

花溪十里河滩湿地丰水期浮游植物的群落结构特征

杨鸿雁¹, 罗绪强¹, 陈 椽², 廖昕荣¹, 杨 帆³

(1. 贵州师范学院地理与旅游学院, 贵阳 550018; 2. 贵州师范大学生命科学院, 贵阳 550001;
3. 贵州省广播电影电视局五〇一台, 贵阳 550004)

摘要:为了解贵州花溪十里河滩丰水期浮游植物的群落结构特征和水质现状,于2013年丰水期对5个样点进行了采样,并根据浮游植物的组成、数量分布及群落指数,对水体营养及污染状况进行评价。结果表明,该研究区有浮游植物7门、10纲、17目、25科、38属、78种(包括11个变种);其中,硅藻门最多,有45种,占浮游植物种类的57.70%;绿藻次之,有19种,占24.36%;蓝藻门8种,占10.26%。浮游植物平均密度为 51.82×10^4 个/L。花溪十里河滩丰水期水质属于贫-中营养型。

关键词:浮游植物;群落结构;丰水期;花溪十里河滩

中图分类号:Q948.15 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2014)02-0063-05

城市湿地在维持生物多样性、促进区域生态与环境建设、保障城市的持续健康发展以及人与自然和谐共存等方面具有不可替代的作用(郑邦友等, 2013)。花溪十里河滩湿地位于贵州省贵阳市,是我国西南地区唯一的国家级城市湿地——花溪城市湿地公园的主要组成部分,也是贵阳市宝贵的生态资源、旅游资源和城市资源,具有环境功能、休闲功能和城市功能,同时还是贵阳市母亲河——南明河的上游河流,拥有众多的珍稀动植物种类。十里河滩湿地位于花溪河流域的中段,全长2.19 km,上至牛角岛(E106°40'28.2"; N26°26'20.9"),下至董家堰(E106°40'23.4"; N26°27'45.1"),总面积2.622 km²;河流水面宽20~45 m,河道水深2.5~3.5 m,非跌水段流速0.5 m/s;平均海拔1 140 m,年均气温14.9℃,是长江水系清水江与珠江的源头(梁叶等, 2012; 王丽丽, 2012)。

自2009年花溪十里河滩批准为国家城市湿地公园以来,2011年9月正式免费开放,随之迅速成为市民和游客休闲娱乐的首选,然而庞大的人流量对该湿地的生物多样性及生态环境造成了一定的影

响。浮游植物作为水体中最基本的初级生产者,在维系水生态系统平衡方面担当重要的角色,其物种组成、生物密度、空间分布格局以及群落指数等指标易受环境因素的影响,其群落结构特征在不同营养水平的环境中各异,并能较好地综合反映水域生态环境状况,因此被广泛用于监测和评价人为活动干扰对水生态系统所造成的影响,是水环境演变的表征之一,利用浮游植物来评价和监测水质日益受到重视。本文在对该区域浮游植物群落特征调查的基础上,试图利用其群落数据指标进行水质监测,旨在对该区域湿地生态环境进行有效的管理和保护,并为其资源的可持续利用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 样点设置

本次调查在花溪十里河滩湿地区域内设置5个采样点,分别为牛角岛、花圃、水乡、月潭和董家堰,浮游植物采样点分布见图1。

1.2 样品采集与处理

贵阳市周边河流的丰水期一般在6-10月,依据中国天气网的气象动态报道,2013年4-9月为汛期。丰水期一般在雨季或春季气温持续升高的时期,此时河中水量丰富,延续时间长,因此样品采集工作在2013年9月(丰水期)进行。采样时用25号浮游植物网在水下0.5 m处以20~30 cm/s的速度作“∞”字形拖动2~3 min,将滤取的样本放入标本瓶中,加入固定液进行保存(章宗涉和黄祥飞, 1991);用采水器采集水样1 L,同时加入鲁哥氏液固定,静止沉淀24 h,吸去上清液,将剩余水样浓缩

收稿日期:2014-01-02

基金项目:国家自然科学基金项目-喀斯特植物磷、钙胁迫的生态适应性调控机制研究(项目批准号:31100187);贵州省省长基金项目-典型喀斯特植被退化群落主要优势植物养分化学计量学研究(黔省专合字[2012]80号);贵州师范学院项目-花溪十里河滩国家湿地公园浮游植物时空分异特征研究(项目批准号:GZSF201116)。

作者简介:杨鸿雁,1981年生,女,硕士,讲师,研究方向为藻类生物学。E-mail:flyerlouren@163.com

至 30 mL 作定量计数,根据浓缩倍数计算浮游植物密度。

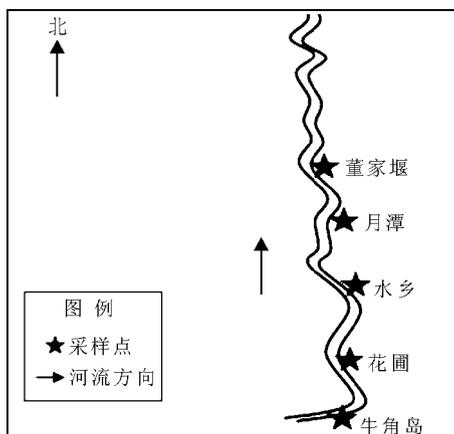


图1 花溪十里河滩浮游植物采样点分布

Fig. 1 Distribution of sampling sites in Huaxi Ten-li Beach

1.3 物种鉴定与计数

定性样品在 10×40 倍显微镜下进行初步观察和鉴定。对于硅藻标本,在酸处理后再制作微物片进行观察和鉴定,种类鉴定主要依据《中国淡水藻类》(胡鸿钧和魏印心,2006)。

定量样品使用计数框行格法确定水样中浮游植物的个数,计算出浮游植物密度。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 $\pm 15\%$ 以上,则进行第 3 片计数,取其中个数相近 2 片的平均值,最后换算成每升水样中藻类的细胞个数(孟顺龙等,2009)。

1.4 群落指数

群落指数包括 Margalef 物种丰富度指数(d)、Shannon-Weiner 多样性指数(H')、Pielou 均匀度指数(J)和优势度(Y)(杨鸿雁等,2009;马永红等,2012;吴建新等,2013),计算公式如下:

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

$$H' = - \sum_{i=1}^S (n_i / N) \ln (n_i / N)$$

$$J = H' / \log_2 S$$

$$Y = (n_i / N) \cdot f_i$$

式中: S 为浮游植物种类数; n_i 为第 i 种浮游植物的个体数; N 为浮游植物的总个体数; f_i 为该种在各样点出现的频率。

1.5 水质评价标准

浮游植物群落指数表示其群落数量与种类之间的关系,常被用作评价水质的重要指标之一(吴建新等,2013);其指数值与对应的水质评价标准见表 1(杨鸿雁等,2009;马永红等,2012)。

表 1 多样性指数与水质评价标准

Tab. 1 Diversity indexes of water quality assessment standard

d	H'	J	水质评价
>5	-	-	清洁
$3 \sim 4$	>3.0	>0.5	寡污染
$2 \sim 3$	$2.0 \sim 3.0$	$0.4 \sim 0.5$	β -中污染
$1 \sim 2$	$1.0 \sim 2.0$	$0.3 \sim 0.4$	α -中污型
$0 \sim 1$	$0 \sim 1.0$	$0 \sim 0.3$	多污染

2 结果与分析

2.1 种类组成

本次调查共检出浮游植物 78 种(包括 11 个变种),隶属于 7 门、10 纲、17 目、25 科、38 属;其中,硅藻门 45 种,占总数的 57.70%;绿藻门 19 种,占 24.36%;蓝藻门 8 种,占 10.26%;金藻门和甲藻门各 2 种,分别占 2.56%;裸藻门和黄藻门各 1 种,分别占 1.28%。浮游植物种类组成以硅藻为主,其次为绿藻和蓝藻;其中,硅藻门以尖针杆藻(*Synedra acus*)和钝脆杆藻(*Fragilaria capucina*)为主,绿藻门以栅藻(*Scenedsmus*)为主。尖针杆藻对污染敏感,是清洁带指示种(刘俊琢和张成君,2009),钝脆杆藻是 β -中污带和寡污带指示种(日本生态学会,1987),栅藻则多为中污带指示种类,综合判断研究区属贫-中营养型水体。

5 个采样点中,种类最多的为董家堰,依次为月潭、牛角岛、水乡和花圃,分别为 37、32、20、18 及 12 种(表 2)。除牛角岛外,从上游至下游浮游植物种类数逐渐增加,硅藻门和绿藻门的种类数也相应增加;不同采样点浮游植物种类组成存在明显差异,主要表现在常被认为是污染指示种的甲藻仅在牛角岛和花圃检测到,且种类数沿河流方向逐渐减少;另一个污染指示种类裸藻(*Euglena*)则只在牛角岛检测到。导致此结果的原因可能是由于牛角岛位于花溪区的中心地段,加之牛角岛上游水域贯穿整个花溪

表 2 花溪十里河滩湿地浮游植物种类

Tab. 2 Phytoplankton composition in wetland of Huaxi Ten-li Beach

浮游植物	董家堰	月潭	水乡	花圃	牛角岛
硅藻门	24	22	10	5	8
绿藻门	8	7	4	3	5
蓝藻门	4	2	2	1	2
金藻门	1	1	1	1	1
甲藻门	0	0	0	1	2
裸藻门	0	0	0	0	1
黄藻门	0	0	1	1	1
合计	37	32	18	12	20

公园国家4A级景区,每天的客流量很大,受到了人类活动过度的影响。

2.2 浮游植物密度

浮游植物细胞密度如表3所示。花溪十里河滩丰水期浮游植物平均密度为 51.82×10^4 个/L;其中,硅藻占总数的26.53%,绿藻门占8.02%,蓝藻门占50.47%,金藻门占7.90%,黄藻门占5.78%,裸藻门占0.59%,甲藻门占0.71%。浮游植物密度由高到低依次为:牛角岛 > 水乡 > 花圃 > 月潭 > 董家堰。以董家堰最低(16.16×10^4 个/L),牛角岛最高(79.15×10^4 个/L),表明浮游植物细胞密度在空间分布上具有一定的差异;而这种差异性具体表现在除花圃外,细胞密度沿河流方向逐渐减少。总体上看,人流量较大的上游牛角岛、花圃和水乡,其浮游植物细胞密度相对较高;此结果说明人类活动频繁程度与水环境受污程度基本成正比,但水体具有一定的自净能力,且该研究区水体自净功能并未丧失。

浮游植物密度也是反映水体营养类型的重要指标之一。按湖泊营养评价标准:藻类细胞数量小于 1×10^6 个/L,水体为贫营养; $(1 \sim 9) \times 10^6$ 个/L 为贫-中营养型; $(10 \sim 40) \times 10^6$ 个/L 为中营养型(陈春浩等,2013)。结合表3所示,各样点的浮游植物细胞数量均小于 1.0×10^6 个/L,由此可见花溪十里河滩丰水期水体为贫营养型。

表3 各样点浮游植物细胞密度 $\times 10^4$ 个/L

Tab.3 Cell density of phytoplankton in each sampling site

采样点	蓝藻门	硅藻门	裸藻门	绿藻门	金藻门	黄藻门	甲藻门	总计
董家堰	1.53	9.47	0	3.36	1.83	0	0	16.16
月潭	5.81	13.14	0	3.97	0.92	0	0	23.84
水乡	49.81	14.97	0	2.75	8.25	0	0	75.78
花圃	30.87	17.72	0.92	4.28	9.47	0	0.92	64.18
牛角岛	42.78	13.45	0.61	6.42	0	14.97	0.92	79.15

2.3 浮游植物的空间分布

从浮游植物各门类细胞密度的空间分布格局来看(图2),花溪十里河滩湿地丰水期董家堰和月潭以硅藻占优势,而水乡、花圃和牛角岛则以蓝藻占优势。除水乡外,从上游(牛角岛)至下游(董家堰)蓝藻细胞密度逐渐降低,然而硅藻细胞密度则逐渐升高。原因可能是花溪十里河滩的游客大多集中在牛角岛、花圃和水乡,受人为干扰程度较其它2个采样点大,加上水体在流动过程中通过自净和人工干预的生物净化过程,导致浮游植物各门类细胞密度在空间分布上呈现这样的格局。

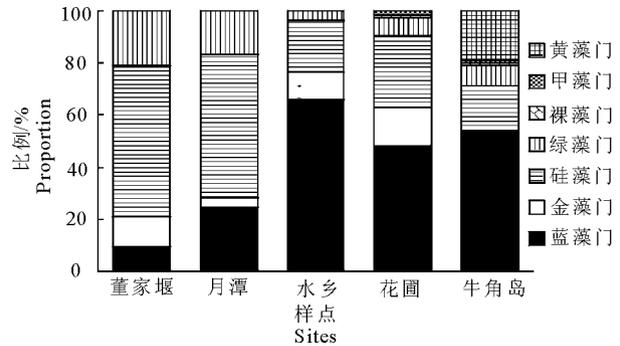


图2 丰水期浮游植物密度的空间分布比例

Fig.2 Spatial distribution proportion of phytoplankton density in wet season

2.4 浮游植物群落指数

依据表1的多样性指数与水质评价标准,研究区浮游植物 Margalef 物种丰富度指数(d)平均值为1.7834, Shannon-Weiner 指数(H')平均值为1.1402, Pielou 均匀度指数(J)平均值为0.8794(表4);表明研究区属贫-中污染型水体,但由于均匀度指数值较高,说明此水生态系统稳定(郭术津等,2013)。从各采样点看,除董家堰外,其余样点的物种丰富度指数较低;而全部样点的多样性指数均较低,但均匀度指数较高。

2.5 水体营养状态与浮游植物优势种

由于不同营养状态水域中所生存的浮游植物种

表4 丰水期浮游植物群落指数与水质评价

Tab.4 Results of phytoplankton community index and water quality assessment in wet season of phytoplankton

项目	董家堰	月潭	水乡	花圃	牛角岛	平均值
d	3.0109	2.5037	1.2557	0.7478	1.3989	1.7834
水质评价	寡污型	β -中污染型	α -中污型	多污型	α -中污型	α -中污型
H'	1.1128	1.0964	0.9582	1.2921	1.2416	1.1402
水质评价	α -中污型	α -中污型	多污型	α -中污型	α -中污型	α -中污型
J	0.7096	0.7285	0.7637	1.2407	0.9543	0.8794
水质评价	寡污型	寡污型	寡污型	寡污型	寡污型	寡污型

类差异较大,一般可以将浮游植物的优势种作为水体营养状态评价的一个综合分析指标,其检测水质的应用范围较广(郑邦友等,2013)。本次研究结果显示,群聚椎囊藻(*Dinobryon sociale*)、梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)、尖针杆藻(*Synedra acus*)、钝脆杆藻(*Fragilaria capucina*)优势度分别为0.0790、0.0755、0.0590、0.0507;按照优势度 $Y > 0.02$ 为浮游植物优势种类的标准(吴建新等,2013),上述4种藻类为研究区的优势种类。通过水体营养状态与浮游植物优势种关系评价标准(表5),研究区4个优势度最高的种类中,有3类藻为贫营养性水体的指示种,说明该研究区属贫-中营养型水体。

表5 水体营养状态与浮游植物优势种的关系

Tab.5 Relationship between water quality status and dominant phyla of phytoplankton

营养状态	优势门类
贫营养	金藻门
贫-中营养	隐藻门
中营养	甲藻门
中-富营养	硅藻门
富营养	硅-绿金藻门
极富营养	蓝-绿藻门

3 讨论

3.1 种类组成与空间分布

花溪十里河滩在向游人开放前浮游植物以硅藻占优势,占总种数的50.3%;绿藻次之,占30.1%,蓝藻占12.6%(梁叶等,2012)。生态公园开放后,浮游植物以硅藻占优势,占总种数的57.70%;绿藻次之,占24.36%;蓝藻占10.26%。开放前后浮游植物种类组成比例发生变化,开放后较开放前硅藻的比例上升,绿藻和蓝藻的比例下降,说明浮游植物的种群组成逐渐朝硅藻演替;其原因可能是在建设花溪十里河滩湿地公园时进行了河道清淤治理和改善了上游排污系统;同时通过在河流中人工培育水生植物,对水体进行生态净化,导致其种群结构发生了改变。

3.2 群落指数的变化

浮游植物优势种的数量及优势度的大小对其群落结构的稳定性有重要影响。优势种数量多且优势度小,则群落结构复杂稳定;反之,则群落结构相对简单且不稳定(柳丽华等,2007)。研究区有4个优势种,优势度在0.0507~0.0790,即研究区优势种的种类多且优势度小(陈家长等,2009),表明花溪十里河滩浮游植物群落结构比较复杂且稳定。

物种多样性是衡量一定区域内生物资源丰富程度的客观指标,也是衡量群落中物种组成稳定程度及其数量分布均匀程度和群落特征的重要指标;此外,均匀度也是反映群落结构特征的重要指标(陈立婧等,2012;王崇等,2013)。较为稳定的群落具有较高的多样性和均匀度(陈家长等,2009)。结合优势度,从浮游植物多样性指数和均匀度指数结果来看(表4),该湿地丰水期水质也属于贫-中营养型,浮游植物群落结构处于较为完整和稳定的状态;本研究结果与梁叶等(2012)监测得到为清洁水体的结果不同,且群落结构的完整性和稳定性有所下降,表现在物种丰富性指数、多样性指数和均匀度指数有所下降。造成此结果的原因可能是人类活动的影响和湿地公园内人工障碍物的修建,导致生境片段化造成的。人类活动导致生境遭到破坏是主要的原因,而人工障碍物隔离也是生境片段化的重要因素(李霖和李伟,2000)。

3.3 水生态环境变化的原因

自从2011年9月花溪十里河滩公园向游客免费开放以来,共接待游客接近300万人次,但景点摊点较多而集中、钓鱼等人类活动过多的干扰及人造景观、游客步道的建设等人工障碍物隔离了生境,导致生境片段化,使得物种多样性遭到破坏,造成水生生态系统的稳定性降低,从而对生态环境造成了一定的污染。由于污染致使水体中的一些浮游植物敏感种消失,多样性指数下降,群落结构趋于简单,稳定性低,水质变差(郭劲松等,2012)。在5个样点中,由于景观设计和交通便利等原因使得游客较多地集中在水乡和花圃这2个点。从种类组成、藻类细胞密度、多样性指数等方面均发现水乡和花圃的水质较其它3个样点要差,这也印证了人为的过多干扰会造成水生态环境的破坏。然而,由于本次调查仅一个时期,如需全面揭示造成该水体呈现的状态与环境因子的相关性及其湿地生态系统健康评价等问题,尚需更深入的研究。

综上所述,由于花溪十里河滩生态作用的重要性和特殊性,湿地建设和保护的基本理念要综合考虑资源的可持续性、整个区域的发展以及社会因素,才能充分发挥其生态环境功能、休闲功能和城市功能。首先,应定期监测湿地生态环境,尤其是对水文、水生植物、浮游生物的群落结构和水质理化指标等方面的监测;其次需依照相关的法律法规加强与完善管理机构的建设。

- 参考文献**
- 陈春浩,张俊芳,马沛明,等. 2013. 茜坑水库浮游植物时空分布及水质风险评价[J]. 水生态学杂志,33(2):32-37.
- 陈家长,孟顺龙,尤洋,等. 2009. 太湖五里湖浮游植物群落结构特征分析[J]. 生态环境学报,18(4):1358-1367.
- 陈立婧,景钰湘,吴艳芳,等. 2012. 人工滩涂湖泊滴水湖浮游藻类群落特征[J]. 生态学杂志,31(7):1771-1779.
- 郭劲松,谢丹,李哲,等. 2012. 三峡水库开县消落区水域冬季蓄水期间藻类群落结构与水质评价[J]. 环境科学,33(4):1129-1134.
- 郭术津,孙军,张辉,等. 2013. 2011年秋季北黄海浮游植物群落[J]. 天津科技大学学报,28(1):22-29.
- 胡鸿均,魏印心. 2006. 中国淡水藻类-系统、分类及生态[M]. 北京:科技出版社.
- 李霖,李伟. 2000. 生境片段化对生物多样性的影响[J]. 南京晓庄学院学报,16(4):32-34.
- 梁叶,陈椽,晏妮,等. 2012. 贵阳花溪河流域藻类植物调查及多样性评价[J]. 安徽农业科学,40(10):6079-6082.
- 刘俊琢,张成君. 2009. 硅藻指数在水环境监测与评价中的应用[J]. 环境监测管理与技术,21(5):12-16.
- 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.
- 马永红,曾燊,任丽萍,等. 2012. 嘉陵江四川段藻类植物群落结构及水质评价[J]. 应用生态学报,23(9):2573-2579.
- 孟顺龙,陈家长,范立民,等. 2009. 2007年太湖五里湖浮游植物生态学特征[J]. 湖泊科学,21(6):845-854.
- 日本生态学会环境问题专门委员会. 卢全章译. 1987. 环境和指示生物(水域分册)[M]. 北京:中国环境科学出版社.
- 王崇,憨雪莹,黄道明,等. 2013. 红水河龙滩水库浮游植物的群落结构特征[J]. 水生态学杂志,34(6):34-40.
- 王丽丽. 2012. 旅游征用土地对被征地农民的影响研究[J]. 怀化学院学报,34(4):19-20.
- 吴建新,李强,张晴. 2013. 吕泗大洋港浮游植物群落与环境因子关系[J]. 生态学杂志,32(2):396-400.
- 杨鸿雁,刘红敏,陈椽. 2009. 兴义马岭河春季浮游植物多样性调查[J]. 贵州科学,27(4):93-96.
- 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.
- 郑邦友,陈燃,蒋文华,等. 2013. 铜陵淡水豚国家级自然保护区浮游植物群落特征与水质评价[J]. 水生态学杂志,34(5):25-29.

(责任编辑 万月华)

Characteristics of Phytoplankton Community Structure in Wetland of Huaxi Ten-li Beach in Wet Season

YANG Hong-yan¹, LUO Xu-qiang¹, CHEN Chuan², LIAO Xin-rong¹, YANG Fan³

- (1. School of Geography and Tourism, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, P. R. China;
2. College of Life Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, P. R. China;
3. The 501 of Guizhou of Administration of Radio, Film and Television, Guiyang 550004, P. R. China)

Abstract: In order to reveal the phytoplankton community structure and assess the pollution status and water quality in wetland of Huaxi Ten-li Beach in wet season, phytoplankton were sampled at five sites in September of 2013. Species composition, quantitative distribution as well as community index of the phytoplankton were analyzed in this study. The results showed that seventy eight species (including 11 varieties) were observed, belonging to 38 genera, 25 families, 17 orders, 10 classes, and 7 divisions, which were dominated by Bacillariophyta (45 species), Chlorophyta (19 species) and Cyanophyta (8 species), accounting for 57.70%, 24.36% and 10.26% of the total phytoplankton species, respectively. The average density of phytoplankton was 51.82×10^4 cells/L. As a result, the water quality of Huaxi Ten-li Beach was in oligotrophic-mesotrophic status.

Key words: phytoplankton; community structure; wet season; Huaxi Ten-li Beach