

广西九洲江流域限制生猪养殖的机会成本与环境效益分析*

王西琴 高佳[#] 陆俊肖

(中国人民大学农业与农村发展学院,北京 100872)

摘要 作为生态补偿试点之一,九洲江流域禁养、限制生猪养殖取得了一定的环境效益,但同时造成直接经济损失约1.49亿元。以满足水环境容量的养殖规模125.00万头为基准,设定维持现有养殖模式、转变养殖模式2种情景,计算限制生猪养殖的机会成本与环境效益。结果表明,与畜牧业发展规划的养殖规模260.00万头相比,机会成本约7.36亿~7.74亿元。转变养殖模式的环境效益优于维持现有养殖模式,污染物减排量分别为COD 26 995.54 t、氨氮 2 411.92 t、TP 2 107.80 t、TN 5 300.71 t,节水1 251.39万m³;在优选情景方案下,要求200头以上养殖户100%转变为高架网床养殖模式,机会成本约7.36亿元。

关键词 九洲江流域 生猪养殖 机会成本 环境效益

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2019.02.024

Opportunity costs and environmental benefits of pig breeding restriction in the Jiuzhoujiang basin of Guangxi WANG Xiqin,GAO Jia,LU Junxiao.(School of Agricultural Economics and Rural Development, Renmin University of China,Beijing 100872)

Abstract: The restriction of pig-breeding in the Jiuzhoujiang basin had obvious environmental benefits,while the direct economic losses reached 1.49×10^9 yuan.The opportunity costs and environmental benefits were predicted in the two scenarios,maintaining and transforming the existed breeding pattern at a breeding scale of 1.25 million pigs under the environmental capacity. The results showed that the opportunity costs would be 7.36×10^9 ~ 7.74×10^9 yuan comparing with the planned maximum breeding scale of 2.60 million. The environmental benefits of transforming breeding pattern were better than those of the existed breeding pattern,with COD, ammonia nitrogen, TP, TN emission reduction of 26 995.54,2 411.92,2 107.80 and 5 300.71 t respectively,water saving of $1.251\ 39 \times 10^7$ m³. In the optimal scenario,the opportunity costs would be 7.36×10^9 yuan if farmers whose breeding scale were over 200 pigs transformed to elevated-bed-breeding pattern.

Keywords: Jiuzhoujiang basin; pig breeding; opportunity costs; environmental benefits

我国近年畜禽养殖业发展迅速,畜禽粪污排放对水体、土壤造成的污染已经成为主要的流域水环境管理问题^[1-2]。流域各类畜禽养殖中生猪对水体污染最大,污染贡献率为56.19%^[3]。九洲江流域广西境内博白县和陆川县是生猪养殖大县,生猪养殖业是农民主要收入来源。随着生猪养殖规模扩大,其与水环境保护之间的矛盾日益加剧,2014年生猪养殖污染物排放量占九洲江流域污染物排放总量的50%(质量分数)以上,出境断面水质低于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类标准,影响到下游鹤地水库水质。为此,2015年九洲江环境综合治理被列为国家《生态文明体制改革总体方案》跨地区生态补偿3个试点之一。对九洲江流域禁养区、限养区的养殖户采取拆迁、升级改造等措施,

水质明显改善,但同时对养殖户的收入造成一定的影响。本研究通过分析限制生猪养殖的机会成本和环境效益,为该流域生态补偿政策中确定机会成本提供依据。

生态补偿中的机会成本是指为了保护生态环境,流域生态保护区政府和居民等所放弃的经济收入、发展机会^[4],是生态补偿中需要考虑的重要内容。由于受偿地区一般位于经济欠发达地区,为了降低对保护区经济发展和居民收入的影响,在满足生态环境要求的前提下,应优先选择机会成本小的生态保护方案。

确定机会成本的方法通常分为两类:一是从宏观角度采用人均国内生产总值(GDP)、人均收入等指标选取参照地区进行对照研究。余渊等^[5]通过比

第一作者:王西琴,女,1965年生,博士,教授,主要从事环境政策与资源管理研究。[#] 通讯作者。

* 国家水体污染控制与治理科技重大专项(N0.2018ZX07301007)。

较参照区 B 市与保护区 A 市 2009—2014 年人均第一、二产业增加值,得到川西 A 市农业和工业机会成本;林秀珠等^[6]采用闽江流域上游地区与相邻市区居民 2005—2014 年人均可支配收入差值,计算闽江流域因生态保护产生的机会成本。二是从微观角度计算保护区居民、企业、政府的收入损失。陈淑芳等^[7]研究了洞庭湖湿地退田还湖对农民收入的影响;李晓光等^[8]计算了海南中部山区生态公益林管护对农户收入的影响;李彩红等^[9]核算了大汶河流域水资源保护对企业、居民和政府收入的影响;李屹峰等^[10]计算了三江源自然保护区退牧还草对农户、企业、政府造成的收入损失。畜禽养殖产生的粪便、废水以及恶臭气体对流域的水体、土壤、大气等产生影响,流域畜禽养殖污染治理的环境效益也主要表现在上述几方面。武深树^[11]研究湖南洞庭湖区畜禽养殖粪便对环境的影响,主要分析了氮污染对耕地、水体、大气的环境成本;阎波杰等^[12]研究北京市大兴区规模化畜禽养殖的环境影响时,主要研究了对水环境、土壤等造成的污染。畜禽养殖污染治理的环境效益一般从水质改善和水量增加两方面进行衡量,水质改善可通过污染物减排、水质达标率等进行表征,水量增加可通过节水进行表征。本研究基于微观角度计算限制生猪养殖的机会成本,从污染物减排和节水角度分析九洲江流域的环境效益。

1 限制生猪养殖的环境效益

本研究中九洲江流域包括广西玉林市陆川县大桥镇、古城镇、温泉镇、乌石镇、滩面镇、沙坡镇、良田镇、横山镇等 8 个镇,博白县文地镇和宁潭镇 2 个镇,其中博白县有广西第一养猪大县的称号,陆川猪是我国特色优势猪种,两县多次被评为全国生猪养殖大县。2013 年流域生猪养殖规模 216.73 万头,产

值超过 90.00 亿元,占流域农业总产值的比重超过 50%,是重要支柱产业。同年,生猪养殖业 COD、氨氮、TN、TP 的排放量分别占流域排放总量的 63.50%、64.10%、69.70%、80.90%^[13],成为最主要的污染源,水质达标率为 37.50%,仅达到 GB 3838—2002 的Ⅳ类标准。2015 年生态补偿政策试点以来,该流域 2017 年生猪存栏量下降为 98.45 万头,较上年减少 29.47 万头,各镇存栏量和减少量存在差异,其中 7 个镇生猪存栏量减少,仅良田镇、古城镇和大桥镇存栏量有所增加。文地镇存栏量和减少量居首位,2017 年存栏量 29.40 万头,存栏量减少 15.62 万头,超过流域减少量的 50%。在生猪养殖数量减少的同时,九洲江水质好转,2015 年全年有 10 个月水质达到 GB 3838—2002 的Ⅲ类标准,2016 年水质达标率增加到 11 个月,2017 年 12 个月水质达标,但仍存在不稳定现象,对未来生态补偿政策提出挑战^[14-15]。

九洲江流域养殖模式包括传统养殖、过渡养殖和高架网床养殖 3 种,本研究从转变养殖模式和缩小养殖规模的角度,计算 COD、氨氮、TP 和 TN 等 4 种污染物减排量。计算方式如下:

$$Y_i = N_p \times Q_i \times 10^{-3} \times V_i \quad (1)$$

式中: Y_i 为污染物 i 减排量, t/a; N_p 为生猪年存栏变动数; Q_i 为每头生猪污染物 i 排放量, kg/a; V_i 为生猪污染物 i 排放率, %。其中生猪污染物排放率和排放量来源于《农业技术经济手册》(见表 1、表 2),生猪年存栏变动数采用限制养殖的减少量 29.47 万头。

根据生猪年节水量计算转变养殖模式和缩小养殖规模的节水效益,如下所示:

$$W = N_p \times Q \times 10^{-4} \quad (2)$$

式中: W 为节水量, 万 m^3/a ; Q 为每头生猪年节水量, m^3/a 。

表 1 不同养殖模式生猪污染物排放率
Table 1 The pollutant discharge rate of pig in different breeding models

养殖模式	COD		氨氮		TP		TN	
	粪	尿	粪	尿	粪	尿	粪	尿
传统养殖	93.00	93.00	24.75	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
过渡养殖	58.00	67.00	15.97	68.00	77.00	73.00	78.00	65.00
高架网床养殖	4.70	6.90	1.38	5.30	5.00	7.90	5.30	7.50

表 2 不同养殖模式每头生猪污染物排放量
Table 2 The pollutant discharge amount of per pig in different breeding models

养殖模式	COD	氨氮	TP	TN
传统养殖	24.75	1.97	1.62	4.28
过渡养殖	15.97	1.47	1.30	3.24
高架网床养殖	1.38	0.13	0.10	0.29

表3 九洲江流域限制生猪养殖的环境效益

Table 3 The environmental benefits of pig breeding restriction in the Jiuzhoujiang basin

项目	污染物减排量/t				节水量/万 m ³
	COD	氨氮	TP	TN	
陆川县	2 839.07	260.76	233.51	575.99	142.06
博白县	1 316.71	120.93	108.29	267.13	65.88
合计	4 155.78	381.69	341.80	843.12	207.94

表4 九洲江流域限制生猪养殖的直接经济损失

Table 4 The direct economic losses of pig breeding restriction in the Jiuzhoujiang basin

项目	养殖规模缩减量/万头				直接经济损失/亿元
	散养户传统养殖模式	散养户过渡养殖模式	规模户过渡养殖模式	合计	
陆川县	9.39	6.17	6.34	21.90	1.09
博白县	1.92	1.07	4.58	7.57	0.40
合计	11.31	7.24	10.92	29.47	1.49

表5 九洲江流域不同情景的养殖规模

Table 5 The breeding scale in the Jiuzhoujiang basin in different scenarios

项目	养殖规模/万头				合计
	散养户传统养殖模式	散养户过渡养殖模式	规模户过渡养殖模式	规模户高架网床养殖模式	
畜牧业规划	45.16	10.23	129.39	75.22	260.00
情景1	21.71	4.92	62.20	36.17	125.00
情景2	21.71	4.92	0	98.37	125.00

根据实地调研,九洲江流域传统养殖和过渡养殖模式每头生猪年用水 8.03 m³;养殖模式转变为高架网床养殖可节水 90.00%。节约的水资源不仅可供下游使用,还可增加水环境容量。九洲江流域优先对规模养殖户过渡养殖模式进行升级改造,已有28.48万头生猪的养殖模式由过渡养殖转变为高架网床养殖,占现有养殖规模的 28.93%。计算九洲江流域因禁养和限养而减少的污染物排放量,COD、氨氮、TP、TN 分别减排 4 155.78、381.69、341.80、843.12 t,节水 207.94 万 m³(见表3)。博白县文地镇已有 6.02 万头生猪转变养殖模式,转变规模最大,相应的污染物减排量和节水量位居第一,COD 减排 878.13 t,节水 43.94 万 m³;陆川县温泉镇仅 1.09 万头生猪转变养殖模式,转变规模最小,相应的污染物减排量和节水量最小,COD 减排 159.03 t,节水 7.96 万 m³。

2 限制生猪养殖的直接经济损失

根据 2017 年 8 月问卷调查数据,每头生猪的平均利润与养殖规模和养殖模式均有显著关系,其中养殖规模以 200 头为标准划分为散养和规模养殖,散养户的养殖模式有传统养殖、过渡养殖,规模户的养殖模式有过渡养殖、高架网床养殖等。散养中传统养殖平均利润为 450 元/头、过渡养殖 535 元/头,规模养殖中过渡养殖平均利润为 545 元/头、高架网床养殖 605 元/头。开展环境综合治理以来,生猪存栏量减少 29.47 万头。根据每头生猪平均利润与养

殖规模缩减量,计算得到限制生猪养殖的直接经济损失 1.49 亿元(见表4)。博白县文地镇直接经济损失居首位为 0.34 亿元,良田镇 0.24 亿元,古城镇和大桥镇均为 0.21 亿元,陆川县温泉镇直接经济损失最小(0.05 亿元)。

3 不同情景的机会成本与环境效益

根据九洲江流域畜牧业规划,2020 年九洲江流域生猪养殖规模将达到 260.00 万头。而根据水环境容量确定的生猪养殖承载量为 125.00 万头。为此,以上述养殖头数为依据,设计 2 种情景,分别计算其机会成本和环境效益。

情景1:养殖模式维持现状,养殖规模为满足水环境容量的 125.00 万头,比畜牧业规划减少 135.00 万头,每种养殖模式的养殖规模按比例减少约 52%。

情景2:规模户中过渡养殖模式 100%转变为高架网床养殖模式,散养户养殖模式不变,养殖规模为满足水环境容量的 125.00 万头,比畜牧业规划减少 135.00 万头,即散养户每种养殖模式的养殖规模按比例减少约 52%,规模户过渡养殖模式的养殖规模减少为 0 头,高架网床养殖模式的养殖规模增加为 98.37 万头(见表5)。

计算结果见表6、表7。情景1和情景2的机会成本分别为 7.74 亿、7.36 亿元,COD 减排量分别是 17 919.73、26 995.54 t,氨氮减排量 1 578.37、2 411.92 t,TP 减排量 1 361.33、2 107.80 t,TN 减排量 3 465.65、5 300.71 t,节水量 891.64 万、251.39 万 m³。

表6 情景1九洲江流域机会成本与环境效益

Table 6 The opportunity costs and environmental benefits in the Jiuzhoujiang basin in the first scenario

项目	散养户传统养殖模式	散养户过渡养殖模式	规模户过渡养殖模式	规模户高架网床养殖模式	合计
养殖规模/万头	21.71	4.92	62.20	36.17	125.00
机会成本/亿元	1.06	0.28	0.27	6.13	7.74
COD 减排量/t	5 803.75	847.98	10 728.99	539.01	17 919.73
氨氮减排量/t	461.95	78.06	987.58	50.78	1 578.37
TP 减排量/t	379.88	69.03	873.37	39.05	1 361.33
TN 减排量/t	1 003.63	172.04	2 176.71	113.27	3 465.65
节水量/万 m ³	188.30	42.63	539.47	31.24	801.64

表7 情景2九洲江流域机会成本与环境效益

Table 7 The opportunity costs and environmental benefits in the Jiuzhoujiang basin in the second scenario

项目	散养户传统养殖模式	散养户过渡养殖模式	规模户过渡养殖模式	规模户高架网床养殖模式	合计
养殖规模/万头	21.71	4.92	0	98.37	125.00
机会成本/亿元	1.06	0.28	3.66	2.36	7.36
COD 减排量/t	5 803.75	847.98	20 663.24	-319.43	26 995.54
氨氮减排量/t	461.95	78.06	1 902.00	-30.09	2 411.92
TP 减排量/t	379.88	69.03	1 682.04	-23.15	2 107.80
TN 减排量/t	1 003.63	172.04	4 192.17	-67.13	5 300.71
节水量/万 m ³	188.30	42.63	1 038.98	-18.52	1 251.39

表8 推荐方案下九洲江流域两县的机会成本与环境效益

Table 8 The opportunity costs and environmental benefits of 2 counties in the Jiuzhoujiang basin in the optimal scenario

项目	机会成本 /亿元	污染物减排量/t				节水量 /万 m ³
		COD	氨氮	TP	TN	
陆川县	4.83	17 503.20	1 563.26	1 364.28	3 435.77	810.49
博白县	2.53	9 492.34	848.66	743.52	1864.94	440.90
合计	7.36	26 995.54	2 411.92	2 107.80	5 300.71	1 251.39

比较2种情景,在养殖规模均满足水环境容量的前提下,情景2的机会成本比情景1低约0.38亿元,且污染物减排和节水效果优于情景1。可见,转变养殖模式能取得更好的环境效益,同时降低机会成本。在情景2的方案下,养殖规模为125.00万头,200头以上的规模户100%转变为高架网床养殖模式,机会成本为7.36亿元,COD、氨氮、TP、TN分别减排26 995.54、2 411.92、2 107.80、5 300.71 t,节水1 251.39万m³。其中陆川县和博白县机会成本分别为4.83亿、2.53亿元,COD分别减排17 503.20、9 492.34 t,节水810.49万、440.90万m³(见表8)。

九洲江流域10个镇的机会成本和环境效益也表现出空间差异。根据推荐方案,文地镇需减少养殖量居首位,为6.65万头,占减少总量的22.57%,机会成本最大,为2.18亿元,占流域总机会成本的29.62%;良田镇的机会成本次之,为1.12亿元;其余依次为大桥镇(0.99亿元)、古城镇(0.80亿元)、乌石镇(0.74亿元)、宁潭镇(0.35亿元)、沙坡镇(0.33亿元)、横山镇(0.32亿元)、滩面镇(0.30亿元)。

元)、温泉镇(0.23亿元)。

4 结论与展望

(1)九洲江流域生态补偿试点取得良好的环境效益,水质明显改善,由2013年水质仅达到GB 3838—2002的Ⅳ类标准,提高到2017年全年12个月水质达到GB 3838—2002的Ⅲ类标准。但同时,由于禁养、拆迁减少生猪约29.47万头,造成直接经济损失1.49亿元。

(2)以满足水环境容量养殖规模125.00万头为基准,分别设定维持现有养殖模式、200头以上养殖户100%转变为高架网床养殖模式2种情景,与畜牧业规划的养殖规模260.00万头相比,其机会成本约7.36亿~7.74亿元。转变养殖模式的环境效益优于维持现有养殖模式,且机会成本更低,为7.36亿元,推荐方案可为政府制定生态补偿政策时核算机会成本提供参考。

(3)九洲江流域10个镇现状养殖模式和养殖规模的区域差异特点,使得各镇的机会成本和环境效益呈现出明显的空间差异性。其中博白县文地镇

的机会成本最高(2.18亿元),陆川县温泉镇机会成本最小(0.23亿元)。在实施生态补偿政策时应优先考虑机会成本较大的地区,并在政策上给予倾斜,以取得更好的环境效益。

(4) 限制生猪养殖的环境效益不仅表现在对本区域环境效益的改善,以及污染物减排和节水效益等方面。实际上,环境效益还应包括对研究区空气、土壤污染程度的改善等,以及对下游水质的改善从而减少污水处理成本等。本研究重点考虑污染物减排和节水等方面的环境效益,因此,实际的环境效益比本研究计算的结果更高。在今后的研究中,上述诸多方面的环境效益均可作为考虑的内容,以使得研究不断深入和完善。

参考文献:

- [1] 李茹茹,靖新艳.浅析畜禽养殖业污染现状及减排对策[J].中国人口·资源与环境,2014,24(5):250-252.
- [2] 刘桂中,孙长虹,李欣欣,等.北运河流域(北京段)畜禽养殖污染现状及防治对策研究[J].环境科学与管理,2015,40(9):94-97.
- [3] 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.
- [4] 李晓光,苗鸿,郑华,等.生态补偿标准确定的主要方法及其应用[J].生态学报,2009,29(8):4431-4440.
- [5] 余渊,姚建,管晓辉.基于成本核算方法的流域生态补偿研究[J].环境污染与防治,2017,39(5):559-562.
- [6] 林秀珠,李小斌,李家兵,等.基于机会成本和生态系统服务价值的闽江流域生态补偿标准研究[J].水土保持研究,2017,24(2):314-319.
- [7] 陈淑芳,彭莹莹.基于机会成本的洞庭湖湿地退田还湖生态补偿标准[J].怀化学院学报,2015,34(11):90-93.
- [8] 李晓光,苗鸿,郑华,等.机会成本法在确定生态补偿标准中的应用——以海南中部山区为例[J].生态学报,2009,29(9):4875-4883.
- [9] 李彩虹,葛颜祥.可持续发展背景的水源地生态补偿机会成本核算[J].改革,2013(11):106-112.
- [10] 李屹峰,罗玉珠,郑华,等.青海省三江源自然保护区生态移民补偿标准[J].生态学报,2013,33(3):764-770.
- [11] 武深树.湖南省畜禽养殖场粪便污染治理意愿及其环境成本控制研究[D].长沙:湖南农业大学,2010.
- [12] 阎波杰,赵春江,潘瑜春,等.规模化养殖畜禽粪便量估算及环境影响研究[J].中国环境科学,2009,29(7):733-737.
- [13] 孙翔,朱熹,蒙莹,等.养殖污染主控流域跨区域水环境资源生态补偿机制研究——以九洲江为例[J].环境保护,2017,45(23):70-73.
- [14] 昌苗苗,陈洋.九洲江流域生态补偿试点实践进展[J].环境保护,2017,45(7):28-30.

- [15] 余锋,唐杰.九洲江生态补偿试点任务顺利完成[N].广西日报,2018-02-23(15).

编辑:胡翠娟 (收稿日期:2018-05-13)

(上接第235页)

3 结论

(1) “表流-潜流”组合人工湿地模式,出水中COD、TN、TP、氨氮分别为39.10、1.52、0.25、0.61 mg/L,均达到GB 18918—2002一级A标准,实现了设计目标。

(2) 表流单元的狐尾藻和香菇草生物量远高于潜流单元的挺水植物,但其最大根长却远小于潜流单元的植物,挺水植物再力花株高明显高于其他植物。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [2] 刘霄,唐婷芳子,黄岁樑,等.4种湿地植物的生长特性和污水净化效果研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2013,28(3):392-399.
- [3] 刘锐.表面流人工湿地和强化生态塘组合工艺净化市区河水研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.
- [4] 石雷,杨璇.人工湿地植物量及其对净化效果影响的研究[J].生态环境学报,2010,19(1):28-33.
- [5] 蒋跃平,葛滢,岳春雷,等.人工湿地植物对观赏水中氮磷去除的贡献[J].生态学报,2004,24(8):1718-1723.
- [6] 刘树元,阎百兴,王莉霞.潜流人工湿地中植物对氮磷净化的影响[J].生态学报,2011,31(6):1538-1546.
- [7] 吴晓.绿狐尾藻人工湿地对养殖废水除磷效应的研究[D].武汉:华中农业大学,2017.
- [8] 蔡明凯,张智,焦世珺.AF—人工湿地—生态塘工艺处理养殖废水[J].给水排水,2010,36(2):66-70.
- [9] 李旭霞,荣湘民,谢桂先,等.不同水生植物吸收地表水中氮磷能力差异及其机理[J].水土保持学报,2018,32(1):259-263.
- [10] 廖新伟,骆世明.人工湿地对猪场废水有机物处理效果的研究[J].应用生态学报,2002,13(1):113-117.
- [11] 王庆海,段留生,武菊英,等.北京地区人工湿地植物活力及污染物去除能力[J].应用生态学报,2008,19(5):1131-1137.
- [12] MANTOVI P, MARMIROLI M, MAESTRI E, et al. Application of a horizontal subsurface flow constructed wetland on treatment of dairy parlor wastewater[J]. Bioresource Technology, 2003, 88(2): 85-94.

编辑:黄菁 (收稿日期:2018-06-06)