

澜沧江囊谦段夏秋季浮游植物群落结构初步研究

陈燕琴, 申志新, 刘玉婷, 李柯懋

(青海省渔业环境监测站 青海省高原水生生物及生态环境重点实验室, 青海 西宁 810012)

摘要:2011年夏季(6月)和秋季(9月)对澜沧江囊谦段的浮游植物进行初步研究。结果表明,澜沧江囊谦段浮游植物共计4门,57种(属);其中,硅藻门种类最多,为33种(属),占总种类数的57.9%;其次是绿藻门,为13种(属),占22.8%,蓝藻门10种(属),占17.5%,甲藻门仅检出1种,占1.8%。夏秋两季澜沧江囊谦段均以喜低温的硅藻为主,绿藻、蓝藻种类秋季多于夏季,甲藻仅在夏季出现。浮游植物优势种以硅藻为主,占75.0%,种类有尖针杆藻(*Synedra acus*)、普通等片藻(*Diatoma vulgare*)、舟形藻(*Navicula* sp.)、桥弯藻(*Cymbella* sp.)、曲壳藻(*Achnanthes* sp.)、异极藻(*Gomphonem* sp.)、颤藻(*Oscillatoria* sp.)和席藻(*Phormidium* sp.)。浮游植物数量为 $13.26 \times 10^4 \sim 375.59 \times 10^4$ 个/L,平均数量 99.36×10^4 个/L;生物量为0.0445~1.9972 mg/L,平均0.4915 mg/L。浮游植物数量和生物量均以硅藻最高,分别占总数量的61.2%和总生物量的71.3%。分析显示,各采样点浮游植物多样性指数、均匀度指数较高,均值分别为2.24、0.48;表明该河段浮游植物群落比较稳定,种类分布较为均匀,体现了贫营养型河流的特征,水域环境良好。

关键词:澜沧江囊谦段;浮游植物;群落结构

中图分类号:Q178.51 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2012)03-0060-08

澜沧江发源于青海省玉树藏族自治州杂多县西北,唐古拉山北麓的查加日玛西4 km的高地,河源海拔5 388 m,澜沧江干流在青海省境内又称扎曲,全长448 km;主要支流有子曲、解曲、巴曲等(苟新和陈孝全,2002)。这些水域中常年栖息着多种珍稀、特有的名贵鱼类;其中,澜沧裂腹鱼、裸腹叶须鱼、细尾鲃被列入中国物种红色名录,澜沧裂腹鱼和细尾鲃列为濒危物种(中国科学院西北高原生物研究所,1989;武云飞和吴翠珍,1992;汪松和解焱,2004)。

浮游植物是水生态系统中生物资源的基础,浮游植物的群落结构直接影响着水生态系统的结构和功能,其群落结构的时空变化特征与环境因子关系密切,生态系统中环境因子的改变直接影响着浮游植物的群落结构;因此,浮游植物的群落结构一定程度上反映了水体的生态环境状况(Sanna et al, 2006);同时,研究浮游植物群落结构对预测水生态系统的发展与演变趋势具有一定的借鉴意义(孟顺龙等,2011)。澜沧江青海段浮游植物的研究工作仅见武云飞和吴翠珍(1992)的报道。2011年6月(夏季)和9月(秋季),笔者对澜沧江囊谦段浮游植

物进行了调查,分析了其种类组成、数量、生物量及生态分布特点,旨在进一步了解澜沧江青海段浮游植物群落结构现状,为生态环境评价提供科学依据,并为研究浮游植物群落结构变化积累资料。

1 材料与方 法

1.1 样点设置与采样时间

在澜沧江囊谦段布设了3个采样点(图1),分别为扎曲大桥、扎曲大坝、香曲河;其中,扎曲大桥和扎曲大坝为澜沧江干流采样点,香曲河为澜沧江一级支流采样点。分别在2011年6月(夏季)和9月(秋季)进行野外采样。



图1 澜沧江囊谦段浮游植物采样点
Fig.1 Sampling stations of plankton in Nangqian of Lancang River

1.2 样品采集、计数与鉴定

定性样品用25号浮游生物网在水面至0.5 m的水层中反复做“∞”形捞取,现场加入4%的福尔

收稿日期:2012-04-02

基金项目:青海省渔业生态环境监测。

作者简介:陈燕琴,1963年生,女,高级工程师,主要从事水生态学。E-mail:qhchyyq@yahoo.com.cn

马林保存带回实验室,之后用显微镜(OLYMPUS CH 100~400倍)镜鉴3~5片,定性到种或属。

定量样品用1 L有机玻璃采水器在水深0.5 m处采集水样1 L,现场加入15 mL鲁哥试剂固定后带回实验室。用1 L分液漏斗静止沉淀24 h,浓缩至30 mL后镜检。浮游植物观察计数用0.1 mL浮游植物计数框在10×40倍显微镜下进行。计数时充分摇匀浓缩液,然后立即取0.1 mL样品放入计数框中计数300个视野。每个样品计数2片,取其平均值为最终结果(若2片计数结果相差15%以上,则进行第3片计数,取其中个数相近的2片得平均值);最后换算成每1 L水样中藻类的细胞数,即为

表1 澜沧江囊谦段采样点的理化指标测定

Tab.1 Physical and chemical indices of water quality in Nangqian of Lantsang River

采样点	东经	北纬	海拔/ m	水温/°C		pH		溶解氧/mg·L ⁻¹	
				6月	9月	6月	9月	6月	9月
扎曲大桥	32°18'22.34"	96°27'03.83"	3613.5	12.4	11.0	8.15	8.17	6.66	7.01
扎曲大坝	32°15'13.54"	96°28'27.70"	3609.2	11.2	11.0	8.16	8.23	6.50	7.07
香曲河	32°11'52.94"	32°25'46.03"	3655.4	11.2	12.2	8.41	8.31	6.60	7.12

1.3 浮游植物多样性指数

浮游植物多样性采用以下指数来计算和评价(刘文盈等,2009;李干蓉等,2009):

(1) 香浓-威纳多样性指数(Shannon-Wiener)(H'): $H' = -\sum P_i \log_2 P_i$ ($P_i = N_i/N$)

式中: N 为同一样品中的个体总数; N_i 为第*i*种的个体数。

(2) 均匀度指数(Pielou)(J): $J = H'/\log_2 S$ 。

式中: S 为物种数; H' 为Shannon-Wiener指数。

(3) 物种丰富度指数(Margalef)(D):

$$D = (S - 1) / \ln N$$

式中: S 为物种数; N 为同一样品中的个体总数。

1.4 浮游植物优势种的确定方法

优势种是根据物种的出现频率及个体数量来确定,用优势度(Y)来表示(罗民波等,2007)。计算公式如下:

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

式中: Y 为优势度, f_i 为样品中某个种的出现频率。当 $Y \geq 0.02$ 时为优势种。

2 结果与分析

2.1 浮游植物种类组成

2011年澜沧江囊谦段夏秋季各采样点共检出浮游植物4门、57种(属)(表2);其中,硅藻门种类最多,为33种(属),占总种类数的57.9%;其次是

细胞数量(个/L)。浮游植物的优势种用目测微尺实测藻类细胞大小,计算其体积,按 $10^9 \mu\text{m} = 1 \text{mg}$ 换算成浮游植物生物量(张觉民和何志辉,1991)。浮游植物分类参照有关文献(李尧英等,1992;韩茂森和束蕴芳,1995;胡鸿钧和魏印心,2006)。

在采样的同时,记录各个采样点的地理坐标,并对水温、pH、溶解氧进行测定;其中,各个采样点的地理坐标、海拔高度用GPS测定;水温采用深水温度计测定;pH采用自动电位仪(ZD-2)测定;溶解氧现场用硫酸锰和碱性碘化钾固定,带回实验室后24 h内采用碘量法(GB 7489-87)测定。采样点分布及基本环境参数见表1。

绿藻门,为13种(属),占22.8%;之后是蓝藻门,为10种(属),占17.5%;甲藻门仅检出1种,占1.8%(图2)。

从季节上看,夏季(6月)浮游植物共检出4门、40种(属);其中,硅藻门28种(属),占总种数的70.0%;绿藻门5种(属),占12.5%;蓝藻门6种(属),占15.0%;甲藻门1种,占2.5%。秋季(9月)浮游植物共检出3门、47种(属);其中,硅藻门26种(属),占总种数的55.3%;绿藻门11种(属),占23.4%;蓝藻门10种(属),占23.1%(图3)。浮游植物种类的季节变化在扎曲大桥和扎曲大坝2个采样点不明显,而在香曲河表现为秋季明显高于夏季。

浮游植物种类的水平分布总体表现为:香曲河(47种属) > 扎曲大坝(34种属) > 扎曲大桥(30种属)。浮游植物各种(属)在澜沧江囊谦段各个采样点的分布及出现频次显现出不均匀性。在3个采样点全部检出的种类有蓝藻门的小颤藻、阿氏颤藻、席藻、胶鞘藻;硅藻门的针杆藻、尖针杆藻、肘状针杆藻、舟形藻、普通等片藻、曲壳藻、布纹藻、异极藻、桥弯藻、菱形硅藻、双菱藻;绿藻门的丝藻、水绵、刚毛藻。浮游植物出现频次达到100%的种类是硅藻门的针杆藻、尖针杆藻、舟形藻、普通等片藻、曲壳藻、异极藻、桥弯藻、菱形硅藻;绿藻门的丝藻和水绵。可见,硅藻种(属)出现的频次在整个浮游植物中占主体,为61.1%。

表2 澜沧江囊谦段浮游植物种类组成及分布

Tab.2 Species composition and distribution of phytoplankton in Nangqian of Lantsang River

种 类	扎曲大桥		扎曲大坝		香曲河	
	6月	9月	6月	9月	6月	9月
蓝藻门 CYANOPHYTA						
颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp.		+			+	+
小颤藻 <i>Oscillatoria tenuis</i>		+	+	+		+
阿氏颤藻 <i>Oscillatoria agardhii</i>		+	+	+		+
席藻 <i>Phormidium</i> sp.		+	+	+	+	+
螺旋藻 <i>Spirulina</i> sp.	+					+
大螺旋藻 <i>Spirulina maior</i>				+		+
鞘丝藻 <i>Lyngbya</i> sp.		+			+	+
念珠藻 <i>Nostoc</i> sp.						+
胶鞘藻 <i>Phormidium</i> sp.		+		+		+
束丝藻 <i>Aphanizomenon</i> sp.					+	
甲藻门 PYRROPHYTA						
飞燕角甲藻 <i>Ceratium hirundinella</i>					+	
硅藻门 BACILLARIOPHYTA						
直链藻 <i>Melosira</i> sp.				+		
小环藻 <i>Cyclotella</i> sp.				+		+
针杆藻 <i>Synedra</i> sp.	+	+	+	+	+	+
尖针杆藻 <i>Synedra acus</i>	+	+	+	+	+	+
肘状针杆藻 <i>Synedra ulna</i>		+	+	+		+
舟形藻 <i>Navicula</i> sp.	+	+	+	+	+	+
双头舟形藻 <i>Navicula dicephala</i>			+			+
椭圆舟形藻 <i>Navicula schonfeldii</i>			+			+
扁圆舟形藻 <i>Navicula placentula</i>					+	
长等片藻 <i>Diatoma elongatum</i>	+				+	
普通等片藻 <i>Diatoma vulgare</i>	+	+	+	+	+	+
星杆藻 <i>Asterionella</i> sp.	+				+	+
曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp.	+	+	+	+	+	+
羽纹藻 <i>Pinnularia</i> sp.	+	+			+	+
布纹藻 <i>Gyrosigma</i> sp.	+			+		+
蛾眉藻 <i>Ceratoneis</i> sp.				+	+	
异极藻 <i>Gomphonem</i> sp.	+	+	+	+	+	+
桥弯藻 <i>Cymbella</i> sp.	+	+	+	+	+	+
披针桥弯藻 <i>Cymbella lanceolata</i>			+	+		+
极小桥弯藻 <i>Cymbella perpusilla</i>						+
膨胀桥弯藻 <i>Cymbella tumida</i>	+			+		
箱形桥弯藻 <i>Cymbella cistula</i>			+			
脆杆藻 <i>Fragilaria</i> sp.			+	+		+
菱形硅藻 <i>Nitzschia</i> sp.	+	+	+	+	+	+
双菱藻 <i>Surirella</i> sp.	+		+		+	+
螺旋双菱藻 <i>Surirella spiralis</i>					+	+
卵形双菱藻 <i>Surirella ovata</i>		+				
双生双楔藻 <i>Didymosphenia geminata</i>					+	+
弯形弯楔藻 <i>Rhoicosphenia curvata</i>	+				+	
双眉藻 <i>Amphora</i> sp.			+			
波缘藻 <i>Cymatopleura</i> sp.	+				+	
草鞋形波缘藻 <i>Cymatopleura solea</i>			+	+		
马鞍藻 <i>Campylodiscus</i> sp.		+				
绿藻门 CHLOROPHYTA						
丝藻 <i>Ulothrix</i> sp.	+	+	+	+	+	+
衣藻 <i>Chlamydomona</i> sp.	+					
水绵 <i>Spirogyra</i> sp.	+	+	+	+	+	+
双星藻 <i>Zygenma</i> sp.					+	+
新月藻 <i>Closterium</i> sp.				+		+

续表 2

种 类	扎曲大桥		扎曲大坝		香曲河	
	6月	9月	6月	9月	6月	9月
鼓藻 <i>Pleurotaenium</i> sp.			+		+	
环丝藻 <i>Ulothrix zonata</i>						+
转板藻 <i>Mougeotia</i> sp.						+
刚毛藻 <i>Cladophora</i> sp.		+		+		+
栅藻 <i>Scenedemus</i> sp.						+
卵囊藻 <i>Oocystis</i> sp.						+
十字藻 <i>Crucigenia</i> sp.						+
宽带鼓藻 <i>Pleurotaenium</i> sp.		+				
合 计	20	21	25	26	24	42

注：“+”表示检出。

Note: “+” Detect.

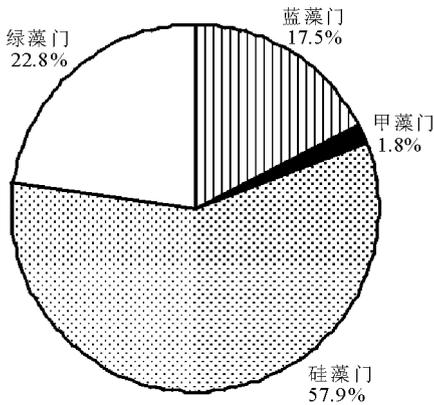


图 2 澜沧江囊谦段夏秋季浮游植物各门种类数所占比例

Fig. 2 The proportion in species of phytoplankton in Nangqian of Lantsang River in summer and autumn

2.2 浮游植物优势种

采用优势度公式计算, 澜沧江囊谦段夏季(6月)和秋季(9月)浮游植物优势种为硅藻门的普通等片藻、尖针杆藻、舟形藻、桥弯藻、曲壳藻和异极藻; 蓝藻门的小颤藻和席藻(表 3)。浮游植物优势种的季节变化不明显, 无论夏季或秋季均以硅藻为主, 硅藻优势种的种类数占全部优势种数的

表 3 澜沧江囊谦段浮游植物优势种类及优势度

Tab. 3 Dominant species of phytoplankton in Nangqian of Lantsang River

优势种类	拉丁名	扎曲大桥		扎曲大坝		香曲河	
		6月	9月	6月	9月	6月	9月
普通等片藻	<i>Diatoma vulgare</i>	0.23	0.51	0.66	0.33	0.12	0.33
尖针杆藻	<i>Synedra acus</i>	0.15	0.09	0.04	0.12	0.07	0.12
曲壳藻	<i>Achnanthes</i> sp.	0.04	0.11	0.06	0.36	0.05	0.36
舟形藻	<i>Navicula</i> sp.	0.15	0.12	0.11	0.11	0.05	0.11
桥弯藻	<i>Cymbella</i> sp.	0.02	0.09	-	-	-	-
异极藻	<i>Gomphonem</i> sp.	0.02	0.04	0.04	0.04	-	0.04
小颤藻	<i>Oscillatoria tenuis</i>	0.11	-	-	-	-	-
席藻	<i>Phormidium</i> sp.	-	-	-	-	0.38	-

注：“-”表示未检出。

Note: “-” Fail to detect.

75.0%; 蓝藻优势种只在夏季出现, 占全部优势种数的 25.0%。

2.3 浮游植物数量

2011 年澜沧江囊谦段夏季和秋季浮游植物数量变化在 $(13.26 \sim 375.59) \times 10^4$ 个/L, 平均为 99.36×10^4 个/L(表 4); 其中, 硅藻占浮游植物总数的 61.2%, 蓝藻占 38.4%, 绿藻占 0.1%, 甲藻占 0.3%。

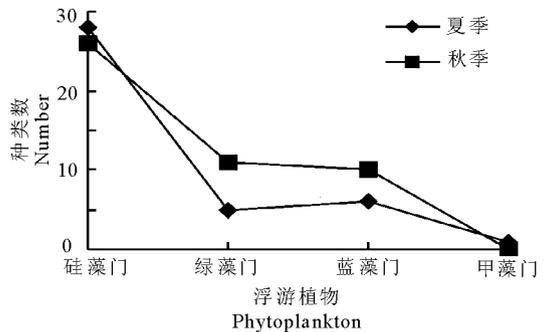


图 3 澜沧江囊谦段夏秋季浮游植物种类组成

Fig. 3 Species composition of phytoplankton in Nangqian of Lantsang River in summer and autumn

表4 澜沧江囊谦段夏秋季浮游植物数量与生物量

Tab. 4 Density and biomass of phytoplankton in Nangqian of Lantsang River in summer and autumn

采样点	时间	硅藻门		蓝藻门		绿藻门		甲藻门		合计	
		数量/ 万个·L ⁻¹	生物量/ mg·L ⁻¹								
扎曲大桥	2011-06	25.94	0.2019	8.59	0.0045	0.64	0.0012	-	-	35.17	0.2076
	2011-09	58.36	0.2577	-	-	-	-	-	-	58.36	0.2577
	平均	42.15	0.2298	4.29	0.0023	0.32	0.0006	-	-	46.76	0.2327
扎曲大坝	2011-06	46.95	0.2146	-	-	-	-	-	-	46.95	0.2146
	2011-09	66.84	0.2274	-	-	-	-	-	-	66.84	0.2274
	平均	56.89	0.2210	-	-	-	-	-	-	56.89	0.2210
香曲河	2011-06	159.18	1.1585	214.84	0.0429	-	-	1.57	0.7958	375.59	1.9972
	2011-09	7.75	0.0421	5.51	0.0024	-	-	-	-	13.26	0.0445
	平均	83.46	0.6003	110.18	0.0277	-	-	0.79	0.3979	194.43	1.0209
季节变化	2011-06	77.36	0.5250	74.48	0.0158	0.21	0.0004	0.52	0.2653	152.57	0.8065
	2011-09	44.31	0.1757	1.84	0.0008	-	-	-	-	46.15	0.1765
	总平均	60.83	0.3504	38.16	0.0083	0.11	0.0002	0.26	0.1326	99.36	0.4915

注：“-”表示未检出。

Note: “-” Fail to detect.

从浮游植物数量水平分布来看,在所调查的3个采样点中,浮游植物数量表现为:香曲河(194.43×10^4 个/L) > 扎曲大坝(56.89×10^4 个/L) > 扎曲大桥(46.76×10^4 个/L)。从浮游植物数量组成看,各个采样点均以硅藻为主,其次为蓝藻、甲藻和绿藻。硅藻数量占浮游植物总数的百分比表现为:扎曲大坝(100%) > 扎曲大桥(90.1%) > 香曲河(42.9%);蓝藻数量占浮游植物总数的百分比表现为:香曲河(56.6%) > 扎曲大桥(9.2%) > 扎曲大坝(0);绿藻只在扎曲大桥出现(0.7%),甲藻只在香曲河出现(0.4%)。

从浮游植物数量季节变化来看,夏季(6月),3个采样点浮游植物数量变化在($35.17 \sim 375.59$) $\times 10^4$ 个/L,平均为 152.57×10^4 个/L;其中,硅藻数量占浮游植物总数的50.7%,蓝藻占48.8%,绿藻占0.2%,甲藻占0.3%。浮游植物数量表现为:香曲河(375.59×10^4 个/L) > 扎曲大坝(46.95×10^4 个/L) > 扎曲大桥(35.17×10^4 个/L)。从浮游植物数量组成看,各个采样点均以硅藻为主,其次为蓝藻、甲藻和绿藻。秋季(9月),3个采样点浮游植物数量变化在($13.26 \sim 66.84$) $\times 10^4$ 个/L,平均为 46.15×10^4 个/L;其中,硅藻数量占浮游植物总数的96.0%,蓝藻占4.0%,未检测到绿藻和甲藻。浮游植物数量表现为:扎曲大坝(66.84×10^4 个/L) > 扎曲大桥(58.36×10^4 个/L) > 香曲河(13.26×10^4 个/L)。从浮游植物数量组成看,各个采样点均以硅藻为主,其次为蓝藻。

2.4 浮游植物生物量

由表4可见,2011年澜沧江囊谦段夏秋季浮游

植物生物量变化在0.0445 ~ 1.9972 mg/L,平均为0.4915 mg/L;其中,硅藻生物量占浮游植物总生物量的71.3%,蓝藻占1.6%,绿藻占0.1%,甲藻占27.0%。在所调查的3个采样点中,从浮游植物生物量水平分布来看,表现为:香曲河(1.0209 mg/L) > 扎曲大桥(0.2327 mg/L) > 扎曲大坝(0.2210 mg/L)。从浮游植物生物量组成看,各个采样点均以硅藻为主,其次为甲藻、蓝藻和绿藻。在各个采样点硅藻生物量占浮游植物总生物量的百分比表现为:扎曲大坝(100%) > 扎曲大桥(98.8%) > 香曲河(58.8%);蓝藻生物量占浮游植物总生物量的百分比表现为:香曲河(2.7%) > 扎曲大桥(0.9%) > 扎曲大坝(0);绿藻只在扎曲大桥出现(0.3%),甲藻只在香曲河出现(38.9%)。

从浮游植物生物量季节变化看,夏季(6月),3个采样点浮游植物生物量变化在0.2076 ~ 1.9972 mg/L,平均为0.8065 mg/L;其中,硅藻生物量占浮游植物总生物量的65.1%,蓝藻占1.9%,绿藻占0.1%,甲藻占32.9%。浮游植物生物量表现为:香曲河(1.9972 mg/L) > 扎曲大坝(0.2146 mg/L) > 扎曲大桥(0.2076 mg/L)。从浮游植物生物量组成看,各个采样点均以硅藻为主,其次为甲藻、蓝藻、绿藻。秋季(9月),3个采样点浮游植物生物量变化在0.0445 ~ 0.2577 mg/L,平均为0.1765 mg/L;其中,硅藻生物量占浮游植物总生物量的99.6%,蓝藻占0.4%,秋季未检测到绿藻和甲藻。浮游植物生物量表现为:扎曲大桥(0.2577 mg/L) > 扎曲大坝(0.2274 mg/L) > 香曲河(0.0445 mg/L)。从浮游植物生物量组成看,各

个采样点均以硅藻为主,其次为蓝藻。

2.5 浮游植物多样性

澜沧江囊谦段夏季(6月)和秋季(9月)浮游植

物多样性指数见表5(H' 为香浓-威纳多样性指数, J 为均匀度指数, D 为物种丰富度指数)。

表5 澜沧江囊谦段浮游植物多样性指数

Tab.5 Diversity indices of phytoplankton in Nangqian of Lantsang River

采样点	夏季			秋季			平均		
	H'	J	D	H'	J	D	H'	J	D
扎曲大桥	2.73	0.63	1.49	2.13	0.48	1.51	2.43	0.56	1.50
扎曲大坝	1.79	0.39	1.84	2.04	0.43	1.86	1.92	0.41	1.85
香曲河	2.23	0.49	1.52	2.52	0.46	3.37	2.38	0.48	2.45
平均	2.25	0.50	1.62	2.23	0.46	2.25	2.24	0.48	1.93

由表5可见,澜沧江囊谦段浮游植物香浓-威纳多样性指数(H')变化在1.92~2.43,平均为2.24。 H' 水平变化表现为扎曲大桥(2.43) > 香曲河(2.38) > 扎曲大坝(1.92)。 H' 无明显的季节变化,表现为夏季(2.25)略高于秋季(2.23)。在各个采样点 H' 季节变化不明显,表现为:扎曲大桥夏季(2.73)略高于秋季(2.13);香曲河和扎曲大坝是秋季(2.04、2.52)略高于夏季(1.79、2.23)。

均匀度指数(J)变化在0.41~0.56,平均为0.48。3个采样点均 J 值水平变化不明显,表现为:扎曲大桥(0.56) > 香曲河(0.48) > 扎曲大坝(0.41)。 J 值无明显的季节变化,表现为夏季(0.50)略高于秋季(0.46)。在各个采样点 J 值季节变化不明显,表现为扎曲大坝是秋季(0.43)略高于夏季(0.39);扎曲大桥和香曲河表现为是夏季(0.63、0.49)略高于秋季(0.48、0.46)。

物种丰富度指数(D)变化在1.50~2.45,平均为1.93。3个采样点 D 值水平变化为:香曲河(2.45) > 扎曲大坝(1.85) > 扎曲大桥(1.50)。 D 值季节变化较为明显,表现为:秋季(2.25) > 夏季(1.62)。各个采样点 D 值的季节变化均表现为秋季高于夏季。

3 讨论

3.1 浮游植物群落的结构特征

澜沧江囊谦段夏秋季的调查结果表明,硅藻门一直占有一定的优势,主要是由于其为狭冷性物种,适宜生活在较冷的环境中(武发思等,2009)。洪松和陈静生(2002)在研究中国河流水生生物群落结构特征中报道,在浮游植物的种类组成方面,东北河流和黄河浮游植物以硅藻门的种类数(属数)较多,其他河流中的浮游植物一般以绿藻门属数最多,硅藻属数在绝大部分河流中仅次于绿藻。本次调查结果与黄河等少数河流的结论相符合,表明从

浮游植物的种类组成来看,澜沧江囊谦段与内陆大多数河流不同,这与该河段地处高原、海拔高、气候寒冷、水温低等因素有关。洪松和陈静生(2002)研究还报道,几乎在所有河流中,硅藻的密度都是最高的,常常占浮游植物总密度的50%或更多;黄河干流本身的水生生物无论种类数或密度都远低于支流;长江干流的浮游植物密度一般低于支流;这也与澜沧江囊谦段浮游植物调查结果相一致,硅藻数量占浮游植物平均总数量的61.2%,其生物量占浮游植物平均总生物量的71.3%。浮游植物种类、数量和生物量的水平分布均表现为香曲河(支流)高于扎曲大坝和扎曲大桥(干流),这主要由于干流水流较急、泥沙含量多、不适宜藻类生长,而支流水流较缓,水体的稳定性增加了浮游植物的适应性而有利于生长;同时,浮游植物数量及生物量均表现为夏季(6月) > 秋季(9月),主要是夏季出现适合高温季节生长的绿藻、蓝藻及甲藻(薛俊增等,2010)。张军燕等(2009)报道,黄河玛曲段浮游植物共检出5门、23种(属),硅藻13种(属),占总种类数的56.5%;浮游植物数量平均为19.7万个/L,硅藻占总数量的88.73%;生物量平均0.228 mg/L,硅藻占总生物量的90.94%;孟顺龙等(2011)报道,长江下游江段浮游植物检出5门、27种,硅藻16种,占总种类数的59.3%;浮游植物数量平均为6.01万个/L,硅藻占总数量的72.5%;生物量平均32.46 $\mu\text{g/L}$,硅藻占总生物量的91.6%。可以看出,澜沧江囊谦段浮游植物的种类数、数量及生物量与黄河相近,但远高于长江。

3.2 水体营养类型

浮游植物是水体生态系统的重要组成部分,对水体营养状态的变化能迅速作出反应,因而其群落结构是水质污染和营养水平的重要标志,可作为水质生物监测指标,用于水质评定。研究资料表明,水体浮游植物的密度低于 1×10^6 个/L为贫营养,

(1~40) × 10⁶ 个/L 为中营养,而高于 40 × 10⁶ 个/L 则为富营养(刘冬燕等,2005);裴国风等(2012)报道,普遍认为硅藻为贫营养水体的优势种,绿藻为中营养水体的优势种,而蓝藻为富营养水体的优势种。本次调查结果显示,硅藻种类数、数量及生物量占有比例都是最高的,分别占总种类数的 57.9%,占总

数量的 61.2%, 占总生物量的 71.3%, 可见该河段属贫营养型。按表 6 湖泊水体营养类型评价的藻类生态学指标评价(况琪军等,2005),本次调查浮游植物平均数量 99.36 × 10⁴ 个/L, 平均生物量 0.4915 mg/L, 均位于贫营养标准区间;因此调查期间本河段水体为贫营养状态。

表 6 水体营养类型评价的藻类生物学指标与标准

Tab. 6 Algal biological indices and standards (threshold value) for evaluation of alimentative type of water

评价指标	评价标准						
	极贫营养	贫营养	贫中营养	中营养	中富营养	富营养	极富营养
藻类数量/×10 ⁶ 个·L ⁻¹	≤0.5	0.5~1.0	1.0~9.0	10.0~40.0	41.0~80.0	81.0~99.0	≥100
藻类生物量/mg·L ⁻¹	<0.1	0.1~1.0	1.0~3.0	3.0~5.0	5.0~7.0	7.0~10.0	10.0

影响水体浮游植物生长的环境因子有很多,主要有营养盐、温度、光照。在营养盐水平较高的水体中(TN > 0.2 mg/L, TP > 0.02 mg/L), 营养盐对藻类的限制作用会下降,其他因素会影响藻类对营养盐的利用(柳丽华等,2007)。本次环境因子调查结果(另文发表)表明,3个采样点的 TN 在 0.542 ~ 0.999 mg/L, 均高于 0.2 mg/L; TP 在 0.003 ~ 0.010 mg/L, 均低于 0.02 mg/L; 因此,磷有可能是澜沧江囊谦段浮游植物生长的限制因子;此外,水体结构和人文情势对浮游植物群落结构也有一定影响(孟顺龙等,2011)。澜沧江水系位于青藏高原地区,海拔高,气候寒冷,水源为冰山雪融水,水温低,水流湍急,底质多为沙砾石,适合喜低温的硅藻生长;而澜沧江囊谦段支流水流较缓,水域环境相对稳定,适合浮游植物生长;干流水流急,泥沙含量高,透明度低,不适合浮游植物的生长。

3.3 浮游植物群落的多样性

物种多样性是反映生物群落组成特征的参数,是衡量群落稳定性的一个重要尺度,物种的多样性指数越高,表明群落中的生物种类越多,群落越稳定(邱小琮和赵红雪,2011)。群落多样性可以用多个指数来表示,Shannon-Wiener 指数通常用于反映群落结构的复杂程度,物种数目越多,多样性越大;Margale 多样性指数是用物种丰富度来度量物种多样性,*D* 值越大,则物种丰富度越高;均匀度指数反映的是各物种个体数目分配的均匀程度,*J* 值越大,则多样性越高(吴朝和张庆国,2009)。林碧琴和谢淑琦(1988)在研究水生藻类与水体污染监测时指出,在大部分多样性指数中,组成群落的生物种越多,其多样性数值越大,而重复性越小,多样性指数大的群落稳定性也大。本次调查结果显示(表 5),澜沧江囊谦段各个采样点浮游植物多样性指数和均匀度指数较高(均值分别为 2.24 和 0.48),说明该

河段浮游植物群落组成的重复性小、群落的稳定性大、种类分布较为均匀、水域环境良好;浮游植物物种丰富度指数不高(平均为 1.93),表明该河段物种较为单一,除了硅藻和绿藻较多外,其他种类在该河段鲜有出现。从物种丰富度指数来看,该河段支流相对较高,其物种数目也是最多的(47 种属),这与其水流较为缓慢、泥沙含量少等外在环境较为适合浮游植物的生长有关。利用生物多样性阈值(*Dv* = *H'*/*J*)评价浮游植物多样性(刘文盈等,2009)。澜沧江囊谦段 *Dv* 变化在 0.69 ~ 1.72, 平均为 1.09; 可见澜沧江囊谦段浮游植物群落多样性一般,但群落结构比较稳定,种类分布较为均匀。

参考文献

- 韩茂森,束蕴芳. 1995. 中国淡水生物图谱[M]. 北京:海洋出版社:2-129.
- 洪松,陈静生. 2002. 中国河流水生生物群落结构特征探讨[J]. 水生生物学报,26(3):296-305.
- 胡鸿钧,魏印心. 2006. 中国淡水藻类-系统、分类及生态[M]. 北京:科学出版社:23-915.
- 苟新京 陈孝全. 2002. 三江源自然保护区生态环境[M]. 西宁:青海人民出版社.
- 况琪军,马沛明,胡征宇,等. 2005. 湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展[J]. 安全与环境学报,5(2):87-91.
- 李干蓉,陈椽,刘丛强,等. 2009. 猫跳河流域平水期浮游植物与水质评价[J]. 海南师范大学学报,22(2):209-213.
- 李尧英,魏印心,施之新. 1992. 西藏藻类[M]. 北京:科学出版社.
- 林碧琴,谢淑琦. 1988. 水生藻类与水体污染监测[M]. 沈阳:辽宁大学出版社:242-247.
- 刘冬燕,赵建夫,张亚雷,等. 2005. 富营养水体生物修复中浮游植物的群落特征[J]. 水生生物学报,29(2):177-183.
- 刘文盈,高润红,张秋良,等. 2009. 鄂尔多斯高原盐沼湿地浮

- 游植物的多样性与评价[J]. 干旱区资源与环境, 23(5):143-148.
- 柳丽华, 左涛, 陈瑞盛, 等. 2007. 2004年秋季长江口海域浮游植物的群落结构和多样性[J]. 海洋水产研究, 28(3):112-119.
- 罗民波, 陆健健, 王云龙, 等. 2007. 东海浮游植物数量分布与优势种[J]. 生态学报, 27(12):5076-5085.
- 孟顺龙, 陈家长, 胡庚东, 等. 2011. 2009年秋季长江安徽-江苏段浮游植物群落的种类组成与空间特征[J]. 中国农学通报, 27(3):391-398.
- 裴国风, 曹金象, 刘国祥, 等. 2012. 尼洋河不同河段浮游植物群落多样性差异研究[J]. 长江流域资源与环境, 21(1):24-29.
- 邱小琼, 赵红雪. 2011. 宁夏沙湖浮游植物群落结构及多样性研究[J]. 水生态学杂志, 32(1):20-25.
- 汪松, 解焱. 2004. 中国物种红色名录(第1卷)[M]. 北京: 高等教育出版社.
- 吴朝, 张庆国. 2009. 淡水浮游生物多样性及数量分析方法研究进展[J]. 安徽农学通报, 15(12):41-42.
- 武发思, 鄢金灼, 蔡泽平, 等. 2009. 大、小苏打湖浮游藻类的群落组成特点研究[J]. 水生生物学报, 33(2):264-270.
- 武云飞, 吴翠珍. 1992. 青藏高原鱼类[M]. 成都: 四川科学技术出版社.
- 薛俊增, 刘艳, 蔡桢, 等. 2010. 新疆阿苇滩水库浮游植物群落生态特征[J]. 科技导报, 28(7):55-58.
- 张觉民, 何志辉. 1991. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 农业出版社:12-122.
- 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.
- 中国科学院西北高原生物研究所. 1989. 青海省经济动物志[M]. 西宁: 青海人民出版社.
- Sanna S, Maria L, Maija H. 2006. Longterm changer in summer phytoplankton communities of the open northern Baltic Sea[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 71(3-4):580-592.

(责任编辑 万月华)

Study on Community Structure of Phytoplankton in Nangqian of Lantsang River in Summer and Autumn

CHEN Yan-qin, SHEN Zhi-xin, LIU Yu-ting, LI Ke-mao

(Qinghai Provincial Fishery Environmental Monitoring Center, Key Laboratory of Plateau Aquatic and Ecological Environmental in Qinghai Province, Xining 810012, P. R. China)

Abstract: Phytoplankton community in Nangqian of Lantsang River was investigated in summer (June) and autumn (September) of 2011. Results showed that there 4 phyla including 57 species of phytoplankton in Nangqian of the Lantsang River in summer and autumn. Bacillariophyta were represented by the highest number of taxa (33), followed by Chlorophyta (13), Cyanophyta (10) and Pyrrophyta (1). The kind of diatoms which like the low temperature predominated in Nangqian in Lantsang River during summer and autumn. The species number of chlorophyta and cyanophyta were higher in autumn than that in summer, while pyrrophyta was only appeared in summer. Bacillariophyta (75.0%) was dominated in phytoplankton, including *Synedra acus*, *Diatoma vulgare*, *Navicula* sp., *Cymbella* sp., *Achnanthes* sp., *Gomphonem* sp., *Oscillatoria* sp. and *Phormidium* sp.. The abundance of phytoplankton ranged from 13.26×10^4 to 375.59×10^4 cells/L with the average of 99.36×10^4 cells/L, and the biomass of phytoplankton ranged from 0.0445 ~ 1.9972 mg/L with the average of 0.4915 mg/L. The abundance and biomass of diatoms were the highest in all species, occupying 61.2% and 71.3%. Shannon-Wiener index of diversity and the Pielou index of phytoplankton were much high, with the mean values of 2.24 and 0.48, respectively. These structure characteristics indicated that phytoplankton in this river was very stable and species were distributed evenly, which suggest that this river was in oligotrophic state and the aquatic environment was good.

Key words: Nangqian of Lantsang River; phytoplankton; community structure