

基于分区视角的畜禽养殖粪便农田负荷量 估算及预警分析

姚 升, 王光宇

(安徽省农业科学院 农业经济与信息研究所, 安徽 合肥 230031)



摘 要 选取中国大陆 31 个省的畜禽养殖数据, 分析了中国畜禽养殖的粪便产生量及耕地负荷量。研究发现, 中国畜禽养殖粪便产生量在 2008—2013 年期间表现出较快的增长速度, 不同畜牧优势区内部呈现出一定的差异性; 畜禽养殖过程中产生大量粪便的同时, 也产生了大量的污染物; 畜禽粪便对环境污染的威胁表现出明显的增加趋势, 大部分地区的预警级别达到了 II 级, 超出了耕地对畜禽粪便量的负荷范围, 造成了环境污染。据此从完善畜禽养殖污染排放标准、推进畜禽养殖业污染立法工作的进一步完善、加强畜禽养殖场对畜禽粪便的处理能力等方面提出相关政策建议。

关键词 畜禽粪便; 农田负荷量; 环境污染; 预警

中图分类号: X 713 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2016)01-0072-13

DOI 编码: 10.13300/j.cnki.hnwx.2016.01.010

近年来, 中国畜禽养殖业获得了较快的发展。2013 年肉类总产量达到 8 535 万吨, 其中猪肉产量 5 493 万吨, 牛肉产量 673.2 万吨, 羊肉产量 408.1 万吨, 分别较 2000 年上升 41.92%、38.50%、31.20% 和 54.52%; 此外, 牛奶产量 3 531.4 万吨, 禽蛋产量 2 876.1 万吨, 分别较 2000 年上升 326.81% 和 31.81%^[1]。畜禽养殖业的快速发展一方面给城乡居民提供了丰富的畜禽产品, 满足城乡居民日常生活的需要; 另一方面, 也产生了大量的畜禽粪便, 威胁到周边的生态环境。

畜禽养殖粪便污染问题随着畜禽养殖经营模式的变迁开始表现得越来越明显。近年来, 畜禽养殖业经营模式由早期的小农户分散养殖转向规模化、集约化经营, 这些大规模养殖场的畜禽粪便产生量要远超小农户养殖模式下的畜禽粪便产生量。如果养殖场缺少完善且有效的畜禽粪便处理系统, 就会成为周边环境的主要污染源, 从而加重农业面源污染的程度。

畜禽粪便本身是较好的有机肥料来源, 如果能够对其进行有效的处理, 合理利用, 则有利于培养和提高土壤肥力, 从而实现种植业与养殖业更有效的结合。

本文拟对中国畜禽粪便产生量进行估算, 并结合畜牧养殖优势区域的划分对估算结果进行分析, 同时评估各地区耕地畜禽粪便负荷量, 以期把握当前各地区畜禽养殖粪便产生量及对环境的污染情况, 并为今后各优势区合理规划养殖业发展提供一定的思路。

一、文献回顾

现有关于畜禽养殖粪便产生量及预警分析的研究较多, 已有研究大多是基于某一区域或某一具体省(市)的畜禽养殖数据, 测算其畜禽粪便的农田负荷量及预警级别。如沈根祥等对上海市郊区的研究发现, 上海市郊区的畜禽粪便负荷量过高, 尤其是近郊的城乡接合部以及中远郊局部地区表现得更为明显, 而且部分近郊地区的畜禽粪便负荷量已经超过了农田环境所能承载的限度, 对环境造成了

收稿日期: 2015-03-03

基金项目: 农业部“十三五”农业农村经济发展规划编制前期研究重大课题“种养一体化循环农业模式研究”(42)。

作者简介: 姚 升(1983-), 男, 助理研究员, 博士; 研究方向: 农产品价格、农业风险。

程度不同的污染威胁^[2]。刘培芳等在测算和分析长江三角洲地区畜禽粪便污染负荷当量后,认为需要从加强畜牧业污染防治的立法工作、合理规划和布局畜禽养殖场以及加大环保投入等方面做出改进,以有效地控制和治理畜牧业污染^[3]。张绪美等以江苏省为对象的研究发现,南通、盐城和徐州三市属于污染最严重地区,且由于江苏省畜禽粪便污染严重地区大多数靠近水体,从而对江苏省水环境质量带来了威胁^[4]。王成贤等以杭州市为例的研究发现,杭州市总体的畜禽粪便氮、磷负荷已经超出农田所能承受的消纳量,尤其以建德市、萧山区和临安市的氮磷污染程度最严重,在种植条件为温室大棚的情况下,畜禽粪便对土壤重金属的累积和次生盐渍化的影响较大^[5]。董晓霞等对北京市畜禽养殖的粪便产生量及农田负荷量的研究发现,肉牛和奶牛养殖是北京市近年来最为严重的畜禽粪便污染,较多地区的畜禽粪便农田实际负荷量超过其理论限值,畜禽污染压力较大^[6]。冯淑怡等对养殖企业的调查研究发现,不同规模养殖企业在粪尿处理方式的选择方面存在着差异性,而且会同时选择多种方式处理畜禽粪尿,其中对畜禽粪便的处理以出售和还田方式最多,而对畜禽尿液的处理则以沼气池和浇灌作物的方式最多^[7]。

也有部分研究以中国主要农区为对象,估算畜禽粪便产生量,分析耕地的负荷。如张绪美等以中国 31 个省(自治区、直辖市)为对象的研究发现,大部分地区的畜禽粪便农田负荷量在理论上对环境构成了潜在威胁,畜禽粪便污染情况与当地经济发展水平密切相关,畜禽粪便污染负荷表现出由西北内陆向东南沿海逐步加重的特征^[8]。刘忠等对中国主要农区畜禽粪便产生量及环境负荷的研究认为,畜禽粪便产生量最大的区域是黄淮海平原区和长江两岸平原区,随着畜禽养殖集约化程度的提高,各区域内部畜禽粪便的环境负荷量呈增加趋势^[9]。朱建春等对中国畜禽养殖粪便产生量的研究发现,猪、牛、羊和家禽是畜禽粪便的主要来源,畜禽粪便的氮、磷产生量在样本期内呈增加趋势,大部分地区的畜禽实际养殖量已经超过了 50% 环境容量^[10]。

就整体而言,现有关于畜禽养殖粪便污染的研究大多是以某一具体的省(市、自治区)为研究对象,而以中国大陆整体作为研究对象的分析相对较少。大部分的研究文献都认为当前中国的畜禽养殖对环境造成了一定程度的污染威胁,畜禽养殖业今后的发展需要考虑环境的承受力。本研究在借鉴相关研究的基础上,选取中国大陆 31 省的畜禽养殖数据,计算和分析各畜禽品种养殖区优势区域的粪便产生量以及各省(市、自治区)的耕地负荷,并据此提出相关政策涵义。

二、研究方法 with 数据来源

1. 研究方法

(1) 畜禽粪便量估算。在现有的相关研究中,对于畜禽粪便产生量的计算通常采取两种方法。一是将各类畜禽的年末存栏量视为一个相对稳定的饲养量,计算方法为:畜禽年粪便量 = 存栏量 × 日排泄系数 × 365;二是将各类畜禽的年出栏量看作为饲养总量,计算方法为:畜禽年粪便量 = 年出栏量 × 日排泄系数 × 饲养周期^[5]。

出于避免较大饲养周期误差的可能,本文在计算畜禽粪便总量方面,借鉴了张绪美等的计算方法,将猪、家禽的存栏量视为一年中一个相对稳定的饲养量^[8],该饲养量由猪和家禽出栏量以及猪和家禽增补量之间的相互抵消来维持其稳定值。具体计算方法如式(1):

$$X = qal \times dec \times 365 \quad (1)$$

式(1)中, X 表示畜禽粪便量; qal 表示畜禽存栏量; dec 表示畜禽日排泄系数,以国家环境保护总局自然生态保护司所提供的日排泄系数为准,具体见表 1。

(2) 畜禽粪便负荷量估算。耕地畜禽粪便负荷量的计算方法如式(2):

$$q = Q/S = \sum XT/S \quad (2)$$

式(2)中, q 表示各类畜禽粪便以猪粪当量计的负

表 1 各类畜禽粪便日排泄系数

畜禽品种	千克/天	
	粪	尿
牛	20	10
猪	2	3.3
羊	2.6	—
禽类	0.125	—

荷量; Q 表示各类畜禽粪相当猪粪总量; S 表示有效耕地面积; X 表示各类畜禽粪便量; T 表示各类畜禽粪便折算为猪粪当量换算系数。

不同类型的畜禽粪便在肥效养分方面存在着较大的差异,同样数量的粪便由于类型不同所产生的实际效果也不同,导致农田对其消纳量也存在着较大的不同,因而对获得的各类畜禽粪便总量不能通过简单的累加以获得单位土地面积的畜禽粪便负荷量^[2],本研究借鉴沈根祥等的方法,根据各类畜禽粪便的含氮量为标准,折算为猪粪当量,具体的折算系数见表 2。

表 2 畜牧业粪便猪粪当量换算系数

排泄物种类	猪粪	猪尿	牛粪	牛尿	山羊粪
含氮量/%	0.65	0.33	0.45	0.80	0.80
猪粪当量换算系数	1.00	0.50	0.69	1.23	1.23

(3)耕地畜禽粪便负荷量预警值。本研究参照沈根祥等、张绪美的方法计算耕地畜禽粪便负荷量预警值,具体计算方法如式(3):

$$r = q/p \quad (3)$$

在式(3)中, r 表示畜禽粪便负荷预警值; q 表示单位面积土地畜禽粪便负荷量; p 表示单位面积土地畜禽粪便最大负荷量。

虽然由于不同畜禽品种和不同地区会导致单位土地所能负荷的畜禽粪便存在差异,但通常认为,每公顷土地所能够承载的畜禽粪便负荷量范围为 30~50 吨左右,如果超出上限,将会造成土壤的富营养化,从而对环境产生负面影响^[11]。由于各地区的耕作制度存在差异,因而在确定单位面积土地畜禽粪便最大负荷量时,应有区别地设定不同地区单位面积土地畜禽粪便最大负荷量。本研究以各地区的复种指数为依据,设置不同地区的单位面积土地畜禽粪便最大负荷量(表 3)。

表 3 单位面积土地畜禽粪便最大负荷量分级

复种指数	<1.0	[1.0,1.4)	[1.4,1.8)	[1.8,2.2]	>2.2
单位面积土地畜禽粪便最大负荷量/(吨/公顷)	32	36	40	44	48

畜禽粪便警报值分为 6 等级,级数越高表明畜禽粪便对环境构成污染的威胁越严重,见表 4。当警报值小于 0.4 时,认为该地区所产生的畜禽粪便量在耕地的承受范围内,可以被耕地完全消纳和承受,不会对环境构成污染威胁;当警报值处于[0.4,0.7)区间时,认为该地区所产生的畜禽粪便量稍稍超出耕地的负荷量,对环境构成了污染的威胁;当警报值处于[0.7,1.0)区间时,认为该地区所产生的畜禽粪便量超出了耕地的负荷量,对环境构成污染的威胁比较明显;当警报值处于[1.0,1.5)区间时,认为该地区所产生的畜禽粪便量较多的超出了耕地的负荷量,所造成环境的污染威胁较为严重;当警报值处于[1.5,2.5)区间时,认为该地区所产生的畜禽粪便量超出耕地负荷量很多,构造了严重的环境污染威胁;当警报值大于 2.5 时,认为该地区所产生的畜禽粪便量已经远远超出了耕地的负荷量,构成了很严重的环境污染威胁。

表 4 畜禽粪便警报值分级

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	I	II	III	IV	V	VI
对环境构成污染的威胁	无	稍有	有	较严重	严重	很严重

2. 数据说明

本研究所采用数据为 2008—2013 年中国大陆 31 个省(直辖市和自治区),计算所用参数包括奶牛、肉牛、羊、猪以及家禽的存栏量、日排泄系数、有效耕地面积、各类畜禽粪相当猪粪总量;根据式(1)、(2)、(3)分别计算得到畜禽粪便量、畜禽粪便负荷量、耕地畜禽粪便负荷量预警值。其中,各地区不同畜禽品种存栏量数据来源于《中国农业统计资料》和《中国农业年鉴》,各地区耕地面积来源于历

年《中国统计年鉴》。

三、实证分析

1. 各地区畜禽粪便产生量

2013 年粪便产生总量见表 5,从全国统计的角度看,2013 年中国奶牛、肉牛、羊、猪以及家禽养殖所产生的粪总量 148 671.1 万吨,尿总量 87 327.5 万吨。从纵向对比看,2008 年中国畜禽养殖所产生的粪总量和尿总量分别为 131 897.87 万吨和 79 434.69 万吨,在最近 4 年中,畜禽养殖所产生的粪总量上升了 11.28%,尿总量上升了 9.04%,呈现出较快的增加速度。

从各省粪便产生量的角度看,河南省的畜禽养殖粪、尿产生量均在所有样本中居于首位,占全国总量比例分别达到 8.92% 和 9.08%,这主要是因为河南省是畜牧养殖大省,是肉牛、奶牛、羊和猪全部 4 个畜牧品种的优势养殖区域;其次,四川省、山东省和内蒙古自治区的畜禽养殖粪、尿产生量也明显高于其他省(市),这 3 个省(自治区)也都是多个畜牧品种的优势养殖区域。

表 5 2013 年各地区畜禽养殖粪尿产生量及占全国比重

地区	粪/万吨	占比/%	尿/万吨	占比/%	地区	粪/万吨	占比/%	尿/万吨	占比/%
全国	148 671.1	100.00	87 327.5	100.00	河南	13 264.4	8.92	7 926.4	9.08
北京	457.97	0.31	301.99	0.35	湖北	5 477.89	3.68	3 918.3	4.49
天津	521.05	0.35	345.03	0.40	湖南	7 319.84	4.92	6 173.5	7.07
河北	6 978.02	4.69	3 572.46	4.09	广东	4 077.10	2.74	3 200.2	3.66
山西	2133.43	1.43	859.67	0.98	广西	4 146.00	2.79	3 353.2	3.84
内蒙古	10 070.53	6.77	3 011.20	3.45	海南	965.05	0.65	694.06	0.79
辽宁	6 365.59	4.28	3 261.95	3.74	重庆	2 557.67	1.72	2 157.4	2.47
吉林	4 954.39	3.33	2 782.02	3.19	四川	10 592.2	7.12	7 879.1	9.02
黑龙江	5 990.92	4.03	3 423.38	3.92	贵州	3 712.96	2.50	2 874.9	3.29
上海	252.22	0.17	243.76	0.28	云南	8 332.76	5.60	5 722.7	6.55
江苏	2 036.98	1.37	2 255.37	2.58	西藏	5 197.54	3.50	1 886.7	2.16
浙江	1 633.95	1.10	1 609.56	1.84	陕西	2 602.17	1.75	1 598.7	1.83
安徽	3 915.24	2.63	2 460.31	2.82	甘肃	5 495.04	3.70	2 308.4	2.64
福建	1 781.83	1.20	1 697.42	1.94	青海	4 787.22	3.22	1 796.0	2.06
江西	4 039.97	2.72	2 965.41	3.40	宁夏	1 342.43	0.90	440.37	0.50
山东	10 332.00	6.95	5 186.15	5.94	新疆	6 034.67	4.06	1 421.5	1.63

虽然河南省畜禽养殖的粪、尿产生量最高,但从增长幅度的角度看(表 6),河南省并不是所有省(市、自治区)中增长幅度最高的。江西省畜禽养殖粪产生量在 2008—2013 年间,增幅达到了 63.74%,这种大幅度增长的粪产生量可能主要缘于江西省养猪业的快速发展;甘肃省畜禽养殖的尿产生量增加幅度达到 54.86%,甘肃省肉牛和奶牛的存栏量在 2008—2013 年间分别增加 92.12% 和 131.50%,肉牛和奶牛养殖业的快速发展,是甘肃省畜禽养殖尿产生量激增的主要原因。

从各个养殖区优势区域看(表 7),在肉牛养殖中原优势区,河南省的粪、尿产生量明显高于山东省、河南省和安徽省,占中原优势区肉牛粪尿产生总量的 50.05%,山东省和河北省肉牛养殖粪尿产生量分别占中原优势区粪尿产生总量的 26.95% 和 12.28%,安徽省肉牛养殖粪尿产生量在中原优势区占比最小,为 10.73%。从时间变化趋势看,肉牛中原优势区四省中,河南省、山东省的肉牛存栏量和粪尿产生量占区域比例在 2008—2013 年间均有所下降,而河北省和安徽省的肉牛存栏量和粪尿产生量占区域比例均有所上升。这种变化趋势在一定程度上反映了肉牛养殖中原优势区的养殖规模开始

表 6 2008—2013 年各地区粪尿产生量增加幅度

%

地区	粪量增加幅度	尿量增加幅度	地区	粪量增加幅度	尿量增加幅度
全国	12.72	9.94	河南	1.00	-0.34
北京	-7.09	0.49	湖北	41.50	21.54
天津	20.23	12.40	湖南	46.97	25.35
河北	3.47	4.17	广东	0.55	0.57
山西	17.81	13.66	广西	-31.03	-20.76
内蒙古	8.53	13.31	海南	-4.42	-3.46
辽宁	25.54	20.96	重庆	40.33	11.34
吉林	15.14	14.71	四川	-9.10	-8.12
黑龙江	10.18	10.25	贵州	36.14	17.58
上海	3.74	12.01	云南	48.94	30.39
江苏	-37.47	3.86	西藏	-3.95	-2.38
浙江	4.82	12.43	陕西	30.85	24.28
安徽	18.77	17.45	甘肃	45.28	54.86
福建	3.89	-0.75	青海	5.59	9.48
江西	63.74	43.24	宁夏	30.70	26.24
山东	9.28	8.78	新疆	27.56	40.54

表 7 肉牛优势区存栏量及粪尿产生量占区域比例

地区	2013 年存栏量/万头	2013 年肉牛粪产生量/万吨	2013 年肉牛尿产生量/万吨	2013 年粪尿产生量占区域比例/%	2008 年存栏量/万头	2008 年肉牛粪产生量/万吨	2008 年肉牛尿产生量/万吨	2008 年粪尿产生量占区域比例/%
中原优势区								
山东	328.5	2 398.05	1 199.03	26.95	325.5	2 376.15	1 188.08	27.11
河南	610.1	4 453.73	2 226.87	50.05	648.8	4 736.24	2 368.12	54.04
河北	149.7	1 092.81	546.41	12.28	131.4	959.22	479.61	10.94
安徽	130.8	954.84	477.42	10.73	95.0	693.50	346.75	7.91
东北内蒙古优势区								
内蒙古	369.9	2 700.27	1 350.14	26.34	269.8	1 969.54	984.77	25.22
辽宁	327.1	2 387.83	1 193.92	23.30	186.8	1 363.64	681.82	17.46
吉林	408.6	2 982.78	1 491.39	29.10	327.0	2 387.10	1 193.55	30.57
黑龙江	298.5	2 179.05	1 089.53	21.26	286.2	2 089.26	1 044.63	26.75
西北优势区								
陕西	95.2	694.96	347.48	14.16	21.1	154.03	77.02	7.45
甘肃	402.1	2 935.33	1 467.67	59.79	209.3	1 527.89	763.95	73.88
宁夏	61.7	450.41	225.21	9.17	39.1	285.43	142.72	13.80
新疆	113.5	828.55	414.28	16.88	13.8	100.74	50.37	4.87
西南优势区								
重庆	93.3	681.09	340.55	5.86	12.0	87.60	43.80	0.85
四川	487.9	3 561.67	1 780.84	30.63	573.0	4 182.90	2 091.45	40.49
贵州	254.3	1 856.39	928.19	15.97	135.3	987.69	493.85	9.56
云南	658.9	4 809.97	2 404.99	41.37	301.8	2 203.14	1 101.57	21.33
广西	98.4	718.32	359.16	6.18	392.9	2 868.17	1 434.09	27.77

呈现出收敛的趋势。

在肉牛养殖东北内蒙古优势区,肉牛存栏量最高的是吉林省,而内蒙古、辽宁省和黑龙江省的存栏量相差并不大。同时东北内蒙古优势区在近年表现出强劲的增长趋势,内蒙古自治区、辽宁省、吉林省和黑龙江省的肉牛存栏量较 2008 年均有明显上升,其中辽宁省肉牛存栏量在 2008—2013 年间的增幅达到 75.11%,内蒙古自治区和吉林省的肉牛存栏量增幅分别为 37.10%和 24.95%,黑龙江省肉牛存栏量增幅在该区域最小,但也达到了 4.30%;从肉牛粪便产生量占区域比例的角度看,吉林省和黑龙江省肉牛粪便量占区域比重均有微小下降,而内蒙古自治区和辽宁省肉牛粪便量占区域比例则分别从 25.22%和 17.46%提升至 26.34%和 23.30%,从未来发展趋势的角度来看,内蒙古自治区和辽宁省的肉牛养殖仍然有一定的发展空间。

在所有肉牛养殖 4 个优势区中,西北优势区在 2008—2013 年期间的整体发展速度最快。在西北优势区中,甘肃省肉牛养殖规模在该优势区具有明显的数量优势,并且继续保持着较高的发展速度,其肉牛存栏量在 2008—2013 年间增幅达到 92.12%,而新疆维吾尔自治区、陕西省的肉牛存栏量则分别从 2008 年的 13.8 万头和 21.1 万头分别上升至 113.5 万头和 95.2 万头,宁夏回族自治区的肉牛存栏量则从 39.1 万头万头上升至 61.7 万头,增幅为 57.80%。随着其他地区肉牛养殖业的发展,甘肃省肉牛养殖粪便产生量占区域比例从 2008 年的 73.88%下降至 2013 年的 59.79%,陕西省和新疆维吾尔自治区肉牛养殖粪便产生量占区域比例则分别从 7.45%和 4.87%上升至 14.16%和 16.88%,而宁夏回族自治区的肉牛存栏量虽然也有上升,但由于其增幅不及其他地区,其肉牛养殖粪便产生量占地区比例从 2008 年的 13.80%下降至 2012 年的 9.17%。

相较于其他 3 个肉牛养殖优势区,西南优势区的肉牛养殖在 2008—2012 年间则表现出相对多样化的发展趋势。重庆市、贵州省和云南省的肉牛存栏量均呈现出快速上升的状态,与之相反,四川省和广西壮族自治区的肉牛存栏量则呈现出下降的趋势,尤其广西壮族自治区的肉牛存栏量从 392.9 万头下降至 98.4 万头。由于存栏量下降,四川省和广西壮族自治区肉牛粪便产生量占该地区比例也分别由 2008 年的 40.49%和 27.77%下降至 2013 年的 30.63%和 6.18%,云南省肉牛粪便产生量在西南优势区比例最高,达到 41.37%。

奶牛优势区存栏量及粪尿产生量占比见表 8,由表 8 可知奶牛养殖中原优势区,河北省、山西省、山东省和河南省 4 个地区的奶牛存栏量均较 2008 年有所上升,其中增加幅度最大的是河南省,其奶牛存栏量从 2008 年的 57.8 万头上升至 2013 年的 100.7 万头,增加幅度达到 74.22%,山东省和河北省的奶牛存栏量也分别有 53.94%和 33.52%的增幅。从奶牛粪尿产生量的角度,河北省奶牛粪尿产生量在该区域中占比最高,但相较于 2008 年有些许下降;同样呈现下降趋势的还有山西省,由占区域重量的 10.01%下降至 7.15%;而山东省和河南省的奶牛粪尿产生量在中原优势区的比例则有一定程度的上升。

内蒙古自治区和黑龙江省的奶牛存栏量在东北内蒙古优势区占比超过 90%。在 2008—2013 年期间,东北内蒙古优势区 3 个地区的奶牛存栏量均呈现出总量上升的趋势,其中黑龙江省奶牛存栏量增幅达到 36.83%,表现出较为快速的增长趋势。目前内蒙古自治区奶牛存栏量在该地区占比最高,但增长速度开始有放缓趋势。从奶牛养殖粪尿产生量的角度,由于黑龙江省奶牛养殖业的快速发展,其奶牛养殖粪、尿产生量占该地区总量的比例由 2008 年的 33.76%增加至 2012 年的 42.47%,而内蒙古自治区和辽宁省奶牛养殖粪尿产生量占地区总量比重均略有下降。

与其他奶牛优势区相比,京津沪优势区的奶牛存栏总量相对较低,在 2008—2013 年期间,天津市的奶牛存栏量均有微小幅度的增加,而北京市和上海市的奶牛存栏量则分别下降 14.79%和 3.33%。天津市奶牛养殖粪尿产生量占该区域比例最高,为 42.78%,北京市略低,为 40.79%,上海市奶牛养殖粪尿产生量占区域比例则从 2008 年的 15.83%增加至 2012 年的 16.43%。

奶牛养殖西北优势区中,新疆维吾尔自治区的奶牛存栏量虽然从 2008 年的 204.9 万头下降至 2012 年的 185.3 万头,但仍然是该地区最大的奶牛养殖区;宁夏回族自治区和陕西省的奶牛存栏量虽然有所增加,但与新疆的差距仍然相当明显。新疆维吾尔自治区奶牛养殖粪尿产生量占该区域总

量的比例从 2008 年的 75.14% 下降至 2012 年的 69.69%，而宁夏回族自治区和陕西省奶牛养殖粪尿产生量则分别从 2008 年的 9.94% 和 14.92% 增加至 2013 年的 12.82% 和 17.49%。预期在未来一段时间内，新疆维吾尔自治区仍然将是奶牛西北优势区最大的养殖区，而宁夏回族自治区和陕西省则有希望继续保持增长趋势。

表 8 奶牛优势区存栏量及粪尿产生量占区域比例

地区	2013 年存栏量/万头	2013 年奶牛粪产生量/万吨	2013 年奶牛尿产生量/万吨	2013 年奶牛粪尿产生量占区域比例/%	2008 年存栏量/万头	2008 年奶牛粪产生量/万吨	2008 年奶牛尿产生量/万吨	2008 年奶牛粪尿产生量占区域比例/%
中原优势区								
河北	191.2	1 395.76	697.88	42.58	143.2	1 045.36	522.68	45.66
山西	32.1	234.33	117.17	7.15	31.4	229.22	114.61	10.01
山东	125.0	912.50	456.25	27.84	81.2	592.76	296.38	25.89
河南	100.7	735.11	367.56	22.43	57.8	421.94	210.97	18.43
东北内蒙古优势区								
内蒙古	229.2	1 673.16	836.58	50.78	245.6	1 792.88	896.44	59.18
辽宁	30.5	222.65	111.34	6.76	29.3	213.89	106.95	7.06
黑龙江	191.7	1 399.41	699.71	42.47	140.1	1022.73	511.37	33.76
京津沪优势区								
北京	14.4	105.12	52.56	40.79	16.9	123.37	61.69	44.59
天津	15.1	110.23	55.12	42.78	15.0	109.50	54.75	39.58
上海	5.8	42.34	21.17	16.43	6.0	43.80	21.90	15.83
西北优势区								
新疆	185.3	1 352.69	676.35	69.69	204.9	1 495.77	747.89	75.14
宁夏	34.1	248.93	124.47	12.82	27.1	197.83	98.92	9.94
陕西	46.5	339.45	169.73	17.49	40.7	297.11	148.56	14.92

由表 9 可知，羊养殖中原优势区各省在 2008—2013 年期间的发展趋势表现出明显的差异性。一方面，山东省、湖北省和安徽省的存栏量均有一定幅度的增加；但另一方面，河北省、河南省和江苏省的存栏量则分别有一定程度的下降。从总量看，山东省目前依然是中原优势区最大的羊养殖地区，并且其数量上的优势在未来短期内有望得以保持。从粪产生量占区域比例角度看，山东省羊养殖粪产生量占区域比例继续保持增加趋势，从 2008 年的 29.99% 增加至 2013 年的 31.21%，而江苏省羊养殖粪产生量占中原优势区的比例最小，为 5.83%。

中东部农牧交错带优势区，山西省羊养殖的发展速度在该区域最快，其羊存栏量在 2008—2013 年期间增幅为 18.01%；内蒙古自治区和辽宁省的羊存栏量也均有不同幅度的增加，但吉林省和黑龙江省的存栏量则分别下降了 2.56% 和 3.70%。但在总量上，内蒙古自治区羊存栏量始终较其他 4 个地区保持着较大的优势，在 2013 年达到 5 239.2 万只。从粪产生量占区域比例角度看，内蒙古自治区羊粪产生量占中东部农牧交错带优势区总量比例达到 64.95%，而吉林省羊粪产生量在该优势区的比例由 2008 年的 5.21% 下降至 2012 年的 4.91%。

西北优势区，新疆的羊存栏量在该区域最高，2013 年达到 3 663.2 万只，并且在过去四年中实现了 21.07% 的增幅，甘肃省和宁夏回族自治区也分别有 8.89% 和 23.48% 的增幅，陕西省则下降了 6.28%。新疆羊粪产生量在西北优势区占有最大比例，达到 54.70%；其次是甘肃省和陕西省，其比例分别为 27.25% 和 9.54%；宁夏羊养殖粪产生量在该优势区占比最小，仅为 8.51%。从发展趋势看，陕西省和宁夏今后在羊养殖方面仍然有一定的潜力可挖掘。

羊养殖西南优势区中，在 2008—2013 年期间，存栏量增加幅度最大的地区是重庆市，增幅达到 43.10%。四川省羊存栏量虽然仍然居于该区域首位，但受到存栏量下降的影响，其羊养殖粪产生量

表 9 羊优势区存栏量及粪尿产生量占区域比例

地区	2013 年存栏量/万只	2013 年羊粪产生量/万吨	2013 年羊粪产生量占区域比例/%	2008 年存栏量/万只	2008 年羊粪产生量/万吨	2008 年羊粪产生量占区域比例/%
中原优势区						
山东	2 158.1	2 048.04	31.21	2 142.9	2 033.61	29.99
河北	1 455.1	1 380.89	21.04	1 617.0	1 534.53	22.63
湖北	462.9	439.29	6.69	376.2	357.01	5.27
河南	1 830.3	1 736.95	26.47	2 038.0	1 934.06	28.52
江苏	403.1	382.54	5.83	410.7	389.75	5.75
安徽	605.3	574.43	8.75	560.3	531.72	7.84
中东部农牧交错带优势区						
山西	878.0	833.22	10.88	744.0	706.06	9.53
内蒙古	5 239.2	4 972.00	64.95	5 125.3	4 863.91	65.68
辽宁	735.4	697.89	9.12	678.7	644.09	8.70
吉林	396.2	375.99	4.91	406.6	385.86	5.21
黑龙江	817.8	776.09	10.14	849.2	805.89	10.88
西北优势区						
陕西	638.8	606.22	9.54	681.6	646.84	11.66
甘肃	1 825.4	1 732.30	27.25	1 675.0	1 589.58	28.66
宁夏	570.1	541.02	8.51	461.7	438.15	7.90
新疆	3 663.2	3 476.38	54.70	3 025.7	2 871.39	51.77
西南优势区						
重庆	185.2	175.75	5.12	129.5	122.90	3.78
四川	1 689.2	1 603.05	46.72	1 720.8	1 633.04	50.20
贵州	299.6	284.32	8.29	231.2	219.41	6.74
云南	929.1	881.72	25.70	843.3	800.29	24.60
湖南	512.5	486.36	14.17	503.1	477.44	14.68

占区域总量的比例却从 2008 年的 50.20% 下降至 2013 年的 47.72%；同样下降的还有湖南省羊养殖粪产生量占区域总量的比例；羊养殖粪产生量占区域总量比例上升的地区包括重庆市、贵州省、云南省。总体而言，西南优势区在 2008—2013 年间羊养殖的波动不大，相对较为稳定。

猪养殖中部优势区存栏规模最大的是河南省，2013 年其存栏规模达到 4 426.7 万头，但相较于 2008 年，其存栏量下降了 0.79%；河北省的猪存栏量也较 2008 年下降了 4.08%。猪养殖中部优势区的其他省份如山东省、安徽省、江西省、湖北省和湖南省均较 2008 年有一定程度的增幅，其中江西省 13.21% 的增幅在中部优势区最高，而安徽省和湖南省也分别较 2008 年存栏量增加了 12.58% 和 10.27%，显示出较为强劲的发展趋势。河南省突出的猪存栏量使得其粪尿产生量占区域的比例达到了 22.97%，但由于安徽省、湖南省等地区的快速发展，河南省猪养殖粪尿产生量占区域比例相较于 2008 年下降了 1.02%；湖南省猪养殖粪尿产生量占区域比例在 2008 年至 2013 年期间由 21.14% 增加至 21.26%，占中部优势区的比例仅次于河南省，两省之间的差距在逐步缩小。

东北优势区 2013 年猪存栏量均较 2008 年有不同幅度的增长，其中黑龙江省增长幅度在东北优势区最高，为 5.50%，吉林省和辽宁省则分别实现 2.53% 和 2.56% 的增长幅度。但从存栏量总量看，辽宁省 1 624.5 万头的存栏量依然是该优势区最大的猪养殖省。从猪养殖粪尿产生量的角度看，辽宁省猪养殖粪尿产生量占东北优势区比例最高，达到 40.79%，其次分别是黑龙江省和吉林省，粪尿产

生量占区域比例为 34.07% 和 25.14%。

猪养殖沿海优势区包括江苏省、浙江省、广东省和福建省 4 个地区,四个省中,猪存栏量最大的是广东省,2013 年达到 2 282.6 万头,但相较于 2008 年,广东省的猪存栏量下降了 4.11%。浙江省 2013 年存栏量较 2008 年增加了 10.81%,是该地区增幅最大的省。从粪尿产生量角度看,广东省粪尿产生量占区域总量的比例由 2008 年的 36.16% 下降至 2013 年的 34.31%,江苏省猪养殖粪尿产生量在沿海优势区比例为 26.86%,在该区域位于广东省之后,福建省和浙江省的粪尿产生量占区域比例则分别为 19.48% 和 19.35%,较 2008 年有微小的波动。

猪养殖西南优势区的广西壮族自治区、云南省和贵州省 2013 年的猪存栏量较 2008 年均有所不同幅度的增加,其中广西壮族自治区 7.13% 的增幅在该优势区最为突出,云南省和贵州省的增幅则分别为 1.49% 和 1.05%。四川省是西南优势区猪存栏规模最大的地区,其存栏量在 2013 年末达到 5 004.1 万头,但相较于 2008 年下降了 6.04%;此外,重庆市 2013 年猪存栏量也较 2008 年下降了 4.10%。四川省猪养殖粪便产生量占西南优势区总量的 37.65%,是该优势区占比最高的省份,云南省猪养殖粪便产生量占区域总量的比例为 20.38%,在该优势区中仅次于四川省;粪便产生量占区域重量比例最小的是重庆市,为 11.30%,见表 10。

表 10 猪优势区存栏量及粪尿产生量占区域比例

地区	2013 年存 栏量/万头	2013 年猪粪 产生量/ 万吨	2013 年猪尿 产生量/ 万吨	2013 年粪尿 产生量占 区域比例/%	2008 年存 栏量/ 万头	2008 年猪粪 产生量/ 万吨	2008 年猪尿 产生量/ 万吨	2008 年粪尿 产生量占 区域比例/%
中部优势区								
河北	1 932.9	1 411.02	2 328.18	10.03	2 015.2	1 471.10	2 427.31	10.88
山东	2 931.4	2 139.92	3 530.87	15.21	2 725.8	1 989.83	3 283.23	14.72
安徽	1 612.6	1 177.20	1 942.38	8.37	1 432.4	1 045.65	1 725.33	7.73
江西	1 708.0	1 246.84	2 057.29	8.86	1 508.7	1 101.35	1 817.23	8.15
河南	4 426.7	3 231.49	5 331.96	22.97	4 462.0	3 257.26	5 374.48	24.09
湖北	2 566.1	1 873.25	3 090.87	13.31	2 462.4	1 797.55	2 965.96	13.29
湖南	4 096.9	2 990.74	4 934.72	21.26	3 915.3	2 858.17	4 715.98	21.14
东北优势区								
辽宁	1 624.5	1 185.89	1 956.71	40.79	1 584.0	1 156.32	1 907.93	41.18
吉林	1 001.2	730.88	1 205.95	25.14	976.5	712.85	1 176.19	25.39
黑龙江	1 356.7	990.39	1 634.15	34.07	1 286.0	938.78	1 548.99	33.43
沿海优势区								
江苏	1 787.3	1 304.73	2 152.80	26.86	1 716.2	1 252.83	2 067.16	26.07
浙江	1 287.5	939.88	1 550.79	19.35	1 161.9	848.19	1 399.51	17.65
广东	2 282.6	1 666.30	2 749.39	34.31	2 380.4	1 737.69	2 867.19	36.16
福建	1 296.2	946.23	1 561.27	19.48	1 324.1	966.59	1 594.88	20.12
西南优势区								
广西	2 471.5	1 804.20	2 976.92	18.60	2 307.0	1 684.11	2 778.78	17.15
重庆	1 502.3	1 096.68	1 809.52	11.30	1 566.5	1 143.55	1 886.85	11.64
四川	5 004.1	3 652.99	6 027.44	37.65	5 325.8	3 887.83	6 414.93	39.58
云南	2 708.7	1 977.35	3 262.63	20.38	2 669.0	1 948.37	3 214.81	19.84
贵州	1 604.1	1 170.99	1 932.14	12.07	1 587.5	1 158.88	1 912.14	11.80

2. 各地区畜禽粪便污染物产生量

畜禽粪便中含有大量的污染物,包括 BOD₅ (五日生化需氧量)、COD_{cr} (化学耗氧量)、NH₃-N (氨氮)、TP (总磷)、TN (总氮) 等,因而在畜禽养殖过程中产生大量粪便的同时,也产生了大量的污染

物。本文根据各类畜禽粪便中污染物的平均含量,计算中国及各省市污染物的产生量,其中污染物的平均含量参考自国家环境保护总局自然生态保护司所提供的数据(表 11)。

表 11 畜禽粪便中污染物平均含量

千克/吨

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
牛粪	31.0	24.53	1.71	1.18	4.37
牛尿	6.0	4.0	3.47	0.40	8.0
猪粪	52.0	57.03	3.08	3.41	5.88
猪尿	9.0	5.0	1.43	0.52	3.3
羊粪	4.63	4.1	0.8	2.6	7.5
禽粪	45.7	38.9	2.8	5.8	10.4

根据各地区畜禽粪便的产生量及畜禽粪便中污染物的平均含量,计算得到各地区畜禽粪便污染物产生量(表 12)。2013 年,中国畜禽养殖共产生 5 687.41 万吨 COD_{Cr}、4 989.74 万吨 BOD₅、491.51 万吨 NH₃-N、453.94 万吨 TP 和 1 375.59 万吨 TN。

表 12 各地区畜禽粪便污染物产生量

万吨

地区	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	TN
全国	5 687.41	4 989.74	491.51	453.94	1 375.59
北京	19.80	17.66	1.63	1.61	4.43
天津	22.74	20.09	1.89	1.75	5.01
河北	262.91	229.83	22.11	22.89	64.82
山西	65.07	57.36	5.60	6.89	19.08
内蒙古	215.42	177.80	22.39	22.40	81.90
辽宁	256.78	222.33	21.24	21.33	59.98
吉林	189.55	159.93	17.08	12.48	44.71
黑龙江	220.99	187.90	20.14	14.93	53.71
上海	12.87	11.98	1.04	0.99	2.59
江苏	102.57	97.81	8.51	7.68	20.87
浙江	88.89	83.27	6.92	7.18	17.32
安徽	168.11	150.55	13.59	14.49	38.04
福建	93.74	87.08	7.44	7.33	18.53
江西	187.56	165.72	15.67	13.32	39.33
山东	394.59	346.14	32.62	35.46	96.77
河南	542.48	476.60	45.54	43.49	125.37
湖北	252.55	226.75	20.47	20.18	54.07
湖南	348.81	316.06	29.01	25.37	72.45
广东	209.49	190.11	16.32	16.99	42.00
广西	210.94	192.89	16.47	17.34	42.70
海南	44.12	39.39	3.63	3.39	9.44
重庆	124.72	113.70	10.15	9.52	25.69
四川	452.16	406.81	38.48	34.34	101.37
贵州	160.71	142.11	14.13	10.50	35.05
云南	328.85	284.76	29.96	20.73	75.94
西藏	134.25	105.85	14.04	9.09	42.31
陕西	95.78	84.62	8.47	7.58	23.81
甘肃	152.52	126.23	15.13	11.72	46.14
青海	125.11	99.49	12.99	8.61	39.15
宁夏	32.11	26.19	3.27	2.88	11.02
新疆	111.73	92.08	11.88	13.93	48.44

分地区看,河南省 COD_{cr}、BOD₅、NH₃-N、TP 和 TN 产生量均居于中国各地区之首,分别达到 542.48、476.60、45.54、43.49 和 125.37 万吨,其产生量分别占中国总量的 9.54%、9.55%、9.27%、9.58%和 9.11%,这主要是因为河南省同时是肉牛、奶牛、肉羊和生猪的优势产区,各畜牧品种均有较大的存栏量,并且肉牛和生猪养殖均是其所处优势区的最大规模养殖地区,相应具有较大的粪尿产量,由此带来大量的污染物产生量。

四川省作为畜牧养殖大省,同样产生了大量的污染物,COD_{cr}、BOD₅、NH₃-N、TP 和 TN 产生量分别为 452.16、406.81、38.48、34.34 和 101.77 万吨,其中四川省 COD_{cr}、BOD₅、NH₃-N 和 TN 产生量仅次于河南省。

此外,粪便污染物产生量较多的地区还包括山东省、湖南省、云南省、河北省、辽宁省、黑龙江省、内蒙古自治区、广东省和广西壮族自治区。这些地区均是多个畜牧品种的优势产区,在发展畜牧业的过程中,相应的也会产生大量的粪尿,从而导致大量污染物的产生。

畜禽粪便污染物的流失率通常在 30%至 40%之间^[11],以流失率区间均值 35%计算,中国所流失的 COD_{cr}、BOD₅、NH₃-N、TP 和 TN 分别达到 1 990.59、1 746.41、172.03、158.88 和 481.46 万吨。如此多的污染物,无疑给环境造成了相当大的压力。

3. 各地区畜禽粪便农田负荷污染指数及预警级别

根据既有数据,计算得到中国及各地区畜禽粪便农田负荷警报值及预警级别(表 13)。可以看到,2013 年中国整体畜禽粪便负荷警报值达到 0.59,预警级别为 II 级,畜禽粪便量略超出耕地的负荷量,且较 2008 年上升了 1.95 吨/公顷,已经对环境构成了污染的威胁。

表 13 各地区畜禽粪便农田负荷警报值及预警级别

地区	2013 年耕地 负荷量/ (吨/公顷)	2013 年畜禽 粪便负荷 警报值	2013 年 预警级别	2008 年 耕地负荷量/ (吨/公顷)	2008 年畜禽 粪便负荷 警报值	2008 年 预警级别
全国	18.95	0.59	II	17.00	0.53	II
北京	32.66	0.91	III	34.75	0.97	III
天津	19.33	0.54	II	15.88	0.44	II
河北	17.55	0.49	II	17.14	0.48	II
山西	8.01	0.25	I	6.81	0.21	I
内蒙古	18.48	0.51	II	16.98	0.47	II
辽宁	25.36	0.70	II	20.85	0.58	II
吉林	13.32	0.42	II	11.78	0.37	I
黑龙江	7.43	0.21	I	6.75	0.19	I
上海	17.92	0.45	II	17.35	0.43	II
江苏	7.19	0.18	I	12.58	0.31	I
浙江	15.56	0.43	II	15.08	0.42	II
安徽	11.47	0.29	I	9.75	0.24	I
福建	23.83	0.60	II	23.10	0.58	II
江西	23.52	0.53	II	15.65	0.36	I
山东	22.21	0.56	II	20.20	0.50	II
河南	26.91	0.67	II	26.37	0.66	II
湖北	19.92	0.50	II	14.83	0.37	I
湖南	32.08	0.67	II	23.55	0.49	II
广东	25.98	0.65	II	26.52	0.66	II
广西	17.65	0.44	II	23.01	0.58	II
海南	22.14	0.61	II	22.44	0.62	II
重庆	19.52	0.49	II	14.87	0.37	I
四川	28.42	0.71	III	31.19	0.78	III
贵州	12.77	0.35	I	9.74	0.27	I
云南	20.22	0.56	II	14.24	0.40	II
西藏	185.05	5.78	VI	192.43	6.01	VI
陕西	9.71	0.27	I	7.60	0.21	I
甘肃	15.90	0.50	II	11.07	0.35	I
青海	114.23	3.17	VI	107.95	3.00	VI
宁夏	16.05	0.45	II	12.41	0.34	I
新疆	19.05	0.53	II	14.87	0.41	II

分地区看,在 2013 年,只有 6 个地区的预警级别为 I 级,分别是山西省、黑龙江省、江苏省、安徽省、贵州省和陕西省,而在 2008 年,预警级别为 I 级的地区共有 12 个,畜禽粪便对环境污染的威胁表现出明显的增加趋势。

2013 年,大部分地区的预警级别达到了 II 级,超出了耕地对畜禽粪便量的负荷范围,造成了环境污染,包括天津市、河北省、内蒙古自治区、辽宁省、吉林省、上海市、浙江省、福建省、江西省、山东省、河南省、湖北省、湖南省、广东省、广西壮族自治区、海南省、重庆市、云南省、甘肃省、宁夏回族自治区和新疆维吾尔自治区,共计 21 个地区,占据总量的 68%,其中除了广西壮族自治区和海南省,其他省(直辖市/自治区)的耕地负荷量均有不同幅度的增加,这些地区中大多数都是肉牛、奶牛、肉羊和生猪的优势产区,而且其中有些地区的养殖规模正处于快速发展阶段,如何平衡发展养殖业与减少环境污染之间关系,将是这些地区今后面对的主要问题。

北京市和四川省的预警级别达到 III 级,说明这两个地区的畜禽粪便产生量已经超出了耕地所能承受的负荷,对环境污染的威胁比较明显,四川省是养殖大省,近年养殖规模较为稳定且略有下降,而北京市则一直是中国畜禽粪便的高污染负荷区,这主要是因为北京市人口密度大,经济发达,对畜禽产品的需求量较大所致^[8];西藏和青海的预警级别均达到 VI 级的水平,这两个地区的畜禽粪便产生量已经远远超出了耕地的负荷量,构成了很严重的环境污染威胁,造成这一问题出现的原因可能在于这两个地区的养殖规模均较大,但同时其耕地面积却偏少,由此造成畜禽粪便产生量远超耕地的负荷量,从而造成对环境的污染。

四、结论及政策涵义

本研究以中国大陆 31 个省为研究对象,对中国畜禽养殖的粪便产生量进行估算,同时分析耕地对畜禽粪便的负荷情况。

研究发现,从全国统计的角度看,2013 年中国奶牛、肉牛、羊、猪以及家禽养殖所产生的粪尿总量较 2008 年分别上升 11.28% 和 9.04%,体现出较快的增加速度;从各个养殖区优势区域的统计角度看,虽然不同畜牧优势区内部呈现出一定的差异性,但就整体而言,仍然表现出较强的增长趋势。

畜禽养殖过程中产生大量粪便的同时,也产生了大量的污染物。2013 年,中国畜禽养殖共产生 5 687.41 万吨 COD_{Cr} 、4 989.74 万吨 BOD_5 、491.51 万吨 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、453.94 万吨 TP 和 1 375.59 万吨 TN。在各地地区中,河南省畜禽养殖各类污染物产生量均居于中国各地区之首。此外,粪便污染物产生量较多的地区还包括四川省、山东省、湖南省、云南省、河北省、辽宁省、黑龙江省、内蒙古自治区、广东省和广西壮族自治区。

大量的畜禽粪便对环境污染的威胁表现出明显的增加趋势。2013 年中国整体畜禽粪便负荷警报值达到 0.59,预警级别为 II 级,畜禽粪便量略超出耕地的负荷量,且较 2008 年上升了 1.95 吨/公顷,已经对环境构成了污染的威胁。而从地区的角度看,只有 6 个地区的预警级别为 I 级,大部分地区的预警级别达到了 II 级,超出了耕地对畜禽粪便量的负荷范围,造成了环境污染。如何平衡发展养殖业与减少环境污染之间关系,将是各地区今后面对的主要问题。

据此,本研究得到以下政策涵义:

(1) 应加强畜禽养殖场对畜禽粪便的处理能力。促进畜禽养殖场多途径处理粪便技术水平的提高,减少畜禽养殖场的粪便排放量,降低畜禽养殖场对周边环境的污染威胁。

(2) 推进畜禽养殖业污染立法工作的进一步完善。目前中国在针对农业领域的资源环境管制政策方面还存在较多缺陷,因而逐步推进畜禽养殖业污染立法工作的进一步完善,将畜禽养殖对环境的污染问题提高至法律层面,将是解决畜禽养殖业环境污染问题的必由之路。

(3) 完善畜禽养殖污染排放标准。针对不同养殖区的具体情况,进一步完善包括《畜禽养殖业污染排放标准》《畜禽养殖业污染防治技术规范》在内的各项法律法规,并严格执行,使之成为畜禽养殖业的硬性标准,合理提高畜禽养殖业的进入标准。

(4) 合理规划畜禽养殖场选址。畜禽养殖业在规划选址时,应尽可能避开人口稠密和水源地区,

减少其可能造成的环境污染的危害;在对于较大规模养殖场建立和审批的过程中,也应当考虑到这一点。

(5)适当提高政策支持力度。畜禽粪便的处理水平的提高对于养殖场而言实际上是成本的增加,为了鼓励养殖场更积极的采用各项畜禽粪便处理技术,政府可以考虑对养殖场畜禽粪便处理机械进行补贴;同时,也可以考虑建立针对畜禽养殖污染治理的专项补贴。

(6)加大对畜禽养殖污染治理的宣传。加大对畜禽养殖污染治理工作的宣传,这种宣传不仅仅是针对畜禽养殖场、养殖户,提高其对环境污染问题的重视;同时也要对非养殖农户进行宣传,使之成为监管方,加强对畜禽养殖污染的有效监管。

(7)积极发展种养一体化循环农业模式。合理规划养殖业与种植业的配套,种植业为养殖业提供饲料来源,而养殖业的粪便则成为种植业的肥料来源,实现种植业和养殖业的有机共生,从而使得区域内种植业与养殖业的平衡发展。

参 考 文 献

- [1] 中国统计出版社.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2014.
- [2] 沈根祥,王雅谷,袁大伟.上海市郊农田畜禽粪便负荷量及其警报与分级[J].上海农业学报,1994(10):6-11.
- [3] 刘培芳,陈振楼,许世远,等.长江三角洲城郊畜禽粪便的污染负荷及其防治对策[J].长江流域资源与环境,2002(9):456-460.
- [4] 张绪美,董元华,王辉,等.江苏省畜禽粪便污染现状及其风险评价[J].中国土壤与肥料,2007(4):12-15.
- [5] 王成贤,石德智,沈超峰,等.畜禽粪便污染负荷及风险评估—以杭州市为例[J].环境科学学报,2011(11):2562-2569.
- [6] 董晓霞,李孟娇,于乐荣.北京市畜禽粪便农田负荷量估算及预警分析[J].中国畜牧杂志,2014(18):32-36.
- [7] 冯淑怡,罗小娟,张丽军,等.养殖企业畜禽粪尿处理方式选择、影响因素与适用政策工具分析——以太湖流域上游为例[J].华中农业大学学报:社会科学版,2013(1):12-18.
- [8] 张绪美,董元华,王辉,等.中国畜禽养殖结构及其粪便 N 污染负荷特征分析[J].环境科学,2007(6):1311-1318.
- [9] 刘忠,段增强.中国主要农区畜禽粪尿资源分布及其环境负荷[J].资源科学,2010(5):946-950.
- [10] 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(3):435-445.
- [11] 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,2002:14-103.

(责任编辑:陈万红)