

甘肃省农作物秸秆资源现状及利用潜力研究

莫负涛, 王汝富, 李智燕, 张万祥, 王 延, 张 洁

(甘肃省草原技术推广总站, 兰州 730010)

摘 要:厘清甘肃省农作物秸秆资源现状, 可为减少农业面源污染, 促进全省秸秆综合利用和农业可持续发展提供数据支撑。本文基于统计数据和农户调研数据, 综述了全省主要农作物秸秆资源产生量、利用现状、秸秆资源量评估的主要影响因素及利用模式建议。分析了秸秆资源量变化趋势(2007—2017年); 2017年甘肃省农作物秸秆理论资源量为 1040.03×10^4 t, 可收集量 923.62×10^4 t, 小麦、玉米、大豆三类农作物秸秆占总量的 87.33%, 利用量为 829.79×10^4 t, 综合利用率达 89.84%, 资源化利用方式以饲料化为主, 肥料化为辅。秸秆主要利用方式包括秸—饲—肥饲料化利用、秸—菌—肥基料化利用、秸—沼—肥燃料化利用、秸—炭—肥原料化利用。以循环农业的角度出发, 秸秆炭化还田作为一种重要的秸秆利用方式, 具有培肥地力、固氮减排、间接增产增收等积极效用, 可作为现有基础下秸秆资源化利用的一条重要的可行性新途径, 对于改善资源短缺、环境污染和农业可持续发展具有重要意义。

关键词: 甘肃省; 秸秆资源; 产生量; 利用现状; 炭化还田

中图分类号: S38

文献标识码: A

文章编号: 1001-9111(2022)03-0049-05

甘肃地处黄河中上游, 位于黄土高原、青藏高原和内蒙古高原三大高原的交汇地带, 地理环境复杂多样, 山脉纵横交错, 海拔相差悬殊, 其气候特点多以干旱半干旱为主。农业资源总量丰富, 但水土资源不匹配, 由于特殊的地理区位和环境条件及在长期发展中形成的文化特色, 农业发展和“三农问题”的消解在全省经济与社会发展中占据着十分重要的地位。

秸秆作为农作物收获后剩余的重要生物资源, 富含 C、N、P、K、微量元素等营养成分^[1], 用则利, 弃则害。近年来, 随着农业结构的不断改革, 甘肃省农业产业迅猛发展, 农作物秸秆产量快速增加。据统计, 2017年全省农作物秸秆产量为 1040.03×10^4 t, 受不同生产条件下草谷比及留茬高度等因素影响, 秸秆可收集资源量为 923.62×10^4 t^[2]。由于农业科技不断进步和农村经济发展, 农民生活水平逐步改善, 广大农村居民对农作物秸秆的利用程度明显下降, 导致农作物秸秆区域性过剩现象日益普遍, 综

合利用进步缓慢, 利用方式、渠道单一, 资源禀赋得不到体现, 使本来丰富的“再生资源”变成了面广量大的“污染源”。中央和国家部委十分重视秸秆资源化利用, 分别从政策、法律、技术试点示范等多方面多角度进行鼓励引导和安排部署, 秸秆综合利用技术也扩展到“肥料化、饲料化、基料化、燃料化、原料化”五大类几十种技术途径; 研究表明, 我国农作物秸秆五料化利用占比顺序为肥料化(47.20%) > 饲料化(17.99%) > 基料化(11.79%) > 原料化(2.47%) > 燃料化(2.23%)^[2], 利用格局仍然以农为主。

我国学者对于秸秆综合利用方面的研究大多集中在三江平原以及华北平原等农业主产区^[3-4], 针对我国主要农作物秸秆资源产生量、秸秆焚烧污染排放、国内外秸秆利用先进技术途径等方面已有较多研究^[5-7], 内容涉及秸秆直接还田及循环利用等诸多方面, 也提出了一些建议及经验借鉴。但由于我国地大物博, 不同地区气候条件、种植制度、生产

收稿日期: 2022-02-25 **修回日期:** 2022-03-10

基金项目: 甘肃省草原技术推广总站站列项目“生物炭制备关键技术及在草原生态修复中的应用”(2020kj081); 甘肃省林业和草原局科技创新项目“禾本科牧草草地微生物复合菌肥应用与推广技术”(kjcx2021010)。

作者简介: 莫负涛(1989—), 女, 硕士, 畜牧师, 主要从事动物营养与饲料科学研究。

生活方式、经济发展状况等存在较大差异,秸秆综合利用方式也应因地制宜,对此研究报道较少。甘肃作为西部省区气候干燥、荒漠化区域面积大、植物资源量相对较少,年均秸秆产量约占全国秸秆总产量 1.29%^[8]。结合实际客观分析当地作物秸秆产量及利用现状,对于发展循环农业,科学利用秸秆资源具有重要意义。基于此,本文以近 10 年甘肃省大宗农作物秸秆资源的调查统计为基础,在分析农作物秸秆产生情况及资源化利用现状的前提下,剖析了目前秸秆综合利用存在的困境,并提出发展建议,以期为我省农业的可持续发展、实现秸秆资源化利用提供相应的理论支撑。

1 甘肃省主要秸秆资源现状分析

1.1 数据来源与测算方法

本研究以甘肃省大宗作物小麦、玉米、马铃薯、大豆、油菜为主,根据 2007—2017 年《甘肃省统计年鉴》中本省近 10 年农作物种植面积、产量及谷草比来计算作物秸秆资源总量。作物谷草比主要参考农业农村部科技教育司《关于更新农作物草谷比和可收集系数的函》;根据不同年份农作物产量数据,结合最新草谷比系数以及现有文献^[9],对近 10 年秸秆

产生量及可收集量进行数据统计分析,计算模型为:

$$\Sigma \text{ 秸秆理论资源量 } St = \sum_{i=1}^n C_i \cdot R_i$$

$$\text{秸秆可收集资源量 } Sc = \sum_{i=1}^n \eta_i \cdot (C_i \cdot R_i)$$

式中: S_i 为秸秆可收集总产量; C_i 为第 i 种作物总产量; R_i 为第 i 种作物的谷草比; η_i 为第 i 种作物秸秆可收集利用系数。

1.2 近 10 年甘肃省主要作物种植面积及秸秆资源量分布

2007—2017 年,甘肃省主要农作物(小麦、玉米、马铃薯、大豆、油菜)的总量呈逐年上升趋势,年均增长率约 50.55%。据统计,2017 年全省秸秆产量为 $1\,040.03 \times 10^4 \text{ t}$,其中玉米秸秆总量约 $513.43 \times 10^4 \text{ t}$,小麦秸秆总量约 $329.1 \times 10^4 \text{ t}$,大豆秸秆总量约 $65.74 \times 10^4 \text{ t}$,占甘肃省秸秆总量的 87% 以上。5 种主要农作物种植面积依次为玉米 > 小麦 > 马铃薯 > 油菜 > 大豆(图 1)。在农业产业结构调整的背景下,小麦种植面积呈稳中下降态势,而玉米、油菜等饲料及经济作物种植面积显著提升。主要农作物秸秆总产出量保持在 $1 \times 10^7 \text{ t}$ 左右。

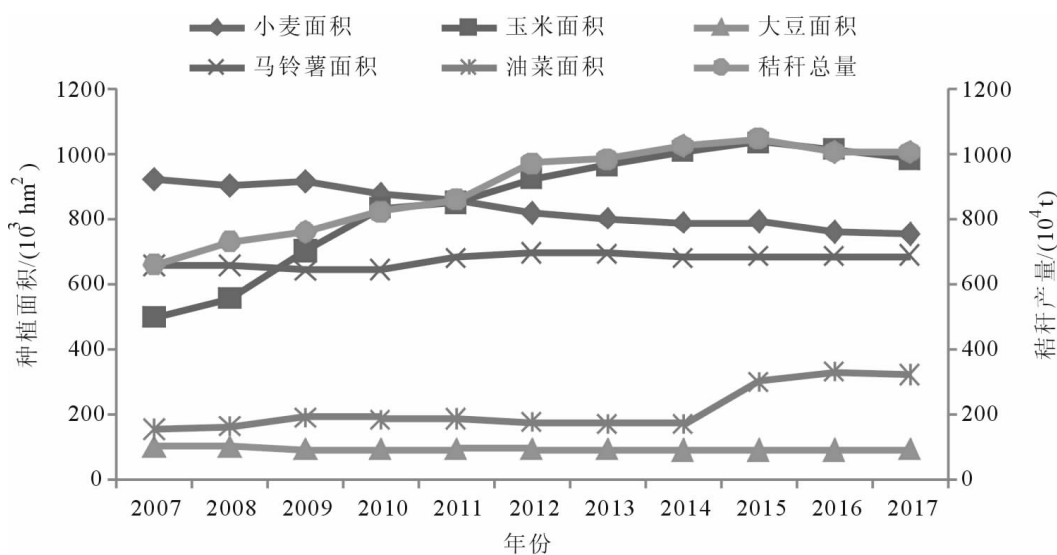


图 1 近 10 年甘肃省主要农作物种植面积及秸秆产量(2007—2017 年)

如图 2 所示,近 10 年甘肃省主要农作物秸秆产量呈波动式上升趋势,其变化与玉米产量的增减趋势一致,而小麦播种面积稳中有降,因此甘肃省秸秆的产生主要以玉米、小麦等大宗粮食作物为主,秸秆总产量受玉米、小麦影响较大。近年来随着机械化程度和农业生产力水平的提升,作物产量和秸秆产

量均有所增加。以 5 年为 1 个时间节点,大豆产量表现平稳,小麦产量、玉米产量的平均增长率分别约为 4.5% 和 72.3%;秸秆产量的平均增长率约 32%;油菜、马铃薯产量分别增加 18.7% 和 13.6% 左右。

由于受地理区位、气候条件、植物资源量等客观

条件的限制,10年间甘肃省主要农作物秸秆资源的主要构成没有产生大幅度改变(图3),小麦秸秆稳中有降,而玉米秸秆产量逐年增加,2014年开始,小麦和玉米秸秆占比趋于稳定;2017年,两种作物秸秆产量占主要农作物秸秆总量的84.5%。

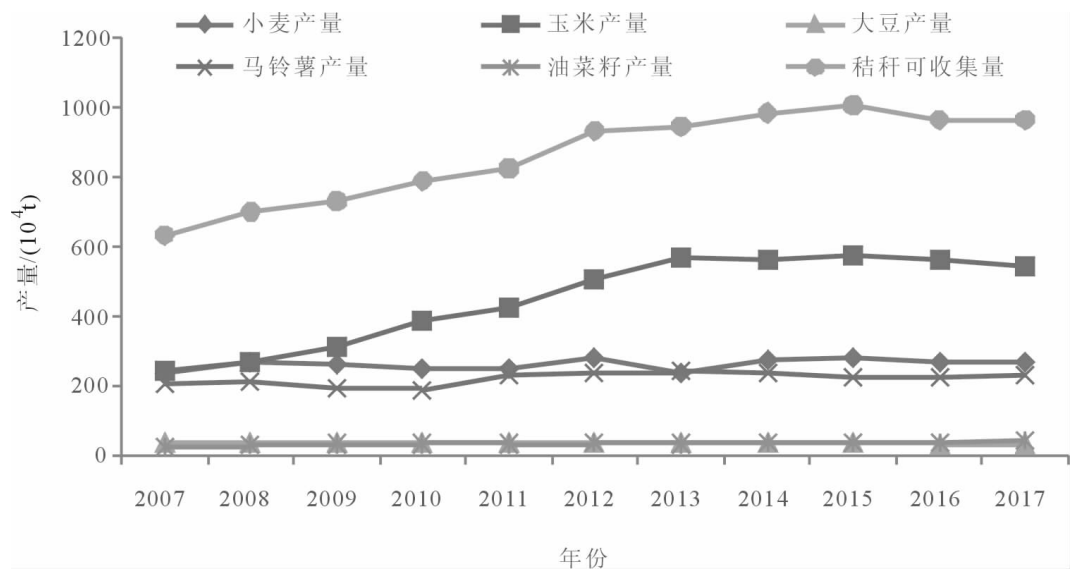


图2 近10年甘肃省主要农作物产量及秸秆可收集量(2007—2017年)

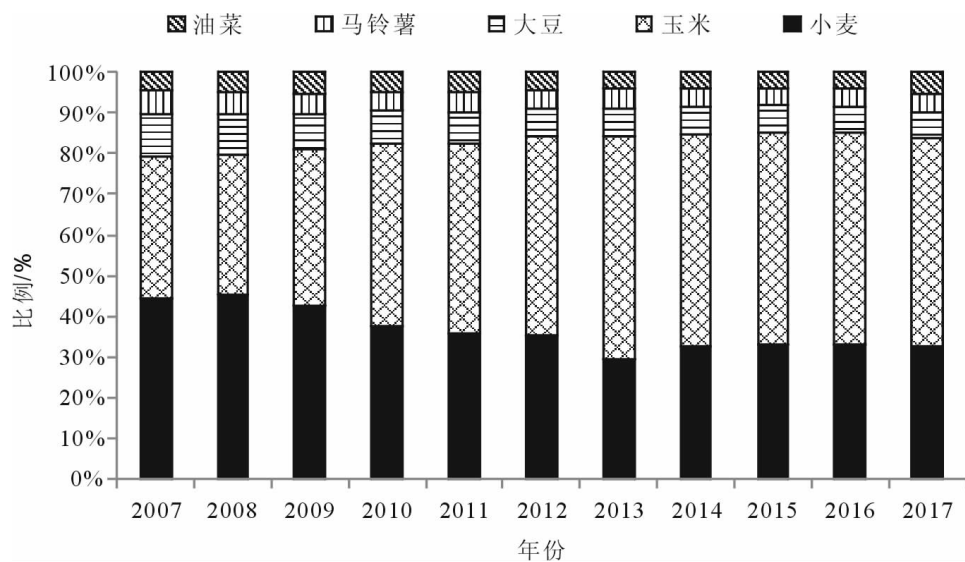


图3 近10年甘肃省秸秆资源主要构成(2007—2017年)

1.3 主要农作物秸秆资源利用现状及主要途径

自2011年以来,国家发改委、农业部、财政部、环境保护等部门出台了一系列关于禁止秸秆焚烧、推进农作物秸秆综合利用的方案政策。为贯彻落实中央及部委要求,甘肃省农业农村厅积极研究制定了《2019年甘肃省秸秆综合利用试点实施方案》,对甘肃省农作物秸秆综合利用和禁烧等工作进行了具体部署。随着秸秆综合利用工作的不断推进,借鉴一些先进成熟的实用技术和经验^[11-12],经过多年努力和

多方配合,甘肃省农作物秸秆在秸秆饲料化利用、能源燃料、基料化利用等方面也取得了较大进步。

据统计(表1),2017年全省农作物秸秆产生总量为 1040.03×10^4 t,小麦、玉米、油菜、大豆、马铃薯秸秆产生量分别占秸秆总量的31.64%,49.37%,5.18%,6.32%和4.25%;五大作物秸秆占比达到96.77%,是全省秸秆的主要来源。全省秸秆可收集量约为 923.62×10^4 t,秸秆“五料化”利用总量达到 829.79×10^4 t,秸秆综合利用率达到89.84%,其中

秸秆肥料化、饲料化、燃料化、基料化、原料化利用率分别为 12.49%、64.31%、10.27%、7.40%、5.52%，已经形成了以饲料化利用为主、肥料化为辅的综合利用格局^[13]。

2 秸秆资源评估研究存在的主要问题

2.1 秸秆概念不明确

经查阅文献发现,针对“作物秸秆”不同学者在各个方面均有较多研究,但最终秸秆资源评估结果尚不能统一^[14-16],虽然都称之为“作物秸秆”,但涵盖范围差别较大,多数研究以大田作物的“田间秸秆”作为某一地区秸秆资源,没有将稻壳、玉米芯等作物加工副产物包括在内;有的研究对象中只统计了部分大田作物,当然,对作物秸秆产量的评估不一定要囊括所有作物,但至少其结果报道要说明其研究的准确范围;多数研究中秸秆产量均以草谷比计

算,得到的只是地上部分田间秸秆。上述种种原因均可导致秸秆资源量差异。

2.2 草谷比取值不适应当前作物生产现状

随着时代的进步,根据不同时代的国家战略定位对作物新品种进行人工定向选育以及栽培措施的不完善,作物收获指数逐步提高,草谷比指数总体下降。例如,通过对小麦籽粒产量及矮秆性状的长期选择,草谷比由原来的 1.37 下降到 1.24;玉米品种在不断地改良中,草谷比由 2.0 下降到 0.98,且不同文献来源中也很难统一^[17]。虽然作物是随时间因品种改良而变化,但在一定时期内是一致的(应以 10 年为宜)^[18],从本文中秸秆产量以农业农村部科技教育司 2019 年更新的草谷比以及收集系数计算,其结果更为准确客观。

表 1 2017 年全省主要农作物秸秆资源利用途径及综合利用率

项目	草谷比	秸秆产生量/ 10^4 t	可收集量/ 10^4 t	综合利用量/ 10^4 t						综合利用率/%
				肥料化	饲料化	基料化	燃料化	原料化	合计	
小麦	1.24	329.10	259.99	30.70	93.38	6.79	13.19	0.78	215.62	77.63
玉米	0.94	513.43	487.76	37.33	390.53	11.58	7.95	1.00	448.39	97.05
马铃薯	0.19	44.25	43.37	14.20	6.79	0.00	0.00	0.00	20.99	48.37
大豆	1.98	65.74	56.53	1.16	22.88	0.00	0.00	0.00	24.04	42.52
油菜	1.23	53.87	47.95	0.98	6.63	0.73	9.10	0.05	17.49	36.48
其他	—	33.64	28.02	—	—	—	—	—	103.26	—
合计	—	1040.03	923.62	103.67	533.66	61.40	85.23	45.83	829.79	89.84

2.3 产量构成及统计指标认识不清

秸秆产量的理论估算值为风干(含水量约 15%)重。研究者首先要明确作物产量统计指标是风干重还是鲜重,在我国作物产量统计数据中,籽粒产量均以风干重计,薯类按 5 kg 鲜薯折 1 kg 粮食计算,因此,鲜重产量应以含水率换算为风干重;其次,要明确产量构成,即作物的哪一部分,粮食按脱粒后的原粮计算,棉花产量按皮棉计算。如玉米产量统计中不包括玉米芯,玉米以草谷比计算得到的应是田间秸秆和加工副产物之和。

3 秸秆循环利用技术模式及建议

秸秆综合利用主要遵循资源化利用和循环利用两个原则。立足甘肃在全国发展大局中深化巩固脱贫攻坚成果、筑牢生态屏障等战略职能定位以及国

家落实碳达峰碳中和重大决策部署,发展循环农业、固碳减排,因地制宜推进秸秆资源化利用是贯彻新发展理念的必然要求,也是加强生态文明建设的重要举措,对加快建设现代农业具有重要意义。当前基于循环农业发展的农作物秸秆资源化利用模式应该包含多种形式,但作为肥料回归土地、回归农业生产,是最符合循环农业理念的利用方式之一,秸秆肥料化利用,能够在提高秸秆综合利用率的同时改良土壤环境,互利共赢。本文中结合甘肃特殊的地理区位,按照不同的流程和工艺,列举 4 种适宜当地的秸秆利用模式。

3.1 秸—饲—肥种养结合技术模式

该模式既能拓展饲料来源,有效缓解人畜争粮矛盾,又能有效提高土壤生产力,减少工业化肥使用,降低农业面源污染,是充分将物质和能量在动植

物之间进行转换并实现良好循环的有效方式。甘肃地域广袤,自然资源贫瘠,降雨稀少,发展草地畜牧业是农作物秸秆资源化利用、带动地区经济发展的最主要途径之一^[19]。

3.2 秸—沼—肥能源生态技术模式

在特定的技术前提下,对秸秆进行厌氧发酵可实现秸秆的高效利用。研究显示,秸秆沼气发酵的能量利用率是其直接燃烧的1.2~1.9倍,同时经过发酵的沼液沼渣除了含有丰富的营养元素外,还有多种生物活性物质及微生物^[20]。此外,该模式还具有提供清洁能源、提高农民生活质量、改善居住环境以及缓解能源短缺压力等诸多益处。

3.3 秸—菌—肥基质利用技术模式

甘肃为传统农业省份,每年生产、加工农副产品产生的下脚料数量大、玉米秸秆、玉米芯、小麦秸秆、果枝等资源丰富的,是生产食用菌的良好原料。随着国家大力倡导和发展循环经济、建设节约型社会,丰富的秸秆资源将为食用菌产业的发展提供支撑,研究表明,2015年全省食用菌产量 12×10^4 t左右,人均占有量约为4.55 kg,仅为全国人均占有量的1/6,远低于全国水平^[21],省内市场开发的潜力巨大。

3.4 秸—炭—肥还田改土技术模式

在我国,陈温福院士率先提出的秸秆炭化还田理念,是以秸秆等农林废弃物为原料,通过一定的设备和工艺进行炭化,再以生物炭或炭基肥、炭基微生物制剂等产品形式作用于农田,使土壤质量改良,进一步提高生产力得以永续利用。研究显示,秸秆等生物炭具有改土培肥、固碳减排、促长增产等诸多功效^[22-27]。随着国家“一控两减”政策不断加强以及工业化进程中造成的土壤养分流失和退化,土壤生态系统修复越来越得到广泛关注,生物炭作为一种土壤改良剂作用于土壤中,在提高土壤生产力的同时还可以减少养分流失,显著改善土壤条件;由于其特有的孔隙结构,可以提高土壤蓄水储养的能力并可为土壤中微生物寄居提供保护。它像一个地下碳水槽,锁住二氧化碳,可以间接为增加作物产量起到积极作用,达到改善作物品质的效果。

甘肃耕地广袤,秸秆资源丰富;经过长期的农业发展历程,已形成了规模化、集约化程度相对较高的农业生产布局,有多家秸秆加工利用企业和收储运合作社,为生物炭产业发展提供了良好的生产优势;早在2005年,相关学者已经开始了生物炭的基础研究工作,经过反复探索的与实践,已在炭化工艺参

数、产品研发方向及综合利用等产业技术方面取得了重要进展和突破,产业关键技术成熟。总之,甘肃地区秸秆生物炭产业在资源基础、产业技术、市场空间、政策环境等方面具有良好的发展条件、产业前景广阔。

秸秆—土壤的“食物”,土壤,是秸秆的最终归宿。秸秆生物炭取之于土还之于土,符合农业生态系统物质循环规律,实现了绿色循环发展,是面向未来的、低成本的可持续发展原料,可能为战略性解决甘肃农业循环发展问题提供重要技术支撑。

参考文献:

- [1] 李泽媛,郑军.我国农作物秸秆还田的研究脉络和趋势探析:基于CiteSpace知识图谱[J].中国农业资源与区划,2021,42(9):11.
- [2] 甘肃省生态环境厅.关于发布《甘肃省第二次全国污染源普查公报》的公告[EB/OL].(2020-10-16).<http://sthj.gansu.gov.cn/sthj/c112985/202104/db625fb2fa941e59943d5dc403e1069.shtml>
- [3] 石祖梁,刘璐璐,王飞,等.我国农作物秸秆综合利用发展模式及政策建议[J].中国农业科技导报,2016,18(6):16-22.
- [4] 张伟明,陈温福,孟军,等.东北地区秸秆生物炭利用潜力,产业模式及发展战略研究[J].中国农业科学,2019(14):19.
- [5] 汪海波,秦元萍,余康.我国农作物秸秆资源的分布,利用与开发策略[J].国土与自然资源研究,2008(2):92-93.
- [6] 常蕊.农作物秸秆综合利用技术[J].农业工程,2015(2):39-41.
- [7] 曹国良,张小曳,王丹,等.秸秆露天焚烧排放的TSP等污染物清单[J].农业环境科学学报,2005,24(4):800-804.
- [8] SILALERTRUKSA T, GHEEWALA S H. A comparative LCA of rice straw utilization for fuels and fertilizer in Thailand[J]. Biore-sour Technol., 2013, 150: 412-419.
- [9] 刘银秀,聂新军,叶波,等.农作物秸秆“五化”综合利用现状与前景展望[J].浙江农业科学,2020,61(12):2660-2665.
- [10] 于法稳,杨果.农作物秸秆资源化利用的现状、困境及对策[J].社会科学家,2018(2):7.
- [11] 肖体琼,何春霞,陈永生,等.秸秆5F生态高值化利用技术途径研究[J].北方园艺,2015(23):3.
- [12] MATSUMURA Y, MINOWA T, YAMAMOTO H. Amount, availability, and possibility of utilization of rice straw (agricultural residue) biomass as an energy resource in Japan[J]. Biomass & Bioenergy, 2005, 29(5): 347-354.
- [13] 孙宁,王飞,孙仁华,等.国外农作物秸秆主要利用方式与经验借鉴[J].中国人口资源与环境,2016(S1):6.
- [14] 石祖梁,贾涛,王亚静,等.我国农作物秸秆综合利用现状及焚烧碳排放估算[J].中国农业资源与区划,2017,38(9):32-37.

- [15] 丁美. 农作物秸秆资源潜力与开发可持续评价体系研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011.
- [16] 王英. 我国农作物秸秆资源利用现状与建议[J]. 农机使用与维修, 2016(4):44-45
- [17] 毕于运, 高春雨, 王亚静, 等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12):211-217.
- [18] 谢光辉, 王晓玉, 任兰天. 中国作物秸秆资源评估研究现状[J]. 生物工程学报, 2010(7):855-863.
- [19] 韩芙蓉, 田贵丰. 甘肃省全株玉米青贮质量评价报告[J]. 畜牧兽医杂志, 2021, 40(5):38-43.
- [20] 王艳锦, 王明艳, 张全国, 等. 秸秆肥料化利用研究进展[J]. 农业工程, 2020, 10(9):4.
- [21] 张桂香, 杨建杰, 杨琴, 等. 甘肃省食用菌产业现状及发展特点[J]. 中国食用菌, 2015, 34(5):76-78.
- [22] 陈温福, 张伟明, 孟军. 农用生物炭研究进展与前景[J]. 中国农业科学, 2013, 46(16):24-33.
- [23] YOO G, LEE Y O, WON T J, et al. Variable effects of biochar application to soils on nitrification-mediated N₂O emissions[J]. Science of the Total Environment, 2018(1):528-545.
- [24] 张伟明, 吴迪, 张敏贵, 等. 连续施用农用玉米芯炭的马铃薯生物学响应[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(8):11.
- [25] 程生文. 临泽县饲草产业发展情况调查报告[J]. 畜牧兽医杂志, 2021, 40(2):55-56.
- [26] 马君峰. 肃州区发展草产业的优势和策略[J]. 畜牧兽医杂志, 2021, 40(3):37-38, 41.
- [27] 武志锋, 王永福, 何玉龙. 酒泉市秸秆饲料化利用现状及对策[J]. 畜牧兽医杂志, 2021, 40(6):99-100.

Study of the Crop Straw Resources Situation and Utilization Potential in Gansu Province

MO Fu-tao, WANG Ru-fu, LI Zhi-yan, ZHANG Wan-xiang, WANG Yan, ZHANG Jie

(Gansu Grassland Technical Extension Station, Lanzhou 730010)

Abstract: To clarify the current situation of crop straw resources in Gansu province can provide data support for reducing agricultural non-point source pollution, promoting comprehensive utilization of straw and agricultural sustainable development. The paper is based on statistical data and farmer survey data, summarized the straw yield and utilization situation of main crops, influence factors of straw resource quantity evaluation and suggestions on straw recycling utilization model, also analyzed the variation trend of straw resources in 2007—2017. In 2017, the theoretical resources and collectable quantities of crop straw are 1040.03×10^4 tons and 923.62×10^4 tons respectively, straw of wheat, corn and soybean accounted for 87.33% of the total, the utilization was 829.79×10^4 tons and comprehensive utilization rate reached 89.84%, the main way of utilization is feed conversion, supplemented by fertilizer conversion. Straw recycling mode mainly included straw-forage-fertilizer mode, straw-bacteria-fertilizer model, straw-marsh-fertilizer model and straw-carbon-fertilizer model. Set out with the angle of circular agriculture, straw carbonization was one of the important straw utilization methods, it has the positive effect of fertilizing soil fertility, nitrogen fixation and emission reduction and increasing production and income indirectly, can be used as an important and feasible new way of straw resource actual utilization. It is of great significance to resource shortage, environmental pollution and agricultural sustainable development.

Key words: Gansu province; straw resource; yield; utilization status; returning carbonized