

新疆阿苇滩水库浮游植物群落生态特征

薛俊增¹, 刘 艳¹, 蔡 桢¹, 王 琼¹, 陈文银¹, 黄硕琳¹, 朱新英², 吴惠仙¹

1. 上海海洋大学水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306
2. 阿勒泰地区水产局, 新疆阿勒泰 836500

摘要 阿苇滩水库位于新疆阿勒泰地区, 是额尔齐斯河上游的引水注入式水库, 在当地水产养殖发展中占有重要地位。为了解其渔业生物资源现状, 于 2008 年 7 月 (平水期)、10 月 (枯水期) 和 2009 年 5 月 (丰水期), 在阿苇滩水库设置 3 个断面进行浮游植物研究。共采集到浮游植物 8 门 99 种 (属), 其中优势种 8 种, 分别为小形色球藻 (*Chroococcus minor*)、广源小环藻 (*Cylotella bodanica*)、尖针杆藻 (*Synedra acus*)、浮球藻 (*Planktosphaeria gelatinosa*)、膨胀四角藻 (*Tetraëdron tumidulum*)、四尾栅藻 (*Scenedesmus quadricauda*)、韦氏藻 (*Westlia botryoides*) 和小球藻 (*Chlorella vulgaris*)。水库浮游植物细胞密度变化趋势明显, 平水期 ($6.88 \pm 1.07 \times 10^6 \text{ ind/L}$) > 枯水期 ($3.66 \pm 0.45 \times 10^6 \text{ ind/L}$) > 丰水期 ($0.97 \pm 0.23 \times 10^6 \text{ ind/L}$)。结果显示, 库区水温和水容量变化是影响水体浮游植物种类组成、密度和多样性指数变化的主要因素。

关键词 浮游植物; 群落组成; 生物多样性

中图分类号 Q197.1

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)07-0055-04

Ecological Features of Phytoplankton Community in Aweitan Reservoir in Xinjiang

XUE Junzeng¹, LIU Yan¹, CAI Zhen¹, WANG Qiong¹, CHEN Wenyin¹, HUANG Shuolin¹, ZHU Xinying², WU Huixian¹

1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China
2. Aquatic Products Bureau of Altay, Altay 836500, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, China

Abstract Aweitan reservoir is located in Altay, Xinjiang. The water of the reservoir comes from a river at the head waters of Ertix River. It is an important water resource for fishery. The study of phytoplankton community structure in Aweitan reservoir was carried out on July 2008, October 2008 and May 2009 to explore the features related to fishery. A total of 99 species, belonging to 8 phylums were identified, including 8 dominant species, such as, *Chroococcus minor*, *Cylotella bodanica*, *Synedra acus*, *Planktosphaeria gelatinosa*, *Tetraëdron tumidulum*, *Scenedesmus quadricauda* as well as *Chlorella vulgaris*. The Cyanophyta is accounted for 44% of the collectivity, and the Bacillariophyta for 35%. The cell density was the greatest ($6.88 \pm 1.07 \times 10^6 \text{ ind/L}$) in the normal water season, and was the smallest in the wet season ($0.97 \pm 0.23 \times 10^6 \text{ ind/L}$). The phytoplankton composition, cell density, and diversity were found to be closely related to the temperature and the water volume of Aweitan reservoir.

Keywords phytoplankton; community composition; biodiversity

0 引言

浮游植物为水域初级生产者, 是溶解氧的主要产生者, 构成水体中鱼类和其他经济动物直接或间接的饵料基础, 与渔

业生产关系密切, 直接影响水域生产性能^[1-3]。由于存在地域和水体类型差异, 不同水体的浮游植物群落结构具有不同的动态特点^[4]。通常, 浮游植物的组成和数量具有明显的时期变

收稿日期: 2010-01-21

基金项目: 阿勒泰地区渔业资源生态调查项目 (D-8006-09-000201); 上海市教委重点学科建设项目 (J50701)

作者简介: 薛俊增, 教授, 研究方向为水生生物生态学, 电子信箱: jzxue@shou.edu.cn; 吴惠仙 (通信作者), 副教授, 研究方向为水生生物生态学和水产养殖学, 电子信箱: hxwu@shou.edu.cn

化, 这种时期性变化主要是由时期性的外在驱动因素决定, 如水温和水体的滞留时间, 这些因素会导致水体中营养盐负荷等的变化, 从而影响浮游植物的种类组成和数量^[5-6]。水库作为一类受人为调节的水体, 其浮游植物群落的组成和动态存在较大的个体差异^[7-8]。

阿苇滩水库位于阿勒泰地区阿勒泰市阿苇滩镇境内, 有效库容为 4420 万 m³, 是一座自额尔齐斯河支流克朗河上游引水注入式水库^[9](图 1), 以灌溉为主, 结合养殖、供水等功能。其所处地域为大陆性中温气候, 春季冷暖变幅大, 夏季短促, 冬季严寒漫长, 降水量少, 蒸发强烈, 春、冬季多大风, 无霜期短, 积雪覆盖期长达 5 个月之久。水库是阿勒泰地区主要的渔业生产基地, 但关于额尔齐斯河流域水库浮游植物及水质状况的研究报道甚少。本研究从浮游植物群落结构、细胞密度和生物多样性等方面对阿勒泰地区阿苇滩水库进行生态学研究, 以期库区水质保护工作及冷水鱼资源养殖提供科学依据。

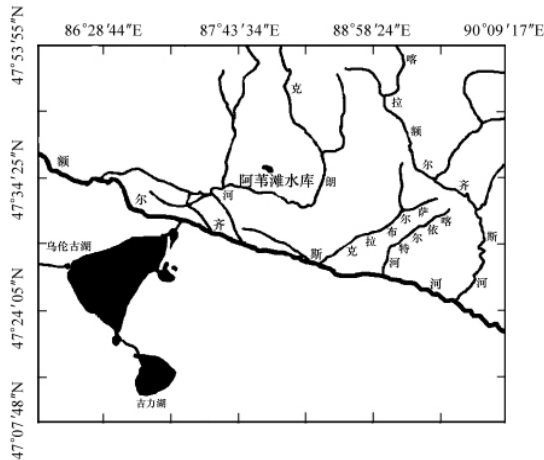


图 1 新疆阿苇滩水库库区地理位置

Fig. 1 Location of Awei Tan Reservoir in Xinjiang

1 材料与方法

1.1 样本的采集与处理

依照《环境监测技术规范》^[10]生物监测水环境部分要求, 分别于水库上游、中游和下游设 3 个采样点, 于 2008 年的 7 月、10 月和 2009 年 5 月进行 3 次采样调查, 其中 5 月为丰水期, 7 月为平水期, 10 月为枯水期。

浮游植物标本的采集与处理依据《淡水浮游生物研究方法》^[11]和《中国生态系统研究网络观测与分析标准方法——湖泊生态调查观测与分析》^[12]进行。用采水器定量采集浮游植物水样, 上、中、下层水样等量混合。取混合水样 1000mL 装入水样瓶中, 滴加 15mL 鲁哥氏液固定后, 静置沉淀 48h, 弃上清浓缩至 50mL, 于光学显微镜下进行生物分类和计数。

1.2 多样性指数分析

生物多样性指数采用 Shannon-Wiener 指数、Margalef 指数、Pielou 均匀度指数和优势度分析^[13-14]。

Shannon-Weaver 多样性指数

$$H = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \log_2 (n_i/N) \quad (1)$$

Margalef 指数

$$D_m = (S-1) / \log_2 N \quad (2)$$

Pielou 均匀度指数

$$J = H / \log_2 S \quad (3)$$

浮游植物的优势种依据每个种的优势度值 (Y) 确定

$$Y = (n_i/N) \times f_i \quad (4)$$

其中, n 为种的个体数, N 为所有种类总个体数, f_i 为第 i 种出现的频率。 $Y > 0.02$ 的种类为调查的优势种。

1.3 数据分析

利用 DPS 软件进行数据分析^[15]。

2 结果与分析

2.1 浮游植物种类组成

共采集到浮游植物 8 门 99 种 (属)。其中, 绿藻门 (Chlorophyta) 44 种 (属), 占总种数的 44%; 硅藻门 (Bacillariophyta) 34 种 (属), 占总种数的 35%; 蓝藻门 (Cyanophyta) 7 种 (属), 占总种数的 7%; 裸藻门 (Euglenophyta) 7 种 (属), 占总种数的 7%; 隐藻门 (Cryptophyta) 2 种 (属), 占总种数的 2%; 金藻门 (Chrysophyta) 2 种 (属), 占总种数的 2%; 甲藻门 (Pyrrophyta) 2 种 (属), 占总种数的 2%; 黄藻门 (Xanthophyta) 1 种 (属), 占总种数的 1%。采样期内以绿藻门在种类组成上占绝对优势, 硅藻门次之, 其他 6 个门类所占比均小于 7%。

各门浮游植物种类数不同, 不同采样时期浮游植物种类组成各异 (图 2)。经方差分析知, 不同时期阿苇滩水库浮游植物的种类组成呈现显著差异 ($P < 0.01$), 浮游植物种类数量总体变化规律为: 丰水期 (57 种) $>$ 平水期 (40 种) $>$ 枯水期 (30 种)。丰水期阿苇滩水库浮游植物种类组成最为丰富, 分别隶属于蓝藻门、硅藻门、绿藻门、裸藻门、甲藻门、金藻门和隐藻门。平水期浮游植物种类数少于丰水期, 但门类较多, 隶属于 8 个门。枯水期只鉴定到 5 个门的藻类, 没有采集到黄藻门、甲藻门和隐藻门的种类。

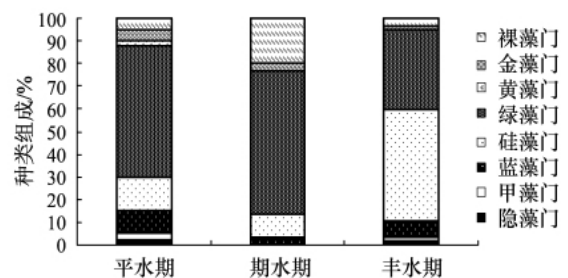


图 2 新疆阿苇滩水库库区水体平水期、枯水期、丰水期浮游植物种类组成

Fig. 2 Phytoplankton species composition in the normal water season, the dry season and the wet season in Awei Tan reservoir in Xinjiang

优势度值 Y 显示,阿苇滩水库优势种为小形色球藻 (*Chroococcus minor*)、广源小环藻 (*Cylotella bodanica*)、尖针杆藻 (*Synedra acus*)、浮球藻 (*Planktosphaeria gelatinosa*)、膨胀四角藻 (*Tetraëdron tumidulum*)、四尾栅藻 (*Scenedesmus quadricauda*)、韦氏藻 (*Westlia botryoides*) 和小球藻 (*Chlorella vulgaris*) (表 1)。此外,虽然有些浮游植物优势度值低于 0.02,但其全年出现的频率较高,存在于各时期,如硅藻门的膨胀桥弯藻 (*Cymbella tumida*) 和双对栅藻 (*Scenedesmus bijuga*);绿藻门的四角十字藻 (*Crucigenia quadrata*) 和针形纤维藻 (*Ankistrodesmus acicularis*)。

表 1 新疆阿苇滩水库库区水体浮游植物优势种
Table 1 Dominant species of phytoplankton in Aweitan reservoir in Xinjiang

	优势种	优势度值 Y
蓝藻门	小形色球藻 <i>C. minor</i>	0.040
硅藻门	广源小环藻 <i>C. bodanica</i>	0.068
	尖针杆藻 <i>S. acus</i>	0.029
绿藻门	浮球藻 <i>P. gelatinosa</i>	0.053
	膨胀四角藻 <i>T. tumidulum</i>	0.043
	四尾栅藻 <i>S. quadricauda</i>	0.029
	韦氏藻 <i>W. botryoides</i>	0.102
	小球藻 <i>C. vulgaris</i>	0.036

2.2 浮游植物细胞密度

经方差分析可知,不同时期阿苇滩水库的藻类总细胞密度差异极显著 ($P<0.01$),平水期、枯水期和丰水期的浮游植物细胞密度变化趋势为:平水期 ($6.88\pm1.07\times10^6\text{ind/L}$)>枯水期 ($3.66\pm0.45\times10^6\text{ind/L}$)>丰水期 ($0.97\pm0.23\times10^6\text{ind/L}$)。不同门类间的浮游植物细胞密度差异亦极显著 ($F=64.21, P<0.001$) (图 3),其中绿藻门细胞密度最大,采样期内细胞密度均值达 $2.06\pm1.40\times10^6\text{ind/L}$,其次为蓝藻门和硅藻门,密度分别达 $6.39\pm8.29\times10^5\text{ind/L}$ 和 $5.69\pm4.77\times10^5\text{ind/L}$,而隐藻门和黄藻门细胞密度较低,仅为 $2.60\pm4.81\times10^4\text{ind/L}$ 和 $1.37\pm2.33\times10^4\text{ind/L}$ 。

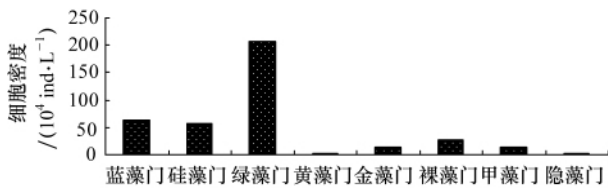


图 3 新疆阿苇滩水库库区水体不同种类浮游植物细胞密度
Fig. 3 Cell density of 8 phylum in Aweitan reservoir in Xinjiang

经浮游植物门类与采样时期双因子方差分析、Tukey 法多重比较发现,不同采样时期对各藻门细胞密度的影响呈极显著差异 ($F=50.46, P<0.001$) (图 4)。蓝藻门和硅藻门藻类密

度都在平水期存在显著性差异,绿藻门藻类则在丰水期呈现显著性差异。

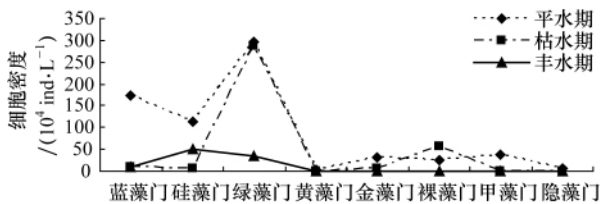


图 4 新疆阿苇滩水库库区水体平水期、枯水期、丰水期浮游植物细胞密度变化
Fig. 4 Biomass density in the normalwater season, the dry season and the wet season in Aweitan reservoir in Xinjiang

2.3 多样性分析

Shannon-Wiener 多样性指数 (H) 和均匀度指数 (J) 显示出一致的周年变化规律:从枯水期、平水期到丰水期各指数呈逐渐降低趋势,并于丰水期达到最低值 (图 5)。Margalef 指数 (D_m) 则在丰水期达到最大值,最小值出现在枯水期。阿苇滩水库浮游植物的 Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数及 Margalef 指数变化范围分别为 2.50~2.63、0.42~0.53 和 1.33~2.82。

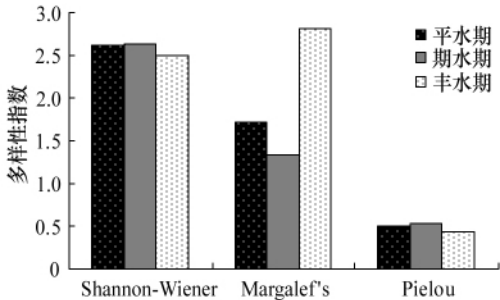


图 5 新疆阿苇滩水库库区水体平水期、枯水期和丰水期浮游植物多样性指数、丰度指数和均匀度指数
Fig. 5 Simpson's diversity indices (H), Margalef's indices (D_m) and Pielou's indices (J) of phytoplankton in Aweitan reservoir in Xinjiang

3 讨论

3.1 阿苇滩水库浮游植物特征

阿苇滩水库绿藻门种类数分别为平水期 23 种,枯水期 19 种和丰水期 20 种。平水期与枯水期绿藻门藻类的种数最多,丰水期则以硅藻门种类数最多,达 28 种。丰水期硅藻门藻类种类最多主要与水温有密切关系。阿苇滩水库库区水体全年水温最高值出现在平水期,达 $(24.67\pm0.34)^\circ\text{C}$;枯水期和丰水期的水温分别为 $(12.60\pm0.16)^\circ\text{C}$ 、 $(11.57\pm0.05)^\circ\text{C}$,丰水期水温最低。一般而言,水温在 9°C 以上,硅藻繁殖活跃, $10\sim17^\circ\text{C}$ 是硅藻生长最为适宜的温度, 17°C 及其以上,其繁殖速度减慢^[16]。丰水期库区水温适宜硅藻生存,因而硅藻种类数达全年

最高值。进入夏季平水期气温骤升,水温等理化因子条件皆不适宜硅藻门藻类生长,导致平水期硅藻种类不再有优势。

3.2 细胞密度变化趋势

阿苇滩水库各期浮游植物细胞密度变化趋势为:平水期>枯水期>丰水期,该趋势主要受库区水温影响。温度对藻类生命活动的影响主要表现为通过控制光合作用的酶促反应或呼吸作用强度,直接影响藻类的增殖,并且可通过控制水体中的各类营养物的溶解度、离解度或分解率等理化过程间接影响藻类的生长^[17]。水温的升高对绿藻和蓝藻的生长较为有利^[18],阿苇滩水库平水期水温骤升,水温及光照等均适合蓝、绿藻生长,加之库区水面蒸发量大、降水量小以及灌溉的需求,水位下降,所以在平水期浮游植物细胞密度出现最大值,其中以绿藻的细胞密度最高,蓝藻的细胞密度次之;丰水期水温达全年最低。较低的水温抑制藻类生长,这也是丰水期浮游植物细胞密度低的主导原因之一。

3.3 水库水体物种多样性评价

高纬度地区水体存在典型水温季节变化,春、秋两季出现以硅藻为优势类群的浮游植物群落类型^[19-21],阿苇滩水库丰水期藻种类值达全年最高,其中 28 种硅藻和 20 种绿藻门藻类是造成该时期库区水体丰富度指数最高的主要原因。丰水期均匀度指数很低,可能是由于蓄水的作用,水体不稳定导致水体中藻细胞分布不均匀。枯水期库区水体浮游植物种类为全年最小值且库区水位也达最低,此时均匀度值出现全年最高值。

平水期库区水体浮游植物多样性指数较高且浮游植物细胞密度出现全年峰值,因此建议此时期应注重库区水体的合理规划,充分利用浮游生物资源,开发渔业资源,保护稀有冷水鱼物种,实现水库资源利用与水环境间的协调发展。

4 结论

阿苇滩水库在平水期、枯水期、丰水期内绿藻门种类数和细胞密度都呈现出优势,水库水温低适宜部分绿藻和硅藻生长,尤其是丰水期,水温对浮游植物种类和密度的影响最为明显。

参考文献 (References)

- [1] 黎红秋. 鹤地水库浮游植物时空分布特征研究 [J]. 广东水利水电, 2006(5): 15-16.
Li Hongqiu. *Guangdong Water Resources and Hydropower*, 2006(5): 15-16.
- [2] 周亚平, 金卫根, 陈传红. 洪门水库浮游植物研究[J]. 水利渔业, 2008, 28(2): 41-63.
Zhou Yaping, Jin Weigen, Chen Chuanhong. *Reservoir Fisheries*, 2008, 28(2): 41-63.
- [3] 郭和清, 于涛, 姚杏珍, 等. 沙河水库的浮游植物 [J]. 水利渔业, 2000, 20(3): 45-47.
Guo Heqing, Yu Tao, Yao Xingzhen, et al. *Reservoir Fisheries*, 2000, 20(3): 45-47.
- [4] Zhao M X, Lei L M, Han B P. Seasonal change in phytoplankton communities in Tangxi Reservoir and the effecting factors [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2005, 13(5): 386-392.
- [5] 于洪贤, 冷雪莲, 张新刚, 等. 牡丹江干流春季浮游植物多样性及群落结构的研究[J]. 水利渔业, 2007, 27(3): 67-69.
Yu Hongxian, Leng Xuelian, Zhang Xingang, et al. *Reservoir Fisheries*, 2007, 27(3): 67-69.
- [6] Reynolds C S. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status [J]. *Hydrobiologia*, 1998, 369-370: 11-26.
- [7] Kamenir D Z, Zohary T. Phytoplankton sizes and community stability in a meso-eutrophic subtropical lake[J]. *Hydrobiologia*, 2004, 520: 89-104.
- [8] Xu J H, Pan W B, Zhang H Y. Studying on planktonic algae and characteristics of water quality of some small and additional artificial lake in the city zone[J]. *Ecologic Science*, 2007, 26(1): 36-40.
- [9] 周百科, 程地琴. 阿苇滩水库和阿苇滩水库联合调度浅析 [J]. 中国防汛抗旱, 2008(3): 68-69.
Zhou Baike, Cheng Diqin. *China Flood & Drought Management*, 2008(3): 68-69.
- [10] 长江流域水环境监测中心. 环境监测技术规范—水环境监测规范[S]. 北京: 国家标准出版社, 1998.
Yangtze River Water Environment Monitoring Center. Environmental monitoring technical specifications—Water environmental monitoring standards[S]. Beijing: National Institute of Standards Press, 1998.
- [11] 章宗涉. 淡水浮游生物研究方法[S]. 北京: 科学出版社, 1991.
Zhang Zongshe. *Freshwater plankton research methods* [S]. Beijing: Science Press, 1991.
- [12] 陈伟民, 黄翔飞, 周万平, 等. 中国生态系统研究网络观测与分析标准方法——湖泊生态调查观测与分析 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.
Chen Weimin, Huang Xiangfei, Zhou Wanping, et al. Chinese Ecosystem Research Network and the standard method of observation and analysis—Observation and analysis of lake ecological surveys [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2005.
- [13] 刘从玉, 刘平平, 仲光东, 等. 大钟岭水库的浮游植物种群结构及四季变化[J]. 污染防治技术, 2009, 22(1): 4-7.
Liu Congyu, Liu Pingping, Zhong Guangdong, et al. *Pollution Control Technology*, 2009, 22(1): 4-7.
- [14] 张婷, 李林, 宋立荣. 熊河水库浮游植物群落结构的周年变化 [J]. 生态学报, 2009, 26(9): 2971-2979.
Zhang Ting, Li Lin, Song Lirong. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 26(9): 2971-2979.
- [15] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
Tang Qiyi, Feng Mingguang. *DPS data processing system* [M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [16] 彭芳, 黄延林, 张延凤, 等. 水源水库中藻类生长及分布特征[J]. 供水技术, 2009, 3(1): 1-4.
Peng Fang, Huang Yanlin, Zhang Yanfeng, et al. *Water Technology*, 2009, 3(1): 1-4.
- [17] Blinn D W. Diatom community structure along physicochemical gradients in saline lakes[J]. *Ecology*, 1993, 74: 1246-1263.
- [18] Nalewako C, Murphy T P. Effects of temperature and availability of nitrogen and phosphorus on the abundance of *Anabaena* and *Microcystis* in Lake Biwa, Japan: An experimental approach[J]. *Limnology*, 2001(2): 45-48.
- [19] 李喆, 姜作发, 马波, 等. 新疆乌伦古湖春、秋季浮游植物群落结构的聚类和多维分析[J]. 中国水产科学, 2008, 15(6): 984-991.
Li Zhe, Jiang Zuofa, Ma Bo, et al. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(6): 984-991.
- [20] Morais P, Chicharo A M, Barbosa A, et al. Phytoplankton dynamics in a coastal saline lake (SE-Portugal)[J]. *Acta Oecologica*, 2003, 24(1): 87-96.
- [21] Popovskaya G I. Ecological monitoring of phytoplankton in Lake Baikal [J]. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 2000, 3(2): 215-225.

(责任编辑 吴晓丽)