

# 大清河流域浮游动物的群落特征研究

陈佳林, 余海军, 王 茜

(天津农学院水产学院, 天津市水生生态及养殖重点实验室, 天津 300384)

**摘要:** 研究浮游动物群落特征, 评价水质状况, 为大清河流域的生态系统修复提供科学依据。2018 年 5 月和 8 月, 在大清河流域 25 个采样点采集浮游动物样品, 分析种类组成、密度以及优势种, 利用多样性等指数和聚类分析的方法, 分析其群落特征。大清河流域水体中共调查到浮游动物 18 属 28 种, 其中种数最多的为轮虫 16 种, 占总种数的 57.14%; 最少的为桡足类 4 种, 占 14.29%; 2 次调查浮游动物平均密度分别为 643.08 个/L (5 月) 和 715.20 个/L (8 月); 优势种为前节晶囊轮虫 (*Asplanchna priodonta*)、壶状臂尾轮虫 (*Brachionus urceus*)、萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*)、针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*)、直额裸腹蚤 (*Moina rectirostris*)、近邻剑水蚤 (*Cyclops vicinus*) 等。利用 Shannon-Wiener 指数、Pielou 指数、Margalef 指数和优势度指数计算大清河流域浮游动物多样性指数, 结果表明大清河流域浮游动物多样性较差, 综合评价其水质为中重度污染。聚类分析将大清河流域 2 个月 25 个站点分别聚为 9 和 7 个类群。

**关键词:** 大清河流域; 浮游动物; 多样性分析; 群落特征

**中图分类号:** X171.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2021)03-0072-07

大清河流域位于海河流域中部, 西起太行山区, 东至渤海湾, 北界永定河, 南临子牙河。流域面积 45 131 km<sup>2</sup>, 流经山西、河北、北京和天津 4 省市。大清河流域对冀中平原乃至海河流域都有着举足轻重的地位, 对维护华北地区的生态平衡和气候调节起到关键作用(王秀兰等, 1999; 2000)。

浮游动物是一类在水中营浮游性生活的动物类群(方艳红等, 2018), 是鱼类和其他经济动物的重要饵料, 对渔业的发展具有重要意义(封得华等, 2018)。它们既对环境变化敏感, 又在食物链中起承上启下的作用(胡智东, 2017), 既可以通过上行效应影响渔业资源的变动, 也可通过下行效应调控初级生产力(沈海琪等, 2020)。浮游动物在物质转化、能量流动等生态过程中起着重要作用, 其种类组成和多样性特征能反映出水体健康程度和状态(Park et al, 2007), 因此可作为反映水环境变化的指示生物(Tavernini et al, 2010; Echaniz et al, 2006)。本文拟利用多样性等指数和聚类分析的方法对浮游动物群落特征进行分析, 进而评价大清河流域的水质, 为

大清河流域的生态系统修复提供一定的科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 采样时间与地点

分别于 2018 年 5 月和 8 月在大清河流域设 25 个采样点进行 2 次采样(表 1)。

### 1.2 样品的采集与处理

1.2.1 定性样品 以 25 号浮游生物网在水体表层以约 0.5 m/s 的速度呈∞字状拖曳 5 min, 将滤取的样品放入标本瓶中, 加 4% 甲醛溶液固定(孟伟等, 2011), 在显微镜下进行浮游动物种类鉴定(韩茂森等, 1980; 王家楫, 1961; 赵文, 2005)。

1.2.2 定量样品 轮虫采集使用 5 L 有机玻璃采水器, 根据采样点的深度, 每隔 0.5 m 采集混合水样 1 L, 加入 1% 鲁哥试液固定带回实验室, 沉淀 48 h 后浓缩并定容到 60 mL, 然后吸取 1 mL 的浓缩液注入 1 mL 计数框中, 在 10×20 的放大倍数下计数 2 次, 取其平均值。按下式换算单位体积中轮虫的个体数量:

$$N = (V_s \times n) / (V \times V_a) \quad (1)$$

式中:  $N$  为 1 L 水样中浮游动物的个体数(个/L);  $V$  为采样体积(L);  $V_s$  为沉淀体积(mL);  $V_a$  为计算体积(mL);  $n$  为计数所得的个体数。

枝角类与桡足类定量采集使用 5 L 有机玻璃采水器, 根据采样点的深度, 每个样品每隔 0.5 m 采集混合水样 20 L, 用 25 号浮游生物网过滤浓缩, 收集

收稿日期: 2019-11-22 修回日期: 2020-02-23

基金项目: 国家自然科学基金(31672264)。

作者简介: 陈佳林, 1993 年生, 男, 硕士研究生, 主要从事水生生物多样性研究。E-mail: cjl550594951@163.com

通信作者: 王茜, 1971 年生, 女, 副教授, 博士, 主要从事水生动物及昆虫分子系统学研究。E-mail: wqgt1999@163.com

的样品用4%的甲醛溶液固定,浓缩的样品带回实验室后用于全部计数。

表1 大清河流域采样点位置

Tab.1 Location of sampling sites in the Daqing River basin

序号	监测点位	河系分段	东经 E	北纬 N	序号	监测点位	河系分段	东经 E	北纬 N
1	祖村	大石河	116°05'42.00"	39°34'40.00"	14	安里屯	大清河	116°41'08.12"	39°00'45.25"
2	紫荆关	拒马河	115°10'02.00"	39°25'38.58"	15	南堤路	团泊湖	117°08'55.90"	38°56'22.27"
3	郝家铺	中易水河	115°09'45.00"	39°15'32.58"	16	大丰堆镇东		117°03'59.40"	38°52'57.58"
4	北河店	南拒马河	115°46'15.02"	39°13'26.16"	17	万家码头	独流减河	117°18'14.11"	38°49'45.55"
5	平王	白沟	116°01'21.52"	38°59'54.25"	18	安新桥	白洋淀	115°55'22.00"	38°54'15.50"
6	大因	瀑河	115°43'06.00"	38°55'54.44"	19	泥李庄		115°58'25.51"	38°54'14.19"
7	松山	漕河	115°12'24.12"	39°05'34.00"	20	留通		116°00'16.04"	38°58'15.00"
8	安州-府河	府河	115°49'07.50"	38°53'04.08"	21	光淀张庄		116°01'25.00"	38°54'02.00"
9	水堡	唐河	114°52'00.00"	39°06'00.00"	22	王家寨		116°00'07.05"	38°55'14.02"
10	中唐梅		114°52'49.00"	38°53'02.00"	23	圈头		116°02'09.10"	38°52'01.22"
11	孝义河桥	孝义河	115°49'10.00"	38°41'18.00"	24	采蒲台		116°01'54.00"	38°49'25.00"
12	王林口	潘龙河	114°22'40.44"	38°48'43.38"	25	端村		115°56'56.05"	38°50'41.22"
13	北郭村		115°21'49.05"	38°19'16.22"					

1.3 数据分析及评价方法

1.3.1 数据分析方法 利用 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )、Margalef 丰富度指数( $D$ )、Pielou 均匀度指数( $J$ )以及优势度指数( $Y$ )对大清河流域浮游动物群落多样性进行描述,计算公式如下:

Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ ):

$$H'(S) = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

Margalef 物种丰富度指数( $D$ ):

$$D = (S - 1) / \ln N \quad (3)$$

Pielou 均匀度指数( $J$ ):

$$J = H' / \ln N \quad (4)$$

浮游动物优势度( $Y$ ):

$$Y = (N_i / N) \times f_i \quad (5)$$

式中: $S$ 为浮游动物种类的总数目; $P_i$ 为第*i*种个体数占总个体数的比例; $N$ 为所有个体的总数; $N_i$ 为第*i*种的个体数; $f_i$ 为该种在各样品中的出现频率。

数据统计和聚类分析采用统计软件 PRIMER 6.0 进行处理分析。

1.3.2 评价标准 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )的评价标准, $H'$ :0~1为重度污染;1~2为中度污染;2~3为轻度污染型;>3为清洁水体(吴晓敏等,2018)。

Margalef 丰富度指数( $D$ )的评价标准, $D$ :0~1为重度污染;1~3为中度污染;>3为轻度污染或无污染(吴晓敏等,2018)。

Pielou 均匀度指数( $J$ )的评价标准, $J$ :0~0.3为重度污染;0.3~0.5为中度污染;0.5~0.8为轻度污染;0.8~1为清洁或无污染(黄春霞等,2018)。

物种优势度( $Y$ )采用 McNaughton 指数,表示动物群落中某一物种在其中所占优势的程度,若  $Y \geq 0.02$ ,则认定该物种为优势种(徐兆礼等,1995)。

2 结果与分析

2.1 浮游动物的种类组成

共检出浮游动物 18 属 28 种,其中轮虫 10 属 16 种,占浮游动物总种数的 57.14%;枝角类 5 属 6 种,占 21.43%;桡足类 3 属 4 种,占 14.29%。5 月、8 月,3 大类种数组成均是轮虫种数所占比例最高、枝角类次之、桡足类最少。见图 1。

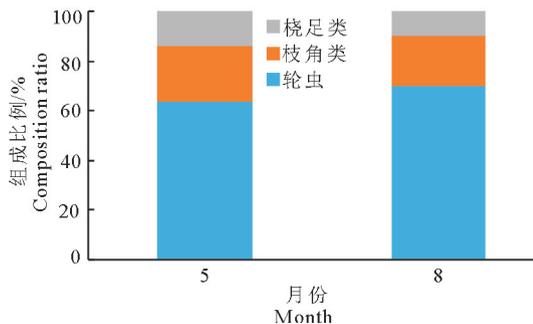


图1 浮游动物种数组成比例

Fig.1 Taxa ratio composition of the zooplankton community

2.2 浮游动物的密度组成及分布

大清河流域 5 月浮游动物密度(见图 2)为 21~2 211 个/L,平均 643.08 个/L,其中最大值和最小值分别在 14、7 和 10 号样点;8 月浮游动物密度(见图 3)为 20~4 630 个/L,平均 715.20 个/L,其中最大值和最小值分别在 17 号样点和 9 号样点。按种类划分:5 月轮虫密度为 12~2 190 个/L,平均 592.44 个/L,其中最大值和最小值分别在 14 号样

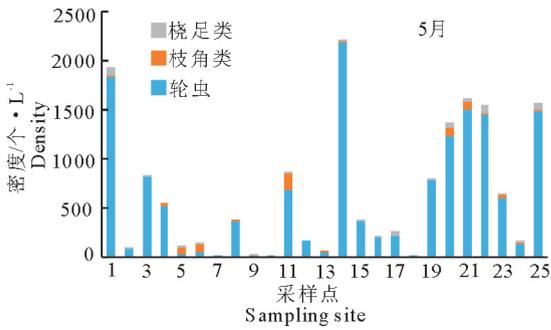


图2 大清河流域5月浮游动物密度水平分布  
Fig.2 Zooplankton density distribution in the Daqing River basin in May

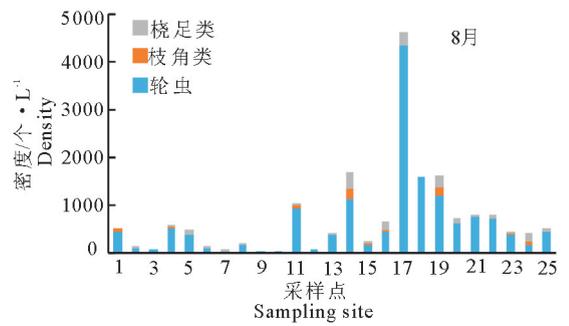


图3 大清河流域8月浮游动物密度水平分布  
Fig.3 Zooplankton density distribution in the Daqing River basin in August

点和7号样点;枝角类密度为0~174个/L,平均28.92个/L,最大值在11号样点,2、9、15、16和17号样点均未采集到;桡足类密度为0~93个/L,平均21.72个/L,最大值在1号样点,10、12和18号样点均未采集到。8月轮虫密度为20~4340个/L,平均611.2个/L,其中最大值和最小值分别在17号样点和9号样点;枝角类密度为0~200个/L,平均28个/L,最大值在14号和19号样点,2、3、5、7、8、9、10、12、17、18、20、21和22号样点均未采集到;桡足类密度为0~340个/L,平均76个/L,最大值在14号样点,1、3、9、10、12和18号样点均未采集到。

### 2.3 优势种

根据优势度(Y)的计算公式,大清河流域中浮游动物的优势度见表2。大清河流域中浮游动物优势种的数量达到11种,按类群划分,轮虫优势种数量最多,共有7种;其次是枝角类,共有3种;桡足类最少,仅1种;按采样时间划分,5月和8月浮游动物的优势种的数量均为9种,其种类组成在2个月均为轮虫>枝角类>桡足类;而优势度均为桡足类>轮虫>枝角类。5月和8月共同出现的优势种有前节晶囊轮虫、壶状臂尾轮虫、萼花臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、针簇多肢轮虫、直额裸腹溞、近邻剑水蚤。

表2 大清河流域浮游动物优势种

Tab.2 Dominant species of zooplankton in the Daqing River basin

浮游动物种类	类别	优势种		优势度	
		5月	8月	5月	8月
1 前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>	轮虫	√	√	0.10	0.05
2 壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i>	轮虫	√	√	0.08	0.14
3 萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	轮虫	√	√	0.07	0.12
4 蒲达臂尾轮虫 <i>Brachionus budapestiensis</i>	轮虫	√		0.19	
5 角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	轮虫	√	√	0.03	0.02
6 花篮臂尾轮虫 <i>Brachionus capsuliflorus</i>	轮虫		√		0.03
7 针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	轮虫	√	√	0.07	0.11
8 筒弧象鼻溞 <i>Bosminidae coregoni</i>	枝角类	√		0.32	
9 直额裸腹溞 <i>Moina rectirostris</i>	枝角类	√	√	0.08	0.03
10 长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchleubergia</i>	枝角类		√		0.07
11 近邻剑水蚤 <i>Cyclops vicinus</i>	桡足类	√	√	0.92	0.48

### 2.4 生物多样性分析及水质评价

大清河流域各采样点浮游动物多样性指数及评价结果如表3。

大清河流域浮游动物 Shannon-Wiener 指数5月0.35~1.83、8月0.23~2.18, Pielou 均匀度指数(J)5月0.09~0.32、8月0.03~0.34, 丰富度指数

(D)5月0.30~1.39、8月0.12~1.44。3种指数得出大清河流域浮游动物多样性较低。

用生物多样性指数对水质进行评价,结果可知:轻污染的点位占比为2%,中污染占比为36%,重污染占比为62%,综合显示大清河流域5月和8月均处于中重度污染。

表3 大清河流域5月和8月各采样点浮游动物多样性指数及评价  
Tab.3 Zooplankton diversity indices and water quality evaluation of each sampling point in the Daqing River basin in May and August

序号	采样点	5月					8月						
		Shannon-Wiener	评价	Margalef	评价	Pielou	评价	Shannon-Wiener	评价	Margalef	评价	Pielou	评价
1	祖村	1.52	中污染	0.92	重污染	0.20	重污染	1.55	中污染	0.80	重污染	0.25	重污染
2	紫荆关	1.19	中污染	0.66	重污染	0.26	重污染	1.30	中污染	0.82	重污染	0.27	重污染
3	郝家铺	1.02	中污染	0.74	重污染	0.15	重污染	0.68	重污染	0.24	重污染	0.16	重污染
4	北河店	0.96	重污染	0.79	重污染	0.15	重污染	1.59	中污染	1.10	中污染	0.25	重污染
5	平王	0.94	重污染	0.63	重污染	0.20	重污染	1.95	中污染	1.13	中污染	0.31	中污染
6	大因	1.45	中污染	0.80	重污染	0.29	重污染	1.38	中污染	0.81	重污染	0.28	重污染
7	松山	0.96	重污染	0.66	重污染	0.31	中污染	0.96	重污染	0.47	重污染	0.22	重污染
8	安州-府河	1.42	中污染	1.01	中污染	0.24	重污染	1.80	中污染	1.11	中污染	0.33	中污染
9	水堡	0.35	重污染	0.30	重污染	0.11	重污染	0.00	重污染	0.00	重污染	0.00	重污染
10	中唐梅	0.60	重污染	0.33	重污染	0.20	重污染	0.56	重污染	0.27	重污染	0.15	重污染
11	孝义河桥	0.95	重污染	0.59	重污染	0.14	重污染	1.17	中污染	0.58	重污染	0.17	重污染
12	王林口	1.37	中污染	0.79	重污染	0.27	重污染	0.69	重污染	0.24	重污染	0.17	重污染
13	北郭村	1.39	中污染	0.93	重污染	0.32	中污染	1.02	中污染	0.83	重污染	0.17	重污染
14	安里屯	0.68	重污染	0.78	重污染	0.09	重污染	2.10	轻污染	1.21	中污染	0.28	重污染
15	南堤路	0.95	重污染	0.50	重污染	0.16	重污染	1.30	中污染	0.55	重污染	0.24	重污染
16	大丰堆镇东	0.82	重污染	0.56	重污染	0.15	重污染	1.19	中污染	0.46	重污染	0.18	重污染
17	万家码头	1.23	中污染	0.90	重污染	0.22	重污染	0.23	重污染	0.12	重污染	0.03	重污染
18	安新桥	0.90	重污染	0.63	重污染	0.28	重污染	1.62	中污染	0.81	重污染	0.22	重污染
19	泥李庄	1.49	中污染	0.90	重污染	0.22	重污染	2.18	轻污染	1.22	中污染	0.30	中污染
20	留通	1.45	中污染	1.39	中污染	0.20	重污染	1.85	中污染	1.07	中污染	0.28	重污染
21	光淀张庄	1.32	中污染	1.08	中污染	0.18	重污染	1.62	中污染	0.90	重污染	0.24	重污染
22	王家寨	1.61	中污染	1.09	中污染	0.22	重污染	1.40	中污染	0.60	重污染	0.21	重污染
23	圈头	1.83	中污染	1.39	中污染	0.28	重污染	2.07	轻污染	1.31	中污染	0.34	中污染
24	采蒲台	1.62	中污染	1.17	中污染	0.32	中污染	1.68	中污染	1.00	中污染	0.28	重污染
25	端村	1.52	中污染	1.22	中污染	0.21	重污染	1.70	中污染	1.44	中污染	0.27	重污染

2.5 浮游动物群落聚类分析

利用浮游动物的密度和生物量作为变量,利用PRIMER 6.0软件进行系统聚类。大清河流域浮游动物聚类分析 Bray-Curtis 相似性系数为46%,根据Cluster分析结果,将大清河流域2个月25个站点分别聚为9和7个类群。从5月聚类分析(图4)来看,11号样点为第1类,5号样点为第2类,24、4、

19、3、25、22、23、20、21、1和12号样点为第3类;18号样点为第4类;7号样点为第5类,6号样点为第6类;8、2和13号样点为第7类,10、9号样点为第8类,16、15、17和14号样点为第9类。从8月聚类分析(图5)来看,25、20、8、23、14、5、22、21、24、16、19和18号样点为第1类,11、4和13号样点为第2类,7、2、15和6号样点为第3类,1号样点为第4类;17号样点为第5类;12和9号样点为第6类;10

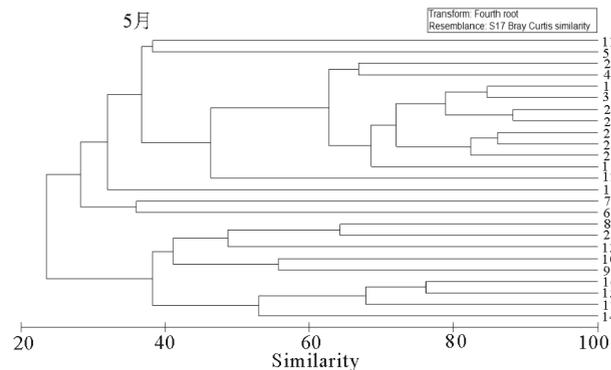


图4 大清河流域5月各采样点浮游动物聚类分析  
Fig.4 Cluster analysis of the zooplankton community in May in the Daqing River basin

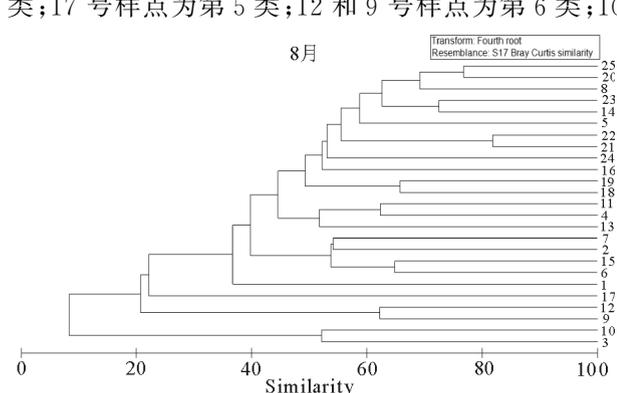


图5 大清河流域8月各采样点浮游动物聚类分析  
Fig.5 Cluster analysis of zooplankton community in August in the Daqing River basin

和3号样点为第7类。大清河流域聚类类群较多,这与实际情况较为一致,大清河流域由诸多河流组成,如以南、北拒马河、小清河等支流为主的北支白沟河流域和以瀑河、漕河、府河等支流为主的南支赵王河流域等,交汇于白洋淀。这些河流地理环境差别较大,功能区的划分不同,受人为因素影响不同,生物组成亦有不同。从聚类分析来看,除却少数河流划分为同一类群外,作为交汇点的白洋淀其淀区内的样点均出现在同一类群中,如5月的第3类群和8月的第1类群。

### 3 讨论

大清河流域浮游动物种类和生物量均以轮虫为主,究其原因是大清河流域水体营养水平较高,有利于轮虫快速生长繁殖,使轮虫中的富营养种类和数量大量增加。与北方河流相比,本研究与滦河、永定河、沙颍河、妫水河、嫩江的浮游动物的群落结构组成相似(刘盼盼等,2018;黎洁等,2011;张昊等,2013;林海等,2019),均以轮虫为主,枝角类和桡足类种类较少。由于轮虫具有独特的孤雌生殖方式,发育快、生命周期短,能在短期内达到很高的丰度,并且很快适应河流中理化环境的变化,因此在河流生态环境中浮游动物通常以轮虫为主(周淑婵,2007)。不同的是妫水河以冠饰异尾轮虫(*Trichocerca lophoessa*)居多,嫩江以龟甲轮虫(*Keratella*)居多,大清河、永定河和滦河则以臂尾轮虫(*Brachionus*)、针簇多肢轮虫为主。Sladeczek(1983)曾利用轮虫的指示类群作为水体的污染等级划分,其中冠饰异尾轮虫多出现在贫营养水体,而龟甲轮虫、臂尾轮虫和多肢轮虫主要出现在富营养水体。李明德(1991)和陈光荣等(2008)也认为臂尾轮虫、多肢轮虫等数量增多是水体富营养的指示。此次研究中,大清河流域全年轮虫的种类和生物量均以臂尾轮虫为主,反映了大清河流域的水体全年均处于富营养化状态。

桡足类隶属节肢动物门甲壳纲桡足亚纲,是一群小型甲壳动物,一般营浮游生活,是淡水及海洋重要的浮游动物之一(龚勋等,2019)。Xie(1998)研究浅水草型湖泊-扁担塘桡足类群落结构后认为,每个水体中桡足类的优势种都非常相似地集中到少数几个属或种,其他均为偶见种类。于洁等(2016)在2013年调查海河流域下游天津段发现的桡足类种类大多也为出现频率低的偶见种,出现频率高的几乎都集中在几个优势种上,其中近邻剑水蚤在一年

四季都占优势。同时近邻剑水蚤被认为是水体富营养化的指示种类(于洁等,2016)。大清河流域同属海河流域,此次调查研究的结果表明,2次调查优势度最大的均为近邻剑水蚤,反映了大清河流域的水体全年均处于富营养化状态。生物多样性指数越大,表明水质越好(吴卫菊等,2014)。Shannon-Weiner指数包含着种数和各种间个体分配均匀性2个成分,各种间个体分配越均匀, $H'$ 值就越大;Pielou指数是群落的实测多样性与最大多样性的比率;Margalef指数考虑的是群落物种数量和总体密度。方慷等(2013)利用多个生物指数对大清河流域保定段城市河道水质进行了分析和比较,其中通过Shannon-Wiener指数和Pielou指数所评价的水质状况均为中度污染。彭艳侠(2015)选用Shannon-Wiener、Pielou和Margalef3种生物多样性指数分析了府河浮游生物的多样性,初步评价水体总体呈现中污型污染程度。邢晓光(2007)通过Shannon-Wiener指数和Pielou指数对白洋淀水体污染进行了评价,结果显示:各采样点浮游动物Shannon-Wiener指数与Pielou指数评价一致,与Margalef指数稍有不同,综合分析白洋淀水体状况处于中度污染。从本调查的结果来看, $H'$ 值平均为1.29、 $J$ 值平均为0.22、 $D$ 值平均为0.81,3种指数所评价的水质状况基本一致,均显示2018年大清河流域的水质较差。造成现状的原因可归纳为:大清河流域污染源众多,主要是城市的污水排放、农药化肥的大量施用以及山区采矿业和乡镇企业的污染(王秀兰等,2000)。同时,河道周围植被不同程度的遭到破坏,使河流的自净能力降低。因此要恢复大清河流域的生态环境,改善水质,需建立污水处理厂,引导农民科学种田,同时保护和改善河道周边的植被,提高水体的自净能力。

### 参考文献

- 陈光荣,钟萍,张修峰,等,2008. 惠州西湖浮游动物及其与水质的关系[J]. 湖泊科学, 20(3): 351-356.
- 方慷,刘存歧,杨军,2013. 大清河流域保定段城市河道浮游植物群落结构及水质评价[J]. 水生态学杂志, 34(3): 25-31.
- 方艳红,方红伦,王文君,等,2018. 岷江上游秋季浮游动物群落结构及水平分布特征[J]. 水生态学杂志, 39(6): 30-36.
- 封得华,李萌,王瑾,等,2018. 济南流域浮游动物群落结构分布及时空格局[J]. 河北渔业, (11): 46-49.
- 龚勋,阚薇,2019. 倒天河水库和碧阳湖夏秋季桡足类种类组

- 成及水质评价[J].浙江农业科学,60(8):1311-1314.
- 韩茂森,孙明霞,胡维兴,等,1980.淡水浮游生物图谱[M].北京:农业出版社.
- 胡智东,2017.杭州湾南岸开发区域浮游生物研究[J].环境科学与技术,40(S1):305-309.
- 黄春霞,邹丽敏,赵慧慧,2018.上海市青浦区河道浮游动物群落特征调查[J].安徽农业科学,46(19):76-78.
- 黎洁,单保庆,宋芬,等,2011.永定河和滦河流域浮游动物多样性调查与分析[J].华中农业大学学报,30(6):768-774.
- 李明德,1991.天津轮虫出现时期和水质评价[C].//水生生物学论文集.北京:海洋出版社,168-177.
- 林海,王源,李冰,2019.北京市妫水河浮游动物群落结构与水质评价[J].生态学报,39(20):7583-7591.
- 刘盼盼,王龙,王培,等,2018.沙颍河流域浮游动物群落结构空间变化特征与水质评价[J].水生生物学报,42(2):373-381.
- 孟伟,张远,渠晓东,等,2011.河流生态调查技术方法[M].北京:科学出版社.
- 彭艳侠,2015.保定府河浮游生物群落结构及多样性研究[D].保定:河北农业大学.
- 沈海琪,许永久,王健鑫,等,2020.2017-2018年长江口海域夏季浮游动物群落的年际变化及影响因素[J].中国水产科学,27(3):327-335.
- 邢晓光,2007.白洋淀轮虫、枝角类、桡足类的群落生态学研究[D].保定:河北大学.
- 徐兆礼,王云龙,陈亚瞿,等,1995.长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究.中国水产科学,2(1):39-48.
- 王家楫,1961.中国淡水轮虫志[M].北京:科学出版社.
- 王秀兰,张芸,2000.大清河水系水环境状况及其防治措施[J].水资源保护,(2):33-35,46.
- 王秀兰,张芸,李兵,1999.大清河水系水环境动态及变化规律分析[J].河北水利科技,(1):41-45.
- 吴卫菊,王玲玲,张斌,等,2014.梁子湖水生生物多样性及水质评价研究[J].环境科学与技术,37(10):199-204.
- 吴晓敏,郝瑞娟,潘宏博,等,2018.黄浦江浮游动物群落结构及其与环境因子的关系[J].生态环境学报,27(6):1128-1137.
- 于洁,姜智飞,李彤,等,2016.海河流域下游天津段浮游生物调查研究[J].河北渔业,(5):22-33.
- 张昊,于洪贤,马成学,等,2013.嫩江下游春、秋两季浮游动物数量特征与群落结构分析[J].东北林业大学学报,41(5):131-135.
- 赵文,2005.水生生物学[M].北京:中国农业出版社.
- 周淑婵,2007.香溪河流域浮游动物生态学研究[D].武汉:中国科学院水生生物研究所.
- Park K S, Shin H W, 2007. Studies on phyto-and-zooplankton composition and its relation to fish productivity in a west coast fish pond ecosystem[J]. Journal of Environmental Biology, 28(2 Suppl):415-422.
- Echaniz S A, Vignatti Alicia, de Paggi S B, et al, 2006. Zooplankton Seasonal Abundance of South American Saline Shallow Lakes[J]. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 91(1):86-100.
- Sladeczek V, 1983. Rotifers as indicators of water quality[J]. Hydrobiologia, 100:169-202.
- Tavernini S, Mura G, Rossetti G, 2010. Factors Influencing the Seasonal Phenology and Composition of Zooplankton Communities in Mountain Temporary Pools[J]. International Review of Hydrobiology, 90(4):358-375.
- Xie P, 1998. Community structure of planktonic copepoda in a shallow, macrophytic lake, Lake Biandantang[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 22(2):135-142.

(责任编辑 张俊友 郑金秀)

## Community Characteristics of Zooplankton in Daqing River Basin

CHEN Jia-lin, YU Hai-jun, WANG Qian

(Key Laboratory of Aquatic-Ecology and Aquaculture of Tianjin, College of Fishery,  
Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

**Abstract:** Daqing River flows across four provinces and the cities of Shanxi, Hebei, Beijing and Tianjin. With a surface area of 45 131 km<sup>2</sup>, the river plays an important role in maintaining the ecological balance and climate regulation of northern China. In this study, we characterized the zooplankton community of Daqing River and evaluated the water quality based on the results. The objective was to provide a scientific basis for restoring the Daqing River ecosystem. Zooplankton investigations were carried out in May and August of 2018 at 25 sampling sites in the Daqing River basin, focusing on species composition, density, dominant species and community diversity. A total of 28 zooplankton species belonging to 18 genera were detected, with absolute dominance by rotifera (16 species, 10 genera, 57.14% of the total species), followed by cladocera (6 species, 5 genera, 21.43%) and copepoda (4 species, 3 genera, 14.29%). There was not a significant difference in the average density of zooplankton between May (643.08 ind/L) and August (715.20 ind/L). Nine species were dominant during both investigations, with the dominant species in the order, rotifera>cladocera>copepoda, while the dominance degree was in the order, copepoda>rotifera>cladocera. The dominant species included *Asplanohna priodonta*, *Brachionus urceus*, *Brachionus calyciflorus*, *Polyarthra trigla*, *Moina rectirostris*, *Cyclops vicinus*. The Shannon-Wiener diversity, Pielou evenness and Margalef richness indices of the zooplankton community in the Daqing River basin were in the respective ranges of 0.35 – 1.83, 0.09 – 0.32, 0.30 – 1.39 in May and 0.23 – 2.18, 0.03 – 0.34, 0.12 – 1.44 in August. Water quality evaluation, based on community diversity, indicated that 2% of the sites were lightly polluted, 36% were moderately polluted and 62% were heavily polluted. To summarize, the pollution level in the Daqing River basin was at a medium to heavy level in 2018.

**Key words:** Daqing River basin; zooplankton; diversity analysis; community characteristics