

3种微生物菌肥对烤烟生长及病害控制的效果

李 嘉, 毛桂祥*

宜良县农业科技推广服务中心, 云南 昆明

收稿日期: 2026年2月22日; 录用日期: 2026年3月23日; 发布日期: 2026年3月30日

摘 要

为探索3种微生物菌肥对烤烟生长及病害防控效果, 开展田间随机区组试验。结果表明: 处理A可显著提高团棵期腰叶长, 旺长期株高和腰叶长, 封顶期茎围和腰叶长; 处理C可显著提高团棵期株高和腰叶长, 旺长期株高, 封顶期茎围、腰叶长和腰叶宽; 3个处理20 d内均未出现黑胫病和花叶病病株; 移栽40 d和60 d后, 对黑胫病的防效分别在63.64%~70.17%和58.80%~64.02%之间, 对花叶病的防效分别在80.80%~90.18%和53.35%~59.38%之间; 封顶后, 处理A对赤星病的防效最好, 达60.07%。处理C促生效果最好, 处理A次之; 处理A防病效果最好, 处理C次之。

关键词

伯克霍尔德氏菌, 萎缩芽孢杆菌, 微生物菌肥, 烤烟

Effects of Three Kinds of Microbial Fertilizer on Growth and Disease Control of Flue-Cured Tobacco

Jia Li, Guixiang Mao*

Yiliang County Agricultural Science and Technology Promotion Service Center, Kunming Yunnan

Received: February 22, 2026; accepted: March 23, 2026; published: March 30, 2026

Abstract

In order to test and verify the effects of three kinds of microbial fertilizer on the growth and disease control of flue-cured tobacco, field randomized block experiments were carried out. The results showed that treatment A could significantly increase the length of waist leaves at the rosette stage,

*通讯作者。

plant height and waist leaf length in the vigorous growing stage, and stem circumference and waist leaf length in the capping stage. Treatment C could significantly increase plant height and waist leaf length at the rosette stage, plant height at the peak stage, stem circumference, waist leaf length, and waist leaf width at the capping stage. Black shank and mosaic disease were not found in the three treatments within 20 days. After 40 and 60 days of transplanting, the control effect against black shank was 63.64%~70.17% and 58.80%~64.02% respectively; and the control effect against mosaic was 80.80%~90.18% and 53.35%~59.38%, respectively. After capping, treatment A had the best control effect on brown spot disease; the control effect was 60.07%. Treatment C had the best growth-promoting effects, and treatment A was second. Treatment A had the best disease prevention effects, followed by treatment C.

Keywords

Burkholderia cenocepacia, *Bacillus atropheus*, Microbial Fertilizer, Flue-Cured Tobacco

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

烤烟生长发育和品质受土壤 pH 值[1][2]、土壤养分[3]、海拔高度[4][5]、气候[5][6]等因素影响。在诸多因素中,土壤养分是烤烟生长发育的关键,是影响烟叶品质和风格最重要的因素之一[2]。土壤有机质是影响烟叶品质特色的重要土壤因素,虽然有机质仅占土壤总量的很小一部分,但它在土壤肥力上起着多方面作用,同时也影响着烟叶的风格特性[7][8]。龚林等人的[9]研究表明,微生物菌肥能够提高土壤的 pH 值,活化土壤养分,促进烟株生长,提高烟株抗病性,提升烟叶产量,改善烟叶品质。

为探索微生物菌肥对烤烟生长及病害防控效果,本试验选用 0.2 亿/克伯克霍尔德氏菌微生物菌肥、0.2 亿孢子/克萎缩芽孢杆菌微生物菌肥、2 亿孢子/克枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌复合微生物菌剂 3 种微生物菌肥开展田间试验,系统分析其对烤烟农艺性状及主要病害的影响,为烤烟绿色生产提供技术支撑。

2. 试验材料与方法

2.1. 试验地点

试验地点位于昆明市宜良县狗街镇槽沟村,东经 103.2030°,北纬 24.8232°,海拔 1960 m,土壤类型为红壤, pH 值为 5.89 (试验前检测),有机质含量 47.93 g/kg。

2.2. 试验品种

试验品种为红花大金元。于 2022 年 2 月 13 日播种,2022 年 4 月 24 日移栽。

2.3. 试验材料

试验微生物菌肥包括:0.2 亿/克伯克霍尔德氏菌微生物菌肥(粉剂)、0.2 亿孢子/克萎缩芽孢杆菌微生物菌肥(粉剂)、2 亿孢子/克枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌复合微生物菌剂(简称复合微生物菌剂,液体)。试验材料由昆明保腾生化技术有限公司陆良分公司生产并提供。

2.4. 试验设计

试验共设 4 个处理,包括 3 个微生物菌肥处理和 1 个常规对照处理。每个处理设 3 次重复,各试验

小区按照随机区组排列, 小区面积 36 m²。小区周围留 1 行保护行, 病虫害防治按照当地烤烟正常生产管理方式进行。

2.5. 施用方法

各处理微生物菌肥施用方法见表 1。

Table 1. Application methods of microbial fertilizer for each treatment

表 1. 各处理微生物菌肥施用方法

处理	微生物菌肥种类	施用量(kg/亩)	施用方法
A	0.2 亿/克伯克霍尔德氏菌微生物菌肥	40	移栽时塘施, 底肥减施 15%
B	0.2 亿孢子/克萎缩芽孢杆菌微生物菌肥	40	移栽时塘施, 底肥减施 15%
C	2 亿孢子/克复合微生物菌剂	2	移栽时灌根, 化肥常规量施用
CK	不施用微生物菌肥, 化肥常规量施用	/	不施用微生物菌肥, 化肥常规量施用

注: CK 为对照处理, 常规施用化肥, 不施用任何微生物菌肥, “/”表示无相关数据。

2.6. 统计分析方法

试验数据采用 SPSS 26.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA), 并使用 Duncan 多重比较法进行差异显著性检验。表中数据为平均值, 同列数据后不同小写字母 a、b、c 表示差异显著($p < 0.05$), 不同大写字母 A、B 表示差异极显著($p < 0.01$); 相同字母表示处理间无显著性差异。

3. 试验调查

3.1. 调查记录项目

于团棵期、旺长期、封顶期分别调查 3 次黑胥病、病毒病发病情况和烟株农艺性状, 封顶后调查 1 次赤星病发病情况, 采烤结束后调查烟叶产量和产值。

3.2. 病害调查方法

病害调查方法按照国家标准 GB/T 23222-2008《烟草病虫害分级及调查方法》进行。

4. 结果分析

4.1. 不同生育期微生物菌肥对烟株生长的影响

不同生育期烟株农艺性状调查结果见表 2。团棵期调查结果显示: 3 种微生物菌肥与对照处理 CK 的有效叶片数和腰叶宽无显著性差异; 处理 A 和处理 C 株高显著高于对照处理 CK, 处理 B 株高与对照处理 CK 无显著性差异, 3 种微生物菌肥处理的株高无显著性差异; 处理 A 和处理 C 腰叶长极显著高于处理 B 和对照处理 CK, 处理 B 腰叶长与对照处理 CK 无显著性差异。

旺长期调查结果显示: 3 种微生物菌肥与对照处理 CK 的有效叶片数和腰叶宽无显著性差异; 3 种微生物菌肥处理的株高均极显著高于对照处理 CK, 且处理间无显著差异; 处理 A 腰叶长极显著高于处理 B、处理 C 和对照处理 CK, 处理 B 和处理 C 腰叶长与对照处理 CK 无显著性差异。

封顶期调查结果显示: 3 种微生物菌肥与对照处理 CK 的株高、有效叶片数无显著性差异; 3 种微生物菌肥处理与对照处理 CK 的株高、有效叶片数无显著性差异; 3 种微生物菌肥处理的茎围均极显著高于对照处理 CK 腰叶长均高于对照处理 CK, 且处理间无显著差异, 3 种微生物菌肥处理的腰叶长均高于对

照处理 CK, 其中处理 A 和处理 B 腰叶长显著高于对照处理 CK, 处理 C 腰叶长与对照处理 CK 无显著性差异, 且 3 种微生物菌肥处理的腰叶长无显著性差异; 3 种微生物菌肥处理的腰叶宽均高于对照处理 CK, 其中处理 C 腰叶宽极显著高于对照处理 CK, 处理 B 腰叶宽显著高于对照处理 CK, 处理 A 与对照处理 CK 无显著性差异, 处理 C 腰叶宽显著高于处理 A, 与处理 B 无显著性差异。

Table 2. Survey results of agronomic traits of tobacco plants at different growth stages

表 2. 不同生育期烟株农艺性状调查结果

处理	A	B	C	CK
团棵期株高(cm)	26.60 abA	26.73 abA	27.33 aA	25.70 bA
团棵期有效叶数(片)	10.67 aA	10.73 aA	11.20 aA	10.60 aA
团棵期腰叶长(cm)	45.07 aA	42.17 bB	45.60 aA	42.63 bB
团棵期腰叶宽(cm)	25.87 aA	24.10 aA	25.17 aA	23.90 aA
旺长期株高(cm)	80.50 aA	79.83 aA	80.23 aA	77.27 bB
旺长期有效叶数(片)	18.37 aA	18.37 aA	17.80 aA	18.40 aA
旺长期腰叶长(cm)	79.33 aA	77.47 bB	76.73 bB	77.00 bB
旺长期腰叶宽(cm)	35.07 aA	35.60 aA	35.73 aA	34.77 aA
封顶期株高(cm)	114.50 aA	116.53 aA	113.37 aA	115.00 aA
封顶期有效叶数(片)	18.43 aA	18.57 aA	18.67 aA	18.53 aA
封顶期茎围(cm)	11.33 aA	11.43 aA	11.63 aA	10.63 bB
封顶期腰叶长(cm)	81.53 aA	81.83 aA	81.07 abA	80.43 bA
封顶期腰叶宽(cm)	33.20 bcAB	34.23 abAB	35.03 aA	32.47 cB

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著($p < 0.05$), 大写字母不同表示差异极显著水平($p < 0.01$); 相同字母表示处理间无显著性差异。

4.2. 不同微生物菌肥对烟草黑胫病的控制效果

不同生育期烟草黑胫病调查结果见表 3。3 种微生物菌肥处理在移栽后 20 d 均未发现黑胫病, 移栽后 40 d 和 60 d, 黑胫病发病率和病情指数均显著低于对照处理 CK。移栽后 20 d, 3 种微生物菌肥对黑胫病的防效均为 100%; 移栽 40 d 后, 处理 A、B、C 对黑胫病的防效分别为 66.35%、70.17% 和 63.64%, 移栽 60 d 后, 处理 A、B、C 对黑胫病的防效分别为 58.80%、64.02% 和 57.93%。处理 B 防效仍显著高于处理 A 和 C。

Table 3. Survey results of tobacco black shank disease at different growth stages

表 3. 不同生育期烟草黑胫病调查结果

处理	发病率(%)			病情指数			相对防效(%)		
	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d
A	0	5.75 bB	10.34 bB	0	2.43 bB	5.75 bB	100	66.35	58.80
B	0	4.30 cB	8.60 cB	0	2.15 bB	5.02 bB	100	70.17	64.02
C	0	5.62 bB	10.11 bB	0	2.62 bB	5.87 bB	100	63.64	57.93
CK	2.13	9.57 aA	17.02 aA	1.42	7.21 aA	13.95 aA	/	/	/

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著($p < 0.05$), 大写字母不同表示差异极显著水平($p < 0.01$); 相同字母表示处理间无显著性差异。

4.3. 不同微生物菌肥对烟草花叶病的控制效果

不同生育期烟草花叶病调查结果见表 4。3 种微生物菌肥处理在移栽后 20 d 均未发现花叶病, 移栽后 40 d 和 60 d, 花叶病发病率和病情指数均显著低于对照处理 CK。移栽后 20 d, 3 种微生物菌肥对花叶病的防效均为 100%, 移栽 40 d 后, 处理 A、B、C 对花叶病的防效分别为 90.18%、81.62% 和 80.80%, 移栽 60 d 后, 处理 A、B、C 对花叶病的防效分别为 55.67%、53.35% 和 59.38%, 处理 C 防效显著高于处理 B, 与处理 A 无显著性差异。

Table 4. Survey results of tobacco mosaic disease at different growth stages

表 4. 不同生育期烟草花叶病调查结果

处理	发病率(%)			病情指数			相对防效(%)		
	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d
A	0	1.15 cB	4.60 bB	0	0.13 cB	2.04 bB	100	90.18	55.67
B	0	2.15 bB	4.31 bcB	0	0.24 bB	2.15 bB	100	81.62	53.35
C	0	2.25 bB	3.37 cB	0	0.25 bB	1.87 bB	100	80.80	59.38
CK	3.19	5.32 aA	9.57 aA	0.35	1.30 aA	4.61 aA	/	/	/

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著($p < 0.05$), 大写字母不同表示差异极显著水平($p < 0.01$); 相同字母表示处理间无显著性差异。

4.4. 不同微生物菌肥对烟草赤星病的控制效果

封顶后烟草赤星病调查结果见表 5。处理 A 和处理 C 赤星病发病率和病情指数均显著低于对照处理 CK, 发病率分别比处理 CK 降低 10.25 个百分点和 9.57 个百分点; 处理 B 赤星病发病率比对照处理 CK 略低, 无显著性差异, 病情指数显著低于对照处理 CK; 处理 B 赤星病发病率显著高于处理 A 和处理 C, 3 种微生物菌剂赤星病病情指数无显著性差异。处理 A 对赤星病的防效较显著, 达 60.07%, 其次是处理 C, 对赤星病的防效为 49.99%, 处理 B 对赤星病的防效不显著, 为 31.88%, 且处理 A 防效显著高于处理 B。

Table 5. Survey results of tobacco red star disease after capping

表 5. 封顶后烟草赤星病调查结果

处理	发病率(%)	病情指数	相对防效(%)
A	19.54 bB	2.17 cB	60.07
B	26.88 aAB	3.70 bAB	31.88
C	20.22 bB	2.75 cB	49.99
CK	29.79 aA	5.44 aA	/

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著($p < 0.05$), 大写字母不同表示差异极显著水平($p < 0.01$); 相同字母表示处理间无显著性差异。

5. 结论与讨论

5.1. 微生物菌肥对烤烟生长的促进机理与效果分析

试验选用的 3 种微生物菌剂均能不同程度改善烤烟农艺性状, 其促生效应与菌种特性、代谢产物及作用方式密切相关。处理 A (伯克霍尔德氏菌) 的促生优势在团棵期腰叶长、旺长期株高和腰叶长的显著

提升,可能与吲哚乙酸(IAA)、赤霉素(GA)等植物生长调节物质合成有关[10]。马白鸽等人[10]指出,伯克霍尔德氏菌可通过调控烟株内源激素平衡,促进细胞伸长与分裂,同时增强植株抗逆性。处理 C(复合微生物菌剂)在封顶期腰叶宽极显著高于 CK,这可能源于枯草芽孢杆菌与解淀粉芽孢杆菌的协同作用。张华勇等人[11]研究表明,芽孢杆菌可分泌有机酸溶解土壤中难溶性磷、钾,提高根际养分有效性,进而促进叶片扩展与生物量积累。

5.2. 微生物菌肥防控烟草病害的机理与效果差异

3种微生物菌肥对黑胥病、花叶病均表现出良好防效(移栽 20 d 内防效 100%),其共性防病机理可分为三点:一是微生物菌肥中的有益菌株在烟株根际快速定殖后占领生态位形成优势菌群,抑制病原菌感染[12];二是功能菌株分泌抗菌物质,直接抑制病原菌的繁殖[13]或破坏细胞结构;三是通过促进烟株营养生长增强自身抗病性(如株高、茎围提升可增强植株机械防御能力),进而降低病害发生概率。

5.3. 处理 B(萎缩芽孢杆菌)效果不佳的原因探析

处理 B(0.2 亿孢子/克萎缩芽孢杆菌)在促生和防病方面均表现较差,其核心原因可能是以下三点:一是菌种适应性限制。萎缩芽孢杆菌的最适生长土壤的 pH 为中性,而本试验地块土壤 pH 值为 5.89,为酸性土壤,酸性环境一定程度上抑制了其孢子萌发与定殖能力;二是施用方式不匹配。萎缩芽孢杆菌需在土壤中形成优势菌群才能发挥作用,而本试验中 40 kg/亩的塘施方式可能导致菌剂分布不均,且底肥减施 15%可能降低了土壤养分水平,进一步影响菌株活性;三是菌剂浓度不足,导致根际定殖数量不足,难以形成优势种群分泌足量抗菌物质。

5.4. 与已有研究的对比和启示

本试验中的处理 A、处理 C 效果与龚林等[9]研究的微生物菌肥可改善酸性土壤并提升烟叶品质相符,而处理 B(萎缩芽孢杆菌)在烤烟上的应用研究较少。本试验提示,微生物菌肥效果受到土壤 pH、施用方式、菌种特性等多因素调控,单一菌剂在特定条件下可能表现不佳,未来需开展多模式的适配性研究。

5.5. 结论与应用建议

综合来看,处理 C(2 亿孢子/克枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌复合微生物菌剂)的促生效果最显著,处理 A 微生物菌肥(伯克霍尔德氏菌)的防病效果最显著,二者在宜良烟区具有推广潜力。对于处理 B(萎缩芽孢杆菌),受到土壤酸碱度、施用方式等因素限制,效果不佳,建议通过调整施用方式(如拌土撒施)、提高菌种浓度或与土壤改良剂配合使用调节土壤 pH 值,以改善其在酸性土壤中的应用效果。未来研究可进一步探索微生物菌肥与化肥的最佳配比,以及不同生态区的菌种适配性,为烟草绿色生产提供更精准的技术支持。

参考文献

- [1] 李家辉. 土壤酸度对不同烤烟品种生长发育及土壤性状的影响[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2023.
- [2] 梁一凡, 严定伟, 罗菲, 等. 腐殖酸钾对植烟土壤养分及烤烟油分相关品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2025, 53(8): 233-241.
- [3] 张燕, 李宇强, 丁海, 等. 不同前茬作物对植烟土壤养分及烤烟产量和品质的影响[J]. 土壤, 2025, 57(3): 549-557.
- [4] 王文辉, 袁文彬, 李谨成, 等. 海拔高度对会理烤烟品质及代谢组学的影响[J]. 西南农业学报, 2023, 36(6): 1180-1187.
- [5] 张世浩. 重庆典型烟区烤烟产质量差异调研及原因探究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [6] 娄慧敏. 无纺布覆盖下无机有机肥配施对陕南烤烟碳氮代谢与品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林

科技大学, 2024.

- [7] 郭可谦, 顾会战, 喻晓, 等. 广元烟区土壤 pH 值与有机质含量对烤烟品质指标的影响[J]. 山东农业科学, 2017, 49(2): 105-109.
- [8] 王小东, 田晓莉, 许自成, 等. 不同土壤有机质水平对烤烟内在品质的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 20(5): 99-105.
- [9] 龚林, 李德文, 石成广, 等. 微生物菌肥对植烟酸性土壤改良及烟叶品质的影响研究[J]. 云南农业科技, 2022(2): 28-31.
- [10] 马白鸽, 魏喜红, 孟祥佳, 等. 伯克霍尔德氏菌在植物病害生物防治中的研究进展[J]. 农业研究与应用, 2023, 36(3): 1-8.
- [11] 张华勇, 李振高. 土壤芽孢杆菌及其资源的持续利用[J]. 土壤, 2001(2): 92-97.
- [12] 张鑫, 汪守琪. 微生物菌肥在作物栽培中的应用研究[J]. 安徽农学通报, 2025, 31(15): 70-73.
- [13] 唐滢, 雷平, 张翠央, 等. 抑真菌伯克霍尔德氏菌 Z1 的分离鉴定及其抑菌物质分析[J]. 生命科学研究, 2020, 24(6): 484-493+498.