

饮用水源地脐橙园面源污染监测与评价

王学雄¹, 薛 珺², 朱钦娟³, 王星梅⁴

(1. 赣南师范大学 生命与环境科学学院, 江西 赣州 341000;

2. 赣南师范大学 化学与化工学院, 江西 赣州 341000;

3. 赣州市水土保持局, 江西 赣州 341000;

4. 江苏国苏检测有限公司, 江苏 南京 210000)

[关键词] 水源地; 脐橙园; 面源污染; 水土流失; 污染物监测

[摘要] 于 2015—2016 年脐橙不同生长期, 在礼亨水库及其周围的脐橙园分别采集水样和土样, 分析水、土样中农药残留, 化学需氧量(COD), 重金属和总氮、总磷含量。结果显示: 农药残留仅阿维菌素被检出; 水样和土样中总汞、总铅未超标, 水样中总砷未超标, 但土壤中总砷超标; 水样中总氮未超标, 部分总磷超标; 部分水样中 COD 存在超标现象。降雨容易诱发果园水土流失及面源污染, 造成饮用水水源受污染。因此, 水源地周围区域应严禁从事果园开发和生产活动, 建议现有水源地周围果园采取退果还林措施, 以确保饮用水水源的安全。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2018)01-0047-04

水源地的安全关系到人民生活、经济发展和社会稳定。受人类活动影响, 近年来水源地面源污染问题愈发严重^[1], 而水土流失则是面源污染发生的重要途径^[2]。赣南是我国乃至全世界著名的脐橙产地, 但脐橙园现行的传统清耕及粗放式管理模式造成地表植被覆盖度低甚至完全裸露, 导致水土流失严重^[3-4]。现有研究也表明, 在强降雨条件下, 脐橙园容易发生水土流失, 并伴随氮、磷和重金属污染等^[5]。本研究基于 2015 年 10 月至 2016 年 9 月的实地调查, 通过采样测定礼亨水库周边脐橙园面源污染对水源地的影响, 以为礼亨水库水源地安全与保护, 以及赣南脐橙园水土流失防治提供参考。

1 研究区概况

定南县为江西省赣州市市辖县, 气候温和, 四季分明, 属中亚热带季风湿润气候区, 年均降水量 1 549.9 mm, 年均气温 18.8 ℃。礼亨水库位于北纬 24°08′、东经 115°15′, 距定南县城 3.5 km, 建成于 1964 年, 坝址以上控制流域面积 34.9 km², 总库容 3 910 万 m³。水库于 2001 年被确定为县城主要饮用水水源地, 为县城 7 万余居民供应饮用水。1995 年, 水库周边山地开始大规模开发种植脐橙, 至 1999 年已形成几十公顷的脐橙种植区。2014 年, 黄龙病流行, 水库周边果园砍伐了大量病树。经勘查, 水库流域范围内除脐橙园外, 无其他生产性经营项目。

2 材料与方法

2.1 水样采集

礼亨水库水面大致呈长方形。沿水流自上而下, 大致在水库中线上等距、均匀布设了 5~6 个水样采集点。采集时间分别为 2015 年 11 月 27 日、2016 年 1 月 11 日和 4 月 26 日, 即分别在脐橙的采果期、萌芽期和现蕾期进行采集。在采集点用水样采集瓶分别采集水面下 1、5 m 处水样, 每个样品采集水样量 2 L, 放入专用样品瓶和专用冷储箱, 带回实验室待测。

2.2 土样采集

根据采集范围和数量, 结合水样采集点位置, 选取水库周边 5 个果园, 在每个果园按坡向以“品”字形均匀布设采集点。采集时间同水样采集时间一致。在每个采集点, 沿果树周围用专用土钻采集 3~4 个 20 cm 深土层土样, 混匀后装入封口塑料袋, 每个点取土样 1 000 g。

2.3 样品检测

通过实地调查了解果园常用农药种类, 并以此为依据, 确定所要检测的主要农药残留种类。委托江苏国苏检测有限公司检测, 农药残留重金属等检测项由赣南师范大学化学化工学院实验室研究人员检测。所有检测分析方法均采用国家标准规定: 水、土样中有机磷农药测定采用气相色谱法; 水样中阿维菌素测定采用原药的液相色谱分析法, 土样中阿维菌素测定采用气相色谱分析法; 水、土样中菊酯类测定采用气相色谱分析法; 草甘膦和啶虫脒测定采用液质联用法; 挥发性芳香烃测定采用顶空气相色谱分析法; COD 测定采用重

铬酸钾法;重金属汞、砷和铅测定采用微波消解-原子荧光光谱法;总氮和总磷测定采用分光光度法。

2.4 评价标准与方法

依据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)(以下简称《地表水评价标准》)评价水样测定结果,依据《土壤环境质量标准》(GB 15618—2008)(以下简称《土壤环境质量标准》)评价土样中重金属测定结果。此外,依据“全国第二次土壤普查土壤分类(1978—1979)”^[6](以下简称“土壤普查土壤分类”)评价土样中总氮和总磷含量测定结果。对照上述标准,采用单因子评价法予以评价^[7]。

3 结果与分析

3.1 观测期间降雨特征

降雨是我国南方水土流失面源污染的主要驱动因子。观测期间(2015年10月至2016年9月)总降水量和降水日数分别为2312 mm、119天,而多年平均降水量和降水日数分别为1658 mm、106天(降水观测数据由礼亨水库管理委员会提供),即观测期间降水量和降水日数分别比多年平均值多出39.4%和12.3%。从图1可以看出,观测期间降水量大,主要是因为2016年1、3、4月降水量分别是对应月份多年平均月降水量

的3.6、2.2、2.2倍。由此推论,理论上而言,观测期间因降雨引发的水土流失面源污染应较平常年份更为严重。

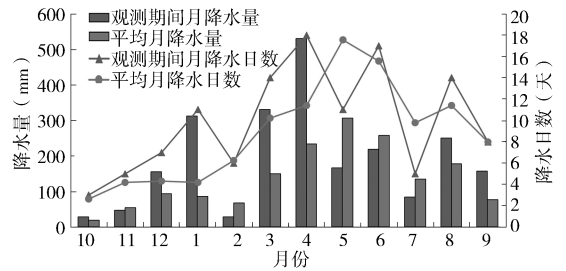


图1 观测期间研究区降水特征

3.2 农药残留量

检测分析农药残留共12项,即阿维菌素、毒死蜱、水胺硫磷、杀扑磷、乐果、联苯菊酯、高效氟氯氰菊酯、氯氟菊酯、苯、草甘膦、啶虫脒和三唑酮。经检测,在所有的的水样和土样中,上述12项农药残留仅阿维菌素被检出(表1)。阿维菌素是十六元大环内酯化合物,在脐橙园被广泛用于杀菌、杀虫。目前,国家尚无水质中阿维菌素残留的评价标准。本研究参照《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》(GB 2763—2014),测定结果显示,水中阿维菌素残留平均值为0.0012 mg/L, ≤0.002 mg/L,即未超出规定范围。

表1 水样和土样中的农药残留测定结果(2016年1月11日和2016年4月26日)

农药种类	水样(1.5 m)		土样		农药种类	水样(1.5 m)		土样	
	检出限 (mg/L)	检出率 (%)	检出限 (mg/kg)	检出率 (%)		检出限 (mg/L)	检出率 (%)	检出限 (mg/kg)	检出率 (%)
毒死蜱	0.002	—	0.08	—	高效氟氯氰菊酯	0.000 68	—	0.005	—
水胺硫磷	0.000 572	—	0.00 286	—	氯氟菊酯	0.000 65	—	0.003	—
杀扑磷	0.000 424	—	0.002 12	—	苯	0.005	—	0.003 1	—
乐果	0.002	—	0.08	—	草甘膦	0.000 1	—	0.000 5	—
阿维菌素	0.000 5	35	0.002 5	87.5	啶虫脒	0.000 03	—	0.000 03	—
联苯菊酯	0.000 5	—	0.006	—	三唑酮	0.000 5	—	0.000 1	—

3.3 总氮和总磷含量

表2为观测期间两次测定的水样(1.5 m深)和土样中的总氮、总磷含量。依据地表水评价标准,各次的水样平均值总氮 ≤1.0 mg/L,符合地表水Ⅲ类标准(0.5~1.0 mg/L);总磷 ≥0.05 mg/L,超出地表水Ⅲ类标准(0.05~0.1 mg/L)。依据土壤普查土壤分类,各次的土样平均值总氮在1 000~1 500 mg/kg(三级范

围),未超出土壤总氮的高量范围(一级, >2 000 mg/kg);总磷在800~1 000 mg/kg,接近但未超出土壤总磷的高量范围(一级, >1 000 mg/kg)。图2为不同采样点水样总磷测定值散点分布,从图中可以看出,两次取样各有60%的采集点的测定值超过评价标准线(地表水Ⅲ类标准,0.05 mg/L)。

表2 水、土样中总氮与总磷含量测定结果

取样时间	检测项目	水样(1.5 m深, mg/L)				土样(mg/kg)			
		最大值	最小值	平均值	变异系数	最大值	最小值	平均值	变异系数
2015-11-27	总氮	2.190 7	0.230 1	0.998 0	0.506 4	1 780.2	1 001.6	1 261.6	0.231 9
	总磷	0.107 7	0.014 2	0.060 4	0.639 4	1 375.9	555.4	918.7	0.379 2
2016-04-26	总氮	1.596 6	0.085 5	0.899 8	0.527 4	1 303.4	865.1	1 008.9	0.170 1
	总磷	0.091 1	0.011 0	0.056 4	0.036 9	1 231.8	480.9	857.2	0.300 2

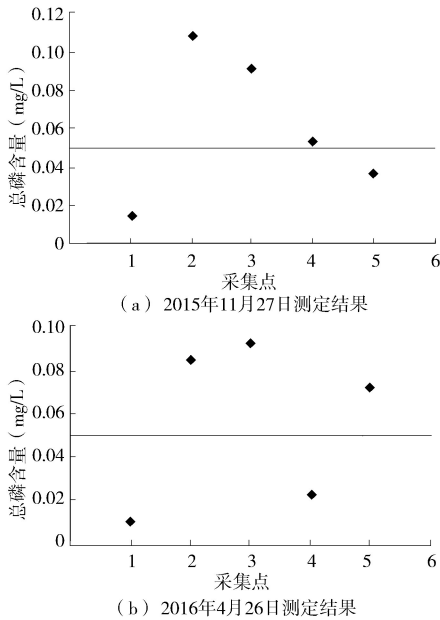


图2 水样中总磷含量散点图

表3 水样和土样中重金属含量测定结果

取样时间	检测项目	水样(1.5 m 深, mg/L)				土样(mg/kg)			
		最大值	最小值	平均值	变异系数	最大值	最小值	平均值	变异系数
2015-11-27	总汞	0.000 24	0.000 05	0.000 07	1.138 7	1.87	0.21	0.68	0.814 3
	总砷	0.017 1	0.001 1	0.004 6	0.456 6	53.46	8.00	32.04	0.531 5
	总铅	0.010 3	0.001 6	0.005 9	0.594 1	161.31	32.83	71.39	0.604 8
2016-04-26	总汞	0.000 07	0.000 02	0.000 05	0.325 5	0.40	0.15	0.35	0.348 1
	总砷	0.024 8	0.002 6	0.014 2	0.932 1	59.53	25.03	41.38	0.109 1
	总铅	0.011 5	0.000 5	0.003 9	0.860 9	77.46	18.31	40.91	0.611 9

均在规定的范围内(Ⅲ类, 15~20 mg/L)。但从图3来看, 2015年11月27日采集的COD测定值有40%超出规定范围, 2016年4月26日采集(6个采集点)的COD测定值均未超出规定范围。初步判断, 上述结果跟脐橙园施肥、打药通常下半年较上半年多有关。方差分析结果表明, 1.5 m 深水样之间不存在显著差异 ($P>0.05$)。

表4 不同采样时间、深度的水样COD测定结果 mg/L

取样时间	1 m 深水样 COD			
	最大值	最小值	平均值	变异系数
2015-11-27	33.46	3.24	16.48	0.668 3
2016-04-26	16.69	1.81	8.18	0.655 5

取样时间	5 m 深水样 COD			
	最大值	最小值	平均值	变异系数
2015-11-27	30.4	2.02	18.05	0.491 4
2016-04-26	6.56	1.61	4.48	0.513 4

4 结论

本研究对定南县礼亨水库饮用水水源地开展了污染物监测和评价, 通过采集水库水体和水库周围脐橙

3.4 重金属含量

表3为观测期间两次测定的水样(1.5 m 深)和土样中重金属总汞、总砷和总铅含量。依据地表水评价标准, 各次的水样中平均值总汞 $\leq 0.000 1$ mg/L、总砷 ≤ 0.05 mg/L、总铅 ≤ 0.05 mg/L, 均符合地表水Ⅲ类标准。土壤中重金属含量不仅直接影响土壤的污染程度, 而且会随着降雨引发的水土流失造成水体污染。从表3可以看出, 依据土壤环境质量标准, 各次土样中平均值总汞 ≤ 0.7 mg/kg、总铅 ≤ 80 mg/kg, 均未超出Ⅱ级标准, 两次取样测定的总砷均 >30 mg/kg, 超出土壤环境质量Ⅱ级标准, 分别超标6.8%、37.9%, 表明有轻度污染。

3.5 化学需氧量(COD)

COD是反映水体是否被有机物污染的重要参数。表4为不同时间、不同深度水样的COD测定结果。依据地表水评价标准, 各次、各深度水样的COD平均值

园土壤样品, 测定了12种农药残留, COD和重金属汞、砷、铅含量, 以及总氮、总磷含量。结果表明: 水样和土样中的农药残留仅阿维菌素被检出; 水样和土样中的重金属总汞和总铅未超标, 水样中的总砷未超标,

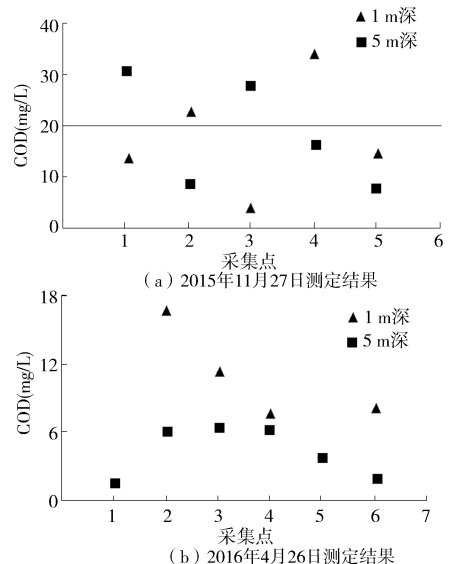


图3 不同时间水样COD散点图

标准越高,拦蓄效果越好,土壤含水率越高,树木生长量也越大。从水土保持生态服务功能价值来看,水平阶、鱼鳞坑造林整地工程可以有效地拦蓄坡面雨水径流,改善土壤入渗性能,增加土壤含水率,为土壤水分的贮存和保持创造了条件,因此土壤含水率比同坡向荒坡均有明显增加^[4]。水平阶内草类植被生长明显好于对照不整地处理;鱼鳞坑拦蓄坡面径流面积较水平阶小,拦蓄容积也有限,使用年限较水平阶短;对照不整地无拦蓄效果。水平阶能有效减少坡面水土流失和养分流失,可使径流量和产沙量分别减少 67.9% 和 79.5%,使坡耕地氮、磷流失总量分别减少 53.47% 和 86.83%^[5]。有研究表明,水平阶相对 10° 坡耕地的减水、减沙效益分别达到 74.55% 和 80.52%^[6]。因此,在黄土高原沟壑区条件比较好、比较完整的坡面,应大力推广采用水平阶造林整地,在较陡或支离破碎的坡面上可大面积采用鱼鳞坑整地,以提高造林成活率和保存率。

5 结 论

陇东黄土高原沟壑区造林,水分缺乏是突出的限制因子。通过径流调控工程,切断了径流在坡面和土壤中的流路,改变了降水在自然坡面的分配,拦蓄了坡面径流,增加了降雨入渗。

造林成活率、保存率与苗木根系周围土壤含水率的高低有明显关系,二者呈正相关。水平阶、鱼鳞坑的拦蓄效果在一定范围内与降水量呈正相关关系,在雨水充分的年份效果明显,在天气持续干旱到一定程度时效果不明显。

通过径流调控工程,土壤含水率增加,土壤容重有所降低,土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量均有

(上接第 49 页)但土样中的总砷超标,存在轻度污染;水样中的总氮未超标,但有 60% 的总磷超标;部分水样的 COD 存在超标现象。需要指出的是,观测期间,受黄龙病影响,大部分果园处于几近荒废状态,因此可以推论,在正常生产年份,施用的化肥、农药量将大大增加,可能会导致以上测定项目含量提高。此外,在赣南这样的南方丘陵山区降雨量大且集中,在水源地区域开发脐橙园极易受降雨影响而造成水土流失和面源污染危害。因此,现阶段须加强对水库周边现有脐橙园的监测,严格控制施肥和打药,将水土流失和面源污染造成的风险降到最低水平。同时,建议用 2~3 年的时间逐步施行退果还林措施,从而保证饮用水水源的长期清洁与安全。

[参考文献]

[1] 申晓云,党晨席.我国水源地非点源污染现状分析与对策

不同程度增加,造林的成活率、保存率提高,树高、地径等年生长量也明显高于不整地,这说明径流调控工程在一定程度上缓解了土壤水分缺乏的状况,提高了树木生长量。

通过树木生长量及投资成本的分析,在陇东黄土高原沟壑区坡面相对完整、立地条件较好的坡面采用水平阶造林效果更好,在坡度较大、坡面不完整的坡面宜采用鱼鳞坑造林。

[参考文献]

- [1] 吴普特,高建恩.黄土高原水土保持新论[M].郑州:黄河水利出版社,2006:3.
- [2] 吴淑芳,吴普特,宋维秀,等.坡面径流调控措施下的水沙输出过程及减流减沙效应研究[J].水利学报,2010,41(7):870-875.
- [3] 王志雄,白文瑗,李焱林.黄土高原沟壑区油松、侧柏抗旱造林技术研究[J].人民黄河,2006,28(8):84-85.
- [4] 张志强,王礼先,洪惜英.晋西黄土区水土保持林造林整地工程效益的研究[J].北京林业大学学报,1993,15(2):59-67.
- [5] 褚利平,王克勤,白文忠,等.水平阶影响坡地产流产沙及氮磷流失的试验研究[J].水土保持学报,2010,24(4):1-6.
- [6] 李苗苗,王克勤,陈志中,等.不同坡度下反坡水平阶的蓄水减沙效益[J].水土保持研究,2011,18(6):100-104.

[作者简介] 王志雄(1975—),男,甘肃庆阳市人,高级工程师,学士,主要从事水土保持生态建设与科学研究工作。

[收稿日期] 2017-11-10

(责任编辑 徐素霞)

- 建议[J].中国农村水利水电,2014(10):30-37.
- [2] 莫明浩,方少文,涂安国,等.水土流失面源污染及其防控研究综述[J].中国水土保持,2012(6):32-33.
- [3] 陈晓安,杨洁,季宏兵,等.赣南的水土流失及防治对策[J].中国水土保持,2012(8):58-59.
- [4] 孙永明,叶川,黄欠如,等.赣南脐橙园不同水保措施应用效果研究[J].中国水土保持,2016(8):9-12.
- [5] 王学雄,谷成英,黄齐.赣南脐橙园水土流失面源污染的初步研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(5):74-77.
- [6] 贝荣塔,周跃,何敏.土壤中氮磷和滇池水体污染的潜在关系[J].西北林学院学报,2010,25(2):30-34.
- [7] 李文攀,朱擎,李东一,等.集中式饮用水源地水质评价方法研究[J].中国环境监测,2015,31(1):24-27.

[作者简介] 王学雄(1963—),男,江西兴国县人,副教授,博士,研究方向为水土保持和流域管理。

[收稿日期] 2017-06-15

(责任编辑 李杨杨)