

长潭水库浮游植物群落结构及其富营养化评价

潘鸿^a, 唐宇宏^b

(遵义医科大学 a.公共卫生学院, b.管理学院, 贵州 遵义 563000)

摘要:【目的】丰富广东水库浮游植物区系、群落演替以及水库水质管理等方面的研究资料。【方法】显微镜下对长潭水库2010—2011年期间采集的5个样点丰水期(7月)及枯水期(12月)样品中的浮游植物进行定性鉴定和定量计数;并计算浮游植物丰度、生物量、Mcnaughton优势度值、Shannon-Weaver多样性指数等;依据Mcnaughton优势度值判断群落中的优势种,依据Shannon-Weaver多样性指数值判断水体富营养化程度。【结果】长潭水库浮游植物共检出105种(含变种),分属7门9纲18目30科55属。其中狭细贾丝藻(*Jaaginema angustissimum*),断裂颤藻(*Oscillatoria fraga*),颗粒直链藻极狭变种(*Melosira granulata* var. *angustissima*),小球藻(*Chlorella vulgaris*)和针形纤维藻(*Ankistrodesmus acicularis*)为丰水期、枯水期均出现的优势种;细小隐球藻(*Aphanocapsa elachista*),细小平裂藻(*Merismopedia minima*),铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*),湖沼色球藻(*Chroococcus limneticus*)和水华束丝藻(*Aphanizomenon flos-aquae*)仅为丰水期出现的优势种;史氏棒胶藻(*Rhabdogloea smithii*),梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*),具尾蓝隐藻(*Chroomonas caudata*),卵形隐藻(*Cryptomonas ovata*),四足十字藻(*Crucigenia tetrapedia*)和网状空星藻(*Coelastrum reticulatum*)仅为枯水期出现的优势种。浮游植物丰度、生物量及Shannon-Weaver指数范围分别为 $3.16 \times 10^6 \sim 3.33 \times 10^7$ cell/L, $3.14 \sim 20.95$ mm³/L和0.50~2.50。【结论】长潭水库浮游植物种类组成为绿-硅-蓝藻型;优势种以蓝藻为主;水库处于中营养至富营养水平,且丰水期的富营养水平高于枯水期。

关键词:浮游植物;群落结构;富营养化;长潭水库

中图分类号: Q145

文献标识码: A

文章编号: 2095-7300(2021)02-0060-06

Phytoplankton Community Structure and Eutrophication Evaluation of Changtan Reservoir

PAN Hong^a, TANG Yuhong^b

(a. School of Public Health, b. School of Management, Zunyi Medical University, Zunyi 563000, China)

Abstract: 【Objective】 Enrich the research data of phytoplankton flora, community succession and water quality management in Guangdong reservoirs. 【Method】 The phytoplankton samples which were collected from five sampling sites of Changtan reservoir in the wet (July) and dry period (December) from 2010 to 2011 were identified qualitatively and counted quantitatively under microscope. The

收稿日期: 2020-06-01

作者简介: 潘鸿, 博士, 副教授, 研究方向: 藻类学, 水域生态学, 环境卫生学, E-mail: ph-tian999@163.com

引文格式: 潘鸿, 唐宇宏. 长潭水库浮游植物群落结构及其富营养化评价[J]. 湖南生态科学学报, 2021, 8(2): 60-65. PAN H, TANG Y H. Phytoplankton community structure and eutrophication evaluation of Changtan reservoir[J]. Journal of Hunan Ecological Science, 2021, 8(2): 60-65.

abundance, biomass, McNaughton dominance (Y_i) and Shannon-Weaver diversity index (H) were calculated. Dominant species in the community and the eutrophication level of Changtan reservoir were judged by the value of Y_i and H , respectively. 【Result】 There were 105 species including subspecies of phytoplankton in Changtan reservoir, of which belong to 7 phyla, 9 classes, 18 orders, 30 families and 55 genera. As dominant species, *Jaaginema angustissimum*, *Oscillatoria fraca*, *Melosira granulata* var. *angustissima*, *Chlorella vulgaris* and *Ankistrodesmus acicularis* appeared in wet and dry periods. However, *Aphanocapsa elachista*, *Merismopedia minima*, *Microcystis aeruginosa*, *Chroococcus limneticus* and *Aphanizomenon flos-aquae* as dominant species were appeared in wet period. *Rhabdogloea smithii*, *Cyclotella meneghiniana*, *Chroomonas caudata*, *Cryptomonas ovata*, *Crucigenia tetrapedia* and *Coelastrum reticulatum* as dominant species were appeared in dry period. The range of abundance, biomass and Shannon-Weaver index were $3.16 \times 10^6 \sim 3.33 \times 10^7$ cell/L, 3.14~20.95 mm³/L and 0.50~2.50, respectively. 【Conclusion】 The species composition of phytoplankton in Changtan reservoir was Chloro-Bacillario-Cyanophyta type, among which Cyanophyta was the dominant species. The eutrophication level of Changtan reservoir was from mesotrophic to eutrophic, and the eutrophic level in the wet period was higher than that in the dry period.

Keywords: phytoplankton; community structure; eutrophication; Changtan reservoir

长潭水库为位于闽、粤、赣3省交界地区的广东省梅州市蕉岭县境内,库尾与福建省武平县交接,为蕉岭县备用水源水库^[1],也是饮用水水源一级保护区^[2]。然而,近些年,水库污染严重,水质持续恶化,藻华频繁爆发^[1-3],导致水库使用功能减退。黄鹤等^[1]利用2011~2012年的数据分析了水库水生态环境健康状况,王超等^[2]利用2011年10月至2012年7月的数据分析了水库的富营养化水平及浮游植物分布特征,陈虹^[3]利用2011年至2014年的理化指标分析了水库的富营养化水平。

浮游植物是水生态环境的良好指示生物,其群落特征常作为水环境评价的重要指标^[4-6]。王超等^[2]基于属一级分类水平对长潭水库浮游植物群落进行研究,胡国成等^[7]在研究浮游生物群落时,多数浮游植物种类并未确定;而本研究则从种一级分类水平对其群落结构进行更深入的探讨,以期丰富广东省水库浮游植物区系、群落演替以及水质管理等方面的研究资料。

1 材料与方法

1.1 水库区域概况

广东省梅州市的长潭水库位于韩江流域石窟河中游(东经116°04'08"—116°08'01",北纬24°42'02"—

24°50'15"),为大(2)型水库。水库为典型的河道型水库,水流自北向南流,海拔从约190 m(库尾)降至160 m左右(大坝)。水库全长约22 km,宽约100~350 m,水深1~40 m,平均水深30 m;水库集水面积1990 km²,水域面积4.3 km²,总库容1.72×10⁸ m³;全年平均水温约24℃,多年平均流量为55.8 m³/s^[2,7,8]。

1.2 样点布设及采样时间

长潭水库为由北向南走向的狭长河道型水库,从最北端的库尾至最南端的大坝共布设5个采样点(表1);2010和2011年丰水期(7月)及枯水期(12月)对各采样点的浮游植物样品进行采集。

1.3 样品采集及处理

浮游植物样品采集、预处理、定性鉴定及计数方法与潘鸿等^[9]一致,其中定性样品由潘鸿在显微镜下观察形态特征,并结合文献[10-12]描述特征进行分类鉴定。细胞丰度(Abundance, cell/L)则参照章宗涉等^[13]研究方法计算;生物量以生物体积(Biomass, mm³/L)计,计算方法与潘鸿等^[9]一致。

1.4 优势度指数及多样性指数

浮游植物优势种判定方法(Mcnaughton优势度, Y_i)和标准与潘鸿等^[9]一致;多样性指数选择Shannon-Weaver指数(H),以属一级数据计算,其计算公式及富营养化评价标准参照文献[6]。

表1 长潭水库样点位置

Tab. 1 Sampling sites in Changtan reservoir

样点编号	样点名称	环境特征	地理坐标
S1	普滩圩	水位浅,流速快,属河区	116°04'16"E, 24°48'57"N
S2	西山渡	水位较浅,流速较快,属河区	116°05'12"E, 24°47'50"N
S3	白沙潭	水位较深,流速缓慢,属过渡区	116°06'53"E, 24°46'03"N
S4	澳洲山庄	水位深,流速几乎静止,属湖泊区	116°07'12"E, 24°43'07"N
S5	大坝	水位深,流速几乎静止,属过渡区	116°07'46"E, 24°42'18"N

表2 长潭水库浮游植物组成

Tab. 2 The composition of phytoplankton in Changtan reservoir

门类	纲	目	科	属	种
蓝藻门	1	3	7	10	19
金藻门	1	1	1	1	1
硅藻门	2	6	7	10	24
隐藻	1	1	1	2	3
甲藻门	1	1	3	3	5
裸藻门	1	1	1	3	6
绿藻门	2	5	10	26	47
合计	9	18	30	55	105

2 结果

2.1 种类组成及优势种

参照《中国淡水藻类:系统、分类及生态》^[10] 的分类系统,将室内初步检出的105种(含变种)浮游植物分别归属于7门9纲18目30科55属。其中,绿

藻、硅藻、蓝藻分别为47种、24种和19种,占总种数的44.76%, 22.86%和18.10%;其余各门均不足10种(表2)。

浮游植物优势种共16种,其中以蓝藻、绿藻、硅藻及隐藻分别为8种、4种、2种和2种;丰、枯水期分别有12种和9种,其中5种在丰、枯水期均能形成优势(表3)。

表3 长潭水库浮游植物优势种

Tab. 3 The dominant species of phytoplankton in Changtan reservoir

优势种	拉丁名	丰水期	枯水期
史氏棒胶藻	<i>Rhabdogloea smithii</i> (R. et F. Choda) Komarek		+
细小隐球藻	<i>Aphanocapsa elachista</i> W. et. G. S. West	+	
细小平裂藻	<i>Merismopedia minima</i> G. Beck	+	
铜绿微囊藻	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing	+	
湖沼色球藻	<i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.	+	
狭细贾丝藻	<i>Jaaginema angustissimum</i> (W. et G. S. West) Anag. et Kom	+	+
断裂颤藻	<i>Oscillatoria fraca</i> Carlson	+	+
水华束丝藻	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs.	+	
颗粒直链藻极狭变种	<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i> O. Müller	+	+
梅尼小环藻	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		+
具尾蓝隐藻	<i>Chroomonas caudata</i> Geitler		+

续表

优势种	拉丁名	丰水期	枯水期
卵形隐藻	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehr.		+
小球藻	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	+	+
针形纤维藻	<i>Ankistrodesmus acicularis</i> (A. Braun) Korschikoff	+	+
四足十字藻	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchm.) West & West		+
网状空星藻	<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn		+

2.2 丰度及生物量

浮游植物丰度均值范围在 $3.16 \times 10^6 \sim 3.33 \times 10^7$ cell/L 之间, 沿水流方向 [普滩圩 (S1)、西山渡 (S2)、白沙潭 (S3)、澳洲山庄 (S4)、大坝 (S5)] 呈上升趋势 (图 1, 左); 其丰、枯水期均值范围分别为

$1.59 \times 10^7 \sim 3.33 \times 10^7$ cell/L 和 $1.60 \times 10^7 \sim 2.39 \times 10^7$ cell/L。浮游植物生物量均值范围在 $3.14 \sim 20.95$ mm³/L 之间, 沿水流方向呈波浪式起伏 (图 1, 右), 其丰、枯水期均值范围分别为 $3.30 \sim 11.88$ mm³/L 和 $3.13 \sim 20.95$ mm³/L。

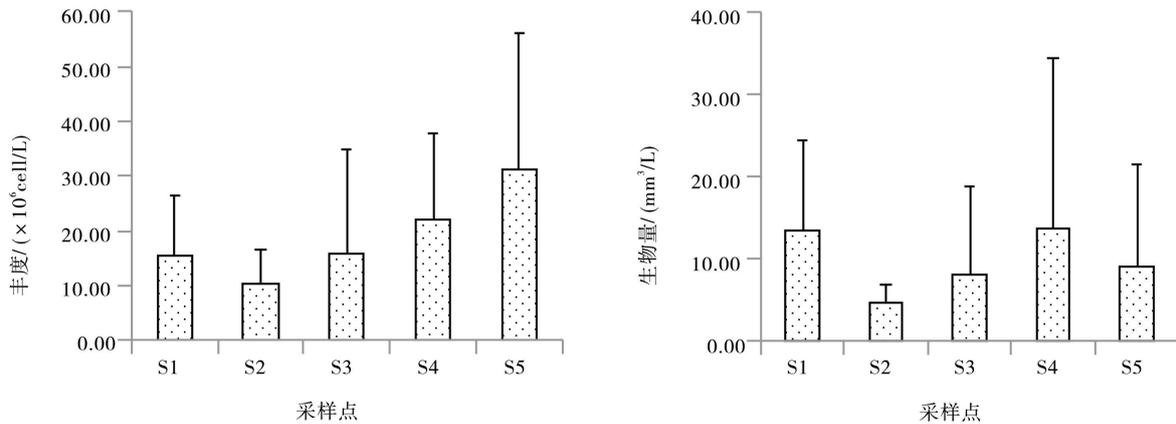


图 1 浮游植物丰度 (左) 和生物量 (右) 的空间分布

Fig. 1 Spatial variation of phytoplankton abundance (left) and biomass (right) in Changtan reservoir

丰水期蓝藻丰度所占比例最高, 绿藻次之; 沿水流方向, 蓝藻比例呈上升趋势, 而绿藻则呈降低趋势。枯水期以绿藻和硅藻丰度所占比例较高, 上游 [普滩圩 (S1) 和西山渡 (S2)] 硅藻比例高于中下游 [白沙潭 (S3)、澳洲山庄 (S4) 和大坝

(S5)]; 下游 [澳洲山庄 (S4) 和大坝 (S5)] 绿藻比例高于中上游 [普滩圩 (S1)、西山渡 (S2) 和白沙潭 (S3)] (图 2, 左)。丰水期生物量除大坝 (S5) 样点以蓝藻居多而外, 其余各采样点均以绿藻居多; 枯水期以绿藻、硅藻和其他藻类为主 (图 2, 右)。

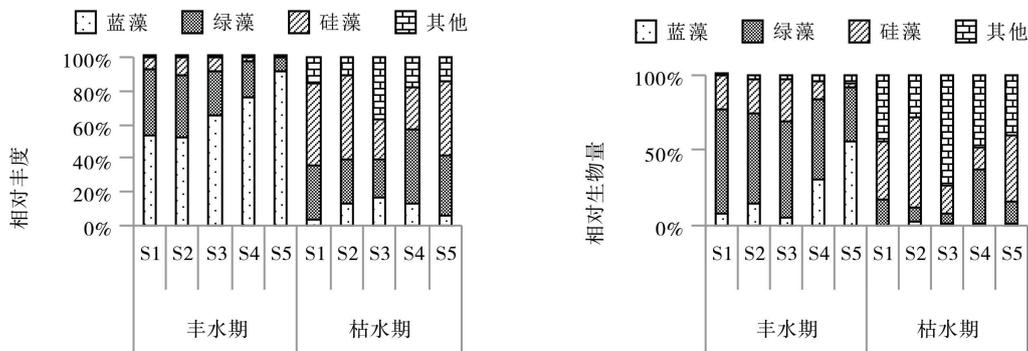


图 2 长潭水库浮游植物丰度 (左) 和生物量 (右) 组成

Fig. 2 Composition of phytoplankton abundance (left) and biomass (right) in Changtan reservoir

2.3 Shannon-Weaver指数及富营养化评价

Shannon-Weaver指数在0.50~2.50之间,表明水库富营养状态在中营养至超富营养之间;丰水期的范围在1.00~2.00之间,表明水库为富营养水平,且

上游[普滩圩(S1)和西山渡(S2)]高于中下游[白沙潭(S3)、澳洲山庄(S4)和大坝(S5)];而枯水期范围在1.50~2.50之间,为中营养至富营养水平之间,且下游高于上游(图3)。

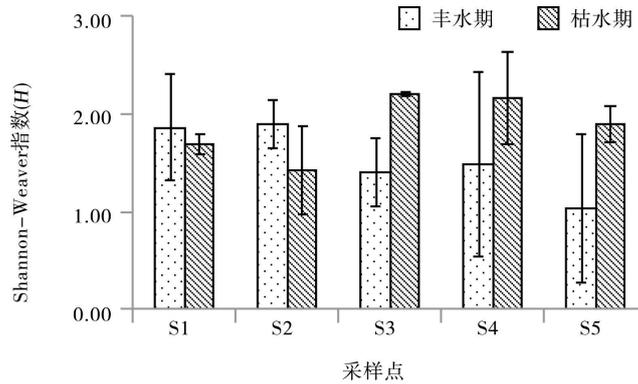


图3 长潭水库浮游植物的Shannon-Weaver指数(H)

Fig. 3 Shannon-Weaver index of phytoplankton in Changtan reservoir

3 讨论

长潭水库浮游植物经室内初步鉴定,共检出105种(含变种),分属7门9纲18目30科55属。其种类数远高于黄鹤等的5门33种^[1],王超等的4门11科16属^[2]和胡国成等的6门55种^[7]。黄鹤等^[1]未对浮游植物研究方法进行介绍,王超等^[2]和胡国成等^[7]介绍了采样方法,但未详细描述其镜检步骤;而采样方法及镜检步骤的不同可能导致浮游植物检出结果存在较大差异。

长潭水库的浮游植物丰度沿水流方向呈上升趋势(图1,左),可能是因水库从河流入库到大坝之间的浮游植物生境由激流环境到静水环境过渡^[14],而水流减缓更有利于浮游植物生长繁殖^[14,15]所致。丰水期的水温相对较高,更有利于蓝藻的生长^[15],因此,长潭水库浮游植物优势种多以蓝藻为主;然而,水库位于北回归线附近,其丰、枯水期水温差异相对较小,而枯水期相对较低的水温更有利于其他类群藻类生长和繁殖,导致其优势种类群较多,包括绿藻、隐藻、硅藻和蓝藻等种类(表2)。

浮游植物生物量为不同种类的丰度与其平均细胞体积的乘积之和,而浮游植物中不同藻类的平均体积差异较大^[8,14];因此,长潭水库浮游植物生物量

沿水流方向的变化趋势不同于丰度,为波浪式起伏(图1,右)。丰水期绿藻的丰度仅次于蓝藻(图2,左),但其测量的细胞体积为蓝藻的近30倍,所以换算出的浮游植物丰度整体以绿藻占优势(图2,右);枯水期绿藻、硅藻及其他藻类的丰度比例相对较高(图2,左),而这些类群的细胞个体差异也较大,因此换算出的浮游植物生物量组成存在较大的差异(图2,右)。

长潭水库丰水期的Shannon-Weaver指数在1.00~2.00之间,且表现为上游(河流区)高于中下游(过渡区/湖泊区),与胡国成等^[7]研究结果中的2010年7月数据及变化趋势相似;而枯水期的Shannon-Weaver指数1.50~2.50之间,与王超等^[2]的研究结果中2011年12月的数据及变化趋势相符。尽管长潭水库检测出的浮游植物种属数远高于胡国成等^[7]和王超等^[2],但多数检测出的浮游植物种或属的相对数量(N_i/N) < 3.5%,其对Shannon-Weaver指数贡献率<0.01;部分种或属的相对数量(N_i/N) < 11%,其贡献率也<0.05;因此,本研究的Shannon-Weaver指数与胡国成等^[7]和王超等^[2]的结果差异不大。Shannon-Weaver指数评价长潭水库富营养化的结果显示:丰水期和枯水期分别为富营养水平和中-富营养水平;这与丰水期优势种多数为多污带指示种,而枯水期多数为中污-

多污带指示种^[5,14,16]的指示结果较为吻合,因为污染指示种也能够很好的反映水质污染现状^[5]。

4 结论

本文浮游植物定性镜检步骤能够增加稀有物种的检出概率,有利于浮游植物物种多样性研究及地理区系分布准确性的提高;浮游植物丰度空间分布与水库中水流速度有关,水库缓流区(过渡区)或静流区(湖泊区)对于浮游植物丰度的增加是否与浮游植物类群/种类有关尚需开展进一步研究;浮游植物多样性指数评价的水库湖泊区的营养状态高于河流区是否具有较高准确性有待进一步研究证实,因为水库的富营养状态不仅与浮游植物有关,还与水体中营养盐等指标有关。

参考文献:

- [1]黄鹤,李冬,赵晓晨.广东梅州长潭水库水环境生态健康评估[J].人民珠江,2015,36(2):71-74.
- [2]王超,高越超,王沛芳,等.广东长潭水库富营养化与浮游植物分布特征[J].湖泊科学,2013,25(5):749-755.
- [3]陈虹.梅州市长潭水库水质富营养化浅析与对策[J].资源节约与环保,2016(6):258-259.
- [4]朱为菊,周俊,蓝天,等.苏州太湖湿地公园浮游植物群落结构特征分析[J].安全与环境学报,2014,14(2):273-277.
- [5]潘鸿,唐宇宏.威宁草海浮游植物污染指示种及水质评价[J].湿地科学,2016,14(2):230-234.
- [6]潘鸿,唐宇宏.草型浅水湖泊富营养化评价的浮游植物指标比较[J].安徽农学通报,2016,22(3):67-69.
- [7]胡国成,姚玲爱,张丽娟,等.广东长潭水库浮游生物群落结构特征[J].动物学杂志,2013,48(6):824-833.
- [8]李一平,王静雨,滑磊.基于EFDC模型的河道型水库藻类生长对流域污染负荷削减的响应——以广东长潭水库为例[J].湖泊科学,2015,27(5):811-818.
- [9]潘鸿,杨扬,唐宇宏.惠州沙田水库浮游植物群落特征及演替研究[J].生态科学,2018,37(4):154-159.
- [10]胡鸿钧,魏印心.中国淡水藻类:系统、分类及生态[M].北京:科学出版社,2006.
- [11]JOHN D M,WHITTON B A,BROOK A J.The Freshwater Algal Flora of the British Isles[M].Cambridge:Cambridge University Press,2002.
- [12]WEHR J D,SHEATH R G.Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification[M].New York:Academic Press,2003.
- [13]章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法[M].北京:科学出版社,1995.
- [14]福迪 B.藻类学[M].上海:上海科学技术出版社,1980.
- [15]REYNOLDS C S.The Ecology of Phytoplankton[M].Cambridge:Cambridge University Press,2006.
- [16]沈韞芬,章宗涉,龚循矩,等.微型生物监测新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1990.

责任编辑:周安刚
英文校对:王芬