

# 舒城县丰乐河小流域农业面源污染现状调查与评价

刘邵伟<sup>1</sup>, 武升<sup>1</sup>, 刘佩诗<sup>1</sup>, 许礼勤<sup>2</sup>, 黄文星<sup>3</sup>, 马友华<sup>1\*</sup>

(1. 安徽农业大学资源与环境学院, 安徽 合肥 230036; 2. 舒城县农业农村局, 安徽 舒城 231300;  
3. 安徽省农业生态环境总站, 安徽 合肥 230001)

**摘要:** 使用问卷调查法对舒城县丰乐河小流域农业面源污染现状进行实地调研, 采用等标污染负荷法对流域区域内千人桥镇和桃溪镇的农业种植污染、畜禽养殖污染与农村生活污染进行综合分析。研究表明, 在舒城县丰乐河小流域两个乡镇的农业面源污染排放源中, 种植业 TN、TP 的排放量为 45.78 t, 污染负荷率为 20.75%; 畜禽养殖业 COD、TN、TP 的排放量为 26.59 t, 污染负荷率为 12.05%; 农村生活源 COD、TN、TP 的排放量为 148.28 t, 污染负荷率为 67.20%。在选择的 3 个评价因子中, COD 的污染负荷率最高 (69.47%), 其次为 TN (28.22%), TP 最低 (2.31%)。农村生活污染是该小流域农业面源污染物的主要来源, 也是农业面源污染控制的重点。

**关键词:** 农业面源污染; 问卷调查法; 等标污染负荷法; 丰乐河; 舒城县

中图分类号: X522 文献标志码: B 文章编号: 1006-2009(2020)06-0043-04

## Investigation and Evaluation of Agricultural Non-point Source Pollution in Fengle River Watershed in Shucheng County

LIU Shao-wei<sup>1</sup>, WU Sheng<sup>1</sup>, LIU Pei-shi<sup>1</sup>, XU Li-qin<sup>2</sup>, HUANG Wen-xing<sup>3</sup>, MA You-hua<sup>1\*</sup>

(1. College of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;  
2. Agriculture and Rural Bureau of Shucheng County, Shucheng, Anhui 231300, China;  
3. Anhui Agricultural Ecological Environment General Station, Hefei, Anhui 230001, China)

**Abstract:** The present situation of agricultural non-point source pollution in Fengle River watershed in Shucheng County was investigated by questionnaire survey method. The pollution from planting, livestock and poultry breeding and rural life in Qianrenqiao Town and Taoxi Town in the watershed were comprehensively analyzed by the equivalent pollution load method. The study showed that in the agricultural non-point source pollution in the two towns, TN and TP emission from planting was 45.78 t, the pollution load rate was 20.75%. COD, TN and TP emission from livestock and poultry farming was 26.59 t, the pollution load rate was 12.05%. The emission of COD, TN and TP from rural life was 148.28 t, the pollution load rate was 67.20%. Among the three selected evaluation factors, the pollution load rate of COD was the highest (69.47%), the next was TN (28.22%), TP was the lowest (2.31%). Rural domestic pollution was the main source of agricultural non-point source pollutant in the watershed, and was also the key point of agricultural non-point source pollution control.

**Key words:** Agricultural non-point source pollution; Questionnaire survey method; Equivalent pollution load method; Fengle River; Shucheng County

农业面源污染一般指由于过量使用化肥、农药、塑料薄膜和畜禽粪便, 以及农村生活污水与生活垃圾等处理不当造成的农业生态环境污染<sup>[1]</sup>。近年来, 农业和农村不合理生产和生活方式造成的

收稿日期: 2019-08-30; 修订日期: 2020-08-12

基金项目: 国家发改委“舒城县农业面源污染综合治理试点项目”基金资助项目(2017-341523-77-01-000600)

作者简介: 刘邵伟(1994—), 男, 安徽合肥人, 在读研究生, 研究方向为农业资源与利用。

\* 通信作者: 马友华 E-mail: yhma@ahau.edu.cn

面源污染日益严重,逐渐成为农村环境恶化的重要原因。小流域面源污染治理是控制农业面源污染的重要措施。孙海军等<sup>[2]</sup>研究了太湖流域北部山区小流域面源污染,结果表明,种植业和养殖业是该小流域的主要污染源。袁晓燕等<sup>[3]</sup>通过对污染源和水环境的调查表明,水产养殖、种植业和农村生活污染是浙北地区平原河网农村小流域面源污染的主要来源。武升等<sup>[4]</sup>通过问卷调查表和等标污染负荷法对众兴水库小流域农业面源污染现状调查分析,结果表明,该小流域的主要污染物来自养殖业。近年来,巢湖面源污染导致的水华现象日益严重,其中,农业面源污染的贡献超过50%,已成为巢湖流域面源污染的主要来源<sup>[5]</sup>。丰乐河是注入巢湖的主要河流之一,是巢湖流域西南片农业面源污染的重要来源地<sup>[6]</sup>。针对巢湖流域绿色新经济发展和环境改善的现实需求,今对丰乐河小流域农业面源污染现状进行调查与评价,为推进巢湖流域面源污染治理、确保巢湖流域可持续发展提供参考。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域

选择丰乐河典型小流域,主要位于舒城县千人桥镇和桃溪镇,包含千人桥镇路里村、千佛村、鲍桥村、旺禾村、张屋村、三汉河村和桃溪镇孔圩村、石河村、白鱼村、曙光村、苍墩村共11个行政村。流域内养殖业以家禽(主要为生鸭)、猪、水产等为主,其中,千人桥镇有较多的生鸭养殖场,桃溪镇养殖业规模较小,数量少,主要为农户散养。

### 1.2 调查与评价方法

通过问卷调查,了解现有农业生产和生活方式对丰乐河流域农业面源污染的影响。对千人桥镇和桃溪镇11个行政村的农作物种植种类、化肥施用量、畜禽养殖情况、生活废水产生量、水产养殖情况等进行现场问卷调查,选择COD、TN、TP作为评价因子,采用能较准确反映小流域主要污染源及各污染源污染程度的等标污染负荷法<sup>[7-8]</sup>综合分析评价。

等标污染负荷法<sup>[8-9]</sup>主要计算公式如下:

$$P_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{oi}} \times Q_{ij} = \frac{M_{ij}}{C_{oi}} \quad (1)$$

式中: $P_{ij}$ 为第*j*个污染源第*i*种污染物的等标污染负荷( $\text{m}^3/\text{a}$ ); $C_{oi}$ 为第*i*种污染物的评价标准; $C_{ij}$ 为

第*j*个污染源第*i*种污染物的排放浓度; $Q_{ij}$ 为第*j*个污染源第*i*种污染物的介质排放量( $\text{m}^3/\text{a}$ ); $M_{ij}$ 为第*j*个污染源第*i*种污染物的流失量( $\text{t}/\text{a}$ )。

研究流域内某个污染源或某种污染物的等标污染负荷按下式计算:

$$K_i = \sum_{j=1}^n P_{ij}/P \quad (2)$$

式中: $K_i$ 为第*i*种污染物的污染负荷比,该流域的主要污染物可根据其数值从大到小的顺序排列; $P_{ij}$ 为第*j*个污染源第*i*种污染物的等标污染负荷( $\text{m}^3/\text{a}$ ); $P$ 为该流域等标污染负荷总量( $\text{m}^3/\text{a}$ )。

化肥施用折纯量计算公式如下:N含量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )=尿素用量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) $\times$ 0.467+复合肥用量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) $\times$ N含量占比; $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )=复合肥用量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) $\times$  $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量占比; $\text{K}_2\text{O}$ 含量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )=复合肥用量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) $\times$  $\text{K}_2\text{O}$ 含量占比。

研究流域内各污染源污染物排放量计算公式为:畜禽粪尿污染排放量=研究流域畜禽饲养量 $\times$ 污染物排放系数;生活污染排放量=研究流域人口数 $\times$ 污染物排放系数;化肥污染排放量=研究流域化肥施用量 $\times$ 污染物排放系数;水产养殖污染排放量=研究流域水产养殖面积 $\times$ 污染物排放系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植业面源污染分析

统计显示,舒城县千人桥镇和桃溪镇参与调查的行政村耕地面积分别为1 001.6  $\text{hm}^2$ 和1 011.8  $\text{hm}^2$ ,耕地总面积为2 013.4  $\text{hm}^2$ 。主要农作物水稻、小麦、油菜、蔬菜的种植面积千人桥镇分别为919.3  $\text{hm}^2$ 、555.7  $\text{hm}^2$ 、50  $\text{hm}^2$ 、50.2  $\text{hm}^2$ ,总面积为1 575.2  $\text{hm}^2$ ;桃溪镇分别为1 011.8  $\text{hm}^2$ 、356.7  $\text{hm}^2$ 、20  $\text{hm}^2$ 、33.3  $\text{hm}^2$ ,总面积为1 421.8  $\text{hm}^2$ 。两个乡镇的主要种植方式为稻麦轮作,少量种植油菜和蔬菜。

两个乡镇不同作物的肥料使用情况见表1。由表1可见,肥料施用量(折纯量)蔬菜最高,其次为水稻和小麦。总体而言,该地区氮肥使用量较大,磷肥和钾肥使用较少,有机肥与生物肥的使用比例严重失调。在农业生产过程中,降水和地表径流携带氮和磷进入水体,会引起水质恶化等问题,成为影响该区域生态环境的重要因素<sup>[10-11]</sup>。

表 1 不同作物的肥料使用情况 kg/hm<sup>2</sup>  
Table 1 Fertilizer utilization of different crops kg/hm<sup>2</sup>

乡镇	水稻			小麦			油菜			蔬菜		
	氮肥	磷肥	钾肥	氮肥	磷肥	钾肥	氮肥	磷肥	钾肥	氮肥	磷肥	钾肥
千人桥镇	245.4	140.25	140.25	240.15	135	135	231.45	56.25	56.25	337.5	337.5	337.5
桃溪镇	241.65	84	84	247.2	72	72	235.2	60	60	360	360	360

经计算,千人桥镇氮肥、磷肥、钾肥折纯用量分别为 387.56 t、223.71 t、223.71 t,化肥年施用量为 834.98 t,施用强度为 530.08 kg/hm<sup>2</sup>;桃溪镇氮肥、磷肥、钾肥折纯用量分别为 349.37 t、123.86 t、123.86 t,化肥年施用量为 597.09 t,施用强度为 419.95 kg/hm<sup>2</sup>。该地区的施肥强度已超过发达国家研究得出的 225 kg/hm<sup>2</sup> 的安全水平<sup>[12]</sup>。

根据农业作物污染负荷指数计算方法,定量分析该小流域主要农作物的污染负荷,氮肥和磷肥损失量分别按当年施肥量的 6.00% 和 0.45% 计<sup>[12]</sup>。结果表明,两个乡镇种植业化肥施用共导致 45.78 t 的 TN 和 TP 排入水体(千人桥镇 24.26 t,桃溪镇 21.52 t),以 TN 为主,达到 44.22 t,占污染物总量的 96.59%,TP 为 1.56 t,占总量的 3.41%。千人桥镇由于综合施肥强度大等因素,其污染负荷率为 52.99%,桃溪镇污染负荷率为 47.01%。

## 2.2 养殖业面源污染分析

家禽粪便、生活污水等随着降水和地表径流产生流失,尤其是家禽粪的堆放和清粪冲洗容易导致污染物进入水体,造成较严重的污染<sup>[13-15]</sup>。流失率指家禽粪便、生活污水等随着降水和地表径流进入河流的污染物流失量与污染物排放量的比例<sup>[13]</sup>。经统计,千人桥镇猪和家禽存量分别为 3 150 头和 184 000 只,鱼塘面积为 24.7 hm<sup>2</sup>;桃溪镇猪和家禽存量分别为 1 057 头和 10 050 只,鱼塘面积为 17.57 hm<sup>2</sup>。结合养殖业家禽粪便的排污系数和流失率(见表 2)<sup>[15-16]</sup>,计算两个乡镇养殖业污染物排放量。其中,鱼塘养殖的排放参数处于正常管理水平,一年时间内 1 hm<sup>2</sup> 鱼塘向周边环境排放 COD、TN 和 TP 的量分别按照 74.5 kg、101 kg 和 11 kg 计算<sup>[17]</sup>。

经计算,两个乡镇养殖业(家禽、鱼塘和猪)排放 COD、TN、TP 的量分别为 17 530.68 kg、7 377.94 kg、1 678.30 kg,排放总量为 26 586.92 kg,COD、TN、TP 的污染负荷率分别为 65.94%、27.75%、6.31%。其中,千人桥镇和桃溪镇的 COD 排放量分别为 15 416.01 kg 和 2 114.67 kg,

表 2 排污系数和流失率<sup>①</sup>

Table 2 Discharge coefficient and loss rate of pollutants<sup>①</sup>

污染源	排污系数 <sup>②</sup>			流失率/%		
	COD	TN	TP	COD	TN	TP
家禽粪便	1.17	0.28	0.12	6.20	5.60	5.10
生活污水	5.12	0.16	0.03	62.00	62.00	62.00
人粪尿	19.80	3.06	0.52	10.00	10.00	10.00

①农社区生活的排污系数和流失率来自《安徽省畜禽养殖业产排污系数测算工作技术报告》(安徽省农业生态环境总站,2008 年);  
②单位为 kg/头、kg/只或 kg/人。

TN 排放量分别为 5 429.21 kg 和 1 948.73 kg,TP 排放量分别为 1 417.06 kg 和 261.24 kg。千人桥镇因生鸭养殖场较多,污染较为严重,污染物排放总量为 22 262.28 kg,污染负荷率为 83.73%;桃溪镇家禽养殖量较小,污染物排放总量为 4 324.64 kg,污染负荷率为 16.27%。

## 2.3 农村生活面源污染分析

由于政府集中处理乡镇生活垃圾,因而仅考虑农村常住人口生活污水导致的污染。千人桥镇和桃溪镇常住人口分别为 16 195 人和 10 142 人,根据表 2 中的排污系数和流失率,统计两个乡镇生活源产生的面源污染负荷情况。结果表明,两个乡镇生活面源排放 COD、TN、TP 的量分别为 135 751.43 kg、10 671.75 kg、1 859.40 kg,排放总量为 148 282.58 kg,COD、TN、TP 的污染负荷率分别为 91.55%、7.20%、1.25%。其中,千人桥镇和桃溪镇的 COD 排放量分别为 83 475.51 kg 和 52 275.92 kg,TN 排放量分别为 6 562.21 kg 和 4 109.54 kg,TP 排放量分别为 1 143.37 kg 和 716.03 kg。千人桥镇污染物排放总量为 91 181.09 kg,污染负荷率为 61.49%;桃溪镇污染物排放总量为 57 101.49 kg,污染负荷率为 38.51%。

## 2.4 综合分析评价

根据丰乐河典型小流域千人桥镇和桃溪镇两个乡镇涉及的 11 个行政村农业面源污染情况,综合种植业化肥施用、养殖业畜禽污染排放和农村生活污水,计算该小流域面源污染综合排放数据(见表 3)。

表3 各面源污染综合排放量  
Table 3 Comprehensive emission of pollution from various non-point sources

评价因子	种植业污染	养殖业污染	农村生活面源污染	合计
COD		17.53	135.75	153.28
TN	44.22	7.38	10.67	62.27
TP	1.56	1.68	1.86	5.10
合计	45.78	26.59	148.28	220.65

由表3可见,农村生活源COD、TN、TP的排放量最大(148.28 t),污染负荷率最高(67.20%),是该小流域的最大污染源,需要高度重视,良好管理。种植业化肥施用TN、TP的排放量为45.78 t,污染负荷率为20.75%。养殖业畜禽粪便COD、TN、TP的排放量为26.59 t,污染负荷率为12.05%。在3个评价因子中,COD的污染负荷率最高(69.47%),其次为TN(28.22%),TP最低(2.31%)。

### 3 结论

(1)在丰乐河典型小流域,种植业平均化肥施用量达到475 kg/hm<sup>2</sup>,是发达国家推荐的安全水平(225 kg/hm<sup>2</sup>)的2倍,由此产生的面源污染物(TN、TP)高达45.78 t,其中,TN为44.22 t,占流失总量的96.59%。畜禽养殖业排放TN、TP、COD的总量为26.59 t,千人桥镇因生鸭养殖场较多,养殖业污染负荷率较高(83.73%)。在农村生活源污染中,COD排放量占比最高(91.55%),其次为TN(7.20%),TP最低(1.25%)。

(2)在丰乐河典型小流域,排放量和污染负荷率最高为农村生活面源污染,COD、TN、TP的排放总量达到148.28 t,污染负荷率为67.20%。种植业TN、TP的排放总量为45.78 t,污染负荷率为20.75%。养殖业COD、TN、TP的排放总量为26.59 t,污染负荷率为12.05%。

(3)治理丰乐河典型小流域农业面源污染需要重点关注农村生活面源污染。建议在当地推行生活污水集中收集与处理,实行农村厕所改造,集中处理居民生活污水,减少生活面源污染。种植业可推广测土配方精准施肥模式,推行农业生态补偿机制,加大环保宣传,改良种植方式,实行科学种田,减少化肥施用,推广“以奖促治”<sup>[18]</sup>。此外,还

应鼓励对畜禽粪便、农作物秸秆等农业资源进行综合开发利用。

### [参考文献]

- [1] 金书秦,沈贵银,刘宏斌,等. 农业面源污染治理的技术选择和制度安排[M]. 北京:中国社会科学出版社,2017.
- [2] 孙海军,吴家森,姜培坤,等. 浙江山区典型小流域农村面源污染现状调查与治理对策[J]. 中国农学通报,2011,27(20):258-264.
- [3] 袁晓燕,余志敏,施卫明. 浙江地区平原河网农村小流域面源污染调查与防治对策——以德清县武康镇新琪村为例[J]. 生态与农村环境学报,2010,26(3):193-198.
- [4] 武升,张俊森,管飞,等. 安徽省巢湖流域众兴水库小流域农业面源污染调查与评价[J]. 水土保持通报,2018,38(2):198-203.
- [5] 王雪蕾,王新新,朱利,等. 巢湖流域氮磷面源污染与水华空间分布遥感解析[J]. 中国环境科学,2015,35(5):1511-1519.
- [6] 谭茜. 环巢湖支流污染结构及治理方向[J]. 安徽农业科学,2016,44(17):77-82.
- [7] 武升,张俊森,张东红,等. 小流域农业面源污染评价与综合治理研究进展[J]. 环境污染与防治,2018,40(6):710-716.
- [8] 陆珊,代俊峰,周作旺. 基于等标污染负荷法的生活和农业污染源分析[J]. 节水灌溉,2015(2):45-46.
- [9] 钟定胜,张宏伟. 等标污染负荷法评价污染源对水环境的影响[J]. 中国给水排水,2005,21(5):101-103.
- [10] CHEN H, DUAN C Y. Research on the pattern of comprehensive improvement of small watered pollution in Guangxi Province[J]. Applied Mechanics and Materials,2014,535(30):394-398.
- [11] 付斌,刘宏斌,胡万里,等. 凤羽河小流域水质氮磷特征及影响因素分析[J]. 环境监测管理与技术,2016,28(5):34-38.
- [12] 王桂苓,马友华,孙兴旺,等. 巢湖流域麦稻轮作农田径流氮磷流失研究[J]. 水土保持学报,2010,24(2):6-10.
- [13] 陈绍华,李哲,吴逸雪,等. 清江流域畜禽养殖污染负荷研究[J]. 环境污染与防治,2016,38(7):25-30.
- [14] 张维理,徐爱国,冀宏杰,等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策. III. 中国农业面源污染控制中存在问题分析[J]. 中国农业科学,2004,37(7):1026-1033.
- [15] 张忠明,周立军,宋明顺,等. 太湖苕溪流域农业面源污染评价及对策[J]. 环境污染与防治,2012,34(3):105-109.
- [16] 彭军,司友斌,张震. 巢湖流域规模化畜禽养殖场污染现状与环境管理对策[J]. 安徽农业科学,2010,38(1):314-316.
- [17] 张大弟,章家骥,汪雅谷,等. 上海市郊主要的非点源污染及防治对策[J]. 上海环境科学,1997,16(3):1-3.
- [18] 陆泗进,何立环. 浅谈我国农村环境监测[J]. 环境监测管理与技术,2013,25(5):1-3.

本栏目编辑 谢咏梅 姚朝英