

长江源与澜沧江源区浮游植物组成与分布特性研究

殷大聪¹, 许继军¹, 金燕², 许珍¹

(1. 长江科学院 流域水资源与生态环境科学湖北省重点实验室, 武汉 430010;

2. 普洱市水务局, 云南 普洱市 665000)

摘要: 2012年夏季, 长江科学院组织了江源科学考察团, 对长江源和澜沧江源区的水体浮游植物进行了系统的采样调查, 本次调查共鉴定出浮游植物29种, 其中硅藻门17种, 占种类数的54.83%, 其次是绿藻门, 共检测出7种, 占种类数的24.14%; 蓝藻门3种, 隐藻门1种, 甲藻门1种。各个采样位点的浮游植物密度均相对较低(密度范围为 $(9.14 \sim 13.60) \times 10^4$ 个/L)。本次调查的长江源和澜沧江源区水体浮游植物的种类和密度没有明显差别, 研究结果与2010年长江水利委员会组织的江源科学考察结果相接近。研究结果显示, 目前江源地区水生态环境整体状况良好, 继续深入开展江源地区生态环境状况研究对于江源区的生态环境保护与修复具有十分重要的意义。

关键词: 三江源; 长江源; 澜沧江源; 浮游植物; 藻类

中图分类号: X826

文献标志码: A

文章编号: 1001-5485(2017)01-0061-06

1 研究背景

长江源与澜沧江源区位于青海省西南部, 位于三江源自然保护区内, 地处海拔3 000 m以上的青藏高原。气候地理环境特殊, 这里气温日变幅大, 紫外线辐射强烈, 高寒缺氧, 物种丰富度低, 植被稀少, 自然环境和生态环境条件十分恶劣。由于其特殊的气候地理环境条件, 导致这里的生态系统自我修复能力低。随着全球气候变化及人类活动的加剧, 对江源地区的生态环境产生一定的影响。如冰川退缩、野生物种生存威胁、臭氧层空洞扩大等问题。但近年来, 随着江源地区生态环境保护工作的开展, 特别是三江源自然保护区和可可西里自然保护区的设立和建设, 及高原牧区的退牧还草及禁牧、休牧、轮牧工作的开展, 江源地区的生态环境得到一定的改善, 江源地区野生生物的种类得到较好的保护, 物种数量呈显著增加^[1]。

全球气候变化对江源地区的气候和生态环境产生一定的影响, 而江源地区的气候变化是中国乃至世界气候变化的晴雨表, 双方呈现一定的互馈关系。因此, 江源地区的生态环境状况是近年来气象学^[2]、生态环境学^[3-7]、地质学^[8]、水文学^[9-13]等研究领域的前沿热点。

藻类作为水体生态系统的初级生产者, 对水体的理化特性变动较为敏感, 对水生态环境的健康状况具有一定的指示作用^[14]。通过研究江源地区的浮游植物的种类与分布状况, 可间接反映水体生态环境的健康状况。由于江源地区地处高原, 地理环境条件和气候条件的特殊性制约了这一地区水生态环境的研究工作。迄今为止, 针对江源地区水生态环境的研究还十分匮乏, 而针对水体浮游植物群落结构的研究成果更是十分少见^[15], 迫切需要开展江源地区水体浮游植物的研究工作, 积累江源地区水生态环境基础资料, 为江源地区的水资源开发利用和生态环境保护提供参考。

2 材料与方法

2.1 采样时间及位点设置

于2012年7月27日至8月12日, 长江科学院对长江源和澜沧江源区的水体浮游植物进行了现场采样调查^[16]。调查的位点分布在澜沧江源区的杂多县杂多大桥断面、囊谦香达大桥断面2个站点和长江源区的直门达水文站断面、曲麻莱大桥断面、楚玛尔大桥断面及沱沱河大桥断面, 共计6个位点, 进行了水质、浮游植物的调查分析, 采样位点所在河流及位点坐标海拔信息见表1。

表1 各个采样位点位置坐标

Table 1 Position coordinates of sampling sites

序号	位点名称	流域名称	河流名称	东经	北纬	海拔/m
1	杂多县城大桥	澜沧江	扎曲河	32°57'8.4"	95°31'3.1"	3 943
2	囊谦香达大桥	澜沧江	扎曲河	32°18'53.4"	96°27'6.5"	3 674
3	直门达水文站	长江	通天河	33°00'45.4"	97°14'17.7"	3 546
4	曲麻莱大桥	长江	通天河	34°01'38.7"	95°49'12.6"	4 080
5	楚玛尔河大桥	长江	楚玛尔河	35°13'28.7"	93°55'49.2"	4 415
6	沱沱河大桥	长江	沱沱河	34°13'15.2"	92°26'37.2"	4 536

2.2 样品采集及分析处理

用2 L有机玻璃采水器,尽量采集离岸约5 m的3个位点的水样,混合后取出1 L置于采样瓶中,立即加入2 mL的鲁哥氏液固定,用于浮游植物定量分析。另取500 mL混合水样置于事先洗净的聚乙烯塑料采样瓶中,加入3~4滴分析纯浓硫酸,使得pH<2,并储存于4℃的便携式冰箱中,带回实验室用于水体营养盐的测定;浮游植物的定性样品的采集方法是:用25号浮游植物网在水体表层进行“∞”字形拖动数次,将浓缩的藻样收集储存于30 mL的塑料瓶中,用于浮游植物的定性鉴定^[17-18];采集500 mL的混合水样于塑料瓶中,用于测定水体泥沙含量。

现场用水质多功能参数分析仪(YSI556, USA)测定水体的水温、pH、电导率、溶解氧;用Secchi Disc透明度盘测定水体的透明度;用Global Water (FP211 USA)型直读式流速仪测定。回到实验室后,进行水体总氮、总磷及氨氮的营养盐分析,先用浓度1 mol/L的NaOH溶液将pH调到7.0左右,放入4℃冰箱中静置24 h后,取上清液作为氮磷营养盐测定样,采取国标方法进行水体的总氮、总磷和氨氮的测定。水体含泥沙量样品经过烘干称重,测定水体的悬移质含量。浮游生物定量样品置于浮游生物沉淀器中静置48 h后,采用虹吸的方法将上清液移出,浓缩水样到30 mL左右,在显微镜下进行浮游植物定量计数。主要环境因子与浮游植物密度之间的相关性统计分析采用SPSS 13.0统计分析软件。

3 结果与分析

3.1 主要环境因子分析

3.1.1 水体物理指标分析

整个科考期间,天气状况良好,只在沱沱河采样

时为阴雨天气。采样期间,江源地区的气温变幅较大,最高达到34.5℃(杂多县,采样时间为中午);最低为11℃(沱沱河),这是由于沱沱河海拔最高(达到4 536 m)及当时阴雨天气所致。水温的变化幅度比较大,从最低的8.9℃(沱沱河大桥)到18.8℃(楚玛尔河大桥)。江源区地处高原,河流比降大、水流急,从调查的6个位点来看,水体流速较快,流速都达到1.0 m/s以上,其中流速最高的是金沙江的直门达水文站处,水体流速达到1.8 m/s左右;由于7—8月份为丰水期,降水较为丰富,各个位点的流速较快,加上江源地区植被退化,水土流失较为严重,河流泥沙含量高,导致水体透明度在0.20~0.25 m之间,见表2。卢素锦等^[19]在2008年对长江源头区进行了调查,调查结果显示水体透明度较高,一般在3.5 m左右,远高于本调查的结果。导致这种结果的主要原因是由于2012年科考期间,江源地区的降水量相对丰富,加上江源地区的水土流失严重,从而影响水体的透明度。

水体的pH变化不大,6个采样位点的pH在8.09~8.43范围内波动,长江流域和澜沧江流域没有明显的差异。各个采样位点水体的电导率变化较大,囊谦香达大桥位点的水体电导率最低(525.2 μS/cm),而楚玛尔河水体的电导率最高(2 673.2 μS/cm)。与2010年长江水利委员会的科学考察监测结果相比,两者的pH值监测结果相近,且电导率相似,即楚玛尔河水体电导率也是各个监测位点中电导率最高的监测位点^[4],高达3 307 μS/cm。电导率是间接显示水体中溶解性离子浓度的差异,表明长江源头区的各个位点水体可溶性离子浓度高于澜沧江源区的2个位点。水体溶解氧的浓度变化也较为显著,变动范围为4.8~7.2 mg/L,总体趋势是从上游向

表2 各采样位点水体及气候环境参数

Table 2 Parameters of water body and climate of sampling sites

序号	位点名称	气温/℃	水温/℃	流速/(m·s ⁻¹)	水体透明度/m	pH值	溶解浓度/(mg·L ⁻¹)	电导率/(μS·cm ⁻¹)	含沙量/(kg·m ⁻³)
1	杂多县城大桥	34.5	15.6	1.5	0.20	8.09	6.4	605.8	0.73
2	囊谦香达大桥	14.2	12.5	1.5	0.20	8.22	6.3	525.2	0.82
3	直门达水文站	27.5	13.6	1.8	0.20	8.30	7.2	803.2	1.24
4	曲麻莱大桥	24.2	15.1	1.0	0.20	8.23	5.8	989.4	0.93
5	楚玛尔河大桥	23.1	18.8	1.1	0.25	8.30	4.8	2 673.2	0.78
6	沱沱河大桥	11.3	8.9	1.0	0.25	8.43	6.1	1 670.1	0.28

下游逐渐增加的趋势;水体含沙量变化范围较大,沱沱河大桥处水体含沙量最低,仅为 0.28 kg/m^3 ,而直门达水文站的含沙量达到了 1.24 kg/m^3 ,见表 2。

3.1.2 水体氮磷营养盐指标分析

水体的总氮、总磷和氨氮等营养盐的浓度状况是水体富营养化的重要指示参数,通过对水体主要氮磷营养盐的测定,可反映水体的污染状况和富营养化进程状况,为水污染防治提供科学依据。

江源地区由于人口稀少,工矿企业少,污染排放较低,水体的营养盐相对较低,见图 1。从本次调查的数据结果来看,江源地区水体氨氮浓度普遍较低,各个位点水体氨氮浓度变化不大,均满足地表水 I 类水质标准($\leq 0.15 \text{ mg/L}$),其中杂多位点的氨氮浓度最低(0.070 mg/L),沱沱河位点的氨氮浓度最高(0.113 mg/L);与 2008 年调查结果相比,直门达、楚玛尔河大桥、曲麻莱大桥、沱沱河大桥这 4 个相同位点的氨氮浓度偏低^[19],与黄河源区水环境相比,水体氨氮浓度均低于黄河源区水体氨氮浓度^[9](平均为 0.139 mg/L),由于本次氮磷营养盐的测定是选择水样沉淀后的上清液测定,导致本次氮磷测定结果偏低。总氮的浓度相对较低,最高值出现在直门达位点(0.710 mg/L),最低值出现在楚玛尔河位点(0.347 mg/L),显著低于 1997 年^[7]和 2010 年^[4]考察值;各个位点的总磷浓度均较低($0.018 \sim 0.037 \text{ mg/L}$),与 2008 年监测结果相当^[19]。从江源地区的水体氮磷营养盐测定结果来看,江源地区水体基本上处于贫营养状态,水体污染较轻,应当加以保持和保护。

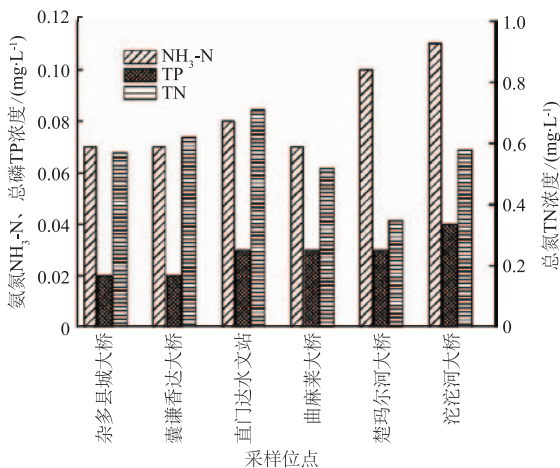


图 1 各个采样位点营养盐浓度

Fig.1 Concentrations of water nutrients at sampling sites

3.2 浮游植物种类组成与分布

江源地区浮游植物的种类及分布状况见表 3。

表 3 长江源区和澜沧江源区浮游植物种类空间分布
Table 3 Spatial distribution of phytoplankton species in source regions of Yangtze River and Lancang River

浮游植物种类		澜沧江源区		长江源区			
门类	种属	杂多县大桥	囊谦香达大桥	直门达水文站	曲麻莱大桥	楚玛尔河大桥	沱沱河水文站
硅藻门	颗粒直链藻 (<i>Melosira granulata</i>)	+			+		
	等片藻 (<i>Diatom aelongatum</i>)		+	+		+	
	布纹藻 (<i>Gyrosigma</i> sp.)			+			+
	脆杆藻 (<i>Fragilaria</i> sp.)			+			
	尖针杆藻 (<i>Synedra acustar</i>)	+	+	+	+	+	+
	钝针杆藻 (<i>Synedra ulna</i>)						
	舟型藻 (<i>Navicula</i> sp.)	+	+	+	+	+	+
	异极藻 (<i>Gomphonema</i> sp.)	+					
	曲壳藻 (<i>Achnanthes</i>)						+
	桥弯藻 (<i>Cymbella</i> sp.)	+	+	+	+	+	+
	膨胀桥弯藻 (<i>Cymbella pusilla</i>)		+				
	细小桥弯藻 (<i>Cymbella gracilis</i>)						+
	近缘桥弯藻 (<i>Cymbella affinis</i>)						+
	菱形藻 (<i>Nitzschia</i> sp.)	+				+	
	谷皮菱形藻 (<i>Nitzschia palea</i>)			+		+	+
波缘藻 (<i>Cymatopleura</i> sp.)				+	+		
圆筛藻 (<i>Coscinodiscus</i> sp.)		+					
绿藻门	弓形藻 (<i>Schroederia</i> sp.)		+			+	
	硬弓形藻 (<i>Schroederia robusta</i>)						
	转板藻 (<i>Mougeotia</i> sp.)	+					
	水绵 (<i>Spirogyra</i> sp.)				+		
	栅藻 (<i>Scenedesmus</i> sp.)	+					
	集星藻 (<i>Actinastrum</i> sp.)			+			
	十字藻 (<i>Crucigenia</i> sp.)						
	鞘丝藻 (<i>Lyngbya</i> sp.)	+			+	+	+
	柱孢藻 (<i>Anabaenopsis</i> sp.)						
	颤藻 (<i>Oscillatoria</i>)	+	+		+	+	+
隐藻门	卵形隐藻 (<i>Cryptomonas ovata</i>)	+					
甲藻门	甲藻 (<i>Pyrrophyta</i>)	+					
合计		12	8	8	8	11	8

注:“+”表示标点浮游植物种类。

定性样品分析结果显示,本次江源地区科考调查共检测到浮游植物 29 种,其中硅藻门 (Bacillariophyta)

17 种,占种类数的54.83%,其次是绿藻门(Chlorophyta),共检测出 7 种,蓝藻门(Cyanophyta)3 种,隐藻门(Cryptophyta)1 种、甲藻门(Pyrophyta)1 种。

硅藻门的尖针杆藻、桥弯藻和舟型藻为常见种类,在 6 个采样位点都有检测出,这些种类都是适宜于流动环境水体的硅藻类群。其次常见种类为蓝藻门的鞘丝藻属、颤藻属,虽然在很多位点都有出现,但其生物量相对较低,见图 2。隐藻门和甲藻门为偶见种类,耐污种较少,表明江源地区的水质较好。长江源区和澜沧江源区浮游植物的种类没有明显区别。

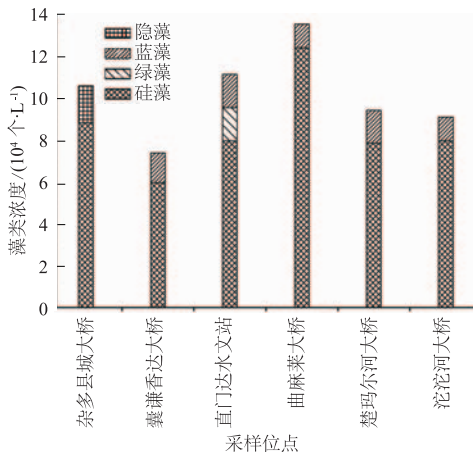


图 2 长江源和澜沧江源区水体浮游植物组成和丰度状况

Fig.2 Composition and abundance of phytoplankton at sampling sites in the source regions of Yangtze River and Lancang River

江源地区由于地处高原,气候条件恶劣,导致迄今为止有关江源地区的浮游植物的研究资料较少。有研究认为,青藏高原地区经过海陆变迁后,随着地壳上升,气候向高寒半干旱、干旱生态环境演变的过程中,物种产生了分化。李轶冰等^[20]认为长江、黄河、澜沧江上游河段有浮游植物种类 34 种,主要以硅藻、绿藻、蓝藻 3 类为主,分别有 21, 6, 6 种,裸藻

和黄藻各 1 种。早在 1997 年 8 月,舒俭民等^[15]对长江源区的沱沱河、尕尔曲和楚玛尔河进行了一次浮游生物考察,共鉴定出硅藻门和蓝藻门的 7 个属,其中硅藻门 6 个属,蓝藻门 1 个属。2010 年长江委组织的长江源综合考察,共计鉴定出浮游植物 42 种,其中硅藻占绝对优势(88.10%),其次是蓝藻(4.76%)^[21]。浮游植物的种类受环境条件影响明显,不同年份、不同季节、同一条河的不同河段都存在一定的差异,之所以采样结果差异很大,主要是由于彼此的采样季节不同,不同的采样季节浮游植物的种类和数量差异较大。

3.3 浮游植物密度组成分析

上面定性分析结果表明,江源地区的浮游植物主要以硅藻为主。从浮游植物定量分析的结果来看(图 2),硅藻的数量占据绝对的优势(71.43%~91.67%),主要是以桥弯藻、舟型藻和针杆藻为主。各个位点的浮游植物密度普遍较低($9.14 \sim 13.60$) $\times 10^4$ 个/L,其中曲麻莱大桥位点的浮游植物密度最高,达到 13.60×10^4 个/L,硅藻占绝对优势(91.67%),主要是舟型藻和桥弯藻;囊谦香达大桥站点的浮游植物的密度最低,为 7.42×10^4 个/L,本次调查的浮游植物密度明显高于舒俭民等^[15]的研究结果。2010 年 10 月,长江水利委员会组织的长江源综合考察过程中,采集 6 个位点的浮游植物的平均密度为 2.6×10^5 个/L^[21],略高于本研究结果。相比平原区河湖库水体而言,江源区的浮游植物的种类和密度都显著较低,其主要原因是由于江源地区水体温度低,营养盐含量低,水体的泥沙含量大,透明度低等一系列不利条件抑制藻类增殖所致^[22]。长江源区和澜沧江源区调查点的浮游植物的密度组成没有明显的差别。

3.4 浮游植物密度与环境因子间相关性分析

浮游植物的密度与组成与其所处水体理化参数有着一定的相关性。长江源和澜沧江源区各个采样

表 4 浮游植物密度与水体理化参数相关性分析

Table 4 Correlation between density of phytoplankton and physical-chemical parameters of water

藻密度	水温	流速	透明度	pH	溶解氧	电导率	含沙量	氨氮	总磷	
藻密度										
水温	0.318									
流速	-0.382	0.009								
透明度	-0.254	-0.054	-0.624							
pH	-0.256	-0.501	-0.387	0.710						
溶解氧	-0.143	-0.520	0.765 *	-0.637	-0.130					
电导率	-0.050	0.340	-0.605	0.902 *	0.554	-0.799				
含沙量	0.203	0.460	0.641	-0.662	-0.366	0.368	-0.348 *			
氨氮	-0.292	-0.243	-0.494	0.958 **	0.838 *	-0.405	0.805	-0.613		
总磷	0.136	-0.409	-0.548	0.686	0.900 **	-0.168	0.564	-0.403	0.809 *	
总氮	-0.209	-0.644	0.689	-0.601	-0.028	0.979	-0.801 **	0.294	-0.367	-0.114

注:采用 Pearson 相关关系分析;“*”和“**”分别表示显著水平为 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 。

位点的浮游植物密度与水体理化参数的相关性分析结果见表 4,可见,浮游植物密度与水温(Pearson = 0.318, Pearson 为皮尔森相关系数)、含沙量(Pearson = 0.203)、总磷(Pearson = 0.136)呈正相关关系,但相关关系不显著($p > 0.05$);与水体的流速(Pearson = -0.382)、透明度(Pearson = -0.254)、pH(Pearson = -0.256)、电导率(Pearson = -0.05)、氨氮(Pearson = -0.292)、总氮(Pearson = -0.209)呈负相关,但相关关系不显著($p > 0.05$)。由于本次采样点少,参与分析的样本量较小,分析结果未能完全体现出浮游植物与环境之间的相关性。

4 讨 论

江河源区通常位于人迹罕至的高山峡谷区,受人为干扰小,其生态环境系统相对较好,自我修复能力强。而源自于青藏高原的长江、黄河、澜沧江的源头区,由于地处高海拔的特殊地理环境条件,其生态系统相对较为敏感且脆弱,容易受到外界干扰而导致生态系统功能的退化^[23]。

浮游植物是水体的初级生产者,处于生态系统的最低层级,是生态系统能量流的第一级。水体浮游植物的多寡,直接影响着整个水体生态系统的多样性和稳定性,某些浮游植物对水体理化环境较为敏感^[24-25],水体理化性质的变化会直接影响水体浮游植物的结构、组成特性^[26],因此浮游植物是研究水体生态系统健康状况的重要物种之一。

本次研究结果显示,长江源和澜沧江源头区,水体浮游植物的种类相对于平原区的河湖库水体而言,种类明显偏少、密度明显偏低,耐污种也少,显示了目前江源地区水环境状况较好,基本处于自然状态,与舒俭民等研究结果相一致^[15]。

在科考采样过程中发现,江源地区很多地方还存在过度放牧影响水生态环境的问题^[27];此外,随着高原地区的旅游热,到江源地区旅游的人越来越多,对江源地区的生态环境负荷将带来巨大的考验,因此,迫切需要继续深入跟踪调查研究江源地区的生态环境状况,积累数据资料,为三江源地区的生态环境保护和水资源开发利用提供参考依据。

5 结 论

(1) 现场调研结果显示,长江源和澜沧江源区水体浮游植物的种类数相对较少,密度较低($(9.14 \sim 13.60) \times 10^4$ 个/L),以适宜流水环境的硅藻为优势门

类,显示了江源地区水体水质状况较好。

(2) 长江源区和澜沧江源区水体的浮游植物种类和密度没有显著差异,表明长江源和澜沧江源水体的浮游植物生境差异不显著。

(3) 长江源和澜沧江源区的浮游植物密度与环境因子之间相关性分析结果显示,浮游植物密度与水温、含沙量、总磷呈现正相关关系,但相关关系不显著;与水体流速、透明度、pH、电导率、氨氮、总氮呈现负相关关系,但相关关系也不显著。

(4) 长江源和澜沧江源区的生态环境状况总体较好,但局部地区由于过度放牧、水土流失等问题较为突出,对于江源地区的生态环境构成一定的威胁,迫切需要持续深入调研,积累数据,为江源地区的生态环境保护和修复提供参考。

参考文献:

- [1] 杨剑坤,郑云峰,杨 勇,等. 江源保护,十年观察 [J]. 中国周刊, 2015, (6): 78-97.
- [2] 齐冬梅,张顺谦,李跃清. 长江源区气候及水资源变化特征研究进展 [J]. 高原山地气象研究, 2013, 33(4): 89-96.
- [3] PAN Bao-zhu, WANG Zhao-yin, LI Zhi-wei, *et al.* An Exploratory Analysis of Benthic Macroinvertebrates as Indicators of the Ecological Status of the Upper Yellow and Yangtze Rivers [J]. Journal of Geographical Sciences, 2013, 23(5): 871-882.
- [4] 卓海华,刘云兵,郑红艳,等. 长江源水环境调查分析 [J]. 人民长江, 2012, 43(12): 23-26.
- [5] 张平仓,刘纪根. 长江源区水土流失考察初析 [J]. 人民长江, 2011, 42(19): 95-99.
- [6] 张立成,张 申,董文江,等. 长江河源地区水环境地球化学 [M]. 北京:中国环境科学出版社,1992.
- [7] 傅德黔,王晓慧,刘 京,等. 长江河源水环境背景值调查及分析 [J]. 中国环境监测, 1998, 14(1): 9-11.
- [8] 陈有顺,房后国,刘娉慧,等. 青藏高原矿产资源的分布、形成及开发 [J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(6): 45-59.
- [9] 石红霄,卢素锦,李 鹏,等. 三江源黄河地表水水环境现状评价 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 8137-8139.
- [10] 陈 进. 长江源区水循环机理探讨 [J]. 长江科学院院报, 2013, 30(4): 1-5.
- [11] 朱延龙,陈 进,陈广才. 长江源区近 32 年径流变化及影响因素分析 [J]. 长江科学院院报, 2011, 28(6): 1-4.
- [12] 陈 进. 长江源——当曲水系及其生态系统特征探讨 [J]. 长江科学院院报, 2014, 31(10): 1-6.
- [13] 诸茜茜,陈 进,陈广才. 长江源区 1978—2009 年径流

- 极值序列变化趋势分析 [J]. 长江科学院院报, 2014, 31(2): 16-19.
- [14] YIN Da-cong, ZHENG Ling-ling, SONG Li-rong. Spatio-temporal Distribution of Phytoplankton in the Danjiangkou Reservoir, a Water Source Area for the South-to-North Water Diversion Project (Middle Route), China [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2011, 29(3): 531-540.
- [15] 舒俭民, 宋福, 傅德黔, 等. 长江源区浮游生物调查初报 [J]. 中国环境监测, 1998, 14(5): 7-9.
- [16] 郭熙灵. 长江科学院 2012 年江源科学考察综述及思考 [J]. 长江科学院院报, 2012, 29(10): 1-5.
- [17] 殷大聪, 郑凌凌, 宋立荣. 汉江中下游早春冠盘藻 (*Stephanodiscus hantzschii*) 水华暴发过程及其成因初探 [J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(4): 451-458.
- [18] 殷大聪, 黄薇, 吴兴华, 等. 汉江春季硅藻水华优势种生物学特性初步研究 [J]. 长江科学院院报, 2012, 29(2): 6-10.
- [19] 卢素锦, 石红霄, 李鹏, 等. 三江源长江地表水水环境现状评价 [J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(7): 604-605.
- [20] 李轶冰, 易华, 杨改河, 等. 江河源区生物多样性研究 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 193-196.
- [21] 长江水利委员会, 青海省水利厅. 长江源综合考察与研究 [M]. 武汉: 长江出版社, 2011.
- [22] ALLAN J D, CASTILLO M M. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters [M]. Dordrecht: Springer, 2007.
- [23] 白云山, 段其发. 影响长江源各拉丹冬一带生态环境的几个因素及保护建议 [J]. 华南地质与矿产, 2000, (4): 47-51.
- [24] STOERMER E. Phytoplankton Assemblages as Indicators of Water Quality in the Laurentian Great Lakes [J]. Transactions of the American Microscopical Society, 1978, 97(1): 2-16.
- [25] SOYLU E N, GONULOL A. Seasonal Variation in the Diversity, Species Richness and Composition of the Phytoplankton Assemblages in a Shallow Lake [J]. Cryptogamie Algologie, 2006, 27(1): 85-101.
- [26] CHALAR G. The Use of Phytoplankton Patterns of Diversity for Algal Bloom Management [J]. Limnologica, 2009, 39(3): 200-208.
- [27] 罗小勇, 唐文坚. 长江源生态环境问题及其防治对策 [J]. 长江科学院院报, 2003, 20(1): 47-49.

(编辑: 赵卫兵)

Characteristics of Phytoplankton Assemblage and Distribution in the Source Regions of the Yangtze River and Lancang River

YIN Da-cong¹, XU Ji-jun¹, JIN Yan², XU Zhen¹

(1. Hubei Provincial Key Laboratory of River Basin Water Resources and Eco-environmental Sciences, Yangtze River Sciences Research Institute, Wuhan 430010, China;
2. Water Affairs Bureau of Pu'er City, Pu'er 665000, China)

Abstract: Phytoplankton in the waters of the source regions of the Yangtze River and Lancang River was investigated in the summer of 2012. Altogether 29 species of phytoplankton were identified, consisting of diatom (17 species accounting for 54.83% of the total), green algae (7 species accounting for 24.14% of the total), blue-green algae (3 species), *Cryptomonas* (1 species) and *Pyrroptata* (1 species). The phytoplankton abundance at each sampling site was very low, only $(9.14 \sim 13.60) \times 10^4 / L$. There was no apparent difference of assemblages and abundance of phytoplankton between the source regions of the Yangtze River and the Lancang River. The results are close to the investigation results by Changjiang Water Resources Commission in 2010. The results show that the ecological environmental condition in the source regions is good in general and further researches in this aspect are of vital significance.

Key words: sources of three rivers; source of the Yangtze River; source of the Lancang River; phytoplankton; algae