

湖北省“三夏”秸秆收储利用概况及典型案例分析

关金菊¹, 潘思睿², 曹宝群³, 李志朋³, 郭继辉¹, 刘婷婷⁴, 金柯达^{4*}

(1. 钟祥市农村能源办公室, 湖北 荆门 431900; 2. 浙江科技学院 中德工程师学院, 浙江 杭州 310023; 3. 湖北省农村能源办公室, 湖北 武汉 430071; 4. 华中农业大学 工学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 推进农作物秸秆综合利用, 是提升耕地质量, 改善农村环境的重要举措。为更好地了解湖北省农作物秸秆综合利用水平, 选取湖北省 14 个市, 通过实地调研、问卷调查以及典型案例分析, 对湖北省秸秆还田和离田比例进行统计, 并对秸秆收储运体系及综合利用概况进行评估。调研结果显示: 14 个市中仅有襄州区为大部分秸秆离田利用, 其他县市秸秆还田作业面积占总收获面积比例达 60% 及以上。还田利用中, 秸秆主要以粉碎还田为主, 不同秸秆还田方式会产生一定成本差异。尽管粉碎还田比直接还田每亩增加约 10 元的经济成本, 但直接还田不利于作物根系扎深, 导致后茬作物易倒伏、产量低。对于离田作业, 大部分地区以机械打捆为主, 其打捆成本主要集中在每亩 60~80 元, 运输半径越大对应的运输成本越高, 但其增长幅度并不成正比。最后, 针对调研过程中所发现的问题, 提出了相关建议, 以期提升湖北省秸秆综合利用水平提供参考。

关键词: 秸秆综合利用; 秸秆还田; 秸秆离田; 秸秆收储运

中图分类号: S216.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1166(2023)05-0073-08

DOI: 10.20022/j.cnki.1000-1166.2023050073

Overview and Classic Typical Mode Analysis of Sanxia Straw Purchase and Storage in Hubei Province / GUAN Jinju¹, PAN Sirui², CAO Baoqun³, LI Zhipeng³, Guo Jihui¹, LIU Tingting⁴, JIN Keda^{4*} / (1. Rural Energy Office of Zhongxiang, Jingmen 431900, China; 2. Chinese-German Institute of Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China; 3. Rural Energy Office of Hubei Province, Wuhan 430071, China; 4. College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Promoting straws comprehensive utilization is an important way to improve the quality of cultivated lands and ameliorate rural environment. In order to have a deeper understanding of the comprehensive level of the using of straws in Hubei Province, this research chose 14 cities in Hubei Province, and we collected data of the percentage of the straws' usage in and out of the fields through field survey, questionnaire survey and analysis of typical examples. Meanwhile, authors assess the system of straws' collection, storage, and comprehensive usage through collected data. The result of the investigation showed that among the 14 cities, only Xiangzhou is responsible for the majority of straws are used outside the field, while other cities' straws that used inside the field has a percentage of 60% and higher. In the process of using the straws inside the field, the straws are mainly shattered before using. Different ways of using the straws inside the field has differences on the prime cost. Although shattering is ¥10 more expensive than using them without disposing, but undisposed straws is not beneficial for the crops to root, and may cause the upcoming crops to lodge and have lower yields. For the straws used outside the fields, most cities choose to use mechanical ways to bind them together. The prime cost of that is mostly around ¥60~80 per mu. The bigger the radius of transportation is, the higher the cost will be. But the rate of the increased price is not strictly direct proportion. In the end, for the problem we discovered during investigation, we gave corresponding advice to them, and we wish that this can become a reference for improving Hubei Province's level of comprehensive using of straws.

Key words: comprehensive use of straw; straws back to the field; straws out of the fields; straw collection and delivery

收稿日期: 2023-07-28 修回日期: 2023-08-21

项目来源: 国家自然科学基金项目(51406064)

作者简介: 关金菊(1971-), 女, 湖北钟祥人, 高级农艺师, 主要研究方向为农作物秸秆综合利用技术及发展方向, E-mail: zxgj4988@163.com

通信作者: 金柯达, E-mail: jinkeda@webmail.hzau.edu.cn

农作物秸秆是农业生产过程中的重要副产物,也是中国现有农业资源中数量最大的可再生资源,秸秆资源的有效利用,又是促进节能减排的重要手段^[1-2]。据相关统计,2020年全国秸秆资源总量 8.5×10^8 t,但约 8.9×10^7 t秸秆未被有效利用,从而导致土壤结构被破坏,大气污染等一系列问题,是当前农业农村现代化发展中亟待解决的问题。因此,充分利用好秸秆资源,可在解决环境污染问题的同时发挥能源、生态等效应,是促进农村绿色发展的重要途径^[3-4]。

湖北省是中部农业大省,农作物秸秆资源丰富,常年秸秆总量达4000余万吨,主要由稻谷、小麦、玉米、油菜等作物秸秆组成,其中稻秸资源量最大,占秸秆总量的53.74%,其次为玉米秸秆和小麦秸秆,分别占总量的14.38%、12.45%,油料作物的种植面积位居全国第一,油菜秸秆资源量也位居前列,占11.13%。在全面禁烧秸秆政策颁布前,湖北省较多秸秆资源处于“浪费”状态,即就地堆放弃置一旁,或者就地直接焚烧,仅有少量的秸秆用于造肥还田、畜牧饲料和生活能源消耗^[5]。随着秸秆全面禁烧和加强秸秆综合利用政策的推行,各地区的秸秆肥料化、饲料化、燃料化、原料化和基料化等五化利用及收储运体系建设等秸秆产业体系逐步完善,迅速发展^[6]。目前湖北省各区域在秸秆还田和离田化利用方式上仍存在一定差异,为进一步推进秸秆综合利用水平,应更好的评估当前湖北省各区域秸秆资源量分布情况,以及秸秆还田和离田化利用

现状,以在促进高效还田的同时,结合收储运体系建设,提高离田利用效益,才能更好地促进秸秆综合利用体系发展。

本研究拟在湖北省农作物秸秆资源量估算基础上,通过“三夏”期间秸秆利用问卷调查与实地考察,对湖北省秸秆资源量现状、“三夏”秸秆还田、离田概况及综合利用途径进行了全面的了解,基于实际调查结果,发现问题并提出相关建议,以期湖北省秸秆综合利用工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本文2.1中湖北省各地区农作物产量、播种面积等数据来源于2021年湖北省统计年鉴。

1.2 秸秆资源量的估算

理论秸秆资源量:指理论上某区域每年可能产生的最大秸秆量,一般可根据农作物产量及其草谷比间接计算获得^[7]。其中,草谷比是指秸秆产量与农作物产量之间的比值^[8]。

秸秆资源量估算相关公式为:

$$S = \sum_{j=1}^k C_j d_j \quad (1)$$

式中: S 为秸秆资源量; C_j 为某种农作物的产量; d_j 为某种农作物的草谷比。

湖北省常见农作物产量(万t)及其草谷比见表1,其数据来源于2021年湖北省秸秆资源数据平台的台账数据。

表1 湖北省不同农作物产量及其草谷比 (万t)

农作物	稻谷	小麦	玉米	大豆	薯类	油类作物	棉花	甘蔗
产量	1864.34	400.66	311.54	35.54	106.33	254.12	10.79	28.15
草谷比	0.62	1.37	2.00	1.50	0.50	2.00	3.00	0.10

1.3 区域调研

2022年5月~6月通过实地访谈以及填写问卷两种方式对湖北省14个县市的小麦秸秆综合利用情况进行调查与了解,并对其中的襄阳市襄州区、随州市随县和天门市3个地区的10个对象进行实地走访调研,具体情况见表2。

2 结果与分析

2.1 湖北省秸秆资源现状

经统计湖北省2021年秸秆资源量分布如图1和图2,其数据来源于2021年湖北省秸秆资源数据

平台的台账数据。2021年湖北省农作物秸秆资源量共计4440.80万t,主要为稻谷、小麦、玉米、油菜籽等,其中:稻谷秸秆2386.35万t,占比53.74%;其次为玉米秸秆(638.6万t)和小麦秸秆(552.92万t),分别占比14.38%、12.45%;油菜籽秸秆494.17万t,占比11.13%。其余作物秸秆总量仅占8.3%。

湖北省秸秆资源产量丰富,以稻谷、玉米及小麦秸秆为主,主要分布在襄阳、荆州、荆门、黄冈等鄂中东部地区。但区域差异较大,分布不均衡。其中襄阳市的秸秆资源量最高(752.62万t),占湖北省总

表2 调研走访对象

调研对象	走访地区
小农户	襄州区三口农户 随县五口农户
种植/ 养殖大户	襄州区农鑫源农作物种植基地 随县-湖北菇缘生物科技有限公司 随县-牛养殖场 天门-湖北灏宇 襄州区利国民秸秆再利用专业合作社
合作社	随州市众联粮食生产专业合作社 天运健种养殖专业合作社 天门市恒惠农产品种植专业合作社

量 16.93%，其次为荆州市（705.88 万 t）和荆门市（463.43 万 t），分别占比 15.88%、10.43%，而资源量最少区域为鄂州市和神农架林区，仅为 0.89%、0.06%。

为更全面地了解湖北省不同地区不同产量层次的秸秆收储运用情况，本文选取秸秆产量最高、中等、较低的地区进行实地调研，通过实地考察和问卷调查的方式，对这些地区的秸秆综合利用情况进行深入了解，针对不同秸秆利用模式所存在的问题提出相关建议。

2.2 秸秆还田与离田利用情况

2.2.1 小麦收获面积、产量及收割成本

根据问卷调查的结果，湖北省 2022 年 14 个县市的小麦秸秆总收获面积达 955.62 万亩，其中，机收面积占收获总量的 88.77%。

表3 2022年湖北省14个县市“三夏”小麦收获量及机收成本等问卷统计表

地区	收获面积 (万亩)	机收面积 (万亩)	收获时间	平均亩产 (kg·亩 ⁻¹)	留茬高度 (cm)	作业成本 (元·亩 ⁻¹ , 不含粉碎)
天门市	87.8	87.8	5.10~5.20	400	10~15	60
襄州区	156.0	156.0	5.23~6.02	450	5~15	50
江陵县	53.5	53.5	5.15~5.30	209	12~15	40~53
公安县	60.1	59.6	5.25~6.15	350	5~10	50
潜江市	42.0	42.0	4.01~5.31	199	10	100
沙洋县	39.0	39.0	5.20~6.02	448	10	60
宜城市	69.0	69.0	5.18~5.25	350	15	70
随县	51.6	51.6	5.15~6.05	251	10~20	55
老河口市	53.0	52.9	5.25~6.50	380	15	60
钟祥市	85.3	85.3	5.18~5.28	350	15	50
鄖阳区	32.0	25.6	5.12~5.27	600	12	100
松滋市	35.9	35.9	5.15~5.25	238	20	45~50
京山市	43.4	43.2	5.18~5.31	212	12~20	75
枣阳市	147.0	135.0	5.20~6.10	550	10	35~50

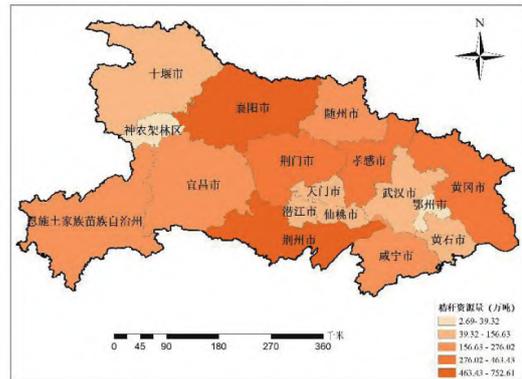


图1 2021年湖北省各地区秸秆资源空间分布图

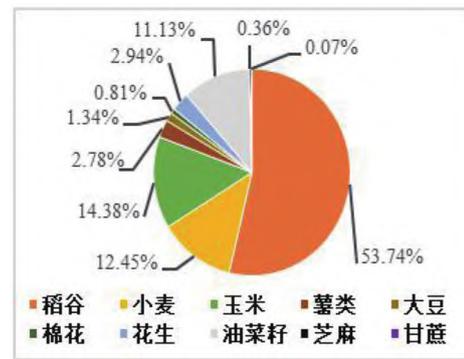


图2 2021年湖北省各地区各类秸秆资源量分布占比图

各县市小麦收割的作业成本(不含秸秆粉碎)多集中在每亩 40~60 元。调研结果显示,大田因平整,机械收割效率高;小田反之,收割效率低,大田收

获成本低于小田。14 个县市的 2021 年小麦规模化种植可实现平均亩产量 356kg。襄州区、天门市和随县小麦产量较往年提高了 30% 左右。根据调研结果,以旱地为主的地区(如襄州区)小麦产量明显高于以水田为主的地区(如随县、天门市)。亩产差可达 400~500 斤(见表 3,其数据来源于 2021 年湖北省秸秆资源数据平台的台账数据)。因播种机械无法进入水田,人工播种则易导致出苗率低、出苗不均等情况。故小麦适合种植在旱地。

2.2.2 秸秆还田利用情况

2022 年湖北省“三夏”期间 14 个县市的秸秆还田作业面积达 692.81 万亩,占总收获面积的 72.5%,各县市的还田作业面积分布及占总收获面积的比例如图 3 所示。

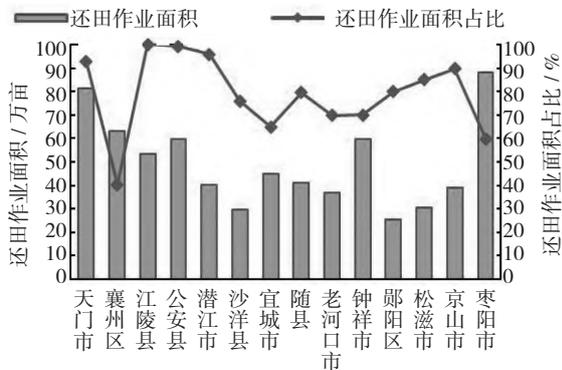


图 3 2022 年湖北省 14 县市小麦秸秆还田作业面积及其比例

2.2.2.1 不同秸秆还田方式及其影响因素

根据实际调研结果,湖北省 14 个县市的秸秆主要还田方式为在收割机上加装粉碎抛撒还田装置进行粉碎抛撒还田。通常情况下农户多会选择在收割机上加装粉碎抛撒还田装置进行直接还田,目前秸秆不粉碎直接还田方式则占比较低。天气是影响秸秆还田比例和离田率的重要因素,秸秆粉碎还田中,天气的不利变化会给秸秆离田带来负面影响,秸秆收集过程受降雨等天气影响会导致含水量过高,难以储存,且资源化利用价值降低^[9]。若小麦收割后预报有雨,则在收获时会直接将秸秆粉碎,再使用旋耕机旋耕还田。

2.2.2.2 不同秸秆还田粉碎长度、耕作方式

所调查的 14 个县市的秸秆粉碎长度最短为 1 cm,最长可达 25 cm,大都在 15 cm 以内,各县总的平均值为 8.8 cm(见图 4 和图 5),粉碎的长度与粉碎机的型号有很大关系。

秸秆粉碎还田后,有旋耕和深耕两种耕作方式。旋耕使用旋耕机具,松碎耕层土壤及秸秆,但对深层土壤无作用,其深度一般在 15~20 cm。在秸秆高强度持续还田地区,若只是在浅层进行旋耕,深层土壤易板结,从而导致作物根系向四周蔓延而无法到达深层,扎深不够作物则易导致作物倒伏,所以除了旋耕外,每隔一定的时间宜进行深耕一次。深耕利用拖拉机具带动犁具将深层土壤翻到地表,从而疏松土壤、保持土壤活力以及减少对下茬作物的影响,其深度一般在 30~40 cm,深耕成本较旋耕为高^[10]。湖北省部分县市出台了相应的深耕补贴政策,每 3~4 年进行深耕补贴政策,每亩补贴 10 元~20 元的深耕作业费用,可有效缓解秸秆多年持续大量还田在表层难以降解的问题,提高农民开展深耕积极性。

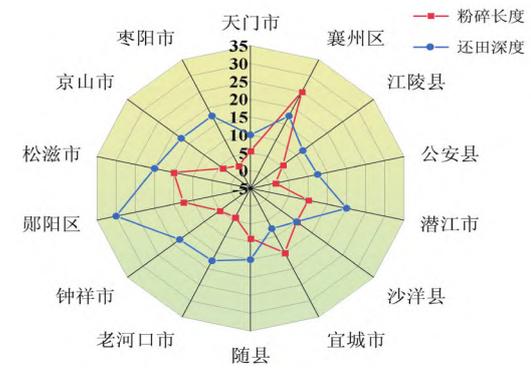


图 4 不同地区小麦秸秆粉碎长度、还田深度分布图

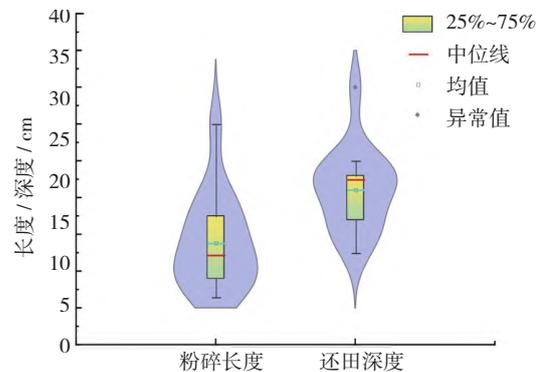


图 5 不同地区小麦秸秆粉碎长度、还田深度数据范围分布图

2.2.2.3 不同秸秆还田方式所产生的成本差异

不同秸秆还田方式成本之间的差异主要在于粉碎机具的购买或租赁成本,即需要粉碎装置处理与否。如襄州区秸秆粉碎还田相比直接还田每亩增加 10 元的成本,但调研结果显示,为了保证下一茬农作物产量,农户多会选择粉碎还田。因为若秸秆直接还田而不粉碎,或者粉碎不达标,则翻耕后秸秆埋

在土壤中空隙大,不利于根系扎深从而导致作物易倒伏、产量低^[11]。

调研数据分析得,还田作业成本为每亩 3~50 元,其中最低为江陵县的每亩 3 元,最高则为京山市的每亩 50 元。大部分地区的还田作业成本多为每亩 10~30 元。部分地区还田作业成本高因为粉碎抛撒后用旋耕机进行二次深翻、增加了油耗,或是阴天或夜间作业时粉碎效果差、消耗动力大,在一定程度上影响了收割速度,增加了还田作业成本。

2.2.3 秸秆离田利用情况

14 个县市小麦秸秆离田作业总面积为 260.45



图 6 小麦秸秆离田作业面积及其占总收获面积的比例

表 4 湖北省 14 县市的秸秆打捆方式及占比情况、打捆机型

地区(比例)	打捆方式	打捆机型
天门市(20%)、襄州区(20%)、潜江市(50%)、沙洋县(80%)、宜城市(40%)、随县(20%)、老河口市(80%)、钟祥市(65%)、松滋市(10%)、京山市(80%)、枣阳市(20%)	机械打大圆包	花溪玉田(小方)、上海斯达尔(小方)、德牧(大圆)、马斯奇奥圆草捆打捆机、中联重机履带自走式方草捆打捆机、道依茨 2104 迈克海圆捆机、凯斯 3104 爱科麦赛福格森打捆机、沃德、豪丰、雷沃、亚奥、星光、蓝溪
襄州区(60%)、钟祥市(12%)、郟阳区(65%)、枣阳市(25%)	机械打大方包	
天门市(80%)、襄州区(15%)、潜江市(50%)、沙洋县(20%)、宜城市(60%)、随县(80%)、老河口市(20%)、钟祥市(10%)、郟阳区(31%)、松滋市(90%)、京山市(20%)、枣阳市(50%)	机械打小方包	
襄州区(5%)、钟祥市(5%)、郟阳区(4%)	人工捡拾	

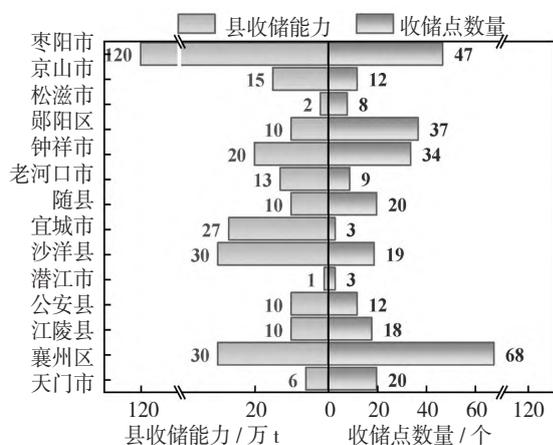


图 7 不同地区秸秆的县收储能力与收储点数量分布图

万亩,占总小麦收获面积的 27.25%。不同县市的秸秆离田作业面积及其占比如图 6 所示。

2.2.3.1 不同地区秸秆的打捆方式及打捆机型

根据调研结果,小麦秸秆离田打捆方式主要有机械打大圆包、机械打大方包、机械打小方包及其他(如人工捡拾)。14 个县市地区秸秆的打捆方式及不同打捆方式的占比情况,相应的打捆机型详见表 4。

2.2.3.2 不同地区秸秆打捆成本及收储能力

小麦秸秆打捆的成本主要集中在 60~800 元·亩⁻¹,个别地区如随县、天门市、老河口市等地区因地区差异及收储模式的不同而导致打捆成本较高,各地区具体打捆成本如图 6 所示。14 个县市收储点总数量达 280 个,拥有收储点数量最多的是襄州区(68 个),枣阳市次之(47 个),县收储能力最高的是枣阳市 120 万 t。除不存在离田作业情况的公安县与江陵县外,宜城市与潜江市的收储点数量最少,均仅有 3 个,其中潜江市的收储能力最低,仅为 1 万 t,但宜城市收储能力却为 27 万 t,表明收储点数量并不直接反应当地收储能力。收储能力除收储点数量外还受秸秆资源量、当地经济水平、社会劳动力水平等因素影响。

2.2.3.3 不同地区运输半径及秸秆运输成本

据调研结果,各地区秸秆运输半径最近的仅 0.1 km(潜江市),而最远的可达 50 km(宜城市、老河口市)。秸秆运输半径的范围会因不同地区交通道路与收储点分布位置不同而不同。其中老河口市的运输半径范围最广,范围跨度达 45 km,约 50% 地区跨度在 10 km 左右浮动,余下地区在 30 km 左右浮动(见图 8 和图 9)。

因秸秆收储点的远近、路况、车辆运输的不同,各县市小麦秸秆运输成本在每吨 5~100 元不等。一般情况下,运输半径越大,其运输成本就越高,但运输成本与运输半径并非绝对的正比关系(见图

10)。当运输半径在 0 ~ 10 km 范围内,运输成本呈指数增长;当处于 10 ~ 20 km 时,运输成本增长速度比较缓慢;而当运输半径超过 20 km 后,运输成本又开始呈指数增长;最后达到 40 km 时,趋于缓慢。这并非绝对的线性增长关系,其他因素如交通工具的

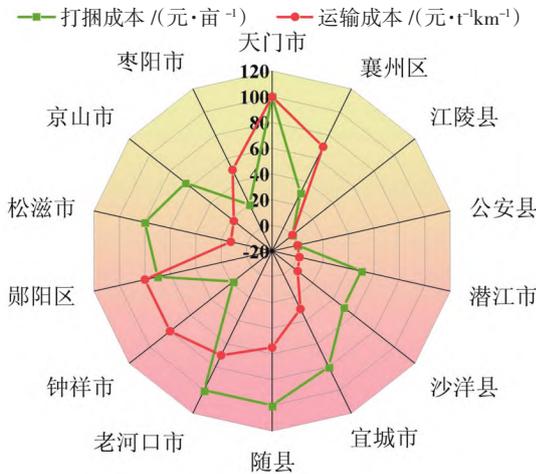


图 8 不同地区秸秆的单位打捆成本及运输成本

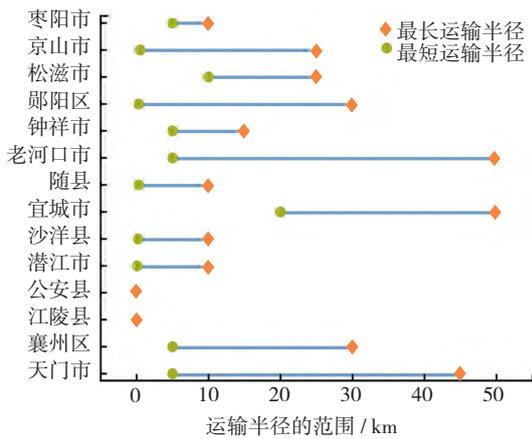


图 9 不同地区秸秆运输半径的范围(最短~最长)

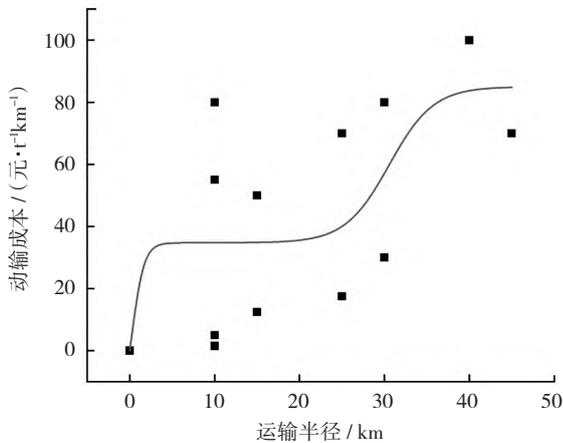


图 10 秸秆运输半径与运输成本之间的拟合关系

装载能力、运输通道流量等对运输成本也会产生一定的影响。

2.2.3.4 秸秆综合利用的主要途径及收益

秸秆综合利用主要有五种途径,即秸秆的“五化”利用,分别为:饲料化、燃料化、基料化、肥料化和原料化。其中大部分地区的秸秆离田后都进行饲料化利用,14 个县市中除基本无秸秆离田作业情况的江陵县和公安县两个地区外,约有 80% 县市的秸秆离田后以饲料化利用为主。根据实地调研结果,各县市的小麦秸秆离田利用方式以饲料化、燃料化为主,其中饲料化的占比最大,这主要是因为秸秆饲料售价高,成本低,利润大,但对其质量要求较高。燃料化占比高的原因是其对秸秆质量要求较低,部分地区腐烂、发霉秸秆亦可出售,但其售价不高。除饲料化和燃料化外,部分地区还有秸秆基料化利用。如天门市湖北灏宇秸秆利用专业合作社,25% 的秸秆则会卖给用于半夏(药材)和西瓜种植的农户。

秸秆离田利用后的收益不同地区差异较大,本次实地调研的 3 个地区(襄州区、随县以及天门市)秸秆饲料化售价在每吨 400 ~ 700 元。其中天门市的售价偏高,每吨 650 ~ 700 元;而襄州区的售价则偏低,每吨 400 ~ 480 元。燃料化售价的高低取决于需要加工成颗粒燃料与否,无需加工的腐烂发霉秸秆售价较低,襄州区和天门市的秸秆燃料化售价仅为每吨 260 ~ 320 元(随县未将秸秆用于燃料化)。其中生物质颗粒燃料的价格则相对较高,售价每吨 800 ~ 950 元,但其加工成本比饲料化高。湖北灏宇秸秆利用专业合作社的饲料化利润与颗粒燃料化的利润相当,每吨约 300 ~ 350 元。

2.3 典型案例分析

2.3.1 基本情况

本研究选取襄阳市襄州区利国民秸秆再利用专业合作社作为 10 处实地调研中的典型案例进行分析。襄州区利国民秸秆再利用专业合作社的业务包括组织各类农作物秸秆回收、初加工、综合再利用并为当地农户提供农作物种植销售以及农机服务。该合作社年作物收获作业面积达 15 万亩,建有 20 余个基地(露天堆放,盖篷布盖薄膜)用于存储秸秆,小场地存储量达 500 t,大场地收储量最大可达 4000 t,存储场地租金每亩 1000 元。

2.3.2 特色模式

襄州区利国民秸秆再利用专业合作社有当地特色的经营模式——以多种入股形式(机械入股、土

地入股、资金入股等)入社合作经营。不同于其他秸秆专业合作社的经营模式,除了资金入股(初次入社需缴纳的2000元底金)外,该合作社还使当地农民充分利用土地、机械设备等自身资源入股。对于收益分配,合作社每年的利润根据相应的入股比例及作业量进行合理分割,纯收入资金若达到1万元以上,则需向合作社缴纳5%的合作经费,若低于1万元,则无需缴纳。该种合作经营的模式使农户与收集人员之间的关系更加紧密。且随着机耕、机种、机收、无人机打农药等一系列服务的产生,农户与合作社之间的业务往来愈加频繁,经济效益更显著。

2.3.3 经济效益

合作社给种植大户采用联合收割机进行小麦收割,由种植大户支付合作社的机收费用每亩30元,若合作社在机收小麦同时收购种植大户的秸秆,则合作社需向大户支付麦秸费用每亩15元。对于小农户,合作社采用轮胎式收割机进行小麦收割,若田地较湿则采用链轨式收割机,小农户支付合作社每亩45~50元的作业费用,如合作社同时收购小农户秸秆,则合作社给小农户支付每亩10元费用。

合作社“三夏”小麦秸秆产量约为每亩300~400 kg,秸秆离田若采用大圆包则重量为200 kg,大圆包打包快但堆放密度低;大方包重量为350 kg,大方包打包较慢但堆放密度大、码车快,打包费为每包30元。

装车、转运(6 km以内)码垛的费用为大圆包16元,大方包14元,超过6公里则每公里加1元。平均每吨秸秆收储运基本成本每吨280元左右,计入人工等其他费用则为每吨320~350元。

根据不同秸秆品质与供应商需求进行销售:1)饲料化,秸秆出售至养殖场价格每吨400~480元,合作社负责装车,<10 km由合作社安排免费运输,远距离由养殖场自行安排运输,合作社安排运输的成本在每吨80~100元;2)原料化,秸秆出售至造纸厂的价格每吨600元,合作社负责装车运输;3)燃料化,饲料化、原料化利用之余的秸秆做燃料化应用,运往火力发电站,可售卖每吨300元。

综合计算,该合作社秸秆饲料化、原料化及燃料化利用的平均利润每吨100元。

2.3.4 风险分析

由于该合作社在作物收获时期大都租赁其他专

业团队开展秸秆收储运活动。专业团队运至当地的机械设备都需支付落地费,价格为每次1~5万元不等,需预先支付落地费。若因天气原因,秸秆无法按期收割完成,其团队往返的运费将由合作社进行赔付,该风险较大,成本较高。

3 问题与建议

3.1 秸秆综合利用中存在的问题

(1)秸秆收储气象风险较高,物流瓶颈尚未突破。秸秆可收集利用量会因采收季节信息交互不够及时而大幅降低,导致风险成本较高。秸秆收集时间多集中于农忙时间,且秸秆的收集、打捆、储存与运输需在短时间内完成,故人力、财力资源成本较高,且运输过程车辆的空载率较高,统一运输调度安排匮乏,物流效率比较低,也导致秸秆在收储运过程中所产生的成本较高。

(2)关键技术及装备发展薄弱,技术集成度较低。当前我国秸秆综合利用支撑技术尚且薄弱,在秸秆收储过程中新技术应用规模小。适宜农户分散经营的小型化、实用化技术少,技术集成组合不够,有些山区小农户的秸秆因缺乏统一的收集管理导致无法集中收储利用。秸秆收储运技术装备整体水平较低,缺乏适应小地块、便于操作的还田、打捆一体化的秸秆回收机械机具。

3.2 建议

(1)加快秸秆收储机具开发和推广应用,根据当地实际情况通过补短板等科技项目推动自主开发,或引进适合不地区收割打捆一体化的秸秆回收机械,推进秸秆综合利用装备的产业化发展和应用。

(2)应针对天气不利等风险影响,建议由政府主导在集中秸秆收获期为秸秆收储主体提供智能化气象服务和智能跨区域机具调度,制定相应政府扶持政策,抵消气象等风险因素给秸秆收储及利用的供应链主体带来的绩效负面影响,提升大规模秸秆收储主体的风险防范能力。

4 结论

(1)湖北省农作物秸秆理论资源量为4440.80万t,主要由稻谷、小麦、玉米、油菜籽等组成。通过对湖北省2022年“三夏”期间14个县市调研统计,小麦秸秆还田作业面积占总收获面积的72.5%,秸秆粉碎抛撒还田为主要还田方式,还田作业成本每

亩 10 ~ 30 元, 秸秆粉碎还田的长度大都在 15 cm 以内, 最长可达 25 cm, 各县均值为 8.8 cm。

(2) 14 个县市小麦秸秆离田作业总面积为 260.45 万亩, 占总小麦收获面积的 27.25%。各县市的秸秆收储能力差异较大, 秸秆收储能力除收储点数量外还受秸秆资源量、当地经济水平、社会劳动力水平等因素影响。对于秸秆离田作业, 大部分地区以机械打捆为主, 其打捆成本主要集中在每亩 60 ~ 80 元。约 50% 县市的秸秆收储运输半径在 10 km 左右浮动, 余下地区在 30 km 左右浮动, 运输成本与运输半径并非线性增长关系。

(3) 秸秆离田利用后的收益不同地区差异较大, 约有 80% 地区秸秆离田后以饲料化利用为主, 调研地区秸秆饲料化售价每吨 400 ~ 700 元, 秸秆出售给发电厂的燃料化售价仅为每吨 260 ~ 320 元, 生物质颗粒燃料售价每吨 800 ~ 950 元, 但颗粒加工成本也较高。利国民秸秆再利用专业合作社为典型案例做运营分析, 其秸秆饲料化、原料化及燃料化利用的平均利润每吨 100 元。

参考文献:

- [1] ALAMOMANI F, SHAWAQFAH M, BHOSALE RR, et al. Intermediate ozonation to enhance biogas production in batch and continuous systems using animal dung and agricultural waste[J]. *International Biodeterioration Biodegradation*, 2017, 119: 176 - 187.
- [2] 严东权, 薛颖昊, 徐志宇, 等. 我国农作物秸秆直接还田利用现状、技术模式及发展建议[J]. *中国农业资源与区划*, 2023, 44(04): 1 - 14.
- [3] 魏益华, 邱素艳, 张金艳, 等. 农业废弃物中重金属含量特征及农用风险评估[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(14): 212 - 220.
- [4] KAPOOR R, GHOSH P, TYAGI B, et al. Advances in biogas valorization and utilization systems: A comprehensive review[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 273: 123052.
- [5] 王慧, 唐庆刚, 李瑛. 秸秆还田机械与腐解影响因素[J]. *农机使用与维修*, 2022(10): 128 - 131
- [6] 农业农村部办公厅. 关于做好 2023 年农作物秸秆综合利用工作的通知 [EB/OL]. https://ng.sxjz.gov.cn/zwgk/fdzdgknr/zcjd/content_181515, 2023 - 06 - 30.
- [7] 李胜男, 纪雄辉, 邓凯, 等. 区域秸秆资源分布及全量化利用潜力分析[J]. *农业工程学报*. 2020, 36(12): 221 - 228.
- [8] 崔明, 赵立欣. 田宜水, 等. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(12): 291 - 296.
- [9] 张浩, 胡子坤, 罗方方, 等. 天气影响下秸秆资源化利用供应链运作研究[J]. *中国储运*, 2023(03): 60 - 61.
- [10] 聂胜委, 张巧萍, 许纪东, 等. 不同耕作方式和施肥水平对小麦叶片光合特性的影响[J]. *山西农业科学*, 2023, 51(07): 728 - 734.
- [11] 于万里, 董合干, 夏雪梅, 等. 新疆棉花秸秆直接还田的操作技术规程初探. [J]. *新疆农业科技*, 2023(03): 8 - 9.