

拉萨河流域浮游植物生态学研究现状

扎西拉姆, 刘 飞, 周建设, 潘瑛子*

(西藏自治区农牧科学院水产科学研究所, 西藏 拉萨 850032)

摘 要: 拉萨河流域环境特点和物质基础决定了该流域浮游植物的群落结构特点。浮游植物是拉萨河特有经济鱼类的重要天然饵料基础, 不但在能量传递和物质循环中起着重要的作用, 而且是反映河流生态健康的重要指示物种之一。本文通过对拉萨河流域浮游植物的生态类型、种类组成和时空分布等方面的研究进行总结归纳, 指出, 拉萨河流域浮游植物群落结构整体属于硅藻, 绿藻, 蓝藻型水体, 浮游植物丰度比较高, 群落组成方面有显著的时空变化, 密度随着海拔的升高而减少, 而丰度随着海拔的升高而升高, 物种数量在春季比较高, 其次是秋季, 夏季比较低。

关键词: 拉萨河; 浮游植物; 环境因子; 影响因素

中图分类号: Q948.8 **文献标识码:** A

Current Status of Phytoplankton Ecology in Lhasa River Basin

Zhaxilamu, LIU Fei, ZHOU Jian-she, PAN Ying-zi*

(Institute of Fisheries Science, Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract: The environmental characteristics and material basis of the Lhasa river basin determine the characteristics of phytoplankton community structure. Phytoplankton is an important natural food base for economic fish endemic to the Lhasa river. It not only plays an important role in energy transfer and material circulation, but also is one of the important indicative species reflecting the ecological health of the river. In the present paper, species composition and temporal and spatial distribution of phytoplankton in the Lhasa river basin were summarized. The phytoplankton community structure in the Lhasa river basin belongs to the diatom, green algae and cyanobacteria type water body as a whole. The abundance of phytoplankton is relatively high, and the composition of phytoplankton has significant temporal and spatial changes. Density decreases with altitude, while abundance increases with elevation. Species number is higher in spring, followed by autumn and lower in summer.

Key words: Lhasa river; Phytoplankton; Environmental factors; Influence factor

拉萨河位于中国第 6 大河流雅鲁藏布江中游左岸, 源自聂青唐古拉山脉的彭措札玛朵山峰下, 河流发源地海拔高达 5200 m, 汇入雅江口海拔 3580 m, 全长落差 1620 m, 贯穿整个拉萨城区, 全长大约 568 km, 整个流域面积达 3 万 km², 是雅鲁藏布江五大支流之一^[1]。拉萨河流域独特的地理位置和复杂的高原气候造就了其独特而又敏感的生态系统^[2], 该流域浮游植物群落结构特征能够对环境条件变化做出迅速的反应, 在整个水域生态系统的能量传递中

起着重要的作用, 更是拉萨河特有经济鱼类的生物饵料基础, 也是反映该河流健康的重要指示物种之一^[3]。但是由于受到交通、气候等诸多环境因素的限制, 早期针对拉萨流域浮游植物研究鲜有报道。自 2015 年, 有研究者开始对该流域浮游植物群落结构特征和种类组成等方面进行了研究^[4-5], 对该流域浮游植物与水环境因子之间关系的报道较少。本研究通过对拉萨河流域浮游植物现有研究进行总结归纳, 旨在评估该流域水环境现状, 为拉萨河流域生态系统健康提供基础数据。

1 拉萨河浮游生物群落结构

拉萨河流域环境特点和物质基础决定了该流域浮游植物的种类和数目, 由于高寒地区特殊环境因子的作用, 浮游植物物种结构形成了一个有别于其

收稿日期: 2019-05-14

基金项目: 西藏自治区自然科学基金项目(XZ2017ZR G-36); 西藏自治区自然科学基金项目[XZ2018ZRG-55(Z)]

作者简介: 扎西拉姆(1983-), 女, 本科, 助理研究员, 研究方向为渔业资源与生态环境, E-mail: Zhaxilamu@163.com, * 为通讯作者; 潘瑛子(1984-), 女, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向高原鱼类养殖与病害, E-mail: pyingzi_tibet@163.com。

他河流的生物群落。研究发现拉萨河流域浮游植物丰度最高值为 $18.48 \times 10^6 \text{ ind/L}^{[7]}$ 、最低值为 $0.39 \times 10^4 \text{ ind/L}^{[6]}$ 。索南措等^[7]2015 年 10 月对拉萨河浮游植物的调查发现浮游植物有 4 门 121 种,其中硅藻门为绝对优势种,总种类数的所占比例为 68.6%;其次是绿藻门占 18.2%;蓝藻门占 10.7%、最低物种为黄藻门占 2.5%;巴桑等^[8]于 2015 年 5 月研究发现拉萨河浮游植物有 5 门 238 种,物种数量高到底依次为硅藻门,绿藻门,蓝藻门,黄藻门和裸藻门;占总种类数的百分率依次为 73.53%、17.65%、5.46%、2.10%和 1.26%;同年 9 月调查发现浮游植物 4 门 142 种,物种数量高到底依次为硅藻门,绿藻门,蓝藻门和黄藻门;占总种类数的百分率依次为 74.65%、18.31%、6.34%和 0.70%。吕永磊等^[5]2016 年调查发现拉萨河浮游植物有 76 种,物种数量高到底依次为硅藻门、绿藻门、蓝藻门、金藻门、隐藻门、黄藻门和裸藻门,占总种类数的百分率依次为 63.2%、15.8%、7.9%、5.3%、3.9%、1.3%和 1.3%。张军燕等^[10]2015 年 4 和 5 月调查发现拉萨河浮游植物有 6 门 76 种,物种数量高到底依次为硅藻门、绿藻门、蓝藻门、隐藻门、黄藻门和裸藻门,占总种类数的百分率依次为 53.94%、25%、15.79%、2.63%、1.3%和 1.3%^[4]。君珊等^[6]于 2017 年 8 月对拉萨河调查中一共监测到浮游植物 5 门 53 种,物种数量高到底依次为硅藻门、绿藻门、蓝藻门、甲藻门和隐藻门,占总种类数的百分率依次为 60.4%、20.8%、15.1%、1.9%和 1.9%。从藻类的物种数量上看,硅藻门占绝对优势种,其次是绿藻门,蓝藻门排在第 3。通过以上学者的研究结果发现拉萨河流域浮游植物群落结构整体上属于硅藻、绿藻、蓝藻型水体;属典型的高原冷水系水体^[-4-8]。物种丰度不高,优势种类明显^[-4-6],主要优势种类为等片藻、舟形藻、脆杆藻、异极藻、针杆藻和桥弯藻等,主要以耐低温、喜弱光的硅藻种类

占绝对优势^[-5]。

2 拉萨河浮游植物时空分布特征

根据《西藏天文气象历书》和拉萨河流域水文、气候等环境变化特征,每年的公历 3 月开始 3 个月为春季^[-9]。由于气候、水文和交通条件的限制目前拉萨河流域浮游植物调查主要集中在春、夏、秋 3 个季节(表 1),拉萨河浮游植物群落组成方面有显著的季节性变化,该流域位于高海拔地区,水温低,采集到的浮游植物丰度和密度均比较低^[-4-8]。从表 1 可看出拉萨河流域浮游植物丰度在春季比较高,其次是秋季,夏季浮游植物多样性指数相对较低^[-5-8]。巴桑等研究认为春季浮游植物的多样性指数较高的主要因为春季河流水环境较优于夏季,3 月开始,由于拉萨河流域气温开始变暖,使浮游植物的生长速率加快,冰雪融化,地层表面径流水将外源的养分带入河流主干,提高水体营养物质的含量,从而浮游植物的生殖繁育提供了必要的物质基础^[-8]。而夏季浮游植物物种数量较低的原因应该与夏季为西藏地区丰水期有关系,由于夏季高原地区气温大幅度上升、冰川迅速融化;同时进入雨季,雨水增多等原因使河流水量爆涨,水流速度加快,水体泥沙含量增多,降低水体透明,导致浮游植物生存环境失去平稳以及光合作用受到限制,严重影响浮游植物生长,有些敏感物种彻底消失,从而群落结果趋于简单化^[-5,8]。

拉萨河是典型的高原河流水系,水温和海拔等方面有其独特的特征,其中海拔为宏观的环境因素^[-6-8]。拉萨河流域浮游植物的密度和生物量随海拔的升高而减少,据研究表明浮游植物丰度和生物量最高在海拔 3578 m 的拉萨河与雅江汇流处^[-4]。拉萨河流域随着海拔高度的变化,光照和温度等自然条件都有明显的变动^[-5-8],张军燕等^[-4]研究得到浮游植物密度与海拔呈显著负相关,即由于流域海

表 1 拉萨河浮游植物种类组成

Table 1 Composition of phytoplankton species in the Lhasa river

季节	年.月	种数	密度/丰度 (ind/L)	硅藻门	绿藻门	蓝藻门	黄藻门	隐藻门	裸藻门	甲藻门
春	2015.4	76	10.19×10^4	41	19	12	1	2	1	-
春	2015.5	238	9.60×10^6	175	42	13	5	-	3	-
夏	2017.8	53	0.39×10^4	32	11	8	-	-	-	1
秋	2015.9	142	14.20×10^6	106	26	9	1	-	-	-
秋	2015.10	121	18.48×10^6	83	22	13	3	-	-	-
占总种类数的平均百分数(%)				66.22	19.98	10.67	1.65	2.63	1.29	1.89

拔的升高,气温和水温随之下降,浮游植物的密度也跟着降低。也有研究者认为拉萨河流域自上游至下游,浮游植物物种丰度逐渐降低^[6]。

3 影响拉萨河浮游植物群落结构的因素

研究发现营养盐、水温和 pH 值是影响浮游植物群落结构的主要环境因子^[10],浮游植物群落结构的演替规律能反应出当时水体环境现状^[11-12]。

3.1 温度响应

根据研究者在 2015 和 2017 年调查拉萨河流域浮游植物群落结构特征结果显示,硅藻门物种所占比例均较高^[4-8],硅藻、金藻喜低温,绿藻、蓝藻喜高温^[13]。研究者认为浮游植物物种丰度在适宜的温度范围内是随着温度的升高而升高的,但是超出某物种的耐受性或生态幅该物种自然会消失,物种丰富度就会随之下降,而此时适宜该温度的物种存在,并且在缺少其他物种的竞争下,该物种会大量繁殖而占据空余出来的资源空间,从而大量繁殖,藻类密度反而上升。研究结果表明拉萨河浮游植物多样性与水温之间呈现负相关,当温度升高时,物种丰富度反而下降^[7]。研究者认为该流域属于高原河流水系,具有高海拔、偏低温的特殊水环境,该流域浮游植物长期生存在这样的环境里,并适应了这样的特殊环境,导致该流域有些物种对高温比较敏感^[7],据此水温可能是影响浮游植物种类及生物量的关键因子^[14]。

3.2 营养盐影响

营养盐同样是浮游植物物种丰富度及密度的关键限制因子^[15],研究发现导致浮游藻类水平分布的差异性,主要原因是水体营养盐及环境因子共同决定^[14]。研究发现中营养型水体中浮游植物主要优势种为甲藻门、硅藻门和隐藻门,富营养型水体中主要优势种群为绿藻门、蓝藻门^[16]。有研究表明拉萨河流域物种丰富度及密度均较低,其中硅藻门为主要优势种,占总种类数的 66.22%,其次是绿藻门和蓝藻门,分别占总种类数的 19.98% 和 10.67% (表 1),说明河流水体中营养盐的含量较低^[5-8]。研究者认为 TN、TP 是浮游植物生长繁殖的重要的营养因子^[17],舟形藻、纤维藻及桥弯藻对 TN 响应明显;水绵、异极藻、颤藻、曲壳藻等物种对 TP 响应显著^[6]。总体来看,绿藻门和蓝藻门对应的响应环境因子为总氮、总磷^[6]。研究发现 TN、TP 与浮游植物多样性指数和丰度之间相关性较好,即随着水体总氮、总磷浓度升高,物种多样性指数显示升高趋

势^[8]。

3.3 pH 响应

研究发现脆杆藻、钝脆杆藻、等片藻和直链藻对 pH 值响应显著^[6];研究者认为拉萨河流域水质偏碱性,pH 平均值为 8.89,其极差为 1.51,水温和 pH 是影响拉萨河下游浮游藻类群落多样性的重要因子,该流域浮游植物物种数量与 pH 之间呈现出显著负相关^[7]。硅藻门属于拉萨河流域绝对优势种类,其原因可能是该种类属于比较原始的植物,能适应这种特殊的环境^[4]。也有学者认为拉萨河浮游藻类物种丰富度与内陆一些河流比相对较高,最主要的原因可能是该流域水温比较低、偏碱性以及污染源少而造成的,这种水环境适合硅藻生长,对该种类提供了优良的生存繁殖条件^[8]。

3.4 其他环境因子

除了上述环境因子之外,还有溶解氧、光照、流速、透明度等环境因子对浮游植物的群落结果变动产生重要影响^[18-19]。研究发现拉萨河下游浮游植物平均丰度高于内陆一些河流的浮游植物丰度^[7,16-17],研究者认为这个主要原因可能是该流域地处高原,平均每天日照时间长达 8 h,相比同纬度内陆地区要长 2 h 以上,为此该流域浮游藻类进行光合作用的时间会比较长,浮游植物物种多样性和丰度也随之提高^[7]。但是也有研究表明拉萨河上游浮游藻类物种比较丰富,而且耐寒喜弱光种类居多^[5]。已有研究表明,DO 与浮游藻类生长呈现显著正相关^[20-22],但是君珊等^[6]研究发现 DO 在拉萨河流域对藻类群落结构影响比较小,同时发现 S2-对浮游藻类丰度影响较小;而卵形藻对 COD_{Cr} 响应显著;另外,有研究认为夏季拉萨河流域雨水增多,河流水量暴涨、流速加快等原因导致水体泥沙含量增大,从而光合作用迅速减弱,并严重影响浮游植物的生存繁殖^[6,8]。

3.5 人为因素

研究发现拉萨河下游浮游植物优势种类明显,物种多样性指数相对较低^[7],研究者认为拉萨河下游沿岸人口居住比较密集,居民的生产生活所产生的污水流到河流里,使浮游植物生存水环境受到污染,导致对污染物敏感的种群消失,从而物种多样性下降,而一些耐污染的种群数量增多,即优势种群及其个体数量上升,出现密度升高而物种多样性指数降低的现象,可见该流域受人为干扰因素较明显^[7]。

3.6 大型工程的修建

随着政府加大对西藏经济社会发展的投入力

度,在拉萨河本身的治理及流域范围内的各类工程项目,比如说各种大小桥梁的建设、水电厂的建设以及“河变湖”的工程等基础设施的投建项目,对河流生态环境造成较大影响^[23],这不但改变了整条河流的流水模式,还改变河流的水质理化因子,从而使河流浮游生物的空间格局发生巨大改变^[7,23],并对生态环境稳定性受到严重破坏^[5]。比如学者研究得到埃及尼罗河流上建设阿斯旺大坝后,该河口沿岸海域的营养物质转递量减少了90%多,导致邻近海域和河口的生物多样性迅速衰退^[23]。

4 结 语

通过近年最新的科研调查发现拉萨河流域浮游植物群落结构整体属于硅藻,绿藻,蓝藻型水体,属于典型的高原河流水系,浮游植物生物多样性指数跟同纬度其他河流相对较高,而生物量比较低。研究发现影响拉萨河浮游植物群落组成的环境因子主要有水温(WT)、pH、营养盐和光照等等。拉萨河浮游植物多样性指数在春季比较高,其次是秋季,夏季比较低,冬季未知,其群落组成方面有显著的时空变化,这跟内陆的一些河流相比具有显著的季节差异。海拔是影响该流域浮游植物群落结构的重要环境因子,研究认为该流域浮游植物的密度和生物量均随着海拔的升高而减少,也有研究认为拉萨河上游浮游植物物种多样性指数较高,而下游趋于稳定。光强度是影响浮游植物吸收营养盐的关键环境因子之一^[24-28]。

浮游植物在渔业资源中起着非常重要作用,是物质循环中的初级生产者,是水生生物的重要天然饵料^[29]。其对水环境变化非常敏感,是水环境变化监测的重要指示物种之一,可以迅速反映出河流健康度^[3]。不同水域和不同季节,浮游植物的群落结构组成是不一样的。浮游植物繁殖过程中随时受到物理、化学、生物等多种因素的影响,物种之间产生各种竞争,使物种数量时空变化中发生巨大变化。

近年受人类活动的影响,拉萨河是西藏渔业资源衰退最严重的河流之一^[30],但是受到交通、气候等诸多环境条件的限制,对该流域浮游植物研究仅限于群落结构变化方面的初步调查^[6]。为此,在今后的研究中要加强对拉萨河流域浮游植物生态学系统研究,研究其功能特征以及跟理化因子和生物因子的关系,并进行多种环境因子交叉研究、综合分析。探索其时空分布规律和环境变化下的功能生态学响应,及时掌握环境因子变化和人类活动对拉萨河水资源的影响并寻找保护对策,对于改善其生态

环境和可持续利用资源均有非常重要的理论和实践意义。

参考文献:

- [1]张清华,孙平安,何师意,等. 西藏拉萨河流域河水主要离子化学特征及来源[J]. 环境科学, 2018, 39(3): 1065-1075.
- [2]黄麟,曹巍,吴丹,等. 青藏高原生态系统服务时空格局及其变化特征[J]. 自然资源学报, 2016 31(4): 543-555.
- [3]谭香,夏小玲,程晓莉,等. 丹江口水库浮游植物群落时空动态及其多样性指数[J]. 环境科学, 2011, 32(10): 2875-2882.
- [4]张军燕,高志,沈红保,等. 拉萨河春季浮游生物群落结构特征研究[J]. 淡水渔业, 2017, 47(4): 23-28, 62.
- [5]吕永磊,郝世鑫,王宠,等. 拉萨河源头水域中浮游生物、鱼类资源调查与分析[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(2): 407-413.
- [6]君珊,王东波,周健华,等. 拉萨河流域浮游植物群落结构特征及与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2019, 39(3): 787-798.
- [7]索南措,巴桑,王芸,等. 拉萨河下游秋季浮游植物群落多样性与水质评价[J]. 高原科学研究, 2018, 2(2): 24-33.
- [8]巴桑,杨欣兰,黄香,等. 拉萨河下游春、夏季浮游植物群落特征与水质评价[J]. 高原科学研究, 2017, 1(1): 35-48.
- [9]旦增,格桑平措,德吉,等. 西藏天文气象历书[M]. 成都:四川民族出版社, 2015, 11: 79-296, 847.
- [10]韩欢欢,范亚文. 黑龙江省安兴湿地秋季浮游植物群落结构[J]. 湖泊科学, 2012, 24(4): 577-585.
- [11]江源,王博,杨浩春,等. 东江干流浮游植物群落结构特征及与水质的关系[J]. 生态环境学报, 2011, 20(11): 1700-1705.
- [12]王超,李新辉,赖子尼,等. 珠三角河网浮游植物生物量的时空特征[J]. 生态学报, 2013, 33(18): 5835-5847.
- [13]张云,马徐发,郭飞飞,等. 湖北金沙河水库浮游植物群落结构及其与水环境因子的关系[J]. 湖泊科学, 2015, 27(5): 902-910.
- [14]代龚圆,李杰,李林,等. 滇池北部湖区浮游植物时空格局及相关环境因子[J]. 水生生物学报, 2012, 36(5): 946-956.
- [15]苟婷,许振成,李杰,等. 珠江流域西江支流贺江浮游藻类群落特征及水质分析[J]. 湖泊科学, 2015, 27(3): 412-420.
- [16]刘建康. 高级水生生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 176-198.
- [17]徐兴华,陈稼,宁爱丽,等. 阿哈水库浮游植物数量与环境因子的关系[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(10): 6106-6109.
- [18]郝媛媛,孙国钧,张立勋,等. 黑河流域浮游植物群落特征与环境因子的关系[J]. 湖泊科学, 2014(1): 121-130.
- [19]许木启. 用PFU法快速监测汉沽污库净化效能的研究[J]. 环境科学学报, 1991(4): 398-403.
- [20]周长艳,杨秀海,丹增顿珠,等. “日光城”拉萨日照时数的变化特征[J]. 资源科学, 2008, 30(7): 1100-1104.
- [21]吴卫菊,杨凯,汪志聪,等. 云贵高原渔洞水库浮游植物群落结构及季节演替[J]. 水生态学杂志, 2012, 33(2): 69-75.
- [22]汪星,刘录三,李黎,等. 镜泊湖浮游藻类组成及其与环境因子的相关分析[J]. 中国环境科学, 2015, 35(11): 3403-3413.
- [23]线薇薇,张辉,刘淑德. 河口鱼类浮游生物生态学研究进展[J]. 海洋科学集刊, 2016, 51: 167-180.
- [24]Wynne D, Rhee, G Y. Effects of light intensity and quality on the relative N and P requirements (optimum N: P ratio) of marine phytoplankton[J]. J. Plankton Res, 1986, 8(1): 91-103.

- [25] Sommer, U. The impact of light intensity and daylength on silicate and nitrate competition among marine phytoplankton [J]. Limn Ocea, 1994, 39 (7): 1680 – 1688.
- [26] Susan G. Hegarty, Tracy A. Villareal Effects of light level and N: P supply ratio on the competition between *Phaeocystis* cf. *pouchetii* (Hariot) Lagerh. (Prymneiophyceae) and five diatom species [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1998, 226: 241 – 258.
- [27] Jahnke J. The light and temperature dependence of growth rate and elemental composition of *Phaeocystis globosa* Scherffel and *P. pouchetii* (Har.) Lagerh. in batch cultures [J]. Neth. J. Sea Res, 1989, 23: 15 – 21.
- [28] 陈炳章. 温度、盐度对具齿原甲藻生长的影响及其与中肋骨条藻的比较 [J]. 海洋科学进展, 2005, 23 (1): 60 – 64.
- [29] 由希华, 王宗灵, 石晓勇, 等. 浮游植物种间竞争研究进展 [J]. 海洋湖沼通报, 2007(4): 161 – 166.
- [30] 张驰, 龚君华, 周建设, 等. 拉萨河流域鱼类资源衰退的原因及对策 [J]. 现代农业科技, 2015(14): 259 – 260.