

包头南海湖非冰封期浮游植物的时空动态特征

姜庆宏¹, 王佳宁¹, 李卫平¹, 李兴², 菅广林³, 卜楠龙⁴, 苗春林⁴

(1. 内蒙古科技大学能源与环境学院, 内蒙古 包头 014010;

2. 内蒙古师范大学内蒙古节水农业工程研究中心, 内蒙古 呼和浩特 010022;

3. 包头市生态湿地保护管理中心, 内蒙古 包头 014010;

4. 包头市南海子湿地保护区管理处, 内蒙古 包头 014010)

摘要: 为了解包头南海湖浮游植物群落非冰封期的时空动态特征, 2017年5-10月, 在南海湖设置了12个监测站位, 监测浮游植物时空变化, 并同步监测水环境因子。结果表明, 南海湖12个站位共鉴定出浮游植物146种(含变种); 其中, 绿藻门(Chlorophyta)59种, 蓝藻门(Cyanophyta)31种, 硅藻门(Bacillariophyta)37种, 裸藻门(Euglenophyta)9种, 金藻门(Chrysophyta)5种, 黄藻门(Xanthophyta)3种, 隐藻门(Cryptophyta)2种。浮游植物密度为 $23.35 \times 10^6 \sim 115.59 \times 10^6$ 个/L; 优势度分析表明, 5-6月主要以绿藻占优势, 优势种为四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)和螺旋弓形藻(*Schroederia spiralis*); 7-9月主要以蓝藻占优势, 优势种为微小平裂藻(*Merismopedia tenuissima*)和水花束丝藻(*Aphanizomenon flosaquae*); 10月以绿藻和硅藻占优势, 优势种为四尾栅藻和近缘针杆藻(*Synedra affinis*)。空间上呈现出沿进水口向湖心区逐渐递增的趋势, 湖心区整体密度较高, 而排污口和芦苇区处密度相对较低; 冗余分析(RDA)表明, 氨氮、化学需氧量、pH、叶绿素-a以及水温是影响浮游植物分布的主要水环境因子, 绿藻与总氮关系密切, 蓝藻主要受总磷的影响, 硅藻受pH影响较大。

关键词: 浮游植物; 水环境因子; 时空动态; 南海湖

中图分类号: Q145 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2020)01-0030-07

浮游植物是湖泊水生态系统中主要的初级生产者, 是水生态系统物质循环和能量流动的基础, 在维持水生态系统平衡和改善水生态环境等方面起着非常重要的作用。浮游植物群落结构对水环境变化敏感, 其群落变化与水环境密切相关, 对水环境的变化具有指示作用(Rey et al, 2004)。为此, 国内外大量学者利用浮游植物来评价和监测水质状况(Reavie et al, 2010; 江源等, 2013)。

南海湖位于包头市东河区南侧, 是包头市唯一的天然湖泊, 水域总面积180 hm², 平均水深1.98 m, 最深处3.25 m, 湖中生长着芦苇、香蒲、荷花等水生植物。南海湖紧邻市区, 在调节气候、蓄水防洪和保护生态环境安全等方面具有重要作用(刘

建龙, 2015)。近年来, 由于经济快速发展、人类活动增加、城市污染加剧, 导致南海湖水水质污染严重, 生态环境逐渐恶化。

目前, 已有少数学者进行了南海湖动植物资源、水体营养状况、生态系统功能等方面的研究(于玲红等, 2016; 高静焱等, 2017; 于玲红等, 2017); 尚未见浮游植物群落特征及其与水环境因子关系的研究报道。因此, 为探究浮游植物群落时空动态特征及其与水环境因子间的关系, 对南海湖水水质理化指标和浮游植物种类、密度等进行了调查, 分析了浮游植物种群动态特征, 并利用冗余分析探讨了浮游植物动态特征与水环境因子间的关系, 以为南海湖水环境保护及综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查区域及样点布置

参照相关文献(金相灿和屠清瑛, 1990; 周凤霞, 2011), 在南海湖共设置12个采样站位, 其分布如图1所示; 其中, 1号采样站位于进水口处, 5号采样站位于排污口处, 6、8号采样站位于湖心区, 12号采样站位于芦苇区, 附近有出水口, 但闸门常年关闭不出水, 其它站位按水域面积设置。

收稿日期: 2017-12-28

基金项目: 内蒙古包头黄河湿地生态系统国家定位观测研究站研究项目(2015-LYPT-DW-037); 国家自然科学基金(51469026); 内蒙古科技创新引导项目(KCBI2018033); 国家自然科学基金(2018LH04002)。

作者简介: 姜庆宏, 1976年生, 男, 硕士, 研究方向为污染物降解微生物学。E-mail: 19134210@qq.com

通信作者: 李卫平, 1973年生, 男, 博士, 教授, 主要从事湿地生态修复研究。E-mail: sjlwp@163.com

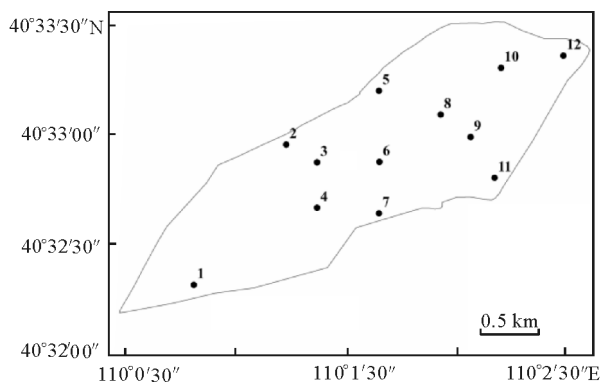


图 1 南海湖取样站位示意

Fig.1 Location of the sampling sites in Nanhai Lake

1.2 采样与分析方法

于 2017 年 5 - 10 月每月采样 1 次,进行水环境因子与浮游植物样品采集。主要选取水温(T)、透明度(SD)、溶解氧(DO)、pH、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)、化学需氧量(COD_{Cr})、叶绿素(Chl-a)作为水环境因子监测指标,用 1 L 的聚乙烯瓶在水面下 0.5 m 处采集水样,在采样现场,利用多参数便携式水质监测仪测定水温、溶解氧、pH,其余指标将水样带回实验室测定。

浮游植物定性分析样品采用 25 号浮游生物网,在水面下 0.5 m 深处捞取水样,现场按照 4% 的体积比加入甲醛溶液固定,用于镜检分类。定量样品使用聚乙烯瓶采集 1 L 水样,加入鲁哥试剂固定,带回实验室静置沉淀 48 h,移除上清液,将样品浓缩至 30 mL,摇匀后吸取 0.1 mL 于计数框内,然后置于 10×40 倍显微镜下观察并计数。计数时为避免优势种群和多细胞群体大量出现在视野中,覆盖住其它藻类细胞,对藻类浓缩液进行超声波震荡处理,使其散开成单个细胞或少数细胞的群体,以便消除优势种群和多细胞藻类对计数结果的影响。浮游植物种类鉴定参照相关文献(周凤霞和陈剑虹,2005;胡鸿钧和魏印心,2006;马放等,2010)。

1.3 数据处理

浮游植物优势度(Y)按如下公式计算(郝媛媛等,2014):

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

式中: N 为所有浮游植物总个数; n_i 为第 i 种浮游植物的个体数; f_i 为第 i 种浮游植物在各站位出现的频率。将优势度 $Y > 0.02$ 的定为优势种。

采用 ArcGis 10.2 软件绘制取样点布置图,通过克里金插值法进行空间内插值绘制浮游植物密度时空变化图;采用 Origin9.0 软件绘制水环境因子

时空变化图;采用 Canoco 4.5 软件进行水环境因子与浮游植物的冗余分析。

2 结果与分析

2.1 水环境因子的时空变化

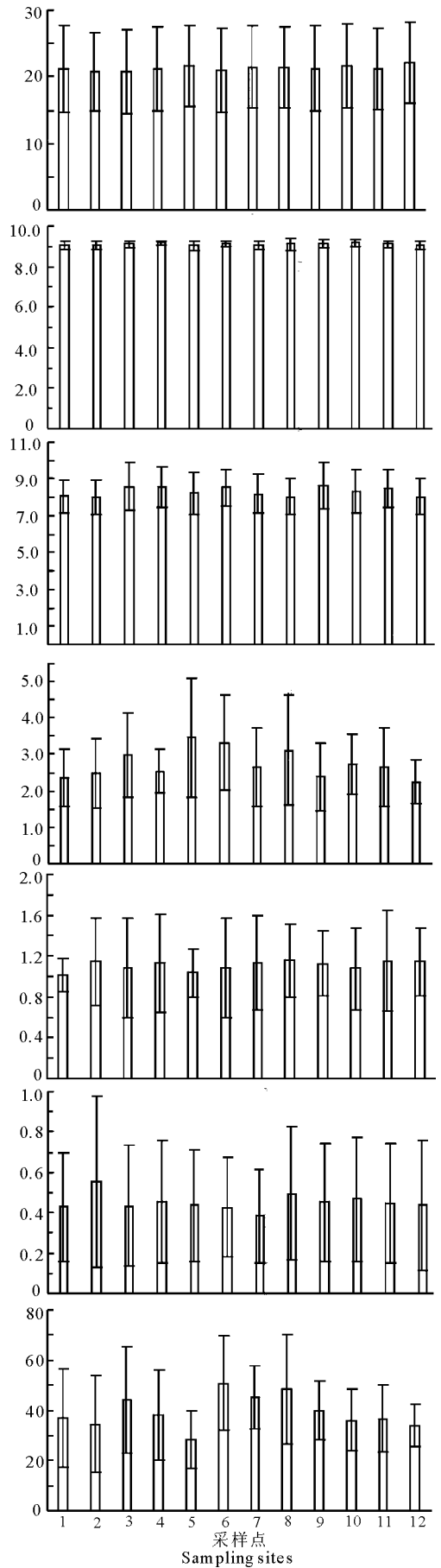
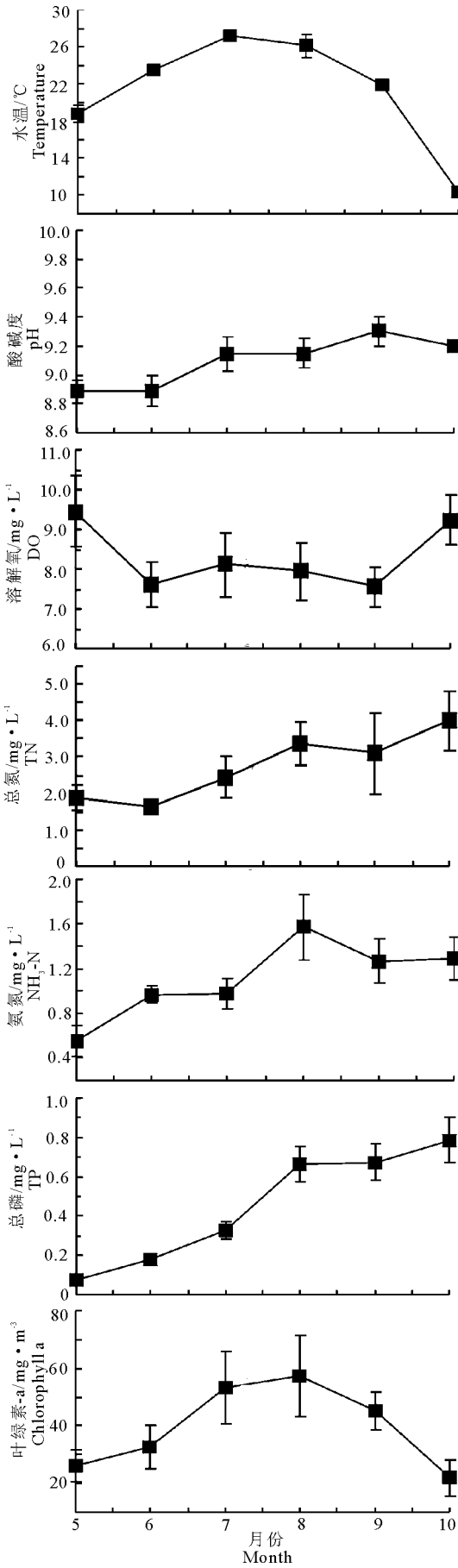
各采样点水环境因子的时空变化情况如图 2 所示。从时间上看,水温变化范围在 10.30~27.24℃,7 月的平均水温最高,10 月最低;pH 月变化不明显,平均值为 9.07 mg/L;DO 含量在 5 月、10 月较高,其它月相差不大,与水温变化趋势相反,月平均值为 8.32 mg/L;Chl-a 变化幅度较大,为 21.87~57.36 mg/m³,8 月的平均含量最高,10 月最低,总体呈现先增加、后减少的趋势;TN 变化范围 1.62~4.00 mg/L,均值为 2.74 mg/L,5 - 6 月的含量较低,7 月明显增加,10 月达到最大;NH₃-N 变化范围 0.55~1.57 mg/L,平均含量为 1.11 mg/L,月份间变化呈先增加、后减小的趋势;COD_{Cr} 和 TP 变化范围 78.07~131 mg/L 和 0.07~0.79 mg/L,平均含量分别为 106.43 mg/L 和 0.45 mg/L,月平均含量随时间逐渐增加。

从空间(采样点位置)上看,DO 在排污口处含量比较低,在芦苇区含量较高;湖心区的 Chl-a 平均含量最高,为 49.62 mg/m³,排污口最低,仅为 28.13 mg/m³;TN 平均含量在排污口处最高,为 3.46 mg/L,湖心区次之,为 3.22 mg/L,芦苇区最低,为 2.25 mg/L;COD_{Cr} 平均含量在排污口处为 119.59 mg/L,高于其它站位;其它水环境因子空间差异不显著。

2.2 浮游植物种类组成及优势度变化

南海湖共鉴定出浮游植物 7 门、77 属、146 种(含变种);其中,绿藻门 59 种,硅藻门 37 种,蓝藻门 31 种,裸藻门 9 种,金藻门 5 种,黄藻门 3 种,隐藻门 2 种。7 月的浮游植物种类最丰富,为 102 种,6 月和 8 月次之,分别为 95 种和 92 种;10 月的种类数最少,为 57 种。各月中,均以绿藻种类最多,除 5 月和 10 月外,蓝藻在其它月份种类数均多于硅藻,且绿藻与蓝藻种类数随时间变化较明显。从空间上看,位于芦苇区的 12 号采样站位浮游植物种类最多,为 95 种,其次为湖心区的 6 号采样站位,为 84 种;8 号采样站位 78 种,排污口的 5 号采样站位种类最少,仅 54 种。空间种类组成上以绿藻种类最多,其次是硅藻,蓝藻位居第三。

南海湖优势度 $Y > 0.02$ 的优势种共有 13 种;其中,蓝藻 7 种,绿藻 5 种,硅藻 2 种,裸藻 1 种(表 1)。



续图 2

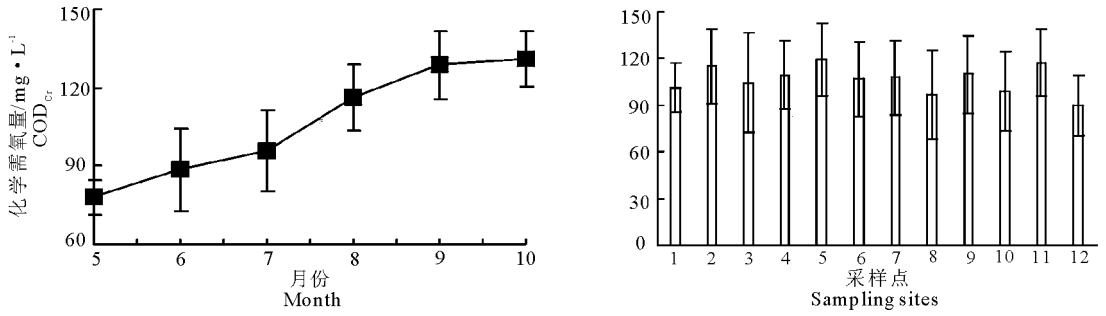


图 2 南海湖水环境因子时空分布

Fig.2 Temporal and spatial distribution of water environment factors in Nanhai Lake

表 1 南海湖浮游植物优势种

Tab.1 Temporal variation of dominant phytoplankton species and the corresponding degree of dominance in Nanhai Lake

门类	优势种	不同月份的优势度					
		5月	6月	7月	8月	9月	10月
绿藻门	四尾栅藻	0.329	0.136	0.065			0.284
	螺旋弓形藻	0.186	0.235	0.104	0.093	0.059	
	球衣藻	0.109	0.085				0.078
	镰形纤维藻	0.049					0.026
蓝藻门	微小平裂藻	0.028	0.071	0.127	0.132	0.083	0.046
	为首螺旋藻		0.032	0.029			
	水花束丝藻		0.054	0.074	0.082	0.068	0.024
	不定微囊藻		0.042	0.056	0.045	0.034	
	阿式项圈藻			0.044	0.051	0.030	
	微小色球藻			0.062	0.047	0.055	
硅藻门	近缘针杆藻	0.075	0.052			0.048	0.153
	克洛脆杆藻	0.053				0.023	0.067
裸藻门	多形裸藻	0.043	0.052				

从表 1 中可以看出,5-6 月主要以绿藻占优势,优势种为四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)和螺旋弓形藻(*Schroederia spiralis*);7-9 月主要以蓝藻占优势,优势种为微小平裂藻(*Merismopedia tenuissima*)和水花束丝藻(*Aphanizomenon flosaquae*);10 月主要以绿藻和硅藻占优势,优势种为四尾栅藻和近缘针杆藻(*Synedra affinis*)。

2.3 浮游植物密度的时空变化

南海湖浮游植物密度有着明显的时间变化趋势(图 3),密度为 $23.35 \times 10^6 \sim 115.59 \times 10^6$ 个/L;其中,在 7 月的 10 号采样站位密度最高,为 115.59×10^6 个/L,10 月的 5 号采样站位密度最低,为 23.35×10^6 个/L。5-10 月的浮游植物平均密度分别为 46.02×10^6 、 84.16×10^6 、 96.11×10^6 、 73.05×10^6 、 62.15×10^6 、 39.26×10^6 个/L,可见随着月份的变

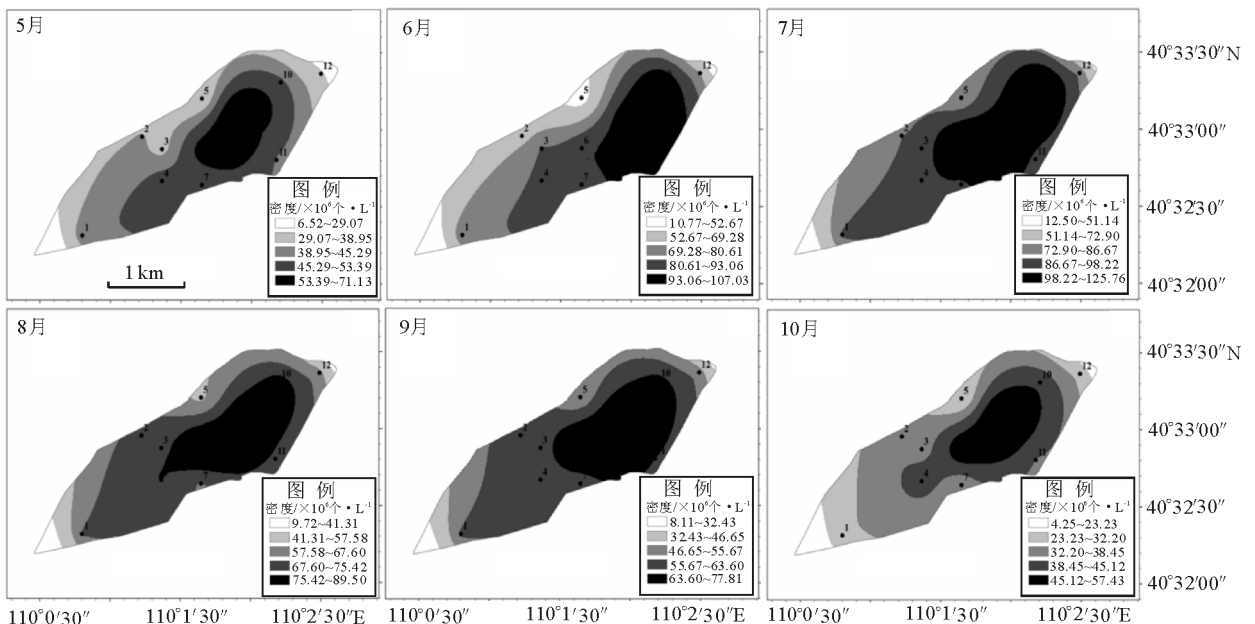


图 3 南海湖浮游植物密度的时空分布

Fig.3 Temporal and spatial distribution of phytoplankton density in Nanhai Lake

化,密度呈现出单峰型;5-7月,密度逐渐增加,7月的密度最高,而后开始下降,10月的密度降到最低。

各采样站位浮游植物密度随月份变化规律较为一致,各月均呈现出沿进水口向湖心区逐渐递增的趋势。湖东北部区域密度明显高于西南部,湖心区整体密度较高,而排污口、芦苇区密度相对较低。

南海湖不同门类浮游植物密度随时间具有明显变化,从表2中可以看出,5月的绿藻优势较大,温度较高的6-9月,蓝藻和绿藻优势较大,10月的硅藻和绿藻优势较大。

2.4 浮游植物与水环境因子的关系

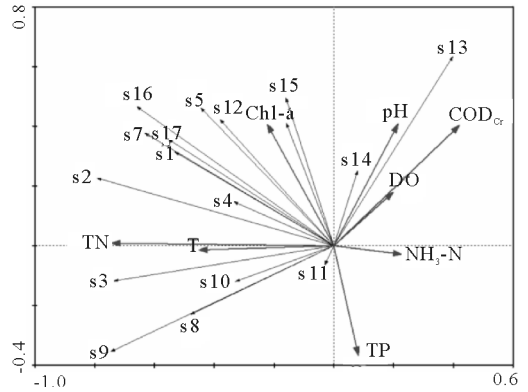
为了探究水环境因子对南海湖浮游植物分布的影响,选取优势种以及在各采样站位出现频率大于12.5%且至少在1个站位的相对密度大于1%的常见种和 T、pH、DO、TN、NH₃-N、TP、COD、Chl-a 共计8个水环境因子进行排序,首先对物种和水环境因子进行去除趋势对应分析(DCA)。结果显示,排序最大梯度长度值小于3,故进行基于线性模型的RDA分析。数据分析得出排序轴1和排序轴2的特征值分别为0.270和0.190,物种和水环境因子的相关系数分别为0.943和0.854,表明排序轴能较好的反映物种与水环境因子间的关系。

表2 南海湖浮游植物各门类密度

Tab.2 Density variation of each phytoplankton taxa in Nanhai Lake

月 份	浮游植物密度/ $\times 10^6$ 个·L ⁻¹						
	绿藻门	蓝藻门	硅藻门	裸藻门	隐藻门	金藻门	黄藻门
5	53.98	14.73	24.24	4.89	0.77	0.54	0.85
6	40.83	44.36	9.93	2.71	0.95	0.53	0.69
7	27.35	65.38	4.50	0.61	0.79	0.63	0.74
8	29.30	62.85	5.17	0.52	0.82	0.49	0.85
9	16.56	53.21	26.24	1.41	0.84	0.45	1.29
10	33.02	16.56	45.42	2.41	1.03	0.66	0.90

从图4可以看出,总氮、化学需氧量、pH、叶绿素以及水温为影响浮游植物分布的主要水环境因子;其中,总氮、水温、化学需氧量与第一排序轴具有显著的相关性,影响着第一排序轴方向物种的变化;pH、总磷、叶绿素与第二排序轴具有显著的相关性,影响着第二排序轴方向物种的变化。以螺旋弓形藻、具尾四角藻、盐生顶棘藻为主的大部分绿藻与总氮显著相关;近缘针杆藻、克洛脆杆藻与pH呈显著正相关;盐生顶棘藻、阿式项圈藻与水温关系密切;水花束丝藻、小颤藻、微小平裂藻与总磷具有很大的相关性;叶绿素与大部分物种呈正相关,表明所选物种能较好地反映南海湖浮游植物群落变化。



s1: 四尾栅藻; s2: 螺旋弓形藻; s3: 具尾四角藻; s4: 盐生顶棘藻; s5: 扁鼓藻; s6: 镰形纤维藻; s7: 螺旋纤维藻; s8: 微小平裂藻; s9: 水花束丝藻; s10: 阿式项圈藻; s11: 简单颤藻; s12: 微小色球藻; s13: 近缘针杆藻; s14: 克洛脆杆藻; s15: 短小曲壳藻; s16: 普通等片藻; s17: 多形裸藻

图4 浮游植物与水环境因子的 RDA 排序图

s1: *Scenedesmus quadricauda*; s2: *Schroederia spiralis*; s3: *Ter-aedron caudatum*; s4: *Chodatella subsalsa*; s5: *Cosmarium depressum*; s6: *Ankistrodesmus falcatius*; s7: *Ankistrodesmus spiralis*; s8: *Merismopedia tenuissima*; s9: *Aphanizomenon flosaquae*; s10: *Anabaenopsis arnoldii*; s11: *Spirulina simplicissima*; s12: *Chroococcus minutus*; s13: *Synedra affinis*; s14: *Fragilaria crotomensis*; s15: *Achnanthes exigua*; s16: *Diatoma vulgare*; s17: *Euglena polymorpha*

Fig.4 RDA ordination diagram showing relationship between phytoplankton and water environmental factors

3 讨论

3.1 南海湖浮游植物的群落结构特征

不同的湖泊有着不同的水体类型,浮游植物群落组成和动态存在明显差异,一般具有明显的随季节演替规律(赵孟绪,2005)。本次调查共发现浮游植物146种(含变种),在温度较高的6-9月,蓝藻和绿藻优势明显,除硅藻外,其它藻门占比均在5%以下,这表明浮游植物种类组成比较单一。有研究发现,富营养化湖泊常以蓝藻、绿藻占优势(况琪军等,2005);南海湖的主要优势种为四尾栅藻、螺旋弓形藻、微小平裂藻和水花束丝藻;水花束丝藻是容易引起水华的藻类,在富营养化水体中会大量繁殖(吴艳龙等,2014)。浮游植物密度空间分布上,东北部区域密度明显高于西南部,湖心区整体密度较高,这可能是由于湖心区水动力条件适宜,人为活动干扰少,使浮游植物生长较好、密度大。排污口密度较低,可能是由于污水排入、水体交换较快及水质污染严重,抑制了藻类的生长繁殖。芦苇区密集生长着大面积的芦苇,可能是由于芦苇遮挡住部分阳光,使

光照强度减弱,限制了藻类的光合作用,且芦苇与浮游植物竞争水中营养物质,使其密度降低。

3.2 水环境因子对浮游植物的影响

浮游植物的生长和分布主要受温度、营养盐、光照强度和水动力学等环境因子的影响(Xiao et al, 2011)。对南海湖浮游植物与水环境因子的 RDA 分析得出,总氮、化学需氧量、pH、叶绿素以及水温为主要的水环境因子;其中,总氮为最主要的水环境因子。由于生活污水、农田退水、工业废水的排放,使得湖水中氮的含量较高,对南海湖的污染最为显著。大部分绿藻与总氮呈正相关,表明绿藻的生长受总氮影响较大,这与李兴等(2011)研究得出乌梁素海绿藻密度与总氮浓度密切相关的研究结果相似。硅藻与 pH 呈显著正相关,表明硅藻受 pH 的影响较大。李慧等(2014)研究表明,直链藻适宜在碱性环境中生长,硅藻门浮游植物受 pH 影响更为显著,与本研究结果相符。阿式项圈藻与水温呈正相关,表明水温在一定范围内的升高,有利于阿式项圈藻的生长,这也与蓝藻喜高温和强耐受高温性相符(Nalewajko & Murphy, 2001)。温度通过控制藻类光合作用和呼吸作用的强度,直接影响着藻类的生长,不同藻类生长所适宜的温度也不同(Richard & Tamar, 1987)。部分蓝藻与总磷显著相关,其密度受总磷的影响较大。化学需氧量为影响浮游植物分布的关键水环境因子,有机污染物在水中经氧化分解,成为能被浮游植物生长所利用的营养物质,故影响着浮游植物的数量与分布。

参考文献

高静洁,王晓云,李卫平等,2017. 包头南海湿地生态系统健康评价[J]. 湿地科学,15(2):207-213.

郝媛媛,孙国钧,张立勋,等,2014. 黑河流域浮游植物群落特征与环境因子的关系[J]. 湖泊科学,26(1):121-130.

胡钧钧,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.

江源,彭秋志,廖剑宇,等,2013. 浮游藻类与河流生境关系研究进展与展望[J]. 资源科学,35(3):461-472.

金相灿,屠清瑛,1990. 湖泊富营养化调查规范(第二版)[M]. 北京:中国环境科学出版社:21-32.

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.

李慧,刘妍,范亚文,等,2014. 三江平原湿地同江地区水域夏季浮游植物群落结构特征[J]. 植物学报,49(4):440

-449.

李兴,张树礼,李畅游,等,2012. 乌梁素海浮游植物群落特征分析[J]. 生态环境学报,(11):1865-1869.

刘建龙,2015. 包头黄河湿地水质评价与需水量研究[D]. 包头:内蒙古科技大学.

马放,杨基先,魏利,等,2010. 环境微生物图谱[M]. 北京:中国环境科学出版社.

吴艳龙,郑凌凌,李林,等,2014. 滇池水华束丝藻(*Aphanizomenon flos-aquae*)对低氮的生理响应[J]. 湖泊科学,26(1):131-136.

于玲红,王晓云,李卫平等,2016. 包头南海湿地冰封期水质特征[J]. 湿地科学,14(6):810-815.

于玲红,王晓云,李卫平等,2017. 包头市南海湿地水质现状分析与评价[J]. 环境化学,36(2):390-396.

赵孟绪,雷腊梅,韩博平,2005. 亚热带水库浮游植物群落季节变化及其影响因素分析—以汤溪水库为例[J]. 热带亚热带植物学报,13(5):386-392.

周凤霞,陈剑虹,2005. 淡水型微生物图谱[M]. 北京:化学工业出版社.

周凤霞,2011. 生物监测(第二版)[M]. 北京:化学工业出版社:11-39.

Nalewajko C, Murphy T P, 2001. 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*, 2(1):45-48.

Reavie E D, Jicha T M, Angradi T R, et al, 2010. Algal assemblages for large river monitoring: Comparison among biovolume, absolute and relative abundance metrics[J]. *Ecological Indicators*, 10(2):167-177.

Rey P D L, Taylor J C, Laas A, et al, 2004. Determining the possible application value of diatoms as indicators of general water quality: a comparison with SASS 5[J]. *Water S A*, 30(3):325-332.

Richard D Robarts, Tamar Zohary, 1987. Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria[J]. *New Zealand Journal of Marine & Freshwater Research*, 21(3):391-399.

Sournia A, 1978. *Phytoplankton Manual: Monographs on Oceanographic Methodology* [M]. Paris: UN ESCO Press: 337.

Xiao L J, Wang T, Hu R, et al, 2011. Succession of phytoplankton functional groups regulated by monsoonal hydrology in a large canyon-shaped reservoir[J]. *Water Research*, 45(16):5099-5109.

Temporal and Spatial Dynamics of Phytoplankton in Nanhai Lake, Baotou, during the Ice-free Period

JIANG Qing-hong¹, WANG Jia-ning¹, LI Wei-ping¹, LI Xing²,
JIAN Guang-lin³, PIAO Nan-long⁴, MIAO Chun-lin⁴

- (1. The College of Environment & Energy Resources, Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou 014010, P.R.China;
2. Inner Mongolia Engineering Research Center for Water-Saving Agriculture, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, P.R.China;
3. Baotou City Ecological Wetland Protection Management Center, Baotou 014010, P.R.China;
4. Baotou Nanhai Wetland Reserve Management Office, Baotou 014010, P.R.China)

Abstract: Nanhai Lake is the only natural lake of Baotou City, playing important roles in climate regulation, water storage and flood control, and ecological environment conservation. In this study, we explored the spatial and temporal dynamics of the phytoplankton community and its relationship with water environmental parameters during the ice-free period. The investigation was carried out at 12 stations from May to October 2017 and parameters monitored included phytoplankton species composition, species density and dominance, and water environmental factors. The aim of the study was to provide scientific evidence for water environment conservation and treatment in Nanhai Lake. A total of 146 phytoplankton species (including varieties) were identified, including 59 Chlorophyta species, 31 Cyanophyta species, 37 Bacillariophyta species, 9 Euglenophyta species, 5 Chrysophyta species, 3 Xanthophyta species and 2 Cryptophyta species. Analysis showed that the dominant species varied markedly by month. Green algae dominated from May to June and the dominant species were *Scenedesmus quadricauda* and *Schroederia spiralis*. Cyanobacteria dominated from July to September and the dominant species were *Merismopedia tenuissima* and *Aphanizomenon flosaquae*. In October, green algae and diatoms were dominant, and the dominant species were *Scenedesmus quadricauda* (green) and *Synedra affinis* (diatom). Phytoplankton density was in the range of $23.35 \times 10^6 - 115.59 \times 10^6$ cells/L, increasing from inlet to lake center and relatively low near the sewage outlet and planted reed beds. Redundancy analysis (RDA) shows that ammonia nitrogen, chemical oxygen demand, pH, chlorophyll and water temperature were the primary water environmental factors affecting the distribution of phytoplankton. Green algae were closely related to total nitrogen, blue algae were mainly affected by the total phosphorus, and diatoms were significantly affected by pH.

Key words: phytoplankton; water environment factors; temporal-spatial dynamics; Nanhai Lake