



移动扫码阅读

吕睿喆,王翔宇,宗梅.安徽省八里河流域水质污染时空变化研究[J].能源环境保护,2020,34(5):71-78.

LV Ruizhe, WANG Xiangyu, ZONG Mei. Temporal and spatial variation of water pollution in Bali River Basin of Anhui Province[J]. Energy Environmental Protection, 2020, 34(5):71-78.

安徽省八里河流域水质污染时空变化研究

吕睿喆,王翔宇,宗梅

(安徽省环境科学研究院,安徽 合肥 230000)

摘要:为掌握八里河流域污染成因、污染集中期和重污染地带,在八里河流域设置了7个河道监测断面及33个地下水监测点位,连续1年监测了地表水COD、氨氮、TP和地下水氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐,分析了八里河流域水质时空变化趋势,提出了相应的污染控制措施。结果表明:受淀粉加工污染影响,各项指标在10~12月迅速上升,COD在第二年4月以后逐渐降低恢复至正常值,氨氮和TP难以达标;地表水污染以柳沟最为严重,五里湖沟次之,第三湖沟水质相对最好;淀粉废水还会通过淋滤进入浅层地下水,造成地下水氨氮污染;氨氮污染最初主要集中在流域西南方,逐渐向全流域扩散。针对当地突出的红薯淀粉加工废水污染问题,建议推广低污染的淀粉生产技术,制定适用于八里河流域的规范化与标准化农业面源污染控制技术,构建小流域农业面源污染控制系统与管理模式。

关键词:水质监测;时空变化;污染分析

中图分类号:X824

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2020)05-0071-08

Temporal and spatial variation of water pollution in Bali River Basin of Anhui Province

LV Ruizhe, WANG Xiangyu, ZONG Mei

(Anhui Academy of Environmental Sciences, Hefei 230000, China)

Abstract: In order to study the cause of pollution in the Bali River Basin, the period of pollution concentration and the heavily polluted areas, 7 river monitoring sections and 33 groundwater monitoring sites were set up to continually monitor the COD, ammonia nitrogen and TP of surface water, and ammonia nitrogen, nitrate and nitrite of groundwater for one year. The temporal and spatial trends of the water quality in the Bali River Basin were analyzed, and corresponding pollution control measures were proposed. The results show that the all contaminant indexes rises rapidly from October to December due to the pollution of starch processing. COD will gradually decrease to normal value after April of next year, however ammonia nitrogen and TP will be difficult to meet the standards. Surface water pollution is the most serious in Liugou, followed by Wuli Lake Gully and the third Lake Gully. Starch wastewater also leaches into shallow groundwater resulting in ammonia nitrogen pollution of groundwater, which initially concentrates in the southwest of the basin and then gradually spreads to the entire basin. In view of the local serious pollution problem of sweet potato starch processing wastewater, it is suggested to promote low-pollution starch processing production technology, develop a set of standardized agricultural non-point source pollution control technologies suitable for the Bali River Basin, and construct a control and management model of agricultural non-point source pollution system in small watershed.

Key Words: Water quality monitoring; Temporal and spatial variation; Pollution analysis

收稿日期:2020-07-09

基金项目:国家水体污染控制科技重大专项:沙颍河中下游农业面源污染控制与水质改善集成(2015ZX07204-007);红薯淀粉加工废水还田利用处理技术验证研究与推广(2017ZX07602-001-005)

第一作者简介:吕睿喆(1991-),男,安徽芜湖人,工程师,主要从事水环境保护、水污染治理等方向研究。E-mail:513458179@qq.com

0 引言

农业面源污染具有不确定性、时空分布范围广及成分复杂等特点,对环境的污染日益严重。目前,农业面源污染已经成为农村生态环境恶化的主要原因^[1],不仅加剧了河网水系水质的恶化,还会污染地下水,严重威胁到饮用水安全^[2]。为有效控制面源污染,越来越多的学者关注研究水体污染源的时空变化特征,各种水质评价方法不断出现和发展完善。从早期的定性描述水的感官特性,到人工神经网络法、多元统计方法和水质指数法等各类评价方法^[3],通过分析流域水质指标和水环境的时空变化特征,了解水环境变化是否具有趋势性特征,并分析水环境时空变化的影响因素,为流域水环境管理提供科学依据^[4]。

安徽省八里河流域农业高度集约化,流域内主要污染来源是农业面源污染,包括农药化肥污染、畜禽养殖污染和淀粉废水污染。其中以红薯种植与加工业最发达,当地红薯淀粉生产加工方式粗放落后,并且加工生产具有显著的季节性特点,红薯生产集中且淀粉废水排放量较大,加工过程中产生的高浓度淀粉废水已成为当地农业面源污染的主要来源^[5]。近年来,八里河流域农业面源污染控制与治理工作受到各级地方政府的充分重视,但是由于缺乏系统的治理方案与有效的控制技术^[6],以八里河流域的红薯淀粉废水等主要农业面源污染一直无法得到有效治理,导致八里河流域水体 COD、氨氮、总氮等水质指标超标严重,水体自净能力快速衰退,水体生态服务功能不断丧失,河流的沼泽化趋势非常明显,农村人居环境不断恶化,社会经济发展与水质改善矛盾日益凸显^[7]。

水环境质量的好坏直接关系到经济社会的发展质量^[8],目前对河流水质综合评价研究较多,对地下水的时空分析研究相对较少,本文不仅对研究区域内的河流水质时空变化进行分析,并通过 Kriging 插值法研究地下水水质时空变化情况。由于八里河流域无历史监测断面,为此本文开展了连续 1 年多地表水及地下水采样监测,以监测数据为基础,对流域不同地区、各种季节及水期、多条支流、地下水污染分布等多个方面进行水质分析和评价,探讨污染防治对策,为制定适用于八里河流域的农业面源污染防治措施提供依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

八里河流域,属于安徽省阜阳市颍上县,位于沙颍河入淮河口附近,流域面积 425 km²,约占沙颍河流域安徽段总面积的 1/8,约占年径流总量的 1/6^[9]。八里河流域作为沙颍河入淮口附近的最大支流,近年来水质超标严重,由于八里河流域农业高度集约化,农业面源污染严重,经调查,流域农田平均施肥量为 109 kg/亩,化肥投入量远远超过耕地负荷;流域内畜禽养殖散户、养殖场数量众多,但大多是一家一户式分散经营,养殖模式未达到规范化标准,每年养殖粪污产生量达 85 万多吨;当地红薯种植面积约 5 800 hm²,每年产红薯可达 30 万 t,但是因为流域内红薯淀粉生产加工方式粗放落后,每年 9–12 月红薯淀粉集中加工季节约有 300 万 t 高浓度淀粉废水未经过任何污水处理措施直接排入河流水体^[10],导致农业面源污染负荷远超过八里河流域水环境容量。据统计,八里河流域淀粉废水的 COD 排放量达 14 400 t,氨氮为 270 t,总氮 750 t,总磷 76 t^[11],造成河流中氨氮、COD 等超标严重,使河水发黑发臭,水体缺氧,鱼虾绝迹,对当地生态造成毁灭性打击^[12]。

八里河流域有 12 个乡镇,3 条主要支流,分别为:第三湖沟、柳沟和五里湖沟,分布在流域的西、中和东,其中柳沟的流程最长,达到 29 km,第三湖沟和五里湖沟的流程分别为 14 km 和 13.5 km,柳沟与五里湖沟先交汇,再与第三湖沟水一起流入八里河。

1.2 数据来源

八里河流域无历史监测断面,为全面了解研究区域水环境现状,从 2016 年 8 月到 2017 年 10 月进行了长达 1 年多的水质监测与调查。根据八里河流域河流流向、水系分布情况和研究目标,确定了 7 处地表水监测点和 33 处地下水监测点,地表水与地下水监测点位置分布见图 1(a)~(b)^[13]。

地表水监测点分别是:(s1)柳沟养殖场断面,(s2)五里湖沟断面,(s3)第三湖沟上游断面,(s4)柳沟断面,(s5)八里河闸,(s6)第三湖沟下游断面,(s7)柳沟、五里湖沟交汇处断面。从 2016 年 8 月 1 日至 2017 年 10 月 19 日共现场采样 22 次,频率为 15 天左右/次,采集流域地表水并检测水质指标^[14],主要包括氨氮、总磷和 COD_{Cr}。

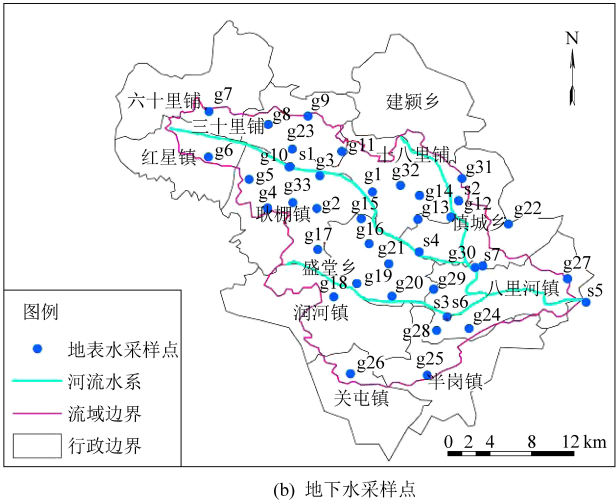
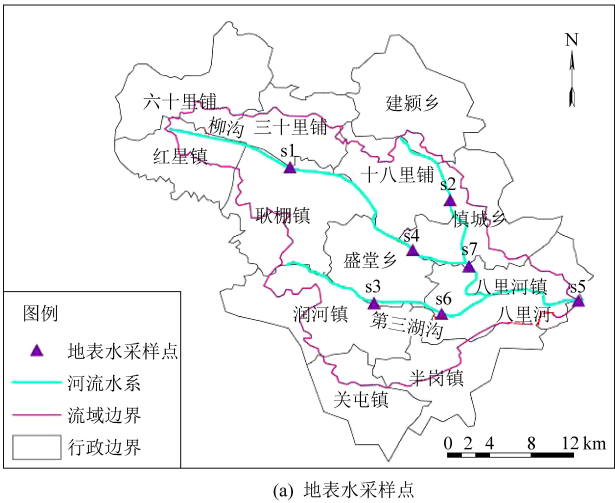


图 1 八里河水质监测点位置分布图

地下水水质监测点共有 33 个,在流域内均匀分布。监测点以民用水井为主,其中大部分为压水井,井深在 6 m 至 60 m 不等,均为潜水井。由于地下水流速缓慢,水质相对较稳定,因此本研究分别在丰水期和枯水期各采样 2 次和 2 次,共采水样 4 次^[15]。具体时间为:2016 年 8 月 1 日(丰水期)、2016 年 11 月 2 日(枯水期)、2017 年 2 月 16 日(枯水期)和 2017 年 6 月 3 日(丰水期),主要检测指标包括氨氮、硝酸盐(以 N 计)和亚硝酸盐(以 N 计)。

1.3 研究方法

为全面掌握八里河流域水污染状况及水质动态特征,本文对流域地表水展开长达 1 年多的水质监测,系统调查该地区地表水与地下水水质特征,通过分析污染源特征,寻求面源污染控制与水质改善的解决途径^[16]。水质监测分析方法采用《水和废水监测分析方法》第 4 版^[17]中规定方法,对化学需氧量、氨氮、总磷以、硝酸盐(以 N 计)和亚硝酸盐等指标进行分析。

地表水评价依据《地表水环境质量标准》(GB

3838—2002);由于地下水以氮污染为主,本研究主要分析地下水中氨氮、硝态氮和亚硝态氮的变化趋势和分布特征^[18],评价标准为《国家地下水质量标准》(GB/T 14848—93)。

2 结果分析与讨论

2.1 地表水水质趋势分析

(1) 污染物空间分布特征

从各断面监测均值来看,COD_{Cr}均值能达到地表水Ⅳ类标准断面有 s2、s3、s5 和 s6 四个断面,超标次数比例都低于 30%以下,其中最好的断面是 s3,水质接近地表水Ⅲ类,最差的是 s1 断面,均值达到了 50.5mg/L,属于劣Ⅴ类水体,超标次数比例达到 75%,COD_{Cr}污染严重超标;氨氮均值能达到地表水Ⅳ类标准断面为 s3、s5 和 s6 三个断面,其超标次数比例基本控制在 30%~40%之间,s1 氨氮均值高达 8.7 mg/L,超标次数比例高达 94.7%,其他断面氨氮也严重超标;TP 达标地表水Ⅳ类标准断面同样为 s3、s5 和 s6 三个断面,其中 s5 断面水质最好,TP 含量最低并无超标情况,s1 断面最

表 1 八里河各断面监测数据

断面	COD 均值/ (mg · L ⁻¹)	COD 超标次数比例/% (超过地表水Ⅳ类)	氨氮均值 /(mg · L ⁻¹)	氨氮超标次数比例/% (超过地表水Ⅳ类)	TP 均值 /(mg · L ⁻¹)	TP 超标次数比例/% (超过地表水Ⅳ类)
S1	50.5	75	8.70	94.7	1.67	100
S2	24.1	28.5	2.60	50	0.39	66.7
S3	20.7	17.6	1.43	33.3	0.24	23.5
S4	37.9	47.6	5.66	63.6	1.13	95.2
S5	25.8	23.8	1.30	36.3	0.12	0
S6	25.3	30	1.28	33.3	0.15	10
S7	40.9	57.1	2.86	40.9	0.52	57.1

差,其超标次数高达 100%。

根据地表水监测的水质结果,利用 ArcGIS 分别绘制地表水监测断面的氨氮、 COD_{Cr} 和总磷浓度

分布图(见图 2(a)~(c)),分析八里河流域污染物空间分布特征。

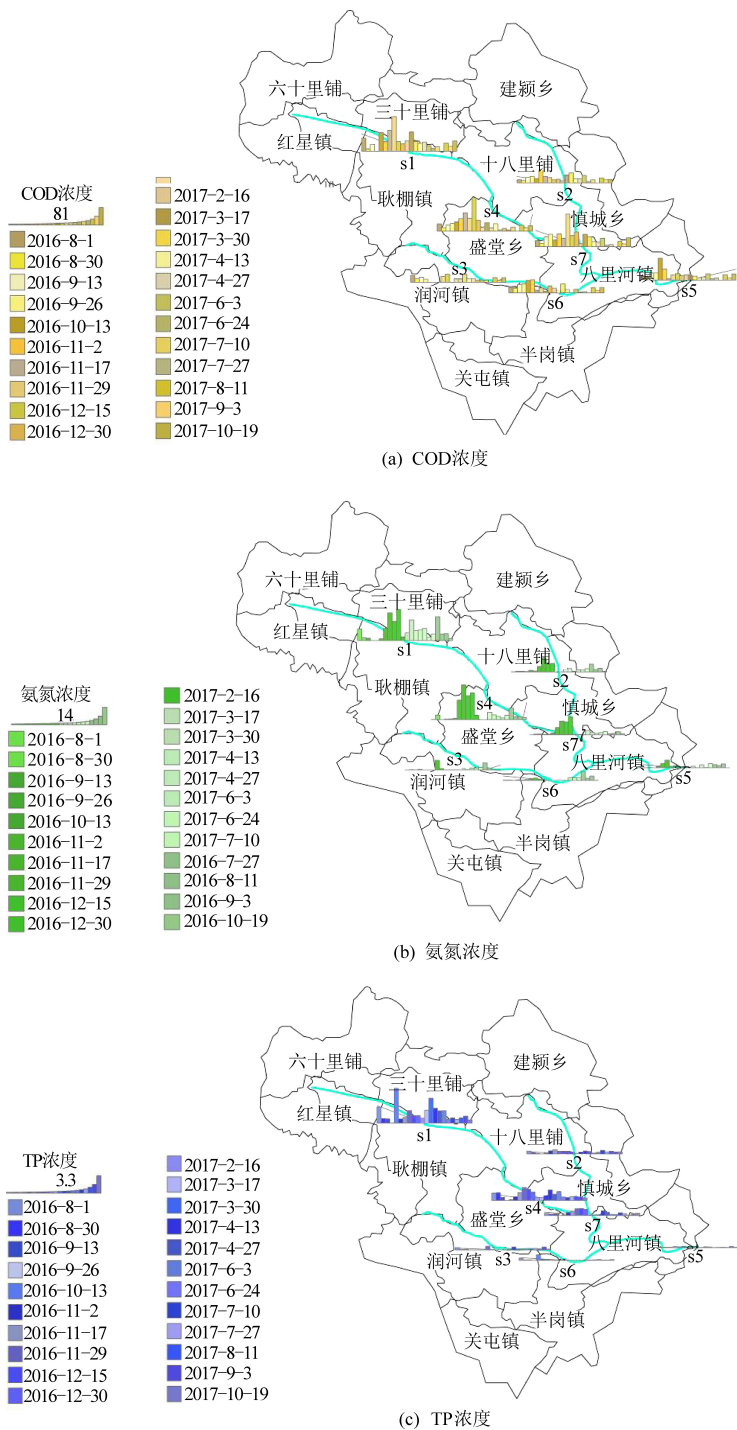


图2 八里河流域污染物空间分布图

从图 2 也看出,7 个监测断面中水质最差的是 s1 和 s4,属于柳沟支流,各项监测指标均为最高,说明柳沟附近污染最严重。柳沟是流域内最长的支流,流经红星镇、三十里铺、耿棚镇和盛堂乡,而八里河流域红薯主要种植地位于三十里铺、耿棚镇、盛堂乡和十八里铺,其中,耿棚镇被称为“中原

三粉第一镇”。当地生产的红薯 90%用于加工生产红薯淀粉,由于农村红薯淀粉加工大多是家庭作坊式,生产方式粗放落后,每吨鲜薯耗水量达 10 吨,淀粉废水排放量大,导致柳沟污染最为严重。

s7 断面位于柳沟在与五里湖沟交汇处,在交汇处后断面水质情况有所好转,从 s2 的监测结果

可以发现, s2 断面水质相比 s7 断面较好, 说明五里湖沟的水质情况相对柳沟较好, 交汇后起到了稀释作用, 降低了水中污染物浓度。支流中水质状况最好的是第三湖沟, 其 s3 和 s6 监测断面是所有支流监测断面中水质相对最好的, 说明第三湖沟流经的地区污染最少。整个流域水质状况最好的是 s5 八里河闸断面, 分析其原因是该断面在八

里河下游, 八里河风景区的水量能起到稀释作用; 另外, 八里河有自净作用, 因此八里河闸断面的水质状况最好。

(2) 污染物时间分布特征

将各监测点位的地表水各指标数据按照时间整理, 如图 3, 可以分析出各断面水质明显呈现季节性变化。

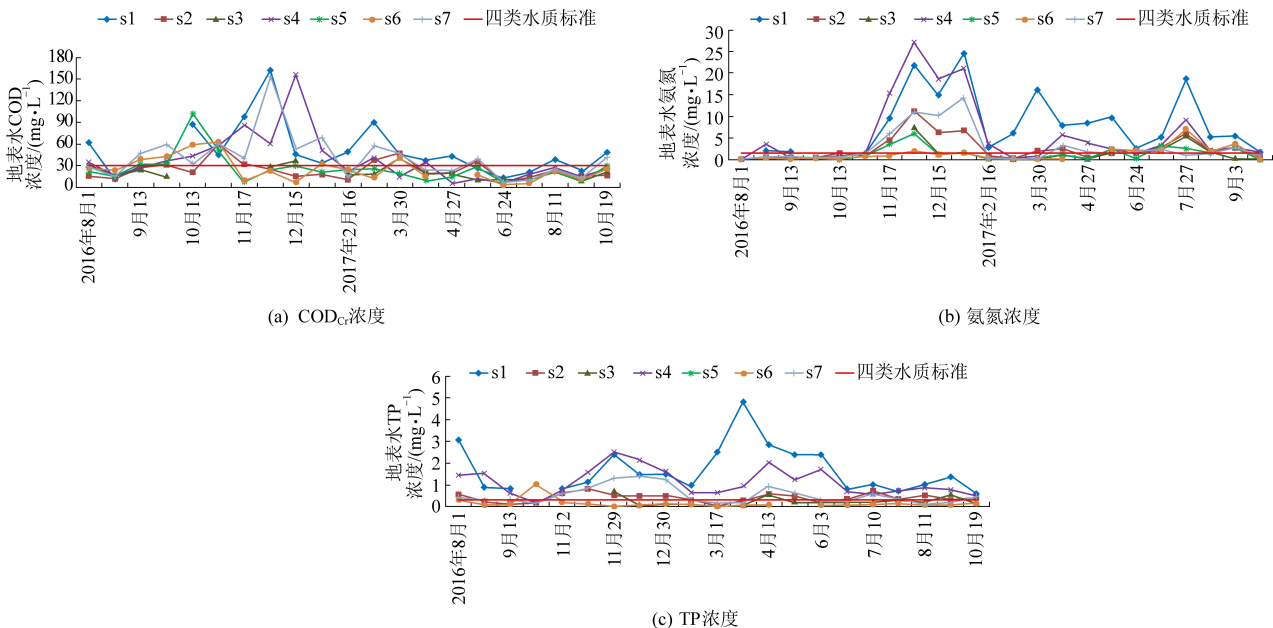


图 3 八里河流域 COD_{Cr} 、TP、氨氮浓度随时间变化图

从图 3 可以看出, 各断面 COD_{Cr} 在 6~9 月份时能基本达标, 但是在淀粉加工期 (10 月) 开始后迅速升高, 峰值主要集中在 11~12 月份, 断面 COD_{Cr} 最高可以达到 150 mg/L 以上, 属于劣 V 类水体, 到第二年后 COD_{Cr} 污染才逐步开始缓解, 来年 4 月份以后各断面 COD_{Cr} 才逐步恢复到地表水 IV 类水体标准。未经处理的淀粉废水中 COD_{Cr} 浓度高达 5 000~10 000 mg/L, 是当地水体 COD_{Cr} 污染的主要来源, 高浓度的淀粉污水大面积排放造成地表水中有机质浓度异常增高, 水体发黑发臭、鱼虾灭绝, 水体自净功能恢复困难。

总磷在淀粉加工期开始前 s1 和 s4 断面已经严重超标, s1 和 s4 属于柳沟支流, 特别 s1 断面处有柳沟养殖场和大量的淀粉加厂, 虽然畜禽养殖在源头上是点源污染, 但柳沟水体流量小, 流速慢, 最终体现为面源污染。在淀粉加工开始后, 进一步加剧了河道总磷污染, 造成多个断面严重超标, 并造成长期污染, 直至第二年 9 月仍有多个断面不能达标, 又将面临新一轮淀粉加工带来的污染, 造成恶性循环。八里河流域只有 s5 和 s6 断面

总磷能够稳定达标, 这是由于 s5 断面位于八里河闸, 该断面在八里河下游, 八里河的水量能起到稀释作用, s6 断面位于第三湖沟下游, 该地区淀粉加工和畜禽养殖均比较少。

氨氮浓度均有两次明显升高, 一次是在 11~12 月淀粉加工后期, 第二次是来年 6~7 月农业施肥期, 这说明当地地表水中的氮污染受淀粉废水影响较大, 但是影响速率较慢, 其次受化肥施放影响。红薯淀粉污染形式主要是废水, 未经处理的淀粉废水中氨氮浓度高达 30~100 mg/L, 有机氮浓度高达 50~100 mg/L, 污染物直接随废水进入河流, 结果体现为氨氮浓度的迅速升高^[19], 所有地表水监测断面的氨氮浓度达到 20 mg/L 以上。化肥则直接施放到作物、农田上, 6~8 月是雨季, 化肥中未被作物吸收的氮随雨水从土壤中冲刷到河道, 造成氨氮浓度的二次上升。

2.2 地下水水质趋势分析

通过整理地下水监测数据, 得到研究区地下水氮素含量特征 (见表 2)。根据 4 次监测数据来看, 八里河流域浅层地下水以氨氮污染为主, 硝酸

盐氮稳定达标,亚硝酸盐氮基本达到地下水Ⅲ类标准,有少数超标,偶尔有超过Ⅴ类标准。从时间上看,地下水在8月份时氨氮全部达标,水质良好,氨氮平均浓度只有0.04 mg/L,到了11月淀粉加工后,地下水收到污染,水质有显著恶化,氨氮平均浓度上升到0.59 mg/L,33个监测点中有19个超过Ⅲ类,12个超过Ⅴ类,超标率超过一半;到第二年2月,污染更为严重,浓度达到0.64 mg/L,超过Ⅲ类的点位达到25个,超过Ⅴ类达到17个,超标率达到76%,这是由于连续数月的淀粉加工造成的河道地表水污染严重,不断渗入到浅层地

下水,造成地下水氨氮超标严重;氨氮超标持续到6月份时,污染情况略有好转,氨氮平均浓度下降到0.62 mg/L,超过Ⅲ类的点位下降到20个,超过Ⅴ类下降到16个,污染问题仍然严峻,受污染水体难以恢复到以前状态。

由于通过Kriging插值法可以将局部点位的结果插值到全局,因此被广泛用于各类观测的空间插值,本文根据四次采样结果,运用Kriging最优插值法,绘制地下水氨氮浓度空间分布图,如图4所示。

表2 八里河流域地下水氮含量特征

时间	项目	氨氮	硝酸盐氮	亚硝酸盐氮
2016.8.1	平均值/(mg·L ⁻¹)	0.04	1.6	0.04
	超过Ⅲ类水质监测点个数	0	0	9
	超过Ⅴ类水质监测点个数	0	0	3
2016.11.2	平均值/(mg·L ⁻¹)	0.59	2.33	0.01
	超过Ⅲ类水质监测点个数	19	0	3
	超过Ⅴ类水质监测点个数	12	0	0
2017.2.16	平均值/(mg·L ⁻¹)	0.64	0.57	0.01
	超过Ⅲ类水质监测点个数	25	0	2
	超过Ⅴ类水质监测点个数	17	0	0
2017.6.3	平均值/(mg·L ⁻¹)	0.62	0.78	0.02
	超过Ⅲ类水质监测点个数	20	0	8
	超过Ⅴ类水质监测点个数	16	0	1

根据图4所示,8月份时氨氮全部达到地下水Ⅲ类标准,浓度分布空间差异小,到11月淀粉加工开始后,地下水氨氮污染开始呈现聚集状态,主要污染集中在盛堂乡、润河镇等流域西南方,其他地方污染较轻。到来年2月时,氨氮浓度在空间上分布已经呈现出均匀状态,但总体平均浓度较之前更高,污染面积更广;随着时间的推移,到6月份时,氨氮重污染地带基本已经随地下水流迁移到流域西北角,流域内主要乡镇污染问题得到缓解。

3 结论

(1)通过对安徽省阜阳市八里河流域水质定期监测分析,可以发现造成流域水质污染严重的主要原因在于当地红薯淀粉生产加工废水的无组织排放。整个流域内地表水整体情况较差,各断

面COD_{Cr}监测均值在25~50 mg/L之间,污染最严重断面氨氮和TP均值分别高达8.7 mg/L和1.67 mg/L,其他断面水质污染相对较轻,但问题依然不能小视;淀粉废水还会淋滤进入浅层地下水,造成地下水氨氮长期超标。

(2)从时间上看,水质污染受季节性影响很大,流域污染爆发期主要集中在10~12月,属于淀粉加工期,这一时期各断面均受到不同程度影响,水质迅速恶化,所有河道断面均超标严重,断面COD_{Cr}最高可以达到150 mg/L以上,污染负荷严重超过流域水环境容量。直到来年4月份左右COD开始下降逐步恢复正常水平;TP污染时间持续更久,多个断面长期不能达标;氨氮除了受到淀粉加工废水污染外,还受到农业施肥影响,1年内有两次明显升高过程,一次是淀粉加工期浓度明显上升,另一次集中在6~8月雨季时间,降雨将未

被作物吸收的化肥中氮磷冲刷进入河道导致水质

二次恶化。

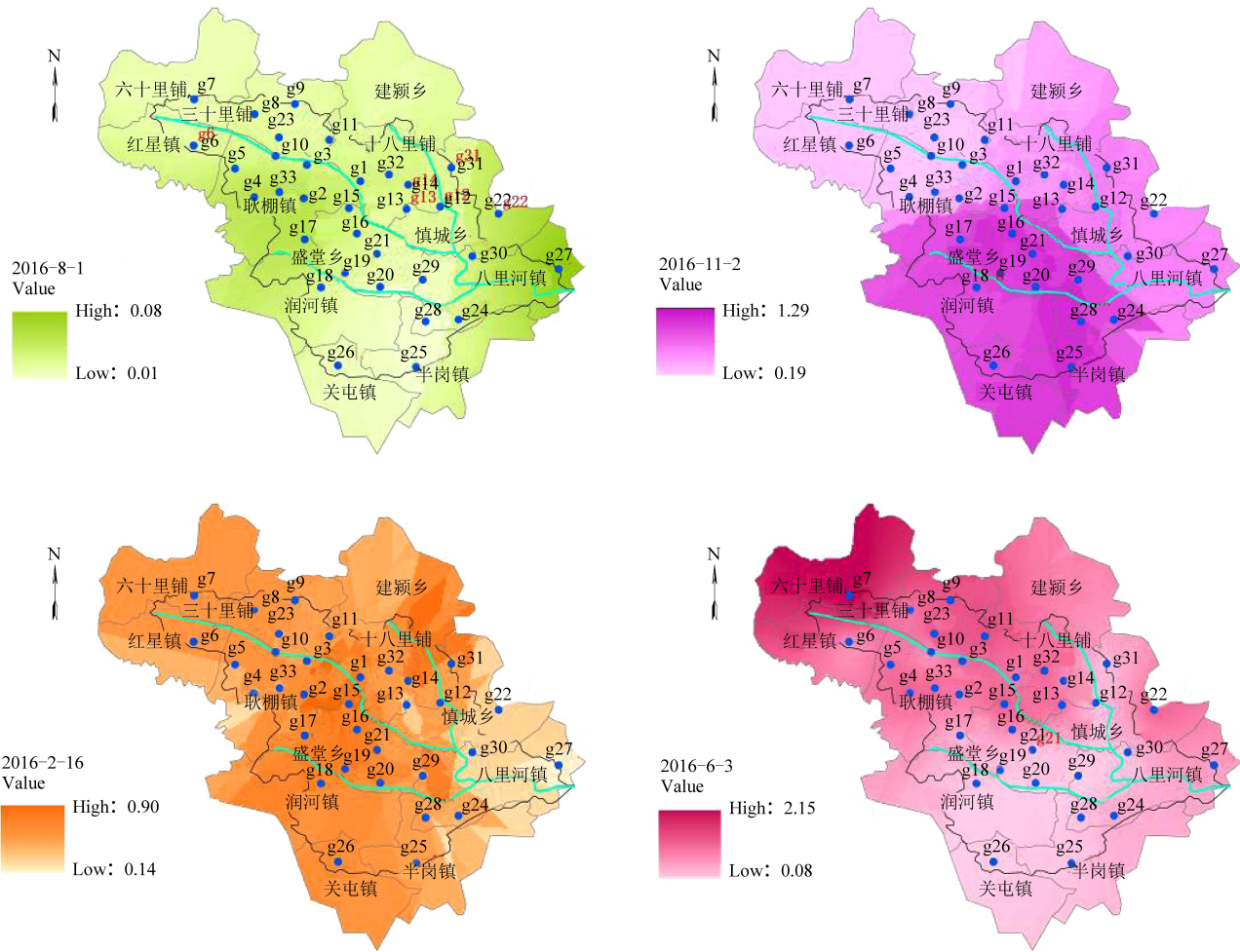


图 4 八里河流域地下水氨氮空间分布图

(3)从空间上看,地表水污染最严重的是柳沟支流,水质长期属于劣 V 类,其次是五里湖沟,第三湖沟水质相对最好,柳沟流经地正是当地淀粉加工主要乡镇,因此受污染重;地下水污染主要以氨氮污染为主,从 8 月份无氨氮超标点位到淀粉加工期后,全流域出现多个地下水监测点位氨氮超标严重,污染主要集中在流域西南方,逐渐向全流域扩散,直至来年 6 月,地下水超标情况略有好转。

(4)针对当地红薯淀粉加工废水污染突出问题,通过监测分析八里河流域水环境现状和污染分布情况,充分了解当地污染成因、污染集中期和重污染地带,建议尽快实施重污染支流治理工作,减轻支流汇水影响,大力推广和发展淀粉加工低污染生产技术,推动红薯淀粉生产加工的规模化产业升级,改变农村红薯淀粉高污染生产方式,大幅降低淀粉废水排放,减轻源头污染;其次需要建立适用于八里河流域的规范化与标准化农业面源

污染控制技术,制订并实施相应的农业环境政策,构建小流域农业面源污染系统控制与管理模式,系统性和科学性治理农业面源污染。

参考文献

- [1] 陈小娇,周丹丹,赵海光. 安徽省农业面源污染现状及防治对策 [J]. 江西农业学报, 2019, 31 (8): 98-105.
- [2] 彭月,崔霞霞,樊宁,等. 农业面源污染河流源解析及时空变化特征研究 [J]. 环境保护科学, 2018, 44 (3): 47-52.
- [3] 傅博,黄国如. 广东江门四堡水库水质时空变化及综合评价研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30 (5): 64-71.
- [4] 田皓予,佟玲,余国安,等. 1997-2017 年泰国蒙河流域水环境时空变化分析 [J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30 (6): 30-38.
- [5] 吴健,张金流,海子彬,等. 磁絮凝法预处理红薯淀粉废水的试验研究 [J]. 蚌埠学院学报, 2017, 6 (6): 46-50.
- [6] 马静. 淮河流域面源污染特征分析与控制策略研究 [D].

- 北京：清华大学，2013：2-5.
- [7] 檀冀博. 关于水质监测对环境保护的意义 [J]. 资源节约与环保, 2019 (3): 47.
- [8] 吕学研, 程亮, 陈亚男, 等. 江苏省 2006-2015 年水生态环境质量变化特征分析 [J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30 (5): 1-6.
- [9] 马常仁. 沙颍河水质水量联合调控技术研究 [D]. 合肥：合肥工业大学, 2012: 9-12.
- [10] 方降龙, 海子彬, 谢显传, 等. 农村红薯淀粉低污染生产模式探讨 [J]. 现代农业科技, 2014 (18): 213-214+222.
- [11] 郝守宁. 颍河流域水功能区面源污染控制研究 [D]. 郑州：华北水利水电大学, 2014: 30-32.
- [12] 郭晓娅. 玉米淀粉废水脱氮除磷技术及其机理研究 [D]. 北京：中国环境科学研究院, 2016: 1-4.
- [13] 王茹, 邵莉. 环境检测中地表水监测的现状分析及发展 [J]. 资源节约与环保, 2018 (9): 52.
- [14] 刘骏, 谭松林. 加强地表水监测采样质量控制措施 [J]. 绿色科技, 2019 (8): 87-88.
- [15] 严洋, 蔡紫昊. 地下水环境监测技术探究 [J]. 环境与发展, 2018, 30 (9): 158+160.
- [16] 杨志生, 袁传华. 八里河水环境治理理论与实践探讨 [A]. 中国科学技术协会学会学术部、吉林省人民政府. 湖泊湿地与绿色发展——第五届中国湖泊论坛论文集 [C]. 中国科学技术协会学会学术部、吉林省人民政府：中国科学技术协会学会学术部, 2015: 3.
- [17] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 4 版 [M]. 北京：中国环境科学出版社, 2002.
- [18] 贾卓, 杨国华, 张赫轩, 等. 挠力河流域地下水氮污染特征分析 [J]. 环境污染与防治, 2018, 40 (4): 418-422+434.
- [19] 常国华, 陈洁, 郑小平, 等. 絮凝剂产生菌对淀粉废水的处理效果 [J]. 环境科学与技术, 2015, 38 (5): 139-143.