

西泉眼水库夏季浮游动物群落结构特征及其与环境因子间的相关性

王云瑞^{1*}, 柴一涵^{1*}, 柴方营^{2#}, 于洪贤^{1#}, 董文涛¹, 徐甜甜¹, 柴青宇¹, 宋帅达³, 鞠永富⁴,
王洪成², 王 彤²

¹东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨

²黑龙江科技大学, 黑龙江 哈尔滨

³北京体育大学, 北京

⁴哈尔滨学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2021年10月25日; 录用日期: 2021年11月22日; 发布日期: 2021年11月29日

摘 要

为了解西泉眼水库夏季的水体浮游动物群落结构特征及其与水环境因子之间的关系, 2021年7月, 对西泉眼水库浮游动物和水体理化因子进行了调查。研究了西泉眼水库夏季浮游动物群落结构特征, 结果共鉴定出浮游动物52种, 其中轮虫占最多为28种, 占整个浮游动物群落的54%, 原生动物13种, 占整个浮游动物群落的25%, 枝角类3种, 占整个浮游动物群落的5.76%, 桡足类发现8种, 占整个浮游动物群落的15.38%。优势种主要包括褐砂壳虫(*Diffugia avellana*)、长三肢轮虫(*Filinia longiseta*)、裂足轮虫(*Schizocerca diversicornis*)、针簇多肢轮虫(*Polyarthra trigla*)和无节幼体(*Nauplii*) 5种。浮游动物丰度平均为15个/L, 生物多样性结果表明: 最高点和最低点分别出现在11#和7#。Pearson相关性结果分析表明: 西泉眼水库夏季浮游动物丰度与总磷、溶解氧含量极显著相关($P < 0.01$)。

关键词

西泉眼水库, 浮游动物, 群落结构, 相关性分析

Characteristics of Zooplankton Community Structure and Its Correlation with Environmental Factors in Xiquanyan Reservoir in Summer

Yunrui Wang^{1*}, Yihan Chai^{1*}, Fangying Chai^{2#}, Hongxian Yu^{1#}, Wentao Dong¹, Tiantian Xu¹,
Qingyu Chai¹, Shuaida Song³, Yongfu Ju⁴, Hongcheng Wang², Tong Wang²

*并列第一作者。

#并列通讯作者。

文章引用: 王云瑞, 柴一涵, 柴方营, 于洪贤, 董文涛, 徐甜甜, 柴青宇, 宋帅达, 鞠永富, 王洪成, 王彤. 西泉眼水库夏季浮游动物群落结构特征及其与环境因子间的相关性[J]. 农业科学, 2021, 11(11): 1052-1058.

DOI: 10.12677/hjas.2021.1111143

¹Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

²Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin Heilongjiang

³Beijing Sport University, Beijing

⁴Harbin University, Harbin Heilongjiang

Received: Oct. 25th, 2021; accepted: Nov. 22nd, 2021; published: Nov. 29th, 2021

Abstract

To understand the characteristics of zooplankton community structure and its relationship with water environmental factors in Xiquanyan reservoir in summer, an investigation was conducted on zooplankton and water physical and chemical factors in Xiquanyan Reservoir in July 2021. The characteristics of zooplankton community structure in Xiquanyan reservoir in summer were studied. The results show that a total of 52 species of zooplankton were identified, including 28 rotifers (54%), 13 protozoa (25%), 3 cladophora (5.76%) and 8 copepods (15.38%). The dominant species include *Diffugia avellana*, *Filinia longiseta*, *Schizocerca diversicornis* and *Polyarthra trigla* and *Nauplii*. Zooplankton abundance averaged 15 per L. The results of biodiversity showed that the highest and lowest point appeared at 11# and 7#, respectively. Pearson correlation analysis showed that there was a significant correlation between zooplankton abundance and total phosphorus and dissolved oxygen contents in Xiquanyan Reservoir in summer ($P < 0.01$).

Keywords

Xiquanyan Reservoir, Zooplankton, Community Structure, Correlation Analysis

Copyright © 2021 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

浮游动物作为淡水生态系统中不可或缺的组成部分,在水生态系统的物质循环与能量流动过程中具有承上启下的作用[1]。很多研究表明,浮游动物对水体环境的变化比较敏感[2] [3]。在水域生态系统中,浮游动物常常被作为重要的指示生物来评价水质,浮游动物的群落密度及生物多样性指数等群落特征值的变化,能够很好地反应出水域生态系统的好坏[4]。因此,本文以浮游动物群落为研究对象,研究了西泉眼水库夏季浮游动物的物种数、密度、香农维纳指数等群落结构特征[5]。此外,也探究了浮游动物群落与水环境因子之间的关系,旨在为西泉眼水库的健康管理提供一定的理论依据。

西泉眼水库位于阿城、尚志、五常三市(区)交界处,是哈尔滨市辖区内重要的大型水库之一,一度被列为哈尔滨市城市居民用水后备水源地[6] [7]。为保证哈尔滨市近千万居民的饮水安全,2021年夏季,对西泉眼水库浮游动物及水质理化指标进行了调查,并分析了浮游动物与环境因子之间的相关性。为西泉眼水库水污染治理提供一定的理论基础。

2. 材料和方法

2.1. 调查区域和时间

本文于2021年夏季(7月)采集浮游动物样品。西泉眼水库地理坐标为东经127°16',北纬45°12'5"。

该区域属于大陆性温带季风气候，夏季高温，多雨。根据西泉眼水库库盆形状及流域地理特征，本研究共设置了 18 个采样点(图 1)，分别在阿什河入库口、黄泥河入库口、库心、双龟山以及大坝出水口等区域设置采样断面，并在每个断面的左中右均进行样品采集。

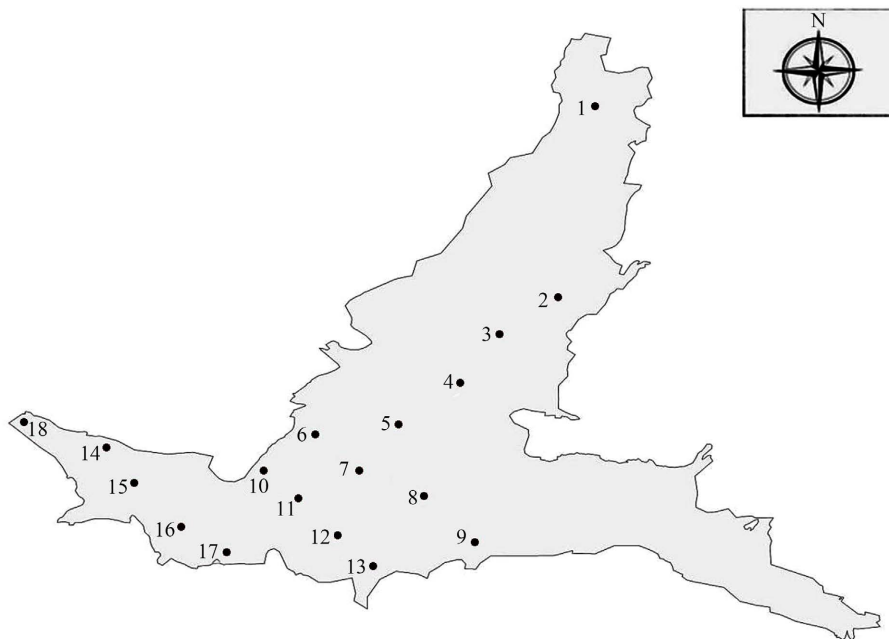


Figure 1. Location of the sampling sites in Xiquanyan Reservoir
图 1. 西泉眼水库采样点分布图

2.2. 样品的采集方法与处理

2.2.1. 浮游动物样品采集

浮游动物定性样品采用 25#浮游生物网在表层水面至 0.5 m 深处进行横“∞”字形捞取 3 min。定量样品采集时用 5L 的有机玻璃采水器垂直方向采集表层、中层和底层的水样并将各层等量混合成一个水样，之后用 13 号浮游生物网过滤浓缩，将浓缩的水样收集于 100 ml 的标本瓶中，立即加入 4% 体积的甲醛溶液进行固定[8] [9] [10]。带回室内静置 48 h 后，采用虹吸法除去上清液，浓缩至 30 mL。参照《中国淡水生物图谱》和《水生生物学》的方法，混匀样品，在显微镜下鉴定浮游动物种类并计数[10] [11] [12] [13] [14]。

2.2.2. 水文特征及水体理化指标的测定

水体理化指标包括温度(WT)、溶解氧(DO)、总磷(TP)、总氮(TN)、化学需氧量(COD)。采集样品的同时对部分水体理化指标进行现场测定，利用 YSI-6600 多功能水质分析仪对水温、PH、DO 和 CL 进行现场测定。此外，将采集的水样带回实验室在 24 小时内参考国家标准方法对总氮浓度(TN)、总磷浓度(TP)、化学需氧量(COD_{Cr})进行测定。

2.3. 数据的统计分析

浮游生物多样性指数的测定：以浮游动物每升出现的个体数(ind/L)来测定其丰度，使用优势度指数 Y 确定优势种类[15] [16]。使用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Pielou 均匀度指数(J')对西泉眼水库夏季浮游动物群落结构特征进行分析评价。各计算公式为：

$$Y = n_i/N \times f_i$$

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

$$J = H'/\log_2 S$$

式中, Y 是优势度, n_i 是第 i 种丰度, N 是该区域内出现的所有种类的总丰度, f_i 是第 i 种出现的频率, $Y > 0.02$ 为优势种; P_i 是 n_i 与 N 到比值, S 是该站的动物种类数。运用 SPSS16.0 进行相关性分析。

3. 结果与分析

3.1. 西泉眼水库水环境因子

西泉眼水库夏季各调查断面水体理化指标如表 1, 结果显示, 西泉眼水水库夏季水温平均为 27.77℃, PH 平均为 9.15, 水体呈碱性, TP 平均值为 0.16 mg/L, 根据 TP 浓度指标评价为中富营养化水平, TN 平均值为 1.58 mg/L, 根据 TN 浓度指标评价为富营养化水平, DO 平均值为 5.26 mg/L, 根据溶解氧浓度指标评价为富营养化水平, 综合各项水体理化因子看, 西泉眼水库夏季水体呈现富营养化水平。

Table 1. Water environment factors of Xiquanyan
表 1. 西泉眼水库水环境因子(平均值 ± 标准差)

环境因子	水深	T/ °C	PH	DO (mg/L)	CL ⁻ (mg/L)	COD (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)
测定值	13.59 ± 5.79	24.77 ± 2.08	9.15 ± 0.50	5.26 ± 0.52	10.19 ± 0.95	22.61 ± 3.35	0.16 ± 0.03	1.58 ± 0.52

3.2. 浮游动物群落组成及结构特征

西泉眼水库春季共检测出浮游动物 52 种(图 2), 其中轮虫占最多为 28 种, 占整个浮游动物群落的 53.84%, 原生动物 13 种, 占整个浮游动物群落的 25%, 枝角类 3 中, 占整个浮游动物群落的 5.76%, 桡足类此次调查中发现 8 种, 占整个浮游动物群落的 15.38%。浮游动物的优势种共 5 种(表 2)无节幼体出现的频率最高为 78.21%, 其优势度为($Y = 0.921$)。

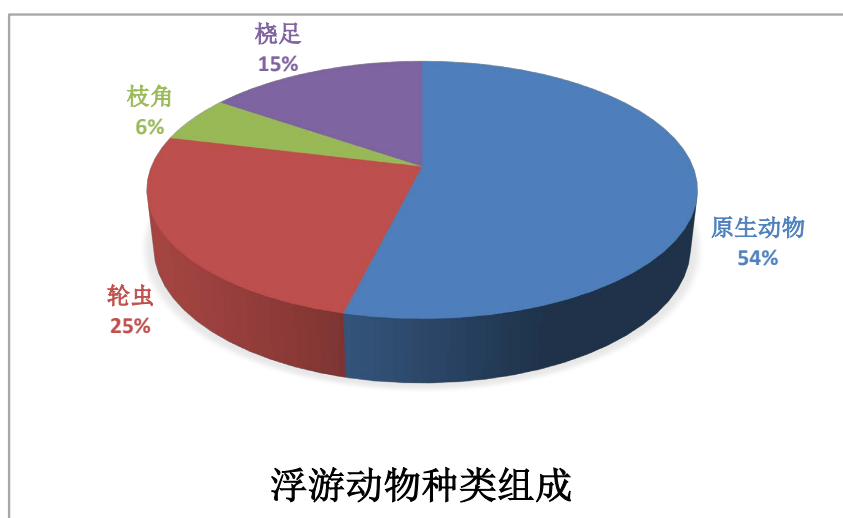


Figure 2. Species composition of zooplankton in Xiquanyan Reservoir in summer
图 2. 西泉眼水库夏季浮游动物种类组成

Table 2. The dominant species of zooplankton in Xiquanyan
表 2. 西泉眼水库浮游动物优势种

优势种名称 Dominant species name	拉丁名 The Latin name	出现频率 Occurrence frequency %	优势度指数 Dominance index (Y)
褐砂壳虫	<i>Diflugia avellana</i>	55.23%	0.281
长三支轮虫	<i>Filinia longiseta</i>	67.60%	0.423
裂足轮虫	<i>Schizocerca diversicornis</i>	68.78%	0.431
针簇多肢轮虫	<i>Polyarthra trigla</i>	62.63%	0.382
无节幼体	<i>Nauplii</i>	78.21%	0.921

3.2. 浮游动物生物多样性的空间变化

18 个采样点浮游动物种类及数量的香农维纳指数和 Pielou 均匀度指数如图 3 所示, 3#、11#、17#生物多样性较高, 1#、2#、8#和 14#次之, 7#最低, 而其他几个采样点的生物多样性相差几乎不大。

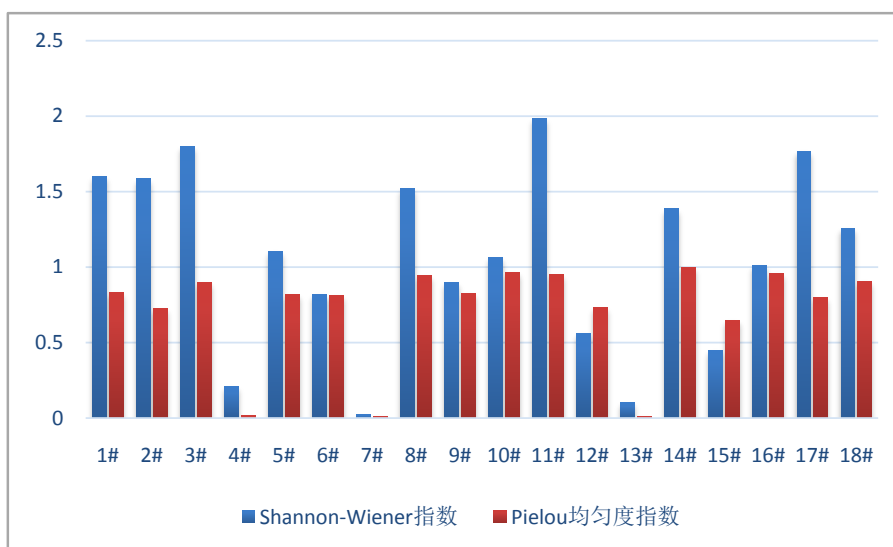


Figure 3. Spatial variation of zooplankton biodiversity in Xiquanyan Reservoir in summer
图 3. 西泉眼水库夏季浮游动物生物多样性空间变化

3.3. 浮游动物丰度与水环境因子间相关性分析

为探究西泉眼水库各水环境因子对浮游动物丰度的影响, 本研究用 Spss16.0 软件分析了西泉眼水库夏季浮游动物丰度与水环境因子间的相关性, 如表 3 所示, 丰度与总磷及溶解氧的含量相关性显著, 其中, 丰度与总磷呈极显著正相关, 与溶解氧呈极显著负相关, 与其他水环境因子无显著相关性。

Table 3. Correlation between plankton abundance and water environmental factors in Xiquanyan Reservoir
表 3. 西泉眼水库浮游动物丰度与水环境因子的相关性

项目	丰度	水深	水温	PH	CL	COD	TP	TN	DO
Pearson Correlation	1	-0.071	-0.21	0.414	-0.01	-0.144	0.593**	0.153	-0.521**
显著性		0.779	0.404	0.088	0.968	0.652	0.01	0.544	0.027

*在 0.05 水平显著相关; **在 0.01 水平上显著相关。

4. 讨论

西泉眼水库夏季浮游动物群落结构特点表现为小型浮游动物(原生动物和轮虫)在总丰度和总种类数中占比较高,大型浮游动物(枝角类和桡足类)占比较小。这一特点和全国湖泊、水库浮游动物种类组成情况相似[17][18]。浮游动物种类的分布与体型大小可能受到一系列可变和不可知的因素共同影响,原生动物和轮虫个体较小,发育较快,生命周期短能够比枝角类和桡足类更加灵敏的反应水体环境[19]。

西泉眼水库夏季浮游动物丰度与总磷、溶解氧的含量相关显著,其中与总磷呈极显著正相关,与溶解氧呈极显著负相关。水体中氮、磷含量是影响浮游动物丰度的重要因素,随着总磷含量的增加浮游动物的种类和丰度明显下降。总磷通过直接作用于叶绿素 a 从而间接影响浮游动物的密度[20]。丰度与溶解氧呈极显著负相关($P < 0.01$)是由于西泉眼水库属河流型水库,水库河道长,水体溶解氧含量高的河道水流快,降低了浮游动物在此的数量。此次的分析可能与其它地区所做的分析结果有所差异,这可能是由于特定的地理环境差异所致[21]。影响浮游动物的各环境因子除了本身对浮游动物起到的直接作用外,各环境因子也会通过间接控制浮游植物的生长来影响浮游动物的丰度[22]。

基金项目

中央支持地方高校发展高水平人才项目《冷水鱼资源产业化可持续利用集成技术创新》,项目编号 2020GSP14; 黑龙江省经济社会发展重点研究课题《实施农业强省战略中黑龙江冷水鱼产业发展对策研究》,课题编号 20309。

参考文献

- [1] 赵睿智,赵红雪,邱小琼. 黑河干流浮游动物与水环境因子关系的多元分析[J]. 水生态学杂志, 2020, 41(6): 81-88.
- [2] 王博涵,李晨,姜力文,陈鹏,殷旭旺,徐宗学. 济南地区河流轮虫群落结构的时空动态研究[J]. 水生态学杂志, 2016, 37(3): 93-101.
- [3] 王晓清,曾亚英,吴含含,熊钢,张建国,马晓,陈丽婷. 湘江干流浮游生物群落结构及水质状况分析[J]. 水生生物学报, 2013, 37(3): 488-494.
- [4] 郭沛涌,沈焕庭,刘阿成,王金辉,杨元利. 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.
- [5] 徐兆礼,王云龙,陈亚瞿,沈焕庭. 长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995(1): 39-48.
- [6] 迟晋峰,刘玉黛,迟晋旭. 哈尔滨市西泉眼水库水环境现状及水源保护对策[J]. 黑龙江水利科技, 2010, 38(1): 174-175.
- [7] 李亚慧,王立新,关万彬. 西泉眼水库安全监测浅析[J]. 黑龙江水利科技, 2008, 36(5): 174.
- [8] 房静. 春、夏季南黄海浒苔暴发区浮游动物群落生态学研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [9] 徐杭英,于海燕,俞建,韩明春,李共国. 浙江两类饮用水源地浮游动物种类组成及其类群相关性分析[J]. 生态科学, 2012, 31(3): 233-239.
- [10] 乐观. 崇明岛河道水质理化指标及其与三种主要浮游动物分布的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2008.
- [11] 王汨,杨柏贺,马思琦,徐宗学,殷旭旺,王博涵,刘萌萌. 北运河水系夏季浮游动物群落结构特征及其与环境因子的关系[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2021, 18(4): 121-126.
- [12] 严广寒,殷雪妍,汪星,王丽婧,李莹杰,李虹,陈威. 长江三口-西洞庭湖环境因子对浮游动物群落组成的影响[J]. 水生态学杂志, 2021, 42(2): 23-32.
- [13] 严黎,罗欢,陈华香,吴琼,张苑龙. 九曲湾水库浮游生物群落结构及水质相关性分析[J]. 中国农村水利水电, 2020(8): 56-61.
- [14] 王雨路,袁丹妮,袁国庆,冯伟松,龚迎春. 武汉东湖夏冬两季浮游动物物种多样性及群落结构研究[J]. 水生生态

物学报, 2020, 44(4): 877-894.

- [15] 卞少伟, 韩龙, 梅鹏蔚, 王建国, 袁宇翔, 张震. 辽东湾夏秋季节浮游动物群落结构特征及其与环境因子的关系[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2020, 40(4): 44-49.
- [16] 靳萍, 代克岩, 杨程, 郭萌, 徐婷婷, 蔺庆伟, 马剑敏. 牧野湖浮游动物群落结构及其与环境因子的相关性研究[J]. 水生态学杂志, 2013, 34(2): 53-61.
- [17] 蔡庆华. 武汉东湖浮游生物间相互关系的多元分析[J]. 中国科学院研究生院学报, 1995(1): 97-102.
- [18] 姜作发, 唐富江, 董崇智, 苏洁, 孟令博. 黑龙江水系主要江河浮游动物种群结构特征[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(4): 64-66.
- [19] 李秀媛, 于洪贤. 小鹤立河水库春季浮游动物群落特征及其与环境因子的相关性[J]. 水产学杂志, 2013, 26(1): 37-40.
- [20] 郭如意, 张迪, 邓志芳, 张毅, 尹旭, 林婉奇. 韶关北江特有珍稀鱼类省级自然保护区水生生物群落结构特征分析[J]. 林业与环境科学, 2019, 35(6): 91-97.
- [21] 刘潇, 潘玉龙, 孙蓓蓓, 齐衍萍, 徐东会, 李娟. 荣成近岸海域浮游动物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 现代农业科技, 2019(10): 177-179+182.
- [22] 胡长静. 春夏季漳泽水库浮游动物群落特征及水质评价[J]. 山西水利科技, 2018(4): 89-92.