

# 淮河流域淮安段着生藻类群落结构特征分析

胡帆, 杨子毅\*, 马洪石

(江苏省淮安环境监测中心, 江苏 淮安 223001)

**摘要:**于2021年5月对淮安境内淮河主要干支流8个点位的水质状况和着生藻类群落结构采样调查,应用3种多样性指数模型评价区域水生态健康状况,并探究影响着生藻类多样性的因素。结果表明:采样期间淮河流域淮安市域共检出着生藻类3门23科32属(种),由硅藻门、蓝藻门和绿藻门组成,硅藻门占绝对优势;多样性指数计算结果显示,流域水生态状况良好,整体表现为清洁-轻污型水体,淮河上游水质稍差于其他水域;结合水质监测数据与卫星遥感影像分析,认为生境状况是影响着生藻类群落分布的主要因素。

**关键词:**着生藻类;群落结构;生物多样性;淮河流域淮安段

中图分类号:Q145;X522

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2023)02-0068-04

## Structural Characteristics of Periphytic Algae Community in Huaian Section of Huaihe River Basin

HU Fan, YANG Zi-yi\*, MA Hong-shi

(Huaian Environmental Monitoring Center of Jiangsu Province, Huaian, Jiangsu 223001, China)

**Abstract:** The water quality and community structure of periphytic algae in 8 sites in the mainstream and tributaries of Huaihe River were investigated in May 2021. Three diversity index models were adopted to assess the regional water ecological health and explore the factors affecting the diversity of periphytic algae. The results showed that there were 32 genera (species) of 23 families in 3 phyla of algae detected in Huaian section of Huaihe River basin during the sampling period, composed of Bacillatiophyta, Cyanophyta and Chlorophyta, and Bacillatiophyta was dominated. Calculated results of diversity index indicated that the overall water ecological status of the basin was good, which was clean-light pollution type. The water quality in the upper reaches of Huaihe River was slightly worse than that of other waters. Based on the water quality monitoring data and satellite remote sensing images, it was concluded that habitat conditions were the main factors affecting the distribution of periphytic algae communities.

**Key words:** Periphytic algae; Community structure; Biological diversity; Huaian section of Huaihe River basin

淮安市地处淮河中下游结合部,属温带季风气候,四季分明、雨量集中,年均降水量多年平均在1 000 mm左右,降水年内变化明显、多集中于夏季,市境内地势平坦、无崇山峻岭,地形地貌以平原为主。作为承接淮河中上游水体的重要枢纽,淮安市境内淮河经入海水道、入江水道、苏北灌溉总渠、二河等河道入海、入江,境内水体、河网拥有丰富的自然生态资源,具有调节气候、涵养水源及保持生物多样性等生态功能。随着经济发展,人类活动不

断干扰着河流生态系统,影响其生态服务功能。《淮河生态经济带发展规划》获批后,保护河流生态环境系统对于建设淮河生态经济带具有重要意义<sup>[1]</sup>。

收稿日期:2022-04-13;修订日期:2023-01-12

基金项目:江苏省环境监测科研基金资助项目(1904,2206)

作者简介:胡帆(1987—),女,江苏淮安人,工程师,本科,主要从事生物生态与遥感监测工作。

\*通信作者:杨子毅 E-mail: 672639532@qq.com

着生藻类指生长在浸没于水中各种基质表面上的微型藻类植物,主要生长环境包括淡水河流、河口、湖泊等水体。作为水体中最重要初级生产者之一<sup>[2]</sup>,着生藻类的群落结构特征主要受环境因素影响,且采集成本低,因而是反映水体水质、河流生态系统状况的重要指示生物<sup>[3-4]</sup>。区域着生藻类群落结构特点及在生态系统中的作用<sup>[5-6]</sup>、评价方法<sup>[7-8]</sup>,以及与环境因子之间的相互作用<sup>[9-10]</sup>等相关研究已有报道。今对淮河淮安段主要干支流着生藻类群落结构特征(包括种属组成、物种丰富度、物种优势度)开展调查,应用 3 种多样性指数模型<sup>[11-13]</sup>评价区域水体水生态状况,并探讨分析影响区域水生态及水生生物多样性的可能因素,为淮安区域淮河水环境质量评价、生物多样性保护和河流生态功能评价提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样点设置

为更好表征淮河区域内部着生藻类群落结构空间分布特征,于 2021 年 5 月在淮安市境内淮河各干支流共设置采样点位 8 个,其中,上游干流 1 个,中下游支流二河、入海水道、入江水道和浍河 7 个,见图 1。采样点 1—8 分别为淮河大桥、戴楼衡阳、城南取水口、唐曹、总渠苏嘴、五叉河口、北京路水厂取水口、淮阴区取水口。

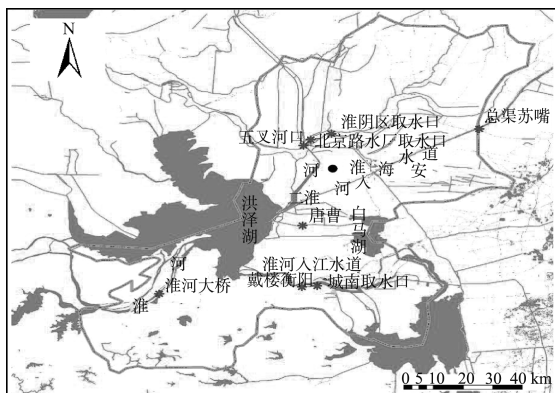


图 1 采样点位分布

Fig. 1 Sampling point distribution

### 1.2 着生藻类采集与鉴定

利用人工基质法投放硅藻计以获取调查区域着生藻类样品,每个硅藻计至少包含 5 个尺寸为 76 mm × 26 mm 的玻璃片。在采样点避开急流与漩

涡放置硅藻计,保证其浸没于水中的深度为 20 cm ~ 30 cm,放置时间至少 15 d,确保基质表面的着生藻类稳定发育。待满足投放时间后,将硅藻计遮光冷藏保存 24 h,带回实验室处理。将采集的基质从水中取出,用装有蒸馏水的洗瓶轻微冲洗玻片表面以清除松散泥沙,使用干净的硬质毛刷刮刷玻片表面 30 s 以上,再按 10% ~ 15% 的体积分数加入鲁哥氏液定容至 50 mL,收集到样品瓶中。

分析时,先将采集的着生藻类样品充分摇晃均匀后静置 5 s ~ 10 s,用移液枪吸取液体中间偏下位置样品 0.1 mL,置于浮游生物计数框中,在显微镜下进行鉴定与计数<sup>[14-15]</sup>。计数时横行移动计数框,逐行计算平行线内各种(属)藻类数,按照 0.1 mL 计数框上的第二、五、八行共 30 个计数小格进行藻类分类计数。按公式(1)计算计数的各种类个体数,得到单位面积基质上着生藻类个体数量。

$$N = n \times \frac{c_1}{c_2 \times S} \quad (1)$$

式中: $N$  为单位面积着生藻类数量,个/cm<sup>2</sup>;  $n$  为镜检所鉴定的着生藻类个体数量,个;  $c_1$  为样品实际体积,mL;  $c_2$  为镜检时取样体积,mL;  $S$  为刮取玻片的总面积,cm<sup>2</sup>。

### 1.3 指标计算方法

使用物种丰富度指标 SR 判断调查期间某一采样点出现的着生藻类物种个数,同时使用 Mc-naughton 优势度指数模型计算每个种类的优势度( $Y$ )。通过  $Y$  值判断各采样点着生藻类的优势种组成,将  $Y > 0.02$  的种类判断为该点位的优势种,其计算公式为:

$$Y = (n_i / N) \times f_i \quad (2)$$

式中: $n_i$  为第  $i$  种藻类的个体数目;  $N$  为采样点所有着生藻类数量;  $f_i$  为第  $i$  种藻类出现的频率。

多样性指数模型能够反映物种丰富程度,通常多样性指数越高,反映物种越丰富,表征对应的水质越健康,生态系统越稳定。今选取 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )、Pielou 均匀度指数( $J$ )、Simpson 多样性指数( $D$ )3 种模型评价淮河流域各点位着生藻类群落结构的生物多样性状况。其中, $H'$  值和  $J$  值反映水质情况,对应的评价标准分别为: $H'$  值 0 ~ 1 为重度污染,1 ~ 2 为  $\alpha$ -中度污染,2 ~ 3 为  $\beta$ -中度污染,>3 为轻度污染/无污染; $J$  值 0 ~ 0.3 为多污型,0.3 ~ 0.4 为  $\alpha$ -中污型,0.4 ~ 0.5 为  $\beta$ -中污型,>0.5 为轻污型或清洁型。计算公式分

别为:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (3)$$

$$J = H' / \ln S \quad (4)$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \left( \frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (5)$$

式中:  $p_i$  为第  $i$  种着生藻类占采样点全部着生藻类的比例;  $S$  为着生藻类种类总数;  $n_i$  为第  $i$  种藻类的个体数目;  $N$  为采样点所有着生藻类数量。

## 2 结果与分析

### 2.1 群落组成与结构

镜检分析结果显示, 采样期间淮河流域淮安境内 8 个采样点共鉴定出蓝藻门、绿藻门和硅藻门 3 门 6 纲 17 目 23 科共计 32 属(种)着生藻类, 其中, 硅藻门 14 属 17 种, 占总分类单元的 53.125%; 蓝藻门 8 属 9 种, 占 28.125%; 绿藻门 6 属 6 种, 占 18.75%。

物种丰富度指标分析结果显示, 淮安市域淮河上游淮河大桥采样点检出着生藻类 17 种, 优势门为硅藻门, 优势种属占比为 38.2%; 淮河入江水道戴楼衡阳和城南取水口采样点分别检出着生藻类 17 种和 15 种, 优势门为硅藻门, 优势种属占比分别为 27.5% 和 60.1%; 浍河支流唐曹采样点检出着生藻类 15 种, 优势门为硅藻门, 优势种属占比为 35.5%; 淮河入海水道总渠苏嘴采样点检出着生藻类 12 种, 优势门为蓝藻门, 优势种属占比为 37.3%; 二河支流五叉河口、北京路水厂取水口和淮阴区取水口采样点分别检出着生藻类 20 种、13 种和 13 种, 优势门为硅藻门, 优势种属占比分别为 31.8%、28.8% 和 18.1%。

Mcnaughton 优势度指数模型计算结果表明, 整个水域着生藻类优势种共有 5 属, 其中 4 属归属硅藻门, 1 属归属蓝藻门, 分别为卵形藻科的扁圆卵形藻属(0.083)、舟形藻科的舟形藻属(0.045)、曲丝藻科的曲丝藻属(0.086)、颤藻科的颤藻属(0.028)和异极藻科的异极藻属(0.070)。

### 2.2 群落多样性与水质评价

8 个采样点的 Shannon-Wiener 多样性指数计算结果表明, 各采样点的  $H'$  值范围为 3.2~4.8, 均值为 4.041。1 号采样点淮河大桥的  $H'$  值最低, 2 号采样点戴楼衡阳的  $H'$  值最高, 其余采样点的  $H'$  值波动幅度较小, 采样期间各水域的评价结果为轻

度污染或无污染。

8 个采样点的 Pielou 均匀度指数计算结果表明, 各采样点的  $J$  值范围为 0.8~1.3, 均值为 1.122, 采样期间水域水质状况良好, 均表现为轻污染或清洁, 与 Shannon-Wiener 多样性指数评价结果一致。1 号采样点淮河大桥的  $J$  值最低, 2 号采样点戴楼衡阳的  $J$  值最高, 其余采样点的  $J$  值变化幅度不大, 且与  $H'$  值变化规律类似。

8 个采样点的 Simpson 多样性指数计算结果表明, 各采样点的  $D$  值范围为 0.65~0.95, 均值为 0.828。1 号采样点淮河大桥的  $D$  值最低, 2 号采样点戴楼衡阳的  $D$  值最高, 与上述两种模型的评价结果一致。其余采样点的  $D$  值变化幅度不大, 虽然 6 号采样点五叉河口的  $D$  值稍低, 但还是明显高于 1 号采样点淮河大桥的  $D$  值。各采样点  $D$  值的波动趋势与  $H'$  值、 $J$  值的波动趋势基本一致, 表明评价结果基本可信。

### 2.3 着生藻类多样性影响因素分析

淮安市域内淮河各干支流着生藻类的群落结构具有明显的空间分布异质性。根据相关研究结论, 不同流域影响水生生物多样性的因素各不相同, 主要包括环境理化因子如 pH 值、总磷、总氮<sup>[16-18]</sup>、溶解氧与营养盐<sup>[19]</sup>, 生境状况<sup>[20-21]</sup>, 土地利用模式<sup>[22]</sup>, 人类活动强度<sup>[23]</sup>, 以及采样季节与时间<sup>[23]</sup>等。

为了探究影响着生藻类多样性的主要环境理化因子, 按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91—2002) 和《环境水质监测质量保证手册》(第二版) 开展水质监测。pH 值、溶解氧、电导率、水温等项目现场测定, 其他项目采集样品后送实验室测定。依据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 评价 8 个采样点的水质状况, 结果表明各采样点均为 III 类及以上水质, 除唐曹采样点的溶解氧浓度较低外, 其他测定项目均未出现异常数值。

结合采样期间的哨兵 2A 卫星影像作进一步分析, 1 号采样点淮河大桥位于上游, 河流宽度超过 700 m; 其余采样点位于经洪泽湖调蓄后的下游, 2 号采样点戴楼衡阳的河流宽度约 300 m, 3—8 号采样点所在河流宽度为 100 m~200 m。由此得出, 着生藻类群落结构特征与所在河流的水文特征及洪泽湖调蓄功能有关。

对各采样点生境状况作进一步对比, 1 号采样点淮河大桥周围土地利用类型为居民用地, 且距离

采样点1 000 m以内的淮河大桥工程正在施工,其余采样点周围土地利用类型为草地或农业用地。由此证明,着生藻类生物多样性与人类活动强度及周围土地利用类型相关。

### 3 结论

(1) 采样期间淮河流域淮安市域共检出着生藻类3门23科32属(种),由硅藻门、蓝藻门和绿藻门组成,硅藻门为优势种群,可能原因是河流水体中营养盐含量较低,供给藻类的养分较少,不适合蓝绿藻生存。

(2) 多样性指数计算结果表明,流域总体水质与水生态状况较好,处于轻污染或无污染状态,淮河上游干流着生藻类丰度较差,水质清洁状况与生态稳定性相比其他水域较差。

(3) 结合水质监测数据与卫星遥感影像分析,认为水生生态状况是影响着生藻类多样性的重要因素。因此,实行河流环境整治措施,保护水生态与水生生物多样性很有必要。

#### [参考文献]

- [1] 曹玉华,夏永祥,毛广雄,等. 淮河生态经济带区域发展差异及协同发展策略[J]. 经济地理,2019,39(9):213-221.
- [2] 刘园园,阿依巧丽,张森瑞,等. 着生藻类和浮游藻类在三峡库区河流健康评价中的适宜性比较研究[J]. 生态学报,2020,40(11):3833-3843.
- [3] 谭香,张全发. 底栖硅藻应用于河流生态系统健康评价的研究进展[J]. 水生生物学报,2018,42(1):212-220.
- [4] 李佩. 附着藻类及浮游植物与苦草的相互关系研究[D]. 武汉:华中农业大学,2012.
- [5] 钱奎梅,刘霞,陈宇炜. 鄱阳湖丰水期着生藻类群落空间分布特征[J]. 湖泊科学,2021,33(1):102-110.
- [6] 吴天浩,刘劲松,邓建明,等. 大型过水性湖泊——洪泽湖浮游植物群落结构及其水质生物评价[J]. 湖泊科学,2019,31(2):440-448.
- [7] 龚廷登,杨伟阶,何滔,等. 金沙江富段水生生物的群落结构及水质监测[J]. 淡水渔业,2014,44(4):25-34.
- [8] 卫飞,姚青梅. 长江着生藻类群落结构时空变化规律研究[J]. 陕西水利,2021(5):140-142.
- [9] 王纤纤. 雅鲁藏布江流域着生藻类群落结构时空分布特征及与水理化因子的关系[D]. 武汉:华中农业大学,2021.
- [10] 肖妮娜,张萌,冯兵,等. 丰水期赣江流域着生藻类群落结构及其与水环境因子的关系[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(4):900-910.
- [11] SPATHARIS S, ROELKE D, DIMITRAKOPOULOS P, et al. Analyzing the behavior of Shannon index in eutrophication studies using field and simulated phytoplankton assemblages[J]. Ecological Indicators, 2011, 11(2):697-703.
- [12] 高远,慈海鑫,元树财,等. 沂河4条支流浮游植物多样性季节动态与水质评价[J]. 环境科学研究,2009,22(2):176-180.
- [13] 吴昊. 不同类型群落物种多样性指数的比较研究[J]. 中南林业科技大学学报,2015,35(5):84-89.
- [14] 胡鸿钧,魏印心. 中国淡水藻类[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [15] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版增补版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [16] TANG T, CAI Q H, LIU R Q, et al. Distribution of epilithic algae in the Xiangxi River system and their relationships with environmental factors[J]. Journal of Freshwater Ecology, 2002, 17(3):345-352.
- [17] WU N C, TANG T, QU X, et al. Spatial distribution of benthic algae in the Gangqu River, Shangrila, China[J]. Aquatic Ecology, 2009, 43(1):37-49.
- [18] 张海燕,沈丽娟,周崑,等. 基于底栖动物完整性指数的常州武南区域水生态健康评价[J]. 环境监测管理与技术,2021,33(4):35-39.
- [19] 李艳红,胡春华. 鄱阳湖浮游藻类群落特征及与环境因子典范对应分析[J]. 环境监测管理与技术,2022,34(1):33-37.
- [20] LELAND H V, PORTER S D. Distribution of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use[J]. Freshwater Biology, 2000, 44(2):279-301.
- [21] 李娣,李旭文,姜晟,等. 京杭运河江苏段底栖动物群落结构调查[J]. 环境监测管理与技术,2021,33(1):23-27.
- [22] WU N C, TANG T, ZHOU S C, et al. Changes in benthic algal communities following construction of a run-of-water dam[J]. Journal of the North American Benthological Society, 2009, 28(1):69-79.
- [23] TANG T, QU X D, LI D F, et al. Benthic algae of the Xiangxi River, China[J]. Journal of Freshwater Ecology, 2004, 19(4):597-604.

本栏目编辑 吴珊 姚朝英

## 启事

本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、万方数据-数字化期刊群、重庆维普中文科技期刊数据库,凡被录用的稿件将同时在相关数据库产品中进行网络出版或提供信息服务,其作者著作权使用费与本刊稿酬一并支付。如作者不同意将文章编入数据库,请在来稿中注明,本刊将做适当处理。