

# 泗河水质评价与污染源分析

张承德, 方娇慧, 孙晓琦, 赵金凤, 刘萌萌, 舒凤月\* (曲阜师范大学生命科学学院, 山东曲阜 273165)

**摘要** 利用2013年10月泗河流域21个断面的水质监测数据,采用平均综合污染指数法,进行河流水质评价、重污染监测点的筛选和污染源的分析。结果表明,泗河所有监测断面平均综合污染指数 $P_j$ 的平均值为2.9(>2),其中 $P_j>2$ 的重污染监测断面占76.2%,这些断面TN和TP的单项污染贡献率分别为97.4%和65.8%,说明泗河总体上污染严重,TN和TP主要来自重污染断面;COD<sub>Mn</sub>、TP、TN的单项污染分担率依次为13.1%、18.8%、68.1%,说明泗河首要污染物是TN,其次为TP和COD<sub>Mn</sub>。综合分析表明,流域附近城镇未经处理的生活污水以及工业废水的排放等点源污染是造成流域水质污染的主要原因,农业面源污染应引起重视。

**关键词** 泗河;河流污染;重污染筛选;水质评价  
**中图分类号** S181.3;X522 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)29-255-03

**Evaluation of Water Quality and Analysis of Pollution Source of Sihe River**  
**ZHANG Cheng-de, FANG Jiao-hui, SUN Xiao-qi, SHU Feng-yue\* et al** (College of Life Sciences, Qufu Normal University, Qufu, Shandong 273165)

**Abstract** Based on monitoring data of 21 sections of Sihe River in October 2013, the average comprehensive pollution index ( $P_j$ ) was adopted for water quality evaluation, heavy pollution monitoring site selection and pollution source analysis. The results showed that  $P_j$  of all monitoring sections was 2.9 (>2), among which, the percentage of heavily polluted sections ( $P_j>2$ ) was 76.2%. The average value of individual soiled contribution rates of TN and TP of those sections were 97.4% and 65.8% respectively, indicating that the pollution of Sihe River was still at high level, TN and TP were mainly from heavily polluted sections. The value of individual soiled share rate of COD<sub>Mn</sub>, TP, TN were 13.1%, 18.8%, 68.1% respectively, indicating that TN was the primary pollutant of Sihe River, followed by TP and COD<sub>Mn</sub>. Integrated analysis indicted that the point pollution resources such as the discharge of untreated sewage and industrial waste water was still the main influence factors of water quality in Sihe River. Meanwhile, the agricultural non-point pollution resources should be paid more attention.

**Key words** Sihe River; River pollution; Filtration of heavy pollution; Evaluation of water quality

泗河发源于鲁中山地新泰市南部太平顶西麓,西南流入泗水县境后改向西行,至曲阜和兖州市边境复折西南,于济宁东南鲁桥镇入南四湖之南阳湖。泗河为山洪性河流,干流长159 km,流域面积2 361 km<sup>2</sup>[1]。泗河位于南水北调东线工程山东段汇水区内,是南水北调东线工程最大调蓄湖南四湖的重要入湖河流,其水质应达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅲ类标准。但研究表明,泗河的水质污染严重,成为南四湖10条主要排污河流之一[2]83-84。但以往对于泗河水质的研究主要基于入湖河口的一个监测断面(尹庄断面)进行[3-6]141,241,迄今未对泗河流域水质现状进行调查。研究河流水质污染特征对于河流的水质管理具有重要的参考意义[7]。笔者利用2013年10月泗河流域21个断面的水质监测数据,采用平均综合污染指数法,进行河流水质评价、重污染监测点的筛选和污染源的分析,以期对泗河流域水环境的治理提供参考依据。

## 1 材料与方法

**1.1 断面设置** 根据泗河的长度、流域内的工农业布局以及流经的主要城镇,共设置了21个监测断面(图1)。

**1.2 样品采集与测定** 2013年10月利用2.5 L采水器,在水下面0.5 m处采集水样,于低温下避光保存,采样结束后立即对样品进行处理。总氮(TN)测定采用碱性过硫酸钾消

解紫外分光光度法;总磷(TP)测定采用过硫酸钾消解钼酸铵分光光度法;氨氮(NH<sub>3</sub>-N)测定采用纳氏试剂比色法;COD<sub>Mn</sub>即高锰酸盐指数测定,采用高锰酸盐指数法[8]。

**1.3 平均综合污染指数法** 平均综合污染指数评价是以单项污染指数为基础,采用主要水质指标单项污染指数的平均值进行评价。通过公式计算泗河各监测断面的综合污染指数,按其数值的大小判断各监测断面的污染程度,筛选出重污染监测断面,计算单项污染的分担率和单项污染贡献率。具体计算如下:

单项污染指数:  $P_{ij} = C_{ij} / C_{ij}$

平均综合污染指数:  $P_j = \frac{1}{n} \sum_i P_{ij}$

所有监测断面的单项污染分担率,即单项污染物占参与评价的所有污染物的比率:  $K_i = \frac{1}{n} \sum_j P_{ij} / \sum_j P_{ij} \times 100\%$

重污染监测断面的单项污染贡献率,即重污染监测断面占有所有监测断面相应污染物的比率:  $P_i = \frac{\sum_{严重污染j} P_{ij}}{\sum_j P_{ij}} \times 100\%$

式中, $i=1,2,3$ ,依次表示主要水质指标COD<sub>Mn</sub>、TP、TN; $j$ 为泗河监测断面编号( $j=1,2,\dots,m$ ); $C_{ij}$ 为水质指标*i*的评价标准限值(3种水质指标的Ⅲ类标准依次为6、0.2、1 mg/L)[9]; $n$ 为参与评价的水质指标数量。根据污染指数 $P$ ,将污染程度分为3级,即符合Ⅲ类水标准( $P\leq 1$ )、Ⅳ类、Ⅴ类重污染( $1<P\leq 2$ )、超Ⅴ类严重污染( $P>2$ )[10]。

## 2 结果与分析

**2.1 监测断面污染程度分析** 由平均综合污染指数分析可知,所有监测断面中,平均综合污染指数为1.0~8.3,总体平

**基金项目** 国家林业局948项目(2012-4-73);国家级大学生创业训练项目(2014A059);曲阜师范大学实验技术项目(2013SJ008);南四湖重点实验室项目。  
**作者简介** 张承德(1957-),男,山东曲阜人,高级实验师,从事水环境与水生生物研究。\*通讯作者,副教授,博士,从事底栖生物研究。  
**收稿日期** 2015-09-06

均值  $P$  为 2.9; 只有 1 个监测断面  $P_j \leq 1$ , 达到Ⅲ类水质标准;  $1 < P_j \leq 2$  的有 4 个监测断面, 为Ⅳ类、Ⅴ类水质;  $P_j > 2$  的有 16 个监测断面, 处于超Ⅴ类水质的重污染状态, 分别占监测断面总数的 4.8%、19.0%、76.2%。由图 2 可知, 在筛选的 16 个处于重污染的监测断面中, 平均综合污染指数的平均值

为 3.4, 重污染监测断面的综合污染贡献率为 88.2%, 其中曲阜泗河桥南监测断面(17#)的平均综合污染指数最大达 8.3, 说明泗河总体污染比较严重, 重污染断面多, 并且重污染监测断面的污染贡献率较高。

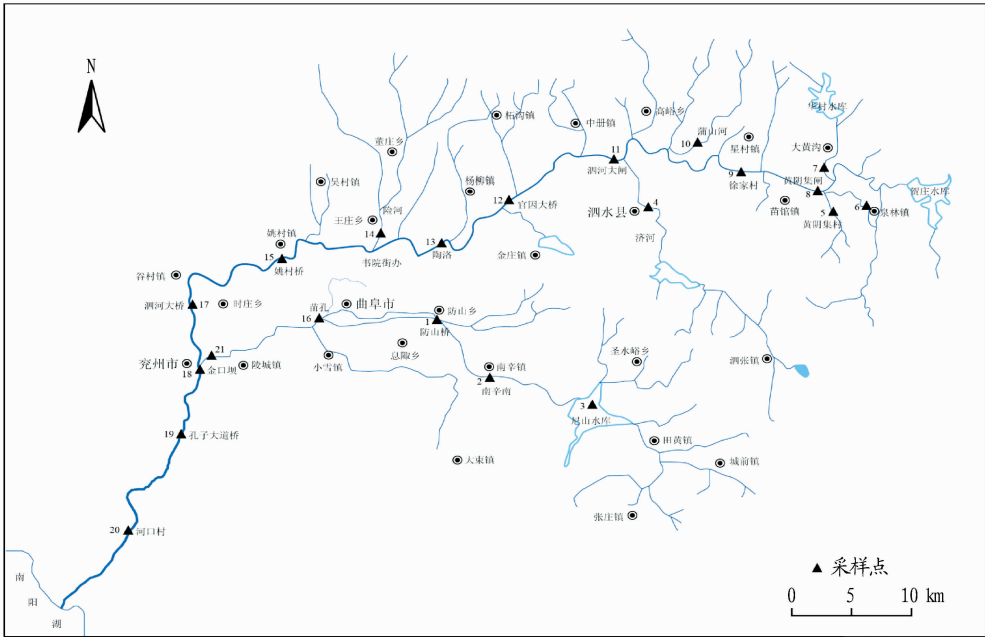


图 1 研究区域内监测断面位置示意图

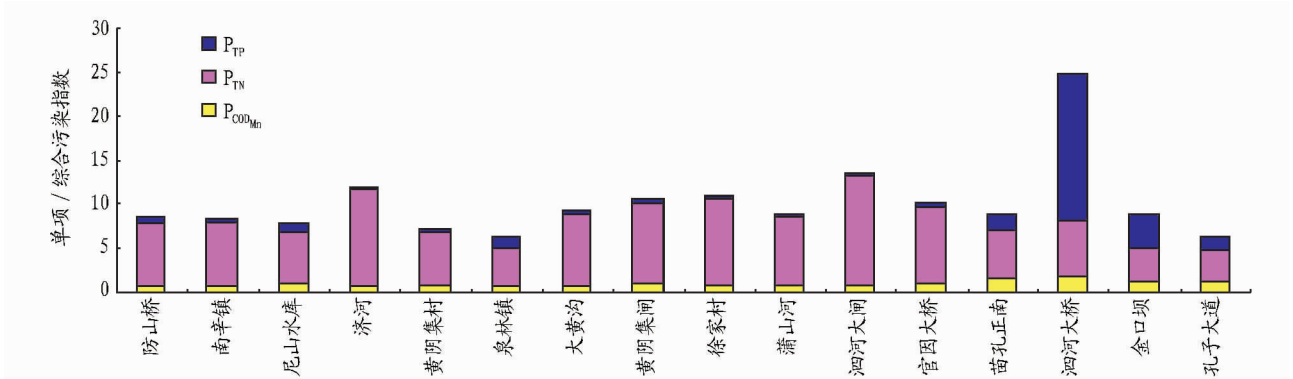


图 2 泗河重污染监测断面的污染指数

**2.2 污染物分析** 重污染监测断面  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、TP、TN 的单项污染贡献率分别为 0%、65.8%、97.4%。可见, 泗河 TN、TP 主要来自于重污染监测断面, 其中  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  没有重污染监测断面, 所以其污染贡献率为 0%。所有监测断面的  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、TP、TN 的单项污染分担率依次为 13.1%、18.8%、68.1%。由此可见, 泗河首要污染物是 TN, TN 在重污染监测断面的筛选中起到主导作用, 其次是 TP, 整个监测断面中  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的污染较轻。

**2.3 水质评价** 参照《地表水环境质量标准》(GB3838 - 2002) 中Ⅲ类标准中各水质指标的限值 ( $\text{NH}_3\text{-N}$  的限值为 1 mg/L) 对泗河水质  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、TN、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$  进行总体评价。由表 2 可知, 泗河秋季监测的  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  超标率为 47.6%, 超标倍数平均值为 0.5; TN 超标率为 100.0%, 超标倍数平均值为

5.0; TP 超标率为 28.6%, 倍数平均值为 3.6;  $\text{NH}_3\text{-N}$  超标率为 9.5%, 超标倍数平均值为 1.5。在水质超标的监测断面中,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN 的超标倍数平均值依次增高。由此可见, 泗河流域 TN 的污染具有普遍性, 且大多数监测断面的 TN 污染最严重,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的污染也较为普遍, 但其污染程度并不高, TP 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  的污染主要集中在少数监测断面。

表 2 泗河水质指标超标状况与评价

| 指标                       | 超标率 % | 超标倍数平均值 | 总体水质      |      |     |
|--------------------------|-------|---------|-----------|------|-----|
|                          |       |         | 平均浓度 mg/L | 超标倍数 | 类别  |
| $\text{COD}_{\text{Mn}}$ | 47.6  | 0.5     | 6.9       | 0.2  | Ⅳ类  |
| TN                       | 100.0 | 5.0     | 6.0       | 5.0  | 超Ⅴ类 |
| TP                       | 28.6  | 3.6     | 0.3       | 0.6  | Ⅳ类  |
| $\text{NH}_3\text{-N}$   | 9.5   | 1.5     | 0.5       | —    | Ⅱ类  |

### 3 讨论与结论

研究表明,泗河所有监测断面平均综合污染指数的总体平均值  $P=2.9(>2)$ ,处于严重污染状态,且重污染断面多,其所占比例达 76.2%。泗河流域超标污染物主要是 TN,其次为  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和 TP,这与以往研究的结果一致,TN 的浓度一直处于超Ⅴ类水的严重超标状态,近年来也呈上升趋势;TP 在 2006~2008 年符合Ⅲ类水质标准<sup>[4]144-145</sup>,但近几年污染程度涨幅非常大,现在为Ⅳ类水质,说明泗河富营养化程度有逐年上升的趋势。这主要是由于泗河流经泗水县、曲阜市以及兖州、邹城和济宁市的部分区域,该区域工业门类较全,大量工业废水排入河道<sup>[11]</sup>;另一方面,泗河流域城镇较多,导致大量生活污水排入泗河<sup>[2]84</sup>。此外,泗河流域内农业面源污染也是一个主要因素<sup>[6]241-242</sup>。

按水质单项污染指数  $P_{ij}>2$ ,筛选出  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、TN、TP 污染最重的监测断面, $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和 TP 污染最严重的是曲阜泗河桥南监测断面(17#),超标倍数分别为 0.9 和 15.6 倍,TN 污染最严重的是泗河街办监测断面(11#),超标倍数为 11.3 倍。污染程度最轻的监测断面为陶洛,综合污染指数为 0.95( $<1$ ),符合Ⅲ类水标准。曲阜泗河桥南断面(17#)位于临近古城煤矿,可能与煤矿开采导致的污染有关<sup>[12]</sup>。泗河街办(11#)监测点在泗水县内,距离县中心区较近,该河段接纳了县城大量的工业废水和生活污水。陶洛断面(13#)附近工厂企业分布少,人口分布松散,相应排入该河段的生活污水和

(上接第 91 页)

由表 4 可知,使用 T4 进行烘烤,能够有效提高难落黄红花大金元品种烟叶上部叶的整体烘烤质量和烟叶可用性,上等烟比例提高 7.34%,中上等烟比例提高 6.47%,烟叶均价提高 3.19 元/kg 干烟。烟叶种植效益提高 7 177.5 元/hm<sup>2</sup>。但烘烤后 T4 鲜干比上升,这可能与乙烯利提高叶绿素的分解和淀粉的分解速率有关。

### 3 讨论

在使用叶面喷施的方法时,乙烯利喷施处理表现出较好的效果,但碳酸氢钠也表现出微小变化,可能使用的浓度不够高,需要进一步对其使用浓度进行对比试验。在喷施操作过程中,因乙烯利不是纯的乙烯单体外源激素,尚不明确喷施对烟叶残留的影响,熏蒸处理相对安全,因此在进一步试验中采取乙烯利熏蒸烘烤的处理方法,且该方法简单易于操作,烘烤质量最好。虽然烘烤后的烟叶表观质量较好,但内在成分和呼吸评价需要进一步确定,最终能够达到提高烟叶内在质量的目的。在烟叶烘烤过程中,烟叶变黄快于失水,出现失水滞后的情况,易造成变黄失水不协调<sup>[7-8]</sup>,在烘烤过程中,需要提前降低湿球控水,防止烟叶变黄过度导致褐变,与之配套的相应烘烤工艺需要进一步研究,以确定最佳的配套工艺。

### 4 小结

喷施乙烯利 600~800 倍浓度,促进红花大金元品种烟叶上部叶的落黄成熟效果最好,喷施 72 h 后进行采收最佳,

工业废水相对较少,且陶洛河段的上游河道明显变宽,水生植物丰富,使污染物由于水流变缓而沉积于河底或被吸收,所以该河段水体污染物浓度相对于泗河流域最低。

### 参考文献

- [1] 慕金波,郝光前,张洪秀,等.泗河水环境容量及最大容许排污量计算[J].环境科学与技术,2009,32(11):177-180.
- [2] 武周虎,仁杰,张晓波,等.南四湖人湖河口水质综合分析与改善效果分析[J].环境污染防治,2012,34(7):80-84.
- [3] 武周虎,张晓波,张芳园.南四湖人湖重点污染河流筛选与水环境问题分析[J].长江流域资源与环境,2011,20(4):475-481.
- [4] 张伟,杨丽原.南四湖主要入湖河流水质评价[J].海洋湖沼通报,2011(1):141-146.
- [5] 高学平,李文猛,张晨,等.入湖河流对南四湖水质的影响[J].水资源保护,2013,29(2):1-5.
- [6] 李爽,张祖陆,孙媛媛.基于 SWAT 模型的南四湖流域非点源氮磷污染模拟[J].湖泊科学,2013,25(2):236-242.
- [7] KOLOVOS A,CHRISTAKOS G,SERRE M L,et al. Computational BMEsolution of a stochastic advection-reaction equation in the light of site-specific information[J]. Water resources research,2002,38(12):1318-1334.
- [8] 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.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [9] 中国环境科学研究院.地表水环境质量标准:GB3838-2002[S].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [10] 范瑜.平均综合污染指数在地面水污染分级中的应用[J].江苏环境科技,1999,12(3):28-29.
- [11] 辛颖,武周虎,慕金波,等.南四湖人湖、入干线河流与输水干线的水质动态分析[J].安全与环境工程,2003,20(3):36-41.
- [12] 孔令昊,杨丽原.泗河表层沉积物重金属污染特征及潜在生态危害评价[J].中国农村水利水电,2013(3):41-44.

烘烤效果最好;使用乙烯利熏蒸烘烤烟叶,能够有效促进烟叶变黄,缩短烘烤时间,降低燃料和电力消耗量,从而降低烘烤成本。

### 参考文献

- [1] 张发明,杨虹琦,何伟,等.不同品种烤烟烟叶调制前后理化特性分析[J].湖南农业大学学报,2010,26(1):30-33.
- [2] 程浩,孙福山,翟所亮,等.特色烤烟品种红花大金元烟叶质量的影响因素分析[J].中国烟草科学,2009,30(2):21-25.
- [3] 逢涛,宋春满,方敦煌,等.红花大金元烤烟品种化学品质组成的特征分析[J].浙江农业学报,2010,22(1):30-35.
- [4] 张树堂.红花大金元品种品质特征[J].湖南农业大学学报,2007,33(2):170-173.
- [5] 王传义.不同烤烟品种烘烤特性研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
- [6] 王行,周亮,柯油松,等.不同烤烟品种上部烟叶烘烤特性研究[J].云南农业大学学报,2014,29(4):612-622.
- [7] 官长荣,杨焕文,艾复清,等.烟草调制学[M].北京:中国农业出版社,2011:261-264.
- [8] 崔国民.烤烟密集型自动化烤房及烘烤工艺技术[M].北京:科学出版社,2012:487-488.
- [9] 官长荣.密集烤房[M].北京:科学出版社,2012:487-488.
- [10] 闫克玉,赵献章.烟叶分级[M].北京:中国农业出版社,2012:68-69.
- [11] 陶龙兴,王熹,黄效林,等.植物生长调节剂在农业中的应用及发展趋势[J].浙江农业学报,2001,13(5):322-326.
- [12] 刘铮翔,官春云.作物化学催熟研究进展[J].作物研究,2007,21(5):489-492.
- [13] 肖文娜,周可金.作物化学催熟技术的研究与应用[J].湖北农业科学,2010,49(7):1722-1725.
- [14] 张喜峰,王玮,樊万福,等.一种植物调节剂对烤烟生长及产、质量的影响[J].安徽农业科学,2014,42(16):4987-4988,5030.
- [15] 郭传滨.外源物质对烤烟成熟期黑暴促黄效果的研究[D].郑州:河南农业大学,2008.