

采煤塌陷区生态修复湿地浮游植物群落特征及水质评价

——以潘安湖湿地为例

钱奎梅¹, 刘霞², 谭珍珍¹, 刘文慧¹

(1.徐州工程学院 环境工程学院, 江苏 徐州 221018; 2.中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要:浮游植物是湿地生态系统中最重要初级生产者,为揭示潘安湖湿地浮游植物群落分布特征及评价潘安湖湿地的水质状况,于2023年1、4、7、10月对徐州市潘安湖湿地(人工修复的采煤塌陷湿地)进行调查研究.结果表明,潘安湖湿地浮游植物共检出6门82种,优势种为蓝藻门的尖头席藻(*Phormidium acutissimum*)和大螺旋藻(*Spirulina major*).冗余分析(RDA)结果显示,电导率、水温、总氮和总磷对浮游植物总生物量的影响较大,其中水温、溶解氧、总氮、总磷主导了尖头席藻的分布.浮游植物多样性指数(H' =1.90)、均匀度指数(J =0.75)及丰富度指数(D =2.67)表明群落结构较稳定,水质综合评价显示潘安湖处于轻度至中度污染状态.研究揭示了采煤塌陷修复湿地的浮游植物生态特征,为人工湖泊的水质管理和生态修复效果评估提供科学依据.

关键词:潘安湖湿地;浮游植物群落结构;生物多样性分析;水质评价

中图分类号:X524

文献标志码:A

文章编号:1000-2367(2026)04-0047-06

采煤塌陷区生态修复关系着矿区的可持续发展,是我国煤炭资源型城市普遍面临的问题.潘安湖湿地是采煤塌陷区改造成人工湿地的典型代表^[1],潘安湖通过与京杭运河等水体的水系连通,驱动区域水体交换、能量流动及生物地球化学循环等关键过程,进而在区域水网中承担生态调节与景观服务功能^[2].然而,人工湿地的生态系统稳定性仍需长期监测,其水质状况更是直接关系到生态修复的成效,是评估修复效果和系统可持续性的重要科学依据.浮游植物作为水生生态系统的初级生产者和环境指示生物,其群落结构能敏感反映水环境变化^[3].研究表明,采煤塌陷区修复水体常面临富营养化风险,源于其大量氮磷输入与水文条件改变^[4-6].目前对潘安湖的研究多集中于物理化学特征^[5-6],对浮游植物群落的研究鲜见报道.本研究通过对潘安湖湿地进行季节性采样,揭示潘安湖浮游植物群落特征,分析影响潘安湖湿地群落结构的关键环境因子,评估潘安湖湿地水质状况.研究结果可为潘安湖的富营养化防控和生态管理提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

潘安湖湿地是徐州市贾汪区境内的一个人工湖泊,面积为0.068 km²,是在徐矿集团权台矿和旗山矿的采煤塌陷区域上经过10 a的生态修复而建成的,其水体相接于京杭大运河、屯头河、不牢河,是徐州整个水域网的重要组成部分.

收稿日期:2024-12-19;修回日期:2025-03-31.

基金项目:国家自然科学基金(31600345);徐州市推动科技创新专项资金资助项目(KC22344).

作者简介:钱奎梅(1982—),女,江苏连云港人,徐州工程学院副教授,博士,研究方向为淡水生态学,E-mail:qiankuimei@163.com.

通信作者:刘霞,E-mail:xliu@niglas.ac.cn.

引用本文:钱奎梅,刘霞,谭珍珍,等.采煤塌陷区生态修复湿地浮游植物群落特征及水质评价——以潘安湖湿地为例[J].河南师范大学学报(自然科学版),2026,54(4):47-52.(Qian Kuimei,Liu Xia,Tan Zhenzhen,et al.Characteristics of phytoplankton community and water quality evaluation in ecological restoration wetlands of coal mining subsidence areas:a case study of Pan'an Lake wetland[J].Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition),2026,54(4):47-52.DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2024.12.19.0001.)

1.2 研究方案及分析方法

1.2.1 研究方案

本次研究在潘安湖湿地公园布设了 5 个采样点(附录图 S1),1# 为神农码头,2# 为徐州潘安水镇,3# 为池杉林湿地,4# 为鹭飞码头,5# 为白鹭码头.采样时间为 2023 年 1、4、7 和 10 月.现场采样过程中,分别在表层、中层(水下 50 cm)和底层(水下 100 cm)进行水样采集,混合之后作为最终样品,取 1 L 水样作为浮游植物样品,并加入 10 mL 鲁哥氏液固定,在实验室内静置 48 h 以上,之后浓缩至 30 mL 作为浮游植物定量样品.充分摇匀后,吸取 0.1 mL 至 20 mm×20 mm 浮游植物计数框,在 Olympus BX53 显微镜下计数.藻类鉴定方法参照文献[3].浮游植物生物量=浮游植物生物学密度×体积×10⁻⁹[7],此处浮游植物生物学密度单位为 g/cm³,体积单位为 μm³,丰度单位为 cells/L,生物量单位为 mg/L.采样同时利用透明度盘测量水体的透明度(SD),利用 YSI6600V2 多参数水质监测仪测定溶解氧(DO)、水温(WT)、氧化还原电位、电导率(EC)、pH 值等指标.总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH₄⁺-N)等指标根据文献[7]进行测定.

1.2.2 分析方法

采用 Shannon-Wiener 多样性指数(*H'*)、Pielou 均匀度指数(*J*)、Margalef 丰富度指数(*D*)进行浮游植物多样性评价^[8],采用 Mcnaughton(麦克诺顿)优势度指数(*Y*)判定浮游植物优势种^[9].利用 SigmaPlot 12.0 软件完成绘图,利用 SPSS 17.0 进行水质数据的差异分析,利用 R 4.4.2 完成浮游植物与水质因子的 RDA 分析.

2 研究结果

2.1 理化特征

潘安湖湿地不同采样点的理化特征差异见附录图 S2.其中氧化还原电位平均值为 127.0 mV;3# 采样点的氧化还原电位最低,为 45.8 mV;其余采样点氧化还原电位相对较高,为 134.5~171.3 mV.pH 值平均为 8.5,4# 采样点的 pH 值最低,为 8.2,其余样点 pH 值相对较高,为 8.5~8.7.DO 平均值为 8.34 mg/L;4# 采样点的 DO 最低,为 6.3 mg/L;其余采样点的 DO 相对较高,为 8.4~9.7 mg/L.5 个采样点的电导率相差不大,为 959.0~984.0 μS/cm,平均值为 965.2 μS/cm.透明度介于 18.0~30.0 cm 之间,平均值为 26 cm,各位点间无显著性差异.TN 平均值为 2.534 mg/L,5 个采样点 TN 无显著性差异,介于 2.377~2.913 mg/L 之间.TP 平均值为 0.255 mg/L,5 个采样点的总磷介于 0.202~0.274 mg/L.NH₄⁺-N 平均值为 0.248 mg/L,5 个采样点 NH₄⁺-N 无显著性差异,介于 0.151~0.329 mg/L 之间.

潘安湖湿地不同采样时间的氧化还原电位、pH、DO、EC、SD、TN、TP 和 NH₄⁺-N 差异见附录图 S3.从图 S3 可以看出,四个季节的氧化还原电位无显著性差异,介于 116.0~134.0 mV 之间.1 月份的平均水温最低,为 1.0 ℃,7 月份的平均水温最高,为 31.5 ℃.4 个季节的 pH 值和 DO 无显著性差异.7 月份 EC 最低,为 878.8 μS/cm;最高在 10 月份,为 1 090.4 μS/cm.SD 在 7 月份最低,为 18 cm,最高在 1 月份,为 35 cm.TN、NH₄⁺-N 和 TP 在 7 月份最高,分别为 6.324、0.685 和 0.415 mg/L;1 月份最低,分别为 0.578、0.014 和 0.157 mg/L.

2.2 潘安湖湿地浮游植物群落结构特征

2.2.1 潘安湖湿地浮游植物种类组成

潘安湖湿地浮游植物共检出 6 门 30 科 82 属 82 种,包括蓝藻门、隐藻门、硅藻门、金藻门、甲藻门和绿藻门,其中绿藻门种类最多(43 种),占 52.44%;蓝藻门(21 种)次之,占 25.60%.潘安湖湿地不同区域的浮游植物群落分布如图 1(a)所示.5 个采样点的浮游植物平均生物量在 3.12~9.55 mg/L 之间浮动.其中 1# 采样点浮游植物平均生物量最大,为 9.55 mg/L,2# 采样点次之,为 7.64 mg/L;4# 采样点浮游植物平均生物量最小,为 3.12 mg/L.1# 采样点浮游植物主要由绿藻门、蓝藻门和硅藻门组成,分别占总生物量的 35.82%、25.53%和 20.48%.2# 采样点浮游植物主要由硅藻门和蓝藻门组成,分别占总生物量的 45.13%和 25.41%.3# 采样点浮游植物主要由硅藻门和绿藻门组成,分别占总生物量的 41.69%和 26.97%.5# 采样点浮游植物生物量主要由硅藻门、蓝藻门和绿藻门组成,分别占总生物量的 39.49%、27.25%和 16.50%.

不同采样时间的浮游植物生物量如图 1(b)所示,7 月份的浮游植物总生物量相对较高,而另外几个采样

时期的浮游植物总生物量相对较低,且相差不大.从浮游植物的群落分布来说,1 月份的硅藻门相对较高,占总生物量的 54.81%,其次为蓝藻门,占总生物量的 14.49%;4 月份的绿藻门和硅藻门相对较高,分别占总生物量的 44.25%和 32.17%;7 月份的硅藻门和蓝藻门相对较高,分别占总生物量的 42.29%和 36.08%;10 月份的蓝藻门相对较高,占总生物量的 43.12%,其次为硅藻门和绿藻门,分别占总生物量的 18.79%和 16.64%.

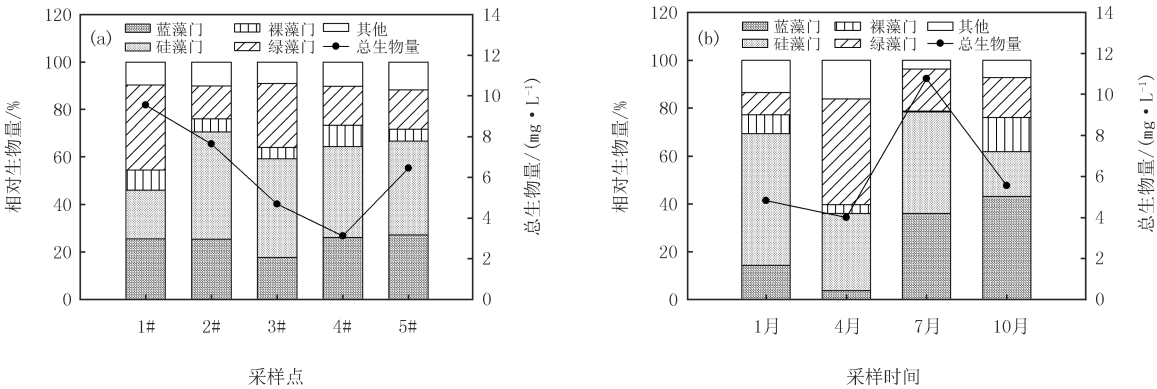


图1 潘安湖湿地不同采样点(a)和不同采样时间(b)的浮游植物生物量
Fig.1 Biomass of phytoplankton in different regions(a) and different sampling periods(b) of Pan'an Lake wetland

2.2.2 潘安湖湿地浮游植物优势种和生物多样性指数

潘安湖湿地浮游植物优势种如附录表 S1 所示.就潘安湖湿地全部区域来看,第一优势种为尖头席藻 (*Phormidium acutissimum*),第二优势种为大螺旋藻(*Spirulina major*).

潘安湖湿地不同采样点浮游植物的多样性指数、均匀度指数和丰富度指数如图 2(a)所示.多样性指数 H' 变动范围为 1.11~2.96,1# 采样点最高,为 2.96,2# 采样点最低,为 1.11;均匀度 J 差异范围为 0.39~1.19,1# 采样点最高,为 1.19,2# 采样点最低,为 0.39;物种丰富度指数 D 变动范围为 2.56~2.82,2# 采样点最高,为 2.82,3# 采样点最低,为 2.56.

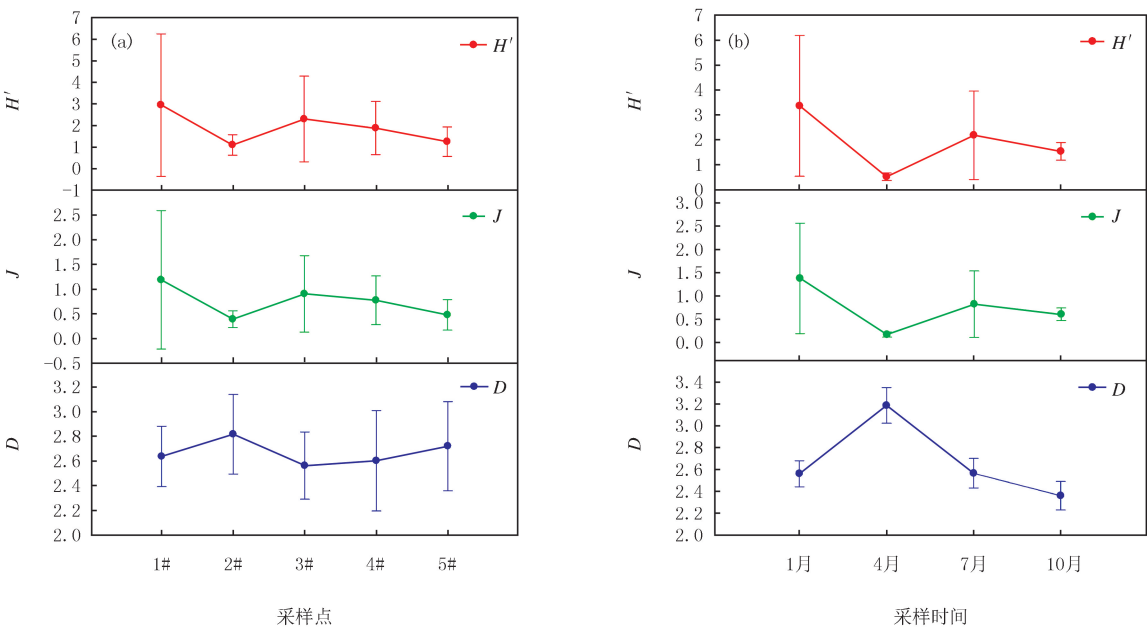


图2 潘安湖湿地不同采样点(a)和不同采样时间(b)的浮游植物生物量
Fig.2 Biodiversity index of phytoplankton in different regions(a) and different sampling periods(b) of Pan'an Lake wetland

潘安湖湿地不同采样时间浮游植物的多样性指数、均匀度指数和丰富度指数如图 2(b)所示.多样性指数 H' 变动范围为 0.52~3.36,均值为 1.90;均匀度 J 差异范围为 0.17~1.38,均值为 0.75;物种丰富度指数

D 变动范围为 2.56~2.82,均值为 2.67.

2.3 浮游植物群落和环境因子的关系

对潘安湖浮游植物群落组成、优势种与环境因子之间的关系进行冗余分析(图 3),分析结果显示:第一轴能够解释所有信息的 86.96%,第二轴能解释 8.70%,两者累计解释信息量达 95.66%.由此可知,前两轴能够很好地反映潘安湖浮游植物群落组成与环境因子的关系,并且主要是由第一轴决定.电导率、水温、总氮和总磷对浮游植物总生物量的影响较大,而影响蓝藻门和优势种尖头席藻分布的是 WT、DO、TN 和 TP,对硅藻门和绿藻门分布影响较大的是 EC、TN、TP 和 SD.

3 讨论

3.1 潘安湖湿地浮游植物群落结构分析

本研究显示,潘安湖湿地浮游植物以蓝藻门(尖头席藻、大螺旋藻)和绿藻门为主,硅藻门次之,这一组成模式与典型富营养化浅水湖泊的群落特征高度吻合^[10].潘安湖蓝藻门的尖头席藻和大螺旋藻是全年浮游植物优势种,因为这两种藻类适应温暖、混合浑浊、透明度低、高碱性浅水生境^[11],与淮南潘谢矿区塌陷湖泊^[4]以及山东省鱼台县采煤塌陷区^[12]的优势类群类似,表明采煤塌陷区生态修复之后的水域环境特征较为一致.值得关注

的是,硅藻门在冬季生物量占比显著升高(54.81%),可能与该季节透明度提升(35 cm)及低温抑制蓝藻生长有关^[13].研究表明,硅藻在低温(<10℃)下具有较高的光合效率,透明度升高时可充分利用光能^[10].Nielsen 等^[14]通过实验证明,透明度增加(>30 cm)时硅藻生物量显著上升,因其对光强变化的适应范围更广.蓝藻在高温(>20℃)下具有竞争优势,低温会抑制其固氮酶活性,而硅藻可通过低温适应性酶系统保持活性^[15].这也就解释了 1 月硅藻生物量占比高而蓝藻生物量占比低的现象.

3.2 环境因子对浮游植物群落结构的影响

RDA 分析表明,电导率、水温、总氮、总磷是影响潘安湖湿地浮游植物总生物量的主要水环境因子.电导率(平均 965.2 μS/cm)反映水体离子强度,电导率的高低直接关系到水中营养物质的溶解度,影响藻类对这些营养盐的吸收利用,进而影响其生长和繁殖^[10].本研究中,电导率与浮游植物总生物量、硅藻门和绿藻门均呈显著相关性.蓝藻门通常在较高水温(20~35℃)下繁殖迅速^[16],本研究中,水温(1.0~31.5℃)的季节性差异会引起群落演替,7 月高温期(31.5℃)蓝藻生物量占比达 36.08%,印证了蓝藻在高温下的代谢优势:其固氮酶活性在 25~35℃达到峰值,可在氮限制条件下维持生长^[16].本研究中,DO 与蓝藻门生物量及优势种尖头席藻呈显著正相关,可能与蓝藻伪空泡上浮导致底层缺氧有关^[17].RDA 分析显示发现,总氮总磷质量浓度与浮游植物总生物量、硅藻门及绿藻门生物量呈显著负相关($P<0.05$),而与蓝藻门生物量呈极显著正相关($P<0.01$).这一现象可能与不同藻类对营养盐的竞争策略有关:蓝藻门具有高效磷吸收机制与固氮能力,高营养盐环境中可借群体结构占据生态位优势;硅藻和绿藻更适应寡营养条件,高浓度氮磷或通过抑制其光合作用效率、促进其他竞争物种生长,间接导致其生物量下降^[18].

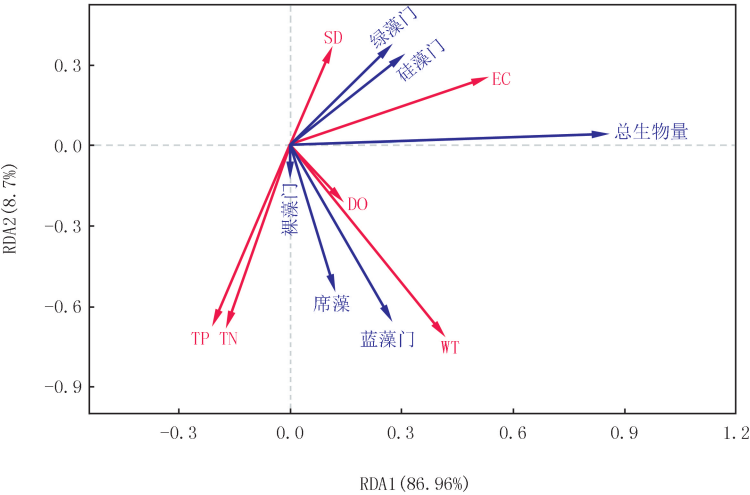


图3 潘安湖湿地浮游植物与环境因子的RDA分析
Fig.3 Redundancy analysis between phytoplankton and environmental factors in Pan'an Lake wetland

3.3 潘安湖湿地浮游植物的生物多样性分析

通常浮游植物的多样性指数越高,说明物种的种类越多,其群落结构越复杂,群落抵抗外界干扰的能力越强,群落越稳定,水质也越好^[15];而当水体受到污染时,敏感型种类消失,多样性指数减小,群落结构趋于简单,稳定性变差,水质下降^[16].也有研究发现不同多样性指数评价水质时会出现结果不一致的现象^[20],因此,在利用多样性指数评价水质状况时往往要结合理化指标及其他因素来进行综合评价.本研究中, H' 和 D 指数指示潘安湖湿地水质处于中污染至重度污染状态,与 J 指数显示水质大多处于轻污染状态评价结果出入较大.但结合水化学环境因子、浮游植物密度及多种富营养化水体常见优势种可以看出,潘安湖湿地富营养化趋势较为明显,这说明 J 指数得出的结论明显与实际不吻合,因此选择 H' 以及 D 指数作为水质评价标准.根据浮游植物 shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Margalef 丰富度指数(D)的评价标准^[8],潘安湖水质处于中度污染至轻度污染的状态.

4 结论

- (1)尖头席藻(*Phormidium acutissimum*)和大螺旋藻(*Spirulina major*)为潘安湖浮游植物群落的全年优势种,其优势地位与采煤塌陷修复水体的高浊度、低透明度生境特征相符.
- (2)RDA 分析结果显示,电导率、水温、总氮和总磷是影响浮游植物总生物量变化的主要环境因子,影响蓝藻门和优势种尖头席藻分布的因素是水温、溶解氧、总氮和总磷.
- (3)生物多样性指数显示潘安湖水质处于轻度至中度污染状态.

附录见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2024.12.19.0001).

参 考 文 献

[1] 胡庭浩,杨于凡.城市采煤沉陷区生态韧性评价与修复引导策略:以徐州市为例[J].江苏师范大学学报(自然科学版),2023,41(3):14-20.
Hu T H, Yang Y F. Ecological resilience evaluation and restoration guidance strategies in urban coal mining subsidence area: taking Xuzhou city as an example[J]. Journal of Jiangsu Normal University(Natural Science Edition), 2023, 41(3): 14-20.

[2] 王子强,祁鹿年,周力凡."城市双修"理念下近郊采煤塌陷区治理研究:以徐州市潘安湖片区为例[J].江苏城市规划,2019,3:25-29.

[3] 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.

[4] 张鑫,易齐涛,谢凯,等.淮南采煤塌陷湖泊浮游植物优势种的营养动力学[J].湖泊科学,2018,30(3):713-722.
Zhang X, Yi Q T, Xie K, et al. Nutrient kinetics of dominant species of phytoplankton in the artificial lakes formed from land subsidence by mining activities in the Huainan coalmine subsidence areas[J]. Journal of Lake Sciences, 2018, 30(3): 713-722.

[5] 曹文平,刘喜坤,赵天晴,等.基于压力-状态-响应(PSR)模型的潘安湖湿地水环境健康评价[J].环境工程,2021,39(5):231-237.
Cao W P, Liu X K, Zhao T Q, et al. Evaluation of water environmental health of Pan'an lake wetland based on pressure-state-response (psr) model[J]. Environmental Engineering, 2021, 39(5): 231-237.

[6] 李勇,潘立勇,杨靖.浅谈潘安湖湿地公园水质保护对策研究[J].环境科学与管理,2013,38(8):98-100.
Li Y, Pan L Y, Yang J. Water quality protection countermeasures for Pan'an Lake wetland park[J]. Environmental Science and Management, 2013, 38(8): 98-100.

[7] 黄祥飞.湖泊生态调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,2000.

[8] 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):87-91.
Kuang Q J, Ma P M, Hu Z Y, et al. Study on the evaluation and treatment of lake eutrophication by means of algae biology[J]. Journal of Safety and Environment, 2005, 5(2): 87-91.

[9] 徐沙,郭嘉伟,胡恩,等.汉江上游平水期浮游植物群落特征及水质生物评价[J].水生态学杂志,2024,45(3):148-155.
Xu S, Guo J W, Hu E, et al. Phytoplankton community structure and water quality assessment in the upper Hanjiang River during a normal water period[J]. Journal of Hydroecology, 2024, 45(3): 148-155.

[10] Reynolds C S. Ecology of Phytoplankton[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

[11] Reynolds C S, Huszar V, Kruk C, et al. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton[J]. Journal of Plankton Research, 2002, 24(5): 417-428.

[12] 巩俊霞,张金路,王新美,等.采煤塌陷区池塘夏季浮游植物群落结构及环境评价[J].水产学杂志,2016,29(6):41-46.
Gong J X, Zhang J L, Wang X M, et al. Phytoplankton community and environmental assessment in coal mining subsidence ponds in summer[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2016, 29(6): 41-46.

[13] Sommer U, Gliwicz Z M, Lampert W, et al. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters[J]. Archiv Für Hydrobiologie, 1986, 106(4): 433-471.

[14] Nielsen S L, Sand-Jensen K, Borum J, et al. Phytoplankton, nutrients, and transparency in Danish coastal waters[J]. Estuaries, 2002, 25(5): 930-937.

[15] Paerl H W, Huisman J. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms[J]. Environmental Microbiology Reports, 2009, 1(1): 27-37.

[16] Dokulil M T, Teubner K. Cyanobacterial dominance in lakes[J]. Hydrobiologia, 2000, 438(1): 1-12.

[17] O'Neil J M, Davis T W, Burford M A, et al. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change[J]. Harmful Algae, 2012, 14: 313-334.

[18] Conley D J, Schelske C L, Stoermer E F. Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication[J]. Marine Ecology Progress Series, 1993, 101: 179-192.

[19] 王云瑞, 徐甜甜, 董文涛, 等. 松北国家湿地公园浮游植物群落结构特征与水质评价[J]. 东北林业大学学报, 2023, 51(8): 71-76.

Wang Y R, Xu T T, Dong W T, et al. Phytoplankton community characteristics and water quality assessment in Songbei national wetland park, Harbin[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2023, 51(8): 71-76.

Characteristics of phytoplankton community and water quality evaluation in ecological restoration wetlands of coal mining subsidence areas: a case study of Pan'an Lake wetland

Qian Kuimei¹, Liu Xia², Tan Zhenzhen¹, Liu Wenhui¹

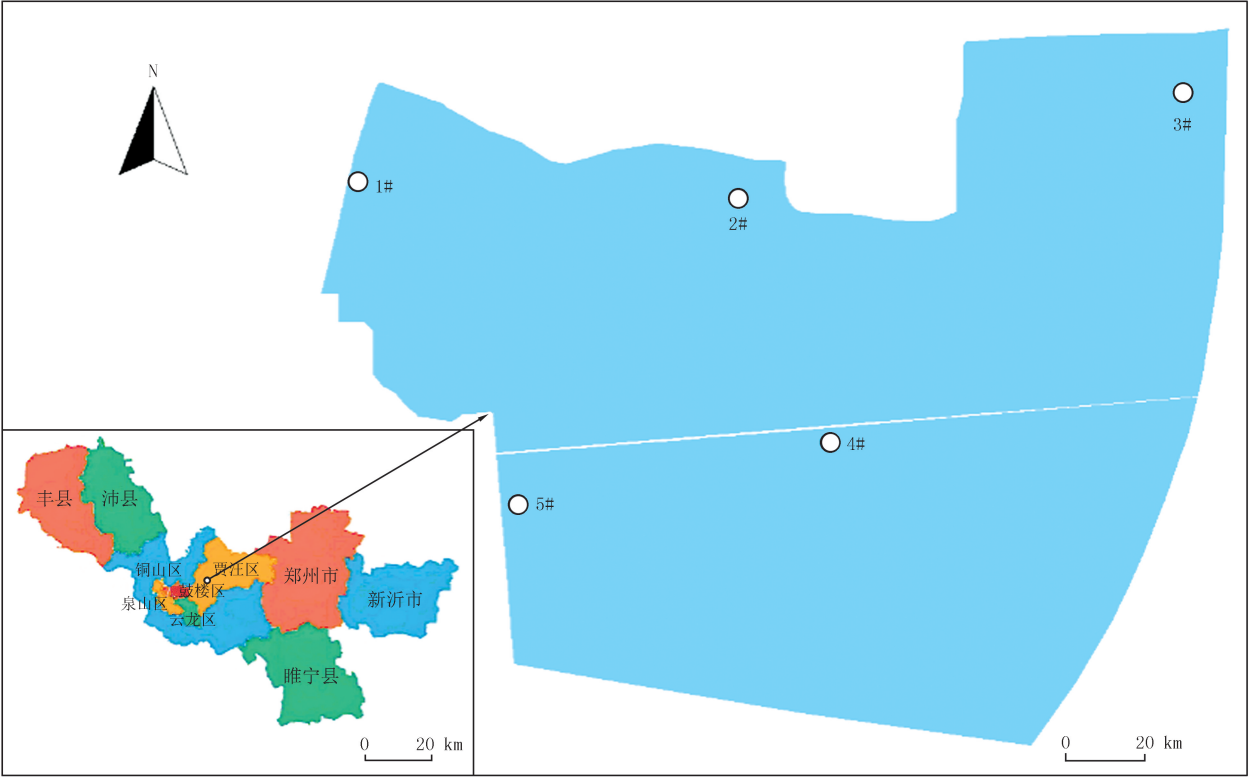
(1. College of Environmental Engineering, Xuzhou University of Technology, Xuzhou 221018, China;
2. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Phytoplankton are the most important primary producers in wetland ecosystems. In order to reveal the spatio-temporal distribution characteristics of phytoplankton communities in Pan'an Lake wetland and evaluate the water quality of Pan'an Lake wetland, this study investigated the Pan'an Lake wetland (artificially restored coal mining subsidence wetland) in Xuzhou City in January, April, July, and October 2023. The results showed that a total of 6 phyla and 82 species of phytoplankton were detected in the Pan'an Lake wetland. The dominant species of phytoplankton were *Phormidium acutissimum* and *Spirina major* of the Cyanobacteria phylum. Redundancy Analysis (RDA) analysis results show that conductivity and water temperature are the main controlling factors driving changes in the total biomass of phytoplankton, while the distribution of cyanobacteria is mainly regulated by water temperature, dissolved oxygen, total nitrogen, and total phosphorus. The diversity index ($H' = 1.90$), evenness index ($J = 0.75$), and richness index ($D = 2.67$) of phytoplankton indicate that the community structure is relatively stable, and the comprehensive evaluation of water quality shows that Pan'an Lake is in a state of mild to moderate pollution. This study reveals the ecological characteristics of phytoplankton in wetlands restored by coal mining subsidence, which can provide scientific basis for water quality management and ecological restoration effect evaluation of artificial lakes.

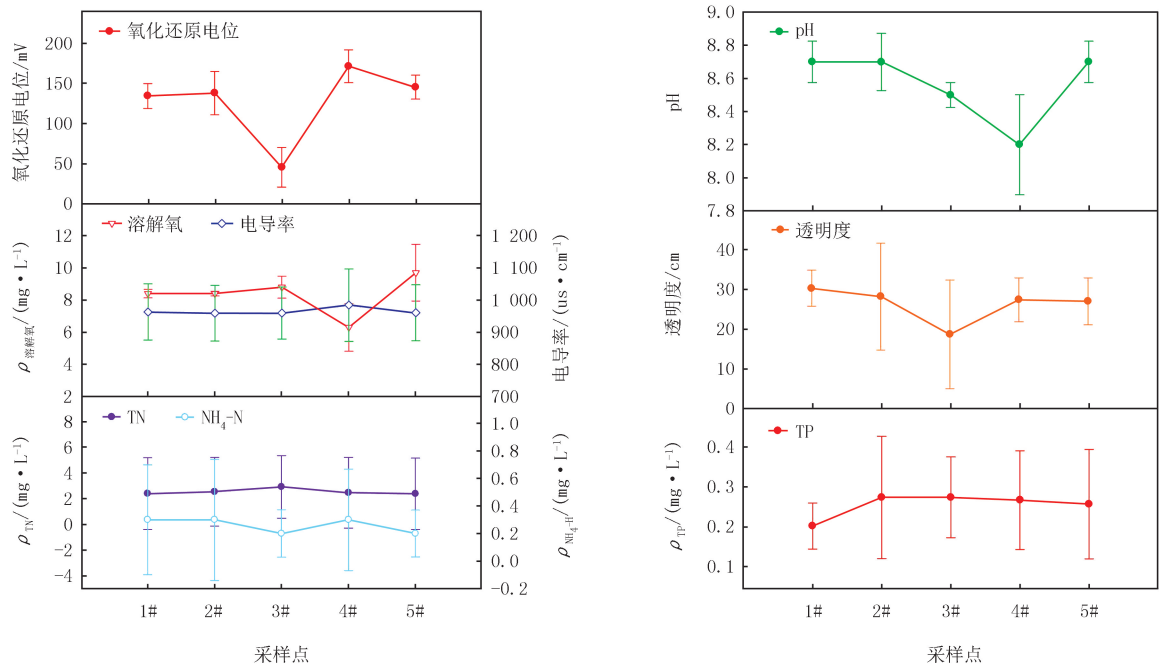
Keywords: Pan'an Lake wetland; phytoplankton community structure; biodiversity analysis; water quality assessment

[责任编辑 刘洋 赵晓华]

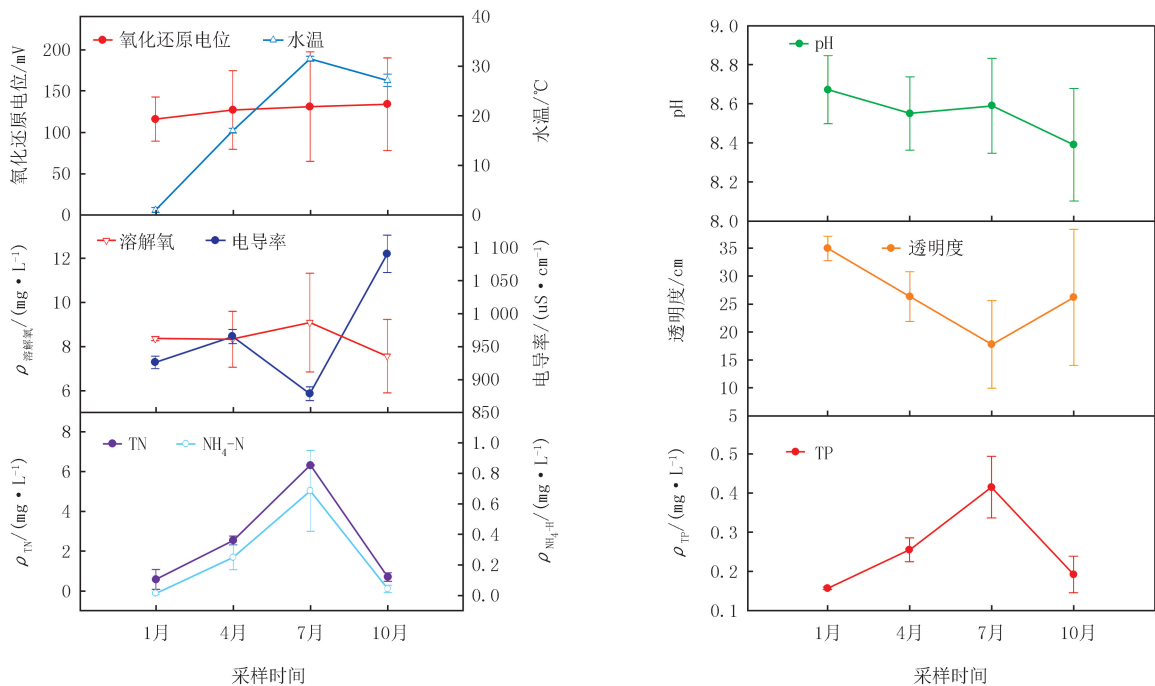
附录



图S1 潘安湖湿地采样点分布图
Fig.S1 Sampling stations in Pan'an Lake wetland



图S2 潘安湖湿地不同采样点的水质指标
Fig.S2 Water quality indicators of different sampling points in Pan'an Lake wetland



图S3 潘安湖湿地不同采样时间的水质指标
Fig. S3 Water quality indicators of Pan'an Lake wetland at different sampling times

表 S1 潘安湖湿地浮游植物优势种

Tab. S1 Dominant species of planktonic plants in Pan'an Lake wetland

门类	种类	学名	1 #	2 #	3 #	4 #	5 #
蓝藻	不定微囊藻	<i>Microcystis incerta</i>	+	+			
	大螺旋藻	<i>Spirulina major</i>	+	+	+	+	+
	阿氏浮丝藻	<i>Planktothrix agardhii</i>		+			
	颗粒颤藻	<i>Oscillatoria granulata</i>		+			
	尖头席藻	<i>Phormidium acutissimum</i>	+	+	+	+	+
	微小平裂藻	<i>Merismopedia tenuissima</i>					+
	卵形隐藻	<i>Cryptomonas ovata</i>		+	+		+
硅藻	梅尼小环藻	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	+		+	+	+
	中型脆杆藻	<i>Fragilaria intermedia</i>		+			
	尖针杆藻	<i>Synedra acus</i>	+	+	+	+	+
	简单舟形藻	<i>Navicula simplex</i>		+			
	披针形曲壳藻	<i>Achnanthes lanceolata</i>			+	+	
金藻	圆筒形锥囊藻	<i>Dinobryonaceae cylindricum</i>		+			
绿藻	四尾栅藻	<i>Scenedesmus quadricauda</i>		+		+	
	华美十字藻	<i>Crucigenia lauterbornii</i>			+		
	镰形纤维藻	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	+		+	+	+
	小球藻	<i>Chlorella vulgaris.</i>	+	+	+	+	+
	寡枝刚毛藻	<i>Cladophora oligoclona</i>	+				