DOI:10.15933/j.cnki.1004-3268.2009.07.005
河南农业科学

秸秆资源化利用途径及建议

王艳锦[1]，王博儒[2]，张全国[1]
（1.农业部农村可再生能源重点开放实验室，河南农业大学，河南 郑州 450002；
2.南阳天意保温耐火材料有限公司，河南 南阳 473000）

摘要：介绍了我国作物秸秆资源特点，综述了秸秆资源化利用的主要途径，并提出了加强秸秆资源化利用和促进农村环境保护的几点建议。

关键词：秸秆资源化；利用途径；农村环境
中图分类号：X71　　文献标识码：B　　文章编号：1004-3268(2009)07-0023-05

秸秆是农业生产过程中的副产品，也是一项重要的生物质资源。随着我国农村经济的发展和能源供应结构的调整，秸秆利用方式及特点发生了变化，在现代科学的秸秆利用方式和意识尚未建立起来之前，过剩秸秆正在成为农村生态环境中的非点源污染源，造成了严重的环境问题，使农村生活环境质量下降，农民居住环境卫生条件恶化，农业环境污染加剧[1]。而农村环境直接关系到农民的正常生活和身心健康，是农村经济社会持续、稳定、协调发展的基本物质条件，在保证农村农、林、牧、副、渔业全面发展中起着重要的作用，因此，秸秆资源化利用在当前能源紧缺和保护环境的背景下倍受关注，并有利于改善农村环境，有利于实现建设社会主义新农村的目标。

1　中国秸秆资源量及分布特点

中国作为世界粮食、油料、棉花生产大国，作物秸秆资源相当丰富。农作物秸秆主要包括粮食作物（包括水稻、小麦、玉米、谷子、高粱、豌豆、蚕豆、甘薯、土豆等）、油料作物（包括花生、油菜、胡麻、芝麻、向日葵等）、棉花、麻类（包括黄红麻、苎麻、大麻、亚麻等）和糖料作物（主要包括甘蔗和甜菜）等五大类[2]。根据中国农作物产量及秸秆籽粒折算系数计算，中国作物秸秆总量2000年为5.78亿t，2005年增加到6.25亿t。1980-2005年，中国三大作物秸秆（稻秸、麦秸、玉米秸）总量占秸秆总量的比例在75%左右[3]。

作物秸秆的分布格局与农作物的分布相一致。我国作物秸秆主要分布于东部农区，从东北平原、华北平原，到江南和西南各省是我国作物秸秆的主要分布区，其中黑龙江、河北、河南、山东、江苏和四川六省是我国作物秸秆的集中分布区。由于不同地区气候条件、社会文化、传统习惯的不同，各地区的作物秸秆结构组成有所不同[2]。

受消费观念和生活方式的影响，农村秸秆资源完全处于高消耗、高污染、低产出的状况，相当多的农作物秸秆被弃置或者进行焚烧，没有得到合理开发利用。据调查，目前我国秸秆利用率约为33%，其中大部分未加处理，经过技术处理后利用的仅约占2.6%[4]。

2　秸秆资源化利用途径

2.1　秸秆肥料化技术

秸秆中含有碳、氮、磷、钾以及各种微量元素。秸秆作为肥料还田后可使作物吸收的大部分营养元素归还给土壤，增加土壤有机质（每年0.01%），对维持土壤养分平衡起着积极作用，同时还可改善土壤团粒结构和理化性状，增加作物产量，节约化肥用量，促进农业可持续发展[5]。秸秆覆盖还对干旱地区的节水农业有特殊意义。秸秆肥料利用除可采用直接还田、堆沤还田和过腹还田3种形式外，还可采用特殊工艺和科学配比，将秸秆经粉碎、酶化、配料、混料等工序后堆肥，制成秸秆复合肥，其成本与尿素相接近，施用后对于优化农田生态环境、增加作物产量作用明显。具体堆肥方式有催腐剂堆肥技术、速腐剂堆肥技术和酵素菌堆肥技术[6]。

收稿日期：2009-01-18
作者简介：王艳锦（1980-），女，河南漯河人，讲师，博士，主要从事生物质能转换技术研究。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.2 秸秆饲料化技术

秸秆富含纤维素、木质素、半纤维素等非淀粉类大分子物质。作为粗饲料营养价值极低，无法被动物高效地吸收利用。因此，开发和利用秸秆饲料资源，提高其利用率和营养价值势在必行。在实践中，秸秆饲料的加工调制方法一般可分为物理处理、化学处理和生物处理 3 种。这些处理方法各有其优缺点。切段、粉碎、膨化、蒸煮、压块等物理方法虽简单易行，容易推广，但一般情况不能增加饲料的营养价值。化学处理法可以提高秸秆的采食量和体外消化率，但也容易造成化学物质的过量，且使用范围狭窄、推广费用较高。生物处理法通过微生物代谢产生的特殊酶的降解作用，将其纤维素、木质素、半纤维素等大分子物质分解为低分子的单糖或低聚糖，可以提高秸秆的营养价值，提高利用率、采食率、采食速度，增强口感，增加采食量。但要求技术较高，处理不好，容易造成腐烂变质[7,8]。

2.3 秸秆沼气发酵及沼肥技术

作物秸秆是一种富含有机质(80% ~90%)的生物质能源。沼气发酵工程可以将有机质在厌氧微生物的作用下产生一种可替代化石能源的清洁能源——沼气，而且生产的沼渣沼液可制成生态肥料产品，促进无公害生态农业的可持续发展，产生良好的经济和社会效益。在美国、希腊、瑞典以及一些发展中国家都开始对秸秆作为沼气原料生产生物质能进行了大量研究。中国有使用沼气的优良传统，自 1949 年以来实施过几次大规模的沼气池建设运动，目前在中国已经建有成千上万的沼气池。在 20 世纪 60 年代，秸秆曾作为一种主要的发酵原料，用于沼气工程实践。但目前由于有关秸秆作为沼气原料生产生物质能源的系统科学研究较为缺乏，用秸秆生产沼气出现了一系列问题，慢慢被人们所抛弃。沼气发酵原料基本转向畜禽粪便，但是随着农村经济的发展和农业结构调整，农村将会出现人畜分离的趋势，现有以畜粪为主的沼气池将会因无发酵原料而停止运行。因此，充分利用秸秆制取沼气必然成为中国沼气发展方向[9]。秸秆产沼气按处理工艺可分为干法和湿法发酵两类，目前在原料预处理、反应器结构、反应器接种、发酵条件控制和发酵过程相分离等方面均取得可喜进展。通过研究农作物秸秆厌氧发酵及沼肥生产技术，提高农作物秸秆干发酵的转化效率，实现农作物秸秆厌氧发酵转换技术的规模化和沼肥生产技术的产业化。

2.4 秸秆炭气油联产技术

以空气为氧化剂的生物质气化技术只能生产出单一的可燃气，由于其经济效益差，因此在广大农村推广应用存在着一定的局限性[10]。生物质炭气油联产技术是一项生物质能转换与利用的新科技，是将农作物秸秆等生物质废弃物作原料，采用干馏炭化新工艺，生产出优质生物质炭、木焦油、木醋液和高品位生物质燃气 4 种产品。该技术经济、社会效益显著，既可增加农民收入，提高农民生活质量，又可治理环境污染，节省常规能源，还能消化大量秸秆，实现农业废弃物资源化利用，成为农村新的经济增长点，为农村经济发展创造了条件。

2.5 秸秆成型燃料技术

秸秆的体积大、燃烧值低、能量密度小，将秸秆压缩成型以提高密度和燃烧值。秸秆的基本组织是纤维素、半纤维素和木质素，它们通常在 200 ~ 300℃下软化，将其粉碎后，添加适量的粘结剂和水混合，此时施加一定压力，利用机械挤压成型(往复式和螺旋式)，使其相互紧密粘结，冷却后，固化成型，即得到棒状或颗粒状新型燃料，若再利用炭化炉可将其进一步加工处理成为具有一定机械强度的“生物煤”。秸秆成型燃料容重为 1.2 ~ 1.4g/cm^3，热值为 14 ~20MJ/kg，具有近似中质烟煤的燃烧性能，且含硫量低，灰分小[11]。其具有体积小、贮运方便、干净卫生、工艺简单等优点，可直接用于民用和燃烧锅炉，供工业生产及农村温室、禽舍、烘干室等用，还可用于冶金、化工、环保等。

2.6 秸秆发电技术

秸秆是当今世界上仅次于煤炭、石油和天然气的第四大能源，作为一种可再生清洁能源，许多国家都很重视秸秆发电并制定了相应的计划，如日本的“阳光计划”、美国的“能源农场”、印度的“绿色能源工厂”等，他们都将生物质能秸秆发电技术作为 21 世纪发展可再生能源的战略重点和具备发展潜力的战略性产业[2]。根据我国新能源和可再生能源发展纲要提出的目标，至 2010 年，我国生物质能发电装机容量要超过 300 万 kW。我国有相当一部分中小火电厂可把燃煤改造为燃烧秸秆而免遭关停。从节煤、环保、充分利用农业可再生资源、建设环境友好型社会和建设社会主义新农村的角度出发，秸秆发电得到了我国各级政府及科研院所、电厂的广泛关注，其开发步伐在加快。通过关键技术创新和工艺优化集成，突破秸秆直接燃烧发电和气化发电的关键技术与工艺问题。根据资源条件和市场需求类

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

别，开发出各种不同的农作物秸秆发电产业化单元技术和集成系统，为实现秸秆规模化应用提供支撑技术和产业化运作模式。发电后产生的秸秆灰烬中含有丰富的钾、镁、磷和钙等化学成分，可作为高效农业肥料还田利用，也可运到钢铁公司，作为防止钢花飞溅灼伤的材料[13]。

2.7 秸秆热裂解技术

生物质热裂解是指生物质在完全没有氧或缺氧条件下，最终生成液体产物、木炭和可燃气体的过程。3种产物的产量和比例取决于生物质热裂解工艺条件及反应参数(温度、加热速率、气相停留时间和流化风速)。生物质热裂解制取生物油技术是在中温(500～650 ℃)，高加热速率(104～105 ℃/s)和极短气体停留时间(小于2s)的条件下，将生物质直接热解，产物经快速冷却，可使中间液态产物分子在进一步断裂生成气体之前冷凝，从而得到高产量的生物油。生物油无论在解决能源还是在保护环境问题上都具有自己独特的优势。此外，生物油成分复杂，已鉴定出来的化合物达200多种，具有提取多种化工产品的潜力，从而得到世界各国的高度重视。目前精制后的生物油可以制成车用油，而且已成功应用于锅炉燃料，但由于技术和成本的因素，还无法替代化石燃料。要想充分广泛地利用生物油，应对该技术的机理、反应器的放大、生物油的特性、生物油的精制及生物油的应用等方面进行更深入的研究，使该技术在中国早日实现商业化[14,15]。

2.8 秸秆纤维素燃料乙醇技术

以粮食为原料的燃料乙醇存在的问题一是资源量有限，二是涉及粮食安全问题，故从长远考虑，发展秸秆纤维素燃料乙醇势在必行。但以作物秸秆为原料生产乙醇的技术难度较大。秸秆酸水解发酵制酒精的研究在欧美各国已进展到万吨级试验规模，但其生产成本极高，难以与石油或合成酒精价格相竞争。秸秆制造酒精的主要方法是对作物秸秆进行各种处理，以提高纤维素酶的水解效率。对秸秆制造酒精的一个最有希望的途径是通过基因工程技术培养出能产生高效纤维素水解酶的生物新菌种[16]。可以预见，在纤维素水解酶获得突破时，以作物秸秆为原料生产乙醇技术投入实用的时间就不会太远。

2.9 秸秆气化甲醇二甲醚技术

二甲醚是一种极有前途的清洁燃料，而生物质价廉易得，可再生且对环境友好，由生物质气化方法合成二甲醚具有重要的理论意义和经济价值。从生物质气化方法制二甲醚要经历生物质气化，重整，变换以及一步合成二甲醚等环节。虽然技术路线较长，但生物质气化已发展得很充分，重整和变换也是石油化工业应用很广的技术，有现存的催化剂和工艺可以借鉴，合成气一步法制二甲醚也已有了很好的研究基础，故从技术角度讲，没有什么原则上的困难，由生物质气化方法制二甲醚是现实可行的。如果结合当地的实际用能情况，将生物质气化制二甲醚与气化发电和供燃气等生物质传统利用方式联合起来，可以有更经济更灵活的技术路线供选择[17]。

2.10 秸秆材料利用技术

农作物秸秆本身为天然材料，生产的产品对人无毒无害，对环境没有破坏作用，能有效地补充资源短缺和维持生态平衡。以农作物秸秆为原料，发展各种新材料的加工技术及工艺。当前，作物秸秆工业用途广泛，它们不仅可作保温材料、纸浆原料、菌类培养基、各类轻质板材和包装材料的原料，还用于编织业、酿酒制醋、生产人造棉、人造丝、饴糖等，或从中提取淀粉、木糖醇、糖醛等[18]。这些综合利用技术不仅转化了大量的废弃秸秆，消除了潜在的环境污染，而且具有良好的经济效益，实现了自然界的物质和能量循环。

3 加强秸秆资源化利用的建议

3.1 加强秸秆资源的管理

农作物秸秆是我国重要的生物质资源，要进一步加强对秸秆综合利用工作的组织和管理，健全秸秆管理办法，进一步完善秸秆综合利用和流通管理机制。农作物秸秆和其他农产品一样，也是集中收获，全年消费和利用。应建立健全相应的秸秆储备办法，解决存不下、放不住、易发生火灾等问题，保证秸秆均衡供应，促进秸秆产业稳步发展[23]。加大对秸秆综合利用的资金投入力度，重点用于秸秆综合利用高新技术、配套技术的研究和推广，以及秸秆发电和秸秆养畜等示范项目建设，积极引导社会资金投向秸秆综合利用领域。

3.2 加强秸秆利用技术的研究和推广

目前，秸秆综合利用技术中有的还远不成熟，要加强基础研究和多学科交叉研究。工厂化的加工设备以粗放型生产方式为主，其自动化程度、环境保护程度有待于提高。政府要加强管理和引导，使科研人员不断开发出适合我国国情的经济、实惠、高效的技术及其配套设备，开辟秸秆综合利用的新路子，实现秸秆从简单利用向综合利用的转变[16]。从秸秆

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的综合利用途径看，秸秆已经成为发展农村循环经济的重要资源。但任何一条途径都不能完全解决秸秆的问题，要根据各地的实际情况，集成不同的利用技术和方式，解决秸秆综合利用中的矛盾。

3.3 加强秸秆利用产业化发展

加强秸秆产业化发展，实现秸秆从自给自足利用向商品化利用的转变。秸秆产业是个新生事物，为让全社会认识这个新生事物，各级政府和农业主管部门应引导农民以科技为依托、以市场为导向，实现产业化经营，如建立秸秆种菇场、秸秆气化站、秸秆生物制肥厂等，推行企业化管理[1]。

3.4 制定和完善秸秆利用政策

秸秆综合利用是一项社会生态效益高、涉及面广的系统工程，需要采取科技、政策、法律等多部门联手协作的立体推进措施。严格执行国家有关法规，围绕秸秆利用制定一系列行之有效的法律法规，对焚烧秸秆、掠夺式经营土地的行为给予法律约束，对增加有机肥投入、进行秸秆还田或有效利用的农民给予一定的政策鼓励或奖励，调动和保护农民利用秸秆的积极性。由于秸秆密度低、收获季节性强，收集和储存比较困难，要研究建立秸秆收集、储存、运输管理政策和机制，保证秸秆数量和质量。政府部门应尽快制定和颁布相关的法规和规章，制定秸秆开发利用的可持续发展战略，推进秸秆综合利用的进程[24]。

3.5 深入开展农村环境保护教育

1992 年联合国环境与发展大会对人类环境与发展问题进行了全球性规划，在其形成的文件《21 世纪议程》中辟出专章强调环境教育的重要性，文件指出："教育是促进可持续发展和提高人们解决环境和发展问题的能力的关键"[25]。在我国普及全民环境保护教育工作中，对农村人口的环境保护教育十分重要。我国有 70%的人口在农村，庞大的人口数量与欠发达的农村生产力之间形成了一定的供需矛盾，为了发展农村经济，改善生活条件，人们盲目地向大自然进行探索式的开发，造成了严重的环境问题。因此，要教育农民群众参与环境保护工作。通过采用多种形式、多渠道、全方位深入持久地开展宣传教育工作，广泛宣传和普及农村环境保护知识，使农民群众树立保护环境就是保护生产力，污染环境就是破坏生产力的意识，调动农民群众参与农村环境保护的积极性和主动性，使环境保护深入人心，营造一个人人关注环保、人人参与环保的好局面。同时，应当维护农民群众的环境权益，尊重农民群众的环境知情权、参与权和监督权，农村环境质量评价结果应定期向农民群众公布，对涉及农民群众环境权益的发展规划和建设项目，应当听取当地农民群众的意见[26]。

4 结语

建设社会主义新农村，需要可持续利用的资源和良好的生态环境作支撑。秸秆是一种重要的农业可持续发展资源。从农业生态系统能量转化的角度来分析，单纯采用某一种利用方式，秸秆能量转化率和利用率会受到限制。因此，根据各类秸秆的组成特点，因地制宜，把其中几种方法有机地组合起来，形成一种多层次、多途径综合利用的方式，从而实现秸秆利用的资源化、高效化和产业化。再加上中央和地方各级政府的高度重视，农村的秸秆问题必将得到有效解决，在改善农村环境质量，实现农村经济、社会持续稳定协调发展中发挥其应有的积极作用。

参考文献：

[1] 万晓红. 秸秆资源化利用技术分析及新途径探讨[J]. 农业环境与发展，2006(3)：39－42.

[2] 钟华平，岳燕珍，樊江文. 中国作物秸秆资源及其利用[J]. 资源科学，2003，25(4)：62－67.

[3] 陈冬冬，高旺盛，陈源泉. 中国农作物秸秆资源化利用的生态效应和技术选择分析[J]. 中国农学通报，2007，23(10)：143－149.

[4] 仁仲杰，顾孟迪. 我国农作物秸秆综合利用与循环经济[J]. 安徽农业科学，2005，33(11)：2105－2106.

[5] 韩鲁佳，闫巧娟，刘向阳，等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报，2002，18(3)：87－91.

[6] 邹海明. 农业秸秆资源化利用途径探讨[J]. 农业与技术，2005，25(5)：78－81.

[7] 卜毓坚，屠乃美，刘文，等. 我国农作物秸秆综合利用现状及其技术进展[J]. 作物研究，2006(5)：526－529.

[8] 李金霞，卞科，许斌. 棉秆资源特性及其在农业上的应用[J]. 河南农业科学，2007(1)：46－49.

[9] 陈小华，朱洪光. 农作物秸秆产沼气研究进展与展望[J]. 农业工程学报，2007，23(3)：279－283.

[10] 古启隆，杜秋香. STQ－I 型生物质炭气油联产系统评价分析[J]. 可再生能源，2005(3)：47－48，50.

[11] 陈中玉，张祖立，白小虎. 农作物秸秆的综合开发利用[J]. 农机化研究，2007(5)：194－196.

[12] 崔小爱. 秸秆发电的现状和展望[J]. 污染防治技术，2007，20(3)：61－63.

[13] 王秀丽. 秸秆发电在我国的发展态势分析[J]. 水利电力机械，2007，29(7)：30－32.

（下转第 42 页）

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

率比较理想,但继代培养质量很差,所以如何在继代培养中综合调控各个影响因素是今后有待解决的问题。此外,成熟种子的贮藏时间和贮藏条件对愈伤组织诱导与继代的影响也有待研究。

参考文献:

[1] A Furini. D C Jewell. Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature and mature embryos of tropical and subtropical *Zea mays* L. genotypes[J]. Maykica, 1994, 39: 155—164

[2] 郭丽红, 陈善娜, 龚明, 等. 玉米根尖和成熟胚的愈伤组织培养及悬浮系的建立[J]. 云南大学学报, 1999, 21(2): 141—144

[3] 石太渊, 杨立国, 杜艳艳. 玉米体细胞培养中不同基因型和外植体的反应[J]. 国外农学: 杂粮作物, 1999, 19(5): 11—14

[4] 曹俊梅, 窦秉德, 李生强, 等. 基因型及生长调节物质对玉米成熟胚培养的影响[J]. 淮阴师范学院学报, 2005, 4(2): 54—158

[5] 曹俊梅, 窦秉德, 陈莉, 等. 玉米幼胚和成熟胚愈伤组织分化反应性比较[J]. 新疆农业大学学报, 2005, 28(2): 10—13

[6] 陈莉, 窦秉德, 阮元元, 等. 甜玉米成熟胚的组织培养及其植株再生研究[J]. 江苏农业科学, 2006(6): 75—78

[7] 张立军, 赵成昊, 葛超. 玉米再生体系建立及其影响因素的研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(2): 77—79

[8] 王世玉, 郑用琏, 刘亚, 等. 玉米成熟胚胚性愈伤组织的诱导、高频再生及转化的研究[J]. 作物学报, 2008, 34(3): 423—428

[9] 高武军, 胡楠, 魏开发, 等. 外源激素在玉米离体培养中的作用[J]. 河南农业科学, 2007(1): 33—35

[10] 赵元增, 茹振钢, 李淦. 小麦幼胚胚性愈伤组织诱导和再分化研究[J]. 河南农业科学, 2006(2): 33—36

(上接第 26 页)

[14] 黄彩霞, 刘荣厚, 蔡均猛, 等. 生物质热裂解生物油性质的研究进展[J]. 农机化研究, 2007(11): 6—9

[15] 刘荣厚. 生物质快速热裂解制取生物油技术的研究进展[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(1): 3—7

[16] 马振英, 王英, 王健. 秸秆处理技术的发展与启示[J]. 中国资源综合利用, 2007, 25(7): 33—37

[17] 汪俊锋, 常杰, 阴秀丽, 等. 生物质间接液化制洁净燃料二甲醚[J]. 太阳能学报, 2005, 26(3): 413—418

[18] 石磊, 赵由才, 柴晓利. 我国农作物秸秆的综合利用技术进展[J]. 中国沼气, 2005, 23(2): 11—19

[19] 侯方安, 陈海燕. 发展秸秆循环经济建设节约型新农村的对策[J]. 农机化研究, 2006(11): 11—14

[20] 黄洪雷. 加强农村环境保护建设和谐新农村[J]. 安徽农业大学学报: 社会科学版, 2007, 16(2): 6—9

[21] 农业部环境保护科研监测所. 利用秸秆氨化饲料养牛减少甲烷排放的潜力[J]. 农业环境保护, 1995, 14(3): 117—119

[22] 李淑秀. 几种农业秸秆再利用技术的比较[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(9): 164—165

[23] 杨建队. 农作物秸秆综合利用探讨[J]. 农业技术与装备, 2007(6): 40—41

[24] 孟庆福, 黄明智, 董德军. 综合利用秸秆资源发展农村循环经济[J]. 农村牧区机械化, 2007(3): 26—27

[25] 国家环保总局译. 21 世纪议程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993: 297

[26] 国家环保总局. 关于加强农村环境保护工作的意见[J]. 环境教育, 2007(6): 21—24

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net