

阿什河流域农业非点源污染优先控制区域识别

周 军^{1,2}, 张 颖¹, 高凤杰¹, 孟庆娟¹

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省环境保护科学研究院, 哈尔滨 150036)

摘 要:运用清单法和等标污染负荷法,借助 GIS 技术对松花江一级支流阿什河流域农业非点源污染负荷、来源解析及其敏感性进行深入分析,找出污染优先控制区域。结果表明:在总量上各污染源对阿什河水质污染贡献大小顺序为:化肥施用>畜禽养殖>农村生活污染>土壤侵蚀>秸秆污染,其等标污染负荷比分别为 67.46%>16.24%>12.21%>2.69%>1.40%;除城郊幸福乡生活污染贡献率最高外,其他各乡镇均为化肥污染贡献率最高;地处阿什河中游平原的向阳、料甸、舍利、杨树和双丰 5 乡镇为污染高度敏感区,也即阿什河流域农业非点源污染优先控制区,其原因是高化肥施用量导致 TN、TP 浓度过高。

关键词:农业非点源污染; 源解析; 污染敏感级别; 优先控制区域; 阿什河流域

中图分类号: X506

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)03-0180-05

Identification of the Prior Control Region of Agricultural Non-point Source Pollution in Ash River Basin

ZHOU Jun^{1,2}, ZHANG Ying¹, Gao Feng-jie¹, MENG Qing-juan¹

(1. School of Resources and Environment, Northeast Agricultural University,

Harbin 150030, China; 2. Heilongjiang Research Academy of Environmental Protection, Harbin 150036, China)

Abstract: The agricultural non-point source pollution load, source apportionment and pollution sensitivity were deeply analyzed and the pollution control priority area was identified by the inventory analysis method and equivalent standard pollution method with the help of GIS in Ash River Basin. The results showed that the order of the contribution of each pollution source was fertilizer>livestock>living>soil erosion>straw, and the equivalent standard pollution load ratio was in the order of 67.46%>16.24%>12.21%>2.69%>1.40%. The fertilizer pollution contribution was the highest in the study area except Xing-Fu town with highest living pollution. The Xiangyang, Liaodian, Sheli, Yangshu and Shuangfeng towns, which were located in the middle reaches of the Ash River Plain, were indentified the prior regions for agricultural and rural pollution control area because the TN and TP concentrations were excessively high due to using a large number of chemical fertilizers.

Key words: agricultural non-point source pollution; source apportionment; pollution sensitive class; prior control region; Ash River Basin

非点源(面源)是水环境质量恶化的重要污染源,是水质难以彻底改善和恢复的主要因素^[1]。据报道^[2],在美国,非点源污染占总污染量的 2/3,而农业活动(农田、牧场)占非点源污染的 57%~75%。我国 2010 年初发布的第一次全国污染源普查公报也揭示了农业源是中国水环境污染化学需氧量(COD)、总氮(TN)和总磷(TP)的主要来源^[3]。重视

农村环境保护工作,加强对农业和农村污染源的治理,对于防止水体富营养化举足轻重。由于农业非点源污染受土壤、地形、气候、水文、土地利用和管理方式等众多因素的影响,非点源污染的发生具有广域性、间歇性等特点^[4],使得农业和农村污染物治理难度更大。在农村环境问题日益突出和农村环境保护投入有限的条件下,开展农村环境污染优先控制区域

失率,60%为二者入河系数,P 肥的折纯量以 P_2O_5 计,乘以系数 43.66%为 TP 的量。阿城市各乡 镇化肥施用量由统计年鉴提供的化肥施用量(氮肥、磷肥和复合肥)×耕地比例系数(各乡镇耕地面积/区域总耕地面积)得到;哈尔滨市香坊区幸福镇、向阳乡、成高子镇和道外区的团结镇数据来源于环保局有关农事生产资料。

(2) 秸秆污染

$$W_{ij}=(\sum_{i=1}^nM_i\times n_i)\times(1-p)\times c_{ij}\times r\quad(2)$$

式中: W_{ij} —— i 秸秆类型 j 污染物入河量(t); M_i —— i 作物产量(t); n_i ——秸秆产生系数^[8]; p ——秸秆利用率,取 33%; c_{ij} —— i 秸秆 j 污染物含量^[9]; TN 为 0.48,TP 为 0.38; r ——秸秆入河系数^[10],取 0.01。

(3) 畜禽污染

$$W_j=\sum_{i=1}^n(M_i\times\eta_{ij}\times c_{ij}\times r_{ij})\quad(3)$$

式中: W_j —— j 类污染物入河量(t); M_i —— i 类畜禽养殖量(只或头); η_{ij} —— j 类污染物排污系数; c_{ij} —— j 污染物含量; r_{ij} —— j 类污染物入河系数。各参数选取参照《第一次全国污染源普查—畜禽养殖业产污系数及排污系数》及文献^[11]。

(4) 生活污染^[12]

$$W_i=M_{\lambda}\times\eta_i\times c_i\times r_i\quad(4)$$

式中: W_i —— i 类污染物入河量(t); M_{λ} ——各乡镇人口总量; η_i —— i 类污染物排污系数; c_i —— i 类污染物含量; r_i —— i 类污染物入河系数。

(5) 水土流失污染

$$W_i=S_i\times DA\times C_i\times 10^{-6}\quad(5)$$

式中: W_i ——水土流失带入河流的污染物质(t/a); S_i ——区域土壤年侵蚀量,即水土流失面积与侵蚀模数的乘积(t/a); DA ——水体泥沙转移比,取 0.046; C_i 土壤中污染物背景值^[13],即 COD、TN、TP 分别取

15 000,100,20 g/t;其中 S_i 侵蚀模数采用遥感调查数据,其计算方法见文献^[14]。

2.2.2 农业非点源污染等标污染负荷 等标污染负荷(equal standard pollution load)指用污染物的排放量除以环境中污染物的限量标准,即把污染物全部稀释到评价标准所需的介质质量。统一转化后,同一污染源所排放的污染物之间、不同污染源之间对环境的影响具有了可比性^[15]。

(1) 第 j 个污染源的第 i 种污染物的等标污染负荷为:

$$P_{ij}=\frac{C_{ij}Q_{ij}M_{ij}}{C_{0j}Q_{0i}C_{0i}}\quad(6)$$

式中: P_{ij} ——第 j 个污染源的第 i 种污染物的等标污染负荷($10^6\text{ m}^3/\text{a}$); C_{ij} ——该污染源中第 i 种污染物的排放浓度(mg/L); C_{0i} ——第 i 种污染物的评价标准。本文采用 GB3838—2002 Ⅲ类标准,即 COD 20 mg/L,TN 1.0 mg/L,TP 0.2 mg/L; Q_{ij} ——第 j 个污染源含 i 污染物的介质排放量(m^3/a); M_{ij} ——第 j 个污染源第 i 种污染物流失量(t/a)。

(2) 第 j 个污染源有 n 个污染物,其源内的等标污染负荷为:

$$P_j=\sum_{i=1}^n P_{ij}\quad(7)$$

(3) 某地区有 m 个污染源,则该地区等标污染负荷为:

$$P=\sum_{j=1}^m P_j=\sum_{j=1}^m\sum_{i=1}^n P_{ij}\quad(8)$$

2.2.3 农业非点源污染敏感性

$$C_i=\frac{PQ_i}{RW}\times 10^6\quad(9)$$

式中: C_i ——农业面源污染引起的污染物 i 的排放质量浓度(mg/L); RQ_i ——农业面源污染物 i 的实物排放量(t); RW ——本地地表水资源量(m^3),敏感性分级见表 1^[16]。

表 1 农业非点源污染敏感性分级

参数	敏感分级				
	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极度敏感
COD/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<20	20~50	51~60	61~100	>100
TN/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<1	1.0~15	16~20	21~30	>30
TP/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	<0.2	0.2~0.5	0.6~1.0	1.1~3.0	>3.0
分级赋值 C	1	3	5	7	9
分级标准 SS	1.0~2.0	2.1~4.0	4.1~6.0	6.1~8.0	>8.0

表 1 中: $SS_j=\sum_{i=1}^3C_i\times W_i,\sum_{i=1}^3W_i=1\quad(10)$

式中: SS_j —— j 空间单元农村污染敏感性指数; C_i —— i 因素敏感性等级值; W_i ——影响农村污染敏感性因子的权重。

3 结果与分析

3.1 各污染物污染负荷量

根据公式(1)~(5)计算得到研究区各类污染源排放的实物量与等标污染负荷(表 2)。

由表 2 可以看出:尽管 COD 实物量排放很高,占总排放的 64.04%,但其等标污染负荷比例仅占到 5.57%;TP 实物量比例为 30.6%,但等标污染负荷比最高为 53.25%;TP 实物量仅为 5.36%,但等标污染负荷比却达到 41.18%。由此可见阿什河流域农业非点源污染物主要为 TN 与 TP。在污染源的贡献

中,从排放量上比较,化肥的入河量仅占总排放量的 25.48%,然而转化为等标排放量后,其比例则为 67.46%,由此可以认为化肥是阿什河水环境的最大污染源。各污染源对阿什河水水质污染贡献大小顺序为:化肥施用>畜禽养殖>农村生活污染>土壤侵蚀>秸秆污染。

表 2 研究区污染负荷

污染源	COD		TN		TP		比例	
	实物/ t	等标/ (10 ⁶ ·m ³ ·a ⁻¹)	实物/ t	等标/ (10 ⁶ ·m ³ ·a ⁻¹)	实物/ t	等标/ (10 ⁶ ·m ³ ·a ⁻¹)	实物/ t	等标/ (10 ⁶ ·m ³ ·a ⁻¹)
化肥施用	—	—	2354.73	2354.73	451.77	2258.75	25.48	67.46
畜禽养殖	2649.59	132.48	443.49	443.49	90.43	452.13	28.91	16.24
农村生活	1718.41	85.92	508.56	508.56	35.69	178.45	20.55	12.21
秸秆污染	—	—	45.60	45.60	8.55	42.73	0.49	1.40
土壤侵蚀	2684.80	134.24	17.90	17.90	3.58	17.90	24.57	2.69
合计	7052.80	352.64	3370.28	3370.44	590.02	2606.86	100.00	100.00
比例/%	64.04	5.57	30.60	53.25	5.36	41.18	—	—

3.2 污染物等标污染排放空间分布

各乡镇污染物等标污染排放情况见图 2。由图 2 可以看出:阿什河流域幸福乡以生活污染最高(其等标污染负荷比高达 80.58%),其原因是幸福乡位于哈尔滨郊区,城镇化水平高,人口密度大。其余各乡镇农业非点源污染以化肥污染为主,其等标污染负荷比在 51.5%~73.45%之间;畜禽和生活污染次之,15 个乡镇中,除小岭、玉泉、交界、成高子和团结镇 5 个乡镇畜禽污染等标污染负荷比例低于生活污染等标污染负荷比例,其余各乡镇均为畜禽>生活;土壤侵蚀污染整体不高,其中以小岭最高,比例为 13.35%,幸福乡 8.35%,成高子 6.22%,其余各乡镇比例均在 6%以下;秸秆污染比重最低,除幸福乡为 3.5%外,其余各乡镇均不超过 2%。

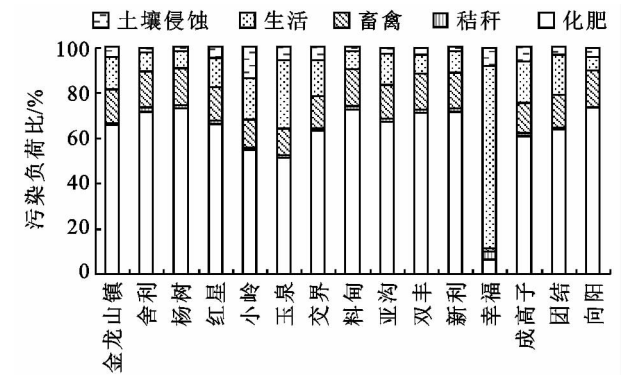


图 2 各乡镇各类污染源等标污染负荷比

3.3 农业非点源污染敏感性评价

根据各乡镇污染物等标污染负荷量,结合搜集到的各乡镇地表水资源总量,计算得到各乡镇各污染物浓度,根据公式(11)得到各乡镇农业污染敏感指数(表 3),其空间分布见图 3。其中,COD、TN、TP 的权

重以表 2 计算得到的区域等标污染负荷比为各自权重。

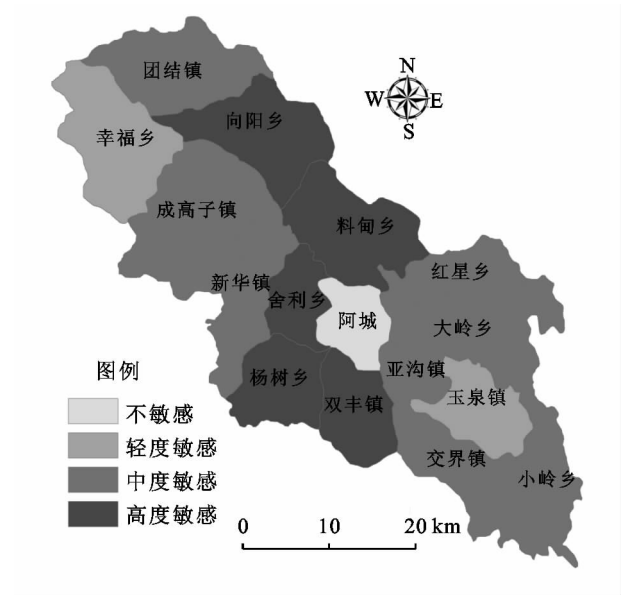


图 3 各乡镇农业非点源污染敏感性空间分布

注:阿城市区不参与计算。

由表 3 和图 3 可以看出:研究区敏感级别值在 2~8 之间,没有极度敏感区域。不敏感区域只有幸福乡,其敏感值为 2.07,接近轻度敏感,原因是其 80% 以上的污染来自生活,而生活污染的贡献率很低,且其权重又小;属轻度污染的只有玉泉镇,其敏感值为 3.71,其地理位置与红星、金龙山(大岭乡)、小岭乡、交界镇和亚沟乡 5 乡镇(敏感指数均为 4.54)区位相似,都处于阿什河上游山地丘陵区,森林覆盖率高,水质较好,属水源保护区,但由于玉泉镇化肥等标污染负荷比这 5 乡镇均低,导致其敏感级别也低一级;高度敏感区有向阳、料甸、舍利、杨树和双丰镇,原因是

这 5 乡镇地处阿什河中游平原耕地区,化肥施用量大,其 TN、TP 浓度高,是阿什河流域农村环境污染优先控制区域不参与计算。

表 3 各乡镇各污染物浓度和敏感分级值

乡镇名称	COD/ (mg · L ⁻¹)	TN/ (mg · L ⁻¹)	TP/ (mg · L ⁻¹)	敏感 分级值
金龙山	19.06	10.77	1.84	4.54
舍利	25.04	18.01	3.24	6.54
杨树	27.21	20.73	3.77	7.60
红星	20.54	11.68	2.02	4.65
小岭	18.90	6.43	1.06	4.54
玉泉	9.27	3.49	0.52	3.71
交界	16.85	8.35	1.41	4.54
料甸	24.87	18.54	3.35	6.54
亚沟	17.02	10.62	1.83	4.54
双丰	26.93	17.85	3.22	6.54
新利	23.07	16.67	2.99	5.71
幸福	7.58	2.07	0.18	2.07
成高子	14.59	6.70	1.11	4.54
团结	12.40	6.51	1.08	4.54
向阳	36.78	23.99	4.42	7.60

4 结 论

当前国内农业非点源污染研究主要集中在太湖流域、三峡库区、海河流域以及大城市周边地区,针对东北地区农业非点源污染控制区域研究还未见报道,而东北地区特别是松辽流域是我国重要的商品粮生产基地,肩负着国家实现粮食增产千亿斤和百亿斤计划的重担,流域内平均化肥施用量为 523.5 kg/hm²,远超过全国平均水平(277.5 kg/hm²)和世界平均水平(94.5 kg/hm²)^[17]。因此本研究用清单法和等标污染负荷法,借助 GIS 技术对松花江一级支流阿什河流域农业非点源污染负荷、来源进行解析并对其敏感性进行深入剖析。研究结果表明,各污染源对阿什河水质污染贡献大小顺序为:化肥施用>畜禽养殖>农村生活污染>土壤侵蚀>秸秆污染;除城郊幸福乡生活污染贡献率最高外,其他各乡镇均为化肥污染贡献率最高,而高化肥施用引起的高 TN、TP 浓度导致阿什河中游平原的向阳、料甸、舍利、杨树和双丰 5 乡镇为污染高度敏感区,也即阿什河流域农村农业非点源污染优先控制区,科学配备化肥施用量是改善区域农业非点源污染的首要措施,研究结果符合研究区实际情况。

参考文献:

[1] 王良民,王彦辉. 植被过滤带的研究和应用进展[J]. 应用生态学报,2008,19(9):2074-2080.

[2] Miller G T. Living in the Environment: An Introduction to Environmental Science [M]. Belmont: Wadsworth Publishing Company,1992.

[3] 钱晓雍,沈根祥,郭春霞,等. 基于水环境功能区划的农业面源污染源解析及其空间异质性[J]. 农业工程学报,2011,27(2):103-108.

[4] 李振炜,于兴修,姚孝友,等. 农业非点源污染关键源区识别方法研究进展[J]. 生态学杂志,2011,30(12):2907-2914.

[5] 陈敏鹏,陈吉宁,赖斯芸. 中国农业和农村污染的清单分析与空间特征识别[J]. 中国环境科学,2006,26(6):751-755.

[6] 卓慕宁,吴志峰,王继增,等. 珠海非点源污染控制区划[J]. 城市环境与城市生态,2003,16(1):28-30.

[7] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策: I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学,2004,37(7):1008-1017.

[8] 赵志新,李天宏. 松原市非点源污染负荷变化分析[J]. 应用基础与工程科学学报,2010,18(增):92-100.

[9] 修玉峰,陈英毅. 农作物秸秆的综合利用与农村循环经济[J]. 农机化研究,2006(10):31-33.

[10] 陈玉成,杨志敏,陈庆华,等. 基于压力—响应态势的重庆市农业面源污染的源解析[J]. 中国农业科学,2008,41(8):2362-2369.

[11] 金九春,李环,蔡宇,等. 松花江流域面源污染调查方法初探[J]. 东北水利水电,2004,239(22):54-60.

[12] 侯炳江. 黑龙江省面污染源调查与污染物估算[J]. 黑龙江水专学报,2009,36(1):74-78.

[13] 牟树森,青长乐. 环境土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,1993.

[14] 高凤杰,张柏,王宗明,等. 牡丹江市退耕还林对区域土壤侵蚀的影响研究[J]. 水土保持研究,2010,17(4):14-18.

[15] 彭文启,张祥伟. 现代水环境质量评价理论与方法[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

[16] 段华平,朱琳,孙勤芳,等. 农村环境污染控制区划方法与应用研究[J]. 农业工程学报,2010,30(3):426-432.

[17] 王秀娟,刘瑞民,何孟堂. 松辽流域非点源污染 TN 时空变化特征研究[J]. 水土保持研究,2009,16(4):192-196.