

中国农作物秸秆资源及其利用现状

韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 胡金有

(中国农业大学)

摘要: 作物秸秆是农作物生产系统中一项重要的生物质资源。中国是世界上秸秆资源最为丰富的国家之一。论文详细论述了中国农作物秸秆的资源量和分布, 介绍了其作为工业造纸原料、畜牧饲料、造肥还田以及农村生活能源的利用现状和秸秆综合利用新技术。

关键词: 秸秆; 资源; 利用

中图分类号: S216.2

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0320087205

作物秸秆是农作物生产系统中一项重要的生物资源。据不完全估计, 全世界每年可产生近 20 亿 t 的秸秆。作物秸秆资源的利用, 既涉及到广大农村的千家万户, 也涉及到整个农业生态系统中土壤肥力、水土保持、环境安全以及再生资源有效利用等可持续发展问题, 近年来已引起世界各国的普遍关注, 并逐步成为发展可持续农业的重要方面。

中国是农业大国, 也是秸秆资源最为丰富的国家之一, 每年生产 6.4 亿多 t 的秸秆, 且随着农作物单产的提高, 秸秆产量也将随之增加。历史上, 中国有利用秸秆的优良传统, 农民用秸秆建房蔽日遮雨, 用秸秆烧火做饭取暖, 用秸秆养畜积肥还田, 合理利用秸秆是中国传统农业的精华之一。在传统农业阶段, 秸秆资源主要是不经任何处理直接用于肥料、燃料和饲料。随着传统农业向现代化农业的转变以及经济、社会的发展, 农村能源、饲料结构等发生了深刻变化, 传统的秸秆利用途径发生了历史性的转变。一方面, 科技进步为秸秆利用开辟了新途径和新方法; 另一方面, 农业主产区秸秆资源大量过剩问题日趋突出, 农民就地焚烧秸秆带来的资源浪费和环境污染问题, 引起了全社会的关注。

合理利用秸秆资源, 保护环境, 直接关系到国民经济的可持续发展。中国政府十分重视秸秆利用问题, 并把秸秆禁烧和综合利用工作当作资源和环境保护的重大项目, 从技术、生产和市场的角度出发, 在资金、政策等方面给予有力扶持与推动, 极大地促进了秸秆综合利用这项工作的广泛开展, 取得了瞩目的成就。

1 中国农作物秸秆资源量及其分布

秸秆, 通常指农作物籽实收获后的植株, 是农村

最主要的农作物副产品。由于秸秆产量未列入国家有关部门的统计范围, 其产量通常依据农作物的产量计算而得。表 1、表 2 列出了中国主要农作物秸秆的资源量及其分布情况。

表 1 1999 年中国主要农作物秸秆资源量^[1,2]

Table 1 Tonnage of straw by crop categories

		in China in 1999			10 ⁶ t
作物种类	产量	秸秆	粮食	秸秆数量	占秸秆总量比例%
谷	水稻	198.48	0.97	191.73	29.93
	小麦	113.87	1.03	117.29	18.31
	玉米	128.09	1.37	175.48	27.39
	高粱	3.24	1.44	4.67	0.73
	谷子	2.32	1.51	3.50	0.55
	其他杂粮	7.02	1.60	11.23	1.75
油	大豆	18.94	1.71	32.39	5.06
	薯类	36.41	0.61	22.21	3.47
料	花生	12.64	1.52	19.21	3.00
	油菜	10.14	3.0	30.41	4.75
	芝麻	0.74	0.64	0.48	0.07
	向日葵	1.77	0.60	1.06	0.17
棉花	3.83	3.00	11.49	1.79	
麻类	0.47	1.70	0.80	0.12	
甘蔗	74.70	0.25	18.68	2.92	
总计				640.63	100

从表 1 和表 2 可以看出, 1999 年中国农作物秸秆总量约 6.4 亿 t, 其中稻草 1.9 亿 t, 玉米秸 1.7 亿 t, 麦秸 1.2 亿 t。中国秸秆资源中以稻秸、玉米秸和麦秸为主, 这些秸秆资源量约占秸秆总资源量的 75.6%。

秸秆产量最大的是稻秸, 约占总秸秆产量的 29.93%, 主要分布于中南(如湖南、湖北、广东、广西)和华东地区(如江苏、江西、浙江和安徽等)及西南的部分省份(如四川等); 其次是玉米秸秆, 约占总秸秆产量的 27.39%, 主要分布于东北和华北(如河北、内蒙古等)地区的各省份及华东(如山东)和中南(如河南)的部分省份; 小麦秸秆的产量占农作物总

收稿日期: 2001202226

作者简介: 韩鲁佳, 女, 博士, 教授, 北京市海淀区清华东路 17 号中国农业大学农业工程研究院, 100083

秸秆产量的第三位, 约占 18.31%, 主要分布于华东 (如山东、江苏、安徽) 和中南 (如河南) 及华北 (如河北) 等地区; 豆类秸秆产量约占 5.06%; 薯秧产量约

占 3.47%; 油料作物秸秆约占 7.99%。随着种植业结构的调整, 经济作物秸秆的产量占总秸秆产量的比例有所加大。

表 2 1999 年中国主要农作物秸秆资源量及其分布情况

Table 2 Tonnage & distribution of main crop straw in China in 1999

	稻草	麦秸	玉米秸	高粱秸	谷秸	其他杂粮秸	豆秸	薯类藤蔓	油料秸	甘蔗梢	小计
华北	2.11	20.47	32.58	1.18	2.02	0.87	3.85	1.79	2.62	0.00	67.49
东北	17.05	3.70	53.52	2.48	0.49	0.48	10.09	1.06	0.69	0.00	89.55
华东	67.50	43.01	28.38	0.21	0.34	3.40	7.06	5.98	20.25	1.11	177.23
中南	71.95	27.04	23.79	0.15	0.32	0.89	5.60	5.89	16.90	13.19	165.71
西南	31.20	9.74	22.29	0.33	0.01	3.88	3.72	6.06	7.04	4.38	88.65
西北	1.93	13.33	14.95	0.31	0.32	1.72	2.09	1.44	2.61	0.00	38.69
全国	191.74	117.30	175.48	4.67	3.50	11.23	32.39	22.21	50.11	18.68	627.32

2 中国农作物秸秆的主要利用途径

中国农作物秸秆资源量大面广, 现阶段其用途大致可分为 4 个方面: 作为工业原料, 主要用于工业造纸; 作为畜牧饲料; 造肥还田; 农村生活能源。各种用途所占比例如表 3 所示。牲畜饲料和农村生活用能仍是秸秆利用的最主要方面, 分别占到秸秆总产出量的 31% 和 45%。

表 3 中国农作物秸秆的主要用途

Table 3 Main approaches to crop straw utilization in China

用途	所占比例%
造纸原料	2.9
牲畜饲料	30.9
其中: 处理后	14.8
未处理	16.1
农村生活能源	45
秸秆还田及其它损失	21.2
总计	100

2.1 作为工业造纸原料

植物纤维是发展制浆造纸工业的基本原料。根据国际统计资料, 世界造纸工业用木材约占制浆纤维原料 (不包括废纸) 的 90% 以上, 而中国制浆纤维原料中, 木材比重很少, 草类等非木材原料所占比重十分突出, 是世界上的最大草浆生产国。世界非木材纸浆的 75% 以上产自中国。中国造纸工业用草类非木材原料主要是: 芦苇、芒秆、竹子、甘蔗渣、秸秆 (麦秸、稻草)、麻、棉等 (参见表 4、表 5)。

表 4 中国 1980~2000 年制浆造纸纤维原料结构^[3,4]

Table 4 The volume & composition of raw materials in the Chinese pulp paper making industry in recent 20 years

	1980	1985	1990	1995	2000
木材 $\delta 10^6 m^3$	4.7	5.89	7.27	10.18	15.00
芦苇 $\delta 10^6 t$	1.31	1.82	2.14	2.38	3.15
竹子 $\delta 10^6 t$	0.22	0.27	0.39	0.88	1.17
蔗渣 $\delta 10^6 t$	0.45	0.66	0.64	1.38	2.30
稻麦秸 $\delta 10^6 t$	4.95	7.89	15.05	22.32	18.5
废麻、棉 $\delta 10^6 t$	0.46	0.66	0.56	0.63	1.50
废纸 $\delta 10^6 t$	1.02	2.00	4.90	9.50	12.86
其它 $\delta 10^6 t$	0.16	0.31	0.29	0.65	

表 5 中国 1980~2000 年纸浆产量及比例^[3,4]

Table 5 Output & proportion of pulp in the Chinese paper making industry (1980~2000)

	1980		1985		1990		1995		2000	
	产量 $\delta 10^6 t$	比例%								
木浆	1.35	24.8	1.87	21.7	2.04	14.6	2.90	13.0	4.82	18.4
苇浆	0.52	9.6	0.73	8.5	0.86	6.1	0.95	4.3	1.26	4.8
竹浆	0.086	1.6	0.11	1.3	0.15	1.1	0.35	1.6	0.47	1.8
蔗渣浆	0.18	3.3	0.25	2.8	0.26	1.9	0.55	2.5	0.92	3.5
秸秆浆	1.99	36.6	3.10	36.6	6.02	43.2	8.93	40.0	7.40	28.3
废麻、棉浆	0.37	6.7	0.52	6.1	0.44	3.2	0.50	3.2	1.00	3.8
废纸浆	0.81	15.0	1.72	20.0	3.92	28.2	7.60	34.0	10.29	39.3
其它浆	0.13	2.4	0.26	3.0	0.24	1.7	0.54	2.4		

由以上数据可以看出, 秸秆是中国造纸工业的重要原料。造纸工业使用秸秆原料的数量从 1980 年的 495 万 t 连续增加到 1995 年的 2 232 万 t, 2000

年有所下降可能是秸秆其他用途的不断增长所致。利用秸秆的造纸企业比较集中于近年草浆造纸厂发展最快的稻麦生产地区, 如河南、河北、山东、江苏

安徽和四川等省。

2.2 作为牲畜饲料

秸秆用作饲料, 在中国目前主要是以秸秆养畜、过腹还田的方式进行的。

中国民间素有利用秸秆作粗饲料养畜的传统, 在总量 6.4 亿多 t 秸秆中, 目前约有 15% 经过处理用作饲料, 大部分不经任何处理, 只是铡切至 3~5 cm 长饲喂牲畜。未经处理的秸秆不仅消化率低, 粗蛋白含量低, 而且适口性差, 采食量也不高, 单纯饲喂这种秸秆, 牲畜连维持需要也难满足, 这就制约了草食家畜生产水平的提高。随着青贮、氨化等秸秆处理技术的推广以及品种改良、科学补饲技术和快速育肥技术的普及, 中国农作物秸秆的利用步伐明显加快, 牛羊的生产水平不断提高。

1992 年 5 月, 国务院办公厅转发了农业部《关于大力开发秸秆资源发展草食家畜的报告》。1992 年国家正式启动秸秆养畜示范项目。1996 年 10 月, 再次发布了《1996-2000 年全国秸秆养畜示范项目发展纲要》, 极大地推动了秸秆饲料的开发利用。截止目前, 全国已建设秸秆养畜示范区 13 个, 秸秆养畜示范县已发展到 429 个, 其中养牛示范县 288 个, 养羊示范县 141 个。在农区秸秆养牛业发展的同时, 养羊业也有了新的发展。1990~2000 年间, 全国累计制作青贮饲料 8.5 亿 t, 年递增 14.24%; 全国累计氨化秸秆饲料 2.8 亿 t, 年递增 35.69%。两项合计折算节约饲料谷物近 2 亿 t, 年均节约饲料谷物 2000 万 t (见表 6), 为缓解中国谷物供需矛盾做出了贡献。

表 6 1990~2000 年秸秆饲料用量

Table 6 Quantity of straw used for feed in China (1990~2000) 10^6 t

年份	青贮秸秆	氨化秸秆	直接饲喂秸秆	饲用秸秆总量
1990	31.7	2.6	92.54	106.83
1991	41.4	3.7	96.50	114.00
1992	50.1	7.1	95.90	1197.17
1993	58.9	11.7	94.10	125.41
1994	64.2	15.9	93.80	131.11
1995	75.3	21.5	96.00	151.52
1996	85.2	30.5	108.00	166.88
1997	96.7	36.8	104.93	174.00
1998	109.9	45.1	103.49	185.22
1999	117.4	48.8	104.19	192.17
2000	120.0	55.0	103.00	198.00
年递增率%	14.24	35.69	1.07	6.36

由表 7 可以看出, 1988 至 1999 年的 12 年间, 在谷物生产年递增仅 2.33% 的情况下, 中国实现了肉类总产年递增 8.28%, 牛、羊肉生产增长速度在各类畜产品中遥遥领先, 年递增率分别为 16.29%

和 10.95%。这其中, 秸秆饲料在中国畜牧业的发展中起到了十分重要的促进作用。

秸秆养畜过腹还田, 不仅可增产畜产品, 为农田增加大量有机肥, 降低农业生产成本, 促进农业生产的良性循环, 而且是实现资源永续利用和农牧结合的有效途径, 是促进畜牧业结构调整的重要措施。

表 7 1988~1999 年间中国谷物和肉类生产变化情况^[5,6]

Table 7 Output of grain and meat in China

年 份	in 1988~1999			
	粮食总产	肉类总产	牛肉产量	羊肉产量
1988	394.1	24.8	0.96	0.80
1989	407.6	26.3	1.07	0.96
1990	446.2	28.6	1.26	1.07
1991	435.3	31.4	1.54	1.18
1992	442.7	34.3	1.80	1.25
1993	456.549	38.4	2.34	1.37
1994	445.1	45.0	3.27	1.61
1995	466.6	45.0	4.15	2.02
1996	504.5	46.0	3.56	1.81
1997	494.2	52.7	4.41	2.13
1998	512.3	57.2	4.80	2.35
1999	508.4	59.5	5.05	2.51
年递增%	2.33	8.28	16.29	10.95

2.3 作为有机肥料直接还田

秸秆作为肥料利用, 主要是秸秆直接粉碎还田。

秸秆中含有 C、N、P、K 以及各种微量元素。秸秆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, 增加土壤肥力, 增加作物产量, 节约化肥用量, 促进农业可持续发展。秸秆覆盖还对干旱地区的节水农业有特殊意义。

国家计委、农业部、建设部等曾在 1991 年就已下文指出: 要大力推广秸秆还田技术, 因地制宜采用留高茬、盖田、机翻还田等多种形式, 多层次利用。这有力地推动了秸秆还田技术的研究和还田机械的研制, 促进了秸秆还田的大面积推广。以机械化秸秆还田为主要内容的秸秆禁烧和综合利用工作也取得了明显成效。北京、天津、河北、山东、陕西、河南、四川、江苏、上海等 15 省(市)重点实施秸秆机械化还田的项目区, 1999 年和 2000 年主要粮食作物(小麦、玉米、水稻)秸秆还田总面积分别为 167.6 和 216.4 万 hm^2 , 分别占其种植面积的 42.2% 和 58.6%, 其中秸秆机械化还田面积分别为 159.5 和 189.2 万 hm^2 , 分别占秸秆还田总面积的 95.1% 和 87.4%。据统计, 15 省(市)1999 和 2000 年秸秆还田总面积分别为 917.8 和 1820.2 万 hm^2 , 分别占其种植面积的 25.5% 和 37.3%, 其中秸秆机械化还田面积分

别为 781.2 和 1 088.0 万 hm^2 , 分别占秸秆还田总面积的 85.1% 和 59.7%。秸秆直接还田的潜力依然很大。

此外, 秸秆堆沤有机肥, 是应大力提倡的, 关键是增强操作的便捷性。近几年, 各地研制试用了一批高效快速、不受农时限制的堆沤新技术、新成果, 受到了农民的欢迎。

2.4 传统的能源用途

自古以来, 秸秆一直是中国农村居民的主要生活燃料之一, 其能源密度一般为 13 376~15 466 kJ/kg ^[5], 而且在农村能源特别是农村生活用能中占有重要地位。根据农业部科教司“九五”期间全国

表 8 中国秸秆能源利用情况

Table 8 Straw as energy resources in China (1996~2000)

年度	小计标煤 万 t	秸 秆		秸秆能源用量占农村 生活用能的比重%
		实物 δ 万 t	标煤 δ 万 t	
1996	34 069	27 964	11 997	35.2
1997	42 712	—	—	—
1998	36 584	26 779	11 488	31.4
1999	35 346	29 143	12 502	35.4
2000	36 999	28 812	12 360	33.4

表 9 秸秆优质化能源利用情况³

Table 9 Straw as energy resources with high quality in China (1998~2000)

年度	气化集中供气			炭 化			压 块		
	数量	供气量 δ 万 m^3	秸秆用量 δ t	数量	年产量 δ t	秸秆用量 δ t	数量	年产量 δ t	秸秆用量 δ t
1998	164	4 572	26 727	5	710	1 500	35	410	410
1999	254	8 248	45 084	—	—	—	2	750	750
2000	388	15 057	86 837	7	2 600	7 950	3	1 250	1 250

3 农业部科教司“九五”期间全国农村可再生能源统计资料, 2001.7。

秸秆气化是一种生物质热解气化技术, 其目标是建立农村生活用能集中供气系统。目前全国已有 380 余处秸秆气化集中供气示范点, 主要集中在山东、河南、江苏、河北、山西、北京、陕西, 仅山东就有 170 余处。

目前, 秸秆炭化应用主要集中于安徽省, 压块集中于黑龙江、河南两省。

3.2 秸秆皮糠分离及其综合利用技术

秸秆不同部位的营养价值、理化特性不同。通过机械方法将秸秆的叶、皮与糠各部分进行分离, 分离出来的叶子、糠具有较高的营养价值, 可用来直接喂家畜; 秸秆皮部分营养价值较低, 但木质纤维素含量高, 用于造纸、板材等工业用途十分有利。这样, 从饲料角度看, 无需进行氨化处理就能得到相当于优质牧草的秸秆叶子饲料; 而对于工业用途, 秸皮部又优于整株秸秆。目前, 该技术已由辽宁省农科院研制开发成功。

农村可再生资源统计资料(2001.7), “九五”期间, 全国秸秆能源用量仍占农村生活用能的 30%~35% (表 8), 不仅为农村居民解决了生活用能问题, 而且为减少因获得薪柴而超量采伐森林, 造成大面积森林植被破坏, 加剧水土流失, 引起生态环境恶劣, 做出了重要贡献。

3 秸秆综合利用新技术及其研究进展

3.1 秸秆优质化能源利用技术

近几年来, 随着农村经济和农业生产水平的迅速发展, 在经济发达的地区, 秸秆低效不清洁的直接燃烧利用方式已不适应农民生活水平提高的需要, 富裕起来的农民迫切需要优质、清洁、方便的能源。同时, 为了保持良好的生态环境, 使农村、农业持续发展, 国家及有关部门近几年来一直在组织力量进行秸秆的清洁、方便能源利用技术研究, 并已取得了一些成果, 这些技术已日趋成熟, 并得到了一定程度的推广。

国内现行的秸秆优质能源利用技术主要有秸秆气化集中供气技术、秸秆压块成型及炭化技术等。

3.3 可降解型包装材料生产技术

用降解塑料代替非降解塑料, 已是当今发展生态农业、促进农业可持续发展的重要途径。国内已有许多科研单位研究开发秸秆降解膜技术, 并且取得了一定的成果。例如, 西安建筑科技大学应用麦秸秆、稻草等天然植物纤维素材料为主要材料, 配以安全无毒物质, 开发出完全可以降解的缓冲包装材料。该产品体积小、质量轻、压缩强度高、有一定柔韧性, 成本和泡沫塑料相当, 低于纸和木材制品, 在自然环境中一个月可以全部降解成有机肥。又如, 吉林省银泰公司开发了一种以稻草为主要原料的新型无污染植物纤维发泡包装, 其使用后能够迅速腐解并成为饲料原料。

3.4 一次性可降解餐具生产技术

随着人们生活条件的改善, 一次性的餐具及制品的用量越来越大。现在的一次性的餐具及制品多用发泡塑料制品制成, 用过后变成大量的白色垃圾,

造成严重的环境污染。近几年来,也有不少研究开发单位在从事这方面的研究开发工作。江西环保宝餐具有限责任公司以稻壳为基本原料,研究开发出了“宜良”牌一次性环保餐具及制品。其生产工艺流程为:粉碎分级——搅拌——热压成型——散热消毒——包装入库。该产品具有安全、卫生、无毒、美观和实用等特点,其防水性、防油性、耐热性、耐酸性、耐碱和耐酒等指标均符合一次性餐具的要求。可在-20~150℃环境中使用。

3.5 轻型建材生产技术

秸秆在建筑材料领域内目前的应用已相当广泛,秸秆消耗量大,产品附加值高,又能节约木材,很有发展前景。按胶凝剂分有水泥基、石膏基、氯氧镁基、树脂基等。按制品分有复合板、纤维板、定向板、模压板、空心板等。按用途分有阻燃型、耐水性、防腐型等。

4 结 语

中国是农业大国,也是秸秆资源最为丰富的国家之一,每年生产6.4亿多t的秸秆。中国农作物秸秆在饲料和肥料方面的利用得到了较快的发展;在农村生活用能源的利用增长幅度不大,工业原料利

用方面的利用量较小。牲畜饲料和农村生活用能仍是秸秆利用的最主要方面,分别占到秸秆总产出量的40%和45%。

近年来发展起来的秸秆优质化能源利用技术以及其它工业化利用技术,包括生产轻型板材、一次性环保餐具、可降解包装材料等,虽然应用比例尚小,却是发展方向,也是今后国家扶持发展的对象,对于保护生态环境、发展可持续生态农业十分有利,同时具有较大的市场开发潜力。

[参 考 文 献]

- [1] 中国农业统计年鉴 2000[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 52
- [2] 《非常规饲料资源的开发与利用》研究组 非常规饲料资源的开发与利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996, 14~18
- [3] 中国造纸学会 中国造纸年鉴 1999[M]. 北京: 中国轻工出版社, 2000, 326
- [4] 曹振雷 中国纸业大全 2001[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001, 177~178
- [5] 国家统计局 中国统计年鉴 1999[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999, 9, 395
- [6] 国家统计局 中国统计年鉴 2000[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000, 9, 387~393

Straw Resources and Their Utilization in China

Han Lujia, Yan Qiaojuan, Liu Xiangyang, Hu Jinyou

(Academy of Agricultural Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Straw is an important biological resource in agriculture, and China is one of the most abundant countries for straw production in the world. This paper introduces the output and distribution of straw in China and discusses its utilization as the raw material in industry, livestock forage in animal husbandry, fertilizer and energy on farms and households in rural areas. This paper also indicates that great progress was made in integrated utilization based on a number of new technologies, marketing, and support from the Chinese government.

Key words: straw; resources; utilization