

基于文献计量学的棉花秸秆研究现状与热点分析

马文鹏¹, 赵宇曦², 刘斌^{2,3}, 何洪优², 任海伟⁴

(1. 新疆农业职业技术学院, 新疆 昌吉 831100; 2. 中粮营养健康研究院有限公司, 北京 102209; 3. 北京优联格瑞食品有限责任公司, 北京 101012; 4. 兰州理工大学 生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 为了把握国内外棉花秸秆的研究现状与发展趋势, 为棉花秸秆的深入研究与信息交流提供文献依据, 以中国知识资源总库(CNKI)、Web of science 数据库为文献源, 采用文献计量学方法, 对棉花秸秆文献按年度分布、研究领域、关键词、载文期刊等特征进行检索与计量分析; 查得中文载文 378 篇(1986 年 7 月~2021 年 12 月)、外文载文 481 篇(1933 年 1 月~2021 年 12 月)。采用文献计量学方法, 利用 Excel、VOSviewer 等软件进行统计处理, 构建中外棉花秸秆研究领域发文章量时序分布、发文章期刊、研究热点的各类知识图谱。分析表明, 目前国内棉花秸秆研究主要集中于棉花秸秆的产量、力学性能、秸秆还田等方面。国外棉花秸秆研究聚焦于应用效能、热解、结构特征等方面。最后, 提出棉花秸秆研究未来展望, 多学科交叉融合视角下的棉花秸秆研究亟待推进, 棉花秸秆生物质能源应用有待深入研究, 棉花秸秆研究的国际合作有待进一步拓展。

关键词: 棉花秸秆; 文献计量学; 聚类分析; 应用效能

中图分类号: S210.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1166(2023)01-0013-08

DOI: 10.20022/j.cnki.1000-1166.2023010013

Research Status and Hotspot Analysis of Cotton Straw Based on Bibliometrics / MA Wenpeng¹, ZHAO Yuxi², LIU Bin^{2,3}, HE Hongyou², REN Haiwei⁴ / (1. Xinjiang Agricultural Vocational and Technical College, Changji 831100, China; 2. Cofco Nutrition and Health Research Institute Co Ltd, Beijing 102209, China; 3. Beijing Youlian Green Food Co Ltd, Beijing 101012, China; 4. School of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: In order to grasp the research status and development trend of cotton straw at home and abroad, and provide literature basis for in-depth research and information exchange of cotton straw, China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and Web of Science database as literature sources, literatures on cotton straw research were retrieved and analyzed bibliometric ally based on annual distribution, research fields, keywords and periodicals. 378 articles in Chinese (July 1986 ~ December 2021) and 481 articles in English (January 1933 ~ December 2021) were found. Using bibliometric methods and using Excel, VOSviewer and other software for statistical processing, various knowledge maps of the time-series distribution of published papers, publishing institutions, and research hotspots in the field of cotton straw research at home and abroad are constructed. At present, domestic cotton straw research mainly focuses on the yield, mechanical properties, and straw returning of cotton straw. Foreign cotton straw research focuses on application efficiency, pyrolysis, and structural characteristics and so on. Finally, the future prospect of cotton straw research is put forward. The research on cotton straw from the perspective of multidisciplinary cross-integration needs to be promoted urgently, and the application of cotton straw biomass energy needs to be further studied, and the international cooperative research of cotton straw needs to be further expanded.

Key words: cotton straw; bibliometrics; cluster analysis; application effectiveness

中国是世界上最大的棉花生产国, 每年的产量约占全球棉花产量的 25%。棉花收获后会剩余大量的废弃物, 如秸秆、棉花叶和棉花壳, 仅棉花秸秆

的量每年就有 4000 万吨^[1]。新疆作为全国最重要的棉花种植基地, 棉花秸秆资源十分丰富。棉花秸秆是棉花生产的主要副产物, 其含有丰富的木质素、

收稿日期: 2022-04-14 修回日期: 2022-07-25

项目来源: 新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2018D01B10); 中国工程科技知识中心建设项目“营养健康知识服务系统”(CKCEST-2021-1-11)。

作者简介: 马文鹏(1983-), 男, 教授, 主要研究方向为食品科学, E-mail: 303494283@qq.com

纤维素和半纤维素以及粗蛋白等物质,可广泛用于农畜业、工业、能源、环保等领域,具有极高的开发利用潜力^[2]。1997年,张佑华^[3]所在的农一师三团机务科在原先纯人工砍运秸秆的背景下,研发新型压杆器,使得95%以上的棉秆都能翻压入土,不露地表。2003年,新疆农业大学魏敏^[4]通过对照试验得出粉碎棉花秸秆作为粗饲料,可被绵羊采食和利用的结论。2007年,石河子大学邓辉^[5]以棉花秸秆为原料,研究了原料预处理的方法,筛选了乙醇发酵菌株,并系统研究了秸秆水解液发酵转化乙醇的工艺。2015年,新疆农业大学晋强^[6]等根据新疆棉花秸秆利用的现状和问题,论述了棉花秸秆制作粗骨料的探索性思路。目前关于棉花秸秆领域研究现状与发展趋势的研究相对较少。我国对棉花秸秆的研究较国外起步晚,研究的系统性和针对性上还有待提升,为把握棉花秸秆在应用与开发领域的研究现状与发展趋势,以公开的各种科技文献为研究对象,采用文献计量法,运用数学、统计学与文献学方法来描述、评价和预测棉花秸秆研究现状与发展趋势。笔者收集中文载文375篇(1986年7月~2021年12月)、外文载文481篇(1933年1月~2021年12月),系统性分析棉花秸秆领域研究现状并预测发展趋势,能够为合理有效地处理利用棉花秸秆提供理论支撑,促进社会经济可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

国外数据,本文以Web of Science数据库为来源。2021年12月作者基于WOS检索,检索式为:TI = ((cotton or gossypium spp) AND (straw * or stalk * or husk *)),对检索结果进行人工筛查,去除报告、新闻、会议通知等不相关条目。

国内数据,本文以中国学术期刊网络出版总库

(China Academic Journal Network Publishing Database)为来源。检索标题包含“棉花秸秆”的论文。对检索结果进行人工筛查,剔除无关文献。

1.2 试验方法

知识图谱分析是引文分析理论和信息技术可视化发展而来的综合分析手段,本研究运用知识图谱可视化分析软件VOSviewer与文献计量分析相结合的方式,分析发文量时序分布、研究热点、研究主题等方面的特征,揭示国内外棉花秸秆研究的前沿热点问题等内容。

(1) 发文量时序分析。按时间统计棉花秸秆发文量,对比中外发文量变化趋势,分析棉花秸秆研究的中外发展变化及其影响因素。

(2) 研究热点分析。提取中外棉花秸秆研究文献的关键词,进行共现聚类分析,探究各研究热点的知识群组,反映关键词之间的亲疏关系。

(3) 学科分布分析。统计中外棉花秸秆研究发文量排名前10的期刊学科分布,分析棉花秸秆研究领域文献的研究层次和研究主题在学科中受关注程度。

2 结果与分析

以主题聚类、关键词共现等为主要分析内容,运用VOSviewer可视化分析软件对国内外棉花秸秆研究进展进行梳理分析,形成棉花秸秆研究领域在研究热点、发展方向等方面主要结论,为下一步研究提供指导。

2.1 发文量时序分布

学术论文发文量的时序变化是衡量棉花秸秆研究领域发展的重要指标。统计CNKI和WOS中以棉花秸秆为研究主题的发文量,建立发文量时序分布图,分析文献时间分布和变化趋势,对比棉花秸秆研究的中外差异,如图1所示。

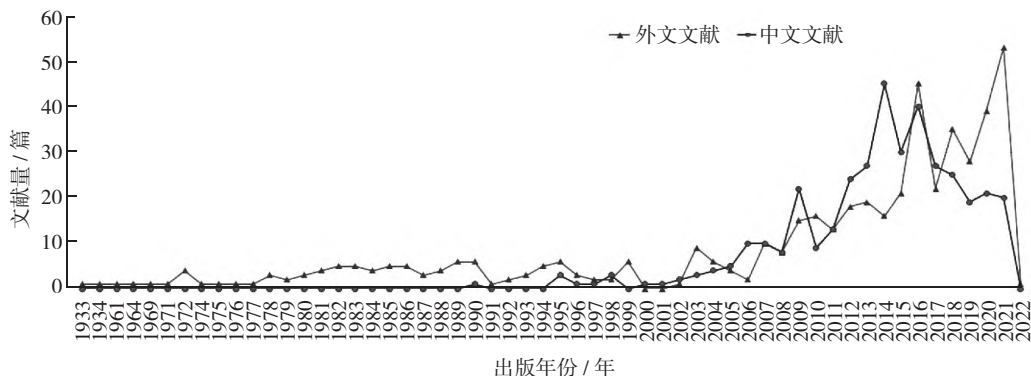


图1 国内外棉花秸秆研究文献发表年份趋势图

由图 1 可见,国外棉花秸秆领域研究远早于国内,早在 1933 年开始从棉花秸秆和棉花尖中纤维素的单位细胞对棉花秸秆进行探索^[7]。从 1961 年开始,对棉花秸秆有了持续性研究,每年均有研究成果,直至 2006 年。从 2007 年开始,研究进入增长期,虽然个别年份文献量有所下降,但总体增长态势显著。2021 年有 53 篇研究成果产出,达到高峰。

国内方面,1990 年杭书群^[8]以“用生产牡蛎菇的棉花秸秆作饲料”为题开启了国内相关研究,此后国内相关研究成果数呈增长趋势,2014 年发表了 45 篇论文,达到高峰。随后发表文献量略有下降,2017 年以来,年均发表 22.4 篇论文。

2.2 研究热点分析

2.2.1 国内研究热点分析

关键词是作者对论文研究主题核心概括,图 2 为国内棉花秸秆研究高频关键词共现网络图。图中字体大小表示关键词词频,字体越大,词频越高。节点颜色代表所属聚类,图中不同颜色代表不同聚类。节点间连线表示关键词之间联系,连线粗细度、颜色深浅度代表联系紧密度,连线越粗、颜色越深,表示联系越紧密。

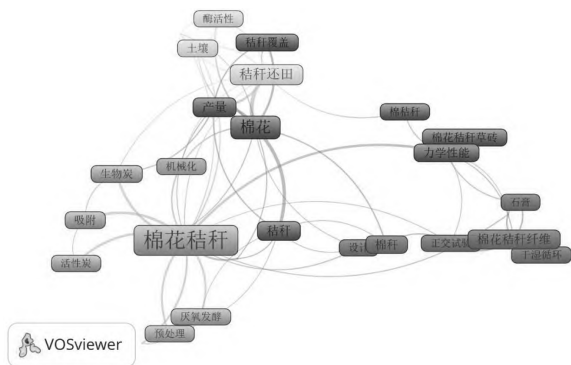


图 2 国内棉花秸秆研究高频关键词共现网络图

由图 2 可见,整个视图主要包括利用、吸附、棉花秸秆产量、秸秆还田、力学性能、预处理、机械化 7 个聚类。将各关键词整理成表 1。结合图 2、表 1 分析,总体来看,国内学者对棉花秸秆的研究主要集中于棉花秸秆的产量、力学性能、秸秆还田等方面。

2.2.1.1 棉花秸秆利用

水泥土、混凝土等在岩土工程界应用广泛,为我国建筑行业发展做出了应有贡献。水泥土自身的抗折强度低,硫酸盐侵蚀会造成混凝土耐久性损伤,盐渍土更是具有盐胀、溶陷、腐蚀和吸湿软化等问题。为了改善以上缺点,使其能够更好地满足作为支护

表 1 国内棉花秸秆研究热点主题词列表

类簇	热点词汇
棉花秸秆利用	干湿循环; 棉秆; 棉花秸秆纤维; 正交试验; 石膏; 矿渣; 设计。
棉花秸秆吸附	吸附; 棉花秸秆; 活性炭; 浸提液; 生物炭。
棉花产量	产量; 新疆; 棉花; 秸秆; 秸秆覆盖。
秸秆还田	土壤; 理化性质; 秸秆还田; 酶活性。
力学性能	力学性能; 棉秸秆; 棉花秸秆草砖。
预处理	厌氧发酵; 酶解糖化; 预处理。
机械化	机械化

体系的强度要求以及实际工程建设的要求,会进行固化或加固处理,其中秸秆纤维作为优良的加筋材料应用于加筋工程中,能够提高整体的性能。

国内学者对于棉花秸秆提高水泥土、混凝土、盐渍土的强度等性能进行了深入研究。如安徽理工大学土木建筑学院的李永彬^[9]等研究掺入棉花秸秆纤维的水泥土经过数次干湿循环后的抗压强度变化。干湿循环 30 次后纤维依然存在一定的加筋效果,可应用于一定期间内的工程支护体系。安徽理工大学的苏强^[10]对素混凝土和棉花秸秆纤维混凝土在硫酸盐侵蚀环境中自然侵蚀机制和干湿循环机制的性能进行了探讨。苏州科技大学的倪天翼^[11]采用棉花秸秆纤维作为加筋材料,对水泥盐渍土和盐渍土素土两种类型的土进行加筋固化,分析并对比了棉花秸秆纤维加筋这两种类型土的加筋效果。同时对两种加筋土施加一定次数的干湿循环和冻融循环,分别研究了两种加筋土抗压强度、抗折强度,压缩系数以及渗透系数的变化规律和机理,为推进秸秆纤维在加筋工程中的应用提供理论基础。相关研究为棉花秸秆的资源利用提供了合理途径,并丰富了棉花秸秆纤维加筋土的研究,为秸秆纤维的实际应用提供理论参考。

2.2.1.2 棉花秸秆吸附

随着工业现代化的快速发展,工业废水中夹杂的各种有毒物质和难以降解的污染物对环境的影响日益严重,对工业废水处理的要求也日益严格。采矿、冶炼、化工等行业所产生的重金属离子随其工业废弃物进入水体,它们会对环境和人体产生严重的危害^[12]。吸附法作为一种高效且经济的从水中去除重金属离子的方法,受到研究人员的重视。生物炭是将农林废弃生物质材料在高温限氧条件下制备成富碳多孔物质^[13]。将纤维素废弃物改性后处理废

水中重金属离子的方法,与传统的废水处理方法相比具有成本低、吸附效果好、对环境友好等优点。

国内学者对于棉花秸秆吸附废水中磷、亚甲基蓝、硫酸根离子、PPCPs 污染物等物质的机理和作用进行了深入研究。如山东师范大学的封玉^[14]研究由农业废弃物棉花秸秆为原材料制备的棉花秸秆生物炭和改性生物炭对水体中 PPCPs 污染物氧氟沙星和布洛芬的吸附机理,进一步优化吸附过程,为农业废弃物棉花秸秆的资源化利用提供新的途径。塔里木大学水利与建筑工程学院的王泽庆^[15]等通过批量平衡实验探讨棉花秸秆生物炭对亚甲基蓝(MB)的吸附特性。滨州学院的余葆青^[16]等采用 NaOH 处理过的棉花秸秆去除废水中的 Pb^{2+} 和 Cu^{2+} ,探究不同因素对 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 的吸附效果的影响,确定最佳吸附工艺条件。棉花秸秆吸附废水中重金属离子的研究以及生物质活性炭的高效制备将是棉花秸秆吸附研究中需长期关注的主题,也将为解决环境污染问题以及农业废弃物棉花秸秆的资源化利用问题提供可行思路。

2.2.1.3 棉花产量

国内学者就棉花秸秆对于棉花产量的影响进行了深入研究。石河子大学水利建筑工程学院的张金珠^[17]等探索秸秆覆盖对北疆滴灌棉花生长特征和产量的影响,结果表明秸秆覆盖对棉花生长及产量具有一定的促进效果。南京农业大学的梁耘^[18]通过研究不同施氮量下秸秆与生物炭还田对棉花生物量累积分配与产量形成及其相关因素的影响规律,为盐碱地棉花秸秆还田方式和氮肥用量的合理选择提供理论支撑,进而为实现棉花高产、稳产、高效提供理论基础。山东农业大学的刘艳慧^[19]研究连续全量棉花秸秆还田对土壤理化性质及产量品质的影响。研究表明秸秆还田提高了棉花群体总铃数、单铃重,进而提高了籽棉产量和皮棉产量,但对衣分及纤维品质无显著影响。相关研究为提高棉花产量提供了建议的耕作和栽培方法,并为棉花秸秆资源的合理利用提供理论依据。

2.2.1.4 秸秆还田

作物秸秆富含碳、氮、磷和钾等养分,是一种天然的有机肥。秸秆还田是一种高效管理秸秆的方式,且通常能够增加作物产量和提升土壤肥力^[20]。

国内学者就棉花秸秆还田进行了深入研究。石河子大学新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室的常汉达^[21]等以新疆玛纳斯河流域长期连作棉

田为研究对象,分析连作结合秸秆还田对土壤有机碳结构和稳定性的影响。研究表明棉田长期连作结合秸秆还田后土壤有机质结构趋于脂肪化,土壤矿物结合对有机质保护性升高,有机质稳定性升高。山东农业大学农学院作物生物学国家重点实验室的刘艳慧^[22]等研究棉花秸秆还田对土壤微生物数量及酶活性的影响,研究结果表明持续棉花秸秆还田有利于保持和改善土壤的生物学特性。山东农业大学的李金埔^[23]通过棉花秸秆还田试验,探讨棉花秸秆还田对棉田土壤理化性质、酶活性、微生物和棉花产量品质的影响,以期棉花秸秆还田的大面积推广应用提供理论依据。秸秆还田技术、通过秸秆还田保持和改善土壤的生物学特性等问题将是今后重要的研究话题。

2.2.1.5 力学性能

通过分析研究棉花秸秆的力学性能,能够为其在砌体结构、建筑材料、岩土工程等领域中的应用提供理论依据。

国内学者就棉花秸秆的力学性能、棉花秸秆草砖等相关应用进行了深入研究。新疆农业大学水利与土木工程学院的刘磊^[24]等分析棉花秸秆的拉伸力学性能,为其在砌体结构中的应用提供理论依据。山东农业大学机械与电子工程学院的李玉道^[25]等对棉花秸秆在不同时间、不同含水率的剪切强度和剪切功的变化进行了试验研究,结果表明棉花秸秆剪切强度与含水率密切相关。新疆农业大学水利与土木工程学院的晋强^[26]等研究棉花秸秆草砖制作工艺,并对草砖的力学性能进行测试,研究草砖的承载能力与压缩率之间的关系。新疆农业大学的付彬彬^[27]研究一种新型的填充墙体材料——棉花秸秆草砖,既能充分利用新疆丰富的农业废弃物—棉花秸秆资源,又能使广大农村住宅的保温性能得到改善。新疆农业大学的肖磊^[28]从建筑节能和废弃物再利用方面入手,以水泥为胶凝材料,工业废渣—钢渣和矿渣为细骨料,与工业副产品—聚苯颗粒和农业废弃物—棉花秸秆进行复合,研制出满足牧民定居工程“暖圈”现浇围护墙体要求的新型建筑材料。棉花秸秆力学性能、研制新型建筑材料、研制植物纤维水泥基复合材料等问题将成为未来研究的重要话题。

2.2.1.6 预处理

棉花秸秆是一种来源广泛、廉价的可再生生物质资源,将秸秆中的纤维素水解为可溶性糖,再经发

科学、能源和燃料。

表3 国内棉花秸秆研究发文量前10的期刊

序号	期刊	领域	复合影响因子(2021)	发文量
1	《新型建筑材料》	建筑科学与工程	0.783	11
2	《农业工程学报》	农业工程	3.446	7
3	《新疆畜牧业》	畜牧与动物医学	5.645	7
4	《新疆农业科学》	农业科技	—	7
5	《中国棉花》	农作物	0.967	7
6	《草食家畜》	畜牧与动物医学	0.473	5
7	《棉花科学》	农作物	0.68	5
8	《农机化研究》	农业工程	1.134	5
9	《塔里木大学学报》	农业综合	0.542	5
10	《新疆农机化》	农业工程	0.423	5

表4 国外棉花秸秆研究发文量前10的期刊

序号	期刊	领域	影响因子(2020)	发文量
1	《 <i>Bioresour. technology</i> 》	农业工程; 生物技术与应用微生物学; 能源和燃料	9.642	33
2	《 <i>Bioresour.</i> 》	材料科学; 造纸和木材	1.614	17
3	《 <i>Industrial crops and products</i> 》	农业工程; 农学	5.645	16
4	《 <i>Fuel</i> 》	能源和燃料; 工程、化学	6.609	12
5	《 <i>Journal of hazardous materials</i> 》	工程、环境; 环境科学	10.588	10
6	《 <i>Energy sources part a-recovery utilization and environmental effects</i> 》	能源和燃料; 工程、化学	3.447	8
7	《 <i>Biomass & Bioenergy</i> 》	农业工程; 生物技术与应用微生物学; 能源和燃料	5.061	7
8	《 <i>Energy</i> 》	能源和燃料; 热力学	7.147	7
9	《 <i>Journal of analytical and applied pyrolysis</i> 》	化学、分析; 能源和燃料; 工程、化学	5.541	7
10	《 <i>Cellulose</i> 》	材料科学、造纸和木材; 材料科学、纺织; 高分子科学	5.044	6

3 结论与展望

3.1 结论

以中国知识资源总库(CNKI)、Web of science 数据库为文献源,采用文献计量学方法,对棉花秸秆文献按年度分布、研究领域、载文期刊等特征进行检索与计量分析,得出如下结论:

(1)从发文量来看,总体上 CNKI 发文量少于 WOS,并且国内棉花秸秆研究起步于 1990 年,晚于国外相关研究,中外在棉花秸秆领域研究发展水平存在一定差距。

(2)从载文期刊来看,目前国内棉花秸秆领域研究主要分布在建筑科学与工程、农业、畜牧与动物医学等学科,学科相对集中,但是 WOS 数据库中棉

花秸秆在农业、化学、材料科学、能源和燃料、环境科学等多个研究领域备受关注,呈现多学科交叉融合的复杂特征。

(3)通过研究热点分析可知,国内棉花秸秆研究主要集中于棉花秸秆的产量、力学性能、秸秆还田等方面。国外棉花秸秆研究聚焦于应用效能、热解、结构特征等,目的在于拓展棉花秸秆的综合利用。

本研究对中外文棉花秸秆领域研究文献进行统计分析,结果直观显示了国内外棉花秸秆研究的热点领域主题。由于检索方式和文献来源数据库的不同,数据分析结果可能存在差异,但分析过程中尽可能选择了代表性的文献,也尽量修正和弥补了软件不足。

棉花秸秆是农作物棉花收获后的剩余副产物,

能够对棉花秸秆合理有效的处理利用是一个关于环保以及资源化的问题,满足可持续发展的指导思想,对社会经济的发展具有很重要的意义。本文通过文献计量学分析,在一定程度上客观反映了当前国内外棉花秸秆的研究热点差异,为棉花秸秆相关科学研究及综合利用实践提供了参考方向。

3.2 展望

基于研究结果分析,剖析了中外棉花秸秆研究的未来展望。

(1)多学科交叉融合视角下的棉花秸秆研究亟待推进。研究结果显示,目前国内棉花秸秆研究领域集中在农业、畜牧业等基础学科领域,随着棉花秸秆综合利用需求的扩大,关于棉花秸秆的研究将会呈现出多学科门类知识的交叉渗透,特别是建筑、能源、环境、化学等多学科知识融合研究,基于学科交叉融合视角对棉花秸秆主题进行深入挖掘和立体分析具有显著的理论价值和社会实践意义,也有利于发挥学科聚力优势,实现理论创新和实践创新。

(2)棉花秸秆生物质能源应用有待深入研究。结合国家能源消耗总量和强度“双控”行动,为促进绿色低碳发展,推动碳达峰、碳中和步伐,着力系统性建设生物质替代燃料项目,通过棉花秸秆生物质能源应用的科技创新,积极破解秸秆处理难题,力争让更多农民和相关企业享受到技术进步带来的实惠,实现良好的生态效益、经济效益及社会效益。

(3)棉花秸秆研究的国际合作有待进一步拓展。国家统计局发布的《2020年农作物产量公告》显示,2020年全国棉花总产591.0万t,占比超过全球棉花总产的40%。由于国外棉花秸秆综合利用技术研究比较成熟,同时国内存在一定的市场规模,国内外相关科研机构及企业可以合作更多的大型跨国研究项目,推动棉花秸秆综合利用发展,从长远看,棉花秸秆中外合作将成为未来发展趋势。

参考文献:

- [1] 张含. 棉花秸秆预处理及厌氧消化产甲烷研究[D]. 北京:北京化工大学,2018.
- [2] 白志刚,刘帅,胡启星,等. 棉花秸秆利用的主要途径及存在的问题[J]. 棉花科学,2021,43(05):11-15.
- [3] 张佑华,朱维. 棉花秸秆直接翻压还田[J]. 新疆农机化,1997(04):25.
- [4] 魏敏,雒秋江,王东宝,等. 棉花秸秆作为绵羊粗饲料的研究[J]. 草食家畜,2003(03):47-49.
- [5] 邓辉. 基于棉花秸秆的微生物合成乙醇研究[D]. 石河子:石河子大学,2007.
- [6] 晋强,王宣,施少聪. 新型棉花秸秆粗骨料的试制初探[J]. 新型建筑材料,2015,42(11):8-10+40.
- [7] J P Sanders, F K Cameron. Unit Cell of Cellulose in Cotton Stalks and Cusps[J]. *Industrial Engineering Chemistry*, 1933, 25 (12), 1371-1373.
- [8] 杭书群. 用生产牡蛎菇的棉花秸秆作饲料[J]. 国外畜牧学(饲料),1990(03):25.
- [9] 李永彬,杨娇. 棉花秸秆纤维水泥土在干湿循环下抗压强度变化研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版),2021,34(01):7-11.
- [10] 苏强. 棉花秸秆纤维混凝土抗硫酸盐侵蚀性能试验研究[D]. 合肥:安徽理工大学,2020.
- [11] 倪天翼. 不同工程环境下棉花秸秆纤维加筋盐渍土强度劣化规律及机理研究[D]. 苏州:苏州科技大学,2019.
- [12] 朱媛媛,蒋新元,胡迅. 生物质材料在重金属废水处理中的应用[J]. 环境保护科学,2008(01):9-12.
- [13] Cantrell K B, Hunt P G, Uchimiya M, Et al. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar [J]. *Bioresource technology*, 2012,107:419-428.
- [14] 封玉. 棉花秸秆生物炭的制备和改性及其对 PPCPs 类污染物的吸附探究[D]. 济南:山东师范大学,2019.
- [15] 王泽庆,朱耀辉,仲茜溪,等. 南疆棉花秸秆生物炭对水中亚甲基蓝的吸附特性[J]. 广东化工,2020,47(05):22-26+84.
- [16] 余葆青,李晶,秦陶,等. NaOH 改性棉花秸秆对 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 的吸附研究[J]. 山东化工,2014,43(09):5-7.
- [17] 张金珠,王振华,虎胆·吐马尔白. 干旱区秸秆覆盖对滴灌棉花生长及产量的影响[J]. 排灌机械工程学报,2014,32(04):350-355.
- [18] 梁耘. 不同施氮量下秸秆与生物炭还田对棉花生长与产量形成的影响[D]. 南京:南京农业大学,2018.
- [19] 刘艳慧. 连续全量棉花秸秆还田对棉田土壤理化性质及产量品质的影响[D]. 济南:山东农业大学,2016.
- [20] 马林杰,孔凡轩,王智,等. 麦棉轮作制度下不同秸秆还田方式对棉花生长与产量的影响[C]//2019年中国作物学会学术年会论文摘要集,2019:194.
- [21] 常汉达,王晶,张凤华. 棉花长期连作结合秸秆还田对土壤颗粒有机碳及红外光谱特征的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(04):1218-1226.
- [22] 刘艳慧,王双磊,李金埔,等. 棉花秸秆还田对土壤微生物数量及酶活性的影响[J]. 华北农学报,2016,31(06):151-156.
- [23] 李金埔. 棉花秸秆还田对棉田土壤微生物和理化性状

- 的影响[D]. 济南:山东农业大学,2014.
- [24] 刘磊,陈国新,苏枋. 棉花秸秆拉伸力学性能分析[J]. 南方农业学报,2014,45(11):2031-2035.
- [25] 李玉道,杜现军,宋占华,等. 棉花秸秆剪切力学性能试验[J]. 农业工程学报,2011,27(02):124-128.
- [26] 晋强,冯勇,陈亮亮,等. 棉花秸秆草砖力学性能试验研究[J]. 新型建筑材料,2014,41(04):51-54.
- [27] 付彬彬. 棉花秸秆草砖墙与混凝土外框协同受力及耐火性能研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.
- [28] 肖磊. 棉花秸秆聚苯颗粒复合生态保温材料的研制及其应用研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.
- [29] 苏霞. 1-丁基-3-甲基咪唑氯盐预处理棉花秸秆及酶解糖化的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [30] 苏霞,王美霞,王延琴,等. 乙二醇预处理棉花秸秆糖化条件的优化[J]. 西北农业学报,2016,25(12):1898-1904.
- [31] 吴书奇,马金萍,王家佳,等. 不同预处理提高棉花秸秆还原糖酶解效果的研究[J]. 黑龙江农业科学,2012(05):74-78.
- [32] 王华. 棉花秸秆预处理与乙醇化初步研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [33] 袁丽. 中国农机院举办棉花秸秆收获新技术推广演示会[J]. 农业机械,2009(01):21.
- [34] 王静,陈兵,王吉亮,等. 不同机械化秸秆还田方式对棉花生长、产量和品质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2021,39(01):18-24+56.
- [35] 宋占华,宋华鲁,闫银发,等. 棉花秸秆往复切割器刀片优化设计[J]. 农业工程学报,2016,32(06):42-49.
- [36] 王俊友,董世平,吕黄珍,等. 国内外棉花秸秆收获技术发展状况[C]//走中国特色农业机械化道路——中国农业机械学会2008年学术年会论文集(上册),2008:334-336.