

店埠河农业小流域水体溶解性有机质三维荧光光谱的平行因子分析

杨欣^{1,2}, 吴支行³, 叶寅^{1,2*}, 陈晓芳^{1,2}, 袁自然^{1,2}, 王静^{1,2}

1. 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 安徽 合肥 230031

2. 养分循环与资源环境安徽省重点实验室, 安徽 合肥 230031

3. 芜湖市农业技术中心, 安徽 芜湖 241000

摘要 店埠河农业小流域是巢湖的主要水源地之一, 研究该流域水体溶解性有机质(DOM)组分及来源对了解巢湖水生生态系统至关重要。本研究结合水体的三维荧光光谱, 利用平行因子分析(PARAFAC)方法对测定的三维荧光光谱矩阵进行拉曼及瑞利散射校正、组分提取等相关处理, 实现对店埠河农业小流域水体DOM的分析, 包括三维荧光光谱特征分析、三维荧光组分比例分析、三维荧光特征参数分析以及荧光特征与水质参数的相关性分析, 以探究该流域水体DOM的组分及来源。实验结果显示: 店埠河农业小流域水体DOM包含两个有效的荧光组分, 分别为类蛋白质物质(类色氨酸组分)和类腐殖质物质(类富里酸组分), 荧光组分比例表明类色氨酸组分是该流域水体DOM的主要组成部分; 水体的荧光指数FI、自生源指标BIX以及腐殖化指标HIX指明该水体中DOM具有强自生源特性和弱腐殖化特征, 其内源主要来源于藕塘内部植物及水体其他微生物代谢活动, 外源来自于生活污水及养殖饲料的输入, 其中内源为水体DOM来源的主要贡献; 溶解性有机碳(DOC)与DOM中类色氨酸组分C1呈现极显著正相关, 类蛋白质荧光组分可用于该流域水体的DOC动态追踪; pH值与类富里酸组分C2呈现正相关, 故水体pH值和类富里酸组分同步增加, 说明该流域内水体碱化会伴随着溶解性有机质中类腐殖质物质的增加; 溶解氧(DO)与类色氨酸组分C1呈现负相关, 说明类色氨酸组分受到水体溶解氧含量的影响。该研究示踪了店埠河农业小流域水体DOM的荧光特征及其组分来源响应机制, 可以更好的理解其在生态系统的功能及其环境地球化学循环过程, 从而为该流域环境综合治理提供一定的科学依据。

关键词 店埠河农业小流域; 溶解性有机质(DOM); 三维荧光光谱(EEMs); 平行因子分析(PARAFAC)

中图分类号: X522

文献标识码: A

DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)03-0978-06

引言

水体中的溶解性有机质(dissolved organic matter, DOM)对于其水生生态系统的物理、化学和生物学特征有较大的影响^[1], 探讨其动力特征、组分及来源可以更好的理解其在生态系统的功能及其环境地球化学循环过程。

现有的研究中, 对于DOM的来源及其理化性质的研究方法主要包括: 气相色谱法、¹³C 固态核磁共振波谱技术(¹³C-NMR)、高效液相色谱法(HPLC)、色谱-质谱联用技术、紫外-可见吸收光谱法(UV-Vis)以及三维荧光光谱法(3D-EEMs)等^[2]。近年来, 三维荧光光谱法由于其低成本高效率, 被普遍用以直接测定水体蛋白质、氨基酸、芳香烃、

腐殖质等有荧光特性的DOM^[3-5]。通过平行因子分析法解析三维荧光光谱从而提取荧光特征, 可对其荧光组分进行定性鉴定和定量分析^[6]。近年来, 结合EEMs-PARAFAC技术对各种水体中DOM的组成及来源进行分析已经逐渐成为国内外学者研究热点。朱爱菊等利用该技术通过对我国亚热带地区闽江、木兰溪、九龙江河口滨海陆基养虾塘水体的有色溶解性有机质(CDOM)进行组分及来源分析发现养虾塘水体CDOM荧光光谱中包括两类蛋白质物质和两类腐殖酸物质, 并得知养虾塘水体具有强自生源弱腐殖化特征^[7]。太湖中大多数来自东部和东南部平原下游地区的河流样品具有类似的腐殖质样荧光的相对丰度且河流下游类色氨酸的贡献比上游地区的少, 类酪氨酸荧光的贡献更多^[8]; Wang等利用三维荧光光谱平行因子分析技术对岷江水库河流POM进

收稿日期: 2021-02-09, 修订日期: 2021-03-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31901154), 国家重点研发子课题项目(2018YFD0800406)资助

作者简介: 杨欣, 1994年生, 安徽省农业科学院土壤肥料研究所研究实习生 e-mail: 1792502127@qq.com

* 通讯作者 e-mail: yeyin1218@163.com

行了研究，鉴定出了 5 种荧光组分，得出结论水库养鱼可能促进了 POM 的生产^[9]。

店埠河流域作为巢湖的主要水源地之一，近年来，受自然条件和人为因素的影响，流域内城镇生活污水、养殖业和种植业排水逐年增加，流域内景观格局的强烈变化直接或间接地改变了水体 DOM 的来源及其迁移转化机制，进而影响到水体 DOM 的生态功能与环境地球化学循环过程。本研究以店埠河农业小流域为研究对象，采用平行因子分析法对该流域三维荧光光谱进行解谱分析，从而定性上鉴定 DOM 组分及其来源，定量上分析各组分贡献率，以期为该流域水质状况及水生态环境治理提供科学依据。

1 实验部分

1.1 研究区及概况

本文选择巢湖北部店埠河农业小流域为研究区(如图 1)，南淝河是对巢湖污染贡献最大的三条入湖河流之一，全长 42 km，流域面积 873 km²，店埠河是南淝河的最大支流，是一个典型以农业为主的流域。店埠河小流域面积约 79.8 km²，流域内无工业生产，水系的污染源主要包括畜禽养殖、农村生活污染和种植业等。采样期为 2020 年 9 月中旬，采样期间正是当地藕塘中莲藕长势旺盛的时期。在流域范围内，选取典型的支流，依据实际情况，沿每条支流布设采样点，共布设了 26 个采样点，利用 GPS 定位采样，表 1 对各采样点进行了较为详细的位置描述。实地所采的水样需立即放入低温避光的保温箱中保存，保温箱中需要装有冰块，并尽快运回实验室，然后使用 WhatmanGF/F 玻璃纤维滤膜对水样过滤操作，接着将所得滤液进一步采用 0.2 μm 的滤膜过滤，全部过滤后，暂时放置在零下 20 °C 冰箱中冷冻并避光待测。

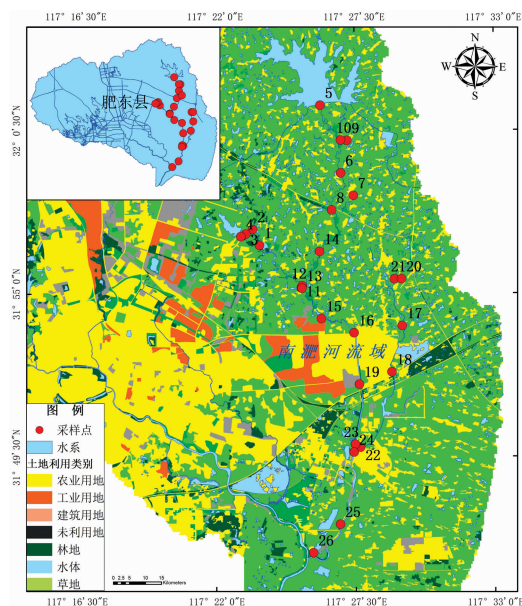


图 1 店埠河流域研究区域及实测站点分布

Fig. 1 Spatial distribution of the study area and in-situ sites in the Dianbu River

表 1 采样点位置描述

Table 1 Location description of sampling point

采样点 编号	地理位置		位置描述
	纬度	经度	
1	31.943 755	117.395 585	无名支流
2	31.952 716	117.391 02	周边较多藕塘
3	31.950 044	117.386 581	地表径流水
4	31.948 677	117.383 393	原是鱼塘，现水坝不再通水，生活污水
5	32.022317	117.435794	众兴水库汇入店埠河
6	31.984 339	117.449 181	河流上游
7	31.971 628	117.457 436	河流上游
8	31.963 507	117.443 245	河流上游
9	32.002 509	117.453 289	有畜禽养殖户
10	32.002 725	117.449 204	河流上游
11	31.919 723	117.423 081	河流中游
12	31.920 975	117.423 618	河流中上游
13	31.919 593	117.423 491	两河道交汇处
14	31.940 194	117.435 131	河流中上游
15	31.902 553	117.436 218	河流中游
16	31.894 529	117.457 614	河流中下游
17	31.898 497	117.489 331	定光河支流
18	31.865 605	117.461 044	定光河支流
19	31.872 549	117.482 445	河流中下游
20	31.924 782	117.484 351	定光河支流下游
21	31.924 787	117.488 965	多植被
22	31.830 263	117.461 572	交汇口
23	31.831 937	117.458 322	水样绿色的
24	31.827 527	117.457 418	交汇口
25	31.787 088	117.448 239	河流下游
26	31.771 085	117.430 471	河流下游

1.2 样品测定

采用荧光光度计(F-4500, 日立)进行 DOM 三维荧光光谱测定，以 Millipore 超纯水作为空白，用 10 cm 石英比色皿在 240 ~ 800 nm 范围内进行光吸收测定，测量精度为 ±0.001，系统自动进行去除拉曼及瑞利散射相关处理。扫描光谱进行仪器自动校正；扫描波长范围为激发波长(excitation wavelength, Ex)为 210 ~ 550 nm，发射波长(emission wavelength, Em)为 210 ~ 650 nm，采样间隔均为 5 nm。预处理后的样品用总有机碳分析仪—稳定同位素质谱联用仪(variocubeTOC-isoprime100, Elementar 公司)测定样品中溶解性有机碳(DOC)含量值，同样采用 Millipore 超纯水作为空白。

1.3 数据处理

从水样测定的三维荧光光谱中扣除空白样品即超纯水的信号后，进行 Raman 归一化，而后将归一化之后的数据构成三维矩阵数列，用 Matlab R2014b 软件进行 PARAFAC 模型分析；此外，在样品测定过程中，温度差异等偶然因素会导致异常样品的出现，为了防止这些异常样品影响分析结果，需要分析并去除异常样品。因此，需通过半检验法(split-half analysis)和残差分析来检验平行因子模型的稳定性，从而确定相应的组分。荧光指数 FI(370)即激发波长 Ex 等于 370

nm 时, 荧光发射光谱 Em 波长在 470 和 520 nm 处的荧光强度比值, 该指数指示的是芳香与非芳香氨基酸对 DOM 荧光强度的相对贡献率, 可一定程度上反映 DOM 来源及降解程度^[11]; 生物源指数 BIX 是指当激发波长 Ex 等于 310 nm 时, 发射波长在 380 与 430 nm 处荧光强度的比值, 该指数可反映新产生的 DOM 在整体 DOM 中所占的比例^[11]; 腐殖化指数 HIX 是指激发波长 Ex 等于 254 nm 时, 发射光谱 Em 波长在 435~480 与 300~345 nm 波段内的荧光强度积分值的比率, 可一定程度上反映 DOM 输入源特征^[10]。

2 结果与讨论

2.1 店埠河水体 DOM 的三维荧光光谱特征

已有的研究将 DOM 划分为 6 类^[3], 分别为类富里酸、类腐殖酸、低激发色氨酸类、高激发色氨酸类、低激发酪氨酸类、高激发酪氨酸类, 这些溶解性有机质广泛存在于河流

和湖泊水体中。采用 PARAFAC 方法对本次 26 个采样点的 DOM 的三维荧光光谱特征进行分析, 如图 2 结果所示店埠河水体荧光特征呈现两个荧光组分, 包括 1 种类蛋白质 C1 和 1 种类腐殖质 C2。图 2 和 3 分别为店埠河水体 DOM 的荧光强度分布图及其激发和发射波长的载荷图。组分 C1 (Ex/Em, 275 nm/335 nm)、C2 (Ex/Em, 250 nm/415 nm) 分别属于类色氨酸和类富里酸组分, 其中组分 C1 包含有两个激发峰以及一个发射峰, 其中激发与发射波长与色氨酸单体的荧光峰类似^[8], 体现的是类色氨酸类蛋白质, 属于生物降解的类蛋白质物质, 大多数是陆生植物或土壤有机质自生源产生过程生成的蛋白质成分或其降解出来的较少的缩氨酸^[9]。组分 C2 具有一个激发峰、一个发射峰, 其反映的主要是类富里酸物质, 类富里酸物质属于芳香氨基酸腐殖物质, 分子量较大, 反映来自外源输入的腐殖酸和富里酸所形成的荧光峰, 与腐殖质结果中羟基及羧基有关^[11-12]。

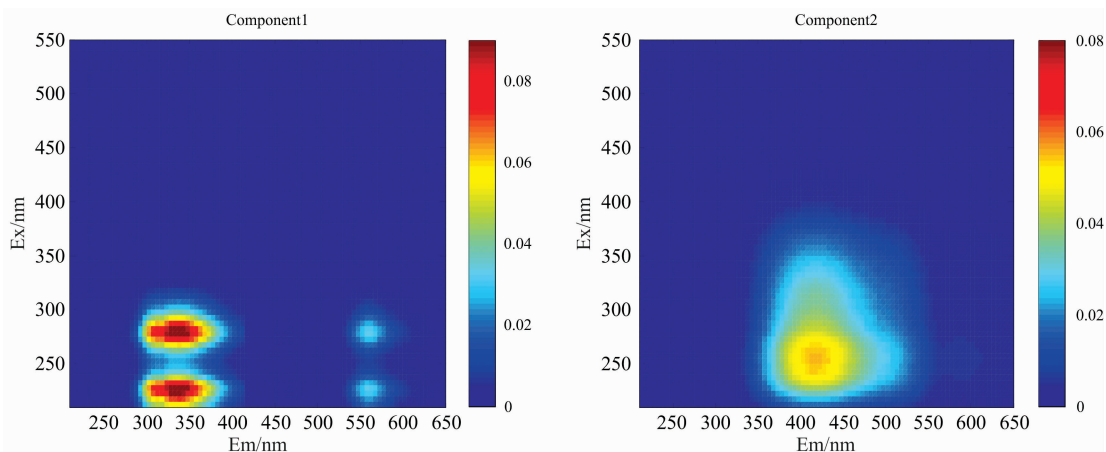


图 2 店埠河农业小流域水体 DOM 的两个组分

Fig. 2 Two components of DOM in the agricultural watershed of the Dianbu River

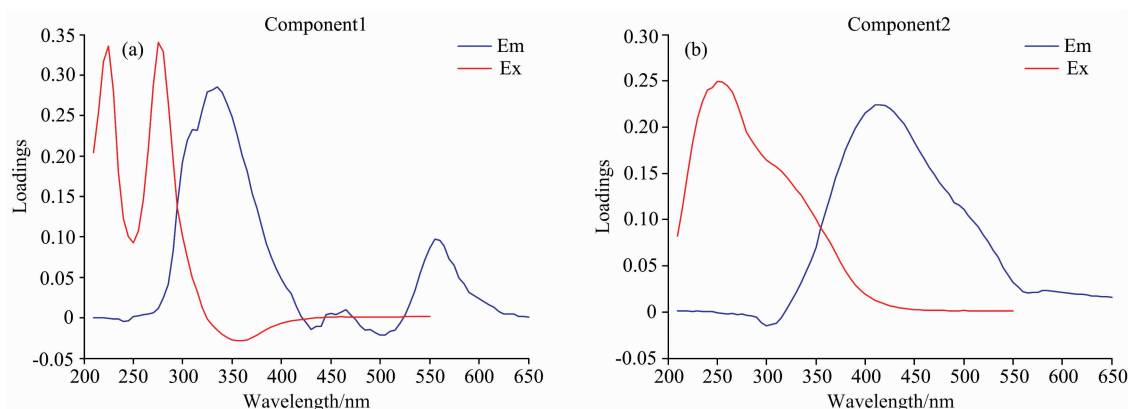


图 3 店埠河农业小流域水体 DOM 的两个组分载荷

Fig. 3 Two component loads of DOM in the agricultural watershed of the Dianbu River

2.2 店埠河水体 DOM 的三维荧光组分比例

本研究对店埠河流域水体 DOM 进行了三维荧光光谱的平行因子分析, 如图 4 所示, 店埠河流域水体 DOM 主要成

分别为 C1 (类色氨酸) 和 C2 (类富里酸) 两种组分, 占比例分别为 31.37%~84.89% 和 15.11%~68.63%。其中, C1 组分即类色氨酸类蛋白质物质所占比例较大, 这主要是由于

水体内部陆生植物等微生物代谢活动过程中分泌大量的蛋白质物质；C2 组分即类富里酸组分相对而言所占比例较小，这是由于采样时间为 9 月中旬，正是当地藕塘(S2 号采样点)莲藕生长旺盛时期，大量的植物代谢导致水体有机质维持在一个相对较高的水平，同时，此时期较高的水温促进了水体微生物活动并加快了有机物分解，从而使得类色氨酸类蛋白质荧光组分浓度显著增加。然而，S4 和 S9 采样点的 C1 组分低于 C2 组分，这主要是由于采样点周围环境所致。S4 点原是鱼塘，现水坝不再通水，周边居民产生的生活污水也排到该点水体中(表 1)，S9 点周边有畜禽养殖户(表 1)，其水体受到周边养殖饲料的输入以及周边土壤中的动植物残体的影响，故表现为 DOM 中腐殖质类富里酸占较大比例。

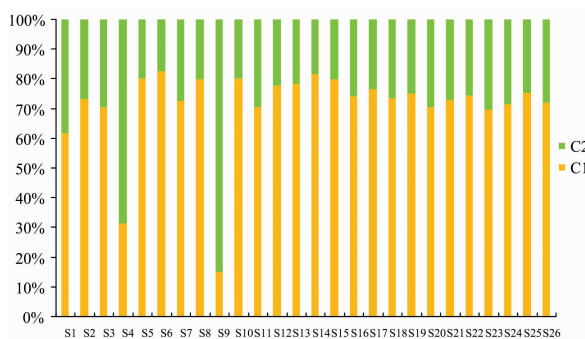


图 4 店埠河农业小流域水体 DOM 的两个组分载荷

Fig. 4 Two component loads of DOM in the agricultural watershed of the Dianbu River

2.3 店埠河水体 DOM 的荧光特征参数分析

研究通过计算并分析店埠河水体 DOM 的荧光特征参数来进一步验证其组分来源。其中，荧光指数(FI)值常用来指示 DOM 中腐殖质的来源，当 $FI > 1.9$ 时，表明水体自生源特征明显，DOM 主要源于其自身微生物活动；当 $FI < 1.4$ 时，DOM 以外源输入为主，水体自身生产贡献相对较低^[13-14]。自生源指标 BIX 反映了 DOM 自生源的相对贡献，BIX 值大于 1.0 时说明 DOM 降解程度高，其自生源组分特征明显，当其值的范围在 0.6~0.8 之间表示自生源贡献较少^[11]。腐殖化指数 HIX 可以一定程度上反映 DOM 腐殖化程度，其值为消除内滤效应干扰后的改进值，值越高则表明有机质腐殖化程度越高^[11]。

总体上，水体 FI 指标的范围位于 1.99~2.77(均值为 2.25)，表明该流域水体自生源特征明显，这主要是由于该流域水体生态环境相对稳定，DOM 受水体微生物活动因素主导；自生源指标 BIX 的范围是 0.95~1.65(均值为 1.09)，这进一步表明该流域水体自生源组分特征明显；腐殖化指标 HIX 值的范围是 0.15~0.40(均值为 0.27)，这说明该流域水体腐殖化程度相对较低。造成该现象的原因主要是由于店埠河流域作为南淝河的最大支流，是一个典型的以农业为主的流域，无工业污染，水环境相对封闭，水体生态环境相对稳定，与外界水体几乎没有发生较为明显的交换，故而该流域水体的溶解性有机质主要由自生源产生。然而，由图 5 可以看出，其中的 S4 采样点和 S9 采样点的腐殖化指标 HIX

值均达到较高，FI 和 BIX 指标值相对较低，结合 2.2 小节中该采样点 C1 类蛋白质组分贡献大小低于 C2 组分，表明此采样点的 DOM 主要为来自外源输入的一类腐殖质物质。

综上，根据各采样点荧光特征参数计算结果及 3 个指标的意义，可推测出该流域水体中 DOM 主要由水体内部浮游植物和微生物代谢活动产生，同时部分采样点(S4、S9 号)受外源输入的影响(生活污水和养殖饲料的输入)。

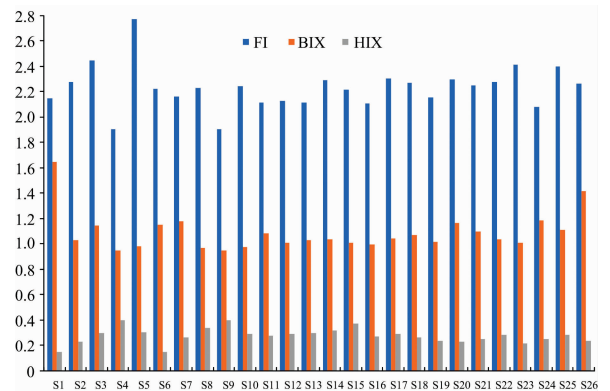


图 5 店埠河农业小流域水体各采样点 DOM 的荧光指数

Fig. 5 DOM fluorescence index of each sampling point in the agricultural watershed of the Dianbu River

2.4 店埠河水体 DOM 的荧光特征与水质参数的相关性

对 DOM 组分和各荧光光谱指标、水体理化性质进行相关性分析(表 2)，发现两组分(C1、C2)与溶解性有机碳(DOC)均正相关($p < 0.01$)，其中与 C1 呈现极显著正相关，这与前人的研究结论相似^[15-16]，类蛋白质荧光与 DOC 存在正相关关系说明了类色氨酸组分对该流域水体 DOC 有着重要影响，类蛋白质荧光组分可用于该流域水体的 DOC 动态追踪。水体 pH 值与 C2 类富里酸组分呈现正相关，这说明当地水体 pH 值和水体外源类富里酸组分同步增加，这可能是受水体周边当地生活污水排放导致水体碱化的影响(S4 号采样点)；溶解氧(DO)与 C1 类色氨酸组分呈现负相关，说明了该水体类蛋白质物质受到水体溶解氧含量的影响，这可能是由于溶解氧变化影响水体微生物活性。此外，荧光指数 FI 与两组分均呈现正相关。自生源指标 BIX 与 C1 类蛋白质荧光呈现较为显著的正相关($p < 0.01$)，而腐殖化指数 HIX 与 C1 类蛋白质组分呈现较为显著的负相关($p < 0.01$)，这进一步说明了该流域水体 DOM 的类蛋白质物质主要由自生源而非外源产生。

3 结 论

(1)店埠河农业流域水体 DOM 主要包括两个组分，即类蛋白质荧光类色氨酸组分 C1(Ex/Em, 275 nm/335 nm)及类腐殖质荧光类富里酸组分 C2(Ex/Em, 250 nm/415 nm)，其中类色氨酸组分是店埠河农业流域水体 DOM 的主要组成部分。

(2)荧光指数 FI、自生源指标 BIX 以及腐殖化指标 HIX 表明店埠河农业流域水体 DOM 具有较为显著的自生源特征

表 2 店埠河水体的荧光特征与水质参数相关性分析

Table 2 Correlation analysis of fluorescence characters and water quality parameters of Dianbu River water body

	C1	C2	DO	pH	DOC	FI	BIX	HIX
C1	1.000	0.010	-0.231	-0.290	0.867**	0.103	0.538**	-0.681**
C2		1.000	0.016	0.228	0.321**	0.682**	0.092	-0.141
DO			1.000	0.906	-0.207	-0.407	-0.166	0.025
pH				1.000	-0.011	-0.298	-0.098	-0.093
DOC					1.000	0.413	0.003	-0.220
FI						1.000	0.104	-0.260
BIX							1.000	-0.670**
HIX								1.000

注: ** 表示在 0.01 水平上呈显著相关(双尾检验), $n=26$

Note: ** highly significant correlation ($p < 0.01$, 2-tailed), $n=26$

且腐殖化程度较低。水体中 DOM 的内源主要来源于藕塘内部植物及水体其他微生物代谢活动, 产生的主要是 C1 类色氨酸类蛋白质物质; 而外源主要来自于生活污水及养殖饲料的输入, 以及周边土壤中的动植物残体形成, 产生的主要为 C2 类富里酸类腐殖物质, 其中内源为水体 DOM 主要贡献。

(3) DOC 与 DOM 中的类色氨酸组分(C1)均呈现极显著的正相关, 类色氨酸组分可用于该流域水体的 DOC 动态追踪。水体 pH 值与 C2 类富里酸组分呈现正相关, 溶解氧(DO)与 C1 类蛋白质组分呈现负相关。这说明当地水体 pH 值和水体外源类富里酸组分同步增加, 而类蛋白组分则受到水体溶解氧含量的影响。

References

- [1] Balch J, Gueguen C. Chemosphere, 2015, 119: 498.
- [2] Liu Shasha, Zhao Tianhui, Zhu Yuanrong, et al. Science of the Total Environment, 2018, 616: 602.
- [3] HE Wei, BAI Ze-lin, LI Yi-long, et al(何伟, 白泽琳, 李一龙, 等). Acta Scientiae Circumstantiae(环境科学学报), 2016, 36(2): 359.
- [4] CHENG Qing-lin, ZHENG Bing-hui, WANG Sheng-rui, et al(程庆霖, 郑丙辉, 王圣瑞, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2014, 34(3): 698.
- [5] WANG Qi-lei, JIANG Tao, ZHAO Zheng, et al(王齐磊, 江韬, 赵铮, 等). Environmental Science(环境科学), 2015, 36(3): 879.
- [6] CHEN Yong-juan, HU Wei-xuan, PANG Shu-jiang, et al(陈永娟, 胡玮璇, 庞树江, 等). Environmental Science(环境科学), 2016, (8): 3017.
- [7] ZHU Ai-ju, SUN Dong-yao, TAN Ji, et al(朱爱菊, 孙东耀, 谭季, 等). Environmental Science(环境科学), 2019, 40(1): 164.
- [8] Yao Xin, Zhang Yinlin, Zhu Guangwei, et al. Chemosphere, 2011, 82(2): 145.
- [9] Wang Hui, Wang Yonghao, Zhuang Wan-e, et al. Chemosphere, 2020, 239: 124734.
- [10] Birdwell J E, Engel A S. Organic Geochemistry, 2010, 41(3): 270.
- [11] ZHOU Shi-lei, SUN Yue, HUANG Ting-lin, et al(周石磊, 孙悦, 黄廷林, 等). Water Resources Protection(水资源保护), 2020, 36(3): 52.
- [12] LIU Yan-yang, QIN Ji-hong, LIU Chen, et al(刘堰杨, 秦纪洪, 刘琛, 等). Environmental Science(环境科学), 2018, (2): 720.
- [13] LU Song, JIANG Tao, ZHANG Jin-zhong, et al(卢松, 江韬, 张进忠, 等). China Environmental Science(中国环境科学), 2015, 2: 516.
- [14] LIANG Jian, JIANG Tao, LU Song, et al(梁俭, 江韬, 卢松, 等). Environmental Science(环境科学), 2016, 37(7): 2496.
- [15] SHAO Tian-tian, LI Liu-yang, WANG Tao, et al(邵田田, 李柳阳, 王涛, 等). Acta Scientiae Circumstantiae(环境科学学报), 2018, 38(4): 1558.
- [16] Spencer R G M, Butler K D, Aiken G R. Journal of Geophysical Research Biogeosciences, 2012, 117: G03001.

Parallel Factor Analysis of Fluorescence Excitation Emission Matrix Spectroscopy of DOM in Waters of Agricultural Watershed of Dianbu River

YANG Xin^{1, 2}, WU Zhi-hang³, YE Yin^{1, 2*}, CHEN Xiao-fang^{1, 2}, YUAN Zi-ran^{1, 2}, WANG Jing^{1, 2}

1. Institute of Soil and Fertilizer, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China

2. Key Laboratory of Nutrient Cycling, Resources and Environment of Anhui Province, Hefei 230031, China

3. Wuhu Agricultural Technology Center, Wuhu 241000, China

Abstract The agricultural watershed of the Dianbu River is one of the main water sources of Chaohu Lake. It is very important to understand the aquatic ecosystem of Chaohu Lake to study the composition and source of dissolved organic matter (DOM) in this watershed. In combination with the fluorescence excitation-emission matrix spectroscopy of the watershed, the study made some relative processing with the parallel factor analysis (PARAFAC) method, including the Raman and Rayleigh scattering removing, component extraction and so on for the measured fluorescence spectrum matrix. So we realized to analyze the DOM of the agricultural watershed of Dianbu River, including the excitation-emission matrix fluorescence spectrum characteristics analysis, the fluorescence component ratio analysis and the correlation analysis between the fluorescence characteristics and water quality parameters and explored the DOM components and sources of the watershed. The results showed that the DOM of the agricultural watershed in the Dianbu River contained two effective fluorescence components, namely, one kind of protein (tryptophan-like component) and one kind of humus (fulcrum acid-like component). The proportion of fluorescence components indicated that the tryptophan-like component was the main component of the DOM in the watershed. The fluorescence index FI, the autogenous indicator BIX and humification indicator HIX indicated that the DOM has strong autogenous properties and weak humification characteristics. What's more, its DOM of endogenous mainly comes from the metabolic activity of plants and other water microbial within the lotus pond, DOM of exogenous input from sewage and aquaculture feed. The endogenous of DOM made the main contribution to the organic matter source in the water; the DOC is positively correlated with the tryptophan-like component C1 of DOM, and the protein-like fluorescence component can be used for dynamic DOC tracking of this watershed. The pH value was positively correlated with the fulcruid-like component C2, so the pH value and the fulcruid-like component increased simultaneously, indicating that the water alkalization in this basin was accompanied by the increase of humus like substances in dissolved organic matter. Dissolved oxygen (DO) was negatively correlated with tryptophan-like component C1, indicating that the tryptophan-like component was affected by the content of dissolved oxygen content in water. This study traced the fluorescence characteristics of DOM and its component source response mechanism in the small agricultural watershed of Dianbu River, which could better understand its function in the ecosystem and its environmental geochemical cycle process, thus providing a certain scientific basis for the comprehensive environmental management of the watershed.

Keywords The agricultural watershed of Dianbu River; Dissolved organic matter (DOM); Fluorescence excitation emission matrix spectroscopy (EEMs); Parallel factor analysis (PARAFAC)

(Received Feb. 9, 2021; accepted Mar. 8, 2021)

* Corresponding author