

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2010.06.008

重庆市王家沟小流域农业面源污染防控对策

陈康宁¹, 卞戈亚², 李琳¹

(1. 中国水利水电科学研究院遥感技术应用研究中心, 北京 100048; 2. 中国水利水电科学研究院水利研究所, 北京 100048)

摘要:针对三峡库区农业面源污染防控问题,以重庆市王家沟小流域为例,依据由 ALOS 和 WorldView1 等高分辨率卫星遥感影像及 DEM 等提取出的土地利用、种植结构、坡度分布等专题信息,结合当地经济社会、水文气象、生态环境等资料,对农业面源污染的成因、分布规律等进行了空间分析,并提出了王家沟居民点生活污染、农田径流污染和坡耕地养分流失的控制对策。研究结果表明:当地生态环境脆弱、土地利用不合理等因素为污染物的迁移转化提供了先决条件,而消纳、缓冲、拦截系统的缺乏是直接导致污染物入河的重要因素。对此,应建造集中式农村生活污水、生活垃圾处理工程,彻底解决居民点生活污染问题;推广应用水肥耦合技术,提高肥料利用效率,切实降低施肥总量;在坡耕地区域采取保护性耕作措施与退耕还林相结合的方式,构建有效的水土和养分流失综合防控体系。

关键词:农业面源污染;影响因子;遥感;防控对策;王家沟小流域

中图分类号: X524 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2010)06-0639-05

当前,三峡水库水质存在持续恶化的风险^[1]。以重庆三峡库区为例,流经主城区的长江、嘉陵江一级支流共有 20 条,但有 14 条河流水质长期处于劣 V 类,黑臭问题突出,并呈继续恶化趋势,其中不乏仍具有饮用水源、农业灌溉等水功能要求的河流^[2]。据统计,自 2003 年水库 135 m 蓄水期间首次出现“水华”后,三峡库区湖北段的香溪河、青干河、童庄河、神农溪等 7 条支流先后多次发生“水华”,并呈现由支流、库湾滞水区向干流近岸水域蔓延的趋势,严重影响沿河数万人畜饮水安全。从污染源分析,不仅有工业废水、生活污水等,农药、化肥、畜禽粪便等面源污染对负荷总量也有很大的贡献^[3]。据研究^[4],三峡库区来自面源污染的 COD_{Mn}、N 和 P 负荷分别占污染负荷总量的 70.8%、60.6%、74.9%。由此可见,面源污染物是入库污染物的主要组成部分。

三峡库区的农业面源污染与区域地质条件、地形坡度、水文气象、土壤植被、土地利用、灌排条件、耕作方式等因素联系紧密,其中又以不合理的土地开发利用及农药、化肥和农膜等农业生产资料的超负荷投入为主要影响因素^[5-9]。重庆市涪陵区珍溪镇王家沟小流域是三峡库区典型的小流域,本研究以该流域为研究区,依据由 ALOS 和 WorldView1 等高分辨率卫星遥感影像及 DEM 等提取出的土地利用、种植结构、坡度分布等专题信息,对当地农业面源污染的成因、分布规律等进行空间分析,并针对性地对王家沟小流域的农业面源污染防控问题提出了一些对策和建议。

1 研究区概况

重庆市涪陵区珍溪镇王家沟小流域地处涪陵区东北部,位居长江北岸,滨临长江黄金水道,上距涪陵城 35 km,距重庆主城区 120 km,下距丰都县城 29 km,东与丰都县相邻,西与百胜镇连界,北与长寿、垫江接壤,南与南沱镇隔江相望。王家沟所处的珍溪镇是涪陵有名的“桑果菜”特色乡镇,全镇拥有桑树 1 200 万株以上,密植桑园近 1 400 hm²,年发蚕种在 45 000 张以上,榨菜种植面积 4 800 hm²,年产青菜头 18 万 t,青菜(绿)叶

收稿日期:2010-08-20

基金项目:中国水利水电科学研究院科研专项(遥集 1012);水文水资源与水利工程科学国家重点实验室开放研究基金(2009490111);国家“十一五”科技支撑计划(2007BAD87B10-10)

作者简介:陈康宁(1981—),男,江苏南京人,工程师,博士,主要从事水资源可持续利用与保护研究。E-mail:imcfchen@gmail.com

12 万 t, 半成品榨菜 10 万 t. 全镇水果丰富, 有 500 hm² 西瓜基地、100 hm² 龙眼园、233 hm² 梨园和 600 hm² 柑橘园, 年产西瓜 3 万余 t、龙眼 6 000 kg、梨 2 000 t、柑桔 1.7 万 t. 全镇境内有洪湖、深湾等多个水库, 水面 600 余 hm², 年产鲜鱼 700 万 kg. 2008 年全镇工农业总产值达 14.7 亿元, 乡镇企业年产值突破 11 亿元大关, 农民人均纯收入近 4 500 元.

2 基于高分辨率遥感影像的专题信息提取

2.1 覆盖范围与分辨率

重庆市涪陵区珍溪镇王家沟, 覆盖面积为 1.39 km². 在这么小的覆盖面积上提取区域土地利用信息, 必须选择高分辨率的遥感数据. 为此, 本研究遥感影像采用了 2010 年 4 月 27 日成像的 ALOS 数据和 2009 年 7 月 11 日成像的 WorldView1 数据. 其中, ALOS 多光谱数据空间分辨率 10 m, 在可见、近红外光谱范围内有 4 个波段和 1 个全色波段, WorldView1 数据全色波段空间分辨率 0.61 m, 如图 1 和图 2 所示.



图 1 ALOS 2010-04-27 影像
Fig. 1 ALOS image in April 4, 2010

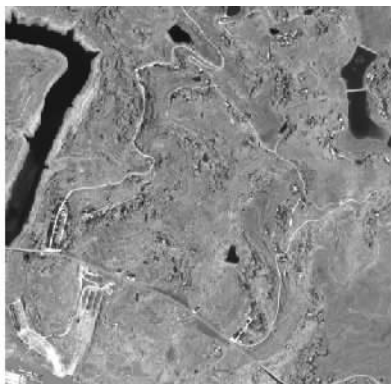


图 2 WorldView1 2009-07-11 影像
Fig. 2 WorldView1 image in July 7, 2009

2.2 土地利用专题信息

将 ALOS 数据提供的多光谱信息与 WorldView1 数据提供的空间结构和纹理信息融合后提取了研究区土地利用专题信息, 如图 3 所示. 该专题信息较好地反映了研究区的地物特征.



图 3 王家沟土地利用专题信息
Fig. 3 Land uses in Wangjiagou watershed

根据土地利用专题信息, 将研究区土地利用类型分为 9 种, 即水田、旱地、有林地、疏林地、河渠、水库坑塘、居民地、工交建设用地和裸土地, 面积分别为 76.43, 90.24, 11.92, 5.76, 0.60, 0.16, 3.99, 3.22, 1.23 hm², 占总面积的比例分别为 39.49%, 46.62%, 6.16%, 2.97%, 0.31%, 0.08%, 2.06%, 1.66%, 0.64%.

3 农业面源污染影响因子

3.1 农业耕作

研究区农业的快速发展是农业面源污染形成的根本原因. 由于榨菜等传统种植业在当地农业中占主导

地位,且复种频繁,农业面源污染始终无法避免。从耕作模式来看,传统耕作方式造成表层土壤肥力丧失、有机质流失、土壤盐渍化等,同时存在过度施肥和肥料利用效率低下的情况,导致土壤生产力下降,还使流失的有机质随着农田径流汇入水体中,造成面源污染^[10]。

3.2 灌排条件

农田径流直接入河对研究区农业面源污染的贡献最大。降雨形成的地表径流汇集进入水体,直接引发污染。从灌溉角度治理农业面源污染,应针对当地主要农作物在不同类型的肥料使用、灌溉方式,探索合理、高效的灌溉施肥方式(如水肥耦合技术等),从源头控制农业面源污染,最大限度削减农业面源污染排放,以防止农田径流对地表径流和地下水的污染^[11];从排水角度治理农业面源污染,建设缓冲带十分必要。缓冲带对农田地表径流中携带的营养物质、颗粒物和农药等污染物,具有较高的截留、吸收作用,是防止面源污染、强化养分循环的有效方法。

3.3 水文气象

研究区多年平均降雨量为1 150.26 mm,降雨特征呈现明显的年际、年内变化,汛期大概为4—10月,全年降水以夏季最多,占40%左右,日降雨量大于25 mm的达到9~15次/a,大于50 mm的达到2~5次/a。强烈的降水过程是研究区农业面源污染的重要驱动力。有关研究^[5]表明,坡面径流侵蚀力随降雨强度的增大而增大,强降水是崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的主要诱因,同时也直接将大量养分、农药等携带并排入河流,造成面源污染。

3.4 土壤条件

紫色土作为研究区主要土壤类型^[6],以物理风化为主,极易受到侵蚀。紫色土抗蚀力是由其特性决定的,首先,紫色土抗蚀力和抗冲力均弱,容蓄水量少且渗透率低,故径流系数高;其次,紫色土易于崩解剥离,为侵蚀提供大量物源,故抗蚀力很弱;再次,风化与侵蚀交替进行,尤其在高温多雨季节,物理风化更为严重,往往形成风化一层、剥蚀一层、流失一层的恶性循环。

3.5 地形坡度

坡度是研究区农业面源污染的最重要影响因子之一。三峡库区农业生产实践显示,10°~7°地势平缓,水体运动平稳,水土流失微弱,是农业生产理想的坡度条件;7°~15°为缓坡地,动力和重力作用大,水体运动加快,侵蚀和水体流失也随之加重;15°~25°为斜坡地,侵蚀和块体运动比较剧烈,水土流失比较严重,不适宜农作;25°以上的陡坡地,随着坡度的加大,雨水冲刷和块体运动加剧,侵蚀强烈,水土流失严重,土层变薄,土壤贫瘠,裸岩增多,应严禁农作,是发展林、副业的地区。

3.6 水库蓄水

三峡水库蓄水,造成了很长的回水区,回水区的水流流速减缓,上游来水输入的氮、磷等在此沉降,逐渐富营养化并长期积累,在遇到适宜的光照、温度和风速等情况时,藻类将暴发并出现“水华”现象。

4 农业面源污染防控对策

本研究认为,以上若干种农业面源污染的影响因素可分为3大类:研究区的自然地理条件、三峡水库蓄水和不合理的土地开发利用。前2类可被认为是不可抗力或近似不可抗力的影响因素,是当地群众无法改变和必须面对的,而土地的合理开发利用是人类可控的,因此也是农业面源污染防控对策的出发点和落脚点。为此,本研究基于ALOS和WorldView1等高分辨率遥感影像提取的王家沟土地利用、种植结构信息,对王家沟小流域面源污染问题提出了若干条有针对性的防控对策和建议。

4.1 居民点生活污染控制对策

王家沟居民点十分分散,布局随意性强,现状共有约56处居民点,大量的生活污水基本未经无害化处理,就随意排放或直接排放,而生活垃圾也得不到集中而有效的处理,对饮用水安全造成严重威胁。据调查^[12],研究区卫生设施简陋,卫生厕所仅占1/10,生活污水年常量约8 690.4 t,生活垃圾约79.56 t。因此,对于王家沟这种居民点分散、规模小、地形条件较复杂、生活污水与垃圾不易集中收集的情况,控制居民点生活污染,可采取如下3种办法:一是采取积极就地处理的方式,推广生态净化沼气处理、地理式无动力厌氧处理、厌氧处理与人工湿地联合处理等技术;二是治理过程科学规划,合理建设农村生活污水处理设施,采用分散处理模式;三是长远规划,推进农村城镇化建设,将农村居民点集中起来,便于修建村庄污水处理系统、垃圾

配套设施,将生活污水与生活垃圾集中处理,彻底解决居民点生活污染问题。

4.2 农田径流污染控制对策

据调查,王家沟水稻、玉米、榨菜种植面积分别占23.2%、29.0%、47.2%,其中榨菜种植面积占多数。王家沟小流域年均施肥量按总氮统计为12.83t,按总磷统计为3.33t,单位面积水平是全国平均水平的1.7倍,存在过度施肥的问题。同时,肥料施用效率较低下,至少20%的肥料被地表径流带走或下渗至地下水中。因此,控制王家沟小流域的总施肥量尤其是氮肥的施肥量,合理调整施肥比例,提高肥料利用效率,是减少农田径流污染的最有效手段。一般说来,农田径流污染是农业面源污染的最主要源头,当前,在王家沟推广应用水肥耦合技术是从源头控制农田径流污染的唯一途径。简单来讲,就是通过灌溉系统施肥,合理调节水肥供应,使作物在吸收水分的同时吸收养分,实现作物的最大生产潜力,以达到节水、节肥、省工的效果,从而达到从源头控制面源污染的目的。

4.3 坡耕地养分流失控制对策

从王家沟小流域坡度分布专题信息可知:王家沟小流域坡度小于7°的区域约80hm²,占整个研究区的57.6%,其中耕地面积为66.43hm²,占总耕地面积的58.65%;坡度7°~15°的区域为58hm²,占整个研究区的41.7%,其中耕地面积为45.74hm²,占总耕地面积的40.38%;坡度15°~25°的区域为1.6hm²,占整个研究区的1.15%,其中耕地面积为1.10hm²,占总耕地面积的0.97%。当前,王家沟小流域耕地复种指数高,加之雨量充沛且集中,产生的水土流失及面源污染问题十分严重。在这种情况下,必须把防控面源污染与防治水土流失结合起来,做到源头控制和过程拦截并重,从降水的就地拦蓄,到利用条带植物篱、高分子调控剂对耕地进行保护性耕作及少耕免耕构筑综合性的防控工程体系。

5 结 语

本研究将王家沟小流域作为典型研究区,利用ALOS和WorldView1的两景高分辨率遥感影像提供的多光谱信息和纹理信息,对王家沟现状下的土地利用、种植业情况、地形地貌等进行了调查,获取了详实的宏观信息,再结合当地自然地理、生态环境、经济社会等资料,从农村居民点生活污染、农田径流污染和坡耕地养分流失等的源头控制和过程拦截角度,对王家沟的农业面源污染综合防控问题提出了针对性较强的对策。笔者认为,应通过工程和技术方法解决已经存在的问题。例如,对于农村居民点生活污水和生活垃圾,应通过修建村庄污水处理系统和垃圾处理系统进行集中收集、集中处理、达标排放;对于农田径流污染,应重视过度施肥和肥料使用效率低下的问题,尽可能地引进和推广水肥耦合技术等。但值得注意的是,从决策制定的角度,还应关注诸如农村城镇化建设、农业产业结构高效配置、农业产业布局合理调整等问题,从根本上找出一条治理库区典型小流域农业面源污染的路子。

参考文献:

- [1] 郑丙辉,王丽婧,龚斌.三峡水库上游河流入库面源污染负荷研究[J].环境科学研究,2009,22(2):125-131.(ZHENG Bing-hui,WANG Li-jing,GONG Bin. Load of non-point source pollutants from upstream rivers into Three Gorges reservoir[J]. Research of Environmental Sciences,2009,22(2):125-131.(in Chinese))
- [2] 王丽婧,郑丙辉,李子成.三峡库区及上游流域面源污染特征与防治策略[J].长江流域资源与环境,2009,18(8):783-788.(WANG Li-jing,ZHENG Bing-hui,LI Zi-cheng.Characteristics and administrative strategy of non-point source pollution in Three Gorges reservoir and its upstream watershed[J].Resources and Environment in the Yangtze Basin,2009,18(8):783-788.(in Chinese))
- [3] 刘光德,赵中金,李其林.三峡库区农业面源污染现状及其防治对策[J].中国生态农业学报,2004,12(2):172-175.(LIU Guang-de,ZHAO Zhong-jin,LI Qi-lin.Study on the status of agricultural non-point source(NPS) pollution in Three-Gorges Area and its control countermeasures[J].Chinese Journal of Eco-Agriculture,2004,12(2):172-175.(in Chinese))
- [4] 王海云.三峡库区农业面源污染现状及控制对策研究[J].人民长江,2005,36(11):12-15.(WANG Hai-yun.The agriculture non-point pollution in the TGP reservoir area and control countermeasures[J].Yangtze River,2005,36(11):12-15.(in Chinese))
- [5] 周万村.三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影响[J].长江流域资源与环境,2001,10(1):15-21.(ZHOU Wan-cun.Impact of land nature slope and sea level elevation on the economic development in the three gorges' area[J].Resources and Environment in the Yangtze Basin,2001,10(1):15-21.(in Chinese))
- [6] 倪九派,魏朝富,谢德体,等.坡度对三峡库区紫色土坡面径流侵蚀的影响分析[J].泥沙研究,2009(2):29-33.(NI Jiu-pai,

WEI Chao-fu ,XIE De-ti ,et al. Influence of slope gradient on runoff erosion of purple soil slope in the Three Gorges Reservoir area[J]. Journal of Sediment Research 2009(2) 29-33.(in Chinese))

[7] 石孝洪.三峡水库消落区土壤磷素释放与富营养化[J].土壤肥料 ,2004(1) :40-42 ;44.(SHI Xiao-hong. Eutropication and phosphorus release of soil in drawdown area of Three Gorges reservoir[J]. Soils and Fertilizers 2004(1) 40-42 ;44.(in Chinese))

[8] 杨丽霞,杨桂山,苑韶峰,等.影响土壤氮素径流流失的因素探析[J].中国生态农业学报 ,2007 ,15(6) :190-194.(YANG Li-xia ,YANG Gui-shan ,YUAN Shao-feng ,et al. Analysis of the factors affecting soil nitrogen loss through runoff[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture 2007 ,15(6) :190-194.(in Chinese))

[9] 谢红梅,朱波.农田非点源氮污染研究进展[J].生态环境 ,2003 ,12(3) :349-352.(XIE Hong-mei ,ZHU Bo. Research progress on non-point source pollution of nitrogen in agri-ecosystem[J]. Ecology and Environment 2003 ,12(3) :349-352.(in Chinese))

[10] 付斌.不同农作处理对坡耕地水土流失和养分流失的影响研究[D].重庆 :西南大学 ,2009.

[11] 郑涛,穆环珍,黄衍初,等.非点源污染控制研究进展[J].环境保护 ,2005(2) :31-34.(ZHENG Tao ,MU Huai-zhen ,HUANG Yan-chu ,et al. Study progress on nonpoint source pollution[J]. Environmental Protection 2005(2) :31-34.(in Chinese))

[12] 丁恩俊.三峡库区农业面源污染控制的土地利用优化途径研究[D].重庆 :西南大学 ,2010.

Countermeasures for agricultural non-point source pollution in Wangjiagou watershed of Chongqing

CHEN Kang-ning¹ , BIAN Ge-ya² , LI Lin¹

- (1. Remote Sensing Technology Application Research Center , China Institute of Water Resources and Hydropower Research , Beijing 100048 , China ;
- 2. Department of Irrigation and Drainage , China Institute of Water Resources and Hydropower Research , Beijing 100048 , China)

Abstract : With regard to the control of agricultural non-point source pollution in Sanxia Reservoir region , Wangjiagou watershed in Chongqing was taken as a study case . Based on the high-resolution satellite remote sensing images by ALOS and WorldView1 and the land use , planting structure and slope distribution information extracted by DEM , the causes and distribution rules of the agricultural non-point source pollution in Wangjiagou watershed were spatially analyzed combined with the its economic , social , hydrological , meteorological , ecological environment data . The control measures were proposed for the domestic pollution in residential area , the runoff pollution in farmlands and the nutrient loss in slope land in Wanjiagou watershed . The results show that the local fragile ecological environment and the irrational land use provide prerequisites for the migration and transformation of pollutants , and the lack of eliminating , reducing and blocking structures is the important factor for the direct input of the pollutants into water . Relevant measures to reduce the pollutants from residential , agricultural runoff and slope land were proposed as follows : (1) construction of centralized domestic sewage and waste project to completely solve domestic pollution in the residential area , (2) popularization of water-fertilizer coupling technology to improve the use efficiency of fertilizers and to reduce the total amount of fertilizers ; (3) adoption of protective farmland measures and farmland returning to woodland in slope land to establish effective control system for soil and water and nutrient .

Key words : agricultural non-point source pollution ; factor ; remote sensing ; countermeasure ; Wangjiagou watershed