

绕阳河浮游动物群落结构特征研究

张宇

牡丹江市第十一中学, 黑龙江 牡丹江

收稿日期: 2026年4月23日; 录用日期: 2026年6月25日; 发布日期: 2026年7月6日

摘要

浮游动物作为水生生态系统中的重要组成部分, 其群落结构特征对于维持生态平衡、促进物质循环以及指示水质变化具有重要意义。为了研究绕阳河浮游动物群落结构特征, 本研究于2024年10月(秋季)和2025年4月(春季)对绕阳河浮游动物进行样品采集、物种鉴定以及环境因子测定。本次调查共发现浮游动物4门27种, 其中轮虫最多15种。结果显示, 绕阳河浮游动物密度波动范围为12.34~66.28 ind./L, 生物量波动范围为0.02~0.58 mg/L, 香农-威纳多样性指数(Shannon-Wiener)范围为1.50~3.58, 均匀度指数范围为0.56~0.89, 表明群落结构存在显著性的季节差异和空间分化。冗余分析(RDA)表明, 透明度, 水温, pH值, 总氮, 总磷, 水体流速, 化学需氧量, 五日生化需氧量和浮游动物具有相关性, 其中pH值、总氮(TN)和 水体流速(FV)对浮游动物的相关性最强。保护措施为控制水资源的取用, 减少绕阳河工业污水的排放和化肥的使用, 完善垃圾污水处理措施, 生态护坡, 以及保护物种多样性。

关键词

绕阳河, 浮游动物, 群落结构, 生物多样性

Study on the Structural Characteristics of Planktonic Animal Community in Raoyang River

Yu Zhang

Mudanjiang No. 11 Middle School, Mudanjiang Heilongjiang

Received: April 23, 2026; accepted: June 25, 2026; published: July 6, 2026

Abstract

As a vital component of aquatic ecosystems, the functional traits of zooplankton play a significant role in maintaining ecological balance, facilitating material cycling, and indicating water quality

changes. To investigate the functional group characteristics of zooplankton in the Raoyang River, this study conducted sample collection, identification, and community structure in October (Autumn) 2024 and April (Spring) 2025. A total of 27 zooplankton species from four phyla were identified, with rotifers being the most abundant (15 species). The results showed that zooplankton density ranged from 12.34 to 66.28 ind./L, biomass from 0.02 to 0.58 mg/L, Shannon-Wiener diversity index from 1.50 to 3.58, and evenness index from 0.56 to 0.89, indicating significant seasonal variations and spatial differentiation in community structure. Redundancy analysis (RDA) revealed correlations between zooplankton and environmental factors, including water transparency, temperature, pH, total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), flow velocity (FV), chemical oxygen demand (COD_{Mn}), and five-day biochemical oxygen demand (BOD₅). Among these, pH, TN, and FV exhibited the strongest correlations with zooplankton community structure. Recommended conservation measures include regulating water resource extraction, reducing industrial wastewater discharge and fertilizer use in the Raoyang River basin, improving waste and sewage treatment systems, implementing ecological slope protection, and enhancing species diversity conservation efforts.

Keywords

Raoyang River, Zooplankton, Community Structure, Biodiversity

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

浮游生物是指在水生系统中被动漂流的一类生物群体，而浮游动物即是异养性的浮游生物，它们必须依赖已有的有机物质作为自己的营养来源。对浮游动物和环境因子相关性的研究发现，总丰度主要受到总碱度、流速和总氮共 3 项理化因子的影响[1]，均匀度指数主要受到流速、总磷、水温和总硬度共 4 项理化因子的影响。对无定河流域浮游动物群落结构特征及水质评价进行研究，揭示了化学指标是影响河流和淤地坝水体中浮游动物群落结构的主要环境因子[2]。对安徽界首两湾国家湿地公园浮游动物的研究，影响群落结构的主要因子有 pH 值、DO、WT、DW、SD 和 Chl.a 浓度[3]。山东半岛北部近岸海域浮游动物丰度季节变化明显，以春季最高且水平分布不均匀，春季和秋季以芝罘岛附近海域丰度较高，夏季和冬季密集中心位于威海附近海域[4]。在浮游动物群落结构的研究中，通常用多样性指数进行判断水质状况，多样性指数、均匀度指数越高，水生态系统越稳定，水质越好[5]。对浮游动物定量分析揭示了水温、pH 值等关键环境因子对种群动态的调控机制[6]。水体富营养化会使得浮游动物密度增加，但生物量减小，群落整体小型化，同时水体富营养化还会导致浮游动物群落特征变得趋同[7]。

浮游动物作为水生生态系统中的重要组成部分，其群落结构的特征对于理解生态系统结构和功能具有重要意义。本研究于 2024 年 10 月(秋季)和 2025 年 4 月(春季)进行了秋季和春季采样，对绕阳河浮游动物的种类组成、空间分布、生物量及多样性等生态学特征进行了研究，探讨了影响绕阳河浮游动物群落结构的因素，为河流水环境保护提供有效的保护管理对策，同时为研究该河流的水质和水生生态基础健康状况提供了参考。

2. 材料与方法

2.1. 研究区域概况

绕阳河干流属于辽河流域，是辽河右侧最大的一级支流，发源于阜新市阜新县，于盘锦市大洼县汇

入辽河。绕阳河干流流经阜新市、沈阳市、锦州市、鞍山市、盘锦市，共5地级市，9个县(市)区，全长326 km，流域面积10348 km²。绕阳河共有一级支流40条，较大支流主要有东沙河、西沙河、月牙河、羊肠河、二道河等[8]。流域内植被覆盖率为28%，水土流失严重，季节性河流暴雨洪水特征较为明显，破坏力强。绕阳河属大陆性季风气候，由于地理与气候条件双重作用所致，汛期七、八月份，次洪水总量占月径流量较大[9]。

2.2. 采样点布设

本研究于2024年10月和2025年4月分别进行秋季和春季采样，沿绕阳河干流布设8个采样点，覆盖上游至下游不同生境类型与人类干扰强度梯度，采样点编号和坐标见表1。

Table 1. Coordinates of sampling sites in Raoyang River

表 1. 绕阳河采样点坐标

编号	坐标(东经 E, 北纬 N)
1#	121°51'59", 41°12'22"
2#	121°51'03", 41°10'19"
3#	121°45'31", 41°11'26"
4#	121°46'33", 41°10'34"
5#	121°48'32", 41°08'03"
6#	121°49'13", 41°07'07"
7#	121°50'24", 41°06'13"
8#	121°51'33", 41°05'27"

2.3. 调查方法

浮游动物的定性采集用25号浮游生物网在水中呈“∞”型拖曳3 min，将采集到的水样装在50 ml样品瓶中，用4%的福尔马林进行固定，带回实验室用显微镜鉴定。定量采集采用5 L有机玻璃采水器，在水下0.5 m与1.5 m各取水1 L，充分混匀后取1 L水样，加鲁哥氏液固定；实验室静置沉淀48 h，虹吸浓缩至30 mL；吸取0.1 mL浓缩液于计数框，全片镜检计数。原生动物根据《微型生物监测新技术》[10]鉴定，轮虫类根据《中国淡水轮虫志》[11]鉴定，枝角类根据《中国动物志(淡水枝角类)》[12]鉴定，桡足类根据《中国动物志(淡水桡足类)》[13]鉴定。透明度(SD)采用塞氏盘测定，水体流速(FV)使用流速仪测定，总氮(TN)、总磷(TP)、化学需氧量(COD_{Mn})、五日生化需氧量(BOD₅)等水化学指标依据《水和废水监测分析方法》测定。

2.4. 数据分析方法

按照以下公式换算样品中的浮游动物丰度：

$$N = \frac{V_s n}{V_a V} \quad (1)$$

在(1)公式中， N ——浮游动物丰度，ind./L； V ——采样体积，L； V_s ——浓缩体积，mL； V_a ——计数体积，mL； n ——计数所得个体数，ind。

Shannon-Weaver 多样性指数(H'):

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

Pielou 均匀度指数(J):

$$J = \frac{H'}{\log_2 N} \quad (3)$$

在(2)和(3)公式中, S 为总种数, N 为所有种个体总数, P_i 为第 i 种个体数量在总个体数量中的比例。

3. 结果与分析

3.1. 群落结构

绕阳河秋季和春季共收集到浮游动物 4 门 27 种, 其中轮虫最多 15 种, 占 55.6%; 原生动物门 8 种, 占 29.6%; 枝角类 2 种, 占 7.4%; 桡足类 2 种, 占 7.4% (图 1, 表 2)。

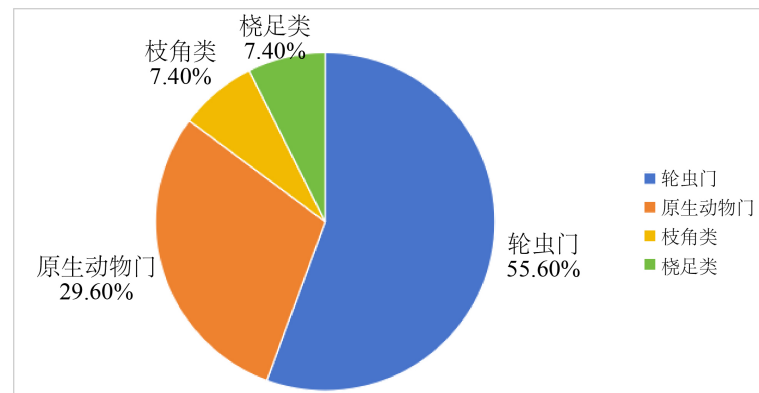


Figure 1. Composition of zooplankton in Raoyang River
图 1. 绕阳河浮游动物组成

Table 2. List of zooplankton in Raoyang River

表 2. 绕阳河浮游动物名录

门类	种	拉丁名
原生动物 Protozoa	简单薄铃虫	<i>Leptotintinnus simplex</i>
	普通表壳虫	<i>Arcella vulgaris</i>
	王氏拟铃壳虫	<i>Tintinnopsis wangi</i>
	长筒拟铃壳虫	<i>Tintinnopsis longus</i>
	波罗的拟铃虫	<i>Tintinnopsis baltica</i>
	小口钟虫	<i>Vorticella microstoma</i>
	旋回侠盗虫	<i>Strobilidium gyrans</i>
	琵琶砂壳虫	<i>Diffflugia biwae</i>
轮虫 Rotifera	二突异尾轮虫	<i>Trichocerca bicristata</i>
	等刺异尾轮虫	<i>Trichocerca similis</i>
	暗小异尾轮虫	<i>Trichocerca pusilla</i>
	真胫腔轮虫	<i>Lecane eutarsa</i>

续表

	矩形龟甲轮虫	<i>Keratella quadrata</i>
	角突臂尾轮虫	<i>Brachionus angularis</i>
	蒲达臂尾轮虫	<i>Brachionus quadridentatus</i>
	壶状臂尾轮虫	<i>Brachionus urceus</i>
	螺形龟甲轮虫	<i>Keratella cochlearis</i>
	裂痕龟纹轮虫	<i>Anuraeopsis fissa</i>
	截头鬼轮虫	<i>Trichotria truncata</i>
	转轮虫	<i>Rotaria rotatoria</i>
	前节晶囊轮虫	<i>Asplanchna priodonta</i>
	大肚鬚足轮虫	<i>Euchlanis dilatata</i>
	爱德里亚狭甲轮虫	<i>Colurella adriatica</i>
枝角类 Cladocera	点滴尖额溞	<i>Alona guttata</i>
	长肢秀体溞	<i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>
桡足类 Copepoda	广布中剑水蚤	<i>Mesocyclops leuckarti</i>
	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>

绕阳河秋季浮游动物各采样点间物种数波动于 5~18 之间(图 2), 秋季各采样点间有显著差异($P < 0.05$), 物种数最高为 1# 采样点(18 种), 次高为 3# 采样点(17 种), 最低为 8# 采样点(5 种); 绕阳河春季浮游动物各采样点间物种数波动于 9~20 之间, 春季各采样点间有显著性差异($P < 0.05$), 物种数最高为 4# 采样点(20 种), 次高为 3# 采样点(19 种), 最低为 8# 采样点(9 种)。

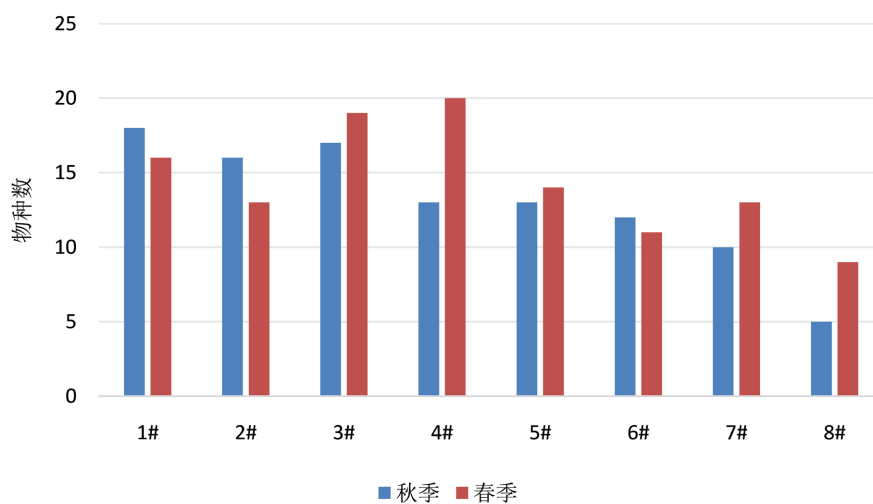


Figure 2. Number of zooplankton species in Raoyang River
图 2. 绕阳河浮游动物物种数

3.2. 密度和生物量

绕阳河秋季和春季浮游动物密度和生物量见表 3。秋季密度波动于 12.34~54.32 ind./L, 在 2# 处最高

(54.32 ind./L), 在 8#处最低(12.34 ind./L); 生物量波动于 0.02~0.58 mg/L, 在 2#处最高(0.58), 在 8#处最低(0.02)。春季密度波动于 20.82~66.28 ind./L, 在 7#处最高(66.28 ind./L), 在 5#处最低(28 ind./L); 生物量波动于 0.03~0.4 mg/L, 在 2#处最高(0.4 mg/L), 在 6#处最低(0.03)。

Table 3. Abundance and biomass of zooplankton
表 3. 浮游动物密度和生物量

采样点	秋季		春季	
	密度(ind./L)	生物量(mg/L)	密度(ind./L)	生物量(mg/L)
1#	48.19	0.22	55.78	0.26
2#	54.32	0.58	51.92	0.4
3#	29.13	0.39	20.82	0.2
4#	38.03	0.32	49.87	0.3
5#	45.92	0.14	28	0.07
6#	39.2	0.04	30.18	0.03
7#	54.06	0.05	66.28	0.32
8#	12.34	0.02	48.98	0.19

3.3. 生物多样性

绕阳河秋季和春季浮游动物生物多样性指数见表 4。秋季香农 - 威纳多样性指数波动于 2.11~3.46 之间, 最高为 2#(3.46), 次高为 4#(3.26), 最低为 8#(2.11); 均匀度指数波动于 0.56~0.89 之间, 最高为 4#(0.89), 次高为 6#(0.87), 最低为 7#(0.56)。春季香农 - 威纳多样性指数波动于 1.50~3.58 之间, 最高为 4#(3.58), 次高为 1#(3.45), 最低为 8#(1.50); 均匀度指数波动于 0.68~0.87 之间, 最高为 3#(0.87), 次高为 4#(0.86), 最低为 7#(0.69)。

Table 4. Biodiversity index of zooplankton
表 4. 浮游动物生物多样性指数

采样点	秋季		春季	
	香农 - 威纳多样性指数	均匀度指数	香农 - 威纳多样性指数	均匀度指数
1#	3.13	0.68	3.45	0.77
2#	3.46	0.64	3.21	0.68
3#	3.05	0.81	3.38	0.87
4#	3.26	0.89	3.58	0.86
5#	2.5	0.75	2.80	0.75
6#	2.43	0.87	2.72	0.83
7#	2.74	0.56	3.06	0.69
8#	2.11	0.78	1.50	0.84

3.4. 环境因子

绕阳河秋季和春季环境因子见表 5。在秋季, 6#SD 最高 0.39 m, 1#SD 最低 0.16 m; 2#WT 最高

17.52℃, 1#WT 最低 14.78; 6#、7#和 8#pH 值最高 7.72, 2#和 3#pH 值最低 7.24; 2#和 3#TN 最高 0.41 mg/L, 6#、7#和 8#TN 最低 0.18 mg/L; 8#TP 最多 0.38 mg/L, 3#TP 最低 0.15 mg/L; 4#BOD₅ 最高 7.54 mg/L, 2#BOD₅ 最低 3.69 mg/L; 8#COD_{Mn} 最高 0.85 mg/L, 3#COD_{Mn} 最低 0.37 mg/L; 7#处 FV 最高 0.66 m/s, 1#FV 最低 0.3 m/s。在春季, 5#SD 最高 0.67 m, 6#SD 最低 0.15 m; 3#WT 最高 17.32℃, 1#WT 最低 15.5℃; 5#pH 值最高 7.78, 6#pH 值最低 7.21; 7#TN 最高 0.84 mg/L, 4#TN 最低 0.13 mg/L; 3#TP 最多 0.48 mg/L, 4#TP 最低 0.14 mg/L; 5#BOD₅ 最高 4.34 mg/L, 4#BOD₅ 最低 2.94 mg/L; 5#COD_{Mn} 最高 0.88 mg/L, 7#COD_{Mn} 最低 0.29 mg/L; 7#FV 最高 0.55 m/s, 1#FV 最低 0.25 m/s。

Table 5. Environmental factors of Raoyang River in autumn and spring
表 5. 绕阳河秋季和春季环境因子

环境因子	季节	采样点								平均值
		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	
透明度 SD (m)	秋季	0.16	0.19	0.19	0.20	0.25	0.39	0.32	0.36	0.26
	春季	0.45	0.51	0.54	0.60	0.67	0.15	0.63	0.42	0.50
水温 WT (°C)	秋季	14.78	17.52	17.37	17.43	15.87	15.45	15.52	15.60	16.19
	春季	15.50	17.25	17.32	16.40	16.45	16.60	16.74	16.80	16.63
pH 值	秋季	7.38	7.24	7.24	7.35	7.35	7.72	7.72	7.72	7.47
	春季	7.35	7.33	7.72	7.72	7.78	7.21	7.26	7.29	7.46
总氮 TN (mg/L)	秋季	0.23	0.41	0.41	0.32	0.32	0.18	0.18	0.18	0.28
	春季	0.41	0.23	0.28	0.13	0.18	0.29	0.84	0.27	0.32
总磷 TP (mg/L)	秋季	0.31	0.25	0.15	0.16	0.18	0.23	0.33	0.38	0.25
	春季	0.40	0.45	0.48	0.14	0.36	0.24	0.36	0.42	0.35
五日生化需氧量 BOD ₅ (mg/L)	秋季	4.22	3.69	5.19	7.54	4.54	6.16	5.14	4.16	5.08
	春季	3.74	3.27	3.64	2.94	4.34	3.68	3.38	3.28	3.53
化学需氧量 COD _{Mn} (mg/L)	秋季	0.74	0.57	0.37	0.78	0.48	0.39	0.49	0.85	0.58
	春季	0.67	0.35	0.38	0.48	0.88	0.33	0.29	0.75	0.52
流速 FV (m/s)	秋季	0.30	0.35	0.56	0.54	0.60	0.45	0.66	0.57	0.50
	春季	0.25	0.44	0.41	0.53	0.45	0.52	0.55	0.48	0.45

3.5. 环境因子对浮游动物的影响

基于冗余分析(RDA)结果可知(图 3), RDA 两排序轴解释率分别为 42.7%和 21.3%, 前两轴累计解释群落 - 环境关系方差 64.0%, 蒙特卡洛检验表明排序结果极显著($P < 0.01$), 环境因子解释率为 58.3%。pH、TN、FV 为核心驱动因子, 共同解释群落变异 41.2%。WT、TN 和 SD 与香农 - 威纳多样性指数呈正相关性, pH 值、BOD₅、COD_{Mn}、TP 和 FV 与香农 - 威纳多样性指数呈负相关性。WT、TN、SD 和 pH 值与均匀度指数呈正相关性, BOD₅、COD_{Mn}、TP 和 FV 与均匀度指数呈负相关性。WT、SD 和 TN 与 Species 呈正相关性, pH 值、BOD₅、COD_{Mn}、TP 和 FV 与 Species 呈负相关性。WT、SD 和 TN 与 Biomass 呈正相关性, pH 值、BOD₅、COD_{Mn}、TP 和 FV 与 Biomass 呈负相关性。WT、SD 和 TN 与 Abundance 呈正相关性, pH 值、BOD₅、COD_{Mn}、TP 和 FV 与 Abundance 呈负相关性。其中 pH 值、TN 和 FV 的影响最大, 是浮游动物群落的主要影响因子。

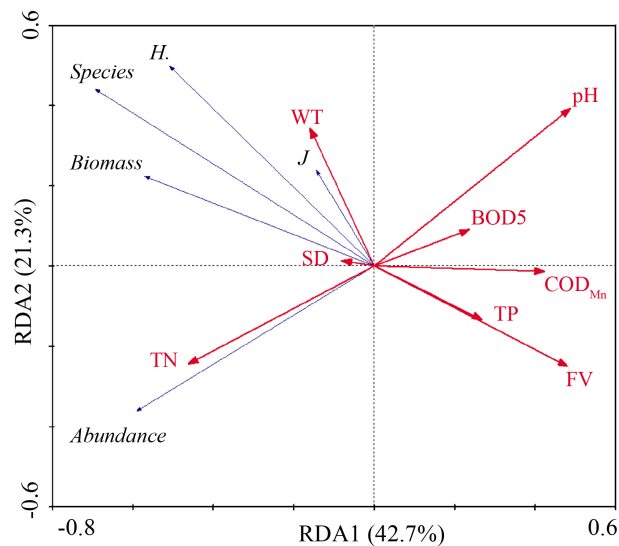


Figure 3. RDA analysis of zooplankton and environmental factors in Raoyang River

图 3. 绕阳河浮游动物与环境因子的 RDA 分析

4. 讨论

4.1. 浮游动物种类组成特征

绕阳河浮游动物以轮虫占绝对优势，其次为原生动物，枝角类与桡足类种类较少，整体呈现小型化特征。轮虫繁殖快、世代周期短、适应能力强，在扰动频繁、营养波动较大的河流环境中易形成优势类群[3] [11]。枝角类和桡足类等大型浮游动物种类偏少，可能与绕阳河水流较快、栖息地稳定性不足、鱼类捕食压力及人类扰动较强有关，大型种类难以长期定居与繁殖[13]。

从空间上看，上游采样点物种数显著高于下游，表明上游受人类干扰相对较轻，水体流动性与生境异质性更高，有利于更多物种共存；下游城镇密集、农业面源污染输入较多，生境单一化，导致物种数下降[14]。

4.2. 季节变化及环境驱动

水温对浮游动物的种群群落分布影响显著，在绕阳河生态系统中，水温是影响浮游动物群落分布的关键环境因子，众多研究也均证实了这一规律[15]-[17]。在适宜的温度内，随着温度的上升，浮游动物发育速度加快，生长繁殖速度加快，物种丰度和生物量也显著增加；同时浮游植物也会随着温度的升高而加快生长，为浮游动物提供更丰富的食物资源。除了水温，其他理化指标也可能会影响浮游动物密度和生物量的变化，比如季节变化会导致河流的径流量发生变化，平水期浮游动物物种数、丰度和生物量高于丰水期，导致浮游动物群落出现季节和年际的随机性[18][19]。叶绿素 a 的丰富意味着水体中浮游植物也丰富，意味着浮游动物有着充足的食物，促进浮游动物的生长与繁殖[20]。

春季浮游动物整体密度高于秋季，主要与水温回升、光照增强、浮游植物大量繁殖有关。春季水温介于 15.50~17.32℃，处于多数浮游动物适宜生长范围，代谢与繁殖速率加快[6] [16]。同时，春季浮游植物生物量上升，为浮游动物提供充足食物，促进丰度提高[20]。秋季水温略有下降，流域内降雨减少、径流量降低，部分点位污染物相对富集，加之食物资源减少，导致整体丰度略低于春季。此外，秋季水体流速相对更高，对浮游动物具有冲刷作用，不利于群落聚集与稳定[21]。

4.3. 空间与生境异质性关联

上游 1#~4# 采样点物种丰富度、多样性指数整体更高, 尤其 4# 春季物种数达 20 种, 与该点位透明度高、总氮较低、流速适中密切相关。高透明度意味着光照充足, 有利于初级生产, 食物资源稳定; 适度总氮水平可促进食物网稳定而不引发富营养化胁迫; 适中流速既保证水体交换, 又不至于产生强烈冲刷, 为浮游动物提供稳定栖息环境。

下游 7#~8# 采样点物种数、多样性与均匀度偏低, 尤其 8# 常年最低。该类点位受城镇生活污水、农业退水影响更显著, 总磷、COD_{Mn}、BOD₅ 相对偏高, 水体扰动强、流速快, 耐污种(如部分轮虫、原生动物) 占优, 敏感物种减少, 群落结构趋于简单。

5. 结论

绕阳河秋季和春季采集到浮游动物 4 门 27 种, 其中轮虫最多 15 种, 其次为原生动物门 8 种, 枝角类, 桡足类各 2 种; 秋季和春季密度波动范围为 12.34~66.28 ind./L, 生物量波动范围为 0.02~0.58 mg/L; 香农-威纳多样性指数在秋季和春季的范围为 1.50~3.58, 均匀度指数在秋季和春季的范围为 0.56~0.89; RDA 分析结果表明, pH 值、总氮(TN)和 水体流速(FV)对浮游动物群落的相关性最强。本研究为春秋两季单次采样, 未覆盖夏季丰水期与冬季枯水期, 后续可增加季度频次与年际监测, 提升结论稳定性。

参考文献

- [1] 吴聪. 雅鲁藏布江及其主要支流浮游动物与环境因子间的关系[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉轻工大学, 2022.
- [2] 李刚, 潘保柱, 丁一桐, 等. 无定河流域浮游动物群落结构特征及水质生物评价[J]. 中国环境监测, 2024, 40(3): 181-196.
- [3] 李峰, 张毅星, 陈晶雯, 等. 安徽界首两湾国家湿地公园浮游动物群落结构特征研究[J]. 安徽林业科技, 2021, 47(5): 21-26.
- [4] 王秀霞, 霍骏, 杨艳艳, 等. 山东半岛北部近岸海域浮游动物群落结构及季节变化[J]. 生态科学, 2024, 43(2): 163-170.
- [5] Quéré, C.L., Harrison, S.P., Colin Prentice, I., Buitenhuis, E.T., Aumont, O., Bopp, L., *et al.* (2005) Ecosystem Dynamics Based on Plankton Functional Types for Global Ocean Biogeochemistry Models. *Global Change Biology*, **11**, 2016-2040. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.1004.x>
- [6] Ichinokawa, M. and Takahashi, M. (2006) Size-Dependent Carbon Flow in the Epipelagic Food Web of the Western Equatorial Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, **313**, 13-26. <https://doi.org/10.3354/meps313013>
- [7] Durán-Campos, E., Monreal-Gómez, M.A., Salas de León, D.A. and Coria-Monter, E. (2019) Zooplankton Functional Groups in a Dipole Eddy in a Coastal Region of the Southern Gulf of California. *Regional Studies in Marine Science*, **28**, Article 100588. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100588>
- [8] AL-Kahem, F.H., AL-Akel, S.A., Shamsi, M.J.K. and Ahmed, Z. (1998) Planktonic Biomass and Physico-Chemical Parameters in Wa di Haneefah Stream, Riyadh, Saudi Arabia. *Dirasat-University of Jordan. Natural and Engineering Sciences*, **25**, 363-376.
- [9] Haberman, J. and Haldna, M. (2004) Indices of Zooplankton Community as Valuable Tools in Assessing the Trophic State and Water Quality of Eutrophic Lakes: Long Term Study of Lake Vörtsjärv. *Journal of Limnology*, **73**, 263-273. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2014.828>
- [10] 沈槁芬, 章宗涉, 龚循矩, 等. 微型生物监测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [11] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961.
- [12] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志-节肢动物门甲壳纲淡水枝角类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [13] 沈嘉瑞, 戴爱云, 宋大祥. 中国动物志-节肢动物门甲壳纲淡水桡足类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [14] 王志坤. 辽宁省绕阳河“一河一策”治理与管理保护对策[J]. 水利发展研究, 2018, 18(6): 16-18.
- [15] 卜玉. 基于 SWAT 模型的中长期洪水径流预测研究[J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50(4): 165-168+224.
- [16] 熊露莉, 关志为, 周源远, 等. 鄱阳湖碟形湖浮游动物群落结构的时空及季节性水文变化规律[J]. 南昌大学学报

- (理科版), 2025, 49(2): 184-197.
- [17] Kagalou, I.I., Kosiori, A. and Leonardos, I.D. (2010) Assessing the Zooplankton Community and Environmental Factors in a Mediterranean Wetland. *Environmental Monitoring and Assessment*, **170**, 445-455.
<https://doi.org/10.1007/s10661-009-1245-6>
- [18] 董志军, 杨青, 孙婷婷, 等. 黄河口邻近海域浮游动物群落时空变化特征[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 659-667.
- [19] 张建波, 王丑明, 黄代中, 等. 洞庭湖后生浮游动物群落结构及水质生物学评价[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(2): 394-402.
- [20] 宋高飞, 朱宇轩, 米武娟, 等. 武汉市湖泊浮游动物群落特征及其影响因素[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2022, 50(3): 135-142.
- [21] 陈越. 渭河干流及秦岭北麓典型支流浮游动物群落结构特征及其与环境因子关系[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2022.