

# 易贡藏布江春季浮游生物群落结构特征初步研究

郝盟, 张家波, 魏秘, 胡子阳, 马海鑫

(华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:**为了解易贡藏布江浮游生物群落结构特征, 2017年春季(4-5月)对易贡藏布江13个采样点的浮游生物种类组成、密度及环境因子进行调查与分析, 同时利用 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pearson 相关性检验方法, 探讨浮游生物群落结构特征及其与环境因子之间的关系。结果表明, 易贡藏布江段调查到(或采集到)浮游植物 4 门、73 种(属)。各采样点密度为 930~6 840 个/L, 生物量为 2.124~13.210  $\mu\text{g/L}$ , 易贡湖采样点的密度及生物量最高, 夏曲点密度及生物量最低; 浮游动物计 4 门、20 种(属), 各采样点密度为 12.0~109.3 个/L, 生物量为 1.08~12.56 mg/L, 易贡湖点密度及生物量最高, 夏曲点密度最低, 八盖曲点生物量最低。易贡藏布江干流浮游动物的密度随着浮游植物密度的变化而变化, 浮游生物密度随着海拔的上升而降低, 密度与水温具有正相关性, 而浮游生物(除蓝藻门和轮虫外)密度与 pH 具有负相关性。

**关键词:**易贡藏布江; 浮游生物; 群落结构; 环境因子; 春季

**中图分类号:** Q145 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2020)06-0057-08

易贡藏布江位于西藏自治区东部, 是帕隆藏布江的一级支流、雅鲁藏布江的二级支流, 发源于嘉黎县西北部念青唐古拉山南麓, 在波密县通麦镇通麦大桥下汇入帕隆藏布, 干流流域面积 13 559 km<sup>2</sup>, 全长 286 km, 天然落差 3 070 m。

西藏高原河流的浮游生物目前仅限于群落结构与环境因素相关性基础研究, 还处于积累基础资料阶段。由于易贡藏布江流域夏季降水量大、山洪暴发频繁、水体理化性质变化较大, 2017年春季, 在水体较为稳定的 4-5 月, 对易贡藏布江干支流浮游生物的种类、密度、生物量及生物多样性进行了调查研究, 结合易贡藏布江干流的理化因素, 初步分析了浮游生物群落结构特征, 以期对易贡藏布江的鱼类资源保护与水质环境评价提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样点设置

2017年春季(4-5月), 根据易贡藏布江干支流特征以及实际地理条件, 共设置 13 个采样点, 干流 7 个, 支流 6 个, 按上游到下游排序(表 1; 图 1)。

### 1.2 采样与分析

使用 GPS 测定各采样点经纬度及海拔高度。

浮游生物的采集和分析按《淡水浮游生物研究方法》(章宗涉和黄祥飞, 1991)进行。

表 1 易贡藏布江采样点地理信息

Tab.1 Geographic information on sampling stations

序号	采样点	地理坐标	海拔/m
S1	嘉黎电站下	30.6214095°N, 93.3843360°E	4324.6
S2	松曲	30.6029882°N, 93.6416251°E	3952.0
S3	松曲汇口下	30.6055348°N, 93.6651163°E	3914.0
S4	尼都藏布	30.4882860°N, 93.9841541°E	3146.2
S5	忠玉乡	30.4833262°N, 94.0041419°E	3123.6
S6	忠玉乡瀑布下	30.4486350°N, 94.071020°E	2998.3
S7	龙普曲	30.3945983°N, 94.2505721°E	2859.0
S8	八盖曲	30.3975051°N, 94.3431930°E	2808.1
S9	夏曲	30.3087390°N, 94.6219101°E	2513.7
S10	夏曲汇口下	30.3058071°N, 94.6219106°E	2509.7
S11	勒曲	30.3368431°N, 94.8084720°E	2326.2
S12	易贡湖	30.2823578°N, 94.7722379°E	2247.7
S13	易贡藏布与帕隆藏布汇口	30.0988921°N, 95.0654222°E	2020.3

1.2.1 浮游植物 定性样品用 25 号浮游生物网在水体捞取, 鲁哥氏液现场固定。定量样品用采水器取样 1 L, 用鲁哥氏液现场固定, 室内静止沉淀 48 h, 浓缩至 30 mL 保存, 在实验室制片、鉴定, 采用 0.1 mL 计数框在 400 倍镜下计数, 计数 2 片取平均值。浮游植物计算公式:  $N = V_s \times n / V_a$ ; 式中:  $N$  为每升水中浮游植物个数,  $V_s$  是样品浓缩后的体积,  $n$  是计数所获得的个体数,  $V_a$  是计数框体积。

1.2.2 浮游动物 原生动物的定性及定量样品采样方法与浮游植物相同, 轮虫采用 1 mL 计数框在 100 倍镜下计数, 计算公式与浮游植物相同。枝角

收稿日期: 2018-04-26

作者简介: 郝盟, 1994 年生, 男, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: haomeng.hzau@foxmail.com

通信作者: 张家波。E-mail: zjb@mail.hzau.edu.cn

类和桡足类定性样品用13号浮游生物网采集,定量样品用采水器取水50L,用25号浮游生物网过滤,再用鲁哥氏液固定,带回实验室静止48h后定容至30mL,然后制片、鉴定,用5mL计数框将全部过滤水样在40倍镜下分类计数,再分别算出每升水中的个体数。

1.2.3 生物量计算 浮游植物、原生动物和轮虫采用体积换算法,按照体形的近似几何形态测量体积,因其密度接近1,可以将体积直接换算成生物量;枝角类和桡足类根据体长体重公式计算出生物量。

1.2.4 水体理化指标 采用日本HORIBA ES-70便携式多参数水质分析仪进行现场测定。

1.2.5 多样性指数计算 Shannon-Wiener 指数  $H'$  (Shannon & Weaver, 1963) 和 Simpson 指数  $D$  (Simpson, 1949) 计算公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (2)$$

式中:  $n_i$  为第  $i$  种的个体数,  $N$  为所有种类总个体数,  $S$  为物种总数。

1.2.6 相关性分析 利用 SPSS22 软件对数据进行处理分析,采用 Pearson 对浮游生物与环境因子进行相关性分析。

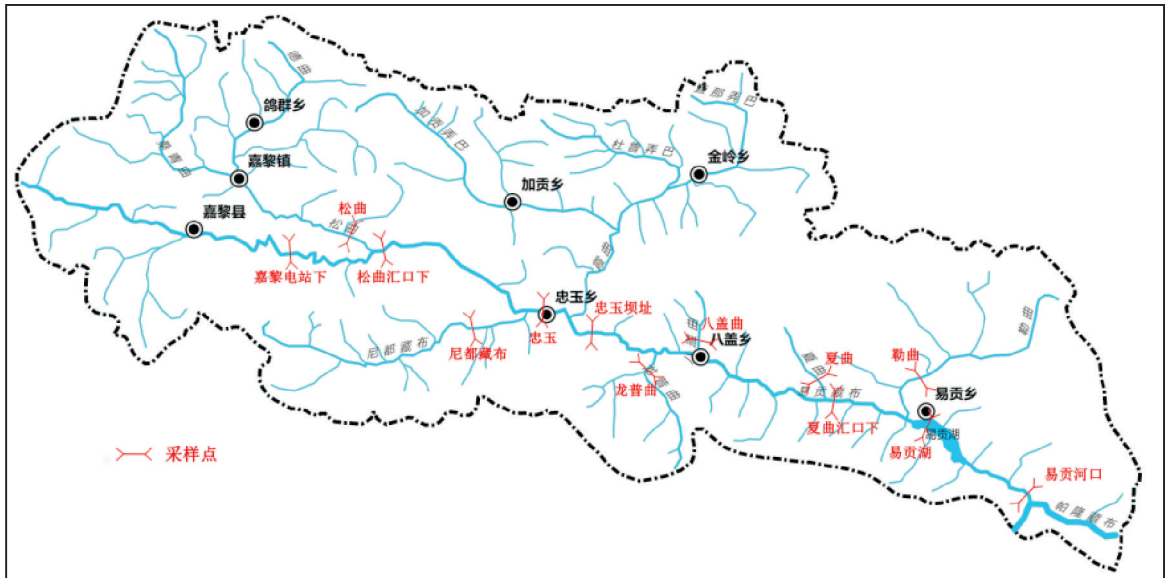


图1 易贡藏布江采样点

Fig.1 Location of the sampling stations in Yigongzangbu River

## 2 结果与分析

### 2.1 浮游植物

2.1.1 种类组成 通过对易贡藏布江13个采样点进行定性分析,共检出浮游植物4门、73种;其中硅藻门59种,占全部种类的80.82%;绿藻门8种,占10.96%;蓝藻门5种,占6.85%;隐藻门1种,占1.37%。以硅藻门的种类数最多(表2)。

2.1.2 密度和生物量 易贡藏布江干流浮游植物密度为3760~6840个/L,易贡湖点(S12)最高,嘉黎电站下点(S1)最低;支流浮游植物密度差异较大,在930~4710个/L,夏曲点(S9)最低,龙普曲点(S7)最高。

易贡藏布江干流浮游植物生物量在7.790~13.210  $\mu\text{g/L}$ ,易贡湖点最高(S12),嘉黎电站下点最低(S1);支流浮游植物生物量在2.124~

8.950  $\mu\text{g/L}$ ,龙普曲点(S7)最高,夏曲点(S9)最低(表3)。

易贡湖点浮游植物的密度及生物量最高,是因为该采样点位于易贡藏布江下游,且位于堰塞湖内,流速变缓,有机质、无机盐等营养物质沉积较多,营养物较为丰富。易贡藏布江中硅藻门的种类、密度及生物量占绝对优势,而浮游植物密度和生物量的变化基本相似(图2)。

2.1.3 多样性指数 易贡藏布江水体13个采样点浮游植物 Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ ) 介于 2.25~2.82(表4),干流夏曲汇口下点(S10) Shannon-Wiener 指数最大,易贡汇口点(S13)最小;支流八盖曲点(S8) Shannon-Wiener 指数值最大,勒曲点(S11)最小。辛普森多样性指数 ( $D$ ) 介于 0.81~0.92,  $D$  值最大出现在八盖曲点(S8),最小在易贡河口点(S13)。

表 2 易贡藏布江浮游植物种类组成

Tab.2 Species composition of the phytoplankton community in Yigongzangbu River

门	种 属	种 属
蓝藻门 Cyanophyta	巨颤藻 <i>Oscillatoria princeps</i>	鞘丝藻 <i>Lyngbya</i> sp.
	弯形尖头藻 <i>Raphidiopsis curvata</i>	沼泽念珠藻 <i>Nostoc</i> sp.
	中华尖头藻 <i>R. sinensis</i>	
绿藻门 Chlorophyta	转板藻 <i>Mougeotia</i> sp.	毛枝藻 <i>Stigeoclonium</i> sp.
	拟新月藻 <i>Closteriopsis logissima</i>	水绵 <i>Spirogyra</i> sp2.
	锐新月藻 <i>Closterium acerosum</i>	鼓藻 <i>Staurastrum</i> sp.
	空球藻 <i>Eudorina</i> sp.	双星藻 <i>Zygnema</i> sp.
水绵 <i>Spirogyra</i> sp1.		
隐藻门 Cryptophyta	长形蓝隐藻 <i>Chroomonas</i> sp.	
硅藻门 Bacillariophyta	小环藻 <i>Cyclotella</i> sp.	舟形藻 <i>Navicula</i> sp.
	变异直链藻 <i>Melosira varians</i>	系带舟形藻 <i>N. cincta</i>
	颗粒直链藻 <i>M. granulata</i>	喙头舟形藻 <i>N. rhynchocephala</i>
	颗粒直链藻最窄变种 <i>M. granulata</i> var. <i>angustissima</i>	线形舟形藻 <i>N. graciloides</i>
	针杆藻 <i>Synedra</i> sp.	绿舟形藻 <i>N. viridula</i>
	肘状针杆藻 <i>S. ulna</i>	间断羽纹藻 <i>Pinnularia irrorata</i>
	近缘针杆藻 <i>S. affinis</i>	绿羽纹藻 <i>P. viridis</i>
	针状针杆藻 <i>S. acicularis</i>	羽纹藻 <i>Scenedesmus</i> sp.
	双头针杆藻 <i>S. amphicephala</i>	曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp.
	尖针杆藻 <i>S. acus</i>	双头辐节藻 <i>Stauroneis anceps</i>
	菱形藻 <i>Nitzschia</i> sp.	长等片藻 <i>Diatoma elongatum</i>
	帽形菱形藻 <i>N. palea</i>	普通等片藻 <i>D. vulgare</i>
	短小舟形藻 <i>Navicula exigua</i>	扁圆卵形藻 <i>Cocconeis placentula</i>
	瞳孔舟形藻 <i>N. pupula</i>	偏肿桥弯藻 <i>Cymbella laevis</i>
	瞳孔舟形藻小头变种 <i>N. pupula</i> var. <i>rectangularia</i>	膨胀桥弯藻 <i>C. tumida</i>
	最小舟形藻 <i>N. minima</i>	新月桥弯藻 <i>C. cymbiformis</i>
	放射舟形藻 <i>N. radiosa</i>	箱形桥弯藻 <i>C. cisiula</i>
	椭圆舟形藻 <i>N. schonfeldii</i>	细小桥弯藻 <i>C. pusilla</i>
	异极藻 <i>Gomphonema</i> sp.	极小桥弯藻 <i>C. pusilla</i>
	窄异极藻 <i>G. angustatum</i>	微细桥弯藻 <i>C. parva</i>
	缩缢异极藻 <i>G. constrictum</i>	优美桥弯藻 <i>C. delicatula</i>
	缩缢异极藻头状变种 <i>G. constrictum</i> var. <i>capitata</i>	近缘桥弯藻 <i>C. affinis</i>
	纤细异极藻 <i>G. gracile</i>	披针桥弯藻 <i>C. delicatula</i>
	微细异极藻 <i>G. parvulum</i>	纤细桥弯藻 <i>C. cuspidate</i>
	赫迪异极藻 <i>G. hedinii</i>	卵圆双眉藻 <i>Amphora ovalis</i>
	尖异极藻 <i>G. acuminatum</i>	钝脆杆藻 <i>Fragilaria capucina</i>
美丽双壁藻 <i>Diploneis puella</i>	窗纹平板藻 <i>Tabellaria fenestrata</i>	
环状扇形藻 <i>Meridion circulare</i>	布纹藻 <i>Gyrosigma</i> sp.	
弧形峨眉藻 <i>Ceratoneis arcus</i>	双生双楔藻 <i>Didymosphenia geminata</i>	

## 2.2 浮游动物

2.2.1 种类组成 易贡藏布江共检出浮游动物 20 种(表 5);其中,原生动物 8 种,占全部种类数 40%;轮虫 7 种,占 35%;枝角类 3 种,占 15%;桡足类 2 种,占 10%。

2.2.2 密度和生物量 易贡藏布江干支流 13 个采样点浮游动物密度和生物量的调查结果见表 6。其干流密度变化范围为 50.20~109.30 个/L,各采样点平均值 78.86 个/L,易贡湖点(S12)最高,最上游嘉黎电站下点(S1)最低。支流龙普曲点(S7)最高,

为 45 个/L;夏曲点(S9)最低,为 12 个/L。干流浮游动物生物量变化范围为 4.32~12.56 mg/L,平均值为 8.03 mg/L,易贡湖点(S12)最高,嘉黎电站下点(S1)最低;支流龙普曲点(S7)最高,为 3.19 mg/L,八盖曲点(S8)最低,仅为 1.08 mg/L。

2.2.3 浮游动物密度与浮游植物密度关系 浮游动物一般以浮游植物为食,所以浮游植物密度的变化直接影响浮游动物的密度。由图 3 可知,易贡藏布江干流浮游动物的密度随着浮游植物密度的变化而变化。

表3 易贡藏布江各采样点浮游植物密度与生物量

Tab.3 Phytoplankton density and biomass at each sampling station of Yigongzangbu River

采样点	硅藻门		绿藻门		蓝藻门		隐藻门		合计		
	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ μg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ μg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ μg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ μg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ μg·L <sup>-1</sup>	
干流	S1	3630	7.517	130	0.273				3760	7.790	
	S3	4150	8.942	140	0.302	30	0.081		4320	9.325	
	S5	5080	11.160	210	0.461	90	0.185		5380	12.340	
	S6	5090	12.000	140	0.356	40	0.103		5250	12.460	
	S10	5180	10.780	170	0.405	60	0.159		5410	11.340	
	S12	6430	11.910	280	0.956	120	0.338	10	0.001	6840	13.210
	S13	5600	11.830	200	0.514	110	0.285		5910	12.630	
支流	S2	2070	3.255						2070	3.255	
	S4	2350	4.653	20	0.040				2370	4.693	
	S7	4590	0.150	90	0.185	20	0.065		4710	8.950	
	S8	1830	8.183						1830	3.183	
	S9	930	2.124						930	2.124	
	S11	2100	6.530						2100	3.530	

表4 浮游植物多样性指数

Tab.4 Diversity indices of the phytoplankton community

指数	干流							支流					
	S1	S3	S5	S6	S10	S12	S13	S2	S4	S7	S8	S9	S11
<i>H'</i>	2.65	2.47	2.43	2.39	2.68	2.45	2.37	2.45	2.31	2.57	2.82	2.38	2.25
<i>D</i>	0.88	0.91	0.84	0.86	0.90	0.86	0.81	0.90	0.87	0.88	0.92	0.88	0.86

表5 易贡藏布江浮游动物种类组成

Tab.5 Species composition of zooplankton community in Yigongzangbu River

类群	种	属
原生动物	变形虫 <i>Amoeba</i> sp.	球形砂壳虫 <i>D. globulosa</i>
	袋形虫 <i>Bursella gargamellae</i>	锥形似铃壳虫 <i>Tintinnopsis conicus</i>
	斜口三足虫 <i>Trinema euchelys</i>	中华似铃壳虫 <i>T. sinensis</i>
	尖顶砂壳虫 <i>Difflugia acuminata</i>	小筒壳虫 <i>Tintinnidium pusillum</i>
轮虫	萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	暗小异尾轮虫 <i>Trichocerca pusilla</i>
	蒲达臂尾轮虫 <i>B. budapestinensis</i>	前节晶囊轮虫 <i>Asplachna priodonta</i>
	角突臂尾轮虫 <i>B. angularis</i>	矩形龟甲轮虫 <i>Keratella quadrata</i>
	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	
枝角类	长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>	西藏拟溞 <i>Daphniopsis tibetana</i>
	卵形盘肠溞 <i>Chydorus ovalis</i>	
桡足类	无节幼体 Nauplius	剑水蚤 Cyclopidae

### 2.3 浮游生物与环境因素的相关性

2.3.1 环境参数 易贡藏布江干流各采样点的环境参数见表7。采样点海拔高度从2 020.3 m升至4 324.6 m,跨度较大,整条河流宽窄相间,河流底质以砾石为主,少部分为泥沙底质。

2.3.2 浮游生物与海拔高度的相关性 易贡藏布江干流采样点海拔差值为2 300 m,利用SPSS22软件,通过Pearson分析了易贡藏布江干流浮游动植物与海拔的相关性,结果见图4和图5。浮游植物密度与海拔相关系数 $r$ 值为-0.917, $P$ 值为0.004,

$P < 0.01$ ,说明浮游植物密度与海拔呈极显著负相关;浮游动物密度与海拔相关系数 $r$ 值为-0.938, $P$ 值为0.004, $P < 0.01$ ,表明浮游动物密度与海拔呈极显著负相关。因此,易贡藏布江干流随着海拔的上升,浮游生物密度逐渐下降。

2.3.3 浮游生物密度与水温 and pH 的相关性 将易贡藏布江干流浮游植物的硅藻门、蓝藻门、绿藻门密度以及总密度和浮游动物的原生动物、轮虫、枝角类的密度以及总密度与温度和pH进行相关性分析,结果见表8。

表 6 浮游动物密度及生物量

Tab.6 Zooplankton density and biomass at each sampling station

采样点	原生动物		轮虫		枝角类		桡足类		合计		
	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ mg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ mg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ mg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ mg·L <sup>-1</sup>	密度/ 个·L <sup>-1</sup>	生物量/ mg·L <sup>-1</sup>	
干 流	S1	40.00	2.57	9.00	0.65	0.06	1.20		50.20	4.32	
	S3	49.00	3.84	11.00	0.76	0.06	1.20		60.06	5.80	
	S5	61.00	4.23	18.00	1.23	0.12	2.40		79.12	7.86	
	S6	57.00	3.92	14.00	1.02	0.10	2.00		71.10	6.94	
	S10	63.00	4.58	19.00	1.47	0.15	3.00		82.15	9.05	
	S12	87.00	6.32	22.00	1.84	0.20	4.00	0.10	0.40	109.30	12.56
	S13	81.00	6.03	19.00	1.42	0.10	2.00	0.02	0.20	100.12	9.65
支 流	S2	28.00	1.87	3.00	0.11				31.00	1.98	
	S4	26.00	1.53	3.00	0.17				29.00	1.70	
	S7	40.00	2.95	5.00	0.24				45.00	3.19	
	S8	17.00	1.08						17.00	1.08	
	S9	12.00	1.12						12.00	1.12	
S11	21.00	1.22	6.00	0.31				27.00	1.54		

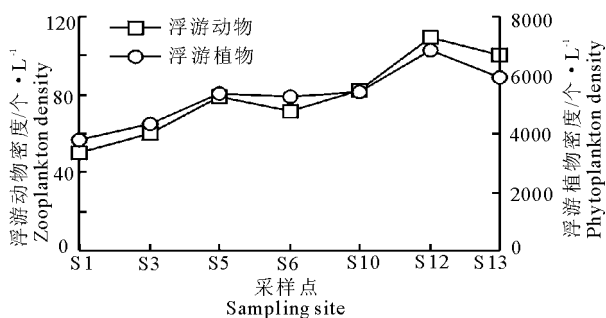


图 2 浮游植物与浮游动物密度对比图

Fig.2 Comparison of phytoplankton and zooplankton densities

表 7 易贡藏布江干流主要环境参数

Tab.7 Environmental parameters at each sampling station of the Yigongzangbu River

采样点	海拔高度/m	水温/℃	pH
S1	4324.6	7.5	8.05
S3	3914.0	7.5	7.96
S5	3123.6	9.0	8.02
S6	2998.3	8.7	8.05
S10	2509.7	9.5	7.77
S12	2247.7	10.2	7.02
S13	2020.3	10.0	7.66

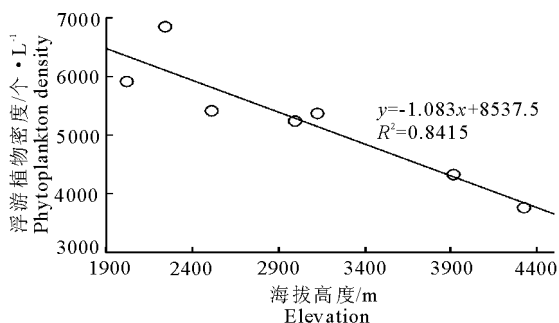


图 3 浮游植物密度与海拔高度相关性分析

Fig.3 Correlation between phytoplankton density and the altitude of the sampling station

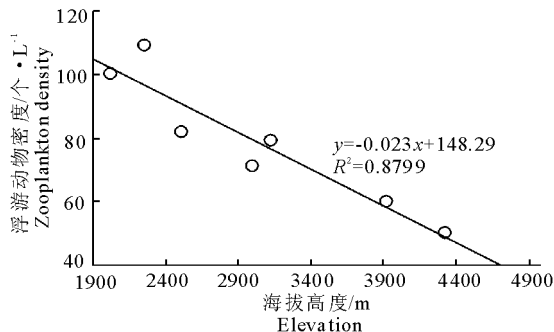


图 4 浮游动物密度与海拔高度相关性分析

Fig.4 Correlation between zooplankton density and the altitude of the sampling station

表 8 浮游生物密度与主要环境因子相关性分析

Tab.8 Correlation analysis of the plankton density with primary environmental factors

项目	温度	pH
硅藻门	0.947 **	-0.803 *
蓝藻门	0.910 **	-
绿藻门	0.805 *	-0.864 *
浮游植物	0.948 **	-0.815 *
原生动物	0.947 **	-0.841 *
轮虫	0.966 **	-
枝角类	0.830 *	-0.815 *
浮游动物	0.965 **	-0.834 *
海拔	-0.974 **	-

注: \*\* 为  $P < 0.01$ , \* 为  $P < 0.05$ , - 为无显著相关性。

Note: \*\* highly significant correlation ( $P < 0.01$ ), \* significant correlation ( $P < 0.05$ ), - insignificant correlation

研究表明,硅藻门、蓝藻门密度以及浮游植物总密度和原生动物、轮虫密度以及浮游动物总密度与水温呈极显著相关性;绿藻门、枝角类与水温呈显著相关性;硅藻门、绿藻门密度以及浮游植物总密度和原生动物、枝角类密度以及浮游动物总密度与 pH

呈显著负相关性;蓝藻门、轮虫的密度与pH的相关性不大;浮游生物密度与水温具有显著正相关性,浮游生物(除蓝藻门和轮虫)密度与pH有负相关性。

### 3 讨论

#### 3.1 调查结果与文献资料对比

与王启军等(2015)丰水季节的西藏易贡藏布调查结果相比,本次调查采样点较丰水季节(7个)全面;浮游植物种类组成基本相似,种类数高于丰水季节(4门、60种),但浮游动物丰水季节未检出轮虫类,一方面是因为枯、丰水季节环境因子不同;另一方面是因为丰水季节采样点未设置在浮游生物群落比较丰富的易贡湖和忠玉乡河段;浮游生物密度及生物量枯水季节均略低于丰水季节,这与水温上涨、两岸雨水冲刷物以及鱼类索饵繁殖活动密切相关(赵坤等,2015);枯水季节生物多样性指数小于丰水季节,丰水季节的水质较好,这与丰水季节水源补给主要为融雪水有关;丰水季节未对环境因子与浮游生物的相关性进行分析。

本次调查结果表明,易贡藏布江浮游植物种类组成上与同在雅鲁藏布江流域的拉萨河、尼洋河和雅鲁藏布江谢通门江段调查结果基本一致(李芳,2009;马宝珊等,2015;张军燕等,2017);硅藻种类数最多,绿藻和蓝藻其次。易贡藏布江浮游动物种类组成以原生动物和轮虫较多,枝角类和桡足类较少,与雅鲁藏布江谢通门江段基本一致,拉萨河和尼洋河以原生动物为较多,轮虫和枝角类其次,桡足类稀少。易贡藏布江浮游生物密度低于拉萨河、尼洋河和雅鲁藏布江谢通门江段。

#### 3.2 浮游生物种类组成及密度和生物量变化

易贡藏布江浮游植物以硅藻门为主,一般认为中营养型水体的浮游植物以硅藻为主(Kamenir et al, 2004),浮游植物密度小于 $3 \times 10^5$ 个/L的水体为贫营养型水体(沈治蕊等,1997),生物量 $1.0 \sim 1.5$  mg/L的水体为贫营养型水体(何志辉,1987),综合评估易贡藏布江为高原贫营养型水体。这与黄河上游玛曲段调查结果相似,均为典型高原贫营养型河流(张军燕等,2009)。忠玉乡点与易贡湖点浮游植物的密度明显高于其它采样点,这是因为类似于易贡湖河段静水或缓流水环境比流水或者缓流水的河段更加适合藻类繁殖生长,这与黑河浮游生物群落调查时,库区浮游植物密度最高的结果一致(张建禄等,2016);另外,这些采样点位于河段两岸,人类活动较为频繁,生活废水直接向河流排放,且河流

两岸分布有大量的农耕地,通过地表径流向河流输入营养物质,所以这两个采样点外源营养物相对较多,这也是引起水体浮游生物群体结构变化的环境因素之一(Song et al,2016)。

易贡藏布江浮游植物 Shannon-Wiener 指数  $H'$  介于 2.25~2.82,即在 2~3 之间,属于轻度污染水体,这主要与河流附近人类分布较为密集和水电建设有关。易贡藏布江浮游动物种类组成较为简单,易贡湖点浮游动物密度和生物量均高于其他采样点,这是因为该点浮游植物密度较高,浮游动物可以摄食充足的浮游植物饵料,并且与湍急的水流相比,静水环境更适合浮游动物的生存繁殖。

#### 3.3 浮游生物密度与环境因子的关系

易贡藏布江干流浮游生物密度与海拔高度和pH呈负相关,与水温为正相关。有研究表明,浮游生物的生长及分布受环境因素(温度、营养盐、透明度、溶氧、pH)的影响(Jendyk et al,2014;杨晓改,2015;王博涵,2017),并且在不同的水体中对浮游生物生长的主要影响因子也不同。水温是影响浮游生物生长发育和群落数量变化的重要因素之一(夏品华等,2011;窦勇等 2016);易贡藏布江干流从上游到河口海拔高度逐渐降低,温度逐渐升高,越来越适宜浮游生物生长,所以浮游生物的密度和生物量随着海拔高度降低而逐渐升高。

#### 参考文献

- 窦勇,霍达,姜智飞,等,2016.海河入海口表层水体浮游生物群落特征及与环境因子的相关性研究[J].生态环境学报,25(4):647-655.
- 何志辉,1987.中国湖泊和水库的营养分类[J].大连水产学院学报,(1):1-10.
- 李芳,2009.西藏尼洋河流域水生生物研究及水电工程对其影响的预测评价[D].西安:西北大学.
- 马宝珊,杨学峰,谢从新,等,2015.雅鲁藏布江谢通门江段浮游生物资源现状及其季节动态[J].水生态学杂志,36(6):19-28.
- 沈治蕊,卞小红,赵燕,等,1997.南京煦园太平湖富营养化及其防治[J].湖泊科学,9(4):377-380.
- 王博涵,2017.济南地区浮游生物群落结构与水环境因子关系的研究[D].大连:大连海洋大学.
- 王启军,姜维,赵虎,等,2015.易贡藏布江浮游生物调查及多样性分析[J].基因组学与应用生物学,34(11):2408-2414.
- 夏品华,马健荣,李存雄,等,2011.红枫湖水库冬春季浮游生物群落与环境因子的典范对应分析[J].环境科学研究,24(4):378-386.

- 杨晓改,2015.海州湾及其邻近海域浮游生物群落结构及其与环境因子的关系[D].上海:中国海洋大学.
- 张建禄,苟妮娜,边坤,等,2016.秦岭黑河流域春季浮游生物群落结构特征[J].基因组学与应用生物学,35(5):1168-1176.
- 张军燕,张建军,杨兴中,等,2009.黄河上游玛曲段春季浮游生物群落结构特征[J].生态学杂志,28(5):983-987.
- 张军燕,高志,沈红保,等,2017.拉萨河春季浮游生物群落结构特征研究[J].淡水渔业,47(4):23-28,62.
- 章宗涉,黄祥飞,1991.淡水浮游生物研究方法[M].北京:科学出版社.
- 赵坤,吴波,尤庆敏,等,2015.长江口九段沙附近水域浮游动物时空分布及其与环境因子的关系[J].安全与环境学报,15(5):374-379.
- Jendyk J, Hemraj D A, Brown M H, et al, 2014. Environmental variability and phytoplankton dynamics in a South Australian inverse estuary [J]. *Continental Shelf Research*, 91:134-144.
- Kamenir Y, Dubinsky Z, Zohary T, 2004. Phytoplankton size structure stability in a mesoeutrophic subtropical lake [J]. *Hydrobiologia*, 520:89-104.
- Shannon C E, Weaver W, 1963. *The Mathematical Theory of Communication* [M]. Chicago: University of Illinois Press.
- Simpson E H, 1949. The Measurement of Diversity [J]. *Nature*, 163:688-688.
- Song L, Yang G J, Wang N B, et al, 2016. Relationship between environmental factors and plankton in the Bayuquan Port, Liaodong Bay, China: a five-year study [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 34(4): 654-671.

(责任编辑 万月华)

## Spring Community Structure of Plankton in Yigongzangbu River

HAO Meng, ZHANG Jia-bo, WEI Mi, HU Zi-yang, MA Hai-xin

(College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, P.R.China)

**Abstract:** Plankton play an important role in the aquatic food web and are often used as ecological and environmental indicators because of their sensitivity to changes in the water environment. In this study, we explored the characteristics of plankton community structure in Yigongzangbu River and analyzed its relationship with environmental factors. The objectives of the study were to accumulate baseline data on Yigongzangbu River and provide a reference for fishery resource conservation and water environment evaluation. The investigation of plankton was carried out at 13 sampling transects in April and May of 2017, focusing on plankton species composition, density and biomass as well as diversity indices. Water temperature and pH were monitored simultaneously. A total of 73 phytoplankton species from 4 phyla were observed during the investigation, with absolute dominance of Bacillariophyta (59 species, 80.82%), followed by Chlorophyta (8 species, 10.96%), Cyanophyta (5 species, 6.85%) and Cryptophyta (1 species, 1.37%). The range of phytoplankton density among the sampling stations was 930 – 6 840 ind/L and the range in biomass was 2.124 – 13.210  $\mu\text{g/L}$ , with the highest value both in Yigong Lake and the lowest value in Xiaoqu. A total of 20 zooplankton species from 4 families were observed, consisting of 8 protozoan species (40%), 7 rotifer species (35%), 3 cladoceran species (15%) and 2 copepod species (10%). The range of zooplankton density was 12.0 – 109.3 ind/L and the range in biomass was 1.08 – 12.56 mg/L, with the highest density and biomass both in Yigong Lake, the lowest density in Xiaoqu and the lowest biomass in Bagai. Correlation analysis shows that zooplankton density in the stem of Yigongzangbu River varied with phytoplankton density, and plankton density decreased with increasing altitude. The density of plankton was positively correlated with water temperature and negatively correlated with pH except for cyanophyta and rotifers.

**Key words:** Yigongzangbu River; plankton; community structure; environmental factors; spring