秸秆综合利用技术装备发展中存在的问题及对策

刘先才，平英华，韩柏和，陈明江，王振伟，杨子

（农业农村部南京农业机械化研究所，江苏南京210014）

摘要：该文总结了国内外秸秆综合利用的现状，提出了秸秆的主要利用途径。同时针对主要利用途径分析了秸秆综合利用装备中存在的主要问题，并提出了保障秸秆综合利用可持续发展的对策建议。

农作物秸秆是指在农业生产过程中，收获了稻谷、小麦、玉米等农作物籽粒后，残留的茎、叶等农作物副产品，不包含农作物地下部分。我国是农业生产大国，年产农作物秸秆达10亿t左右。推进农作物秸秆综合利用，事关资源节约、环境保护、农民增收和农业可持续发展，是乡村振兴的重大课题之一。近年来，在政府部门的高度重视和社会的积极参与下，全国各地积极推进秸秆综合利用，利用途径不断拓宽，科技水平明显提高，综合效益快速提升。截至2017年底，全国秸秆综合利用率达83.68%，以农用为主、以肥料化和饲料化为主的利用格局已经形成，其中肥料化56.53%、饲料化23.24%、燃料化15.19%、基料化2.32%、原料化2.72%[1]。同时也应看到，由于我国幅员辽阔，农作物种类繁多，农村经济水平和农业生产水平差异较大，适应性强的秸秆处理的技术水平和装备能力仍然十分不足。明确秸秆综合利用的主要途径，强化秸秆利用的技术和装备支撑，提高秸秆利用的综合效益，仍有许多待攻克的难题。

1当前秸秆综合利用的主要方式

纵观国内外，农作物秸秆综合利用均以肥料化利用为主。目前，以欧美为代表的发达国家的秸秆利用比较充分，且实际有效利用结构较为简单，基本的利用框架结构为“三化”利用，即秸秆还田肥料化利用、秸秆饲料化利用和秸秆能源化利用，其中秸秆直接还田约占65%、秸秆饲料化约占20%[2]、能源化等其他应用约占15%。在秸秆离田多元化利用方面，世界各国有明显的各自特色。作为农业大国，中国自2008年国务院办公厅印发《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》以来，事实上已形成了与发达国家基本一致的利用方式，以秸秆直接还田肥料化利用为主，秸秆还田和饲料化利用约占80%。

1.1肥料化利用 秸秆肥料化利用的途径主要有直接还田、腐熟还田和堆沤还田、过腹还田等，其中最为主要的方式是秸秆直接还田。秸秆肥料化技术主要有秸秆粉碎耕翻还田、秸秆覆盖还田、秸秆腐熟还田、秸秆生物反应堆还田和秸秆有机肥生产等技术[3]。国外秸秆还田一般在65%以上，如美国、加拿大、日本等国家，较高的国家是英国，其秸秆直接还田量达到73%[2]。中国的秸秆肥料化利用达到了56.53%，亦以秸秆还田为主要途径，还田率较高的地区也达到了60%以上，其中上海秸秆直接粉碎还田高达82%，山东秸秆粉碎还田达到62.9%[3]，河南秸秆还田占秸秆总量的61.85%[4]，河北秸秆肥料化利用达到69.8%[5]。总体来说，目前我国秸秆肥料化利用量相对低于国外水平，但这也与我国种植模式与经营体制有极大关系。

1.2秸秆饲料化 通过物理、化学或生物处理方式[6]，制作反刍动物牛、羊等牲畜饲料。饲料化是秸秆较肥料化利用外的最好利用方式。秸秆饲料化技术主要有秸秆青（黄）贮、秸秆微贮、秸秆碱化/氨化、秸秆压块（颗粒）以及秸秆揉搓丝化等技术。欧美各国农作物秸秆总量的20%用作饲料[7]，饲料化率较高的国家是韩国，其稻麦秸秆饲料化率高达80%[2]。从《中国秸秆产业蓝皮书（2017）》各省市的数据看，我国各地秸秆饲料利用率相差较大，最高的青海达到了52%，其次是重庆达到了25%，山东为19.9%、四川为16.67%，而广西为6%、上海仅为4.6%[3]，农业大省河南的秸秆饲料化也仅为11.98%[4]。说明我国大部分省市的秸秆饲料化利用还较低，有很大的发展空间。

1.3秸秆能源化 秸秆能源化是世界各国处理秸秆的第3大主要领域，是唯一可以储存和运输的可再生能源，具有可再生和环境友好双重性。秸秆能源化技术主要有固化成型、热解气化、干馏、沼气、秸秆发电及液化等技术。利用形式主要有直燃、固化、气化、液化等模式，以燃料化利用为主，途径一是在生活领域大量使用生物质固体燃料，如欧洲各国的供热几乎100%采用颗粒燃料[8]；途径二是用于生物质发电，欧盟各国的常规发电厂也开始使用生物质成型燃料，并逐步向纯生物质成型燃料发电厂发展[9]。在秸秆发电方面以丹麦为代表，目前丹麦已建立了13家秸秆发电厂，以秸秆发电等可再生能源已占丹麦能源消费量的24%以上[10]。我国秸秆能源化利用方式以燃料化为主，较高的重庆达到了24%[3]、湖北达到了17.7%[11]，河南为8.92%[4]、山东为7.5%[3]。可见各地发展很不平衡，同饲料化一样，我国的秸秆能源化利用亦有很大发展空间。但应注意秸秆能源化利用产业链的建立，不仅要重视秸秆燃料的生产，亦应重视秸秆能源利用装备的市场开发。

1.4秸秆原料化 秸秆工业原料化利用模式主要有造纸、板材加工、生活用品加工、编制产品等。国外秸秆原料化利用主要有秸秆板材、秸秆建筑、秸秆乙醇等。秸秆板材制品主要有人造板、墙体板、纤维板、模压制品、包装材料等

。国外秸秆板材利用方面以麦秸和稻秸秆生产秸秆板材为代表，其麦秸秆板材不仅在普通的建材市场销售，也在期货市场上挂牌交易。秸秆建筑是随着绿色和环保观念而兴起的，主要流行于欧美等发达国家，特别是近10多年来，世界各国更加注重秸秆作为建筑材料的实用性，将其作为建筑的填充料，或将压制好的秸秆切块作为非承重墙的墙体，形成了框架结构的秸秆建筑[10]。我国秸秆原料化利用途径有秸秆板材、秸秆包装制品、秸秆造纸和秸秆容器等，但利用率均偏低，如重庆原料化利用率为2%、四川为2.11%[3]、河南秸秆工业原料化为2.03%[4]。国内外在此领域的应用表明，秸秆原料化利用只能起到拾遗补缺的作用，利用总量有限。

1.5秸秆基料化 秸秆基料（基质）是指以秸秆为主要原料，加工或制备的主要为动物、植物及微生物生长提供良好条件，同时也能为动物、植物及微生物生长提供一定营养的有机固体物料。经文献资料查询，国外秸秆基料化应用鲜有报道。国内秸秆基料（基质）化利用主要用于栽培食用菌或花卉。如上海秸秆基料化利用率为2%、河南为2.08%、重庆为3%、四川为4.10%[3]。目前秸秆基料化利用技术主要有秸秆栽培草腐生菌类技术和秸秆植物栽培基质技术。同秸秆原料化利用相同，秸秆基料化利用亦只能起到拾遗补缺的作用，利用总量有限。

综上所述，虽然秸秆综合利用包含了肥料化、饲料化、能源化、基料化、原料化等多种途径，但无论国外还是国内，均具有以下3个特点：一是肥料化是基本途径。秸秆肥料化利用是秸秆综合利用的最主要方式，其中又以秸秆就地机械化还田为重要途，是确保秸秆快速利用的基本保障。秸秆肥料化利用占秸秆利用总量的65%左右。二是饲料化或能源化是保障途径。纵观国内外，秸秆饲料化或能源化利用是秸秆综合利用的第2途径，是秸秆肥料化利用之外的第1大利用途径，是秸秆全量化利用的保障途径。秸秆饲料化利用占秸秆利用总量的15%～20%、能源化利用占15%。三是原料化等其他利用是补缺途径。秸秆原料化、基料化等利用量有限，从总体上看，不可能成为秸秆利用的主要途径，只能起到补充作用。秸秆其他利用占秸秆总量的5%左右。

2秸秆综合利用技术装备存在的主要问题

秸秆利用虽然形式多样，空间巨大，但除秸秆直接粉碎还田技术相对较成熟之外，其他利用方式在技术装备方面尚还存在许多不足。为进一步提高我国秸秆综合利用水平，实现规划确定的秸秆综合利用目标，亟待解决以下4个方面的制约问题。

2.1秸秆就近肥料化利用装备待开发完善
由于我国的基本国情是人多地少，全国农业用地6.44亿hm^2，耕地量为1.35亿hm^2，人均耕地面积仅为0.076hm^2，仅为世界平均值的1/3[12]。因此，出于粮食生产安全考虑，我国农业属于高强度种植模式，复种指数很高，已由解放初期的93%提升到130%以上[13]。农作物秸秆的产量已经由1991年的5.52×10^8t，增加到2016年的7.90×10^8t，年平均增长量9.16×10^6t[14]。如果按照固定的秸秆产量比例进行秸秆直接还田，导致秸秆还田量不断增加，难免会出现由于秸秆不能及时腐熟而影响作物生长的弊端，这就需要改变秸秆作为肥料的还田方式，显然通过生产有机肥是一种可行的有效途径。但传统的有机肥生产手段和方式已经不能适应农村社会经济发展的需要，开发先进适用的就近肥料化利用装备成为了亟待破解的问题。传统秸秆肥料化利用主要是堆沤和焚烧。人工经验性堆沤的农家肥虽然有节省投入的优势，但容易造成二次污染，肥料质量不稳定，用工强度大，已不适宜采用。秸秆焚烧，对于农业生产者是一条捷径，由于众所周的原因，却是行不通的。

工业化秸秆肥料化生产是控制一定的生产条件，通过一定的技术手段，在工厂中实现秸秆腐烂分解和稳定，最终将其转化为商品肥料的一种生产方式。目前，产品一般包括精制有机肥和有机-无机复混肥的2种产品。自21世纪初以来，全国精制有机肥和有机-无机复混肥生产量增长了2倍左右。有机肥生产企业主要分布于有机肥原料丰富地区（如山东和河北）和经济发达地区（如广东和江苏），其中山东、河北、辽宁、广东和江苏5省企业占50%以上，普遍规模不大，半数以上企业年产不足1万t[15]。

工业化有机肥生产远没有满足秸秆肥料化利用的需求。由于秸秆原料的分散性和低值性特点，在有限补贴的条件下，利用秸秆大规模工厂化生产有机肥一般是不经济的，这是大规模企业发展受阻的重要原因。实际上，接近原料地或田间地头开展肥料化生产无疑是性价比较高的途径。一些科研单位尝试开发田头堆沤肥料的装备，已经有不少成功的案例，从技术性和经济性评估，具有较好的市场前景，尤其是以秸秆生物炭为基料的炭化肥，也展现较强的技术优势。因此，秸秆就近肥料化利用装备的开发完善是目前提高秸秆肥料化利用的亟待突破的瓶颈。

2.2蔬菜秸秆处理装备基本空白 我国每年产生10亿t左右秸秆中，其中蔬菜秸秆约2亿t[16]。蔬菜秸秆是可以循环利用的资源，但是如何处理利用一直是个“老大难”。叶菜类秸秆含水量高达75%～95%，不易运输、容易腐烂，还夹杂

了大量的塑料绳、残留地膜、石块等杂物，分捡难度大。蔬菜秸秆乱堆乱放，不仅影响交通、堵塞河流，还会导致病原菌、虫卵等致病原四处传播。如何将蔬菜秸秆资源化再利用，实现蔬菜废弃物处理的减量化、能源化和资源化，成为目前亟待重视和解决的问题。实践证明，蔬菜秸秆肥料化处理，是一条可行的路径。目前，山东泰昌生物科技有限公司、张家港市春泰环保工程有限公司等，在蔬菜秸秆肥料化处理上，已经先行探索，初步开发了较实用的技术装备。然而，对于全国需要处理大量蔬菜秸秆，还是远远不够的。因此，要想有效提高蔬菜秸秆的资源化利用水平，加快处理装备的研发是不二之选。

2.3收储运体系缺乏有效装备支撑 秸秆收储运是实现秸秆产业化综合利用的前提。秸秆具备质地蓬松、能量密度低、运输成本高、空间分散和时间集中度高等特点。尽管目前秸秆综合利用率已达到83.68%，但秸秆收集率不足40%[17]。秸秆离田“最初一公里”难题已成为秸秆规模化利用的瓶颈。秸秆收储运难，除了运行机制、种植模式、利用方式等方面的因素，技术装备缺乏也是很重要的原因。一是秸秆收集装备功能单一。秸秆收集的方式主要分打捆收集和散草收集2种。秸秆的打捆收集需要搂草、打捆、装运3个环节，需3～4种以上机型参与，购置和维护成本高，机具多次作业成本高，土壤被压实破坏。综合测算，秸秆收集成本数倍于粮食收获成本，且秸秆利用价值显然低于粮食，农户积极性自然不高。目前，与草捆捡拾车、秸秆收运车配套的设备研究相对较少，导致收集装备功能简单且效率低下，运输、装卸成本高。二是缺乏散草收集装备。短距离运输时，散草收集的方式在人工投入、收集、运输效率等方面明显优于打捆收集；而在中长距离运输时，效益不高。散草收集装备在国内尚无市场化设备，依赖于进口散草捡拾拖车，使用主要局限于大型农场和畜牧养殖基地。三是缺乏小地块和丘陵地块秸秆收集的专用机械。大型、高效率的设备无法在南方小田块运行，即便是小型设备，面临多且杂的小田块，效率、效益也不高。国内现有秸秆收集装备主要以牵引式小方捆机和圆捆机为主，田间通过性不好，尤其缺乏针对南方小地块和丘陵地的专用秸秆收集装备。因此，研究开发先进适用的秸秆收储运实用装备，支撑秸秆资源化利用。

2.4生物质成型燃料及清洁炉效率有待提高 生物质成型燃料是高效洁净能源，可替代矿物能源用于生产与生活领域，应用领域及范围将逐步扩大。我国生物质成型燃料的加工机械主要不足是单位能耗大、模具寿命短、设备可靠性低、生产成本高。生物质成型燃料燃烧设备存在着空气流动场分布、炉膛温度场分布、浓度场分布、过量空气系数大小、受热面布置等不合理现象，严重影响生物质成型燃料燃烧正常速度与工作状况，存在着热效率低，排烟中的污染物含量高，易结渣等问题。清洁炉具方面，20世纪90年代，日本、美国及欧洲一些国家生物质成型燃料燃烧设备已经定型，并形成了产业化，在加热、供暖、干燥、发电等领域已普遍推广应用。相对而言，国内清洁炉具存在着价格高、使用燃料品种单一、易结渣、电耗高等缺点。以上2个方面，都大有改进余地。因此，促进生物质成型燃料市场化，必须把生物质成型燃料生产与应用的产业链条有效连接起来，促进生物质成型燃料产业的可持续发展。

3对策建议

3.1加强秸秆综合利用产业的政策导引 长期以来，我们一直把秸秆看成农业废弃物，用低效甚至亏本方式进行处理，为了禁烧，每年还消耗大量的政府补贴。目前全国主要农作物秸秆可收集资源量8.24亿t，综合利用率每提高1%就意味着要处理800万t秸秆量。可见，秸秆利用是一个巨大的产业，应该在战略上给予高度重视，把它当作“第二农业”看待。秸秆综合利用应该“农用为主，‘五化’并举”，加强产业体系、政策体系、装备体系研究和关键技术、重点装备的攻关，提升秸秆利用的产业化水平。

要坚持以秸秆还田的肥料化利用为主，做好过腹还田和秸秆堆沤肥、生物有机肥等间接还田；大力推进秸秆饲料化利用，积极推广集农机制造、秸秆膨化、肉牛养殖及废弃物还田利用等一体化全产业链的模式；创新开展秸秆基料化利用，用于食用菌栽培和作物育苗及栽培等；着力推动秸秆能源化利用，更新农村用能方式，改善农居环境；要大力扶持秸秆工业原料化利用，加大招商引资力度，扶持秸秆生化加工企业。此外，要依托农业新型经营主体，建立秸秆综合利用科技示范基地；要加强秸秆综合利用的科学研究，大力支持鼓励科技创新，重点支持产学研集成创新开发项目，探索数字化技术在秸秆综合利用的应用；要合理规划农业产业布局，规模适度、布局合理的畜牧养殖业对于平衡生态，产业链完整，促进农业资源的良性循环具有不可替代的作用，不宜一刀切禁止畜牧养殖业。

3.2促进秸秆炭基肥料技术装备开发推广“秸—炭—肥”还田改土模式是将农作物秸秆通过中低温热裂解工艺转化为富含稳定有机质的生物炭，然后以生物炭为介质生产炭基肥料并返回农田以改善土壤结构及其它理化性状，增加土壤有机碳含量。目前，沈阳农业大学、南京农业大学等单位对相关课题已经进行了深入研究和大量实验。实践证明，生物炭具有显著的增产增收、改善农产品品质、改良土壤的效果。我国生物炭研究及产业化应用水平在国际上已处于前列，生物炭基肥料等新产品及其生产工艺已被农业农村部《农业绿色发展技术导则（2018—2030年）》列为我国未来10多年农业绿色发展集成示范技术，必须乘势推进。一是加强机理研究。组织土壤、肥料、农机、农业环保生态等领域专家，深入开展机理研究，进一步明确生物质炭基肥的主要特性和功能。

二是推进集成创新。结合实施“化学肥料和农药减施增效综合技术”国家重点研发计划，组织科研院所、企业开展

联合攻关，加强秸秆炭化还田技术及其配套机具研发，提高技术的适用性。三是加快推广应用。结合实施耕地保护与质量提升、农作物秸秆综合利用试点等项目，加大农作物秸秆炭化还田技术试验示范力度，积累一套成熟的技术模式，逐步加以推广应用。要抓住这个重大技术动向，组织相关行业技术专家，开发自动化程度高，适应性广，操作简便的固定式乃至移动式农作物秸秆炭化还田装备。

3.3加强秸秆收储运技术与装备攻关 目前，我国在秸秆收集储运和综合利用技术与装备方面与国际先进水平相差仍然较大。今后要加大投入，组织产学研攻关，提高设备性能、拓展设备用途，降低设备成本，促进建立有效的秸秆收储运体系，破解秸秆产业化瓶颈。一是加大秸秆捡拾、打捆作业技术及装备的研究。针对稻麦、玉米联合收获作业后遗留在田间的秸秆，重点突破秸秆高效清洁捡拾、物料压缩密度三维传感反馈控制、均匀布料、填料、压缩、自动捆扎运动相位耦合等“开式”压缩成型关键共性技术，创新研制自走式秸秆捡拾打捆装备，优化牵引式秸秆捡拾打捆装备，满足不同模式下秸秆收获装备需求。二是加大秸秆切割、打捆作业技术及装备的研究。针对高留茬收获后的稻麦秸秆、摘穗收获后的玉米秸秆，突破硬质茎秆减阻低耗切割技术、割台仿形技术、切割刀具自磨刃技术、草捆暂储技术，研究开发自走式秸秆切割打捆装备，形成适应不同作业模式的秸秆收获装备体系，促进秸秆的综合利用。三是加大秸秆捡拾、粉碎、集箱作业技术及装备研究。为满足秸秆快速化收集、转运需求，区别于秸秆打捆收获装备，突破切割刀具自磨刃技术、粉碎秸秆低密度集箱技术、关键部件快速更换技术，研究开发一种适用于稻麦、玉米、蔬菜废弃物的捡拾、粉碎、集箱装备，一次性完成秸秆捡拾、切碎、装箱操作，提高秸秆堆积密度，降低秸秆收获成本。

3.4加快改进秸秆能源化利用关键装备 针对生物质成型燃料及清洁炉效率不高的普遍问题，开展一系列项目攻关。开展移动式秸秆成型燃料加工设备研究，研究可在田间捡拾秸秆并粉碎、压制成型燃料的装备；开展成型燃料规模化连续生产线研究，研究开发一种多台机组共用的规模化连续生产线，通过采用多台成型机组共用一条原料粉碎、烘干、上料机构，提高生产效率，降低生产成本，同时，通过采用自动化的控制方法，提升装备的智能化程度和环境友好度；开展新型节能环保炉具研究，解决生物质炉具燃烧不充分、热效率低、气体污染物排放高等难题，重点进行炉排设计研究、炉膛设计研究、炉口炉盖设计研究、配风系统设计研究、换热器设计研究、水套设计研究、烟囱和通烟坑道设计研究、炉体壁保温层及炉体外壳设计研究。

参考文献

[1]黑龙江省农业农村厅.农业农村部在海伦召开东北地区秸秆处理行动现场交流暨成果展示会[EB/OL].http://tj.hljagri.gov.cn/nyyq/,2018-10-25.

[2]王红彦,王飞,等.国外农作物秸秆利用政策法规综述及其经验启示[J].农业工程学报,2016,32(16):216-222.

[3]彭飞.中国秸秆产业蓝皮书[M].北京:中国统计出版社,2018:164.

[4]郑伟腾.河南省农作物秸秆资源化利用问题研究[D].新乡:河南师范大学,2018.

[5]河北农业编辑部.河北省秸秆综合利用率达到96.8%[J].河北农业,2018(2).

[6]兰晓玲,郭玉明,等.我国秸秆饲料化利用研究综述[J].安徽农学通报,2013,19(13):103-104.

[7]靳贞来,靳宇恒.国外秸秆利用经验借鉴与中国发展路径选择[J].世界农业,2015(5):129-132.

[8]WANG C B,CHANG Y,ZHANG L X,et al.Alife-cycle comparison of the enegy,environmental and economic impacts of coal versus wood pellets for generating heat in China[J].Energy,2017,120:374-384.

[9]景年盛.固态生物质燃料颗粒成型设备与技术的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2012.

[10]孙宁,王飞,等.国外农作物秸秆主要利用方式与经验借鉴[J].中国人口.资源与环境,2016,26(5):469-474.

[11]侯亚丹.湖北农作物秸秆资源量化机器利用模式研究[D].武汉:华中师范大学,2017.

[12]张余莽,杨纯媛,等.耕地资源保护与利用的对策[J].江西农业,2016(23):63.

[13]金涛,钱俊熹,等.我国粮食台阶增长的构成因素分解[J].农业现代化研究,2015,37(3):476-482.

[14]于秋竹,孙国徽.我国农作物秸秆资源量变化的研究[J].现代化农业,2018(9):13-15.

[15]中国新能源网.秸秆肥料化生产的现状、问题及发展前景[EB/OL].www.china-nengyuan.com/tech/114525.html,2017-09-20.

[16]杜鹏祥,韩雪,等.我国蔬菜废弃物资源化高效利用潜力分析[J].中国蔬菜,2015(7):15-20.

[17]薄弱环节农机化技术创新——农村能源与环境装备技术战略研究报告[R].南京:农业农村部南京农业机械化研究所,2018-

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/169333.html