

文章编号: 1007-7588(2015)12-2430-11

不同类型地区畜禽养殖废弃物资源化利用 管理模式选择 ——以江苏省太湖地区为例

姜海¹, 雷昊¹, 白璐¹, 吴昊², 赵海燕³

(1. 南京农业大学公共管理学院, 南京 210059; 2. 江苏省农业环境监测与保护站, 南京 210036;

3. 南京农业大学资源与环境学院, 南京 210059)

摘要: 不同地区应根据种植业-养殖业发展情况、经济发展水平与政府污染治理能力、水环境状况与治理需求, 因地制宜地选择管理模式。依据系统构成要素及关系, 本文将畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式总结为养殖企业主导型、有机肥企业主导型、种植企业主导型、政府(公益性处理中心)主导型四类。综合应用聚类分析与SWOT分析方法, 将江苏省太湖地区22个县(市、区)划分为三类管理模式地区: 养殖企业-有机肥企业主导型模式混合推广区, 占太湖地区总土地面积43%; 有机肥企业主导型模式重点推广区, 占土地总面积20%; 种植企业主导型模式重点推广区, 占土地总面积37%。政府在畜禽养殖废弃物资源化利用中应同时扮演废弃物处理排放监督者、资源化利用组织者与服务购买者等“多重角色”, 将养殖废弃物资源化利用相关利益主体组织起来, 重新构建种植业-养殖业关系, 切实提高养殖废弃物的有效利用水平。

关键词: 养殖废弃物; 资源化利用; 管理模式; 地区分类; 太湖流域

1 引言

中国畜禽养殖业的快速发展为农民增收和城乡居民生活改善做出了重要贡献, 但是养殖废弃物资源化利用水平过低带来的可持续发展问题也同样突出^[1]。2010年污染源普查结果显示, 畜禽养殖COD排放约占全国COD排放总量45%^[2]。如何加强政府监管、政策引导, 提高畜禽养殖业废弃物资源化利用水平^[3,4], 实现种植业与养殖业协调发展、农民增收与环境保护“双赢”, 是当前中国亟需解决的重要问题。养殖废弃物利用率过低是畜禽养殖专业化、养殖总量快速增长和种植业经营模式转变等因素共同作用下产生的阶段性难题。国内外学者从养殖废弃物(污染)排放评价^[3,6-8]、废弃物养分分配方法^[9]、废弃物处理技术研发^[10-12]、政策设计^[13,14]等方面, 提供了较为丰富的解决方案。在经济发达国家(地区), 由于养殖总量受到严格管控、大中型

养殖比例高、处理技术相对成熟、政府监管体系完善、经济激励约束机制健全, 畜禽养殖废弃物资源化利用水平较高^[15,16]。在中国, 随着规模化养殖废弃物处置排放管理政策、标准陆续出台, 对养殖废弃物治理的投入力度不断加大, 沼气处理等技术加快研发推广, 大中型养殖场废弃物排放开始得到控制。但在畜禽养殖废弃物无害化处理与资源化利用管理中, 由于各地区畜禽粪便消纳能力不同和政府治理监管能力不够, 废弃物处理利用的技术与管理模式推广上存在“一刀切”现象, 对于不同技术模式缺乏针对性的配套政策支撑, 一些养殖场(户)在政府强力支持下建设了废弃物处理设施, 但大部分处于运行不足、闲置甚至废弃状态, 畜禽养殖废弃物无害化处理、资源化利用水平与当前水资源、水环境管理的要求存在显著差距, 难以支撑《全国农业可持续发展规划》提出的2020年实现农作物化肥

收稿日期: 2014-12-30; 修订日期: 2015-04-15

基金项目: 太湖水污染治理专项资金管理类课题(TH2013306); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07101-009)。

作者简介: 姜海, 男, 四川峨眉山人, 博士, 教授, 主要研究方向为资源经济、农村环境政策等研究。E-mail: jianghai@njau.edu.cn

2015年12月

使用量零增长、畜禽粪便基本资源化利用目标^[17]。技术研发以及推广是畜禽养殖废弃物资源化利用的基础,政策和机制设计是关键^[18]。实践表明,由于不同地区在经济发展水平、种植-养殖业规模结构、水环境治理压力上存在明显差异,中国应采取地区差别化的畜禽养殖废弃物资源化利用管理思路与技术模式,并设计本土化的管理制度与运行机制。鉴于此,本文在系统总结畜禽养殖废弃物资源化利用的典型管理模式基础上,构建了一个综合考虑县(市、区)养殖业-种植业发展情况与关系、经济发展水平与政府治理能力、水环境状况与治理需求的地区分类方法,开展不同类型地区的畜禽养殖废弃物综合利用SWOT分析,并以江苏省太湖地区为例,提出不同类型地区畜禽养殖废弃物资源化利用的适宜管理模式与政策设计重点,为更有效地提高畜禽养殖废弃物综合利用水平提供管理模式参考。

2 研究区概况

从经济发展水平、人-地关系、畜禽养殖废弃物产生量、水环境问题、政府管理经验等方面的典型性和前沿性出发,本文选择江苏省太湖地区作为研究区域。该地区包括苏州、无锡、常州3个地级市全域,镇江市大部分地区(不含扬中市),南京市高淳、溧水、江宁3个区,土地总面积24 459km²,常住总人口2 535万。2013年地区生产总值达到26 554.54亿元,相当于用全国0.2%的土地,承载4.7%的经济产出和近2%的人口。同时,该地区也面临着严重的水环境挑战:数据显示,尽管太湖水质比2005年明显好转,但2012年太湖湖体水质总磷为Ⅳ类、总氮仍为劣Ⅴ类^[19]。除了人口高度集中和土地高强度开发带来的水环境压力,高度发达的畜禽养殖业进一步加剧了该地区的水环境问题。据统计,该地区畜禽养殖量达到639.80万头(折合标准生猪,下同),平均单位耕地载畜量为0.56头/亩。从畜禽养殖空间分布来看,近50%畜禽养殖量集中在地区13%的土地上,43个镇(乡、街道)单位耕地载畜量超过1头/亩¹⁾。由于太湖地区大部分属于平原水网区,较高的畜禽养殖量进一步加大了地区水环境污染治理的压力。从养殖场规模结构来看,规模畜禽

养殖量约为548.9万头,分散畜禽养殖量约为90.9万头。从养殖废弃物排放对水环境的影响来看,畜禽养殖污染占该地区COD排放量的39.5%,总磷排放量的25.8%,总氮排放量的27.3%^[19],是太湖地区重要污染源和环境治理的重点与难点。随着国家、江苏省对太湖水环境治理重视程度提高,加大政府监管力度和沼气工程经济补贴水平,该地区一半以上大中型畜禽养殖场废弃物处理设施配套基本到位^[20]。但由于废弃物排放行为难以有效监管,独立处理设施建设运行达不到最低规模经济要求,加上在管理上缺乏除类似于工业点源污染管理方式以外的更加灵活有效的管理模式,分散、小型养殖场(户)畜禽养殖废弃物处理水平普遍不高,导致区域畜禽养殖污染物无害化与资源化利用的整体水平与管理目标存在较大差距。从研究的角度来看,管理政策研究也明显滞后于实践^[21]。因此,总结畜禽养殖废弃物不同管理模式及特点,并明确不同类型地区适宜应用推广的主导模式,对于从管理上推进江苏省太湖地区及其他相似地区畜禽养殖废弃物资源化利用具有重要意义。

3 畜禽养殖废弃物资源化利用典型管理模式分析

模式是对系统构成要素及其联系方式的概括;管理模式是从特定的管理理念出发,在管理过程中固化下来的一套操作系统。划分畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式,就是从资源化利用体系的构成要素(包括畜禽粪污、参与主体、资金来源、处理技术、空间范围与政府管理等)及不同要素之间的关系出发,区分出在运行机制上存在显著差异,适合不同自然、经济社会条件地区的组织管理体系(表1)。长期以来,中国畜禽养殖废弃物资源化利用主要采用政府监督、养殖场(户)处理的模式,其他社会主体参与程度较低。实践表明,要充分实现养殖废弃物资源化利用,除了养殖场(户)和政府,还需要种植企业、有机肥企业等主体的广泛参与,实现从“管制”向“管治”的转变。基于此,综合考虑系统组成要素,以关键利益主体及政府管理活动为主要依据,总结出养殖企业主导、有机肥企业主导、

1)江苏省农业委员会,《江苏省太湖流域畜禽养殖污染治理专项规划》,2013年2月。

种植企业主导、政府(处理中心)主导4类畜禽养殖废弃物资源化利用的典型管理模式,如图1所示。

3.1 养殖企业主导型管理模式

目前畜禽养殖废弃物资源化利用最普遍的管理模式是由规模化养殖场(户)依据国家、地方相关管理规定,为了达标排放投资建设污染物收集、处理设施,并通过土地流转直接经营一定规模的农田、果园、林地等,通过沼气处理和沼渣沼液还田,或者畜禽粪便(主要是干粪)直接还田,实现污染物资源化利用^[9]。该模式中,政府主要扮演外部监督者的角色,对于符合资助条件的部分企业,给予适

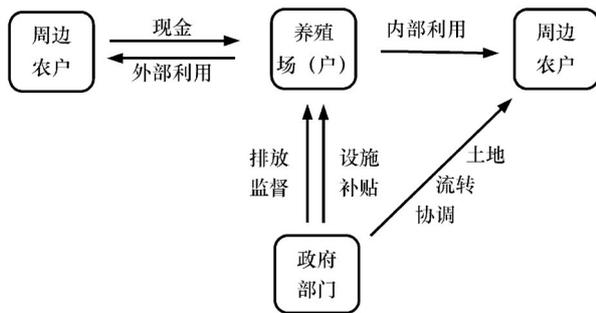
当的财政补贴和技术扶持。有时政府也可能在养殖场(户)与周边农户进行土地流转谈判过程中充当协调人的角色。养殖场(户)周边的农户则根据农业生产需求,通过无偿或有偿的方式,辅助解决部分畜禽粪便还田问题。养殖场(户)的环保意识、设施投资与运行维护意愿和能力,以及政府监管力度,是该模式运行效果的主要影响因素。该模式下,养殖废弃物处理容易被狭隘地理解为“增加成本的行为”,受处理技术的规模经济特性和政府监管能力限制,主要适用于种养一体化大型或中型养殖场,在分散、小型养殖场(户)的应用效果往往

表1 畜禽养殖废弃物资源化利用系统构成要素

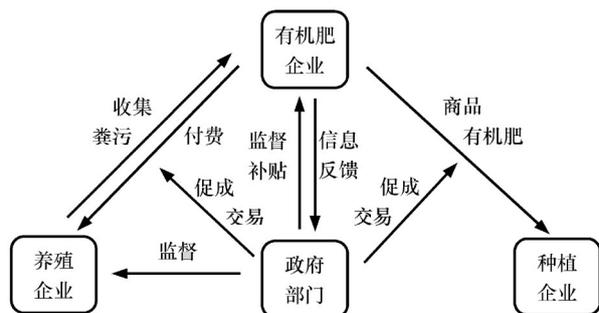
Table 1 Ingredients of livestock waste resource utilization system

| 序号 | 构成要素 | 特征(类型) |
|----|------|--|
| 1 | 处理对象 | ①干粪、尿液(污水)分离;②干粪、尿液(污水)混合 |
| 2 | 参与主体 | ①养殖场(户)+政府;②养殖场(户)+种植企业(户);③养殖场(户)+有机肥企业;④养殖场(户)+政府+种植企业(户);⑤养殖场(户)+有机肥企业+政府+种植企业(户) |
| 3 | 资金来源 | ①政府财政;②社会资本;③政府财政+社会资本 |
| 4 | 利用方式 | ①(堆肥)还田;②沼气处理;③沼气+还田;④有机肥+还田 |
| 5 | 空间范围 | ①原地直接处理利用;②集中收集后处理利用 |
| 6 | 政府管理 | ①外部监督;②外部监督+组织补贴;③外部监督+购买服务;④外部监督+组织补贴+购买服务 |

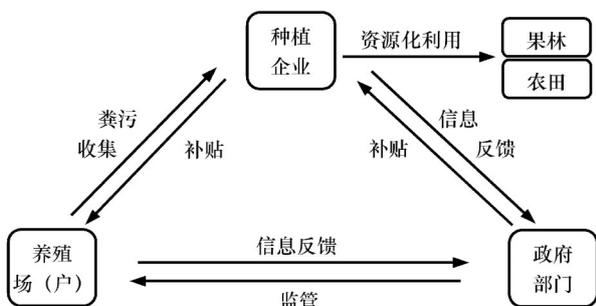
a. 养殖企业主导型



b. 有机肥企业主导型



c. 种植企业主导型



d. 政府(处理中心)主导型

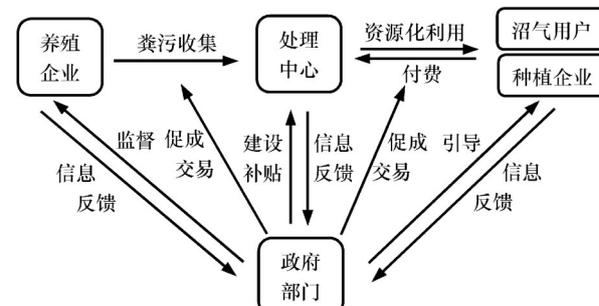


图1 畜禽养殖废弃物资源化利用典型管理模式

Figure 1 Classic management modes of livestock waste resource utilization

2015年12月

不够理想。

3.2 有机肥企业主导型管理模式

随着农业发展对有机肥的需求增加,在一些畜禽养殖场(户)比较集中的地区,出现一些专门制售有机肥的生产企业。这些企业通过建设畜禽粪便收集体系与处理设施,将养殖企业废弃物与秸秆等其他农业废弃物转化成为高附加值商品有机肥^[20]。在此过程中,有机肥企业出于“自利”而承担大部分职能及盈亏风险,政府主要发挥政策引导、经济补贴、关系协调等作用,工程的建设及运行的盈亏都由企业自行承担。该模式的主要特点是将畜禽粪便视为“资源”而不是“垃圾”,经济效益明显。由于商品有机肥的销售范围一般较广,该模式实现了养殖废弃物的本地处理与外地施用相结合,十分有利于养殖场高度集中、水环境容量小的地区。由于有机肥企业一般会考虑原料收集风险与成本,该模式主要适宜大中型畜禽养殖场与小型、分散养殖场混合布局的地区。但是,该模式也存在明显的缺陷,由于养殖尿液、污水的利用价值较低,有机肥企业一般不愿意收集利用,当养殖企业也不具备相应处理能力时,养殖废(污)水难以得到有效处理利用并产生环境污染。

3.3 种植企业主导型管理模式

理论上,种植企业(户)是畜禽粪便的最终需求者和利用者,在养殖废弃物资源化利用中也可能扮演主导者的角色。目前,江苏省设立专项资金,支持一些对有机肥或粪肥需求较大的种植企业(大户),购买专用设备、建设配套设施,承担畜禽粪污的集中收集与处理。在该模式中,畜禽粪便也被视为“资源”而不是“垃圾”,政府主要发挥引导和补贴功能,工程的建设及运行的盈亏都由企业自行承担。由于技术设计中要求企业同步利用畜禽粪便和养殖废(污)水,该种模式能够较好地实现“全量资源化利用”。但是,该模式也面临着畜禽粪污收集成本高、农田施肥淡季企业收集畜禽粪污的积极性不高,大中型养殖场需要配套的农田规模大,土地承包经营权流转难度大等问题,更加适宜小型、分散畜禽养殖场(户)相对集中的地区。

3.4 政府(处理中心)主导型管理模式

在江苏常州市武进区,地方政府正在尝试一种

新型的畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式,即由政府出资建设公益性的农村废弃物资源化处理中心,并提供专项资金用于处理中心运行,包括畜禽的粪污收集运输成本、设备维护及人员费用等^[22]。处理后产生的沼渣沼液直接用于周边农田,沼气用于发电或周边居民使用。在模式中,尽管处理中心可能采用委托企业管理的方式,但政府始终处于主导地位,既要承担项目工程建设及设备采购、处理中心的建设及人员聘用(或运行主体招标、监督管理)等工作,还要负责补贴项目运行过程中可能出现的亏损,在项目中承担着管控、监督、引导、补贴、建设等多种职能,是畜禽粪污收集处理体系运行的核心主体。目前该种模式尚处于试点观察阶段,从模式设计上来看,能够较好地实现畜禽粪便“全量资源化”利用,但是处理中心建设、运行的费用较高,对地方财政要求较高。此外,与养殖企业主导型管理模式比较,该模式显著增加了粪污收集运输成本,因此更加适宜于在污染物无害化处理 and 资源化利用上达不到最低规模经济要求的小型、分散养殖场(户)集中分布的地区。

4 面向畜禽养殖废弃物资源化利用管理的地区分类方法及应用

4.1 地区分类方法构建

畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式选择应考虑各个地区在种植业-养殖业发展情况与关系、经济发展水平与政府治理能力、水环境状况与治理要求等方面的差异,选择差别化的管理模式与政策。这里,构建基于聚类分析方法,能够满足差别化畜禽养殖废弃物资源化利用管理需求的地区分类指标体系与方法(表2)。

4.1.1 地区分类指标体系

(1)地区种植业-养殖业发展情况。畜禽养殖污染治理的根本途径在于实现养殖废弃物的资源化利用,因此种植业-养殖业发展情况和地区粪便需求量是一个地区畜禽养殖废弃物资源化利用需要考虑的首要因素^[5]。本文选择4个指标:农作物总播种面积反映地区种植业规模及养殖废弃物理论上的消纳能力;年末牲畜出栏/存栏量反映地区的畜禽养殖规模及养殖废弃物处理压力;小型养殖比例

表2 基于畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式选择的地区分类指标体系

Table 2 Index system on regional classification for livestock waste resource utilization management mode choice

| 目标层 | 因素层 | 子因素层 | 指标层/单位 |
|-----------------------|---------------|------------|------------------------------|
| 适合禽畜养殖废弃物资源化利用管理的地区分类 | 种植业-养殖业发展情况 | 种植业发展情况 | 农作物总播种面积/(万hm ²) |
| | | 养殖业发展情况 | 年末牲畜出栏/存栏量/万头 |
| | 经济发展水平与政府治理能力 | 种-养关系 | 小型养殖比例/% |
| | | 种-养关系 | 单位耕地载畜量/(头/亩) |
| | | 经济发展水平 | 人均GDP/(万元/人) |
| | 水环境现状与治理要求 | 政府治理能力 | 公共财政预算收入/亿元 |
| 水环境现状 | | 处理设施配套系数/% | |
| | 水环境现状 | 河流水质状况 | |
| | 水环境治理要求 | 太湖保护区级别 | |

反映规模化养殖发展水平;单位耕地载畜量反映种-养关系。

(2)地区经济发展水平与政府治理能力。地区经济发展水平与政府污染处理投入能力、部门管理经验与能力是畜禽养殖废弃物资源化利用的重要外部支撑。本文选择3个指标:人均GDP衡量地区的经济发展水平;公共财政预算收入反映地区政府财政能力(投入能力);现有规模化养殖场粪污处理设施配套系数反映地方畜禽养殖废弃物资源化利用管理水平。

(3)地区水环境污染现状与治理要求。地区水污染状况和水环境治理需求是畜禽养殖废弃物资源化利用的重要动力之一。本文选择2个指标:地区主要河流断面水质状况、地区所处保护区平均级别来反映畜禽养殖废弃物资源化利用的外部压力。

4.1.2 分类方法 选择应用SPSS17.0软件系统聚类分析法,依据三类因素与9项指标(表2),对评价对象进行类型划分。

4.2 方法应用——以江苏省太湖地区为例

4.2.1 分析单元确定 根据畜禽养殖废弃物资源化利用资金来源、管理主体,本文以县(市、区)作为地区分类的分析单元。考虑到苏州、无锡、常州的中心城区已经高度城镇化,畜禽养殖量很低,将这部分地区剔除,最终选择江苏省太湖地区22个县(市、区)进行聚类分析(表3)。

4.2.2 数据来源 研究区域各县(市、区)2012年农作物播种面积、年末牲畜出栏/存栏量、人均GDP(按常住人口计算)、公共财政预算收入等数据主要来自各地统计年鉴、统计公报和《江苏省农村统计年

鉴2013》^[23]。各类(各级)畜禽养殖数据来源于2012年江苏省太湖地区畜禽养殖专项调查成果。主要河流断面水质状况来自太湖流域水文水资源监测中心2012年12月编制的《太湖流域及东南诸河重点水功能区水资源质量状况通报》^[24],太湖保护区级别划定根据江苏省2012年印发的《关于公布江苏省太湖流域三级保护区范围的通知》^[25]。

4.2.3 计算方法 主要评价指标计算方法如下。

(1)年末牲畜出栏/存栏量:

$$S_i = S_{Pi} + 10S_{Ci} + 3S_{Gi} \quad (1)$$

式中 S_i 为第 i 个县(市、区)2012年末牲畜出栏/存栏量(折合标准生猪,下同)。由于禽类养殖粪便的资源化利用情况较好,该指标不考虑禽类养殖量。 S_{Pi} 、 S_{Ci} 、 S_{Gi} 分别为2012年末生猪出栏量、牛存栏量、羊存栏量,数据来自《江苏省农村统计年鉴2013》^[23]。

(2)小型养殖比例:

$$R_i = S'_{Si} / S'_i \quad (2)$$

式中 R_i 为第 i 个县(市、区)规模化养殖中小型养殖占规模化养殖场总量的比例; S'_{Si} 为第 i 个县(市、区)小型养殖场(猪出栏量在50~500头、牛存栏量100头以下、羊存栏量200只以下养殖场及其他相当规模的养殖场)年末出栏/存栏量; S'_i 为第 i 个县(市、区)所有规模化畜禽养殖场年末出栏/存栏总量。

(3)单位耕地载畜量:

$$C_i = S_i / A_i \quad (3)$$

式中 C_i 为第 i 个县(市、区)2012年单位耕地载畜量; S_i 为第 i 个县(市、区)2012年末牲畜出栏/存栏量; A_i 为第 i 个县(市、区)2012年末耕地面积。

2015年12月

表3 畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式选择地区分类指标数值

Table 3 Values of region classification index for livestock waste resource utilization management mode choice

| 地区 | 农作物总 播种面积 /万 hm ² | 年末牲畜出 栏/存栏量 /万头 | 小型养殖 比例 /% | 单位耕地 载畜量 /(头/亩) | 人均GDP /(万元/人) | 公共财政 预算收入 /亿元 | 处理设施 配套系数 /% | 河流 水质 状况 | 太湖保护区 级别 | |
|-----|------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------|------|
| 苏州市 | 相城区 | 0.923 | 14.25 | 44.85 | 1.45 | 13.44 | 60.42 | 32.50 | 4.80 | 3.00 |
| | 吴中区 | 0.925 | 10.71 | 40.02 | 1.21 | 12.39 | 128.15 | 32.70 | 3.40 | 2.00 |
| | 吴江区 | 3.889 | 23.44 | 57.02 | 0.66 | 10.30 | 96.15 | 29.36 | 4.30 | 1.00 |
| | 常熟市 | 7.467 | 29.44 | 40.09 | 0.41 | 16.44 | 149.61 | 27.01 | 5.30 | 3.00 |
| | 张家港市 | 5.581 | 17.23 | 53.07 | 0.34 | 10.35 | 85.41 | 38.49 | 3.20 | 1.00 |
| | 昆山市 | 2.523 | 7.99 | 53.83 | 0.34 | 16.53 | 155.28 | 20.56 | 4.20 | 3.00 |
| | 太仓市 | 4.999 | 31.72 | 0.00 | 0.88 | 11.40 | 17.34 | 69.78 | 4.30 | 1.20 |
| 无锡市 | 惠山区 | 1.908 | 8.97 | 20.39 | 0.64 | 11.74 | 167.19 | 30.51 | 2.50 | 2.00 |
| | 锡山区 | 2.008 | 4.38 | 79.80 | 0.24 | 8.31 | 78.38 | 37.74 | 2.80 | 1.30 |
| | 江阴市 | 4.776 | 34.63 | 26.66 | 0.85 | 15.65 | 50.02 | 37.90 | 3.20 | 2.00 |
| | 宜兴市 | 9.593 | 27.28 | 53.92 | 0.34 | 8.72 | 17.55 | 49.08 | 3.60 | 1.40 |
| 常州市 | 新北区 | 2.690 | 7.70 | 0.00 | 0.44 | 8.50 | 23.11 | 30.03 | 2.50 | 3.00 |
| | 武进区 | 4.772 | 21.91 | 25.99 | 0.66 | 8.92 | 117.05 | 33.94 | 5.20 | 1.20 |
| | 溧阳市 | 9.503 | 12.94 | 30.10 | 0.22 | 7.38 | 40.50 | 43.60 | 3.00 | 2.00 |
| | 金坛市 | 5.673 | 28.27 | 16.96 | 0.69 | 6.71 | 23.11 | 31.14 | 5.20 | 3.00 |
| 镇江市 | 镇江市区 | 2.137 | 5.09 | 40.80 | 0.29 | 8.55 | 99.77 | 27.15 | 3.10 | 3.00 |
| | 丹徒区 | 3.658 | 12.65 | 30.56 | 0.49 | 6.34 | 18.04 | 43.18 | 2.80 | 3.00 |
| | 丹阳市 | 8.488 | 23.50 | 39.47 | 0.32 | 5.43 | 50.09 | 46.27 | 2.40 | 3.00 |
| | 句容市 | 7.774 | 12.50 | 40.48 | 0.20 | 8.37 | 25.01 | 37.94 | 2.30 | 3.00 |
| 南京市 | 江宁区 | 6.722 | 30.85 | 40.00 | 0.46 | 9.83 | 135.81 | 35.00 | 2.50 | 3.00 |
| | 溧水区 | 5.869 | 23.00 | 11.31 | 0.48 | 8.82 | 29.20 | 38.45 | 2.50 | 3.00 |
| | 高淳区 | 4.976 | 11.01 | 52.28 | 0.27 | 8.71 | 22.00 | 26.62 | 3.00 | 3.00 |

(4) 治污设施配套系数:

$$P_i = \sum_{j=1}^5 \lambda_{ij} \cdot P_{ij} \quad (4)$$

式中 P_i 为第 i 个县(市、区)规模化畜禽养殖场粪污处理设施配套系数; λ_{ij} 为第 i 个县(市、区)第 j 类处理设施的权重(通过管理部门专家打分确定); P_{ij} 为第 i 个县(市、区)配备了第 j 类处理设施的规模化养殖场养殖量占地区规模化养殖量比例, P_{i1} 、 P_{i2} 、 P_{i3} 、 P_{i4} 、 P_{i5} 分别为雨污分流设施、清粪设施、粪便存储处理设施、养殖污(废)水处理设施、沼气设施的配备比例。

(5) 河流水质状况:

$$W_i = \sum_{j=1}^n \frac{Q_j \cdot L_{ij}}{L_i} \quad (5)$$

式中 W_i 为第 i 个县(市、区)2012年河流水质状况; Q_j 为河流断面水质类别(I类、II类、III类、IV类、V类、

劣V类水质对应取值为1、2、3、4、5、6); L_{ij} 为第 i 个县(市、区)域内断面水质为 j 类的主要河流长度; L_i 为第 i 个县(市、区)主要河流总长度。

(6) 太湖保护级别:

$$R_i = \sum_{j=1}^3 \frac{R_j \cdot A_{ij}}{TA_i} \quad (6)$$

式中 R_i 为第 i 个县(市、区)太湖保护级别; R_j 为江苏省太湖保护区级别(一级、二级、三级保护区对应取值为1、2、3); A_{ij} 为第 i 个县(市、区)域内第 j 级保护区的面积; TA_i 是第 i 个县(市、区)的总面积。

4.2.4 地区分类结果 在进行综合聚类分析之前,首先进行单要素聚类分析,为综合聚类分析结果的解释应用提供参考。

(1) 种植业-养殖业发展情况的地区分类结果。从种植业-养殖业发展情况与关系来看,江苏省太湖地区可以划分为四类地区(图2a)。

I类地区包括武进等6个县(市、区),该类地区平均畜禽养殖总量为36.56万头,大中型养殖比例为83.8%,单位耕地载畜量0.96头/亩。

II类地区包括高淳等4个县(市、区),该类地区畜禽养殖总量相对较小,单位耕地载畜量0.47头/亩,大中型养殖比例较低(40%)。

III类地区包括宜兴等6个县(市、区),该类地区种植业规模较大,单位耕地载畜量0.42头/亩,畜禽养殖废弃物治理压力相对较小。

IV类地区包括昆山等6个县(市、区),该类地区种植业和养殖业规模均较小,由于耕地资源较少,单位耕地载畜量达到0.65头/亩,大中型养殖场比例接近70%。

(2)经济水平与政府治理能力的地区分类结果。基于地区经济水平与政府治理能力可以划分出三类地区(图2b)。

I类地区包括高淳等8个县(市、区),经济发展水平较低,政府治理能力较弱,2012年人均GDP 8.73万元,县(市、区)平均公共财政预算收入28.72

亿元。

II类地区包括宜兴等8个县(市、区),经济发展水平与政府治理能力处于中间水平。

III类地区包括昆山6个县(市、区),经济发展水平较高,政府治理能力较强,人均GDP达到12.64万元,平均公共财政预算收入为142.18亿元。

(3)水环境污染状况与治理要求的地区分类结果。基于地区水环境污染现状与治理要求,可以划分出三类地区(图2c)。

I类地区包括宜兴等6个县(市、区),该类地区在空间上与太湖直接毗邻或接近,河流断面平均水质属劣V类,内部及外部(太湖)水环境污染治理的压力都很大。

II类地区包括高淳等8个县(市、区),属于太湖保护的边缘缓冲区,所属太湖保护区级别不高,河流断面平均水质为III类,水环境治理压力较小。

III类地区包括昆山等8个县(市、区),该类地区与太湖保持一定距离,但是地区内河流断面水质平均属于劣V类,内部水环境压力较大。

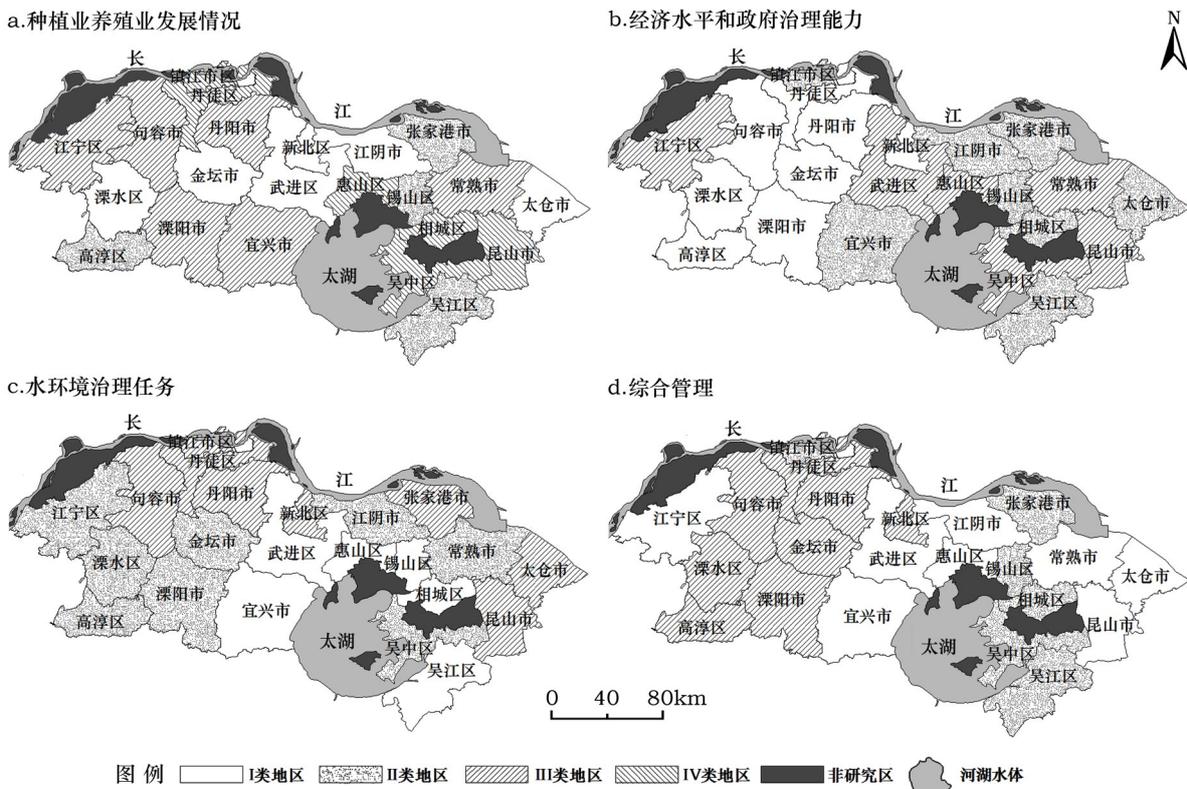


图2 基于畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式选择的江苏省太湖地区分类结果

Figure 2 Regional classification results for livestock waste resource utilization management mode choice in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province

2015年12月

(4) 畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式选择的地区综合分类结果。综合考虑地区种植业与养殖业发展情况、地区经济发展水平与政府治理能力、地区水环境(污染)现状与治理要求,江苏省太湖地区可以划分为有着显著差别的三类地区(图2d)。这里,在综合分类结果的基础上,对不同类型地区的(组内)特征进行总结,并应用SWOT分析方法,剖析不同类型地区在畜禽养殖废弃物资源化利用中面临的机遇与挑战。

I类地区:包括宜兴、江阴、太仓、武进、惠山、常熟、昆山、江宁8个县(市、区),土地总面积为9 182km²,占江苏省太湖地区43%。优势:种植业规模较大,平均农作物总播种面积4.678万hm²,规模化养殖程度较高(小型养殖比例36.06%),为畜禽养殖废弃物资源化利用提供了重要的外部条件与产业支撑;河流水质情况较好,水环境治理压力相对较小。劣势:单位耕地载畜量达到0.50头/亩,养殖集中分布乡镇畜禽养殖粪污处理的压力较大。机遇:2012年人均GDP达到12.69万元/人,平均公共财政预算收入144.99亿元,经济发展水平高、政府投入能力强,畜禽养殖废弃物资源化利用的社会基础好。挑战:规模化养殖场治污设施配套不够完善,如何把较高的经济能力转化为畜禽养殖废弃物资源化利用能力是亟待解决的问题(表4)。

II类地区:包括锡山、吴中、吴江、张家港、相城5个县(市、区)及镇江市,总共6个研究单元,土地总面积4 190km²,占江苏省太湖地区20%。优势:养殖规模较小,2012年平均养殖总量仅12.52万头。劣势:土地资源高度稀缺,种植业规模小,平均农作物总播种面积为2.577万hm²,单位耕地载畜量高达0.7头/亩,本地畜禽粪便消纳能力和资源化利用空间十分有限。机遇:该类地区与太湖相邻或距

离较近,是太湖水环境治理的重点区域,国家、江苏省在环境治理资金与政策上有所倾斜;人均GDP为10.56万元/人,政府的财政能力较强,资源化利用的外部条件较好。挑战:如何将环境治理(本地与外部)需求转化为畜禽养殖废弃物资源化能力,协调较小的环境容量与较大的废弃物产生量之间的矛盾(表4)。

III类地区:包括溧水、高淳、金坛、新北、丹徒、溧阳、丹阳、句容8个县(市、区),土地总面积为7 848km²,占江苏省太湖地区37%。优势:种植业规模较大,平均农作物总播种面积达到6.182万hm²,单位耕地载畜量低于其他两类地区(0.47头/亩),且规模化养殖比例高,畜禽养殖废弃物资源化利用的自然、经济条件好。劣势:2012年人均GDP为8.73万元/人,平均公共财政预算收入为28.72亿元,经济发展水平与政府财政能力相对较弱。机遇:规模化畜禽养殖场粪污处理设施配备情况较好,种植业转型发展对畜禽粪便需求增加。挑战:经济发展与水环境治理的潜在矛盾较大(表4)。

5 畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式的地区差异化推广应用

依据对江苏省太湖地区县(市、区)类型划分与畜禽养殖废弃物资源化利用SWOT分析,结合不同畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式特征,提出在江苏省太湖地区实行畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式差异化推广应用的思路。

I类地区:该类地区经济高度发达,种植、养殖规模较大,对太湖水环境的直接影响显著,应采取多种模式并举策略。

(1) 政府应通过规划管制和政策引导,结合地区耕地资源数量和种植业发展战略严格控制畜禽养殖总量,降低小型、分散养殖比例。

表4 不同类型地区主要指标平均值

Table 4 Mean values of indicators for different regions

| 地区类型 | 农作物总 播种面积 /万hm ² | 年末牲畜出 栏/存栏量 /万头 | 小型养殖 比例 /% | 单位耕地 载畜量 /(头/亩) | 人均GDP /(万元/人) | 公共财政 预算收入 /亿元 | 处理设施 配套系数 /% | 河流 水质 | 太湖保护 区级别 |
|------|-----------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------|
| I类 | 4.678 | 19.83 | 36.06 | 0.50 | 12.69 | 144.99 | 29.40 | 2.80 | 2.44 |
| II类 | 2.577 | 12.52 | 52.59 | 0.70 | 10.56 | 91.38 | 28.17 | 2.90 | 1.88 |
| III类 | 6.182 | 20.47 | 27.43 | 0.47 | 8.73 | 28.72 | 41.27 | 2.96 | 2.51 |

(2)政府应认真履行畜禽养殖污染排放监督职能,严格执行国家《畜禽规模养殖污染防治条例》,加大对大中型养殖场废弃物处理设施建设、运行的监管力度。

(3)政府可以通过技术指导与补贴引导,鼓励畜禽养殖场扩建、改建处理设施,提高处理能力和效果。对于因历史原因形成的养殖场(户)相对集中且周边耕地消纳能力不足的地区,可通过地区性补贴政策推广有机肥企业主导型或政府(处理中心)主导型管理模式。在种植企业(大户)具有参与积极性的地区,也应该通过补贴鼓励种植企业主导模式的发展。

总体上,该类地区可以划定为养殖企业-有机肥企业主导型管理模式混合推广区,政府应充分发挥财政能力与管理经验上的优势,外部监管与经济激励并重,提高养殖企业废弃物资源化的自觉性与主动性,并积极促进其与有机肥企业等经济主体在养殖废弃物资源化利用中的合作。

II类地区:该类地区经济发展水平较高,养殖业发展与水环境保护冲突剧烈,小型养殖比重高,地区耕地畜禽粪便消纳能力明显不足且对太湖水环境产生直接影响。

(1)应严格落实《江苏省太湖流域畜禽养殖污染治理专项规划》中“禁养区”管制规则,关闭和搬迁禁养区内的违规畜禽养殖场(户),适度降低地区畜禽养殖总量。

(2)由于小型养殖场(户)比例高,应大力推广有机肥企业主导型管理模式,一方面加大对有机肥企业的非定向补贴力度,鼓励有机肥行业的整体性发展,提高畜禽粪便的有机肥转化率与异地利用率,另一方面可通过定向补贴政策,引导有机肥企业提高(生猪)养殖废水的收集与利用率,弥补有机肥企业自发行为的不足。

(3)在生猪养殖场(户)相对集中、养殖污水产生量较大且政府财政实力较强的地区,还可以推广政府(处理中心)主导型模式。

该类地区可以划定为有机肥企业主导型模式重点推广区,政策设计的重点是有机肥企业的扶持与行为引导。

III类地区:该类地区种植业规模大,水环境治

理压力相对较小,但经济发展水平和政府投入能力较低。

(1)在政策设计上,畜禽养殖废弃物处置应突破行业局限,以鼓励“种养结合”为主。

(2)在农业经营主体发生变化的背景下,可制订针对种植企业(大户)的农家肥补贴政策,根据当地畜禽粪便收集运输成本及其对种植企业(大户)经营成本的影响,合理测算补贴标准,提高种植企业(大户)施用农家肥的积极性。

从畜禽养殖废弃物资源化利用的经济性出发,该类地区可以划定为种植企业主导型模式重点推广区。

6 结论与讨论

综合考虑系统组成要素及关系,重点依据关键利益主体及政府管理活动的类型,可以将畜禽养殖废弃物资源化利用管理模式划分为养殖企业主导型、有机肥企业主导型、种植企业主导型、政府(处理中心)主导型。由于不同地区在种植业-养殖业发展情况、经济发展水平与政府治理能力、水环境污染状况与治理要求等方面存在显著差异,应根据各类地区畜禽养殖废弃物资源化利用中的优势、劣势及面临的机遇、挑战,合理选择适宜的主导管理模式,并从政府定位、资金保障、组织方式、财政补贴等方面设计相应的管理政策。对江苏省太湖地区县(市、区)的聚类分析表明,该地区可以划分为养殖企业-有机肥企业主导型模式混合推广区、有机肥企业主导型模式重点推广区、种植企业主导型模式重点推广区三类地区,并采取差别化的管理政策设计思路。无论采用何种模式,实现畜禽养殖废弃物资源化利用的关键是要完善政府角色和职能,从单一的外部监督管制者转变为废弃物处理监督者、资源化利用的组织者与服务的购买者“多重角色”。政府应致力于种植业与养殖业生产者关系的协调,通过加强监管落实规模化养殖场废弃物处理责任,应用合理的补贴政策调动种植企业(大户)、有机肥企业等经济主体参与积极性,给予废弃物资源化利用上无法达到最低规模经济要求的分散、小型养殖场(户)针对性的管理、服务,将在专业化分工趋势和交易费用约束下断裂了的种养关系通过

2015年12月

新的技术经济途径重新联系起来,从根本上提升畜禽养殖废弃物资源化利用水平。

参考文献 (References):

- [1] 国家环境保护部,农业部. 全国畜禽养殖污染防治“十二五”规划[EB/OL]. (2012-12-31)[2015-02-11]. http://sts.mep.gov.cn/gzdt/201212/t20121231_244521.html.
- [2] 国家环境保护部,农业部,国家统计局. 第一次全国污染源普查公报[EB/OL]. (2010-02-11)[2015-02-11]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qttjgb/qgqttjgb/201002/t20100211_30641.html.
- [3] 李飞,董锁成. 西部地区畜禽养殖污染负荷与资源化路径研究[J]. 资源科学,2011,33(11):2204-2211.
- [4] Inaba R, Furuichi T, Komatsu T, et al. Centralization of dairy farming facilities for improved economics and environmental quality[J]. *Waste management*, 2009, 29(1): 214-223.
- [5] 侯麟科,仇焕广,崔永伟,等. 环境污染与畜牧业空间布局研究[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(12):65-69.
- [6] 陆杰,魏晓平,张怀志,等. 面源污染中畜禽有机磷的流失形态及其环境效应[J]. 中国人口·资源与环境,2006,16(5):130-134.
- [7] 彭里,古文海,魏世强,等. 重庆市畜禽粪便排放时空分布研究[J]. 中国生态农业学报,2006,14(4):213-216.
- [8] 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,2010,32(5):946-950.
- [9] 阎波杰,赵春江,潘瑜春,等. 畜禽废弃物养分资源分配方法研究-以北京市大兴区为例[J]. 资源科学,2010,32(5):951-958.
- [10] 李文哲,徐名汉,李晶宇. 畜禽养殖废弃物资源化利用技术发展分析[J]. 农业机械学报,2013,44(5):135-142.
- [11] 薛念涛,潘涛,孙长虹,等. 畜禽养殖污染物资源化利用技术及模式研究[J]. 环境科学与管理,2014,39(6):31-35.
- [12] 卞有生. 生态农业中废弃物的处理与再生利用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [13] Catelo M, Angles O, Dorado M A, et al. Backyard and Commercial Piggeries in the Philippines: Environmental Consequences and Pollution Control Options[R]. Singapore: Economy and Environment Program for Southeast Asia, 2001.
- [14] 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[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2013,(1):12-18.
- [15] Lantz M, Syensson M, Bjornsson L. The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden: Incentives, barriers and potentials[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(3): 1830-1843.
- [16] Nauyen Q, Chinh K. Dairy Cattle Development: Environmental Consequences and Pollution Control Option in Hanoi Province, North Vietnam[R]. Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA), 2005.
- [17] 农业部. 关于印发《到2020年化肥使用量零增长行动方案》和《到2020年农药使用量零增长行动方案》的通知[EB/OL]. (2015-03-18)[2015-03-21]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201503/t20150318_4444765.htm.
- [18] 张高强,高怀友. 畜禽养殖业污染物处理与处置[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [19] 国家发展改革委,环境保护部,住房城乡建设部,等. 太湖流域水环境综合治理总体方案(2013年修编)[EB/OL]. (2013-12-30)[2015-02-11]. http://www.sdpc.gov.cn/fzgggz/dqjj/zhd/201401/t20140114_575733.html.
- [20] 吴昊,管永祥,梁永红,等. 江苏省太湖流域畜禽养殖污染治理现状及政策建议[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):401-403.
- [21] 闫丽珍,石敏俊,王磊,等. 太湖流域农业面源污染及控制研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(1):99-107.
- [22] 朱丽娜,姜海,诸东海,等. 分散养殖污染治理中政府定位及公共服务供给研究[J]. 农业环境与发展,2013,(2):7-10.
- [23] 江苏省统计局,国家统计局江苏调查总队,江苏省农业委员会,等. 江苏省农村统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2013.
- [24] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域及东南诸河重点水功能区水资源质量状况通报(2012年12月)[EB/OL]. (2013-04-09)[2015-12-07]. <http://www.tba.gov.cn/tba/content/TBA/lygb/sgnqsztb/0000000000000958.html>.
- [25] 江苏省政府办公厅. 关于公布江苏省太湖流域三级保护区范围的通知[EB/OL]. (2012-12-28)[2015-12-07]. http://govinfo.nlc.gov.cn/jssfz/jszb/656334a/201312/t20131218_4485216.shtml?classid=383.

Regional livestock waste resource utilization management modes in the Taihu Lake Basin, Jiangsu

JIANG Hai¹, LEI Hao¹, BAI Lu¹, WU Hao², ZHAO Haiyan³

(1. College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210059, China;

2. Jiangsu Province Agricultural Environment Monitoring and Protection Station, Nanjing 210036, China;

3. College of Resource and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210059, China)

Abstract: Non-hazardous recycle utilization of waste from the livestock breeding industry is very important for agricultural non-pointed source pollution control and water environmental conservation in China. Local governments face a major challenge in choosing appropriate management modes for different regions. Based on an analysis of the system's ingredients and relationships, livestock waste resource utilization management modes are summarized as four types: livestock farm oriented mode; organic fertilizer production factory oriented mode; plantation oriented mode; and local government or public organic waste treatment center oriented mode. Different regions should choose appropriate livestock waste resource utilization modes based on the level of development in the local crop farming and livestock sector; the level of regional economic development; the status of public finances and the capacity of local governments to abate livestock waste; and the status of the local water environment and pressure of water pollution control. The southern area of Jiangsu Province surrounding Taihu Lake is chosen as a case study in this paper. The region faces a major water environment crisis caused by pollution from livestock breeding and other sources. The 22 counties (including cities and districts) in the Taihu Lake basin in Jiangsu could be divided into three types of regions by cluster analysis for livestock waste resource utilization. The appropriate management mode for each type of region is assessed through a SWOT analysis. Forty-three percent of the areas studied should mainly apply a livestock farm oriented mode or organic fertilizer production factory oriented mode, both of which are characterized by a highly developed economy, large agricultural acreage and a large amount of livestock breeding, and direct connection with the water pollution of Taihu Lake. Twenty percent of the areas studied should mainly apply an organic fertilizer factory oriented mode, which is characterized by very limited capacity of pollutant transformation for small agricultural acreage. Thirty-seven percent of the areas should mainly apply a plantation oriented mode, which is characterized by relatively mild water pollution control pressure and relatively poor public finances. In the non-hazardous recycle utilization of waste from the livestock breeding industry, the government should take on the role of organizer and service buyer, in addition to the conventional role of supervisor of livestock waste treatment, in order to rebuild the economic and resource relationship between the farming and livestock breeding industries.

Key words: livestock waste; resource utilization; management mode; regional classification; Taihu Lake Basin