2025年环境科学学会科技进步奖材料

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 纤维素低温降解菌耦合蚯蚓提升秸秆寒地堆肥效能技术 |
| 提名单位 | 黑龙江省环境科学学会 |
| 项目简介 | 黑龙江省年产秸秆量高达1.3亿吨，占全国秸秆总量的八分之一。秸秆处理一直是该地区面临的严峻挑战。近年来，农业农村部启动了东北地区秸秆处理行动，旨在提高秸秆综合利用率并加强黑土地保护。然而，传统堆肥技术在低温环境下启动缓慢，甚至难以进行，导致大量秸秆被焚烧，造成环境污染和资源浪费。为解决这一问题，本项目开发了一种低温堆肥快速启动技术，以实现秸秆的高效利用和环境保护。项目的核心技术包括低温纤维素降解微生物的应用、高温厌氧糖化细菌的结合以及蚯蚓接种提升营养效价。通过这些技术，项目成功解决了秸秆低温堆肥启动难、翻堆成本高、堆肥营养价值低等关键问题。项目团队通过长期研究，筛选出一株高效低温纤维素降解菌株——微小杆菌YGY。该菌株在5℃条件下对玉米秸秆的降解率可达32.59%，显著高于同类型菌株。通过优化降解条件，实现了秸秆低温堆肥的快速启动。在此基础上，项目进一步结合高温厌氧糖化细菌——热纤梭菌M3，开发了免翻堆堆肥工艺。该菌株可在高温厌氧条件下高效糖化纤维素类生物质，且糖化产物中单糖比例高达97%。田间中试表明，在无翻堆条件下，秸秆降解率与传统翻堆工艺相当，显著降低了翻堆频率和能耗。为了进一步提升堆肥产物的营养效价，项目引入了蚯蚓接种技术。通过接种赤子爱胜蚓，利用其肠道共生菌群与蚓粪活性物质协同调控堆肥腐殖化进程，显著提升了堆肥产物的肥效。实验室条件下，接种蚯蚓后，堆肥产物中有机质含量提升25.3%，腐殖酸含量增加30.6%，氮磷钾含量分别提高15.2%、10.8%和12.4%。田间试验表明，使用蚯蚓接种堆肥产物的土壤肥力显著优于传统堆肥，作物产量提高15%以上。项目的技术创新点主要体现在三个方面：一是低温纤维素降解微生物的筛选与应用，实现了秸秆低温堆肥的快速启动；二是高温厌氧糖化细菌的结合，建立了免翻堆堆肥工艺，降低了翻堆成本和能耗；三是蚯蚓接种技术的应用，提升了堆肥产物的营养效价，增强了市场竞争力和生态效益。项目成果已获得多项专利授权，并在黑龙江多个农业公司和环保公司推广应用，累计处理秸秆超过20万吨，显著改善了当地空气质量，降低了农民对化肥的依赖，提高了土壤肥力和作物产量。本项目不仅为寒地秸秆的高效处理和资源化利用提供了技术支持，还为农业废弃物的可持续管理提供了新的思路和方法。项目的成功实施，对于推动区域生态农业的发展具有重要意义。 |

|  |
| --- |
| 代表性论著 |
| 1. Song Zhiwei, Sheng Tao, Deng Wenjing, Wang Jing. Investigation of rice straw and kitchen waste degradation through vermicomposting. Journal of environmental management, 2019, 243: 269-272.2. Sheng Tao, Zao Lei, Gao Lingfang, Liu wenzong, Cui Minhua, Guo Zechong, Ma Xiaodan, Ho Shih-Hsin, Wang Aijie. Lignocellulosic saccharification by a newly isolated bacterium, Ruminiclostridium thermocellum M3 and cellular cellulase activities for high ratio of glucose to cellobiose. Biotechnology for Biofuels, 2016, 9, 172.3. Sheng Tao, Meng Qingbin, Li Zhiling, Sun Caiyu, Li lixin, Liu Lilai. Comparative genomics reveals cellobiose hydrolysis mechanism of Ruminiclostridium thermocellum M3, a cellulosic saccharification bacterium. Frontiers in Microbiology, 2023, 13: 1079279.4. Sun Caiyu, Liu Fang, Song Zhiwei, Wang Jing, Li Yongfeng, Pan Yu, Sheng Tao， Li Lixin. Feasibility of dry anaerobic digestion of beer lees for methane production and biochar enhanced performance at mesophilic and thermophilic temperature. Bioresource technology, 2019, 276: 65-73.5. Pan Yu, Wang Yongmin, Fan Xiyuan, Wang Wenbin, Yang Xiumin, Cui Daizong, Zhao Min, et al. Bacterial intracellular nanoparticles exhibiting antioxidant properties and the significance of their formation in ROS detoxification. Environmental microbiology reports, 2019, 11(2): 140-146. |
| 主要知识产权证明目录 |
| 黑龙江省地方标准，秸秆炭化碳封存技术，DB23/T 3535 2023，发布日期2323-08-20，发明人：殷大伟、曹殿云、金梁、**盛涛**、宋春来、邹国元、魏丹、王磊、刘遵奇、许永花、李文涛、邓杰、张伟明、**李立欣**、黄玉威等 |
| 主要完成人情况表（排名、姓名、技术职称、工作单位、 对本项目技术创造性贡献、曾获奖励情况） |
| 排名 | 姓名  | 技术职称  | 工作单位  | 完成单位  | 贡献 | 曾获奖情况 |
| 1 | 宋志伟 | 教授 | 黑龙江科技大学 | 黑龙江科技大学 | 负责低温纤维素降解微生物的筛选，堆肥免翻堆系统的构建及蚯蚓堆肥系统的构建工作，对本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺及创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺均为主要贡献，是代表作1的第一作者。 | 黑龙江省科技进步二等奖：颗粒污泥快速启动及稳定调控技术（2019-139-01），排名第1，2019年10月黑龙江省高校科学技术成果二等奖：纤维素类农业废弃物糖化-产气-堆肥耦合系统研究（20210098），排名第1,2021年12月31日 |
| 2 | 盛涛 | 副教授 | 黑龙江科技大学 | 黑龙江科技大学 | 负责本项目创新点2基于高温纤维素糖化细菌的免翻堆工艺研究，提出利用纤维素糖化细菌实现免翻堆堆肥的可行性，是第2,3篇代表作的第一作者和第1,4篇代表作的合作者。 | 黑龙江省科技进步二等奖：颗粒污泥快速启动及稳定调控技术（2019-139-01），排名第7，2019年10月黑龙江省高校科学技术成果二等奖：纤维素类农业废弃物糖化-产气-堆肥耦合系统研究（20210098），排名第3,2021年12月31日 |
| 3 | 孙彩玉 | 副教授 | 黑龙江科技大学 | 黑龙江科技大学 | 参与本项目创新点2基于高温纤维素糖化细菌的免翻堆工艺研究工作，是第4篇代表作的第一作者。 | 黑龙江省高校科学技术成果二等奖：纤维素类农业废弃物糖化-产气-堆肥耦合系统研究（20210098），排名第2,2021年12月31日 |
| 4 | 李立欣 | 教授 | 黑龙江科技大学 | 黑龙江科技大学 | 参与本项目创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺研究工作。 | 黑龙江省高校科学技术成果二等奖：纤维素类农业废弃物糖化-产气-堆肥耦合系统研究（20210098），排名第4,2021年12月31日 |
| 5 | 潘宇 | 教授 | 黑龙江科技大学 | 黑龙江科技大学 | 参与本项目创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺研究工作。对开发磁性纳米颗粒复合体系，通过催化作用提升木质素降解效率，为蚯蚓堆肥系统的有机质转化提供关键技术支持做出贡献，是第5篇代表作的第一作者。 | 黑龙江省高校科学技术成果二等奖：纤维素类农业废弃物糖化-产气-堆肥耦合系统研究（20210098），排名第5,2021年12月31日 |
| 6 | 王淼 | 高级工程师 | 黑龙江省水利科学研究院 | 黑龙江省水利科学研究院 | 参与本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺研究工作。 |  |
| 7 | 范胜强 | 副教授 | 哈尔滨工业大学 | 哈尔滨工业大学 | 参与本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺研究工作。负责污泥前处理及水解，为低温纤维素降解微生物提供氮源。 |  |
| 8 | 钟子楠 | 讲师 | 黑龙江科技大学 | 黑龙江科技大学 | 参与本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺研究及创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺研究工作。负责企业效益的调研、堆肥低温启动及蚯蚓堆肥现场技术指导工作。 |  |
| 9 | 黄琳琳 | 讲师 | 黑龙江科技大学 | 黑龙江科技大学 | 参与本项目创新点2基于高温纤维素糖化细菌的免翻堆工艺研究工作。负责企业效益的调研及免翻堆技术现场指导工作。 |  |
| 完成人合作关系说明 |
| 第1完成人宋志伟(黑龙江科技大学)，发表SCI论文20余篇，主持完成国家自然科学基金项目1项，黑龙江省自然科学基金项目1项；获黑龙江省科技进步二等奖及黑龙江省高校科学技术成果二等奖各1项（均为第一完成人）。负责本项目的整体工作设想、提出研究方案，与第2,3,4,5,6,7完成人合作。负责低温纤维素降解微生物的筛选，堆肥免翻堆系统的构建及蚯蚓堆肥系统的构建工作，对本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺及创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺均为主要贡献，是代表作1的第一作者。第2完成人盛涛(黑龙江科技大学)，发表SCI论文20余篇，主持完成国家自然科学基金项目1项；获黑龙江省科技进步二等奖1项（第7完成人），黑龙江省高校科学技术成果二等奖1项（第3完成人）。与第1完成人和第3完成人合作，负责本项目创新点2基于高温纤维素糖化细菌的免翻堆工艺研究，提出利用纤维素糖化细菌实现免翻堆堆肥的可行性，是第2,3篇代表作的第一作者和第1,4篇代表作的合作者。第3完成人孙彩玉(黑龙江科技大学)，发表SCI论文10余篇，主持完成普通高校基本科研业务费1项；黑龙江省高等学校教学成果奖二等奖1项（第4完成人）。与第1,2,4完成人合作，参与本项目创新点2基于高温纤维素糖化细菌的免翻堆工艺研究工作，是第4篇代表作的第一作者。第4完成人李立欣(黑龙江科技大学)，发表SCI论文30余篇，主持完成国家自然科学基金项目1项，与第1,2,3,5完成人合作，参与本项目创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺研究工作。第5完成人潘宇(黑龙江科技大学)，发表论文10篇，与第1完成人合作，参与本项目创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺研究工作。对开发磁性纳米颗粒复合体系，通过催化作用提升木质素降解效率，为蚯蚓堆肥系统的有机质转化提供关键技术支持做出贡献，是第5篇代表作的第一作者。第6完成人王淼(黑龙江省水利科学研究院)，发表论文20余篇，与第1，2完成人合作，参与本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺研究工作。第7完成人范胜强(哈尔滨工业大学)，发表论文20余篇，与第1,6完成人合作，参与本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺研究工作。第8完成人钟子楠(黑龙江科技大学)，发表论文2篇，与第9完成人合作，参与本项目创新点1秸秆低温堆肥快速启动工艺研究及创新点3蚯蚓提升堆肥产物营养效价工艺研究工作。第9完成人黄琳琳(黑龙江科技大学)，发表论文8篇，与第2,8完成人合作，参与本项目创新点2基于高温纤维素糖化细菌的免翻堆工艺研究工作。 |

完成人合作关系情况汇总表

|  |
| --- |
|  |
| 序号  | 合作方式  | 合作者/项目排名  | 合作时间  | 合作成果  | 备注  |
| 1 | 合作者 | 盛涛 ，孙彩玉 | 2019 | Investigation of rice straw and kitchen waste degradation through vermicomposting[J]. Journal of environmental management | 代表论文1 |
| 2 | 合作者 | 宋志伟，孙彩玉 | 2019 | Feasibility of dry anaerobic digestion of beer lees for methane production and biochar enhanced performance at mesophilic and thermophilic temperature | 代表论文4 |
| 3 | 合作者 | 宋志伟 | 2019 | Feasibility of dry anaerobic digestion of beer lees for methane production and biochar enhanced performance at mesophilic and thermophilic temperature | 代表论文4 |
| 4 | 合作者 | 盛涛 | 2023 | 黑龙江省地方标准，秸秆炭化碳封存技术， | DB23/T 3535 2023 |
| 5 | 合作者 | 宋志伟 | 2019 | Bacterial intracellular nanoparticles exhibiting antioxidant properties and the significance of their formation in ROS detoxification | 代表论文5 |
| 6 | 合作者 | 宋志伟 | 2023 | 考虑与农业废弃物耦合作用的三江平原黑土修复技术研究 | 黑龙江省省属科研院所科研业务费任务书 |
| 7 | 合作者 | 宋志伟，王淼 | 2023 | 黑龙江科技大学研究生兼职导师 | 研究生毕业论文封面及兼职导师聘书 |
| 8 | 合作者 | 黄琳琳 | 2025 | M-Ti/TNTs/SnO2电极对煤化工二级出水性能的影响 | 附件论文 |
| 9 | 合作者 | 盛涛，钟子楠 | 2024 | Adsorption of Orange G on Activated Porous Carbon Derived fromCoal Tar Pitch: Experimental and DFT Study | 附件论文 |