

集约化畜牧业污染现状分析及资源化循环利用对策思考

翁伯琦,雷锦桂,江枝和,林代炎

(福建省农业科学院 福建 福州,350003)

摘要:介绍了我国集约化畜牧养殖发展现状,测算了我国集约化畜禽养殖业所带来的废弃物总量,进而分析其区域分布与污染程度及资源化循环利用潜力。在详细阐述规模化畜禽废弃物对人类身体健康和生态环境中的土壤、水体、空气等造成危害的基础上,根据循环经济的原理并结合研究实践,提出了集约化畜禽养殖业健康发展和废弃物资源化利用的对策。

关键词:面源污染;畜禽;粪便;循环农业

中图分类号:X713 文献标识码:A 文章编号:1672-2043(2010)增刊-0294-06

Present Situation Analysis of Intensive Livestock Pollution and Countermeasures Consideration of Resource Recycling

WENG Bo - qi, LEI Jing - gui, JIANG Zhi - he, LIN Dai - yan

(Fujian Academy of Agricultural Science, Fujian Fuzhou 350003, China)

Abstract: This article described the development of China's livestock breeding status, measured the total waste that had been brought from the intensive livestock industry and analyzed its regional distribution and the degree of pollution, and analyzed the resource-oriented recycling potential in addition. Elaborated the harms that caused by large-scale animal wastes to human health and soil, water, air in ecological environment. Finally, according to the principle of circular economy and combined the research practice of Fujian Academy of Agricultural Sciences, we put forward countermeasures of intensive livestock and poultry industry health development and waste utilization.

Keywords: non-point source pollution; livestock; faeces; cycle agriculture

随着科学技术的进步,农业现代化的进程也在不断加快和拓展,在缓解不断人口增长而带来粮食供求矛盾的同时,也随之出现了一系列的环境问题。从农业产业的性质及其持续发展的历史来看,由于相关的技术和理论不断更新,农业生产对生态环境造成破坏或危害必须且可能减少到最低程度。然而,长期以来农业生态系统营养循环体系的缺失与破坏,对农业生产和农村发展造成的不利影响是多方面的^[1],因此,1997年美国专家 Timothy write 就提出了绿色革命正

在消失,人类将面临另一场新的农业革命的论点^[2]。事实上,人类活动对环境的破坏是多方面的,而农业生产对环境的影响所占的比重则逐步增大,尤其是以集约化畜牧业废弃物而引发的面源污染所造成的生态环境问题也日趋严重。近30年来,农业面源污染及其治理正成为国内外环保界关注的新话题,特别是面临着规模化养殖迅速发展和污染防治研究和措施的相对滞后,造成畜牧业废弃物污染的不断扩展且日益加重的局面,人们对生态环境的关注比以往任何时候更加强烈,着力扭转集约化畜牧业废弃物污染面日益扩大的被动局面,加强废弃物资源循环利用的研发与推广,业已引起了国内外学界及企业和政府决策部门的高度关注,同时也在逐步加大人财物的投入予以切实解决,其成功的探索不仅具有导向性的理论价值

收稿日期:2009-09-19

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目课题“东南地区农田秸秆菌业循环生产技术集成研究与示范”(2007BAD89B13)

作者简介:翁伯琦(1951—),男,福建福州人,研究员,主要从事土壤肥料与生态农业技术研究。E-mail: boqiwen@yahoo.com.cn

和,而且其实践意义更是十分重要的。

1 畜牧业废弃物污染现状与分析

数量大区域广的面源污染防治是个世界性的难题,各国都面临着同样的困扰。从形成的机理分析,农业面源污染是指农村地区在农业生产和居民生活过程中产生的、未经合理处理的污染物对水体、土壤和空气及农产品造成的污染^[3]。众所周知,规模化养殖的现代畜牧业为发展农村经济、丰富菜篮子和增产增收作出了巨大贡献,但也导致粪污规模化的排放,加上有机肥加工与利用脱节等因素的影响,使得大量排放的畜禽粪便等成为了迫切需要解决的环境问题,集约化养殖的废弃物进入环境必将成为面源污染的主要成因之一,也是城乡环境污染的主要来源,特别是田间地表径流中的过量养分、残留农药、病原体及其他污染物进入地表水,引起“水华”现象,破坏水体生态系统和水生物,危害饮用水安全,进而损害人畜健康,影响经济社会的可持续发展。早在20世纪60年代,美国等发达国家的学者已经发现面源污染的危害而予以关注和呼吁,并于20世纪70年代得到了一定的重视。我国于20世纪80年代初也开始调研农业面源污染的危害并加以研究和防范^[4]。

据相关资料表明,30%~50%的地球表面已受面源污染的影响,在世界范围内不同程度退化的12亿 hm^2 耕地中,约12%是由农业面源污染引起的^[5],尤其是畜牧业废弃物的泛排,加剧了扩展的速度。在美国的农业面源污染中波及了64%的河流、57%的湖泊,美国环境保护总署(EPA)把农业列为全美河流和湖泊污染的第一污染源。欧洲发达国家的地表水中,农业排磷占总磷污染负荷的24%~71%,硝态氮超标($>50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)现象十分严重,农业生态系统的养分流失(主要为氮、磷)是主要来源;荷兰农业的氮、磷污染负荷分别占60%和50%;丹麦270条河流94%的氮负荷、52%的磷负荷是由面源污染所引起的,在瑞典由河流输入的氮的60%~87%来自农业面源污染^[6]。经过10多年的有效治理控制,美国的农业面源污染业已大幅减少。据2006年统计,美国农业面源污染面积比1990年减少了一半以上。

改革开放以来,在相关政策引导和科技进步的支撑下,我国的畜牧业得到了长足的发展,产量逐年增加,成为农村经济的新增长点和重要的支柱。但随着畜牧产业的快速发展,规模越来越大,集约化和产业化程度不断提高,禽畜废弃物量也逐年攀升,给生态

环境带来了巨大的压力。^[7]根据《中国农村统计年鉴》提供的相关数据,1999年我国猪出栏数为51 977万头,牛12 698万头,羊29 032万头,而到了2006年我国猪出栏数为65 050万头,牛13 944万头,羊36 897万头。由图1可以看出,以1999年为基数,生猪养殖量平均每年以3.92%的速率增长,牛养殖量平均每年以1.34%增长,羊以3.49%速度增长,禽类以4.6%的速度增长。养殖规模的逐年扩大导致畜禽废弃物的排放量也飞速增加,据不完全统计,我国的畜禽废弃物的产量已超过20亿t。如何合理有效的消纳及资源化循环利用这些废弃物已成为城乡生态环境保护的重要大事之一。

中国现代畜牧业的快速增长为解决城市居民肉、奶、蛋等供应问题构建了良好物质基础。在规模化发展养殖之时,必须配套污染防治措施,必须强化废物(粪便、污水)循环利用。然而,至今健康养殖——废物利用的循环体系仍无法完全链接,而且国内的大部分规模化畜牧场均建在城郊,离城市较近,比较靠近江河与湖塘,加上大部分养殖企业多采取直接排放方式,水体的富营养化随之泛滥,甚至连地下水也难以避免。由于近年畜牧场的规模扩张比较快,数量多,粪污处理设施较为落后,忽视了对废弃物的有效处理,加上先进技术支持力度欠缺等影响,使养殖场成为目前农业面源污染、城乡污染的主要来源。

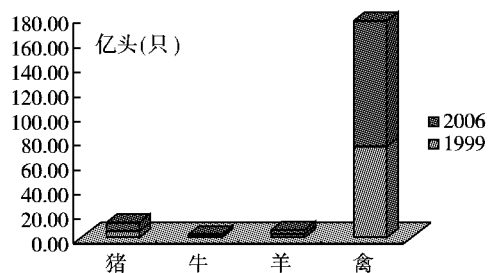


图1 1999、2006年度我国主要畜禽养殖量变化

Figure 1 The amount changes of the major livestock and poultry breeding of China in 1999 and 2006

畜禽粪便的数量统计通常是以不同畜禽总类的排泄系数间接估算出来的。而排泄系数是指单个动物每天排出粪便的数量,它与动物的总类、品种、性别、生长期、饲料、天气条件等诸多因素相关。为此,根据中国农村统计年鉴提供的相关数据,结合国家环保总局提供的主要畜禽污染物排泄系数^[8](表1),分别计算出了1999年度和2006年度我国畜禽养殖业污染物的排放总量(表2、3)。

表 1 畜禽污染物年排泄系数 (kg · 头⁻¹ · a⁻¹)

Table 1 Annual discharge coefficient of livestock and poultry's pollutants (kg · head⁻¹ · a⁻¹)

污染物	生猪	牛	羊	禽
粪	398.0	7 300.0	950.0	26.30
尿	656.7	3 650.0	—	—
BOD	25.98	193.7	2.70	1.105
COD	26.61	248.2	4.40	1.165
氨氮	2.07	25.15	0.57	0.125
TP	1.70	10.07	0.45	0.115
TN	4.51	61.10	2.28	0.275

表 2 1999,2006 年全国主要畜类污染物排放量 (万 t · a⁻¹)

Table 2 Discharge amount of the nation's major livestock in 1999 and 2006 (10⁴ t · a⁻¹)

年份	畜类	粪	尿	BOD ₅	COD _{Cr}	NH ₃ - N	TP	TN
1999 年	猪	11279	18610	734.0	754.1	58.7	48.2	127.8
	牛	92698	46349	2459.7	3151.7	319.4	127.9	775.9
	羊	27580	—	78.4	127.7	16.6	13.1	66.2
	合计	131557	64959	3272.1	4033.5	394.7	189.2	969.9
2006 年	猪	14766	24365	960.9	987.3	76.8	63.1	167.3
	牛	101793	50896	2701.0	3461.0	350.7	140.4	852.0
	羊	35052	—	99.6	162.4	21.0	16.6	84.1
	合计	151611	75261	3761.5	4610.7	448.5	220.1	1103.4

根据相关数据及 2006 年全国环境统计公报^[9],从表 3 可以看出,2006 年我国的畜禽污染物(固体污染物、COD_{Cr})的排放量已经超过工业和城镇生活污水,单以畜牧业而引起的农业面源污染形势就十分严峻,面临着要加快治理与疏导利用之急迫形势,否则危害将更加严重,后患无穷。

表 3 2006 年全国畜禽养殖业污染物产生量与工业及城镇生活污水排放量 (万 t)

Table 3 Pollutant amount from livestock and poultry breeding industry and emissions of industry and urban life pollutants in 2006 (10⁴ t)

项 目	固体废弃物	废水 COD _{Cr}
畜禽养殖业	151 611	4 610.7
工业	151 541	541.5
城镇生活	—	886.7

据对 130 多个湖泊的调查资料的统计分析,高营养化的湖泊已达 51 个,占湖泊总数的 40%。表 4 显示,我国面源污染的分布情况与受污程度各不相同,呈现明显的地域差别,沿海经济发达地区污染较为严

表 2 表明,1999 年度全国畜禽养殖污染物的总量为 196 516.4 万 t;2006 年 226 872.7 万 t。随着我国养殖规模的不断扩大,畜禽污染物产量也大幅增加,1999 至 2006 年度,全国的畜禽粪便与污染物的总量平均每年比上一年增加了 2.07%。以 2006 年为例,全国畜禽的饲养量分别为猪出栏量为 68 050.4 万头,牛存栏量为 13 944.2 万头,羊存栏量为 36 896.6 万头,由此可知 2006 年度全国污染物总量为 226 872.7 万 t,其中畜禽粪便的产生量 226 871.7 万 t,污染物 BOD₅ 为 3 761.5 万 t,COD_{Cr} 为 4 610.7 万 t,NH₃ - N 为 448.5 万 t,TP 为 220.1 万 t,TN 为 1 103.4 万 t。

重,而西部地区则相对较轻。畜禽养殖污染也呈现相同的规律,污染较为严重的是山东、河南等畜禽养殖集中地区,在经济发达省份和东部沿海地区的畜禽污染也相对比较严重,而西部地区污染状况则相对较轻。目前,北京、上海、山东、江苏、浙江、福建、广东、湖北的农业面源污染处于较高风险水平,预计到 2010 年,由畜牧业废弃物处理不当而引发的农业面源污染处于高风险水平的地区将增加到 15 个省、市、自治区(估计会增加河北、天津、河南、安徽、陕西、宁夏、湖南等省、市、区)。

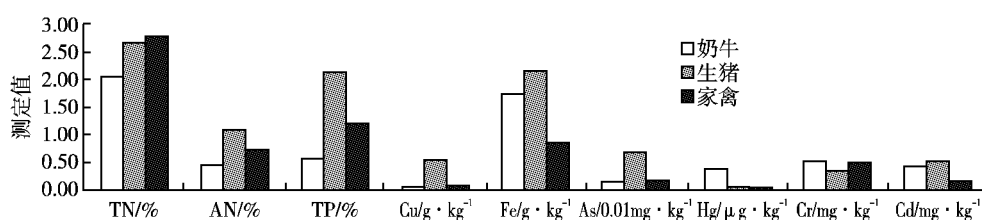
2 集约化畜牧养殖业污染的危害

一般而言,农业面源污染的引发则有多个方面的原因,其中集约化或规模化的大中型畜牧场的废弃物排放是主要来源,还有化肥、农药的不合理使用以及地膜、秸秆等处理不当均是造成面源污染的重要原因^[11]。相关研究表明,我国农田、农村畜禽养殖和城乡结合部的生活垃圾都会不同程度造成水体氮、磷富营养化的危害,其贡献率已经超过来自城市生活污水

表4 各地区农业面源污染分类及特征^[10]Table 4 Classification and characteristics of regional agricultural non-point source pollution^[10]

类别	地区	特征
I类地区	北京、天津、河北、辽宁、吉林、上海、江苏、安徽、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、浙江、福建、黑龙江	各项农业面源污染均较多,其中农药污染最为严重
II类地区	山西、内蒙古、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、重庆、四川	各项农业面源污染均较少,但水土流失污染最为严重
III类地区	山东、河南	畜禽污染最为严重、农资污染也较多、水土流失污染一般

的点源污染和工业的点源污染。与此同时,农村养殖产业带的无序拓展与随意排放,使一些地方畜禽养殖产生的氮、磷数量剧增,许多区域超过了农田可承载的安全负荷。研究表明,我国畜禽粪便的总体土地负荷警戒值已经达到0.49(<0.4为宜),达到较严重的环境压力水平^[12]。近年来,我国畜禽粪便年生产量接近20亿t,据调查,我国的畜禽粪便利用率仅为49%,一些地方的畜禽粪便污染负荷已占到农村和农业面源污染负荷的35%,远远超过工业污染负荷^[13]。

图2 几种畜禽粪便中污染因子的比较^[17]Figure 2 Comparison of several animal fecal contamination factor^[17]

此外,畜禽粪肥中含有大量的病原微生物和寄生虫卵,一旦未经有效处理而直接用做有机肥料,其病原体在土壤中长期存在或继续繁殖、保存或扩大。如处理不当,不仅破坏了土壤微生物平衡,种群结构失调,还导致大量蚊虫滋生造成疫病传播,影响人类和畜禽健康。据报道:猪场的粪污施入周围农田后,在耕作层土壤中检出了变形菌群落、病原硫化大肠杆菌O₇₅和O₁₂₇,寄生虫卵达20个·kg⁻¹土壤^[18]。

值得关注的是,养殖业废弃物大量排放,是造成水体环境隐患的最主要的面源污染形式^[19]。规模化养殖业风险之大,尤其是不达标的无序排放,必然影

以杭州湾为例^[14],据专家预测,10年后禽畜粪便的污染将超过农业化肥、工业废水、生活污水所造成的污染危害,成为杭州湾的最大污染源。

据德国、比利时、美国和中国规模化养猪生产线粪尿污水产生情况综合分析表明,每生产1头肥育猪(180 d, 100 kg),约产生4 t的粪尿污水,约含120~150 kg的总固体(TS)^[15]。规模化畜禽生产中的畜禽粪便的排放量大且相对比较集中,如果不及时处理,必将造成污染。据统计,全国每年饲料中使用微量元素添加剂15~18万t,其中约有10万t未能被动物利用而随粪便排出体外,而这些无机元素在畜体内的消化吸收利用率很低。图2的数据表明,N、P、Ca、Fe、Hg、Cu等元素在畜禽粪便中的排放量相当高,若不加以适当处理与循环利用而直接排放到环境中,常年累积造成的危害之大是难以想象的。林春野^[16]研究表明,土壤中可溶态Cu、Zn分别达到100~200 mg · kg⁻¹和100 mg · kg⁻¹时即可造成植物中毒。长期使用此类添加剂,不仅不利于畜禽生长,其排泄物作为肥料就地被长期施用,必然会造成土壤污染,而且被作物吸收的这些元素一旦浓度超过一定的标准时,就会影响人类的健康。如日本发生的“水俣病”,就是因为人食用汞超标产品;而食用含镉农产品过多,则会患“骨痛病”等。

响周边的环境。福建省环保局的调查表明,2004年闽江流域畜禽养殖废水排放量30.17万t · d⁻¹,COD排放量760.57万t · d⁻¹,氨氮排放量76.57万t · d⁻¹,分别是工业废水排放量的5.7倍、7.5倍,其规模化养猪场废水占80%^[20]。杨国义^[21]报道,城市郊区畜禽粪便的流失率为30%~40%,按流失率为30%计算,2001年广东省畜禽粪便的流失污染负荷为:粪尿量4203.04万t,是工业固体废弃物(1990.30万t)的2.1倍;BOD131.14万t, COD151.67万t, NH₃-N15.53万t^[22]。水体富营养化是家畜粪尿污染水体的一个重要标志,太湖“蓝藻”的爆发就是一个深刻

的教训^[23]。此外,粪便未经无害化处理排入水中易造成传染病的借水流行,最常见的有猪丹毒、猪瘟、副伤寒、布氏杆菌、钩端螺旋体、炭疽等^[24]。

实际上,在畜牧养殖生产过程中会产生大量的有害气体、粉尘和微生物等。若将废弃物随意堆放危害影响更大。以年出栏 5000 头的猪场为例,其每天通过粪便向空气排放的氨气达 67 kg 以上,饲料粉尘近 20 kg,猪粪尿中有机物质会迅速腐败发酵,产生恶臭物质如氨气、硫化氢、甲硫醇、硫化甲基、苯乙烯、乙醛和粪臭素等。据测定^[25],猪粪中含有 75 种之多的臭味化合物,在畜禽舍内采样测定,畜舍内氨气含量一般为 $6 \sim 35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,高者可达 $150 \sim 500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,鸡舍内硫化物浓度为 $0.4 \sim 3.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,猪场每小时还向大气排放约 7.5 亿个菌体。此外,空气中的有害气体在一定条件下,氨气中的氮可被氧化为二氧化氮而溶于水变成硝酸,使周遭环境 pH 值下降。

3 废弃物资源化利用的对策思考

从农村经济发展和农民增收角度考虑,我国规模化养殖迅速发展阶段,理应是一件好事,关键在于要处理妥当废弃物循环利用事宜。根据《农业部畜牧业“九五”及 2010 年发展规划》^[26],2010 年前畜牧业的产值和增加值还将以每年 8% 左右的速度增长,畜禽粪便的排放总量也将急剧增加,畜禽粪便污染问题如不及时解决,必将陷入畜牧业发展越快其污染越严重的怪圈之中而无法摆脱。为此,《国家农村小康环保行动计划》已于 2007 年启动,国土资源部、农业部发布了《关于促进规模化畜禽养殖有关用地政策的通知》,要求各地合理安排养殖用地,及时提供用地,积极为规模化畜禽养殖用地做好服务^[27]。

为了着力解决规模化畜牧业污染的问题,必须依靠科技,根据循环经济的原则^[28],通过相关技术的集成和攻关,走清洁生产^[29]、健康养殖^[30]、循环利用、减少污染的生产道路^[31],发展生态型畜牧产业。其内涵就是要根据家畜生态学和生态经济学原理,应用现代科学技术和系统工程的方法,全面而又系统地规范进行畜牧业生产活动,把畜牧业放在一个大农业生态循环圈中去考虑,使畜牧业生产向着高产、优质、高效、生态和安全综合协调的方向发展,以此达到畜牧业可持续发展的目的。为了促进规模化畜牧业的健康、可持续发展,必须进行科学规划,合理构建模式,力求从源头控制到生产过程综合利用以及末端治理等全过程的防治污染,走出健康养殖—循环利用—

合理承载—防控污染的可持续发展之路。

基于上述观点和原理,福建省农业科学院结合区域特点与生产实践,以集约化生猪养殖场(福清市星源农牧开发有限公司)为研究对象,依据循环经济的“4R”原理,因地制宜构建模式,因势利导优化结构,以规模化养猪场产生的粪污资源特性合理设置循环利用环节,使整个生产系统内实现多层次循环与废弃物再利用,以求降解能耗,达标排放,减少污染,提高效率,增加收益。其运作要点是:通过技术集成等实现废弃物的稳定再利用,通过在场区内部设置合理产业链实现废弃物安全再利用(图 3),进而构建集约化畜牧养殖循环农业发展新模式。三年多的实践表明,星源公司充分利用不同生产环节排放的“废弃物”作为后一个层面或下一道工序的原料,递进循环利用,年节省各种原料投入达 105 万元,解决生猪存栏 1.0 万头的规模化猪场粪污污染难题,实现了社会、生态、经济效益共赢的可喜局面。

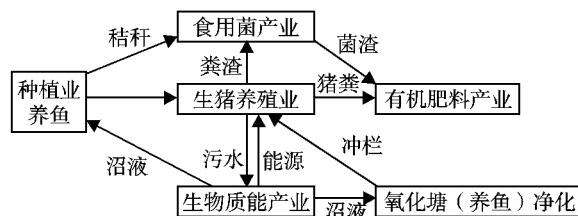


图 3 星源公司规模化养猪场内部循环再利用环节链示意图

Figure 3 The internal part recycling chains diagram of Xingyuan Corporation's large-scale hogger

如何化解集约化畜禽养殖业废弃物的危害,怎样构建循环农业的可持续发展的模式,无疑是值得人们关注与思考。这不仅是农村环保事业的需要,而且是农业循环经济的要求,就发展对策而言,要切实抓好以下 5 个主要环节:

(1) 科学规划,构建体系。依据土地利用规划,做好用地论证和布局,以现有的土地确定畜禽养殖的规模,控制养殖场与水源、居民的距离,确定化粪池容积等。同时还要对建筑设计标准化和规范化,绿化场内环境,集中堆放和处理粪污,做到就地消纳养殖场产生的粪污,以减少污染源,防止污染物扩散。在解决规模化畜牧业发展与污染的矛盾问题时,应调整工作重心,从单纯治理转移到治理与监督管理并重,建立相应的机制,采取经济、行政与法律措施,加大环保执法力度,对畜牧养殖场必须进行环境影响评价。

(2) 健康养殖,清洁生产。进行绿色种植、绿色饲料加工、养殖环境保护、疾病绿色防治、肉产品绿色

加工、包装、运输等畜禽养、加、运、销整个过程,为向社会提供“清洁畜禽产品”。严格控制兽药、抗生素等有害物质的滥用及污染的基础上,积极开发与推广应用低毒、低残留新型饲料添加剂,重视中草药等添加剂的研发与应用,彻底替代化学饲料添加剂。

(3) 优化结构,统筹协调。根据市场需求变化,结合当地的生产实际,通过对畜牧产业的结构优化,及时科学的调整养殖生产的品种、加工和产业发展规模,与此相应的调整相关产业如种植业的生产结构,从而使自身产业以及关联产业均得到科学的优化,发挥产业的优势,推进产业的良好运作,促进农业经济的健康发展。

(4) 循环利用,防控污染。通过生态工程充分地利用物质资源,充分地利用生态系统中生物和谐技术、物质与能量多层次循环利用技术以及生物种充分利用空间资源技术,提高生产效率,以沼气综合利用为纽带,发展农户养、种、加产业相结合的多种立体生态农业模式。当前,要以科学发展观为指导,因地制宜,把畜禽养殖与种植业同步的按比例协调发展,建设良性生态农业,走生态农业之路,把畜禽粪尿变害为利,变废为宝。

(5) 保护环境,持续发展。解决畜禽粪便污染的根本出路是确立可持续发展农业的思想,发展生态型畜牧养殖,促进生态环境良性循环。总的原则是要建生态场,走循环路,兴绿色业。良好的环境不仅影响到畜禽的健康和生产性能的提高,而且影响到与周边居民的关系。因此,要强化广大畜禽养殖场、养殖户环保意识,加强宣传和教育,既注重发展养殖业,壮大企业经济,又注重珍惜和保护人类赖以生存的环境,从而使畜牧业的发展有强劲的动力和持续力。

参考文献:

- [1] 张录强. 我国农业生态系统营养循环链的断裂与重建[J]. 生态经济, 2006(2): 103-105, 109.
- [2] 曲萍, 李萍萍. 食用菌可持续农业生态系统分析研究[J]. 农机化研究, 2005, 3: 87-88, 91.
- [3] Vladimir N, Harvey O. Water quality: Prevention, identification and management of diffuse pollution[M]. New York: Van Nostrand Reinhold company, 1993.
- [4] 余进祥, 刘娅菲. 农业面源污染理论研究及展望[J]. 江西农业学报, 2009, 21(1): 137-142.
- [5] Dennis L, Corwin. Non-point pollution modeling modeling pollution control[S]. Department of Agricultural Economics and Rural Sociology Pennsylvania State University USA, 2001.
- [6] Lena B Vought. The nutrients retention in riparians[J]. AM-BIO, 1994, 23(6): 342-347.
- [7] 国家统计局农村社. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社.
- [8] 李茂松, 左旭. 中国畜禽废弃物的产出量、污染现状及危害[A]. // 农业面源污染与防治——全国农业面源污染与防治学术研讨会论文集[C]. 2004: 111-114.
- [9] 中国国家环保局. 中国国家环境公报(2006).
- [10] 李海鹏, 张俊飏. 中国农业面源污染的区域分异研究[J]. 环境保护, 43-45.
- [11] 刘鸿渊, 刘险峰, 刘泓. 农业面源污染研究现状及展望[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(19): 8249-8250, 8254.
- [12] 翁伯琦. 防治畜禽养殖污染刻不容缓[J]. 农业环境保护, 2002, 21(6): 288.
- [13] 崔峰. 浅谈的农业面源的污染与治理[J]. 北方果树, 2006(6): 59.
- [14] 张克强, 高怀友. 禽畜养殖业污染物处理与处置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 03, 23-29.
- [15] 陶新, 徐子伟, 王峰. 发展养猪业循环经济实现养猪零污染[J]. 家畜生态学报, 2007, 28(6): 171-174.
- [16] 林春野. 重金属 Cu、Cd、Zn 的陆生植物毒性比较研究[J]. 农业环境保护, 1996, 6(15): 266-267.
- [17] 吴建敏, 徐加宽, 徐俊, 等. 规模养殖畜禽粪便污染物监测与评价[J]. 农业环境与发展, 2009(2): 80-83.
- [18] 杨宏军, 赵宏坤. 规模化养猪场的环境污染和应对措施[J]. 中国猪业, 2005, 3: 39-41.
- [19] 陈超, 黄东风, 邱孝煊, 等. 闽江中上游流域农业面源污染调查评估及其防治技术探讨[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊): 368-374.
- [20] 兰良程. 九龙江上游畜牧业发展对流域环境的影响与治理措施初探[J]. 海峡科学, 2007, 7: 7-8.
- [21] 罗定. 农村养殖业污染触目惊心[N]. 新民晚报, 2001-04-01(4).
- [22] 杨国义, 陈俊坚, 何嘉文, 等. 广东省畜禽粪便污染及防治对策[J]. 土壤肥料, 2005(2): 46-49.
- [23] 王晓峰. 再见太湖蓝藻时[J]. 激光与光电子学进展, 2008, 5: 1.
- [24] 杨宏军, 赵宏坤. 规模化养猪场的环境污染和应对措施[J]. 家畜生态学报, 2007, 28(28): 5-8.
- [25] 本多胜男. 粪的处理利用与臭气的对策[J]. 日本养猪, 1993(11): 38-49.
- [26] 王昆华, 金卫华. 对养殖业畜禽粪便污染综合治理的认识与建议[J]. 云南畜牧兽医, 2007(增刊): 63-66.
- [27] 李淑兰, 邓良伟. 2007 年我国畜禽养殖废弃物处理的宏观政策及技术进展[J]. 猪业科学, 2008: 70-72.
- [28] 王修川, 王腾, 袁新国. 运用循环经济理论治理畜禽粪便污染[J]. 环境与可持续发展, 2008(1): 55-57.
- [29] 冯亚玲, 邹法俊, 王世香. 畜禽养殖业实施清洁生产的必要性及措施研究[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2005, 15(4): 78-80.
- [30] 原京成, 刘银梅. 加快构建高效肉牛业的健康生产体系[J]. 山西农业, 2008(4): 31-33.
- [31] 周志旺, 周保国, 蒲健霖. 生物发酵舍(零排放)养猪技术的实施与应用[J]. 现代畜牧兽医, 2008, 11: 54-55.