

3种微生物菌肥对烟田土壤pH及养分的调节作用

李 嘉, 王 博, 杨加才, 毛桂祥*

宜良县农业科技推广服务中心, 云南 宜良

收稿日期: 2025年12月3日; 录用日期: 2026年1月1日; 发布日期: 2026年1月8日

摘要

为探索3种微生物菌肥对烟田土壤pH及养分的作用, 开展田间随机区组试验。结果表明: 打顶后, CK土壤pH值比移栽前下降0.83, 萎缩芽孢杆菌和伯克霍尔德氏菌菌肥处理分别减缓了46.99%和43.37%的pH值下降, 对土壤有机质的降解量分别是CK的1.59倍和1.53倍, 钾肥吸收量分别提高了19.62%和16.76%; 3种微生物菌肥对植烟土壤中有效磷含量的影响不明显; 含伯克霍尔德氏菌的微生物菌肥处理氮肥利用率比CK处理提高了34.26%。萎缩芽孢杆菌缓解土壤酸化、提高土壤养分利用率的效果最好。

关键词

伯克霍尔德氏菌, 萎缩芽孢杆菌, 微生物菌肥, pH值, 土壤养分

The Regulating Effect of Three Microbial Biofertilizers on Soil PH and Nutrients in Tobacco Fields

Jia Li, Bo Wang, Jiacai Yang, Guixiang Mao*

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

Received: December 3, 2025; accepted: January 1, 2026; published: January 8, 2026

Abstract

In order to explore the effects of three microbial fertilizers on soil pH and nutrients in tobacco fields, field randomized block experiments were conducted. The results showed that after the removal of top, the pH value of CK decreased by 0.83 compared with that before transplanting. The treatment of

*通讯作者。

Bacillus atrophaeus and *Burkholderia cenocepacia* microbial fertilizer slowed down the pH value decline by 46.99% and 43.37%, respectively. The degradation of soil organic matter was 1.59 and 1.53 times of CK, respectively, and the absorption of potassium fertilizer was increased by 19.62% and 16.76%, respectively; the effect of three microbial fertilizers on the content of available phosphorus in tobacco growing soil was not obvious; the nitrogen utilization rate of microbial fertilizer containing *Burkholderia cenocepacia* was 34.26% higher than that of CK treatment. *Bacillus atrophaeus* had the best effect in alleviating soil acidification and improving soil nutrient utilization.

Keywords

Burkholderia cenocepacia, *Bacillus atrophaeus*, Microbial Fertilizer, pH Value, Soil Nutrients

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 pH 值和有机质是影响烟叶品质特色的重要土壤因素[1]-[3],烟草在土壤 pH 4.5~8.5 均能生长[7],适宜的 pH 值有助于提高烟叶的整体品质[8]。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[9]。李鑫[10]研究表明, pH 值与有效磷和速效钾,有效磷与速效钾,碱解氮与有机质之间存在显著相关性,应当施用石灰及有机肥,提高土壤的 pH 值来培肥土壤。龚林[11]等人的研究表明,施用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烟田土壤 pH 及养分的调节作用,本试验选用含伯克霍尔德氏菌、含萎缩芽孢杆菌、含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌的 3 种微生物菌肥开展田间试验,以期实现有效缓解植烟土壤酸化和提高土壤养分利用率。

2. 试验材料与方法

2.1. 试验地点

试验地块位于昆明市宜良县狗街镇漕沟村,东经 103.2030°,北纬 24.8232°,海拔 1960 m。

2.2. 试验品种

品种红花大金元。于 2022 年 2 月 13 日播种,2022 年 4 月 24 日移栽。

2.3. 试验材料

试验药剂为含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥(粉剂)、含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥(粉剂)、含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥(液体)。试验材料由昆明保腾生化技术有限公司提供。

2.4. 试验设计

试验设 4 个处理,包括 3 个微生物菌肥处理和 1 个常规对照(CK)处理。四个处理均设 3 次重复,各

小区在田间随机排列, 小区面积 36 m²。不同处理边际设 1 行保护行, 病虫害防治按照当地烤烟生产管理规范进行。

2.5. 施用方法

处理 A 移栽时塘施含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥, 用量为 40 kg/亩, 化肥(烟草专用复合肥, 下同)施用量减少 15%; 处理 B 移栽时塘施含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥, 用量为 40 kg/亩, 化肥施用量减少 15%; 处理 C 移栽时用含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥灌根, 用量为 2 L/亩, 化肥按照常规施肥量施用; 处理 CK 不施用微生物菌肥, 化肥按照常规施肥量施用。

3. 试验调查

3.1. 调查记录项目

于烤烟移栽前和打顶后分别取土样进行 pH 值、有机质含量、水解性氮含量、有效磷含量、速效钾含量检测。

3.2. 土壤取样方法

移栽前, 在试验烟田按照五点取样法进行土壤取样; 打顶后, 每个小区随机选取 5 株烟株, 在烟株根际周围 10 cm 以内取深度 10~20 cm 的土壤, 每个处理共取 15 株烟株根际土壤混合均匀后取 1 kg 送检。

4. 结果分析

4.1. 不同微生物菌肥对植烟土壤 pH 的调节作用

由表 1 可知, 移栽前植烟土壤 pH 值为 5.89, 打顶后按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理 pH 值下降了 0.83, 较施用微生物菌肥的 A 处理、B 处理、C 处理 pH 值下降程度显著。施用微生物菌肥的 3 个处理 pH 值也有所下降, 但下降幅度均低于 CK 处理。施用含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥的 B 处理 pH 值下降 0.44, 下降幅度为 CK 处理的 53.01%, 降幅减少 46.99%; 施用含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥的 A 处理 pH 值下降了 0.47, 下降幅度为 CK 处理的 56.63%, 降幅减少 43.37%; 施用含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥的 C 处理 pH 值下降了 0.75, 下降幅度为 CK 处理的 90.36%, 降幅仅减少 9.64%。

Table 1. Soil pH value detection results before transplanting and after topping
表 1. 移栽前和打顶后土壤 pH 值检测结果

处理	移栽前	打顶后			
		A	B	C	CK
pH 值	5.89	5.42	5.45	5.14	5.06

4.2. 不同微生物菌肥对植烟土壤有机质的降解作用

由表 2 可知, 移栽前植烟土壤有机质含量为 47.93 g/kg, 打顶后按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理有机质降解了 10.87 g/kg, 效果不显著, 降解率为 22.68%。施用微生物菌肥的 3 个处理有机质降解量均高于 CK 处理。施用含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥的 B 处理有机质较施用微生物菌肥的 A

处理、C 处理和按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理效果显著, 降解了 17.29 g/kg, 降解率为 36.08%, 降解量是 CK 处理的 1.59 倍, 降解率比 CK 处理提高 59.08%; 施用含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥的 A 处理有机质降解了 16.68 g/kg, 降解率为 34.81%, 降解量是 CK 处理的 1.53 倍, 降解率比 CK 处理提高 53.49%; 施用含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥的 C 处理有机质降解了 13.14 g/kg, 降解率为 27.41%, 降解量是 CK 处理的 1.21 倍, 降解率比 CK 处理提高 20.84%。

Table 2. Detection results of soil organic matter content (OM, g/kg) before transplanting and after topping
表 2. 移栽前和打顶后土壤有机质含量(OM, g/kg)检测结果

处理	移栽前	打顶后			
		A	B	C	CK
有机质含量	47.93	31.24	30.63	34.79	37.07

4.3. 不同微生物菌肥对植烟土壤水解性氮的调节作用

由表 3 可知, 移栽前植烟土壤水解性氮含量为 328.70 mg/kg, 打顶后按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理水解性氮含量下降了 13.26 mg/kg, 下效果不显著, 下降幅度为 4.04%。施用微生物菌肥的 3 个处理水解性氮下降量均高于 CK 处理。施用含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥的 A 处理水解性氮含量下降了 125.90 mg/kg, 较施用微生物菌肥的 B 处理、C 处理和按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理下降程度显著, 下降幅度为 38.30%, 下降量是 CK 处理的 9.50 倍, 下降幅度比 CK 处理高 34.26 个百分点; 施用含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥的 B 处理水解性氮含量下降了 52.02 mg/kg, 下降幅度为 15.82%, 下降量是 CK 处理的 3.92 倍, 下降幅度比 CK 处理高 11.78 个百分点; 施用含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥的 C 处理水解性氮含量下降了 50.96 mg/kg, 下降幅度为 15.50%, 下降量是 CK 处理的 3.84 倍, 下降幅度比 CK 处理高 11.46 个百分点。

Table 3. Detection results of soil hydrolytic nitrogen content (N, mg/kg) before transplanting and after topping
表 3. 移栽前和打顶后土壤水解性氮含量(N, mg/kg)检测结果

处理	移栽前	打顶后			
		A	B	C	CK
水解性氮含量	328.70	202.80	276.68	277.74	315.43

4.4. 不同微生物菌肥对植烟土壤有效磷的调节作用

Table 4. Test results of available phosphorus content (P, mg/kg) in soil before transplanting and after topping
表 4. 移栽前和打顶后土壤有效磷含量(P, mg/kg)检测结果

处理	移栽前	打顶后			
		A	B	C	CK
有效磷含量	54.93	94.25	104.58	104.58	100.49

由表 4 可知, 移栽前植烟土壤有效磷含量为 54.93 mg/kg, 打顶后按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理有效磷含量为 100.49 mg/kg, 比移栽前增加了 45.56 mg/kg, 增幅为 82.93%。施用含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥的 A 处理有效磷含量为 94.25 mg/kg, 含量比 CK 处理低 6.21%, 比移栽前增加了 39.32 mg/kg, 增幅为 71.58%, 增幅比 CK 处理低 11.36 个百分点; 施用含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物

菌肥的 B 处理和施用含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥的 C 处理有效磷含量均为 104.58 mg/kg, 含量均比 CK 处理高 4.07%, 均比移栽前增加了 49.65 mg/kg, 增幅均为 90.39%, 增幅均比 CK 处理高 7.45 个百分点。

4.5. 不同微生物菌肥对植烟土壤速效钾的调节作用

由表 5 可知, 移栽前植烟土壤速效钾含量为 223.4 mg/kg, 打顶后按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理速效钾含量为 532.2 mg/kg, 比移栽前增加了 308.8 mg/kg, 较施用微生物菌肥的 A 处理、B 处理、C 处理增加程度显著, 增幅为 138.23%。施用微生物菌肥的 3 个处理速效钾增加量和增幅均低于 CK 处理。施用含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥的 C 处理速效钾含量为 498.5 mg/kg, 比 CK 处理低 6.33%, 比移栽前增加了 275.10 mg/kg, 增幅为 123.14%, 增幅比 CK 处理低 15.09 个百分点; 施用含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥的 A 处理速效钾含量为 443.0 mg/kg, 比 CK 处理低 19.62%, 比移栽前增加了 219.6 mg/kg, 增幅为 98.30%, 增幅比 CK 处理低 39.93 个百分点; 施用含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥的 B 处理速效钾含量为 427.8 mg/kg, 比 CK 处理低 16.76%, 比移栽前增加了 204.4 mg/kg, 增幅为 91.50%, 增幅比 CK 处理低 46.73 个百分点。

Table 5. Detection results of soil available potassium content (K, mg/kg) before transplanting and after topping
表 5. 移栽前和打顶后土壤速效钾含量(K, mg/kg)检测结果

处理	移栽前	打顶后			
		A	B	C	CK
速效钾含量	223.4	443.0	427.8	498.5	532.2

5. 结论与讨论

5.1. 微生物菌肥对植烟土壤的改良效果

5.1.1. 缓解土壤酸化

按照常规施肥量施用化肥的 CK 处理烟株打顶后, 土壤 pH 值大幅下降, 说明化肥的施用会导致植烟土壤 pH 值大幅下降。试验选用的 3 种微生物菌肥, 能在不同程度上缓解植烟 pH 值下降, 即减缓植烟土壤酸化, 该结果与龚林[11]等人研究结果一致。含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥和含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥对植烟 pH 值下降的减缓作用较突出, 分别减缓了 46.99% 和 43.37% 的 pH 值下降。

5.1.2. 促进有机质降解

未施用微生物菌肥的植烟土壤中, 有机质的降解较为缓慢, 移栽到打顶后, 有机质的降解率仅为 22.68%, 虽然施用微生物菌肥的三个处理移栽到打顶后的有机质降解率只有 27.41%~36.08%, 有机质降解量却是 CK 处理的 1.21 倍~1.59 倍, 即有机质降解率提高了 21%~59%。含萎缩芽孢杆菌 0.2 亿孢子/克的微生物菌肥和含伯克霍尔德氏菌 0.2 亿/克的微生物菌肥对植烟土壤有机质降解速率的提升作用较突出, 分别提高了 59.08% 和 53.49%; 含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌 2 亿孢子/克的微生物菌肥的 C 处理有机质降解率仅比 CK 处理提高 20.84%, 不到前面两种微生物菌肥的一半, 该微生物菌肥中总菌群量只有前两种微生物菌肥的一半, 说明微生物菌肥对土壤有机质的降解速率提升作用与菌群量有一定正相关关系。

5.1.3. 氮肥与钾肥利用效率

烤烟对氮肥较为敏感, 氮肥偏少易导致烟株矮小, 产量偏低, 氮肥偏多易导致烟株贪青晚熟, 合理

施用氮肥,使氮肥在合适的生长期吸收利用对烤烟优质高产至关重要。本试验的烟田,未施用微生物菌肥的CK处理打顶后烟田土壤中水解性氮含量仅比移栽前下降4.04%,与移栽前相当,移栽前和打顶后植烟土壤水解性氮含量处于相对平衡的状态,说明化肥施用量较为充足,能够满足烟株生长发育期营养需求。试验选用的3种微生物菌肥均能促进土壤中氮肥转化成水解性氮,即促进烤烟对氮肥的吸收。其中,含伯克霍尔德氏菌0.2亿/克的微生物菌肥促进土壤中氮肥转化成水解性氮的效果显著,水解性氮含量比移栽前下降了125.90 mg/kg,对土壤本身所含的氮肥的利用率为38.30%,比CK处理高34.26个百分点,利用量为CK处理的9.5倍;含萎缩芽孢杆菌0.2亿孢子/克的微生物菌肥、含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌2亿孢子/克的微生物菌肥也具有一定促进土壤所含氮肥利用的作用,利用率均在15%以上,均比CK处理高11个百分点以上。

施用含伯克霍尔德氏菌0.2亿/克的微生物菌肥的A处理有效磷含量仅比CK处理低6.21%,施用含萎缩芽孢杆菌0.2亿孢子/克的微生物菌肥的B处理和施用含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌2亿孢子/克的微生物菌肥的C处理有效磷含量仅比CK处理高4.07%,说明3种微生物菌肥对植烟土壤中有效磷含量的影响不明显。

由于试验烟田土壤中水解性氮含量较丰富,烤烟打顶后出现了贪青晚熟的情况,烟农追施了钾肥,使得打顶后土壤中速效钾含量较高。3种微生物菌肥均具有促进烟株吸收钾肥的作用,含萎缩芽孢杆菌0.2亿孢子/克的微生物菌肥的B处理促进钾肥吸收的效果显著,钾肥吸收量提高了19.62%,其次是含伯克霍尔德氏菌0.2亿/克的微生物菌肥的A处理,钾肥吸收量提高了16.76%。含萎缩芽孢杆菌0.2亿孢子/克的微生物菌肥和含伯克霍尔德氏菌0.2亿/克的微生物菌肥的两个处理对钾肥吸收量的促进作用接近,而含枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌2亿孢子/克的微生物菌肥的C处理,钾肥吸收量仅提高了6.33%,对钾肥吸收的促进作用较弱,同样与总菌群量只有前两种微生物菌肥的一半,效果未完全发挥有关。

5.2. 潜在生物安全风险与管控建议

尽管在试验中微生物菌肥表现出显著的农学效益,但仍需警惕其生态与健康风险:伯克霍尔德氏菌部分菌株(如*B. pseudomallei*)为条件致病菌,可能感染免疫缺陷人群[12],建议通过全基因组测序确认菌株安全性(如无毒力基因),避免在人口密集区或水源附近施用,并设置生物隔离带。萎缩芽孢杆菌孢子抗逆性强,可能长期存留土壤并竞争土著微生物生态位,避免连续施用导致菌群失衡。枯草芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌虽属GRAS(公认安全)菌种,但高浓度(2亿孢子/克)可能竞争性抑制本土菌群,要优化菌群配比,避免单一菌种过度增殖。

5.3. 综合结论与展望

综上所述,试验选用的3种微生物菌肥,都具有缓解土壤酸化,提高有机质降解速率,提高氮肥、钾肥利用率的作用,对磷肥利用率的影响不明显。其中,含萎缩芽孢杆菌0.2亿孢子/克的微生物菌肥和含伯克霍尔德氏菌0.2亿/克的微生物菌肥对植烟pH值下降的减缓作用较突出;含伯克霍尔德氏菌0.2亿/克的微生物菌肥促进土壤中氮肥转化成水解性氮的效果较显著,对土壤本身所含的氮肥的利用量较大;含萎缩芽孢杆菌0.2亿孢子/克的微生物菌肥和含伯克霍尔德氏菌0.2亿/克的微生物菌肥对钾肥吸收的促进作用较好。

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] 李念胜, 王树声. 土壤 pH 值与烤烟质量[J]. 中国烟草, 1986(2): 12-14.
 - [8] 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.
 - [9] 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.
 - [10] 李鑫. 土壤 pH 值与养分肥力指标的相关性分析[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(21): 67-68.
 - [11] 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.
 - [12] 余素娟, 杨玮, 闫涛, 等. 洋葱伯克霍尔德菌医院感染的临床分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(9): 1077-1079.