

北京翠湖国家湿地公园浮游植物群落及水体 营养状况分析

王岩东¹ 杜桂森^{*,1} 商晓静² 王博宇² 张富春² 李晓光² 张 强²

(1. 首都师范大学生命科学学院, 北京 100048; 2. 北京市海淀区翠湖湿地公园管理处, 北京 100194)

摘 要:北京翠湖湿地是北京市唯一的国家级城市湿地公园,为了给科学管理提供依据,2012 年 4 月至 11 月对该公园水体中的浮游植物进行了监测。从定性、定量水样中共检出浮游植物 8 门、73 属、154 种(包括变种),其中绿藻门占 50.6% (78 种),硅藻门占 24.0% (37 种)、蓝藻门占 12.3% (19 种)。浮游植物平均密度为 $14\,243.62 \times 10^4$ cell/L,其中绿藻门占 41.7%,硅藻门占 12.3%,蓝藻门占 37.2%。浮游植物群落属于绿藻-蓝藻-硅藻型。优势种群为富营养或严重富营养型水体指示种。翠湖浮游植物密度变化与水温呈显著正相关 ($P < 0.05$),与叶绿素 A 呈极显著正相关 ($P < 0.01$),与透明度呈负相关。浮游植物密度,透明度与叶绿素 a 的 TSI_M 指数 (56.28; 81.63),均显示翠湖为富营养—重富营养型水体。翠湖浮游植物多样性指数平均值: $H' = 1.50$; 均匀度指数平均值: $J = 0.32$,显示水体为中污染。翠湖为北京的城市湿地,在保护生物多样性、调节地区小气候、补充地下水、洪灾防控和社会文化等方面有重要作用,亟待治理水体富营养化,构建健康的水生态系统。

关键词:北京翠湖湿地公园;浮游植物;富营养;中污染

中图分类号:Q-9 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1006-6055.2014.01.014

Phytoplankton Community Structure and Water Bodies Trophic Status Analysis in Cuihu National Urban Wetland Park, Beijing

WANG Yandong¹ DU Guisen^{*,1} SHANG Xiaojing² WANG Boyu²

ZHANG Fuchun² LI Xiaoguang² ZHANG Qiang²

(1. College of Life Science, Capital Normal University, Beijing 100048;

2. Cuihu National Urban Wetland Park Service in Haidian District, Beijing 100194)

Abstract: Cuihu National Urban Wetland Park is the only one national urban wetland park in Beijing. In order to provide theoretical basis for scientific management, an investigation on community diversity of plankton was conducted at Cuihu during April to November in 2012. The results showed 154 species (variant) in 8 phyla were found, of which 50.6% were Chlorophyta, 24.0% were Bacillariophyta and 12.3% were Cyanophyta. The average density of planktonic algae was $14\,243.62 \times 10^4$ cells/L, of which Chlorophyta, Bacillariophyta and Cyanophyta accounted for 41.7%, 12.3% and 37.2%. The dominant species were eutrophic and serious eutrophic indicator species of water quality. The bivariate correlation analysis showed that the average density of planktonic algae was positively correlated with water temperature at a significant level of $P < 0.05$ and was positively correlated with Chl-A at a highly significant level of $P < 0.01$, while was negatively correlated with transparency. The TSI_M index showed that the water was serious eutrophication; the Shannon-Weaver diversity index was 1.5, and the Pielou index was 0.32, indicating the water was moderately polluted. It is emergency to improve the water environment in Cuihu National Urban Wetland Park and construct a healthy water ecological system.

Key words: Cuihu Lake Wetland Park in Beijing; phytoplankton; eutrophication; moderate pollution

1 引言

联合国发布的“千年生态环境评估”报告显示,在过去的 50 年,全球湿地的消失速度超过了其它任何生态系统。湿地的大量消失,威胁着人类的生态安全。北京市的天然湿地已经损失了 90% 以上,现

有湿地约 30 000 hm^2 , 人均湿地面积 0.001 8 hm^2 , 只有全国人均水平 (0.028 hm^2) 的 1/15.5, 世界人均水平的 1/118.3 (0.213 hm^2)^[1]。北京为国际化大都市,但生态环境比较脆弱,北京地区的湿地亟待保护和恢复。北京翠湖国家城市湿地公园位于北京市海淀区西北部, (40°05'N ~ 40°06'N, 116°10'E ~ 116°11'E), 属于南沙河流域。是 2005 年 5 月由国家住房和城乡建设部公布的九个国家城市湿地公园之一。翠湖湿地公园为人工修复的库塘型湿地,已

2013-8-19 收稿, 2013-10-10 接受

* 通讯作者, E-mail: duguisen@126.com

完成一期恢复面积 53 hm²,其中水域面积约 30 hm²,库容 45 万 m³(二期恢复湿地恢复工程正在进行之中,规划面积 156.7 hm²,其中水域面积 90 hm²)。翠湖湿地公园补给水源主要是由当地产生的地表水。湿地水循环的主体是地表水、再生水与上庄水库相互调剂。次循环是缓慢的渗漏与蒸发^[2]。翠湖湿地在补充地下水、保护生物多样性、改善地区小气候、洪灾防控、社会文化等方面发挥着重要作用。近些年来,对于北京地区湿地的水环境和生物多样性已有较多研究^[3-6],翠湖湿地公园的维管束植物和鸟类也有调查^[7],但水体中的浮游植物还未见报道。浮游植物作为湿地生态系统的重要组成部分以及食物链的基础环节,其群落结构特征是评价水环境质量的重要标准^[8,9]。本文于 2012 年对翠湖水体的浮游植物进行了调研,以期对翠湖湿地的水质改善和健康湿地生态系统的构建提供依据。

2 材料与方法

2.1 监测断面设置

翠湖湿地公园(一期,下同)中有 5 个大小、形态不同的湖,水体流动性较差,在各湖中心设立一个监测断面。因荷花塘面积较大且湖中种植大量挺水植物,因此在南北各设立一监测断面(图 1)。本次调查共选取 6 个具有代表性的监测断面,即:荷花塘 2 个(1[#]、2[#]),雁鸭湖 1 个(3[#]),边境湖 1 个(4[#]),天鹅湖 1 个(5[#])、芦苇塘(外围水系)1 个(6[#])。

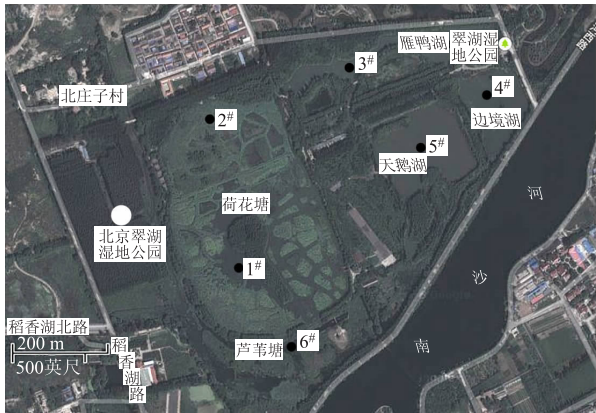


图 1 翠湖湿地公园浮游植物监测断面分布
(注:荷花塘中多个斑块为挺水植物群落与土质小岛)

Figure 1 The monitoring section distribution of phytoplankton in Cuihu Wetland Park
Ps: Many plaques are emerged plant communities and artificial islands in lotus pond

2.2 样品的采集与测定

2012 年 4 月~11 月,每月采样 1 次。由于各监测断面的水深均在 1m 左右,因此,定量样品只用采水器采取表层水(0.5 m 深)1 100 mL 放入瓶中,立即加入 1.0% 鲁哥氏液固定,带回实验室,定容1 000 ml,在标本瓶中沉淀 24 h 以上,用虹吸法浓缩至 30 mL,放入样品瓶中。取 0.1 mL 于计数框内,在 MOTIC 光学显微镜下鉴定、计数。每个样品计数 2 次,每次计数 20 个视野。2 次计数结果取平均值且相对偏差小于 15%^[10,11]。定性样品用 25[#]浮游生物网于水面下作“∞”字形捞取,将收集管中的水样注入标本瓶,甲醛固定^[12-14],于显微镜下观察、鉴定。每次取样时还同步测定水深、水温(温度计)、透明度(SD)(黑白盘)、叶绿素 a(Chla)(Eco Chlorophyll Fluoromrter Characterization Sheet,USA)。

2.3 数据分析

采用 SPSS19.0 软件,对实验数据进行 One-way ANOVA 方差分析,并用 LSD 分析法检验数据的差异性。

各样点的优势种用优势度(Y)表示,

$$Y = f_i \times p_i \tag{1}$$

式中, f_i 为第 i 种浮游植物出现的频率; p_i 为第 i 种浮游植物数量占浮游植物总数量的比例。当物种优势度大于 0.02 时,即为优势种^[15]。浮游植物物种多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J),

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \tag{2}$$

$$J = \frac{H'}{\log_2 N} \tag{3}$$

式中, s 为藻类的种数; N 为藻类的数量。水体富营养化程度评价采用修正的卡尔森营养状态指数(TSI_M),

$$TSI_M(\text{chl}a) = 10 \times (2.46 + \ln(\text{chl}a)/\ln 2.5) \tag{4}$$

$$TSI_M(\text{SD}) = 10 \times (2.46 + (3.69 - 1.53 \ln(\text{SD}))/\ln 2.5) \tag{5}$$

修正的 TSI_M 指数法,采用 0~100 的一系列连续数字对湖泊营养状态分级,TSI_M 值:<30 为贫营养;30~50 为中营养;50~100 为富营养。在同一营养状态下,指数值越高,其营养程度越重^[12]。

3 结果与讨论

3.1 翠湖湿地公园的水环境特征

2012 年 4~11 月份,翠湖湿地 5 个湖泊的平均

水深 106.9 ± 31.7 cm。表层水温平均为 $21.8 \pm 6.6^{\circ}\text{C}$, 8 月份最高。水体透明度年平均 41.9 ± 12.1 cm, 其中 4 月、8 月、11 月份透明度均较高, 且差异不显著 ($p=0.058$)。叶绿素 a 含量平均为 14.82 ± 10.5 $\mu\text{g/L}$, 除 4 月与 8 月份差异较显著外 ($p < 0.05$), 其他月份差异不大 (表 1)。在年周期中, 四项指标的变化趋势见图 3。水浅、水温较高、水浑浊 (黄绿色至土黄色)、透明度低、叶绿素 a 较高, 为翠湖湿地公园 5 个小湖的基本特征。 $\text{TSI}_M(\text{Chla}) = 56.28$; $\text{TSI}_M(\text{SD}) = 81.63$, 显示 5 个小湖均为富营养型水体。

表 1 2012 年 4 ~ 11 月份翠湖湿地公园水质理化参数
Table 1 Physicochemical parameters of water quality in Cuihu Lake Wetland Park, April to November 2012

时间	透明度 (cm)	水深 (cm)	水温 ($^{\circ}\text{C}$)	叶绿素 A ($\mu\text{g/L}$)
4 月	44.2 ± 8.6	111.7 ± 32.5	19.1 ± 0.66	10.82 ± 3.4
5 月	40.8 ± 6.6	101.7 ± 37.8	22.3 ± 0.4	11.74 ± 5.7
6 月	38.3 ± 5.2	106.2 ± 27.7	27.5 ± 0.98	13.98 ± 7.2
7 月	37.5 ± 18.6	111.3 ± 34.6	27.8 ± 0.75	16.27 ± 10.8
8 月	43.3 ± 14.0	95.0 ± 41.8	29.0 ± 1.1	19.55 ± 12.2
9 月	36.3 ± 10.5	117.3 ± 27.9	23.0 ± 1.1	15.19 ± 13.4
10 月	38.0 ± 12.4	104.2 ± 37.9	16.2 ± 0.4	15.96 ± 8.4
11 月	56.7 ± 7.6	107.5 ± 24.4	9.2 ± 1.0	15.08 ± 17.6
平均	41.9 ± 12.1	106.9 ± 31.7	21.8 ± 6.6	14.82 ± 10.5

3.2 浮游植物群落组成与优势种群

3.2.1 浮游植物群落组成

从北京翠湖湿地公园 5 个小湖的定性、定量水样中共检出浮游植物 8 门 73 属 154 种 (包括变种), 其中绿藻门 (Chlorophyta) 种数最多, 有 78 种, 占总物种数的 50.65%, 硅藻门 (Bacillriophyta) 次之, 有

37 种 (占 24.03%), 蓝藻门 (Cyanophyta) 19 种 (占 12.34%), 裸藻门 (Euglenophyta) 15 种 (占 9.74%), 黄藻门 (Xanthophyceae)、隐藻门 (Cryptophyta)、甲藻门 (Pyrrophyta) 和金藻门 (Chrysophyta) 的种类较少, 只发现 1 ~ 2 种, 占总物种数的 0.65% ~ 1.30% (表 2)。

各监测断面浮游植物群落组成有差异, 1[#]监测断面种类最多 (111 种); 3[#]种类最少 (80 种)。黄藻门的 2 种藻类只在 1[#]、2[#]、3[#]断面检测到。各监测断面浮游植物群落主要由绿藻门、硅藻门、蓝藻门组成, 占各断面浮游植物种类的 85.57% ~ 90.59%, 裸藻门、黄藻门、隐藻门、甲藻门和金藻门种类较少, 仅占 9.41% ~ 14.43%。

3.2.2 浮游植物群落中的优势种群与指示作用

翠湖湿地浮游植物优势种随季节而变化 (表 3)。春季 (4 ~ 5 月份), 优势度大于 0.02 的优势种共 4 门 7 种, 包括硅藻门 3 种、绿藻门 1 种、蓝藻门 1 种、裸藻门 2 种, 其中以硅藻门小环藻优势度最高 ($Y=0.36$)。夏季 (6 ~ 8 月份) 优势种共 4 门 11 种, 包括蓝藻门 2 种、绿藻门 4 种、硅藻门 3 种、裸藻门 2 种, 其中, 蓝藻门的微小色球藻优势度最高 ($Y=0.41$)。秋冬季 (9 ~ 11 月份) 发现的优势种共 5 门 10 种, 包括绿藻门 2 种、硅藻门 3 种、蓝藻门 2 种、裸藻门 2 种、隐藻门 1 种, 其中绿藻门小球藻占绝对优势 ($Y=0.77$)。翠湖浮游植物群落中优势种群的年周期演替, 除营养外, 主要受光照强度与水温的制约。

表 2 各门浮游植物种类数及所占比例 Table 2 Species number of each phytoplankton phylum and their proportion									
门类	绿藻门 Chl.	硅藻门 Bac.	蓝藻门 Cya.	裸藻门 Eug.	黄藻门 Xan.	隐藻门 Cry.	甲藻门 Pyr.	金藻门 Chr.	合计
物种数	78	37	19	15	2	1	1	1	154
%	50.65	24.03	12.34	9.74	1.30	0.65	0.65	0.65	100.00

表 3 2012 年 4 ~ 11 月份翠湖浮游植物优势种群 Table 3 The dominant species of phytoplankton in Cuihu Wetland Park, April to November 2012				
门	种	春季 (4 ~ 5 月)	夏季 (6 ~ 8 月)	秋季 (9 ~ 11 月)
绿藻门 (Chlorophyta)	小球藻 (<i>Chlorella vulgaris</i>)	√	√	√
	镰型纤维藻 (<i>Ankistrodesmus falcatus</i>)		√	
	龙骨栅藻 (<i>Scenedesmus cavinatus</i>)		√	√
	小球衣藻 (<i>Chlamydomonas microspiraera</i>)		√	
硅藻门 (Bacillriophyta)	小环藻 (<i>Cyclotella sp.</i>)	√	√	√
	钝脆杆藻 (<i>Fragilaria capucina</i>)	√	√	
	尖针杆藻 (<i>Synedra acus</i>)			√
	直链藻 (<i>Melosira sp.</i>)	√	√	√
蓝藻门 (Cyanophyta)	微小色球藻 (<i>Chroococcus minutus</i>)	√	√	√
	银灰平裂藻 (<i>Merismopedia glauca</i>)		√	√
裸藻门 (Euglenophyta)	长尾扁裸藻 (<i>Phacus longicauda</i>)	√	√	√
	血红裸藻 (<i>Euglena sanguinea</i>)	√	√	√
隐藻门 (Cryptophyta)	卵形隐藻 (<i>Cryptomonas ovata</i>)			√

浮游植物多为单细胞或群体,形态结构简单,处于食物链的开始端,对水环境的变化反应较敏感,其优势种群和密度,对水体的营养程度有指示作用,是国内外进行水环境监测的首选项目。在翠湖常见优势种群中的小环藻、裸藻、衣藻、栅藻、平裂藻、微囊藻均为重富营养型水体的指示种;小球藻、直链藻、隐藻等均是富营养型水体指示种^[12]。同时,这些优势种也是耐有机污染的藻类^[16]。证明翠湖是富营养-重富营养型水体,以有机污染为主。

3.3 浮游植物密度与分布

3.3.1 浮游植物密度

2012 年,翠湖浮游植物平均密度为 $14\,243.62 \times 10^4$ cell/L,其组成以绿藻门、蓝藻门、硅藻门为主,分别占总密度的 41.65%、37.21%、12.32%,其次为裸藻(7.42%)。各月份密度范围在 $5\,562.77 \times 10^4 \sim 30\,105.32 \times 10^4$ cell/L 之间(表 4)。

如表 4 所示,翠湖浮游植物密度的季节变化较大,表现为夏季(8 月)最高,达 $30\,105.32 \times 10^4$ cell/L,其次为秋季(9 月) $21\,682.98 \times 10^4$ cell/L,冬季(11 月)浮游植物密度最低,仅为 $5\,562.77 \times 10^4$ cell/L。方差分析显示,8 月与 9 月藻细胞密度监测结果没有显著性差异($p > 0.05$),其他 6 个月(4、5、6、7、10、11 月)之间差异亦不显著($p > 0.05$);但 8 月与 4 月、11 月藻细胞密度监测结果均呈显著性差异($p < 0.05$)。由此可见,翠湖浮游植物密度呈现出夏秋季较高,冬春季较低的变化趋势,原因可能是夏季光照强、水温高,利于蓝藻和绿藻的增值,使细胞密度明显上升。冬春季光照、水温等条件不适宜蓝绿藻生长,导致细胞密度明显下降。这与优势种群的分析结果相一致。

在年周期中,翠湖浮游植物密度变化与水温呈显著正相关,相关系数为 0.355* ($p < 0.05$);与叶绿素 A 呈极显著正相关,相关系数为 0.519** ($p < 0.01$);与透明度呈负相关,相关系数 -0.257,相关

性并不显著(图 2),其原因可能与翠湖上覆水中有机和无机悬浮物较多,水较浑有关。

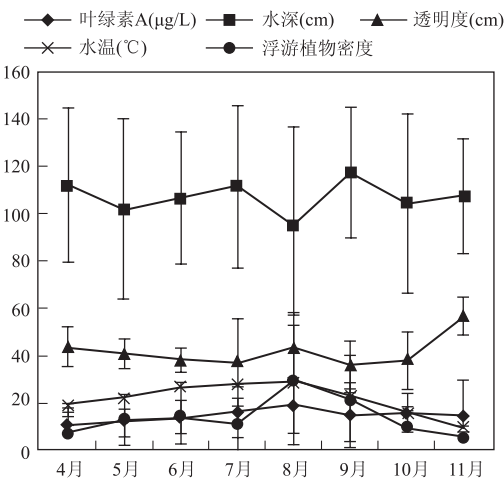


图 2 浮游植物密度与水质理化指标动态变化

Figure 2 The dynamic of cell density and physicochemical parameters of water quality

利用浮游植物密度评价水体的营养程度,近些年来已有较多应用。2012 年翠湖浮游植物密度平均为 142.44×10^6 cells/L,显示翠湖为重富营养型水体^[17]。

3.3.2 各监测断面浮游植物密度比较

6 个监测断面中,4[#]~6[#]断面之间浮游植物密度差异不显著($p > 0.05$),且普遍高于 1[#]~3[#]断面,1[#]与 2[#]和 3[#]断面之间均呈极不显著性差异($p = 0.976$ 、 $p = 0.844$)。5[#]断面与 1[#]~3[#]断面均为极显著性差异($p < 0.01$)。3[#]断面细胞密度最低,为 825.00×10^4 cell/L;5[#]断面细胞密度最高,达 $4\,984.31 \times 10^4$ cell/L,其次为 6[#]断面,藻细胞密度为 $3\,557.71 \times 10^4$ cell/L(图 3)。

分析其原因,1[#]与 2[#]断面同属于荷花塘,水环境、浮游植物组成及密度均相似。3[#]断面所代表的雁鸭湖,为湖体狭长,水面较大,水层较深,滨岸带有水生或湿生维管束植物生长,偶见鸟类在湖区觅食,

表 4 翠湖湿地公园各门浮游植物密度($\times 10^4$ cells/L) 及比例(%)

Table 4 Cell density of each phytoplankton phyla and their proportions in Cuihu Wetland Park ($\times 10^4$ cells/L, %)										
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	平均值	各门 %
硅藻门	3 593.62	1 461.70	1 350.00	1 200.00	1 365.96	762.77	1 672.34	2 626.60	1 754.12	12.3
绿藻门	3 596.81	4 736.17	5 514.89	5 093.62	7 567.02	14 361.70	4 847.87	1 742.55	5 932.58	41.7
蓝藻门	590.43	3 606.38	6 114.89	3 430.85	19 091.49	6 070.21	2 565.96	931.91	5 300.27	37.2
隐藻门	197.87	44.68	98.94	35.11	0.00	15.96	111.70	0.00	63.03	0.4
裸藻门	242.55	2961.70	861.70	1 426.60	2 042.55	434.04	367.02	118.09	1056.78	7.4
金藻门	31.91	38.30	663.83	0.00	6.38	3.19	0.00	0.00	92.95	0.6
黄藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19	9.57	12.77	143.62	21.14	0.2
甲藻门	12.77	28.72	79.79	6.38	28.72	25.53	0.00	0.00	22.74	0.2
合计	8 265.96	12 877.66	14 684.04	11 192.55	30 105.32	21 682.98	9 577.66	5 562.77	14 243.62	100.0

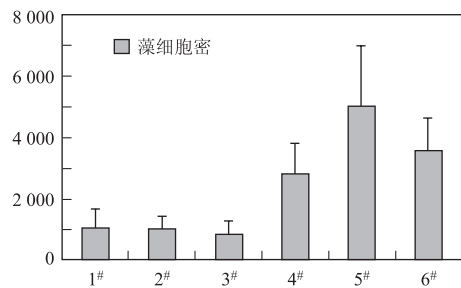


图 3 各监测断面浮游植物细胞密度

Figure 3 Phytoplankton cell density of each monitoring section

大大降低了生源物质的输入,导致此监测断面藻细胞密度较低。5[#](天鹅湖)为黑天鹅、鸬鹚、鸿雁等大型水鸟的栖息、觅食地,鸟类的代谢物直排湖中,生源物质丰富,浮游植物密度最大。6[#]断面水域位于翠湖外围,水源引自上庄水库,加之水不流动,腐烂的水生、湿生维管束植物较多,水质一直较差,常年呈深褐色~黑绿色并伴有异味,此处主要以直链藻、裸藻等富营养化指示藻种占优势,细胞密度也较高。

3.4 浮游植物多样性指数与水质评价

3.4.1 多样性指数

2012 年翠湖湿地公园各监测断面浮游植物多样性指数(H')在 0.91~2.01 之间,最低值出现在 9 月份的 5[#]监测点,最高值出现在 7 月份的 2[#]监测点,平均值为 1.50 ± 0.32 ;均匀度指数(J)在 0.18~0.51 之间,9 月份 5[#]监测点最低,4 月份的 1[#]监测点最高,平均值为 0.32 ± 0.07 。图 4 显示的是各监测断面间浮游植物多样性指数与均匀度指数之间的差异。

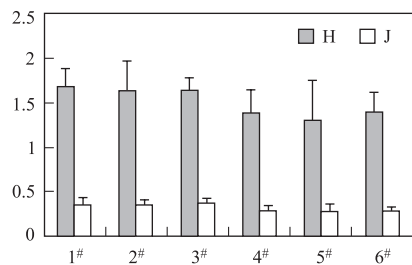


图 4 各监测断面浮游植物多样性指数(H')与均匀度指数(J)

Figure 4 Phytoplankton diversity index (H') and evenness index (J) of each monitoring section

经分析,5[#]监测断面年平均 H' 仅为 1.36 ± 0.22 ,与 1[#]~3[#]监测断面差异显著($P < 0.05$),与 4[#]、6[#]监测断面差异不显著($P > 0.05$),1[#]~3[#]监测断面 H' 差异不显著。1[#]~3[#]监测断面之间均匀度 J 差异不显著($P > 0.05$),4[#]~6[#]监测断面之间 J 亦无显著性差异($P > 0.05$),但 3[#]监测断面与 4[#]、5[#]、6[#]监测断面 J

值差异极显著($P < 0.01$)。

数据显示,5[#]断面的多样性指数(H')与均匀度指数(J)均较低,且与其他断面差异显著,分析其原因可能与其独特的环境有关,由于 5[#]断面长期栖息着各种鸟类,使得水质较差且富营养化严重,导致只有少数耐污种才能在此生长,因此多样性差。这与图 3 中浮游植物细胞密度的结果相一致。

图 5 即 2012 年不同月份浮游植物多样性指数的变化,各月份之间均匀度指数 J 无明显差异($P > 0.05$),9 月份浮游植物 H' 值最低,与 6、7 月份差异显著($P < 0.01$)。9 月份处于夏末秋初时节,温度的突然变化使得适应温热环境的蓝绿藻无法正常生长,可能是导致此时浮游植物多样性较低的原因。

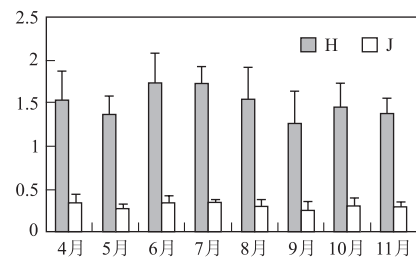


图 5 2012 年 4~11 月份翠湖浮游植物多样性指数(H')与均匀度指数(J)

Figure 5 Phytoplankton diversity index (H') and evenness index (J), April to November in 2012

3.4.2 翠湖水体污染状况分析

浮游植物的多样性指数是常用的水质评价指标。水体受污染后,浮游植物群落往往出现种类减少而某些抗性强的个体大量增加的倾向,导致多样性指数下降,因此多样性指数可反映水体的污染情况,指数越高,说明水质污染程度越轻^[18]。常用的多样性指数为 Shannon - Veener 指数,该指数对浮游植物物种数量的变化较敏感,能够较好地反映浮游植物群落多样性,一般认为是反映浮游植物多样性较好的指数^[19]。一般评价指标为: $H' > 3$ 为轻或无污染、1~3 为中污染、0~1 为重污染。 J 值在 0.5~0.8 为轻或无污染、0.3~0.5 为中污染、0~0.3 为重污染的评价标准^[16,20]。

2012 年,翠湖各监测断面普遍处于中污染状态,其中 9 月份水质较差, H' 值为 1.27 ± 0.37 、 J 值为 0.27 ± 0.09 ,属于重污染时段。如表 5 所示,在 6 个监测面中,4[#]、5[#]、6[#]监测断面水质明显差于其他 3 个断面,在一年中均出现过重污染情况。其中,5[#]监测断面在 9 月份时 H' 值为 0.91, J 值为 0.18,两项指标均显示其水体处于严重污染状况,水质为全年

表 5 各监测断面水质污染评价

Table 5 Assessment of water pollution in each monitoring section

监测断面	<i>H'</i>			<i>J</i>			评价
	>3	1~3	0~1	0.5~0.8	0.3~0.5	0~0.3	
	轻或无污染	中污染	重污染	轻或无污染	中污染	重污染	
1 [#]		1.68			0.35		中污染
2 [#]		1.63			0.34		中污染
3 [#]		1.64			0.37		中污染
4 [#]		1.38				0.28	重污染
5 [#]		1.3				0.27	重污染
6 [#]		1.38				0.28	重污染

最差,这与浮游植物细胞密度监测结果相一致。

4 结论

1) 翠湖湿地(一期)经过二、三十年的建设已初具规模,2012 年的首次监测结果显示:水体中的浮游植物群落为绿藻 - 蓝藻 - 硅藻型,密度为 $14\,243.62 \times 10^4$ cell/L。浮游植物密度、优势种群和透明度与叶绿素 a 的 TSI_M 指数,均显示翠湖(5 个小湖)为富营养—重富营养型水体。

2) 在年周期中(4~11 月),翠湖浮游植物密度变化呈现出夏秋季较高,冬春季较低的变化趋势,且差异显著($p < 0.05$)。密度变化与水温呈显著正相关($P < 0.05$),与叶绿素 A 呈极显著正相关($P < 0.01$),与透明度呈负相关(相关系数为 -0.257)。

3) 翠湖浮游植物多样性指数平均值: $H' = 1.50$;均匀度指数平均值: $J = 0.32$,显示水体为中污染,但 4[#]、5[#]、6[#] 水体有向重污染发展的趋势。浮游植物群落中的优势种群均为耐有机污染类型。

4) 对翠湖(5 个小湖)的威胁,主要是由有机污染造成的水体富营养化及其容易引发的水华。改善水环境、治理富营养化、构建健康的水生态系统,为翠湖城市湿地公园建设亟待解决的问题。

参考文献

[1] 沙海江. 生命之源 生存之本——北京市海淀区翠湖国家城市湿地公园建设刍议[J]. 湿地科学与管理,2012,8(01):60-62.

[2] 李晓光,刘筱竹. 翠湖湿地公园水域生物多样性保护与成效[J]. 湿地科学与管理,2012,8(01):20-23.

[3] JIA Xiaohui, DU Guisen, LIU Xiaoduan, et al. Analysis of plankton community and nutritive state on Miyun Reservoir, Beijing[J]. CHENIA,2007,9:293-302.

[4] 刘操,杜桂森,黄炳彬,等. 永定河水系人工湿地系统中的生物多样性与水质变化[J]. 生态学报,2007,27(9):3 670-3 677.

[5] WANG Zhengjun, HONG Jianming, DU Guisen. Use of satellite imagery to assess the trophic state of Miyun Reservoir, Beijing, China [J]. Environmental Pollution,2008,155:13-19.

[6] 陈卫,胡东,付必谦,等. 北京湿地生物多样性研究[M]. 北京:科学出版社,2007.

[7] 李晓光. 翠湖湿地公园水生植物资源及其保护与管理[J]. 湿地科学与管理,2012,8(04):23-26.

[8] CARDINALE B J, PALMER M A, COLLINS S L. Species diversity enhances ecosystem functioning through interspecific facilitation [J]. Nature,2002,415:426-429.

[9] SANNA S, MARIA L, MAIJA H. Long-term changes in summer phytoplankton communities of the open northern Baltic Sea . Estuarine [J]. Coastal and Shelf Science,2007,71:580-592.

[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] 章宗涉,黄祥飞. 淡水浮游动物研究方法[M]. 北京:科学出版社,1991.

[12] 金相灿,屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 第 2 版. 北京:中国环境科学出版社,1990.

[13] 翁建中,徐恒省. 中国常见淡水浮游藻类图谱[M]. 上海:上海科学技术出版社,2010.

[14] 胡鸿钧. 中国淡水藻类[M]. 上海:上海科学技术出版社,1980.

[15] LAMPITT R S, WISHNER K F, TURLEY C M, et al. Marine snow studies in the Northeast Atlantic Ocean: distribution, composition and roles as a food source for migrating plankton[J]. Marine Biology,1993,116(4):680-702.

[16] 沈韫芬,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,1990:136.

[17] 况琪军,马沛明,胡征宇,等. 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,2005,5(2):87-90.

[18] 王新华,纪炳纯,李明德,等. 引滦工程上游浮游植物及其水质评价[J]. 环境科学研究,2004,17(4):18-24.

[19] 雷安平,施之新,魏印心. 武汉东湖浮游藻类物种多样性的研究[J]. 水生生物学报,2003,27(2):179-184.

[20] 周广杰,况琪军,胡征宇,等. 三峡库区四条支流藻类多样性评级及“水华”防治[J]. 中国环境科学,2006,26(3):337-341.

作者简介

王岩东(1989-),女,硕士研究生,主要研究方向:湿地生态学。