

内蒙古兴和县察尔湖春季浮游植物群落结构及多样性的研究

宋雨莲 罗旭光* 孙敬锋

天津农学院

DOI:10.12238/eep.v8i3.2619

[摘要] 为了解察尔湖浮游植物的群落结构特征。本试验于2024年4月对察尔湖共七个采样点浮游植物的密度、生物量、生物多样性指数等指标进行分析调查。结果表明,该地水域的七个采样点的浮游植物共计7门41属,以绿藻门为主,有17属;其次是硅藻门8属、蓝藻门7属和裸藻门6属;金藻门、甲门和隐藻门最少,均有1属。察尔湖春季浮游植物密度范围为 $38.47 \sim 70.96 \times 10^5$ 个/L,平均密度为 50.61×10^5 个/L;生物量范围为 $7.73 \sim 15.20$ mg/L,平均生物量达到 10.25 mg/L;浮游植物的Shannon-Wiener多样性指数范围为 $1.83 \sim 2.60$,Pielou均匀度指数为 $0.40 \sim 0.49$,Margalef丰富度指数范围为 $0.95 \sim 1.63$ 。由实验结果分析可知,该地群落结构较为复杂,物种分布较均匀,物种较为丰富,群落较少聚集,当地的水质污染程度较轻。

[关键词] 察尔湖; 浮游植物; 群落结构; 生物多样性

中图分类号: Q94 文献标识码: A

Study on the Community Structure and Diversity of Spring phytoplankton in Cha'er Lake, Xinghe County, Inner Mongolia

Yuting Song Xuguang Luo* Jingfeng Sun

Tianjin Agricultural University

[Abstract] In order to understand the community structure characteristics of phytoplankton in Lake Cha'er. This experiment was conducted in April 2024 to analyze and investigate the density, biomass, biodiversity index, and other indicators of phytoplankton at seven sampling points in Lake Cha'er. The results showed that there were a total of 7 phyla and 41 genera of phytoplankton in the seven sampling points of the water area, with 17 genera belonging to the Chlorophyta phylum; Next are 8 genera of diatoms, 7 genera of cyanobacteria, and 6 genera of naked algae; The phyla Chrysophyta, Chrysophyta, and Cryptophyta have the least, all belonging to one genus. The density range of phytoplankton in Cha'er Lake in spring is $38.47 \sim 70.96 \times 10^5$ /L, with an average density of 50.61×10^5 /L. The biomass range is $7.73 \sim 15.20$ mg/L, with an average biomass of 10.25 mg/L; The Shannon Wiener diversity index range of phytoplankton is $1.83 \sim 2.60$, the Pielou evenness index is $0.40 \sim 0.49$, and the Margalef richness index range is $0.95 \sim 1.63$. According to the analysis of experimental results, the community structure in this area is relatively complex, with evenly distributed species and abundant species. The community is less clustered, and the local water pollution level is relatively mild.

[Key words] Lake Cha'er; Phytoplankton; Community structure; biological diversity

1 引言

1.1 察尔湖的概况

察尔湖位于内蒙古自治区乌兰察布市兴和县,作为河北省和内蒙古自治区之间的友谊水库。察尔湖的地理位置为北纬 $40^{\circ} 51' \sim 40^{\circ} 52'$,东经 $114^{\circ} 00' \sim 114^{\circ} 04'$,海拔约1890米,总面积为6.6万亩。

1.2 浮游植物的概况

在湖泊这一生态系统中,浮游植物是极其重要的组成部分,

因此关于湖泊浮游植物的生态学研究日益受到重视^[1]。

1.3 研究目的与意义

察尔湖是兴和县及周边重要的渔业生产基地。湖泊里散养野生鱼。因此了解察尔湖生态系统的健康状况,对维护该流域的水环境管理和可持续发展有着重要的意义。

2 材料与方法

2.1 采样点设置和采样时间

2024年春季(4月)对察尔湖浮游植物群落结构进行取样

调查,依据察尔湖形态特征、地理状况、水文条件并结合采样的可行性,共在水库内设置7个采样点,采样点位置分布示意图1。



图1 察尔湖采样点分布

表1 察尔湖采样点地理信息

编号	地理坐标	采样点
S1	40° 51' 36" N , 114° 01' 45" E	上游
S2	40° 51' 40" N , 114° 02' 46" E	水库中心
S3	40° 51' 21" N , 114° 02' 53" E	库湾
S4	40° 52' 03" N , 114° 03' 28" E	察尔湖生态旅游区
S5	40° 51' 57" N , 114° 03' 56" E	友谊水库大坝
S6	40° 51' 45" N , 114° 04' 10" E	库湾
S7	40° 51' 54" N , 114° 02' 55" E	察尔湖国家湿地公园

2.2 实验材料

水样瓶、广口塑料瓶、50mL定量瓶、刻度吸管、1000mL有机玻璃采水器、25号浮游生物网、鲁哥氏液、甲醛固定液、1000mL圆柱形沉淀器、虹吸管、1000mL烧杯、移液枪、计数框、载玻片、盖玻片、Olympus显微镜、洗耳球^[2]。

2.3 研究方法

2.3.1 样品采集与处理

根据《淡水浮游生物研究方法》采集与处理浮游植物样品^[3]。在实验室中将样品摇晃并转入至沉淀器中静置48h,将样品浓缩定容至50mL。

2.3.2 样品鉴定与计数

借助Algae C软件在光学显微镜(OlympusCX21, 10×40倍)下进行种类鉴定和细胞计数。物种分类鉴定主要依据《中国常见淡水浮游藻类图谱》^[5]等资料。采用计数框行格法进行定量分析。

2.4 数据处理与统计分析

本次研究是通过分析当地7个采样点浮游植物的密度、生物量和生物多样性指数的实验数据来描述采样点浮游植物的群落结构。

2.4.1 密度与生物量

$$N = \frac{N_0}{N_1} \times \frac{V_1}{V_0} \times P_n \tag{1}$$

式中, N0为计数框的总数; N1为计数的方格数; V1为1L水样经沉淀浓缩后的体积(mL); V0为计数框容积(mL), 一般为0.1mL; Pn所计数的浮游植物的个体数(个)^[6]。

2.4.2 指数分析

浮游生物优势度采用优势度指数(Y)来进行描述^[4], 将Y≥0.02的浮游植物定为优势种。运用Shannon-Wiener多样性指数(H')、Pielou均匀度指数(J)和Margalef丰富度指数(D)等指标来评价浮游生物物种多样性和水质状况。计算公式如下:

$$\text{优势度指数: } Y = \frac{n_i \times f_i}{N} \tag{2}$$

$$\text{Shannon-Wiener多样性指数: } H' = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \tag{3}$$

$$\text{Pielou均匀度指数: } J = \frac{H'}{\log_2 S} \tag{4}$$

$$\text{Margalef丰富度指数: } D = \frac{S-1}{\log_2 N} \tag{5}$$

式中, ni为物种i的个体数, fi为物种i在各采样点出现的频率, 用来展示各个功能群在不同季节和采样点出现次数; N为所有物种的总个体数, S为所有物种的种类数^[4]。

浮游植物数据的统计分析采用Excel2022软件进行初步整理, 使用SPSS 26.0中单因素方差分析(ANOVA)及成对样本T检验分析浮游植物物种数、密度、生物量及多样性指数的时空差异, 运用Origin 2023进行图形绘制^[7]。

表2 水质评价标准

Shannon-Wiener指数	Pielou指数	Margalef指数	水质类型	综合富营养指数 Comprehensive trophic state index	营养状态 Eutrophication status
>4	0.8~1	>4	寡污染(清洁)	<30	贫营养
3~4	0.5~0.8	3~4	轻污染	30~50	中营养
2~3	0.3~0.5	2~3	中污染(β-中污型)	50~60	轻度富营养
1~2	0.1~0.3	1~2	中污染(α-中污型)	60~70	中度富营养
0~1	0~0.1	0~1	重污染	>70	重度富营养

3 结果与分析

3.1 浮游植物的种类组成

春季7个采样点中共鉴定出浮游植物7门41属, 以绿藻门为主, 有17属(37.43%); 其次是硅藻门8属(24.6%)、蓝藻门7属(16.2%)和裸藻门6属(11%); 金藻门、甲门和隐藻门最少, 均有1属(4%)。

3.2浮游植物优势种

春季金藻门的锥囊藻是绝对优势种。春季优势种中：金藻门：锥囊藻在所有采样点中表现出非常高的优势度，尤其是在S2(0.6557)和S3(0.6094)；硅藻门中针杆藻在S1(0.2390)和S4(0.2902)中表现出较高的优势度；隐藻门：隐藻在S5(0.1043)和S6(0.1464)中表现出较高的优势度。

表3 春季察尔湖浮游植物优势种的优势度

门类	优势种	春季						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
蓝藻门	颤藻	+	+	+	+	+	++	+
	鱼腥藻							+
金藻门	锥囊藻	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
硅藻门	小环藻	++						
	尖针杆藻	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
隐藻门	隐藻		+	++	++	+++	+++	++
绿藻门	顶棘藻				+			

3.3浮游植物密度

春季察尔湖的浮游植物密度范围为38.47~70.96×10⁵个/L，平均密度为50.61×10⁵个/L。春季金藻门和硅藻门平均密度分别为28.08×10⁵个/L和14.73×10⁵个/L，分别占总密度的55.48%和29.10%；绿藻门、蓝藻门和裸藻门平均密度分别为1.52×10⁵个/L、2.44×10⁵个/L和0.26×10⁵个/L，分别占总密度的3.00%、4.83%和0.51%，甲藻门最少平均密度为0.03×10⁵个/L，占比0.07%。

表4 春季察尔湖浮游植物密度(单位10⁵个/L)

种类	绿藻门	蓝藻门	金藻门	硅藻门	甲藻门	裸藻门	隐藻门	合计
1号点	2.11	2.31	33.26	31.34	0.03	0.70	1.20	70.96
2号点	1.53	2.57	36.70	12.33	0	0.20	2.63	55.97
3号点	1.10	3.03	34.07	13.40	0.03	0.37	3.90	55.90
4号点	1.53	1.97	20.43	12.73	0.03	0.17	3.33	40.20
5号点	1.10	2.00	26.97	11.43	0.03	0.27	4.87	46.67
6号点	1.90	2.70	18.80	9.37	0.07	0	5.63	38.47
7号点	1.33	2.53	26.33	12.47	0.03	0.10	3.30	46.10
平均	1.52	2.44	28.08	14.73	0.03	0.26	3.55	50.61
占比	3.00%	5.00%	55.48%	29.10%	0.07%	0.51%	7.02%	100%

3.4浮游植物生物量

春季察尔湖的浮游植物生物量范围为7.73~15.20mg/L，平均生物量达到10.25mg/L。硅藻门的生物量高达7.18mg/L，占比为70.00%；金藻门和隐藻门的平均生物量分别为1.97mg/L和0.71mg/L，占比分别为19.17%和6.93%；而蓝藻门和裸藻门的平均生物量分别为0.20mg/L和0.19mg/L，分别占总生物量的1.91%和1.84%。春季浮游植物生物量在空间上表现为S1>S3>S7>S2>S4>S5>S6。

3.5多样性指数分析

表5 春季察尔湖浮游植物生物量(单位mg/L)

种类	绿藻门	蓝藻门	金藻门	硅藻门	甲藻门	裸藻门	隐藻门	合计
1号点	0.0174	0.2188	2.3279	11.7590	0.0027	0.6380	0.2400	15.20
2号点	0.0063	0.1674	2.5690	6.1360	0	0.1040	0.5267	9.51
3号点	0.0045	0.2523	2.3847	7.4237	0.0027	0.2373	0.7800	11.09
4号点	0.0057	0.1738	1.4303	7.0210	0.0027	0.1033	0.6667	9.40
5号点	0.0105	0.1878	1.8877	6.0977	0.0027	0.1600	0.9733	9.32
6号点	0.0435	0.2515	1.3160	4.9897	0.0053	0	1.1267	7.73
7号点	0.0092	0.1167	1.8433	6.8133	0.0027	0.0767	0.6600	9.52
平均	0.01	0.20	1.97	7.18	0.003	0.19	0.71	10.25
占比	0.14%	1.91%	19.17%	70.00%	0.03%	1.84%	6.93%	100%

Shannon-Wiener多样性指数的评价标准：指数值为0~2，水体呈富营养化；指数值为2~3，水体呈中营养化；指数值>3，水体呈贫营养化^[9]。春季Shannon-Wiener多样性指数均值为2.08，在S1指数最高为2.60，在S3指数最低为1.83。春季上游S1水域的浮游植物群落结构展现出较高的复杂性，种类较丰富，分布相对均匀。春季水体整体处于中营养化状态，部分区域处于轻度富营养化状态，春季是浮游植物密度和生物量的高峰期，但种类较少且分布不均匀。

3.6均匀度指数分析

Pielou均匀度指数指一个群落或生境中全部物种个体数目的分配状况，反映各物种个体数目分配的均匀程度^[8]。春季Pielou均匀度指数在7个采样点间区别不大，均值为0.45，指数最高为0.49在S1，最低为0.40在S3。春季上游S1与下游和库区相比，浮游植物的分布更加均匀。

3.7丰富度指数分析

Margalef丰富度指数反映群落物种丰富度，指一个群落或环境中物种数目的多寡以及生物群聚中种类丰富程度的指数^[9]。春季指数均值为1.10，其波动范围为0.95~1.63，S1的指数值最高，S5的指数值最低。春季水质属于中污染。

表6 春季浮游植物密度、生物量和生物多样性(表中数值为平均值)

指标	春季
密度/10 ⁵ 个L ⁻¹	50.61
生物量/mg·L ⁻¹	10.25
Shannon-Wiener多样性指数H'	2.08
Pielou均匀度指数J	0.45
Margalef丰富度指数D	1.10

4 讨论

4.1浮游植物群落结构

春季平均密度和生物量分别为50.61×10⁵个/L和10.25mg/L，春季S1物种数最多春季浮游植物密度在空间上表现为S1>S2>S3>S5>S7>S4>S6，生物量在空间上表现为S1>S3>S7>S2>S4>S5>S6，

S1的密度和生物量最高,S6的密度和生物量最低。优势种上,春季主要分布在金藻门、硅藻门和隐藻门,春季的优势种锥囊藻分布在较浅的贫中营养型水体,尖针杆藻等浮游植物对低光和扰动具有耐受性。

4.2水质状况

春季的生物多样性结果指示水体处于中污染。春季气温升高,雨水增多,加上其他河流汇入察尔湖,水体交换频繁,使得察尔湖上游水量增加,适合浮游植物生长和存活。3、4月正值渔民投放鱼苗的时间,春季金藻、硅藻和隐藻大量增多有利于鱼苗摄食和生长。春季多样性指数高表明水体生态系统较为稳定,能够更好地应对外界干扰,水体中存在多种不同的物种,促进了生态系统的平衡,生态功能完善,生物相互作用丰富[10]。

[参考文献]

- [1]景凤,周静,孙敏.菏泽市浮游植物分布特征与水质评价研究[J].水上安全,2025,(02):124-126.
- [2]龚进玲,朱挺兵,杨德国,等.金沙江中下游浮游植物功能群与环境因子的关系[J].水生态学杂志,2023,44(03):86-93.
- [3]殷燕,刘玉飞,葛丹,等.分水江流域秋季浮游植物群落特征及水生生态评价[J].四川环境,2025,44(02):79-85.
- [4]蔡琨,陆维青,牛志春,等.洮湫水系湖泊春季浮游植物群落结构和水质生物学评价[J].环境监测管理与技术,2018,30(3):

37-41.

[5]翁建中,徐恒省等著.中国常见淡水浮游藻类图谱[M].上海:上海科学技术出版社,2010.05.

[6]魏念,向邈,王秋妍,等.隔河岩水库秋季浮游生物群落结构特征及其影响因素[J].水产学杂志,2025,38(02):74-81.

[7]廉耀康,李凯,马万飞,等.东居延海浮游植物群落结构特征及其影响因素研究[J].人民黄河,2024,46(S2):87-89.

[8]张家铭,周鑫鑫,李清华,等.涪江下游浮游生物群落结构、多样性及水质现状研究[J/OL].西华师范大学学报(自然科学版),1-13[2025-05-07].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1699.N.20241226.1556.002.html>.

[9]许逸菲,于政达,韩屹屹.唐岛湾湿地公园浮游植物群落结构时空分异特征及健康评价[J].湿地科学与管理,2024,20(3):45-50.

[10]张顺婷,刘凌,黄艳芬,等.基于浮游植物完整性指数的阳澄湖生态健康状态评价[J].环境污染与防治,2024,46(02):216-220+261.

作者简介:

宋雨蕊(1999--),女,蒙古族,内蒙古自治区赤峰市红山区人,硕士研究生,研究方向:渔业发展。