

中国农业废弃物资源化现状与发展战略

孙永明¹, 李国学¹, 张夫道², 施晨璐¹, 孙振钧¹

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094; 2. 中国农业科学院土壤与肥料研究所, 北京 100081)

摘 要: 该文依据中国农业废弃物数量大、品质差、价格低、危害多的污染特点和农业废弃物作为能源、肥料、饲料和材料的资源化利用现状, 分析了农业废弃物的资源潜力以及在资源化过程中的限制因素和技术瓶颈, 并结合中国社会、经济发展的目标, 提出农业废弃物资源化的发展战略思路和战略重点, 发展生态农业、走循环经济的对策; 提出了依靠政策引导、技术支撑和资金投入, 大力发展生物质经济的保障措施。

关键词: 农业废弃物; 资源化; 生物质; 循环经济; 生物质经济

中图分类号: X71

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)08-0169-05

孙永明, 李国学, 张夫道, 等. 中国农业废弃物资源化现状与发展战略[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 169- 173

Sun Yongming, Li Guoxue, Zhang Fudao, et al. Status quo and developmental strategy of agricultural residues resources in China[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(8): 169- 173 (in Chinese with English abstract)

0 引言

农业废弃物(agricultural residue)是指在整个农业生产过程中被丢弃的有机类物质, 主要包括: 农林生产过程中产生的植物残余类废弃物; 牧、渔业生产过程中产生的动物类残余废弃物; 农业加工过程中产生的加工类残余废弃物和农村城镇生活垃圾等^[1]。中国种植业正在向省工、高效的方向转变, 以及养殖业的集约化、城郊化, 同时大量化肥的使用每年产生畜禽粪便 26.0 亿 t, 农作物秸秆 7.0 亿 t, 蔬菜废弃物 1.0 亿 t, 乡镇生活垃圾和人类粪便 2.5 亿 t, 肉类加工厂和农作物加工场废弃物 1.5 亿 t, 林业废弃物(不包括薪炭林)0.5 亿 t, 其他类的有机废弃物约有 0.5 亿 t, 约合 7 亿 t 的标准煤^[1,2]。中国已经成为世界上农业废弃物产出量最大的国家, 而绝大多数农业废弃物没有被作为一种资源利用, 随意丢弃或者排放到环境中, 使一部分“资源”变为“污染源”, 对生态环境造成了极大的影响。因此实现农业废弃物变“废”为“宝”, 消除环境污染, 改善农村生态环境^[3], 对中国全面建设小康社会和实现农业可持续发展具有重大意义。

1 中国农业废弃物的资源化现状

1.1 污染现状

中国每年产生的农业废弃物数以几十亿 t 计, 由于污染事故与事件逐年增加, 才渐渐被人们重视。农业废

弃物在生产过程中由于可利用品位不高, 成分复杂, 二次开发成本高、难度大, 同时缺乏政策的引导和资金的投入, 导致农业废弃物污染呈现出数量大、品质差、危害多的特点^[1]。农业废弃物污染主要表现在: 秸秆焚烧增加了空气污染指数并影响到交通和航空运输事业; 养殖场周边污水横流, 臭气熏天, 严重影响生态环境及景观, 居民的日常生活和身体的健康, 直接导致面源污染和水体富营养化; 农药、兽药和重金属等残留进入土壤, 一方面影响到农产品的品质, 另一方面增加土壤微生物的耐药性; 农业“白色污染”影响景观, 土壤的正常功能, 作物的生长以及农产品的产量和品质等等^[1-5]。

1.2 资源潜力

农业废弃物蕴藏着巨大的资源。中国产生的农业废弃物按目前的沼气技术水平能转化成沼气 3111.5 亿 m³, 户均达 1275.2 m³, 可解决农村的能源短缺; 以农作物秸秆为例, 将目前的 5 亿 t 秸秆转化为电能, 以 1 kg 秸秆产生电 1 kW·h 计算, 就有电能 5 亿 kW·h 的潜力; 作为肥料可提供氮(N): 2264.4 万 t; 磷(P₂O₅): 459.1 万 t; 钾(K₂O): 2715.7 万 t; 作为饲料, 仅玉米秸秆能提供 1.9~2.2 亿 t。通过表 1 中国农业废弃物资源化潜力分析可见其巨大的商业开发前景^[1-4,15,18]。

1.3 资源化现状

中国农业废弃物再利用有着悠久的历史, 源于中国的堆肥(composting)和沼气(bio-gas)技术在传统的生态理念指引下被广泛应用, 从全国生态农业示范县收集到的 370 多个生态农业(ecology agriculture)实用模式中, 就有 1/3 是以农业废弃物的循环利用技术为纽带联结形成的高效生产模式^[5,6]。近些年来, 农业废弃物在能源化、肥料化、饲料化和材料化上取得了显著的成绩。

1) 能源化

农业废弃物是农村能源(rural energy)的重要组成部分, 在解决农村能源短缺和农村环境污染方面有重要的价值。近年来, 中国先后对畜禽粪便厌氧消化、农作物秸秆热解气化等技术进行了攻关研究和开发, 已经取得

收稿日期: 2004-12-12 修订日期: 2005-05-23

基金项目: 国家中长期科学和技术发展战略研究“农业废弃物资源化与农村生物质资源战略研究”课题

作者简介: 孙永明(1977-), 男, 内蒙古丰镇人, 博士生, 主要从事农业废弃物的资源化和生物处理技术研究。北京 中国农业大学资源与环境学院, 100094

通讯作者: 孙振钧, 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 有机畜牧业与农业废弃物的生物处理。北京 中国农业大学资源与环境学院生态系, 100094。Email: sun108@cau.edu.cn

了一定成绩, 生物质能高新转换技术不仅满足农民富裕后对优质能源的迫切需求, 也在乡镇企业等生产领域中得到应用, 目前农业废弃物能源化的方向有: 高效沼气和发电工程系统研究; 组装式沼气发酵装置及配套设备和工艺技术研究; 中热值秸秆气化装置和燃气净化技术研究; 移动式秸秆干燥粮食工艺及成套设备研究; 秸

秆干发酵及其配套技术研究; 秸秆直接燃烧供热系统技术研究; 纤维素原料生产燃料乙醇技术研究; 生物质热解液化制备燃料油、间接液化生产合成柴油和副产物综合利用技术研究; 有机垃圾混合燃烧发电技术; 城市垃圾填埋场沼气发电技术; “四位一体”模式和“能源-环境工程”技术农业生态综合利用模式研究等^[1, 8-11]。

表 1 中国农业废弃物资源化潜力分析

Table 1 Potential analysis of the agricultural residues in China

种类	数量 /10 ⁹ t	肥 料				能 源		
		有机质 /10 ⁴ t	含氮量(N) /10 ⁴ t	含磷量(P ₂ O ₅) /10 ⁴ t	含钾量(K ₂ O) /10 ⁴ t	热值 /10 ¹⁵ kJ	沼气 /10 ⁹ m ³	标准煤 /10 ⁹ t
畜禽粪便	26	27399	1470	294	1109	32	497.84	1.12
农业秸秆	7.0	36386	430	57	651	100	1546.86	3.48
蔬菜类废弃物	1.0	1748	69	7.3	37	12	177.8	0.40
生活垃圾	2.5	6250	120	72	249	23	346.71	0.78
林业废弃物	0.5	3205	34	55.5	500	7.3	111.13	0.25
加工废弃物	1.5	3040	84.8	17.3	101.8	22	328.93	0.74
其 它	0.5	2001	56.6	11.5	67.9	6.7	102.24	0.23
合 计	39.0	80029	2264.4	459.1	2715.7	203	3111.5	7.0

2) 肥料化

农业废弃物(畜禽粪便、秸秆等)和乡镇生活垃圾的肥料化在提高土壤肥力, 增加土壤有机质, 改善土壤结构等方面有其独特的作用。近年来, 农业废弃物肥料化的主要方向有: 畜禽粪便开发研制的生态型肥料和土壤修复剂等技术; 不同原料好氧堆肥关键技术研究; 高效发酵微生物筛选技术研究; 以城乡有机肥为原料, 配以生物接种剂和其他添加剂, 高效有机肥生产技术研究; 农业废弃物的腐生生物高值化转化技术研究; 畜禽粪便高温堆肥产品的复混肥生产技术研究; 秸秆等植物纤维类废弃物沤肥还田技术研究; 农作物秸秆整株还田、根茬粉碎还田技术研究^[1-4, 12-14]。

3) 饲料化

目前, 农业废弃物的饲料化主要分为植物纤维性废弃物的饲料化和动物性废弃物的饲料化, 因为农业废弃物中含有大量的蛋白质和纤维类物质, 经过适当的技术处理, 便可作为饲料应用。主要的技术有: 通过微生物处理转化技术, 将秸秆、木屑等植物废弃物加工变为微生物蛋白产品的技术研究; 通过发酵技术对青绿秸秆处理的青储饲料化研究; 通过对秸秆等废物氨化处理, 改善原料适口性和营养价值氨化技术研究。动物性废弃物的饲料化主要是畜禽粪便和加工下脚料的饲料化研究, 由于动物性废弃物的饲料化存在太多的安全隐患, 不值得提倡^[1, 6, 13, 16], 因此不在这里赘述。

4) 材料化

利用农业废弃物中的高蛋白质资源和纤维性材料生产多种生物质材料和生产资料是农业废弃物资源化了的又一个拓展领域, 有着广阔的前景。目前的研究主要包括, 利用农业废弃物中的高纤维性植物废弃物生产纸板、人造纤维板、轻质建材板等材料研究; 通过固化、炭化技术制成活性炭技术研究; 生产可降解餐具材料和纤维素薄膜研究; 制取木糖(醇)的研究。主要应用方法

有: 稻壳作为生产白炭黑、炭化硅陶瓷、氮化硅陶瓷的原料; 秸秆、稻壳经炭化后生产钢铁冶金行业金属液面的新型保温材料; 麦草经常压水解、溶剂萃取反应后制取糠醛; 甘蔗渣、玉米渣等制取膳食纤维; 利用秸秆、棉籽皮、树枝叶等栽培食用菌; 棉籽加工废弃物清洁油污地面; 棉秆皮、棉铃壳等含有酚式羟基化学成分制成聚合阳离子交换树脂吸收重金属^[1, 14, 17, 21]。

2 中国农业废弃物资源化的主要问题

在中国的现实社会环境中, 由于农业废弃物的数量大、品质差、危害多的特点, 人们对农业废弃物的价值还存在一些消极的观念, 没有放在整个社会循环系统中考虑, 导致对农业废弃物资源化的重视程度不够、资源总量估计不清, 技术支撑不足, 政策引导不力等的现实问题, 阻碍了农业废弃物资源化与生物质能利用技术的发展、推广和应用^[1, 19]。

2.1 资源总量不清

中国每年到底产生多少农业废弃物, 这些废弃物呈怎样的分布, 利用状况如何, 对环境造成多大影响, 没有准确的数据和记录, 仅仅是根据作物和养殖规模估算。不同部门的统计数据出入很大, 难辨真伪; 农业废弃物是如何处置处理的, 各种消纳和利用途径比例及具体应用情况如何, 没有量化的数据, 也没有估算的标准统计数据。各地根据农业废弃物的数量、特点, 以及不同区域依据其地区特点和经济发展状况因地制宜确定的农业废弃物综合利用模式有哪些, 都没有明确的数据, 中国的农业废弃物的产生量和危害停留在粗略的估算上, 数据不准, 家底不清, 导致中国农业废弃物资源利用的盲目性, 限制了切实可行政策的制定^[1, 18, 19]。

2.2 重视程度不够

数以几十亿 t 计的农业废弃物已经成为中国最大的污染源和潜在资源库。以 2003 年中国畜禽粪便产生

量为例,所产生的21亿t畜禽粪便是中国固体废弃物产生量的2.4倍。畜禽粪便化学耗氧量的排放量已达9118万t,远远超过中国工业废水和生活废水的排放量之和。如果这些废弃物不能有效地无害化处理和转化为资源,就是一个巨大的污染源。据国家环保局在太湖地区的调查,农业废弃物的污染占面源污染的60%。由表1可知农业废弃物又是一个有巨大潜力的资源库。若将全国农业废弃物所蕴含的能量转化成沼气计算可达3111.5亿 m^3 ,户均达1275.2 m^3 ^[1,2]。解决农村的能源问题绰绰有余。因此,农业废弃物是一最大的搁置资源。目前,人们对农业废弃物的这种双重性认识不清,重视不够^[1,7]。

2.3 技术装备落后

虽然中国有农业废弃物资源化的传统,但是创新的技术少,有自己知识产权的技术和有很好适应性能和推广价值的技术更少。实际上我们原有的优良传统技术(堆肥技术、沼气技术)没有大的发展,就是由于长期困扰生产的一些问题,比如发酵过程中的微生物筛选,沼气的产气率和设备、堆肥的设备和氮素损失没有得到很好的解决。学习国外的先进技术又不到位,如,中国规模化养猪场废弃物处理的设备引进过程中,没有很好的吸收和消化国外的整套技术。不清楚农业废弃物产品开发的主攻方向,导致中国的农业废弃物转化产品品种单一、质量差、利用率低、商品价值低,不能形成产业化,无论在国内还是在国际市场上都没有竞争力,也就不能有效的转化农业废弃物,实现资源化利用;同时在设备的投入上,财政的支撑和吸纳社会资金的能力不足,一些很好的技术在产业化的转化过程中,得不到应用和推广,导致废弃物的资源化在低水平上重复以至发展缓慢,不能适应社会生产的需求^[1]。

2.4 政策法规缺乏

中国目前已建立了若干项涉及废弃物资源化的环境政策,主要是由国家环保总局出台政策,然而相关的农业部门,主要是抓“谷物、肉、蛋、奶”的生产,并不重视农业废弃物这类“副产品”,更谈不上相应的鼓励治理政策,即便是在食品安全受到高度重视的大背景下,农业废弃物的处理与资源化也没有摆在应有的位置,而且多头管理也造成部门间的有关政策法规的矛盾和冲突。目前的策略基本上是采取末端治理思路去“堵绝”污染,没有强调全过程的综合治理,这样“堵”的结果是废弃物累积性危害的爆发。目前的政策主要是废弃物的治理性和限制性的政策,标准和准则不全面,不统一,有些标准要求高,缺乏监督管理机制,只有“罚”没有“奖”,可操作性不强,运行成本超过相关责任人的承担负荷,执法人员执行难度大,导致政策落实难。此外,还没有一套完整的有关农业废弃物利用的专门法律或法规,而且针对不同地域和不同类型的农业废弃物没有相应的废弃物管理办法,更谈不上系统的监测、监管、预测、预警体系。中国急需制定出相关的法律和法规来规范废弃物的资源化利用^[1,7]。

3 中国农业废弃物资源化的发展战略

3.1 总体发展思路

中国在未来15~20年,农业废弃物的产生总量依然呈增加的趋势,如果不加合理的利用和处理,农业废弃物,尤其是畜禽养殖对环境的污染将更加严重。农业废弃物的处理与资源化不仅关系到资源的再利用和环境安全,而且与农业的可持续发展和农村小康社会的建设紧密相关。农业废弃物资源化的总体发展战略思路是按循环经济理论,以人为本,由废弃物的生态循环开始,逐级发展到循环农业,循环社会的“三环”循环总体发展战略思路(见图1):第一个“环”是从农业本身发展的层面,按照生态循环原理,以农业废弃物的循环利用为切入点连接种植和养殖业,构建循环农业的发展模式;第二个“环”是依据循环经济的原理,构建生产-生活-生态-生命(人)一体化协调发展的“四位一体”农村发展模式;第三个“环”为在上述两个循环的基础上,形成具有循环社会特征的农村小康社会。

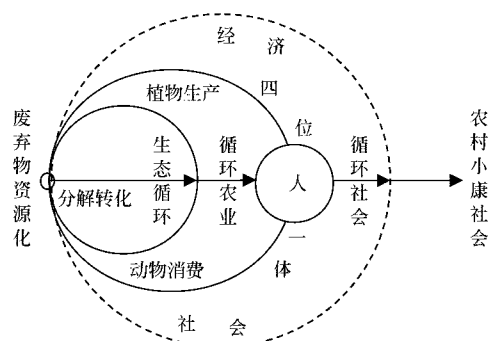


图1 农业废弃物资源化总体发展思路

Fig. 1 Overall development route of agricultural residue resources

农业废弃物的合理利用和处理,主要的技术突破在以下几个方面:生物处理和生态利用技术的结合将进一步提高物质、能量转换效率,提高产品经济和商品价值,降低生产成本;新技术、新工艺进步,促进生物质能源在可再生能源结构中所占比例;形成比较完善的生产体系和服务体系,保护环境和国民经济可持续发展。

1) 单项技术

以现代生物技术、信息技术和工程技术提升现有技术和技术产品的技术含量。比如发酵工程中微生物的筛选和高效工程菌的构建,高效率的机械设备与生物技术有机结合,通过工艺和工程技术的升级和设备水平的提高,提高废弃物无害化、资源化的效率和产品质量。

2) 技术集成

依据不同地区资源优势和经济发展水平,因地制宜利用现代科学技术并与传统农业技术相结合,按照“整体、协调、循环、再生”的原则,运用系统工程方法,将各种技术优化组合,构建农业废弃物资源化高效利用生态模式。建立和完善农业废弃物资源化利用标准技术体系和技术保障体系。实现生态环境与农村经济两个系统的

良性循环,达到经济、生态、社会三大效益的统一。

3.2 发展战略重点

通过废弃物处理与资源化技术升级和产品拓展,实现废弃物资源化产品的无害化、高效化、高质化和工业化。具体有十个重点课题,即:农业废弃资源肥料生产技术与产业化;农业废弃资源饲料化技术与产业化;农业废弃资源新材料生产技术与产业化;农业废弃资源生产生化制品技术与产业化;基于信息技术的废弃物环境安全和预警体系研究与建设;农业废弃物污染治理环境工程与生态技术;用于环境污染物治理和废弃物资源化的生物技术;废弃物处理与综合资源化利用生态工程模式;现代工程技术提升废弃资源机械设备研发与示范推广;农林废弃物生物转化的基础研究。

4 中国农业废弃物资源化的对策和保证措施

通过对中国农业废弃物污染现状和资源化技术现状以及主要的瓶颈和资源潜力的分析,依据中国未来全面实现小康社会和 GDP 翻两番的目标和目前面临的“三农”现状,应用现代的生物技术和工程技术提升农业废弃物的肥料化、能源化、饲料化和材料化水平;针对农业废弃物的数量大、品质差、危害多的特点,提高废弃物的利用率,消除农业废弃物对环境的污染,开发生物质能源,发展生物质经济,变废为宝,物尽其用,需要从政策上引导、技术升级支撑、确保资金投入等方面,使农业废弃物资源化得以落实。

4.1 政策引导

针对农业废弃物的资源化缺乏相关的政策性引导,应制定出废弃物资源化的相应政策,明确废弃物资源化的方向是发展循环经济和生态农业,通过制定相关法规教育和提高全民的生态环保素质,鼓励相关技术的引进和中国具有自主知识产权开发,扶持相关人才的培养,补充和修改相关治理政策,实行全过程管理与末端治理相结合的原则,环保部门和农业部门相结合,政策和法规标准要有步骤、分阶段、分区域的制定和落实,标准要切实可行。

4.2 技术支持

农业废弃物的资源化要依靠技术支撑,在现有技术优势的基础上,组合升级,解决两个层次和两个升级的关键技术。两个层次是农业废弃物集中程度比较高的养殖场等点源污染治理和资源利用技术的攻关和农村广大区域面源污染综合治理和资源化利用问题的技术攻关;两个技术升级是提高转化效率和提高转化产品的质量和数量,将大量的污染物转化为能源物质和资源,消除环境污染,通过技术的升级,降低运行成本,提高效益。

4.3 投入资金

投入不仅是资金的投入,还要有管理、人才等等,但是资金的投入是农业废弃物资源的保证,环保政策落到实处,将技术关键和难点顺利攻克。相关政府单位的财政支持引导废弃物资源化的方向,解决面上的污染问题

和广大农村的能源短缺,吸纳社会资金和鼓励企业的参与,生产高值化产品,促进农业废弃物在整个社会循环圈中的流动和循环。

5 结 语

农业废弃物是一个大的环境污染源,同时也是一个大的生物质资源库,要充分的认识其“双重性”。通过技术升级,向规模化的生物质能的方向拓展减少农业废弃物对环境的危害、遏制废弃物的污染、降低废弃物资源化成本、深度开发高值产品、提高废弃物资源化和无害化处理率,配套相关政策,大力推广具有市场竞争力的产品,建立一套适合于中国国情的废弃物资源化技术体系和保障体系及发展战略,为农业可持续发展和中国的能源安全以及全面实现小康社会做出重要贡献。

[参 考 文 献]

- [1] 孙振钧,袁振宏,张夫道,等. 农业废弃物资源化与农村生物质资源战略研究报告[R]. 国家中长期科学和技术发展战略研究, 2004
- [2] 孙振钧. 中国生物质产业及发展取向[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 1- 5
- [3] 李国学,等. 固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000
- [4] 张夫道. 正确认识现代农业中的有机肥料问题[J]. 农资科技, 2003, (5): 8- 10
- [5] 黄进勇,王兆骞. 中国生态农业模式管理信息及决策支持系统的建立[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 525- 529
- [6] 卞生有. 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, 2000
- [7] 程 序. 中国农业有机废弃物利用中的创新和存在的问题. 农业工程学报[J], 2002, 18(5): 1- 6
- [8] 李建政,汪群慧. 废物资源化与生物能源[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004
- [9] 马隆龙. 秸秆气化技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002
- [10] 吴创之. 欧洲生物质能利用的研究现状及探讨[J]. 新能源, 1999, 21(3): 30- 35
- [11] 周善元. 21 世纪的新能源——生物质能[J]. 江西能源, 2001, (4): 34- 37
- [12] 李淑芹. 畜禽粪便污染及治理技术[J]. 可再生能源, 2003, (1): 21- 23
- [13] 刘巽浩,高旺盛,朱文珊. 秸秆还田的机理与技术模式[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001
- [14] 张承龙. 农业废弃物资源化利用技术现状及其前景[J]. 新疆环境保护, 2002, 24(1): 22- 25
- [15] 王小玲,林 聪,等. 以沼气为纽带的生态度假村有机废弃物资源化利用研究[J]. 中国沼气, 2004, 22(2): 30- 33
- [16] 孟海波,韩鲁佳. 秸秆物料的特性及其加工利用研究现状与应用前景[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(6): 38- 41
- [17] 徐大丰,任绪华. 植物纤维水泥复合板的性能及应用[J]. 新型建筑材料, 2002, 23(6): 37- 38
- [18] 国家统计局. 中国统计摘要[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003
- [19] 刘 江. 21 世纪中国农业发展战略[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000

Status quo and developmental strategy of agricultural residues resources in China

Sun Yongming¹, Li Guoxue¹, Zhang Fudao², Shi Chenlu¹, Sun Zhenjun¹

(1. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2 Soil and Fertilizer Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The status quo of agricultural residues was analyzed. As pollutants have four characteristics of huge quantities, bad qualities, low price and excessive danger. As resources have four application practices, namely, biomass energy, fertilizer, feed and biomaterial. The analysis shows that the potential as fertilizer and energy is huge. However, there are some limited factors and technical bottleneck in the future. In combination with socioeconomic developmental objectives, the developing strategy and strategical emphases for the resources of agricultural residues were presented. The direction is to develop Eco-Agriculture and Cyc-Economy, which depend on the policy guidance, technical support and investment to promote agricultural residues used as resource in the future.

Key words: agricultural residue; resources; biomass; cyc-economy; biomass economy