

北运河水系大型底栖动物摄食功能群多样性及时空分布特征

杨柏贺¹, 马思琦¹, 王汨¹, 徐宗学², 殷旭旺¹

(1.大连海洋大学 水产与生命学院;辽宁省水生生物学重点实验室,
辽宁 大连 116023;2.北京师范大学 水科学研究院;水沙科学教育部重点实验室,北京 100875)

摘要:目的 为分析北运河水系不同季节大型底栖动物的时空分布特征,2015 年春季(5 月)、夏季(8 月)和秋季(11 月)对北京地区相同的 17 个采样点位的大型底栖动物群落结构和水环境因子特征进行了调查。方法 基于香浓维纳指数、均匀度指数、大型底栖动物功能摄食类群的划分以及典范对应分析等方法,分析了大型底栖动物功能摄食类群组成和空间结构特征。结果 春季、夏季和秋季采集到大型底栖动物 19、20 和 21 种,密度平均值为 1.79×10^3 、 1.14×10^3 和 0.63×10^3 ind · m⁻²;香浓维纳指数平均值分别为 1.01、1.30 和 1.80;均匀度指数平均值分别为 0.36、0.32 和 0.55。全地区共划分出大型底栖动物功能摄食类群 5 类,3 个季节中滤食者和收集者密度均占绝对优势。典范对应分析表明,春季影响北运河水系大型底栖动物功能摄食类群的主要环境因子是氨氮和 pH;夏季影响北运河水系大型底栖动物功能摄食类群的主要环境因子是氨氮;秋季影响北运河水系大型底栖动物功能摄食类群的主要环境因子是水温。结论 北运河水系水体受到了一定污染。

关键词:北运河;功能摄食类群;时空动态;底栖动物

中图分类号:Q17

文献标志码:A

大型底栖动物一直以来都起着十分重要的生态作用,其处于食物链中十分重要位置,是水体中鱼类等生物的食物来源之一^[1-2]。大型底栖动物在河流生态系统中有着生存环境较为固定、分布十分广泛和采集容易等多个优点^[3-5]。因此,大型底栖动物群落的多个指标可以在很大程度上反映出该地区中河流生态系统的健康情况,对河流生态系统的保护起到十分重要的作用,并常常作为河流生态系统中水环境监测的指示物种^[6-8]。

根据大型底栖动物群落的食性,将大型底栖动物划分为 5 种功能摄食类群,其群落多样性能够更准确的反映出生态系统的受损情况^[9-12]。因此,本研究于 2015 年春季(5 月)、夏季(8 月)和秋季(11 月),对北运河水系相同的 17 个采样点位进行了野外调查分析,希望为北京北运河水系水生生物多样性管理提供科学基础。

1 材料和方法

1.1 北运河水系采样点位设置

北运河水系的源头地处于昌平区和海淀区。北运河水系中具有温榆河、通惠河和凉水河等几大支流,全程为 120 km,对北京地区的建设与经济发展、物资交流和文化沟通,起着不可替代的作用。根据北运河水系的地理特征,在不同区域,共设置 17 个市级水文监测点(图 1)。

1.2 样品采集与鉴定及环境因子的测定

采集者在每一个采样点位 100 m 范围内,使用索伯网进行大型底栖动物的样品采集。样品,用质量浓度为 75% 的酒精固定好,带回实验室,在显微镜和解剖镜下进行分类和计数^[13-16]。

收稿日期:2018-07-13;修回日期:2018-11-10.

基金项目:国家重大科技专项(2015ZX07202012);辽宁省优秀人才支持计划项目(LR201509).

作者简介:杨柏贺(1996-),女,辽宁盘锦人,大连海洋大学硕士研究生,研究方向为水域生态学,E-mail:2834998804@qq.com.

通信作者:王汨(1984-),女,大连海洋大学讲师,博士,研究方向为水域生态学,E-mail:wangmi@dlou.edu.cn.

在每个采样点位用水质分析仪和实验室两种方式测定水环境因子^[17-19].

1.3 大型底栖动物功能摄食类群划分及生态系统属性划分

根据食性,将大型底栖动物功能摄食类群分为 5 种,分别为:收集者、捕食者、撕食者、滤食者和刮食者.未能在文献资料上查阅到的物种则通过分析其口器构造来分类^[9-11].

1.4 数据处理与分析

计算大型底栖动物群落的香浓维纳指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J).

采用 SPSS 16.0 的 Pearson 相关性分析

对数据进行分析,Excel 2007 上完成柱状图分析,CCA 在 Canoco4.5 上进行^[16-17],大型底栖动物的香浓维纳指数和均匀度指数计算在 Biodiversity pro 上计算,北京地区 3 个季节采样点位图在 Arc Map 9.2 上完成.

2 结果

2.1 北运河水系大型底栖动物群落结构特征及其功能摄食类群划分

2.1.1 大型底栖动物物种组成及其群落结构

北运河水系共鉴定出大型底栖动物 28 种,其中春季、夏季和秋季分别为 19 种、20 种和 21 种.常见种为霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)、三轮环足摇蚊(*Cricotopus triannulatus*)、大耳萝卜螺(*Radix auricularia*)和豆螺(*Bithynia*).就物种数而言,春季:基眼目物种数最高为 8 种,其次为双翅目,为 7 种,颤蚓目 2 种,真瓣鳃目和蜻蜓目仅有 1 种.夏季:基眼目和双翅目物种数最高,为 7 种,颤蚓目 3 种,真瓣鳃目和蜉蝣目物种数相对较少,仅为 2 种和 1 种.秋季:基眼目物种数最高为 9 种,双翅目为 6 种,其他物种相对较少.就密度而言,春季:颤蚓目密度最高,占总密度的 68.29%,双翅目,密度占总密度的 26.72%,基眼目、蜻蜓目和真瓣鳃目密度相对较低,分别占总密度的 4.83%、0.09%和 0.07%.夏季:双翅目密度最高,占总密度的 61.87%,其次为颤蚓目,占总密度的 14.18%,基眼目、真瓣鳃目和蜻蜓目密度相对较低.秋季:颤蚓目密度最高,占总密度的 74.30%,双翅目密度占总密度的 15.26%,双翅目、无吻蛭目、蜻蜓目和真瓣鳃目密度相对较低,分别占总密度的 9.29%、0.83%、0.17%和 0.17%.(表 1 和图 2).

北运河水系春季:大型底栖动物物种平均值为 2.35 种,最高点位于 B12,密度平均值为 $1.79 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$,密度最高点位于 B14,香浓维纳指数平均值为 1.01,香浓维纳指数最高点位于 B12,均匀度指数平均值为 0.36,均匀度指数最高点位于 B14;夏季:大型底栖动物物种平均值为 3.29 种,最高点位于 B14,密度平均值为 $1.14 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$,密度最高点位于 B15,香浓维纳指数平均值为 1.30,香浓维纳指数最高点位于 B2,均

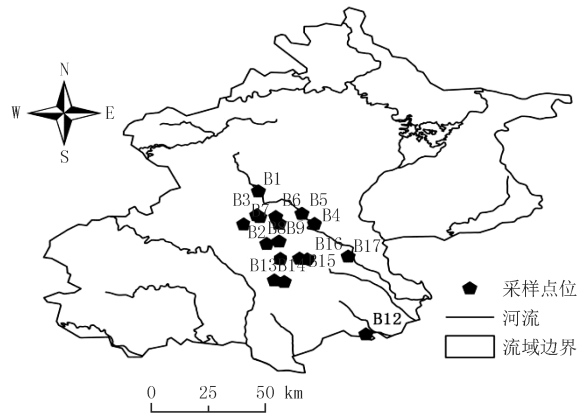


图 1 北运河采样点分布

Fig.1 The sampling sites distribution in North Canal

表 1 北运河水系底栖动物物种名称

Tab.1 The name of macroinvertebrates in Beijing in North Canal

门类	物种名称	门类	物种名称
真瓣鳃目	河蚬	双翅目	若西摇蚊
真瓣鳃目	钳形无齿蚌	双翅目	苍白摇蚊
蜉蝣目	黑翅四节蜉	双翅目	德永雕翅摇蚊
基眼目	大耳萝卜螺	双翅目	水蝇幼虫
基眼目	卵萝卜螺	双翅目	流长附
基眼目	大脐圆扁螺	双翅目	三轮环足摇蚊
基眼目	中华圆田螺	双翅目	溪流摇蚊
基眼目	铜锈环棱螺	双翅目	喜盐摇蚊
基眼目	梨形环棱螺	双翅目	黄色羽摇蚊
基眼目	拟沼螺	双翅目	分齿恩非摇蚊
基眼目	豆螺	双翅目	若西摇蚊
颤蚓目	霍甫水丝蚓	蜻蜓目	亚洲瘦螳
颤蚓目	克拉伯水丝蚓	无吻蛭目	石蛭
基眼目	短沟蜷	无吻蛭目	扁蛭

均匀度指数平均值 0.32,均匀度指数最高点位于 B2;秋季:大型底栖动物物种平均值为 3.88 种,最高点位于 B5,密度平均值为 $0.63 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$,密度最高点位于 B17,香浓维纳指数平均值为 1.80,香浓维纳指数最高点位于 B14,均匀度指数平均值 0.55,均匀度指数最高点位于 B11 和 B13 (表 2).

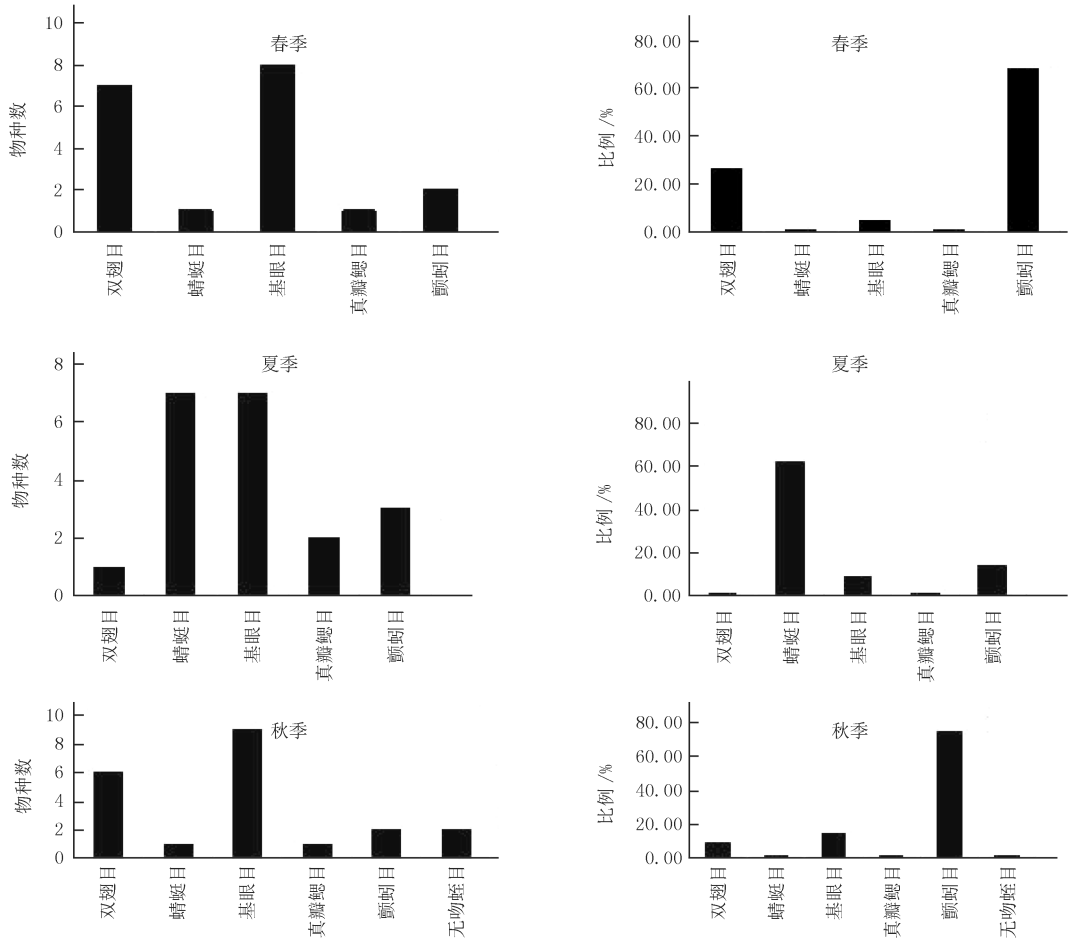


图 2 北运河水系大型底栖动物物种数和密度所占比例

Fig.2 The number and density percentage of macroinvertebrates in Beijing in North Canal

表 2 北京地区 3 个季节大型底栖动物群落结构特征

Tab.2 The community structure of macroinvertebrates in North Canal

物种数	密度/(ind · m ⁻²)	香浓维纳指数	均匀度指数	P
春季	2.35	1786.83	1.01	0.36
夏季	3.29	1144.66	1.30	0.32
秋季	3.88	632.77	1.80	0.55

2.1.2 大型底栖动物功能摄食类群划分和特征分析

北运河水系大型底栖动物功能摄食类群共为 5 种,春季和秋季均为 5 种功能摄食类群,夏季 4 种功能摄食类群.就功能摄食类群各类的种类而言,春季:刮食者和收集者物种数相对较高,分别为 7 种和 6 种,捕食者为 3 种,滤食者和撕食者物种数相对较少.夏季:刮食者和收集者物种数相对较高,均为 7 种,捕食者和滤食者均为 3 种.秋季:刮食者和收集者物种数相对较高,分别为 8 种和 6 种,捕食者为 4 种,滤食者和撕食者物种数相对较少,分别为 2 种和 1 种.

就密度而言,春季:滤食者密度最高,占总密度的 68.29%,其次为收集者,密度占总密度的 26.63%,刮食者、捕食者和撕食者密度较少,分别占总密度的 4.64%、0.26%和 0.18%;夏季:收集者密度最高,占总密度的 68.91%,其次为滤食者,占总密度的 15.79%,刮食者密度占总密度的 14.67%,捕食者密度最低,占总密度的

0.64%。秋季:滤食者密度最高,占总密度的 74.30%,其次为刮食者,密度占总密度的 13.93%,收集者、撕食者和捕食者密度较少,分别占总密度的 9.29%、1.33%和 1.16%(图 4)。

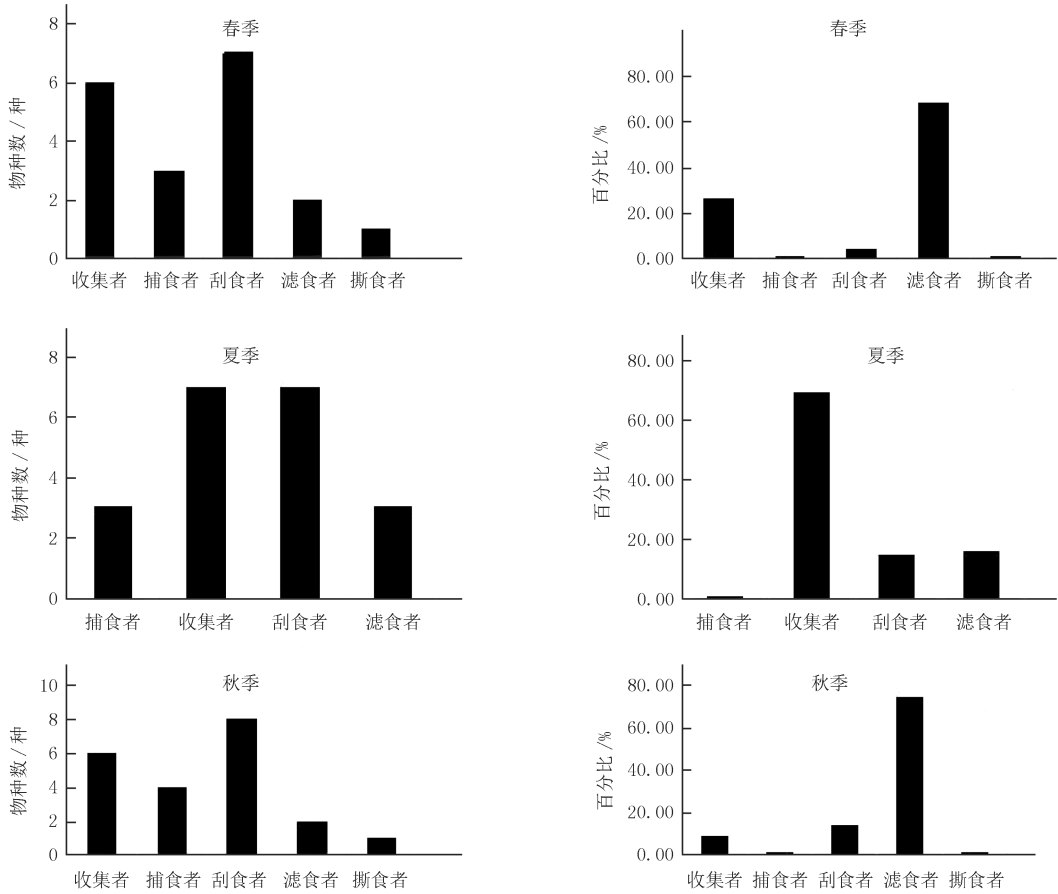


图 3 北运河水系不同季节底栖动物功能摄食类群种类和密度比较

Fig. 3 The compare of number and density of macroinvertebrates functional feeding group in North Canal

2.2 大型底栖动物功能摄食类群与环境因子的相关性

北运河水系水环境因子如表 1 所示,结果显示,北运河水系夏季水温最高,平均值为 27.28 °C,秋季水温平均值最低,为 14.67 °C,3 个季节水体 pH 平均值分别为 8.17、7.94 和 8.05,全部呈弱碱性,春季:TN, NH₃-N 和 TP 水中的平均含量最高,DO 水中的平均含量最低;夏季和 Chl a 和 CODMn 水中的平均含量最高, TN 在水中的平均含量最低;秋季:DO 在水中的平均含量最高,TP, NH₃-N 和 CODMn 在水中的平均含量最低.春季、夏季和秋季三个季节水环境因子之间无显著相关性 ($P > 0.05$) (表 3)。

表 3 北京地区不同季节水环境因子比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of different seasons environment factors in North Canal in Beijing

环境因子	T/°C	pH	DO/ (mg · L ⁻¹)	TN/ (mg · L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg · L ⁻¹)	CODMn/ (mg · L ⁻¹)	TP/ (mg · L ⁻¹)	Chl a/ (mg · L ⁻¹)
春季	25.24±12.11	8.17±0.35	6.01±2.57	6.79±6.83	2.16±4.85	4.93±3.22	0.63±0.63	0.02±0.02
夏季	27.28±10.77	7.94±0.31	7.81±3.01	4.69±3.66	1.75±2.31	5.03±2.89	0.27±0.33	0.03±0.04
秋季	14.67±8.48	8.05±0.62	9.82±3.70	6.03±7.10	1.12±2.01	4.22±2.15	0.18±0.30	0.02±0.04

对北运河水系 3 个季节水环境因子主成分分析(PCA)结果表明,春季:筛选出对两轴影响最大的主要水环境因子为 T, COD_{Mn}, pH, TN 和 NH₃-N;夏季:筛选出对两轴影响最大的主要水环境因子为 T, COD_{Mn}, pH, TN 和 NH₃-N;秋季:筛选出两主轴变化分数大于 0.8 的主要水环境因子为 T, pH, DO, NH₃-N 和

COD_{Mn}(图 4).

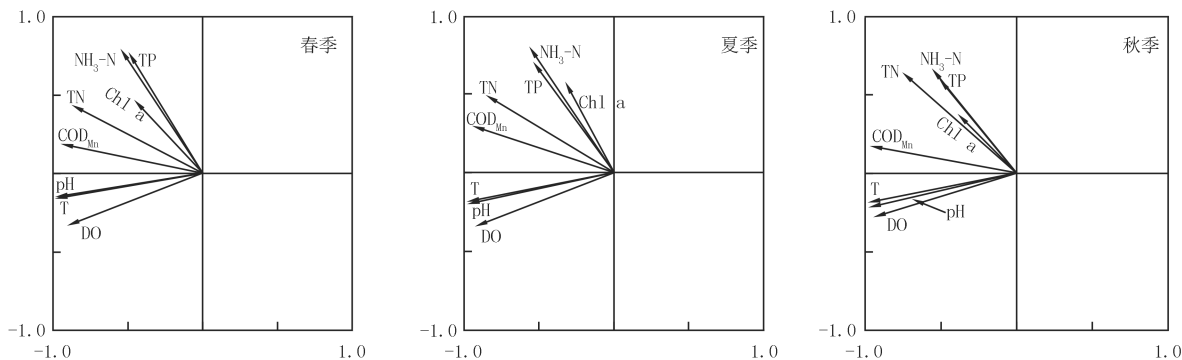
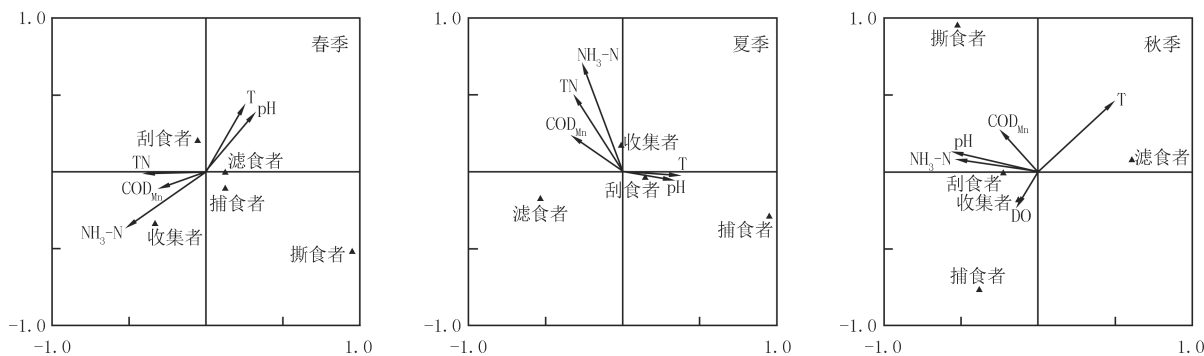


图 4 北运河水系不同季节水环境因子主成分分析 (PCA)

Fig. 4 Principal component analysis of hydrological environmental factors in North Canal in different seasons

北运河水系 3 个季节中选择各类大型底栖动物功能摄食类群密度和水体环境因子进行 CCA,结果显示(图 5);3 个季节大型底栖动物功能摄食类群与环境因子对应关系有所差异,春季: $\text{NH}_3\text{-N}$ ($P=0.03$)和 pH($P=0.03$)是主要影响北运河水系大型底栖动物功能摄食类群的环境因子,pH 对第二轴影响较大, $\text{NH}_3\text{-N}$ 对第一轴影响较大;夏季: $\text{NH}_3\text{-N}$ ($P=0.04$)是主要影响北运河水系大型底栖动物功能摄食类群的环境因子, $\text{NH}_3\text{-N}$ 对第二轴影响较大;秋季: T ($P=0.04$)是对北运河水系大型底栖动物功能摄食类群起主要影响的环境因子, T 对第一轴影响较大(图 5).



▲: 大型底栖动物功能摄食类群 species of macrobenthic functional feeding group

图 5 大型底栖动物功能摄食类群与环境因子的典范对应性分析 (CCA)

Fig. 5 Canonical correspondence analysis of species-environmental relationship in different seasons in North Canal

3 讨 论

3.1 大型底栖动物功能摄食类群及功能摄食类群健康评价

本次调查得出:不同季节中大型底栖动物群落结构有明显的时间差异性,3 个季节中共发现大型底栖动物 28 种,秋季种类最多为 21 种.鉴定出的大型底栖动物物种以双翅目摇蚊幼虫和颤蚓目的水丝蚓为主.春季、夏季和秋季密度最高的点位于 B14($2.00 \times 10^5 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$)、B15($6.04 \times 10^5 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$)和 B17($4.71 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$).春季为水丝蚓数量处于繁殖旺盛时期,使得生物总密度呈现大幅升高.摇蚊幼虫数量在夏季处于旺盛状态,生物总密度呈现大幅升高.秋季北运河水系各采样点位底质大多以泥沙和臭泥为主,水流速缓慢,颤蚓目种类喜欢生活在此环境中,使得生物总密度呈现大幅升高^[20-22].多个研究表明,大型底栖动物群落香浓维纳指数可以在一定程度上相对准确的评价出水质的好坏^[23-24].北运河水系 3 个季节中大型底栖动物群落香浓维纳指数平均值分别为:1.01、1.30 和 1.80,平均值均在 1~2 之间,仅通过香浓维纳指数来评价分析,

北运河水系呈中度污染。

本次调查共划分出5类功能摄食类群,春季和秋季均为5类,夏季为4类,其中收集者和滤食者密度明显高于其他类群。收集者更加偏爱缓流生境^[25],北运河水系底质以淤泥为主,水流速较慢,为收集者提供了良好生活环境,适合收集者生长和繁殖,主要以细有机颗粒物为食^[12,26]。北运河水系能提供给滤食者生存所需要的食物及适合其摄食的条件。撕食者主要以堆积在河道底部的树叶为食^[27-28],春季和秋季北运河水系树叶堆积较多,为撕食者提供了大量食物来源,更多的捕食者适合生存在流速较慢的水体中,北运河水系水体流速较慢,且地质石块较多,有助于捕食者捕食与生存,这样的生存条件同样适合刮食者。

3.2 大型底栖动物功能摄食类群与水环境因子关系

典范对应分析结果表明:主要影响春季大型底栖动物功能摄食类群的环境因子是氨氮,其主要影响收集者,对其呈正相关性。氨氮对大型底栖动物有毒害作用,会直接影响大型底栖动物摄食,含量高会直接影响到大型底栖动物的死亡^[12,29]。酸碱度适宜的水体一直以来都是大型底栖动物喜欢栖息的环境,酸碱度的变化,会直接影响到大型底栖动物群落的分布。春季pH对滤食者有一定影响,并与其呈正相关性。水温对大型底栖动物也有直接的影响,大型底栖动物喜欢生活在水温适宜的环境中,温度过高或过低都会影响到大型底栖动物的生长和繁殖。水温对刮食者有一定影响,并与其呈正相关性。氨氮是主要影响夏季大型底栖动物功能摄食类群的环境因子,其主要影响收集者,对其呈正相关性。pH和水温对刮食者有一定影响,与其呈正相关性。水温是主要影响秋季大型底栖动物功能摄食类群的环境因子,其主要影响收集者,对其呈负相关性。氨氮对刮食者有一定影响,与其呈正相关性。研究表明,水中磷和氮的含量较高^[30],会使水体呈富营养化状态,对大型底栖动物功能摄食类群生存与繁殖有极大影响,甚至可能导致部分大型底栖动物功能摄食类群的生活环境发生改变^[31]。北运河水系水中总磷和总氮的含量相对较高,直接影响到了大型底栖动物功能摄食类群的生存^[32]。北运河水系不同季节的不同类型的摄食类群表现出不同的环境相关性。

参 考 文 献

- [1] Koskenniemi E. The role of chironomids (diptera) in the profundal macrozoobenthos in Finnish Reservoirs[J]. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 1992, 26: 503-508.
- [2] JOWETT I G. Hydraulic constraints on habitat suitability for benthic invertebrates in gravel-bed rivers[J]. *River Research and Applications*, 2003, 19: 495-507.
- [3] Cummins K W. Structure and function of stream ecosystems[J]. *BioScience*, 1974, 24: 631-641.
- [4] WRIGHT J F. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters[J]. *Australian Journal of Ecology*, 1995, 20: 181-197.
- [5] GAO Xin, NIU Cuijuan, CHEN Yushun, et al. Spatial heterogeneity of stream environmental conditions and macroinvertebrates community in an agriculture dominated watershed and management implications for a large river (the Liao River, China) basin[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2014, 186: 2375-2391.
- [6] QU Xiaodong, TANG Tao, XIE Zhicai, et al. Distribution of the macroinvertebrate communities in the Xiangxi River system and relationships with environmental factors[J]. *Journal of Freshwater Ecology*, 2005, 20: 233-238.
- [7] 殷旭旺, 徐宗学, 高欣, 等. 渭河流域大型底栖动物群落结构及其环境因子的关系[J]. *应用生态学报*, 2013, 24(1): 218-226.
- [8] BEAUGER A, LAIR N, REYES-MARCHANT P, et al. The distribution of macroinvertebrate assemblages in a reach of the River Allier, in relation to riverbed characteristics[J]. *Hydrobiologia*, 2006, 571: 63-76.
- [9] BIGGS B J F, NIKORA V I, SNELDER T H. Linking scales of flow variability to lotic ecosystem structure and function[J]. *River Research and Applications*, 2005, 21: 283-298.
- [10] MOLLES M C. Trichopteran communities of streams associated with aspen and conifer forests long-term structural change Ecology[J]. *Ecology*, 1982, 63: 1-6.
- [11] 官昭瑛, 何莹, 安玉蓉, 等. 外来植物凋落物分解对底栖动物多样性及其摄食功能群的影响[J]. *生态学报*, 2010, 30(11): 2828-2835.
- [12] 蒋万祥, 蔡庆华, 唐涛, 等. 香溪河水系大型底栖动物功能摄食类群生态学[J]. *生态学报*, 2009, 29(10): 5207-5218.
- [13] 王桢瑞. 中国动物志—软体动物门—双壳纲[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [14] 王艳杰. 辽河流域大型底栖动物群落特征与生境指标关系[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2012.
- [15] 张敏, 邵美玲, 蔡庆华, 等. 丹江口水库大型底栖动物群落结构及其水质生物学评价[J]. *湖泊科学*, 2010, 22(2): 281-290.
- [16] 殷旭旺, 李庆南, 朱美桦, 等. 渭河丰、枯水期大型底栖动物群落特征及综合健康评价[J]. *生态学报*, 2015, 35(14): 4784-4796.
- [17] 高欣, 牛翠娟, 胡忠军. 太湖流域大型底栖动物群落结构及其与环境因子的关系[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(12): 3329-3336.

- [18] 刘保元,梁小民.太平湖水库的底栖动物[J].湖泊科学,1997,9(3):237-243.
- [19] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [20] 蒋万祥,贾兴焕,周淑婵,等.香溪河大型底栖动物群落结构季节动态[J].应用生态学报,2009,20(4):923-928.
- [21] 段学花,王兆印,徐梦珍.底栖动物与河流生态评价[M].北京:清华大学出版社,2010:47-91.
- [22] 王银东,熊邦喜,陈才保,等.环境因子对底栖动物生命活动的影响[J].浙江海洋学院学报,2005,24(3)253-257.
- [23] 吕光俊,熊邦喜,刘敏,等.不同营养类型水库大型底栖动物的群落结构特征及其水质评价[J].生态学报,2009,29(10):5339-5349.
- [24] 段学花,王兆印,徐梦珍.底栖动物与河流生态评价[M].北京:清华大学出版社,2010:47-91.
- [25] MERIGOUX S,DOLEDEC S.Hydraulic requirements of stream communities;a case study on invertebrates[J].Freshwater Biology,2004,49:600-613.
- [26] CUMMINS K W,WILZBACH M A,GATES D M,et al.Shredders and riparian vegetation[J].Bio Science,1989,39:24-30.
- [27] DOBSON M.Microhabitat as a determinant of diversity:stream invertebrates colonizing leaf packs[J].Freshwater Biology,1994,32:565-572.
- [28] HAAPALA A,MUOTKA T,LAASONEN P.Distribution of benthic macroinvertebrates and leaf litter in relation to stream bed retentivity implications for head water stream restoration[J].Boreal Environmental Research,2003,8:19-30.
- [29] 赵进勇,董哲仁,孙东亚.河流生物栖息地评估研究进展[J].科技导报(北京),2008,26(17):82-88.
- [30] 寿鹿,曾江宁,廖一波,等.瓯江口海域大型底栖动物分布及其与环境的关系[J].应用生态学报,2009,20(8):1958-1964.
- [31] 吴东浩,于海燕,吴海燕,等.基于大型底栖无脊椎动物确定河流营养盐浓度阈值:以西苕溪上游流域为例 [J].应用生态学报,2010,21(2):483-488.
- [32] 渠晓东,张远,吴乃成,等.人为活动对冈曲河大型底栖动物空间分布的影响[J].环境科学研究,2010,23(3):304-311.

Diversity and temporal-spatial dynamics of macroinvertebrate functional feeding group in North Canal in Beijing

Yang Baihe¹, Ma Siqi¹, Wang Mi¹, Xu Zongxue², Yin Xuwang¹

(1.Liaoning Provincial Key Laboratory for Hydrobiology;College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University,Dalian 116023,China;2.College of Water Science;Key Laboratory of Water and Sediment Science,Ministry of Education,Beijing Normal University, Beijing 110875,China)

Abstract: **Aims** To know the community structure characteristics of macroinvertebrate, in spring(May), summer (August) and autumn (November) of 2015, 17 sampling sites of North Canal was investigated. **Methods** the objective of the study was to show the relationship between the community structure of phytoplankton and the associated environmental factors, based on Shannon-Wiener index, Pielou index, classification of macroinvertebrate functional feeding group and Canonical correspondence analysis and other methods in North Canal. **Results** The average values of macroinvertebrate number, densities, Shannon-Wiener index and Pielou index ranged from 19 to 21, $0.63 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ to $1.79 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, from 1.01 to 1.80, from 0.32 to 0.55 from spring to autumn, respectively. Overall, we categorized these taxa into following five functional groups, Gather-collectors and Filter-collectors are main species. Canonical correspondence analysis results showed that macroinvertebrate community structure was largely determined by the interactions between pH and $\text{NH}_3\text{-N}$ in spring in North Canal. $\text{NH}_3\text{-N}$ was the main environmental factors limitation of macroinvertebrate community structure in summer in North Canal. In autumn, the primarily environmental factors limiting macroinvertebrate community was T in North Canal. **Conclusion** The water of North Canal was in a state of pollution.

Keywords: North Canal; functional feeding group; temporal-spatial dynamics; macroinvertebrate

[责任编辑 王凤产]