

长江口轮虫群落物种多样性的初步研究*

王金秋¹ 袁 骥² 陈亚瞿²

(1 复旦大学环境和资源生物学系, 生物多样性研究所, 上海 200433)

(2 中国水产科学研究院长江口渔业生态重点实验室, 东海水产研究所, 上海 200090)

摘要 于1966年9月, 初步调查了长江口及舟山北部海区轮虫的群落。共检出轮虫24种, 隶属于5科, 8属。其中西区排污品轮虫种数最多, 为21种, 数量和生物量最大, 分别是: $9\ 263.15\ m^{-3}$, $61.57\ mg/m^3$ 。常见种有: 臂三肢轮虫, 出现频度为21.88%, 萼花臂尾轮虫18.75%, 曲腿龟甲轮虫、舞跃无柄轮虫、卜氏晶囊轮虫均为15.63%, 矩形龟甲轮虫12.50%。该水域轮虫群落的建群种是萼花臂尾轮虫、舞跃无柄轮虫、卜氏晶囊轮虫。同时, 从物种多样性指数、群落均匀度、生态优势度和物种丰富度这几个测度方面进行了多样性分析。

关键词 长江, 河口, 轮虫, 群落, 物种多样性

长江口是我国最大的河流入海口, 所形成的最大冲淡区及其毗邻的水域, 是我国鱼、虾、蟹等许多名、特、优种类重要的洄游、产卵和索饵育肥场, 也是我国河口渔业的重要传统渔场。所以, 长江口及其毗邻水域饵料生物的丰度, 将直接影响这些经济动物的生长、繁殖和产量。80年代以来, 曾多次对长江口及其毗邻水域浮游动物的生态进行了研究^[1~6], 关于轮虫的资料仅有零星报道。潘海洪等^[7]简要报道了春季长江口轮虫的分布, 未涉及其它季节。以往关于该水域轮虫群落多样性测度方面的研究未见报道。本文报道了秋季长江口及舟山北部海区轮虫种类组成、分布特点及数量、生物量, 并着重从物种多样性指数、群落均匀度、生态优势度和物种丰富度等几个方面分析了长江口轮虫群落结构的特点, 旨在为该水域轮虫的生产力估计、水质监测及评价提供科学依据。

1 材料和方法

于1996年9月, 在长江口及舟山北部海区($31^{\circ}00' \sim 31^{\circ}50'N$, $121^{\circ}00' \sim 122^{\circ}30'E$)设24个采样站

(图1)*, 在不同潮位时采集水样共33个。用口径37 cm、网目64 μm 的圆锥形尼龙筛网从底层垂直拖曳到表层。所拖获的样品以4%福尔马林溶液固定、保存。带回实验室在光镜下计数轮虫的密度, 并测量其体长, 根据简化公式计算其体积, 求得湿重^[8]。并从以下几个方面对所得数据进行多样性分析^[9,10]。

(1) 物种多样性指数 采用Shannon-Weaver指数公式, 即 $H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$, 式中 $P_i = n_i/N$;

(2) 群落均匀度 采用Pielou的均匀度指数公式, 即 $J = H/H_{max} = H/\ln S$;

(3) 生态优势度 指群落中优势种的多度之和, 计算公式为: $C = (n_1 + n_2)/N$;

(4) 物种丰富度 以Margalef指数 d_{Ma} 来计算, 即 $d_{Ma} = (S-1)/\ln N$ 。

上述各式中, n_i —群落中第*i*物种的个体数, N —所有物种的个体数之和, H_{max} —最大多样性指数, S —群落中物种数目; n_1 、 n_2 —群落中数量最多、次多的物种的个体数。

2 结果

2.1 种类组成和水平分布

收稿日期: 1999-09-01

* 农业部重点科研项目(渔95-B-96-10-01-0)

* * 见本刊第1篇论文的图1

共检出轮虫 24 种,隶属于 5 科,8 属,见表 1。其中臂尾轮虫科 4 属,占总属数的 1/2;臂尾轮虫属 12 种,占总种数的 50.0%。可见,该科、该属的种类,是调查海区轮虫种类组成的主要部分。其它各科、属的种类所占比例相差不大。这些轮虫分布在 16 个测站中,其中种数最多的测站为西区排污口外,共 21 种,其次为 A₁ 站,为 16 种,其它测站中轮虫种数较少,均为 1~4 种(表 2)。

表 1 长江口轮虫的种类组成

Table 1 Species of rotifer in the Changjiang estuary

科 families	属 genus	占总属数的 百分比/% percentage	种 species	占总种数的 百分比/% percentage
臂尾轮虫科 Brachionidae	4	50.0	12	50.0
异尾轮虫科 Tichocercidae	1	12.5	2	8.3
腹尾轮虫科 Gastropodidae	1	12.5	3	12.5
晶囊轮虫科 Asplanchnidae	1	12.5	3	12.5
三肢轮虫科 Filinidae	1	12.5	4	16.7
合 计 total	8	100	24	100

2.2 数量和生物量

各测站中轮虫的数量和生物量差别极大,有 8 个测站未检出轮虫,其余的在 15.38~9 263.35 m⁻³和 0.001~61.57 mg/m³(表 2)。在西区排污口,轮虫的数量和生物量都明显地高于其它测站,分别为 9 263.15 m⁻³和 61.57 mg/m³。其中数量优势种为:萼花臂尾轮虫 2 142.1 m⁻³,占 23.1%、舞跃无柄轮虫 1 982.5 m⁻³,占 21.39%、卜氏晶囊轮虫 1 175.3 m⁻³,占 16.68%,镰状臂尾轮虫 1 042.1 m⁻³,占 11.24%;生物量优势种为:卜氏晶囊轮虫 34.60 mg/m³、前节晶囊轮虫 9.89 mg/m³、萼花臂尾轮虫 8.22 mg/m³、盖氏晶囊轮虫 4.94 mg/m³和舞跃无柄轮虫 2.23 mg/m³。在 A₁ 测站中,轮虫的数量和生物量亦较高,分别为:888.87 m⁻³和 3.18 mg/m³。其中数量优势种为:萼花臂尾轮虫 200.00 m⁻³,占 22.5%,舞跃无柄轮虫 177.78 m⁻³,占 20.0%,镰状臂尾轮虫 155.56 m⁻³,占 17.5%;生物量优势种为:萼花臂尾轮虫 0.77 mg/m³、3 种晶囊轮虫均为 0.654 1 mg/m³和舞跃无柄轮虫 0.20 mg/m³。其它测站轮虫的这两项指标均较低。

2.3 常见种及建群种

在各测站中出现频度最高的种类是臂三肢轮虫,为 21.88%,其次依次为萼花臂尾轮虫 18.75%,曲腿龟甲轮虫、舞跃无柄轮虫和卜氏晶囊轮虫均为 15.63%,矩形龟甲轮虫 12.50%,其它种类均不超过 10%。可以认为,上述 4 种为该水域轮虫群落的常见种。萼花臂尾轮虫、舞跃无柄轮虫和卜氏晶囊轮虫,在本次调查中数量和生物量大,出现频度也较高,是该水域轮虫群落的建群种(表 2)。

表 3 不同测站轮虫的多样性测度*

Table 3 Diversity measurements of rotifer in different stations

测站 station	潮位 tide	物种多样性 指数 H	群落均匀 度 J	生态优势 度 C	物种丰富 度 d _{Ma}
A ₁	落	2.320 8	0.837 0	0.43	2.209 1
A ₂	涨	0	0	1.00	0
	落	0	0	1.00	0
A ₃	涨	0	0	0	0
	落平	0.691 7	0.998 0	1.00	0.261 6
A ₄	涨平	0	0	1.00	0
	落	1.098 6	1.00 0	0.67	0.588 0
A ₇	涨	0	0	1.00	0
	落	0	0	1.00	0
A ₈	落	0	0	1.00	0
A ₉	落	0.693 1	1.00 0	1.00	0.224 7
A ₁₁	落	1.098 6	1.00 0	0.67	0.521 1
A ₁₇	落	0.983 1	0.709 2	0.83	0.626 6
A ₁₈	落	1.332 2	0.961 0	0.60	0.648 9
A ₁₉	落	0.693 1	1.00 0	1.00	0.272 4
A ₂₀	落	0	0	1.00	0
A ₂₁	落	0.639 2	0.922 2	1.00	0.220 2
A ₂₂	落	1.310 7	0.945 5	0.67	0.552 8
七丫口	落	1.168 2	0.842 7	0.80	0.620 0
西区排 污口	落	2.229 2	0.732 2	0.45	2.189 7

* 注:表中未列出的站点均未采到轮虫。The stations without rotifer were not included in the table.

2.4 多样性

表 3 显示, A₁ 和西区排污口两测站的 H 值分别为 2.320 8 和 2.228 2,为最高和次高; A₄落、A₁₁、A₁₈、A₂₂和七丫口测站的该值亦较高,在 2~1 之间; A₃落平、A₉、A₁₇、A₁₉和 A₂₁测站的该值较低,在 1~0 之间;而在 A₂、A₃涨、A₄涨、A₇、A₈和 A₂₀测站中,由于只检出 1 种轮虫,其 H 的计算值均为 0。

d_{Ma} 的取值特点与 H 相似。A₁ 和西区排污口两测站的取值亦最高和次高,分别为 2.209 1 和 2.189 7。其它各测站的该值则依次降低。

表 2 长江口轮虫的种类组成、数量、生物量及分布

Table 2 Species composition, number, biomass and distribution of the rotifers at Changjiang estuary

种类 Species	A																						出现 频度 (%)			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀	A ₂₁	A ₂₂		七丫口 落	七丫口 落	
背唇轮虫科 Brachionidae																										
菊花背唇轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	+																							+	+	18.75
金钩背唇轮虫 <i>Brachionus ureus</i>																									+	3.13
瓣形背唇轮虫 <i>Brachionus falcatus</i>	+																								+	12.5
梨形背唇轮虫 <i>Brachionus diversicornis</i>																									+	12.5
方形背唇轮虫 <i>Brachionus quadridentatus</i>	+																								+	9.38
角突背唇轮虫 <i>Brachionus angulatus</i>																									+	3.13
尾突背唇轮虫 <i>Brachionus caudatus</i>	+																								+	9.38
螺旋龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>																									+	9.38
曲瓣龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	+																								+	15.63
矩形龟甲轮虫 <i>Keratella quadra</i>																									+	12.50
鳞求叶轮虫 <i>Nitidulca squamula</i>																									+	3.13
十指半平轮虫 <i>Platyas militaris</i>	+																								+	6.25
异尾轮虫科 Tichocercidae																										
韦氏异尾轮虫 <i>Tichocerca weberi</i>																										9.38
刺盾异尾轮虫 <i>Tichocerca lupacina</i>	+																									9.38
腹尾轮虫科 Gastrotrichidae																										
瓣状无柄轮虫 <i>Ascomorpha saliens</i>	+																								+	15.63
卵形无柄轮虫 <i>Ascomorpha ovalis</i>																									+	1.13
无尾无柄轮虫 <i>Ascomorpha ecandis</i>	+																								+	12.5
品囊轮虫科 Asplanchnidae																										
卜氏品囊轮虫 <i>Asplanchna brightwelli</i>	+																								+	15.63
前卜氏品囊轮虫 <i>Asplanchna proclonia</i>	+																								+	6.25
高氏品囊轮虫 <i>Asplanchna intermedia</i>	+																								+	6.25
三枝轮虫科 Filinidae																										
长三枝轮虫 <i>Filina longiceta</i>	+																								+	6.25
腹生三枝轮虫 <i>Filina terminalis</i>	+																								+	6.25
腹生三枝轮虫 <i>Filina passia</i>	+																								+	6.25
臂三枝轮虫 <i>Filina brachio</i>	+																								+	6.25
个体数量 Number (ind m ⁻³)	888.87	15.38	50.00	15.00																						21.88
生物量 Biomass (mg m ⁻³)	3.1808	0.0012	0.0214	0.0010																						9.863 15
种数 Number of species	16	1	2	3	1	1	1	2	3	4	4	2	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	21	

注：个体数量、生物量和种数各栏中的上、下行数据分别为涨潮、落潮时的测定值。

A_1 和西区排污口测站的 C 值最低, 分别为 0.43 和 0.45; 而 H 和 d_{Ma} 指标最低, 如取值为 0 的几个测站, 由于所检出的轮虫少于 2 种, C 值却很高, 均为 1.0。

J 值则与其它 3 个指标无规律性的联系。 A_1 和西区排污口测站的该项取值居中。

3 讨论

3.1 长江口轮虫的种类组成

本次调查中, 共检出轮虫 24 种, 为秋季轮虫的种类组成。潘海洪等^[7]报道了 1990 年 3 月的调查结果, 综合 2 次的调查结果, 在该水域共发现轮虫 29 种, 基本上代表了春、秋季长江口轮虫的种类组成情况。但在其它季节还有哪些种类出现, 尚待进一步研究。应该指出的是, 可能因为网具及工作方法等因素, 已在这两季出现的种类, 未被记录在册, 亦需在今后的工作中加以补充、完善。

3.2 长江口轮虫的优势种、常见种和建群种

本次调查中发现, 长江口水域萼花臂尾轮虫的数量和生物量均较大, 同时出现频度亦较高, 在群落中起重要的作用, 是建群种; 矩形龟甲轮虫和曲腿龟甲轮虫出现的频度较高, 是常见种, 这与 90 年代的另 2 次调查结果^[6,7]是一致的。前 2 次调查未曾提及臂三肢轮虫, 而本次调查出现频度最高, 是常见种; 舞跃无柄轮虫, 晶囊轮虫属的三个种, 特别是卜氏晶囊轮虫亦为优势种或建群种, 在群落中亦起重要作用。这一调查结果的差异, 可能由于采样时间的不同以及调查方法的差别所致。

本次调查中, 轮虫的分类在依据“中国淡水轮虫志”^[11]的基础上, 着重参考了章宗涉等^[8]的“淡水生物调查方法”和诸葛燕^[12]介绍的及 Koste^[13]的新的轮虫分类系统。所以, 三肢轮虫属的种与以往 2 次报道的结果有所不同, 尤其是主要优势种迈氏三肢轮虫(*Filinia maior*) 在本调查中未提及。

3.3 影响轮虫分布及丰度的主要因子

长江口是我国最大的河流入海口, 年平均输水量为 $9.1 \times 10^{11} \text{ m}^3$, 形成了巨大的淡水区、混盐区, 构成了特定而复杂的生态环境, 影响轮虫分布的因子亦错综复杂。

3.3.1 盐度的影响* 本次调查所检出的轮虫均为淡水种, 未发现真正的海水种, 因此, 盐度对其分布及丰度的影响十分重要。分析发现, 轮虫种类多,

丰度大的两个测站的盐度均较低, 且基本无变化(A_1 站为 1.61, 西区排污口为 1.35); 有轮虫分布, 但种类和数量都较少的测站, 盐度略有升高, 且随潮汐波动(盐度范围低限为 1.35~3.92, 高限 4.87~6.80, 极少在 11.98~23.77); 未检出轮虫的几个测站, 多数盐度较高, 且波幅较大(盐度范围低限为 2.85~7.01, 高限为 18.74~31.63)。较高的盐度及较大的波幅, 直接限制了这些淡水轮虫的分布, 亦限制了其种群的增长。

应该指出的是, 本次调查的结果并未找出影响轮虫分布的严格的盐度界限, 盐度及其变化对轮虫及丰度的影响, 可能还与其它因子密切相关。

3.3.2 混浊度及含沙量的影响 与有轮虫分布的测站相比, 在 A_5 和 A_6 测站, 盐度不高, 波幅不大(A_5 站为 1.81~3.12, A_6 站为 1.72~5.10)。但却未检出轮虫, 可能是混浊度和含少量的影响。 A_5 站的混浊度和含沙量最高可达 1 038 和 1.3277 kg/m^3 , 高出其它测站的几倍至几十倍。 A_6 站的这两项指标亦高达 936 和 1.2827 kg/m^3 。这里的影响机制可能是: 混浊的水, 可直接造成轮虫的机械损伤, 使其难以存活; 同时, 轮虫是滤食性动物, 若大量的泥沙随食物一并滤入, 对轮虫亦可造成直接的危害; 另一方面, 混浊的水, 可导致轮虫饵料的丰度降低, 影响轮虫的营养, 破坏其生长。

3.3.3 潮位的影响 从表 2 可见, 落潮时轮虫出现频度及丰度高于涨潮时, 即潮位的变化对轮虫的分布有一定的影响。可能因为, 潮位上升, 使轮虫种群的密度降低, 检出率亦降低; 另一方面, 潮汐带来了高盐度的海水, 使水域的盐度升高, 盐幅波动较大, 对轮虫产生不利影响。另外, 潮汐的影响可能还与水流速度相关, 轮虫种类和数量多的区域, 其水流速度较缓^[3]。

3.4 轮虫的丰度与水质污染

轮虫嗜有机质丰富的水体, 常可作为水污染的指示生物。本次调查的结果显示, 西区排污口和 A_1 测站, 轮虫的种类多, 数量大, 生物量高, 围绕其周围测站的轮虫的这几项指标亦较高。这说明, 长江口围绕西区排污口和 A_1 测站的区域, 由于每年大量的城市污水的排放, 已被严重污染。以往的调查^[14]亦表明, 长江口南岸的西区排污口和南区排污口, 由于采用岸边排放方式, 近岸流量小, 污水不能很快稀释扩散, 使得排放口附近形成一条黑水带。西区排污口污染带的长度为 2 210~7 600 m 之间, 宽度在

* 所引盐度、混浊度、含沙量均为本次调查测得。

100~570 m 之间,如遇枯季大风,污水最远可上溯 15 km;南区排污口在川县境内也形成长 107 m,宽 122 m 的污染带。两大排污口附近数千米的范围内,成为长江口污染最严重的区域。本次调查的 A₁ 测站,正是位于南区排污口附近。因此,大量的污水,带入了丰富的有机质等,加之该区域较稳定的水环境,为轮虫的生长和繁殖提供了良好的条件。

参考文献

- 1 陈亚星.长江口浮游动物的初步研究.东海海洋,1995,3(3):53~61
- 2 陈亚星,等.长江口河口浮游动物的生态研究 I.生物量及优势种的平面分布.中国水产科学,1995,2(1):49~58
- 3 陈亚星,等.长江口河口浮游动物的生态研究 II.种类组成、群落结构、水系指示种.中国水产科学,1995,2(1):59~63
- 4 徐兆礼,等.长江口河口浮游动物的生态研究 III.优势种的垂直分布.中国水产科学,1995,2(1):59~63
- 5 徐兆礼,等.长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究.中国水产科学,1995,2(1):39~48
- 6 赖伟,等.长江口浮游动物的初步研究.见:第四次中国海洋湖沼科学会议论文集.北京:科学出版社,1991.158~163
- 7 潘海洪,杨和荃.长江口的轮虫分布及其在环境监测中的意义.海洋环境科学,1993,12(2):40~43
- 8 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游动物研究方法.北京:科学出版社,1991.362~367
- 9 中国科学院生物多样性委员会.生物多样性研究的原理和方法.北京:中国科学技术出版社,1994.141~165
- 10 曹铁如,祁承经,喻勋林.湖南八大公山亮叶水青冈群落物种多样性的研究.生物多样性,1997,5(2):112~120
- 11 王家驹.中国淡水轮虫志.北京:科学出版社,1961
- 12 诸葛燕,黄祥飞.武汉东湖轮虫种类及其分类的讨论.水生生物学报,1993,17(4):347~356
- 13 Koste W. Rotatoria. Berlin, 1978
- 14 关许为,杜心慧,等.排污对长江口水环境影响的初探.海洋环境科学,1992,11(4):23~28

A preliminary study on the species diversity of estuarine community of rotifer in the Changjiang estuary

Wang Jinqiu¹ Yuan Qi² Chen Yaqiu²

(1 Department of Environmental & Resources Biology, Institute of Bio-diversity, Fudan University, Shanghai 200433)

(2 East China Sea Fisheries Research Institute, Key Lab of Fisheries Ecology of Changjiang River Estuary, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090)

Abstract The investigation was performed in September 1996. Thirty-three water samples were collected from 24 stations distributing in the Changjiang estuary and north sea of Zhoushan Island. Among the 33 samples, 24 species of rotifer were determined, which belonged to 5 families, 8 genera. The species number, individual number and the biomass in the samples from the west drainage entrance station were all the most of all the samples, which were 21 species, 9 263.15 ind·m⁻³ and 61.57 mg·m⁻³, respectively. The common species were *Filina brachiata* with frequency of 21.88%, *Brachionus calyciflorus* with 18.75%, *Keratella valga*, *Ascomorpha saltans* and *Asplanchna brightwelli* all with 15.63% and *Keratella quadrata* with 12.50%. Among them *Brachionus calyciflorus*, *Ascomorpha saltans* and *Asplanchna brightwelli* were constructive species because of their dominant number and biomass in the community. At the same time the species diversity was analysed using Shannon-Weaver index, evenness, dominance and richness of rotifer community.

Key words Changjiang River, estuary, rotifer, community, species diversity