

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.05.005

不同土壤调理方法对烟草根茎病害和 番茄斑萎病的防控效果研究

张远志¹, 江连强², 彭文勇¹,
王金峰³, 锡道江³, 江其朋³, 李钠钾⁴

1. 中国烟草总公司 四川省公司 凉山州公司 会东分公司, 四川 会东 615200;
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;
4. 重庆烟草科学研究所, 重庆 400711

摘要: 四川省凉山州会东县是我国优质烤烟的主要产区, 但近年来烟草根茎病害和番茄斑萎病的发生对烟叶的高质量生产造成了诸多不利影响, 因此探索会东县烟区主要烟草根茎病害和番茄斑萎病的绿色防控技术对实现烟株健康栽培和烟叶保障高质量具有重要意义. 本研究通过田间小区试验探究了土壤高温消毒、林下营养土改良土壤、生物防治和化学防治对会东县烟草黑胫病、根黑腐病、青枯病和番茄斑萎病的防控效果以及对烟株生长的影响. 研究表明, 土壤高温消毒、林下营养土+生物菌剂改良土壤和甲霜锰锌灌根处理对田间烟草根茎病害和番茄斑萎病均有一定防控效果, 最高防效可达 44.26%, 61.93% 和 53.87%, 结合土壤消毒和林下营养土+生物菌剂改良土壤能有效提高病害防控效果, 对烟草根茎病害和番茄斑萎病的最高防效可达 74.67% 和 68.33%. 本研究探索了适宜会东烟区烟草根茎病和番茄斑萎病的防治方法, 为该地区烟株健康栽培、病害绿色防控和烟叶高质量生产提供了参考.

关键词: 烟草根茎病害; 烟草番茄斑萎病;
病害防控; 土壤改良; 生物防治

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)05-0044-10

Study on Control Effect of Different Soil Conditioners on Tobacco Root and Stem Diseases and Tomato Spotted Wilt Virus

ZHANG Yuanzhi¹, JIANG Lianqian², PENG Wenyong¹,

收稿日期: 2022-09-18

基金项目: 烟草主栽品种抗病性的特征微生物组解析及微生态调控技术研究(SCYC202114); 基于“荷花”品牌需求的重庆烟叶原料定向生产技术体系研究(NY20190401070009).

作者简介: 张远志, 主要从事烟叶生产技术推广.

通信作者: 江其朋, 博士.

WANG Jinfeng³, XI Daojiang³, JIANG Qipeng³, LI Najia⁴

1. Huidong County Branch of Sichuan Tobacco Company, Huidong Sichuan 615200, China;

2. Liangshan Prefecture Branch of Sichuan Tobacco Company, Xichang Sichuan 615000, China;

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

4. Chongqing Insitute of Tobacco Science, Chongqing 400711, China

Abstract: Huidong County of Liangshan Prefecture in Sichuan Province is the main production of high quality flue-cured tobacco in China, but in recent years, the occurrence of tobacco root and stem diseases and spotted wilt virus caused many adverse effects on the production of good quality tobacco leaf. Therefore, it is necessary to explore the key disease control technologies to realize the health cultivation of tobacco plant and ensure high quality flue-cured tobacco. In this study, a field plot experiment was conducted to explore the effects of soil high temperature disinfection, soil improvement with understory nutritive soil, biological control and chemical control on tobacco black shank disease, root black rot, bacterial wilt and tomato spot wilt virus, as well as their effects on tobacco plant growth in Huidong County. The results showed that soil high temperature disinfection, understory nutrient soil with biological agent and fubol wettable powder treatment had certain control effects on tobacco root and stem disease and tomato spot wilt virus in the field, with the highest control effects of 44.26%, 61.93% and 53.87%, respectively. Soil disinfection combined with understory nutrient soil and bio-bacterial agent can effectively improve the effect of disease control, and the highest control effect on tobacco root disease and tomato spot wilt disease can reach 74.67% and 68.33%, respectively. This study explored the appropriate control methods for tobacco root and stem disease and tomato spot wilt virus in Huidong area, which provided reference for healthy cultivation, green disease control and high-quality production of tobacco.

Key words: tobacco root and stem disease; tomato spotted wilt virus; disease control; soil amelioration; biological control

烟株优良基因的表达离不开适宜的生长环境和科学合理的田间管理,降雨气温、土壤条件^[1-3]、施肥除草^[4]等环境和人为因子均能显著影响烟株的健康生长、田间抗病性^[5]和烟叶的产质量.四川省凉山州会东县是我国优质烟叶的重要产区,其烟叶生产是当地地方财政收入支柱产业,在脱贫攻坚和乡村振兴中具有重要的地位.随着会东县烟区烟田长期连作以及大量化学品的投入,烟田土壤环境恶化加剧,烟株健康栽培面临的压力不断加大,烟株优良基因得不达良好表达,以烟草黑胫病(Tobacco Black Shank)^[6]、根黑腐病(Tobacco Black Root Rot)和青枯病(Tobacco Bacterial Wilt)^[7]为代表的根茎病害和番茄斑萎病(Tomato Spotted Wilt Virus)^[8-11]在会东县烟区有加重和蔓延趋势,直接导致会东县烟叶产质量受到不利影响,烟叶特色彰显不足,烟农收入受到较大的限制.近年来,土壤改良^[12]和微生态调控^[13]逐渐受到关注,成为烟株健康栽培和病虫害绿色防控的重要手段^[14].针对会东烟区烟草根茎病害和番茄斑萎病发生加重而有效防控技术手段缺乏的现状,本研究通过田间小区试验,筛选评估了微生物菌剂、土壤调理剂和化学药剂等材料对田间烟株生长、烟草根茎病害和番茄斑萎病发生的影响,分析了不同处理对烟草根茎病害和番茄斑萎病的防控效果差异性,旨在探索烟草根茎病害和番茄斑萎病的有效防控手段,为烟草病害的绿色、系统防控提供参考,为会东县烟区高质量烟叶发展提供支撑.

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验药剂来源如表1所示,试验地烤烟品种为“红花大金元”,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 5 月 13 日。

表 1 供试试验材料

试验药剂	性质	药剂来源
根茎康菌剂	生物菌肥	西农植保科技开发有限公司
营养土	林下改良营养土	四川省烟草公司凉山州公司会东分公司姜州烟站
72%甲霜锰锌	杀菌剂	西农植保科技开发有限公司
高温沸水	土壤消毒	四川省烟草公司凉山州公司会东分公司姜州烟站

1.2 试验地情况

田间试验地位于凉山州会东县姜州烟站,共选择 2 块烟草根黑腐病发生代表烟田。试验地 1 位于姜州镇中和村,面积为 700 m²,纬度 N: 26°33'18",经度 E: 102°26'11",海拔: 1 745 m。试验地 2 位于姜州镇小坝村,面积为 700 m²,纬度 N: 26°33'49",经度 E: 102°24'58",海拔: 1 761 m。试验地地势平坦,田块规整,试验地地势较为平坦,土壤种类均匀一致。

1.3 试验设计

试验设置 5 个处理,每个处理设置 3 个小区,共 15 个小区,每小区 80 株烟,设置保护行,小区随机分布,各处理如下。

处理 1: 移栽前,进行土壤高温消毒,高温沸水用量每株 1 L;

处理 2: 移栽前,进行土壤高温消毒,降温至常温后窝施营养土(1 kg/株)+根茎康菌剂(2 g/株);

处理 3: 移栽前,窝施营养土(1 kg/株)+根茎康菌剂(2 g/株);

处理 4: 移栽后进行甲霜锰锌灌根处理(1 000 倍液,药剂用量 80 mg/株);

处理 5: 空白对照。

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》(YC/T 142—2010),在烟草打顶后(8 月 4 日)测定烟株的农艺性状,主要包括烟株的株高、茎围。

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》(GB/T 23222—2008)对田间烟草根茎病害包括烟草黑胫病、根黑腐病和烟草青枯病以及烟草番茄斑萎病毒病进行系统调查,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,分别于旺长期(7 月 4 日)和打顶后(8 月 4 日)对田间病害发生情况进行调查。根据公式(1)和(2)分别计算调查时间点发病率和病情指数,按公式(3)计算相对防效。

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

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

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

1.5 数据处理与统计学分析

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,并检验组间差异显著性;使用 Origin 2019b 进行绘图。

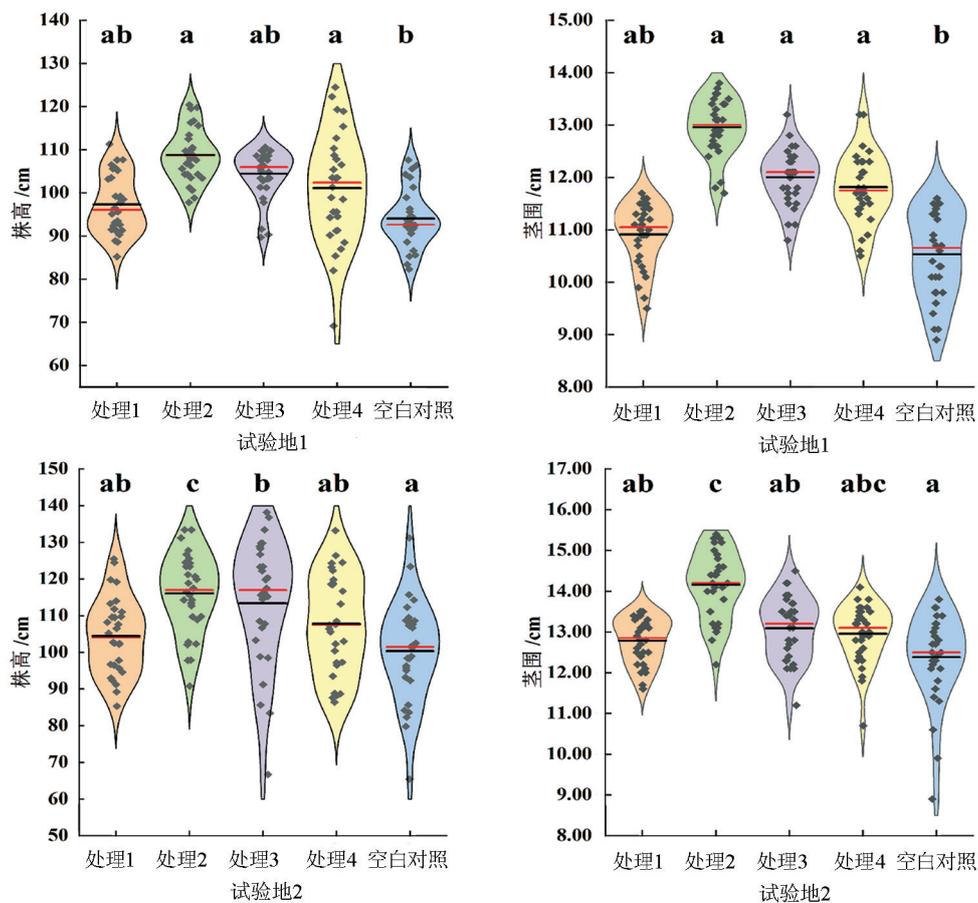
2 结果与分析

2.1 不同处理对烟株打顶期农艺性状的影响

对打顶期不同处理烟株株高和茎围进行调查和分析,结果表明,试验地2烟株长势略优于试验地1,表现为试验地2烟株的株高和茎围均高于试验地1.不同药剂处理对烟株的长势均有一定的促进作用,表现为处理组烟株的株高和茎围均高于空白对照组,其中,促生作用由高到低依次为处理2、处理3、处理4和处理1.

试验地2和试验地1空白对照组株高均值分别为100.33 cm和94.05 cm,处理2株高相较于空白对照组提升了15.64%和15.62%,处理3株高相较于空白对照组提升了13.02%和11.01%,处理4株高相较于空白对照组提升了7.40%和7.52%,处理1株高只略高于空白对照组.试验地1和试验地2经过不同处理方法处理后的株高与同地块空白对照组比较,差异均具有统计学意义.

试验地2和试验地1空白对照组茎围均值分别为12.38 cm和10.53 cm,处理2茎围相较于空白对照组提升了14.35%和23.04%,处理3茎围相较于空白对照组提升了5.74%和13.96%,处理4茎围相较于空白对照组提升了4.66%和12.15%,处理1茎围只略高于空白对照组.试验地1和试验地2经过不同处理方法处理后的茎围与同地块空白对照组比较,差异均具有统计学意义(图1).



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;

小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

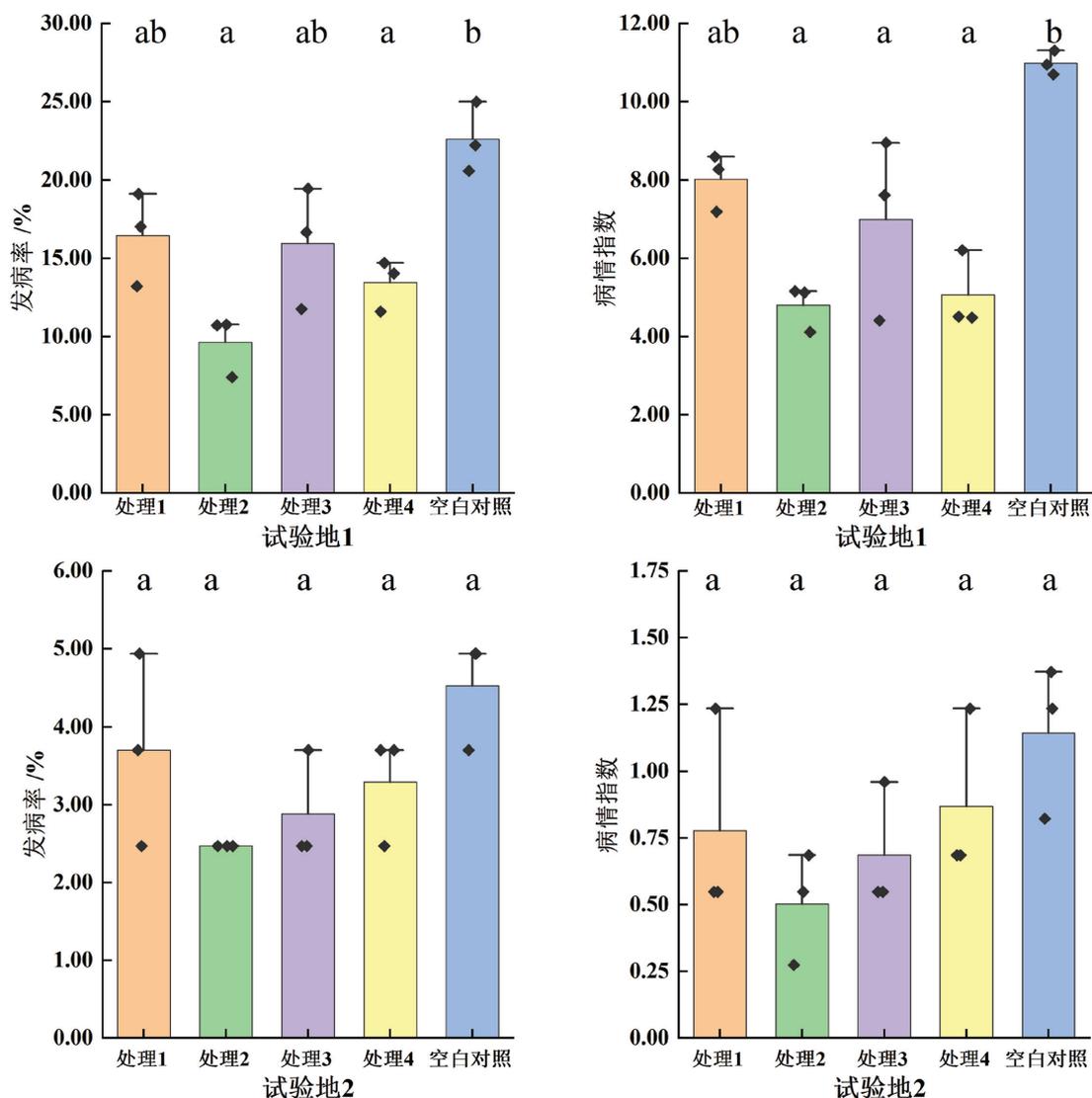
图1 不同处理打顶期烟株株高和茎围

2.2 不同处理对烟草根茎病害的影响

对不同处理旺长期田间烟草根茎病害发生情况进行调查,结果表明,试验地 1 烟草根茎病害发病率和病情指数均高于试验地 2,试验地 1 主要根茎病害为烟草黑胫病和根黑腐病,试验地 2 主要根茎病害为烟草根黑腐病、黑胫病和青枯病。

试验地 1 和试验地 2 空白对照组旺长期田间烟草根茎病害发病率分别为 22.60% 和 4.53%,其病情指数分别为 10.99 和 1.14。不同处理对田间根茎病害发生均有一定的防控效果,表现为旺长期处理组烟草根茎病害发病率和病情指数均低于空白对照组(图 2)。

其中,试验地 1 不同处理对烟草根茎病害防控效果由高到低依次为处理 2、处理 4、处理 3 和处理 1,处理 2 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 57.39% 和 56.30%,处理 4 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 40.42% 和 53.87%,处理 3 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 26.40% 和 36.35%,处理 1 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 27.23% 和 27.00%;试验地 2 不同处理对烟草根茎病害防控效果由高到低依次为处理 2、处理 3、处理 1 和处理 4,其病情指数较空白对照组分别降低了 56.00%, 40.00%, 32.00% 和 24.00%(表 2)。



小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

图 2 不同处理旺长期田间烟草根茎病害发病率和病情指数

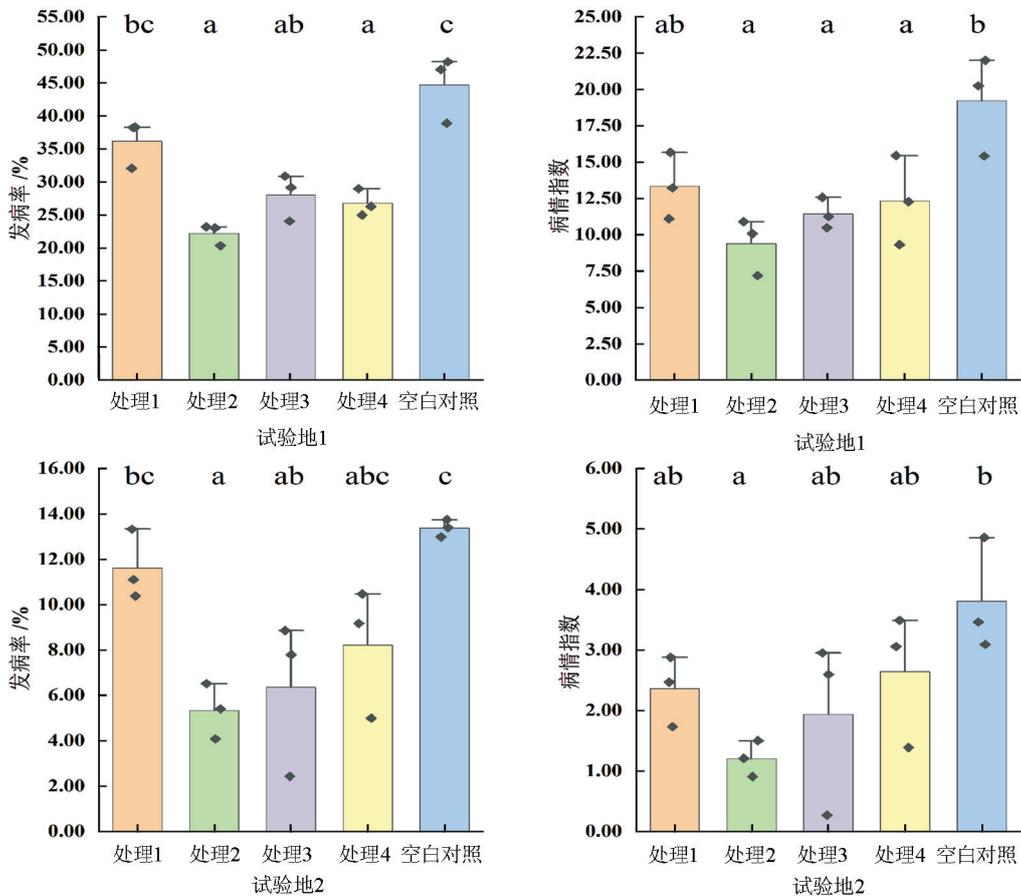
表 2 不同处理对田间烟草根茎病害的防效

%

处理方法	旺长期		打顶期	
	试验地 1	试验地 2	试验地 1	试验地 2
处理 1	27.00	32.00	30.63	37.98
处理 2	56.30	56.00	51.14	68.33
处理 3	36.35	40.00	40.50	49.01
处理 4	53.87	24.00	35.80	30.46
空白对照	—	—	—	—

对不同处理打顶期田间烟草根茎病害发生情况进行调查,结果表明,试验地 1 和试验地 2 空白对照组打顶期田间烟草根茎病害发病率分别达 44.72% 和 13.38%, 其病情指数分别达 19.24 和 3.81. 不同处理打顶期处理组烟草根茎病害发病率和病情指数均低于空白对照组, 差异具有统计学意义(图 3).

其中, 试验地 1 不同处理对烟草根茎病害防控效果由高到低依次为处理 2、处理 3、处理 4 和处理 1, 处理 2 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 50.31% 和 51.14%, 处理 3 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 37.29% 和 40.50%, 处理 4 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 40.15% 和 35.80%, 处理 1 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 19.05% 和 30.63%. 试验地 2 不同处理对烟草根茎病害防控效果由高到低依次为处理 2、处理 3、处理 1 和处理 4, 其病情指数较空白对照组分别降低了 68.32%, 49.01%, 37.98% 和 30.46%(表 2).



小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

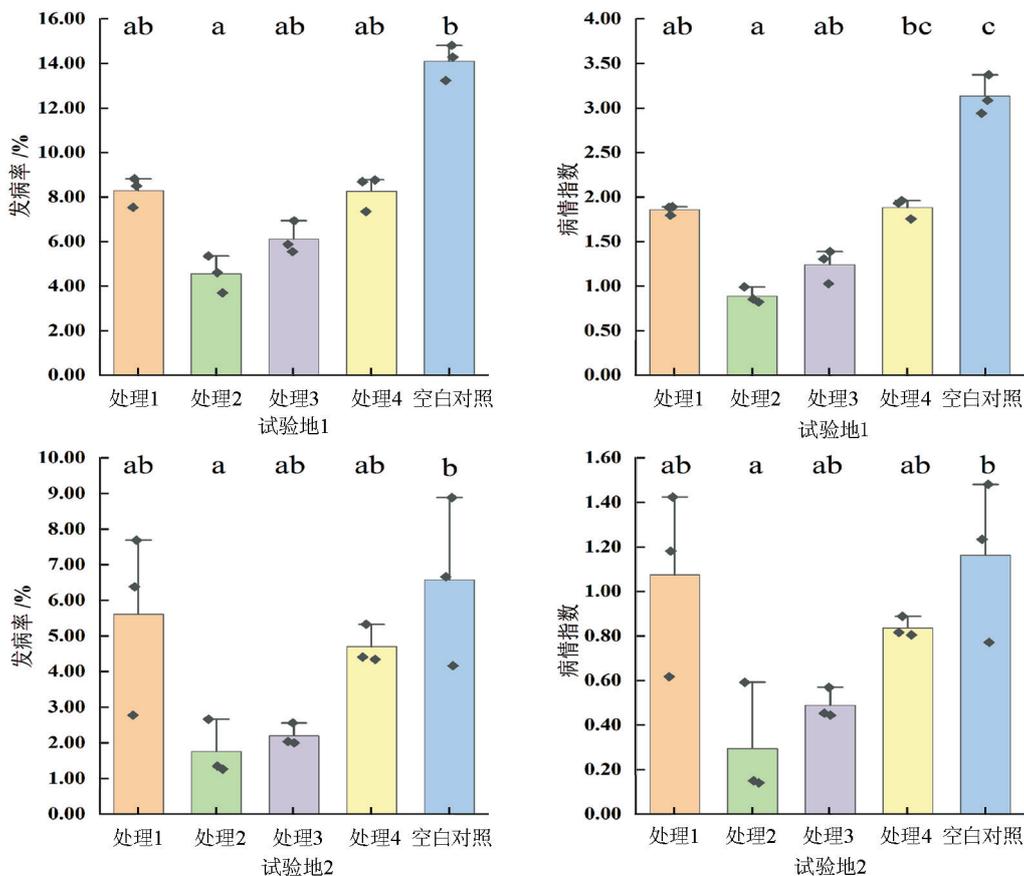
图 3 不同处理打顶期田间烟草根茎病害发病率和病情指数

整体来看,对于烟草根茎病害发生较轻的试验地 2,不同处理对烟草根茎病害的防效略高于发病较重的试验 1,且随生育期的发展和田间根茎病害的加重,试验地 2 不同处理对病害的防效有所提高,而试验地 1 不同处理对病害的防效则有升有降.总的来说,处理 2 对田间烟草根茎病害的防控效果最佳,在 50%以上,其次为处理 3 和处理 4.

2.3 不同处理对烟草番茄斑萎病发生的影响

对不同处理旺长期田间烟草番茄斑萎病发生情况进行调查,结果表明,试验地 1 烟草番茄斑萎病发病率和病情指数均高于试验地 2. 试验地 1 和试验地 2 空白对照组旺长期田间烟草番茄斑萎病发病率分别为 14.11%和 6.57%,其病情指数分别为 3.13 和 1.16. 不同处理对田间番茄斑萎病发生均有一定的防控效果,表现为旺长期处理组烟草番茄斑萎病发病率和病情指数均低于空白对照组,差异具有统计学意义(图 4).

其中,试验地 1 不同处理对烟草番茄斑萎病防控效果由高到低依次为处理 2、处理 3、处理 1 和处理 4,处理 2 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 67.70%和 71.60%,处理 3 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 56.58%和 60.38%,处理 1 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 41.23%和 40.69%,处理 4 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 41.37%和 39.92%. 试验地 2 不同处理对烟草番茄斑萎病防控效果由高到低依次为处理 2、处理 3、处理 4 和处理 1,其病情指数较空白对照组分别降低了 74.67%, 57.92%, 28.00%和 7.56%(表 3).



小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

图 4 不同处理旺长期田间烟草番茄斑萎病发病率和病情指数

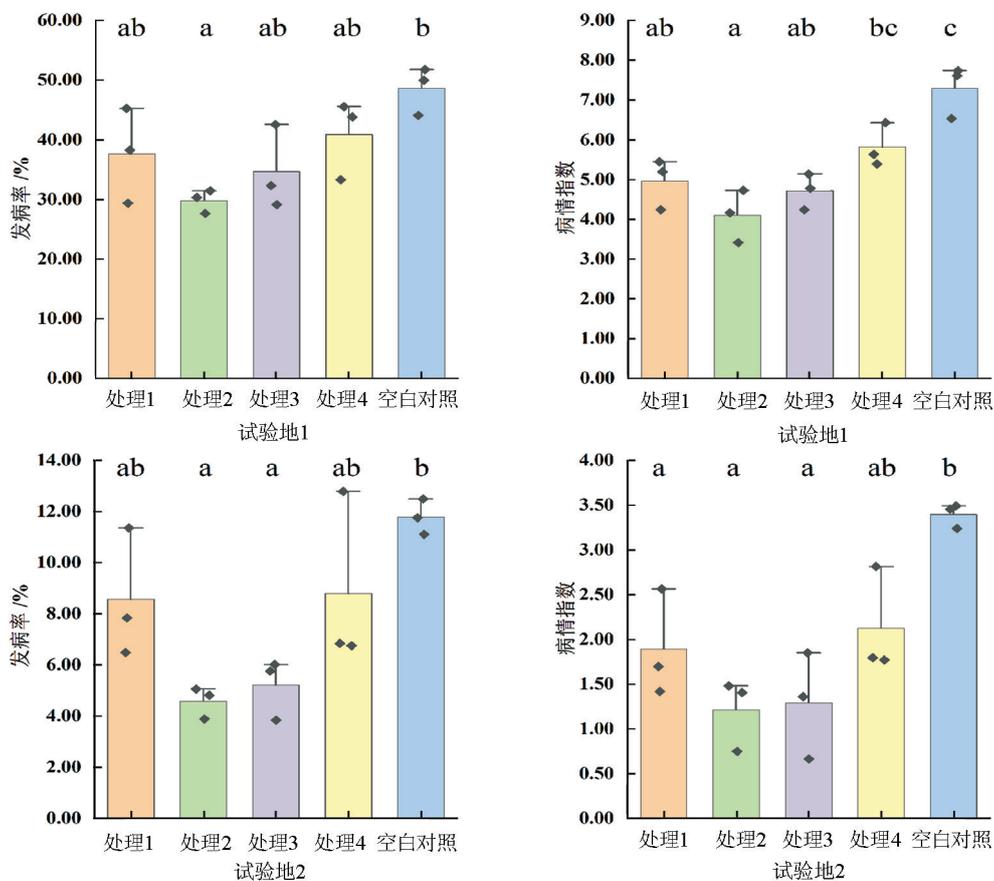
表 3 不同药剂处理对田间烟草番茄斑萎病的防效

%

处理方法	旺长期		打顶期	
	试验地 1	试验地 2	试验地 1	试验地 2
处理 1	40.69	7.56	31.92	44.26
处理 2	71.60	74.67	43.72	64.29
处理 3	60.38	57.92	35.23	61.93
处理 4	39.92	28.00	20.22	37.35
空白对照	—	—	—	—

对不同处理打顶期田间烟草番茄斑萎病发生情况进行调查,结果表明,试验地 1 和试验地 2 空白对照组打顶期田间烟草番茄斑萎病发病率分别达 48.63%和 11.79%,其病情指数分别达 7.30 和 3.40. 不同处理对田间番茄斑萎病发生均有一定的防控效果,表现为处理组烟草番茄斑萎病发病率和病情指数均低于空白对照组,差异具有统计学意义(图 5).

其中,试验地 1 不同处理对烟草番茄斑萎病防控效果由高到低依次为处理 2、处理 3、处理 1 和处理 4,处理 2 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 38.64%和 43.72%,处理 3 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 28.64%和 35.23%,处理 1 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 41.23%和 31.92%,处理 4 组发病率和病情指数相较于空白对照组降低了 15.85%和 20.22%. 试验地 2 不同处理对烟草番茄斑萎病防控效果由高到低依次为处理 2、处理 3、处理 1 和处理 4,其病情指数较空白对照组分别降低了 64.29%, 61.93%, 44.26%和 37.35%(表 3).



小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

图 5 不同处理对打顶期田间烟草番茄斑萎病发病率和病情指数的影响

整体来看,对于烟草番茄斑萎病发生较轻的试验地 2,不同处理对烟草番茄斑萎病的防效高于发病较重的试验 1,且随生育期的发展和田间番茄斑萎病的加重,不同处理对病害的防效均有所降低.总的来说,处理 2 对田间烟草番茄斑萎病的防控效果最佳,整体防效在 43%以上,最高防效可达 74%,其次为处理 3 和处理 1.

2.4 田间烟草根茎病害与番茄斑萎病发生的相关性分析

对试验地 1 和试验地 2 田间烟草根茎病害和番茄斑萎病发生的相关性进行分析,结果显示,随田间烟草根茎病害病情指数的增加,烟草番茄斑萎病病情指数也呈升高趋势,Pearson 相关性分析表明二者呈显著正相关关系(Pearson, $r=0.861$, $p<0.001$),表明田间烟草根茎病害的发生可能与番茄斑萎病的发生存在显著的关联(图 6).

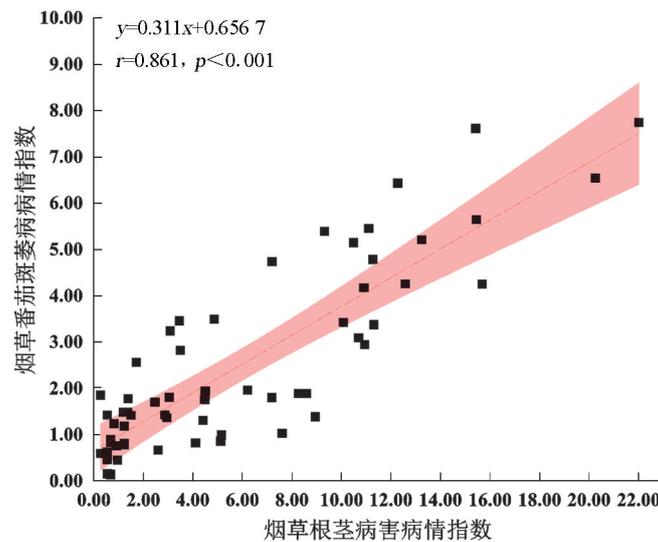


图 6 田间烟草根茎病害与番茄斑萎病发生的相关性分析

3 讨论与结论

黑胫病和根黑腐病是会东县大田烟叶生产常见的烟草根茎病害,其发生对烟叶的产质量产生极大的负面影响.近年来,青枯病和番茄斑萎病在会东县烟区的发生逐渐加重、分布范围呈逐渐扩散的趋势,对烟株的健康栽培产生了较大影响.长期以来,烟农和研究人员在烟叶高质量生产和病害绿色防控中积累了大量的实践经验,逐步摸索出关于土壤高温消毒^[15-16]、林下营养土改良土壤以及生物防治等方法以用于田间烟草病害的防治^[17-19],起到了一定的防控效果.本研究通过田间小区试验的方法,探究了土壤高温消毒、林下营养土改良土壤、生物防治和化学防治等方法对会东县姜州烟区主要根茎病害和番茄斑萎病的防控效果,结果表明:

1) 土壤高温消毒对田间烟草根茎病害和番茄斑萎病均有一定防控效果,其可能的控病原理是降低土壤中病原菌的种群数量和活性,但其对病害的防效有限,最高防效约为 44%,这可能与暂时将土壤表层和处理区的微生物杀灭但大田环境中仍有病原存在有关^[20];同时,土壤高温消毒工作量较大,且田间操作不便.因此,在今后病害防控中可进一步探索土壤消毒控病技术,如土壤熏蒸消毒技术,以提升病害防控效果和降低防控成本^[21-23].

2) 采用甲霜锰锌移栽灌根处理对田间烟草根茎病害的防效逊于土壤高温消毒处理,最高防效仅为 37%,可能与病害对药剂的抗药性水平升高有关,过去十几年,甲霜锰锌为田间防控

烟草黑胫病的主要化学药剂,这造成了病原对该药剂的抗药性明显提升,其化学防控效果大大降低^[24]。因此,今后应进一步筛选具有高效低毒控病效果的化学药剂,以满足田间病害应急防控的需要。

3) 采用林下营养土+微生物菌剂改良土壤对田间烟草根茎病害防控效果较佳,总体防效高于35%,最高防效可达61%,其对烟草番茄斑萎病也有一定的防控效果,总体防效高于最高可达53%;同时,配合土壤高温消毒,对田间烟草根茎病害防效可提高至43%以上,最高可达74%,而对烟草番茄斑萎病的防效可达51%以上,但采用林下营养土改良土壤依然需要较高的物资和人工成本。因此,在今后病害防控过程中可以考虑采用加大有机肥或者农家肥用量配合生防菌剂施用的方式替代林下营养土,以进行土壤改良和病害防治。

4) 本研究发现烟草根茎病害和番茄斑萎病发生存在显著的相关性,但目前关于两者发生的相关性的研究还鲜有报道;因此,针对二者相关性可做进一步深入研究,以为破解两者的发生机制,寻找有效防控方法提供参考。

参考文献:

- [1] LIU X J, ZHANG S T, JIANG Q P, et al. Using Community Analysis to Explore Bacterial Indicators for Disease Suppression of Tobacco Bacterial Wilt [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 36773.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 张海珊, 许大风, 刘东阳, 等. 四川凉山地区烟草黑胫病菌的 ITS 序列分析 [J]. *中国烟草科学*, 2015, 36(1): 96-101.
- [7] 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.
- [8] BRITTLEBANK C C. *Tomato Diseases* [J]. *Journal of the Department of Agriculture in Victoria*, 1919, 17: 231.
- [9] 唐霜, 沈妹, 史君明, 等. 布尼亚病毒目新分类概述 [J]. *生物多样性*, 2018, 26(9): 1004-1015.
- [10] PARRELLA G, GOGNALONS P, GEBRE-SELASSIÈ K, et al. An Update of The Host Range of Tomato Spotted Wilt Virus [J]. *Journal of Plant Pathology*, 2003, 85(4): 227-264.
- [11] 程晓非, 武晓云, 李凡, 等. 番茄斑萎病毒属病毒的多样性 [J]. *云南农业大学学报*, 2007, 22(4): 495-502.
- [12] 丁伟, 李石力. 植物医学的新概念——土壤免疫 [J]. *植物医生*, 2019, 32(2): 1-7.
- [13] 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.
- [14] 江其朋, 丁伟. 植物医学的新概念——植物预防医学 [J]. *植物医生*, 2020, 33(1): 1-5.
- [15] 王山松. 土壤高温蒸汽消毒对蕃茄根结线虫的防治效果评价 [J]. *农业工程*, 2021, 11(7): 37-40.
- [16] 张彩虹, 于秀针, 姜鲁艳, 等. 基质高温热水消毒戈壁日光温室番茄生长及对青枯病的防治效果 [J]. *新疆农业科学*, 2016, 53(8): 1481-1486.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 刘东阳, 江连强, 陈树鸿, 等. 微生物菌剂与不同有机肥协同作用对烟草根结线虫病的防控效果研究 [J]. *植物医生*, 2021, 34(2): 23-28.
- [20] 张庭发, 杨进波, 易小光, 等. 土壤消毒方法综述 [J]. *云南农业*, 2017(12): 43-45.
- [21] 黄石旺, 王锡春, 周雨, 等. 土壤熏蒸对烟草土传病害的防控效果研究 [J]. *湖南农业科学*, 2021(11): 59-61, 65.
- [22] 秦平伟, 陈代明, 陈瑜欣, 等. 98%棉隆微粒剂对烟草生长和青枯病发生的影响 [J]. *植物医生*, 2019, 32(6): 34-38.
- [23] 秦平伟, 陈代明, 陈瑜欣, 等. 棉隆不同年限熏蒸对烟草生长及青枯病发生的影响 [J]. *植物医生*, 2021, 34(2): 41-45.
- [24] 武霖通. 纳米氧化铜对烟草疫霉菌的致毒机制及对黑胫病的防治效果研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2019.