

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2023.06.002

基于集成技术调控的烟草青枯病绿色防控 技术应用研究

——以遵义市桐梓县九坝镇白盐井村为例

周郑雄¹, 苟剑渝², 丁伟³, 田维强²,
周为华¹, 黄纯杨², 祝曾¹, 李守学¹,
郭磊¹, 王焱³, 陈静¹

1. 贵州省烟草公司遵义市公司桐梓分公司, 贵州遵义 563000;
2. 贵州省烟草公司遵义市公司, 贵州遵义 563000;
3. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 青枯病是烟叶生产中最难防控、导致损失最大的根茎病害之一。为集成可持续的防控技术体系, 本研究针对遵义市桐梓县烟草早生快发慢、青枯病危害严重的实际问题, 在该地区连续3年的实践基础上, 集成了土壤调酸、根际微生态调控、营养平衡和烟株抗性提升技术的本地化绿色防控技术体系, 并评价了集成技术对烟草青枯病的控制效果, 及对烟草农艺性状和产质量的影响。结果显示, 处理区土壤理化性质得以改善, 集成技术对处理区烤烟的生长具有一定的促生作用, 全育期增加7 d, 对团棵期和打顶期烟苗促生作用最明显。其中, 打顶期株高、茎围、叶片数、最大叶长、最大叶宽和叶面积均显著高于对照区, 分别提高了14.33%, 42.88%, 34.28%, 17.60%, 19.30%和40.27%。此外, 采用集成技术的处理区一定程度上延缓了烟草青枯病的发生, 病情指数和发病率均显著低于对照区, 发病初期相对防效高达94.87%; 发病暴发期的相对防效高达78.91%, 发病平稳期的相对防效仍高达71.39%。经济性状方面, 相比于对照区, 处理区每667 m²增收了489.52元, 且烟叶均价提高了1.12元/kg。本研究结果可为烟草青枯病绿色防控技术的研发提供参考。

关键词: 烟草青枯病; 根际微生态平衡;
土壤调酸; 抗性诱导; 集成技术

中图分类号: S432

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2023)06-0013-08

收稿日期: 2023-09-14

基金项目: 中国烟草总公司贵州省公司揭榜挂帅项目(2022520000240150)。

作者简介: 周郑雄, 助理农艺师, 主要从事烟草健康栽培研究。

通信作者: 陈静, 农艺师。

Research and Application of Green Technology for Tobacco Bacterial Wilt Prevention and Control Based on Integrated Technology

——Taking Baiyanjing Township of Tongzi County in Zunyi as an Example

ZHOU Zhengxiong¹, GOU Jianyu², DING Wei³, TIAN Weiqiang²,
ZHOU Weihua¹, HUANG Chunyang², ZHU Zeng¹,
LI Shouxue¹, GUO Lei¹, WANG Yao³, CHEN Jing¹

1. Tongzi Branch of Zunyi Company of Guizhou Tobacco Company, Zunyi Guizhou 563200, China;

2. Zunyi Branch of Guizhou Tobacco Company, Zunyi Guizhou 563000, China;

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

Abstract: Tobacco bacterial wilt is the most difficult rhizome disease to prevent and control, and the costliest in production. In order to integrate a sustainable prevention and control technology system, aiming at the practical problems of slow growth at early seedling stage of tobacco, and serious harm of tobacco bacterial wilt in Tongzi County, Zunyi City, and based on the three years of practice in the region, this study integrates the prevention and control technology system of soil acid regulation, rhizosphere micro-ecological regulation, nutrient balance and resistance improvement technology, and evaluates the effect of integrated technology on tobacco bacterial wilt control, agronomic traits and economic traits of tobacco. The results showed that the physical and chemical properties of soil in the treatment area were improved. The treatment had a certain effect on the growth of tobacco. The whole growth period was significantly increased by 7 days. The promoting effect on growth at clumping stage and topping stage were the most significant, among which the plant height, stem circumference, leaf number, maximum leaf length, maximum leaf width and leaf area were significantly increased by 14.33%, 42.88%, 34.28%, 17.60%, 19.30% and 40.27%, respectively, compared with those in the non-treated area. In addition, the treatment could delay the occurrence of tobacco bacterial wilt to a certain extent, and the disease index and incidence rate in the treatment area were significantly lower than in the control area, and the relative control efficiency in the early stage was as high as 94.87%. The control efficiency of the outbreak period was as high as 78.91%, and the control efficiency of the stable period was still 71.39%. In terms of economic traits, compared with the control area, the income of the treatment area increased by 489.52 yuan/667 m², and the average price of tobacco leaves increased by 1.12 yuan/kg. The demonstration results of this study can provide a reference for the research and development of green prevention and control technology for tobacco bacterial wilt.

Key words: tobacco bacterial wilt; rhizosphere micro-ecological balance; soil acid-regulation; resistance induction; integrated technology

烟草作为贵州省遵义市扶贫产业和农业支柱产业,是当地财税增长、烟农持续增收的来源之一^[1]。遵义作为蜜甜香型烟叶的主产区之一,近年来,在气候变化异常、烟叶生产计划调减和病害频发的背景下,其发展面临着较大的挑战和压力,特别是烟草根茎性病害的蔓延和毁灭性危害,严重影响了烟农种植的积极性。烟草青枯病作为根茎性病害的防控重点之一,是由青枯雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)侵染引起的土传性细菌病害,致病菌具有寄主范围广、致病力强和存在生理特性差异等特点^[2]。青枯雷尔氏菌从根部侵染后,烟株的茎、叶均可受害,大田

后期症状为侧根腐烂,叶片半边呈黄色且萎蔫,茎秆有褪绿条斑,早期为淡黄色,后期逐渐变深呈黑线^[3]。烟草青枯病一旦在田间发生,高温、高湿的条件下蔓延迅速,极难防治。

国内外烟草青枯病的防控主要有培育和移栽抗青枯病品种,如龚杰等^[4]在自然发病地(致病菌为CQPS-1)评估了8个烟草品种对烟草青枯病的抗性,发现“岩烟97”和“6036”这2个品种抗性稳定性和抗病性强。Bittner等^[5]发现,在同一温度下,青枯病致病菌在不同抗性品种中定植的部位不同,其中低抗性品种的茎部被细菌定植最多,而高抗性品种主要在根部发生局部感染。研究人员筛选和制备了具有能够激活烟草本身的免疫系统以抵抗病原菌入侵的植物免疫激活剂^[6],如类黄酮化合物橙皮素^[7]、苯并噻二唑^[8]和顺-冷杉醇^[9]均具有较好的诱导抗病作用,发病高峰期防效高达50%以上。此外,还有研究者通过农业防治(如烟菜、烟粮的轮作、增施有机肥、深翻及土壤调酸等方法)改善土壤条件,优化土壤群落组成,进而间接达到控病的目的。例如,姬佳旗^[10]通过施用土壤改良剂牡蛎壳粉,改善土壤pH值,提高细菌的多样性和丰富度,从而达到控制烟草青枯病的目的;方树民等^[11]评估了大豆、茄子、花生、玉米、大蒜、甘薯、双季稻轮作后对青枯病发病的影响,发现茬土发病从轻到重依次为晚稻、玉米、甘薯、花生、大蒜、大豆和茄子,烟稻轮作的控病效果最好。针对烟草青枯病的生物防治,研究者都集中在生防菌剂的应用,如施河丽等^[12]发现荧光假单胞菌SSW-11灌根后能够提高土壤pH值,降低烟草青枯病的发病率和病情指数。噬菌体作为细菌杀手,研究发现一种裂解性噬菌体RPZH6用于对烟草青枯病防控,接种后35d,防治效果显著高于对照药剂氢氧化铜,其防效为53.85%^[13]。烟草青枯病的化学防治目前已报道了四霉素、中生菌素、噻霉酮、甲霜灵·锰锌与链霉素的防控作用,其中王垚等^[14]筛选到了四霉素与中生菌素、噻霉酮复配质量比为4:1和5:1在发病高峰期的相对防效高达50%以上。茹瑞红等^[15]评估发现72%甲霜灵·锰锌可湿性粉剂对烟草青枯病的防治效果也达到了50%以上。

西南大学天然农药研究团队在近年来的实践探索中也发现,不管是新开垦的烟地,还是10年未种植烟草的地块,只要种植烟草就有感病的风险。因此,针对这种难防难治、隐蔽性极强的病害,不能只考虑对病原菌的抑菌作用,还要考虑植物与病原菌、植物与土壤环境、植物与气候因子之间的相互作用。基于此,本研究以微生物菌剂调控为基础,集成了复合微生物菌剂基质拌菌技术、土壤调酸技术、有机肥拌菌技术、营养平衡技术、抗性诱导技术和精准用药技术,用于改善烟株根际环境,提升烟株的系统抗病能力,并评估了该集成技术对烟草的生长发育、烟草青枯病防治效果与经济性状的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地情况

集成技术试验地位于贵州省遵义市桐梓县九坝镇梅湾烟区,海拔1 163.2 m,北纬28°20'8"、东经106°74'0",试验地呈长方形且为发病地。种植烟草品种为“云烟87”,667 m²地种植密度约为1 100株左右,采用托盘育苗的方式进行育苗,田间管理均按当地烟叶生产标准进行。

1.2 试验方法

试验设置处理区和对照区。处理区执行方案如下:每667 m²地用苗量基质中添苗强壮菌剂100 g混匀混合;起垄时每667 m²混合条施100 kg牡蛎钾+150 kg有机肥+1 kg根茎糠;团棵期每667 m²采用8 g水杨酸+45 g叶面调控剂对水叶面喷施;青枯病发病初期每667 m²采用100 g土一杰(三氯乙氰尿酸)稀释1 000倍进行根基部浇灌。对照区按照当地烟农农事操作进行。

1.3 调查内容

1.3.1 土壤理化性质测定

参考《土壤农业化学分析方法》测定土壤 pH 值、有机质、速效氮、速效钾和有效磷^[16]。

1.3.2 烤烟生育期调查

参考《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010)中的方法对处理区和对照区烟草进行生育期调查,生育期分为4个阶段^[17],伸根期为烟苗移栽后到团棵期,旺长期为团棵期到现蕾期,成熟前期为现蕾期到最下部烟叶成熟,成熟后期为最下部烟叶成熟到最上部烟叶采收结束。

1.3.3 农艺性状调查

参考《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010)中的方法,在打顶期后7d,即7月4日测量烟株的农艺性状,并利用公式(1)计算单叶面积。

$$\text{单叶面积}(\text{cm}^2) = 0.6345 \times \text{叶长}(\text{cm}) \times \text{叶宽}(\text{cm}) \quad (1)$$

1.3.4 病害调查

按《烟草病虫害分级及调查方法》(GB/T 23222—2008)中的方法,按照五点取样方法在对照区和处理区每隔5~7d调查1次病害,共调查10次,每个点调查50株以上,并按公式(2)(3)计算烟草青枯病病情指数和相对防效。

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

$$\text{相对防效}(\%) = \frac{\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}} \times 100\% \quad (3)$$

1.3.5 烤烟经济性状调查

试验过程中,参考当地烟叶收购价格,对处理区和对照区的烟叶总产量、总产值和均价进行统计和计算。

1.4 数据处理与统计学分析

运用 Excel 2016 进行数据处理与汇总,SPSS 23.0 数据处理软件以独立样本 t 检验进行组间差异分析,并用 GraphPad Prism 8.0.2 进行图形绘制。

2 结果与分析

2.1 集成技术对烟草土壤理化性质的影响

由试验结果可知,集成技术处理后能够改善土壤理化性质,相比于处理前,处理后的土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效钾和有效磷,分别提高了 9.06%, 5.22%, 1.56%, 1.15% 和 4.24%(表 1)。

表 1 集成技术处理前后土壤理化性质比较

处理时间	pH 值	有机质/(g · kg ⁻¹)	碱解氮/(mg · kg ⁻¹)	有效磷/(mg · kg ⁻¹)	速效钾/(mg · kg ⁻¹)
处理前	5.41 ± 0.41a	37.52 ± 2.36a	179.00 ± 3.24a	121.60 ± 5.94a	340.00 ± 54.77a
处理后	5.90 ± 0.07a	39.48 ± 2.23a	181.80 ± 2.59a	123.00 ± 4.84a	354.40 ± 47.76a

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

2.2 集成技术对烟草生育期的影响

由试验结果可知,处理区集成技术的应用能够缩短烤烟的生育期,其中对烤烟的旺长期和成熟前期的影响较大,且旺长期和成熟前期差异较为明显,伸根期和成熟后期的长势基本一致.与对照区相比,烤烟的全育期增加了 7 d,其中旺长期缩短了 5 d 和成熟前期增加了 9 d(表 2).

表 2 不同处理方法烟草生育期比较 d

处理方法	伸根期	旺长期	成熟前期	成熟后期	全育期
处理区	33	29	26	30	118
对照区	35	34	17	25	111

2.3 集成技术对烟草农艺性状的影响

由试验结果可知,与对照区相比,处理区的集成技术对烤烟的生长具有较好促生作用,其中,团棵期和打顶期的促生效果最为显著.具体而言,处理区团棵期株高、茎围、叶片数和最大叶宽明显高于对照区,差异具有统计学意义,且相较于对照区分别提高了 31.08%, 12.21%, 33.29%和 13.04%.此外,在打顶期(打顶后 7 d),处理区株高、茎围、叶片数、最大叶长、最大叶宽和叶面积均明显高于对照区,差异具有统计学意义,且相较于对照区分别提高了 14.33%, 42.88%, 34.28%, 17.60%, 19.30%和 40.27%(表 3).

表 3 不同处理方法不同时期烟草农艺性状比较

生育期	处理方法	株高/cm	茎围/cm	叶片数/片	最大叶长/cm	最大叶宽/cm	叶面积/cm ²
团棵期	处理区	25.60±0.90a	7.63±0.15a	9.33±0.58a	50.67±2.80a	26.87±0.29b	863.53±43.50a
	对照区	19.53±0.57b	6.80±0.40b	7.00±1.00b	46.57±0.71a	23.77±0.90a	702.28±30.58a
旺长期	处理区	37.30±0.50a	7.60±1.00a	13.00±1.00a	47.13±1.59a	21.50±0.87a	643.36±43.05a
	对照区	27.97±0.60b	7.13±0.65a	11.33±1.53a	44.33±1.12a	20.57±1.55a	578.19±57.30a
打顶期	处理区	138.57±3.27a	10.43±0.61a	24.17±1.16a	75.50±1.36a	33.13±2.00a	1 588.39±124.15a
	对照区	121.20±7.40b	7.30±1.13b	18.00±1.00b	64.20±3.89b	27.77±1.15b	1 132.39±105.19b

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$).

2.4 集成技术对烟草青枯病发生的影响

在处理区发生烟草青枯病(6月26日),每隔 5~7 d 调查 1 次,共调查 10 次.调查结果显示,示范区集成技术能够较好地延缓烟草青枯病的发生.

如图 1 所示,自 6 月 26 日发病,此后烟草青枯病的发病率和病情指数逐渐升高,且在 7 月 17 日出现急剧上升的趋势.7 月 17 日以后,处理区发病率和病情指数均明显低于对照区.发病初期(6 月 26 日),处理区与对照区的发病率分别为 0.67%, 6.33%,病情指数为 0.06 和 1.17,处理区相对防效高达 94.87%;发病暴发期(7 月 17 日),处理区与对照区的发病率分别为 7.00%, 19.00%,病情指数为 0.93 和 4.41,处理区相对防效高达 78.91%.发病平稳期(8 月 1 日),其中处理区与对照区发病率分别为 11.67%和 32.33%,病情指数分别为 3.62 和 12.69,处理区相对防效为71.39%(表 4),说明该项技术具有较好的防病效果(图 2).

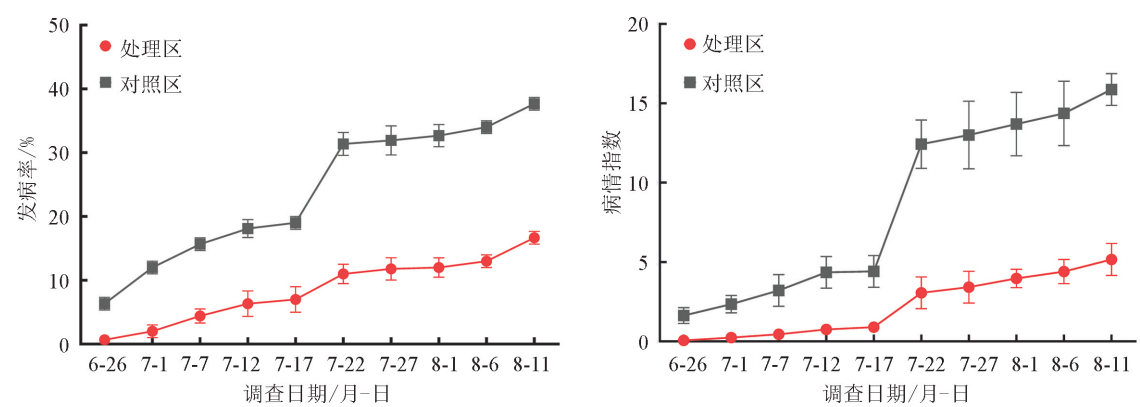


图 1 不同处理方法烟草青枯病发病率和病情指数比较

表 4 集成技术示范区相对防效 %

处理区	6 月 26 日	7 月 7 日	7 月 17 日	7 月 27 日	8 月 1 日	8 月 6 日	8 月 11 日
相对防效	94.87	85.98	78.91	72.20	71.39	68.81	66.54



(a)为处理区，(b)为对照区。

图 2 处理区与对照区田间青枯病发生情况(于 8 月 1 日拍摄)

2.5 集成技术对烤烟经济性状的影响

自 6 月 28 日开始采第一炕烟到 8 月 30 日采收结束，通过对处理区和对照区烤烟的经济性状进行统计分析发现，处理区每 667 m² 的烟叶产量为 123.66 kg，产值为 3 699.73 元，均价为 28.98元/kg；而对照区每 667 m² 的烟叶产量为 107.79 kg，产值为 3 210.21 元，均价为 27.86 元/kg，与对照区相比，处理区每 667 m² 增收了 489.52 元，且烟叶均价提高了 1.12 元/kg(表 5)。

表 5 集成技术对烤烟经济性状的影响			
处理方法	每 667 m ² 产量/kg	每 667 m ² 产值/元	均价/元
处理区	123.66	3 699.73	28.98
对照区	107.79	3 210.21	27.86

3 结论与讨论

烟草青枯病是一种难防难治的土传细菌性病害，其发生和蔓延与土壤环境、气候环境、田间管理和农事操作密切相关，尤其是土壤酸化、营养失衡等是导致青枯病发生的重要因素^[18]。前人研究报道了哈茨木霉能够降解烟草根系分泌肉桂酸，从而影响青枯菌的趋化性、运动性，进而缓解烟草青枯病的发生^[19]。梁依佳等^[20]发现青枯病发病土壤与健康土壤存在一定的差异，其中碱解氮偏高、有机质、土壤偏酸、速效钾和交换性钙偏低，有利于青枯病的发生。张淑婷^[21]报道了土壤铝离子(大于 600 mg/L)，不仅会抑制青枯菌的生长，而且能够影响植物的生长。此外，施用过多氮肥会促进青枯病菌在烟草根际定植，并破坏根部表层，造成根细胞死亡，促进青枯病发生^[22]。因此，针对烟草青枯病防治，必须要充分考虑土壤基础保育、改良，在做好土壤调酸、营养平衡的基础上，配合微生物菌剂与营养抗性诱导技术，达到对烟草青枯病的持续有效控制。

集成技术体系在遵义市桐梓县九坝镇烟区取得了较好的效果，为确保集成技术的有序开展，其田间管理要翻地起高垄、挖深排水沟，即在移栽前 15~20 d 左右采用机器进行起垄，垄高要在 30 cm 以上，排水沟需合理布局，深挖及时排水，避免涝灾。此外，移栽当天必须进行地下害虫及真菌病害的防治。烟苗移栽 15~20 d 后，根据田间烟草长势情况，及时进行和小培土。病害调查时，要减少人为因素导致病害加重，即先调查无病区，再调查发病区。

本研究的集成技术方案以微生物菌剂调控为基础，结合了生物、化学和农业防治手段，对烟草青枯病的防控具有较好的防控效果，其中，集成技术处理区的病情指数和发病率均明显低于对照区，发病初期和暴发期相对防效分别为 94.87%和 78.91%。此外，该集成技术能够改善土壤 pH 值，促进烟株的生长，提高烟株的产质量，未来可将集成技术在遵义烟区乃至整个贵州烟区进行推广应用。

参考文献：

[1] 田刚. 烟草扶贫让醉美遵义越来越美 [N]. 东方烟草报, 2016-03-29(6).

[2] 谭茜, 李杰, 汪代斌, 等. 我国主要烟草青枯病病原青枯菌系统发育分析 [J]. 中国烟草科学, 2022, 43(2): 52-57.

[3] 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.

[4] 龚杰, 刘慧迪, 刘颖, 等. 不同烟草品种在重庆市彭水地区的青枯病抗性比较 [J]. 植物医学, 2022, 1(1): 61-67.

[5] BITTNER R J, ARELLANO C, MILA A L. Effect of Temperature and Resistance of Tobacco Cultivars to the Progression of Bacterial Wilt, Caused by *Ralstonia solanacearum* [J]. Plant and Soil, 2016, 408(1): 299-310.

[6] WANG Y, YANG L, ZHOU X, et al. Molecular Mechanism of Plant Elicitor Daphnetin-Carboxymethyl Chitosan Nanoparticles Against *Ralstonia solanacearum* by Activating Plant System Resistance [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 241: 124580.

[7] 余峰. 橙皮素对烟草青枯病的诱导抗性研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.

- [8] 何洪令, 扈雪琴, 苏祥云, 等. 施用抗性诱导物质对烟株生长发育及抗病性的影响 [J]. 植物医生, 2020, 33(6): 48-52.
- [9] 孙雨晴, 桂祖卿, 孙菲菲, 等. 顺-冷杉醇诱导烟草抗青枯病的效果及作用机制研究 [J]. 中国烟草科学, 2023, 44(2): 66-73.
- [10] 姬佳旗. 牡蛎壳粉调节土壤 pH 及控制烟草青枯病的效果研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2021.
- [11] 方树民, 唐莉娜, 陈顺辉, 等. 作物轮作对土壤中烟草青枯菌数量及发病的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(2): 377-382.
- [12] 施河丽, 谭军, 谭绍安, 等. 荧光假单胞菌缓解植烟土壤酸化效果及对烟草青枯病的防治作用 [J]. 烟草科技, 2023, 56(2): 19-25.
- [13] 林志坚, 陈长江, 周挺, 等. 青枯菌噬菌体 RPZH6 株系对烟草青枯病的生防效果及全基因组测序分析 [J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(10): 133-142.
- [14] 王垚, 黄纯杨, 杨亮, 等. 烟草青枯病复配增效药剂筛选及田间防效 [J]. 农药, 2022, 61(10): 776-780.
- [15] 茹瑞红, 高峰, 陈显杰, 等. 不同药剂对烟草青枯病的防治试验 [J]. 云南农业科技, 2022(S1): 60-62.
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业大学, 2016.
- [17] 王垚, 张宸, 漆夏燕, 等. 高海拔烟区移栽时间和育苗措施对烟草生长发育及经济性状的影响 [J]. 植物医生, 2021, 34(5): 30-36.
- [18] LI S L, LIU Y Q, WANG J, et al. Soil Acidification Aggravates the Occurrence of Bacterial Wilt in South China [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2017, 8: 703.
- [19] 皮静. 肉桂酸影响烟草青枯病发生的机制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2023.
- [20] 梁依佳, 余偲, 王垚, 等. 贵州烟区青枯病发病土壤与健康土壤理化性质差异分析[J]. 植物医学, 2023, 2(1): 75-81.
- [21] 张淑婷. 铝离子影响烟草青枯病发生的机制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [22] 高升升. 高氮投入促进烟草青枯病爆发机理研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.

责任编辑 苏荣艳