

我国农业废弃物沼气生产现状·模式·主要问题分析

陈利洪, 闫云, 李莹 (江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院, 江苏徐州 221116)

摘要 阐述了我国农业废弃物主要利用模式, 分析了我国沼气利用现状, 结果表明, 2000—2015年我国的沼气生产主要以农业废弃物沼气为主, 主要包括户用沼气和农业工程沼气, 工业工程沼气在我国沼气产业中的比重极低。介绍了与沼气生产结合的循环农业利用模式, 包括户用模式(包括“三合一”模式、“四位一体”模式和“五配套”模式)和大中型工程模式, 其中大中型工程模式着重介绍了“德青源模式”。最后分析了我国农业废弃物沼气化利用中存在的问题, 包括农业废弃物资源量巨大, 但资源浪费严重; 沼气池废弃率高; 农业废弃物利用模式多样化, 但产业化水平低; 农业废弃物处理的相关政策亟待完善; 低碳循环农业发展模式的重视程度还不够。

关键词 农业废弃物; 利用模式; 问题分析

中图分类号 S216.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)30-0067-04

Analysis on Present Status, Models and Main Problems of Biogas Production of Agricultural Wastes in China

CHEN Li-hong, YAN Yun, LI Ying (School of Geography, Geomatics and Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract The main mode of utilization of agricultural wastes in China was expounded, present situation of biogas utilization in China was analyzed, the results showed that biogas production was mainly based on agricultural waste biogas during 2000-2015, mainly including household biogas and agricultural engineering biogas. The proportion of industrial engineering biogas in China's biogas industry was very low. The mode of agricultural recycling combined with biogas production was introduced, including household models (including the "three in one" mode, "four in one" mode and "five matching" mode) and large and medium-sized engineering mode, and the large and medium-sized engineering model mainly was introduced "DQY mode". Finally, the existing in the utilization of agricultural wastes in China biogas production problems were analyzed, including agricultural wastes in China was huge, but waste of resources was serious; the waste rate of methane tank was high; the mode of agricultural waste utilization was diversified, but the industrialization level was low; the relevant policies of agricultural waste disposal in China should be improved urgently; low carbon recycling agriculture development model in China was not enough attention.

Key words Agricultural wastes; Utilization model; Problem analysis

我国每年会产生大量有机废弃物, 以农业残余物为主, 主要包括农作物秸秆、农产品加工副产品和禽畜粪便。2013年我国农作物秸秆、农产品加工副产品及畜禽粪便的理论资源量分别为9.56亿、1.15亿和26.76亿t, 其中畜禽粪便理论资源量中粪便量为18.09亿t, 尿量为8.67亿t^[1]。农业废弃物利用得当是资源, 利用不当或不利用就很可能成为污染源。因此, 提高农民对秸秆利用的积极性至关重要^[2]。多年来, 我国农村一直面临着因农业废弃物处置不当而造成严重环境污染以及可再利用资源严重浪费的问题^[3]。

农业废弃物利用方式多样, 如秸秆可用于薪柴、畜牧饲料、工业原料、还田及作为生物能源原料等^[4]。尤其是基于农业废弃物的生物能源完全避免了发展生物能源时的“粮食安全”的担忧。目前, 结合沼气生产的循环农业利用方式是我国农业废弃物能源利用的最主要方式, 其突出的减排效果和减污效果已经被广泛研究和证实^[5-6]。近年来, 对我国农业废弃物利用模式的研究逐渐成为热点, 目前主要集中在农户层面。农业废弃物的沼气利用被认为是减污、减排和循环农业高效综合利用的最佳途径之一, 因此系统和有针对性地我国农业废弃物的典型利用模式进行梳理, 分析其中可能存在的问题有助于我国农业废弃物的高效和无害化利用。

1 我国农业废弃物主要利用模式

我国农业废弃物主要包括农作物秸秆、农产品加工副产品和畜禽粪便, 其中农产品加工副产品一般包括稻壳、花生

壳和玉米芯。在评估农业废弃物资源量时, 农产品加工副产品容易被忽略。由于农作物秸秆和农产品加工副产品均直接来自于农作物, 其主要利用方式基本一致, 但侧重点不同, 主要可用于畜禽饲料、工业原料、生活燃料、秸秆还田及作为沼气生产原料等。畜禽粪便的主要用途是作为粪肥和沼气发酵原料等。

在与沼气结合的循环农业利用模式中, 在农户层面主要有“三合一”模式、“四位一体”模式和“五配套”模式; 在大中型工程层面有“德青源模式”^[7]、“气热电肥联产模式”^[8]等。我国农业废弃物主要利用模式见图1。

我国农业废弃物的主要利用方式不同。贾春雨^[9]将我国畜禽养殖场废弃物处理的基本工程模式分为能源生态模式、能源环保模式、种养平衡模式、土地利用模式、达标排放模式等; 毛薇等^[10]将养殖废弃物的循环利用模式分为农牧业有机结合模式、物联网+智慧养殖模式、主体小循环、园区中循环和区域大循环模式等; 石祖梁等^[11]研究认为, 目前我国秸秆全量化利用技术模式主要分为还田主导模式、种养结合模式、产业带动模式和多元循环模式等。

农业废弃物具有广泛的用途, 除与沼气生产结合的循环农业用途外, 农作物秸秆和农产品加工副产品一般还可以用于畜禽饲料、工业原料、生活燃料和秸秆还田等方面。畜禽粪便的非沼气利用模式主要是用于直接堆肥, 此外还可用于饲料生产。

此外, 农业废弃物还有未利用部分。未利用秸秆一般是指秸秆被废弃或直接焚烧掉的部分。每年直接焚烧的秸秆带来的严重空气污染已经被广泛重视。为了保护环境, 很多当地政府都明文禁止直接焚烧, 但禁而不止的现象突出。此

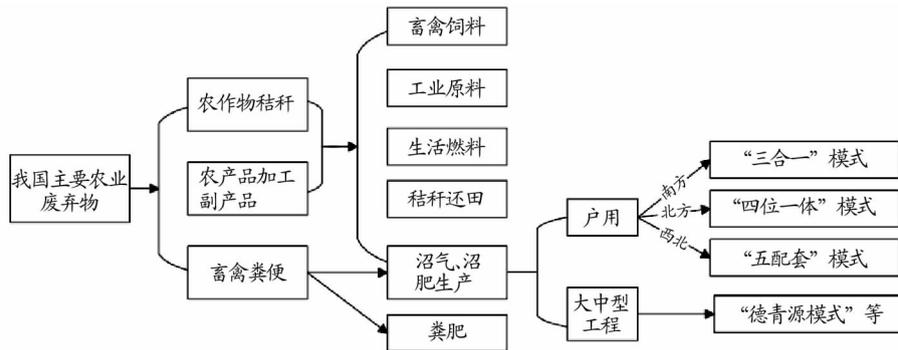


图1 我国农业废弃物组成及其主要利用模式

Fig.1 Composition and main utilization models of agricultural wastes in China

外,畜禽粪便的未充分利用主要在于农村畜禽散养模式导致的畜禽粪便收集困难。当前畜禽粪便在农村主要用于沼气生产和粪肥,如若未妥善处理同样会对环境造成严重污染。

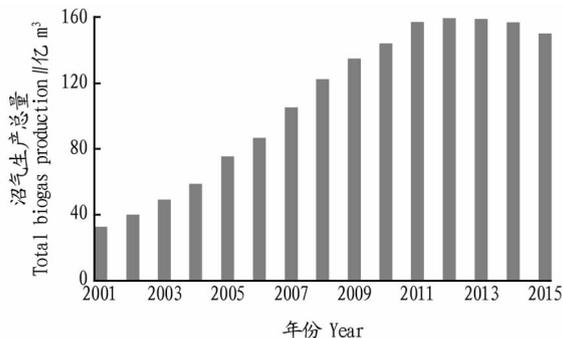
2 我国沼气利用现状及主要沼气利用模式

2.1 我国沼气利用现状

20世纪70年代初,我国政府在农村推广沼气事业,沼气池生产的沼气一般用于农村家庭的炊事并逐渐发展到照明和取暖上。这期间主要经历了5个阶段:第1阶段是70年代初到80年代初,为高速发展和回落阶段。当时政府在全国大力推广沼气用于解决农村地区的燃料短缺。但这次“拔苗助长”的推动建设方式由于缺乏技术支持和管理不善,造成沼气池数量先增后降。第2阶段是80年代初到90年代初,为调整阶段。该阶段主要修理问题沼气池,所以发展速度放慢。第3阶段是90年代初到90年代末,为回升发展阶段。由于第2阶段科研与示范工作取得重要成果,沼气与生态建设有机结合,户用沼气池建设回升发展。第4阶段是2000—2012年,为快速发展阶段。期间我国沼气快速发展,户用沼气和农业工程沼气发展尤为迅速。第5阶段为2013年至今,我国沼气总产量开始徘徊不前并有逐渐下降趋势,主要是农村人口生活习惯发生改变、城镇化等原因造成农村户用沼气池大量弃用^[1,12]。

2001年我国沼气总产量为31.5亿 m^3 ,到2013年时我国沼气总产量达到了157.77亿 m^3 ,较2001年增加了400%。2013年是我国新世纪以来沼气产量的顶峰。实际上2012、2014年我国沼气总产量与2013年非常接近,说明2012—2014年我国沼气发展已经失去了快速发展的动力,开始徘徊不前。2014、2015年我国沼气总产量分别为155.04亿和148.66亿 m^3 ,可见我国沼气发展乏力,形成向下发展趋势(图2)。

总体上,沼气工程在我国的发展比较顺利。虽然我国沼气总产量达到顶峰并有下降趋势,但农业工程沼气产量仍在逐年增加,在我国沼气总产量中的比例也不断增加。从2001—2015年我国沼气主要来源及比重(图3)可以发现,我国户用沼气产量的比重逐年下降,从2001年的94.67%下降到2015年的83.01%;农业工程沼气产量的比重得到了比较明显的提升,从2001年的1.11%增加到2015年的15.13%;而工业工程沼气的产气量虽然在总量上保持相对稳定,但所占比例却从2001年的4.22%下降到2015年的1.86%。

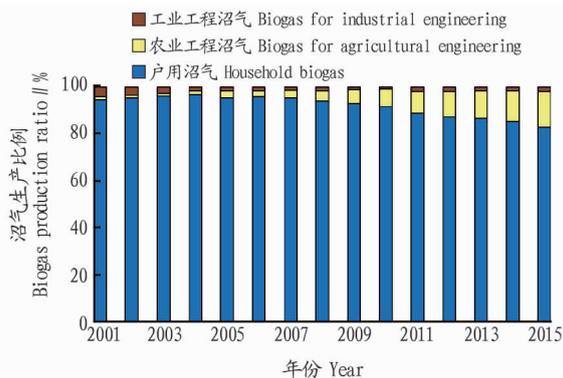


注:数据来源于《中国农业统计资料(2000—2015)》

Note:The data were from *The Agricultural Statistics Data of China* (2000—2015)

图2 2001—2015年我国沼气生产总量

Fig.2 Total biogas production in China during 2001—2015



注:数据来源于《中国农业统计资料(2000—2015)》

Note:The data were from *The Agricultural Statistics Data of China* (2000—2015)

图3 2001—2015年我国沼气主要来源及比重

Fig.3 The main sources and proportion of biogas in China during 2001—2015

从历年我国沼气产量可以发现,沼气生产主要以农业废弃物沼气为主,主要包括户用沼气和农业工程沼气,工业工程沼气在我国沼气产业中的比重极低。因此,农业废弃物的沼气化利用是我国废弃物处理和沼气生产的协同选择。

2.2 与沼气生产结合的循环农业利用模式

与沼气生产结合是循环农业的重要途径之一,而且已经被证明具有显著的减污、减排效果。因此,与沼气生产结合的循环农业利用模

式在当前和未来都将是我国低碳发展与可再生能源开发的战略重点。

2.2.2.1 户用模式。

2.2.2.1.1 “三合一”模式。“三合一”模式主要分布在我国南方地区。猪粪是沼气生产的主要原料,根据农业对象的差异,目前主要有“猪-沼-果”“猪-沼-茶”“猪-沼-菜”“猪-沼-花”等农业生态模式^[13]。除了养殖猪以外,广大农村的农户一般还会养殖牛、鸡、羊等畜禽,因此“三合一”模式可总结为“畜禽-沼气-农林作物”模式,其中农林作物则广泛地存在于农业和林业当中。

2.2.2.1.2 “四位一体”模式。“四位一体”模式主要分布在我国北方地区,该模式的特点是引入了温室。该模式以庭院为基础,集日光温室、沼气池、猪舍等为一个统一的整体,以太阳能为动力,以沼气生产为纽带,种养结合构成生态的良性循环,尤其是利用庭院有限的土地和空间,生产绿色有机食品,并通过秸秆利用有效地减少了农村的环境污染^[14]。

2.2.2.1.3 “五配套”模式。“五配套”模式主要分布在我国西北地区,其主要特点是为了适应当地的干旱环境引入了蓄水池。该模式主要包括沼气池、果园、暖圈、蓄水池和太阳能^[15]。“五配套”模式以农户庭院为中心,以节水农业、设施农业与沼气池和太阳能的综合利用作为解决当地农业生产、

农业用水和日常生活所需能源的主要途径。

2.2.2 大中型工程模式——以“德青源模式”为例。随着畜禽养殖的集约化,农村肥料施用由有机肥为主转变为化肥占主导地位,导致了畜禽粪便的未充分利用,甚至带来新的环境污染问题^[16]。因此,如何高效、综合利用畜禽粪成为畜禽养殖集约化需要考虑的关键问题。“德青源模式”是解决我国高效利用畜禽粪便的典型模式。

德青源是我国第一个批准的农业清洁发展机制(clean development mechanism, CDM)企业。德青源拥有集养殖、沼气、种植、肥料为一体的综合资源利用模式(图4)^[1,7]。德青源的蛋鸡存栏量每年稳定在300万只,鸡粪年产生量为8万t,每年产生的生产、生活污水10万t。养鸡厂为沼气工程提供原材料,生产出的沼气除了发电上网外,也免费提供给周边的村民使用。生产出的沼肥一部分用作出售,一部分供生态园内的生态农场使用。生态农场采用生态种植方式,避免了农药对瓜果蔬菜的污染。周边农户通过德青源免费提供的沼液提高土壤肥力,促进玉米生长,无公害的玉米收获后出售给德青源公司用于鸡的饲料。除了出售鸡蛋和蛋鸡外,对鸡蛋进行深加工出售能提高鸡蛋的价值,增加企业的效益。

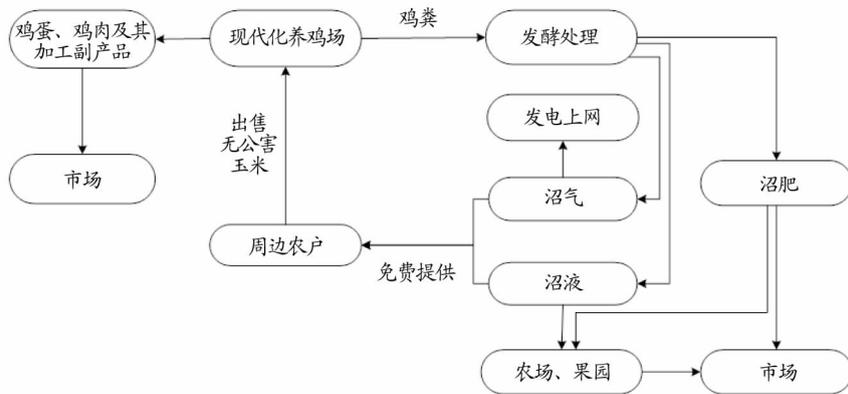


图4 德青源资源综合利用模式

Fig.4 Model of comprehensive utilization of resources DQY

德青源公司每年能生产固态肥6600t,液态肥14.0万t,有机玉米6.0万t,有机水果2.5万t。工厂每年向周边农户供气73万m³,发电余热的综合利用相当于每年又节省了4500t标准煤。尤其是通过世界银行、荷兰政府与德青源公司的仔细核算,认定德青源沼气工程每年能少排放温室气体折合CO₂84000t,能因此获得的温室气体减排补助费用约每年800万元。将这部分收入计入经济效益时,将大大缩短了德青源沼气工程的投资回收期^[1]。因此,低碳减排收益是德青源公司相对于农户的显著优势之一。

3 我国农业废弃物沼气化利用中存在的问题

3.1 我国农业废弃物资源量巨大,但资源浪费严重 在考虑了其他必要用途的前提下,无论是19.00%^[17]还是5.64%^[1]的农业废弃物沼气开发率都从侧面反映了我国农村农业废弃物资源浪费已相当严重。如何充分和高效地利

用我国农业废弃物资源是未来很长一段时间需要面对的主要问题。此外,目前农业废弃物利用中各用途比例只是当前技术、经济水平下的反映,如何优化利用还需要进一步研究和实践。

3.2 沼气池废弃率高 由于缺乏科学的引导和规划,我国的沼气池废弃率问题显得比较突出。主要原因:易接受新事物的农村年轻人外出打工现象越来越多,因外出务工人员增多造成的农村沼气池的闲置比例越来越高;留守在家的多为老年人和小孩,由于技术指导和宣传不到位,老年人不懂得按要求投料、换料,不测试pH,造成发酵料液酸化等;部分农户沼气池的原料不足或麻烦也是造成沼气池废弃率高的原因^[1,18]。

3.3 农业废弃物利用模式多样化,但产业化水平低 目前我国农业废弃物主要有“三合一”“四位一体”“五配套”等利

用模式,企业化的优良模式如“德青源模式”和“民和牧业模式”等仍较少。总体来看,我国农业废弃物利用模式缺乏集约、规模效应,其结果是资源利用率很低,产业化水平低。集约利用的关键在于资金和技术。因此,如何进一步提高农业废弃物利用的技术水平,拓展农业废弃物沼气产业化发展的投、融资渠道是促进我国农业废弃物沼气化利用的关键环节。

3.4 我国农业废弃物处理的相关政策亟待完善 大中型沼气工程一次性投资较大,且当前情况下企业能从工程项目建设中获得的收益相对较低,投资回收期长,商品化程度低造成了建设融资难,运行获利难。企业没有经济效益就很难推动我国沼气产业的发展。我国在沼气工程建设的用地、用电、税收以及排污费收取等方面没有优惠政策和措施,这些都需要完善。只有完善政策,确保沼气工程的健康运转,让高品质的燃气进入市场产生经济效益,才能反过来促进这个行业的发展。此外,我国始终禁而不止的秸秆禁烧问题充分反映出相关政策的实效性低^[19]。如何制定出政府满意、百姓支持且实施效果良好的农业废弃物处理政策是我国农业废弃物高效、综合利用的政策保障。

3.5 我国低碳循环农业发展模式的重视程度不够 众多研究证明,利用农业废弃物生产沼气具有显著的温室气体减排效果,但我国以农户为主要处理单位的废弃物利用模式在减污和减排效果效率上还不如企业,这主要涉及到资源利用效率及沼气逃逸等问题。尽管我国已经有了一些效果极好的企业模式,但推广力度还不够,也就造成了我国农业废弃物集约化利用程度很低,从而导致低碳农业在我国农业生产和农业废弃物处理中的重要性将会愈加凸显。

4 结语

推进资源循环利用,发展清洁能源,是全世界都将面临的重大挑战。21世纪注重低碳发展,废弃物的减量化、资源化、综合化处理利用是实现低碳发展的基本要求。农业与农村废弃物的资源化循环利用和生物能源化已经成为许多国家低碳发展与可再生能源开发的战略重点,并有望成为极具

发展潜力的战略性行业。在我国现有的农业废弃物资源基础上,如何进一步优化利用农业废弃物资源将是一个长久的具有重要价值的课题。

参考文献

- [1] 陈利洪. 中国生物质废弃物资源空间分布及其燃气潜力[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [2] 郭瑞琦, 张雅聪, 桑明娟, 等. 江苏省农作物秸秆的生物天然气潜力及其温室气体减排估算[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(34): 111-114, 181.
- [3] 朱建国, 陈维春, 王亚静. 农业废弃物资源化综合利用管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [4] 石元春. 中国生物质原料资源[J]. 中国工程科学, 2011, 13(2): 16-23.
- [5] 程序, 朱万斌. 产业沼气——我国可再生能源家族中的“奇兵”[J]. 中外能源, 2011, 16(1): 37-42.
- [6] 王明新, 夏训峰, 柴育红, 等. 农村户用沼气工程生命周期节能减排效益[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 245-250.
- [7] CHEN L H, CONG R G, SHU B R, et al. A sustainable biogas model in China: The case study of Beijing Deqingyuan biogas project [J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2017, 78: 773-779.
- [8] 石建福, 高桂花, 施兴荣, 等. “气热电肥联产”模式秸秆沼气工程探索与经济效益分析: 上实农业园生物质循环利用示范工程模式解析[J]. 可再生能源, 2012, 30(6): 107-110.
- [9] 贾春雨. 规模化畜禽养殖场废弃物处理工程模式研究[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(8): 29-30, 44.
- [10] 毛薇, 吴国斌. 规模化畜禽养殖废弃物循环利用模式及实施路径[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(6): 71-74.
- [11] 石祖梁, 刘璐璐, 王飞, 等. 我国农作物秸秆综合利用发展模式及政策建议[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(6): 16-22.
- [12] 党金霞. 寒区高效小型沼气工程的设计与试验研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- [13] 方琦, 华永新. 低碳乡村建设中发展沼气技术典型模式分析[J]. 农业工程技术(新能源产业), 2010(8): 19-22.
- [14] 张鑫. “四位一体”农业生态系统能流与能值分析[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007.
- [15] 屠云璋. 中国沼气发展现状(2003)[EB/OL]. [2017-07-05]. <http://wenku.baidu.com/view/c50a3bfa770bf78a6529542a.html>.
- [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] CHEN Y, YANG G H, SWEENEY S, et al. Household biogas use in rural China: A study of opportunities and constraints[J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2010, 14(1): 545-549.
- [18] 中国农业推广网. 沼气池使用率偏低原因分析与对策[EB/OL]. (2012-03-16)[2017-07-05]. <http://www.farmers.org.cn/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=161249>.
- [19] 王舒娟, 蔡荣. 农户秸秆资源处置行为的经济学分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(8): 162-167.
- [1] 林源, 马骥, 秦富. 中国畜禽粪便资源结构分布及发展展望[J]. 中国农学通报, 2012, 28(32): 1-5.
- [2] 王秋侠. 有效治理畜禽粪便污染, 扼制农业面源污染来源[J]. 吉林农业, 2015, 24(9): 85.
- [3] 张绪美. 中国畜禽养殖及其粪便污染特征与发展趋势分析[D]. 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2008.
- [4] 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所. 第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册[EB/OL]. [2017-08-07]. <http://doc.mbalib.com/view/e4c6ba36add152acdffa0bf7db0e5>.
- [5] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [6] 朱丰华, 程相鲁. 家禽粪便污染治理现状及发展趋势[J]. 新疆畜牧业, 2014, 12(3): 8-10.
- [7] 高艳臣, 沈维力. 畜牧业产生的环境污染及其治理措施[J]. 养殖技术顾问, 2012(6): 227.
- [8] 曹英华. 畜禽粪便污染治理研究的新视角: 评《畜禽粪便污染治理的环境成本控制和区域适宜性分析》[J]. 湖南饲料, 2013, 12(5): 3.
- [9] 廖新伟. 我国畜禽粪便创新性处置影响因素分析[J]. 中国家禽, 2012, 34(5): 1-4.
- [10] 陈出清, 崔丰元, 庞梅, 等. 中国北方某流域畜禽养殖污染与防治对策研究[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(2): 39-42.
- [11] 白延飞, 王子臣, 吴昊, 等. 建立小型分散养殖粪污集中收集处理服务体系的研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(33): 11844-11847.
- [12] 何瑞银, 姚立健, 骆娅君, 等. 中小型养鸡场鸡粪处理的现状分析[J]. 农机化研究, 2005(6): 71-73.

(上接第66页)

的粪污治理,应该是全社会公益性的事业,长期而又艰巨,必须动员全社会和多渠道力量共同参与实施,才能确保我国养殖业的健康、可持续发展,环境友好型生态和谐共生。

参考文献