

# 农业废弃物秸秆高值化综合利用研究与实践

李洪岭, 李旭建, 宋玉杰, 张亮

(山东泉林集团有限公司, 山东聊城252800)

**摘要：**我国是农业大国，每年农业废弃物秸秆产生量超过10亿t，其中可收集利用量达9亿t，秸秆是一种宝贵的可再生资源，但是长期以来由于受消费观念和生活方式的影响，我国秸秆资源完全处于高消耗、高污染、低产出的状况，收集利用一直是我国亟待解决的难题。对农业废弃物秸秆高值化综合利用体系建设进行分析阐述，并以山东泉林集团有限公司为案例，详细介绍了其在农业废弃物秸秆高值化综合利用方面的实践，以期为我国秸秆综合利用及秸秆收储运提供新的借鉴经验，加快农业废弃物秸秆高值化综合利用体系的推广，解决秸秆资源浪费及其带来的负面影响。

中国

是农业大国，

根据《2017年中国统计年鉴

》统计数据可知，2016年全国农作物总播种面积约为1.6

7亿hm<sup>2</sup>

，与2015年基本持平。国家发展改革委、农业部开展的“十二五”秸秆综合利用终期评估结果显示，2015年全国主要农作物秸秆理论资源量为10.4亿t，秸秆种类以小麦、水稻、玉米为主，13个粮食主产区占全国秸秆理论资源量的73%，可收集资源量为9.0亿t，利用量为7.2亿t，秸秆综合利用率由2010年的70.5%提高到80.1%，秸秆综合利用取得明显成效。从“五料化”利用途径看，秸秆肥料化利用量3.9亿t，占可收集量的43.2%；秸秆饲料化利用量1.7亿t，占可收集量的18.8%；秸秆基料化利用量0.4亿t，占可收集量的4.0%；秸秆燃料化利用量1.0亿t，占可收集量的11.4%；秸秆原料化利用量0.2亿t，占可收集量的2.7%。

山东省作为传统农业大省，2016年山东省农

作物播种面积为1097万hm<sup>2</sup>

，粮食产量4700万t，全省农作物秸秆总量约为8527万t，综合利用率由2015年的85%提高到87.7%

。根据《山东省加快推进秸秆综合利用实施方案》（2016—2020年）要求，到2020年全省农作物秸秆综合利用率达到92%以上。

虽然目前我国秸秆综合利用取得了一些成效，但仍存在着综合利用不充分、利用结构不合理等问题，农业废弃物秸秆无害化处理、高值化综合利用问题亟待解决。在“十三五”期间，我国还将进一步加大秸秆综合利用工作力度，不断加大资金投入力度，不断完善秸秆收储运体系和扶持政策，推动我国秸秆综合利用产业化、规模化发展。

通过搜集近年来农作物秸秆综合处理的成果，以及大量有关农业废弃物秸秆高值化综合利用方面的文献，并对其进行详细梳理和归纳，为本课题的分析与研究提供理论依据。

## 1 秸秆高值化综合利用体系建设背景

### 1.1 秸秆焚烧对环境的危害

农作物秸秆中含有氮、磷、钾、碳氢元素及有机硫等。特别是刚收割的秸秆尚未干透，经不完全燃烧会产生大量Pm<sub>2.5</sub>、氮氧化物、二氧化硫、碳氢化合物以及烟尘、氮氧化物，在阳光作用下还可能产生二次污染物臭氧等。而且焚烧秸秆时，大气中二氧化硫、二氧化氮、Pm<sub>2.5</sub>三项污染指数达到高峰值，严重污染空气环境，影响空气质量。根据相关文献资料研究，玉米、小麦野外燃烧过程中Pm<sub>2.5</sub>的排放因子分别为30.05g/kg和23.70g/kg。

### 1.2 国家重视秸秆综合利用，鼓励秸秆清洁制浆

为促进秸秆的综合利用，2008年国务院发布《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》（国办发[2008]105号），提出积极发展以秸秆为原料的加工业。鼓励采用清洁生产工艺，生产以秸秆为原料的非木纸浆。引导发展以秸秆为原料的人造板材、包装材料、餐具等产品生产，减少木材使用，以及加快建设秸秆收集体系。以企业为龙头，实施技术示范和产业化项目。根据秸秆综合利用的不同用途，建立秸秆综合利用科技示范基地。

2009年国家发展改革委、农业部联合下发《关于编制秸秆综合利用规划的指导意见》（发改环资[2009]378号）文件

，指出秸秆纤维作为一种天然纤维素纤维，可以作为工业原料，其中最主要作为纸浆原料。采用清洁生产工艺，科学使用秸秆生产非木纸浆”。

2011年国家发展改革委发布《产业结构调整指导目录（2011年本）》，鼓励采用清洁生产工艺，建设以非木纤维为原料、单条10万t/a及以上的纸浆生产线。

国家发展改革委、农业部、财政部在《关于印发“十二五”秸秆综合利用实施方案的通知》（发改环资〔2011〕2615号）文件中提出，从政策、资金和有效运营等方面对秸秆清洁造纸给予扶持。鼓励秸秆制浆造纸清洁生产技术研发推广，支持成熟的秸秆纸浆造纸清洁化新技术产业化发展。”

### 1.3典型企业

山东泉林纸业有限责任公司按照“绿色泉林，生态纸业”的发展目标，通过对秸秆的利用，建立秸秆收储运体系，从源头抓好原料供应，延伸秸秆综合利用产业链，直接带动农民增收。秸秆经过原料化利用后，再进行肥料化利用，生产出有利于农业发展、有利于身体健康、有利于保护环境的产品，使秸秆变废为宝反哺于农业，促进了农作物增产增收，增加了农民的收入，改良了土壤，减少了焚烧秸秆对环境的影响，探索出了一条秸秆高值化综合利用和循环经济发展的道路。2011年企业秸秆综合利用循环经济发展模式以《资源再生利用的曙光》入选中央党校培训教材——《生态文明建设与可持续发展》典型案例。2012年又以“构建清洁型草浆造纸循环产业链的造纸企业循环经济发展模式”被国家发改委列入《中国循环经济典型模式案例》。

## 2泉林秸秆高值化综合利用体系建设实践

### 2.1依托自主研发技术创新构建循环经济模式

20世纪90年代，随着国家环保形势的日益严峻，素有“白纸黑水”之称的传统秸秆制浆造纸行业成为被关停的重灾区，泉林集团化压力为动力，通过技术转型升级，坚持平台建设先行的创新思路，开发了秸秆清洁制浆技术，并建设成立了国家级企业技术中心，与中国制浆造纸研究院、中国农科院、北京林业大学、中国农业大学、美国北卡罗莱纳州立大学等科研院所建立长期技术合作关系，组建了以企业自有专业技术人才和外聘专家组成的综合性技术研发队伍，为技术研发的顺利开展提供了良好的智力支持。

依托自主研发，泉林集团先后取得了秸秆制浆废液生产木素有机肥技术研究、秸秆清洁制浆新技术、环保型秸秆本色浆制品技术研究、本色麦草浆清洁制浆技术、秸秆立式连续蒸煮纸浆技术、秸秆源黄腐酸的特性及其应用6项国际领先技术成果（图1）。在技术突破的基础上，引入循环经济理念，构建了秸秆综合利用循环经济模式——泉林模式。

公司整体技术具有典型的原创性，技术壁垒高，截至目前，已累计申报专利241项，获得授权190项（150项发明专利），大部分发明专利保护期限仍在10~20年，覆盖了秸秆制浆、纸及纸制品、肥料、环保、热电铵法脱硫链及相关装备制造等与秸秆制浆造纸循环经济产业有重要关联的领域。技术成果认可度高，完成20余项科技成果验收鉴定，6项核心技术获得国际领先技术成果鉴定，被认定的国家重点新产品2个，获省部级以上奖项5个。



图1 泉林6项国际领先技术成果鉴定

2016年，上述技术又被国家发改委编入《国家重点推广的低碳技术目录》，成为其中仅有的2项碳汇类技术之一。

### 2.2成熟的秸秆产业化收储体系

为解决农作物秸秆收储难题，泉林集团通过多年摸索实践，形成了一套高效、完善的秸秆收储体系。由于粮食收割有季节性，秸秆储存需要1年的周期，储存占地面积很大，为解决秸秆的储存问题，企业通过在村镇建设布点，建立了“企业+乡镇收储中心+村级收储点+农户”四位一体的秸秆收储网络，并专门成立公司专业化运作秸秆收储运业务，实现了秸秆原料按照生产需求的计划性调拨，在收集秸秆原料的同时，还代销公司的黄腐酸肥料和生活用纸，实现了“一点三用”，使企业以秸秆收储为切入点实现了与“三农”及“新农村建设”的对接服务（图2，图3）。

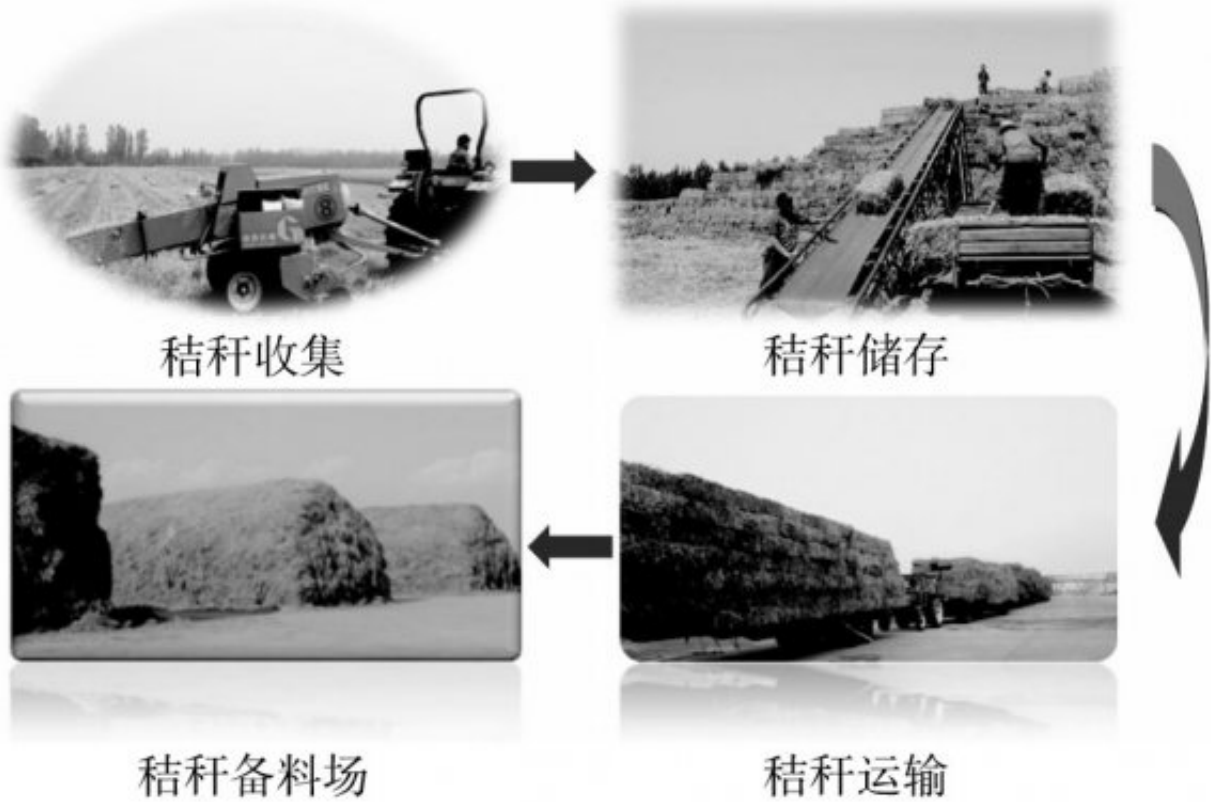


图2 秸秆收储流程图



图3 秸秆收储模式简图

## 2.3 环境与社会效益

### 2.3.1 减少、避免秸秆焚烧，改善大气质量

山东泉林集团有限责任公司研发的秸秆综合利用技术实现了秸秆的工业化利用，减少了秸秆废弃焚烧带来的环境污染问题，符合国家提出生态文明建设。以泉林目前建设项目为例，年处理秸秆150万t，与秸秆堆放相比，年减少堆放



污染面源COD总量195万t。与秸秆野外燃烧产生的污染相比，年可减少二氧化碳排放105万t，Pm2.5减排量约4t。由于整个生产过程不消耗森林资源，每使用1t泉林本色生活用纸，可节省木材3.5m<sup>3</sup>（约相当于30棵3~4年的树木）。按照2010年上海世博会中国馆的数据：1t秸秆充分燃烧释放1.8t二氧化碳，泉林利用天然秸秆纤维生产本色生活用纸，每使用一盒200抽面巾纸，相当于减少碳排放1kg。由此可以看出，环境效益十分显著。

### 2.3.2 农民增收

企业以小麦、玉米等秸秆为主要原料，农民回收秸秆后出售给企业，可直接增加收入。按秸秆产量240kg/667m<sup>2</sup>，秸秆价格550元/t计，可为农民增收130元/667m<sup>2</sup>，按每户4口人每人平均1000m<sup>2</sup>土地计算，每户增收近800元。另外，秸秆收储、运输等环节，也可直接带动秸秆原料丰富地区的农业发展与近万户农民增收，实现农民不离乡、不离土致富，极大拉动农村就业和经济发展。企业若收集150万t秸秆，可直接增加秸秆产区农民收入8.25亿元，可惠及农村耕地41.7万hm<sup>2</sup>，人口416万人。

### 2.3.3 以黄腐酸有机肥的形式实现秸秆还田，实现农作物增收

秸秆提取纤维制得秸秆浆后，将含有大量黄腐酸和微量元素的制浆剩余物通过工业化手段生产黄腐酸有机肥反哺农业，实现了秸秆工业化生产过程的还田。

黄腐酸有机肥腐植酸含量高达55%，其中黄腐酸含量38%以上。具有良好的水溶性，有机质含量高，可增强土壤团粒结构，有效调节土壤酸碱度，增强农作物的抗逆性，实现粮食增产增收；对改良土壤有很好的促进作用（增加土壤有机质含量，提高土壤保肥、保水能力）。经中国农业科学院和东北地区农场试验，施用后可使粮食作物增产5%以上，同时减少化肥用量30%。泉林年处理150万t秸秆项目建成后，可向市场提供50万t优质高效黄腐酸肥料产品，按照施用量20kg/667m<sup>2</sup>计算，可改良耕地167万hm<sup>2</sup>，增收粮食近6亿kg，减少化肥用量约21万t。

### 2.3.4 生产有利于人体健康的产品，引领绿色消费

传统生活用纸化学制浆漂白的过程会产生危害环境和人体健康的持久性有机污染物（如有机卤化物AOX和二恶英的产生）。泉林本色产品运用一系列泉林特有本色专利技术工艺处理、加工，保持纯天然非木植物纤维的原始色泽和质感，纤维结合紧密，强度好，不掉屑，不掉粉，不使用漂白剂等有害化学制剂，杜绝了有机卤化物AOX和二恶英的产生，符合美国FDA检测和欧盟食品级检测机构检测标准，是新一代对人体无害、对环境无污染的健康环保型新产品。

## 3 建议

秸秆是重要的农副产品，也是重要的生物资源。集约、高效、综合利用秸秆资源，是改善农村卫生条件的清洁工程、提高耕地综合生产能力的沃土工程、优化畜牧业结构的节粮工程、减轻大气污染的环境工程、建设资源节约型社会的能源工程、增加农民收入的富民工程和实现农业可持续发展的生态工程。秸秆资源综合有效利用对实现中国全面建设社会主义新农村具有重大的现实意义和深远意义。由于我国农村秸秆资源完全处于高消耗、高污染、低产出的状况，造成极大的资源浪费和环境污染，秸秆处理问题迫在眉睫。农业废弃物秸秆高值化综合利用体系建设具有开拓性、创新性，推广应用前景巨大。建议进一步深化机理研究，加快农业废弃物秸秆高值化综合利用体系建设。

## 4 结论

### 4.1 秸秆循环利用

农作物秸秆是可再生资源，其主要成分为纤维素、半纤维素和木质素。根据国家发展改革委、农业部开展的“十二五”秸秆综合利用终期评估结果显示，2015年全国主要农作物秸秆利用量为7.2亿t，秸秆综合利用率由2010年的70.5%提高到80.1%，秸秆综合利用取得明显成效。但是从“五料化”利用途径看，秸秆原料化利用量0.2亿t，仅占可收集量的2.7%。通过工业化的生产技术，将农业的废弃物——秸秆制成纸浆、纸张，将制浆废液制成黄腐酸肥料再施用于农

业，实现了“秸秆还田”，使两个传统产业的废弃物互为资源，延伸了造纸业循环经济和农业循环经济产业链，进而实现了“农业—造纸业—农业”的产业经济循环。

#### 4.2示范作用

通过建立秸秆收储运体系，建设秸秆收储中转中心，直接带动秸秆富产区农民增收，实现农民不离乡、不离土致富。秸秆经过原料化利用后，再进行肥料化利用，使秸秆变废为宝施用于农业生产，形成了完整闭合的产业链条，大大减少了秸秆焚烧产生CO<sub>2</sub>和Pm<sub>2.5</sub>，改善了空气质量，环境效益显著。秸秆高值化综合利用体系循环经济特征明显，既立足于企业自身的循环经济建设，又融入关联行业的发展，互为依托，示范效果突出，解决了秸秆废弃焚烧这一难题，对于节约资源、保护环境、增加农民收入、农业的可持续发展都具有重要的现实意义。

#### 参考文献

- [1]中华人民共和国统计局.2017中国统计年鉴[M].北京：中国统计出版社，2018，5.
- [2]毕于运，王亚静.经验与启示：发达国家农作物秸秆计划焚烧与综合利用[M].北京：中国农业科学技术出版社，2017，12.
- [3]祝斌，朱先磊.农作物秸秆燃烧Pm<sup>2.5</sup>排放因子的研究[J].环境科学研究，2005，18(2)，29-33.
- [4]蒋鸿峰.中国秸秆产业蓝皮书[M].北京:中国农业出版社，2016，8.
- [5]《中国农业产业化龙头企业群像解析》课题组.模式制胜：中国农业产业化龙头企业群像解析.第二辑[M].杭州：浙江大学出版社，2014，9.
- [6]国家发展和改革委员会应对气候变化司.国家重点推广的低碳技术实施指南(第1册)[M].北京：中国财政经济出版社，2015.11.
- [7]尹成杰.捡回另一半农业：农业生物质与生物质能源[M].北京：中国农业出版社，2012，5.
- [8]邓继海，王永生.中国秸秆产业化[M].北京：中国农业出版社，2015，12.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/169769.html>