

文章编号 :1003-8701(2010)04-0051-05

我国农作物秸秆产生及综合利用现状分析

沙洪林¹, 佟 时², 张维友², 翟乃利², 王秀波², 黄彩玉², 孟东辉², 郝彦德³

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 长春市双阳区能源环境办公室, 长春 130600;
3. 农安县农业技术推广中心, 吉林 农安 130110)

摘 要: 农作物秸秆是十分宝贵的生物资源, 针对秸秆利用过程中严重浪费现状, 提出我国农作物秸秆产生分布情况, 分析了以饲料、燃料、肥料和工业原料等形式利用秸秆资源的秸秆综合利用技术, 以期提高利用率, 妥善利用这一资源。

关键词: 秸秆; 产生; 综合利用

中图分类号: S141.4

文献标识码: A

Analysis on Current Situation of Producing and Comprehensive Utilization of Stalks of Agricultural Crops

SHA Hong-lin¹, TONG Shi², ZHANG Wei-you², ZHAI Nai-li²,

WANG Xiu-bo², HUANG Cai-yu², MENG Dong-hui², HAO Yan-de³

(1. Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Changchun 130033; 2. Office of Energy Resources and Environment of Shuangyang District, Changchun City, Changchun 130600; 3. Agricultural Technology Extension Center of Nongan County, Nongan 130110, China)

Abstract: The stalks of agricultural crops are very precious biological resources. Current situation of producing and distributing of stalks of agricultural crops was pointed out according to serious waste problems in utilization of stalks. Comprehensive utilization technology of stalks was analyzed, such as used for forage, fuel, fertilizer and industrial raw materials, etc. This will lead to raise utilization ratio and make appropriate use of this resources.

Keywords: Stalks; Producing; Comprehensive utilization

秸秆是农作物的主要副产品,也是十分宝贵的生物资源。近年来,随着我国农村经济发展和生活水平提高,人们的消费观念、消费方式发生了巨大变化,秸秆不再是农民能源消费的唯一选择,大量剩余秸秆被遗弃田间地头,全国各地露天焚烧秸秆现象十分普遍。露天焚烧秸秆,不仅污染环境,浪费资源,而且影响交通安全,影响社会生产和人民生活,已成为一个严重的经济和社会问题。如何从根本上解决农作物秸秆的综合利用问题是

解决秸秆焚烧的关键。本文就秸秆的产生及综合利用现状等情况加以综合论述分析。

1 我国农作物秸秆产生情况

1.1 我国作物秸秆产生的数量及分布

我国是农业大国,各类农作物秸秆资源十分丰富,每年产生的秸秆6亿t以上^[1]。我国主要作物秸秆就有近20种,以玉米产生秸秆数量最大,其次,为小麦、水稻。在不同省区,秸秆产量与种类有明显差距,具体见表2。例如山东、四川、河南、江苏、河北、湖北等省份数量大,而西藏、海南、宁夏等有些省份则很少,具体见表1^[2-3]。

1.2 农作物秸秆的利用价值

1.2.1 秸秆的肥料价值

收稿日期:2009-12-07

基金项目:长春市科技计划项目长科合(2007052)计划项目编号(2007SF16)

作者简介:沙洪林(1963-),男,硕士,研究员,主要从事沼气和作物病虫害防治技术研究。

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。将农作物秸秆还田可以提高土壤有机质含量,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。

不同作物秸秆中的养分组成如表 3 所示,其中大部分为纤维素类物质,还含有一定量的粗蛋白。豆科作物秸秆含氮较多,禾本科作物秸秆含钾较丰富,作物秸秆提供的养分约占我国有机肥总养分的 13%~19%,是农业生产重要的有机肥源^[3]。以水稻为例,水稻秸秆中养分含量,有机质为 78.6%,

表 1 全国各省区主要作物秸秆总量

万 t

省区	秸秆总量	省区	秸秆总量	省区	秸秆总量	省区	秸秆总量
北京	4.31	辽宁	18.99	江苏	44.74	山东	68.33
天津	2.91	吉林	28.97	浙江	18.21	河南	53.55
河北	38.04	黑龙江	28.62	安徽	21.90	湖北	30.55
山西	12.87	青海	1.56	福建	9.06	宁夏	3.19
内蒙古	13.09	上海	3.38	江西	16.37	湖南	27.10
广东	17.95	四川	54.65	西藏	0.86	甘肃	12.43
广西	13.07	贵州	11.16	陕西	17.43		
海南	1.74	云南	14.35	新疆	14.54		

表 2 不同作物秸秆营养品质特点比较

%

秸秆	粗蛋白	纤维素	半纤维素	木质素	钙	磷
玉米秸	5.7	33.6	32.5	4.6	0.62	0.09
稻草	4.7	33.0	26.0	5.2	0.75	0.06
小麦秸	4.1	40.3	24.5	7.9	0.17	0.05
棉花秆	6.5	44.0	10.7	15.3	0.63	0.09

注:养分以干重计。

氮为 0.63%,磷为 0.11%,钾为 0.85%^[4]。

1.2.2 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 kg 的玉米秸秆增重净能相当于 1 kg 的玉米子粒,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,可提高利用率,效益将更可观。我国主要农作物秸秆的营养组成见表 3^[5]。

表 3 我国主要农作物秸秆的营养组成

%

种类	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
大豆秸秆	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

1.2.3 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约占 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。2001 年我国农作物秸秆产量见表 4^[5]。目前科学利用秸秆主要体现在农村能源建设上,一是秸秆气化,二是秸秆厌

表 4 2001 年我国农作物秸秆产量

作物名称	产量(万 t)	草谷比	秸秆量(万 t)	折标煤系数	折标煤量(万 t)
稻谷	17 758.0	0.623	11 063.2	0.429	4 746
小麦	9 387.3	1.366	12 823.1	0.500	6 412
玉米	11 408.8	2.000	22 817.6	0.529	12 071
豆类	2 052.8	1.500	3 079.2	0.543	1 672
薯类	3 563.1	0.500	1 781.6	0.486	866
油料	2 864.9	2.000	5 729.8	0.529	3 031
棉花	532.4	3.000	1 597.0	0.543	867
甘蔗	7 566.3	0.100	756.6	0.441	382
合计	45 513.6	-	59 648.1	-	30 047

氧发酵产生沼气^[1]。

1.2.4 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 3 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、树脂、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也可栽培多种食用菌,可以分解纤维素、半纤维素和木质素并合成自身的植物蛋白和氨基酸^[9]。

2 秸秆综合利用现状分析

2.1 当前秸秆处置利用现状

长期以来,农作物秸秆在农民生活和工农业生产中充当着重要的角色,农民靠它建房蔽日遮雨,烧火做饭取暖,养畜积肥还田;同时,秸秆还是造纸业的主要原料。甚至到 20 世纪 90 年代初期,我们还在为秸秆严重不足,“四料”(燃料、肥料、饲料、工业原料)矛盾突出而担忧。但仅仅几年时间,就出现了秸秆过剩、滥烧的现象,这一方面充分证明了我国农业发展和技术进步取得的明显成效:粮食播种面积相对稳定,亩产显著提高,秸秆产量也随之有了较大的增加;另一方面随着国民经济

的发展,人民生活水平的提高,传统的秸秆利用方式正受到严峻的挑战。首先,随着农民收入的增加和现代生活意识的提高,清洁方便的商品能源已经成为广大农民日常炊事和取暖用能的首选,以传统的农作物秸秆为主要生活燃料的时代已经成为了历史;其次,随着化肥施用量的增加,许多农民为省事,不愿意费事费力用农作物秸秆还田或制作农家肥,而是直接使用化学肥料,秸秆用作肥料的用量也越来越少;其三,在养殖业中各种配合饲料的大量使用,秸秆作为饲料的数量也明显减少;另外,由于工业结构的调整,秸秆作为工业原料的数量也在减少,其它方面的用量如建材等需用秸秆的量也没有很大幅度的增加。因此,一方面是随着粮食产量的增加秸秆产量不断增加,另一方面是秸秆综合利用的滞后,利用数量减少,秸秆出现了相对过剩的局面和随意焚烧的现象,这不仅浪费了宝贵的生物质资源,而且污染环境,对交通安全带来隐患,对人们的身心健康带来不良的影响。1998 年我国秸秆消费流向见表 5^[1]。

表 5 1998 年我国秸秆消费流向

用途	数量(亿 t)	比重(%)	用途	数量(亿 t)	比重(%)
总产量	6.047	100	饲料	1.451	24.0
还田及收集损失	0.907	15.0	可用作能源	3.549	58.7
工业用	0.139	2.3	-	-	-

2.2 秸秆处置利用方法及存在问题

秸秆是一种可以被利用的生物资源,如果将它进行生物的处理,一方面减少了因随意焚烧带来的污染物质的排放,对环境保护起到了很大的作用;另一方面,使废弃的物质与能量得到了最大程度的回收与利用^[12]。

2.2.1 秸秆还田技术

秸秆直接还田采用秸秆还田机作业,机械化程度高,工作效率高,秸秆处理时间短,腐烂时间长,质量好,是用机械对秸秆简单处理的方法,适于大面积推广使用。多年来,农机部门组织开发和生产了一批农业机械化新技术和新机具,推广了小麦联合收获、机械深耕、精少量播种和玉米机械化还田等技术。秸秆直接还田可增加土壤有机质含量、培肥土壤,对农业的可持续发展有重要意义,但还有很多问题尚未解决。首先,秸秆的碳氮比高,不仅不利于土壤微生物降解,而且还可能导致作物缺氮而生长不良;其次,秸秆还可能传播部分病害,导致作物减产等^[7]。

2.2.2 秸秆的肥料化处理技术

肥料化就是将秸秆与畜禽粪便按一定比例进

行混合,利用细菌、真菌、放线菌等微生物的分解作用经过分解、发酵,将大分子长链的有机物转化为小分子的葡萄糖、氨基酸、脂肪酸等,并最终转化为 CO_2 、 NH_3 、 H_2O 及无机盐类等,有效的促进秸秆中的可生物降解的有机物向稳定的腐殖质转化的微生物学过程。秸秆堆肥经过工厂化粉碎、传输、配料烘干、包装等工序,就可生产出优质商品有机肥料,这种有机肥不仅质量高,有机质含量在 60% 左右,而且经济合算,易为农民接受,将是今后秸秆高效利用的有效途径之一。其特点是自动化程度高,腐熟周期短,产量高,无环境污染,肥效高^[4-8]。秸秆堆肥是利用微生物的作用,有控制地促进可被生物降解的有机物向稳定的腐殖质转化的生物化学过程。由于秸秆纤维素、半纤维素和木质素的含量相当高,而粗纤维是一类相当难分解的物质,要解决秸秆的堆肥问题首先应解决纤维素的降解问题^[14]。

2.2.3 秸秆的饲料化处理技术

作物秸秆经过微生物的厌氧发酵使其营养物质得以保存,并使秸秆中的纤维素得到一定的分解成为一种优质饲料^[7,13]。秸秆通过青贮、氨化、膨

化、压块和微生物发酵等多种方式制成饲料,用于养殖。目前通过微生物添加剂制作的青贮饲料相对于传统的氨化法具有工艺简单,能量和养分损失小,贮存期长等特点,已经广泛应用于畜牧养殖业。这项技术的应用,不仅为秸秆利用找到了出路,还节省了饲料,降低了成本,增加了农民收入^[15]。

在我国可用作饲料的农作物秸秆有多种,但具有共同的营养特点:蛋白质、可溶性碳水化合物、矿物质和胡萝卜素含量低,而粗纤维含量高,因此消化率低,适口性差。要改善适口性,提高消化率,关键就在于纤维素的降解^[5,7]。

2.2.4 秸秆生产可降解材料技术

目前,不少地方采用新的技术利用秸秆代替木材和塑料,以秸秆中的纤维素为基本原料,开发出许多新型可生物降解的高分子材料,制造出纤维板、包装箱、建材用板、降解膜和快餐饭盒等产品,既减轻了污染,又缓和了木材供应的压力,并逐步成为一个具有发展方向和较大潜力的朝阳产业。此外,利用秸秆降解技术还可以制造乙醇、淀粉、醋酸纤维素等化工业的原料^[9-11]。工业利用秸秆生物降解生产淀粉、酒精、醋酸等,易造成严重的环境污染,而且同样存在纤维素的降解问题^[16]。

2.2.5 秸秆制生物蛋白

蛋白质资源短缺是一全球性问题,目前植物经微生物发酵转化生产蛋白质饲料或单细胞蛋白(SCP)的研究取得了一定进展。以玉米秸秆为原料,利用多菌种混合发酵,经测定发酵液中玉米秸秆的纤维素利用率 70%,粗蛋白质获得率 23%以上,大大提高了玉米秸秆的营养价值,同时对替代饲用粮生产蛋白富集饲料提供了很好的基料。单细胞蛋白是通过发酵培养微生物而制成的蛋白质,目前多采用双菌混合发酵方法在发酵罐内进行液体或固体发酵^[17]。该方法主要存在纤维素降解问题。

2.2.6 以秸秆为原料培育食用菌

农作物秸秆含有丰富的纤维素和木质素等有机物,是培育食用菌的好材料。利用稻麦秸秆培育平菇、木耳、香菇、金针菇等食用菌,既能获得较高的经济效益,其培养基还可作优质的有机肥^[7]。

2.2.7 秸秆厌氧发酵制沼气技术

秸秆等生物质在厌氧环境条件下,可以通过细菌的作用转化成可燃的气体混合物,沼气的主要成分是甲烷(体积分数为 55%~65%),因此称为沼气技术。沼气可以直接燃烧,在农村地区应该大力推广。沼气技术处理可以用来生产具有能源

用途的沼气外,沼液、沼渣也是优质的肥料与饲料,可以用于还田或是淡水养殖^[6,12]。我国是世界上沼气利用开展得最多的国家,农村小型的沼气池可以解决单个农户家庭生活燃料问题,因此沼气技术在农村地区发挥出巨大的环境效益和生态效益。其弱点:一是秸秆厌氧发酵启动慢,“结壳”出料难的问题;二是北方冬季寒冷容易冻裂沼气发酵设备;三是北方沼气池冬季不产气或产气很少的问题^[7,12]。

2.2.8 秸秆的热解处理技术

热解(Pyrolysis)技术是指将有机物在无氧或缺氧状态下进行加热蒸馏,使有机物产生裂解,经过冷却后形成的各种新的气态、液态、固态有机物,从中提取出燃料油和燃料气的技术^[7-8]。目前,国内外已经相继开发出多种快速热解技术和工艺方法。杨昌炎等就利用组合蒸汽汽曝、固态发酵对秸秆分级处理快速热解技术,获得了木糖、乙醇和燃烧气^[1]。

2.2.9 秸秆压缩成型燃料技术

将分布散、形体轻、储运困难、使用不便的秸秆,经压缩成型和炭化工艺,加工成燃料,能提高容重和热值,改善燃烧性能,成为商品能源。这种转换技术越来越被人们所重视^[7]。

秸秆压缩成型燃料可广泛用于各种类型家庭取暖炉、小型热水锅炉、热风炉,也可用于小型发电设施,是我国充分利用秸秆等生物质资源替代煤炭的重要途径^[7]。

3 结 语

农作物秸秆是十分宝贵的生物资源,秸秆利用过程中存在严重浪费现象。目前,秸秆的主要出路有秸秆还田及肥料化利用;饲料化利用;秸秆气化、固化及炭化;作生产食用菌的培养基料;工业应用等。秸秆还田包括就地还田、快速沤肥和堆肥等。其中秸秆直接还田可增加土壤有机质含量、培肥土壤,对农业的可持续发展有重要意义,但还有很多问题尚未解决。首先,秸秆的碳氮比高,不仅不利于土壤微生物降解,而且还可能导致作物缺氮而生长不良;其次,秸秆还可能传播部分病害,导致作物减产等。快速沤肥和堆肥则存在纤维素的降解问题。饲料化技术主要包括青贮氨化、发酵法以及生产单细胞蛋白。在我国可用作饲料的农作物秸秆有多种,但具有共同的营养特点:蛋白质、可溶性碳水化合物、矿物质和胡萝卜素含量低,而粗纤维含量高,因此消化率低,适口性差。要

改善适口性,提高消化率,关键就在于纤维素的降解。工业应用包括造纸,生物降解生产淀粉、酒精、醋酸等,易造成严重的环境污染,而且同样存在纤维素的降解问题。

农作物秸秆中含有大量有机质、氮、磷、钾和微量元素,分析得出,每 100 kg 鲜秸秆中含氮 0.48 kg,磷 0.38 kg,钾 1.67 kg,相当于 2.4 kg 氮肥,3.8 kg 磷肥,3.4 kg 钾肥。可以利用秸秆中含有的可供动植物利用的营养成分,通过堆肥和微生物处理制成饲料供动植物利用;也可以将秸秆进行堆肥后制成复合有机肥料,不仅为农田提供了大量优质的有机肥料,而且为农村解决秸秆问题找到了一条无害化、资源化、变废为宝的合理出路,因而具有很好的经济效益、环境效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 袁镇宏,吴剑之,马隆龙,等. 生物质能利用原理与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [2] 李振宇,黄少安. 农村焚烧秸秆的经济分析[J]. 中国农村观,2002(5):11-15.
- [3] 魏敏,锥秋江,潘榕,等. 对棉花秸秆饲用价值的基本评价[J]. 新疆农业大学学报,2003,26(1):1-4.
- [4] 李国学,张福锁,等. 固体废物堆肥化与有机复合肥生产[M]. 北京:化学工业出版社,2000.
- [5] 李延云. 农作物秸秆饲料加工技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2006.
- [6] 姚向君,田宜水. 生物质能资源清洁转化利用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

- [7] 张颖,王晓辉. 农业固体废弃物资源化利用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [8] 余群,董红敏,张肇鲲. 国内外堆肥技术研究进展[J]. 安徽农业大学学报,2003,30(1):109-112.
- [9] 闵航,陈美慈,赵宇化,等. 嗜热厌氧细菌(*Clustridium sp.*) EVA4 菌株直接纤维素生产乙醇的研究[J]. 应用与环境生物学报,1999,5(增刊):170-174.
- [10] 吕福英,陈美慈. 一个高温厌氧直接转化纤维素为乙醇的高纯富集物[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2000,26(1):56-60.
- [11] 梅洁,陈家楠,欧义芳. 醋酸纤维素的现状与发展趋势[J]. 纤维素科学与技术,1999,7(4):56-62.
- [12] 唐卫军,肖波,杨家宽,等. 生物质转化利用技术研究进展[J]. 再生资源研究,2003(4):30-32.
- [13] 兴丽,韩鲁佳,刘贤,等. 乳酸菌和纤维素酶对全株玉米青贮发酵品质和微生物菌落的影响[J]. 中国农业大学学报,2004,9(5):38-41.
- [14] J Agassi M,Hadas A,Benyamini Y, et al. Nulching effects of composted MSW on water percolation and compost degradation rate [J]. Compost Science and Utilizatio,1998,6 (3): 34-41.
- [15] Filysaa I, Ashbellb G, Henb Y, et al. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage [J]. Animal Feed Science and Technology, 2000, 88: 39-46.
- [16] Jefeeries W,Kurtzman P. Strain selection taxonomy and genetics of xylose fermenting yeasts [J].Enzyme Mictob Technol,1994,16(11):922-931.
- [17] 张艳哲,李毅,刘吉平. 秸秆综合利用技术进展[J]. 纤维素科学与技术,2003,11(2):57-61.

(上接第 40 页)

- [3] 胡吉成,吴新兰,王瑞霞. 农抗“769”放线菌的筛选[A]. 岳德荣,胡吉成文集[C]. 长春:吉林科学技术出版社,2006:398-401.
- [4] 胡吉成. 公主岭霉素的研究[A]. 岳德荣,胡吉成文集[C]. 长春:吉林科学技术出版社,2006:377-395.
- [5] 李阜棣,喻子牛,何绍江. 农业微生物学实验技术[M]. 北京:

中国农业出版社,1996:65-69.

- [6] 张宇,张敏,刘铭,等. 稻瘟病生防放线菌 A11 菌株的发酵条件研究[J]. 植物保护科学,2005,21(5):330-331.
- [7] 汪旭. 水稻稻瘟病拮抗放线菌株 BPS28 的鉴定及发酵条件的研究[D]. 吉林农业大学,2007.
- [8] 增绍钧. 均匀设计及应用[M]. 沈阳:辽宁人民出版社,1994:10-46.

(上接第 50 页) 牛增重起主导作用的因素是环境温度;空气中 NH_3 的含量(空气质量)是第二影响因素;环境湿度和饲养密度两个因素对育肥牛增重的影响处于次要地位。

根据上述试验结果和我省西部的气候特点,我们推荐在架子牛冬季育肥生产中使用第二水平的环境温度、湿度和 NH_3 含量指标(温度 $\geq 5^\circ\text{C}$,湿度 $\leq 60\%$, $\text{NH}_3 \leq 20 \text{ mg/m}^3$),饲养密度应控制在第

2~3 水平(6~7 $\text{m}^2/\text{头}$)之间^[3]。

参考文献:

- [1] 李永红,余爱英,李春平,等. 肉牛育肥技术要点[J]. 河南畜牧兽医,2006,27(4):13-14.
- [2] 雷鸣. 肉牛育肥技术[J]. 草食家畜,2006(3):21.
- [3] 王芝秀,刘红梅,王小娜. 实施肉牛育肥技术,提高养牛经济效益[J]. 黄牛杂志,2005,31(5):9.