

自然与信息工程出版社
Nature and Information Engineering Publishing Sdn Bhd

B-03A-15, One South Street Mall, Jalan OS, Taman Serdang Perdana,
43300 Seri Kembangan, Selangor Darul Ehsan.
+60 11-3978 7006
contact@zycentre.com



Journal of Agricultural Science and Technology

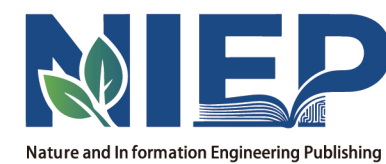
农业科学与技术杂志

eISSN: 3122-6809

Volume 2 Issue 1 January 2026
eISSN: 3122-6809

农业科学与技术杂志

Journal of Agricultural Science and Technology



中文刊名: 农业科学与技术杂志

ISSN: 3122-6809 (电子)

出版语言: 华文

期刊网址: <https://cn.niepublish.com/jast>

出版社名称: 自然与信息工程出版社

Serial Title: Journal of Agricultural Science and Technology

ISSN: 3122-6809 (Online)

Language: Chinese

URL: <https://cn.niepublish.com/jast>

Publisher: Nature and Information Engineering Publishing Sdn Bhd

Database Inclusion



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge
Infrastructure

版权声明 /Copyright

自然与信息工程出版社出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料, 除另作说明外, 作者有权依据 Creative Commons 国际署名 - 非商业使用 4.0 版权对于引用、评价及其他方面的要求, 对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时, 必须注明原文作者及出处, 并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归中宇国际教育中心所有。

All articles and any accompanying materials published by Nature and Information Engineering Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). Nature and Information Engineering Publishing Sdn Bhd reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nature and Information Engineering Publishing Sdn Bhd

电子邮箱 /E-mail: contact@zycentre.com

官方网址 /Official Website: <https://niepublish.com/index.php>

地址 /Address: B-03A-15, One South Street Mall, Jalan OS, Taman Serdang Perdana,
43300 Seri Kembangan, Selangor Darul Ehsan, Malaysia



Nature and Information Engineering Publishing

《农业科学与技术杂志》征稿函

期刊概况:

中文刊名: 农业科学与技术杂志

ISSN: 3122-6809 (Online)

出版语言: 华文

期刊网址: <https://cn.niepublish.com/jast>

出版社名称: 自然与信息工程出版社

出版格式要求:

- 稿件格式: Microsoft Word
- 稿件长度: 字符数 (计空格) 4500 以上; 图表核算 200 字符
- 测量单位: 国际单位
- 论文出版格式: Adobe PDF
- 参考文献: 温哥华体例

出刊及存档:

- 电子版出刊 (公司期刊网页上)
- 纸质版出刊
- 出版社进行期刊存档
- 中国知网 (CNKI)、谷歌学术 (Google Scholar) 等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

作者权益:

- 期刊为 OA 期刊, 但作者拥有文章的版权;
- 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档;
- 以开放获取为指导方针, 期刊将成为极具影响力的国际期刊;
- 为作者提供即时审稿服务, 即在确保文字质量最优的前提下, 在最短时间内完成审稿流程。

评审过程:

编辑部和主编根据期刊的收录范围, 组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审, 并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登, 提供高效、快捷、专业的出版平台。

主 编

邱建生, 福建农林大学, 中国

副主编

Abhijit Khadatkar, ICAR-Central Institute of Agricultural Engineering, India

王 飞, 郑州永丰生物肥业有限公司, 中国

段而军, 重庆隆湖工程设计咨询有限公司, 中国

李清宇, 根河市农牧水利科技局, 中国

编 委

Maurício Cristiano Rocha-Junior, University of São Paulo, Brazil

马文健, 山东省滨州畜牧兽医研究院, 中国

何 军, 新宁县回龙寺镇农业综合服务中心, 中国

王 昊, 信阳农林学院园艺学院, 中国

黄志伟, 驻马店市产品质量检验检测中心, 中国

张元珍, 齐河齐源绿季农业集团有限公司, 中国

陈玉霞, 广东海洋大学, 中国

申开洪, 河南省地质科学研究所, 中国

郑福山, 莱芜职业技术学院, 中国

茅 渊, 第八师畜牧水产发展服务中心, 中国

仲晓晴, 广州南沙现代农业产业集团有限公司, 中国

1	生态修复导向下园林绿化工程施工技术创新 / 佟毅	研究 / 令小峰
4	凉城县玉米大豆带状复合种植技术与效益分析 / 高瑞峰	39 特色农产品种植技术推广的精准化实施策略研究 / 郭秀莉
7	小麦抗旱生理机制及栽培技术研究 / 田平坤	42 对森林公安机关查处滥采泥炭破坏森林资源行为的 探讨 / 刘明滋
10	腾冲市曲石镇种养循环产业现状及发展建议 / 梁泽 张铭娟	45 探讨芋头地膜覆盖高产栽培对策 / 王伟
13	智能农业机械导航精度优化及田间应用效果分析 / 陈娟 曹志鹏 闫章腾	48 试析农村厕所污水资源化利用措施思考 / 李璇 杨茜 李娜娜
17	植物生长调节剂油菜素内酯对作物增产效果的探究 / 王昊	51 融合光谱与图像信息的土壤重金属快速检测及污染溯源 技术研究 / 韦必帽
20	罗姜 3 号在罗平县板桥镇不同区域三年种植试验研究 / 杨家明 胡峻 张培竹 李关兰 涂兴城	54 我国畜牧兽医行政执法的实践检视与革新路径——基 于江西省靖安县基层工作实践的思考 / 赵龙斌
23	基于深度学习的联合收割机智能测控系统设计与试验 研究 / 李军	57 新疆乡镇农产品监管体系的困境与突破探讨 / 相红燕 马惠
26	烟油轮作区油菜化肥农药减施技术集成示范及效益 分析 / 陈芳 胡峻 王建林 李关兰	60 燕麦麸皮中 β - 葡聚糖提取工艺优化及结构特性研究 / 刘栋梁
29	北京集体林场主导下平原生态林精细化管护成效与改 进路径 / 任建峰	63 大豆点蜂缘蝽绿色防控效果初探 / 刘梦颖 史云鹏 王志强
32	探讨动物布鲁氏菌病的综合防控措施 / 梁红瑞	66 基层农业气象服务水平的提升措施思考 / 任志华 王可心 郭亚丽 徐小星 岳春煜
35	武山县不同马铃薯品种对马铃薯晚疫病的田间抗性	

- 1 Technological innovation of landscape greening engineering under the guidance of ecological restoration
/ Yi Tong
- 4 Technical Model and Benefit Analysis of Maize-Soybean Strip Intercropping in Liangcheng County
/ Ruifeng Gao
- 7 Physiological mechanism and cultivation technology of wheat drought resistance
/ PingkunTian
- 10 Current Status and Development Recommendations for the Breeding and Farming Recycling Industry in Qushi Town, Tengchong City
/ Ze Liang Mingjuan Zhang
- 13 Optimization of navigation accuracy and field application effect of intelligent agricultural machinery
/ Juan Che Zhipeng Cao Zhangteng Yan
- 17 Study on the Yield-Increasing Effect of Plant Growth Regulator Brassinolides on Crops
/ Hao Wang
- 20 Three-year Planting Experiment of Luojiang No.3 in Different Areas of Banqiao Town, Luoping County
/ Jiaming Yang Jun Hu Peizhu Zhang Guanlan Li Xingcheng Tu
- 23 Design and experimental study of intelligent measurement and control system for combine harvester based on deep learning
/ Jun Li
- 26 Integrated Demonstration and Benefit Analysis of Chemical Fertilizer and Pesticide Reduction Technology for Rapeseed in tobacco oil Rotation Area
/ Fang Chen Jun Hu Jianlin Wang Guanlan Li
- 29 The effect and improvement path of fine management and protection of plain ecological forest under the leadership of Beijing collective forest farm
/ Jianfeng Ren
- 32 Discussion on Comprehensive Prevention and Control Measures for Animal Brucellosis
/ Hongrui Liang
- 35 Field Resistance of Different Potato Varieties to Late Blight in Wushan County
/ Xiaofeng Ling
- 39 Research on Precision Implementation Strategies for Promoting Planting Techniques of Featured Agricultural Products
/ Xiuli Guo
- 42 Discussion on the Investigation of Illegal Logging of Peat Moss and Destruction of Forest Resources by Forest Police
/ Mingzi Liu
- 45 Study on the high yield cultivation countermeasures of taro with mulching film
/ Wei Wang
- 48 Analysis of the rural toilet sewage resource utilization measures
/ Xuan Li Qian Yang Nana Li
- 51 Research on Integrated Spectroscopy and Image Fusion for Rapid Detection and Pollution Tracing of Soil Heavy Metals
/ Bimao Wei
- 54 Practical Review and Innovation Path of Administrative Law Enforcement in Animal Husbandry and Veterinary Medicine in China: Thoughts Based on the Grassroots Work Practice in Jing'an County, Jiangxi Province
/ Longbin Zhao
- 57 Discussion on Dilemmas and Breakthroughs of Township-level Agricultural Product Supervision System in Xinjiang
/ Hongyan Xiang Hui Ma
- 60 Optimization of β -Glucan Extraction Process and Structural Characterization in Oat Bran
/ Dongliang Liu
- 63 Preliminary Study on the Green Control Effect of the Soybean Bee-eating Ladybird
/ Mengying Liu Yunpeng Shi Zhiqiang Wang
- 66 Thoughts on the Improvement Measures of Grass-roots Agricultural Meteorological Service Level
/ Zhihua Ren Kexin Wang Yali Guo Xiaoxing Xu Chunyu Yue

Technological innovation of landscape greening engineering under the guidance of ecological restoration

Yi Tong

Yangtze River Three Gorges Ecological Garden Co., Ltd., Liangshan, Sichuan, 615000, China

Abstract

As global ecosystem degradation and urban ecological crises intensify, landscaping projects have become a cornerstone of ecological restoration. Technological innovation in construction serves as a pivotal driver for enhancing restoration outcomes. This paper explores the core theoretical connections between ecological restoration and landscaping engineering, systematically analyzing four major categories of construction technology innovations: soil ecological remediation, rational plant configuration, ecological water resource management, and ecological auxiliary engineering. Through case studies across diverse scenarios, we examine technical effectiveness and key promotion strategies, while summarizing critical innovation logics and practical experiences. These insights provide actionable references for optimizing ecological restoration-oriented landscaping technologies, facilitating technology transfer and driving high-quality industry development, ultimately empowering synergistic progress between ecological restoration and urban greening.

Keywords

ecological restoration; landscaping engineering; construction technology innovation

生态修复导向下园林绿化工程施工技术创新

佟毅

长江三峡生态园林有限公司，中国·四川凉山 615000

摘要

全球生态系统退化与城市生态危机日益凸显，园林绿化工程已成为生态修复的核心依托体，施工技术创新是实现生态修复成效提升的关键抓手。本文围绕生态修复与园林绿化工程核心的关联理论展开探讨，系统梳理土壤生态修复改良、植物合理配置种植、水资源生态化调控及生态辅助工程四大类施工技术创新动态，结合不同场景下的应用案例，分析技术成效及推广要点，归纳当前技术创新的关键逻辑与实践经验，为生态修复为导向的园林绿化工程技术优化、成果转化和行业高质量发展提供借鉴，赋能生态修复与城市绿化高质量协同发展。

关键词

生态修复；园林绿化工程；施工技术创新

1 引言

园林绿化工程作为连接人工环境与自然生态的桥梁，对于提高城市生态环境质量、改善人居环境、推动城市可持续发展具有重要意义。城市化进程的迅速推进引发了土壤退化、水资源不足、生物多样性减少等一系列生态问题，城市生态系统的自我调节能力持续弱化，生态修复已成为全球可持续发展的重要话题。然而，传统园林绿化施工技术存在形式至上、生态被忽视，修复效果短期化，资源利用效率差等局限，难以实现生态修复在长期性、稳定性方面的要求。基于此背景，施工技术的生态化创新成为冲破行业瓶颈的核心手段。本文立足生态修复导向，先厘清二者融合的核心理论

与评价指标，接着按类别说明施工技术的创新进展，结合实际案例分析应用成果与推广阻碍，旨在全面梳理现有的研究与实践成果，找准技术创新的方向，为助力园林绿化工程充分发挥生态修复价值、推动城市生态可持续发展提供理论与实践支撑。

2 生态修复与园林绿化工程的核心关联理论

2.1 生态修复的核心原理与目标

生态修复的核心原理以生态系统自身的演替规律为依据，着重借助自然力量完成受损生态系统功能的恢复。其核心逻辑当中包含生态系统稳定性原理，即借助调控生物与环境间的相互作用，重设系统结构的平衡格局，增加抗干扰能力；整体性原理要求修复过程兼顾局部与区域生态关联，避免仅对单一环节进行改良引起系统失衡；协同进化原理强调生物群落跟环境的动态相符，推动物种间、生物与非生物

【作者简介】佟毅（1976—），男，中国湖北宜昌人，本科，高级工程师，从事园林工程及园艺技术研究。

环境间实现良性互动^[1]。生态修复核心目标并非简单去复制原始生态系统,而是构建结构完整、功能稳定、可实现自我维持的可持续生态单元。短期目标是处理生态退化相关的问题,如遏制土壤侵蚀、改善水质的状况、提高植被的覆盖度;中期目标为实现生态系统核心服务功能的恢复,包括水土保持、气候调节、生物栖息地提供等;长期目标是实现生态系统的自我周转与持续进化,与人类活动形成和谐共存的格局,为城市可持续发展提供生态意义上的支撑。

2.2 园林绿化工程与生态修复的融合逻辑

园林绿化工程与生态修复的结合,本质是打破“景观优先”的思维固定模式,实现功能定位、技术路径与价值导向的深度契合。功能定位融合体现为园林绿化从只进行景观美化向“景观-生态”双功能转型,把生态修复需求融入绿化工程的整个流程,让绿化空间同步承担观赏价值与生态服务功能。技术路径融合的核心要义是促成传统绿化技术的生态化升级,即丢掉高能耗、高维护、低生态价值的施工模式,采用贴合生态原理的技术手段,如模拟自然群落的植物布置、契合土壤肌理的改良工艺等,做到工程施工与生态恢复同步实施。价值导向融合以生态效益为核心根基,兼顾经济效益与社会效益,依靠绿化工程开展生态化改造,既解决城市生态退化问题,又给居民搭建优质的生态空间,造就“修复-利用-增值”的良性循环局面,引导园林绿化工程成为生态修复的关键实践载体^[2]。

2.3 施工技术创新的核心评价指标

施工技术创新的评估应围绕生态修复目标构建多维度指标体系,保障技术创新既具备生态价值又有实践可行性。生态效益指标是核心,涉及生物多样性的提升效果,也就是技术应用后绿化区域物种丰富度、群落结构复杂程度的改进效果;水土维持与水质净化能力,利用土壤保水率、径流调节的效果、污染物削减的程度来量化;碳汇与气候调节本领,以植被固碳量、起到的降温增湿效果为关键衡量尺度。技术经济可行性指标聚焦创新技术的落地能力,包含技术的适配性,也就是与各类绿化场景的适应水平;施工难度与实施效率,是否符合工程工期及作业条件的相关要求;成本体现合理性,兼顾初期投入和长期维护费用,避免高成本技术推广受限。长期稳定性指标关注技术效果的持续性,包括生态系统的抗干扰能力,即应对极端天气及人为活动不良影响的稳定性;技术应用后系统的自我维持能力,减少后期对人工干预的需求,保障生态修复成效得以长期持续。

3 生态修复导向下园林绿化工程施工技术创新分类与进展

3.1 土壤生态修复与改良施工技术创新

土壤作为园林绿化与生态修复的基础支撑,其修复改良技术创新以污染治理和功能提升双重目标为聚焦点。针对城市废弃地、棕地等污染土壤,生物修复技术实现新的突破,

通过在施工过程中接种功能微生物菌剂,或顺带种植紫花苜蓿、黑麦草等富集植物,构建“微生物与植物”协同修复体系,快速降解土壤中的重金属与有机污染物。针对盐碱化、沙化等退化土壤,创新地采用腐殖质复合改良剂分层施工工艺,结合秸秆归田、生物炭添加工艺,重新搭建土壤团粒结构,加大保水保肥能力。以碳汇为目标的改良技术成为新方向,通过优化土壤有机质输入方式与配比,促进土壤碳库的累积,同步加大生态系统的固碳能力。目前技术的进展呈现出工业化生产的改良材料应用走向普及,以及依靠土壤检测数据进行的精准配比施工,极大提升了改良效果的稳定程度与针对性,处理了传统改良技术起效速度慢、维持时间短的问题。

3.2 植物配置与种植施工技术创新

植物作为生态修复的核心载体,技术创新围绕物种适配与种植效率开展。乡土物种筛选与群落构建的技术越发成熟,依靠实地勘查与生态适应性检验,筛选可抗旱、耐贫瘠、抗击病虫害的乡土植物,依照自然群落结构开展乔灌草立体搭配,增进生态系统稳定性及生物多样性。种植工艺创新把提升成活率作为聚焦点,深根栽培技术依靠改良挖坑工具及分层回填办法,推动植物根系往地下深处扎根,增强应对逆境的本领;容器苗移栽优化技术采用可降解性质的生态容器,采用生根剂与保水剂同步施加的工艺,缩减树木移栽的缓苗周期,提升在恶劣环境下开展种植的成功率。植物-微生物协同修复技术成为一大亮点,在种植施工期间同步接种根际促生菌,造就“植物-微生物”共生体系,增强土壤养分转化及污染物降解的本领。此外,目前数字化技术开始渗透,采用无人机测绘规划种植的布局安排,实现植物配置的精准性与高效性^[3]。

3.3 水资源调控与生态化施工技术创新

水资源调控技术创新以节水、净水以及水资源循环作为核心方向。把海绵城市理念深度融入绿化施工,生态植草沟、雨水花园构建技术实施优化,凭借精准计算汇水面积与坡度,合适调配填料层与植被,增进雨水渗透及净化的效率,节水灌溉技术往精准化迈进升级,智能滴灌、渗灌系统和土壤墒情传感器相联合,实现按所需供水,较传统灌溉节水30%以上;干旱地区创新运用集雨装置与节水种植搭配的工艺,依靠雨水收集池对降水进行存储,与种植抗旱植物搭配,实现对水资源的高效利用。湿地生态修复中的水文连通性施工技术突破,采用生态清淤、地形重塑,构筑不间断的水文脉络,结合水生植物种植,提高湿地水质净化及生态涵养功效。现阶段技术进展呈现集成化施工模式的推广态势,把雨水收集、储存、净化、利用环节进行综合性的一体化设计施工,同时兼顾生态效益和实用功能,提升技术场景适配性与长效性,筑牢生态水资源循环根基。

3.4 生态化辅助工程施工技术创新

辅助工程施工技术创新把焦点放在生态功能与工程实用性

的融合。生态护岸及边坡绿化技术实现升级, 喷播植草技术与三维植被网、生态袋固定工艺组合在一起, 提高边坡稳固性, 适合应用于矿山复绿、道路边坡修复项目; 生态混凝土、透水砖等新型材料被普遍运用到护岸构建中, 兼顾了水土保持以及水生生物栖息要求。硬质景观开展生态化改造正成为趋势, 透水铺装技术采用多孔混凝土、透水沥青等相关材料, 配合地下排水盲管系统, 实现雨水的快速下渗, 舒缓城市内涝压力; 城市广场、停车场等地方创新性地运用“透水铺装+地下储水模块”组合工艺, 增进雨水循环利用的效率。生物栖息地营造技术逐步完善, 在绿化施工期间同步搭建人工鸟巢、昆虫旅馆、水生生物产卵区等设施, 配合原生植被种植, 为各类生物打造生存空间^[4]。目前技术的推进呈现为材料环保化及施工标准化, 新型生态材料成本持续降低, 施工工艺不断简化, 促使辅助工程由单一功能转变为多功能生态载体, 提升生态协同价值, 赋能绿化工程提质增效。

4 技术创新应用案例与效果分析

4.1 不同场景下的应用案例

在城市棕地开展修复场景中, 以上海某工业废弃棕地修复工程为典型。该场地面临着土壤重金属污染与有机质匮乏的状况, 施工中采用“微生物改良剂接种与植物修复协同”手段, 经由分层施用复合微生物菌剂降解土壤重金属, 配合种植紫花苜蓿、构树等富集植物强化净化成效, 同时按照“乔-灌-草”立体结构组合乡土植物群落。施工期间同步搭建雨水花园与透水铺装系统, 实现水资源的循环利用。矿山复绿情景以山西某煤矿的废弃矿区为例, 针对边坡稳定性差、土壤沙化严重的难题, 创造性地采用“生态喷播技术、三维植被网固定以及生态混凝土护岸”组合工艺, 将乡土草本种子和灌木种子混合腐殖质基质喷播, 采用三维植被网增强附着牢固性, 生态混凝土护岸兼顾固坡和水生生物栖息的双重需求。湿地修复场景选取杭州某河流湿地的生态修复工程, 采用水文连通性重建技术, 依靠生态清淤、地形重塑举措打通断裂水系, 搭配种植芦苇、菖蒲等水生植物组建净化群落, 采用智能滴灌系统调控水位, 实现湿地生态功能恢复^[5]。

4.2 创新技术的应用成效评价

创新技术应用成效在生态、经济、社会三个维度展现显著价值。生态效益方面, 城市棕地实施修复后, 土壤中重金属含量降低 60% 以上, 植被覆盖程度从 35% 提升至

89%, 吸引 20 多种鸟类与昆虫在此处栖息, 生物多样性显著提升; 矿山复绿工程中, 边坡水土流失的控制成效为控制率达 95%, 3 年时间让土壤有机质含量提升至 1.2%, 实现稳定的本土植物群落; 湿地实施修复后, 水体中 COD 含量降低 45%, 氨氮含量降低 52%, 水文连通性实现 100% 恢复, 湿地涵养水源能力有 30% 的提升。经济效益方面, 传统技术的初期投入比创新技术低 15%-20%, 但长期维护成本降低 40% 以上, 如矿山复绿工程后期, 人工灌溉及边坡加固成本平均每年下降 50 万元。社会效益方面, 修复后的棕地成为城市口袋公园, 服务周边的 10 万居民; 矿山复绿后区域成为生态旅游示范点, 带动当地劳动力就业; 湿地修复工程改善了河流水环境, 优化了沿线的人居品质, 为生态修复提供了实践样板。长期监测数据显示, 各场景生态系统抵抗外界干扰的能力明显变强, 连续 5 年未表现出明显的退化迹象, 说明了创新技术具备长期稳定能力。

5 结语

综上所述, 生态修复导向下的园林绿化工程施工技术创新, 关键之处是实现工程技术与生态原理的深度结合。土壤改良、植物栽植、水资源管控及辅助工程四大类技术的创新突破, 为受损生态系统修复给出了多元解决途径, 相关案例同样验证了技术创新在增进生态效益、保障长期稳定发展方面的关键作用。未来, 应进一步深化产学研协同, 关注技术适配性以及成本优化, 助力智能化、低碳化技术融合应用落地, 伴随创新技术持续成熟与普及, 园林绿化工程在生态修复中将体现更大价值, 为构建可持续发展的城市生态系统打下坚实基础。

参考文献

- [1] 赵雪平, 曹鹏, 周朝祯. 园林绿化工程的施工管理与养护技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (29): 226-228.
- [2] 戴放. 市政园林景观绿化工程施工技术要点与质量提升策略研究[J]. 内江科技, 2025, 46(09): 21-22.
- [3] 徐文滨. 园林景观绿化工程施工技术研究——以清远奥体公建标段三项目园林绿化工程为例[J]. 花木盆景, 2025, (17): 102-103.
- [4] 方志艳. 城市园林绿化工程施工及质量管理研究[J]. 城市开发, 2025, (16): 34-36.
- [5] 李姝颖, 陈倩影. 新时期的市政园林景观绿化工程施工技术探讨[J]. 科技资讯, 2025, 23(16): 175-177.

Technical Model and Benefit Analysis of Maize-Soybean Strip Intercropping in Liangcheng County

Ruifeng Gao

Agriculture Animal Husbandry and Science and Technology Bureau Liangcheng County, Ulanqab, Inner Mongolia, 013750, China

Abstract

To alleviate the conflict between maize and soybean land use and enhance grain production benefits, this study focuses on the maize-soybean strip intercropping model in Liangcheng County, Wulanchabu City, Inner Mongolia. Based on the local arid climate and soil characteristics, the paper systematically sorts out the core technical links such as variety selection, strip configuration, sowing management and pest control. Through field investigation and data comparison, the economic, ecological and social benefits of the model are analyzed. The results show that the model realizes "stable maize yield and additional soybean harvest" in Liangcheng County, with an average increase of more than 200 yuan per mu compared with single cropping maize. It also improves soil fertility and reduces pesticide use by 25% or more, which provides a practical path for local food security and agricultural green development.

Keywords

Maize-soybean strip intercropping; Liangcheng County; Technical model; Benefit analysis

凉城县玉米大豆带状复合种植技术与效益分析

高瑞峰

凉城县农牧和科技局, 中国·内蒙古 乌兰察布 013750

摘要

为缓解玉米与大豆用地矛盾、提高粮食生产效益,本研究以内蒙古自治区乌兰察布市凉城县的玉米大豆带状复合种植模式为对象。基于当地干旱气候和土壤特点,系统梳理了品种选择、带状配置、播种管理及病虫害防治等核心技术环节。通过田间调查和数据对比,分析了该模式的经济、生态与社会效益。结果表明,该模式在凉城县实现了“玉米稳产、大豆增收”,与单作玉米相比,平均每亩增收200元以上。同时,土壤肥力得到改善,农药使用量减少25%以上,为保障当地粮食安全和推动绿色农业发展提供了切实可行的路径。

关键词

玉米大豆带状复合种植; 凉城县; 技术模式; 效益分析

1 引言

粮食安全是治国理政的头等大事,在我国人均耕地资源有限的基本国情下,如何实现“稳粮增豆”成为保障国家粮油安全的重要课题。2023年中央一号文件明确提出“大力推广玉米大豆带状复合种植”,将其作为保障粮食安全和重要农产品供给的重要举措。玉米大豆带状复合种植作为集品种、机具、技术创新于一体的新型种植模式,通过立体空间利用实现“一田双收”,在玉米产量基本不减的前提下增收一季大豆,为缓解粮油争地矛盾提供了有效解决方案。

内蒙古自治区作为我国粮食主产区之一,近年来积极响应国家“藏粮于地、藏粮于技”战略,大力推广玉米

大豆带状复合种植技术。乌兰察布市凉城县位于内蒙古中南部,属中温带半干旱大陆性季风气候,年均降水量350-450mm,且时空分布不均,60%以上集中在7-8月份,土壤以栗钙土为主,有机质含量偏低,具有发展旱作农业的基础条件,但也面临水资源短缺、土壤肥力不均等制约因素。当地自2023年起逐步引进玉米大豆带状复合种植模式,在县农业技术推广中心的指导下,选择不同海拔、不同土壤类型的地块建立示范基地,经过两年的示范推广,已形成适配本地生产条件的技术体系。

本文以凉城县玉米大豆带状复合种植实践为研究对象,系统梳理其本土化技术模式,全面分析该模式的综合效益,旨在为内蒙古半干旱地区推广类似种植技术提供参考,助力区域农业产业结构优化和乡村振兴战略实施。

【作者简介】高瑞峰(1981—),女,中国乌兰察布市凉城人,本科,高级农艺师,从事农技推广研究。

2 凉城县玉米大豆带状复合种植技术模式

2.1 品种筛选与适配

结合凉城县气候特点和土壤条件,遵循"玉米紧凑耐密、大豆耐荫抗倒"的选种原则,筛选出适配性强的优良品种。玉米选用株型紧凑、抗旱性强、适宜机械化收获的丰垦139,该品种在内蒙古西北地区表现稳定,抗倒伏和抗病性突出,符合带状复合种植的空间利用需求;大豆选用耐荫性好、结荚集中、宜机收的中黄30,其根瘤固氮能力强,能适应与玉米间作的弱光环境,且成熟期与玉米基本同步,便于统筹收获。

在海拔较高、积温较低的地区,适当选用生育期稍短的品种组合,如玉米品种改为金穗3号,大豆品种选用中黄24,以确保安全成熟。种子处理环节采用大豆种衣剂包衣技术,有效预防苗期病虫害,提高出苗率;玉米种子进行抗旱包衣处理,增强幼苗期抗旱能力,为全苗壮苗奠定基础。

2.2 带状配置与密度调控

根据凉城县耕地肥力和气候特点,采用"2行玉米+3行大豆"的带状配置模式,兼顾光热资源利用和机械化作业便利性。具体配置参数为:玉米带宽控制在40cm以内,相邻玉米带间距1.8m;大豆带种植3行,行距30cm,玉米带与大豆带间距60cm,既保证玉米边行效应充分发挥,又为大豆生长提供充足空间。

在土壤肥力较高的川地,可适当增加玉米密度,采用"2行玉米+2行大豆"的配置,提高单位面积产量;在坡地和肥力较低的地块,则保持"2行玉米+3行大豆"的配置,增加大豆比例,提高固氮效果和生态效益。密度调控遵循"缩株保密"原则,通过缩小株距实现与净作相当的种植密度。玉米采用单粒穴播,株距12cm,播种密度5050粒/亩,按90%出苗率计算,有效株数可达4500株/亩以上;大豆同样采用单粒穴播,株距8cm,播种密度11300粒/亩,按75%出苗率计算,有效株数约8500株/亩,实现"一块地当成两块地种"的资源高效利用目标。

2.3 播种与田间管理技术

适期播种:凉城县春季干旱少雨,播种时间选择在5月上旬,此时土壤墒情适宜(含水量60%-65%),能有效提高出苗率。播种前若土壤墒情不足,采用引黄灌溉造墒或播后喷灌补水,确保种子萌发所需水分。在气温回升较快的年份,可适当提前至4月下旬末播种,以延长生长期。

机械化作业:选用2BYFSF—5型鸭嘴式玉米—大豆带状间作施肥播种机,实现播种、施肥一体化作业,保证株行距均匀一致,提高播种质量。播前对机手进行专项培训,调试播种档位与施肥量,确保各项参数符合技术要求。在小地块和不规则地块,采用小型播种机分段作业,确保播种质量。

施肥管理:采用"玉米重氮、大豆少氮"的施肥策略,玉米按当地净作标准施用等氮量的玉米专用复合肥(15-15-15),每亩施40kg作底肥一次性施用,长势较弱的地块在

大喇叭口期追施尿素15kg/亩;大豆不施氮肥,每亩施用低氮大豆专用复合肥(13-20-7)20kg作底肥,充分利用其根瘤固氮作用,减少化肥投入。在土壤有机质含量低于1%的地块,每亩增施腐熟有机肥1000kg,改善土壤结构,提高保水保肥能力。

控旺与除草:大豆在分枝期喷施5%烯效唑可湿性粉剂30g/亩,对水40kg茎叶喷雾,有效控制株高防倒伏;玉米若出现旺长趋势,在拔节期适度化控。杂草防治采用"播后芽前封闭+苗后定向除草"模式,播后芽前选用适宜药剂封闭除草,苗后使用玉米、大豆专用除草剂,采用分带高架喷杆喷雾机定向喷施,避免药剂交叉危害。在有机质含量高、杂草严重的地块,增加中耕除草1-2次,减少杂草与作物争光争肥。

病虫害绿色防控:采用"理化诱抗+化学防治"相结合的防控模式,示范田安装智能LED太阳能杀虫灯和性诱剂诱芯,诱杀斜纹夜蛾、金龟科害虫等;在玉米大喇叭口期和大豆花荚期,采用植保无人机统一飞防一次,选用高效低毒农药,兼顾防治玉米穗腐病、草地贪夜蛾和大豆食心虫,农药施用量较传统种植减少25%以上。在病虫害发生较重的年份,增加一次叶面喷施,确保产量安全。

2.4 收获与秸秆处理

采用"先收玉米后收大豆"的收获模式,根据两种作物成熟进度,在玉米蜡熟末期、大豆鼓粒末期启动收获作业。玉米选用整机宽度1.6-1.8m的自走式联合收获机收获果穗或籽粒,大豆选用1.8-2.2m的大豆联合收割机收获脱粒,确保收获效率和籽粒损失率控制在合理范围。

收获后秸秆采用粉碎还田处理,通过机械将玉米和大豆秸秆粉碎后均匀覆盖地表,既能减少土壤水分蒸发,又能增加土壤有机质含量,改善土壤结构,实现"用养结合"的生态种植目标。在风沙较大的地区,采用高留茬(20-30cm)配合秸秆覆盖,增强防风固沙效果。

3 凉城县玉米大豆带状复合种植效益分析

3.1 经济效益

产量提升:根据凉城县农业技术推广中心监测数据,2023-2024年复合种植示范田平均亩产玉米470.3kg,接近当地净作玉米平均单产(465kg);大豆平均亩产82.6kg,实现"玉米基本不减、多收一季豆"的目标。其中高产地块玉米亩产达520kg,大豆亩产突破100kg,远超区域平均水平。与周边地区相比,凉城县的复合种植模式在保证玉米产量的同时,大豆产量高出乌兰察布市平均水平15%以上。

收益增加:按2024年当地农产品市场价格计算,玉米2.8元/kg,大豆5.6元/kg,复合种植亩产值为 $470.3 \times 2.8 + 82.6 \times 5.6 \approx 1316.8 + 462.6 = 1779.4$ 元;传统净作玉米亩产值为 $465 \times 2.8 = 1302$ 元,复合种植亩均增收477.4元。此外,凉城县对集中连片100亩以上的复合种植地块给予每亩432元

的补贴,进一步提升了种植户收益,规模种植户亩均综合收益可达2200元以上。

成本节约:通过采用机械化一体化作业,减少人工投入,每亩节省人工成本80-100元;大豆固氮作用减少化肥施用量,每亩节省化肥成本30-50元;病虫害绿色防控技术降低农药使用量,每亩节省农药成本20-30元,综合成本较传统种植降低130-180元/亩。

3.2 生态效益

土壤肥力改善:大豆根瘤固氮作用显著,每亩大豆根瘤固氮量增加9.24%,有效补充土壤氮素,减少化肥依赖;秸秆还田使土壤有机质含量提升19.8%,改善土壤团粒结构,提高土壤保水保肥能力,缓解凉城县土壤沙化趋势。长期定位监测显示,连续两年实施复合种植的地块,土壤容重降低0.08g/cm³,孔隙度提高3.2个百分点。

资源利用效率提高:立体种植模式充分利用光、热、水、肥资源,提高单位土地产出率,在不增加耕地面积的前提下增加了农产品供给。同时,玉米高秆与大豆矮秆搭配,减少地表裸露,降低水土流失风险,契合半干旱地区生态保护需求。与净作玉米相比,复合种植模式的水分利用效率提高12.5%,光能利用率提高9.8%。

环境友好效应:化肥施用量减少15%以上,农药施用量降低25%,温室气体排放减少17.5%,固碳量增加12.8%,有效减轻农业面源污染,提升农业生态系统稳定性,实现“低碳高效”的种植目标。

3.3 社会效益

保障粮食安全:复合种植模式在稳定玉米产量的同时,增加大豆供给,两年内凉城县复合种植面积达3200亩,年新增大豆供给约26.4吨,为区域粮油安全提供了重要支撑。与单作相比,复合种植模式的土地当量比达1.25,显著提高了土地利用效率。

促进就业增收:通过“合作社+农户”模式推广,带动120余户农户参与复合种植,其中包括30户脱贫户,种植户每亩增收400元以上,同时田间管理、机械化作业等环节提供季节性就业岗位,实现“家门口就业”。合作社还通过统一采购、统一销售,降低了生产资料成本和市场风险。

推动技术进步:在推广过程中,县农科局组建技术专班,开展技术培训20余场次,培训农户1500余人次,编印技术手册1000余册,提升了当地农民科学种植水平,为农业现代化发展奠定技术基础。同时,通过示范带动,周边县区也开始引进该种植模式,形成了区域辐射效应。

4 存在的问题与优化建议

4.1 主要问题

技术适配性仍需提升:部分小规模种植户对带状配置、密度调控等关键技术掌握不熟练,存在株行距不均、化控时

机不当等问题,影响产量潜力发挥。

农机配套有待完善:现有部分收获机械适配性不足,小规模地块机械化作业效率偏低,籽粒损失率略高于规模种植地块。

市场衔接不够紧密:大豆产后加工环节薄弱,以出售原粮为主,附加值较低,影响种植户长期收益。同时,大豆收购标准不统一,优质优价机制不健全,降低了种植户选用优质品种的积极性。

4.2 优化建议

强化技术精准指导:建立“专家+农技人员+种植大户”的技术服务体系,开展一对一田间指导,重点针对关键技术环节进行实操培训,提高技术到位率。

完善农机装备配套:争取政策支持,引进适配小规模地块的小型化、灵活化复合种植机械,降低作业损失率;对现有农机进行改造升级,提升机械适配性。

延伸产业链条:扶持大豆初加工企业,发展大豆榨油、饲料加工等产业,提高农产品附加值;搭建“订单农业”平台,引导合作社与加工企业签订收购协议,保障种植户收益稳定。

加大政策支持力度:扩大补贴覆盖范围,对小规模种植户给予适当补贴;设立技术创新专项资金,鼓励开展本土化技术研发,进一步优化种植模式。

5 结语

玉米大豆带状复合种植技术在凉城县的实践表明,该模式通过品种适配、带状配置、精准管理等技术创新,实现了“稳粮增豆、一田双收”的目标,兼具显著的经济、生态和社会效益。在半干旱的凉城县,该模式不仅解决了传统种植中玉米大豆争地的矛盾,还改善了土壤质量,降低了农业面源污染,为干旱半干旱地区农业绿色可持续发展提供了可行路径。凉城县应持续深化“政府引导+政策补贴+专家指导+主体实施”的推广机制,不断优化本土化技术模式,扩大种植规模,让玉米大豆带状复合种植成为保障粮食安全、促进农民增收、推动乡村振兴的重要支撑,为内蒙古乃至全国同类地区提供可复制、可推广的种植经验。

参考文献

- [1] 全国农业技术推广服务中心. 大豆玉米带状复合种植技术指导意见[Z]. 2020.
- [2] 央视网. 特别策划 | 大豆玉米带状复合种植:从田间实证到战略布局[EB/OL]. 2025-07-15.
- [3] 内蒙古新闻网. 临河区:大豆玉米“手牵手”增收致富双丰收[EB/OL]. 2024-12-25.
- [4] 四川经济网. 旺苍:玉米大豆“组团”助农“一地双收”[EB/OL]. 2025-03-28.
- [5] 屏山县人民政府. 清平彝族乡:玉米套种大豆 土地增产农民增收[EB/OL]. 2025-10-29.

Physiological mechanism and cultivation technology of wheat drought resistance

Pingkun Tian

Puyang County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Puyang, Henan, 457100, China

Abstract

Wheat drought tolerance is a key factor influencing its productivity, especially in arid and semi-arid regions, where its drought resistance physiological mechanisms and cultivation techniques play an important role in improving yield and quality. Wheat drought tolerance is closely related to its physiological response under water stress, which is mainly reflected in aspects such as water absorption, root growth, and leaf transpiration. Through genetic breeding and molecular biology techniques, the development of drought-resistant varieties has become an effective approach to enhancing wheat drought tolerance. The comprehensive use of physiological, genetic, and cultivation technologies can improve wheat's drought tolerance to a certain extent, providing a safeguard for global food security.

Keywords

wheat; drought resistance physiological mechanisms; cultivation techniques; drought-resistant genes; water management

小麦抗旱生理机制及栽培技术研究

田平坤

濮阳县农业农村局, 中国 · 河南 濮阳 457100

摘要

小麦抗旱性是影响其生产力的重要因子,尤其在干旱和半干旱地区,其抗旱生理机制和栽培技术对提高产量和质量具有重要作用。小麦抗旱性与水分胁迫下的生理响应密切相关,主要表现在水分吸收、根系生长、叶片蒸腾等方面。通过遗传育种和分子生物学技术,选育抗旱品种成为提升小麦抗旱能力的有效途径。综合运用生理、遗传和栽培技术,能够在一定程度上提高小麦的抗旱能力,为全球粮食安全提供保障。

关键词

小麦; 抗旱生理机制; 栽培技术; 抗旱基因; 水分管理

1 引言

小麦是全球最重要的粮食作物之一,其抗旱性直接关系到全球粮食生产和安全。随着全球气候变化的加剧,干旱事件的发生频率逐渐增加,造成了大量农业减产。特别是对于小麦这种水分敏感型作物来说,水分不足将直接影响其生长发育,进而影响产量。近年来,抗旱生理机制的研究取得了显著进展,揭示了小麦在遭遇干旱胁迫时,通过调整根系吸水、调节气孔导度等方式来抵御水分缺乏。与此同时,栽培技术的创新也在提升小麦抗旱性的方面发挥着重要作用。例如,合理的灌溉方式、适时的播种和精细化的土壤管理都为小麦抗旱提供了技术支撑。未来,结合分子育种、精准农业和智能气候监控系统,将可能进一步推动小麦抗旱能力的提升,实现可持续的农业生产。

【作者简介】田平坤(1974—),男,本科,高级农艺师,从事农业在种植业中重点推广测土配方施肥技术研究。

2 小麦抗旱生理机制概述

2.1 抗旱的遗传基础

小麦的抗旱性是由多个基因控制的复杂性状,其中涉及的基因包括那些影响水分利用效率、根系生长以及叶片气孔调节等功能的基因。这些基因的表达通常受到环境因素的调控,尤其是在干旱胁迫下,某些基因能够通过调节植物的水分吸收、保水能力和抗逆性等方面来增强小麦的抗旱能力。研究发现,小麦品种的抗旱性不仅与其基因组中的特定基因有关,还与基因的互作效应和表观遗传调控密切相关。通过现代分子标记技术,可以筛选出与抗旱性密切相关的基因,为抗旱育种提供理论依据和实践指导。此外,小麦的抗旱性常常是多基因作用的结果,因此,基因的选择性培育和遗传改良是提高抗旱性的重要途径。

2.2 水分胁迫对小麦生长的影响

水分胁迫会显著影响小麦的生长和发育,尤其在不同生长阶段对水分的需求不同,缺水会导致小麦的生理功能失

衡。干旱条件下,小麦的根系生长受到限制,水分吸收能力下降,叶片气孔关闭减少水分蒸发,进而影响光合作用效率。在生殖生长阶段,缺水还会影响小麦的灌浆过程,降低籽粒的产量和质量。水分胁迫还会引起氧化应激反应,产生过量的活性氧自由基,进而破坏细胞膜结构和生物分子,导致植物组织的损伤。长期的水分缺乏会加剧这一过程,使小麦的生长速率显著减缓,甚至出现死亡。因此,水分胁迫不仅对小麦的生长过程产生直接影响,还可能引发一系列生理反应,影响其抗旱性和最终的产量。

3 小麦抗旱相关基因的研究进展

3.1 抗旱基因的筛选与定位

近年来,随着分子标记技术的发展,抗旱基因的筛选和定位已经成为小麦抗旱研究的重要方向。通过全基因组关联分析(GWAS)、QTL定位等技术,科学家已经成功定位了一些与抗旱性相关的基因。这些基因主要涉及水分利用、气孔调节、渗透调节等方面。通过筛选抗旱小麦品种和高产抗旱品种,研究人员能够在基因组中找到与抗旱相关的候选基因。此外,转基因技术和基因编辑技术的应用进一步加速了抗旱基因的筛选进程。这些基因的筛选与定位为小麦的抗旱育种提供了重要的分子标记,可以用来指导品种改良和优化栽培技术。

3.2 抗旱基因在不同小麦品种中的表达

抗旱基因的表达模式在不同小麦品种中存在差异。通过对不同抗旱小麦品种的基因组分析,研究发现某些品种具有较强的抗旱基因表达,这与其优异的抗旱性能密切相关。抗旱基因在不同环境条件下的调控作用也有所不同。在干旱条件下,一些基因的表达量显著提高,帮助小麦应对水分胁迫;而在正常生长环境下,这些基因的表达较为低下。此外,抗旱基因在不同生长阶段的表达差异也影响着小麦的抗旱能力。通过深入分析不同小麦品种抗旱基因的表达特征,科学家可以更加精准地选择抗旱优良基因,为抗旱品种的选育提供数据支持。

3.3 基因编辑技术在小麦抗旱育种中的应用

基因编辑技术,特别是CRISPR/Cas9技术,在小麦抗旱育种中展现出了广阔的应用前景。通过精确编辑小麦基因组中的特定基因,研究人员能够调控与抗旱相关的基因表达,进而增强小麦的抗旱性。例如,通过编辑小麦中的水分利用基因或渗透调节基因,可以提高小麦在干旱环境下的水分保持能力和抗逆性。此外,基因编辑技术还能够通过改变小麦的根系生长特性,提高其在干旱条件下的水分吸收能力。基因编辑技术的应用使得小麦抗旱育种不再依赖传统的杂交育种方法,而是可以更加精准和高效地培育出抗旱性能优良的新品种,为应对全球气候变化带来的干旱挑战提供了技术保障。

4 小麦抗旱栽培技术

4.1 土壤水分管理与灌溉技术

土壤水分管理和灌溉技术是影响小麦抗旱表现的重要因素,科学的管理能够提高水分利用效率,减少水分浪费。在干旱条件下,土壤水分的合理保持能够保证作物的正常生长。例如,在黄淮海地区,土壤水分管理采用土壤水分传感器与气象数据结合,自动调节灌溉系统,在干旱期减少水分蒸发,提升作物水分利用率。试验数据表明,灌溉后小麦单位水分消耗量下降了17.8%,且每次灌溉的用水量减少20%。此外,通过合理调整播种深度,能够提高土壤水分的有效利用,增加根系的吸水能力。土壤覆盖技术的应用,使得蒸发量减少约 $13\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$,从而提高了土壤水分的保持率。此外,利用智能化灌溉系统,可根据作物的需水量与天气预报自动调节灌溉时间与量,显著提升水分使用效率。在极端干旱条件下,喷灌系统与滴灌技术的结合被证明能提高灌溉均匀性,进一步优化水资源配置,减少不必要的水分流失。

4.2 抗旱品种的选育与推广

抗旱品种的选育是提升小麦抗旱能力的关键之一。在不同的地理环境和气候条件下,选择合适的抗旱品种能够有效保证小麦的稳定产量。近年来,抗旱品种的选育依托基因组学技术,结合传统育种手段,在水分胁迫条件下,某些小麦品种表现出了较强的抗旱性。这些品种根系发育较深,能够更有效地吸收土壤深层水分。以某抗旱小麦品种为例,该品种在缺水条件下,叶片气孔导度下降幅度低于20%,根系深度可达40 cm以上,在干旱期的生长速度较传统品种快28%。此类品种的推广在河北、河南、山西等干旱区取得了显著成效,推广后亩产量由传统品种的450公斤提高至520公斤,增幅接近15%。同时,抗旱品种的推广不仅能提高小麦的耐旱性,还能在早年中保持较高的产量稳定性。此外,良种的应用还应结合土壤类型、气候条件等因素进行区域化推广,以确保其在不同地区的适应性和抗旱表现,进一步提高农业生产的可持续性和经济效益。

4.3 农业气候适应性栽培技术

随着气候变化的加剧,农业气候适应性栽培技术成为提高小麦抗旱能力的重要策略之一。在气候变化日益严峻的今天,合理调整小麦栽培制度,选择适应性更强的栽培技术能够有效应对极端天气带来的不利影响。通过气候适应性栽培技术,可以在播种、灌溉、施肥等环节根据气候变化调整作物的生长环境。例如,通过调整播种期和种植密度来最大限度地减少旱季干旱对小麦生长的不良影响。研究表明,将小麦的播种期从传统的10月中下旬提前至9月下旬,可有效避开秋冬季节的严重干旱期,减少气候波动对作物的负面影响。此外,合理的种植密度安排可以减少作物间水分竞争,

促进根系生长,提高土壤水分的有效利用,防止由于高密度种植造成的干旱加剧。在气候适应性栽培技术的推广下,实验区小麦的抗旱能力得到了显著提升,水分利用率提高了22%,在干旱年减少了24%的产量损失。气候适应性栽培技术不仅优化了小麦的生长环境,还为应对气候变化提供了实际的技术支持。

5 小麦抗旱栽培技术的实际应用与优化

5.1 抗旱技术的区域化应用

抗旱栽培技术的区域化应用是提升小麦抗旱能力的重要举措之一。在干旱地区,根据不同的气候条件、土壤类型及水资源状况,采取灵活的抗旱技术措施能够最大限度地提高作物的抗旱表现。例如,在华北干旱区,采用了不同的灌溉技术与作物管理措施。研究发现,在水资源较为紧张的地区,滴灌技术与覆膜技术结合使用后,小麦的水分消耗降低约18%,同时单位水分产量提高了25%。在新疆的部分地区,推广水肥一体化技术,使得水分和养分的结合管理能在有限水资源条件下提高产量并减少水分浪费。此外,实施小麦生长调控技术如调节播种期、优化种植密度及土壤改良措施后,旱作小麦的产量普遍提高了15%。区域化应用的推广可以因地制宜地优化栽培技术,显著提升抗旱性能,并在不同区域中实现生产效益的最大化。

5.2 现代农业技术在抗旱栽培中的融合

现代农业技术的融合使用能够显著提升小麦的抗旱栽培效率。通过将遥感技术、无人机技术、土壤水分传感器与智能化灌溉系统相结合,能够在旱情较为严重的时期快速响应,并根据作物的需水情况实时调节灌溉量。遥感技术可以提供全程监控,及时发现水分缺乏区域,精准定位灌溉需求,极大地减少灌溉用水量,提升水分利用效率。在实践中,利用土壤水分传感器实时监测0-40cm层土壤的水分变化,结合气象预报自动调节灌溉时间和量,灌溉效率提升约28%。此外,通过无人机精确监测小麦生长状况,能够实时获取叶片水分含量与气孔导度等数据,进而指导精准灌溉和施肥。试验表明,这些技术的综合应用使得抗旱小麦的水分利用率提高了20%,在干旱环境下的稳定性得到了显著增强。现代农业技术的融合提升了抗旱栽培技术的精确度和效率,为解决传统农业中水资源浪费和低效灌溉问题提供了新的解决方案。

5.3 小麦抗旱栽培技术的可持续发展路径

小麦抗旱栽培技术的可持续发展路径要求从长远角度出发,考虑生态环境的影响和资源的合理使用。在长期的生产实践中,抗旱栽培技术需要结合水土保持、生态农业与现代科技的应用来实现可持续目标。通过优化水资源管理,如推行节水灌溉系统、雨水收集和利用技术,使得水资源得到充分利用并最大程度减少浪费。研究表明,在实行滴灌和微喷灌溉系统后,小麦的抗旱性得到了提高,水资源利用效率提升了30%。同时,推动轮作与间作种植模式,减少单一作物种植对土壤水分的过度消耗,保持土壤的水分和养分平衡。此外,抗旱栽培技术应与气候变化的应对措施相结合,提前采取气候监测预警系统,以应对极端干旱天气。综合这些因素,能够实现小麦抗旱栽培技术的绿色发展,促进生态、经济和社会效益的全面提升。

6 结语

通过对小麦抗旱生理机制与栽培技术的研究,能够更好地理解水分胁迫对小麦生长发育的影响,并为抗旱栽培技术的应用提供了科学依据。土壤水分管理、抗旱品种的选育与农业气候适应性栽培技术的结合,为提高小麦在干旱条件下的产量和稳定性提供了有效的技术支撑。现代农业技术的引入,如精准灌溉、遥感监测和智能化农业管理,不仅提高了水资源的利用效率,也为抗旱栽培的可持续发展开辟了新的路径。随着全球气候变化的加剧,抗旱技术的区域化应用与优化将更加关键,必须根据不同地区的实际情况灵活调整栽培措施。未来,通过技术创新和综合应用,必能实现小麦抗旱栽培的高效、可持续发展,保障粮食安全,并为应对全球气候变化提供技术支持。

参考文献

- [1] 王宪存,王善凯,李舒宁. 山东地区小麦抗旱节水栽培技术理论基础与具体应用研究[J].种子世界,2025,(03):18-20.
- [2] 赵严,吕维娜,于新峰,杨莉,张学品,李影,丁志强,温红霞,段国辉,高海涛,吴少辉. 抗旱高产广适小麦新品种洛旱28的选育及高产栽培技术[J].农业科技通讯,2024,(10):188-190+193.
- [3] 付蔚雯,王亚珂,白丽丽,王彩凤,李天移,刘灵芝. 抗旱高产小麦新品种偃毫505的选育及栽培技术要点[J].农业科技通讯,2024,(06):177-179.
- [4] 于鑫淼.小麦品种西农119的粮草兼用和抗旱节水特性及栽培技术研究[D]. 导师: 奚亚军;王志成. 西北农林科技大学, 2024.

Current Status and Development Recommendations for the Breeding and Farming Recycling Industry in Qushi Town, Tengchong City

Ze Liang Mingjuan Zhang

Qushi Town Comprehensive Support and Technical Service Center Tengchong City, Baoshan, Yunnan, 679105, China

Abstract

The crop-livestock recycling system is a key approach for Qushi Town to achieve green agricultural transformation and rural revitalization. By establishing a certain scale of crop and livestock farming—for example, a circular agriculture model in which crop production (such as grains and cash crops) coexists with livestock farming (such as pigs, poultry, cattle, and sheep)—high-quality development can be achieved through upgrades, technological enhancement, and industry chain extension. This system helps reduce non-point source pollution from livestock and poultry farming, continuously increase the utilization of livestock and poultry waste as resources, vigorously promote the replacement of chemical fertilizers with organic fertilizers, and foster the healthy development of animal husbandry in Qushi Town. Based on Qushi Town's resource endowment and policy support, this paper outlines the practice of the 'tobacco cultivation–livestock farming–organic fertilizer return to fields' crop-livestock recycling model, analyzes the current achievements and existing shortcomings, and proposes targeted development recommendations.

Keywords

Tengchong City; Qushi Town; crop-livestock recycling; green agriculture; industry chain; rural revitalization

腾冲市曲石镇种养循环产业现状及发展建议

梁泽 张铭娟

腾冲市曲石镇综合保障和技术服务中心，中国·云南保山 679105

摘要

种养循环是曲石镇实现农业绿色转型与乡村振兴的核心抓手，形成一定的种养规模，例如种植业（如粮食、经济作物）与养殖业（如生猪、家禽、牛羊）并存的循环农业模式，通过升级、技术强化、产业链延伸实现高质量发展，从而为减少畜禽养殖面源污染，不断加大畜禽养殖废弃物资源化利用，大力推进有机肥替代行动，促进曲石镇畜牧业的健康发展，立足曲石镇资源禀赋与政策支持，梳理“烤烟+养殖+有机肥还田”种养循环模式实践，分析当前取得的成效与现存短板，提出针对性发展建议。

关键词

腾冲市；曲石镇；种养循环；绿色农业；产业链；乡村振兴

1 近年来种养循环发展现状及地理区位优势

自然条件、耕地、气候资源，曲石镇位于腾冲东北部，东靠高黎贡山国家级自然保护区，南与芒棒和北海乡相接，西连马站、固东镇相邻，北与界头镇相邻。龙川江从北向南贯穿全镇，与西沙河在双河、曲石、干乍三个社区交汇。地形以水田、山地、丘陵为主。东西宽 23.8 公里，南北长 19.8 公里，全镇总面积 385 平方公里。多为山地，且崎岖不平，乡内森林覆盖率 73%，森林覆盖率虽高，但可用耕地较少，耕地面积为 133476 亩。在全镇种养结合模式不仅提高了农

业综合生产能力，还改善了全镇农业生态环境，使畜禽粪污资源化利用效率得到提升。通过这种模式，可以实现农业资源的高效利用和农业生态环境的保护，推动农业的绿色发展和可持续发展^[2]。

1.1 全镇近两年来畜禽养殖和粪污利用资源状况

曲石镇生猪存栏情况分析：2024 年生猪存栏 46000 头；2025 年生猪存栏 39170 头。其中近两年生猪存栏 50 头以上规模户共计 200 余户，共计存栏生猪 26000 余头，占全镇生猪存栏总数的 56%；生猪散养户基本保持在 4800 余户，存栏生猪 20000 余头，占全乡生猪存栏的 46%。家禽存栏 24 万只，肉牛 5600 头。近两年全镇畜禽粪污资源化综合利用率都达到 93% 以上，已建成 20 个规模养殖场粪污处理设施“填平补齐”升级改造，规模养殖场粪污处理设施设备配套率

【作者简介】梁泽（1983—），中国云南腾冲人，本科，中级，从事畜牧兽医研究。

90%，规模养殖粪污综合利用率 95% 以上。

1.2 近年来全镇农作物种植情况及饲料利用现状

2024 年粮食种植面积 11.81 万亩，其中水稻种植 47600 亩，玉米种植 33500 亩，麦类种植 22000 亩，薯类种植 10000 亩，豆类种植 5000 亩。经济作物种植耕地面积 11.2 万亩，其中：烤烟种植 20000 亩，油菜种植 40000 亩，中药材种植 30000 亩，水果 2000 亩，蔬菜 20000 亩。全镇结合农业生产实际，采取农作物秸秆饲料化、肥料化、原料化、基料化的方式，建立秸秆综合利用长效机制，2024 年曲石镇玉米、水稻等农作物秸秆年产生 127375.57 吨，其中产生的秸秆 39851.32 吨用于饲料；2025 年曲石镇玉米、水稻等农作物秸秆年产生 127572.46 吨，其中产生的秸秆 39843.44 吨用于饲料。

2 全镇在种养循环方面采取的主要措施

近年来，曲石镇不断加大畜禽养殖废弃物资源化利用技术的推广力度，大力推进有机肥替代行动

目前全镇初步集成类型多样的有机肥替代化肥技术模式，包括“有机肥+配方肥”模式、“果（菜）—沼—畜”模式、“有机肥+水肥一体化”模式等。通过粪肥腐熟堆、粪水沼气利用等无害化处理方式还田，增加土壤肥力，有效提高土壤有机质含量，改善土壤理化性状，减少化肥使用量，粪肥还田效果明显，群众满意度较高。例如：2021 年在曲石箐桥、佑土、大坝、江苴、双河、红木、曲石为主 7 村（社区）个试点实施完成 15000 亩绿色种养循环农业试点项目工作任务^[3]。

表 1 腾冲市曲石镇绿色种养循环农业试点布局规模表

序号	村（社区）	种养规模					服务主体数量 / 个
		现有主要农作物种植规模 / 亩			2024 生猪养殖规模（头）	2024 规划粪肥还田面积（亩）	
		粮食（水稻、玉米）	水果、蔬菜	合计			
1	箐桥	3000	300	3300	2800	2400	1
2	佑土	2700	300	3000	2000	1600	
3	大坝	6000	1500	7500	5000	4000	
4	江直	4600	1000	5600	4000	3200	
5	双河	3300	800	4100	3000	2000	
6	红木	2600	800	3400	2000	1000	
7	曲石	3500	1500	5000	2500	800	
合计		27200	6200	334000	21300	15000	

2.1 规模养殖场粪污处理设施配套及运行趋于规范

目前，曲石镇已完成 20 个生猪、肉牛规模养殖场粪污处理设施“填平补齐”升级改造，污水泵送系统 2 套、喷灌系统 2 套、固液分离机 5 套、清粪设备 1 套 / 辆；规模养殖场都达到雨污分离，有污水收集池和储粪场，规模养殖粪污综合利用率 95%。

2.2 打造畜禽粪肥社会化利用体系

推进绿色种养循环农业发展，确保可操作性，积极培育提供粪污处理及粪肥还田的社会化服务主体。例如：2024 年成立了完善的粪污处理设施设备、技术及粪肥还田的社会化（专业化）合作社腾冲市江苴古镇文旅农业专业合作社（旗下的有机肥处理场）^[4]，2024 年完成粪污有机肥加工 2000 多吨。

2.3 建立效果调查和监测机制。

镇级制定粪污处理及粪肥还田调查和监测方案，对粪污处理及粪肥还田的社会化服务主体处理后的粪肥按照《有机肥料》（NY525—2021）要求进行检测标准，检测合格，粪肥才可还田，杜绝不合格粪肥还田。建立耕地粪肥还田前后肥力监测台账、农作物效果台账，为粪肥还田提供准确及时数据，更好地服务粪污处理及粪肥还田方案。

2.4 创新科学的粪污处理模式。

在全镇推广可复制能推广的目标，突出“源头治理、过程控制、末端利用”三条路径，结合实际，不断创新科学的粪污处理模式。一是订单模式。引导和鼓励有机肥生产或粪污处理单位通过签订订单式协议；二是粪水肥料化或二次利用模式。引导和鼓励有机肥生产或粪污处理单位、密集种养区将畜禽粪污经干湿分离、全量收集等处理后，干粪通过堆积发酵处理后还田利用。

3 全镇在种养循环工作方面存在的问题

3.1 种养匹配失衡，循环衔接不紧密

全镇虽已构建“烤烟种植—青储饲料—肉牛养殖—农家肥还田”等循环模式，但整体仍存在种养规模与布局不匹配的问题。部分规模化养殖场集中区域，周边配套耕地消纳面积不足，难以完全承接粪污资源化利用需求，导致粪污处理压力集中。同时，种植的季节性与养殖的连续性存在矛盾，非施肥季节粪污易堆积，而雨季等特殊时段又难以及时将沼液、有机肥还田，影响循环效率。此外，种养主体呈现分离态势，种植户与养殖户缺乏稳定的协同机制，部分中小养殖户未纳入有机肥加工回收体系，仍存粪污简单处理的现象。

3.2 设施与技术短板, 资源化效率不足

基础设施建设存在短板, 中小型养殖户受资金和用地限制, 粪污储存、预处理设施简陋, 难以满足无害化处理的基础条件。虽有江苴村有机肥加工厂等标杆项目, 但全镇范围内资源化设施覆盖率不足, 部分区域缺乏专业加工站点, 导致有机废弃物收集半径有限、运输成本偏高。技术层面, 有机肥生产仍以传统发酵工艺为主, 部分产品存在腐熟不充分、养分不均衡等问题, 与优质有机肥标准存在差距; 针对不同作物的有机肥配方研发不足, 难以精准匹配烤烟、油菜、工业辣椒等特色作物的养分需求。

3.3 主体积极性不足, 长效机制待完善

种养循环模式的参与主体积极性有待提升, 部分农户仍依赖化肥种植, 对有机肥的改良土壤、提升农产品品质等优势认知不足, 导致有机肥推广应用存在阻力。中小养殖户参与循环的意愿不强, 一方面因有机肥回收价格波动、结算周期长等问题, 收益预期不明确; 另一方面缺乏专业技术指导, 粪污处理不当易造成作物损伤, 影响参与热情。此外, 长效机制建设尚未完善, 缺乏统筹种养产业的协调机制, 种植与养殖相关管理部门衔接不畅, 在政策扶持、技术推广、市场对接等方面难以形成合力。

3.4 产业融合不深, 抗风险能力较弱

种养循环与其他产业的融合程度不足, 虽有文旅与烤烟产业结合的尝试, 但循环农业本身的产业链延伸有限, 产品附加值偏低, 主要以初级有机肥销售为主。产业发展受市场波动影响较大, 有机肥价格受化肥市场冲击明显, 养殖产品与种植产品的市场对接渠道单一, 抗风险能力较弱。此外, 循环模式的标准化程度不高, 从有机废弃物收集、加工到还田利用的全流程缺乏统一标准, 部分环节操作不规范, 影响农产品品质稳定性。同时, 专业人才短缺, 既懂种养技术又熟悉循环经济运作的复合型人才不足, 导致先进技术推广、产业运营管理等方面存在短板, 制约了种养循环产业的规模化、高质量发展。

4 对未来全镇发展种养循环的发展建议

4.1 优化种养布局, 强化循环衔接匹配

以“以地定养、种养平衡”为原则, 结合《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》要求^[1], 科学划定养殖区域与消纳耕地范围, 根据全镇耕地消纳能力合理调控养殖规模, 推动规模化养殖场向耕地集中区布局, 实现粪污就近就地消纳。针对种植季节性 with 养殖连续性矛盾, 推广“畜—沼—烟”等复合种养模式, 充分利用冬闲田、低洼田拓展消纳空间, 通过轮作休耕、错峰施肥等方式提升粪污还田效率。建立种养主体协同机制, 由村集体或合作社牵头, 搭建种植户与养殖户的对接平台, 明确粪污供应、有机肥配送、秸秆回收等

合作细则, 将中小养殖户全面纳入循环体系, 实现秸秆饲料化利用与粪污资源化利用全覆盖。

4.2 补齐设施技术短板, 提升资源化利用水平

加大基础设施投入, 争取专项项目支持, 在养殖集中区和耕地连片区域新建标准化粪污收储中心、有机肥加工站点, 为中小养殖户提供粪污预处理、储存等公益性服务, 降低运输成本。升级现有有机肥加工设施, 引入生物发酵、配方优化等先进技术, 解决产品腐熟不充分、养分不均衡问题, 针对烤烟、工业辣椒等特色作物研发专用有机肥, 确保符合 NY/T 525-2021 标准。建立气候适应性技术方案, 提升特殊季节粪污处理稳定性。

4.3 健全激励机制, 激发主体参与热情

完善政策扶持体系, 设立种养循环专项财政资金, 对有机肥生产企业给予税收优惠, 对使用有机肥的种植户、配套粪污处理设施的养殖户提供补贴或贷款贴息。创新利益联结模式, 推行“合作社+企业+农户”机制, 明确有机肥回收定价与结算标准, 保障养殖户收益; 加强宣传引导, 通过田间示范、效益对比等方式, 直观展示有机肥改良土壤、提升农产品品质的优势, 转变农户依赖化肥的传统观念; 搭建技术交流平台, 分享成功案例, 打消中小养殖户的参与顾虑。

4.4 深化产业融合, 增强抗风险能力

延伸产业链条, 推动种养循环与农产品加工、乡村旅游融合发展, 鼓励企业开发有机农产品、生物有机肥深加工产品, 打造“曲石有机”区域公用品牌, 提升产品附加值。

4.5 加强统筹保障, 夯实发展基础

建立跨部门协调机制, 整合农业、环保、财政等部门资源, 在规划编制、政策落实、技术推广等方面形成合力, 破解种养分离管理难题。加强人才队伍建设, 培育本地技术骨干和新型经营主体。完善监管监测体系, 建立有机肥质量追溯平台, 对生产、销售、使用环节进行全程监管; 定期开展土壤质量、粪污处理效果监测, 及时调整优化发展方案, 推动种养循环产业可持续发展。

参考文献

- [1] 《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》是由全国畜牧总站、中国饲料工业协会、国家畜禽养殖废弃物资源化利用科技创新联盟组织编著的农业科技指导用书, 2017年11月由中国农业出版社出版;
- [2] 《云南省人民政府关于加快推进农业绿色发展促进乡村振兴的实施意见》(云政发〔2020〕15号);
- [3] 《保山市“十四五”农业绿色发展专项规划》发布单位: 保山市农业农村局;
- [4] 《曲石镇乡村振兴战略实施方案(2021-2025年)》

Optimization of navigation accuracy and field application effect of intelligent agricultural machinery

Juan Che¹ Zhipeng Cao^{2*} Zhangteng Yan¹

1. Qufu Municipal Finance Bureau, Qufu, Shandong, 273100, China

2. Qufu Municipal Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Qufu, Shandong, 273100, China

Abstract

Against the backdrop of accelerated agricultural modernization and digital transformation, precision agriculture has emerged as a critical pathway to address the fundamental challenges of “who will farm the land and how to farm it effectively.” Intelligent agricultural machinery navigation technology serves as the core enabler of precision farming. Functioning as the “smart brain” of agricultural production, navigation systems empower agricultural machinery with autonomous driving and precision operation capabilities. These systems enable uniform row spacing control, precise fertilizer distribution, and accurate trajectory tracking throughout the entire farming cycle—from sowing and fertilization to harvesting—thereby minimizing seed and fertilizer waste while enhancing operational efficiency and crop yields. This study aims to overcome the accuracy limitations and adaptation challenges of traditional navigation systems in complex field environments. By providing technical support for large-scale, cost-effective implementation of intelligent agricultural machinery navigation technology, the research seeks to elevate China’s precision agriculture capabilities and contribute to food security and high-quality agricultural development.

Keywords

smart agricultural machinery; GNSS/INS fusion; algorithm optimization; precision agriculture

智能农业机械导航精度优化及田间应用效果分析

陈娟¹ 曹志鹏^{2*} 闫章腾¹

1. 曲阜市财政局, 中国·山东 曲阜 273100

2. 曲阜市农业农村局, 中国·山东 曲阜 273100

摘要

在农业现代化与数字化转型加速推进的背景下, 精准农业已成为破解“谁来种地、如何种好地”难题的关键路径, 而智能农业机械导航技术则是实现精准农业的核心载体。作为农业生产的“智慧大脑”, 导航系统赋予农业机械自动驾驶、精准作业能力, 可在播种、施肥、收割等全流程作业中实现行距均匀控制、用量精准分配、轨迹精准跟踪, 最大限度减少种子、肥料浪费, 提升作业效率与作物产量。研究旨在解决传统导航系统在复杂田间环境中的精度瓶颈与适配难题, 为智能农业机械导航技术的规模化、低成本应用提供技术支撑, 推动我国精准农业技术水平提升, 为保障粮食安全、促进农业高质量发展提供有力保障。

关键词

智能农业机械; GNSS/INS融合; 算法优化; 精准农业

1 引言

随着全球农业现代化进程加速, 精准农业已成为解决粮食安全、资源浪费与环境压力问题的关键路径。智能农业机械作为精准农业的核心执行载体, 其导航系统的精度与稳定性直接影响播种、施肥、收割等田间作业的精准度, 决定

农业生产的资源利用效率与经济效益。在我国农业规模化、集约化发展趋势下, 传统依赖人工驾驶的作业模式存在劳动强度大、作业精度低、资源消耗高等弊端, 已难以适应现代农业生产需求。因此, 开展智能农业机械导航精度优化研究, 提升复杂田间环境下的导航可靠性, 具有重要的现实意义。

2 智能农业机械导航系统构成与精度影响因素

2.1 导航系统核心构成

智能农业机械导航系统主要由定位模块、姿态感知模块、控制模块与执行模块四部分组成。定位模块以 GNSS 接收机为核心, 接收 GPS、北斗等卫星信号实现位置定位,

【作者简介】陈娟（1979—），女，中国山东曲阜人，本科，工程师，从事机械工程相关的研究。

【通讯作者】曹志鹏（1980—），男，中国山东曲阜人，本科，农艺师，从事农业机械化相关的研究。

部分高精度系统集成 RTK（实时动态差分）技术提升定位精度；姿态感知模块采用惯性测量单元（IMU），获取机械的姿态角（滚转角、俯仰角、航向角）与运动加速度，辅助定位模块实现连续导航；控制模块基于定位与姿态数据，通过控制算法生成转向、速度控制指令；执行模块包括电动转向系统、自动变速装置等，响应控制指令实现农业机械的自动驾驶作业。

此外，部分先进导航系统还集成机器视觉模块与激光雷达模块。机器视觉模块通过摄像头采集田间图像，识别作物行、田埂等特征信息，辅助修正导航偏差；激光雷达模块用于障碍物检测与距离测量，提升作业安全性。各模块协同工作，确保农业机械在田间作业中精准定位、平稳行驶与高效作业。

2.2 导航精度核心影响因素

2.2.1 卫星导航信号干扰

田间环境中，树木、作物、建筑物等遮挡物会导致 GNSS 信号衰减或中断，引发定位误差；多路径效应（信号经地面、作物表面反射后被接收机接收）会导致定位结果偏离真实位置，在作物生长旺盛期，多路径误差可达到 5-10cm，严重影响导航精度。某玉米田作业实验中，玉米株高超过 1.5m 时，GNSS 单点定位误差从无遮挡时的 $\pm 3\text{cm}$ 增至 $\pm 8\text{cm}$ 。

2.2.2 惯性导航系统漂移

惯性测量单元（IMU）在长时间工作中易产生累积误差，包括零偏漂移、刻度系数误差等，导致姿态角与位置估算偏差增大。在 GNSS 信号中断时，仅依赖惯性导航系统的情况下，10 分钟内的定位误差可超过 1m，无法满足连续作业需求。

2.2.3 多源数据同步误差

GNSS 与惯性导航等多源传感器的采样频率、时间戳存在差异，数据同步不准确会导致融合结果偏差。例如，GNSS 采样频率为 10Hz，IMU 采样频率为 100Hz，若时间同步误差超过 10ms，会导致位置与姿态数据匹配错误，引入额外导航误差。

2.2.4 机械执行机构延迟

控制指令从生成到执行机构响应存在时间延迟，包括电动转向系统的转向延迟、液压系统的响应延迟等。在高速作业场景下，执行延迟会导致机械转向不及时，引发导航轨迹偏离，例如作业速度为 8km/h 时，100ms 的转向延迟会导致轨迹偏差超过 20cm。

2.2.5 田间环境动态变化

田间土壤湿度、地形坡度等环境因素会影响农业机械的行驶稳定性，进而影响导航精度。在泥泞地块，机械易发生打滑、侧移，导致实际行驶轨迹与规划轨迹偏差增大；丘陵山地的坡度变化会影响 IMU 的姿态测量精度，引入导航误差^[1]。

3 智能农业机械导航精度优化核心技术

针对上述影响因素，从多源数据融合、算法优化、抗干扰设计与田间标定四个维度，构建导航精度优化技术体系，提升复杂田间环境下的导航可靠性与精度。

3.1 多源导航数据融合优化

采用 GNSS+INS+ 机器视觉多源数据融合技术，弥补单一导航方式的不足，实现优势互补。通过设计基于联邦卡尔曼滤波（FKF）的融合算法，将 GNSS 提供的高精度绝对位置信息、IMU 提供的高频姿态与运动信息，以及机器视觉识别的相对位置信息进行融合处理。

在数据预处理阶段，采用时间戳对齐与坐标系统一方法，消除多源数据的同步误差与坐标偏差；在滤波融合阶段，联邦卡尔曼滤波算法将系统分为 GNSS 子系统、INS 子系统与机器视觉子系统，各子系统独立滤波后，通过主滤波器进行信息融合，输出最优位置与姿态估计结果。实验表明，该融合算法相比传统卡尔曼滤波，定位误差降低 40%，在 GNSS 信号中断 120 秒内，定位误差可控制在 $\pm 5\text{cm}$ 以内，显著提升导航连续性与稳定性。

3.2 导航算法优化设计

3.2.1 自适应抗干扰滤波算法

针对田间 GNSS 信号遮挡与多路径干扰问题，设计自适应卡尔曼滤波算法，实时监测 GNSS 信号质量（通过载波噪声比、定位精度因子等指标评估）。当信号质量良好时，增大 GNSS 数据权重；当信号受干扰时，自动降低 GNSS 数据权重，提升惯性导航与机器视觉数据权重，避免干扰信号引入较大误差。某小麦田作业实验中，采用该算法后，多路径干扰导致的定位误差从 $\pm 7\text{cm}$ 降至 $\pm 2\text{cm}$ 。

3.2.2 惯性导航误差补偿算法

针对 IMU 累积误差问题，引入基于扩展卡尔曼滤波（EKF）的误差补偿模型，通过 GNSS 信号对 IMU 的零偏、刻度系数等误差进行实时估计与补偿。同时，结合田间作业轨迹特征，设计分段误差校准策略，每隔 500m 利用 GNSS 定位结果对惯性导航累积误差进行清零校准，有效抑制误差累积。经测试，该补偿算法可使 IMU 的姿态角测量误差降低 50%，长时间作业的定位精度稳定性显著提升。

3.2.3 模型预测控制算法

针对机械执行机构延迟问题，采用模型预测控制（MPC）算法优化控制指令生成逻辑。通过建立农业机械的动力学模型与执行机构延迟模型，预测未来一段时间内的机械运动状态，提前生成控制指令，补偿执行延迟。实验表明，该算法可将执行延迟导致的轨迹偏差从 $\pm 20\text{cm}$ 降至 $\pm 3\text{cm}$ ，显著提升高速作业场景下的导航精度。

3.3 抗干扰硬件与结构设计

3.3.1 多频多模 GNSS 接收机配置

选用支持 GPS、北斗、GLONASS 多系统多频点的 GNSS 接收机，提升卫星信号接收数量与抗遮挡能力。通过

多频点信号融合,减少电离层、对流层延迟对定位精度的影响,在作物遮挡区域的信号捕获能力提升30%。

3.3.2 天线优化布局

将GNSS天线安装于农业机械顶部最高位置,减少作物与机械自身结构的遮挡;采用扼流圈天线设计,抑制多路径信号接收,多路径误差可降低40%-60%。

3.3.3 惯性测量单元减震安装

将IMU安装于机械底盘振动最小的位置,配备专用减震支架,减少机械作业时的振动对IMU测量精度的影响。实验测试表明,减震处理后,IMU的加速度测量误差降低35%,姿态角测量精度显著提升。

3.4 田间动态标定技术

构建“预标定+动态校准”的双重标定体系,提升导航系统与田间作业环境的适配性。预标定阶段,在作业前通过RTK基站建立田间局部高精度坐标系统,对GNSS接收机、IMU等传感器进行静态标定,获取初始误差参数;动态校准阶段,在作业过程中,利用机器视觉识别田间固定地标(如预设的标杆、田埂拐角等),实时修正导航系统的累积误差。

针对不同作物类型与作业场景,设计差异化标定方案:在播种作业中,利用播种行距的均匀性反向校准导航轨迹偏差;在收割作业中,通过作物边缘轮廓识别修正导航位置。某玉米田施肥作业实验中,采用动态标定技术后,导航轨迹偏差从 $\pm 4\text{cm}$ 降至 $\pm 1.5\text{cm}$,施肥均匀性提升显著^[2]。

4 智能农业机械导航精度优化田间应用效果分析

4.1 实验设计与测试指标

实验搭载优化前后的导航系统,分别在平原小麦田、丘陵玉米田、水稻田三种场景开展作业实验。测试指标包括:定位误差采用RTK基站提供的真实位置作为参考,计算导航系统定位结果与真实位置的偏差、轨迹偏差、作业重叠率、作业效率、资源消耗。每种场景下,优化前后各开展3组实验,每组实验作业面积为10亩,取平均值作为最终测试结果。

4.2 小麦播种作业应用效果

小麦播种作业对行距均匀性与播种深度一致性要求较高,导航精度直接影响出苗率与后期田间管理效率。优化前,导航系统采用单一GNSS定位,定位误差为 $\pm 5.2\text{cm}$,轨迹偏差为 $\pm 6.8\text{cm}$,作业重叠率达12.5%,导致部分区域播种过密,种子浪费率为8.3%;作业效率为15.2亩/小时,因轨迹偏差需频繁人工修正,影响作业连续性。

采用优化后的导航系统后,定位误差降至 $\pm 1.8\text{cm}$,轨迹偏差控制在 $\pm 2.3\text{cm}$,作业重叠率降低至4.2%,种子浪费率降至2.1%,显著减少资源消耗;作业效率提升至17.6亩/小时,提升幅度达15.8%。同时,播种行距均匀性提升,后期小麦出苗整齐,为后续施肥、灌溉等作业提供便利,经

测算,优化后的导航系统可使小麦每亩增产约5%^[3]。

4.3 玉米施肥作业应用效果

玉米施肥作业需精准控制施肥量与施肥位置,避免肥料浪费与环境污染。实验所在的丘陵玉米田地地形起伏较大,且玉米生长中期株高较高,对导航系统的抗遮挡能力与姿态测量精度要求较高。优化前,导航系统受作物遮挡与地形影响,定位误差为 $\pm 7.5\text{cm}$,轨迹偏差为 $\pm 8.2\text{cm}$,施肥重叠率达15.3%,肥料浪费率为12.6%;因地形起伏导致的姿态测量误差较大,部分区域施肥深度偏差超过3cm,影响肥料吸收效果。

优化后,采用多源数据融合与自适应抗干扰算法,定位误差降至 $\pm 2.2\text{cm}$,轨迹偏差为 $\pm 2.5\text{cm}$,施肥重叠率降至6.1%,肥料浪费率降至2.4%;通过惯性导航误差补偿与动态标定技术,姿态角测量精度提升,施肥深度偏差控制在 $\pm 1\text{cm}$ 以内,肥料利用率显著提升。作业效率从优化前的14.3亩/小时提升至16.8亩/小时,提升幅度为17.5%,且减少了人工干预频次,降低了操作人员劳动强度。

4.4 水稻收割作业应用效果

水稻收割作业需精准控制收割轨迹,避免漏割与过度碾压作物。水稻田土壤湿度大,易导致机械打滑,且作物冠层密集,对GNSS信号有一定遮挡。优化前,导航系统定位误差为 $\pm 6.8\text{cm}$,轨迹偏差为 $\pm 7.5\text{cm}$,漏割率达3.2%,作物碾压损失率为2.8%;因土壤打滑导致实际轨迹偏离规划轨迹,需人工频繁调整,作业效率为12.5亩/小时。

优化后,采用多频多模GNSS接收机与模型预测控制算法,定位误差降至 $\pm 2.5\text{cm}$,轨迹偏差控制在 $\pm 3.0\text{cm}$,漏割率降至0.8%,作物碾压损失率降至0.9%;通过机械动力学模型优化与执行延迟补偿,有效抑制土壤打滑导致的轨迹偏差,作业效率提升至14.6亩/小时,提升幅度为16.8%。同时,收割轨迹的精准性提升,减少了后续田间清理工作量,降低了作业成本。

4.5 应用效果综合分析

综合三种典型作业场景的实验结果,导航精度优化技术的应用效果显著:定位误差平均从 $\pm 6.5\text{cm}$ 降至 $\pm 2.2\text{cm}$,轨迹偏差平均从 $\pm 7.5\text{cm}$ 降至 $\pm 2.6\text{cm}$,作业重叠率平均降低70%以上,资源浪费率(种子、肥料等)平均从11.2%降至2.2%;作业效率平均提升16.7%,显著提升农业生产效率。此外,优化后的导航系统在复杂田间环境下的稳定性与可靠性显著提升,适应不同作业场景的能力增强,为规模化、精准化农业生产提供了有力支撑^[4]。

5 结语

智能农业机械导航精度受卫星信号干扰、惯性导航漂移、多源数据同步误差等多种因素影响,在复杂田间环境下误差显著增大,通过多源数据融合、导航算法优化、抗干扰硬件设计与田间动态标定等核心技术,可构建科学有效的导

航精度优化体系，显著提升导航系统的定位精度与稳定性。构建的“作业前准备 - 作业中控制 - 作业后评估”标准化应用流程，为导航精度优化技术的规模化应用提供了规范路径，有效解决了传统应用中存在的参数设置不合理、误差补偿不及时等问题，提升了技术应用的规范性与可靠性。

参考文献

- [1] 胡小波,徐阳. 大数据驱动的智能农业机械决策支持系统研究[J].南方农机,2025,56(17):64-66.
- [2] 杨鹏. 智能农业机械大势下农业机械从业人员技能提升路径分析[J].河北农机,2025,(17):73-75.
- [3] 张正君. 农业机械设计与机械制造技术研究[J].农机使用与维修,2025,(09):99-102.
- [4] 马启明. 智能农业机械在精准农业中的应用与挑战研究[J].农机市场,2025,(08):81-83.

Study on the Yield-Increasing Effect of Plant Growth Regulator Brassinolides on Crops

Hao Wang

School of Horticulture, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang, Henan 464000, China

Abstract

Brassinosteroids are a class of steroidal growth hormones discovered relatively late among plant endogenous hormones, known as the sixth major plant hormone. Due to their physiological activity being significantly higher than that of the other five plant hormones, they are classified as novel broad-spectrum plant growth regulators. Featuring simple application methods, low dosage, and remarkable yield-increasing effects, brassinolide represents a practical technical measure with low investment, quick results, and high return on investment. To accelerate its popularization and utilization, thereby better exerting its yield-increasing potential and achieving favorable economic benefits, this paper conducts a comprehensive exploration and analysis on the yield-increasing effect of the plant growth regulator brassinolide, providing a reference for researchers and planting farmers.

Keywords

Brassinosteroid; Yield-increasing effect; Crops; Exploration and analysis

植物生长调节剂油菜素内酯对作物增产效果的探究

王昊

信阳农林学院园艺学院, 中国·河南 信阳 464000

摘 要

油菜素内酯类化合物是植物内源激素中发现较晚的一种甾体类生长激素, 被称为第六大植物激素。由于其生理活性大大超过其它五种植物激素, 属新型广谱植物生长剂, 使用方法简单, 施用数量少, 增产效果显著, 是一项投资少、见效快、回报率高的实用技术措施, 为了加快推广利用以便更好地发挥它的增产作用和获得较好的经济效益, 本文对植物生长调节剂油菜素内酯的增产效果进行了综合性探究分析, 以供农技人员与种植者参考。

关键词

油菜素内酯; 增产效果; 作物; 探究分析

1 引言

油菜素内酯属甾醇类植物激素, 广泛存在于植物的花粉、种子、茎、叶等器官中, 它是继生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯之后的第六类植物激素, 受到国内外普遍重视, 在作物生产应用中取得了较好的经济效益。

2 在粮食作物上的应用效果

小麦、水稻在苗期喷施可显著提高单株分蘖 1.5 ~ 3 个; 小麦开花期用 0.01mg/L 浓度叶面喷施^[1], 可显著提高小麦产量 10% 左右, 还可提高籽粒中焦磷酸化酶、可溶性淀粉合成酶和淀粉分支酶的活性, 调控籽粒灌浆期淀粉积累速率, 改善籽粒品质。开花前喷施, 提高耐寒、抗冷性、

提高授粉率。水稻叶面喷施, 可增产 23.9%, 再生稻增产 15.5%。宫彦龙^[2]等人试验以稻苞分化期喷施增产效果最佳。

玉米用 15g/L 浓度 NBR 进行种子浸种, 提高发芽率 20% ~ 40%; 邹华文等人^[3]用表油菜素内酯浸种, 能显著促进玉米种子 POD 和 SOD 活性; 王庆燕等人^[4]用 BR 处理后显著提高穗位叶绿素含量和光合效率, 增强叶片蔗糖磷酸合酶和蔗糖合酶的活性, 提高叶片活性, 促进籽粒淀粉合成和灌浆速率, 延长灌浆期, 增加粒重和穗粒数; 还显著缩短玉米秃尖长度 28.9% ~ 32.8%, 从而提高产量 15% 以上。

甘薯封行前喷施, 可增产块根 30% 以上、增加生物产量 40% 以上, 提高甘薯叶片叶绿素含量 24.49% ~ 29.12%, 甘薯产量和品质均有提高, 增产率 18.59%。宋冠华等人^[5]测定淀粉含量和紫薯花青素含量分别提高 16.10% 和 7.22%。用油菜素内酯处理后测定紫薯苗叶片的脯氨酸 Pro 含量、超氧化物歧化酶 SOD 和过氧化物酶 POD 活性均得到有效提高, 部分处理达极显著水平。

大豆浸种可有效提高发芽率, 促进根系生长, 殷欣等人^[6]试验, 在花期叶面喷施后, 增产幅度达 25%。适宜农

【作者简介】王昊(1984—), 男, 中国河南新乡人, 博士, 助教, 从事园艺作物品种分子育种与改良, 园艺产品贮藏加工技术, 工厂化育苗技术, 园艺植物生物技术等研究。

度的外源 EBR 能促进镉胁迫下大豆的生长,提高其抗氧化酶活性,减轻膜脂过氧化程度和光合系统的损伤,有利于增强植株耐镉胁迫能力。董守坤等人^[7]试验喷施油菜素内酯后,底荚高度降低 15 ~ 16 cm,差异显著;有效荚数、总荚数、百粒重、实收产量和单株粒重达到最高值且差异极显著,分别增加 11.31%、43.66%、13.58% ~ 13.67%、12.48% ~ 15.95% 和 14.27% ~ 15.77%。

在谷子、苦荞上的效果,郭溶誉^[8]、钟妍婷^[9]等人研究认为,0.1 mg/L 和 0.05mg/L 的 BR 浸种明显提高种子的 POD 和 SOD 活性,增强其抗氧化能力;叶面喷施 0.05mg/L ~ 0.20mg/L 的 BR 可显著提高叶片的 POD 活性和叶绿素含量,降低膜脂化产物,增强谷子、苦荞的抗逆性,提高产量 15% 以上。

在花生应用效果,褚维言^[10]、陈凤玉、刘伟等人报道用 BR 浸种花生,可使花生发芽率提高 62.7%。花针期叶面喷洒 BRs,花生产量提高 11.5%。苗期喷洒处理对幼苗生长发育有促进作用,株高、根长、株鲜重、茎叶鲜重等生长指标均明显高于对照。

在油菜应用效果,昌金桥、马梅、宋冠华等人试验,油菜苗期、抽薹期、薹期、花期、幼荚期喷施 0.01ppm ~ 0.1ppm 油菜素内酯均有增产效果,一般可增产 15% 以上,以苗期喷施增产幅度最大,达到 29.2%。浸种可提高发芽率 20% 左右,促进根系生长,提高植株健壮程度。

3 在蔬菜作物上的应用效果

在芹菜上,陈晨^[11]、王玉琴等人研究表明,用 BR 喷施植株,生理代谢活跃,主根长度增加 10.6% ~ 27.1%;根鲜重、根干重分别增加 22.6% 和 21.2%;芹菜地上部分鲜重、干重分别增加 35.9% 和 23.7%;增产幅度 35.9% ~ 56.6%。

在南瓜、苦瓜上的应用,用 BRS 处理南瓜,疫病减少 15% ~ 29%,赵普庆等人^[12]在苦瓜叶面喷施浓度 0.01mg/L ~ 0.05mg/L,能有效促进雌花形成,且雌花较为集中,生长势较旺,增产 53% ~ 63%。

茄子使用效果,在苗期、花期叶面喷施都明显提高抗逆性、产量、品质,结果率提高 15% 以上,增产幅度 30% ~ 40%。

番茄应用效果,王光正^[13]、窦巧惠^[14]、李蒙^[15]等人研究,在生长期、开花期叶面喷施,能显著提高番茄产量和抗逆性,促使植株健壮,开花结果早,抗晚疫病增强,一般增产 20% ~ 56%。试验表明在自然坐果良好期(5 月至 10 月露地)增产 20% 以上,在自然坐果不良期(11 月至翌年 4 月薄膜温室)增产 56%。催熟番茄方法是绿熟番茄在 0.1% 芸苔素内酯溶液浸泡 15 ~ 20min,处理后果实硬度大,抗病能力强,能有效保存果实新鲜度,增强抗病力,延长保鲜期。

在黄瓜、西瓜应用效果,万正林等人用 BR 喷施黄瓜、西瓜,能促使第一雌花节位下降,花期提早,坐果力明显提高,黄瓜坐果力增加 14.9% ~ 23.4%,可使黄瓜早期产量增加 17.8%;总产量增加 12% ~ 54.6%;用 0.01mg/L、0.05mg/L

和 0.1 mg/L 的表油菜素内酯溶液在西瓜 3 叶期和开花期进行叶面喷施可促进西瓜下胚轴生长,使株高分别增加 2%、14% 和 11.5%,茎粗度增加 12.8%、23.1% 和 13%,根长度增加 0.91%、20.4% 和 23%,并能提高叶绿素含量和光合速率,开花期喷施能增加坐果率和提高产量 20%,西瓜坐果率增加 14% ~ 39.8%,增产 14.4% ~ 39.8%。

在菜豆方面使用效果,用 0.01mg/L ~ 0.04mg/L 的 BR 叶面喷施豇豆、菜豆,一般增产 10% 以上,浸种可提高发芽率 18.3% ~ 25.0%,还可提高蔬菜品质。

在辣椒苗期喷施 BR 溶液后,可增产青椒 6% ~ 7%;累计增产 10% ~ 25%,增产效果极显著。

在萝卜使用效果,幼苗期、旺长期或块根膨大期叶面喷施,能有效提高产量,一般增产幅度为 25%,而且品质提升,固形物含量增高;用 BRS 浸种萝卜种子,可有效提高发芽率,增强抗病能力,增产效果更明显。

在其他蔬菜上的增产效果,用 BR 叶面喷施,可使马铃薯增产 25%;甘蓝增产 20%;蕹菜增产 40% ~ 60%;莴苣增产 30% 以上。用 BR 处理花椰菜后干物质含量、VC 含量、可溶性糖、脂肪含量均有所增加,改善品质,提高产量 20%。

10 在食用菌方面使用效果,沐晨等人试验,不论是在固体平板培养还是在液体震荡培养中 BR 对金针菇等菌丝体生长都有较大影响和促进作用,以 0.01 mg/L 的浓度对菌丝体的生长促进最显著。

4 在果树林木上的应用效果

在桃树上,林竹等人^[16]试验,不同时期喷施不同浓度的油菜素内酯对桃树果实产量品质影响不同,硬核期喷施油菜素内酯效果最佳,提高叶绿素含量、净光合速率、可溶性固形物含量、可溶性糖含量和单果质量,提高座果率、改善品质、调控营养生长、增强抗逆性,一般增产 20% ~ 30%;

蜜柑上应用,可增产 34.77%,而且着色率提高 5.9%。

梨树上应用效果,成花率增加 139% ~ 144%,中短果枝率增加 27.9%,树冠外围新梢长度增加 31%,一般增产 16.7% ~ 32.6%。

在葡萄应用效果,喷施可增产 22.92%;惠竹梅^[17]、秦晨亮^[18]、陆剑飞^[19]等人用 EBR 花期处理后,葡萄果皮中白藜芦醇质量分数分别比对照提高了 38% 和 28%;果皮中的 PAL 活性分别提高了 5.1 和 3.49U · mg⁻¹ · h⁻¹,诱导率分别提高 46.32% 和 20%。

花椒树上,习世宏等人^[20]试验结果,用 NBR 处理可提高苗高、地上部干物质重量、根冠比、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、叶绿素含量等均显著高于对照,有效改善生长状况,促进壮苗的形成。

对茶树的效果,李治鑫等人^[21]研究用外源 EBR 处理后,茶树叶片的净光合速率提高 45.49% ~ 92.34%;最大羧化速率提高 21.68% ~ 33.47%,最大再生速率提高 17.16% ~ 23.86%。

5 在烟草等经济作物上的应用效果

在烟草上的应用,用不同浓度油菜素内酯处理烟草,均有不同程度的增产效果,株高增加11~16厘米、茎秆增粗0.03~0.16厘米,单株叶片数增加1~2片。腰叶长度、宽度增大 $1.09 \times 0.87 \sim 2.05 \times 1.4$ 厘米,顶叶的长、宽也超过对照,增产幅度18%,上中等烟叶率提高34%,烟碱含量提高70%。总糖含量也有显著提高。李健忠等人^[22]测定,中、上部烟叶的叶绿素、类胡萝卜素、总质体色素降解产物含量显著提高。朱广廉等人研究,油菜素内酯可使烟草花粉管生长增加近40%。

在甘蔗上的应用效果,张爱华等人研究,甘蔗在节间伸长期10天内连续喷施2次后,增产增糖效果显著,一般增产11.58%~35.16%。

甘草上的应用,乔晶等人^[23]研究结果,甘草叶面喷施油菜素内酯处理2个月后,其株高、地茎、根长、根粗、根鲜重、根干重分别比对照提高15.09%、6.15%、16.52%、8.46%、21.90%、29.41%;主要化学成分甘草酸、甘草苷、异甘草苷、甘草素、芹糖基甘草苷、芹糖基异甘草苷分别比对照提高20.16%、45.31%、53.56%、27.66%、23.54%、8.46%。外源喷施BR处理后能有效提高栽培甘草的产量和质量。

在草莓上,吴少华等人研究表明,BRs的增产作用尤为显著,叶面喷施后草莓的开花结果期延长,平均结果率提高14.3%,增产率25%~50%,含糖量明显提高,果实内可溶性固形物提高1.5度,香气增浓,品质较佳。耶兴元等人用油菜素内酯处理后可溶性糖含量增加11.2%,Vc含量增加6.21%。另有报道,初花期用0.05~0.2mg/kg的BR溶液喷施叶面,草莓平均单株产量比对照有极显著提高,总体增产幅度在25%以上。

在火龙果应用效果,李洪波^[24]等人在火龙果盛花期、果实膨大期分别喷施油菜素内酯,提高坐果率、单果重、可溶性总糖含量、产量与品质。平均单果重增加21.96%,平均产量增加25%以上。

6 结语

综上所述,油菜素内酯类已在粮、菜、瓜果、中草药、林木、烟草等作物生产中得到普遍应用,获得巨大经济效益,尽管各地试验条件差异大,影响因素多,但增产趋势明显,效果稳定。尤其是在许多抗逆性能提高、生理活性改善、降低干旱、高温、低温、盐碱胁迫、病虫害胁迫、提高产量和品质等方面作用突出,为了进一步推广应用和更有效提高产量、改善品质、获得更多效益而撰写此文,以供参考。

参考文献

- [1] 李勇,王红光,李瑞奇,等.表油菜素内酯对冬小麦产量及氮素吸收、积累和分配的影响[J].麦类作物学报,2015,(35)2:239-250.
- [2] 宫彦龙;徐海;夏原野,等.幼穗分化期喷施表油菜素内酯(epi-BR)对水稻穗部性状的影响[J].作物杂志,2016,2:139-144.

- [3] 邹华文.表高油菜素内酯浸种对玉米种子萌发及其生理特性的影响[J].湖北农学院学报,2002,(22)3:193-195.
- [4] 王庆燕,管大海,潘海波,等.油菜素内酯对春玉米灌浆期叶片光合功能与产量的调控效应[J].作物学报,2015,(41)10:1557-1563.
- [5] 宋冠华,冉梦莲,冷二露.24-表油菜素内酯对紫甘薯产量及品质的影响[J].现代农业,2014(9):99.
- [6] 殷欣,张海玲,吴杨,等.24-表油菜素内酯对镉胁迫下大豆苗期生理特性的影响[J].核农学报,2016,(30)2:0364-0371.
- [7] 董守坤,孙继轩,孙铭蔚,等.秸秆还田条件下喷施油菜素内酯对大豆产量的影响[J].沈阳农业大学学报2025,(56)4:24-32.
- [8] 郭溶誉,张新月,李振东,等.赤霉素与2,4-表油菜素内酯对苦荞灌浆及产量形成的影响[J].福建农业学报,2022,3:302-309.
- [9] 钟妍婷,原向阳,刘哲,等.油菜素内酯处理对谷子农艺性状和生理特性的影响[J].作物杂志,2015(2):124-128.
- [10] 棚维言,冯斗,裴润梅.花针期喷施芸薹素对花生的一些生理特征及其产量的影响[J].花生科技,2000(4):1-4.
- [11] 陈晨.外源2,4-表油菜素内酯处理对芹菜生长及营养品质的影响[D].南京农业大学,2023.
- [12] 赵普庆,於维维,汪俏梅.几种植物生长调节剂对苦瓜性别分化和果实发育的影响[J].中国蔬菜,2005,1:17-18.
- [13] 王光正,吕剑,毛娟,等.油菜素内酯对低温胁迫下番茄幼苗生理指标的影响[J].甘肃农业大学学报,2021,(56)4:69-75.
- [14] 窦巧惠,王娟,尹博,等.外源油菜素内酯(EBR)对Cu胁迫期间番茄幼苗的缓解效应[J].植物生理学报,2015,(51)3:287-294.
- [15] 李蒙,束胜,郭世荣,等.24-表油菜素内酯对樱桃番茄光合特性和果实品质的影响[J].西北植物学报,2015,(35)1:138-145.
- [16] 林竹,苏淑钗,马超,等.油菜素内酯对肥城桃光合作用和果实品质的影响[J].经济林研究,2016,(34)2:73-78.
- [17] 惠竹梅,王智真,胡勇,等.24-表油菜素内酯对低温胁迫下葡萄幼苗抗氧化系统及渗透调节物质的影响[J].中国农业科学,2013,(46)5:1005-1013.
- [18] 秦晨亮,丁玲,代红军.2,4-表油菜素内酯对酿酒葡萄白藜芦醇诱导合成的影响[J].西北农业学报,2016,(25)2:269-275.
- [19] 陆剑飞.芸苔素内酯对4种水果经济性状和品质的影响[J].浙江农业科学,2014,(7)1:1032.
- [20] 习世宏,褚祥.油菜素内酯对花椒幼苗生长和抗旱性影响[J].陕西林业科技,2014,5:1-4.
- [21] 李治鑫,李鑫,范利超,等.外源油菜素内酯对茶树光合特性的影响[J].茶叶科学,2015,(35)6:543-550.
- [22] 李健忠,郝浩浩,薛立新,等.对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J].江苏农业科学,2016,(44)2:113-116.
- [23] 乔晶,胡峻,李妍凡,等.油菜素内酯对甘草性状及7种化学成分含量的影响[J].中国中药杂志,2016,(41)2:197-201.
- [24] 李洪波,王俊宁,陈奕杰,等.油菜素内酯对火龙果果实生长和品质的影响[J].南方农业学报,2013,(44)7:1150-1153.

Three-year Planting Experiment of Luojiang No.3 in Different Areas of Banqiao Town, Luoping County

Jiaming Yang¹ Jun Hu² Peizhu Zhang^{2*} Guanlan Li² Xingcheng Tu³

1. Luo Ping County Banqiao Town Agricultural and Rural Development Service Center, Luo Ping, Yunnan, 655808, China

2. Luoping County Agricultural Technology Extension Center, Luoping, Yunnan, 655800, China

3. Xiangfeng Modern Agriculture Development Co., Ltd., Luoping County, Luoping, Yunnan, 655808, China

Abstract

To evaluate the ecological adaptability, yield potential, and quality traits of Luojiang No.3 in Banqiao Town's key ginger-growing areas of Luoping County, a three-year field trial was conducted from 2022 to 2024 across three core cultivation zones: Jinji Village Committee, Anle Village Committee, and Yuma Village Committee. Using a randomized completely crossed design, the study systematically measured the variety's agronomic traits, yield levels, stress resistance, and core quality indicators. Results demonstrated that Luojiang No.3 exhibited outstanding performance in all three villages. Comprehensive analysis indicated these areas are suitable for its cultivation. Jinji Village Committee was identified as the priority core zone for promotion, while Yuma and Anle Villages could expand planting scale by leveraging existing industrial foundations, providing variety support for enhancing the quality and efficiency of Banqiao Town's small yellow ginger industry.

Keywords

Luojiang No.3; Banqiao Town; Core Village Committee; Planting Experiment; High Yield; Quality

罗姜 3 号在罗平县板桥镇不同区域三年种植试验研究

杨家明¹ 胡峻² 张培竹^{2*} 李关兰² 涂兴城³

1. 罗平县板桥镇农业农村发展服务中心, 中国·云南 罗平 655808

2. 罗平县农业技术推广中心, 中国·云南 罗平 655800

3. 罗平县祥丰现代农业发展有限公司, 中国·云南 罗平 655808

摘要

为明确罗姜3号在罗平县板桥镇重点姜区的生态适配性、丰产潜力及品质特征, 2022—2024年在板桥镇金鸡村委会、安勒村委会、玉马村委会三大核心种植区域开展为期三年的定点试验。采用随机完全区组设计, 系统测定该品种的农艺性状、产量水平、抗逆性能及核心品质指标。结果表明: 罗姜3号在三大村委会均表现优异, 综合分析, 三大村委会均为罗姜3号适宜种植区域, 金鸡村委会可作为优先推广核心区, 玉马、安勒村委会可依托现有产业基础扩大种植规模, 为板桥镇小黄姜产业提质增效提供品种支撑。

关键词

罗姜3号; 板桥镇; 核心村委会; 种植试验; 丰产性; 品质

1 试验目的

罗平小黄姜作为国家地理标志农产品, 板桥镇是其核心主产区, 种植面积占全县比重较高, 产业基础扎实, 是当地农户增收的支柱产业。罗姜3号是针对罗平本地生态条件

罗姜3号是针对罗平本地生态条件培育的优质小黄姜品系, 具有适配性强、品质优良的特性。为精准掌握该品种在板桥镇金鸡、安勒、玉马三大重点村委会的生长规律, 明确不同区域最优种植条件及配套栽培技术, 通过三年定点试验, 系统分析品种在各区域的农艺性状、产量稳定性、抗逆能力及品质表现, 为品种规模化推广、产业标准化发展及种植布局优化提供科学依据, 助力板桥镇小黄姜产业高质量升级。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

供试品种为罗姜3号, 选用饱满健壮、皮色光亮、无

【作者简介】杨家明(1977—), 男, 彝族, 中国云南曲靖人, 本科, 高级农艺师, 从事新品种、新技术、新肥料等试验研究及示范推广研究。

【通讯作者】张培竹(1968—), 女, 彝族, 中国云南曲靖人, 本科, 农业技术推广研究员, 从事新品种、新技术、新肥料等试验研究及示范推广研究。

病无伤的优质种姜，单块重量 75-80g，每亩备种量 500kg，符合罗平小黄姜优质种姜标准。播种前采用 50% 多菌灵可湿性粉剂 500 倍液浸种 30min 消毒，捞出晾干后待播，降低苗期病害发生率。

2.2 试验地点

试验设于板桥镇三大核心姜区，各试验点生态条件如下：

金鸡村委会：坝区地形，海拔 1485m，年均温 15.3℃，年降水量 1612.2mm，土壤为红色石灰土，pH 值 5.9-6.6，有机质含量 2.4%-2.9%，光照充足，排灌设施完善，前茬作物为水稻，实行 3 年以上轮作，土壤疏松肥沃，适配生姜生长需求；

安勒村委会：平坝种植区，海拔 1492m，年均温 15.2℃，年降水量 1605mm，土壤为黄棕壤，pH 值 6.0-6.5，有机质含量 2.3%-2.8%，建有 270 亩标准化种植基地，田间管理规范，灌溉水源为天然溪流，水质达 II 类标准，前茬作物为油菜，轮作制度完善；

玉马村委会：缓坡与平坝结合区，海拔 1488m，年均温 15.3℃，年降水量 1608mm，土壤为红壤，pH 值 5.8-6.4，有机质含量 2.2%-2.7%，富含硒、锌等微量元素，依托秋禾服务专业合作社打造 300 亩种植基地，配套服务完善，前茬作物为玉米，地块集中连片，便于规模化化管理。

2.3 试验设计

采用随机完全区组设计，每个试验点设置 3 个重复小区，小区面积 20 m²（长 5m×宽 4m），行距 60cm，株距 20cm，每小区种植 167 株，折算每亩种植密度 5567 株。小区间距 1m，重复间间距 1.5m，试验田四周设置 1.5m 宽保护行。三大村委会试验田统一采用相同的栽培管理措施、施肥方案及病虫害防控手段，严格控制试验变量，确保数据科学可比。

2.4 试验方法

2.4.1 栽培管理

各试验点均于 3 月中下旬播种，播种前 1 周深耕土壤 30cm，耙细整平后起垄，垄高 20cm、垄宽 80cm。结合整地每亩施腐熟农家肥 3000kg、生物有机复合肥 80kg、硫酸钾 30kg、锌肥 2kg、硼肥 1kg 作为基肥，均匀混入土壤。播种后喷施 33% 二甲戊灵乳油 150ml/亩封闭除草，覆盖地膜保墒增温。生长期追肥 2 次，7 月中下旬每亩沟施生物肥 120kg+ 硫酸钾 30kg，施后覆土保肥；9 月中下旬喷施磷酸二氢钾与氨基酸叶面肥混合液 3 次，间隔 7 天喷施 1 次，提升植株抗逆性与姜块品质。水分管理保持土壤含水量 60%-70%，干旱时采用滴灌补水，雨后及时疏通排水渠道；6 月中旬、8 月上旬各进行 1 次培土，培土厚度 5-8cm，防止姜块外露变绿影响商品性。病虫害防治坚持农业防治和生物防治为主，姜瘟病采用生石灰土壤消毒+春雷霉素喷施防控，姜螟选用苏云金杆菌防治，严格遵守农药安全间隔期规定。

2.4.2 测定项目与方法

每年 10 月中下旬统一收获，各小区按以下项目测定：
①农艺性状：随机选取 10 株植株，测定株高，统计单株分枝数、单株姜块数，称量单株产量，取平均值作为小区指标；
②产量测定：小区姜块全部收获后去除杂质，称重记录小区总产量，折算为每亩产量；
③抗逆性测定：全小区逐株调查姜瘟病、叶枯病发生情况，统计病株数，计算病株率；
④品质测定：随机选取各小区姜块样品，采用高效液相色谱法测定姜辣素含量，索氏提取法测定含油量，观察记录姜块表皮颜色、肉质颜色及形态特征，测定粗纤维含量。

2.4.3 数据统计

采用 Excel 软件整理数据，通过 SPSS 26.0 软件进行方差分析和多重比较，显著性水平设为 $P<0.05$ ，极显著性水平设为 $P<0.01$ ，数据结果以“平均值 ± 标准差”表示。

3 结果与分析

3.1 不同村委会农艺性状表现

三年试验结果显示，罗姜 3 号在三大村委会的农艺性状表现存在显著差异，金鸡村委会优势突出（表 1）。金鸡村委会种植的罗姜 3 号平均株高 79.8cm，单株分枝数 8.5 个，单株姜块数 12.8 个，单株产量 306.2g，各项指标均显著高于安勒村委会；玉马村委会次之，平均株高 78.6cm，单株分枝数 8.2 个，单株姜块数 12.4 个，单株产量 298.5g；安勒村委会平均株高 77.5cm，单株分枝数 8.0 个，单株姜块数 12.0 个，单株产量 292.3g。方差分析表明，三大村委会间单株产量、单株分枝数差异达显著水平（ $P<0.05$ ），株高、单株姜块数差异达极显著水平（ $P<0.01$ ）。差异主要源于土壤质地及水肥条件，金鸡村委会土壤肥沃且排灌高效，能满足植株生长发育需求，农艺性状表现更优。

表 1 罗姜 3 号在不同村委会的农艺性状表现（三年平均）

试验地点	株高（cm）	单株分枝数（个）	单株姜块数（个）	单株产量（g）
金鸡村委会	79.8 ± 1.4a	8.5 ± 0.5a	12.8 ± 0.8a	306.2 ± 12.6a
安勒村委会	77.5 ± 1.2b	8.0 ± 0.4b	12.0 ± 0.7b	292.3 ± 11.5b
玉马村委会	78.6 ± 1.3ab	8.2 ± 0.4ab	12.4 ± 0.6ab	298.5 ± 11.9ab

注：同列数据后不同小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ），下同。

3.2 不同村委会产量表现

罗姜 3 号在三大村委会均实现稳定丰产，产量呈现显著梯度差异（表 2）。金鸡村委会三年平均亩产 1756.8kg，2023 年产量最高达 1812.5kg，产量波动幅度仅 3.2%，丰产稳定性最强；玉马村委会平均亩产 1712.5kg，2023 年产量 1786.3kg，波动幅度 3.7%，依托规模化化管理实现产量稳定；安勒村委会平均亩产 1689.3kg，2023 年产量 1762.4kg，波动幅度 4.1%，标准化种植保障产量达标。多重比较结果显示，

金鸡村委会亩产显著高于安勒村委会 ($P<0.05$)，与玉马村委会差异不显著 ($P>0.05$)；玉马村委会亩产略高于安勒村委会，差异无统计学意义。金鸡村委会土壤有机质含量高、温光水条件适配性强，姜块膨大充分，产量优势明显；玉马村委会通过合作社统筹管理，栽培措施落实到位，产量保持较高水平。

表 2 罗姜 3 号在不同村委会的产量表现 (单位: kg/ 亩)

试验地点	2022 年	2023 年	2024 年	三年平均
金鸡村委会	1721.6	1812.5	1736.3	$1756.8 \pm 39.2a$
安勒村委会	1635.2	1762.4	1670.3	$1689.3 \pm 42.5b$
玉马村委会	1668.4	1786.3	1682.8	$1712.5 \pm 40.8ab$

3.3 不同村委会抗逆性表现

罗姜 3 号整体抗逆性较强，试验期间主要病害为姜瘟病，叶枯病零星发生 (表 3)。三大村委会姜瘟病平均病株率均低于 2.5%，其中金鸡村委会最低仅 1.6%，抗姜瘟病能力最优；安勒村委会病株率 2.0%，标准化基地防控措施到位，病害发生较轻；玉马村委会病株率 2.2%，通过统一防控控制病害扩散。叶枯病仅在 2023 年雨季少量发生，病株率在 0.8%-1.0% 之间，经及时防控未造成产量损失。金鸡村委会排灌设施完善，雨后无积水，有效抑制姜瘟病滋生；安勒、玉马村委会依托规范防控体系，病害发生率维持在低水平，表明该品种适配三大区域种植环境，抗逆性能满足生产需求。

表 3 罗姜 3 号在不同村委会的抗逆性表现 (三年平均病株率 %)

试验地点	姜瘟病	叶枯病	总病株率
金鸡村委会	1.6	0.9	2.5
安勒村委会	2	1	3
玉马村委会	2.2	0.8	3

3.4 不同村委会品质表现

罗姜 3 号在三大村委会均保持罗平小黄姜优质特性，品质稳定且优势明显 (表 4)。姜块均为浅黄表皮、嫩黄肉质，呈手掌状分枝，节间短，商品性良好，粗纤维含量均低于 1.2%，质地细腻。姜辣素含量均高于 1.85mg/g 干重，其中金鸡村委会 1.92mg/g 干重，辣味浓郁；玉马村委会 1.89mg/g 干重，因土壤富含微量元素，姜香更醇厚；安勒村委会 1.87mg/g 干重，品质达标且一致性好。含油量在 2.4%-2.6% 之间，金鸡村委会 2.6% 最高，玉马村委会 2.5%，安勒村委会 2.4%，均优于当地传统品种。三大区域品质指标差异较小，说明罗姜 3 号品质受区域环境影响小，核心风味特征稳定，符合市场对优质小黄姜的需求。

4 结论与讨论

4.1 结论

三年定点试验证实，罗姜 3 号在板桥镇金鸡、安勒、

玉马三大核心村委会均表现出优异的生态适应性、稳定丰产性、较强抗逆性及优良品质，完全适配各区域种植条件，均为该品种适宜种植区域。其中金鸡村委会因土壤质地优良、温光水条件协调，品种农艺性状最优、产量最高、抗逆性最强、品质最佳，是罗姜 3 号优先推广的核心区域；玉马村委会依托合作社规模化种植优势，产量稳定、品质突出，配套服务完善，适合扩大种植规模，打造规模化示范基地；安勒村委会标准化种植基础扎实，产量达标、病害轻发、产销衔接顺畅，可进一步优化管理措施提升综合效益。推广罗姜 3 号可丰富板桥镇小黄姜优质品种资源，提升产业标准化水平，助力农户增收及特色产业高质量发展。

表 4 罗姜 3 号在不同村委会的品质表现 (三年平均)

试验地点	姜辣素含量 (mg/g 干重)	含油量 (%)	表皮 颜色	肉质 颜色	粗纤维含量 (%)
金鸡村委会	1.92 ± 0.05	2.6 ± 0.1	浅黄	嫩黄	1.0 ± 0.1
安勒村委会	1.87 ± 0.04	2.4 ± 0.1	浅黄	嫩黄	1.1 ± 0.1
玉马村委会	1.89 ± 0.05	2.5 ± 0.1	浅黄	嫩黄	1.1 ± 0.1

4.2 讨论

板桥镇作为罗平小黄姜核心主产区，品种优化是产业升级的关键，罗姜 3 号在三大核心村委会的试验表现优于当地传统品种，契合产业发展需求。试验覆盖坝区、平坝、缓坡等典型地形，土壤类型涵盖红色石灰土、黄棕壤、红壤，兼顾不同种植模式特点，持续三年的数据积累充分反映品种在不同气候年份的表现，结果具有较强代表性和推广价值。结合试验结果，三大村委会推广罗姜 3 号需针对性优化管理：金鸡村委会重点维持现有栽培模式，强化土壤肥力养护；玉马村委会完善规模化灌溉设施，姜块膨大期增施氮肥提升特色品质；安勒村委会细化田间管理，优化追肥配比进一步提高产量。后续可开展不同种植密度、施肥方案的配套试验，细化栽培参数，同时研究品种抗逆机理，为品种改良及产业绿色高效发展提供更全面的技术支撑。

参考文献

[1] 区力松, 曹清国, 张幽静. 罗平小黄姜高产栽培技术[J]. 耕作与栽培, 2004(3):53-55.

[2] 申恩情. 罗平小黄姜产业发展现状及对策[J]. 云南农业, 2004(3):5-6.

[3] 雷蕾. 生姜高产栽培技术及姜瘟病综合防治措施[J]. 西南园艺, 2002, 30(2):29-30.

[4] 李建刚. 罗平小黄姜青枯病防控技术研究[J]. 云南农业科技, 2021(4):32-34.

[5] 王艳, 李丽, 张敏. 不同生姜品种在滇东地区的适应性试验[J]. 中国蔬菜, 2019(S1):89-92.

[6] 张静, 刘刚, 陈勇. 小黄姜姜辣素含量测定及品质评价[J]. 农产品加工, 2020(12):45-47.

Design and experimental study of intelligent measurement and control system for combine harvester based on deep learning

Jun Li

Inner Mongolia Hulunbuir Agricultural Reclamation Jite Nihe Farm Co., Ltd., Hulunbuir, Inner Mongolia, 021024, China

Abstract

Intelligent agricultural equipment is driving the transformation of grain production from experience-based models to data-driven and smart control systems. While combine harvesters rely heavily on measurement and control systems for operational quality during harvesting, traditional mechanical and rule-based control methods struggle to adapt to terrain variations, crop diversity, and fluctuating planting densities. This often results in issues like unstable cutting platform height, inconsistent threshing damage, and delayed speed adjustments. By leveraging deep learning techniques, this study establishes a visual-sensor fusion intelligent control system that identifies crop conditions, perceives working environments, and autonomously adjusts parameters. The system achieves dynamic optimization of cutting platform height, travel speed, and threshing parameters. Through designing and integrating an intelligent control model, constructing a test platform, and conducting field validation, the research demonstrates that the system significantly outperforms traditional methods in stubble consistency, speed stability, and loss rate control. The system exhibits excellent environmental adaptability and robustness, providing an effective technical pathway for the intelligent upgrading of combine harvesters.

Keywords

deep learning; combine harvester; intelligent measurement and control; operation parameter optimization; intelligent agricultural equipment

基于深度学习的联合收割机智能测控系统设计与试验研究

李军

内蒙古呼伦贝尔农垦集特泥河农牧场有限公司，中国 · 内蒙古 呼伦贝尔 021024

摘 要

智能农业装备正推动粮食生产由经验模式向数据驱动和智能控制转变。联合收割机在收获环节中的作业质量高度依赖测控系统，但传统机械式与规则驱动控制难以应对地形变化、品种差异和作物密度波动，常出现割台高度不稳、脱粒损伤波动和速度调节滞后等问题。基于深度学习的方法可通过作物状态识别、作业环境感知与参数自适应调节构建视觉-传感融合的智能测控体系，实现割台高度、行进速度和脱粒参数的动态优化。本研究设计并集成智能测控模型，构建试验平台并开展田间验证。结果显示，系统在割茬一致性、速度稳定性和损失率控制方面均显著优于传统方式，表现出良好的环境适应性与鲁棒性，为联合收割机智能化升级提供有效技术路径。

关键词

深度学习；联合收割机；智能测控；作业参数优化；农业装备智能化

1 引言

联合收割机作为农业机械化发展的标志性装备，在粮食生产规模化与集约化进程中发挥着不可替代的作用。然而，在传统控制模式下，其作业性能高度依赖驾驶员经验，表现为作业质量不稳定、参数调节滞后、能耗偏高等问题。随着人工智能技术的突破，基于深度学习的视觉识别、状

态预测与智能决策方法正在被广泛应用于农业装备的自主控制领域。深度学习能够从多源数据中自动提取高维特征，使系统具备更强的环境适应性，特别适用于植株状态动态变化、田间环境复杂多变的典型工况。本研究旨在构建一套面向联合收割机的智能测控系统，通过对作物密度、株高、穗位分布及地表特征等信息进行实时感知，实现对割台高度、脱粒参数与行进速度的自适应调节，改善传统系统依赖经验决策导致的波动性。

【作者简介】李军（1978—），男，本科，工程师，从事农业机械设计制造及其自动化研究。

2 联合收割机智能测控需求与系统架构设计

2.1 智能测控需求分析

联合收割机在实际作业中需要同时面对地表起伏、作物成熟度差异、密度变化与杂草干扰等不确定因素。割台高度的微小偏差会导致割茬过高或带泥,影响收割质量;脱粒装置参数若调节不当,易引起穗粒破碎或分离不彻底;行进速度受作物密度、湿度与产量变化影响,不能保持稳定。传统人工调节往往滞后且难以保持一致性。在深度学习方法支持下,智能测控系统可通过图像识别和传感器融合技术实时分析作物状态与机具运行情况,形成自适应调节策略,使系统在复杂环境下保持稳定作业。因而联合收割机的智能测控需要具备以下能力:高精度环境感知、基于模型的实时预测、参数闭环控制、鲁棒性与抗干扰能力,以及在变工况下的自主调整能力。

2.2 系统架构总体设计

智能测控系统由感知层、决策层与执行层构成。感知层包括多光谱相机、深度相机、料流传感器、震动传感器与GNSS定位模块,通过图像与物理参数采集实现对作物状态、地形特征及机具运行工况的实时监测。决策层采用深度学习网络与时序预测模型,对图像特征、状态量及历史数据进行融合,以生成作业参数调节指令。执行层通过割台执行机构、脱粒滚筒驱动单元及发动机电子控制模块实现对高度、速度与脱粒强度的快速调节。该架构采用模块化软件设计,使各功能模块可独立训练和升级,从而提高系统扩展性。通过CAN总线与高速以太网实现系统内部通信,确保实时性与可靠性。

2.3 深度学习在测控系统中的功能定位

深度学习技术被用于三个关键环节:作物识别、工作状态预测和控制策略优化。其中,卷积神经网络(CNN)负责提取作物图像中的穗部位置、株高与密度特征;循环神经网络(RNN)与Transformer网络用于预测作业工况变化,例如产量波动与料流密度变化;深度强化学习模型用于生成参数调节策略,使系统在不同环境中优化割台高度、滚筒转速与风量。深度学习模型的引入使测控系统具有自学习与自适应特性,不再依赖固定规则或传统PID参数,提高了系统在复杂工况中的控制精度与响应速度。

3 基于深度学习的环境感知与作物识别模型

3.1 作物图像数据采集与标注

为保证识别模型的适应性与泛化能力,本研究在不同地块、品种、季节与光照条件下采集包含多类典型工况的田间图像,内容涵盖植株密集区、杂草混生区、倒伏地带及不同成熟度样本。采用专家人工标注方式,构建包含穗部位置、株高参考线、作物边界、倒伏等级等精细标注的数据集,通过旋转、裁剪、亮度扰动、噪声注入等数据增强技术扩充训练样本,使模型能够在阴影、逆光、强光反射及图像轻微模

糊等复杂视觉条件下保持稳定特征提取能力,为后续识别模型的训练提供高质量输入。

3.2 基于深度卷积网络的作物识别模型构建

在特征提取阶段,本研究构建多分支卷积网络结构,分别针对穗部形态、株高信息与植株密度等关键特征进行并行提取。各分支通过注意力机制增强重要特征表达,再经特征融合模块进行多尺度整合,实现对作物生长状态的统一识别。模型采用轻量化卷积结构与残差连接以提升推理速度,使其适用于边缘计算部署。验证结果显示,该模型在复杂背景与光照变化条件下仍保持超过95%的准确率,在倒伏、遮挡与密集植株等场景中的鲁棒性显著优于传统卷积结构。

3.3 地形与倒伏识别模型

为了提升割台高度与行进速度调节的准确性,本研究构建基于语义分割网络的地形与倒伏识别模型。模型融合RGB图像与深度图数据,通过多尺度卷积与空间金字塔结构提取地表凹凸、坡度变化及倒伏区域的细粒度特征。通过像素级分割结果,可实时获得地表类型、植被覆盖情况及倒伏分布区域,为测控系统提供精确的前视环境信息。试验表明,该模型在田间光照反差大、杂草干扰强等条件下仍能保持较高识别精度,使收割机能够提前预测风险区域,实现预调节决策,显著提升作业的稳定性和安全性。

4 智能测控系统关键参数预测与决策模型

4.1 基于时序模型的料流预测

料流密度是联合收割机作业调控的核心参考量,其变化直接决定行进速度、脱粒负荷与清选效率。田间作物密度随区域而显著波动,人工经验难以准确判断未来料流变化,易导致速度调节滞后或脱粒负荷过载。本研究构建基于LSTM与Transformer的混合时序预测模型,将料流传感器数据、作物密度图像特征、历史行进速度曲线以及割台振动信号等多源信息进行融合。LSTM擅长捕捉长期依赖特征,适用于处理料流变化的缓慢趋势;Transformer通过注意力机制可聚焦关键时段的特征变化,提升对高频波动的敏感性。两者结合使模型既能反映料流整体趋势,又能捕获突发密度变化。模型通过滑动时间窗方式输入连续工况数据,并采用特征权重自适应机制,在不同作物条件下自动调整特征贡献度。试验结果表明,该预测模型在田间复杂环境中具有较高鲁棒性,平均预测误差较传统时序方法降低约28%,为行进速度与脱粒强度的动态调节提供可靠依据,显著提升系统的预见性控制能力。

4.2 割台高度自适应控制模型

割台高度对收获质量影响显著,稍有偏差便可能造成割茬不齐、带泥、夹杂损伤等问题。田间地形起伏、杂株干扰与倒伏作物分布复杂,使固定规则难以适应实时变化。本研究采用深度强化学习方法构建割台高度自适应控制模型,通过虚拟仿真环境模拟多种作业工况,让智能体在试错过程

中学习不同条件下的最优割台升降策略。模型输入包括株高分布图像、地形坡度信息、倒伏区域标识与当前割台高度,输出为割台升降量指令。为提升训练效率,设计基于奖励函数的评价体系,将割茬一致性、割茬平均高度偏差、地表风险避免程度与割台响应平稳性纳入考量,使智能体在训练中逐步形成稳定可靠的控制行为。部署于实际设备后,该模型在复杂地表环境中表现出较高适应性,割台高度波动幅度显著降低,割茬一致性提升约 23%。模型在应对倒伏区域和作物密度突变时表现出更快的响应速度,有效减少割台误动作,显著提升作业质量。

4.3 脱粒与清选参数智能调节

脱粒滚筒转速、凹板间隙与风机风量等参数决定脱粒分离效率与谷物破碎率,是衡量联合收割机性能的重要指标。传统调节依赖人工经验,难以在多目标约束下实现快速、准确、协同的参数优化。本研究提出基于深度决策网络的多参数智能调节模型,将作物穗部图像特征、料流密度、谷物流速信号、振动参数以及滚筒负荷信息作为输入,通过深度神经网络生成最优参数组合。模型通过对脱粒效率、破碎率、含杂率与能耗水平的综合评价,实现对多目标的动态平衡。为了增强系统鲁棒性,模型引入注意力机制识别关键特征,使在高密度料流或杂草混生环境下仍可保持较高调控精度。田间测试表明,智能调节后破碎率降低约 12%,损失率下降约 18%,含杂率显著减少,系统可在不同作物条件下实现稳定的脱粒-清选性能。整体来看,该智能调节模型能够对多参数进行协同优化,增强了收割机在复杂工况下的作业质量与自适应能力。

5 智能测控系统试验平台构建与田间验证

5.1 试验平台搭建

为验证深度学习测控系统的工程可行性与应用性能,本研究构建了由联合收割机主体、深度学习分析单元、高速数据采集模块、视觉摄像系统及执行机构控制器组成的试验平台。联合收割机主体作为物理载体,为传感器布设、执行系统安装及数据回传提供硬件基础。视觉摄像系统布置在割台前端与驾驶室顶部,用于采集作物密度、株高与倒伏区域等图像信息;高速数据采集模块用于同步记录割台位置、料流传感器数据、滚筒转速及行进速度等关键状态量。深度学习分析单元基于边缘计算设备部署卷积网络、时序预测算法与强化学习模型,实现图像特征提取、料流预测与割台高度决策。执行机构控制器通过 CAN 总线与主控单元通信,以电液伺服方式精确调节割台升降与行进速度。该试验平台采用模块化架构,便于模型更新与功能扩展,确保在田间复杂环境下仍具备较高实时性、可靠性与响应速度,为后续试验测试提供稳定的运行基础。

5.2 田间测试方法与指标体系

田间测试采用多场景、多工况组合方式,覆盖多种作

物密度、不同成熟度区域、地形起伏、杂草混生和倒伏情况,以保证测试结果的代表性。测试流程包括试验区划分、环境参数记录、模型启用、作业过程数据同步采集以及作业后人工验证。通过高精度 RTK-GNSS 定位系统记录行进轨迹,通过图像与传感器数据对割茬高度偏差及料流密度变化进行标定。评价指标体系从作业质量、控制性能与稳定性三个维度构建:割茬一致性用于衡量割台高度控制精度;料流预测误差反映模型对作物密度波动的响应能力;行进速度稳定性用于评估系统对变工况的自适应调节能力;损失率与破碎率作为整体作业质量评价核心指标;倒伏识别率与响应时间用于验证视觉模型的鲁棒性与干扰识别能力。通过上述指标的综合评估,可全面反映系统在实际作业环境中的动态表现,为模型优化与工程改进提供数据依据。

5.3 试验结果与性能分析

田间试验结果表明,基于深度学习的智能测控系统在不同工况下均展现出显著优势。割茬一致性较传统控制方式提升约 23%,割台高度波动幅度明显减小,说明强化学习调节策略能够有效适应地形起伏与株高变化。在料流预测方面,融合视觉特征与传感器数据的时序模型使预测误差降低近 28%,使行进速度调节更加平稳。行进速度波动幅度下降约 30%,验证了模型在高密度与低密度作物区之间的过渡调节能力。脱粒与清选环节中,破碎率和损失率分别下降约 12% 与 18%,表明深度学习决策模型在多参数协同调节方面具有较强优势。系统对倒伏区域的识别率达到 92%,提前预判能力明显增强,能够有效减少割台误动作带来的损失。整体来看,智能测控系统在作业质量、控制精度、稳定性与鲁棒性方面均明显优于传统系统,具备良好的工程应用价值,为联合收割机智能化升级提供了技术可行性与实践依据。

6 结语

本研究从作物识别、参数预测、智能决策与试验验证多个层面构建了一套完整的测控体系,并通过田间试验验证其有效性。未来可结合多模态感知、跨域迁移学习与群体作业协同技术,进一步拓展系统的应用范围,为农业装备数字化与智能化升级提供持续动力。

参考文献

- [1] 石金岭.大型平原农场小麦联合收割机智能测产系统集成与应用[J].中国农机装备,2025,(11):39-41.
- [2] 伟利国,张小超,汪凤珠,等.联合收割机稻麦收获边界激光在线识别系统设计与试验[J].农业工程学报,2017,33(S1):30-35.
- [3] 魏新华,李耀明,陈进,等.联合收割机工作过程智能监控装置的系统集成[J].农业工程学报,2009,25(S2):56-60.
- [4] 詹新生,孙承庭.基于智能技术的联合收割机多功能智能终端的设计[J].农机化研究,2018,40(11):194-198.
- [5] 卢腊.联合收割机田间作业状态在线监测系统研究[D].重庆理工大学,2018.

Integrated Demonstration and Benefit Analysis of Chemical Fertilizer and Pesticide Reduction Technology for Rapeseed in tobacco oil Rotation Area

Fang Chen Jun Hu* Jianlin Wang Guanlan Li

Luoping County Agricultural Technology Extension Center, Qujing, Yunnan, 655800, China

Abstract

In response to the green agricultural development strategy and to promote the sustainable development of the rapeseed industry, Luoping County has carried out an integrated demonstration of reducing the application of chemical fertilizers and pesticides for rapeseed in combination with the local tobacco and rapeseed rotation system. The demonstration area takes “Yunyouza 12”, “Yunyouza 15” and “Yunyouza 37” as its core varieties. By integrating key technologies such as slow and controlled release fertilizers, green pest and disease control, and full-process mechanization, it has established a set of green and high-yield rapeseed technology systems suitable for the local ecological conditions. The demonstration results show that while ensuring the yield and quality of rapeseed, this system has reduced the application of chemical fertilizers by more than 25% and significantly improved the efficiency of pesticide use, achieving remarkable economic, social and ecological benefits.

Keywords

Rape; Tobacco rapeseed rotation; Fertilizer reduction; Green prevention and control; Technology integration; Luoping County

烟油轮作区油菜化肥农药减施技术集成示范及效益分析

陈芳 胡峻* 王建林 李关兰

罗平县农业技术推广中心, 中国·云南 曲靖 655800

摘要

为响应绿色农业发展战略,推动油菜产业的可持续发展,罗平县结合当地烤烟—油菜轮作制度,开展了油菜化肥农药减施技术集成示范。示范区以“云油杂12号、云油杂15号、云油杂37号”为核心品种,通过集成缓控释肥、病虫害绿色防控、全程机械化等关键技术,构建了一套适用于本地区生态条件的油菜绿色高产技术体系。示范结果显示,该体系在保障油菜产量与品质的同时,实现了化肥施用量减少25%以上,农药使用效率显著提升,取得了显著的经济、社会与生态效益。

关键词

油菜; 烤烟—油菜轮作; 化肥减量; 绿色防控; 技术集成; 罗平县

1 引言

随着中国农业由传统模式向绿色、可持续发展方向转型,减少化肥农药使用、提高资源利用效率已成为油菜产业发展的重要课题。罗平是西南旱地油菜的典型代表,是油料加工企业的优质原料基地。多年来,罗平县依托国家和省油菜产业技术体系,长年开展国家油菜新品种区域试验、长江上游油菜新品种试验、云南省油菜新品种多点试验等油菜新品种引进筛选工作。筛选推广了“云油杂12号、云油杂15号、

中油988”等早熟、耐旱、高产优质品种,“华油杂5R”抗根肿病品种和“云油杂52号”等高油酸品种。罗平县作为云南省重要的油菜产区,罗平县耕地面积126.80万亩,2023年全县油菜种植面积84.99万亩,总产14.60万吨,单产171.78kg,面积、产量、产值均居全省第一,享有“滇东油库”之称。近年来,通过测土配方施肥、化肥减量增效、绿色防控等项目实施,化肥农药的施用有一定量的减少,但也还存在不合理施用化肥农药,肥料利用率低等问题。烤烟作为罗平重要经济作物,2023年种植面积21.10万亩,农户对化肥农药的投入较大,土壤中化肥存积较多,为此结合罗平当地“烤烟—油菜”轮作制度,开展了以化肥农药减施为核心的技术集成示范,旨在探索一条既能保障油菜产量稳定又能实现环境友好的生产技术路径。

【作者简介】陈芳(1975—),女,中国云南曲靖人,本科,高级农艺师,从事农学研究。

【通讯作者】胡峻(1981—),男,中国云南罗平人,本科,高级农艺师,从事农业科技推广研究。

2 示范区域

示范区域位于云南省罗平县,包括罗雄街道、腊山街道、马街镇、板桥镇等多个乡镇(街道)。建设核心示范区(1000亩)、示范区(2万亩)和辐射带动区(12万亩),构建三级示范体系,系统开展技术集成与推广应用。

3 技术集成措施

选用良种:低海拔坝区选用生育期适中、千粒重大的优质、高产、含油量高、抗倒伏、抗菌核病、高产优质宜机收的油菜品种(如中油988、云油杂37号)及高油酸品种(如云油杂52号);高海拔山区选用早熟、抗旱耐瘠、抗倒伏、含油量高的双低杂交油菜品种(如云油杂15号)及早熟、优质、高产、含油量高、抗病、抗倒、适应性广的品种(如云油杂12号),这些品种均比较适合油烟轮作模式^[1,2]。

控制宿生苗:烤烟收获后及时翻地让宿生油菜(野油菜)出苗后进行除草(可使用除草剂化学除草或在晴天进行机械翻耕除草),减少宿生油菜比例。

种子处理:播种前种子选用新美洲星、噻虫胺等提前拌种,防治苗期病虫害,达到苗全、苗均、苗壮,为后期高产和成熟一致宜机收夯实基础。

抢抓节令适时播种:根据多年实践,罗平油菜播种最佳节令为9月25日—10月15日。播种后,及时抢抓土壤潮湿的有利时机,3天之内喷施“异丙甲草胺”等进行芽前封闭除草。适时播种不仅是提高产量和解决大小春茬口矛盾的重要保障,也是确保来年油菜收获期避开5月雨季,造成机收损失的重要措施。

播种方式:根据地块及地形条件,可采用机械化种肥同播,条播出苗利于后期间除宿生苗,保障种植品种纯度、品质和产量;可采用无人机或电动播种机种肥同播,播种后用机械浅耕覆土,覆土深度3-5cm。控制好播种量,亩用种量0.15kg—0.20kg,减少间苗的工时。

及时间苗,控制密度:根据土壤肥力、品种特性、气候情况、播期早晚等确定。一般瘦地宜密、肥地宜稀,早播宜稀、迟播宜密,早熟分枝少品种宜密、晚熟分枝多品种宜稀,干旱留苗宜密、雨水充沛留苗宜稀。间苗时重点拔除弱苗、高脚苗、病虫害苗及宿生苗,一般每亩密度控制在1.8万—2.5万株左右,干旱地区密度控制在3万株左右。若密度过高,不利于高产,且易发生倒伏,增加机收损失。

化肥减施:基于测土配方施肥原则及前作烤烟地,推广应用油菜专用缓控释肥^[3]。底肥亩施油菜专用配方肥(N:P₂O₅:K₂O=18:6:9)20-30kg,辅以硼、锌微肥各1kg;追肥亩施尿素(N≥46%)8kg—12kg,根据苗情和天气情况,弱苗早施,旺苗晚施或不施。根据罗平气候,11月至12月

期间,在雨后抢时追肥,提高肥料利用率。与农户习惯施肥相比,化肥用量减少25%以上。结合病虫害防治,实施“一喷多促”,苗期和薹期喷施氨基酸叶面肥+0.2%硼砂溶液(每亩用量50g),预防“花而不实”,提升结实率;结荚期喷施磷酸二氢钾(每亩用量50-80g)。

绿色防控技术:化学防治采用高效低毒农药防虫防病,为保证苗全苗齐,出苗后使用溴氰·噻虫嗪防苗期害虫;薹期使用咪鲜胺、氟啶虫酰胺复配制剂防控菌核病及蚜虫发生。生物防治针对蚜虫,人工释放瓢虫、蚜茧蜂等天敌,1只瓢虫成虫每天可捕食数十只蚜虫,形成“以虫治虫”的自然制衡;针对菌核病、霜霉病等病害,用枯草芽孢杆菌、木霉菌等微生物菌剂,这类菌剂不仅能抑制病原菌生长,还能改善土壤微生态,且对人体和环境无毒无害。物理防治在田间布置风吸式杀虫灯、黄板等设备,利用害虫的趋光性、趋黄性进行诱杀,1盏频振式杀虫灯可覆盖30亩左右的油菜田,有效诱杀菜青虫、小菜蛾等成虫,黄板每亩设置20—30张,减少产卵量,降低害虫的种群基数。结合无人机统防统治,实施苗期、薹期和花期的精准防控。

培育壮苗:若田块肥力充足、苗势过盛,在7-8叶期,每亩使用40克多效唑兑30kg水喷雾;若田块肥力低,施肥不足、苗势较弱的田块,在6-7叶期,每亩使用20克多效唑兑30kg水喷雾;若田块肥力中等,苗情中等时,在6-7叶期每亩使用30克多效唑兑30kg水喷雾,以培育健壮幼苗。

10 全程机械化作业:集成机械化播种、施肥,无人机防虫防病以及机械化收获技术,提升作业效率,降低劳动成本^[4]。

适时收获。适期收获是减少机收损失的重要环节。采用“二段式”收获时,当主花序中下部角果呈黄色、全田有80%的角果现黄,种皮呈固有色泽时应及时采用人工或机械割晒,割晒时一定要将油菜均匀摆放成行,利于下步机械捡拾脱粒提高作业效率,减少损失。晾晒时间一般为3—5天,当籽粒含水量降到12%—15%(手捏籽粒硬实,不沾手)时及时捡拾脱粒,避免过度成熟容易炸角。

4 数据采集与分析方法

通过多点取样(核心示范区10个点、示范区10个点、辐射带动区20个点、非示范区10个点),加权平均方法,统计分析不同示范区产量差异及效益情况。

5 结果与分析

5.1 产量表现

测产结果显示,平均亩产核心示范区为222.55kg,示范区为192.04kg,辐射带动区为183.13kg,均显著高于非示范区172.38kg。增产幅度分别为29.10%、11.41%和6.24%,表明集成技术体系具有显著的增产效果。

表 1

测产汇总表						
区域	测产户数	测产面积	代表面积	折合亩产	比非示范区增产	增产幅度
		亩	亩	kg/ 亩	kg/ 亩	%
核心示范区	10	165.8	1000	222.55	50.17	29.10
示范区	10	287.3	20000	192.04	19.66	11.41
辐射带动区	20	865.4	120000	183.13	10.75	6.24
非示范区	10	386.9		172.38		

5.2 化肥农药减量效果

通过施用缓控释肥与精准施肥，化肥用量较农户习惯减少 25% 以上，肥料利用率明显提高。农药使用方面，通过选用低毒高效药剂及生物、物理防治并配合无人机飞防，施药均匀性提升，农药使用量减少 30% 以上，农药残留风险显著降低。

5.3 效益分析

经济效益：辐射带动区 12 万亩油菜，亩均增产 10.75 kg，总增产量 129 万 kg，按当地收购价 5.2 元 /kg 计算，增收 670.8 万元；同时，通过精准防控减少农药、化肥投入，每亩可降低生产成本 50 元，机械化作业每亩节约 0.5 个劳动力，按每个劳动力 100 元计，每亩可节约成本 50 元，降低成本 1200 万元，显著提升农户收益。

社会效益：提升了农户的科技素质与机械化应用水平，推动了油菜生产的标准化与规模化，促进了“油菜+旅游”“油菜+养蜂”等产业融合发展；稳定面积，提高油菜市场竞争力，促进油菜籽增产、农民增收，做强做大我县油菜产业，保障重要农产品有效供给；培育新型农业经营主体，促进创建作物标准化、规模化生产，提高组织化程度，促进产业持续稳定健康发展。

生态效益：化肥农药减量使用有效降低了农产品农药残留风险，保障了食用油安全，满足了消费者对绿色农产品的需求；降低了土壤和水体污染，保护了蜜蜂等传粉昆虫和天敌生物，维护了农田生物多样性，改善了农田生态环境，让油菜种植既“高产优产”又“生态安全”，为油菜产业绿色可持续发展提供了保障。

6 讨论

示范区集成的油菜化肥农药减施技术体系，通过品种优化、缓控释肥、绿色防控和全程机械化等多项技术的协同应用，实现了“减肥、减药、增产、增效”的多重目标。与常规种植相比，该体系在保证产量的同时显著降低了环境压力，具有较强的实用性和推广价值。

然而，该技术体系的推广应用仍面临部分农户接受度低、技术配套服务不足等问题。未来应进一步加强技术培训与示范引导，通过田间观摩、技术讲座、短视频等形式，手把手指导农户掌握天敌释放、菌剂使用等操作方法，对农机合作社、种植大户及骨干农机手，无人机飞防、油菜机收减损技术等作为培训重点，进一步完善社会化服务体系，推动该模式在更广范围内落地实施，顺应农技服务需求多样化趋势，坚持政府和市场协同发力，因地制宜选择一批农民合作社、农业企业等经营主体，参与项目实施，促进公益性农技服务和经营性服务融合发展。

7 结语

罗平县烤烟—油菜轮作区油菜化肥农药减施技术集成示范表明，通过品种改良、缓控释肥应用、绿色精准防控及全程机械化作业等措施，能够有效实现油菜生产的绿色转型。该技术体系不仅提升了油菜产量与经济效益，而且降低了化肥农药对环境的影响，具有重要的推广意义。建议在未来工作中继续扩大示范规模，强化项目对科技推广的引领，通过油菜绿色高产高效暨单产提升整建制推进、油菜病虫害绿色防控、作物秸秆综合利用重点县等油菜多项目整合、多级联动、全产业链协作，构建“国家、省、市、县、乡、村”多级科技服务推广网络，推动农技队伍下沉田间地头，“手把手”指导农户解决好生产过程中的实际问题，加快把农业科技创新成果高效转化为现实生产力。加强配套政策支持，推动油菜产业向更高质量、更可持续的方向发展。

参考文献

[1] 燕林祥, 周翠萍等.早熟耐旱油菜新品种展示筛选评价[J].安徽农业科学 2021,49(18). 30-32.

[2] 朱玉芬, 钱成明等.曲靖市油菜新品种品比试验[J]. 云南农业科技, 2020(4):55-57.

[3] 陈华, 李庆刚, 余绍伟等.云南油烟轮作区油菜缓释肥施用技术模式研究[J].中国农技推广,2019,35（增刊1）: 61-64.

[4] 石红磊.机械化直播油菜的高产栽培技术要点[J].南方农机, 2024(2):67-69.

The effect and improvement path of fine management and protection of plain ecological forest under the leadership of Beijing collective forest farm

Jianfeng Ren

Beijing Daxing District Weishanzhuang Town Industrial Development Service Center, Beijing, 102600, China

Absrtact

Based on the historical investigation of the management and protection practice of ecological forest in Beijing plain, this paper combs the evolution track and internal logic of the dominant mode of collective forest farms, analyzes the four path constraints faced by the current refined management and protection, and then puts forward the breakthrough mechanism from the four dimensions of differentiated resource allocation, adaptive technical scheme, dynamic assessment system and learning field construction, aiming at providing theoretical reference and practical guidance for improving the quality and efficiency of plain ecological forest management and protection.

Keywords

collective forest farm; plain ecological forest; refined management and protection; path constraint; breakthrough mechanism

北京集体林场主导下平原生态林精细化管理管护成效与改进路径

任建峰

北京市大兴区魏善庄镇产业发展服务中心, 中国·北京 102600

摘 要

平原生态林作为北京城市生态安全格局的关键组成部分,其管护质量直接影响区域生态服务功能的持续释放与城市人居环境的长效改善。集体林场主导的管护模式经过近二十年的实践探索,已从最初的粗放式看护逐步演进为以精细化作业为导向的系统性管理体系,然而这一转型过程中暴露出的资源约束、技术适配、考核错位与路径锁定等深层矛盾,正在制约管护效能的进一步提升。本文基于对北京平原生态林管护实践的历史性考察,梳理集体林场主导模式的演化轨迹及其内在逻辑,剖析当前精细化管理面临的四重路径约束,进而从差异化资源配置、适应性技术方案、动态考核体系与学习型场域构建四个维度提出突破机制,旨在为平原生态林管护的提质增效提供理论参照与实践指引。

关键词

集体林场;平原生态林;精细化管理;路径约束;突破机制

1 引言

北京平原地区的大规模造林工程启动以来,数十万亩新增林地的后续管护问题便成为困扰林业管理部门的核心议题。造林易而管护难,这一朴素的经验判断在平原生态林的实践中得到了充分印证,与山区天然林依托自然演替即可维持基本稳态不同,平原人工林的树种配置、林分结构乃至土壤条件均带有强烈的人为设计痕迹,一旦后续管护缺位,病虫害蔓延、林木长势衰退、林下植被退化等问题便会接踵而至。集体林场作为承接平原生态林管护任务的主体力量,其组织形态介于国有林场的行政化运作与分散农户的个体化经营之间,既具备一定的资源整合能力,又保留着与属地

村庄的紧密联结,这种独特的制度位置使其成为观察平原生态林管护模式演变的理想窗口。

2 集体林场主导下平原生态林精细化管理管护的演化轨迹

2.1 管护模式从粗放到精细的阶段性跃迁

回溯北京平原生态林管护的发展历程,可以清晰地辨识出三个具有质性差异的阶段。早期的管护基本等同于“看护”,集体林场的职责局限于防止人为破坏与牲畜啃食,技术含量极低;随着林木进入快速生长期,病虫害防治、整形修剪等专业性作业需求日益凸显,单纯的看护已无法满足林分健康发展的要求。中期阶段开始引入分类经营的理念,依据林地的区位条件与主导功能将管护对象划分为不同类型,管护内容也从被动防护拓展至主动抚育,这一转变标志着精细化思维的初步萌芽^[1]。

【作者简介】任建峰(1985—),男,中国北京人,硕士,工程师,从事林业养护研究。

2.2 主体角色与责任关系的历史性重构

管护模式的演进必然伴随着主体格局的重新调整。早期阶段的集体林场更像是乡镇政府的派出机构,其管护行为高度依赖行政指令的驱动,与上级林业部门之间形成的是一种简单的“下达—执行”关系;这种单向度的责任链条在面对复杂多变的林地实际状况时往往显得僵化而迟钝,信息的纵向流动阻滞严重。随着精细化要求的提升,集体林场开始被赋予更多的现场裁量权,场长及技术骨干可以根据林地的具体状况调整作业时序与技术参数,这种权力下沉在一定程度上缓解了“一刀切”的弊病^[2]。

2.3 技术工具应用与管护流程的协同演进

技术工具的更新换代并非简单的设备替换,而是会深刻重塑管护流程的组织方式。以病虫害防治为例,传统模式下的防治作业高度依赖管护人员的经验判断,这种模式的优势在于灵活性强,劣势则在于难以复制与标准化;无人机施药技术的引入打破了这一格局,作业效率的大幅提升使得防治时机的把握从“被动跟随”变为“主动预防”成为可能,但与此带来的是对航线规划、药剂配比等参数的精细控制要求,管护流程由此增加了飞前准备、飞行监控、效果评估等新环节。遥感监测技术的应用则从根本上改变了林地巡查的逻辑,卫星影像与无人机航拍的结合使得林分变化的早期识别成为现实,管护工作的重心由此从“发现问题后处置”前移至“预判风险并干预”。

3 集体林场主导下平原生态林精细化管理管护的路径约束

3.1 精细化要求与管护资源有限性的发展矛盾

精细化管护的本质诉求是以更高的资源投入换取更优的管护产出,然而集体林场所能调动的资源总量始终受到刚性约束。财政拨付的管护资金需要覆盖人工费用、物料采购、设备维护等多个支出科目,而近年来劳动力成本的持续攀升使得人工费用在总支出中的占比不断扩大,留给技术升级与物料改善的空间被严重压缩。更为棘手的是人力资源的结构性短缺,当前从事一线管护作业的人员以本地中老年村民为主,这一群体在新技术新设备的学习应用方面存在明显的断层,而具备专业背景的年轻人才又因薪酬待遇与职业发展前景的限制难以引入^[3]。

3.2 技术规程标准化与林地异质性的适应困境

统一的技术规程是精细化管理的制度基石,它为作业行为提供了明确的参照系,也为质量验收提供了客观的评判标准。然而,平原生态林的林地条件呈现出高度的异质性:不同地块的土壤质地、地下水位、小气候环境存在显著差异,不同批次造林所采用的树种配置、株行距设计也各不相同。标准化规程在面对这种异质性时往往显得力不从心,规程规定的浇水频次在沙质土壤地块可能不足以维持林木水分需求,在黏质土壤地块却可能造成渍害;规程规定的修剪时间

窗口在温暖年份或许合适,在寒流提前到来的年份则可能导致伤口愈合不良。

3.3 长期生态效益与短期考核指标的时间错配

生态林管护的终极目标是实现林分的长期健康与生态服务功能的持续释放,这一目标的达成需要以十年乃至数十年为尺度的持续投入与耐心等待。然而,现行的考核体系却高度聚焦于年度可量化指标:抚育面积完成率、病虫害发生率控制指标、林木保存率等数据构成了评判管护绩效的主要依据。这种时间尺度的错配催生出一系列扭曲行为,为了在短期内拉低病虫害发生率,管护人员倾向于加大化学农药的使用剂量,这种做法虽能压制当年的虫情,却可能破坏林地的生态平衡;为了确保林木保存率指标达标,对于长势衰弱但尚未完全死亡的病株,管护人员往往选择拖延清理而非及时伐除并补植健康苗木^[4]。

3.4 路径依赖对管护模式创新形成的惯性锁定

集体林场经过多年运作,已经形成了一套相对稳定的管护惯例:固定的作业班组配置、习惯性的技术路线选择、默契的内部分工安排,这些惯例降低了日常运转的协调成本,却也构成了阻碍模式创新的惯性力量。当新的管护理念或技术方案出现时,集体林场的第一反应往往不是积极拥抱,而是评估其对现有惯例的冲击程度,引入新设备意味着原有操作人员需要重新培训甚至面临淘汰,调整作业流程意味着已经磨合顺畅的班组关系需要重新建构,这些转换成本的存在使得“维持现状”成为风险最小的选择。

4 集体林场主导下平原生态林精细化管理管护的突破机制

4.1 构建资源集约与精准投入的差异化管护路径

在资源总量约束难以短期突破的前提下,提升资源配置效率成为缓解供需矛盾的现实选择。差异化管护路径的核心思路是打破“一视同仁”的资源平均分配逻辑,依据林地的功能定位、现实状况与发展潜力进行分类分级,对不同类别的林地匹配不同强度的管护投入^[5]。具体而言,可将管护对象划分为重点提升区、常规维护区与最低保障区三个层级:重点提升区主要包括城市近郊的景观展示林带、重要交通干线两侧的可视区域以及生态功能节点等,这些区域的管护标准应对标园林绿化的精细化程度,在人员配置、作业频次与物料投入上给予倾斜;常规维护区覆盖大部分远郊生态林,按照现行技术规程的中等水平执行,确保林分基本健康即可;最低保障区则针对立地条件极差、改造成本过高的边角地块,采取近自然经营的思路,以最小干预维持其基本存续。这种分级策略的实施需要以科学的林地评估为前提,可借助遥感数据与地面调查相结合的方式,对全域林地进行系统摸底与动态更新,确保分级依据的客观性与时效性。

4.2 设计嵌入地方性知识的适应性技术方案

化解技术规程标准化与林地异质性之间张力的关键,

在于为基层管护主体预留合理的调适空间。适应性技术方案的设计应遵循“框架统一、参数弹性”的原则：框架层面明确管护作业的基本类型、质量底线与禁止行为，确保整体方向不偏离；参数层面则针对浇水量、施肥配比、修剪强度等可调节变量，设定合理的浮动区间而非单一数值，允许基层根据林地实际状况在区间内自主选择。更为重要的是建立地方性知识的吸纳机制，那些在某一地块管护多年的老护林员，往往积累了大量关于本地林木习性、病虫害发生规律、气候异常征兆等方面的经验性知识，这些知识虽然难以用标准化的技术语言表述，却具有极高的实践价值。可通过定期召开“管护经验交流会”的方式，为老护林员提供分享心得的平台，由技术人员将其中具有普遍意义的内容提炼整理，形成对正式规程的补充性指引。这种自下而上的知识生产路径，能够有效弥合书本知识与在地经验之间的鸿沟。

4.3 建立过程监测与结果评估联动的动态考核体系

纠正短期指标导向偏差的根本之策，在于重构考核体系的时间维度与内容结构。过程监测与结果评估的联动机制试图在年度考核的既有框架内，嵌入对管护行为合理性的过程性判断。具体操作可从两个层面展开：一是引入关键作业环节的“留痕”要求，借助移动终端设备记录作业时间、地点、内容与操作人员等信息，形成可追溯的电子台账，考核时不仅核查最终结果指标，还要抽查作业过程的规范性与及时性；二是设置若干反映林分长期健康状况的“慢变量”指标，如林下植被多样性指数、土壤有机质含量变化趋势、天敌昆虫种群恢复情况等，这些指标虽然难以在单一年度内发生显著变化，却能够揭示管护行为的累积效应。考核权重的设置应当体现对长期效益的重视，可将“快变量”与“慢变量”的权重比例设定为六比四左右，既保留对当年工作的督促，又传递出关注长远的政策信号。对于连续多年“慢变量”指标持续改善的集体林场，可给予额外的资源倾斜或荣誉激励，引导其行为逻辑向长期主义回归。

4.4 培育有利于模式迭代与知识共享的学习型场域

打破路径依赖惯性锁定的最终出路，在于将集体林场从孤立的执行单元转化为相互连接的学习共同体。学习型场域的构建需要搭建多层次的交流平台：区级层面可组织年度管护创新案例评选，鼓励各集体林场提高在技术改进、流程优化、难题攻克等方面的探索实践，将入选案例编印成册供

全区参考；镇级层面可建立相邻林场的“结对互访”机制，定期组织管护人员跨场观摩学习，打破信息的地理隔断；场级层面则应营造包容试错的内部氛围，对于合理范围内的创新尝试即使未能成功也不予追责，消除基层人员“多做多错”的顾虑。知识共享的载体也需要多元化，除了传统的纸质文档与现场培训外，可探索建立管护知识的数字化平台，将技术规程、操作视频、常见问题解答、典型案例等内容整合上线，方便管护人员随时查阅与学习。平台还可设置互动问答模块，由经验丰富的技术骨干在线解答基层人员的困惑，形成知识流动的常态化渠道。学习型场域的真正形成，有赖于组织文化的深层变革，从“完成任务”导向转变为“持续改进”导向，使每一次管护实践都成为积累经验、发现问题、寻求突破的学习机会。

5 结语

集体林场主导下的平原生态林精细化管理，是一项兼具制度创新与技术探索双重属性的系统工程。从演化轨迹的梳理中可以看到，北京的实践已经走过了从粗放到精细的关键跃迁，主体格局、技术工具与管护流程的协同演进为后续发展奠定了坚实基础。然而，资源约束、规程刚性、考核错配与路径锁定等深层矛盾的存在，使得精细化管理的推进并非一路坦途。本文所提出的差异化资源配置、适应性技术方案、动态考核体系与学习型场域构建四重突破机制，并非彼此孤立的政策建议，而是相互支撑、协同发力的整体方案，资源的差异化配置为适应性技术方案的落地提供了物质保障，动态考核体系为差异化路径的合法性提供了制度背书，学习型场域则为整个系统的持续迭代注入了内生动力。

参考文献

- [1] 陈峻崎,张国祯,李磊,等.北京市新型集体林场建设情况及发展路径探析[J].北京农业职业学院学报,2025,39(02):32-38.
- [2] 栗敏.北京市大兴区平原生态林养护经营措施探析[J].绿色科技,2025,27(01):99-104.
- [3] 李磊,郭小卫,张勇,等.北京市怀柔区新型集体林场建设现状及对策浅析[J].南方农业,2023,17(01):242-245+249.
- [4] 李广会.北京市通州区新型集体林场发展实践与思考[J].南方农业,2022,16(09):41-43+47.
- [5] 刘宾.平原生态林养护经营成效及对策——以北京市大兴区为例[J].林业科技通讯,2022,(04):18-23.

Discussion on Comprehensive Prevention and Control Measures for Animal Brucellosis

Hongrui Liang

People's Government of Beixiazhuang Township Yuxian County, Yangquan, Shanxi, 045100, China

Abstract

Brucellosis is a zoonotic disease, classified as a Category B statutory infectious disease and a Category II animal epidemic disease in China. Effective prevention and control of brucellosis are crucial for reducing its incidence, which is significant for the development of animal husbandry, safeguarding human health, and maintaining public health security. This article first describes the current status of brucellosis in China, then provides a detailed explanation of its pathogenic sources, epidemiological characteristics, clinical symptoms, pathological changes, and diagnostic methods. Based on this, it preliminarily explores 10 prevention and control measures for brucellosis. Finally, it proposes reducing the overall prevalence of brucellosis through continuous monitoring and purification.

Keywords

Brucellosis; zoonosis; prevention and control measures

探讨动物布鲁氏菌病的综合防控措施

梁红瑞

孟县北下庄乡人民政府, 中国 · 山西 阳泉 045100

摘 要

布鲁氏菌病为人畜共患病, 在中国将其列入乙类法定传染病、二类动物疫病, 做好布鲁氏菌病的防控工作, 降低布鲁氏菌病的发病率对畜牧业的发展, 保障人类身体健康维护公共卫生安全有着重大的意义。本文首先就我国当前布鲁氏菌病的现状进行说明, 然后详细讲解布鲁氏菌病的致病源、流行特点、临床症状、病理变化、诊断方法等, 在此基础上就如何预防和控制布鲁氏菌病进行初步探讨提出了10条防控措施, 最后通过持续的监测与净化降低布鲁氏菌病的总体流行率。

关键词

布鲁氏菌病; 人畜共患病; 防控措施

1 引言

2024 年全国共报告 67418 个布鲁氏菌病病例, 其中 4 人死亡, 同比下降 10%, 在乙类法定传染病报告病例数中排第六。畜间布病疫情 3453 起, 同比下降 22%, 近年来第一次出现下降。

2 认清致病源、流行特点、症状、病理变化及诊断方法

布鲁氏菌病, 又有地中海弛张热、马耳他热、波浪热等称谓, 是一种由布鲁氏菌 (*Brucella*) 引起的动物源性传染病, 布鲁氏菌是一种革兰氏阴性的不运动细菌, 无荚膜(光滑型有微荚膜), 触酶、氧化酶阳性, 绝对嗜氧菌, 可还原硝酸盐, 细胞内寄生, 可以在很多种家畜体内存活。

布鲁氏菌病为常年发病, 人、牛、羊、猪、鹿、犬、猫、

骆驼等家畜均可感染, 野生动物中羚羊、鹿等也可感染, 为典型的人畜共患传染病。潜伏期为 14 天到 180 天。猪、牛、羊最易感染, 母畜比公畜成年畜比幼畜发病多, 母畜第一次妊娠发病较多。主要传染源为感染及发病的人和动物、感染及发病的人和动物的排泄物、分泌物、被布鲁氏菌污染的水源也是传染源。传播途径呈多样性, 可经食道、受损的皮肤、呼吸道黏膜、血液等多种途径传播。人主要通过皮肤、粘膜、消化道和呼吸道感染, 尤其是感染布鲁氏菌的病牛病羊, 病猪感染人的较为少见, 病犬感染人的极其罕见。布鲁氏菌病一般预后良好, 发病率较高但死亡率较低。

未成年动物、未怀孕动物感染布鲁氏菌不表现明显的症状, 妊娠母畜第一胎发病较多症状较明显, 牛怀孕后 5-9 月、羊怀孕 3-4 月最易流产、猪在怀孕任何时期都可能流产, 产死胎弱胎, 母畜常出现类似临产的征兆, 如: 阴户及乳房膨胀、焦躁不安、时起时卧, 流产后常伴有恶露排不尽等症状; 公畜感染布鲁氏菌病后视诊: 睾丸出现明显的红、肿、热、疼等症状, 病畜排赤黄色尿液有时也出现血尿, 同时引起不孕不育; 布鲁氏菌病长期流行地区, 母畜感染后可能不

【作者简介】梁红瑞 (1983—), 男, 中国山西孟县人, 本科, 兽医师, 从事动物医学研究。

流产,主要症状为乳房炎、关节炎、胎衣不下、久配不孕等;慢性感染布鲁氏菌病的母畜主要症状为不孕不育。

布鲁氏菌病主要的病理变化为公畜生殖器官炎性坏死、脾、淋巴结、肝、肾等出现特征性布鲁氏菌结节;怀孕或流产母畜子宫内膜出现炎性浸润、充血、出血、坏死;流产胎儿呈败血症、浆膜和粘膜有出血,皮下结缔组织发生浆液性、出血性炎症。

根据病畜的临床症状和流行病学调查基本可以判定为布鲁氏菌病,确诊必须以实验室检测结果为准^[1]。由执业兽医在做好自身防护的前提下采集病畜血液经离心得到血清后送至专门实验室进行检测。临床上常用虎红平板试验做初步诊断,结果为阳性的再经试管凝集反应试验或补体结合试验做复检。推广养殖场使用布鲁氏菌荧光偏振抗体检测试剂盒检测。

3 做好动物布鲁氏菌病预防工作

3.1 提高动物养殖场对布鲁氏菌病的防控意识。

动物养殖户对布鲁氏菌病防控工作认识不到位是布鲁氏菌病发生的根源所在。当前很多养殖场没有认识到布鲁氏菌病的可怕之处,对布鲁氏菌病防控没有采取积极措施,在养殖过程中违规操作,在不采取防护措施的情况下直接接生、直接接触病死动物、流产胎儿等时有发生,对此,养殖场应对新员工进行岗前培训,制定布鲁氏菌病防控培训计划,定期组织员工学习布鲁氏菌病防治知识,提高其防护意识。

3.2 合理布局养殖场做好防疫基础。

养殖场区位置应独立,要与主要交通干道、居民生活区、水源地、屠宰厂、畜禽交易市场等保持必要的距离(具体要求见《动物防疫条件审查办法》),养殖场地势应较高、排水良好、背风向阳、通风干燥,养殖场建设时应将生产区、生活区粪污处理区分开,净道污道严格分开。场区四周建设防疫墙或防疫沟以切断外部易感动物进入场区的途径。

3.3 养殖场应制订布鲁氏菌病防控工作方案和应急处置预案。

关键环节重点岗位要明确责任人明确职责,同时建立布鲁氏菌病防控相关的排查、日常管理、防护用品使用、消毒及效果评估等制度并按制度要求严格执行^[2]。建立工作人员健康管理制度,养殖企业应组织全场工作人员包括养殖工人、技术员及兽医等在上岗前开展健康检查,建立员工健康档案,每年组织一次健康检查和布鲁氏菌病检查,取得健康证明,每日上岗前实行测体温观察症状,发现疑似患者,应及时送医,发现布鲁氏菌病确诊患者的,要及时报告,立即治疗同时调离养殖场。

3.4 做好饲养管理工作。

养殖场应根据所养动物的生产需求和生长阶段合理配制饲料,保证饲料品质不使用过期、受潮、发霉或生虫的饲

料,以保证动物得到合理的营养,增强其免疫力以减少疫病发生;养殖场应根据所饲养动物制定相应的饲养管理制度并严格执行,科学的饲养管理制度不仅可以提高养殖场的生产效率和质量还可以确保动物健康降低疫病的发生率。

3.5 做好免疫接种工作。

免疫疫苗是预防布鲁氏菌病的有效途径之一,规模牛场3-4月龄健康犊牛皮下注射A19疫苗或每年秋季对3月龄以上牛口服S2疫苗;规模羊场用M5疫苗皮下注射或肌肉注射,S2疫苗灌服,散养户春秋防集中免疫,种畜孕畜不接种布鲁氏菌疫苗,奶畜接种应向当地农业农村局提出申请批准后方可接种;免疫要依据不同的动物种类、疫苗种类和接种途径严格按照疫苗说明书要求接种,严格按照疫苗运输要求做好冷链运输,疫苗接种时检查疫苗是否过期、泄漏,按照规范剂量和规范方式给药,按照免疫程序在规定时间内免疫;接种时应避开高温、湿热、刮风天气,接种前后3日禁止使用抗生素类药物。

3.6 做好消毒工作。

养殖户应针对不同区域、不同年龄段动物采取相应的消毒措施。消毒剂可以使用含氯消毒剂、含碘消毒剂、消毒酒精等符合国家标准GB27953并具有生产许可证的厂家生产的消毒剂,消毒对象应包括牛羊舍、生活办公场所、员工、生产生活用具等。养殖场门口应修建消毒池,两边能覆盖所有车辆,消毒池长度应大于最大车轮周长的1.5倍,深度大于0.3米,消毒液应能够淹没轮胎,消毒液应根据通过车辆数量调整更换频率,但最少的1周更换一次。养殖生产区入口要修建消毒更衣室,配备紫外线消毒灯和喷雾消毒设备,地面设备消毒垫,进入生产区一定要更衣换鞋^[3]。养殖场内不同区域工作有员使用不用颜色或者标识的工作服,这样可以有效避免因穿错工作服导致疫病传播。养殖场内工具用具应专舍专用,如确需跨舍共用时应经充分消毒后使用,消毒方法应根据工具用具材料选择高压蒸汽、煮沸、熏蒸、消毒液浸润等较为严格的消毒方法。

3.7 做好动物出栏补栏工作。

动物出栏时最好全进全出,一经出圈的动物严禁返回圈舍饲养,清圈后要进行全面彻底消毒。动物补栏最好选择自繁自养,如必须引种时应选择免疫记录完整、经过官方兽医检验检疫并出具《动物检疫证明》的种畜,在入场前做好全面消毒和隔离饲养工作(建议隔离1个月),养殖场自检确认无布鲁氏菌病的方可进入种畜圈饲养,通过人工授精配种的严把精源关,杜绝引入阳性精液。

3.8 做好养殖场的生物安全工作。

养殖场生物安全是防控动物疫病的重要途径,目的是通过多方面的管控来切断病原体的传播途径,保障畜禽健康。

(1).为确保饲料安全,养殖场内所用饲料均应来自无疫饲料场生产线。饲料入场前应进行品质与病原检测,布鲁氏菌抽检合格的后方可进入养殖场。运输饲料应使用专用全封闭

饲料车负责运输。车辆到达场区入口时对驾驶室及车身进行采样检测,确认布鲁氏菌病原阴性后,方可进行洗消作业,包括全面清洗、彻底消毒、68℃烘干40分钟,通过料管隔墙将饲料转入场内饲料间。(2)场内工作人员不能随意外出,如确需外出者应告诫其尽量不要到其它养殖场、畜禽交易市场、畜禽屠宰场等高风险区域。入场前必须经布鲁氏菌病检测阴性后经淋浴更衣严格消毒后方可进入。(3)养殖场所需的生产生活物资、兽药疫苗等均实行统一采购、集中配送。所有物资均经布鲁氏菌抽样检测,阴性者方可运输至养殖场。物资抵达养殖场大门后,先经过大门清洗消毒通道再经过外生活区洗消通道,然后根据使用需求,物资再经生产区物资清洗消毒通道处理,最终分发至各栋舍使用。

3.9 做好无害化处理工作。

病死动物是疫病传播中重要的传染源之一,特别是病死的母畜及母畜流产所生的死胎弱胎都极有可能带有布鲁氏菌,因此病死动物、死胎弱胎及胎衣等应做无害化处理严禁出售和随意丢弃,日常巡栏中如发现死亡动物特别是因早产、流产等原因死亡的动物时,饲养员应穿防护服、戴手套口罩,采集其口、鼻、羊水、阴道分泌物等拭子样本,送实验室进行布鲁氏菌检测。采样后用消毒液对死亡动物所在栏位及周边通道进行彻底消毒。采样人员需在过道出口处脱下所有防护用品,脚踩浸有2%烧碱溶液的消毒桶后离开,并立即上报情况。在检测结果出具前,该区域暂停其他作业与人员活动,实行临时隔离。布鲁氏菌阴性在做好全身防护的前提下,开始病死动物转运工作,运至无害化处理区,完毕后对所经路线、车辆及工具等进行清洗消毒。病死动物及产品的无害化处理方法应按照当地农业农村主管部门制定的政策统一执行。

3.10 建立布鲁氏菌病监测体系

以规模养殖场、动物屠宰场、动物交易市场、动物隔离场、病死动物无害化处理场,建立省、市、县、乡、村五级布鲁氏菌病监测网络。省级农业农村部门与同级卫生健康部门建立布鲁氏菌病信息共享机制,两部门及时推送动物布鲁氏菌病和人间布鲁氏菌病信息。农业农村部门收到卫生健康部门推送的人感染布鲁氏菌病信息后应立即开展流行病学调查,及时发现传染源做好扑杀阳性动物、消毒及无害

化处理等工作,以防布鲁氏菌病疫情扩散。卫生健康部门在接到农业农村部门推送来的动物感染布鲁氏菌病信息后应在一定范围发出预警,提示人们注意自身防护减少接触发病动物、发病动物的排泄物分泌物等,以防感染布鲁氏菌病。

4 持续做好监测与净化工作

监测对象应选择牛、羊、猪、鹿等易感动物,监测方法采取流行病学调查、血清学诊断及病原学诊断。对规模养殖场进行常规监测,按照养殖场数量和动物存栏量随机抽检,建议对每个规模化动物养殖场每年进行2次每次采样20份,对抽检结果为阴性的养殖场在没有引种的情况下可以不进行重复检测,有引种或有布鲁氏菌病临床症状的要第一时间监测。对监测出有阳性病例的要对该场或整个乡镇所有动物进行检测,对检测出的阳性动物应按照《中华人民共和国动物防疫法》规定的“二类”动物疫病进行上报、控制、扑杀、无害化处理等进行处置,以防疫情扩散,禁止养殖场对病畜采取药物治疗。扑杀的病畜由当地病死畜禽无害化处理机构进行处理,严禁养殖场自行屠宰出售。发病养殖场应对全场(包括环境、工具、用具等)进行彻底清扫、冲洗、消毒等处置后,建议养殖场休养半至1年后再进行复养,以降低布鲁氏菌病复发的可能性。

5 结语

对于养殖户来说,布鲁氏菌病会对动物身体健康造成严重影响,一旦发病动物将面临被全部扑杀风险,经济损失非常严重。同时布鲁氏菌病作为一种典型的人畜共患传染病也会传染给养殖场员工及其家属影响其身体健康。因此,养殖场应对布鲁氏菌病进行严格防控,降低发病风险,以提高养殖经济效益保障人畜身体健康。

参考文献

- [1] 杨昌龙.牛布鲁氏菌病流行特点及综合防控措施[J].农技服务,2015,32(03):148.
- [2] 才秀加.牛布鲁氏菌病的流行病学特征及综合防控措施[J].畜牧业环境,2025,(18):57-58.
- [3] 石明伟,王彦来,魏晓军,等.牛布鲁氏菌病免疫创新技术的应用成效探析[J].兽医导刊,2024,(04):38-40.

Field Resistance of Different Potato Varieties to Late Blight in Wushan County

Xiaofeng Ling

Wushan County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Wushan, Gansu, 741300, China

Abstract

The potato industry serves as a vital sector for Wushan County's food security, with an annual cultivation area of 210,000 mu (approximately 14,000 hectares) and an affected area of around 80,000 mu. To enhance the quality and efficiency of the potato industry, increase farmers' income, and provide theoretical support for variety selection in the county's potato sector, the Wushan County Plant Protection and Plant Inspection Station, under the "Demonstration and Promotion of Green Control Technology for Late Blight in Potatoes" project in 2023, conducted field resistance tests on 8 late-maturing and 13 early-maturing potato varieties introduced from the Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences. The tests identified three high-quality late-maturing varieties: Longshu No.14, Qingshu No.10, and L109-43, as well as three early-maturing disease-resistant varieties: V7, Xueyin No.10, and Huayu No.6.

Keywords

Potato; Late blight; Variety; Disease resistance

武山县不同马铃薯品种对马铃薯晚疫病的田间抗性研究

令小峰

武山县农业农村局, 中国·甘肃 武山 741300

摘要

马铃薯产业是武山县保障粮食安全的重要产业, 年种植面积达到21万亩, 年发生面积8万亩左右, 为了马铃薯产业进一步提质增效, 增加农民收入, 为全县马铃薯产业推广品种选择提供理论支撑, 2023年依托“马铃薯晚疫病绿色防控技术示范与推广”项目, 武山县植保植检工作站从甘肃省农业科学院马铃薯研究所引进8个晚熟马铃薯品种、13个早熟品种进行田间抗性鉴定试验, 筛选出了陇薯14号、青薯10号、L109-43个3个优质马铃薯晚熟品种, V7、雪引10号、华渝6号3个早熟抗病马铃薯品种。

关键词

马铃薯; 晚疫病; 品种; 抗病性

1 研究目的

马铃薯晚疫病 [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] 又称疫病, 是由致病疫霉引起的一种真菌性病害, 主要为害马铃薯叶、茎及块茎^[1]。为了进一步推动马铃薯产业提质增效, 增加农民收入, 为全县马铃薯产业推广品种选择提供理论支撑, 2023年依托“马铃薯晚疫病绿色防控技术示范与推广”项目, 武山县植保植检工作站从甘肃省农业科学院马铃薯研究所引进8个晚熟马铃薯品种、13个早熟品种进行田间抗性鉴定试验,

通过对比品种间的抗病性、商品率、产量等指标, 选出适合武山县气候条件优质品种, 为全县马铃薯产业提质增效

提供理论支撑。

2 研究材料与方法

2.1 研究材料

晚熟品种为: 陇薯14号、青薯10号、青薯9号、陇薯22号、陇薯16号、陇薯10号、L109-4、CK; 早熟马铃薯品种为: 西森6号、V7、红美、226、雪引2号、雪引10号、雪煜10、克新19号、京张薯1号、陇薯19号、华渝6号、冀张14号、CK; 雪引1号。以上品种均由甘肃省农业科学院马铃薯研究所提供。

2.2 研究地点

研究地点设在武山县洛门镇刘坪村。试验地海拔1400m, 常年种植早熟马铃薯, 马铃薯晚疫病一般中度发生。试验地面积243.75m², 黄壤土, 肥力中等, 排灌方便。

2.3 研究方案设计

按照统计学将各个小区随机排列, 每个早熟品种进行3

【作者简介】令小峰(1986—), 男, 甘肃武山县人, 农艺师, 主要从事农作物病虫害监测防治研究。

次重复,共设39个小区,小区总面积243.75 m²。单行种植,每个小区共种36株,株距20厘米,行距65厘米,小区四周空置作为保护行;每个早熟品种进行3次重复,共设24个小区,小区总面积152 m²。单行种植,每个小区共种36株,株距20厘米,行距65厘米,小区四周空置作为保护行^[2]。

3 种植方法及田间管理

于2023年2月24日播种,实行单行高垄地膜覆盖点播。种薯切块按照切一刀消毒液沾水一次进行,薯块应保留健壮的芽点1至2个,切分后的种薯需拌入“微生物菌剂”并静置15至20小时再进行播种。播种前需施足底肥,通常每亩施用复合肥50公斤及腐熟羊粪768公斤。种薯播下后需覆盖地膜。出苗期间应及时查看幼苗生长情况,辅助破膜以便出苗。整个生育期内,使用吡虫啉防治蚜虫两次。生长季内前期遭遇持续干旱,后期降水较多,并于6月24日受到一次冰雹灾害影响。

3.1 调查方法

3.1.1 调查时间

幼苗全部出齐后,每周进行一次田间巡查,以便及时识别病害初发阶段。在发现晚疫病发病中心后,需提高调查频率至每三天一次,持续观察直至马铃薯植株叶片完全枯黄为止。

3.1.2 调查方法

调查需覆盖试验小区内全部植株,通过统计病株数量以计算其占比。在此基础上,重点选取发病程度最高的三株,对它们的病情等级及病株总数进行详细记录。

3.2 评价方法

马铃薯晚疫病抗病性评价方法参照“表3马铃薯品种(系)抗病性评价”^[3],如表1所示:

表1 马铃薯品种(系)抗病性评价

抗性水平	英文缩写	病情指数(Y)
高抗	HR	Y≤1
抗病	R	1<Y≤10
中抗	MR	10<Y≤20
中感	MS	20<Y≤30
感病	S	30<Y≤40
高感	HS	Y>40

4 抗性监测结果

发病始见期 早熟品种共有11个品种发生晚疫病,其雪引2号、雪煜10号发病较早,在4月28日发病,V7、华渝6号未发生晚疫病;其余品种在5月6日至5月30日期间发病;参试的8晚熟个品种全部发生晚疫病,其陇薯16号发病最早,在5月8日发病,其余品种在5月19日至6月10日期间发病。

各品种发病情况。在发病高峰期调查,早熟品种雪煜10号受病害影响最为显著,其平均病株率达到35%,高峰期病指为13;V7、华渝6号未观察到晚疫病发生;其余10个品种的病情指数按从高到低顺序排列如下:雪引2号>京张薯1号、冀张14号>雪煜10号>克新19号、红美>226、陇薯19号>CK:雪引1号>西森6号、雪引10号。高峰期病指为18-1,高峰期病株率从35%到3%之间;晚熟品种陇薯22号发病最重,病株率为28%,高峰期病指为21;其余7个品种病指由高至底依次为陇薯10号>陇薯16号>青薯9号>L109-4>青薯10号>陇薯14号。高峰期病指为21-3,高峰期病株率从25%到9%之间。

5 抗性表现

从表2可看出,各早熟品种中对马铃薯晚疫病均有一定抗性,其中西森6号、V7、雪引10号、华渝6号抗性表现最好,为高抗;其余8个品种:表现为中抗,对照品种为抗病;从表3可看出,5个晚熟品种对马铃薯晚疫病有一定的抗性,其中陇薯14号、青薯10号、L109-4抗性表现较好,为抗病(R);其余3个品种表现为中感(MS),对照品种表现为中抗(MR)。

6 产量结果分析

6.1 经济性状

从表4可以看出,13个早熟品种中,V7、西森6号、华渝6号的出苗率最高,均达到90%以上,雪煜10号的出苗率仅为68.7%;其余各品种的出苗率在88.1%至90%之间。从植株高度表现来看,西森6号的植株平均株高60cm,表现最高;红美的植株高度仅为32cm;其余各品种株高在36cm至50cm之间;从表5可以看出,8个晚熟品种中,陇薯14号的出苗率95.2%,表现最好;陇薯16号的出苗率75.3%,表现最差;其余品种出苗率在82%-93%之间。从植株高表现方面看,陇薯14号平均株高65cm;L109-4平均株高为46cm;其余品种植株高度在36cm至50cm之间。

6.2 产量

13个早熟品种中,226产量最高,达3579.81 kg;其次为V7、雪引10号、京张薯1号、华渝6号、冀张14号的产量也达到三千公斤以上,产量最低的为雪煜10号;晚熟品种中,陇薯14号,达到3037.04kg/667m²,产量最高;其次为青薯10号,2476.85kg/667m²,产量最低的为陇薯22号,因今年气候异常,加上试验经历冰雹灾害,产量应低于正常年份。故筛选优良品种产量只作为参考条件,主要参考品种抗性来选择良种。

6.3 群众反馈

根据基地群众反馈,早熟品种中226后期贮存易感腐烂病,京张薯1号芽眼深,商品性差,V7、雪引10号、华渝6号薯型光滑,芽眼浅,商品性好。

表 2 不同马早熟马铃薯品种发生晚疫病情况及抗性情况

序号	品种（系）	播期	齐苗期	始发病期	发病高峰期	高峰期	高峰期	抗性表现
		月 / 日	月 / 日	月 / 日	月 / 日	病株率 /%	病指	
1	西森 6 号	2/24	4/5	5/18	5/30	3%	1	HR
2	V7	2/24	4/5			0	0	HR
3	红美	2/24	4/5	5/7	5/28	24%	12	MR
4	226	2/24	4/5	5/6	5/28	26%	11	MR
5	雪引 2 号	2/24	4/14	4/28	5/30	27%	18	MR
6	雪引 10 号	2/24	4/10	6/15	6/23	5%	1	HR
7	雪煜 10 号	2/24	4/10	4/28	5/28	35%	13	MR
8	克新 19 号	2/24	4/14	5/20	6/10	28%	12	MR
9	京张薯 1 号	2/24	4/15	5/30	6/23	25%	14	MR
10	陇薯 19 号	2/24	4/15	5/30	6/23	20%	11	MR
11	华渝 6 号	2/24	4/14			0	0	HR
12	冀张 14 号	2/24	3/27	5/30	6/23	30%	14	MR
13	CK：雪引 1 号	2/24	3/27	5/10	6/23	15%	8	R

表 3 不同晚熟马铃薯品种发生晚疫病情况及抗性情况

序号	品种（系）	播种期	齐苗期	发病初期	发病高峰期	高峰期	高峰期	抗性表现
		月 / 日	月 / 日	月 / 日	月 / 日	病株率 /%	病指	
1	陇薯 14 号	2/24	4/14	5/25	5/30	9%	3	R
2	青薯 10 号	2/24	4/8	5/25	6/15	10%	4	R
3	青薯 9 号	2/24	4/19	6/10	6/22	20%	12	MR
4	陇薯 22 号	2/24	4/14	5/19	6/5	28%	21	MS
5	陇薯 16 号	2/24	4/7	5/8	5/30	25%	21	MS
6	陇薯 10 号	2/24	4/18	5/28	6/22	25%	23	MS
7	L109-4	2/24	4/14	5/28	6/22	15%	8	R
8	CK	2/24	4/7	5/20	5/31	18%	11	MR

表 4 不同早熟马铃薯品种经济性状及产量

品种（系）	出苗率 %	株高 cm	平均单株结实块	大薯		小区产量 /kg				折合产量 kg/667 m²
				比例 %	质量 /kg	处理 1	处理 2	处理 3	平均	
西森 6 号	95.1%	60	5.3	90.11%	20.50	22.75	22.90	21.00	22.22	2468.52
V7	96.3%	39	5.5	93.07%	25.90	27.83	27.15	27.12	27.37	3040.74
红美	90.2%	32	6	88.30%	12.45	14.10	13.95	14.30	14.12	1568.52
226	89.5%	36	5.1	95.44%	30.33	31.78	32.60	32.28	32.22	3579.81
雪引 2 号	80.2%	48	6.2	74.40%	8.58	11.53	11.30	11.77	11.53	1281.30
雪引 10 号	82.6%	50	5.1	91.94%	25.10	27.30	27.10	27.50	27.30	3033.33
雪煜 10 号	68.7%	50	6.5	71.05%	7.98	11.23	11.33	11.70	11.42	1268.52
克新 19 号	88.1%	50	4.8	81.07%	18.53	22.85	23.25	22.90	23.00	2555.56
京张薯 1 号	89.0%	43	5.6	94.64%	29.60	31.28	31.73	31.10	31.37	3485.19
陇薯 19 号	86.5%	38	4.5	89.97%	21.75	24.18	24.10	25.13	24.47	2718.52
华渝 6 号	94.6%	40	4.1	94.56%	21.40	28.18	29.65	29.85	29.23	3247.41
冀张 14 号	90.4%	36	5.1	92.43%	25.35	27.43	27.81	28.15	27.80	3088.33
雪引 1 号	88.1%	40	4.1	90.11%	10.70	11.88	12.73	12.16	12.26	1361.67

表 5 不同晚熟马铃薯品种经济性状及产量

品种（系）	出苗率 %	株高 cm	平均单株 结实（块）	大薯		小区产量 /kg				折合产量 kg/667 m²
				比例 %	质量 kg	处理 1	处理 2	处理 3	平均	
陇薯 14	95.20%	65	6.5	75.00%	29.10	27.10	27.65	27.25	27.33	3037.04
青薯 10	93.50%	55	5.1	83.62%	36.00	21.53	22.60	22.75	22.29	2476.85
青薯 9	90.10%	60	5.2	66.54%	16.90	12.70	13.25	11.70	12.55	1394.44
陇薯 22	86.50%	51	6	73.90%	16.00	10.83	12.70	11.21	11.58	1286.48
陇薯 16	75.30%	48	5	80.91%	23.10	14.28	14.91	13.27	14.15	1572.41
陇薯 10	89.00%	52	4.3	83.19%	24.50	14.73	15.71	15.13	15.19	1687.59
L109-4	91.00%	46	5.2	66.41%	21.95	16.53	17.13	16.22	16.62	1846.85
CK	82.00%	49	5	73.98%	16.35	13.50	14.20	14.30	14.00	1555.56

7 结语

结合产量与抗性，早熟品种 226 虽然产量最好，但是抗性表现为中抗，而且后期易感腐烂病，不作为推荐品种推广。V7、雪引 10 号、华渝 6 号三个品种虽然产量不是最好，但是也达到了三千公斤以上，该品种抗性达到了高抗（HR），薯型椭圆光滑、芽眼少、浅，商品性较其它参试品中好，宜推广种植。结合抗性，晚熟品种陇薯 14 号、青薯 10 号、L109-4 在参试品种中抗性表现最佳，为抗病（R），结合产

量，这四个品种也是同等条件下产量最高的品种，薯型椭圆光滑、芽眼较少、浅，商品性较其它参试品中好，宜推广种植。

参考文献

[1] 吕世安:中国马铃薯产业发展现状与趋势[J].湖北民族学院学报:自然科学版, 2002, 20(4): 29-34

[2] 贵州低海拔地区主栽马铃薯品种对晚疫病的田间抗性 王 清辉; 李威;杨松霖;刘奎; -《贵州农业科学》- 2013-11 15

[3] 王荣;肖卫平;韦青;邓忠国; 不同马铃薯品种对晚疫病的田间抗性试验;《长江蔬菜》2013-07-28,

Research on Precision Implementation Strategies for Promoting Planting Techniques of Featured Agricultural Products

Xiuli Guo

Mi Town People's Government of Lingcheng District, Dezhou, Shandong, 253509, China

Abstract

The planting technology of characteristic agricultural products is an important support for rural revitalization and high-quality agricultural development, and its promotion effect will directly affect the value release of characteristic agricultural industries. The current promotion methods have shortcomings such as supply-demand mismatch and scattered resources, which cannot meet the differentiated needs of industrial development and have become an important bottleneck for the practical application of scientific and technological achievements. Based on the core logic of "precision promotion" in this article, we aim to enhance the timeliness of technology promotion, promote the effective integration of scientific and technological resources with industrial needs, and lay the foundation for improving the competitiveness of characteristic agricultural industries and consolidating the development of rural economy through layered technology promotion, innovative technology dissemination training models, optimized docking mechanisms, and digital empowerment.

Keywords

Specialty agricultural products; Planting techniques; Promotion

特色农产品种植技术推广的精准化实施策略研究

郭秀莉

德州市陵城区糜镇人民政府，中国 · 山东 德州 253509

摘要

特色农产品种植技术是乡村振兴以及农业高质量发展的重要支撑，其推广效果将直接影响到特色农业产业的价值释放。当前推广方式存在供需不匹配、资源分散等缺陷，无法满足产业发展的差异化需要，已成了科技成果向实际应用中的一个重要瓶颈。基于此文章围绕“精准推广”的核心逻辑，从分层技术推广、技术传播训练模式创新、对接机制优化和数字化赋能等方面，提升技术推广的时效性，促进科技资源和产业需要有效地对接，为提高特色农业产业竞争力，夯实乡村经济发展根基奠定条件。

关键词

特色农产品；种植技术；推广

1 引言

在乡村振兴的大背景下，发展特色农业已经是激发乡村经济活力和优化农业产业结构的重要手段，而高效的农业科技成果转化又是实现其产业增值的重要前提。目前，中国特色农业科技推广仍然受制于传统推广方式的“路径依赖”，面临着“科技供应不能满足主体需求”“推广渠道单一”和“服务响应滞后”等问题，阻碍了科技成果的有效转化。“精确推广”概念的提出，为解决这一难题开辟了一条崭新的途径。对特色农产品种植技术推广创新的精准实现战略进行了深入研究，明确了其核心逻辑和实现途径做出了有益的尝试。

2 特色农产品种植技术的简介及其应用价值

2.1 特色农产品主要种植技术

特色农产品种植技术是基于区域的独特气候、土壤和水文等生态条件，形成的标准化和精细化种植技术，包括：品种选择、栽培管理、病虫害绿色防控和品质调控等技术。

品种选择技术是利用分子标记辅助选择，实现对当地生态环境的精确选择，以打破常规育种周期长、稳定性差的限制^[1]。

栽培管理技术整合测土配方施肥、节水灌溉、密植调控等关键科技，达到对土壤营养的精确供应和水分的充分利用，符合当地特色农作物的生长发育节律。

病虫害防控技术将物理防治与生物防治相结合，建立“防治为主，综合防治”的新模式。

品质调控技术是利用生长季的光照调控和水肥精确搭

【作者简介】郭秀莉（1981—），女，中国山东德州人，助理农艺师，从事农业技术、农业经济研究。

配等方法,提高农产品风味和营养等核心质量指数,突出其特有的品种特征。

2.2 应用价值

经济价值的角度来看,通过种植技术辅助特色农产品的产量和质量都得到了一定程度的提高,同时还可以将产业链的价值拓展开来,提高产品的市场竞争能力,帮助种植主体提高质量,促进其发展的规模化和集约化。

社会价值是以乡村振兴战略需要为中心,通过科技的普及,来带动当地的特色农业的产业,同时还能当地的农民提供更多的就业机会,从而推动了乡村的工业结构的优化,从而为乡村的发展打下了坚实的基础。

生态价值体现在:通过采用绿色栽培技术,减少化肥农药的过量使用,减少了农田非点源污染,提高了农田的品质,达到了促进特色农业和生态环境的协调发展,促进了农业可持续发展的目标。

3 特色农产品种植技术推广的精准化实施策略

特色农产品种植技术是解决目前特色农产品问题的重要措施,更是中国特色农业高质量发展的重要支持,因此对特色农产品种植技术进行推广,对发挥其独特的产业赋能作用具有重要意义。

3.1 构建分层分类的技术供给体系

分级技术供应是实施精细化推进的先决条件,其关键是要突破“同质”障碍,准确地匹配“技术供给”和“需求适配”。

在层级维度上,需要根据种植主体的规模水平和技术基础进行分级。以规模化种植合作社和家庭农场为对象,着重提供集约化种植、标准化生产、农产品初加工等一体化的技术解决方案,并在此基础上进行产业链延伸方面的技术服务,促进种植技术规模化提质增效。以小农户为对象,聚焦简化、低成本、易操作的测土配方施肥简化方法、常见虫害简易防治等关键技术,以减少其推广难度。

在分类法的层面上,需要将特色农产品的类别特征和地域的生态差别相融合:按照农作物的种类,可以将其划分成特色果蔬、道地中药材、优质粮油等专有技术系统,例如中药材的人工栽培技术,以及特色果蔬的设施栽培温度控制等。按照地域生态学划分,可分为山地、丘陵和平原三个分区,即山地特色作物的保土栽培技术和盐碱地特色作物的耐盐栽培技术^[2]。

此外以农业科研院所和高校科研成果为基础,将新的优质高效绿色新技术及时引入到供应系统中,保证新技术的供应具有前瞻性和适用性。

3.2 种植技术多渠道融合的精准传播与技术培训创新

要使种植技术被农民广泛使用,需要建立线上+线下、理论+实际等多种途径的传播方式,提高技术传播和培训的针对性和有效性。

线下渠道以实操性训练为重点,建立“田间教室+实习基地”的实习教育模式:依靠基层农技推广部门,组织科技人员到田间地头进行实地授课,并对作物种植关键节点(如播种、施肥、病虫害防治)进行手把手指导;建立特色农业培训基地,组织农户参观高品质栽培实例,参加全程的技能操作培训,提高科技运用水平。

线上传播重点应用便捷化的传播方式,建立“短视频+直播+线上社区”的数字传播模式。通过短视频平台,播放科技知识和科普短片,并对主要的栽培技术进行了详细的说明。利用线上平台,对农户问题进行解答,通过定期发布技术文件和政策信息,推动各农业生产经营机构之间的技术交流。

另外,根据各年龄层的种植对象的接收习惯进行调整:对于中年和青年的种植主体,着重于网络数字传播途径的宣传,提高其沟通效果;对老年种植者的线下训练,通过纸质材料和现场讲解保证了技术的高效传输。

3.3 种植技术与特色农产品需求精准对接

搭建多维度的信息资源库,为实现区域农产品的精准对接,将区域内的农产品品种信息、种植主体基本信息(规模、技术水平、需求痛点)、技术供应等信息进行集成,并通过搭建信息管理系统,实现区域、主体和技术的全面、准确的定位^[3]。

构建精确的筛选和推送机制,利用信息平台的信息解析能力,依据不同的区域分布、作物种类和技术要求,将适宜的栽培技术和专家资源进行匹配,并通过信息推送和专人对接等手段,将技术准确地传递到农户手中。

建立“专家+技师+种植主体”的结对帮扶模式,为农户配置专业的技术人才,全程进行技术引导。组织开展特色农业科技推介会、产销对接会,为供需双方建立交流平台,推动科技成果向市场转移。通过定期走访和问卷调查,获取农户在技术运用过程中的信息,并根据需求进行动态调整,实现“对接—反馈—优化”的闭环管理。

3.4 数字化赋能的精准推广工具应用

为了提高特色农业科技推广的准确性和有效性,需要对各种数字手段进行大力推广和运用,建立智能推广系统。

推进物联网,对生产全流程进行精确监控和适应性调整:将传感器和物联网设备部署到各区域的特殊农产品基地,对土壤湿度、气候状况、作物长势等进行实时监测,并利用大数据对水肥管理、病虫害防治等进行准确的预测,为农户制定针对性的技术措施^[4]。

运用移动智能终端,提高了技术服务的便利度。研制了“特色农产品种植”APP,将技术信息查询、专家在线咨询和病虫害鉴定等集成起来,让农民们可以通过手机,随时随地获得自己需要的技术服务。通过普及智能化的测土施肥仪和其他可携带的仪器,协助农户进行土壤营养状况的监测,并根据实际情况制定合理的施肥计划。

借助大数据和人工智能技术,提高推广决策的科学性:运用大数据对各地区特色农业产业发展趋势、种植主体技术要求等进行研究,为优化技术供给和调整推广策略提供数据支持。采用人工智能方法,建立农作物病害辨识模型,对农作物中常见的农作物病害进行准确、迅速地鉴定,帮助农作物生产经营管理部门进行适时防治。利用数字手段提高科技成果转化结果的准确性和有效性,促进了中国特有农业科技成果转化由“经验驱动”走向“数据驱动”。

4 特色农产品种植技术精准化推广的效果评估与动态优化

特色农产品种植技术精准化推进的效果需要建立科学的评价系统来验证,以评价成果为基础对推广策略进行动态优化。

4.1 精准化推广效果的评估

建立多维度、全过程的集成评价方法,克服单个评价指标的片面性。量化评价方法侧重于可量化的指标,以达到精确的效应量。以数据为基础,将种植主体的生产数据和经济数据进行比较,并将其与推广前的生产数据和经济数据进行比较,使其能够更好地体现出该项目的经济效益。引入“技术契合度”的指标,运用数据分析方法,度量“技术契合”与“区域生态”和“主体需求”的契合度,评价精准推广的效果。

定性评价方法注重深入剖析,以克服定量评价的不足。通过现场访谈、专题小组座谈等方法,获取农户对该技术推广过程、服务质量和培训效果的客观评价,掌握该技术在推广过程中遇到的难点和改善要求;采用专家评议的方法,请农业技术专家、产业经济学家等专家,对农业科技发展战略的科学性、可行性和创新性作出判断,并作出质量评价。

采用比较评价方法,通过设定控制组,精确确定效果;选择相似地区或没有实施精准化推广的农户为对照,比较研究技术采纳效果、行业发展质量等多个方面的差别,排除自然环境、市场波动等外界影响,提高评价的可信度。三种方法相互补充,协同应用,最终实现量化资料支持+质深解析+差异性检验的综合评价思路,为进一步研发最优方案奠定理论基础。

4.2 典型个案剖析及推广策略动态优化

通过对典型实例的剖析,可以总结推广经验,发现问题,建立以启发式和评价为基础的动态优化机理,是保证精准推广持续性适配的关键保证。在个案选择方面,需要考虑地域差异、主体多样性和技术代表性,选择山地特色果蔬、道地中药材、盐碱地特色作物等类型,开展典型示范。以陕西洛川苹果主要生产基地为例,通过“专家合作+网络培训+田间示范”的种植技术推广,将矮化密植、高光效修剪和病

虫害绿色防控等技术应用于苹果产业,经过评估,种植主体技术采纳率达82%,苹果优果率提升35%,亩均增收1200元。但是,在个案研究中也存在一些问题,如:高龄农民线上训练参与程度不够,偏远山区的技术服务反映相对落后。在此基础上,结合典型案例和评价结果,建立“监控—评价—反馈—优化”的全程动态优化机制。为此需要有针对性地进行技术推广体系的优化,培训模式的优化,对接服务的机制的完善,例如,优化老年小农户的实践训练频率,在边远地区配置移动技术服务车等,以保证推广方案能够不断地适应当地的产业发展和农民的需要。

4.3 推广种植技术的未来发展方向

通过对典型实例的剖析,可以总结推广经验,发现问题,建立以启发式和评价为基础的动态优化机理,是保证精准推广持续性适配的关键保证。在个案选择方面,需要考虑地域差异、主体多样性和技术代表性,选择山地特色果蔬、道地中药材、盐碱地特色作物等类型,开展典型示范。利用人工智能和机器学习等方法,建立作物个体化的技术推荐和害虫早期预警模型,为农户提供高精度和前瞻性的技术支持。推行虚拟模拟训练,营造身临其境的训练情境,减少训练的门槛,提高训练成效。还需要打破传统的种植技术在技术上的限制,把它扩展到整个产业链上,包括品种培育指导,产后加工保鲜技术,品牌建设和市场对接。建立“种植技术+产业链配套技术”的完整的营销模式。根据市场的需要,加强生产和销售的技术支持,帮助农民更好地掌握市场动向,提高当地的特色农业产品的适应性和附加值。

5 结语

为适应现代农业发展规律和响应乡村产业振兴需要,开展精准农业科技成果转化的精准变革势在必行。其关键是要以“需求为中心”,通过多维的系统重组和路径创新,使科技供给和工业发展之间的深度匹配成为可能。建立“精准执行架构”包含技术供应、沟通训练、对接机制和数字赋能四个方面,并配合其效果评价和动态优化机制,从而构成了完备的推动逻辑闭环。通过不断的科技革新和系统的不断改进,实现对特色农业高质量发展的不断推动,为深入实施乡村振兴战略做出贡献。

参考文献

- [1] 桂承德. 山东寿光特色农产品种植中生态农业模式的实践与推广分析[J]. 农业科技创新, 2025, (21): 15-17.
- [2] 马丹, 高若晴. 基于物联网技术的智慧农业系统设计与实现[J]. 数字技术与应用, 2025, 43 (06): 22-24.
- [3] 付培霞. 绿色农业种植技术及推广策略[J]. 农村实用技术, 2025, (04): 52-53.
- [4] 杨开霞. 优质农产品种植技术发展方向与推广研究[J]. 种子科技, 2025, 43 (02): 198-200.

Discussion on the Investigation of Illegal Logging of Peat Moss and Destruction of Forest Resources by Forest Police

Mingzi Liu

Forensic Science and Technology Center of Daqing Mountain Forest Police Bureau, Hulunbuir City, Inner Mongolia, 022150

Abstract

Sphagnum palustre L is a moss plant belonging to the genus *Sphagnum* of the family Sphagnaceae. This species is the most widely distributed moss plant of the genus *Sphagnum* worldwide, widely distributed in Asia, Europe and America, and also present in China. *Sphagnum* often forms peat layers, with an extremely strong water absorption and storage capacity (up to 20-25 times its dry weight), which can regulate the hydrology of wetlands and maintain the stability of the ecosystem. Its dead remains accumulate to form peat, which stores approximately one-third of the global carbon source and plays a key role in the carbon cycle. It is mainly distributed in alpine marshes, cloud forest and other areas, accompanied by a small number of shrub and herbaceous plants, with a community coverage of nearly 100%. There are protected areas in many places in China, and some species are listed as vulnerable species. The coarse-leaved *Sphagnum* and the multi-ribbed *Sphagnum* have been listed as second-level key protected wild plants in China.

Keywords

The habitat and functional role of *Sphagnum* moss; the damage caused by excessive collection of *Sphagnum* moss to forest resources

对森林公安机关查处滥采泥炭藓破坏森林资源行为的探讨

刘明滋

内蒙古大兴安岭森林公安局司法鉴定中心, 中国·内蒙古 呼伦贝尔 022150

摘要

泥炭藓 *Sphagnum palustre* L 是泥炭藓科泥炭藓属的苔藓植物。该物种是全球分布最广的泥炭藓属植物, 广泛分布于亚洲、欧洲及美洲, 我国也多有分布。泥炭藓常形成泥炭层, 具有超强吸水储水能力(可达自身干重20—25倍), 能调节湿地水文、维持生态系统稳定。其死亡残体堆积形成的泥炭储存了全球约1/3碳源, 在碳循环中起关键作用。主要分布于高山沼泽、云雾林等区域, 伴生少量灌木草本, 群落盖度近100%。在中国多地设有保护区, 部分种类被列为易危物种。粗叶泥炭藓和多纹泥炭藓已列入国家二级重点保护野生植物。

关键词

泥炭藓的生境和功能作用; 滥采泥炭藓行为对森林资源造成的破坏状况

1 引言

泥炭藓科植物泥炭藓 *Sphagnum palustre* L, 具有清热明目, 止痒之功效。常用于目生云翳, 皮肤病, 虫叮咬瘙痒。植物体枝条纤长, 黄绿色或黄白色, 高 8-20cm。茎及枝表皮细胞具多数螺纹及水孔。茎叶舍形, 平展, 长 1-2mm, 宽 0.8-0.9mm, 叶细胞无螺纹; 枝叶阔卵圆形, 内凹, 先端兜状内卷, 绿色, 细胞在叶片横切面呈狭长三角形, 偏于叶片腹面。雌雄异株。精子器球形, 集生于雄株头状枝或短枝顶端, 每一苞叶叶腋间生 1 个; 颈卵器生于雌株头状枝丛的雌器苞内; 孢蒴球形或卵形, 成熟时棕栗色, 具小蒴盖。

依据《内蒙古植被》^[1]对植物分布区的划分, 大兴安

岭北部系属欧亚针叶林植被区, 大兴安岭山地北部针叶林植物省、大兴安岭山地植物州之称, 动植物资源丰富。其中, 有河流湿地、湖泊湿地和沼泽湿地的三大湿地类型发育齐全。在沼泽湿地中, 包括森林沼泽、灌丛沼泽、草本沼泽、藓类沼泽齐全丰富。据《内蒙古大兴安岭林区湿地调查报告》^[2]统计: 内蒙古林区苔藓植物占林区植物种类的 24%, 占全国的 53.9%; 在苔藓植物中, 泥炭藓科只有 1 属, 56 个种数中占 17 个。其中, 粗叶泥炭藓已被列入二级国家重点保护植物名录内, 此种粗叶泥炭藓在阿龙山林业局施业区内有所发现。大兴安岭北部滥采苔藓、地衣类植物破坏森林资源行为禁而不止, 森林公安机关如何依法有效遏制滥采泥炭藓破坏森林资源行为发生是目前亟待解决的问题, 笔者就此问题结合理论与实际工作经验予以阐释。

【作者简介】刘明滋(1967—), 男, 中国辽宁庄河人, 本科, 高级工程师, 从事环境损害司法鉴定研究。

2 泥炭藓的生境、功能作用

泥炭藓在水土保持、涵养水源、CO₂的固定、生成泥炭及森林更新等方面具有重要的生态功能。泥炭藓分布于东北、华东、中南和西南等地区。据东北林业大学国庆喜教授考研^[3]：大兴安岭林区泥炭藓的寿命达400年之久，其本身就是活化石；它的蓄水量是所有植物中最大的，为自身重量的150倍左右。由于大兴安岭山势缓，泥炭藓的储水量非常大，加之这里气温低，有永冻层，使得水流不出去，所生长的泥炭藓基本在海拔900米以上，因此形成了十分罕见的高位湿地。

3 滥采泥炭藓对森林资源造成的森林资源破坏状况

采集泥炭藓的主要工具是三齿、四齿铁耙子，将生长的泥炭藓植物成片掀起来移走，使林地上生长的泥炭藓植物群落灭失，造成林地植被严重破坏。而从生长泥炭藓植物的湿地现场外运需要胶轮或者履带式拖拉机，拖拉机进入夏季的林地内，将生长的幼树压倒或刮碰造成大量幼树死伤，在较为低洼的湿地造成林地开肯，致使植被严重破坏。更为严重的破坏现象是为了开路，放倒行走路线上的障碍树木。在利用机械运输过程中利用林中林木达垮及野外生存取烧材而采伐林木的现象。滥采集泥炭藓的行为严重破坏了森林资源。

4 森林公安行政执法、刑事司法依据

森林资源：包括森林、林木、林地以及依托森林、林木、林地生存的野生动物、植物和微生物。滥采泥炭藓行为是一种破坏森林资源的违法或者犯罪行为。

进行开垦、采石、采砂、采土或者其他活动造成林地毁坏的行为。是指违反《森林法》规定，进行开垦、采石、采砂、采土或者挖笋、掘根等其他活动，致使林地的原有植被或者林业生产条件受到毁坏，尚不构成刑事处罚的情况。（参见《森林法》第三十九条第一款、第七十四条第一款）。

非法采集国家重点保护野生植物的行为。是指违反野生植物保护管理法规，未取得采集证或者不按照采集证的规定采集国家重点保护野生植物，尚不够刑事处罚的情形。（参见《野生植物保护条例》第二十三条，此条公安机关无行政执法权。）

非法出售、收购国家重点保护野生植物的行为。是指违反野生植物保护管理法规，未经依法批准或者违反批准的内容，擅自出售、收购国家重点保护野生植物，尚不够刑事处罚的情形。（参见《野生植物保护条例》第二十四条，此条公安机关无行政执法权。）

《湿地保护法》第五十四条违反本法规定，按照破坏湿地面积，处每平方米五百元以上五千元以下罚款；破坏国家重要湿地的，并按照破坏湿地面积，处每平方米一千元以

上一万元以下罚款。

《内蒙古自治区湿地保护条例》第十七条第二款：禁止在天然湿地内擅自进行采砂、采石、采矿、挖塘、砍伐林木和开肯活动。第二十一条规定：违反本条例第十七条规定，擅自在天然湿地内擅自进行采砂、采石、采矿、挖塘、砍伐林木和开肯活动的，旗县级以上人民政府有关主管部门应当责令停止违法行为，限期恢复原状或者采取其他补救措施，可处5000元以上5万元以下罚款；造成湿地难以恢复等严重后果的，处5万元以上50万元以下罚款。

国家二级保护植物涉嫌非法采伐、毁坏国家重点保护植物罪，本罪是指违反森林法的规定，非法采伐、毁坏国家重点保护植物的行为。犯本罪处三年以下有期徒刑、拘役或者管制，并处罚金；情节严重的，处三年以上七年以下有期徒刑，并处罚金。采挖国家二级保护植物可能涉嫌非法采伐、毁坏国家重点保护植物罪。国家对国家重点保护植物实行加强保护，积极发展，合理利用的方针。同时，国家还保护依法一切利用和经营管理国家重点保护植物资源的单位和个人合法权益。任何单位和个人都有保护国家重点保护植物的义务。禁止采伐、毁坏国家重点保护植物，对于因科学研究、人工培育、文化交流等特殊需要，采伐国家重点保护植物的，必须向国务院有关主管部门申请来伐证。采伐国家重点保护植物的单位和个人，必须按照采伐证规定的种类、数量、地点、期限和方法进行采集。对于未申请采伐证或虽申请未获批准，或者未按规定种类、数量、地点、期限方法采伐国家重点保护植物的，都严重侵犯了国家的林业管理制度，破坏了自然环境。

但，对于滥采泥炭藓的多个案类分析中，并没有故意采集、收购、运输国家二级重点保护的粗叶泥炭藓的案例。

5 对滥采泥炭藓案的现场勘验、检测、植物物种鉴定

在对采集泥炭藓的现场勘验、检测鉴定。依据《耕地和林地破坏司法鉴定技术规范》（SF/T0074-2020）、《环境损害鉴定评估推荐方法》（第二版）、《公安机关现场勘验规则》和《XXX林业局二类经理调查资源档案》。首先要固定现场位置、测量各种破坏现场面积，利用GPS（2000系统）测定，落于森林资源二类图中，确定现场位置和现场面积，从资源信息库中提取林分因子信息，主要包括：权属、地类、林种、优势树种、树龄等，依法依规提取固定证据，对所破坏的各类林地、林木、植物现场中每个经理小班都要分别予以固定数量，为公安机关办案和检查机关公益诉及法院对证据采信作出有力支撑。

采集泥炭藓类植物现场面积的检测方法是采取压线占比率的方法。“压线法”是根据抽样破坏林地的压线率乘破坏林地的区域面积方法。由于采集苔藓类植物所破坏林地上的原有植被的面积不规则、零碎，检测破坏林地面积困难，

采取破坏地“X”型双交叉平均压线比乘破坏现地区域面积的方法就简单了,其原理是测量森林郁闭度的方法的运用。破坏林地资源区域的面积可以采用GPS大地2000系统测量。如破坏林地面积较大,可以采取多个“X”平均压线比以达到较高的精度。

物种、保护级别和损害数量鉴定中,要根据中国智库《植物志》及其相关文献予以比对,判定物种名称;比对国家重点植物名录、省级重点保护植物名录,研判所遭到破坏的植物的保护级别等。林木不仅需要鉴定立木蓄积,也要折算出经济材积。对需要作价鉴定的涉案植物要到持有作价资质的评估机构作价。目前,对苔藓类植物作价机构较少,一定要看其是否持有作价资质。

6 损害修复评估问题

《森林法》第七十四条中的“造成林地毁坏的,由县级以上人民政府林业主管部门责令停止违法行为,限期恢复植被和林业生产条件,可以处林业生产条件所需费用三倍以下的罚款。”

泥炭藓的固炭功能的损失,因国有森工尚未取得国家认可的固炭算法。在计算采集泥炭藓修复评估时固炭功能的

损失无法评估。

泥炭藓的经济价值现无标准价值,只能走市场调查法评估。

采集泥炭藓的现场如在以湿地管理类的区域时,可依据《湿地保护法》条款执行处罚。

国有森工集团现为企业不具备行政执法主体资格,对由林业主管部门所行使的行政执法权受到限制。如,《汗马自然保护区条例》对公安机关没有授予行政执法权等。

依法严厉打击破坏野生植物资源犯罪,促进野生植物保护,是公安机关的一项重要职责,也是相关主管部门需要共同联合作战的责任。

参考文献

- [1] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队编著《内蒙古植被》(1985年科学出版社出版)。
- [2] 内蒙古大兴安岭森林资源规划院《内蒙古大兴安岭林区湿地调查报告》(2010年)。
- [3] 东北林业大学国庆喜教授:《关于大兴安岭林区泥炭藓的调研》(2025年)。
- [4] 司法部《耕地和林地破坏司法鉴定技术规范》(SF/T0074-2020)。

Study on the high yield cultivation countermeasures of taro with mulching film

Wei Wang

Agricultural Technology Center Yitang Town Lanshan District Linyi City Shandong Province, Pingyi, Shandong, 276039, China

Abstract

As a dual-purpose crop for both food and vegetables, taro enjoys relatively high market demand. Shandong Province's favorable conditions for taro cultivation, combined with a substantial consumer market, provide a solid foundation for large-scale production. With the continuous expansion of market demand over time, it has become imperative to establish high-yield cultivation strategies for taro under mulch film coverage, thereby enhancing both yield and quality. Farmers can strengthen cultivation management through multiple dimensions—including pre-sowing preparation, mulch film selection and sowing, field management, pest and disease control, and timely harvesting—to ensure production quality and meet market needs.

Keywords

taro; mulching film; high-yield cultivation; technical points

探讨芋头地膜覆盖高产栽培对策

王伟

山东省临沂市兰山区义堂镇农业技术中心，中国·山东 平邑 276039

摘要

芋头作为一种粮菜兼用作物，其市场需求量相对较高，而山东地区的客观条件较为契合于芋头种植，加之有较大的消费市场为芋头规模化种植提供了良好的基础。随着时间的推移市场对于芋头的需求量不断扩大，在这样的背景下明确芋头地膜覆盖高产栽培对策、提高芋头生产产量和生产质量是十分必要的。种植人员可从种前准备、地膜选择与播种、田间管理、病虫害防控、适时收获等多个维度加强栽培管理保障生产产量和生产质量，满足市场需求。

关键词

芋头；地膜覆盖；高产栽培；技术要点

1 引言

芋头作为一种富含淀粉、蛋白质、维生素及多种矿物质的农作物，其市场需求量相对较高，莱阳芋头更是享誉全国的地理标志产品。然而在芋头种植过程中传统栽培模式会存在诸多弊端，尤其是在山东地区很有可能因倒春寒频发导致芋头生产产量和生产质量大幅降低，在夏秋季也会因雨水集中或降温较快影响芋头的根系发育和块茎膨大，而地膜覆盖技术的应用则可以有效解决这些问题，提高芋头生产产量和生产质量，可从如下几点着手加强芋头生产管理。

2 种植前准备工作

种植前期准备工作的有效落实可以为芋头的产量提升打下坚实基础。在种植前准备工作开展过程中需紧抓地块选

择、整地以及种芋选择三大关键点，如图1所示。

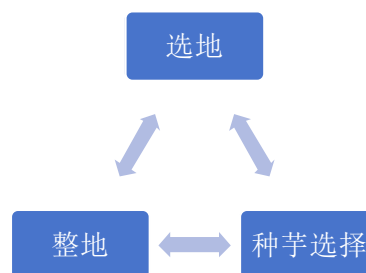


图1 准备工作要点

2.1 选地

在地块选择中需要根据芋头的生长喜好以及本地区的气候特性具体问题具体分析，芋头作为一种喜湿、喜肥、忌旱、忌涝的作物，在选地工作开展过程中应当尽可能选择地势平坦、排灌方便、土层深厚且土质疏松肥沃的沙壤土或壤土，这可以为芋头的球茎发育和膨大打下坚实基础，提高芋

【作者简介】王伟（1970—），男，本科，农艺师，从事农业科技应用与推广、兼技术开发研究。

头产量。此外,在选地工作开展过程中还需要做好前茬作物的调查,一般情况下如果前茬作物为烟草、番茄、辣椒等相应作物,再种植芋头则很容易导致芋头减产,可选择前茬作物为小麦、玉米、豆类的地块,这可以更好地减少土传病害的发生。

2.2 整地及施加基肥

在选地结束以后需落实整地工作,芋头的根系发育较深,想要为芋头生长提供良好的客观环境就必须在前茬作物收获结束以后,深耕土壤,保证耕作深度达到地下 30 cm,促进土壤风化和养分释放。在此基础之上还需结合芋头的生长需求施足底肥,这就需要根据地方的气候特点、土质土壤特点以及芋头的生长特点明确基肥施加剂量。以山东地区为例,山东芋头的生长期长、需肥量大,基肥施加更是重中之重,施加量应占总施肥量的 70% 左右,需在每亩田地内施加优质农家肥配合三元复合肥、硫酸钾、过磷酸钙保障土壤肥力。在施肥过程中可以通过撒施与沟施相结合的方式,将大部分有机肥撒施后翻入土中,剩余有机肥和复合肥则可以在起垄阶段施入种植沟内,但是需要注意肥料和种芋的隔离,避免出现烧苗问题。

2.3 种芋的选择与处理

种芋质量对于芋头的生产质量也会起到较大的影响,种芋质量提升可更好地保障后续芋头种植的出苗率和幼苗的整齐度。在种芋选择中可以着重观察是否存在病虫害、是否存在伤口、顶芽是否充实、球茎是否粗壮、形状是否端正等相应关键要素。种芋的重量可以以 50g ~ 100g 为标准,过大则很容易增加成本,过小则会导致芋头生长的苗期较弱。在种芋选择结束以后则需要落实晒种催芽工作。因山东地区春季气温相对较低,因此想要确保出苗整齐必须落实催芽工作,可在播种前 20 ~ 30 天左右将种芋晾晒 2~3 天,借助阳光完成杀菌并打破种芋的休眠状态,随后可采用温床或室内堆码落实催芽工作,保障催芽环境的温度达到 20~25℃,同时控制相对湿度,确保其阈值在 70%~80%,当芽长至 1~2cm 且芽色洁白健壮则可以切块播种^[1]。

3 地膜选择与播种

3.1 地膜选择

就现阶段来看在芋头种植中可供选择的地膜种类相对较多,需要根据种植区域的客观条件和芋头的生长需求具体问题具体分析对地膜进行科学选择,更好地发挥其优势和作用。以山东地区为例,在地膜选择过程中应着重关注地膜的透光率、拉伸强度,在此基础之上可从厚度和颜色两个角度进行地膜筛选。厚度可选择 0.008 mm ~ 0.015 mm 之间的地膜,地膜过薄很容易被风吹破或被幼苗顶破,地膜过厚则可能出现成本增加或回收困难的问题。在颜色选择上可选择透明地膜保障增温效果,若芋头种植区域的杂草相对较多可选择黑色地膜,虽然其增温效果略低于透明地膜,但除草效

果相对较好,可减少除草剂的使用。此外近几年来银黑双色地膜在芋头种植中的应用频率不断提高,该类地膜可以更好地提高芋头种植过程中的防虫和除草效果,可根据实际需求进行地膜选择。

3.2 起垄栽培

芋头地膜覆盖栽培必须落实起垄工作,这可以加厚活土层、提高地温、提升种植区域的排水防涝能力。可根据山东地区的区域特性对起垄方式作出适当调整,一般情况下可选用单行种植或双行种植。单行起垄中需将垄距、垄高、垄宽分别控制在 80~90cm、20~25cm 和 30~40cm。而双行起垄则需要将垄距、垄高分别控制在 100~120cm、25~30cm,垄面上需种植两行芋头,小行距可控制在 30~40cm。起垄时需要确保垄面平整、土块细碎,为后续覆膜打下良好的基础^[2]。

3.3 播种与覆膜

在播种过程中需抓住播种深度、播种密度两大关键点加强技术控制。在深度管理上可将参数确定为 5~8cm。在此之后则需要根据土壤特性和芋头生长需求确定播种密度,一般情况下,若芋头品种为大芋品种每亩应种植 2500~3000 株,若品种为小芋品种则每亩应种植 4000~5000 株,以此保障芋头产量。在此之后则需要加强覆膜管理,在播种结束以后,落实覆土工作,并及时喷施除草剂(例如乙草胺、都尔等),保障除草剂喷施均匀,避免出现重喷、漏喷等相应问题,然后迅速落实地膜覆盖工作。在地膜覆盖中应将地膜拉紧铺平,使之能够与地面紧密贴合,每隔 2~3m 处应用土压实,避免大风揭开地膜^[3]。

4 田间管理

4.1 破膜放苗与查苗补苗

地膜栽培中破膜放苗和查苗补苗是十分重要的一环,需要根据地方气候特点和芋头的生长规律明确工作要点。一般情况下在芋头播种以后 20 天左右就会开始出苗,当幼苗顶膜时种植人员应及时破膜放苗,避免高温灼伤幼苗,确保幼苗能够正常生长,提高生产产量。这就需要种植人员做好田间观察,明确芋头的生长情况,当幼苗顶膜时用刀片在膜上划十字口,将幼苗引出膜外,随后用土壤将破口压实封严,确保地膜保温保湿的功能能够有效发挥。在出苗结束以后可通过田间观察分析是否存在缺苗断垄的情况,若存在应及时启用预备苗进行补种或移栽,保证种植区域的生产产量。

4.2 水肥管理

地膜覆盖可以更好地提高土壤的保水保墒能力,因此在种植期间可适当减少浇水次数,但是在芋头生长的中后期对于水分的需求量相对较大,必须提升灌溉量和频次。在苗期一般不需要浇水,保障土壤湿润即可,避免浇水过量导致地温下降。而在发棵期气温升高、芋头生长加快需水量也显著增加,这时则需要通过小水漫灌或沟灌的方式保障水分充足,还可在种植区域追施尿素促进芋头的茎叶生长。在芋头

的结芋膨大期需增加浇水量,但是需要注意,一般情况下芋头结芋膨大期多为7~9月,此时是山东的雨季,因此在保障土壤水分的基础之上还需要通过田间观察分析是否存在田间积水问题,及时清理积水,避免田间积水导致芋头烂根。在生长的中后期还可通过喷施磷酸二氢钾溶液提高芋头的淀粉含量和产量^[4]。

4.3 培土与除蘖

培土也是提高芋头产量的重要措施,为更好地保障培土除蘖效果,首先需确定培土时间,一般在6月中下旬,可与中耕除草同步开展。山东芋头种植过程中培土一般分为三次,首次培土厚度、第二次培土厚度、第三次培土厚度分别为5cm、10cm和15~20cm,第二次和第三次培土时间多在7月中下旬和8月上中旬。在培土中需注意地膜保护,避免踩坏地膜。在芋头生长的中后期还需要做好侧芽摘除和老叶摘除工作,避免无端消耗养分^[5]。

5 病虫害防治

病虫害问题的出现也会大幅降低芋头生产产量和生产质量,较为常见的病虫害问题主要包含芋头软腐病、芋头疫病、芋头炭疽病、斜纹夜蛾、红蜘蛛等,可通过历史数据调查明确山东地区芋头种植过程中的常见病害问题,在此基础上优选芋头品种,提高芋头的抗病虫害能力,并根据不同病症的特性选用针对性的药剂。例如,为了预防芋头软腐病,可在发病初期喷施农用链霉素、中生菌素等相应药剂提高防治效果。再例如,为了避免斜纹夜蛾暴食叶片影响芋头的光合作用,可借助杀虫灯或性诱剂诱捕成虫并且喷洒甲维盐、氯虫苯甲酰胺等相应农药达到更好的防治效果。

5.1 适时收获与贮藏

适时收获对于保障芋头的产量和生产质量也会起到至关重要的影响,而不同地区的收获时间存在一定差异,以山东地区为例可将芋头的收获期定在霜降前后,具体可根据气

温而定,当气温降至15℃以下时即可落实收获工作,避免收获过早导致淀粉积累不足、口感相对较差,影响生产产量和生产质量,也避免收获过晚导致芋头出现冻害问题,影响后续贮藏。在收获前7~10天应停止对芋头的浇水,保障土壤干燥,便于后续挖掘工作的开展。在收获中可采用铁锹小心挖掘,避免对球茎造成较大损伤,挖出芋头以后应割除地上部枯叶,保留叶柄基部1~2cm,并晾晒1~2天,使表面干燥愈合。考量到山东冬季寒冷,在贮藏中需落实防冻工作可通过窖藏法或沟藏法等多种方式加强环境温度管理,保障贮藏效果^[6]。

6 结语

芋头地膜覆盖高产栽培技术可更好地提高芋头生产产量和生产质量,满足市场需求。种植人员需紧抓种植前准备工作、地膜选择与播种、田间管理、病虫害防治、收获与贮藏等相应关键点加强技术控制和技术管理,保障技术应用成效,为提高芋头生产产量和生产质量提供更多助力。

参考文献

- [1] 王楠,印荔,许良祝,等. 不同地膜覆盖对土壤环境和芋头产量的影响[J]. 长江蔬菜, 2024, (20): 52-55.
- [2] 段希兵. 芋头地膜覆盖高产栽培技术[J]. 农业工程技术, 2023, 43 (30): 61-62.
- [3] 王安,吴薇,谢吉先,等. 地膜覆盖模式下芋头疫病发生规律及其与产量的关系[J]. 江苏农业科学, 2016, 44 (06): 193-196.
- [4] 殷剑美,张培通,吴冬乾,等. 黑地膜覆盖对芋头生长发育动态及产量效应分析[J]. 浙江农业科学, 2015, 56 (11): 1842-1844+1850.
- [5] 王安,吴薇,焦庆清,等. 基于芋头地膜覆盖条件下土壤温度的综合评价[J]. 江苏农业学报, 2015, 31 (04): 798-805.
- [6] 梁统模. 广西沿海地区芋头膜下滴灌栽培技术探讨[J]. 园艺与种苗, 2015, (05): 20-22+56

Analysis of the rural toilet sewage resource utilization measures

Xuan Li Qian Yang Nana Li

Hunan Institute of Applied Technology, Changde, Hunan, 415100, China

Abstract

This study investigates effective approaches to rural toilet wastewater resource utilization, aiming to alleviate current sewage treatment pressures in rural areas while promoting improved living environments and sustainable agricultural development. Through literature analysis and case studies combined with local rural conditions, the research outlines technical pathways and management mechanisms for wastewater resource utilization. Findings indicate that measures such as tiered septic liquid return to farmland, construction of village-level decentralized ecological filters, and integrated biogas slurry and residue utilization demonstrate high feasibility and benefits. Establishing diversified funding mechanisms and improving village-level maintenance systems are crucial for ensuring long-term project sustainability. The conclusion demonstrates that rural toilet wastewater resource utilization not only enhances environmental sanitation but also promotes agricultural ecological cycles, achieving dual benefits in both environmental and economic aspects.

Keywords

rural toilet wastewater; resource utilization; ecological agriculture; long-term maintenance

试析农村厕所污水资源化利用措施思考

李璇 杨茜 李娜娜

湖南应用技术学院, 中国·湖南 常德 415100

摘要

本研究主要探索农村厕所污水资源化利用的有效办法, 以此减轻当下农村污水治理的压力, 推进人居环境改善以及农业可持续发展。借助文献分析和案例调研, 并结合农村实际情况, 梳理出污水资源化利用的技术路径以及管理机制。研究发现, 推行梯度化粪液还田、建设村级分散式生态滤池、实施沼液沼渣联产利用等举措有较高可行性和效益。构建多元资金保障机制以及健全村级管护制度是保障项目长效运行的关键所在。结论显示, 农村厕所污水资源化利用能改善环境卫生, 又能促进农业生态循环, 达成环境与经济的双重收益。

关键词

农村厕所污水; 资源化利用; 生态农业; 长效管护

1 引言

随着农村人居环境整治行动不断向前推进, 厕所革命已然成为改善农村生活条件的一项关键举措。然而在厕所改造进程里, 污水的处理以及利用问题渐渐突显出来。当下多数农村地区依旧采用传统排放或者简单处理的方式, 这导致了水资源的浪费, 还可能会对土壤和水体造成二次污染。虽说已经有研究关注农村生活污水的处理技术, 可是针对厕所污水粪污资源化利用的系统性举措还是不够充足, 怎样在技术适配、资金保障以及长效管理之间寻得平衡, 成为了当前需要解决的核心问题。本研究借助分析农村厕所污水资源化

利用所面临的挑战, 联合可行案例与实践经验, 提出了一系列有针对性的措施, 期望可为农村污水治理提供参考, 促使乡村振兴与生态文明建设实现协同发展。

2 加强农村厕所污水资源化利用的核心意义

2.1 改善农村人居环境质量

以往未经处理的厕所污水肆意排放, 极易致使房前屋后的沟渠池塘出现黑臭状况, 引发蚊蝇大量滋生, 散发出难闻气味。借助系统化的收集以及资源化处理手段, 把这些污水转变为灌溉用水或者肥料原料, 可切实切断污染源, 从根源处消除那些影响村容村貌的“脏乱差”问题, 使村庄变得更为整洁、清爽, 切实提升农民的居住舒适度以及生活幸福感^[1]。这不单单是环境面貌的改变, 是农村生活品质朝着现代化迈进的关键一步。

2.2 提升公共卫生健康水平

厕所污水当中所含有的病原菌以及寄生虫卵乃是多种传染病潜在的源头, 传统那种直接排放或者简单处理的方式

【基金项目】“多中心治理视角下农村厕所污水资源化利用的路径创新研究”(项目编号: 2025ZD143)。

【作者简介】李璇(1988—), 女, 中国湖南常德人, 硕士, 讲师, 从事人力资源管理, 乡村治理研究。

极易对土壤以及水源造成污染,对食品安全与饮用水安全构成威胁。实现资源化利用的前提在于开展规范的无害化处理,此过程犹如给农村公共卫生设置了一道关键的“安全闸”,可降低肠道传染病等疾病的传播风险,为农民老人和儿童营造一个更为安全且卫生的生活基础,这是推进健康乡村建设必不可少的务实环节。

3 当前农村厕所污水资源化利用面临的主要挑战

3.1 处理技术适应能力不足

我国农村地域宽广,覆盖了从南方至北方,从平原延伸到山区的广大区域,其气候状况、地形地貌、居住习惯以及经济水平存在着极大差异,这使得难以形成一种适用于所有地区的标准化处理模式。部分技术在实验室或示范点呈现出良好效果,然而当应用于具体村庄时,由于冬季低温、地下水位较高、农户居住较为分散等实际情形,可能会出现“水土不服”的状况,致使处理效果不稳定,甚至出现设施闲置的问题。另外众多技术方案对后期运维的专业性有着较高要求,而农村地区大多时候缺乏相应的技术人才,一旦发生故障,维修便成为一大难题,导致设施“晒太阳”的现象频繁出现,技术自身的复杂性与农村现实条件之间的匹配程度急需提高。

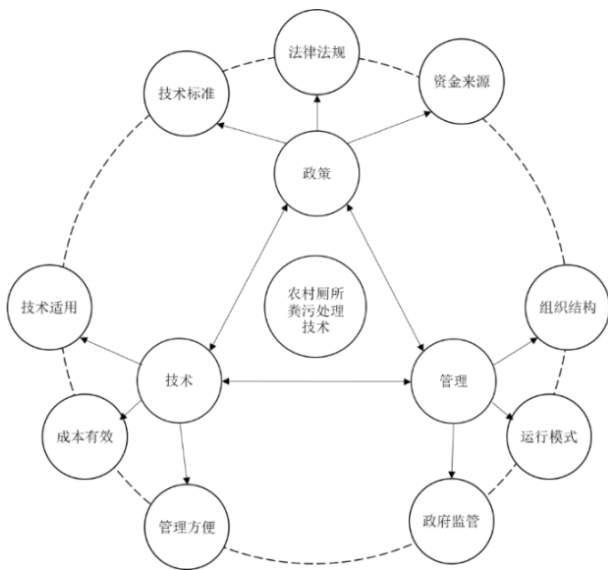


图1 农村厕所污染处理技术的影响因素

3.2 建设运维资金保障有限

初期进行建设投入可不是一笔小数目,管网铺设以及处理设施建设都需要实实在在的资金投入,许多地方中西部地区的县级财政力量较为有限,仅仅依靠政府投入往往会感到力不从心^[2]。而更为棘手的是后期的运维费用,电费、药剂费、人工维护费等均属于长期开销,这笔资金从何处来,目前许多地方尚未有清晰的答案。倘若只是依靠项目建设的

一次性投入,而未建立起稳定的后续资金渠道,那么这些设施很可能在几年之后就会因为缺乏维护而陷入“建得起、用不起,更养不起”的困境,致使前期的巨大投入难以发挥应有的长期效益。

3.3 长效管理机制尚未健全

当下不少地方呈现出“重建设、轻管理”的态势,项目竣工之后,究竟由谁来具体承担运营维护以及监督考核的职责,往往模糊不明,是乡镇政府、村委会、第三方公司,还是农户自身呢?一旦责任模糊,管理便极易落空,怎样有效激发农民群众的积极性也是个颇具难度的问题。倘若无法让他们切实体会到资源化利用所带来的便利与益处,反倒认为这是增添了麻烦,那么他们参与分类收集以及配合管理的主动性就会大幅降低,致使整个系统的源头收集效果也大幅降低。另外对于处理后的水质以及肥料的安全使用等方面,同样欠缺简便易行的日常监测与规范引导,存在一定的环境与健康风险隐患。

4 农村厕所污水资源化利用措施

4.1 推行梯度化粪液还田模式

在一些居住较为集中且周边存在连片农田的村庄当中重点推广“梯度化粪液还田”模式。此模式的最关键的是“梯度”,并非简单地把粪液直接还田,而是依据作物类型以及生长阶段的差异,对粪液展开差异化处理与利用^[3]。比如针对果蔬这类直接食用的作物,需采用经过充分厌氧发酵且达到无害化标准的粪液,并且主要在作物生长前期当作基肥来施用,而对于林木、花卉等非食用经济作物,可使用处理要求相对较低的粪液,达成更大范围的消纳。这就要求村庄在建设或者改造化粪池之时,就得考虑到后续的利用出路,最好是可在就近的情况下与周边的种植大户、家庭农场或者合作社构建稳定的供需对接,形成“农户厕所—集中收集—分级处理—定向还田”的链条,使得粪液切实转变为农民田里所需的“肥水”。

4.2 建设村级分散式生态滤池

在一些居住较为分散、地形复杂或者缺乏集中连片消纳土地的村庄里,建设“村级分散式生态滤池”不失为一个可供思考的方向。此项技术的独特之处在于其“生态”特性,它一般借助砂石、土壤、植物等自然材料构建起多层过滤与净化体系,依靠物理截留以及微生物、植物的协同作用来对污水进行净化。它的建设成本相对而言比较低,运行管理也更为简便,耗电量较少,更加契合村级集体经济力量薄弱的区域。在建设和建设过程中,需充分考量本地的气候与土壤特点,像在北方寒冷地区就得采取必要的保温举措以防冬季冻结,在地下水位高的地方则要做好防渗工作。处理后的尾水虽说可能无法达到很高的排放标准,不过用于灌溉附近的林地、草地以实现土地消纳,或者补充村庄的景观塘,是完全可行的,达成了就地处理、就地回用的目标。

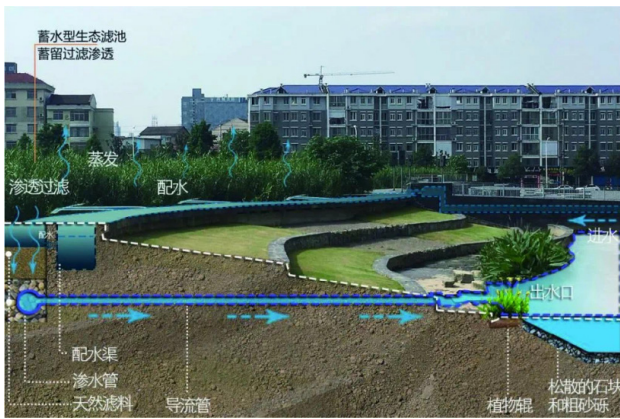


图2 生态滤池

4.3 实施沼液沼渣联产利用

在那些已经建有沼气池或者正计划建设沼气池的地区，“沼液沼渣联产利用”是提升资源利用价值的关键部分。当厕所污水和畜禽粪便等一同进行协同厌氧发酵产生沼气之后，剩余的沼液以及沼渣仍然属于宝贵的资源，重点在于怎样可高效且安全地对它们加以利用。沼渣经过堆沤腐熟处理后，可制成优质的有机肥，用于改良土壤。沼液则可以依据其养分浓度，经过稀释后直接用于灌溉，或者借助简易的田间贮存池、罐车等进行配送，服务更大范围的农田^[4]。一些地方所探索的“沼液水肥一体化”技术，把沼液与滴灌、喷灌设施相结合，提高了利用效率以及便捷性，很受种植户的喜爱。要推动这一模式，农业部门和环保部门需要加强协作，制定沼肥使用的技术规范，并且开展广泛的农民培训，让大家懂得如何使用，又敢于使用。

4.4 构建多元可持续资金保障机制

任何一种技术模式若要实现可持续运转，必然离不开坚实的资金作为保障。单纯依靠政府大包大揽这种方式，不符合实际情况，也难以长久维持，其核心思路在于构建政府、村集体、农户以及社会资本等多方共同承担的投入格局。对于管网、处理设施等公共属性较为突出的部分，各级政府应当借助涉农资金整合、乡村振兴专项资金等多种渠道，给予稳定的建设补助。而针对后期的运维费用，就需要探寻更为灵活的解决途径。不妨尝试确立“农户适当付费、村集体补贴、运维收益补充”这样的原则，比如说，农户象征性地支付数额很少的年度卫生管理费，村集体从集体经济收入里划拨一部分当作管护基金，对处理后的水肥进行合理的资源化

经营，所产生的微薄收益用来补贴运维成本。

4.5 建立权责清晰的村级管护制度

各个村庄都应当依据本村的实际情况，去制定出简洁易懂的污水处理设施管护办法，并且借助村民代表大会等形式，使得大家可知晓并认可该办法。需要明确管护的主体，究竟是由村委会直接负责，还是委托给专门的合作社，亦或是聘请本村有责任心的公益性岗位人员，又或者是外包给专业的服务公司，这要依据村庄的规模大小、经济能力以及管理复杂程度来做出决定^[5]。不管是哪种形式，都一定要把管护人员的职责、报酬以及考核方式阐述清楚，也要将农户在户厕维护、污水接入等责任和义务讲解明白。乡镇一级的政府需要承担起日常的监督以及技术指导责任，定期对设施运行状况进行检查，并且建立以运维实效为导向的考核激励办法，对于管护良好的村庄给予奖励，形成“有人管、有钱管、有章法管”的长效局面。

5 结语

总之，农村厕所污水资源化利用是改善人居环境、促进农业可持续发展的关键途径。目前在技术、资金以及管理方面存在险阻，不过采用梯度还田、生态滤池、沼肥联产等适宜技术，再配套多元资金机制与村级管护制度，可逐步突破瓶颈，实现污水就地资源化。未来还需要加强技术培训与示范推广，提升村民参与意识，形成可复制、可延续的利用模式，真正让厕所污水变废为宝，为乡村振兴与生态建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 卜风云,闫海红,郭红霞,年跃刚,殷勤,梁雨.农村生活污水磷回收及资源化利用路径探讨[J].农业资源与环境学报,2025,42(3):738-750.
- [2] 赵浩宁,姚建峰,赵洪军,李敏,王佳.河北省农村生活污水资源化利用模式探究[J].生态与农村环境学报,2025,41(5):600-608.
- [3] 陈晓娜,李松,宋广清,王文硕,杨桔材.农村生活污水资源化利用现状及对策研究[J].环境科学与管理,2025,50(5):25-30.
- [4] 赵超,萧大伟,周长行,赵一帆.农村生活污水资源化利用的思考与探讨[J].清洗世界,2025,41(7):166-168.
- [5] 陈毅男,施达栋,褚如武.农村生活污水资源化利用技术与经济性研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(6):092-095.

Research on Integrated Spectroscopy and Image Fusion for Rapid Detection and Pollution Tracing of Soil Heavy Metals

Bimao Wei

Guangxi Zhuang Autonomous Region Laibin Ecological Environment Monitoring Center, Laibin, Guangxi, 546100, China

Abstract

Soil heavy metal pollution poses a significant threat to ecosystem stability and agricultural security. While traditional chemical analysis methods offer high precision, they are characterized by lengthy detection cycles, high costs, and limited coverage. By integrating spectroscopy, remote sensing, and intelligent algorithms, rapid, non-destructive, and large-scale monitoring of pollution can be achieved. This study establishes a spectral response model for soil heavy metals using visible-near infrared spectroscopy and high-resolution imagery data, followed by content inversion and spatial distribution reconstruction through machine learning algorithms. Results demonstrate that the fusion of spectral and image information significantly enhances model accuracy and stability. Combined with geostatistical analysis and isotope analysis, a multidimensional pollution tracing system is developed, providing scientific support for regional environmental monitoring, agricultural safety assessment, and pollution control.

Keywords

soil heavy metals; spectral analysis; image fusion; pollution tracing; rapid detection; machine learning

融合光谱与图像信息的土壤重金属快速检测及污染溯源技术研究

韦必帽

广西壮族自治区来宾生态环境监测中心, 中国·广西 来宾 546100

摘要

土壤重金属污染对生态系统稳定与农业安全构成严重威胁。传统化学分析方法虽精度高, 但检测周期长、成本高、覆盖面有限。借助光谱学、遥感与智能算法的融合, 可实现污染的快速、无损与大范围监测。本文基于可见光—近红外光谱与高分辨率影像数据, 构建土壤重金属光谱响应模型, 并利用机器学习算法进行含量反演与空间分布重建。结果显示, 光谱与图像信息融合显著提升模型精度与稳定性。结合地统计与同位素分析, 建立了多维污染溯源体系, 为区域环境监测、农业安全评价及污染防控提供科学支撑。

关键词

土壤重金属; 光谱分析; 图像融合; 污染溯源; 快速检测; 机器学习

1 引言

随着工业化与城镇化的推进, 土壤重金属污染问题日益严峻。重金属元素难以降解、易在环境中富集, 对农产品质量与人体健康构成长期威胁。我国部分矿区、冶炼区及农田存在镉、铅、铜、锌等超标现象, 传统实验室检测虽精确, 但取样代表性有限、周期长、成本高, 难以满足区域化监测需求。在信息化与智能感知背景下, 光谱技术凭借其快速、无损和高效特征识别优势, 成为土壤重金属监测的重要手段。光谱数据可揭示土壤物质组成, 高光谱影像则反映污染

物的空间分布。融合光谱与图像信息能兼顾定量分析与空间表征, 实现污染识别的高精度化与可视化。本文基于“光谱—影像融合”思路, 综合运用特征提取、纹理分析与机器学习算法, 建立土壤重金属快速检测与污染溯源模型。研究旨在提升检测精度与效率, 为土壤环境动态监测与污染治理提供科学依据与技术支撑。

2 融合光谱与图像的理论基础与技术框架

2.1 光谱特征与重金属含量的关联机制

土壤中重金属离子的存在会显著改变其反射光谱特征。重金属与土壤矿物颗粒、有机质和氧化物结合后, 会在特定波段引起吸收或反射率变化。以 Cd^{2+} 和 Pb^{2+} 为例, 其含量增加会使可见光区 (400–800 nm) 反射率下降并在红光区出

【作者简介】韦必帽 (1981—), 男, 壮族, 中国广西柳州人, 硕士, 工程师, 从事生态环境监测研究。

现特征吸收峰; Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等元素则在近红外区 (1000–2500 nm) 呈现明显吸收特征。通过计算光谱一阶导数、红边位置、吸收深度等参数, 可识别不同元素对光谱曲线的影响规律。为降低土壤湿度、有机质及颗粒差异造成的信号干扰, 采用标准正态变换 (SNV)、连续小波变换 (CWT) 及多项式拟合去噪等预处理手段, 有助于增强光谱与重金属含量的相关性, 提取稳定、高敏感的特征波段, 为后续建模提供高质量输入。

2.2 图像特征与空间分布信息的表达作用

遥感影像信息通过纹理、结构与空间分布特征反映污染的空间异质性。高分辨率影像可揭示不同地表类型与植被覆盖差异, 而这些差异与污染扩散路径密切相关。典型的污染区域常表现为反射率异常、植被指数偏低或地表亮度突变。通过灰度共生矩阵提取影像的对比度、熵、能量及相关性指标, 可量化地表空间纹理特征; 结合空间自相关系数 (Moran's I) 与局部聚类分析, 可识别污染的集中分布区。图像特征在宏观尺度上反映地表污染扩散模式, 与光谱特征的物质识别功能互补。两类信息的融合使污染检测从定性识别上升为定量预测, 既能反映污染物浓度变化, 又能揭示其空间迁移规律, 为土壤污染监测提供系统化支撑。

2.3 多源信息融合的整体框架设计

光谱与图像融合的核心在于构建统一的多模态特征协同框架。本文提出的融合体系包括五个阶段: 数据采集、特征提取、特征融合、模型预测与结果验证。在数据层面, 通过地面光谱仪、无人机高光谱影像与卫星多光谱数据实现“点一面一体”立体化观测; 在特征层面, 利用主成分分析 (PCA)、互信息法与卷积特征融合 (CNN-Fusion) 提取光谱与图像的共享特征空间; 在建模层面, 结合随机森林 (RF) 与支持向量机 (SVM) 建立重金属含量反演模型, 并通过交叉验证优化参数。最终结果通过 GIS 平台进行空间可视化, 生成污染分布图, 实现数据、算法与可视化的闭环集成, 为土壤重金属污染的快速检测与智能溯源提供完整技术路径。

3 融合数据的采集与预处理方法

3.1 地面光谱与遥感影像采集体系

在研究区域内选择具有代表性的不同地貌与土地利用类型样点, 利用便携式高光谱仪 (350–2500 nm) 采集土壤反射光谱, 全面覆盖可见光、近红外及短波红外波段, 以捕捉土壤矿物、有机质及重金属元素的光谱响应特征。地面实测同步获取土壤样品用于化学分析, 以建立光谱—重金属含量的定量关系。无人机搭载多光谱与高分辨率 RGB 传感器获取亚米级影像, 用于细尺度地表差异分析; 卫星数据 (Sentinel-2、Landsat-8) 提供宏观区域背景与时序变化信息, 实现“地—空—天”多平台协同观测。为确保多源数据间的可比性与辐射一致性, 采集前使用白板校准法对仪器进行标

准化处理; 影像数据经辐射定标、大气校正与几何校准, 以消除太阳高度角、传感器噪声及大气散射等影响。通过时空一致性匹配与坐标统一, 最终构建光谱与影像数据的同源融合基础数据集, 为后续特征提取与模型构建提供精确输入。

3.2 光谱特征提取与降维处理

高光谱数据维度庞大且信息冗余, 为提高建模效率与特征相关性, 需要进行特征提取与降维处理。通过对反射曲线进行平滑与一阶导数变换, 可突出微弱吸收特征; 红边位置与吸收深度等曲线参数反映了土壤成分变化与重金属结合效应。结合 NDVI、RVI、DVI 等植被与表面反射指数, 可间接表征土壤有机质、湿度及氧化物含量的变化。利用主成分分析 (PCA) 提取主要信息成分, 减少数据维度, 避免多重共线性; 再采用竞争自适应重加权算法 (CARS) 筛选与 Cd、Pb、Cu 等元素显著相关的敏感波段。研究结果显示, 800–950 nm 与 1950–2200 nm 波段区域为重金属含量的高敏感区, 反映了金属离子与羟基、碳酸盐、铁氧化物等的结合特征。经过降维与特征优化, 模型输入变量数量减少 60% 以上, 运行效率提升约 40%, 为多源融合建模奠定坚实基础。

3.3 图像特征提取与多维数据融合

在图像层面, 通过灰度共生矩阵 (GLCM) 提取影像纹理特征, 包括对比度、熵、能量与相关性, 用以刻画地表空间结构差异; 计算土壤亮度指数 (BI)、建筑指数 (NDBI)、调节植被指数 (SAVI) 及湿度指数 (MSI), 反映土地利用类型、地表覆盖状况及湿度分布特征。纹理与光谱特征共同构成土壤污染的“光学指纹”。为实现数据融合, 采用归一化标准化方法消除量纲差异, 通过互信息法确定特征权重, 利用主成分融合 (PCA-Fusion) 与加权平均算法在特征层实现光谱—影像联合融合。该融合方法可在保留光谱敏感波段信息的同时, 增强图像空间表达能力, 使融合后的数据集既能反映物质组成, 又能表达空间结构特征。研究表明, 多源融合特征在重金属浓度反演模型中的决定系数 R^2 提升至 0.89, 显著优于单一数据源建模结果, 为污染监测、风险评估与溯源分析提供了高精度数据支撑与方法体系。

4 土壤重金属快速检测模型构建与验证

4.1 机器学习模型选择与建模流程

融合后的光谱与图像特征数据维度高、非线性特征显著, 传统线性回归模型难以有效刻画其复杂关系。为实现重金属含量的精准预测, 本文引入集成机器学习框架进行建模。支持向量机 (SVM) 利用核函数将输入特征映射至高维空间, 具备出色的非线性拟合能力, 适用于小样本与高维数据场景; 随机森林 (RF) 通过多决策树集成与随机抽样策略, 能在保证模型稳定性的同时有效降低过拟合风险。本文构建 SVM-RF 集成模型, 以光谱特征、图像纹理指数、地形参数 (坡度、高程、NDVI) 及土壤理化数据为输入变量, 输出为实测重金属浓度。模型采用 10 折交叉验证评估泛化

性能,并结合网格搜索与贝叶斯优化联合调整参数,实现最优模型超参数选择。结果表明,融合模型在高维特征环境下表现出较高的拟合精度与预测稳定性,为土壤重金属浓度的智能反演提供了可靠的数据驱动途径。

4.2 模型精度验证与结果分析

模型精度通过独立样本集验证,采用决定系数(R^2)、均方根误差(RMSE)和平均绝对误差(MAE)进行综合评价。结果显示,融合模型在Cd、Pb、Cu等元素预测中表现最佳,平均 R^2 达到0.89,相较单一光谱模型($R^2=0.76$)和影像模型($R^2=0.71$)均有显著提升,RMSE下降约25%,预测误差控制在可接受范围内。特征重要性分析揭示,红边参数、近红外反射率和影像对比度是主要影响因子,这说明光谱信息主导了物质识别,而图像特征强化了空间异质性表达。模型的残差空间分布均匀,表明其稳定性良好;在污染程度分区识别中,能清晰区分高污染与低污染区域。融合模型的优越表现验证了光谱—图像双源融合的科学性与有效性,为多源环境数据建模提供了可行路径。

4.3 模型可视化与污染分布映射

在模型预测结果基础上,利用GIS空间分析与遥感可视化技术构建土壤重金属污染分布图,实现区域污染的空间量化展示。结果显示,Cd、Pb高污染区集中在矿区、冶炼区及交通干线周边,呈条带状聚集分布;Cu、Zn污染则主要沿河谷及工农业交汇带扩散。通过与数字高程模型(DEM)叠加分析发现,地形起伏与污染空间分布呈负相关关系,低洼和平缓地区更易形成污染积聚区,而坡地和丘陵地段的径流作用促使污染物扩散与稀释。进一步利用时间序列遥感影像对比分析,可实现污染动态变化与治理效果的监测,揭示污染源活动的空间迁移规律。该研究的可视化成果为政府监管部门提供了直观的决策依据,为污染治理分区、生态修复规划及风险预警提供科学支撑,对推进土壤环境动态监测体系建设具有重要意义。

5 污染溯源技术路径与案例分析

5.1 多源数据驱动污染识别体系

污染溯源的关键在于构建能够精准识别污染特征的综合模型。基于光谱信息、重金属含量及同位素比值等多源数据,结合地统计学与空间分析方法,可实现污染源的定量识别与区域定位。光谱数据揭示土壤化学组成异常的空间分布特征,同位素比值(如 Pb^{06}/Pb^{07} 、 Cu^{65}/Cu^{63})反映污染物的地球化学来源差异,地统计分析则用于检测空间聚集特征和扩散路径。通过建立“光谱异常识别—空间聚类分析—污染源追踪”的综合框架,可从宏观空间结构与微观成分特征两方面实现污染的精准溯源,构建数据驱动型污染识别体系,为区域环境治理提供科学依据。

5.2 典型区域污染源识别案例

以沁河流域冶炼区为研究对象,融合光谱影像与地面实测数据,识别出Cd、Pb、Cu等元素高浓度聚集带。结果显示,高值区与冶炼厂尾矿堆、交通主干线空间分布高度吻合,表明工业废渣与车辆排放是主要污染源。同位素比值分析进一步证实了金属元素来源的复合特征,存在矿业活动与交通污染的叠加效应。地表径流分析显示,污染物沿河流方向迁移,导致下游农田局部重金属累积超标。基于上述结果,提出分区治理与生态修复策略,包括源头治理、缓冲带构建与风险动态评估,为污染防控提供实证参考。

5.3 面向管理的应用与数据集成机制

为实现污染监测的长期化与动态化,应构建基于多源数据的集成管理平台。该平台应整合地面监测站数据、无人机影像、卫星遥感及气象水文信息,实现污染信息的时空动态更新与共享。通过区块链技术保障数据防篡改与可追溯性,提升环境治理透明度。平台可嵌入AI分析模块,实时识别异常变化并生成风险预警报告,辅助决策部门制定精准管控措施。同时,应建立跨部门协作机制,实现环境、农业、自然资源等单位的数据互联互通,形成“监测—预警—治理—评估”的闭环管理体系,推动污染防控数字化与智能化发展。

6 结语

融合光谱与图像信息的土壤重金属快速检测技术实现了从“实验室分析”到“现场定量”的转变,为环境监测提供了高效、经济的技术路径。研究结果表明,多源信息融合能显著提升重金属含量反演精度与空间分布识别能力,在污染溯源与风险评估中具有广泛应用前景。未来应进一步推动融合技术向高光谱—多源遥感—智能算法方向发展,构建自动化、可视化的环境监测体系。同时,加强模型标准化与数据共享平台建设,完善光谱数据库与元素特征谱库,实现从数据采集、分析到决策支持的全流程智能化管理。该研究为我国土壤重金属污染的快速检测与防控提供了重要的科学依据与工程支撑。

参考文献

- [1] 胡双齐.生菜叶片重金属镉含量便携式光谱无损检测仪设计与试验[D].江苏大学,2021.
- [2] 王欣然.基于XRF的土壤重金属元素检测分析方法研究[D].电子科技大学,2023.
- [3] 罗润.基于机器学习途径的混合有机酸光谱图像分析[D].陕西师范大学,2020.
- [4] 成永生,周瑶.土壤重金属高光谱遥感定量监测研究进展与趋势[J].中国有色金属学报,2021,31(11):3450-3467.
- [5] 王思敏.基于高光谱图像技术的油菜叶片重金属镉含量检测研究[D].江苏大学,2023.

Practical Review and Innovation Path of Administrative Law Enforcement in Animal Husbandry and Veterinary Medicine in China: Thoughts Based on the Grassroots Work Practice in Jing 'an County, Jiangxi Province

Longbin Zhao

Jing 'an County Agricultural and Rural Affairs Bureau Agricultural Technology Extension Service Center, Yichun, Jiangxi, 330600, China

Abstract

Administrative law enforcement in animal husbandry and veterinary medicine is the core guarantee for building a solid defense line for the quality and safety of livestock and poultry products, preventing the spread of major animal diseases, and promoting high-quality development of animal husbandry. It is directly related to the stability of agricultural product supply, the effectiveness of farmers' income growth, and public health security, and is of vital importance for the implementation of the rural revitalization strategy. Jing 'an County, Jiangxi Province, is an agricultural county in the mountainous area of northwest Jiangxi. Mountainous land accounts for 84% of the area. Its animal husbandry is characterized by pig breeding and poultry farming under the forest. The majority of the breeding entities are small and medium-sized individual farmers. In 2024, the output value of animal husbandry reached 480 million yuan, accounting for 32% of the total agricultural output value, and it is an important pillar of the county's agricultural economy. Based on the practice of grassroots supervision, the county's law enforcement work has achieved remarkable results in areas such as epidemic prevention and control and industrial supervision. However, it still faces problems such as insufficient matching between law enforcement and industry, weak grassroots support, uneven team capabilities, and an incomplete long-term mechanism. Coupled with the challenges of new professional anti-counterfeiting, it is urgent to optimize. Based on the actual situation of the county, this article analyzes prominent problems and proposes innovative strategies, providing references for improving the efficiency of grassroots law enforcement and the implementation of similar work in mountainous counties.

Keywords

Animal husbandry and veterinary medicine; Administrative law enforcement; Grassroots practice; Jing'an County; Regulatory reform; Industrial security

我国畜牧兽医行政执法的实践检视与革新路径——基于江西省靖安县基层工作实践的思考

赵龙斌

靖安县农业农村局农业技术推广服务中心，中国·江西 宜春 330600

摘要

畜牧兽医行政执法是筑牢畜禽产品质量安全防线、防范重大动物疫病传播、推动畜牧业高质量发展的核心保障，直接关联农产品供给稳定、农民增收实效与公共卫生安全，对乡村振兴战略落地至关重要。江西省靖安县作为赣西北山区农业县，山地占比84%，畜牧业以生猪养殖和林下养禽为特色，养殖主体多为中小散户，2024年畜牧业产值达4.8亿元，占农业总产值32%，是县域农业经济重要支柱。结合基层监管实践，该县执法工作在疫病防控、产业监管等领域成效显著，但仍面临执法与产业适配不足、基层支撑薄弱、队伍能力不均、长效机制不健全等问题，叠加新型职业打假挑战，亟待优化。本文立足县域实际，剖析突出问题并提出革新策略，为基层执法效能提升及同类山区县工作开展提供参考。

关键词

畜牧兽医；行政执法；基层实践；靖安县；监管革新；产业保障

1 引言

【作者简介】赵龙斌（1970—），男，中国江西靖安人，本科，畜牧兽医师，从事畜产品安全、动物防疫检疫、屠宰监管及农业综合行政执法研究。

畜牧业作为农业农村经济基础性支柱产业，关乎农产品供给、农民增收与公共卫生安全，是乡村振兴战略实施的重要支撑。畜牧兽医行政执法贯穿畜牧业全产业链，是落实

《畜牧法》《动物防疫法》等法规的核心载体,是保障产业高质量发展的法治基础。

近年,靖安县聚焦生猪复养、林下养禽产业重点,强化疫病防控、规范检疫流程,执法成效显著,2024年生猪合规养殖率达92%,病死生猪无害化处理率100%,畜禽产品抽检合格率98.3%。但随着产业规模化起步、新业态涌现及新型职业打假聚焦行业隐蔽问题,执法与产业发展适配性不足等矛盾凸显,需系统检视短板、探索革新路径,推进执法工作规范化、高效化。

2 江西省靖安县畜牧兽医行政执法的实践成效

2.1 疫病防控执法闭环初步形成

严格落实“春秋”两防要求,构建“免疫-监测-整改”全链条执法体系。建立“县-乡-村”三级疫苗配送台账,全程跟踪疫苗流转,2024年重大动物疫病强制免疫密度100%,重点疫病免疫全域覆盖。常态化开展抗体监测,全年检测血清样本860份,抗体合格率96.2%,超国家90%标准,28家不合格样本对应养殖场整改完成率100%,无重大疫情发生。“先免后补”政策电子化落地,18家规模场实现补贴精准发放,2024年发放补贴38.6万元,准确率100%,有效提升养殖主体合规防疫意识,筑牢疫病传播防线。

2.2 产业全链条监管执法持续强化

构建“养殖-屠宰-流通”闭环监管模式,聚焦生猪、林下养禽两大特色产业。生猪产业开展全链条排查,2024年排查养殖场156家次、屠宰厂5家次、流通经营主体30余家次,整改粪污处理不规范、养殖档案不完善等问题48个,整改率100%。林下养禽产业规范备案执法,2024年备案新场28家,核查120万元补贴资金无违规,推动规模化养殖率先提升至78%。同时强化生猪保险执法监管,规范投保、定损、理赔流程,2024年参保率91%,理赔61.4万元惠及216户,理赔及时率100%,助力散户抵御养殖风险,稳定产业发展秩序。

2.3 无害化处理执法全面落地

构建“排查-报告-处理-监管”执法链条,全方位管控病死畜禽处置环节,2024年处理病死生猪1061头、家禽3.2万羽,无害化处理率100%,无乱丢乱弃现象,守护生态环境与公共卫生安全。开展屠宰专项整治,出动执法人员50余人次,突击巡查屠宰厂5次,重点查处私屠滥宰、检疫流程不规范等行为,下达整改通知书10份,查处案件2起,罚款13840元,有效规范屠宰行业经营秩序,保障屠宰环节产品质量安全。

2.4 农资与农产品质量安全执法成效显著

开展农资打假专项行动,加大执法检查与抽检力度,2024年执法检查32次,抽检兽药饲料86批次,合格率95.3%,查处假劣饲料案件1起,罚款8600元,没收假劣产品200余公斤,遏制假劣农资流通。推进农产品质量整治,

聚焦兽药残留、重金属等关键指标,抽检畜禽产品120批次,合格率98.3%,未发生区域性、系统性质量问题,切实保障群众“舌尖上的安全”,维护县域畜禽产品市场信誉。

3 江西省靖安县畜牧兽医行政执法的突出问题

3.1 执法与产业发展适配性不足

靖安县畜牧产业“小而散”特征突出,万头以上规模猪场仅1家,生猪散户占比75%,林下养禽亦以散户为主,养殖主体点多面广,执法覆盖难度大、成本高,2024年散户平均执法成本800元,远超规模场,监管效率偏低。42.9%中小养殖场存在养殖记录不全、防疫不到位、疫苗储存不达标等问题,既增加执法难度,又提升疫病传播风险。同时,网络销售等新业态兴起,传统线下监管难以全覆盖,线上交易存在监管盲区,执法与产业发展新业态适配性不足问题凸显。

3.2 基层执法支撑体系薄弱

基层执法力量、基础设施与检测能力均存在短板,制约执法效能提升。11个乡镇仅7个设执法联络点,3个偏远乡镇无专职协管员,执法力量分散,偏远乡镇执法响应时间达36小时,部分小场年巡查仅1次,监管频次不足。32%养殖场位于偏远山村,无硬化道路,执法往返平均2.8小时,成本较平原高2倍,影响执法效率。基层缺液相色谱仪等精准检测设备,3起疑似饲料非法添加案件需送上级检测,办案周期延长20天,证据固定难度增加,阻碍违法违规行为快速处置。

3.3 执法队伍专业能力有待提升

28人执法队伍中,畜牧兽医专业仅15人,占比53.6%,8人未接受系统检疫执法培训,疫病检测、兽药鉴别等专业能力不足。部分规模场启用电子养殖档案系统后,6名执法人员操作不熟练,需企业协助核查数据,削弱执法权威。培训机制不完善,2024年仅培训2次共64小时,多为政策宣讲,缺乏实践操作演练,实效不佳。25%人员对《动物防疫法》等新规条款理解不深,18%人员案卷存在程序瑕疵,难以适应新形势下专业化执法需求。

3.4 长效执法机制尚不健全

执法理念与协同、监管方式均有短板,难以支撑执法长效开展。执法“重处罚、轻引导”,2024年查处8起案件仅指导12家主体,中小散户重复违法率18%,未从根本上解决问题。跨部门协同不足,农业农村、市场监管等部门信息共享不及时、执法衔接不畅,曾出现不合格猪肉流入市场3天后才发现的问题,监管闭环存在漏洞。执法依赖人工巡查,无大数据等智能手段,纸质台账难实现动态跟踪,问题整改闭环难度大,执法精准性与高效性不足。

3.5 新型职业打假带来额外挑战

新型职业打假人聚焦畜牧领域,给执法工作带来额外压力,执法合规风险上升。2024年收到职业打假投诉3起,

较2022年增50%，聚焦标签不规范、兽药资质不全等隐蔽问题，暴露执法细节短板。部分投诉涉及饲料非法添加等专业问题，需省级检测认定，基层检测与证据固定能力不足，难以快速核查处置。职业打假人多跨区域投诉举报施压，对执法程序规范性、证据完整性要求极高，部分执法人员处置经验不足，存在程序瑕疵风险，进一步提升执法合规压力。

4 江西省靖安县畜牧兽医行政执法的革新路径

4.1 强化执法与产业发展协同

立足产业实际，推动执法与产业深度协同，提升适配性。2025年前计划培育2家万头猪场，补贴防疫设施50万元，对规模场实行“月度抽查+年度审核”轻量化监管，集中资源管控中小散户，降低执法成本。结合县域特色，制定《县域特色养殖业执法服务指南》，简化中小场备案材料，推行“季度巡查+远程核查”，2024年覆盖36家中小场，执法效率提35%。建立网络销售执法机制，联合市监管部门排查商家，规范12家主体资质，季度线上线下核查，2024年网络销售合规率达90%，消除线上监管盲区。

4.2 健全基层执法支撑体系

补齐基层执法短板，构建完善支撑体系。建立“县级主导、乡镇联动”机制，明确乡镇执法职责，将配合情况纳入绩效考核，2025年底实现11个乡镇执法联络点全覆盖，配专职协管员，县级月培训不少于1次，构建三级执法网络，执法响应缩至12小时，覆盖率达95%。规划3个生猪、2个林下养禽集中区，配套硬化道路18公里、检测点3个，集中区执法成本降40%，现场检测率提75%。整合80万元资金升级装备，2024年购3台兽药残留检测仪，硬件达标率80%，2025年计划投50万购液相色谱仪，补齐精准检测短板，缩短办案周期。

4.3 提升执法队伍专业素养

通过培训、考核、人才引进，打造专业化执法队伍。构建“专业培训+实践演练+专家指导”机制，年培训不少于4次96小时，邀省市专家指导3次，重点培训法律法规、检疫流程、智能设备操作等，2024年培训4次120小时，提升专业能力。实行持证上岗与动态考核，将执法质量、群众满意度等纳入考核，结果与薪酬、晋升挂钩，不合格人员离岗培训，连续两年不合格调离，2024年3人离岗培训、1人调离，优化队伍素质。招录3名畜牧兽医专业毕业生，返聘2名退休专家，充实专业力量，缓解基层执法压力。

4.4 完善长效执法监管机制

推动执法机制创新，提升执法规范化、协同化、智能化水平。构建“日常巡查+随机抽查+重点督查”模式，规模场月巡查1次、中小场季巡查1次，建电子台账实现问题闭环，2024年巡查186次，整改率100%。推行“监管+服务”融合，发放500余份合规手册，年开展8场合规培训，覆盖320户，重复违法率降至6%，巡查同步提供技术

指导。建成执法信息共享平台，实现部门数据互通，建立案件协作机制，2024年移交线索8条、联合办案3起，效率提45%。规模场装15套监控，大数据锁定4家高风险场，执法精准度达82%，计划2026年实现规模场智能监管全覆盖、中小场达60%。

4.5 强化惠农政策执法落地

加强惠农政策执行监管，保障政策红利精准直达。每季度核查“先免后补”、生猪保险资金，2024年核查120笔无违规，补贴发放准确率100%。优化生猪保险理赔流程，时限从7天缩至2天，效率提50%，严核病死原因等信息，杜绝虚假理赔，助力散户抵御风险。结合林下养禽产业发展需求，建议新增产业补贴，同步建立资金监管机制，明确标准与责任，保障资金规范使用，推动产业规模化升级。

4.6 应对新型职业打假挑战

针对性提升应对能力，平衡社会监督与执法秩序。开展4次快速检测培训，提升执法人员检测能力，购液相色谱仪后实现80种以上禁用兽药精准检测，隐蔽案件发现率达65%。推行执法全程录音录像，规范电子证据固化，职业打假案件胜诉率达90%。建立投诉处理机制，合理投诉依法查处，1起恶意投诉移交公安，有效维护执法秩序；组织专项培训，提升执法人员程序合规意识与案件处置能力，降低行政复议、诉讼风险。

5 结语

畜牧兽医行政执法是保障畜牧业健康发展、维护公共卫生安全的关键手段。靖安县基层实践表明，通过构建全链条执法体系、强化专项整治、完善监管机制，在疫病防控、产业监管等方面成效显著，2024年重点疫病抗体合格率96.2%，病死生猪无害化处理率100%，畜禽产品抽检合格率98.3%。但仍面临执法与产业适配不足、基层支撑薄弱、队伍能力不均、长效机制不健全等问题，叠加新型职业打假挑战，执法工作需深化改革。

推进靖安县畜牧兽医行政执法革新，需立足县域产业实际，通过强化执法与产业协同、健全基层执法支撑、提升队伍素养、完善长效机制、优化惠农政策执法、应对职业打假挑战等举措，构建“监管有力度、服务有温度、执法有效率”的行政执法体系。未来，应推动执法理念从“重处罚”向“重规范”、执法方式从“传统化”向“智能化”、执法模式从“分散化”向“协同化”转变，为县域畜牧业高质量发展与公共卫生安全提供法治保障，也为同类山区县提供可借鉴经验。

参考文献

- [1] 卢星华,周旭,李颐.我国畜牧兽医行政执法的检视与革新[J].现代畜牧科技,2024(8):153-156.
- [2] 郭春明.畜牧兽医执法存在的问题及解决对策[J].饲料博览,2021(7):96-97.
- [3] 王健,李娟.基层畜牧兽医行政执法困境与优化路径[J].中国动物检疫,2023,40(5):68-72.

Discussion on Dilemmas and Breakthroughs of Township-level Agricultural Product Supervision System in Xinjiang

Hongyan Xiang¹ Hui Ma²

1. Agricultural Development Center of Dongwan Town People's Government, Qitai County, Changji, Xinjiang, China 831800

2. Fuhai County Comprehensive Inspection and Testing Station for Agricultural, Livestock, and Aquatic Product Quality and Safety, Altay, Xinjiang, China 836500

Abstract

The quality and safety supervision system for agricultural products in townships serves as the “first line of defense” in ensuring food safety, playing a pivotal role in strengthening source prevention, solidifying grassroots governance, supporting industrial development, and promoting social co-governance. While a preliminary township supervision system has been established, covering aspects such as organizational teams, production oversight, rapid testing, entity management, and publicity efforts, challenges persist, including insufficient awareness of quality and safety, limited testing capabilities, weak professional expertise, and an incomplete regulatory framework. To address these issues, measures such as enhancing education and publicity, improving facilities and funding support, upgrading personnel expertise, and establishing a closed-loop supervision system across the entire supply chain are necessary to systematically strengthen township supervision and effectively safeguard public food safety.

Keywords

agricultural product quality and safety; township regulatory system; inspection capacity; regulatory mechanism

新疆乡镇农产品监管体系的困境与突破探讨

相红燕¹ 马惠²

1. 奇台县东湾镇人民政府农业发展中心, 中国·新疆 昌吉 831800

2. 福海县农畜水产品质量安全综合检验检测站, 中国·新疆 阿勒泰 836500

摘要

乡镇农产品质量安全监管体系是保障农产品安全的“第一道防线”，对筑牢源头防控、夯实基层治理、服务产业发展及推动社会共治具有关键作用。当前，乡镇监管体系已初步建立，涵盖机构队伍、生产监管、快速检测、主体管理及宣传引导等内容，但仍面临质量安全意识不足、检测能力有限、人员专业不强、监管体系不健全等问题。为此，需通过强化宣传教育、完善设施与经费保障、提升人员专业能力、健全全链条闭环监管等措施，系统加强乡镇监管体系建设，切实守护人民群众“舌尖上的安全”。

关键词

农产品质量安全；乡镇监管体系；检测能力；监管机制

1 引言

农产品质量安全关乎人民群众的身体健康和生命安全，是农业发展的重要基石，加强基层农产品质量安全体系建设至关重要。随着农业生产的快速发展，社会各界对农产品质量安全的重视程度也越来越高，其中农药残留成为关注的焦点^[1]。由于旅游业的带动，新疆的各类农副产品也逐渐备受瞩目，而乡镇作为农产品主要生产的源头和前沿阵地，其质

量安全体系建设直接影响着农产品的质量，是从根本上保障农产品质量安全的关键所在。然而，当前乡镇农产品质量安全体系仍存在诸多不足，亟待加强和完善。

2 健全农产品质量安全监管体系的重要性

健全乡镇农产品质量安全监管体系，是守住农产品质量安全“第一道防线”的关键，直接决定了从源头保障食品安全、服务基层农业发展和维护农民利益的成效。

2.1 筑牢源头防控底线，守护食品安全第一道关口

乡镇是农产品生产的核心区域，是质量安全风险防控的起点。一是直接管控生产源头风险。乡镇监管能近距离、常态化巡查种植养殖环节，及时发现并制止违规使用禁限用农药兽药、不遵守安全间隔期等行为，从根源上减少不合格

【作者简介】相红燕（1987—），女，硕士，高级农艺师，从事基层农业技术推广服务及农产品质量安全监管检测研究。

农产品的产生。二是弥补上层监管“末梢短板”。县级及以上监管力量难以覆盖所有农户和田间地头，乡镇监管体系可实现“就近监管、精准监管”，解决上层监管“管不到、管不细”的问题，堵住监管漏洞。

2.2 夯实基层治理基础，提升监管体系整体效能

乡镇监管体系是全国农产品质量安全监管网络的“神经末梢”，其健全程度决定了整个体系的运转效率。一是打通政策落地“最后一公里”。乡镇监管机构能将国家和省级的质量安全政策、标准规程，转化为通俗易懂的语言和可操作的措施，精准传递给基层生产主体，确保政策不悬空、不走样。二是实现风险快速响应。乡镇层面可第一时间发现本地农产品质量安全隐患，快速上报信息并配合处置，避免小风险演变为区域性、系统性问题，提升整个监管体系的应急处置效率。

2.3 服务农业产业发展，助力农民增收和乡村振兴

健全的乡镇监管体系不仅是“监管者”，更是农业高质量发展的“推动者”。一是引导产业提质升级。通过推广标准化生产、指导“三品一标”认证，帮助农产品提升品质，增强市场竞争力，推动传统农业向优质高效农业转型。二是维护农民和主体利益。一方面，通过规范生产，减少因质量问题导致的农产品滞销、退货损失；另一方面，打击假冒伪劣投入品，保护农民免受劣质农资侵害，稳定农业生产收益。

2.4 凝聚社会共治合力，营造安全消费环境

乡镇是连接生产端和消费端的重要节点，在构建社会共治格局中发挥关键作用。一是强化主体责任意识。通过常态化宣传培训和现场指导，让农户和生产主体直观认识到质量安全的重要性，主动承担起主体责任。二是搭建信任桥梁。乡镇监管机构通过公开检测结果、推广追溯体系，向消费者传递农产品安全信息，增强公众对本地农产品的信任度，同时畅通投诉举报渠道，引导社会力量参与监督。

3 乡镇农产品质量安全监管体系工作内容

乡镇农产品质量安全监管体系是整个监管网络的“最后一公里”执行单元，核心聚焦生产源头管控和基层服务，内容以“实用、高效、贴近农户”为原则，主要包含机构队伍、监管执法、检测服务、主体管理、宣传引导五大模块。

3.1 监管机构与队伍建设

乡镇层面的监管队伍，是监管工作落地的组织保障。一是机构设置：设立乡镇农产品质量安全监管站（或在农业发展服务中心内挂牌），作为承担具体监管职能的专门机构。二是人员配备：配备专职或兼职监管员，负责统筹辖区内监管工作；在行政村或重点产业区配备协管员，承担政策传达、隐患排查、信息上报等基础性工作。三是能力保障：定期组织监管人员参加业务培训，内容涵盖法律法规、检测技术、生产标准等，提升基层监管队伍的专业能力^[2]。

3.2 生产源头监管与执法

乡镇监管的核心是管住生产源头，防范风险于未然。

一是农业投入品监管：重点排查农药、兽药、肥料、饲料等投入品经营门店，检查产品质量、标签标识、进货台账，严厉打击销售禁限用投入品的行为。二是生产过程管控：督促种植养殖主体建立生产记录台账，记录投入品使用、农事操作、疫病防治等信息；实地巡查种植养殖基地，指导生产者科学用药、合理施肥，严格遵守安全间隔期和休药期规定。三是违法违规查处：对巡查、检测违规行为依法进行批评教育、责令整改；情节严重的报县级监管部门依法查处。

3.3 快速检测与抽样送检

通过检测筛查不合格产品，守住入市前的重要关口。一是快速检测服务：乡镇监管站配备快速检测设备，为生产主体提供免费的快速检测服务。二是抽样送检协助：协助县级监管部门开展抽样工作，配合完成风险监测和监督抽检任务。三是检测结果应用：对快速检测不合格的农产品，指生产者暂停销售；对抽检不合格的，并配合上级部门追溯整改。

3.4 生产主体管理与追溯

通过规范主体管理，明确质量安全责任。一是主体建档备案：对种植养殖大户、家庭农场、农民合作社、农业企业等生产主体进行全面摸排建立档案。二是追溯体系推广：指导和推动生产主体加入国家或地方农产品质量安全追溯平台，督促主体如实上传生产信息，推动“一品一码”应用。三是标准化生产引导：推广适合本地的标准化生产技术规程，指导生产主体按标准组织生产；鼓励主体申报“三品一标”，提升农产品质量安全水平^[3]。

3.5 宣传培训与社会共治

通过宣传培训提升各方质量安全意识。一是政策法规宣传：向生产主体宣传《农产品质量安全法》等法律法规，明确生产经营者的主体责任。二是技术知识培训：开展种植养殖技术、投入品安全使用等培训，提升生产者的科学种养水平和质量安全意识。三是社会监督引导：畅通投诉举报渠道，曝光典型违法案例。

4 乡镇农产品质量安全监管体系现状

自2007年我国全面启动农产品质量安全监管和检测体系建设以来，乡镇监管体系逐步建立。

4.1 监管体系的逐步完善

随着国家对农产品质量安全的重视程度的逐年增加，新疆全区落实乡镇农产品质量安全网格化管理，设立镇村两级网格体系，一级网格以行政村为基础，开展巡查检查等工作；二级网格以乡镇为属地，负责快速检测、专项检查等，确保了农产品的基本安全。

4.2 监管检测队伍初步建立

各乡镇农产品质量安全监管站配备了一定数量的专业技术人员，部分人员经过培训具备了基本能力，各村也设立了监管员，协助乡镇完成本辖区生产主体的监管。制定了绩效考核管理办法，定期对协管员工作进行评价和考核，促进

了协管员责任意识和工作效率的提升。

4.3 检测工作有序开展

各乡镇配备了基础的检测设备,如农药残留快速检测仪、移液枪等,近几年还推广了胶体金检测技术,能在农产品上市前进行有机磷和氨基甲酸酯类农药残留及重点农产品的规定检测项目开展快速检测,保障了农产品质量安全。

5 乡镇农产品质量安全监管体系工作存在的问题

当前乡镇农产品质量安全体系仍存在诸多不足,亟待加强和完善。

5.1 质量安全意识略显不足

生产者和消费者的农产品质量安全意识普遍不足。在农产品生产过程中,由于当前基层地区组织化程度不高,再加之农民文化素养不高,在安全用药方面意识较为淡薄^[4]。同时,消费者对农产品质量安全问题的认识和警惕性也不高,影响了农产品质量安全监管和检测工作的有效开展。

5.2 检测能力有限

一是乡镇农产品生产以散户为主,监管覆盖难;二是部分乡镇监管体系点缺乏先进的设备和专业的技术人员,检测项目和精度受限。三是检测成本较高,经费不足制约工作开展。四是信息化监管平台的完善工作尚未完成,特别是在掌握前沿监管技术的专业人才方面存在较大缺口^[5],使得一些潜在的质量安全问题难以被发现。

5.3 监管检测人员专业能力待提升

乡镇监管体系点的监管员、检测员未经过系统专业培训,知识技能不能满足监管检测技术的要求。即便农残速测设备的操作步骤设计较为简单,但如果操作不当,仍然可能导致检测结果的不准确^[1]。乡镇监管员多为兼职,难以全身心投入监管工作,村级监管员也由村干部兼职,人员年龄结构老化,对上级推广的各种智能监管手段应用效果差,制约了监管和检测工作的发展。

5.4 监管体系不健全,监管难度大

乡镇农产品质量安全监管体系还存在许多漏洞。从生产到销售的全程监管尚未完全实现,导致一些质量问题在源头得不到有效控制。农产品生产经营主体多而分散,且规模小,质量安全意识淡薄,给监管工作带来了很大难度。此外,监管部门的职责和权限不够明确,协调机制不健全,也影响了监管的整体效果。

6 解决乡镇农产品质量安全监管体系工作措施

6.1 加强宣传教育,提高部门协作

政府和相关机构应定期组织培训和示范指导,向农业生产者普及农产品质量安全知识,教授科学的农业生产技术。政府和相关机构应定期组织培训和示范指导,向农业生产者普及农产品质量安全知识,教授科学的农业生产技术。

同时,通过媒体、社区活动等方式,提高消费者对农产品质量安全问题的认识和警惕性。此外,应加强农业与市场监管、环保等部门的协作配合,建立信息共享、联合执法等工作机制,形成监管合力。

6.2 改善监管和检测设施,提升检测技术

政府应投入更多资源,用于更新和升级乡(镇)检测设备,引入先进的检测技术。建立上级监管和检测机构的合作机制,共享技术和资源,提高乡(镇)的技术能力和监管效率。推进智慧监管落地,用“二维码+定位”实现巡查轨迹可追溯,简化追溯填报流程,指导生产主体接入国家农产品质量安全追溯平台,强制要求“一品一码”上市,推动信息化建设,建立信息共享平台,提升检测时效性与透明度^[6]。

6.3 加强人员培训,提高专业能力

应加强对监管员和检测员的系统培训,包括定期的技术培训、知识更新以及实践操作训练,确保他们能够熟练掌握最新的监管和检测技术和方法。通过引入竞争机制和激励政策,吸引更多专业人才到乡(镇)工作,提升整个团队的专业水平。

6.4 健全监管体系,实现全程监管

需要进一步完善和强化监管体系,明确各级监管部门的职责和权限,建立健全的协调机制。应加强对农业生产环境、农业投入品等关键环节的监管,实现农产品从生产到销售的全过程追溯。推动信息化建设,建立信息共享平台,提升检测时效性与透明度。

7 结语

乡镇农产品质量安全监管体系建设关乎民生福祉、农业发展与乡村振兴大局,其重要性和紧迫性不言而喻。在当前取得阶段性成果的基础上,直面存在的问题,通过加强宣传教育、改善设施技术、提升人员能力、健全监管体系等综合措施,持续完善监管体系,方能筑牢农产品质量安全的源头防线,切实保障人民群众“舌尖上的安全”,为农业高质量发展和乡村全面振兴提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 张显兵,张卯,黄杰,等.农残速测技术在基层农产品质量安全监测工作中的应用[J].食品安全导刊,2025(2):13-15.
- [2] 谢晓玉.食品流通环节安全监管模式创新研究[J].中国食品工业,2024(23):59-61.
- [3] 景晓.地区特色果业转型问题研究[D].郑州:河南农业大学,2022.
- [4] 凌献玖,王美君,卢桂仙,等.基层农产品质量安全监管检测工作的难点与对策[J].农村实用技术,2023(4):5-6.
- [5] 张桂程,周颜.基层农产品质量安全监管检测工作难点与对策研究[J].食品安全导刊,2025(3):118-120.
- [6] 张勇嫫,王婧,李静,等.农产品质量安全检测机构产业服务存在的问题及建议[J].农村经济与科技,2024,35(23):50-53.

Optimization of β -Glucan Extraction Process and Structural Characterization in Oat Bran

Dongliang Liu

Bai Cheng Agricultural Academy, Bai Cheng, Jilin, 137000, China

Abstract

Oat bran is rich in β -glucan, which exhibits multiple health benefits such as lipid regulation, cholesterol reduction, and intestinal function improvement. To achieve efficient and green extraction, this study utilized oat bran as the raw material and employed single-factor and response surface methodology to optimize process conditions. The effects of temperature, pH, solid-to-liquid ratio, reaction time, and enzyme concentration on β -glucan yield and purity were investigated. Structural characteristics were analyzed using FTIR, SEM, and GPC. Results demonstrated that under the conditions of pH 6.5, 55°C, solid-to-liquid ratio 1:20, enzyme concentration 1.2%, and reaction time 90 minutes, the yield reached 7.36% with a purity of 83.5%. Structural analysis confirmed that the product maintained the typical β -(1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucan structure, exhibited molecular homogeneity, and demonstrated good solubility. This study provides theoretical and technical support for the high-value utilization of oat by-products and the development of functional foods.

Keywords

oat bran; β -glucan; extraction process optimization; structural characteristics; functional activity

燕麦麸皮中 β -葡聚糖提取工艺优化及结构特性研究

刘栋梁

白城市农业科学院, 中国 · 吉林 白城 137000

摘要

燕麦麸皮富含 β -葡聚糖, 具有调脂、降胆固醇及改善肠道功能等多重健康作用。为实现其高效绿色提取, 本文以燕麦麸皮为原料, 采用单因素与响应面法优化工艺条件, 研究温度、pH、料液比、时间及酶浓度对 β -葡聚糖得率和纯度的影响, 并通过FTIR、SEM及GPC分析结构特性。结果表明, 在pH6.5、55°C、料液比1:20、酶浓度1.2%、时间90min条件下, 得率达7.36%, 纯度83.5%。结构分析证实产物保持典型 β -(1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)-D-葡聚糖结构, 分子均一、溶解性良好, 为燕麦副产物高值化利用与功能食品开发提供理论与技术支持。

关键词

燕麦麸皮; β -葡聚糖; 提取工艺优化; 结构特性; 功能活性

1 引言

燕麦 (*Avena sativa* L.) 是一种营养价值极高的谷物, 其麸皮中富含大量可溶性膳食纤维, 其中以 β -葡聚糖 (β -glucan) 含量最为丰富。大量研究表明, 燕麦 β -葡聚糖在降低血清胆固醇、调节血糖水平、促进肠道益生菌生长等方面具有显著生理活性, 因此被广泛应用于保健食品与功能性食品的开发。然而, 燕麦麸皮结构致密、细胞壁坚硬, 导致 β -葡聚糖难以直接提取, 其得率与纯度受多因素影响, 包括酶解条件、温度控制、溶剂体系等。传统提取方法以热水提取和碱溶酸沉为主, 但存在提取率低、结构破坏严重、能耗高等问题。近年来, 酶辅助提取、超声协同提取和复合

酶法等绿色工艺成为研究热点。本文旨在通过系统优化提取工艺参数, 构建高效绿色提取体系, 并对产物结构特征与理化性质进行深入分析, 为 β -葡聚糖的高值化利用提供新思路。

2 燕麦麸皮中 β -葡聚糖的理化特性与存在形式

2.1 β -葡聚糖的分子结构特征

燕麦 β -葡聚糖是一种非支链型高分子多糖, 其基本结构由 β -D-葡萄糖单元通过 β -(1 $\rightarrow$ 3) 和 β -(1 $\rightarrow$ 4) 糖苷键交替连接形成。 β -(1 $\rightarrow$ 3) 键的存在打断了 β -(1 $\rightarrow$ 4) 直链结构, 使分子链具备柔韧性与良好的溶解性, 而 β -(1 $\rightarrow$ 4) 键的比例则决定了分子的结晶度与黏度。研究表明, β -(1 $\rightarrow$ 3):(1 $\rightarrow$ 4) 键比例通常为 1:2 至 1:3, 这种独特的构型使其既能在水中形成稳定的高黏度溶液, 又具有显

【作者简介】刘栋梁 (1993—), 男, 满族, 中国辽宁丹东人, 硕士, 研究员, 从事杂粮品质分析检测研究。

著的生理活性。结构的完整性直接影响 β -葡聚糖的理化特性和健康功能：高分子量 β -葡聚糖能通过形成黏性屏障延缓胃排空和糖吸收，从而改善血糖与血脂水平；而低分子量 β -葡聚糖因扩散性强、可发酵性好，更适用于调节肠道菌群与增强免疫活性。因此，保持 β -(1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)-D-葡聚糖结构完整性成为提取工艺优化的核心目标。

2.2 燕麦麸皮中 β -葡聚糖的分布特点

燕麦麸皮是燕麦深加工过程中的重要副产物，主要由外壳层、糊粉层和胚乳残留组成，其中 β -葡聚糖主要集中在糊粉层和内胚乳细胞壁部分，占总 β -葡聚糖含量的 80% 以上。显微结构分析发现， β -葡聚糖在细胞壁中与阿拉伯木聚糖、半纤维素、蛋白质及木质素形成复合结构，增强了细胞壁的机械强度，但也使提取难度显著增加。在不同燕麦品种中， β -葡聚糖含量差异较大，通常为 4% ~ 8%，受遗传、气候及加工条件影响。制粉与脱壳过程中，机械剪切与热处理可能造成部分 β -葡聚糖的降解或溶出损失，从而影响后续提取效果。原料粒度、含水率及酶预处理对 β -葡聚糖溶出具有决定性作用。因此，合理的原料选择与前处理策略（如粉碎细度控制、酶解活化或热湿预处理）是确保高得率提取的前提条件。

2.3 影响 β -葡聚糖结构稳定性的因素

β -葡聚糖在提取与纯化过程中，其分子结构极易受到外界条件影响而发生降解或重排。温度是影响其结构稳定的关键因素，高温条件下 β -(1 $\rightarrow$ 3) 键易发生断裂，使分子链缩短、溶液黏度下降；而温度过低则反应速率不足，导致细胞壁解离不完全。pH 值对 β -葡聚糖的稳定性影响显著，酸性环境会破坏糖苷键结构，引起脱聚反应；碱性条件虽有助于溶出，但过高的碱度可能导致脱乙酰化及分子交联。溶剂类型与酶用量同样影响提取效率：酶浓度不足会使底物分解不彻底，而过量酶则可能引起非特异性降解。研究表明，在温和酶解条件（pH6.5、50~60℃）下，既可促进细胞壁解离，又能保持 β -葡聚糖的聚合度与功能活性。为此，提取过程应兼顾结构完整性与得率平衡，通过酶法协同与工艺优化，实现 β -葡聚糖在温和环境中的高效、绿色提取。

3 β -葡聚糖提取工艺的优化研究

3.1 单因素实验的工艺筛选

为确定影响燕麦麸皮中 β -葡聚糖提取率的关键参数，本研究以料液比、酶浓度、pH 值、反应温度及时间为主要考察因素，采用单因素法进行条件筛选。实验结果显示，当料液比由 1:10 增至 1:20 时，提取率显著提高，但超过 1:25 后提升幅度趋缓，表明过量稀释不利于酶与底物的有效接触。pH 值对酶活性影响显著，在 pH6.0 ~ 6.8 区间酶促反应效果最佳；过酸或过碱均会破坏酶构象，导致酶活下降。温度控制在 50 ~ 60℃ 时提取率较高，超过 65℃ 后因酶失活而下降。反应时间方面， β -葡聚糖得率在 60 ~ 90min 间

稳步上升，超过 90min 后趋于稳定，延长对提高产率贡献有限。单因素试验明确了各因素的影响趋势，为后续多因素交互作用研究与工艺优化提供了基础数据支撑。

3.2 响应面法优化工艺参数

在单因素结果基础上，采用 Box-Behnken 响应面分析设计（RSM），以 β -葡聚糖提取率为响应值，选取温度（A）、pH（B）、酶浓度（C）与反应时间（D）四个变量进行回归建模。方差分析结果显示，模型显著性 $p < 0.01$ ，拟合优度 $R^2 = 0.987$ ，说明模型预测能力较强。交互作用分析表明，温度与 pH 之间的协同效应最显著，其次为温度与酶浓度的交互。通过三维响应曲面可见，当温度维持在 55℃、pH6.5、酶浓度 1.2%、反应时间 90min 时，提取率达到理论最大值。经模型优化与实试验证， β -葡聚糖得率达 7.36%，相较未优化工艺提高约 21.5%。该条件下酶活保持稳定，溶液黏度适中，溶出物色泽浅、杂质少，表明工艺兼顾提取效率与产品品质的平衡，具备工业应用潜力。

3.3 提取工艺的验证与重复性分析

为验证模型的可靠性与工艺的稳定性，在最优条件下进行了三次重复实验。三组实验的 β -葡聚糖得率分别为 7.21%、7.36% 和 7.39%，相对标准偏差（RSD）为 2.1%，表明该工艺具有良好的可重复性。进一步检测纯度与杂质含量，结果显示 β -葡聚糖平均纯度为 83.5%，蛋白质残留低于 3.8%，淀粉残留率小于 4.5%，均符合食品级提取标准。溶液透光率测试显示其光吸收稳定、无明显絮凝现象，说明产物溶解性良好、结构保持完好。与传统碱提法相比，该工艺在降低能耗、减少化学污染及维持结构完整性方面表现突出，证明响应面优化法能有效提升提取效率与品质控制水平。综合分析，该工艺具有显著的工业推广价值，可为燕麦副产物高值化利用与功能性食品开发提供工艺参考。

4 提取产物的结构特征分析

4.1 红外光谱（FTIR）分析

通过傅里叶变换红外光谱（FTIR）对提取所得 β -葡聚糖的化学结构进行分析，可验证其主链结构及官能团特征。光谱结果显示，在 890 cm^{-1} 处出现明显的吸收峰，是 β -糖苷键 C-H 变形振动的特征吸收，证明产物保持 β -(1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)-D-葡聚糖结构；1156 cm^{-1} 与 1075 cm^{-1} 处的强吸收峰分别对应 C-O-C 键的伸缩振动与 C-O 键的弯曲振动，表明葡萄糖残基的多糖骨架完整存在。与此同时，1635 cm^{-1} 处为水分子吸附峰，3430 cm^{-1} 处为羟基伸缩振动带，显示 β -葡聚糖具有良好的亲水性和氢键网络。样品中未观察到明显的羧酸（1720 cm^{-1} ）或酰胺（1650 cm^{-1} ）吸收峰，说明提取过程中未发生明显氧化或脱酰化反应，产物纯度较高，结构稳定性良好。

4.2 分子量与形态特征

采用凝胶渗透色谱（GPC）测定分子量分布，结果显

示 β -葡聚糖的重均分子量 (M_w) 为 2.35×10^5 Da, 分布系数 (M_w/M_n) 为 1.27, 说明样品分子量分布集中, 聚合度较高。与碱提法样品 (M_w 约 1.6×10^5 Da) 相比, 本工艺所得产物分子量更高且结构均一性更佳。扫描电子显微镜 (SEM) 图像显示, 样品表面呈多孔片层状结构, 孔径约为 2–5 μm , 分布均匀, 较传统提取产物更为疏松。该微观形态可增加比表面积, 提升水合能力与溶解速率。其结构特征与高黏度性质密切相关, 表明优化提取工艺未破坏分子链构象, 反而增强了分散性与功能活性, 为其在食品体系中作为增稠剂与黏度改良剂提供物理基础。

4.3 热稳定性与溶解性分析

热重分析 (TGA) 与差示扫描量热 (DSC) 结果表明, β -葡聚糖在 280–310°C 之间表现出稳定的热分解特征, 主失重阶段仅占总质量的 11.7%, 热分解峰值温度 (T_{max}) 为 294.6°C, 说明样品具有较高的热稳定性, 可满足食品加工过程中的耐热需求。溶解性测试结果显示, 样品在 40°C 水中 10 min 内可完全溶解, 形成透明、无絮凝的胶体溶液, 其黏度随浓度呈指数式增长, 1% 溶液黏度达 720 $\text{mPa} \cdot \text{s}$, 表明分子链间存在较强氢键作用。XRD 分析进一步显示, 产物呈弱结晶性特征, 结晶峰宽化明显, 反映分子链排列较为松散, 有利于水分子渗透与分散。综上, 优化工艺不仅显著提升了提取效率与产物纯度, 同时最大限度保持了 β -葡聚糖的天然结构特征与理化稳定性, 为其在食品及药用领域的应用奠定了坚实基础。

5 β -葡聚糖的功能活性与应用潜力

5.1 抗氧化与降脂活性测试

β -葡聚糖作为一种具有生理功能的天然多糖, 其抗氧化与降脂活性已被广泛证实。本研究通过 DPPH 自由基清除实验、ABTS 自由基抑制实验及还原力测定综合评估其抗氧化性能。结果显示, 在 2 mg/mL 浓度下, DPPH 自由基清除率达 63.4%, ABTS 抑制率为 58.7%, 表明其具备中等抗氧化能力。该活性主要来源于 β -(1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4)-糖苷键的空间构型及羟基供氢能力, 可有效捕获自由基, 阻断脂质过氧化链反应。动物实验进一步验证其降脂效应: 在高脂饮食诱导的 C57BL/6 小鼠模型中, 连续灌喂 β -葡聚糖 (200 $\text{mg/kg} \cdot \text{d}$) 四周后, 血清总胆固醇 (TC) 与低密度脂蛋白 (LDL-C) 浓度分别下降 23.6% 与 27.4%, 高密度脂蛋白 (HDL-C) 提升 19.8%。肝组织切片显示脂质沉积显著减少, 表明 β -葡聚糖通过调节胆固醇吸收及脂质代谢途径具有明显的心血管保护作用。

5.2 肠道调节与益生菌促进效应

β -葡聚糖作为典型的可溶性膳食纤维, 其益生元效应在改善肠道生态平衡中表现突出。体外厌氧发酵实验结果表明, β -葡聚糖可显著促进 *Lactobacillus acidophilus* 与 *Bifidobacterium longum* 生长, 24 小时发酵后菌落形成单位

(CFU) 较对照组提高 1.5 倍; 同时, 培养液 pH 下降至 5.3, 短链脂肪酸 (SCFAs) 总量增加约 42%, 其中乙酸和丁酸比例明显提升。这些代谢产物可强化肠道上皮能量供给并抑制有害菌繁殖。动物实验进一步证实, 摄入 β -葡聚糖的小鼠肠道黏液层厚度增加, 肠屏障蛋白 ZO-1 及 Occludin 表达上调, 血清内毒素水平显著下降, 表明其能有效减轻代谢炎症反应。此外, 16S rRNA 测序分析显示, β -葡聚糖组中拟杆菌门 (*Bacteroidetes*) 比例增加, 厚壁菌门 (*Firmicutes*) 降低, 体现出肠道菌群向健康型结构转化。由此可见, β -葡聚糖通过调控肠道微生态、改善代谢环境, 对维持机体稳态具有重要意义。

5.3 在食品工业中的应用前景

β -葡聚糖兼具良好的理化特性与生物活性, 在食品工业中具有广阔的应用潜力。其高黏度与凝胶特性使其成为优良的增稠剂与稳定剂, 可替代部分脂肪成分以改善食品质构与口感。例如, 在低脂酸奶与乳制饮品中添加 0.3% ~ 0.5% 的 β -葡聚糖, 可显著提高黏度与稳定性, 同时改善乳化体系均一性; 在焙烤食品中添加 β -葡聚糖可提升保湿性与膳食纤维含量, 降低热量密度。随着绿色食品与精准营养理念的普及, 基于 β -葡聚糖的多维复合配方 (如 β -葡聚糖-乳清蛋白复合体系、 β -葡聚糖-多肽功能饮品) 正成为未来食品科学的重要研究方向, 为功能食品与生物健康产业提供新的技术支撑与产业机遇。

6 结语

本研究通过系统优化燕麦麸皮中 β -葡聚糖的提取工艺, 建立了高效、绿色、可重复的生产体系。最优条件下, 提取得率与纯度显著提升, 结构分析表明产物保持典型 β -(1 $\rightarrow$ 3)(1 $\rightarrow$ 4) 键特征, 分子量适中、溶解性优良。功能实验进一步证实其具有显著的降脂、抗氧化与益生元作用。该研究为燕麦副产物的高值化利用提供了可行路径, 为功能性食品与健康产品开发提供了理论支撑与技术储备。未来工作将进一步结合酶工程与纳米包埋技术, 实现 β -葡聚糖的靶向释放与活性保持, 推动燕麦资源的深度开发与产业化应用。

参考文献

- [1] 孙群钊, 江昌富, 蔡秋杏, 等. 亚临界水辅助酶联合提取燕麦麸皮 β -葡聚糖工艺优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(18): 171-179.
- [2] 李密转, 路文秀, 李名立, 等. 超声波联合酶法提取燕麦麸皮 β -葡聚糖的工艺优化[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(11): 91-95.
- [3] 梁茜茜. 燕麦麸多糖超声微波协同提取工艺优化及对高脂血大鼠的降脂作用研究[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2017.
- [4] 魏决, 罗雯, 尹洪. 燕麦麸皮中 β -葡聚糖的提取工艺研究[J]. 食品科技, 2010, 35(07): 228-231.
- [5] 潘妍. 生物转化提取燕麦 β -葡聚糖及其化妆品功效研究[D]. 北京工商大学, 2010.

Preliminary Study on the Green Control Effect of the Soybean Bee-eating Ladybird

Mengying Liu¹ Yunpeng Shi² Zhiqiang Wang¹

1. Baodi District Agricultural Development Service Center, Tianjin 301800, China

2. Yuhua Street Office, Baodi District, Tianjin, 301800, China

Abstract

This paper explores green control technologies and analyzes their effectiveness against the soybean pod borer. By applying pheromone trapping and biological control methods in soybean-growing areas of Baodi District, Tianjin, the study compares the population density and yield changes of the soybean pod borer before and after control, clarifying the application effects of green control technologies. The results show that green control measures can effectively reduce the population density of the soybean pod borer (stabilizing at 2.5 per 100 plants in the later stages of control) and increase soybean yield to 239.4kg/ per square meter, with control effects comparable to chemical control. This technology avoids the environmental pollution issues caused by excessive use of chemical pesticides, providing replicable technical references for safe soybean production and green agricultural development.

Keywords

soybean; Eupolyphaga; green control

大豆点蜂缘蝽绿色防控效果初探

刘梦颖¹ 史云鹏² 王志强¹

1. 天津市宝坻区农业发展服务中心，中国·天津 301800

2. 天津市宝坻区钰华街道办事处，中国·天津 301800

摘要

本文针对大豆点蜂缘蝽的危害，探索绿色防控技术并分析其效果。通过在天津市宝坻区大豆种植区应用信息素诱捕、生物防治等绿色防控手段，对比防控前后点蜂缘蝽虫口密度及产量变化，明确绿色防控技术的应用效果。结果表明，绿色防控措施能有效降低点蜂缘蝽虫口密度（防控后期百株虫量稳定在2.5头），提升大豆产量至239.4kg/m²，防控效果与化学防治相当。该技术避免了化学农药过量使用导致的残留与环境污染问题，为大豆安全生产及农业绿色发展提供了可复制的技术参考。

关键词

大豆；点蜂缘蝽；绿色防控

1 引言

大豆作为中国重要的粮食作物和油料作物，其产量和品质直接关系到国家粮食安全、食用油供给及农业产业结构优化。近年来，中国大豆种植面积稳步扩大，2023年全国大豆种植面积达1.54亿亩，产量突破2000万吨，但病虫害危害仍是制约大豆产业高质量发展的关键因素。点蜂缘蝽属半翅目缘蝽科，是大豆生长后期的重要害虫之一，广泛分布于中国黄淮海、长江流域及东北地区大豆主产区。

随着全球气候变暖、种植模式集约化及化学农药长期不合理使用，点蜂缘蝽的发生规律发生显著变化：一是发生范围持续扩大，从传统主产区向周边次要产区蔓延，天津市

宝坻区、武清区等大豆种植区已成为该虫常年重发区；二是发生程度逐年加重，部分地块百株虫量达30-50头，产量损失率超过40%；三是危害周期延长，从大豆开花结荚期延伸至鼓粒成熟期，对大豆生殖生长的全周期造成持续威胁。点蜂缘蝽以刺吸式口器吸食大豆叶片、嫩梢、花蕾及豆荚汁液，其唾液中含有的蛋白酶、果胶酶等生物活性物质会破坏大豆组织细胞结构，导致植株生理代谢紊乱，出现“症青”现象——即大豆成熟后期仍保持青枝绿叶，而豆荚不实、瘪粒率升高，严重时出现“空荚”“黑荚”，显著降低大豆产量和商品品质。

目前，中国对点蜂缘蝽的防治仍以化学防治为主，常用药剂包括新烟碱类、拟除虫菊酯类等低毒农药。化学防治虽能在短期内快速压低虫口密度，但存在明显局限性：一是害虫抗药性增强，监测数据显示，点蜂缘蝽对高效氯氟氰菊酯等常用药剂的抗药性已上升3-5倍，导致防治剂量不断增

【作者简介】刘梦颖（1982—），女，中国天津人，本科，农艺师，从事农学研究。

加；二是农药残留风险，大豆籽粒中农药残留超标不仅影响农产品质量安全，还制约中国大豆的市场竞争力；三是生态环境破坏，化学农药的大量使用导致农田天敌昆虫（如瓢虫、草蛉、蜘蛛等）数量锐减，打破了农田生态平衡，形成“农药越用越多，害虫越治越难治”的恶性循环。

本研究立足天津市宝坻区大豆种植区点蜂缘蝽发生实际，构建“信息素诱捕+生物防治”的绿色防控集成模式，通过田间小区试验，分析该模式对虫口密度及产量的影响，明确其防控效果与应用潜力。本研究的理论意义在于丰富点蜂缘蝽绿色防控的技术体系，为半翅目害虫的生态调控提供新的研究思路；实践意义在于研发适合天津地区大豆生产的绿色防控技术方案，降低化学农药使用量，保障农产品质量和农田生态环境安全，提升大豆产业的可持续发展能力，同时为中国北方大豆主产区点蜂缘蝽的绿色防控提供示范参考。

2 材料与方法

2.1 供试材料

供试作物选用当地主栽大豆品种中黄 13，该品种具有早熟、高产、抗倒伏等特点，生育期 105 天左右。信息素诱捕器：点蜂缘蝽昆虫信息素风叶诱捕器，中捷四方生物科技股份有限公司生产，信息素芯有效成分含量为 0.5%，诱捕半径 15-20 米，有效期 45 天。生物制剂：金龟子绿僵菌制剂（有效含量 80 亿孢子/毫升，可分散油悬浮剂），重庆聚立信生物工程有限公司生产。化学农药：噻虫·高氯氟悬浮剂（有效成分含量 22%），悬浮剂，浙江新安化工集团股份有限公司生产、高效氯氟氰菊酯乳油（有效成分含量 2.5%），济南天邦化工有限公司生产。

2.2 试验地概况

试验于 2023 年 6 月 -10 月在天津市宝坻区牛道口镇郑各庄村大豆种植田开展。土壤类型为潮土，肥力中等。试验田地势平坦，灌溉条件良好，采用常规种植管理模式，前茬作物为小麦，符合当地大豆生产实际。

该区域为点蜂缘蝽常年发生区，据 2022 年前期调查，大豆开花期百株虫量达 7-9 头，受害株率 15-20%，‘‘症青’’ 英率 8-10%，属于中等发生程度，具备开展防控试验的典型条件。试验田周边无大型工业污染源，生态环境良好，符合绿色防控试验的环境要求。

2.3 试验示范设计

试验设置 3 个处理区，绿色防控区和化学防治区面积为 667 m²，空白对照区为 150 m²。绿色防控区采用‘‘信息素诱捕+生物防治’’集成技术^[1]，大豆开花结荚初期悬挂信息素诱捕器，结荚期喷施生物制剂。化学防治区采用常规化学防治技术，根据虫口密度监测结果，当百株虫量达到防治指标时喷施化学农药。空白对照区不采取任何防治措施，自然生长，仅进行常规田间管理（如灌溉、除草等），不使用任何农药和防控器械。

2.4 田间管理

试验田整体种植密度为每亩 1.3 万株，行距 50cm，株距 8cm，于 2023 年 6 月 25 日播种，7 月 1 日出苗，7 月 16 日间苗定苗，田间管理措施（灌溉、施肥、除草等）各小区保持一致，符合当地大豆常规生产标准。

2.5 防控措施实施

信息素诱捕实施：在大豆开花结荚初期（8 月 5 日），于绿色防控区按每亩 3 个的密度悬挂信息素诱捕器，诱捕器呈三角形均匀分布。诱捕器悬挂高度高于大豆植株顶部 15-20cm，通过竹竿固定，确保诱捕器稳定。结合虫口密度调查记录诱捕到的点蜂缘蝽成虫数量。

生物防治实施：在大豆结荚期（8 月 15 日）和鼓粒初期（8 月 25 日）各喷施一次生物制剂金龟子绿僵菌，共喷施 2 次。采用背负式电动喷雾器均匀喷雾，确保大豆叶片正反面、嫩梢、花蕾及豆荚表面均能均匀附着药液^[2]。

化学防治实施：定期监测化学防治区虫口密度，当百株虫量达到防治指标（10 头/百株）时（8 月 13 日），进行第一次施药；第一次施药后 7 天（8 月 20 日）复查，百株虫量仍较高，8 月 25 日进行第二次施药。药剂选用噻虫·高氯氟悬浮剂与高效氯氟氰菊酯乳油，背负式电动喷雾器均匀喷雾，确保药液均匀覆盖大豆植株。

2.6 调查方法

基础调查：在防控措施实施前，对各小区进行前期虫口密度调查，采用五点取样法，每个小区随机选取 5 个样点，每个样点调查 20 株大豆，分别记录点蜂缘蝽成虫、若虫数量，计算百株虫量，确保各处理区初始虫口密度无显著差异。

虫口密度调查：根据关键时间节点共调查 6 次，分别为诱捕器悬挂后 5 天、第一次防控措施后 3 天、第一次防控措施后 7 天、第二次防控措施后 3 天、防控中期和大豆成熟期。调查方法同前期基础调查，每个样点调查 20 株大豆，分别记录成虫、若虫数量，计算各处理区百株虫量。同时，记录信息素诱捕器的诱捕数量，分析诱捕效果。

产量测定：在大豆成熟收获期，各处理区进行理论测产，每个处理五点取样，测量单株夹数、每夹粒，后期充分晾晒后，折算成每亩产量。

3 结果与分析

3.1 不同处理区点蜂缘蝽虫口密度变化

防控措施实施前（7 月 30 日）调查，绿色防控区、化学防治区和空白对照区分别为 8.2 头、7.9 头和 8.0，各处理区点蜂缘蝽百株虫量无显著差异（表 1）。

随着防控措施的实施，各处理区虫口密度呈现不同变化趋势（表 1）。化学防治区在第一次施药后 3 天（8 月 16 日）调查，百株虫量迅速下降至 2.1 头，较施药前下降 73.4%，施药后 9 天（8 月 22 日）调查，虫口密度略有回升至 3.3 头；第二次施药后 3 天（8 月 28 日）调查，虫口密度再次下降至 2.8 头，但后期逐渐回升，至大豆成熟期百株虫量达 5.3 头。

绿色防控区虫口密度下降相对平缓但持续稳定，第一次生物防治后 3 天（8 月 18 日）调查，百株虫量下降至 5.2 头，较初始虫量下降 41.5%；防治后 7 天（8 月 22 日）调查持续下降至 4.8 头；第二次生物防治后 3 天（8 月 28 日）调查，百株虫量进一步下降至 3.5 头；此后虫口密度保持稳步下降趋势，防控中期（9 月 15 日）调查为 2.7 头，至成熟期稳定在 2.5 头，无回升现象。

空白对照区虫口密度则持续快速上升，从初始的 8.0 头逐步增至 8 月 16 日的 11.8 头、8 月 18 日的 12.5 头、8 月 22 日的 14.2 头、8 月 28 日的 18.3 头，防控中期（9 月 15 日）达 26.8 头，成熟期至 28.6 头，各时期均显著高于绿色防控和化学防治区。

3.2 信息素诱捕效果分析

绿色防控区信息素诱捕器的诱捕数量随时间变化呈现先升后降的趋势（表 2）。8 月 16 日调查，诱捕总量 38 头，诱捕器悬挂初期（8 月 5 日 -8 月 15 日）日均诱捕量为 1.15

头 / 个。随着大豆结荚期的到来，点蜂缘蝽成虫活动频繁，日均诱捕量显著增加，8 月 28 日调查，诱捕总量 161 头，日均诱捕量为 4.47 头 / 个，达到峰值。此后，随着生物防治措施的实施和田间虫口密度的降低，诱捕量逐渐下降，9 月 15 日调查，日均诱捕量降为 0.77 头 / 个。8 月 5 日 -9 月 14 日，每个诱捕器平均诱捕点蜂缘蝽成虫 80.3 头，表明信息素诱捕器能有效诱杀点蜂缘蝽成虫，减少产卵量，从而降低后续虫口密度。

3.3 不同处理区大豆产量分析

从大豆产量测定结果分析（表 3），点蜂缘蝽危害主要通过降低夹数、结实率和粒重导致产量下降，绿色防控区和化学防治区每亩产量分别为 240.1 公斤和 253.2 公斤，显著高于空白对照区的 164.7 公斤。绿色防控区产量略低于化学防治区，但差异不明显，表明绿色防控措施在保障大豆产量方面与化学防治效果相当^[3]。

表 1 不同处理区点蜂缘蝽百株虫量变化（头）

调查日期	绿色防控区	化学防治区	空白对照区
7 月 30 日（防控前）	8.2	7.9	8
8 月 10 日（诱捕器悬挂后 5 天）	7.5	7.8	8.3
8 月 16 日（化学防治第一次施药后 3 天）	6.0	2.1	11.8
8 月 18 日（绿色防控第一次生物防治后 3 天）	5.2	2.5	12.5
8 月 22 日（（化学防治第一次施药后 9 天、第一次次生物防治后 7 天）	4.8	3.3	14.2
8 月 28 日（第二化学、生物防控后 3 天	3.5	2.8	18.3
9 月 15 日（防控中期）	2.7	4.2	26.8
10 月 15 日（成熟期）	2.5	5.3	28.6

表 2 绿色防控区信息素诱捕器诱捕效果（头）

调查日期	诱捕总量	单个诱捕器日均诱捕量
8 月 16 日	38	1.15
8 月 28 日	161	4.47
9 月 15 日	42	0.77
累计	241	6.39

表 3 大豆产量测定结果

处理	单株有效夹数 （个）	每夹粒数 （粒）	百粒重 （g）	产量 （kg/667 m ² ）
绿色防控区	34.1	2.4	22.5	239.4
化学防治区	35.6	2.4	22.8	253.2
空白对照区	28.5	2.2	20.2	164.7

4 结语

本研究通过在天津市宝坻区大豆种植区开展“信息素诱捕 + 生物防治”绿色防控集成技术试验，与化学防治和空白对照进行对比，得出：绿色防控技术能有效降低点蜂缘蝽虫口密度，且防控效果持久稳定。大豆成熟期绿色防控区百株虫量仅 2.5 头，显著低于化学防治区的 5.3 头，且后期

无明显回升，表明该技术能长期抑制害虫种群增长。绿色防控区每亩产量达 239.4 公斤，与化学防治区 253.2 公斤无显著差异，在控制害虫危害的同时实现了产量稳定，符合大豆生产的实际需求。

本研究构建的“信息素诱捕 + 生物防治”集成模式，充分发挥了信息素诱捕的精准诱杀作用和生物防治的持续控害作用，实现了“预防为主、综合防治”的植保方针。与单一绿色防控技术相比，该集成模式能兼顾防控速度和持久效果，在害虫发生初期通过信息素诱捕减少成虫数量，降低产卵量；在害虫发生高峰期通过生物制剂喷施进一步压低虫口密度，形成协同防控效应。与化学防治相比，该模式避免了农药残留和害虫抗药性问题，降低了环境风险，同时操作简便、成本可控，适合在农业绿色发展背景下推广应用。

参考文献

[1] 李丽,王建国,张敏等.点蜂缘蝽聚集信息素诱捕技术优化及田间应用效果[J]. 植物保护, 2022, 48(6):189-194.

[2] 陈军,刘芳, 赵伟等.金龟子绿僵菌对大豆刺吸式害虫的致病力及防控潜力[J].中国生物学报, 2021,37（4）： 723-729.

[3] 朱小会,于法稳.气候变化视角下中国农产品供应链韧性评价、区域差异及影响因素[J/OL].农业现代化研究,1-18[2025-12-01].

Thoughts on the Improvement Measures of Grass-roots Agricultural Meteorological Service Level

Zhihua Ren Kexin Wang Yali Guo Xiaoxing Xu Chunyu Yue

Hebei Province, Huai'an County Meteorological Bureau, Zhangjiakou, Hebei, 076150, China

Abstract

In the new era, grassroots agricultural meteorological services have expanded to include routine weather forecasting, specialized reports, and disaster warnings, playing a vital role in advancing agricultural modernization. Huai'an County, situated in the mountainous basin of northwestern Hebei, frequently experiences meteorological disasters such as droughts, strong winds, and cold waves, which severely impact local agriculture. To mitigate these risks, it is essential to implement effective measures to enhance grassroots meteorological services and reduce economic losses. This paper analyzes methods to improve agricultural meteorological services in Huai'an County, aiming to provide more precise, comprehensive, and real-time weather data for agricultural activities, thereby ensuring the sustainable development of modern agriculture.

Keywords

Grassroots agricultural meteorology; Service level; Improvement measures

基层农业气象服务水平的提升措施思考

任志华 王可心 郭亚丽 徐小星 岳春煜

河北省怀安县气象局, 中国·河北 张家口 076150

摘要

新时期, 基层农业气象服务内容比较丰富, 包括了常规气象预报预测、气象服务专报、气象灾害预警发布等, 在农业产业现代化建设中发挥着重要作用。怀安县地处冀西北间山盆地, 常有干旱、大风、寒潮等气象灾害, 对当地农业生产造成极大危害。因此, 需要采取合理措施提高基层农业气象服务水平, 减少气象灾害引起的经济损失。文章主要对提升怀安县基层农业气象服务水平的方法进行分析, 从而为当地农业生产活动的开展提供更加精准化、全面化和实时化的气象数据, 保障现代化农业的可持续发展。

关键词

基层农业气象; 服务水平; 提升措施

1 引言

在农作物实际生长过程中, 其生长状况经常会受到自然条件的严重影响, 如果自然条件相对恶劣, 则会严重影响农作物的产量, 而如果自然条件相对较好, 则会提高农作物的产量。农民靠天吃饭, 如果风调雨顺, 农民的实际收成就会比较好, 而如果自然天气较差农民的收成就会减少。对此, 在今后我国农作物实际生长过程中, 更应不断加强对农业气象服务水平研究力度, 为农业生长提供科学的气象指导, 从而有效提高农作物产量。

2 概括介绍

怀安县地处冀西北间山盆地。东经 $114^{\circ} 24'$, 北纬 $40^{\circ} 41'$, 东部与宣化区接壤, 西部与山西省天镇县、内

蒙兴和县相连, 南与阳原县交界, 北部与万全区、尚义县毗邻。全县总面积 1706 平方公里, 县境内群山丛列, 丘陵起伏、沟壑纵横, 属丘陵山区。怀安县属温带半干旱大陆性季风气候。春季受冷空气影响, 天气多变、干旱少雨, 风多风大; 夏季在暖湿气流的控制下, 天气温暖湿润, 降水较多; 秋季受干冷的西北气流控制, 天气晴朗, 温度下降快, 降水明显减少; 冬季受强大的蒙古高压控制, 天气严寒漫长, 干燥少雪。主要作物有: 马铃薯、玉米、葵花等; 主要灾害有: 干旱、雷电、大风、寒潮等。气象灾害频发对怀安县地区的农业发展带来极大威胁, 严重限制当地现代农业发展。为了实现怀安县农业生产的可靠性发展, 减少气象灾害对农业生产的危害, 需要采取科学方法, 有效提升农业气象服务水平, 加大宣传力度, 强化对农业气象服务工作的重视, 并拓展气象信息发布渠道, 为当地农业生产提供更加精准化、可靠性、实时性的气象数据依据, 促进当地农业现代化、可持续发展。其中, 怀安县极端气温灾害情况和降水量情况如图 1 与图 2 所示。

【作者简介】任志华(1994—), 男, 中国河北张家口人, 硕士, 初级工程师, 从事农气气象服务研究。

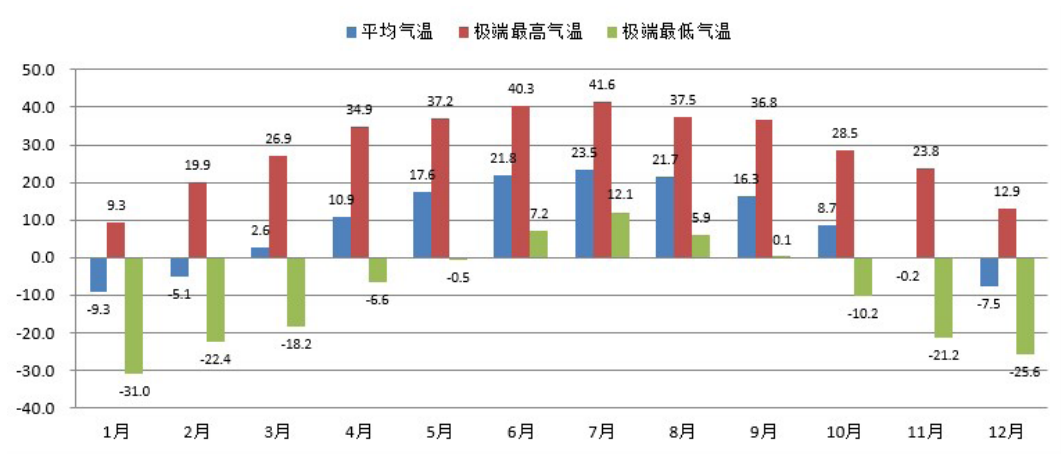


图1 怀安县极端气温灾害情况

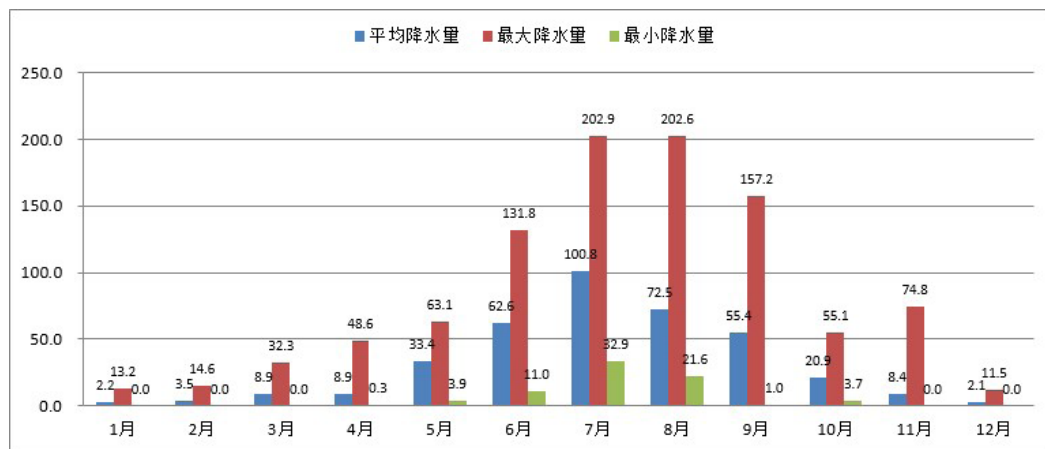


图2 怀安县降水量情况

3 提升基层农业气象服务水平的重要性

提升基层农业气象服务水平，能够增加基层农民的气象知识，有效预防气象灾害，实时了解气候变化和相关的气象知识，以此为支撑促进农业生产，有效提升农业生产质量和产量，提高生产效率，促进生产效益的全面提升。此外还可以拓展气象信息传播方式，确保气象信息的即时传播，尤其可以联合应用网络、手机、广播、电视显示屏、期刊等媒体进行多方位多渠道多层次气象服务^[1]。提升基层农业气象服务水平，需要深入农民群体开展专项调研工作，了解当地服务需求，构建基层农业气象需求信息库，拓展气象服务功能，优化服务水平，结合气象信息为助力农户制定个性化、科学化的播种、收获计划，提高农作物产量和质量。提升基层农业服务水平，能够进一步拓展农业气象部门的职能和服务范围，尤其可以增加气象服务站点，为农民提供精细化、动态化的气象预报数据，针对具体问题进行分析讨论，促进基层农业生产水平的提升。此外还能够提升气象部门的气象数据整合能力，强化宣传教育力度，为怀安县农民提供特色农业气象服务，强化农业防灾减灾服务，满足基层农业生产的多样化和专业化服务需求，助力农民制定灾害预防方案，提供针对性农业生产建议，提升农民抵御自然灾害的能力。

4 基层农业气象服务水平的提升措施

4.1 强化基础设施建设

建立农业气象观测网络，增加观测站点数量，提高分布密度，拓展覆盖面。尤其是早怀安县农业生产集中区、特色作物种植区、气象灾害频发区域，适当增加观测站点，以便全面收集第一手的气象数据，为天气分析和预测提供资料参考。此外要引进现代化的传感器、雷达、卫星遥感技术技术和设备，保障观测数据准确性，为精准预测天气变化提供助力，促进农业生产气象服务的精细化发展。要做好观测站点维护与管理工作，安排专业人员对各个站点进行针对性的日常维护，定期检查设备运行状态，采集连续性、完整性的数据；定期校准和更新设备，以便对持续变化的天气条件进行良好适应^[2]。怀安县通信条件相对落后，需要投入更多资源引进现代化通信和网络设施，保障通信网络稳定性和可靠性，铺设高速数据传输线路，将使得气象信息能够迅速、准确地传输到基层农户手中，助力他们及时作出应对，减少因天气变化带来的损失。但是怀安县地区的生态环境较为脆弱，在基础设施建设过程中需要注重保护生态环境，使用环保材料和节能技术，做好基础设施维护和保养工作，促进基础农业气象服务的持续性开展。此外，还需要选取综合条件较好

的乡、镇、村及种养大户、特色产品,开展气象为农服务示范基地建设。开展点对点的气象跟踪服务,以点带面,以点促面,提高产业发展的积极性,直观地、高效地促进农业气象服务工作的开展。

4.2 促进技术创新

加大科研投入力度,调动科研机构、高校等团体的创新活力,使其更加专注于农业气象领域的前沿探索,形成具备自主知识产权的创新成果。要积极推动科研成果转化为实际应用,如利用试验示范、技术推广等方式,把科技力量转化为提升农业气象服务能力的强大动力。如利用卫星遥感、雷达监测、无人机巡查等方式,实现农业气象要素的全覆盖监测,保障观测数据准确性和实时性,为农业生产提供及时的气象信息支持。此外还需要构建智慧化农业气象业务体系,开展特色农天气预报和灾害监测预警,构建主要作物、特色产品等农业气象灾害风险预警指标体系^[3]。实时监控、智能决策、专家诊断,对上级科研部门的针对性产品和成果及时开展服务。在关键农事季节,主要作物、特色农业、观光农业、特种种植、养殖等方面提供针对性强的农业气象服务。要构建完善的信息网络平台,实现农业气象数据的快速共享和高效互通。通过大数据、云计算等现代信息技术手段,对海量的农业气象数据进行深度挖掘和分析,从中发现有价值的信息和规律,为农业生产提供更加精准、个性化的气象服务。在人才培养和队伍建设方面,应注重提升服务人员的科技素养和业务能力。通过加强专业培训、开展学术交流、鼓励实践创新等方式,不断提升服务队伍的整体素质。同时,还应积极引进和培养高层次人才,为农业气象服务队伍注入新的活力和智慧。

4.3 创新服务模式

针对怀安县的特色作物和农业产业,可以开展定制化的气象服务。以玉米和马铃薯为例,这些作物在生长过程中受到多种气象因素的影响。因此,基层农业气象服务可以提供生长周期内的精细化气象监测和预测,如土壤湿度、温度、日照时长等关键数据的收集与分析。通过这些数据,农户可以更加准确地把握作物生长的关键节点,从而科学安排灌溉、施肥和收割等农事活动,提高作物产量和品质。在畜牧业方面,气象服务同样可以发挥重要作用。草场的湿度和温度是影响牧草生长和牲畜健康的关键因素。基层农业气象服务可以通过实时监测和预测这些气象要素的变化,为牧民提供放牧指导,帮助他们选择合适的放牧时间和地点,保障牧草的供应和牲畜的健康。怀安县气候多变,干旱、大风、寒潮等灾害性天气时有发生。基层农业气象服务需要加强对这些天气的实时监测和预测,及时发布预警信息,帮助农户和牧民提前做好防范措施,减少灾害带来的损失。随着农业现代化进程的推进,基层农业气象服务还可以向更多领域拓展。例如,通过农业气候区划工作,可以分析不同地区的气候特点,为农业产业布局提供科学依据。同时,农业气象灾

害风险评估也可以帮助农户和相关部门了解潜在的气象灾害风险,制定有效的防灾减灾措施。通过合作,可以推动农业气象科研成果的转化和应用,将最新的科技手段和方法引入农业气象服务中,提高服务的科技含量和实用性。

4.4 优化服务体制

加强部门合作与信息共享是提升怀安县基层农业气象服务水平的关键环节。在这一过程中,各部门需要打破壁垒,深化沟通协作,实现资源的有效整合和信息的顺畅流通。部门合作是加强信息共享的基础。农业气象服务涉及多个部门和领域,包括农业、气象、科研等多个方面。因此,加强部门间的沟通与协作,形成工作合力,是提升服务水平的必然要求。各部门应建立定期交流机制,共同商讨农业气象服务中的重大问题,共同制定服务策略和方案。同时,还可以开展联合行动,共同推进农业气象服务的各项任务。信息共享则是加强部门合作的重要手段。在具体实施中,可以加强农业部门和气象部门的合作,共同开展农业气象监测和预测工作。通过共享气象数据和农业信息,可以更加精准地把握农业生产的需求和变化,为农业生产提供更加及时、有效的气象服务。同时,还可以加强与科研机构的合作,引进和推广先进的农业气象技术和设备,提升服务的科技含量和水平。此外要健全基层农业气象服务体制,优化整合各个政府部门,实行科学防御、部门联动、政府主导、社会参与、实行部门间资源共享、技术互补、分工负责、紧密配合、努力提高农业气象服务技术覆盖面。根据怀安县的气象灾害问题采取针对性措施解决,努力创建一个可以监测气象灾害、进行数据分析、促进经济发展的完善的农业气象服务体制。加大宣传力度,强化各个部门协作、形成部门联动机制,确保气象部门与农业、林业、水利、环境等部门的横向联系,增强省、地、县的纵向合作,根据基层农业生产需求,联系上级及专业部门及时制作精细化、专业性、针对性强的服务产品,开展对广大农户、专业生产大户、特色农业、特种行业等服务及推广工作,针对春播春种、夏收夏种、秋收秋种等重要农事季节,关键农时、开展针对性、精细化服务。

5 结语

综上所述,为了实现现代化农业发展,需要采取科学方法,提高基层农业气象服务水平,为农业生产提供更加精准的气象服务数据,促进农业生产工作的健康发展。在未来发展中,需要注重完善农业气象基础建设,使其更好的适应气候变化,推动农业固碳减排,实现现代化农业可持续发展。

参考文献

- [1] 武军. 基层农业气象服务水平提高策略探析 [J]. 农业灾害研究, 2025, 15 (02): 212-214.
- [2] 丁江,耿克思,于斌,等. 基层农业气象服务水平提升策略探析 [J]. 河南农业, 2024, (20): 49-51.
- [3] 赵彦,刘子奇,厉闯,等. 新时期基层智慧农业气象服务的几点思考 [J]. 农村经济与科技, 2023, 34 (07): 45-48.