

鄱阳湖生态经济区畜禽养殖土壤 环境承载力及污染风险研究

潘丹

(江西财经大学 鄱阳湖生态经济研究院, 江西 南昌 330013)

摘要: [目的] 测算和评价鄱阳湖生态经济区畜禽养殖过程中的土壤环境承载力及其污染风险, 为合理规划鄱阳湖生态经济区畜禽养殖空间布局、实现可持续养殖提供参考。[方法] 利用 2000—2012 年鄱阳湖生态经济区 24 个县(市)的统计数据进行土壤环境承载力及畜禽污染物排放量的测算和评估。[结果] 2000—2012 年鄱阳湖生态经济区畜禽粪便耕地负荷警报值在 0.7 左右, 总氮耕地负载警报值为 0.5~0.6, 总磷耕地负载警报值超过了 1, 畜禽养殖对环境造成了污染威胁。畜禽养殖污染风险较高的地区为高安市、东乡县、余江县、德安县以及南昌县。[结论] 污染风险较高的地区应强制实行畜禽养殖总量控制和污染物消减措施, 而湖口县、都昌县和彭泽县畜禽污染风险较低, 可以适当扩大养殖规模。

关键词: 畜禽养殖; 警报值; 环境承载力; 污染风险; 鄱阳湖生态经济区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)02-0254-06

中图分类号: X508

文献参数: 潘丹. 鄱阳湖生态经济区畜禽养殖土壤环境承载力及污染风险研究[J]. 水土保持通报, 2016, 36(2): 254-259. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.02.048

Environment Carrying Capacity and Pollution Risk of Livestock Breeding in Ecological Economic Zone of Poyang Lake

PAN Dan

(Institute of Poyang Lake Eco-economics, Jiangxi University of Finance & Economics, Nanchang, Jiangxi 330013, China)

Abstract: [Objective] The paper aimed to measure and evaluate the environmental carrying capacity and pollution risk of livestock breeding in ecological economic zone of Poyang Lake in order to provide reference for rational planning and sustainable development of livestock breeding in ecological economic zone the Poyang Lake. [Methods] The environment carrying capacity and pollution risk of livestock breeding in 24 counties (cities) of the ecological economic zone were assessed based on the numbers of various livestock in the ecological economic zone in 2000—2012. [Results] The alarming value of animal manure was about 0.7, the alarming value measured by nitrogen was between 0.5 and 0.6, and the alarming value measured by phosphorus exceeded 1, indicating livestock breeding has caused environmental pollutions. Areas with higher pollution risks from the release of nitrogen and phosphorous were Gaoan City, Dongxiang County, Yujiang County, Dean County and Nanchang County. [Conclusions] The breeding of livestock in higher pollution risk areas should be controlled, but in other areas such as Hukou County, Duchang County and Pengze County, the pollution risks were low and the breeding scale still has room to develop.

Keywords: animal breeding; alarming value; environmental carrying capacity; pollution risk; ecological economic zone of Poyang Lake

随着工业化、城镇化、农业现代化进程的不断推进以及人们食品消费结构的转型,我国的畜禽养殖业

正快速发展^[1]。然而,与此同时,日趋严峻的畜禽养殖污染形势也为学界所广泛热议。根据第一次全国

收稿日期: 2015-03-04

修回日期: 2015-05-06

资助项目: 国家自然科学基金项目“大湖地区畜禽养殖污染形成机理及管控政策研究: 以鄱阳湖生态经济区为例”(71303099); 江西省教育科学“十二五”规划研究项目(一般 30); 江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ13291); 江西省社会科学“十二五”规划项目(13YJ50); 江西省普通高校科技落地计划科学前沿项目(KJLD12065)

第一作者: 潘丹(1986—), 女(汉族), 江西省宜春市人, 博士, 讲师, 主要从事农村资源与环境方面的研究。E-mail: blessingpanda@163.com.

污染源普查动态更新数据显示,2010 年中国畜禽养殖业主要水污染物排放量中 COD, NH₃-N 排放量分别为当年工业源排放量的 3.23 和 2.30 倍;分别占全国污染物排放总量的 45% 和 25%, 畜禽养殖业已成为我国环境污染的重要来源^[2]。畜禽粪尿等污染物的特点决定了其无法进行大范围、跨地区的移动,在当前经济可行的技术条件下,由土地消纳仍是较为经济可行的畜禽污染物处理手段^[3-5]。然而,在一定时间内,单位耕地面积对畜禽污染物的吸收能力有限,区域畜禽养殖业的发展应该符合该地区的土壤环境承载能力,其饲养密度应不超过该地区耕地的最大承载能力^[6]。《全国畜禽养殖污染防治“十二五”规划》明确指出各地区应该根据土地条件以及环境承载能力等实际情况,合理确定载畜量。在国际上,美国、日本、欧盟等许多国家也制定了类似的政策,规定农场必须根据自身的耕地面积决定饲养量^[2,7]。例如,德国规定凡是在供应水源保护区域,每 1 hm² 土地上家畜的最大允许饲养量不得超过规定数量^[8]。因此,对区域畜禽养殖土壤环境承载力及其污染风险的科学判断是合理调整区域畜牧业布局,实现畜禽养殖可持续发展的前提和基础。基于此,本研究以中国第一个生态经济区——鄱阳湖生态经济区为研究案例地区,测算畜禽养殖过程中的土壤环境承载力及其污染风险,以期实现土壤环境承载力的可控和生态环境的平衡,为合理规划鄱阳湖生态经济区畜禽饲养密度与空间布局、实现可持续养殖提供一定的指导与参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

鄱阳湖生态经济区位于江西省北部,涉及南昌、鹰潭、景德镇、九江、新余、宜春、抚州、上饶、吉安等 9 个地级市的部分或全部共 38 个县(市、区),含鄱阳湖湖体在内,面积约 5.12×10^4 km², 约占江西省国土面积的 30%, 人口占江西省 50%, 经济总量占江西省 60%。

2009 年 12 月 12 日国务院批准实施《鄱阳湖生态经济区规划》,鄱阳湖生态经济区建设上升为国家战略,成为我国生态环境保护的典型示范区域。鄱阳湖生态经济区是中国重要的生态功能保护区之一,也是世界自然基金会划定的全球重要生态区之一。近年来,随着区域经济社会的快速发展和各类资源开发强度的加大,鄱阳湖生态经济区土壤污染问题日趋严重,土地资源的可持续利用面临诸多压力。畜禽养殖过程中由于畜禽粪便还田不当导致的养分过剩和重金属等有害污染物累积,从而对土壤造成污染。鄱阳

湖生态经济区畜禽养殖污染的控制不仅直接影响到中国长江中下游乃至全国的用水安全、粮食安全和生态安全,更关系到我国在国际社会中的形象。科学测定鄱阳湖生态经济区畜禽养殖的土壤环境承载力及其污染风险,提高畜禽养殖与环境承载之间的适应性,是鄱阳湖生态经济区畜禽养殖可持续发展的必然选择。

1.2 数据来源

本研究核算的畜禽种类为牛、猪、羊、家禽 4 类。由于鄱阳湖生态经济区的 13 个设区市区畜禽养殖业比重较小,且数据难以获取,所以本研究选取非市区类县域作为研究单元,共包括 24 个县(市),即南昌县、新建县、安义县、进贤县、九江县、武宁县、永修县、德安县、星子县、都昌县、湖口县、彭泽县、瑞昌市、余江县、贵溪市、新干县、丰城市、樟树市、高安市、东乡县、余干县、鄱阳县、万年县和景德镇市,研究时段为 2000—2012 年。各县(市)畜禽养殖数量和耕地面积等数据资料来源于南昌、景德镇、鹰潭、九江、新余、抚州、宜春、上饶和吉安各市统计年鉴,并在软件 ArcGIS 10.1 平台上建立了畜禽养殖污染的数据库。

1.3 计算方法

1.3.1 畜禽养殖土壤环境承载力测算 畜禽养殖对土壤的污染主要表现为畜禽粪便还田不当导致的养分过剩和重金属等有害污染物累积。畜禽粪便所含氮化合物容易被氧化成硝酸盐或厌氧分解成亚硝酸盐,各类重金属元素如铜、锌和砷等会滞留在土壤中,引起土壤组成和性状发生改变,破坏土壤原有的基本功能,影响作物产量和品质^[9]。参照陈瑶^[10]和孟祥海^[11]等的研究,以单位耕地面积畜禽污染物(粪便、总氮、总磷)负荷和警报值作为畜禽养殖土壤环境承载力的表征指标。采用年排污量方法来估算鄱阳湖生态经济区畜禽养殖污染物排放量,计算公式为:年排污量=个体畜禽每年产生污染量×畜禽年末存栏/出栏量,各畜禽的粪尿排放量及其污染物含量系数详见表 1^[12]。

表 1 畜禽粪尿排泄量及其污染物含量 kg/(头·a)

种类	粪	尿	总氮(TN)	总磷(TP)
牛	7 300	3 650	10.07	61.10
猪	398	657	1.70	4.51
羊	950	—	0.45	2.28
家禽	26	—	0.12	0.28

不同种类的畜禽粪便肥效养分差异较大,其农田消纳量也有较大差异。国家环保部生态司建议,由于农户对猪粪的农田施用量较容易掌握,故宜将畜禽粪

便换算成猪粪当量。各类畜禽粪便猪粪当量换算系数详见表 2。

表 2 各类畜禽粪便猪粪当量换算系数

排泄物种类	牛粪	牛尿	猪粪	猪尿	羊粪	家禽粪
氮含量/%	0.45	0.80	0.65	0.33	0.80	1.37
猪粪当量换算系数	0.69	1.23	1.00	0.57	1.23	2.10

以单位耕地面积畜禽污染物(粪便、总氮、总磷)负荷来表征畜禽土壤环境承载力,其计算公式为:单位耕地面积畜禽污染物负荷=各类畜禽单位猪年污

染物(粪便、总氮、总磷)排放总量/耕地面积,采用单位耕地面积畜禽污染物负荷除以耕地理论最大适宜污染物承载量,其比值即为区域畜禽污染物负荷量承受程度的警报值,它与环境承受程度呈反比,即随着数值的增大,环境对畜禽粪便负荷量承受能力逐渐降低,畜禽养殖对环境造成的污染威胁性越大(表 3)。以欧盟农业政策中规定的粪肥年施氮量 170 kg/hm^2 和粪肥年施磷量 35 kg/hm^2 作为土地总氮和总磷承载力的标准^[13],以每 1 hm^2 耕地能够负担的畜禽粪便为 30 t/hm^2 作为土地粪便承载力标准^[14]。

表 3 畜禽污染物负荷警报值分级

警报值	<0.4	0.4~0.7	0.7~1.0	1.0~1.5	1.5~2.5	>2.5
分级级数	1	2	3	4	5	6
对环境的威胁性	无	稍有	有	较严重	严重	很严重

注:数据来源上海市农业科学研究所 1994 年《家畜粪便土地负荷分级标准研究》。

1.3.2 畜禽养殖污染风险测度 依据朱建春^[15]和耿维^[16]的研究,以实际畜禽养殖总量与 50% 畜禽养殖环境容量比值作为畜禽养殖污染风险的测度指标。其中,畜禽养殖环境容量和畜禽养殖实际数量的测算公式分别为:

$$EC = \frac{LC}{r}; RC = \sum_{i=1}^n TN(P)_i / r$$

式中:EC——畜禽养殖的环境容量; r ——单位猪年粪便总氮(磷)排放量;LC——耕地理论环境容量,是耕地面积与农田理论总氮(磷)标准的乘积;RC——畜禽养殖实际数量; $TN(P)_i$ ——第 i 种畜禽粪便年总氮(磷)排放量。

由于中国养殖业与种植业总体脱离,直接从事农业的劳动力缺乏和畜禽粪便难以长途运输等问题,化肥在大部分地区农田中占主导地位。因此,在评估耕地对畜禽粪便的氮磷环境容量时应考虑化肥施用的影响,本文假定氮磷养分全部来自畜禽粪便和 50% 来自畜禽粪便,估算各地区畜禽养殖环境容量。以实际畜禽养殖总量与 50% 环境容量比值作为风险指数,对氮磷污染风险进行评估^[16]。

2 结果与分析

2.1 畜禽养殖土壤环境承载力测算结果分析

测算得到 2000—2012 年鄱阳湖生态经济区畜禽养殖土壤环境承载力情况(表 4)。表 4 数据显示,2000—2012 年鄱阳湖生态经济区畜禽粪便耕地负荷处于 21 t/hm^2 左右,警报值处于 0.7 左右,表明畜禽粪便已经开始对环境产生污染威胁;畜禽总氮耕地负荷警报值取值分布区间为 0.5~0.6,表明畜禽总氮对

环境污染的威胁较小;而以总磷测算的耕地负载警报值均超过了 1,说明畜禽的磷养分已经超过了耕地承载负荷,对环境造成了较严重的污染威胁。由此可见,鄱阳湖生态经济区耕地对畜禽养殖负荷已经超载,故在制定畜禽养殖业发展规划时,应适当控制总量、提高养殖水平,提倡生态养殖、强化畜禽粪便污水污染的治理,避免造成环境污染负担过重而影响畜牧业可持续发展。同时,数据也表明,2009 年以来,鄱阳湖生态经济区畜禽养殖耕地负荷及警报值逐渐下降。可能的原因在于:一方面,2009 年 12 月 12 日国务院批准实施《鄱阳湖生态经济区规划》,《鄱阳湖生态经济区规划》中明确提出了要“加强农业面源污染防治,大力发展高产、优质、高效、生态、安全的现代农业”,并制定了各地区生态环境保护的约束性目标,从而使得畜禽养殖污染对环境的威胁下降;另一方面,2009 年以来,鄱阳湖生态经济区有效耕地面积增加,且增加幅度高于同期畜禽养殖数量的增长率,从而导致畜禽养殖的耕地负荷及警报值下降。

图 1 分别显示了 2012 年鄱阳湖生态经济区 24 个县(市)畜禽粪便负荷警报值分级、畜禽总氮负荷警报值分级以及畜禽总磷负荷警报值分级情况,由图 1 可以看出:(1) 2012 年鄱阳湖生态经济区畜禽粪便负荷警报值为 0.146~1.626,除余干县、星子县、永修县、九江县、都昌县、湖口县以及彭泽县外,其他地区均处于污染风险级别。畜禽粪便对当地环境“有严重影响”的地区是高安市,警报值达到 1.626;对当地环境“有较严重影响”的地区是东乡县和余江县,警报值分别为 1.459 和 1.248。(2) 畜禽总氮负荷警报值 0.128~1.356,高安市、东乡县和余江县总氮负荷警

报值分别为 1.356, 1.218 和 1.082, 影响级别达到 4 级, 对环境构成了较严重的污染威胁; 丰城市、贵溪市、南昌县、樟树市、进贤县、德安县、万年县、安义县、武宁县、新干县、新建县以及鄱阳县警报值处于 0.4~0.7 之间, 对环境构成了 2 级威胁; 其他地区警报值 < 0.4, 对环境暂未构成威胁; (3) 畜禽总磷负荷警报值 0.301~2.951, 除彭泽县外, 其他地区均处于警报

级别。畜禽总磷对当地环境“有很严重影响”的地区是高安市、东乡县和余江县, 警报值分别为 2.951, 2.655, 2.490; 对当地环境“有严重影响”的地区是德安县、南昌县、进贤县、贵溪市、丰城市和樟树市; 对当地环境“有较严重影响”的地区是万年县、安义县、武宁县、新干县和新建县; 鄱阳县、瑞昌市、余干县、景德镇以及星子县对当地环境“稍有影响”。

表 4 鄱阳湖生态经济区 2000—2012 年畜禽养殖环境承载力

kg/hm²

年份	粪便		氮		磷	
	耕地负荷	警报值	耕地负荷	警报值	耕地负荷	警报值
2000	19.212	0.640	95.273	0.560	39.252	1.121
2001	20.542	0.685	98.052	0.577	41.696	1.191
2002	21.070	0.702	99.963	0.588	43.773	1.251
2003	21.524	0.717	100.846	0.593	45.820	1.309
2004	22.402	0.747	102.502	0.603	47.706	1.363
2005	22.392	0.746	101.644	0.598	46.443	1.327
2006	22.219	0.741	102.922	0.605	49.880	1.425
2007	23.054	0.768	103.170	0.607	50.525	1.444
2008	23.577	0.786	103.247	0.607	51.241	1.464
2009	22.978	0.766	102.332	0.602	50.558	1.445
2010	22.687	0.756	99.207	0.584	48.911	1.397
2011	21.322	0.711	96.054	0.565	47.097	1.346
2012	21.784	0.726	97.374	0.573	46.231	1.321

比较上述结论可以发现, 各县(市)总磷负荷警报值均远高于总氮负荷警报值, 说明畜禽养殖总磷污染风险远高于总氮污染风险。这主要是因为各种畜禽粪便总磷含量均高于总氮含量, 表 1 的数据显示牛、猪、羊和家禽畜禽粪便中总磷含量分别是总氮含量的 6.07, 2.65, 5.07, 2.39 倍。因此, 在畜禽养殖环境风险评估时, 不仅需要考虑总氮风险, 还必须考虑诸如总磷等污染指标, 否则将会降低污染警报值的敏感度。分

析还发现, 鄱阳湖生态经济区滨湖控制开发带(南昌县、进贤县、永修县、德安县、星子县、都昌县、湖口县、鄱阳县、东乡县以及余干县)的畜禽污染物负荷警报值低于其他县(市)。《鄱阳湖生态经济区规划》中将滨湖控制开发带的功能确定为“构建生态屏障, 严格控制开发”, 限制施肥量大的农业生产活动, 严禁施用高毒、高残留农药, 防治农业面源污染是该功能区的基本要求, 因此, 滨湖控制开发带的畜禽养殖污染更小。

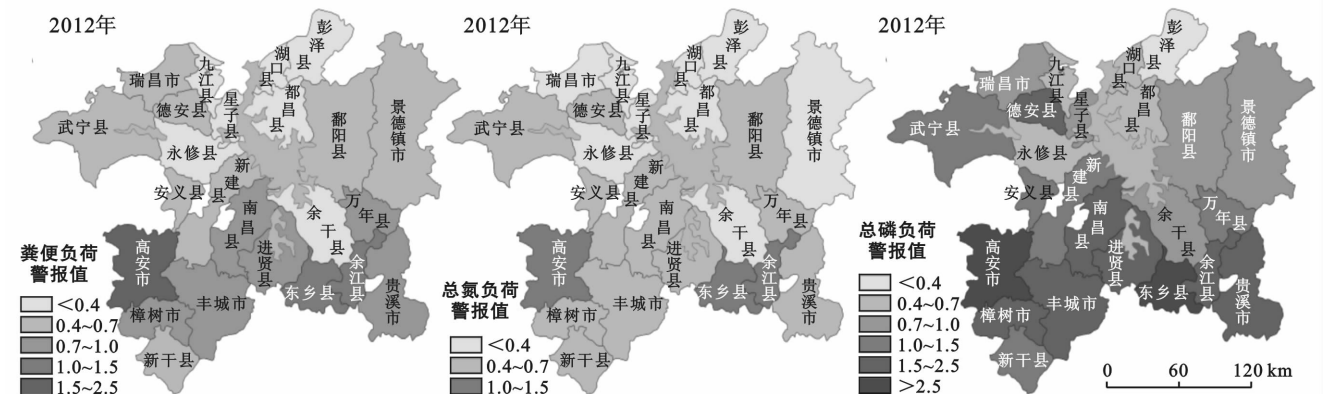


图 1 鄱阳湖生态经济区 2012 年 24 个县(市)畜禽污染警报值

2.2 畜禽养殖污染风险测算结果分析

利用耕地面积及对氮磷的承载力和单位猪的总氮磷排放量, 将其他畜禽折算成猪当量, 得出 2012 年鄱阳湖生态经济区 24 个县(市)畜禽养殖环境容量、

实际养殖总量以及污染风险系数, 结果详见表 5。从表 5 可以发现, 除湖口县、都昌县以及彭泽县等少数地区外, 大部分地区的畜禽实际养殖数量超过了当地 50% 环境容量, 鄱阳湖生态经济区畜禽养殖污染风险

已经不可忽视。以总氮为基准,2012年鄱阳湖生态经济区实际畜禽养殖总量为5 955.84万头猪当量,是畜禽养殖环境容量的1.15倍。高安市、东乡县和余江县的污染风险指数在2以上,畜禽污染风险最高。高安市是全国畜牧业百强县(市)和江西省畜牧业10强县(市),2012年高安市畜禽养殖当量猪数量为383.29万头,每1 hm²土地承载畜禽数量达到了66.86头/hm²,均居鄱阳湖生态经济区第一。缺乏足够的耕地吸收大规模畜禽养殖所产生的废弃物,种植业和养殖业脱节,使得高安市的畜禽养殖污染风险较高。2014年12月,媒体报道江西高安大量病死猪流入市场,高安市畜禽养殖污染治理迫在眉睫。2012年东乡县和余江县畜禽养殖当量猪数量分别为158.98和172.99万头,为鄱阳湖生态经济区的第9位和第7

位,但这两个地区每1 hm²土地承载畜禽数量较高,分别为57.08和47.93头/hm²,位列鄱阳湖生态经济区第2和第3。较高的土地承载畜禽数量加剧了东乡县和余江县畜禽养殖污染风险;丰城市、贵溪市、南昌县、樟树市、进贤县、德安县、万年县、安义县、武宁县以及新干县污染风险指数位于1,2,属于环境污染风险较高等级;其他地区污染风险指数小于1,畜禽污染风险较低,但仍有局部农地点源污染的风险。以总磷为基准,2012年鄱阳湖生态经济区实际畜禽养殖总量为1 065.88万头猪当量,是畜禽养殖环境容量的2.64倍。污染风险指数最高的5个地区分别为高安市、东乡县、余江县、德安县以及南昌县,污染风险指数在3以上,亟需强制实施总量控制措施并强化畜禽粪便综合利用。

表 5 2012 年鄱阳湖生态经济区各地区畜禽养殖污染风险情况

地区	环境容量(万头猪当量)		实际养殖容量(万头猪当量)		污染风险指数	
	以 N 计	以 P 计	以 N 计	以 P 计	以 N 计	以 P 计
南昌县	391.38	30.37	531.24	102.26	1.36	3.37
新建县	384.30	29.82	360.30	63.80	0.94	2.14
安义县	124.97	9.70	133.26	23.95	1.07	2.47
进贤县	378.80	29.40	505.39	95.48	1.33	3.25
九江县	87.58	6.80	39.17	7.33	0.45	1.08
武宁县	92.22	7.16	98.29	17.24	1.07	2.41
永修县	154.98	12.03	76.02	13.70	0.49	1.14
德安县	44.57	3.46	57.82	11.94	1.30	3.45
星子县	55.41	4.30	36.83	6.77	0.66	1.57
都昌县	219.17	17.01	76.82	13.67	0.35	0.80
湖口县	79.75	6.19	27.25	5.03	0.34	0.81
彭泽县	165.32	12.83	42.42	7.72	0.26	0.60
瑞昌市	85.66	6.65	67.50	11.92	0.79	1.79
余江县	180.45	14.00	390.61	69.73	2.16	4.98
贵溪市	167.74	13.02	227.95	41.77	1.36	3.21
新干县	171.56	13.31	180.87	30.40	1.05	2.28
丰城市	414.81	32.19	572.03	102.82	1.38	3.19
樟树市	289.13	22.44	390.05	69.27	1.35	3.09
高安市	286.63	22.24	777.31	131.28	2.71	5.90
东乡县	139.26	10.81	339.26	57.39	2.44	5.31
余干县	280.14	21.74	191.31	35.31	0.68	1.62
鄱阳县	491.24	38.12	410.81	73.01	0.84	1.92
万年县	111.17	8.63	140.62	23.59	1.26	2.73
景德镇	402.80	31.26	282.70	50.51	0.70	1.62

3 结果讨论

3.1 养殖规模对畜禽养殖土壤环境承载力和污染风险的影响

不同规模畜禽养殖造成的环境污染程度不同。小规模的家庭散养模式下,农户可以将畜禽饲养与种植业结合起来,实现种养结合,周边有足够的土地来消纳畜禽养殖污染物,畜禽养殖污染风险并不严重;

大规模的畜禽养殖场由于环保管制、农业补贴等因素,有合理的场区规划设计、明确的资源化途径以及配套的污染治理设施,规模效益较为显著,畜禽养殖污染风险也可以得到控制;中等规模的养殖场,周边既没有足够的土地来消纳畜禽养殖污染物,也缺乏资金进行污染处理设施投资。许多中等规模养殖场为了避开环境管制,虚报养殖规模,几乎没有配备污染治理设施;或者在政府补贴下,尽管配备了污染治理

设施,但为节约成本,设施没有正常运行、形同虚设^[9]。由于畜禽养殖规模在地区间的不均匀分布,因此应警惕中等规模养殖场分布较多的地区,对这些污染风险较大的地区实施总量控制和污染消减措施。

3.2 养殖户污染处理行为对畜禽养殖土壤环境承载力和污染风险的影响

养殖户是畜禽污染处理的实施主体和最基本的微观决策单位,采取相应政策鼓励养殖户自愿或通过政府激励措施推动养殖户进行畜禽污染无害化处理是减少畜禽养殖污染风险的关键途径。养殖户畜禽污染处理行为的引导政策可分为两类:①心理战略,如提供信息、教育和设立榜样等。它们旨在改变个人的认知、知识、动机和规范,其假设是个体心理的变革会带来畜禽污染处理行为的相应变化;②情景战略,如改变基础设施(如沼气池建设补贴)、提供畜禽污染治理技术或服务、改变产品定价(如有机肥补贴)等,旨在改变决策制定的情境,从而使畜禽污染处理行为更有吸引力^[17]。不同政策的实施成本和收益不尽一致,如何设计出符合养殖户需求偏好同时政策实施成本最小化的畜禽养殖污染最佳治理政策方案是降低畜禽养殖污染风险的重要着力点。

4 结论

(1) 2000—2012年鄱阳湖生态经济区畜禽粪便耕地负荷警报值在0.7左右,畜禽粪便已经开始对环境产生污染威胁;以总氮测算的耕地负载警报值为0.5~0.6,对环境污染的威胁较小;而以总磷测算的耕地负载警报值均超过了1,对环境造成了较严重的污染威胁。高安市、东乡县和余江县畜禽养殖环境污染较为严重。

(2) 除湖口县、都昌县以及彭泽县等少数地区外,鄱阳湖生态经济区大部分地区的畜禽实际养殖数量超过了当地50%环境容量。高安市、东乡县、余江县、德安县以及南昌县农地氮磷污染风险较高,对这些地区应强制实行总量控制和污染物消减措施,鼓励在规模化养殖场周围建立沼气工程,同时配套一定面积的耕地或果园确保畜禽粪便还田;湖口县、都昌县和彭泽县农地污染风险最低,这些地区还可以适当地增加养殖数量,同时要加大对畜禽粪便的资源化利用步伐,防止环境污染;其他县(市)的畜禽养殖超过或接近50%环境容量,农地氮磷污染风险整体不高,但局部地区农地容易存在点源污染问题,因此应加强对点源的总量控制和污染物消减。

(3) 畜禽养殖土壤环境承载力和污染风险的评价还需要考虑到畜禽养殖规模以及养殖户畜禽污染

处理行为。然而,由于缺乏鄱阳湖生态经济区各县(市、区)畜禽养殖规模分布以及养殖户畜禽污染处理行为的相关数据,本研究仅从理论上探讨了上述两个因素对畜禽养殖土壤环境承载力和污染风险的影响,没有进行实证数据分析,这方面有待进一步收集相关数据开展更深入的研究。

[参 考 文 献]

- [1] 黄宗智. 中国的隐性农业革命[M]. 北京:法律出版社, 2010.
- [2] 孟祥海,张俊彪,李鹏,等. 畜牧业环境污染形势与环境治理政策综述[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(1):1-8.
- [3] 宋大平,庄大方,陈巍. 安徽省畜禽粪便污染耕地、水体现状及其风险评价[J]. 环境科学, 2012, 33(1):110-116.
- [4] 胡浩,郭利京. 农区畜牧业发展的环境制约及评价:基于江苏省的实证分析[J]. 农业技术经济, 2011, 22(6):36-42.
- [5] 王奇,陈海丹,王会. 基于土地氮磷承载力的区域畜禽养殖总量控制研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3):279-284.
- [6] Tamminga S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production [J]. *Livestock Production Science*, 2003, 84(2):101-111.
- [7] 韩冬梅,金书琴,沈贵银,等. 畜禽养殖污染防治的国际经验与借鉴[J]. 世界农业, 2013, 409(5):8-12.
- [8] 嘉慧. 发达国家养殖污染的防治对策[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2008, 45(1):85-86.
- [9] 王俊能,许振成,杨剑. 我国畜牧业的规模发展模式研究:从环保的角度[J]. 农业经济问题, 2012, 25(8):13-18.
- [10] 陈瑶,王树进. 我国畜禽集约化养殖环境压力及国外环境治理的启示[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(6):862-868.
- [11] 孟祥海,张俊彪,李鹏. 中国畜牧业资源环境承载压力时空特征分析[J]. 农业现代化研究, 2012, 33(5):556-560.
- [12] 国家环境保护总局,自然生态保护司. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [13] Oenema O, van Liere L, Plette S, et al. Environmental effects of manure policy options in the Netherlands [J]. *Water Science & Technology*, 2004, 49(3):101-108.
- [14] 王方浩,马文奇,窦争霞,等. 中国畜禽粪便产生量估算及环境效应[J]. 中国环境科学, 2006, 26(5):614-617.
- [15] 朱建春,张增强,樊志民,等. 中国畜禽粪便的能源潜力与氮磷耕地负荷及总量控制[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(3):435-445.
- [16] 耿维,胡林,崔建宇,等. 中国区域畜禽粪便能源潜力及总量控制研究[J]. 农业工程学报, 2013, 29(1):171-179.
- [17] Steg L, Vlek C. Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2009, 29(3):309-317.