

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.05.004

不同药剂处理对烟草青枯病和根结线虫病的防控效果研究

李峰¹, 江连强², 闫峰¹, 孙志平¹,
毛祥富¹, 刘东阳², 江其朋³

1. 中国烟草总公司四川省公司凉山州公司德昌分公司, 四川 德昌 615500;
2. 中国烟草总公司四川省公司凉山州公司, 四川 西昌 615000;
3. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 本研究通过田间小区试验, 筛选评估了微生物菌剂 LSW-4、土壤调理剂牡蛎钾、抗性诱导剂东莨菪内酯和化学药剂青枯绿及络氨铜对田间烟株生长、烟草青枯病、根结线虫病发生的影响。结果表明, LSW-4 菌剂(10 kg/667 m² 和 5 kg/667 m²)和牡蛎钾(30 kg/667 m²) 在烟苗移栽前窝施处理能有效降低田间烟草青枯病发病率和病情指数, 其整体防效为 29.05%, 23.34% 和 23.66%, 最高防效分别为 71.43%, 47.62% 和 59.77%; 同时, 牡蛎钾处理能有效降低田间烟草根结线虫病的发生, 相对防效达 44.32%。本研究旨在探索烟草青枯病和根结线虫病的有效防控手段, 为青枯病和根结线虫病的绿色、系统防控提供参考, 为烟区高质量烟叶发展提供支撑。

关键词: 烟草青枯病; 烟草根结线虫病;
病害防控; 生物防治; 化学防治

中图分类号: S435.72

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2022)05-0034-10

Study on Control Effect of Different Agents on Tobacco Bacterial Wilt and Root-Knot Nematode

LIFeng¹, JIANG Lianqian², YAN Feng¹, SUN Zhiping¹,
MAO Xiangfu¹, LIU Dongyang², JIANG Qipeng³

收稿日期: 2022-08-09

基金项目: 中国烟草总公司四川省公司科技项目(SCYC202114).

作者简介: 李峰, 初级农艺师, 主要从事烟叶生产技术推广.

通信作者: 江其朋, 博士研究生.

1. Dechang County Branch of Sichuan Tobacco Company, Dechang Sichuan 615500, China;
2. Liangshan Prefecture Branch of Sichuan Tobacco Company, Xichang Sichuan 615000, China;
3. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In this study, the effects of microbial agent LSW-4, soil conditioning agent oyster potassium, resistance inducer scopolamine and chemical agents Qing-Ku-Lv and Cupric-Amminium Complexion on the growth of tobacco, the control of tobacco bacterial wilt and root-knot nematode in the field were evaluated through the field experiment. The results showed that, LSW-4 (10 kg/667 m² and 5 kg/667 m²) and oyster potassium (30 kg/667 m²) could effectively reduce the incidence and disease index of tobacco bacterial wilt in the field, the comprehensive control efficiency were 29.05%, 23.34% and 23.66%, and the highest control efficiency was 71.43%, 47.62% and 59.77%, respectively. Meanwhile, oyster potassium treatment could effectively reduce the incidence and disease index of tobacco root-knot nematode disease in the field with a relative control effect of 44.32%. The aim of this study was to explore the effective control methods of tobacco bacterial wilt and root-knot nematode disease to provide reference for the green and systematic control of tobacco wilt and root-knot nematode disease, and support for the development of high-quality tobacco leaves.

Key words: tobacco bacterial wilt; tobacco root-knot nematode; disease control; biological control; chemical control

烟草青枯病(tobacco bacterial wilt)是由青枯雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)侵染引起的一种典型的高温高湿型土传细菌性病害^[1],在我国南方烟区普遍发生,近年来有发生加重且向冷凉烟区蔓延的趋势^[2].烟草青枯病前期侵染烟株根系不易发现,遇高温高湿气候则容易暴发成灾,造成重大经济损失,目前尚无有效的防控药剂,是我国烟叶高质量生产的重要限制因子之一^[3-4].四川省凉山州德昌县属于亚热带高原季风性气候,烟株旺长期至采收期高温多雨,是烟草青枯病发生的典型区域.德昌烟区烟草青枯病主要发生在田烟种植区,山地烟种植区发生相对较少,在移栽后至团棵期、打顶至采收期均能快速蔓延发展,造成烟株死亡,对德昌烟叶产质量造成极大的影响^[5-6].研究表明,影响烟草青枯病发生的因子众多,烟株抗病性^[7]、病原侵染力^[8]、土壤微生物^[9-10]、土壤理化性质^[11]、气候条件^[12-13]以及农事操作^[12]等均能显著影响病害的发生发展.同时,近年来,烟草根结线虫病在德昌烟区也有加重和蔓延趋势,其有效防控技术也比较缺乏.针对德昌烟区烟草青枯病和根结线虫病发生情况和有效防控技术手段缺乏的现状,本研究通过田间小区试验,对微生物菌剂、土壤调理剂、抗性诱导剂和化学药剂等材料对田间烟株生长、烟草青枯病和线虫病发生的影响进行评估,同时对不同类型材料的特性及其对烟草青枯病和根结线虫病的防控效果差异的相关性进行分析,旨在探索烟草青枯病和根结线虫病的有效防控手段,为青枯病和根结线虫病的绿色、系统防控提供参考.

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验药剂如表1所示.试验地烤烟品种为“中川208”,按四川省烟草公司凉山州公司相关技术标准进行漂浮育苗和统一大田管理,移栽时间为4月26日.

表 1 试验所用药剂的性质及来源

试验药剂	性质	药剂来源
LSW-4 菌肥	生物菌肥	西农植保科技开发有限公司
东莨菪内酯乳油	抗性诱导剂/抑菌剂	西农植保科技开发有限公司
青枯绿	抗性诱导剂/抑菌剂	海南正业农药有限公司
25%络氨铜	杀菌剂	西农植保科技开发有限公司

1.2 试验地情况

田间试验点位于四川省凉山州德昌县麻栗镇, 试验地位于北纬 27°31' 24"、东经 102°11' 27", 海拔 1 385 m, 试验地地势平坦, 田块规整, 土壤种类均匀一致, 为青枯病和根结线虫病混发地块, 2020 年烟草青枯病发病率高于 70%, 总面积 0.2 hm².

1.3 试验设计

试验设置 6 个处理, 1 个对照. 每个处理和对照设置 3 个小区, 共 21 个小区, 每小区 80 株烟, 设置保护行, 小区随机分布.

LSW-4(5 kg)处理: 移栽前, 窝施 LSW-4 菌肥, 5 kg /667 m²; LSW-4(10 kg)处理: 移栽前, 窝施 LSW-4 菌肥, 10 kg /667 m²; 牡蛎钾处理: 移栽前, 窝施牡蛎钾, 30 kg /667 m²; 东莨菪内酯处理: 移栽当天, 东莨菪内酯 20 000 倍液灌根; 移栽后 15 d, 20 000 倍液灌根叶面喷雾; 青枯绿处理: 移栽当天, 青枯绿 2 000 倍液灌根, 移栽后 15 d, 2 000 倍液叶面喷雾; 络氨铜处理: 移栽当天 25%络氨铜 600 倍液灌根; 空白对照: 不做任何处理, 常规管理.

1.4 调查方法

1.4.1 烟株农艺性状调查

按《烟草农艺性状调查测量方法》标准(YC/T 142—2010), 在烟草打顶后 7 d 测定烟株的农艺性状, 主要包括烟株的株高、茎围、有效叶片数、最大叶长、最大叶宽, 并利用公式(1)计算单叶面积.

$$\text{单叶面积}(\text{cm}^2) = 0.634 5 \times \text{叶长}(\text{cm}) \times \text{叶宽}(\text{cm}) \quad (1)$$

1.4.2 病害调查

结合当地病害发生特点, 按《烟草病虫害分级及调查方法》国家标准(GB/23222—2008), 对田间烟草青枯病病害进行系统调查. 记录每个小区的发病株数及发病级数, 病害调查可与测定烤烟农艺性状同步进行. 根据病害的发生情况, 从移栽后开始, 每隔 15 d 调查一次, 连续调查 4 次以上. 根据公式(2)和(3)分别计算调查时间点发病率和病情指数, 按公式(4)计算相对防效, 按公式(5)计算基于发病率(DS)和病情指数(DI)的病情进展曲线下面积(AUDPC), 根据公式(6)计算整体防效; 公式(5)中 x_{i+15} 和 x_i 分别代表相邻两次调查时间点(相差 15 d)的病情指数; 公式(7)中 x_{i+15} 和 x_i 分别代表相邻两次调查时间点(相差 15 d)的发病率或病情指数; ($t_{i+15} - t_i$)表示相邻两次调查时间天数差.

$$\text{发病率}(\%) = \frac{\text{发病株数}}{\text{调查总株数}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{发病株数} \times \text{该病级代表值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{相对防效}(\%) = \frac{\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{病情进展曲线下面积(AUDPC)} = [\sum_{i=1}^n (x_{i+15} + x_i)](t_{i+15} - t_i) \quad (5)$$

$$\text{整体防效}(\%) = \frac{\text{对照 AUDPC} - \text{处理 AUDPC}}{\text{对照 AUDPC}} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{发病率/病情指数增长率} = \frac{x_{i+15} - x_i}{t_{i+15} - t_i} \quad (7)$$

按《烟草病虫害分级及调查方法》国家标准(GB/23222—2008)调查,根据烟草青枯病发病级数分级标准进行分级.

0级:全株无病;

1级:茎部偶有褪绿斑,或病侧1/2以下叶片凋萎;

3级:茎部有黑色条斑,但不超过茎高1/2,或病侧1/2至2/3叶片凋萎;

5级:茎部黑色条斑超过茎高1/2,但未到达茎顶部,或病侧2/3以上叶片凋萎;

7级:茎部黑色条斑到达茎顶部,或病株叶片全部凋萎;

9级:病株基本枯死.

烟草收获期根据根结线虫病发病级数标准对发病情况进行分级.

0级:根部正常,无可见根结;

1级:1/4以下根上有少量根结;

3级:1/4至1/3根上有少量根结;

5级:1/3至1/2根上有根结;

7级:1/2以上根上有根结,少量次生根产生根结;

9级:所有根上,包括次生根上亦长满根结.

1.5 数据分析

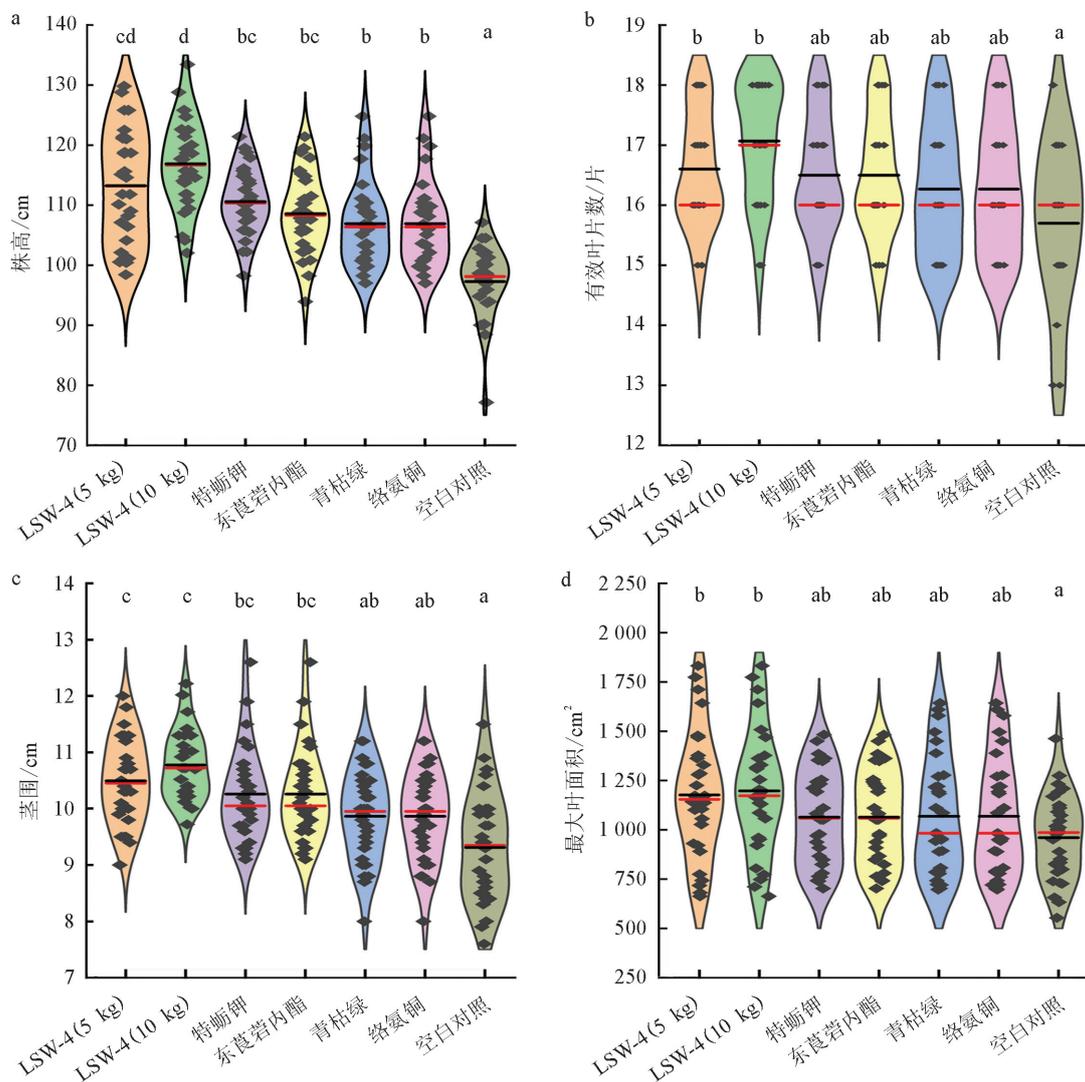
利用 Excel 2016 进行数据整理;使用 SPSS 17.0 软件计算每组数据的平均值和标准误,并检验组间差异的统计学意义;使用 Origin 2019b 进行绘图.

2 结果与分析

2.1 不同处理对烟株打顶期农艺性状的影响

对打顶期(7月10日,移栽后75d)不同处理烟株农艺性状调查结果如图1所示,从试验结果看出,空白对照组的烟株株高(97.28 cm)、有效叶片数(15.7片)、茎围(9.31 cm)和最大叶面积(959.43 cm²)均为所有处理中最低.说明不同处理对烟株的生长均有一定的提升效果,其中,LSW-4菌肥处理能显著提升烟株的株高、有效叶片数、茎围和最大叶面积;而10 kg/667 m²用量处理对烟株的促生效果要更优于5 kg/667 m²用量处理组;相较于空白对照组,LSW-4(10 kg)处理组烟株的株高、有效叶片数、茎围和最大叶面积分别提高了20.15%,8.70%,15.72%和24.73%,差异有统计学意义($p < 0.05$);LSW-4(5 kg)处理组对以上4项农艺性状分别比对照提升了16.41%,5.73%,12.71%和22.64%($p < 0.05$).牡蛎钾处理组烟株的株高、茎围和最大叶面积相对于空白对照也提高了16.41%,12.71%和22.64%($p < 0.05$);东莨菪内酯、

青枯绿和络氨铜处理对株高也有明显的促进作用,相对于空白对照分别提高了11.62%,9.91%和9.91%,差异也具有统计学意义($p < 0.05$).



红色短线表示处理组数据中位数值,黑色短线表示处理组数据均值,小写字母不同表示差异有统计学意义($p < 0.05$).

图1 不同药剂处理打顶期烟株农艺性状

2.2 不同处理对烟草青枯病发生的影响

对移栽后15 d, 30 d, 45 d, 60 d, 75 d, 90 d和105 d不同处理烟草青枯病发生情况调查结果如图2所示,试验地烟草青枯病发生严重,采收期(8月9日,移栽后105 d)不同处理烟草青枯病发病率均达到100%。空白对照组病情指数达98.33; LSW-4(10 kg)、LSW-4(5 kg)、牡蛎钾、东茛菪内酯、青枯绿和络氨铜处理病情指数分别为72.96,75.37,77.31,87.04,90.93和94.26,均较空白对照降低;除络氨铜处理外,与对照差异均具有统计学意义($p < 0.05$).

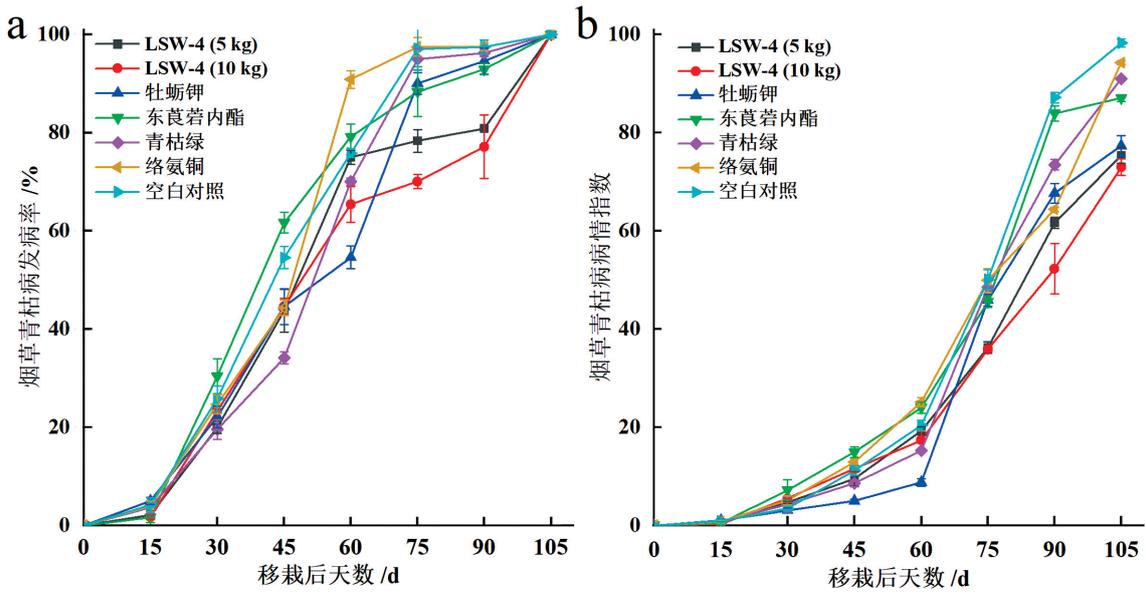


图 2 不同药剂处理对田间烟草青枯病发病率和病情指数的影响

对不同药剂处理田间烟草青枯病发病率和病情指数增长率分析结果如图 3 所示, 结果表明, 15~40 d 田间烟草青枯病处于病害发生初期, 表现为发病率快速增加但病级较低; 60~90 d 病害处于暴发期, 表现为病情指数迅速升高(空白对照). LSW-4(5 kg 和 10 kg)、牡蛎钾、青枯绿和络氨铜处理烟草青枯病增长率最高值较空白对照推迟 15 d 以上.

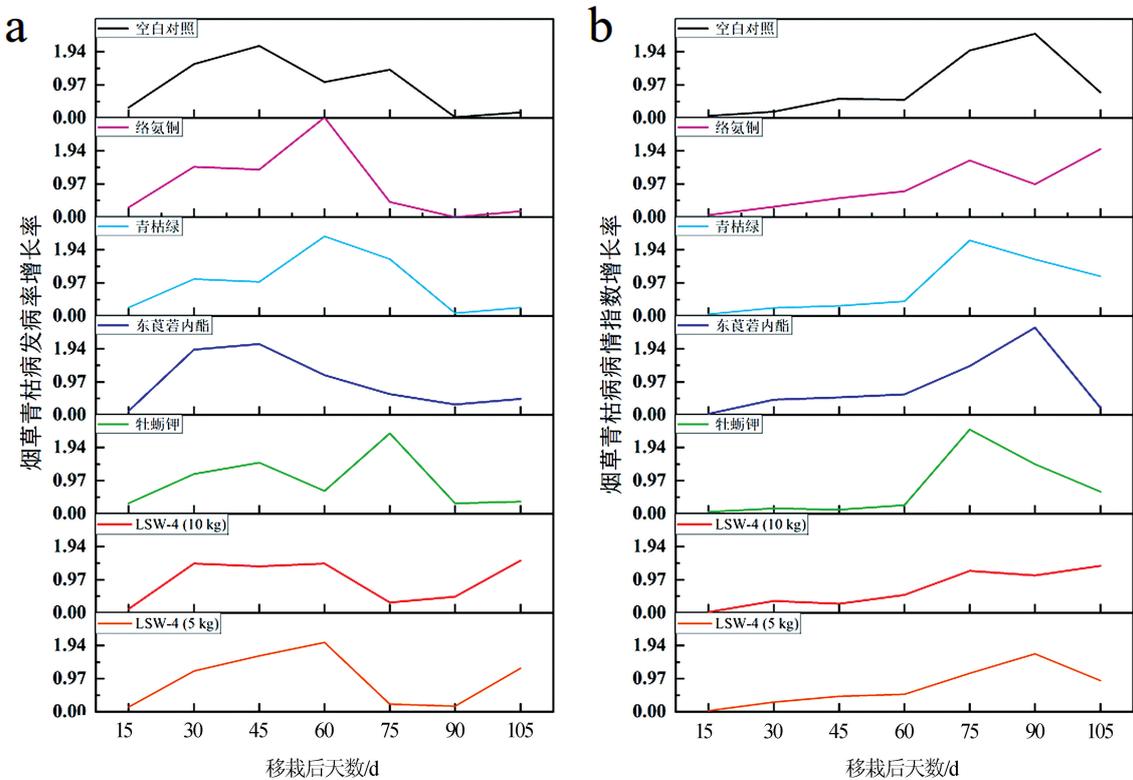
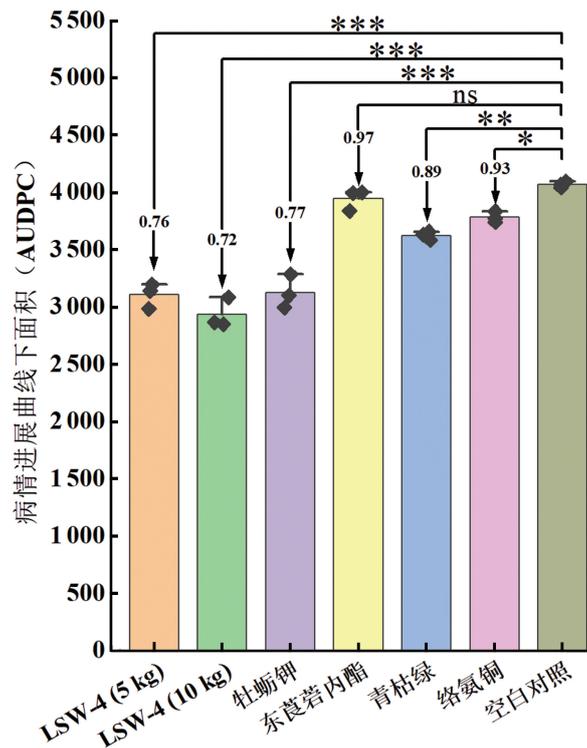


图 3 不同药剂处理对田间烟草青枯病发生速率的影响

对不同处理各时期烟草青枯病的防控效果分析结果表明, LSW-4(10 kg)处理移栽后 15 d 相对防效可达 71.43%; LSW-4(5 kg)处理移栽后 15 d 相对防效可达 47.62%; 牡蛎钾处理移栽后 45 d 相对防效可达 59.77%, 移栽后 60 d 相对防效仍为 57.05%。基于病情指数计算病情进展曲线下面积以评估不同药剂处理对田间烟草青枯病的综合防控效果(图 4), 结果表明, LSW-4(10 kg)、牡蛎钾、LSW-4(5 kg)对田间烟草青枯病的综合防效高于其他药剂处理且差异有统计学意义($p < 0.05$), 其综合防效分别为 29.05%, 23.66%和 23.34%(表 2)。



基于烟草青枯病病情指数的病情进展曲线下面积; 图中 * 和 ns 表示组间差异显著性(独立样本 t 检验, ns 表示 $p > 0.05$, * 表示 $p < 0.05$, ** 表示 $p < 0.01$, *** 表示 $p < 0.001$), 数值表示处理组与空白对照组的比值。

图 4 不同药剂处理对田间烟草青枯病发生的影响

表 2 不同药剂处理对田间烟草青枯病的防效

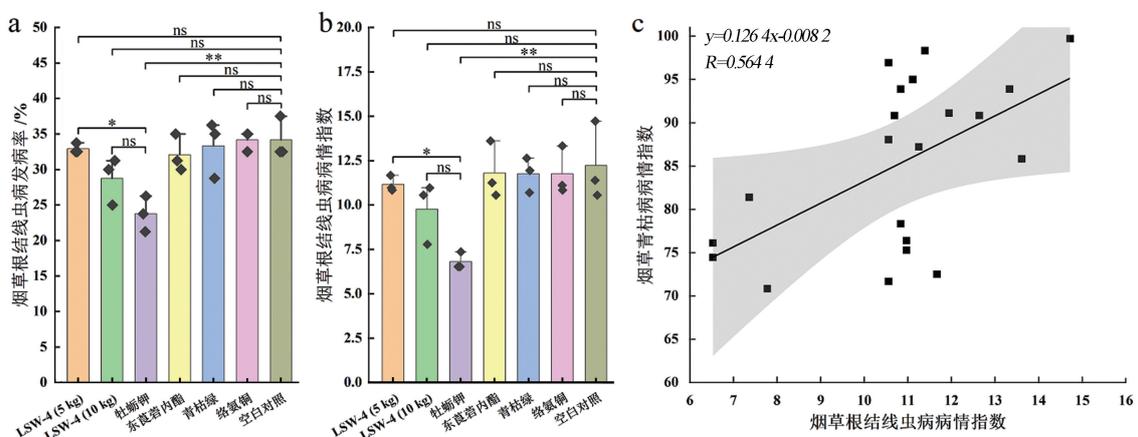
处理	移栽后天数/d							综合防效/%
	15	30	45	60	75	90	105	
LSW-4(5 kg)	47.62a	0a	6.39abc	5.45bc	27.66b	29.22cd	23.35a	23.34c
LSW-4(10 kg)	71.43a	0a	22.93bc	14.77c	28.40b	40.01d	25.80a	29.05c
牡蛎钾	19.05a	18.29a	59.77d	57.05d	8.42a	22.37bc	21.37a	23.66c
东莨菪内酯	52.38a	0a	0a	0ab	8.97a	3.67a	11.48b	3.06a
青枯绿	19.05a	0a	28.57cd	25.00c	3.05a	15.67ab	7.53ab	11.30b
络氨铜	14.29a	0a	0 ab	0a	0.28a	26.14bc	4.14a	7.09ab

注: 同列数据后小写字母不同表示差异有统计学意义($p < 0.05$)。

2.3 不同处理对烟草根结线虫病发生的影响

对采收期(8月9日, 移栽后 105 d)不同处理烟草根结线虫病发生情况调查结果如图 5 所

示. 结果显示, 试验地烟草根结线虫病发生严重程度属中度水平, 空白对照发病率为 34.17%, 病情指数为 12.22. 牡蛎钾处理组烟草根结线虫病发病率和病情指数分别比空白对照降低了 30.49% 和 44.32% ($p < 0.05$); LSW-4(10 kg) 处理组烟草根结线虫病发病率和病情指数较空白对照低 15.85% 和 20.08%, 但差异无统计学意义 ($p > 0.05$); 而 LSW-4(5 kg)、东茛菪内酯、青枯绿和络氨铜处理组烟草根结线虫病发病率和病情指数略低于空白对照(3.78%~6.10%), 但差异不具有统计学意义 ($p > 0.05$). 对采收期(8月9日, 移栽后 105 d)烟草青枯病病情指数和烟草根结线虫病病情指数进行线性拟合分析(图 5c), 结果表明, 烟草根结线虫病与烟草青枯病呈正相关关系, 随田间烟草根结线虫病的加重, 田间烟草青枯病发生也加重, 但二者相关性未达到显著性水平($R = 0.5644$, $p > 0.05$).



* 和 ns 表示组间差异显著性(独立样本 t 检验, ns 表示 $p > 0.05$, * 表示 $p < 0.05$,

** 表示 $p < 0.01$), 数值表示处理组与空白对照组的比值.

图 5 不同处理采收期田间烟草根结线虫病发病率和病情指数

3 结论与讨论

烟草青枯病是一种由青枯雷尔氏菌侵染引起的典型土传细菌性病害, 其早期侵染烟株根系, 病原青枯雷尔氏菌进入烟株维管束并定殖, 维管束中的青枯雷尔氏菌大量繁殖并产生胞外多糖堵塞维管束, 造成烟株根部向地上部水分运输受阻^[14-15]; 病害发生后田间高温高湿条件加速病害的发生发展, 引发田间病害暴发成灾造成烟株萎蔫死亡^[16]. 因此, 田间烟株抗病性、病原侵染能力和土壤及田间气候条件都对青枯病的发生具有明显的影响^[17]. 本研究结果表明, 不同药剂处理对田间烟株的生长均有一定的促进作用, 且促生作用与病害防控效果相符, 表明青枯病的发生对烟株生长具有一定的负面影响, 可能与病害发生影响烟株根系养分吸收、叶面光合作用以及烟株体内养分和水分的运输传导利用有关^[18]. 同时, 本研究发现 LSW-4 菌剂和牡蛎钾土壤调理剂处理对烟株生长的促进作用最佳, 这可能与两者具有较好的田间控病效果有关. 室内研究表明, LSW-4 菌剂主要是高浓度的荧光假单胞杆菌, 可以有效调控烟株根际微生态, 抑制病原青枯菌的生长和繁殖, 对烟株生长也有一定促进作用. 牡蛎钾是草木灰和牡蛎粉的复配产品, 具有调酸控病效果, 能显著提升土壤 pH 值、优化土壤微生物群落结构, 同时能补充土壤中微量元素, 平衡土壤营养, 对烟株的健康生长也有一定促进效果. 因此, LSW-4 菌

剂和牡蛎钾处理一方面可以调控土壤微生态、有利于烟株生长发育；另一方面，二者有效防控烟草青枯病的发生，降低因病害对烟株生长造成的不利影响，进而间接保障了烟株的健康生长。

本研究结果表明，试验地烟草青枯病发生严重，不同药剂处理对病害防控效果有限，但不同类型药剂处理对田间烟草青枯病发生的影响有所不同。移栽后 0~15 d，田间烟草青枯病处于侵染初期，病害发生程度较轻，LSW-4 菌肥和东茛菪内酯处理对田间烟草青枯病的防控效果较佳，随病害的发生发展，LSW-4 菌肥和东茛菪内酯处理对病害的防控效果逐渐降低；移栽后 45~60 d，田间烟草青枯病处于快速发生时期，发病率快速升高，牡蛎钾处理对田间烟草青枯病的防控效果达到最高值，但随着病情的逐渐加重和牡蛎钾调酸控病效果的减弱，牡蛎钾处理对青枯病的防控效果也逐渐降低。LSW-4 菌肥属于生物防治，东茛菪内酯处理属于抗性诱导，二者对病害的防治实效性较强，主要用于早期病害的防控，而对于烟株被侵染显症后的病害抑制和治疗作用较差，因此也是本研究中 LSW-4 菌肥和东茛菪内酯处理只在烟株移栽后 0~15 d 表现出对烟草青枯病较高防控效果的原因。同时，相对于二者，牡蛎钾主要是通过改良烟株根际的土壤环境起到控病效果，其控病持续期相对更长且延后，已有研究表明，牡蛎钾等土壤调理剂的调酸效果一般在 60~90 d，这也侧面解释了牡蛎钾在移栽后 45~60 d 表现出最好控病效果的原因^[19-20]。

本研究结果显示，试验地田间烟草青枯病发生严重程度与根结线虫病的严重程度基本相吻合，二者病情指数呈正相关关系，表明田间烟草青枯病和根结线虫病的发生有一定的相关性，这可能与根结线虫病侵染为害烟株根系，造成根系伤口，有利于病原青枯菌的侵染和病害发生有关。LSW-4 菌肥和牡蛎钾处理具有调理土壤微生态的作用，能通过优化土壤微生物群落结构对土壤中的线虫起到一定的抑制作用，这也可能是 3 个处理烟草根结线虫病和青枯病发生均较轻的原因。同时，牡蛎钾对田间烟草根结线虫病的防控效果最佳，也与前人的研究相吻合，可能与牡蛎钾添加了牡蛎粉具有调酸控病的作用有关。因此，在今后的青枯病的防控过程中，也应注意对其他根茎病害或者地下害虫的防控，同时注意多种药剂和措施的协同处理，以提高病害防控效果。

参考文献：

- [1] 周训军, 王静, 杨玉文, 等. 烟草青枯病研究进展[J]. 微生物学通报, 2012, 39(10): 1479-1486.
- [2] JIANG G F, WEI Z, XU J, et al. Bacterial Wilt in China: History, Current Status, and Future Perspectives [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2017, 8: 1549.
- [3] 丁伟, 刘颖, 张淑婷. 中国烟草青枯病志[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 1-8.
- [4] 丁伟. 烟草青枯病与黑胫病绿色防控关键技术[J]. 植物医生, 2020, 33(1): 21-26.
- [5] 拓阳阳, 江其朋, 江连强, 等. 不同微生物菌剂对烟草青枯病的协同防控效果研究[J]. 植物医生, 2021, 34(2): 13-17.
- [6] 邓全, 江连强, 拓阳阳, 等. 微生物菌剂与不同有机肥对烟草青枯病的协同防控效果研究[J]. 植物医生, 2021, 34(3): 13-18.
- [7] 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.
- [8] 肖田. 青枯无致病力菌株对烟草青枯病的室内控病研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [9] LIU X J, ZHANG S T, JIANG Q P, et al. Using Community Analysis to Explore Bacterial Indicators for Dis-

- ease Suppression of Tobacco Bacterial Wilt[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 36773.
- [10] 江其朋. 烟草根际不同土层细菌种群多样性及其与青枯病发生的关系研究[D]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [11] 樊俊, 谭军, 王瑞, 等. 烟草青枯病发病土壤理化性状及细菌群落结构分析[J]. 中国烟草科学, 2021, 42(6): 15-21.
- [12] 江其朋, 张淑婷, 李石力, 等. 揭膜培土技术防控烟草青枯病[J]. 植物医生, 2018, 31(4): 40-41.
- [13] 刘宪臣. 温湿度对烟草青枯病发生的影响及调控技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [14] 王德臣. 青枯劳尔氏菌 EP-1 胞外多糖合成缺陷突变体筛选及生物学特征研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [15] 葛新成. 铜绿假单胞菌 VI 型蛋白分泌系统对番茄青枯病原菌拮抗机制的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2019.
- [16] 叶祖亮. 烟草青枯病的症状、病原、流行规律及防治对策[J]. 农家科技(中旬刊), 2020(6): 103.
- [17] 丁伟, 刘晓姣. 植物医学的新概念——生物屏障[J]. 植物医生, 2019, 32(1): 1-6.
- [18] 王益奎. 不同砧木嫁接对番茄增产及抗青枯病的作用机理研究[D]. 南宁: 广西大学, 2006.
- [19] 龚杰, 陈瑜欣, 付小秋, 等. 土壤酸化改良剂对烟株农艺性状、土壤 pH 值及青枯病发生的影响[J]. 植物医生, 2021, 34(1): 35-40.
- [20] 沈桂花, 刘晓姣, 张淑婷, 等. 牡蛎壳粉对烟草根际土壤微生物代谢多样性及青枯病发生的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(12): 22-28.

责任编辑 王新娟