

青弋江流域水质评价及时空变化特征分析

吴转璋¹, 耿天召^{2*}, 伍震威¹, 王欢¹ (1.安徽省生态环境监测中心, 安徽合肥 230071; 2.宿州市生态环境局, 安徽宿州 234000)

摘要 采用单因子评价法、模糊综合评价法和主成分分析法对青弋江流域7个监测断面2017—2019年6项水质指标的监测数据进行分析, 识别了流域的主要水质指标, 得出青弋江流域的综合水质状况和水质时空变化趋势。结果表明: 青弋江流域整体水质为优, 主要水质指标为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和TP; 下游因工业污染源较多, 水质最差, 上游主要污染源为林地腐殖质等带来的N、P污染, 随着水体自净中游水质优于上游; 汛期由于雨水冲刷带来的农业面源污染加重, 水质劣于其他月份, 随着对流域污染源排放管控的加强, 流域水质随时间推移呈优化趋势。

关键词 青弋江; 单因子评价; 模糊综合评价; 主成分分析; 时空变化趋势

中图分类号 X824 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)18-0079-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Water Quality Evaluation and Spatiotemporal Variation Characteristics of Qingyi River Basin

WU Zhuan-zhang¹, GENG Tian-zhao², WU Zhen-wei¹ et al (1. Anhui Province Eco-Environmental Monitoring Center, Hefei, Anhui 230071; 2. Suzhou Ecological Environment Bureau, Suzhou, Anhui 234000)

Abstract The single factor evaluation method, fuzzy comprehensive evaluation method and principal component analysis method were used to analyze the monitoring data of six water quality indicators of seven sections in Qingyi River Basin from 2017 to 2019. The main water quality indexes of the basin were identified. The comprehensive water quality and the spatiotemporal trends of water quality were obtained. The results showed that the overall water quality of Qingyi River Basin was excellent, and the main water quality indicators were $\text{NH}_3\text{-N}$ and TP; the downstream water quality was the worst due to the large number of industrial pollution sources, and the main pollution source in the upstream was N and P pollution caused by forest humus. With the self purification of water body, the water quality in the middle reaches was better than that in the upper reaches; the water quality in flood season was worse than that in other months due to the agricultural non-point source pollution caused by rainwater, and the water quality of the basin tends to be optimized over time with strengthening the management of pollution discharge.

Key words Qingyi River; Single factor evaluation; Fuzzy comprehensive evaluation; Principal component analysis; Spatiotemporal trends

“十三五”以来,随着“水十条”以及相关污染防治攻坚战行动计划的发布实施,我国水污染防治工作取得了明显成效,水环境质量得到显著改善,但水环境质量形势依然严峻,水生态环境保护工作依然任重道远^[1]。水环境质量评价是水生态环境保护中的一项基础性工作,通过对监测数据的合理分析,摸清水环境质量的优劣和变化特征,能够为制定科学的水生态环境保护措施提供有效参考^[2]。因此,采用合适的方法对水环境质量现状进行评价具有重要意义。

目前水环境质量评价的方法有很多,比较常用的有单因子评价法、综合污染指数法、模糊综合评价法和主成分分析法等。其中单因子评价法计算简单,可操作性强,可以直接根据评价因子的监测值与评价标准之间的关系,得出各评价因子的达标情况、超标因子以及超标倍数等结果,能清晰明了地判断出水体主要污染因子及超标断面位置,因此单因子评价法适用于快速判断水质类别,但是该方法用最差的水质指标等级作为该断面的水质类别,评价结果过于保守,难以对同一等级水质类别进行更详细的优劣排序。综合污染指数法是将各评价因子的监测值与其评价标准之比作为单项污染指数,通过赋权综合计算各单项污染指数得到综合污染指数,该方法可以对整体水质作出定量描述,但不同的赋权

方法计算出的评价结果差异较大。模糊综合评价法通过建立隶属函数和权重集得到水质的综合评价结果,评价结果更加客观全面,适用于分析水质是否达到水质目标要求,但目前隶属度由人为主观确定得出,评价结果会出现较大差异。主成分分析法能够考虑到各指标间的信息关联,在最大限度地保留原始信息的同时,对高维变量进行降维筛选出主要指标,且能根据各断面的综合得分值对流域水质进行时空变化特征分析,但主成分分析法难以对水质等级进行判定。以上评价方法侧重点不同,各有优劣,相互结合可以优势互补^[3-9]。为此,笔者以长江的重要一级支流青弋江作为研究对象,根据2017—2019年青弋江流域的水质监测资料,结合单因子评价法、模糊综合评价法和主成分分析法对青弋江流域水质进行评价和分析,全面客观地反映流域水质状况与变化特征,从而为流域水环境管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源 青弋江是长江的重要一级支流,干流全长309 km,流域面积约7 195 km²,起源于黄山市黟县,经石台县、黄山区,于周家坦注入陈村水库(太平湖),出陈村水库流经泾县、宣城、南陵、芜湖等地,于芜湖市区入长江^[10-11]。

该研究数据来源于青弋江流域7个常规监测断面2017—2019年数据,断面设置自上游至下游分别为溪口村、城关上游、琴溪桥、泾南交界、百园新村、海南渡、宝塔根。根据青弋江地理位置特征可知,溪口村和城关上游为上游断面,琴溪桥、泾南交界和百园新村为中游断面,海南渡和宝塔根为下游断面。其区位分布见图1。

基金项目 第二次全国污染源普查工业源普查报表制度及普查数据质量控制实施技术支持项目(22110399005)。

作者简介 吴转璋(1981—),女,安徽太湖人,工程师,硕士,从事环境监测和评价方面的研究。*通信作者,正高级工程师,从事环境管理研究。

收稿日期 2020-12-16



图1 监测点位示意

Fig.1 Location of monitoring section

1.2 数据预处理 根据对原始数据的初步分析,剔除未检出数据以及水温、pH等空值较多的项目,选取溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、化学需氧量(COD_{Cr})和总磷(TP)6项指标进行评价分析。

1.3 评价方法

1.3.1 单因子评价法。单因子评价法是用水体各监测因子的监测结果对比该因子的水质分类标准,确定该因子水质类别;在所有因子的水质类别中选取水质类别最差的类别作为

该水体的水质类别。水质分类标准值根据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)确定。

1.3.2 模糊综合评价法。模糊评价法通过各因子的浓度值,除以对应的质量标准中各类别的平均值,得出权重值。再依据各监测因子在地表水环境质量标准各类别中的归属,得出隶属度。最后通过矩阵复合运算,确定总体水环境的类别^[12]。

1.3.3 主成分分析法。主成分分析法是设法将原来变量重新组合成一组新的相互无关的综合变量,同时根据实际需要从中取出几个较少的但尽可能多地反映原来变量信息的综合变量的统计方法。主要计算步骤如下^[13-14]:①原始数据标准化;②计算各指标之间的相关系数矩阵;③计算相关系数矩阵的特征值与特征向量;④计算主成分贡献率及累积贡献率,确定主成分;⑤将标准化后的指标变量转换为主成分;⑥对主成分进行加权求和,即得最终评价价值并用其评判水质,权数为每个主成分的方差贡献率。

2 结果与分析

2.1 单因子评价结果 首先采用《地表水环境质量评价办法(试行)》(环办[2011]22号文)规定的划分水质类别的单因子评价法来评价溪口村、城关上游、琴溪桥、径南交界、百园新村、海南渡和宝塔根7个监测断面水质状况。评价结果显示,2017—2019年青弋江流域各监测断面水质类别均稳定在Ⅱ类(表1),水质状况为优,确定青弋江流域水质类别主要指标是TP。

2.2 模糊综合评价结果 青弋江流域水质模糊综合评价显示(表1),2017—2019年青弋江流域各监测断面水质类别均稳定在Ⅰ类,水质状况为优。通过对权重指标分析可知,

表1 2017—2019年各断面水质单因子和模糊综合评价结果

Table 1 Single factor and fuzzy comprehensive evaluation results of water quality of each section in 2017-2019

序号 No.	监测断面 Monitoring section	年份 Year	单因子评价法 Single factor evaluation method	模糊综合评价 Fuzzy comprehensive evaluation					评价结果 Evaluation results
				I类	II类	III类	IV类	V类	
1	溪口村	2017	II类	0.96	0.04	0	0	0	I类
		2018	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
		2019	II类	0.95	0.05	0	0	0	I类
2	城关上游	2017	II类	0.96	0.04	0	0	0	I类
		2018	II类	0.97	0.03	0	0	0	I类
		2019	II类	0.99	0.02	0	0	0	I类
3	琴溪桥	2017	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
		2018	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
		2019	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
4	径南交界	2017	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
		2018	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
		2019	II类	0.99	0.01	0	0	0	I类
5	百园新村	2017	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
		2018	II类	0.97	0.03	0	0	0	I类
		2019	II类	0.98	0.02	0	0	0	I类
6	海南渡	2017	II类	0.83	0.18	0	0	0	I类
		2018	II类	0.86	0.14	0	0	0	I类
		2019	II类	0.89	0.11	0	0	0	I类
7	宝塔根	2017	II类	0.81	0.19	0	0	0	I类
		2018	II类	0.84	0.16	0	0	0	I类
		2019	II类	0.88	0.13	0	0	0	I类

2017—2019年7个监测断面的DO权重值均最大,分别为0.25、0.27、0.33、0.26、0.26、0.27、0.36、0.33、0.36、0.26、0.28、0.29、0.32、0.31、0.29、0.24、0.27、0.31、0.24、0.24、0.27,说明DO是影响青弋江流域水质的主要指标。

2.3 主成分分析结果 分别对各监测断面不同监测指标年均值和月均值进行2个独立的主成分分析。采用各监测断面不同监测指标年均值进行流域主要污染指标的筛选以及水环境质量的时空变化趋势分析,采用各监测断面不同监测指标月均值进行各监测断面水环境质量的时变化趋势分析。

运用KMO和Bartlett球体检验进行统计,KMO检验是对原始变量之间的简相关系数和偏相关系数的相对大小进行检验,Bartlett球性检验用于检验各变量是否各自独立^[15-16]。该研究计算得到年均值和月均值数据组KMO检验统计值分别为0.52和0.56,均大于0.50,Bartlett球形检验显著性概率P值均小于0.05,表明以上数据组指标间相互不独立,相关性较强,适宜进行主成分分析。

分别对各水质指标年均值和月均值数据组进行降维处理,结果见表2和图2。从年均值数据组降维结果来看,方差贡献率大于10%的主成分有4个,对应的数值分别为38.65%、27.12%、13.13%和10.55%,前4个主成分的累积方差贡献率为89.45%,高于80%。主成分1与TP和NH₃-N呈显著正相关关系,主成分2与DO呈显著正相关关系,主成分3与COD_{Mn}和BOD₅呈显著正相关关系,主成分4与DO和COD_{Cr}呈显著正相关关系。以上主成分涉及所有水质指标。

从月均值数据组降维结果来看,方差贡献率大于10%的主成分也有4个,对应的数值分别为31.30%、20.33%、17.23%和13.58%,前4个主成分的累积方差贡献率为82.44%,高于80%。主成分1与TP、NH₃-N和COD_{Mn}呈显著正相关关系,主成分2与DO呈显著正相关关系,主成分3与BOD₅呈显著正相关关系,主成分4与COD_{Cr}呈显著正相关关系。以上主成分涉及所有水质指标。

对比分析青弋江流域各监测断面年均值数据组和月均值数据组降维结果,可知2组数据的主成分分析结果基本一致,筛选出青弋江流域主要水质指标为TP和NH₃-N。

表2 主成分对应水质指标

Table 2 Water quality indexes to principal components

数据组 Data group	主成分 Principal component	方差贡献率 Variance contribution rate//%	水质指标 Water quality index
年均值 Annual mean	1	38.65	TP、NH ₃ -N
	2	27.12	DO
	3	13.13	COD _{Mn} 、BOD ₅
	4	10.55	DO、COD _{Cr}
月均值 Monthly mean	1	31.30	TP、NH ₃ -N、COD _{Mn}
	2	20.33	DO
	3	17.23	BOD ₅
	4	13.58	COD _{Cr}

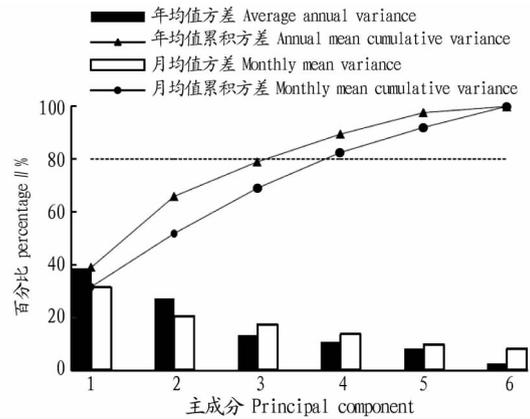


图2 主成分方差贡献率和累积方差贡献率

Fig.2 Contribution rate of principal component variance and cumulative variance

青弋江流域年均值数据组水质主成分综合评价结果见表3,月均值数据组水质主成分综合评价结果见表4。

表3 各断面年均值数据组水质主成分综合评价结果

Table 3 Results of principal component comprehensive evaluation of annual mean data

序号 No.	监测断面 Monitoring section	2017年	2018年	2019年
1	溪口村	0.46	-0.55	0.13
2	城关上游	0.24	-0.01	-0.21
3	琴溪桥	-0.25	-0.83	-0.48
4	泾南交界	-0.57	-0.76	-0.81
5	百园新村	-0.07	0.17	-0.33
6	海南渡	1.06	0.69	0.30
7	宝塔根	0.45	0.95	0.43

2.4 水质时空变化特征分析 对青弋江流域年均值和月均值数据组水质主成分综合评价结果进行分析,得出青弋江流域水质时空变化趋势及各断面水质时间变化趋势(图3)。

2017—2019年青弋江流域年均值数据组水质主成分综合评价结果表明(表3):青弋江流域下游水质最差,中游优于上游;2019年各断面水质均优于2017年水质,青弋江流域整体水质随时间推移呈优化趋势;2018年整体水质变化趋势不明显,溪口村和琴溪桥2018年水质在2017—2019年中最优,百园新村和宝塔根水质在3年中最差。

2017—2019年青弋江流域月均值数据组水质主成分综合评价结果表明(表4):溪口村断面2017年5、6月水质最差,10、12月份水质最优;2018年4、9月水质最差,10—12月水质最优;2019年2、6、9月水质最差,5、10—12月水质最优。城关上游断面2017年7、8月水质最差,1月次之,其他月份曲线基本平稳;2018年9月水质最差,6月次之,2月水质最优;2019年5—8、11月水质最差,1月水质最优。琴溪桥断面2017年9月水质最差,11、12月水质最优;2018年水质曲线基本平稳;2019年6月水质最差,12月水质最优。泾南交界断面2017年9月水质最差,其他月份曲线基本平稳;2018年10月水质最差,7、12月次之,其他月份曲线基本平稳;2019年8、9月水质最差,1月最优。百园新村断面连续3年水质变化曲线基本一致,7月份最差,其他月份曲线基本平稳。海

南渡断面 2017 年 7 月水质最差,12 月次之,其他月份基本平稳;2018 年 9 月水质最差,12 月次之,7 月最优;2019 年 9 月水质最差,6 月次之,1 月最优。宝塔根断面连续 3 年水质变

化基本一致,6—9 月最差,12 月次之,其他月份基本平稳。综合分析各断面水质变化,得出青弋江流域汛期水质明显劣于其他月份。

表 4 各断面月均值数据组水质主成分综合评价结果

Table 4 Results of principal component comprehensive evaluation of monthly mean data

序号 No.	监测断面 Monitoring section	年份 Year	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sept.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.
1	溪口村	2017	—	—	—	—	0.71	0.59	0.15	0.32	0.25	-0.17	0.26	-0.18
		2018	-0.07	-0.47	0.11	0.50	-0.04	-0.53	-0.61	-0.42	0.67	-0.77	-0.58	-0.78
		2019	0.12	0.66	0.10	-0.31	-0.80	0.53	-0.16	-0.38	0.41	-0.68	-0.62	-0.81
2	城关上游	2017	0.51	-0.48	-0.33	-0.10	-0.29	0.17	1.53	1.47	-0.01	-0.32	-0.23	-0.05
		2018	-0.29	-0.75	0.42	0.08	0.26	0.59	0.32	0.69	0.92	0.36	0.03	-0.28
		2019	-0.52	-0.02	-0.15	0.38	0.69	0.64	0.88	0.46	0.16	0.17	0.61	—
3	琴溪桥	2017	—	—	—	—	-0.34	-0.42	-0.55	-0.25	0.77	0.01	-0.76	-0.58
		2018	-0.51	-0.85	-0.86	-0.04	-0.58	-0.43	-0.42	-0.71	-0.88	-0.64	-0.39	-0.45
		2019	-0.52	-0.22	-0.86	-0.14	-0.22	0.80	-0.20	-0.26	-0.89	-0.48	-0.79	-1.07
4	泾南交界	2017	-0.18	-0.14	0.24	0.28	0.18	-0.08	0.21	0.50	0.91	-0.17	0.20	-0.18
		2018	-0.26	0.02	-0.10	-0.35	-0.34	-0.31	0.22	-0.30	0.00	0.63	-0.10	0.20
		2019	-0.77	-0.31	-0.52	-0.25	-0.61	-0.25	-0.06	0.46	0.36	0.20	0.10	—
5	百园新村	2017	—	-0.53	-0.65	-0.02	-0.48	-0.58	1.06	-0.01	-0.28	-0.45	-0.32	—
		2018	—	—	-0.76	-0.56	-0.37	0.26	1.35	-0.14	0.46	-0.07	—	—
		2019	-0.54	-0.19	0.20	-0.26	-0.44	0.33	1.74	0.01	0.13	-0.07	—	—
6	海南渡	2017	-0.25	-0.47	-0.48	-0.19	0.23	0.46	0.98	0.37	0.38	-0.21	0.04	0.53
		2018	0.19	-0.31	0.59	-0.29	-0.22	0.02	-0.70	0.71	1.34	-0.50	0.61	0.72
		2019	-0.94	-0.14	-0.14	-0.48	-0.32	0.39	0.16	0.06	0.97	-0.25	-0.43	—
7	宝塔根	2017	-0.38	-0.28	0.05	-0.29	-0.21	0.31	0.78	0.25	0.58	-0.23	0.07	0.28
		2018	-0.30	-0.33	-0.06	-0.29	-0.07	0.31	0.36	0.37	0.78	-0.29	0.09	0.43
		2019	-0.29	-0.26	0.19	-0.34	-0.22	0.22	0.00	0.40	1.00	-0.35	0.15	—

3 讨论

3.1 评价结果对比分析 该研究的 3 种水质评价方法侧重点不同,评价结果也略有差异。单因子评价法用最差的水质等级代表评价结果,根据各采样点位的 TP 浓度评价青弋江水质为 II 类,评价结果不够全面,但计算结果安全性高。模糊综合评价结果与单因子评价结果相差 1 个等级,评价结果显示青弋江水质为 I 类,模糊综合评价法充分考虑了各评价因子的综合影响,评价结果更加客观全面,但模糊综合评价对指标权重矢量的确定主观性较强,会掩盖一些重要水质指标的影响。主成分分析法难以对水质等级进行判定。

影响单因子评价结果的主要水质指标是 TP,模糊综合评价中 DO 权重值最大,DO 对模糊综合评价结果的影响最大,主成分分析法结果显示第 1 个主成分对应水质指标为 TP 和 $\text{NH}_3\text{-N}$,第 2 个主成分对应水质指标为 DO,主成分分析法与单因子评价法和模糊综合评价法的评价结果基本一致,且包含单因子和模糊综合评价的主要水质指标,因此主成分分析法更为客观、全面。

单因子和模糊综合评价法只能对水体进行定性评价,主成分分析法能对水体质量进行定量描述,且能根据描述结果进行时空变化特征分析。

3.2 评价结果与实际调查情况对比分析 青弋江流域上游

主要污染源是林地和农村生活源,中游主要为农村生活源和农业面源,下游进入芜湖市段主要为工业污染源,因此整个流域以富营养污染为主,流域下游由于工业污染源较多,水质最差,上游主要污染源为林地腐殖质等带来的 N、P 污染,随着水体自净,中游水质优于上游,汛期由于雨水冲刷带来的农业面源污染加重水质劣于其他月份;随着对流域污染源排放管控的加强,流域水质随时间推移呈优化趋势。以上调查结果均与评价结果一致。

4 结论

(1)单因子、模糊综合和主成分分析相结合的评价方法可用于青弋江流域水质评价和时空变化特征的综合分析。结果显示,青弋江流域整体水质状况稳定在 II 类以上,主要水质指标为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TP;青弋江流域下游水质最差,中游水质优于上游;2019 年各断面水质均优于 2017 年,青弋江流域整体水质随时间的推移呈优化趋势,青弋江流域汛期水质明显劣于其他月份。

(2)青弋江流域整体水质为优,但中上游农业面源及芜湖市段工业点源污染仍是该流域两大污染风险。因此,该流域仍需加强农业面源污染控制和下游芜湖市段工业污染末端治理,注重污染预防,从源头和全过程减少污染物的产生。

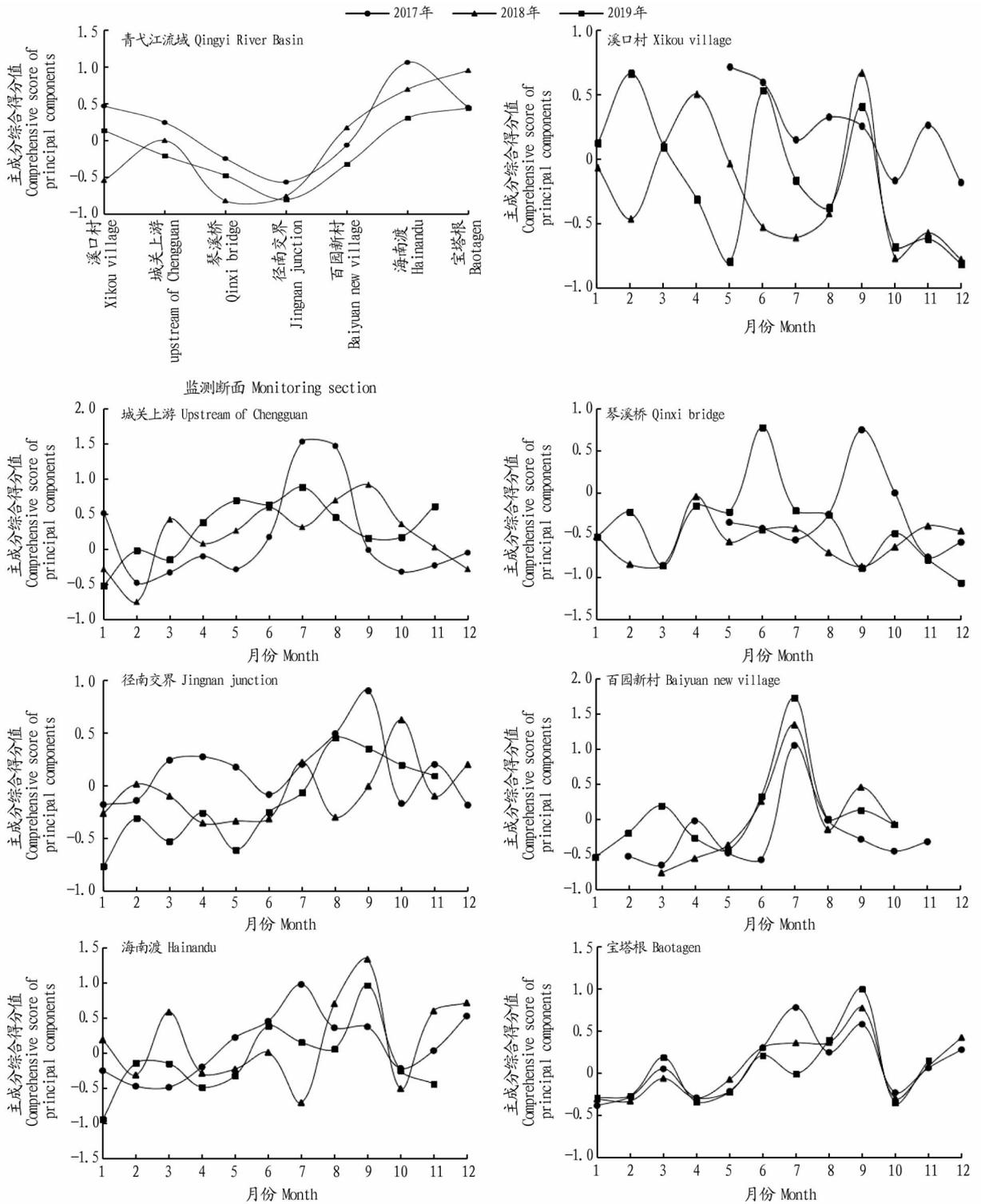


图3 青弋江流域及各断面主成分综合得分值变化曲线

Fig.3 Variation curve of comprehensive scores of principal components in Qingyi River Basin and its section

参考文献

[1] 马乐宽, 谢阳村, 文字立, 等. 重点流域水生态环境保护“十四五”规划编制思路与重点[J]. 中国环境管理, 2020, 12(4): 40-44.
 [2] 程卫国, 李亚斌, 苏燕, 等. 不同赋权方法的综合水质标识指数法对比分析[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(11): 93-99.
 [3] 初征. 水环境质量评价中的几种方法[J]. 有色金属, 2010, 62(3): 160-162.
 [4] 陆卫军, 张涛. 几种河流水质评价方法的比较分析[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(6): 174-176.
 [5] 孙婷, 莫跃爽, 李芳, 等. 花溪区思雅河水质分析与评价[J]. 环境监测管

理与技术, 2020, 32(4): 43-47.
 [6] 郭晶, 王丑明, 黄代中, 等. 洞庭湖水污染特征及水质评价[J]. 环境化学, 2019, 38(1): 152-160.
 [7] 王竹, 朱士江, 刘扬, 等. 不同水质评价方法在滦河下游段的比较应用[J]. 节水灌溉, 2019(10): 68-72, 77.
 [8] 彭福利, 张永勇, 李茜, 等. 官厅水库入库断面水质多指标评价与演变特征分析[J]. 中国环境监测, 2020, 36(1): 65-74.
 [9] 吴岳玲. 水质综合评价及预测研究进展[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(2): 23-26.

(下转第 86 页)

中等富集性。

表4 97%氰氟草酯原药在斑马鱼体中的生物富集性(氰氟草酯溶液初始浓度为0.039 mg/L)

Table 4 The bioconcentration of 97 % cyhalofop-butyl in *Brachydanio rerio* (the original concentration of cyhalofop-butyl is 0.039 mg/L)

时间 Time//h	水样中氰氟草酯含量 Cyhalofop-butyl concentration in water//mg/L	鱼体内氰氟草酯含量 Cyhalofop-butyl concentration in fish//mg/kg	生物富集性 Bioncentration factor(BCF)
0	0.038 8	0	0
24	0.041 8	0.506	12.1
48	0.041 1	0.505	12.3
96	0.043 2	0.600	13.9
144	0.042 6	0.694	16.3
192	0.043 4	0.582	13.4

表5 97%氰氟草酯原药在斑马鱼体中的生物富集性(氰氟草酯溶液初始浓度为0.39 mg/L)

Table 5 The bioconcentration of 97 % cyhalofop-butyl in *Brachydanio rerio* (the original concentration of cyhalofop-butyl is 0.39 mg/L)

时间 Time//h	水样中氰氟草酯含量 Cyhalofop-butyl concentration in water//mg/L	鱼体内氰氟草酯含量 Cyhalofop-butyl concentration in fish//mg/kg	生物富集性 Bioncentration factor(BCF)
0	0.376	0	0
24	0.351	5.47	15.6
48	0.317	6.88	21.7
96	0.302	7.10	23.5
144	0.294	8.40	28.6
192	0.361	8.08	22.4

3 结论与讨论

鱼类不仅是生态系统中的重要生物,也是人类的主要食物之一,农药的合理施用对鱼类的生存乃至人类的健康至关重要。因此,农药对鱼类的毒性评价工作一直是农药环境评价的重点^[8]。斑马鱼急性毒性试验是检测环境污染物急性毒性的常用方法之一^[1]。而鱼类生物富集试验对农药的环境风险评估及其慢性毒性研究具有非常重要的意义^[9]。吴迟等^[10]和李如美等^[11]分别研究了戊唑醇和叶菌唑对斑马鱼的急性毒性及生物富集效应,均表明农药对斑马鱼有一定的毒害效应。

该研究选用97%氰氟草酯原药,研究了其对斑马鱼的急性毒性和生物富集效应。结果表明,97%氰氟草酯原药对鱼类急性毒性表现为中等毒性,生物富集性为中等富集性。

近年来,除草剂在农业生产中的使用量逐年增大,不同种类除草剂对水生生物的研究也越来越受到重视。廖艺钰等^[12]研究了草甘膦农药对斑马鱼的毒性,急性毒性试验结

果表明草甘膦属于高毒农药;研究表明,西草净对斑马鱼的急性毒性为中毒^[13],五氟磺草胺对3月龄幼鱼也表现为中等毒性^[14];Al-Sawafi等^[15]将斑马鱼分别暴露在0.957、1.913 mg/L的莠去津药液中,结果表明斑马鱼能迅速富集该除草剂;何健等^[16]报道了二甲四氯和二甲四氯异辛酯在斑马鱼体内均有富集效应。这表明除草剂对斑马鱼有一定的毒性并能在鱼体内不同程度的富集。

该研究是在实验室条件下进行的,氰氟草酯作为水稻田除草剂在水田施用,不可避免会进入水体,自然环境下农药的毒性效应更为复杂。若要更全面地评估该除草剂在鱼体内的累积毒性及对环境的风险,仍需进一步开展鱼类生命周期或水生生态模拟系统等方面的研究。因此氰氟草酯在田间使用时,仍应注意选择毒性较低的剂型,严格控制用药量等,科学合理的使用,尽量减少其对水体环境以及水生生物的影响。

参考文献

- [1] 朱丽珍.两种芳氧苯氧基丙酸酯类除草剂对斑马鱼毒性效应及作用机制研究[D].北京:中国农业大学,2016.
- [2] 吴向辉,何难.农业部首次公布化肥,农药利用率数据[J].农化市场十日讯,2016(3):7.
- [3] 钟文武,王文玉,孙映,等.云南省淡水渔业环境现状及保护对策[J].现代农业科技,2014(17):290-292.
- [4] 徐立利,徐永学,闫艳春.斑马鱼及其胚胎在毒理学研究中的应用[J].生物技术通报,2010(11):35-39.
- [5] 李浩斐,李卫华,金泰虞,等.斑马鱼及其在环境毒理学中的应用[J].环境与职业医学,2005,22(5):460-463.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.化学农药环境安全评价试验准则 第12部分:鱼类急性毒性试验:GB/T 31270.12—2014[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.化学农药环境安全评价试验准则 第7部分:生物富集试验:GB/T 31270.7—2014[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [8] 邹积鑫,何雄奎,陶传江,等.乙炔氟草醚对斑马鱼的急性毒性和生物富集性研究[J].农药学报,2006,8(4):375-378.
- [9] 刘娜.戊唑醇等3种典型三唑类手性农药在斑马鱼中的选择性生物富集及生物毒性差异[D].沈阳:沈阳农业大学,2016:53-64.
- [10] 吴迟,刘刚刚,何明远,等.戊唑醇对斑马鱼的急性毒性及生物富集效应[J].生态毒理学报,2017,12(4):302-309.
- [11] 李如美,戴争,王维,等.叶菌唑对斑马鱼的急性毒性及生物富集效应[J].生态毒理学报,2019,14(5):326-330.
- [12] 廖艺钰,惠吕佳,严吉祥,等.草甘膦农药对斑马鱼的急性毒性和慢性毒性研究[J].广州化工,2020,48(21):66-68.
- [13] 蒋利生,吴晓峰,康杰.西草净对斑马鱼的急性毒性研究[J].安徽农业科学,2020,48(18):63-64,69.
- [14] 朱少杰,臧传江,李晨雨,等.五氟磺草胺对斑马鱼的毒性效应[J].农药,2019,58(8):601-603.
- [15] AL-SAWAFI A G A, YAN Y J. Bioconcentration and antioxidant status responses in zebrafish (*Danio rerio*) under atrazine exposure [J]. International journal of chemical engineering and applications, 2013, 4(4): 204-208.
- [16] 何健,周艳,孔德洋,等.2甲4氯和2甲4氯异辛酯在斑马鱼体内生物富集性[J].农药,2015,54(11):822-824.

(上接第83页)

- [10] 李峻,孙世群.基于BP网络模型的青弋江水质预测研究[J].安徽工程科技学院学报(自然科学版),2008,23(2):23-26.
- [11] 胡晨琦,胡春生,刘永婷,等.青弋江泾县段最高阶地的ESR年代及其构造气候意义[J].山地学报,2017,35(4):469-476.
- [12] 杨海江,王建宇,石磊,等.模糊数学评价法在芦河水质评价中的应用[J].现代农业科技,2016(10):178-180.

- [13] 杜军凯,傅尧,李晓星.模糊-主成分分析综合评价法在地下水水质评价中的应用[J].中国环境监测,2015,31(4):75-81.
- [14] 王红,姚君兰,李艳蕾,等.基于主成分分析法的梁子湖水水质评价分析[J].湖北大学学报(自然科学版),2017,39(6):601-608.
- [15] 任芳玲,张亚楠.基于主成分分析法的用电量预测模型[J].徐州工程学院学报(自然科学版),2016,31(2):50-53.
- [16] 李成,李海波,高丹丹,等.主成分分析在城市大气环境质量评价中的应用[J].湖北大学学报(自然科学版),2016,38(6):567-571.