

doi: 10.7541/2013.107

## 东江水系浮游植物功能群季节动态特征及影响因素

董 静<sup>1,2</sup> 李艳晖<sup>1,2</sup> 李根保<sup>1</sup> 李耀迪<sup>3</sup> 刘永定<sup>1</sup> 宋立荣<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;  
3. 湖北省孝感市水产局, 孝感 432100)

**摘要:** 2009年12月至2010年9月对东江水系进行了枯水期、平水期、丰水期的三次浮游藻类采集, 以分析浮游藻类功能群组成、季节变化特征及影响其季节变化的物理因子。结果表明, 东江水系浮游藻类在样品中出现频率大于10%的物种归入14个功能群, 分别是J、X2、P、W2、H1、MP、D、F、C、L<sub>0</sub>、W1、N、X1和M。其中优势功能群是J、X2、P、W2、H1、MP、D、F、C、L<sub>0</sub>和M。浮游藻类功能群组成明显随季节变化, 枯水期时功能群MP、D、P、X2、F、J和W2占优势; 丰水期时, 功能群MP、J、H1、L<sub>0</sub>占优势。除功能群理论中提到的营养(碳氮硅)、光照强度和生物作用(滤食)外, 水体物理因子——溶氧、水温、pH、TDS也是影响浮游藻类功能群季节动态的重要环境因子。研究表明温带湖泊调查提出的浮游藻类功能群概念用于河流生态系统浮游植物的研究是合适的。

**关键词:** 东江水系; 浮游藻类; 功能群; 季节动态; 物理因子

中图分类号: Q949.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2013)05-0836-08

作为主要的初级生产者, 浮游植物在水生生态系统中占据着举足轻重的作用。浮游植物的时空分布模式是理解生态系统功能的重要部分, 它不仅影响了其生态过程、功能和稳定性, 而且反映了生态环境的变化<sup>[1]</sup>。传统浮游藻类鉴定是在分类水平上进行的, 根据物种同源性特点将其归入不同的类群, 很少体现环境生态特征。鉴于浮游植物群落高度多样化而且大多数物种的发生难以预测, 依据浮游植物生理、生态、形态特点, Reynolds提出了相对完整的浮游藻类功能群理论<sup>[2]</sup>, 它的一个主要内容就是属于同一功能群的藻类通常生长于相同的生境类型或相似的环境条件下。相较于传统的林奈同源性分类法, 功能群在描述生境特征以及判断物种发生上具有更好的准确性。在Padisak的进一步划分及修改上, 迄今共鉴定并描述了39种浮游藻类功能群<sup>[3]</sup>。浮游藻类功能群是以温带湖泊浮游藻类类群为研究对象而提出的<sup>[2, 3]</sup>, 已广泛应用于湖泊浮游植物的研究, 但是引用功能群概念来描述河流浮游藻类组成研究还很少。

东江发源于江西省寻乌县, 全长562 km, 流域面积35340 km<sup>2</sup>, 是珠江三大水系之一, 也是广东东部和主要城市(如广州、深圳和香港)的至关重要的水源。东江流域属亚热带季风气候特征。其降雨量随季节变化较大, 主要集中在每年的4—9月的丰水期, 约占全年总量的80%。

本文将浮游藻类功能群理论应用于河流生态系统——以东江水系为例, 探讨了在这一水生生态系统中浮游藻类功能群的组成以及季节变化特征。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样点

在东江水系设置采样点(图1), 于2009年12月至2010年9月对该河流进行了3次浮游藻类(枯水期、平水期、丰水期)采集。同时根据河流区段划分了7个河段: 上游干流、中游干流、下游干流、秋香江、西枝江、新丰江和增江支流。

#### 1.2 实验数据测定

浮游藻类采集及定性定量分析 25#浮游植物采集网采集定性样品在显微镜下鉴定, 将浮游藻

收稿日期: 2012-02-14; 修订日期: 2012-10-19

基金项目: 东江水专项09课题(2009ZX07211-009)资助

作者简介: 董静(1988—), 女, 河南焦作; 博士研究生; 主要从事藻类环境生物学研究。E-mail: happydj111@163.com

通信作者: 李根保, E-mail: ligb@ihb.ac.cn

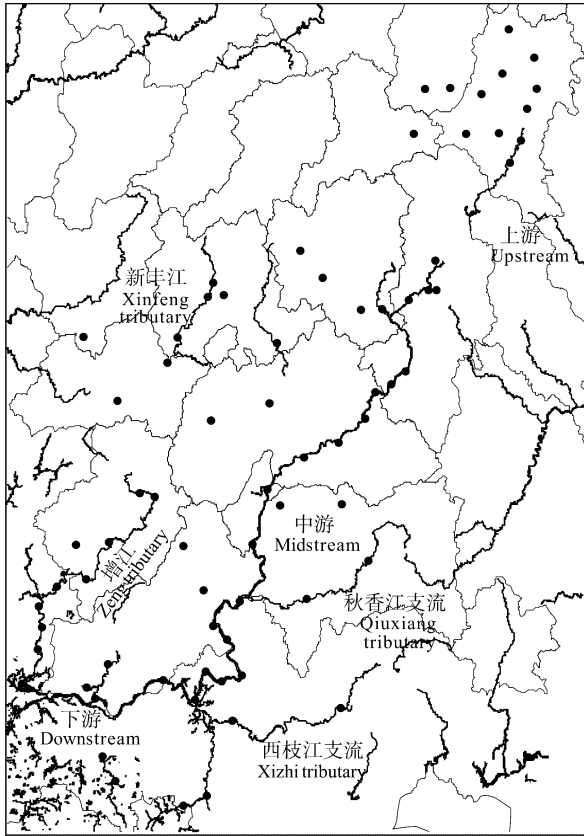


图1 采样点分布图

Fig. 1 Sampling sites in Dongjiang River

类鉴定到属种并依据 Reynolds, *et al.*和 Padisak, *et al.* [2, 3]进行功能群划分; 定量样品用采水器采集 1 L, 加 10 mL 鲁哥氏液固定, 按照藻类的多少, 将固定的水样浓缩到合适的体积, 取 0.1 mL 于计数框内在显微镜下计数。假定浮游植物细胞是随机分布的, 计数的误差为 $\pm 10\%$  [4]。

Chl. *a* 含量测定: 量取适量水样(视浮游植物多少适量增减取样量), 经 GF/C 微孔滤膜过滤。收集的浮游植物用 90% 的丙酮萃取, 萃取液经离心定容后, 用 1 cm 的比色皿在分光光度计上分别读取 630、645、663、750 nm 波长下的吸光度值, 并以 90% 的丙酮作空白吸光度的测定, 对样品吸光度进行校正。叶绿素 *a* 含量计算公式  $\text{Chl. } a \text{ } (\mu\text{g/L}) = [11.64 \times (A_{663} - A_{750}) - 2.16 \times (A_{645} - A_{750}) + (A_{630} - A_{750})] \times V_1 / V \times \delta$   
式中: *V*-水样体积(L); *A*-吸光

度;  $V_1$ -提取液定容后的体积(mL);  $\delta$ -比色皿光程(cm) [5]。

物理指标的测定 采用环境监测系统(YSI6600EDS, USA)测定水体中的溶解氧(DO)、pH、总的溶解性固体颗粒含量(TDS)和水温(WT)。

### 1.3 数据分析

拐点分析 拐点分析软件(Sequential Regime Shift Detection Software)用于自动检测一组数据平均值之间的明显飞跃以及数据的波动范围。选择能表征浮游植物生物量的 Chl. *a* 含量作为标准从小到大进行东江流域各河段状态排序, 然后用 change-point analyzer 2.3 进行分析。

典型性对应分析(CCA) 数据经  $\log(x+1)$  转化, 采用 Canoco for windows 4.5 软件进行分析。首先除趋势对应分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)得出属种的单峰响应值(梯度 *SD*),  $SD > 2$ , 即可进行 CCA 分析, 否则采用 RDA 分析。环境变量解释显著性由 Monte Carlo 测试来检验, *P* 值小于 0.05 即可进行此分析方法进行分析 [6, 7]。

## 2 结果

### 2.1 东江水系物理特性

水温(图 2)在丰水期的时候最高, 温度在 25—30°C 范围内波动; 枯水期及平水期时水温较低, 温度在 15—25°C 范围内波动。东江主要河段溶氧(图 3)在枯水期的时候最高, 其次为平水期, 再次为丰水期; 丰水期时, 支流的溶氧高于干流。全年 pH(图 4)在 6.5—8 波动, 丰水期时大部分河段偏碱性。TDS(图 5)在枯水期时最高, 其次为丰水期, 在丰水期时最低; 枯水期的 TDS 值在 0.05—0.3 波动, 平水期及丰水期 TDS 值在 0—0.05 波动。

### 2.2 浮游植物

叶绿素 *a* (Chl. *a*)含量 东江水系 Chl. *a* 含量

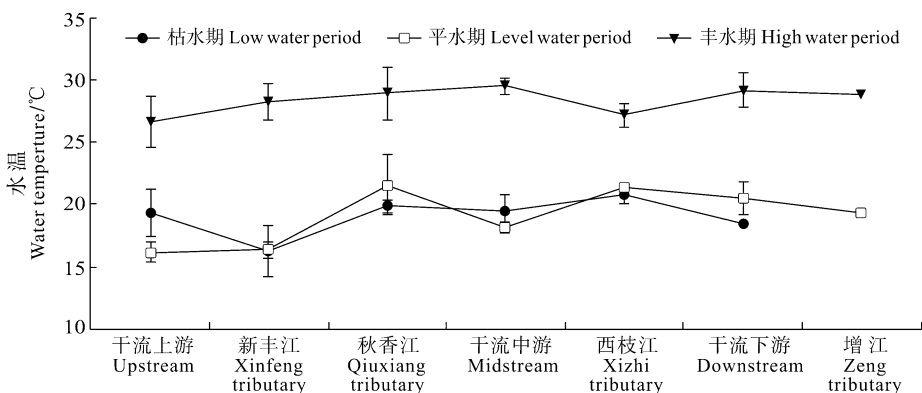


图2 东江主要河段水温季节变化

Fig. 2 Seasonal variations of water temperature in Dongjiang main reaches

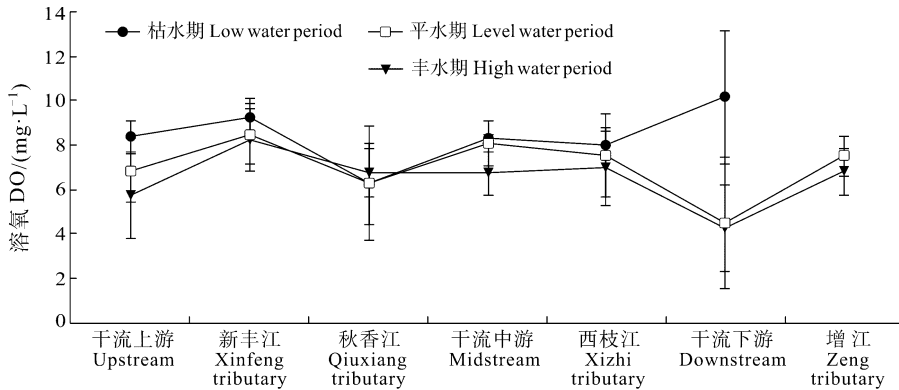


图3 东江主要河段溶氧季节变化

Fig. 3 Seasonal variations of dissolved oxygen content in Dongjiang main reaches

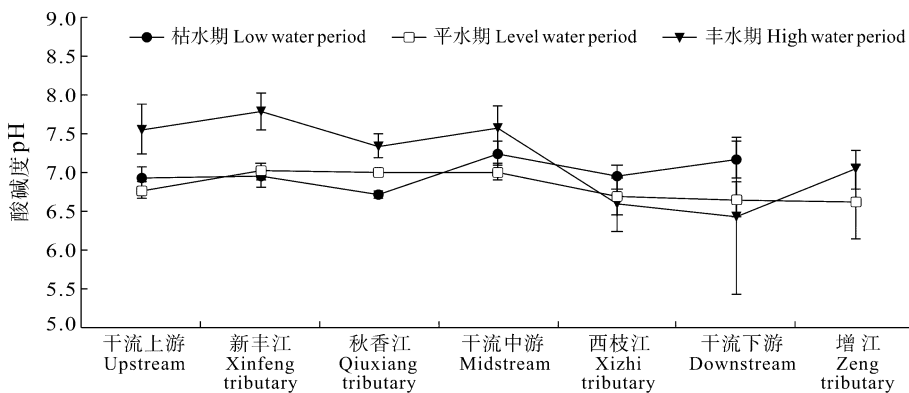


图4 东江主要河段 pH 季节变化

Fig. 4 Seasonal variations of pH in Dongjiang main reaches

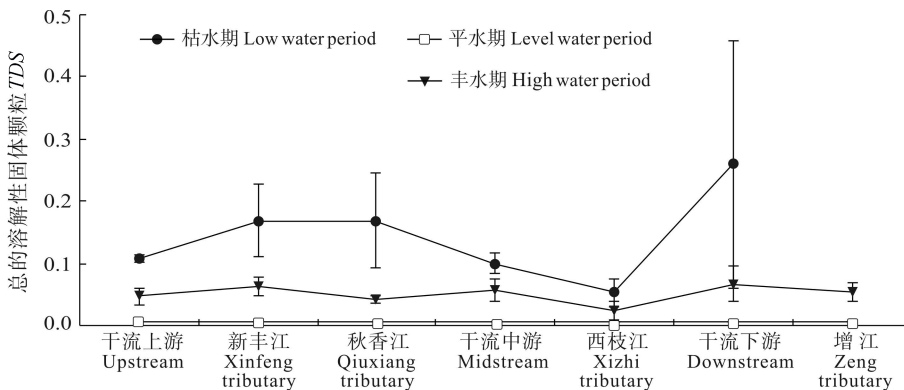


图5 东江 TDS(总的溶解性固体颗粒含量)季节变化

Fig. 5 Seasonal variations of TDS (total dissolved solids content) in Dongjiang main reaches

的 change-point analyzer 2.3 分析结果(图 6)显示: Chl. *a* 含量最高值出现在在丰水期下游干流、增江支流及平水期下游干流。日本吉村提出 Chl. *a* 含量  $< 4 \mu\text{g/L}$  时, 水体贫营养状态;  $4\text{--}10 \mu\text{g/L}$  时, 水体中营养状态。据此, 平水期下游干流及丰水期的增江支流, 下游干流处于中营养状态, 其他河段是贫营养状态。

浮游藻类鉴定及功能群组成 东江全年共鉴

定出浮游藻类 167 个属(种), 将在样品中出现频率  $> 10\%$  的物种归入 14 个功能群(表 1)。分别为 MP、C、D、N、P、X2、X1、F、J、H1、L<sub>0</sub>、M、W1 和 W2, 这些浮游藻类功能群均适合中至富营养的水体, 它们在东江水体中的广泛分布说明需要密切关注东江水体的富营养化。

限制浮游藻类生长的环境因子——营养盐(尤其是碳氮磷硅)、光照, 同样是影响浮游藻类功能群分布的环境因子<sup>[8]</sup>。相对于其他物种, 类群 C、N、P、H1 对碳缺乏的水体有更好的耐受性; 类群 C、P 不适合硅缺乏的水体; 强光照适合类群 H1、M 的生长及发展; 类群 X1 和 X2 在浮游动物大量生长的季节很难成为优势种。浮游藻类功能群密度  $> 10\%$  总细胞密度的类群作为优势功能群。在调查期间, 这样的功能群共有 11 个, 分别是 MP、D、P、X2、C、F、J、H1、L<sub>0</sub>、M 和 W2, 本研究中浮游藻类功能群的季节及时空变化特征在这 11 种功能群中展开。

浮游藻类功能群时空分布 图 7—图 9 显示的是枯水期、平水期、丰水期不同河段优势功能群的组

成情况。三个时期东江水系下游干流浮游藻类优势种相对稳定, 包含栅藻、十字藻、四角藻、盘星藻等的 J 功能群占绝对优势; 其他河段优势功能群季节变化趋势明显: 由枯水期 D(菱形藻)、P(直链藻)、X2(尖尾蓝隐藻)功能群向丰水期的 H1(束丝藻和鱼腥藻)、L<sub>0</sub>(平裂藻)等转变; 新丰江在三个时期都有营养盐(碳氮硅)缺乏耐受种占优势(功能群 P 和功能群 L<sub>0</sub>), 可能在此支流

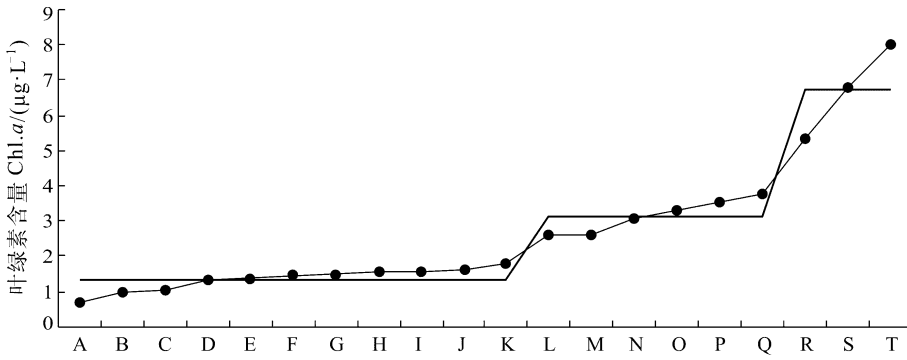


图 6 东江主要河段 Chl. a 含量拐点分析

Fig. 6 Inflection point analysis of phytoplankton biomass (Chl. a) in Dongjiang main reaches

碳氮硅是限制浮游藻类组成的重要环境因子。

### 2.3 影响浮游藻类功能群分布的相关物理因子

浮游藻类功能群理论描述的物种生境条件, 关注的是水体营养状态以及光照强弱, 而对水体的物理特性: 溶氧、水温、pH、TDS 没有描述。我们将以上因子与东江水系浮游藻类优势功能类群(藻

表 1 东江浮游藻类功能群组成  
Tab. 1 Functional group composition in Dongjiang basin

类群 Taxa	功能群 Functional groups	耐受性 Tolerance	敏感性 Sensitiveness	生境 Habitat
<i>Cymbella</i> 桥弯藻	MP	?	?	频繁地被搅动, 无机浑浊浅水湖泊
<i>Cocconeis</i> 卵形藻				
<i>Navicula</i> 舟形藻				
<i>Gomphonem</i> 异极藻				
<i>Eunotia</i> 短缝藻				
<i>Oscillatoria</i> 颤藻				
<i>Achnanthes</i> 曲壳藻				
<i>Surirella</i> 双菱藻				
<i>Cyclotella</i> 小环藻	C	光照、碳缺乏	硅耗尽及分层	富营养化的小型及中型湖泊
<i>Synedra</i> 针杆藻	D	冲击	营养耗尽	浅的浑浊的水体包括河流
<i>Nitzschia</i> 菱形藻				
<i>Staurastrum</i> 角星鼓藻	N	营养缺乏	分层及 pH 升高	中营养温跃层
<i>Cosmarium</i> 鼓藻				
<i>Tabellaria</i> 平板藻				
<i>Fragilaria</i> 脆杆藻	P	弱光及碳缺乏	分层及硅耗尽	富营养温跃层
<i>Melosira</i> 直链藻				
<i>Chroomonas acuta</i> 尖尾蓝隐藻	X2	分层	混合及滤食	浅水中至富营养水体
<i>Chlamydomonas</i> 衣藻				
<i>Pteromonas</i> 翼膜藻				
<i>Chlorella</i> 小球藻	X1	分层	营养缺乏及滤食	富营养及超营养水体
<i>Ankistrodesmus</i> 纤维藻				
<i>Schroederia</i> 弓形藻				
<i>Dictyosphaerium</i> 胶网藻	F	寡营养及高浊度	二氧化碳缺乏?	清洁、深层混合的中至富营养湖泊
<i>Kirchneriella</i> 蹄形藻				
<i>Oocystis</i> 卵囊藻				
<i>Crucigenia</i> 十字藻	J	?	置于弱光下	浅水的混合的 高度营养化的水体
<i>Tetraedron</i> 四角藻				
<i>Pediastrum</i> 盘星藻				
<i>Scenedesmus</i> 栅藻				
<i>Anabaena flos-aquae</i> 水华鱼腥藻	H1	寡氮、寡碳	混合、弱光、寡磷	富营养的分层及浅水湖泊
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> 水华束丝藻				
<i>Merismopedia</i> 平裂藻	L <sub>0</sub>	隔离营养	持续的或深层混合	深水或浅水、寡营养或富营养、中型至大型湖泊
<i>Chroococcus</i> 色球藻				
<i>Peridinium</i> 多甲藻				
<i>Microcystis</i> 微囊藻	M	高度隔离	冲击、弱的总光强	富至超营养, 小至中型湖泊
<i>Euglena</i> 裸藻	W1	高生物耗氧量	不稳定	池塘甚至是暂时性的富含牲畜及生活污水等有机质的水体
<i>Phacus</i> 扁裸藻				
<i>Trachelomonas</i> 囊裸藻	W2	?	?	

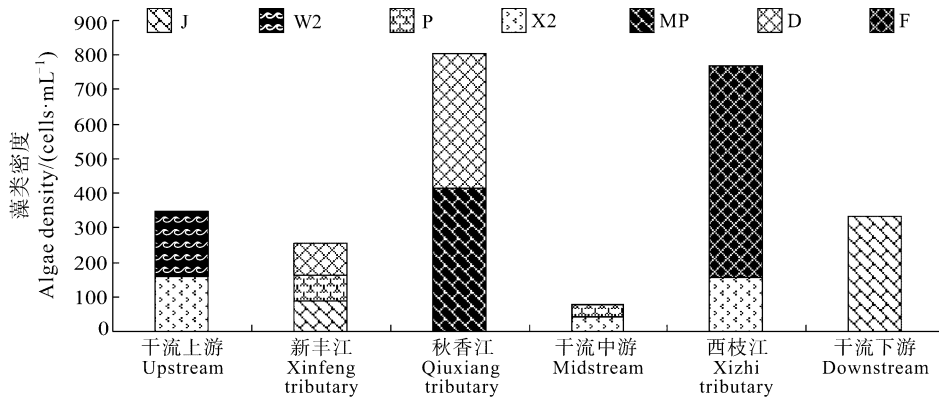


图7 枯水期浮游藻类优势功能群组成

Fig. 7 Dominant functional groups compositions of phytoplankton in dry season

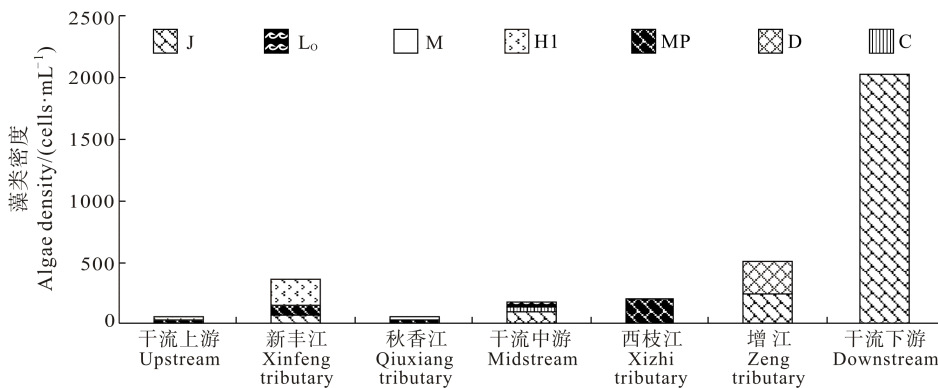


图8 平水期浮游藻类优势功能群组成

Fig. 8 Dominant functional groups compositions of phytoplankton in level period

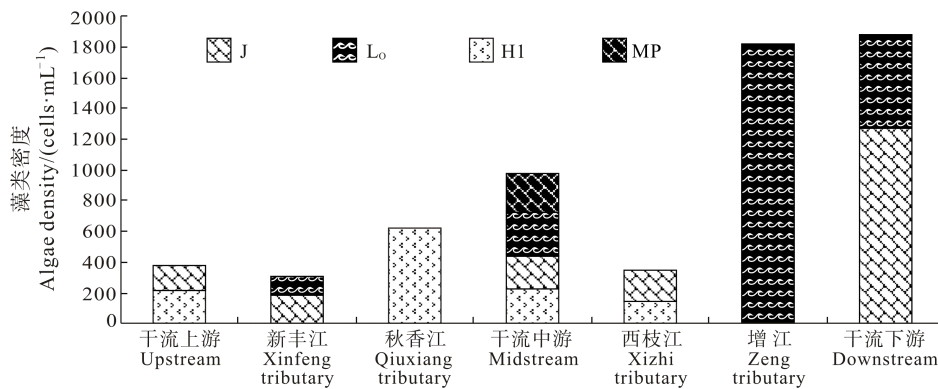


图9 丰水期浮游藻类优势功能群组成

Fig. 9 Dominant functional groups compositions of phytoplankton in wet season

类密度 > 10%) 进行相关性分析, 以阐明影响这些优势类群发生发展的物理因子。

DCA 分析结果显示  $SD = 4.052$ , 采用 CCA 进行物种及环境因子的相关性分析 ( $F = 3.181$ ,  $P = 0.0020$ ), 物种与环境变量 CCA 分析结果说明, 第一、二轴的特征值为 0.235 和 0.092, 共解释了物种累计方差值的 32.7% (图 10)。结果显示: 功能群 J、H1、

$L_0$  与水温正相关, 溶氧负相关, 这些功能群在水温最高、溶氧含量最低的丰水期占绝对优势(图 9); 功能群 MP、D、X2、C、P 与溶氧(DO)正相关, 水温(WT)负相关, 这些功能群在水温最低、溶氧含量最高的枯水期占优势(图 7); 功能群 D、MP、P 与 TDS 正相关, pH 负相关, 这些功能群在全年 TDS 含量最高、pH 最低的枯水期占优势(图 7); 功能群 H1、 $L_0$  与 TDS 负相关, pH 正相关, 这些功能群在全年 TDS 含量最低、pH 最高的丰水期占优势(图 9)。因此, DO、WT、pH、TDS 同样是驱动浮游藻类功能群季节动态变化的重要环境因子。

### 3 讨论

尽管河流生态系统与湖泊生态系统水文特性有很大的差异, 但是二者在浮游藻类类群组成上有很大的相似性。Reynolds<sup>[9]</sup>依据大量的温带湖泊生态系统中浮游藻类组成提出的功能群理论同样适合于河流生态系统, 浮游藻类优势功能群组成在河流生态系统中存在明显的时空变化特征。

东江水系枯水期优势功能群为 MP、D、P、X2、F、J 和 W2, 丰水期优势功能群转变为 MP、J、H1、 $L_0$ , 而在平水期优势功能群为 MP、D、J、H1、 $L_0$  和 M。由桥弯藻、舟形藻、异极藻、卵形藻、双菱藻等构成的功能群 MP 和栅藻、十字藻、盘星藻等构成的功能群 J 在三个时期都占优势地位。由尖尾蓝隐藻构成的功能群 X2 和直链

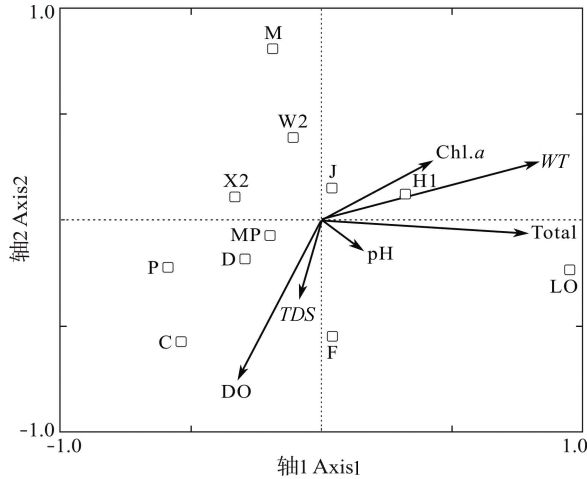


图 10 功能群与环境因子的 CCA 分析

Fig. 10 Functional groups-environment biplot CCA

藻等构成的功能群 P 在枯水期时占优势, 平水期和丰水期时, 随着水温的升高, 浮游藻类功能群季节动态明显, 以小细胞形态的水华束丝藻、鱼腥藻和平裂藻、微囊藻等构成的功能群 H1、L<sub>0</sub> 和 M 明显开始占优势。与河流浮游植物群落季节特征相一致, 春季以低温适应性的硅藻占优势, 随着水温的升高, 在夏季绿藻及蓝藻占优势<sup>[10, 11]</sup>。在已报道的滦河水库<sup>[12]</sup>、淀山湖<sup>[13]</sup>、富春江水库<sup>[14]</sup>及棘洪滩水库<sup>[15]</sup>浮游植物群落季节组成表明, 冬春季, 优势类群为隐藻、硅藻等, 而在夏季优势类群为蓝藻、绿藻等。

有研究报道, 隐藻喜欢生活在较冷的水体<sup>[16]</sup>, 但在 Santa Rosalia 池塘隐藻季节变化的研究中发现, 夏季仍可暴发隐藻水华, 说明该类群不受温度直接影响, 更多的是受捕食者的影响<sup>[17]</sup>。隐藻是浮游动物的适口饵料<sup>[17, 18]</sup>, 一般在浮游动物捕食压力相当大的情况下, 隐藻是难以成为优势种的。在 Reynolds 的功能群理论中, 尖尾蓝隐藻构成的 X2 功能群对滤食敏感, 水体中大量滤食浮游动物的存在不利于此类群的发生和发展<sup>[9]</sup>。本文虽没有对水体浮游动物进行调查, 但是这个类群仅在枯水期时占优势, 说明枯水期的水体捕食压力可能相对较小。

Parker, *et al.*<sup>[19]</sup>提出直链藻种群的减少是由于可得性硅的降低所引起的, Montecino, *et al.*<sup>[20]</sup>、Parker, *et al.*<sup>[19]</sup>、马徐发等<sup>[21]</sup>研究发现直链藻在夏季大大减少, 在我们的调查研究中, 同样发现, 由直链藻等构成的功能群 P 仅在枯水期占优势, 可能这个时期的水体中可利用硅含量有利于功能群 P 占优势。

任何藻类生长需要的环境因子——光照、营养(碳氮硅含量)、生物作用(捕食、寄生)都可能成为其生长发展的限制因子, 同样这些因子也是影响浮游藻类功能群分布的环境因子<sup>[7, 8, 22]</sup>。浮游藻类功能群理论将各个类群对水体营养和光照强度以及生物作用(主要是滤食)的耐受性、敏感性进行了描述, 而对水体的物理特性没有详细描述。本文通过 CCA 分析对影响浮游藻类功能群分布的物理因子进行了研究, 研究发现 DO、WT、pH、TDS 同样是驱动浮游藻类功能群季节动态变化的重要环境因子。

#### 参考文献:

- [1] Yang H, Zeng B, Sun X Y, *et al.* Effect of impoundment on community structure of the phytoplankton in the main stream of the Three Gorges Reservoir of Chongqing [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(4): 715—723 [杨浩, 曾波, 孙晓燕, 等. 蓄水对三峡库区重庆段长江干流浮游植物群落结构的影响. *水生生物学报*, 2012, **36**(4): 715—723]
- [2] Reynolds C S, Huszar V, Kruk C, *et al.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton [J]. *Journal of Plankton Research*, 2002, **24**: 417—428
- [3] Padišak J, Crossetti L O, Naselli-Flores L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates [J]. *Hydrobiologia*, 2009, **621**: 1—19
- [4] Venrick E L. How Many Cells to Count [M]? In: Sournia A (Eds.), *Phytoplankton Manual UNESCO*. 1978, 167—180
- [5] State Environmental Protection Bureau (SEPB). *Methods of Monitoring and Analysis for Water and Wastewater* (4<sup>th</sup> ed.) [M]. Beijing: China Environmental Science Press. 2002, 670 [国家环保总局. *水和废水监测分析方法* (第四版). 北京: 中国环境科学出版社. 2002, 670]
- [6] Dong X H, Yang X D, Wang R. Diatom indicative species of eutrophication of the lakes in the middle and lower reach regions of Yangtze River [J]. *China Environmental Science*, 2006, **26**(5): 570—574 [董旭辉, 羊向东, 王荣. 长江中下游地区湖泊富营养化的硅藻指示性属种. *中国环境科学*, 2006, **26**(5): 570—574]
- [7] Ter Braak C J F. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector method for multivariate direct gradient analysis [J]. *Ecology*, 1986, **67**(5): 1167—1179
- [8] Xiao L J, Wang T, Hu R, *et al.* Succession of phytoplankton functional groups regulated by monsoonal hydrology in a large canyon-shaped reservoir [J]. *Water Research*, 2011, **45**: 5099—5109
- [9] Reynolds C S. Phytoplankton assemblages in reservoirs [A]. In: Tundisi J G, M Straškraba (Eds.), *Theoretical Reservoir Ecology and Its Applications* [C]. International Institute of



- Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backuys Publishers, Sao Carlos. 1999, 439—456
- [10] Li Z, Jiang Z F, Huo T B, *et al.* Study on phytoplankton population structure in the middle branch of Heilongjiang River in spring and summer [J]. *Chinese Journal Fisheries*, 2010, **23**(4): 47—50 [李喆, 姜作发, 霍堂斌, 等. 黑龙江中游春、夏季浮游植物种群结构的初步研究. 水产学杂志, 2010, **23**(4): 47—50]
- [11] Dai G Y, Li J, Li L, *et al.* The spatio-temporal pattern of phytoplankton in the north basin of Lake Dianchi and related environmental factors [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(5): 946—956 [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. 水生生物学报, 2012, **36**(5): 946—956]
- [12] Zhou X S, Lin C, Luo Y. Temporal and spatial variability analysis of phytoplankton at the Luanhe River Reservoir system in North China [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, **29**(10): 1884—1891 [周绪申, 林超, 罗阳. 滦河水库系统浮游植物时空变化特征研究. 农业环境科学学报, 2010, **29**(10): 1884—1891]
- [13] Wang L Q, Shi R, Ji G H, *et al.* Phytoplankton community structure and its succession in Dianshan Lake [J]. *Biodiversity Science*, 2011, **19**(1): 48—56 [王丽卿, 施荣, 季高华, 等. 淀山湖浮游植物群落特征及其演替规律. 生物多样性, 2011, **19**(1): 48—56]
- [14] Sheng H Y, Yu Z M, Han Y C, *et al.* Phytoplankton community and its relationship with environmental factors of a large riverine reservoir, Fuchunjiang Reservoir in subtropical China [J]. *Journal of Lake Science*, 2010, **22**(2): 235—243 [盛海燕, 虞左明, 韩轶才, 等. 亚热带大型水库河流型水库——富春江水库浮游植物群落及其环境因子的关系. 湖泊科学, 2010, **22**(2): 235—243]
- [15] Zhao X F, Yu J, Ge J H, *et al.* Study on the phytoplankton and water quality of Jihongtan reservoir in Qingdao [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, **29**(6): 639—644 [赵先富, 于军, 葛建华, 等. 青岛棘洪滩水库浮游藻类状况及水质评价. 水生生物学报, 2005, **29**(6): 639—644]
- [16] Barlow S B, Kugrens P. Cryptomonads from the Salton Sea, California [J]. *Hydrobiologia*, 2002, **473**: 129—137
- [17] Barone R, Naselli-Flores L. Distribution and seasonal dynamics of Cryptomonads in Sicilian water bodies [J]. *Hydrobiologia*, 2003, **502**: 325—329
- [18] Reynolds C S, Thompson J M, Ferguson A J, *et al.* Loss processes in the population dynamics of phytoplankton maintained in closed systems [J]. *Journal of Plankton Research*, 1982, **4**: 561—600
- [19] Parker J J, Conway H L, Yaguchi E M. Seasonal periodicity of diatoms and silicon limitation in offshore lake Michigan, 1975 [J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1977, **34**: 552—558
- [20] Montecino V, Cabrera S. Phytoplankton activity and standing crop in an impoundment of central Chile [J]. *Journal of Plankton Research*, 1982, **4**(4): 943—950
- [21] Ma X F, Xiong B X, Wang Y D. Phytoplankton community structure and standing crop in Daoguan River reservoir [J]. *Freshwater Fisheries*, 2004, **34**(4): 11—14 [马徐发, 熊邦喜, 王银东. 道观河水库浮游植物的群落结构和现存量. 淡水渔业, 2004, **34**(4): 11—14]
- [22] Kagami M, Bruin A, Ibelings B W, *et al.* Parasitic chytrids: their effects on phytoplankton communities and food-web dynamics [J]. *Hydrobiologia*, 2007, **578**: 113—129

## SEASONAL DYNAMICS CHARACTERISTICS AND AFFECTING PHYSICAL FACTORS OF PHYTOPLANKTON FUNCTIONAL GROUPS IN DONGJIANG RIVER

DONG Jing<sup>1,2</sup>, LI Yan-Hui<sup>1,2</sup>, LI Gen-Bao<sup>1</sup>, LI Yao-Di<sup>3</sup>, LIU Yong-Ding<sup>1</sup> and SONG Li-Rong<sup>1</sup>

(1. *Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;*

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;* 3. *Xiaogan Bureau of Aquatic Products, Xiaogan 432100, China*)

**Abstract:** Dongjiang River lies in the subtropical monsoon climate region of the southern China. From December 2009 to September 2010, composition and seasonal succession of phytoplankton functional groups in the river were investigated during low, level and high water period, respectively. Altogether 14 functional groups (functional groups J, X2, P, W2, H1, MP, D, F, C, L<sub>O</sub>, W1, N, X1 and M) were identified and the predominant groups in the succession were groups J, X2, P, W2, H1, MP, D, F, C, L<sub>O</sub> and M. Functional groups composition in Dongjiang River demonstrated obviously seasonal dynamics. In low water period, the predominant functional groups were MP, D, P, X2, F, J and W2; however, the prevailing groups shifted to functional groups MP, J, L<sub>O</sub> and H1 in high water period. The succession of phytoplankton functional groups was also significantly correlated with physical factors—water temperature (WT), pH, dissolved oxygen (DO) and total dissolved solids content (TDS). This study indicated that the functional groups concept was also useful and applicable in demonstrating phytoplankton composition of river ecosystem.

**Key words:** Dongjiang River; Phytoplankton; Functional groups; Seasonal dynamics; Physical factors