

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2026.01.006

基于粮烟融合的烟草青枯病绿色防控技术应用研究 ——以重庆市彭水县石院村为例

陈瑜欣¹, 赵晨冉², 李奕彤², 曹学鸿¹, 秦平伟¹,
杨红柯¹, 李华川¹, 李石力², 杨超¹

1. 中国烟草总公司重庆市公司彭水分公司, 重庆 409600;

2. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 为探索绿色防控烟草青枯病的有效技术路径, 降低化学农药依赖, 推动烟草产业绿色可持续发展, 以“粮烟融合”为生态调控基础, 在重庆市彭水县石院村开展烟粮融合烟草青枯病绿色防控技术的集成与应用示范。研究通过引入粮烟轮作(烟草/薯类)打破病原菌循环链条, 并系统整合抗病品种筛选、生物防治(拮抗微生物制剂)、土壤改良(有机肥配施微生物菌剂)及健康栽培管理等绿色技术, 构建“以生态调控为核心, 多技术协同”的综合防控体系。田间试验结果表明, 与常规防治相比, 该综合防治技术体系的烟草青枯病发病率显著降低了31.38%, 烟叶产量提高了26%, 土壤微生物Chao1指数提高了39.86%。研究表明, 基于粮烟融合的绿色防控模式通过优化农田生态环境、增强土壤微生物稳定性和植株抗性, 实现了烟草青枯病的有效生态治理, 兼具经济、生态和社会效益。本研究为武陵山区及类似烟区推广绿色植保提供了技术支持。

关键词: 粮烟融合; 烟草青枯病;

绿色防控; 土壤微生态

中图分类号: S432.4

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2026)01-0057-10

Research on Green Control Technology Application for Tobacco Bacterial Wilt Disease in Grain-tobacco Integration: A Case Study of Shiyuan Village, Pengshui County, Chongqing

收稿日期: 2025-10-11

基金项目: 国家自然科学基金(32202398); 中国烟草总公司重大科技项目[110202201023(LS-07)]。

作者简介: 陈瑜欣, 农艺员。

通信作者: 杨超, 农艺员。

CHEN Yuxin¹, ZHAO Chenran², LI Yitong²,
CAO Xuehong¹, QIN Pingwei¹, YANG Hongke²,
LI Huachuan¹, LI Shili², YANG Chao¹

1. China National Tobacco Corporation Chongqing Branch Pengshui Branch, Chongqing 400715, China;

2. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: To explore effective technological paths for green prevention and control of tobacco bacterial wilt disease, address the over-reliance on chemical pesticides and promote green sustainable development in the tobacco industry, this study implemented an integrated “grain-to-tobacco integration” model in Shiyuan village, Pengshui county, Chongqing. Firstly, the research introduced crop rotation (tobacco/potato) disrupted pathogen cycles. Additionally, we systematically integrated green technologies such as disease resistant variety screening, biological control (antagonistic microbial agents), soil improvement (organic fertilizer combined with microbial agents), and healthy cultivation management. We, finally, constructed a comprehensive prevention and control system with ecological regulation as the core and multi technology collaboration. The field test results showed that, compared with conventional control, the technology significantly reduced the incidence rate of tobacco bacterial wilt disease by 31.38%, increased the yield of tobacco leaf over 26%, and advanced the soil Chaol index by 39.86%. Research demonstrates that the integrated grain-tobacco management model, through optimized farmland ecology and enhanced system resilience, achieves effective ecological control of tobacco bacterial wilt disease. This approach delivers triple benefits in economic, ecological, and social dimensions. This study provides technical support for promoting green plant protection in Wuling Mountain area and similar tobacco-growing areas.

Key words: grain-tobacco integration; tobacco bacterial wilt disease; green prevention and control; soil microecology

烟草产业是我国重要的经济作物产业之一，在保障财政收入、促进农民增收和推动特定区域尤其西南烟区等核心产区农村经济发展方面扮演着关键角色^[1]。然而，受限于耕地面积、栽培条件及经济效益等因素，烟草连作在我国主要烤烟产区已成为普遍现象。连作导致烟草生产的可持续性正面临严峻挑战，如抑制植株生长(表现为株高矮、茎围小、叶面积小)、干物质积累缓慢、土壤养分失衡与微生物区系失调、诱发病虫害频发等，最终导致烟叶产量和品质下降^[2]。土壤理化性质的恶化往往伴随微生物区系失衡，即从健康的“细菌型”土壤向不利的“真菌型”土壤转化^[3]。Liu等^[4-6]研究表明，连作年限增加会减少土壤微生物种类与数量，降低细菌和放线菌比例，增加真菌比例。多项国外研究亦证实，长期连作会降低土壤微生物多样性，增加有害微生物的相对丰度^[7-9]。对烟草而言，黑胫病、根结线虫病、根腐病、青枯病、赤星病等土传病害的发生率均与连作程度呈不同程度的正相关，其中由青枯雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)引起的烟草青枯病尤为突出^[10]。青枯病具有发病迅速、传播广泛、防治困难等特点，常导致烟株大面积萎蔫死亡^[11]，从而造成毁灭性损失，严重威胁烟叶的产量与品质，已成为制约产区稳定发展和烟农持续增收的核心障碍之一。

科学合理的轮作制度是防控土传病害最经济有效的农业措施之一。近年来，国家烟草专卖局积极推动将烟叶产业融入大农业当中，倡导“以烟稳粮、以烟促粮”的新发展模式，助力国家粮食安全战略和全面推进乡村振兴战略^[12-13]。“粮烟融合”发展模式主要指烟草与适宜粮食作

物进行科学轮作或间套作,通过打破病原菌(如青枯菌)的单一寄主生存环境、改善土壤理化及生物性状、丰富农田生物多样性等途径^[14],为从生态系统层面控制青枯病的发生与流行提供了极具潜力的生态防控路径,因其在优化种植结构、提升土地复种指数、保障区域粮食安全和促进农民多元增收方面的显著优势,在烟区得到积极推广^[15]。

前期研究结果表明,因地制宜,采用“烤烟+鲜食甘薯”间套作种植的粮烟融合发展模式能够有效促进烟株的生长发育,同时显著减少土传性根茎类病害的发生,并有助于提升烤后烟叶的香气质感及其化学成分的平衡。郑煜等^[16-20]研究发现,该种植模式能够有效促进烟株的生长发育,减轻田间病害,并有助于提升烤后烟叶化学成分的协调性及感官质量。然而,该模式对土壤微生态环境的影响仍不十分清楚。基于此,本研究聚焦粮烟融合背景下的烟草青枯病绿色防控技术集成与应用,旨在以粮烟融合模式为生态基础,筛选、优化并整合一套涵盖生物防控、土壤改良、栽培避害等环节的绿色防控关键技术,构建适用于特定生态区域的烟草青枯病绿色防控综合技术模式。为了验证该模式的可行性与实效性,本研究选择重庆市彭水县石院村作为典型案例区进行应用实践。彭水县地处武陵山区,是重庆市重要的优质烟叶产区,青枯病常年发生较重,对当地烟草生产构成严重威胁。石院村作为该县典型的烟草种植村,其地形、气候、土壤条件及耕作习惯在区域内具有代表性,且当地正在积极探索粮烟融合(如烟-豆、烟-薯间套作)的发展模式,为本研究提供了理想的实践场所。本研究通过对基于粮烟融合的绿色防控技术体系进行系统评估,期望为有效控制武陵山区乃至类似生态烟区的烟草青枯病危害、减少化学农药依赖、提升烟叶质量、保障烟农收益,为促进粮烟产业协同、绿色、可持续发展提供科学依据和实践样板。

1 材料与方法

1.1 试验地情况

试验地位于重庆市彭水县龙塘乡石院烟草种植基地,单元选择青枯病常年发生且发病均匀的地块,设置示范区和对照区。

1.2 试验材料与方法

试验地种植品种为“云烟 87”,试验采用飘浮育苗,中心花开放打顶,用 12.5% 氟节胺 EC 控制腋芽,烟草种植密度为行距 115 cm,株距 55~60 cm,每公顷为 16 500 株左右。均按照相关技术标准进行统一大田管理。红薯品种为“渝红心 4 号”。

1.2.1 示范区主要技术

- 1)育苗期,选择苗强壮微生物菌剂进行基质拌菌处理,以培育健壮烟苗。
- 2)起垄期,每公顷撒施西植牡蛎钾 1 500 kg,根茎康(哈茨木霉等复合微生物菌剂)/有机肥按照 10 kg/t 混合后增施。
- 3)移栽时,采用西植宝 3 号兑加定根水,进行早期根际消毒。
- 4)团棵期,采用渝红心 4 号在烟草垄间套作,采用东莨菪内酯 5 000 倍液进行叶面喷施,提升烟株抗病性。
- 5)旺长期,采用维果叶面肥 1 000 倍液进行叶面微量元素补充,提升烟叶质量,防控叶部病害。

1.2.2 对照区主要技术

- 1)育苗期,使用普通育苗基质,不添加微生物菌剂。

- 2)起垄期,使用常规化肥作为基肥。
- 3)移栽时,使用移栽灵进行浇灌。
- 4)团棵期,不进行烟薯套作处理。
- 5)旺长期,不进行叶面追肥。
- 6)青枯病发病初期,使用常规杀菌剂中生菌素每公顷 1 500 g 进行灌根。

1.2.3 试验调查与方法

烟草病害发生情况按照《烟草病虫害分级及调查方法》(GB/T 23222—2008)调查。结合当地的病害发生特点,主要对青枯病进行系统调查,根据每个小区的发病株数及发病级数计算发病率及病情指数。根据青枯病的发生情况,在发病初期开始调查,每隔 7 d 调查 1 次,连续调查4次以上。利用 Excel 2016 进行数据整理,使用 Graphpad Prism 9.0 绘图。

$$\text{发病率} = \frac{\text{发病株数}}{\text{调查总株数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{发病株数} \times \text{该病级代表值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值}} \times 100 \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 技术体系应用后对烤烟农艺性状的影响

对烤烟的农艺性状调查分析,示范区烟株长势显著优于对照区(图 1)。其中,团棵期,示范区平均株高、茎围、叶长、叶宽分别为 43.07 cm、6.38 cm、52.66 cm、25.30 cm,对照区平均株高、茎围、叶长、叶宽分别为 39.83 cm、5.96 cm、49.08 cm、23.84 cm(表 1);打顶期,示范区平均株高、茎围、叶长、叶宽及有效叶片数分别为 113.38 cm、10.48 cm、65.38 cm、34.44 cm、18.50 片,对照区平均株高、茎围、叶长、叶宽及有效叶片数分别为 107.21 cm、9.85 cm、63.19 cm、32.32 cm、17.80 片(表 2)。



图 1 示范区(a)与对照区(b)烟株长势对比

表 1 彭水示范区、对照区烤烟团棵期农艺性状

处理	株高/cm	茎围/cm	叶长/cm	叶宽/cm	有效叶片数/片
示范区	43.07±1.15aA	6.38±0.16aA	52.66±1.61aA	25.30±0.33aA	13.30±0.26aA
对照区	39.83±0.96aA	5.96±0.08bA	49.08±0.67aA	23.84±0.20bB	12.80±0.25aA

注:表中数值为“平均值±SE”,同列数字后小写字母不同表示在 5%水平差异显著,大写字母不同表示在 1%水平差异显著,下同。

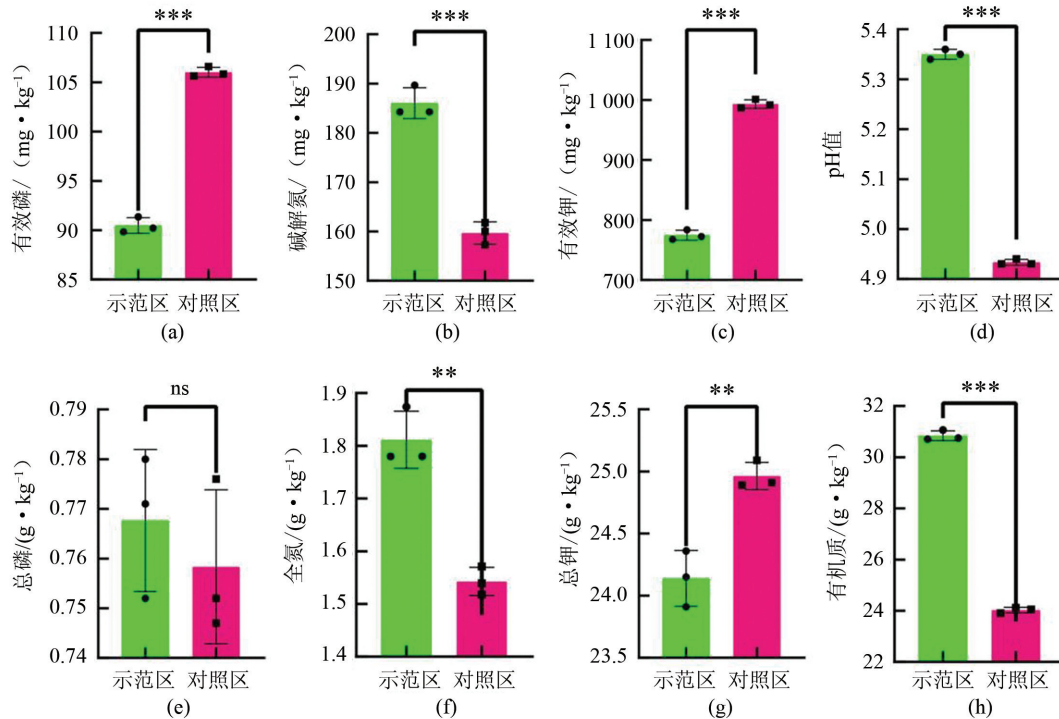
表 2 彭水示范区、对照区烤烟打顶期农艺性状

处理	株高/cm	茎围/cm	叶长/cm	叶宽/cm	有效叶片数/片
示范区	113.38±2.32aA	10.48±0.27aA	65.38±1.50aA	34.44±0.67aA	18.50±0.26aA
对照区	107.21±1.22bB	9.85±0.14aA	63.19±0.67aA	32.32±0.45bB	17.80±0.37aA

2.2 技术体系应用后对烤烟根际土壤理化性质的影响

本研究对示范区与对照区土壤理化性质进行了检测分析,测定了总磷、有效磷、全氮、碱解氮、总钾、有效钾、土壤 pH 值、有机质等。

通过分析发现,技术体系应用后,示范区烤烟发育显著优于对照区,对土壤元素的利用更加有效,而对照区烤烟长势不足,整体元素利用率不高。示范区与对照区内各项指标除总磷外,均存在显著性差异,如图 2 所示。对照区总磷与示范区相比没有显著差异,但对照区有效磷(106.02 mg/kg)比示范区(90.47 mg/kg)提高了 15.55 mg/kg;示范区全氮与碱解氮分别达到 1.812 g/kg、186.05 mg/kg,对照区全氮与碱解氮分别为 1.543 g/kg、159.69 mg/kg,示范区相较于对照区分别提高了 0.269 g/kg、26.36 mg/kg;示范区总钾达到 24.14 g/kg,对照区达到 24.96 g/kg,示范区要低于对照区 0.82 g/kg。示范区内土壤酸化得到显著改善,示范区 pH 值 5.35,对照区 pH 值为 4.93,提升了 0.42 个单位;示范区的有机质为 30.84 g/kg,对照区为 24.03 g/kg,提升了 6.81 g/kg。



注:“*”表示组间差异具有统计学意义($p < 0.05$);“**”表示组间差异具有统计学意义($p < 0.01$);

“***”表示组间差异具有统计学意义($p < 0.001$);“ns”表示无显著性差异。下同。

图 2 示范区与对照区土壤理化性质对比分析

2.3 示范区和对照区土壤微生物群落特征对比分析

2.3.1 示范区与对照区根际微生物 α 多样性分析

烟草根际微生物 α 多样性如图 3 所示,示范区烟草根际微生物群落多样性指数与对照区存在显著差异。其中,Shannoneven 指数反映微生物群落的均匀度,Chao1 指数反映微生物群落的丰富度,Shannon 指数评价微生物群落的多样性。ANOVA 检验结果显示,示范区烟草根际微生物群落的均匀度、丰富度、多样性相较于对照组均有显著差异。其中,示范区微生物群落 Chao1 指数较对照区上升 39.86%。

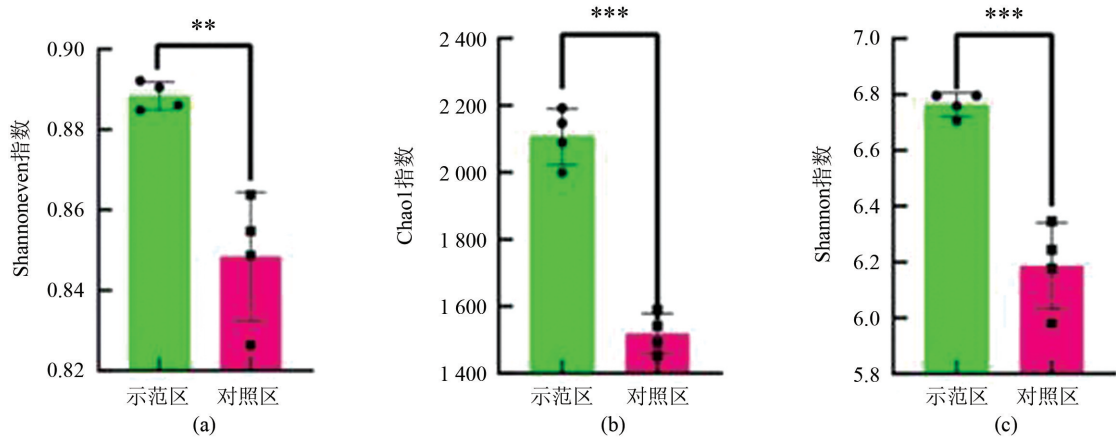


图3 烟草根际微生物 α 多样性指数分析

2.3.2 示范区与对照区烟草根际微生物 β 多样性分析

基于 ASV 水平、Bray-Curtis 距离的 PCA 分析表明, 示范区与对照区烟草根际微生物具有明显的特异性(图 4)。PC1 解释了不同处理烟草微生物群落结果差异的 48.54%, 而 PC2 则解释了结果差异的 30.81%。ADONIS 结果($R^2=0.3600$, $p=0.026$)同样证明了示范区与对照区的烟草根际微生物群落差异具有统计学意义。

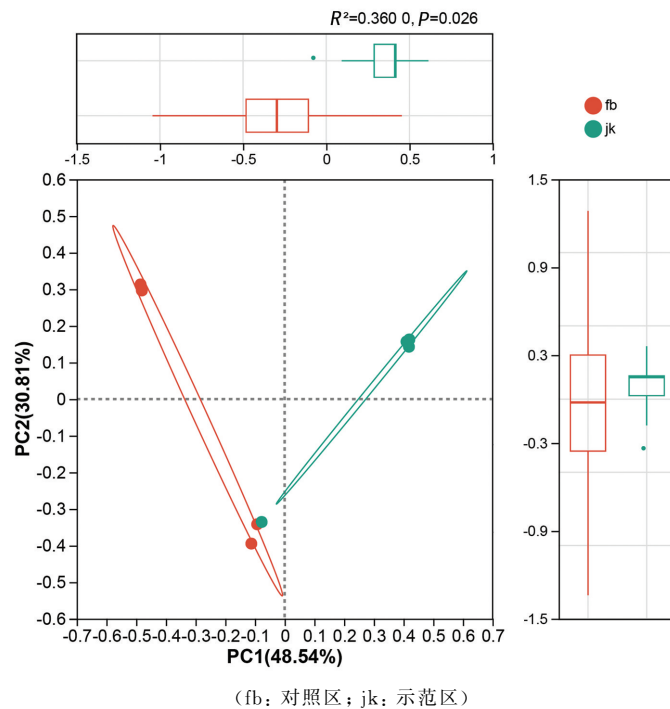


图4 示范区与对照区烟草根际微生物 β 多样性

2.3.3 示范区与对照区烟草根际微生物群落组成

示范区与对照区的门水平的根际微生物群落组成如图 5(a)所示, 变形菌门(Proteobacteria)、绿弯菌门(Chloroflexi)、放线菌门(Actinobacteriota)、酸杆菌门(Acidobacteriota)、芽孢杆菌门(Gemmatimonadota)、厚壁菌门(Firmicutes)、拟杆菌门(Bacteroidota)、泉古菌门(Crenarchaeota)、疣微菌门(Verrucomicrobiota)、浮霉菌门(Planctomycetota)为示范区与对照区烟草根际细菌的优势菌门。

示范区与对照区的属水平的根际微生物群落组成如图 5(b)所示,芽单胞菌属(*Gemmatimonadaceae*)、酸杆菌属(*Acidobacteriales*)、亚硝化球菌属(*Nitrososphaera*)、放线菌门下属(*Gaiellales*)、鞘单胞菌属(*Sphingomonas*)、布鲁氏菌属(*Bryobacter*)、芽孢杆菌属(*bacillus*)为烟草根际土壤中的优势菌属。

图 5(a)显示出不同处理门水平下的微生物群落堆叠柱状图,示范区处理后与对照区细菌门组成相同,但丰度不同:示范区技术措施处理后烟草根际土壤变形菌门(*Proteobacteria*)为 0.264,相较于对照区 0.169,提升了 56.21%;放线菌门(*Actinobacteriota*)为 0.181,对照区为 0.136,提升了 33.09%;绿弯菌门(*Chloroflexi*)对照区为 0.270,示范区为 0.126,酸杆菌门(*Acidobacteriota*)对照区为 0.135,示范区为 0.097,分别下降了 53.33%、28.15%。

图 5(b)显示出不同处理属水平下的微生物群落堆叠柱状图,已确定分类地位的细菌,在示范区烟草根际土壤中,相较于对照区,酸杆菌属(*Acidobacteriales*)的丰度由 0.044 降低到 0.016,布鲁氏菌属(*Bryobacter*)由 0.020 降低到 0.013 5,分别降低了 63.63%、32.5%;而亚硝化球菌属(*Nitrososphaera*)的丰度由 0.014 5 提升到 0.017 7,提升了 22.07%。

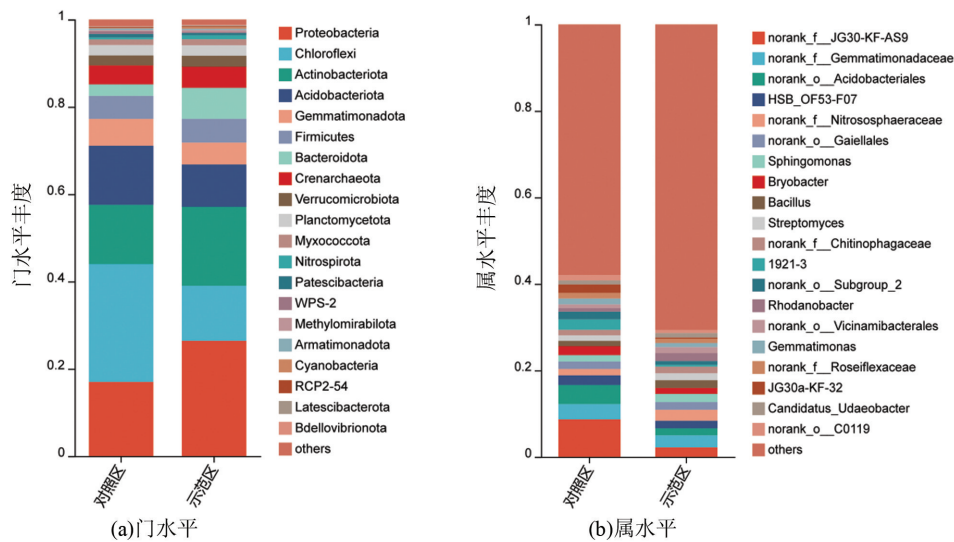


图 5 示范区与对照区烟草根际微生物群落组成

2.4 彭水基地单元病害发生情况

示范区内主要病害为青枯病。自 2024 年 6 月 27 日开始病害调查,每隔 7 d 进行 1 次,共进行了 6 次(图 6)。示范区的病害发生水平整体较低(发病率 16.67%),且随着时间的推移而保持相对稳定,而对照区(发病率 48.05%)则表现出较高的病害发生程度,与示范区相比,发病率显著提高了 31.38%;此外,示范区的相对防效始终保持在较高水平(最后一次调查相对防效为 65.87%),说明示范区采用的措施有效抑制了病害的扩展。

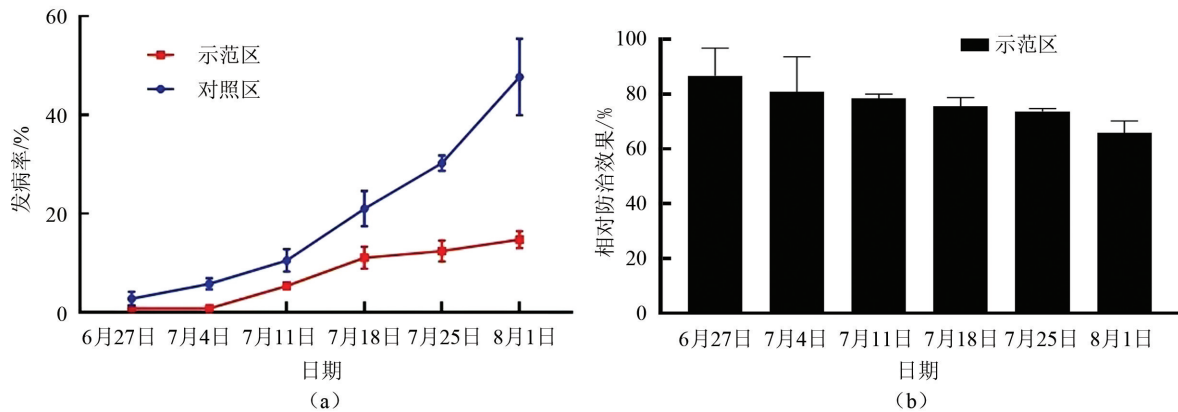


图6 示范区与处理区病害发生情况

2.5 技术体系应用后对烤烟产量、产值的影响

绿色防控技术体系采取一系列措施后,延缓了青枯病蔓延,与对照区相比,示范区青枯病发生较轻。调查结果表明,对照区烤烟产量为 $1\ 610.25\ \text{kg}/\text{hm}^2$,示范区的产量达到 $2\ 028.90\ \text{kg}/\text{hm}^2$,较对照区提升了 26%;示范区的产值显著高于对照区 ($p < 0.05$),达到了 $61\ 922.03\ \text{元}/\text{hm}^2$,与对照区相比,高出 $14\ 725.60\ \text{元}/\text{hm}^2$ 。以上结果表明,采用粮烟融合关键技术可以有效减少病害对烟叶的影响,从而提升了烟叶的产量与产值(表 3)。

表3 示范区与对照区烟叶的产量、产值比较

处理	产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	均价/ $(\text{元} \cdot \text{kg}^{-1})$	产值/ $(\text{元} \cdot \text{hm}^{-2})$
示范区	2 028.75	30.52	61 922.03
对照区	1 610.25	29.31	47 196.43

3 结论与讨论

3.1 主要结论

本研究基于重庆彭水县石院村粮烟融合生产实践所构建的烟草青枯病绿色防控体系,通过集成微生物菌剂、土壤改良与烟薯套作,分析得出以下试验结论。

1)烟株农艺性状与土壤理化性质得到同步改善。示范区烟株在打顶期表现出更优的长势,株高、叶宽均显著优于对照区;土壤酸度也得到缓解,有机质及氮素含量明显提高(表 2、图 2)。

2)根际微生物群落结构优化。示范区根际土壤微生物多样性显著增加,有益菌门(如变形菌门)丰度上升(图 3、图 4、图 5)。

3)病害防控效果显著。示范区烟草青枯病的发病程度显著低于对照区,相对防治效果显著(图 6)。

3.2 讨论

本研究基于重庆市彭水县龙塘乡石院村粮烟融合(烤烟-甘薯间作)实践,构建绿色防控技术体系,通过“间作模式—微生物调控—土壤改良”三位一体的路径,实现了对烟草青枯病的绿色可持续治理,其作用机制主要体现在以下方面。

1)轮作阻断病原菌的积累与传播。甘薯作为非寄主作物,其根系分泌物通过干扰青枯雷尔氏菌的根际定殖与侵染循环,有效降低了土壤中的初始菌源量,与杜荆山等^[12]、周挺等^[19]的结论一致。

2) 重塑微生物群落结构与功能。通过施用根茎康、牡蛎钾等复合微生物菌剂,显著提升了土壤中放线菌门、变形菌门等有益菌群的丰度,增强根际微生物对病原菌的拮抗与竞争作用,也印证了张浩然等^[21]的实例以及丁伟^[22-23]、王焱等^[24]提出的植物免疫激发机制。

3) 提升了土壤健康与系统抗性。土壤 pH 值与有机质含量的提高,不仅改善了土壤养分的有效性,也间接促进了功能微生物种群的增殖,形成了抑制青枯菌生存的根际环境。

4) 实现经济效益与生态效益双赢。示范区在化学农药减施的情况下,实现烟叶增产约 8%,甘薯间作额外增收 7 500 元/hm²(詹传华等^[18]),充分体现“以生态调控替代化学依赖”的绿色植保策略,契合“以烟稳粮、以烟促粮”的政策导向^[25-26]。当前数据仅源于武陵山区(黄壤酸化区),尚需在西南其他生态区(如云贵高原红壤)验证其普适性。

综上所述,本研究通过粮烟融合模式与多技术协同的集成应用,不仅有效控制了青枯病的危害,同时实现了土壤生态修复与烟叶质量效益的协同提升,具备良好的区域适用性与推广价值。该技术体系值得在一定区域推广(如湘南地区烟稻轮作区^[5]),进一步验证该技术体系的稳定性与普适性。

参考文献:

- [1] 郑宇,杨素.乡村特色产业振兴的生计择优传递机制研究——基于西南民族地区的多点田野调查[J].中南民族大学学报(人文社会科学版),2025,45(5):99-109.
- [2] 陈孟乐,周再阳,卢军,等.土壤调理剂在作物土传病害防治中的功能作用[J].植物医学,2025,4(2):67-73.
- [3] 刘福童,李茂森,闫超超,等.烤烟连作条件下土壤微生物群落结构变化及驱动因素分析[J].华中农业大学学报,2023,42(2):139-146.
- [4] LIU M, XUE R J, JIN S Z, et al. Metabolomic and Metagenomic Analyses Elucidate the Role of Intercropping in Mitigating Continuous Cropping Challenges in Tobacco[J]. Frontiers in Plant Science, 2024, 15: 1447225.
- [5] 杨贤海,齐绍武,赵世浩,等.湘南地区烟稻轮作和不同年限烟薯套种对土壤微生物的影响[J].作物研究,2013,27(1):46-49.
- [6] JIA M, WANG X S, ZHU X Q, et al. Accumulation of Coumaric Acid Is a Key Factor in Tobacco Continuous Cropping Obstacles[J]. Frontiers in Plant Science, 2024, 15: 1477324.
- [7] HU H J, MENG J, ZHENG H, et al. Relief Effect of Biochar on Continuous Cropping of Tobacco through the Reduction of P-Hydroxybenzoic Acid in Soil[J]. Heliyon, 2024, 10(12): e33011.
- [8] GONG B, HE Y, LUO Z B, et al. Response of Rhizosphere Soil Physicochemical Properties and Microbial Community Structure to Continuous Cultivation of Tobacco[J]. Annals of Microbiology, 2024, 74(1): 4.
- [9] WANG P, YAN S, ZHANG W S, et al. Effect of Soil Management Systems on the Rhizosphere Bacterial Community Structure of Tobacco: Continuous Cropping Vs. Paddy-Upland Rotation[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 996858.
- [10] 谭茜,李杰,汪代斌,等.我国主要烟草青枯病病原菌系统发育分析[J].中国烟草科学,2022,43(2):52-57.
- [11] 丁伟,刘颖,李石力,等.烟草青枯病的病原特性及流行预警[J].植物医生,2020,33(2):1-10.
- [12] 杜荆山,王玉洁,何冰,等.豫西旱地烤烟/甘薯间轮作种植模式对土壤微生物及线虫群落的影响[J].河南科技大学学报(自然科学版),2025,46(2):78-86,9.
- [13] 杨丽倩,陈鹏,龙涛,等.我国烟粮复合种植研究现状及展望[J].南方农业,2024,18(19):53-57.
- [14] 赖宇哲.甘薯烤薯品种的烤制品质及其烤制工艺优化研究[D].杭州:浙江农林大学,2024.
- [15] 白建淞,冯新维,曾宪洪,等.烟-薯-麦套作对烤烟生长、品质及烟薯麦产量的影响[J].特种经济动植物,2024,27(2):7-10.
- [16] 郑煜,陈颐,遆晋松,等.烟草不同轮作模式碳足迹及经济效益评价[J].中国农业科学,2025,58(4):

733-747.

- [17] 刘洋. 重庆烟区烤烟-甘薯间作模式构建及应用潜力研究[D]. 重庆: 西南大学, 2024.
- [18] 詹传华, 郭发超, 敖耀强, 等. 不同烟薯种植模式对烤烟香气物质、经济效益及土壤肥力的影响研究[J]. 绿色科技, 2022, 24(17): 119-122, 127.
- [19] 周挺, 梁颂捷, 张炳辉, 等. 间套作防控烟草病虫害研究进展[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(5): 105-112.
- [20] 王悦华, 马珂, 苏少伟, 等. 豫西旱地烟薯间作模式下不同株距对烤烟生长及产量质量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2024, 42(1): 194-204.
- [21] 张浩然, 楚龙燕, 李建平, 等. 烟草-荞麦间作对烟田害虫及天敌的影响[J]. 农业研究与应用, 2023, 36(4): 21-26.
- [22] 丁伟. 论植物医学[J]. 植物医生, 2022, 1(1): 5-17.
- [23] 丁伟. 微生物群落影响烟草青枯病/黑胫病发生的机制及调控技术研究[C]. 湖北省: 湖北省烟草科学研究院, 2022-01-01.
- [24] 王垚, 韩松庭, 杨亮, 等. 生物有机肥对烟草青枯病防控的研究进展[J]. 植物医生, 2020, 33(6): 18-23.
- [25] 杨爱国. 烟草青枯病抗性资源评价及抗病机制研究[C]. 山东省: 中国农业科学院烟草研究所, 2023-05-26.
- [26] 祖韦军, 潘文杰, 林叶春. 烤烟套种甘薯对烟叶质量、烟薯产量及土壤温湿度的影响[J]. 农学学报, 2020, 10(4): 42-47.

责任编辑 杨光明