府河溶解有机质组成及来源探究

李 平[1],岳龙飞[2],李洪波[3],杨茂森[4],孟 捷[5]

1. 河北省生态环境宣传教育与污染源监控中心,河北 石家庄 050051
2. 河北大学,河北 保定 071002
3. 白洋淀流域生态环境保障中心,河北 石家庄 050051
4. 西南财经大学,四川 成都 611130
5. 白洋淀流域生态环境监测中心,河北 保定 071002

摘 要:采用三维荧光光谱与平行因子分析方法解析府河水体中的溶解有机质(DOM)的组分,开展DOM组分占比与人为排放情况、浮游植物细胞密度动态关系研究。结果显示,府河水样DOM中共鉴定出4种荧光组分,其中两种类腐殖质(C1和C2)组分和一种类蛋白质(C4)组分主要源于人为排放,一种类富里酸(C3)组分主要源于人为排放和自然源输入。通过回归分析发现,浮游植物生物量与C1、C2、C3的占比呈显著负相关($P<0.05$),与C4的占比呈显著正相关($P<0.05$),表明浮游植物的生长繁殖会增加水体中的类蛋白质的含量。冗余分析(RDA)结果进一步表明,类富里酸对微囊藻(蓝藻)和异极藻(硅藻)的增殖有积极影响,类蛋白质对囊裸藻(裸藻)和小球藻(绿藻)的增殖有促进作用。

关键词:溶解有机物;浮游植物;三维荧光光谱

中图分类号:X522 **文献标志码**:A **文章编号**:1002-6002(2024)04-0204-09

DOI:10.19316/j.issn.1002-6002.2024.04.21

Composition and Sources of Dissolved Organic Matter in the Fuhe River

LI Ping[1], YUE Longfei[2], LI Hongbo[3], YANG Maosen[4], MENG Jie[5]

1. Hebei Provincial Eco-Environment Publicity Education and Pollution Source Monitoring Center, Shijiazhuang 050051, China
2. Hebei University, Baoding 071002, China
3. Baiyangdian Basin Eco-Environmental Support Center, Shijiazhuang 050051, China
4. Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China
5. Baiyangdian Basin Eco-Environmental Monitoring Center, Baoding 071002, China

Abstract: Three-dimensional fluorescence spectroscopy and parallel factor analysis were used to analyze the components of dissolved organic matter (DOM) in the water of Fuhe River, and the dynamic relationship between DOM components, anthropogenic emissions and phytoplankton cell density was studied. The results showed that the model produces two humic-like species (C1 and C2), one fulvic-like acid (C3) and a protein-like (C4) component, in which C1, C2 and C4 were mainly derived from anthropogenic emissions, and C3 was derived from anthropogenic emissions and natural inputs. The regression analysis found that phytoplankton biomass was negatively correlated with the proportion of fluorescence components C1, C2 and C3 ($P<0.05$), and positively correlated with the proportion of C4 ($P<0.05$). The results of redundancy analysis (RDA) further indicated that the retinoids had a positive effect on *Microcystis* (Cyanophyta) and *Gomphonema* (Bacillariophyta), while the proteinoids had a promoting effect on *Trachelomonas* (Englenophyta) and *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta).

Keywords: dissolved organic matter; phytoplankton; three dimensional fluorescence spectrum

溶解有机质(DOM)广泛分布于各种水体环境中,是一种组成和结构复杂的混合物[1-2]。DOM浓度和组成可通过影响食物网动态变化、自然界碳存储和重金属迁移转化,对水生生态系统产生深远影响[3]。水生生态系统中的DOM根据其来源可以大致分为两类,即外源和内源[4-6]。外源主要对应人为排放,内源以浮游动植物释放为主[7-8]。人为排放可以直接影响河流中的DOM,

收稿日期:2023-06-11;**修订日期**:2023-09-07

基金项目:河北省重点研发计划项目资助(21374203D)

第一作者简介:李 平(1967-),男,河北临漳人,学士。

通讯作者:孟 捷

也可以通过影响河流本底释放速率和有机质降解速率间接影响河流中 DOM 的组成和含量[9]。同时,浮游植物可通过光合作用合成 DOM,并在细胞生长与凋亡过程中不断向水体中释放各种代谢物质,如氨基酸、维生素、酶、脂类、有机磷及毒素抑制/促进因子等。这一过程同时也受到水体中 DOM 含量状况的控制[10-11]。因此,对人为排放、浮游植物群落与 DOM 之间的相互作用开展研究,对于促进水生态修复具有重要意义。

分析 DOM 的光学特性有助于推断 DOM 的来源、数量和组成[12]。其中,DOM 的紫外-可见(UV-Vis)吸收光谱特性和荧光光谱特性已被广泛用于识别其成分,并示踪其在多种水环境中的动态变化[13-14]。三维荧光光谱(EEM)与平行因子分析(PARAFAC)相结合的方法具有简单快捷和灵敏度高的优点,被认为是揭示和量化不同 DOM 的荧光团特征和来源的有效技术[15]。STEDMON 等[15]采用荧光光谱技术观察到,森林和农业地区水体 DOM 中富含陆地类腐殖酸成分,而在农业径流和废水处理尾水 DOM 中,类腐殖酸和类蛋白质组分更为丰富,表明人为因素对 DOM 有重要影响。ZHANG 等[16]研究发现,浮游植物是富营养化浅水湖泊中重要的 DOM 生产者。由于目前尚不能够利用荧光指标区分人为来源 DOM 和浮游植物产物 DOM 的特定荧光信号,很少有研究关注城市河流 DOM 动态变化与人为排放、浮游植物变化之间的协同效应[17]。

府河贯穿保定市进入雄安新区,是海河流域典型的城市河流。作为白洋淀的入淀河流之一,府河水生态健康状况直接影响着白洋淀水生态环境状况和雄安新区生态建设成效。因此,本研究以府河及其支流水体中的 DOM 为研究对象,采用三维荧光光谱技术,并结合激发-发射矩阵和平行因子分析方法,深入探究水体 DOM 的组成、特征和来源。同时,将研究结果与浮游植物丰度空间分布相联系,探究不同 DOM 组分与浮游植物丰度空间分布及人为排放之间的协同效应。研究结果有助于加深对河流生态系统的理解,并为制定水环境保护和管理方案提供参考。

1　材料与方法

1.1　采样点概况

府河位于河北省保定市和雄安新区(北纬 38°44′~38°59′,东经 115°45′~116°26′)境内,长约 70 km,由一亩泉河、金线河、黄花沟等支流汇集而成。其水源主要包括水库生态补水、雨水及沿途接收的城市污水处理厂尾水。本研究于 2021 年 10 月对一亩泉河、金线河、黄花沟等支流及府河干流水质状况和浮游植物分布状况开展了调查,共设置 29 个采样点,具体分布如图 1 所示。

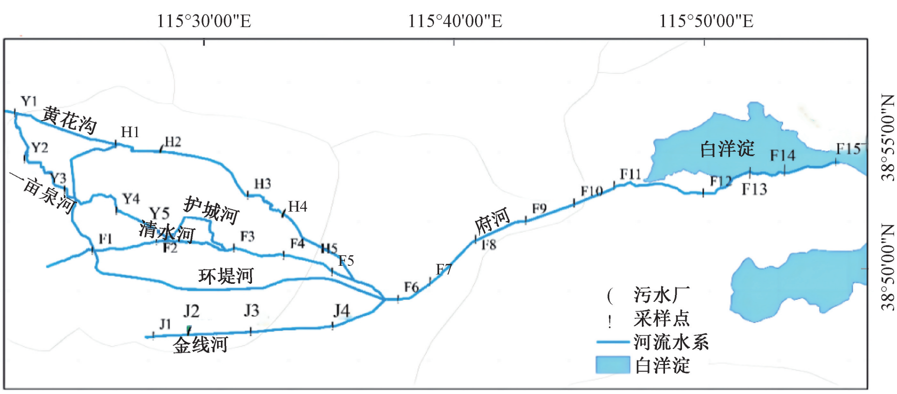


图 1　采样点位分布示意图

Fig. 1　The schematic diagram of sampling points distribution

1.2　浮游植物样品采集与计数

浮游植物样品采集参考《淡水浮游生物研究方法》[18],使用 2 L 有机玻璃采水器于采样点水面下 0.5 m 处采集水样,并将水样装入 1 L 聚乙烯瓶中,加入 10~15 mL 鲁哥氏碘液进行固定。将水样运回实验室后,于分液漏斗中静置沉淀 48 h 以上,取漏斗底部浓缩液 30 mL。将 0.1 mL 浓缩样品放置于计数板中,在 400 倍显微镜(日本 OLYMPUS,CX21FS1)下按视野计数法进行物种鉴定和细胞计数。每一个计数样品应取样和计

数2次,取平均值。

1.3 DOM的表征

取100 mL样品,用事先经高温灼烧(450 ℃,恒温5 h)处理过的0.45 μm玻璃纤维滤膜(英国Whatman,GF/F)进行过滤,并将滤液保存于4 ℃冰箱内备用。使用总有机碳分析仪(日本岛津,TOC-LCPH)测定滤液中的溶解有机碳(DOC)浓度,用来表征DOM总浓度。

使用荧光光谱仪(上海棱光,F98)分析DOM的三维荧光光谱,激发波长(Ex)和发射波长(Em)范围分别为220~500 nm(间隔5 nm)和250~600 nm(间隔1 nm)。对于激发光和发射光,狭缝宽度均设为5 nm,扫描速度设为10 000 nm/min。从样品三维荧光光谱中减去Milli-Q水(超纯水)的荧光光谱,用于去除拉曼散射峰。对样品进行稀释,直至245 nm处的吸光系数均低于0.05 cm^{-1},以实现内滤效应最小化[13,19]。

1.4 数据整理与分析

浮游植物细胞密度的计算公式为

$$N=(V_b\times n)/(V\times V_a) \quad (1)$$

式中:N为浮游植物的总个体浓度,个/L;V_b为沉淀体积,是指水样经沉淀后去除上清液得到的体积,mL;n为计数得到的细胞个体数量,个;V为采样体积,L;V_a为计算体积,是指用于实验的水样体积,mL。

浮游植物优势度的计算公式为

$$Y=N_i/N\times F_i \quad (2)$$

式中:Y为浮游植物优势度,以$Y\geqslant0.02$为判定标准确定优势种;N_i为第i种物种的总个体数;F_i为该物种在各样品中出现的频率。

使用drEEM和N-way工具箱在Matlab R2018a软件中进行平行因子分析[20]。使用29个样本的三维荧光光谱数据集确定2~6个荧光组分模型,并通过对半分析和残差分析进行验证。最终结果显示,4个组分模型解释了光谱数据集中99.7%的方差。采用荧光组分的最大荧光强度(F_{max})表征各组分的实际浓度[21]。此外,采用ArcGIS 10.8软件绘制采样点DOM空间分布图和相关参数图;利用SPSS 21.0软件进行单因素方差分析(ANOVA)和Pearson相关性分析,使用Canoco 4.5软件对浮游植物生物量数据进行冗余分析(RDA),使用Origin 9.8软件进行绘图。在本研究中,$P<0.05$被认为相关性显著,$P<0.01$被认为相关性极显著。

2 结果与讨论

2.1 DOM组分

使用OpenFluor在线数据库(lablicate.com),将经平行因子分析得到的4个DOM组分与已发布的模型进行比较,发现激发光谱和发射光谱的相似性得分超过0.95(图2)。组分C1的光谱峰位于类腐殖质M峰(Ex/Em为330/410 nm)的位置,说明其与微生物活动有关[22-25]。组分C2的光谱峰位于传统类腐殖质C峰的位置(Ex/Em为360/440 nm),说明其与分布广泛的疏水性、高分子量、高芳香、半不稳定黄腐酸物质有关,可能来自农田排水和内源微生物[26-28]。组分C3在360/490 nm和400/500 nm处有两个峰。这两个峰是传统类腐殖质峰的延伸,因而C3与大型植物降解产物、土壤中的黄腐酸物质相关[29-30]。组分C4在280/340 nm处有荧光峰。该峰属于传统类蛋白荧光团T峰,说明C4与人为排放关系密切,其可能来源于藻华暴发和污水排放,并且对微生物降解敏感[31-33]。

2.2 浮游植物种类组成和优势种

本研究在府河干流和3条支流共检出浮游植物39种,隶属于7个门。其中:绿藻门有16种,占总种类数的41.0%;其次为硅藻门,有12种,占30.7%;蓝藻门有9种,占23.1%;裸藻门和甲藻门各有2种,均占5.1%;隐藻门和定鞭藻门各1种,均占2.5%。府河支流和干流生境间的物种丰富度差异明显,如图3所示。府河干流物种数最高,为34种;一亩泉河和金线河分别为21种和27种;物种数最少的是以污水处理厂尾水为主要补水水源的黄花沟,仅有13种。府河干流浮游植物种类以绿藻门和蓝藻门为主,物种数分别为12种和7种。金线河浮游植物种类同样以绿藻门和蓝藻门为主,物种数分别为10种和7种。黄花沟以硅藻门和蓝藻门为主,物种数分别为9种和3种。一亩泉河也以硅藻门和蓝藻门为主,物种数分别为11种和7种。针对上述情况,初步推测其是由河流流经区域的土地利用类型差异造成的。根据$Y\geqslant0.02$的优势种判定标准,在4条河流中,优势种共有9种,其中硅藻门2种,蓝藻门1种,绿藻门3种,隐藻门1种,定鞭藻门1种,裸藻门1种(表1)。各河流优势种分布具有一定的差异性,只有小环藻、小球藻和

隐藻在 4 条河流生境中均占优势地位。府河干流共有 5 种优势种,其中小球藻和隐藻占主导;黄花沟有 3 种优势种,小环藻和隐藻占主导;一亩泉河的优势种共有 8 种,小环藻、小球藻、隐藻和微囊藻的优势度接近;金线河的优势种有 5 种,隐藻占绝对优势。

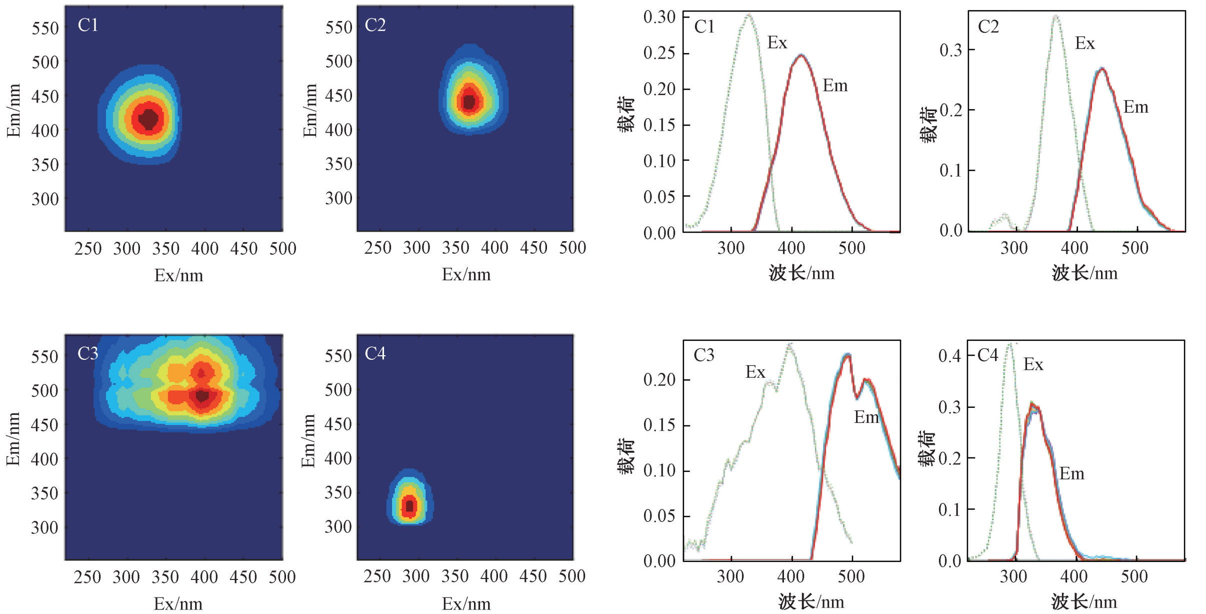


图 2　平行因子分析结果(左)和对半分析结果(右)

Fig. 2　Results of PARAFAC (left) and split-half verification (right)

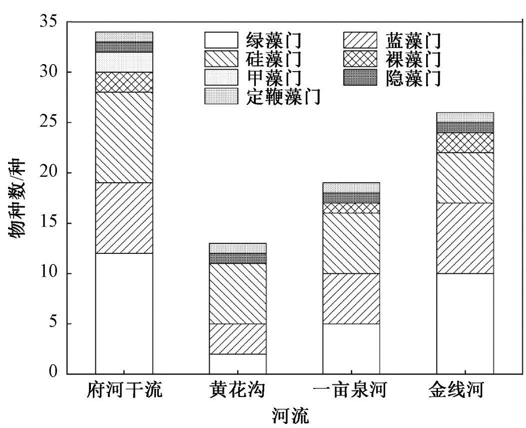


图 3　4 条河流的物种组成

Fig. 3　Species composition of the four rivers

2.3　浮游植物生物量与细胞密度

采样期间,府河干流浮游植物平均生物量为 6.54 mg/L。其中:绿藻门年平均生物量最高,为 2.87 mg/L;蓝藻门、硅藻门次之。黄花沟平均生物量为 4.32 mg/L,其中硅藻门平均生物量最大,为 1.95 mg/L。一亩泉河平均生物量为 10.05 mg/L,高于府河和黄花沟,其中绿藻门平均生物量最高,为 4.10 mg/L,显著高于其他门类($P<0.01$)。金线河平均生物量为 14.15 mg/L,高于其他 3 条河流,其中裸藻门平均生物量最高,为 5.47 mg/L,表明其在金线河占主要地位。从细胞密度来看,府河干流浮游植物平均细胞密度为 445.81 万个/L,其中绿藻门最高,为 139.93 万个/L。黄花沟浮游植物平均细胞密度为 218.48 万个/L,其中硅藻门最高,为 81.15 万个/L。一亩泉河浮游植物平均细胞密度为 426.95 万个/L,其中硅藻门最高,为 118.60 万个/L。金线河浮游植物平均细胞密度为 905.13 万个/L,高于其他河流,其中绿藻门最高,为 234.09 万个/L。总体上,4 条河流的浮游植物生物量和细胞密度差异较大,但各支流的生物量与细胞密度沿程变化趋势基本一致,其中金线河的生物量和细胞密度最大,黄花沟最小。绿藻门和硅藻门的浮游植物生物量、细胞密度在 4 条河流中均占绝对优势。

2.4　DOM 组分浓度与人为排放情况的关系

图 4 显示了每个采样点各组分的平均 F_{max} 的空间分布。微生物类腐殖质组分 C1 的 F_{max} 在府河上游、黄花沟上游和一亩泉河较低,在银定庄污水处理厂排水口(H3 采样点)和清苑污水处理厂排水口(J2 采样点)达到最高,说明 C1 组分可能是在污水的生物处理过程中产生的。各支流汇

流后,府河干流下游 C1 组分的 F_{max} 略有降低,表明一部分 C1 组分发生了降解。陆地类腐殖质组分 C2 的 F_{max} 的空间分布与微生物类腐殖质组分 C1 相似,在污水处理厂排污口最高,说明金线河和黄花沟是其主要贡献源。类富里酸组分 C3 的 F_{max} 在采样点 H3 处达到最高值,之后逐渐降低,但在府河干流下游又略有升高,这可能是由于府河下游以农业用地为主,农田土壤和岸带树木会随水流冲刷进入河道,导致河水中的类富里酸含量升高。类蛋白质组分 C4 的 F_{max} 在金线河显著高于其他河流($P<0.001$)。对比两个污水处理厂的处理工艺可知,相比于银定庄污水处理厂,清苑污水处理厂在传统生化处理单元的后面缺少了磁混凝澄清池+臭氧催化氧化深度处理单元,导致与微生物代谢相关的类蛋白质组分 C4 未能得到完全处理,造成排污口下游水体中的 C4 组分的含量大幅增加。综上所述,类腐殖质组分 C1 和 C2 主要来自黄花沟和金线河排污口处的人为排放;类富里酸组分 C3 部分来自污水处理厂尾水,在府河干流下游还有一部分来自面源污染;类蛋白质组分 C4 则主要来自位于支流金线河的清苑污水处理厂。

表 1 4 条河流的浮游植物优势种及其优势度

Table 1 Dominant phytoplankton species and their dominance in four rivers

门类	优势种	优势度(*Y*)			
		府河干流	黄花沟	一亩泉河	金线河
硅藻门	小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)	0.034	0.129	0.084	0.048
	异极藻(*Gomphonema*)	—	—	0.038	—
绿藻门	小球藻(*Chlorella vulgaris*)	0.123	0.026	0.066	0.074
	小空星藻(*Coelastrum microporum*)	0.020	—	0.025	—
	胶网藻(*Dictyosphaerium*)	—	—	0.047	—
隐藻门	隐藻(*Cryptomonas*)	0.114	0.206	0.066	0.183
定鞭藻门	金色藻(*Chrysochromulina*)	0.023	—	0.025	0.052
蓝藻门	微囊藻(*Microcystis*)	—	—	0.066	—
裸藻门	囊裸藻(*Trachelomonas*)	—	—	—	0.072

注:“—”表示该种藻类不具优势地位。

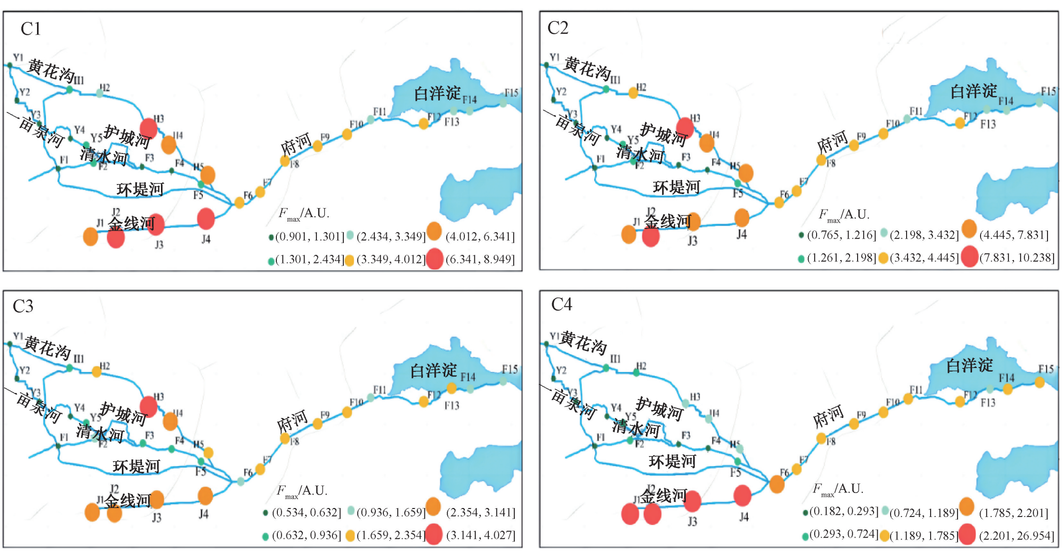


图 4 4 种组分的平均 F_{max} 的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of the average F_{max} of the four components

DOM 浓度与各组分占比之间的相关关系如表 2 所示。C1、C3 组分占比与 DOM 浓度呈极显著负相关,C4 组分占比与 DOM 浓度呈显著正相关,C2 组分占比与 DOM 浓度相关关系不显著,表明类腐殖质和类富里酸占比较高时,水质较好,而类蛋白质占比较高时,水质较差。C1、C2、C3 组分占比之间均呈极显著正相关,表明三者的来源相近。C4 组分占比与 C1、C2、C3 组分占比均为极显著负相关,表明 C4 组分与其他三者具有一定的转化关系。

表 2　各组分占比与 DOM 浓度的相关性

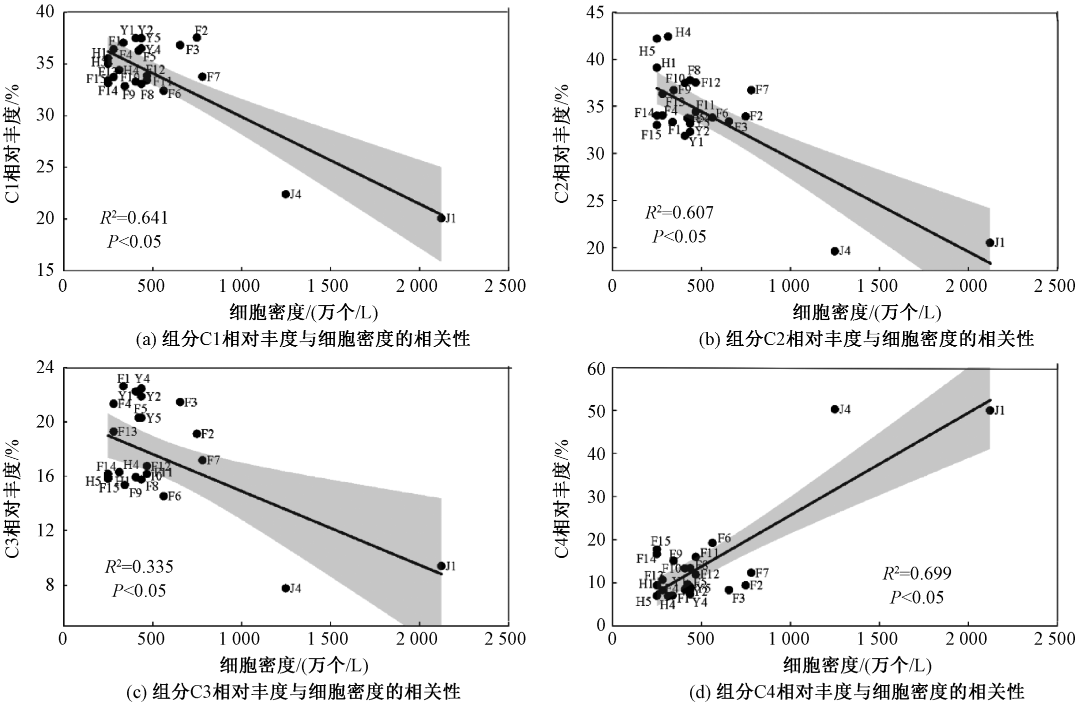
Table 2　Correlation between proportion of each component and DOM concentration

指标	DOM 浓度	C1 占比	C2 占比	C3 占比	C4 占比
DOM 浓度	1.00				
C1 占比	−0.74**	1.00			
C2 占比	−0.25	0.76**	1.00		
C3 占比	−0.75**	0.93**	0.60**	1.00	
C4 占比	0.60*	−0.97**	−0.88**	−0.90**	1.00

注:“ * ”表示显著相关,“ ** ”表示极显著相关。

2.5　DOM 组分占比与浮游植物细胞密度的关系

在本研究中,各荧光组分的相对丰度用每个点位每种组分的 F_{max} 占该点位 4 种组分 F_{max} 之和的百分比来计量,并与浮游植物细胞密度进行线性回归,结果如图 5 所示。浮游植物细胞密度与微生物类腐殖质组分 C1 的相对丰度呈显著负相关关系[决定系数(R^2)= 0.641,P<0.05],与陆地类腐殖质组分 C2 和 C3 的相对丰度呈显著负相关关系(R^2 = 0.607,P<0.05;R^2 = 0.335,P<0.05)。相比之下,浮游植物细胞密度与类蛋白质组分 C4 的相对丰度呈显著正相关关系(R^2 = 0.699,P<0.05)。



(a) 组分C1相对丰度与细胞密度的相关性　(b) 组分C2相对丰度与细胞密度的相关性

(c) 组分C3相对丰度与细胞密度的相关性　(d) 组分C4相对丰度与细胞密度的相关性

注:灰色区域表示 95%置信度区域。

图 5　细胞密度和 DOM 组分相对丰度之间的关系

Fig. 5　Relationship between cell density and relative abundance of DOM components

为了进一步探讨浮游植物群落对 DOM 组成的影响,本研究对荧光组分相对丰度和浮游植物群落优势种生物量进行了冗余分析。结果显示,前两个轴解释了数据集总方差的 98.9%(图 6)。作为优势种的微囊藻(蓝藻门)和异极藻(硅藻门)集中分布于府河上游和一亩泉河,与类腐殖质组分 C3 呈正相关,表明二者在水生植物较多、DOM 浓度较低的水体中容易增殖。微生物类腐殖质组分 C1、陆地类腐殖质组分 C2 与大多数浮游植物优势种呈负相关。主要分布于金线河的囊裸藻(裸藻门)与类蛋白质组分 C4 呈显著正相关,并对其产生了强烈影响,即 C4 的相对丰度越高,囊裸藻的生物量越大。隐藻、小球藻、小环藻与类蛋白质组分 C4 也呈正相关,但相关性较弱。由此可知,影响浮游植物群落结构的主要荧光组分为 C3、C4。综上所述,DOM 浓度越低,类腐殖质组分 C1、C3 的相对丰度越高,浮游植物的生物量越低。此时,微囊藻和异极藻会成为优势种。

类蛋白质组分 C4 的相对丰度升高时，浮游植物的生物量会增加。此时，囊裸藻、隐藻、小球藻、小环藻会成为优势种。

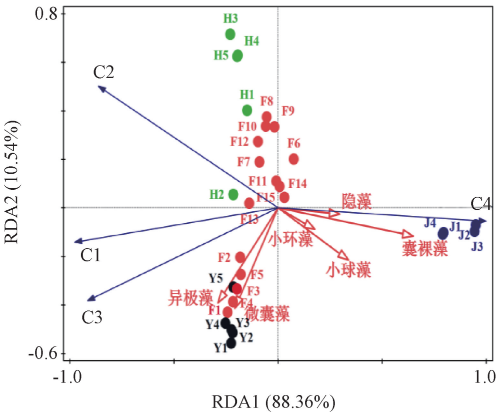


图 6　4 条河流浮游植物生物量与 DOM 组分相对丰度的 RDA 分析结果

Fig. 6　RDA analysis results of phytoplankton biomass and relative abundance of DOM components in four rivers

3　结论

1）府河水体中的 DOM 主要由 2 种类腐殖质（C1 和 C2）、1 种类富里酸（C3）、1 种类蛋白质（C4）组成，其中 C1、C2 和 C4 主要来源于人为排放，C3 则受到人为排放和自然源输入的共同影响。

2）4 条河流水样中共鉴定出浮游植物 7 门 39 种，以蓝藻门、绿藻门和硅藻门为主。小球藻、小环藻和隐藻在 4 条河流中均为优势种。

3）浮游植物生物量与 DOM 中的 C1、C2、C3 组分的相对丰度呈显著负相关，与 C4 组分的相对丰度呈显著正相关。类富里酸组分 C3 占比较高时，微囊藻和异极藻为优势种，而类蛋白质组分 C4 占比升高则对囊裸藻、隐藻、小球藻的增殖有积极影响。

参考文献（References）：

[1] LIU D, DU Y X, YU S J, et al. Human Activities Determine Quantity and Composition of Dissolved Organic Matter in Lakes Along the Yangtze River [J]. Water Research, 2020, 168: 115-132.

[2] LYNCH L M, SUTFIN N A, FEGEL T S, et al. River Channel Connectivity Shifts Metabolite Composition and Dissolved Organic Matter Chemistry [J]. Nature Communications, 2019, 10(1): 459.

[3] WANG K, PANG Y, HE C, et al. Optical and Molecular Signatures of Dissolved Organic Matter in Xiangxi Bay and Mainstream of Three Gorges Reservoir, China: Spatial Variations and Environmental Implications [J]. Science of the Total Environment, 2019, 657: 1 274-1 284.

[4] 张家胜，孟凡生，梁朱明，等. 七虎林河流域上游溶解性有机质光谱特性分析[J]. 中国环境监测，2023，39(1)：137-145.
ZHANG Jiasheng, MENG Fansheng, LIANG Zhuming, et al. Absorption and Fluorescence Spectral Characteristics of Dissolved Organic Matter in the Upper Qihulin River Basin [J]. Environmental Monitoring in China, 2023, 39(1): 137-145.

[5] SHI Y, ZHANG L Q, LI Y P, et al. Influence of Land Use and Rainfall on the Optical Properties of Dissolved Organic Matter in a Key Drinking Water Reservoir in China [J]. Science of the Total Environment, 2020, 699: 134301.

[6] ZHANG Y L, LIU X H, OSBURN C L, et al. Photobleaching Response of Different Sources of Chromophoric Dissolved Organic Matter Exposed to Natural Solar Radiation Using Absorption and Excitation-Emission Matrix Spectra [J]. PLoS ONE, 2013, 8(10): e77515.

[7] ZHANG Y L, YIN Y, FENG L Q, et al. Characterizing Chromophoric Dissolved Organic Matter in Lake Tianmuhu and Its Catchment Basin Using Excitation-Emission Matrix Fluorescence and Parallel Factor Analysis [J]. Water Research, 2011, 45(16): 5 110-5 122.

[8] ZHANG Y X, CHENG D D, REN Y X, et al. Influence of Land Cover Types and Phytoplankton Community on the Distribution and Fate of Dissolved Organic Matter in a Typical River Located in the Semi-arid Regions of China [J]. Journal of Hydrology, 2022, 610: 127818.

[9] AHAMAD M I, SONG J X, SUN H T, et al. Contamination Level, Ecological Risk, and Source Identification of Heavy Metals in the Hyporheic Zone of the Weihe River, China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(3): 1070.

[10] 余业鑫，李艳，向罗京，等. 汉江下游干支流浮游植物群落特征及其对水质的指示评价[J]. 中国环境

监测,2022,38(1):124-135.
YU Yexin, LI Yan, XIANG Luojing, et al. Phytoplankton Assemblage Characteristic and Its Indication on Water Quality in the Lower Reaches of the Hanjiang River[J]. Environmental Monitoring in China,2022,38(1):124-135.

[11] KOPYLOV A I, KOSOLAPOV D B, MASLENNIKOVA T S, et al. Production of Heterotrophic Bacterioplankton in a Large Meso-Eutrophic Reservoir: The Importance of Extracellular Organic Carbon Released by Phytoplankton [J]. Contemporary Problems of Ecology,2018,11:54-63.

[12] JAFFE R,MCKNIGHT D,MAIE N,et al. Spatial and Temporal Variations in DOM Composition in Ecosystems:The Importance of Long-Term Monitoring of Optical Properties [J]. Journal of Geophysical Research:Biogeosciences,2008,113(4):1-15.

[13] MCKNIGHT DM,ELIZABETH W B,WESTERHOFF P K, et al. Spectrofluorometric Characterization of Dissolved Organic Matter for Indication of Precursor Organic Material and Aromaticity[J]. Limnology and Oceanography,2001,46(1):38-48.

[14] KIM J, KIM Y, PARK S E, et al. Impact of Aquaculture on Distribution of Dissolved Organic Matter in Coastal Jeju Island, Korea, Based on Absorption and Fluorescence Spectroscopy [J]. Environmental Science and Pollution Research,2021, 29(1):553-563.

[15] STEDMON C A, MARKAGER S, BRO R, et al. Tracing Dissolved Organic Matter in Aquatic Environments Using a New Approach to Fluorescence Spectroscopy[J]. Marine Chemistry, 2003, 82 (3): 239-254.

[16] ZHANG Y L, DIJK M A V, LIU M L, et al. The Contribution of Phytoplankton Degradation to Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) in Eutrophic Shallow Lakes: Field and Experimental Evidence[J]. Water Research,2009,43(18):4 685-4 697.

[17] YU M D, HE X S, XI B D, et al. Investigating the Composition Characteristics of Dissolved and Particulate/Colloidal Organic Matter in Effluent-Dominated Stream Using Fluorescence Spectroscopy Combined with Multi-variable Analysis [J]. Environmental Science and Pollution Research,2018, 25(9):9 132-9 144.

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

[19] MURPHY K R,STEDMON C A,GRAEBER D,et al. Fluorescence Spectroscopy and Multi-way Techniques PARAFAC[J]. Analytical Methods, 2013, 5 (23): 6 557-6 566.

[20] LAMBERT T,BOUILLON S,DARCHAMBEAU F,et al. Shift in the Chemical Composition of Dissolved Organic Matter in the Congo River Network [J]. Biogeosciences,2016,13(18):5 405-5 420.

[21] CHEN B F, HUANG W, MA S Z, et al. Characterization of Chromophoric Dissolved Organic Matter in the Littoral Zones of Eutrophic Lakes Taihu and Hongze During the Algal Bloom Season [J]. Water,2018,10(7):861-861.

[22] CHEN M L,KIM J H,NAM S,et al. Production of Fluorescent Dissolved Organic Matter in Arctic Ocean Sediments [J]. Scientific Reports, 2016, 6 (1): 39213.

[23] LU K T, GAO H J, YU H B, et al. Insight into Variations of DOM Fractions in Different Latitudinal Rural Black-Odor Waterbodies of Eastern China Using Fluorescence Spectroscopy Coupled with Structure Equation Model[J]. Science of the Total Environment,2021,816:151531.

[24] SHARMA P, LAOR Y, RAVIV M, et al. Compositional Characteristics of Organic Matter and Its Water-Extractable Components Across a Profile of Organically Managed Soil[J]. Geoderma,2017,286: 73-82.

[25] ZHANG L,SUN Q,YOU Y,et al. Compositional and Structural Characteristics of Dissolved Organic Matter in Overlying Water of the Chaobai River and Its Environment Significance[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28 (42): 59 673-59 686.

[26] ZHOU Y Q,ZHANG Y L,SHI K,et al. Lake Taihu,a Large, Shallow and Eutrophic Aquatic Ecosystem in China Serves as a Sink for Chromophoric Dissolved Organic Matter[J]. Journal of Great Lakes Research, 2015,41(2):597-606.

[27] GAO Z,GUEGUEN C. Size Distribution of Absorbing and Fluorescing DOM in Beaufort Sea,Canada Basin [J]. Deep Sea Research Part Ⅰ: Oceanographic Research Papers,2016,121:30-37.

[28] HONG H L, WU S J, WANG Q, et al. Fluorescent

Dissolved Organic Matter Facilitates the Phytoavailability of Copper in the Coastal Wetlands Influenced by Artificial Topography [J]. Science of the Total Environment, 2021, 790: 147855.

[29] SØNDERGAARD M, STEDMON C A, BORCH N H. Fate of Terrigenous Dissolved Organic Matter (DOM) in Estuaries: Aggregation and Bioavailability [J]. Ophelia, 2003, 57(3): 161-176.

[30] LI P H, CHEN L, ZHANG W, et al. Spatiotemporal Distribution, Sources, and Photobleaching Imprint of Dissolved Organic Matter in the Yangtze Estuary and Its Adjacent Sea Using Fluorescence and Parallel Factor Analysis [J]. PLoS One, 2015, 10 (6): e0130852.

[31] LEE S A, KIM T H, KIM G, et al. Tracing Terrestrial Versus Marine Sources of Dissolved Organic Carbon in a Coastal Bay Using Stable Carbon Isotopes [J]. Biogeosciences, 2020, 17(1): 135-144.

[32] NILOY N M, HAQUE M M, TAREQ S M. Characteristics, Sources, and Seasonal Variability of Dissolved Organic Matter (DOM) in the Ganges River, Bangladesh [J]. Environmental Processes, 2021, 8: 593-613.

[33] OSBURN C L, WIGDAHL C R, FRITZ S C, et al. Dissolved Organic Matter Composition and Photoreactivity in Prairie Lakes of the U.S. Great Plains [J]. Limnology & Oceanography, 2011, 56 (6): 2 371-2 390.

喜报！《中国环境监测》连续第十次入选中文核心期刊

近日，接《中文核心期刊要目总览》2023 年版编委会通知，经研究人员检索、统计、分析及学科专家评审，《中国环境监测》入编《中文核心期刊要目总览》2023 年版（即第 10 版）之环境科学类核心期刊。此次为《中国环境监测》连续第十次入选中文核心期刊。

《中文核心期刊要目总览》即北大中文核心期刊目录，每三年更新研究和编制出版一次。2023 年版研究工作由北京大学图书馆主持，共 32 个单位的 148 位专家和工作人员参加了研究，9473 位学科专家参与了评审。评选工作主要是依据文献计量学原理和方法，通过分学科评价、多指标综合评价、定量评价与定性评价相结合的方式，评选出能够反映该学科最新成果和前沿动态、使用率较高、学术影响力较大、受读者重视的核心期刊。

《中国环境监测》创刊于 1985 年，由生态环境部主管、中国环境监测总站主办。期刊一贯坚持学术性、专业性与实用性相结合的办刊原则，目标是将期刊建设成为先进生态环境监测管理理念和技术方法的展示窗口、交流平台、学习阵地，推进我国生态环境监测管理及技术体系的科学发展。近年来，《中国环境监测》紧密跟踪学科重点、热点和难点问题，积极交流国内外先进监测技术和科研创新成果，期刊影响因子、行业影响力不断提升。

下一步，《中国环境监测》将在期刊编委会的指导下，再接再厉，努力提升办刊质量，积极搭建交流平台，更好地为广大生态环境监测工作者提供服务，为加速推进生态环境监测现代化建设提供支持。