



新农村新能源丛书

作物

秸秆综合利用

ZUOWU JIEGAN ZONGHE LIYONG

XINNONGCUN XINNENGYUAN CONGSHU

主编 刘培军 张曰林



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn



作物

秸秆综合利用

ZUOWU JIEGAN ZONGHE LIYONG

主编 刘培军 张曰林



图书在版编目(CIP)数据

作物秸秆综合利用/刘培军,张曰林主编. —济南:山东科学技术出版社,2009
(新农村新能源丛书)
ISBN 978-7-5331-4484-5

I. 作… II. ①刘… ②张… III. 秸秆—综合利用 IV. S37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 044308 号

新农村新能源丛书

作物秸秆综合利用

主编 刘培军 张曰林

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:临沂县书刊印刷厂

地址:临沂县城南工业区

邮编:276700 电话:(0539)6280890

开本:850mm×1168mm 1/32

印张:6.75

版次:2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-4484-5

定价:14.00 元

丛书编委会

主 任	张 霞				
委 员	张曰林	刘培军	王泽洋	成 冰	
	王媛媛	刘兆勇	柳洪艇	王 强	
	马根众	侯方安	强 莉	徐建堂	
	牛贞福	王淑芬	张希民	张 奎	
	张 杰	陈 宁	秦 波		
主 编	刘培军	张曰林			
副主编	马根众	侯方安	强 莉	徐建堂	
	牛贞福	王淑芬			
参 编	赫慧云	吴孝兵	刘 敏	崔长玲	
	赵 冰	滕希群	张 杰		

序言 PREFACE

能源是经济和社会发展的基础,也是发展现代农业、建设社会主义新农村的重要物质保障。当前,随着全球性能源短缺问题的日益突出,新能源、可再生能源的开发和利用正被越来越多的国家所关注。我国作为一个人口大国、农业大国,在能源方面面临巨大的缺口和压力,发展农村新能源和可再生能源,不仅是缓解目前能源短缺压力的有效方式,而且也是减少农业环境污染、改善农村环境的重要途径,更是建设社会主义新农村、实现农村社会和谐发展的必要举措。党的十七大明确要求,在 2020 年全面建成小康社会时,要基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式,循环经济形成较大规模,可再生能源比重显著上升。这一目标的提出,将发展新能源和可再生能源提到了战略的高度,使之成为一项重要的历史使命。

山东是一个农业大省,农业人口占 70%,在发展农村新能源和可再生能源方面具有丰富的资源和广阔的前景。每年大约产生 7 000 万吨农作物秸秆、2.9 亿吨人畜粪便,生物质能源总量折合标准煤达 6 000 万吨;可开发利用的风能储量为 8 800 万千瓦,居全国前三位,太阳

能更是丰富。近年来山东省委、省政府高度重视农村可再生能源工作,将其作为生态省建设和节能减排等全局性工作的重要内容,制定优惠政策,拿出专项资金,支持发展。到 2007 年底,全省农村户用沼气累计总量达到 100 万户,大中型沼气工程 263 处,全省年产沼气 5 亿立方米,节能折合标准煤 37 万吨,累计推广太阳能热水器 670 万平方米,取得了明显的生态、经济和社会效益。

应该看到,我们在农村可再生能源开发方面取得了一定的成绩,但是与其巨大的潜力和省委、省政府的要求相比还有相当的距离,也还有不少制约因素,其中技术力量不足就是“瓶颈”之一。该丛书包括农村沼气建设与利用、作物秸秆综合利用、农村太阳能开发与利用以及农村风能开发与利用等四个方面的内容,立足山东,面向全国,既符合山东实际,又对全国有很好的借鉴意义,是从解决农村粪堆、草堆和垃圾堆“三大堆”入手,本着实用、实效、实践的原则,针对农村可再生能源发展过程中存在的实际问题,组织基层技术人员和有关专家,在总结实际工作经验、适应农民实际需求的基础上编写完成的。这套新农村新能源丛书内容丰富全面、语言深入浅出、形式图文并茂、技术实用易学,必将为新能源开发、新农村建设知识的普及、打通技术“瓶颈”起到积极的促进作用。

山东省农业厅 李占祥

2008 年 11 月

第一章	概述/ 1
第二章	农作物秸秆收获还田机械化技术/ 10
第一节	农作物秸秆收获还田机械的分类/ 10
第二节	农作物秸秆收获还田机械化技术应用规范/ 16
第三节	农作物秸秆收获还田机械的选择/ 25
第三章	农作物秸秆饲料利用技术/ 29
第一节	秸秆青贮及利用/ 29
第二节	秸秆氨化及利用/ 46
第三节	秸秆饲料利用的其他方式/ 54
第四节	农作物秸秆颗粒饲料加工技术/ 58
第四章	农作物秸秆气化技术/ 68
第一节	农作物秸秆气化技术原理及流程/ 68
第二节	小型秸秆气化装置制作技术/ 73
第三节	利用秸秆发酵生产沼气技术/ 75
第四节	农作物秸秆气化技术应用/ 78
第五章	秸秆栽培食用菌技术/ 81
第一节	秸秆栽培食用菌的意义/ 81
第二节	秸秆高产栽培双孢蘑菇技术/ 83
第三节	秸秆高产栽培鸡腿菇技术/ 93
第四节	秸秆高产栽培草菇技术/ 98
第五节	秸秆高产栽培大球盖菇技术/ 103

第六章 秸秆生物反应堆技术/ 109

- 第一节 秸秆生物反应堆基本概念 / 109
- 第二节 秸秆生物反应堆增产机制/ 112
- 第三节 秸秆生物反应堆标准化建造与要求/ 125
- 第四节 秸秆生物反应堆技术应用方法与注意
事项/ 134
- 第五节 秸秆生物反应堆技术在实践中的应用/ 151

第七章 农作物秸秆有机肥生产技术/ 153

- 第一节 农作物秸秆有机肥生产技术原理/ 153
- 第二节 农作物秸秆有机肥生产技术要点/ 157
- 第三节 农作物秸秆有机肥生产技术应用/ 162

第八章 小麦玉米两作区保护性耕作技术/ 165

- 第一节 保护性耕作基本概念与原理/ 165
- 第二节 保护性耕作技术原理/ 168
- 第三节 保护性耕作与作物病虫草害/ 180
- 第四节 保护性耕作增产机理与效益/ 186
- 第五节 保护性耕作机械化技术模式/ 191
- 第六节 秸秆覆盖机械化技术/ 193
- 第七节 免(少)耕播种机械化技术/ 197
- 第八节 深松机械化技术/ 200
- 第九节 病虫草害综合防治技术/ 201
- 第十节 保护性耕作技术推广注意事项/ 206

第一章 概 述

农作物秸秆是地球上第一大农村可再生资源,我国拥有量居世界首位。据统计,全国每年大约产生 6.2 亿吨的生产量,其中 30% 用作农用燃料,25% 用作饲料,2%~3% 作工副业生产原料,6%~7% 直接还田,还有 35% 约 2.2 亿吨剩余秸秆未被合理利用。部分地区农民采取了最简单的处理方式——焚烧。

近几年来,每逢农作物收获季节,焚烧秸秆就成为较严重的经济和社会问题。特别是经济和农业比较发达的大中城市郊(区)县,在铁路和公路沿线、机场周围,焚烧秸秆现象频繁发生,不仅浪费了大量的生物资源,而且由于焚烧秸秆狼烟四起,遮天蔽日,焦味难闻,严重地污染环境,造成机场飞机不能正常起落,妨碍道路交通安全,烧坏马路两边树木,城市居民正常生活受到干扰,已引起全社会的广泛关注。

一、山东省农作物秸秆生产基本情况

山东省是一个农业大省,是我国重要的粮食作物主产区,也是秸秆资源最丰富的省份之一。2006 年,全省有耕地面积 634.8 万公顷,各种农作物播种面积 1 072.79 万公顷,其中生产可利用秸秆的作物种植面积分别为:小麦播种面积 335.45 万公顷,玉米 275.36 万公顷,棉花 92.98 万公顷,花生 85.79 万公顷,稻谷 12.57 万公顷,豆类 23.61 万公顷,薯类 28.22 万公顷,瓜果蔬菜类 200.6 万公顷。粮食作物主要以小麦、玉米为主,经济作物主要以棉花、花生和瓜菜为主,各种农作物秸秆产生量达到 7 069.5 万吨,其中,小麦秸秆 2 267.75 万吨,玉米秸秆

2 360.12万吨,棉花秸秆 488.15 万吨,除去部分不可用的秸秆,全省可用秸秆总量达到6 500万吨,秸秆资源丰富(表 1)。

表 1 2006 年山东省主要农作物秸秆生产情况

类 别	播种面积(万公顷)	产量(万吨)	秸秆产生量(万吨)
总量	1 072.79		7 069.5
小麦	335.45	1 889.79	2 267.75
玉米	275.36	1 761.28	2 360.12
棉花	92.98	102.31	488.15
水稻	12.57	106.61	113.01
豆类	23.61	65.61	104.98
薯类	28.22	209.14	209.14
花生	85.79	355.01	355.01
瓜果蔬菜类	200.6	9 563.9	1 147.67
其他农作物	18.21		23.67

二、山东省农作物秸秆综合利用现状

农作物秸秆自古就是人们日常生活所用的主要燃料,另外还用来饲养家畜和沤制肥料,然而随着社会的发展,人们生活水平的提高,农村生活用能结构发生了改变,生活用秸秆数量大幅度减少。化肥的大量使用,在一定程度上降低了秸秆沤肥还田率。这些传统的秸秆利用方式逐渐被人们放弃,现代科学的秸秆利用方式和意识尚未建立起来,致使农作物秸秆出现大量剩余并直接导致露天焚烧。根据 2006 年对山东省部分县市区进行的调查发现,在目前所生产和收获的秸秆中,综合利用的秸秆约占总量的 60.4%,在各种利用方式所处理的秸秆量占秸秆总量的比例分别为:秸秆直接还田 34.3%,过腹还田 14.2%,秸秆生产食用菌及其他技术利用 3.3%,沤肥 2.1%,造纸及其他工副业生产原料6.5%。从全省看,虽然在近几年秸秆利用有了较快的发展,但仍有 40%左右的农作物秸秆尚未得到合理利用,秸秆综合利用仍有较大的发展空间。

三、农作物秸秆的利用价值

秸秆是农作物的重要副产品,同时也是工农业生产的重要生产资源。作为一种资源,农作物秸秆含有丰富的营养和可利用的化学成分(表2),可用作肥料、饲料、生活燃料及工副业生产的原料等。

表2 农作物秸秆及副产品化学成分(%)

种 类	化学成分					
	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
玉米秸秆	11.2	3.5	0.8	33.4	42.7	8.4
小麦秸秆	10.0	3.1	1.3	32.6	43.9	9.1
大麦秸秆	12.9	6.4	1.6	33.4	37.8	7.9
稻 草	13.4	1.8	1.5	28.0	42.9	12.4
高粱秸秆	10.2	3.2	0.5	33.0	48.5	4.6
黄豆秸秆	14.1	9.2	1.7	36.4	34.2	4.4
棉花秸秆	12.6	4.9	0.7	41.4	36.6	3.8
棉铃壳	13.6	5.0	1.5	34.5	39.5	5.9
甘薯藤(鲜)	89.8	1.2	0.1	1.4	7.4	0.2
花生藤	11.6	6.6	1.2	33.2	41.3	6.1
稻 壳	6.8	2.0	0.6	45.3	28.5	16.9
统 糠	13.4	2.2	2.8	29.9	38.0	13.7
细米糠	9.0	9.4	15.0	11.0	46.0	9.6
麦 麸	12.1	13.5	3.8	10.4	55.4	4.8
玉米芯	8.7	2.0	0.7	28.2	58.4	20.0
花生壳	10.1	7.7	5.9	59.9	10.4	6.0
玉米糠	10.7	8.9	4.2	1.7	72.6	1.9
高粱糠	13.5	10.2	13.4	5.2	50.0	7.7

注:该表摘录于《庭院食用菌栽培技术》(蔡德华等编著,农村读物出版社,1992.

7)。

1. 秸秆的肥料价值

农作物秸秆中含有大量的有机质、氮、磷、钾和微量元素,是农业生产重要的有机肥源之一。据测定,秸秆的秆、叶、根中含

有大量的氮、磷、钾有机原料,分析得出,每 100 千克鲜秸秆中含氮 0.48 千克、磷 0.38 千克、钾 1.67 千克,相当于 2.4 千克氮肥、3.8 千克磷肥、3.4 千克钾肥。就山东而言,2 500 万吨的存积秸秆所含的养分就相当于尿素 30 万吨、普钙 42 万吨、硫酸钾 53 万吨。若将 500 千克农作物秸秆还田,就相当于给土壤施入标准肥 50 千克以上,土壤有机质含量可以提高 0.03% 左右,并且使土壤的容重减少,透水性、透气性、蓄水保墒能力增加,并可使土壤的团粒结构发生变化,保持疏松状态,有效缓解土壤易板结的问题。利用秸秆生产的秸秆生物肥料,肥效更高。据试验,每亩土地基施 250 千克秸秆生物肥,其肥效相当于 100 千克碳酸氢铵、50 千克过磷酸钙和 20 千克的硫酸钾,而且还具有良好的生态效益,是无公害农业的重要肥料源。因此,秸秆通过综合利用作为肥料施入农田,是补充和平衡土壤养分、改良土壤的有效方法,对于促进土地生产良性循环、提高耕地基础地力和农业的可持续发展具有重要意义。

2. 秸秆的饲料价值

农作物秸秆也是牲畜的主要饲料之一。有关化验结果表明,玉米秸秆含有 30% 以上的碳水化合物、2%~4% 的蛋白质和 0.5%~1% 的脂肪。玉米秸秆既可青贮,也可直接饲喂,就食草动物而言,2 千克的玉米秸秆增重净能相当于 1 千克的玉米籽粒,特别是对玉米秸秆进行青贮、黄化、氨化及糖化等方法处理以后,提高利用率,效益将更可观。如黄贮饲料中含粗蛋白 3.85%、粗脂肪 2.43%、无氮浸出物 2.19%、灰分 5.99%、水分 51.92%,玉米穗轴中含有 45%~55% 的碳水化合物、1%~3% 的蛋白质和 0.5%~3% 的脂肪,经过一定的加工处理,都是上等的饲料来源。据研究分析,玉米秸秆中所含的消化能为 2 235.8 千焦/千克,且营养丰富,总能量与牧草相当。还可以对作物秸秆进行精细加工处理,制作成高营养牲畜饲料,发展畜牧业,实现秸秆过腹还田,具有良好的生态效益。

3. 秸秆的燃料价值

农作物秸秆纤维中的碳占绝大部分,主要粮食作物小麦、玉米等秸秆的含碳量占 40% 以上,其次为钾、硅、氮、钙、镁、磷、硫等元素。秸秆中的碳使秸秆具有燃料价值,我国农村长期用秸秆做生活燃料就是该价值的利用。目前对于科学利用秸秆的这一特点方面,主要体现在农村能源建设上。秸秆转化为燃气的方法有两种:一是秸秆气化,二是秸秆厌氧发酵产出沼气。1 千克秸秆可以生产 2 立方米以上的燃气,有 3~5 立方米的秸秆气就可以够一个家庭一天的需要,这些气体在稍高于常压的状态下,通过管道送往农户,它像天然气一样,燃烧后无尘无烟无污染。在广大农村,这种燃气更具有优势。以秸秆气化为重点的农村可再生能源建设,缓解了农村地区洁净能源供应短缺的状况,改变了农村传统的生火做饭的模式,满足了农民对高品位能源的需求,提高了农民生活质量,适应了现代化新农村的发展需求,同时消耗掉了大量的农作物秸秆,是一种可实现秸秆处理规模化的方式。

此外,农作物秸秆燃料价值的利用还体现在利用秸秆制炭,或用成型机械将秸秆加工成颗粒状等多种型炭,作为一种工业燃料,也正在推入市场。

4. 秸秆的原料价值

农作物秸秆主要由纤维素、半纤维素和木质素三大部分组成,秸秆中的有机成分以纤维素、半纤维素为主,其次为木质素、蛋白质、氨基酸、树酯、单宁等。利用微生物以纤维素为基质原料生产单细胞蛋白质是当今利用纤维素最为有效的方法之一,用农作物秸秆废物做培养基可栽培多种食用菌就是该原理的实际应用。食用菌可以分解纤维素、半纤维素和木质素并合并自身的植物蛋白和氨基酸。利用这一点,如用麦秸栽培草菇、用玉米秸栽培草菇和平菇技术已经推广应用,每千克秸秆可生产银耳、金针菇、猴头或草菇 0.25~0.4 千克,平菇 0.5~0.6 千克。

栽培过食用菌的残余物即菌糠饲料含有更多的粗蛋白,具有食用菌的清香味,适口性好,可用作饲料,同时尚是优良的有机肥。因此,秸秆种菇既可以丰富城市居民的菜篮子,又可引导农民致富,出口创汇,促进生态农业、高效农业和创汇农业的发展,是处理秸秆一举多得的好办法。

农作物秸秆的成分组成决定了它还是一种工业制品的原料,除了传统的作为造纸原料外,秸秆的工业化利用也有多种途径:第一,利用热力、机械以及催化剂的作用将秸秆中的纤维与其他细胞分离而得草浆进行造纸造板,杂细胞(即植粉)约占秸秆产量的一半可用作饲料或肥料。该方法不属化学制浆,工厂化生产已取得成功。第二,以作物秸秆中的纤维作为原料加工汽车内装饰件、纤维密度板、植物地膜等产品。我国在这方面自主开发的工艺及设备较晚,工业化利用的步子还非常慢。第三,以作物秸秆这一天然材料作为餐饮具、包装材料、育苗钵等,这是我国近几年兴起的在绿色包装中原材料创新的重要途径。作物秸秆纤维材料做包装的两大好处:一是产品生命周期链缩短,只经过原材料、制造、使用与废弃几个阶段,对环境的损害小;二是废弃后可自然降解,对环境无危害。这一综合利用方式较适合我国森林资源匮乏、发展纸质餐饮具不宜十分提倡的国情。利用农作物植物纤维作原料,进行纤维化处理、粘接成形再经过后期加工制成的餐饮具为绿色环保型餐具,该种餐饮具用后的废弃物容易回收再利用,对环境没有污染,且能充分利用取之不尽的再生资源,又解决了塑料包装和秸秆焚烧两方面的环境污染源,对治理目前我国环境污染、顺应加快淘汰聚苯乙烯发泡餐具的形势要求、实现农作物秸秆的高值利用具有重要意义。第四,秸秆作建材,这是利用秸秆中的纤维和木质作填充材料,以水泥、树脂等为基料压制成各种类型的纤维板、轻体隔墙板、浮雕系列产品等,其外形美观,质轻并具有较好的耐压强度。

此外,秸秆还可成为制酒精、淀粉等化工业的原料,玉米棒

皮还是编织汽车座垫、靠垫、沙发垫、盘垫、床垫的主要原料,等等。

因此,大量的剩余秸秆实际上是一个未被利用而被付之一炬的巨大资源。搞好农作物秸秆的综合利用,变废为宝,化害为利,对于一个人口众多而农业资源相对短缺的国家,在大力提高资源利用率的同时,保护生态与环境,具有重大的现实意义和战略意义,也是整个农业可持续发展的一项战略措施。

四、农作物秸秆的综合利用途径

根据农作物秸秆的“四料”用途,可以将秸秆资源的加工利用途径分成以下四个方面。

1. 秸秆肥料利用与加工

农作物秸秆的肥料特性的应用主要在直接利用和加工利用两个方面。直接利用秸秆肥料一般采取秸秆直接还田的方法。就是在作物收获时将秸秆抛洒在田间,或粉碎或整株,或覆盖或深埋,也可以在作物苗期或果园将秸秆均匀覆盖在地表。这方面主要是应用秸秆还田机械,为一家一户服务,开展农机服务产业化经营。

利用秸秆堆制有机肥料是以腐熟的秸秆为主,加入畜禽粪和多种微量元素、活性剂,粉碎加工成颗粒状生物有机肥。可用作绿色食品专用肥,也可作优质粮生产用肥,不仅增产,而且大大改善粮、果、蔬的品质。设备投资少,见效快,适合大规模集中生产。

2. 秸秆饲料利用与加工

农作物秸秆作为饲料除了直接饲喂外,还有多种加工方法,提高秸秆的饲料价值,如青贮、黄化、氨化及糖化等方法,利用窖、池或塑料袋等,都可以实现集中规模化加工。现在利用专门的机械设备或秸秆饲料生产线,把秸秆加工成颗粒或块状干饲料,秸秆加工熟化后,具有熟香味,提高采食率。该方法把散放

堆弃的秸秆加工成可长途运输、长期贮存的商品,实现秸秆饲料产品的商品化生产和异地消化利用,甚至出口创汇,使秸秆增值、农民增收。这种工厂化大规模生产已经形成产业化经营规模,成为秸秆综合利用的新途径。

3. 秸秆燃料利用与加工

秸秆的燃料利用主要有生产沼气和秸秆气化两种方式,这两种方式可以一家一户单独生产与使用,也可以以村为单位集中生产和供气,都有专门的配套设备,操作简单,是有前途的秸秆集中利用的新技术。另外还可利用秸秆的燃烧、气化发电,是秸秆燃料的进一步利用,也适于规模化生产。利用秸秆制炭,即将秸秆等原料经烘干或晒干、粉碎,然后在制炭设备中,隔绝空气或进入少量空气的条件下,进行加热、分解而得到固体木炭或者加工成多种型炭,也是秸秆工厂化加工利用的新兴途径。

4. 秸秆的工副业利用与加工

用农作物秸秆做培养基栽培食用菌可以在简易房屋内或大棚内进行,投资少,见效快,技术简便,经济效益非常高,与生产有机肥相比,能进一步提高秸秆的利用价值,也适合一家一户和规模化生产。利用农作物秸秆造纸,生产纤维密度板、植物地膜、餐饮具、包装材料、育苗钵等工业产品,以及用秸秆制造酒精、淀粉等化工原料,都是工厂化利用秸秆的技术途径,规模可大可小,成为农村经济新的增长点。

目前秸秆综合利用技术中有的还远不成熟,属于粗加工的占多数,而精细加工的技术还有待加强研究和推广,特别要加强秸秆综合利用方面的基础研究和多学科交叉研究。譬如目前的秸秆还田以直接还田为主,对植物纤维的综合性的分析分类、对秸秆残体腐解与土壤肥力、植物营养、生理代谢等方面许多内在联系缺乏基础研究。现有饲料化加工也亟需形成一个将生物学、营养学、动植物学综合交叉的研究方式,以使处理技术多样化,根据不同植物纤维、不同动物的消化特点,获得不同种类的

饲料源。还有秸秆气化中的焦油问题,高效生物有机肥工业化生产设备的引进、消化吸收及国产化等问题。秸秆综合利用加工设备以粗放型生产方式为主,其自动化程度、精细加工程度有待提高,也亟需研制与应用一系列具有较大适应性、适合我国国情的加工设备。