

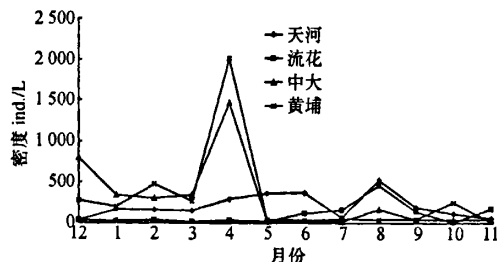


图5 4个采样点微型多突轮虫数量周年变化  
(2005年12月-2006年11月)

珠江河段4月份的数量高峰可能是环境条件的适合造成了微型多突轮虫的快速增长,然后在进入雨季径流量增大后数量下降.

### 3 讨论

#### 3.1 轮虫的种类组成

湖泊和河口的轮虫在种类组成上都是以小型种类为优势种. 湖泊水体以暗小异尾轮虫最多,河口水体以裂痕龟纹轮虫最多,不同之处在于河口中大型轮虫较湖泊中多.

本研究中湖泊中的优势轮虫均为一些小型种类,这可能与鱼类的捕食有关,小型轮虫并不像大型种类(如晶囊轮虫)那样容易受到鱼类捕食的影响<sup>[8]</sup>,而且鱼类对甲壳类的捕食降低了甲壳动物对轮虫的捕食压力<sup>[9]</sup>. 因此,对于放养有大量观赏性鱼类的两个湖泊来说,鱼类对小型轮虫种群的发展起到了间接的促进作用<sup>[10]</sup>.

我国的安徽南漪湖<sup>[11]</sup>、江苏骆马湖<sup>[12]</sup>、浙江千岛湖<sup>[13]</sup>的优势轮虫均为螺形龟甲轮虫,本研究却并不多见. 可能原因是龟甲轮属绝大多数种类主要分布于温带地区<sup>[14]</sup>,而广州位于东经 113°17',北纬 23°8',属亚热带气候,较高的温度可能不利于龟甲轮属的轮虫在广州水体繁殖和生长.

#### 3.2 水质对轮虫的影响

两个湖泊的氮磷浓度、叶绿素和武汉东湖<sup>[15]</sup>相比,总氮和叶绿素均大于武汉东湖,总磷几乎相同(天河的总氮、总磷和叶绿素分别为 3.65、0.16 mg/L 和 151.03 mg/m<sup>3</sup>;流花为 4.18、0.23 mg/L 和 159.12 mg/m<sup>3</sup>;东湖 I 站为 2.235、0.210 mg/L 和 102.52 mg/m<sup>3</sup>;东湖 II 站为 1.773、0.174 mg/L 和 109.22 mg/m<sup>3</sup>;东湖 III 站为 1.146、0.013 mg/L 和

40.25 mg/m<sup>3</sup>),因此这两个湖泊的富营养化水平要高于武汉东湖。珠江河口的富营养化水平也高于长江河口<sup>[16-17]</sup>。多数浮游动物类群(如轮虫和桡足类)的生物多样性随着水体营养水平的上升而下降<sup>[6]</sup>。本研究发现,珠江广州河段的轮虫群落结构也符合种类数少、密度大的特点。

此次调查的天河采样点的叶绿素在1月达到最高,随后2月份裂痕龟纹轮虫的密度达到最高;黄埔采样点的叶绿素在3月达到春季最高,随后4月份裂痕龟纹轮虫的密度达到最高;流花采样点6月份的叶绿素虽然不是全年最高的,但是在6月份的4个采样点中间是最高的;中大采样点的叶绿素在7~9月份是逐渐上升的。因此叶绿素可能是影响裂痕龟纹轮虫密度变化的一个重要原因。

韩德举等<sup>[18]</sup>对长江下游仪征-崇明江段的轮虫进行了调查,发现轮虫103种,隶属13科43属,平均密度为15.6 ind./L,最高密度为2500 ind./L(岸边小生境),但密度低时,在定量样品中未能检测出轮虫(1988年5月~1990年7月)。本实验于珠江广州河段调查发现轮虫73种,中大和黄埔采样点的平均密度分别为1123、737 ind./L,最高密度为5494 ind./L,最低密度为117 ind./L。珠江河口与长江河口相比较,种类数较少,密度较大。

刘红等<sup>[19]</sup>调查武汉南湖发现轮虫22种,主要优势种类螺形龟甲轮虫、针簇多肢轮虫、长三肢轮虫和暗小异尾轮虫,均为富营养湖泊的指示种,同时密度较高。与武汉南湖的结果类似,天河和流花公园内湖泊的优势种是暗小异尾轮虫,针簇多肢轮虫数量也比较多。这些结果说明富营养化对轮虫的种类组成和密度有重要影响。

### 3.3 水文条件对轮虫的影响

水温也是影响浮游动物数量波动和分布的重要因素<sup>[15]</sup>。随着温度的升高,夏、秋季水体中的藻类、动物尸体等在细菌的作用下,很快形成碎屑<sup>[20]</sup>。一些以碎屑为主要食物的轮虫因有丰富的食物而大量繁殖;同时,另一些以藻类、碎屑为主要食物的种类也得到相应的增长<sup>[19]</sup>。

径流量是限制江河水体轮虫数量增长的主要限制因子,丰水期的高径流量导致各种轮虫数量的大幅度减少,在丰水期,轮虫密度一直较低。径流对轮虫丰度的影响一方面可能是因为较高的径流量相对稀释了轮虫的丰度;另一方面高径流量汇集了沿岸的泥沙,河水浑浊不利于轮虫种群的发展。雨季降雨量的剧增造成湖泊蓄水量增加也稀释了轮虫的密度。

盐度也是影响轮虫种类及数量的一项重要指标。对于枯水期和丰水期盐度变化较大的河口,由于不同轮虫对水体盐度适应性的差异,在丰水期和枯水期的优势种是不同的。而对于盐度基本平稳的湖泊,盐度对轮虫基本无影响。

### 3.4 其他条件对轮虫的影响

采样方法的不同也是造成轮虫调查结果差别的一个重要原因。一些研究中使用25号浮游生物网(孔径0.064 mm)导致轮虫数据被严重低估。比如暗小异尾轮虫,裂痕龟纹轮虫等体型较小的轮虫用25号浮游生物网采样时会遗失,从而影响轮虫数据的准确性。而本次调查使用的孔径为0.020 mm的浮游生物网,采获得了数量较多的小型轮虫。

湖泊与河口之间轮虫密度的大小关系并不明显。本次调查的两个湖泊在氮、磷值均低于珠江河口,而叶绿素高于珠江河口的条件下,天河公园湖泊的轮虫密度明显高于黄埔港的轮虫密度( $P < 0.05$ ),流花湖的轮虫密度低于中大码头和黄埔港的轮虫密度( $P > 0.05$ )。上述研究结果可以说明水体中轮虫的密度是由多种因素共同决定的,湖泊和河口之间的轮虫密度关系不能简单判定。

### [参考文献]

- [1] ANDRZEJ K, JOLANTA E. An evidence for vertical migrations of small rotifers - a case of rotifer community in a dystrophic lake[J]. *Hydrobiologia*, 2005, 546: 381 - 386.
- [2] VAN DIJK G M, VAN ZANTEN B. Seasonal changes in zooplankton abundance in the lower Rhine during 1987 - 1991[J]. *Hydrobiologia*, 1995, 304: 29 - 38.
- [3] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性[J]. *生态学报*, 2003, 23(5): 892 - 900.
- [4] 李共国, 虞左明. 千岛湖轮虫群落结构及水质生态学评价[J]. *湖泊科学*, 2003, 15(2): 169 - 176.
- [5] 王庆, 杨宇峰. 珠江广州河段轮虫群落结构的初步研究[J]. *水生生物学报*, 2007, 31(2): 233 - 239.
- [6] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961.
- [7] KOSTE W. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas[M]. Berlin: Gebrüder Bornträger Stuttgart. Bd. I & II, 1978.
- [8] EVENHUIS N L, ELDREDGE L G. Records of the Hawaii biological survey for 2001 - 2002 Part 2: notes[J]. *Bishop Museum Occasional Papers*, 2003, 74: 46.
- [9] 陈少莲. 东湖鲢、鳙幼鱼的食性[M]. 东湖生态学研究. 北京: 科学出版社, 1990: 324 - 330.

(下转第536页)

- (2):219-222.
- [14] KOVEN W M, HENDERSON R J. Lipid digestion in turbot (*Scophthalmus maximus*): in - vivo and in - vitro studies of the lipolytic activity in various segments of the digestive tract[J]. Aquaculture, 1997, 151:155-171.
- [15] MUNILLA M R, SABONDO R F. Digestive enzymes in marine species 2 amylase activities in gut from seabream (*Sparus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*) [J]. Comp Biochem Physiol, 1996, 113B(4):827-834.
- [16] 陈品健,王重刚,郑森林. 夏冬两季真鲷仔、稚、幼鱼消化酶活性的比较[J]. 海洋学报, 1998, 20(5):90-92.
- [17] SIDELL B D, HAZEL J R. Triacylglycerol lipase activities in tissue of antarctica fishes [J]. Polar Biol, 2002, 25:517-522.
- [18] 蔡克瑕,王重刚. 花尾胡椒鲷仔稚鱼期消化酶活性的变化[J]. 台湾海峡, 2000, 19(2):201-204.
- [19] 陈浩如,孙丽华,王肇鼎,等. 军曹鱼早期发育阶段的摄食及其影响因子[J]. 生态科学, 2004, 23(4):299-304.
- [20] DITTY J G, SHAW R F. Larval development, distribution and ecology of cobia *Rachycentron canadum* (Family: *Rachyitty centridae*) in the northern Gulf of Mexico [J]. Fishery Bulletin, 1992, 90:6682677.
- [21] DENSON M R, STUART K R, SMITH T I J, et al. Effects of salinity on growth, survival and selected hematological parameters on juvenile cobia, *Rachycentron canadum*[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2003, 34(41):496-504.

[责任编辑:黄建军]

(上接第530页)

- [10] SHAO Z, XIE P, ZHUGE Y. Long-term changes of planktonic rotifers in a subtropical Chinese lake dominated by filter-feeding fishes [J]. Freshwater Biology, 2001, 46: 973-986.
- [11] 陈立婧,彭自然,孙家平,等. 安徽南漪湖浮游动物的物种多样性研究[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(4): 14-17.
- [12] 葛家春. 骆马湖浮游动物生态特性研究[J]. 江西水产科技, 2002, 4: 14-20.
- [13] 李共国,虞左明. 千岛湖浮游动物的群落结构[J]. 生态学报, 2002, 22(2): 156-162.
- [14] GREEN J. The temperate-tropical gradient of planktonic Protozoa and Rotifera [J]. Hydrobiologia, 1994, 272: 13-26.
- [15] 杨宇峰,王庆,陈菊芳,等. 河口浮游动物生态学研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(2): 576-585.
- [16] 赖伟,林温育,堵南山. 长江口浮游动物生态的初步研究[C]//第四次中国海洋湖沼学会会议论文集. 北京:科学出版社. 1991, 158-163.
- [17] 李共国,魏崇德,裴洪平. 引水对杭州西湖轮虫群落结构的影响[J]. 动物学杂志, 1998, 33(5): 1-4.
- [18] 韩德举,胡菊香. 长江仪征-崇明段德轮虫调查[J]. 动物学杂志, 1995, 30(1): 1-8.
- [19] 刘红,马徐发,刘瑾. 武汉南湖浮游轮虫的初步研究[J]. 水利渔业, 2006, 26(2): 60-62.
- [20] 林婉莲,刘鑫洲,刘健康. 四种浮游生物的碎屑形成过程[J]. 水生生物学集刊, 1984, 8(2): 1-8.

[责任编辑:黄建军]