

秸秆产生利用现状调查与禁烧面临难点分析 ——以江苏省某乡镇为例

石祖梁, 杨四军, 常志州*, 张斯梅

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏 南京 210014)

摘要:以江苏省某乡镇为对象,开展了农作物秸秆产生量、秸秆利用状况、农民处理秸秆方式的调查研究。结果表明,秸秆收集利用量占秸秆产生总量的比例不足25%,50%以上农户产生的秸秆得不到有效利用;农业从业者综合素质相对较低、技术普及不到位、作物收种时间重叠、效益驱动不足、秸秆利用机制不健全是秸秆禁烧和利用面临的主要问题。针对主要问题,从科技支撑、有效组织、政策引导、农机农艺、宣传培训等方面提出了合理的建议。

关键词:秸秆产生;利用现状;禁烧难点;对策建议

中图分类号:X712

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2014)02-0103-07

doi: 10.13254/j.jare.2013.0250

Investigation of Straw Yield and Utilization Status and Analysis of Difficulty in Prohibition Straw Burning: A Case Study in A Township in Jiangsu Province, China

SHI Zu-liang, YANG Si-jun, CHANG Zhi-zhou*, ZHANG Si-mei

(Institute of Agriculture Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: To better utilize crop straw, the study collected the initial data through the questionnaire and field survey among farmers in a township, Suqian City, Jiangsu Province. The distribution pattern, total yield and utilization status of crops straw were analyzed. The results showed that the collected straw amount constituted a quarter of the total straw yield. More than 50% farmers did not utilize the crop straw effectively. The main difficulties of comprehensive utilization and prohibition straw burning attributed to lower comprehensive quality of farmer workers, less technology popularity, season contradiction between crops harvest and planting, inadequate benefit drive and the unsound mechanism of straw utilization. At last, in order to solve these existing problems, several countermeasures including science and technology supporting, effective organization, policy guidance, agricultural machinery and agronomy, publicity and training were put forward.

Keywords: straw yield; utilization status; difficulty of prohibition straw burning; countermeasures

中国是一个农业大国,近年来随着粮食总产量的稳步提升,其副产品秸秆产生量也随之增加。农作物秸秆是一种重要的生物自然资源,含有大量的营养元素,合理还田可显著提高土壤肥力^[1],同时还可以广泛地用作燃料、饲料、工业原料、食用菌基质等^[2-3]。但随着农村劳动力的转移、能源消费结构的改善,农业生产

方式和农村生活习惯的转变,农作物秸秆出现了大量剩余,相当一部分被随意丢弃或就地焚烧,不仅浪费了资源,由此而造成的大气污染、水体污染、安全隐患、耕地质量下降、危及人身安全等问题也日益突出^[4-5]。作物收获后秸秆的禁烧与处理已成为政府关心、社会关注的难点和热点。国家有关部委联合印发了《秸秆禁烧和综合利用管理办法》,各级地方政府的《工作意见》和《地方性法规》对秸秆资源化利用也进行了行政性推动,不同研究者对秸秆综合利用技术推广的制约因素进行了深入的调查研究,也相应地提出了一系列的对策建议^[6-8]。但由于秸秆资源数量庞大、产生时间集中、经济价值相对较低以及利用技术有待

收稿日期:2013-12-24

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[CX(12)1002];国家科技支撑计划(2013BAD07B09)

作者简介:石祖梁(1985—),男,江苏宿迁人,博士,助理研究员,主要从事小麦生理生态及秸秆综合利用研究。

E-mail: shizuliang1985@163.com

* 通信作者:常志州 E-mail: czhizhou@hotmail.com

完善等诸多原因,秸秆综合利用体系尚未真正形成。本文以江苏省宿迁市某乡镇为对象,开展了农作物生产布局、秸秆产生量、秸秆利用状况、农民处理秸秆的意愿的调查研究,系统分析了秸秆禁烧、利用难点,以期政府决策提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

以江苏省宿迁市某乡为研究对象,乡镇总面积 84.4 km²,其中耕地面积 4 866.7 hm²;下辖 8 个行政村,7 270 户,总人口 28 466 人,其中农业人口 24 464 人。乡镇全年生产总值为 35 867 万元,其中农业总产值 10 150 万元,人均纯收入 6 198 元。

土壤类型为沙姜黑土属岗黑土,土壤质地粘重。气候属北亚热带和北暖温带季风气候区,年均气温 15.1 ℃,年日照时数 2 206.2 h,年降雨量 960.4 mm,年无霜期 203 d。适宜种植作物为小麦、水稻、玉米、花生、西瓜、蔬菜等,同时桑树、苗木也有一定的种植范围。乡镇北部地势较为平缓,农田基本建设和水利条件较好,目前以水稻-小麦轮作方式为主;而乡镇南部地势起伏,以旱作为主,多采用玉米-小麦轮作方式。由于其特殊的地理位置,水旱两熟和旱旱两熟兼具的轮作制度,使本研究区域的秸秆产生状况具有广泛的代表性。

1.2 调查方法

采取调查员直接入户问卷调查的方式,依据乡镇地理位置于每个行政村随机选取 5 个村民小组,每个村民小组随机选取 2 户种植粮食作物的农户户主进行问卷调查,同时对每个村的村干部、乡镇内及周边 10 户秸秆收集利用企业也进行问卷发放。问卷内容根据文献研究和当地实际情况设计,重点调查户主个体特征、家庭情况、生产经营方式、秸秆处理状况、秸秆利用的意愿、秸秆处理的经济性等。调查于 2012 年

5—7 月份进行。共发放问卷 100 份,收回有效问卷 100 份。

1.3 数据分析

采用 Office 软件和 DPS 软件进行数据分析处理和作图。

2 结果与分析

2.1 秸秆资源产生量及其利用现状

2.1.1 作物布局、生产水平与秸秆产生量

该乡总耕地面积约为 4 866.7 hm²,其中夏熟作物以小麦为主,主要种植品种为济麦 22 和烟农 19,年总产量为 2.7×10⁴ t。秋季作物主要是水稻和玉米,水稻种植品种以武育粳 21 为主,年总产量为 2.1×10⁴ t;玉米品种以郑丹 958 为主,年总产量为 0.9×10⁴ t。主要作物生产水平与同类地区的先进水平相比差距较大,随着生产条件和技术的改进,作物产量存在较大的提升空间。同时,该乡还种植有花生 266.7 hm²,桑树 247.2 hm²,苗木 66.7 hm²(表 1)。

依据前人对不同作物草谷比和秸秆可收集系数的总结估算^[9-13],结合当地作物的产量水平和种植面积,估算出该乡秸秆产生总量为 6.4×10⁴ t(干重)。以悬切留茬 15 cm 为标准(花生秸秆全部收获),全乡秸秆可收集量为 4.1×10⁴ t(表 1)。

2.1.2 人均秸秆占有量及资源密度

按照农作物秸秆资源调查与评价方法^[14]计算结果表明,该乡可收集秸秆资源密度(指单位面积农作物秸秆的资源量)为 8.45 t·hm⁻²,可利用秸秆资源人均占有量(秸秆资源量除以该地区农业人口)为 1.45 t·人⁻¹。以不同秸秆的低位热值^[15]进行分析表明,全乡可利用秸秆总热值为 6.14×10⁸ MJ,人均热值为 2.16×10⁴ MJ,说明该乡秸秆热值远远超过了满足全乡人口生活热量所需要的热值,以柴薪方式利用难以消纳区域内可收集的秸秆。

表 1 全乡作物布局与秸秆产生量
Table 1 Crop disposition and straw yield of different crops

作物种类 Crops	主体品种 The main varieties	播种面积 Plant area/hm ²	产量水平 Yield level/ kg·hm ⁻²	秸秆产生量 Straw amount/万 t	秸秆可收集量 Collectable Amount/万 t
小麦 Wheat	济麦 22	4 666.7	5 775.0	3.2	1.7
水稻 Rice	武育粳 21	2 766.7	7 695.5	2.1	1.5
玉米 Maize	郑丹 958	1 533.3	6 000.0	1.0	0.8
花生 Peanuts	花豫系列	266.7	3 120.0	0.1	0.1
桑树 Mulberry	—	247.2	—	—	—
苗木 Nursery stock	—	66.7	—	—	—

2.1.3 秸秆收集利用状况

全乡共有秸秆收集利用的企业 4 家:包括 1 个奶牛场、1 个制粒企业、1 个打包企业和 1 个青贮玉米粉碎企业,年消耗秸秆总量 1.6×10^4 t 左右(表 2)。主要用于奶牛的饲喂约 1 万 t,热电厂和造纸厂能源、材料化利用约 0.6×10^4 t。不同秸秆收购价格之间存在一定差异,带棒玉米秸秆为 280 元 $\cdot$ t⁻¹,去棒玉米秸秆为 80 元 $\cdot$ t⁻¹;小麦和水稻秸秆因含水量而异,价格在 100~120 元 $\cdot$ t⁻¹。

2.1.4 农户秸秆主要处理方式

调查结果显示(表 3),全乡秸秆的主要处理方式包括秸秆还田、收集利用(生活燃料、牲畜饲料、造纸与发电原料)、农忙后焚烧、堆积遗弃。其中,全乡花生秸秆 100%收集用作牲畜饲料,50%以上农户所产生的稻麦秸秆、近 45%农户产生的玉米秸秆得不到有效利用——农忙后焚烧、堆积遗弃,不仅浪费了秸秆资源,而且造成了大气和水体的污染。可用于秸秆还田利用大型农机装备仅局限于少数承包大户或农机合作社。

2.2 秸秆禁烧中的问题及难点

2.2.1 农业从业者综合素质相对较低

农民的文化水平很大程度上决定了农民利用秸秆的态度,影响农户对秸秆利用技术信息的收集处理和理解接受程度,文化程度越高的农户,越注重环境保护,越支持秸秆的综合利用^[16]。调查结果显示:全乡有 2 个问题十分突出,即从业者初中以下文化程度占

表 3 全乡农户主要作物秸秆处理方式(%)

Table 3 Farmers' handling of different crop straw(%)

作物种类 Crops	秸秆还田 Returned	收集利用 Collected	农忙后焚烧 Burned	田头堆积 Abandoned
小麦 Wheat	33.2	28.6	22.5	33.8
水稻 Rice	25.0	21.4	27.0	38.0
玉米 Maize	2.2	56.9	18.0	27.8
花生 Peanut	—	100.0	—	—

90%,综合素质相对较低;从业者年龄 40 岁以上占 90%,家庭劳力为 1+1 的夫妻制,年龄结构偏大,老人和妇女成为农业生产的主力(表 4)。

2.2.2 技术普及不到位,资源意识亟待提高

技术推广的服务和指导、农户主动接受有关新技术的指导和培训在很大程度上会提高他们采用新技术的可能性和采用程度^[17]。调查结果表明:知道秸秆饲料化利用和压块制粒的分别为 100.0%和 35.6%,对其他途径基本不了解;对 8 个村的主要干部问卷结果则显示:仅 50.0%的村干部接受过秸秆利用的相关培训,只有 12.5%的干部掌握其中某项技术(图 1)。进一步调查农户对秸秆焚烧危害的认识表明:“不了解”、“妨碍交通”、“污染空气”、“引发火灾”和“影响耕地质量”分别占 1.3%、98.8%、8.8%、50.0%和 6.3%(图 2)。因此,农民的资源利用意识亟待提高,秸秆可利用技术途径及焚烧危害有待于扩大宣传和教育。

2.2.3 收种时间重叠、季节矛盾突出

该乡主要作物轮作方式为水稻-小麦和玉米-小

表 2 全乡秸秆收集利用状况及去向

Table 2 Status of crop straw collection and utilization

秸秆收购企业 Enterprise	收购种类 Straw types	规模 Size	收购量 Consumption/t	秸秆去向 Fates of straw	收购价 Purchase prices/元 $\cdot$ t ⁻¹
奶牛场 Cattle farm	花生/玉米	1 800 奶牛	7 000	饲喂	80~280
秸秆压块企业 Briquetting enterprises	小麦/水稻	10 000 m ²	2 000	热电	100~120
秸秆打包企业 Packing enterprise	小麦	10 000 m ²	4 000	热电/造纸	100~120
秸秆粉碎企业 Crushing enterprises	玉米	3 000 m ²	3 000	饲喂	80~280

表 4 全乡农业从业者基本状况

Table 4 The basic status of farmer worker

调查户数 Survey number	人均耕地面积 Per capita area of farmland/m ²	文化程度 Education	户均劳力人数 Labor number	男女比例 Sex ratio	年龄结构 Age structure
80	1 801	小学以下(Primary school)=45% 初中(Middle school)=45% 高中(Senior high school)=10%	2	1:1	>50 =60% 41~50=30% <40 =10%

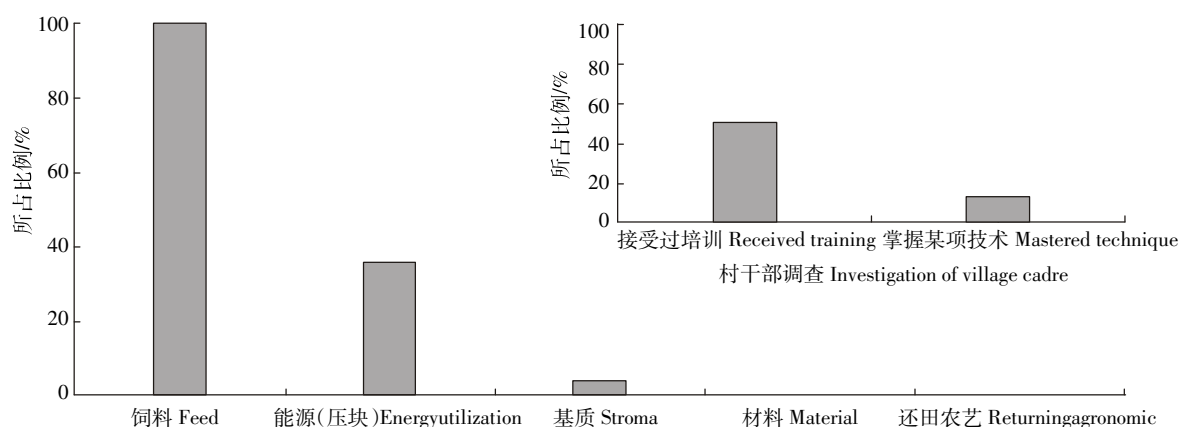


图 1 农民和村干部对秸秆资源利用技术的了解状况

Figure 1 Understanding of farmers and village cadres on straw use technology

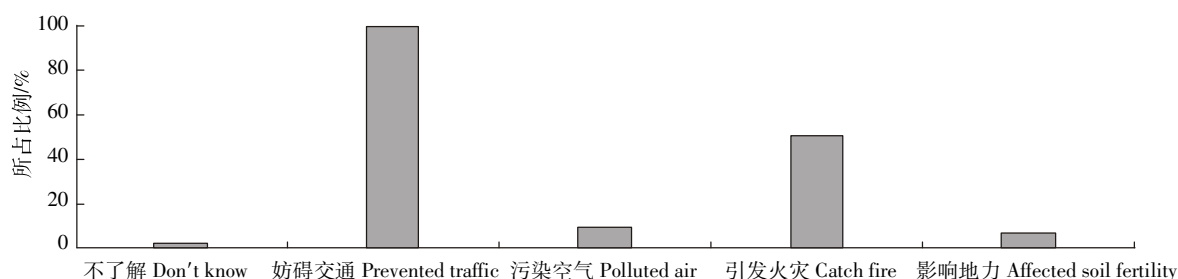


图 2 农民对焚烧秸秆的认识

Figure 2 Farmers' understanding on straw burning

麦轮作。在玉米-小麦轮作条件下,为避免灰飞虱引起玉米粗缩病的发生,一般小麦收获后推迟玉米 7~10 d 播种,使小麦秸秆有一定的收集时期;而玉米收获后至小麦播种也有一定的时间可进行玉米秸秆的收集(表 5)。在稻麦轮作条件下,稻麦主体品种类型分别为中熟中粳和半冬性,中熟中粳水稻品种全生育期已延长至 150~155 d,半冬性小麦品种最佳播期为 10 月中旬,全生育期 230~240 d。当地水稻种植方式的重大改变(直播稻和机插秧),使秧龄期大幅缩短(0~20 d,较人工插秧少 10~30 d),导致水稻收获期大幅延迟,

明显错过小麦播种适期,而晚播小麦的成熟期也相应推迟,导致小麦收获期与水稻适栽(播)期重叠(表 5),稻麦轮作步入水稻收割晚—小麦播期迟—小麦成熟晚—水稻栽插(种植)迟的恶性循环,时间不允许稻麦秸秆在田间晾晒或二次收集,季节矛盾十分紧张是稻麦两熟地区秸秆处置所面临的首要难题。因此,须考虑引进当地适宜作物品种,改变栽培方式,在提高作物产量的基础上,增加作物整地和秸秆收集利用时间。

2.2.4 耗时费力、效益驱动不足

农民的小规模经营、较高的交易成本以及资金的限制是造成农民露天焚烧秸秆或随意丢弃秸秆的根本原因^[16]。基于手扶拖拉机或农用三轮车的田间秸秆收集方式一般是“夫妻档”,以工资标准 12.5 元·h⁻¹·人⁻¹,每车小麦秸秆重 800.0 kg,销售收入 80.0 元核算,扣除油耗和机械折旧成本,每人每车的实际收益为 30.0 元(表 6),其前提是秸秆原料和自身劳力不计入成本;每日的收益与销售量有关,正常每户可销售 1~2 车·d⁻¹。问卷调查结果也表明:31.3%的农户认为

表 5 不同作物收获种植的茬口衔接

Table 5 Dates of harvesting and planting for crops rotation

作物 Crop	类型 Type	适播期 Suitable sowing date	收获期 Harvesting date
小麦 Wheat	弱春性	10/20—10/30	5/25—6/15
	半冬性	10/10—10/20	5/25—6/15
水稻 Rice	直播	6/05—6/15	11/02—11/15
	机插	6/15—6/25	10/25—11/05
	手栽	6/15—6/25	10/05—10/10
玉米 Maize	夏玉米	6/10—6/20	10/12—10/25

表 6 基于农用手扶拖拉机的秸秆收集与运输成本分析

Table 6 Analysis of straw collection and transportation costs basing on walking tractor

秸秆种类 Crop straw	收集时间 Collection time/h·拖拉机 ⁻¹	秸秆重量 Straw weight /kg·拖拉机 ⁻¹	油耗 Fuel consumption/元·拖拉机 ⁻¹	机械折旧 Machinery depreciation/元·拖拉机 ⁻¹	人工成本 Labor cost /元	总成本 Total cost/元·拖拉机 ⁻¹	销售收入 Sale revenue /元·拖拉机 ⁻¹
小麦 Wheat	2.0	800.0	15.0	5.0	50.0	70.0	80.0
玉米 Maize	2.5	1 500.0	20.0	5.0	62.5	82.5	120.0
水稻 Rice	2.0	1 000.0	15.0	5.0	50.0	70.0	80.0~100.0

收集秸秆效益太低,42.0%的农户认为农活太忙或感到劳动力不足,13.8%的农户认为秸秆收集麻烦,处理成本高,而 12.5%的农户认为缺乏市场,周边环境不利于秸秆收集利用(图 3),同时乡村 50 岁以上的劳动力占 60%以上。由此可见,在效益驱动不足、农时季节紧张、秸秆收集运作时间集中、农村劳动力大量转移的情况下,分散型农户不可能成为秸秆收集利用的主体。

2.2.5 秸秆利用机制不健全

(1)农机装备严重不足,运输组织分散。农作物秸秆饲料化、能源化和材料化利用的共性基础是收集打捆和转运贮藏,就地还田肥料化利用则依赖大、中型动力机械及配套装备。全乡目前仅有 3 台捡拾打捆机(表 7),按作业效率 6.7 hm²·d⁻¹、作业时间 10 d 计算,可收集面积 200.0 hm²,仅相当于该乡总耕地面积的 4.3%,秸秆收集机械远远不足。全乡现有大、中型(>75 马力)拖拉机 116 台,完全可以满足秸秆全量还田的需要,但与之配套的全是普通旋耕机,缺乏用于稻麦秸秆还田的“反转灭茬旋耕机”^[18];玉米秸秆还田机仅 4 台,无法满足秸秆全量还田的需求。农户现有

的手扶拖拉机虽可满足短距离运输需求,但缺乏专业的组织与管理。

(2)贮存场地缺乏,布局有待合理规划。全乡现有秸秆堆放场地面积 2.7×10⁴ m²,以成捆秸秆密度 100 kg·m⁻³、堆高 2.5 m、容积利用率 70.0 %计算,容量 4 672.5 t,仅占全乡秸秆可收集量的 10.5%;同时秸秆收集点的设置、秸秆摆放、安全管理制度、秸秆贮存防腐等问题均未进行合理的运筹。

(3)秸秆产业化程度较低。秸秆规模化利用有赖于产业发展的拉动,但该乡目前的社会资本投资秸秆开发利用的积极性不高,秸秆利用的龙头型、骨干型企业缺乏,鲜有秸秆利用量超过万吨的规模企业。大多数小规模企业投入产出率较低,没有形成自己完整的收集、贮运与利用体系,缺乏进一步扩大企业规模的信心。

3 结论与建议

调查区域内作物秸秆产生总量约为 6.4×10⁴ t,主要包括小麦、水稻、玉米、花生等作物。农民秸秆利用行为包括露天焚烧、生活燃料、牲畜饲料、还田、造纸和发电等。秸秆禁烧及综合利用中存在的主要难点包

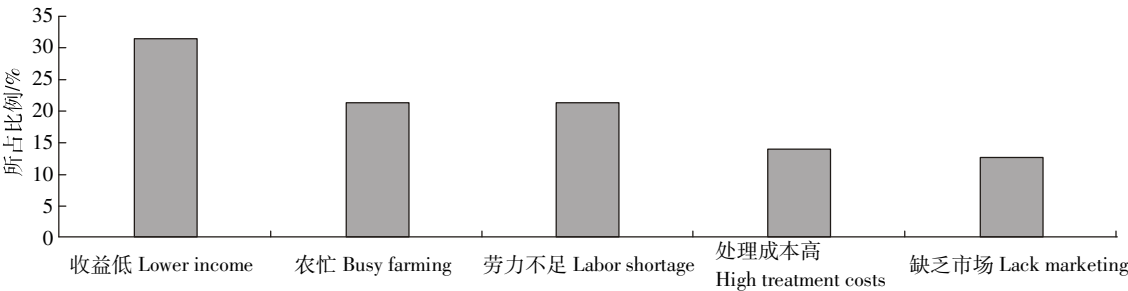


图 3 农民不愿进行秸秆收集利用的原因分析

Figure 3 Difficulty analysis of straw collection and utilization

表 7 全乡农业机械社会保有量(台)

Table 7 The amount of agricultural machinery in township region

收割机 Combine	捡拾打捆机 Baler	秸秆还田机 Straw returning machine	>75 马力拖拉机 Tractor	玉米秸秆还田机 Maize straw returning machine	秸秆制粒机 Granulator	抓草机 Catch grass machine	手扶拖拉机 Hand tractor
169	3	116	116	4	8	5	2 000

括以下几个方面:(1)农业从业者综合素质相对较低,资源意识亟待提高;(2)作物收种时间重叠、季节矛盾突出;(3)秸秆收集、运输、贮存体系不健全,关键环节亟待突破;(4)耗时费力、效益驱动不足,产业化程度较低。

通过系统分析调查区域内秸秆的处理状况及其利用难点,为进一步推动作物秸秆的综合利用,提出以下几点建议:

第一,科技支撑,整体规划。政府科技管理部门,应在秸秆收集、途径利用、途径创新等关键环节给予大力资助,重点解决好秸秆综合应用中的关键技术节点,实现秸秆的快速收储,拓宽秸秆综合利用的渠道,降低生产成本,提高经济效益。同时针对地方特点,从种植结构、作物布局、秸秆产生时空结构、收贮分布以及土地、交通、水利、地理等自然条件等方面统筹考虑,形成整体解决方案,建立适合于区域范围的秸秆转运操作流程与布局规划,促进秸秆的全量利用及长效运行。

第二,建立有效的组织体系。建设农业合作社,健全秸秆还田、机械打捆、有组织运输的全程机械化服务体系;建立以企业为龙头、经纪人为纽带、农户广泛参与、基层政府监管的秸秆收、运、贮的物流体系。

第三,加大政策引导和扶持力度,制定保障措施。加大财政投入,制订不同作物秸秆机械化还田补贴标准;对购买有利于禁烧和综合利用的农机具加大补贴力度;落实相应的财政、税收优惠政策,提高企业秸秆收集利用的积极性;补偿和鼓励地方或企业建设秸秆收贮中心和临时收储站;支持试点示范工程的建设,加大用以现有技术设备的升级改造资金投入;建立多元化投入机制,鼓励社会力量积极参与。

第四,加强农机装备,推广经济成熟的农艺措施。秸秆收集方面,添置收割打捆一体化装备或高效捡拾打捆机;秸秆还田方面,收割机配备均匀抛撒装置,拖拉机等配套反转灭茬机和玉米秸秆还田机,实现秸秆的高效还田;同时改变水稻种植方式(进行抛秧或钵苗摆栽),调整稻麦品种布局,强化栽培技术管理,缓解稻麦收种的季节矛盾。

第五,加强秸秆综合利用的教育宣传和技术培训,提高农民综合利用秸秆的意识。广泛开展秸秆综合利用的科普宣传,强调农民处理秸秆的责任意识,为秸秆综合利用工作创造一个良好的社会舆论环境;树立典型,发展科技示范户的带动作用;将有关秸秆收购流程、价格、地点、用途等印成纸张发放到农民手

中,将秸秆综合利用的宣传做到家喻户晓。

参考文献:

- [1] 武 际,郭熙盛,鲁剑巍,等.不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响[J].生态学报,2013,33(2):565-575.
WU Ji, GUO Xi-Sheng, LU Jian-wei, et al. Decomposition characteristics of wheat straw and effects on soil biological properties and nutrient status under different rice[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(2): 565-575. (in Chinese)
- [2] 牛新胜,张宏彦,牛灵安.华北平原典型农区秸秆资源与利用——以河北省曲周县为例[J].安徽农业科学,2011,39(3):1710-1712.
NIU Xin-sheng, ZHANG Hong-yan, NIU Ling-an. Crop straw resources and utilization in typical agricultural region of north China plain[J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2011, 39(3): 1710-1712. (in Chinese)
- [3] 强 健.秸秆资源利用方式与开发对策[J].节能技术,2006,24(6):86-87.
QIANG Jian. Utilization methods and development strategies on straw resources[J]. *Energy Conservation Technology*, 2006, 24(6): 86-87. (in Chinese)
- [4] 宋吕军.秸秆禁烧禁抛与综合利用探讨[J].污染防治技术,2011,24(2):46-47.
SONG Lü-Jun. Discuss on prohibiting burning and cast of stalk and comprehensive utilization of straws[J]. *Pollution Control Technology*, 2011, 24(2): 46-47. (in Chinese)
- [5] 马谈斌.作物秸秆综合利用三原则——就地、大量、简易还田[J].江苏农业学报,2008,24(4):436-439.
MA Tan-bin. Three principles for utilization of straw: directly, largely and easily returning into field[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Science*, 2008, 24(4): 436-439. (in Chinese)
- [6] 徐秀娟,吴文革.安徽省农作物秸秆资源及其综合利用[J].中国农业科技导报,2009,11(2):43-47.
XU Xiu-juan, WU Wen-ge. Crop straw resources and their utilization in Anhui Province [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2009, 11(2): 43-47. (in Chinese)
- [7] 郑 军,史建民.我国农作物秸秆资源化利用的特征和困境及出路——以山东为例[J].农业现代化研究,2012,33(3):354-358.
ZHENG Jun, SHI Jian-min. Utilization of crop straw: Current situation, dilemma of micro-economics and ways out taking Shandong Province as example[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2012, 33(3): 354-358. (in Chinese)
- [8] 姚宗路,赵立欣,田宜水,等.黑龙江省农作物秸秆资源利用现状及中长期展望[J].农业工程学报,2009,25(11):288-292.
YAO Zong-lu, ZHAO Li-xin, TIAN Yi-shui, et al. Utilization status and medium and long-term forecast of crop straw resource in Heilongjiang Province[J]. *Transactions of the CSAE*, 2009, 25(11): 288-292. (in Chinese)
- [9] 谢光辉,韩东倩,王晓玉,等.中国禾谷类大田作物收获指数和秸秆系数[J].中国农业大学学报,2011,16(1):7-14.
XIE Guang-hui, HAN Dong-qian, WANG Xiao-yu, et al. Harvest index

- and residue factor of non-cereal crops in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(1): 7-14. (in Chinese)
- [10] 谢光辉, 王晓玉, 韩东倩, 等. 中国非禾谷类大田作物收获指数和秸秆系数[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(1): 15-23.
XIE Guang-hui, WANG Xiao-yu, HAN Dong-qian, et al. Harvest index and residue factor of non-cereal crops in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(1): 15-23. (in Chinese)
- [11] 王亚静, 毕于运, 高春雨. 中国秸秆资源可收集利用量及其适宜性评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(9): 1852-1859.
WANG Ya-jing, BI Yu-yun, GAO Chun-yu. Collectable amounts and suitability evaluation of straw resource in China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(9): 1852-1859. (in Chinese)
- [12] 石祖梁, 顾东祥, 张传辉, 等. 施氮量对稻茬小麦秸秆干物质和养分垂直分布的影响 [J]. 麦类作物学报, 2014, doi:10.7606/j.issn.1009-1041.2014.01.00.
SHI Zu-liang, GU Dong-xiang, ZHANG Chuan-hui, et al. Effects of nitrogen rates on vertical distribution of dry matter and nutrient of winter wheat in rice-wheat rotation [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2014, doi:10.7606/j.issn.1009-1041.2014.01.00. (in Chinese)
- [13] 顾克军, 张斯梅, 许 博, 等. 江苏省水稻秸秆资源量及其可收集量估算[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(1): 32-36.
GU Ke-jun, ZHANG Si-mei, XU Bo, et al. Estimation of total yield and collectable amount of rice straw in Jiangsu Province[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2012, 28(1): 32-36. (in Chinese)
- [14] 田宜水, 赵立欣, 孙丽英, 等. 农作物秸秆资源调查与评价方法研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(3): 583-586.
TIAN Yi-shui, ZHAO Li-xin, SUN Li-ying, et al. Study on crop straw survey and evaluation method[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(3): 583-586. (in Chinese)
- [15] 田宜水. 解读《农作物秸秆资源调查与评价技术规范》[J]. 农业工程技术: 新能源产业, 2009(6): 14-20.
TIAN Yi-shui. Deciphered technical specification on investigation and evaluation of crop straw resources [J]. *Agriculture Engineering Technology: New Energy Industry*, 2009(6): 14-20. (in Chinese)
- [16] 崔红梅. 农户秸秆利用行为选择: 理论与实证分析[D]. 扬州: 扬州大学, 2010.
CUI Hong-mei. Theoretical analysis and empirical analysis of farmers' straw stalk use behavior choice[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2010. (in Chinese)
- [17] Joseph E, Thomas M. Characteristics of farm practices associated with rate of adoption[M]. Reading MA: Addison-Wesley, 1985: 265-271.
- [18] 吴行国, 朱桂珍, 谈海红. 稻麦秸秆全量还田农机与农艺配套技术[J]. 现代农业科技, 2008(6): 149, 151.
WU Xing-guo, ZHU Gui-zhen, TAN Hai-hong. Matching technology of agricultural machinery and agronomy with return of total rice and wheat straw[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2008(6): 149, 151. (in Chinese)