

◆ 药效与应用 ◆

防治烟草根腐病镰刀菌生防菌剂的筛选及其效果初步评价

刘晓凯¹, 张宇¹, 郑潜¹, 李倩², 史一宏¹, 周扬¹, 孟颢光¹, 常栋^{3*}, 崔江宽^{1*}

(1. 河南农业大学植物保护学院, 郑州 450046 2. 河南省烟草公司南阳市公司, 河南南阳 473000 3. 河南省烟草公司平顶山市公司, 河南平顶山 467000)

摘要: 为了筛选对烟草镰刀菌根腐病具有良好防效的生防菌剂, 采用盆栽法测定了4种优势烟草镰刀菌的致病性, 通过菌丝生长速率抑制法和盆栽法测定了6种新型生物菌剂对4种烟草镰刀菌的抑制率和防治效果, 并进一步通过田间试验评价了4种生防菌剂对烟草根腐病的实际应用效果。试验结果显示, 尖孢镰刀菌与层出镰刀菌复合侵染会显著降低烟草的农艺性状。复合微生物菌剂可溶液剂、2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂、3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂3种生防菌剂在平板对峙试验中对4种镰刀菌表现出良好的抑菌活性; 在盆栽试验与田间试验中均对烟草镰刀菌根腐病表现出良好的防治效果, 且3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂对烟草各项农艺性状的促进作用最强。

关键词: 烟草根腐病; 尖孢镰刀菌; 生防菌剂; 防治效果

中图分类号: S 481+.9 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2025.05.013

Screening of biocontrol agents against tobacco root rot caused by *Fusarium oxysporum* and preliminary effect evaluation

LIU Xiaokai¹, ZHANG Yu¹, ZHENG Qian¹, LI Qian², SHI Yihong¹, ZHOU Yang¹, MENG Haoguang¹, CHANG Dong^{3*}, CUI Jiangkuan^{1*}

(1. College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450046, China; 2. Henan Tobacco Company Nanyang City Company, Henan Nanyang 473000, China; 3. Henan Tobacco Company Pingdingshan City Company, Henan Pingdingshan 467000, China)

Abstract: In order to screen biocontrol fungicides with high efficacy against tobacco root rot caused by *Fusarium* spp, the pathogenicity of four dominant *Fusarium* species were determined by potting method, the inhibition rates and control effects of six novel biological fungicides on the four species of *Fusarium* spp. were determined by mycelial growth rate inhibition method and pot trials. Furthermore, field trials were conducted to evaluate the practical application effects of four selected agents on tobacco root rot. The results showed that the co-infection by *Fusarium oxysporum* and *Fusarium proliferatum* could significantly impair the agronomic traits of tobacco. In plate confrontation tests, three biocontrol fungicides, composite microbial SL, *Bacillus licheniformis* 2.0×10^8 CFU/mL SC, and *Bacillus amyloliquefaciens* 3.0×10^8 CFU/mL SC showed strong inhibitory activities against the four types of *Fusarium* spp. The pot trials and the field trials confirmed their efficacies against tobacco root rot caused by *Fusarium*, and *Bacillus amyloliquefaciens* 3.0×10^8 CFU/mL SC had the strongest effect on the promotion of the agronomic traits of tobacco.

Key words: tobacco root rot; *Fusarium oxysporum*; biocontrol fungicide; control effect

收稿日期: 2025-01-04

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2024YFD1400400) 中国烟草总公司河南省公司重点项目 (2023410000240023) 河南省高等学校大学生创新创业训练计划项目 (202410466017、202410466059)

作者简介: 刘晓凯 (2002—), 男, 河南安阳人, 硕士研究生, 主要从事植物病理学研究。E-mail: ldx_kai0529@163.com

通信作者: 崔江宽 (1987—), 男, 河南濮阳人, 博士, 副教授, 主要从事烟草抗病抗逆强化技术研究。E-mail: jk_cui@163.com

共同通信作者: 常栋 (1986—), 男, 河南新乡人, 高级农艺师, 主要从事烟草栽培及土壤保育研究。E-mail: cd411@outlook.com

烟草是我国重要的经济作物。近年来随着气候变化和耕作制度的变革,烟草镰刀菌根腐病危害逐年上升,已成为威胁我国烟草生产的主要病害之一^[1]。烟草镰刀菌根腐病是由镰刀菌属(*Fusarium* spp.)真菌所引起的一种土传病害,主要危害植株根系,造成烟草根系腐烂,植株凋亡^[2-3]。烟草镰刀菌根腐病不仅影响烟叶产量和品质,还会加剧土壤板结、盐渍化等问题,破坏土壤生态环境^[4]。近年来,烟草镰刀菌根腐病在河南烟区发生呈上升趋势^[5]。河南烟区烟草镰刀菌根腐病病原菌主要包括4种镰刀菌。豫南烟区的致病菌为尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)、层出镰刀菌(*F. proliferatum*)和木贼镰刀菌(*F. equiseti*)。豫中为尖孢镰刀菌,豫东和豫西为尖孢镰刀菌和茄病镰刀菌(*F. solani*)^[6]。2017年,首次在我国云南临沧发现茄病镰刀菌引起的烟草镰刀菌根腐病,烟草受损程度可达21.5%^[7]。2018年,首次在河南三门峡地区发现中华镰刀菌(*F. sinensis*)侵染烟草,引起烟草镰刀菌根腐病,烟草田间发病率高达25%^[8]。镰刀菌既可单独侵染,又可与烟草疫霉、根结线虫等混合侵染,造成烟株死亡,烟叶大幅减产,甚至绝收^[9]。

姚晨斌等^[10]通过盆栽试验发现,氟啶胺、戊唑醇、苯醚甲环唑和芸苔素内酯对尖孢镰刀菌的防效较高。刘利佳等^[11]发现,62.5 g/L精甲·咯菌腈悬浮种衣剂对烟草镰刀菌田间防效表现最佳。与化学药剂相比,生防菌剂具有持效期长、环境友好等优点。因此,生防微生物及其次生代谢产物等是病害生物防治的重要方向。陈长卿等^[12]研究表明,贝莱斯芽孢杆菌对镰刀菌根腐病具有比较好的防治效果。姚晨斌等^[9]筛选的棘孢木霉(*Trichoderma asperellum*)对尖孢镰刀菌的抑制率可达93.13%,并表现出促生效果,对烟草的萌发率、根长和鲜重也具有增效作用。邱睿等^[13]发现,蜡样芽孢杆菌(*B. uscereus*)和枯草芽孢杆菌(*B. subtilis*)等细菌菌株也表现出良好的生物防治潜力。刘畅等^[14]发现,30%霜霉·啉菌酯悬浮剂和生防菌棘孢木霉对尖孢镰刀菌均具有较强的抑制作用,且两者相容性良好,可以按一定比例混合使用。

河南农业大学植物保护学院研究发现,地衣芽孢杆菌等生防菌剂可提高烟草的抗病性,降低病情指数,提高烟草的农艺性状。在确保防治效果的前提下,通过生防菌剂提高防治效果有着重要的应用

价值和科学意义。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试烟草品种为中烟100,为河南省主要栽培品种,由河南省烟草公司平顶山市公司提供。尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、层出镰刀菌和茄病镰刀菌由河南烟田烟草根腐病病株分离纯化获得。供试药剂:海藻寡糖多肽聚合氨基酸水剂,英国田佰利生物化学有限公司 2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂、植物精油乳油(中草药提取物、腐殖酸),河南昊天生物科技有限公司;复合微生物菌剂可溶液剂(枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、乳酸菌等多种有益微生物),辽宁德神生物科技有限公司 3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂,拜耳(中国)有限公司 36%寡糖·链蛋白可湿性粉剂(氨基寡糖素3%+极细链格孢激活蛋白3%),北京中保绿农业科技集团有限公司。

1.2 试验设计

1.2.1 室内致病力测定

采用小米培养基进行病原菌的扩繁^[15]。镰刀菌单独侵染处理组,将分别带有4种镰刀菌的米粒与灭菌土按质量比1:125混匀。镰刀菌复合侵染处理组,将各种镰刀菌等比例均匀混合,带菌米粒与灭菌土按质量比1:125混匀。选取4~5叶龄健康烟苗移栽至花盆,置于温室保湿培养,白天26℃培养14 h,夜晚20℃培养10 h,培养期间按需浇水。接种后30 d调查各处理的发病情况。

1.2.2 平板对峙试验

采用菌丝生长抑制法^[16]。按预实验6种生防菌剂对菌丝生长的抑制情况设置5个浓度梯度,以无菌水作为对照。使用直径6 mm的打孔器,从培养7 d的病原菌菌落边缘打孔,用接种针将菌饼接种到平板中央,每个浓度设3个重复,在25℃条件下倒置培养7 d。采用十字交叉法测量每个菌落的平均生长直径,计算稀释100倍、500倍、1 000倍、5 000倍和10 000倍的生防菌剂对病原菌菌丝生长的抑制率。

1.2.3 盆栽试验

使用小米培养基进行病原菌的扩繁^[15]。病原菌为河南烟区分布最广的尖孢镰刀菌^[6]。烟苗采用盆栽方式种植,带菌米粒与灭菌土按质量比1:125的比例混合均匀,种植4~5叶龄健康烟苗,3 d后根据平板对峙试验结果选择合适浓度的生防菌剂灌根,

用量10 mL。对照组加入未接菌的小米,清水灌根,30 d后进行调查。

1.2.4 田间试验

试验在河南省洛阳市洛宁县进行,烟草种植品种为Y2001,试验时间为2023年4—9月,试验共设5个处理。药剂处理分别为:复合微生物菌剂可溶液剂30倍稀释液、2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂500倍稀释液、海藻寡糖多肽聚合氨基酸水剂1 000倍稀释液、3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂200倍稀释液。另设对照组清水处理。各灌根处理面积均大于200 m²。试验于2023年6月2日施药1次,并于烟草成苗期(2023年7月16日)调查,各处理不少于20株。

1.3 测定指标

1.3.1 抑菌率

采用十字交叉法测量菌落直径,计算生物菌剂的抑菌率。

$$\text{抑菌率}/\% = \frac{\text{对照菌丝生长直径} - \text{处理菌丝生长直径}}{\text{对照菌丝生长直径} - \text{菌饼直径}} \times 100$$

1.3.2 病害等级与防效

各处理选择10株烟草,按照《烟草病虫害分级及调查方法》(GB/T 23222—2008)进行烟草根腐病分级调查,计算病情指数和防效。分级标准:0级,植株生长正常,根系无明显受害;1级,植株基本生长正常或稍矮化,最下部叶片黄化或萎蔫;2级,病株比健株矮1/4~1/3,1/2~2/3叶片黄化或萎蔫;3级,病株比健株矮1/3~1/2,2/3以上叶片黄化或萎蔫;4级,病株比健株矮1/2以上,全株叶片黄化或萎蔫;5级,病株基本枯死。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum (\text{病级数} \times \text{病级株数})}{\text{最高级数} \times \text{调查总株数}} \times 100$$
$$\text{防效}/\% = \frac{\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}} \times 100$$

1.3.3 农艺性状

各处理选择10株烟草,按照《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010)测定烟苗农艺性状,包括根长、侧根数、最大叶片的叶长和叶宽,并计算叶片的叶面积。使用TYS-4N植物营养测定仪(浙江托普云农科技股份有限公司产品)测定叶绿

素含量(SPAD)和氮含量。

1.4 数据处理

试验数据采用Microsoft Excel 2019和IBM SPSS Statistics 24进行整理和分析,使用Origin 2022软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 镰刀菌复合侵染症状

与对照处理相比,烟苗单独接种各镰刀菌30 d后,烟草均出现明显病症。病株叶片由下至上逐渐变黄,出现萎蔫现象,烟苗根系生长受到抑制,根部须根变黑变褐,根茎部出现轻微腐烂迹象,主根变短,侧根数明显减少(图1)。



图1 烟草盆栽接种4种镰刀菌的发病症状

图1中A~E分别为接种尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌、层出镰刀菌和未接菌烟草的地上部;F~J分别为接种尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌、层出镰刀菌和未接菌烟草的地下部。

室内试验结果显示,4种镰刀菌单独及复合侵染明显影响烟草农艺形状。单独侵染处理中以尖孢镰刀菌的影响最大,复合侵染处理中以尖孢镰刀菌+层出镰刀菌的影响最大。在株高、根长、侧根数、鲜重、SPAD、氮含量和最大叶面积方面,尖孢镰刀菌处理较对照分别降低19.87%、35.79%、28.48%、31.90%、35.32%、34.39%和27.07%,尖孢镰刀菌+层出镰刀菌处理较对照分别降低30.57%、30.98%、33.11%、40.32%、41.02%、48.06%和33.83%(表1)。综合来看,镰刀菌复合侵染对烟草农艺性状的影响程度普遍高于镰刀菌单独侵染。

表1 4种镰刀菌单独及复合侵染对烟苗农艺性状的影响

处理	株高/cm	根长/cm	侧根数/个	鲜重/g	SPAD	氮质量分数/(mg/kg)	最大叶面积/cm ²
Fo	12.10 ± 0.26bc	4.00 ± 0.15c	51.67 ± 2.03cd	3.80 ± 0.26de	28.23 ± 3.48abcd	6.97 ± 0.83b	38.87 ± 1.31bc
Fs	13.67 ± 0.29ab	4.80 ± 0.21bc	61.00 ± 3.46abcd	4.23 ± 0.19cde	30.60 ± 3.25ab	9.93 ± 1.59ab	47.23 ± 7.98ab
Fp	13.30 ± 0.15ab	4.40 ± 0.15bc	52.67 ± 4.91bcd	4.23 ± 0.23cde	29.60 ± 3.21abc	9.39 ± 1.27ab	45.20 ± 1.04abc
Fe	13.47 ± 0.26ab	5.50 ± 0.21ab	56.67 ± 2.73bcd	4.50 ± 0.15bcde	33.95 ± 2.32a	9.99 ± 1.55ab	50.07 ± 2.39ab
Fo + Fs	14.23 ± 0.44ab	6.73 ± 0.61a	68.00 ± 4.36ab	5.30 ± 0.26abc	26.30 ± 2.71abcd	9.43 ± 0.72ab	49.23 ± 0.61ab

(续表 1)

处理	株高/cm	根长/cm	侧根数/个	鲜重/g	SPAD	氮质量分数/(mg/kg)	最大叶面积/cm ²
Fo+Fp	10.47±0.77c	4.30±0.12bc	48.33±2.40d	3.33±0.07e	20.17±1.82d	6.57±0.54b	35.27±1.91c
Fo+Fe	12.97±1.20ab	4.63±0.26bc	64.67±1.67abc	5.87±0.92a	27.53±3.16abcd	9.60±0.91ab	45.67±1.88abc
Fo+Fs+Fe	12.87±1.19ab	4.50±0.44bc	64.00±1.73abc	4.63±0.18bcd	27.70±1.21abcd	8.50±1.58b	42.53±1.61abc
Fo+Fp+Fe	12.57±1.13bc	4.20±0.06bc	60.67±6.23abcd	4.50±0.46bcde	22.73±2.75bcd	7.83±1.31b	40.63±2.43bc
Fo+Fe+Fp+Fs	12.23±0.52bc	4.43±0.64bc	59.67±11.35abcd	3.67±0.09de	21.00±2.67cd	6.93±0.80b	38.63±3.56bc
CK	15.08±0.56a	6.23±0.62a	72.25±1.65a	5.58±0.28ab	34.20±2.04a	12.65±1.50a	53.30±4.38a

注 Fo、Fe、Fs、Fp 分别代表尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌和层出镰刀菌。同列不同小写字母表示组间数据差异具有统计学意义 ($p<0.05$)。

2.2 生防菌剂对4种镰刀菌的平板抑菌效果
生防菌剂对4种镰刀菌的抑菌效果见图2。2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂、复合微生物菌剂可溶液剂和3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂对4种镰刀菌的抑菌效果良好。稀释10 000倍时,复合微生物菌剂可溶液剂对4种镰刀菌的抑制率均在84%以上;2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂对木贼镰刀菌和茄病镰刀菌抑制率分别为80.66%和81.02%;3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂对尖孢镰刀菌和茄病镰刀菌抑制率分别为59.49%和69.23%。稀释1 000倍时,3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂对尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌和层出镰刀

菌抑菌率较高,分别为68.04%、82.96%、85.17%和75.56%。稀释100倍时,复合微生物菌剂可溶液剂对尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌和层出镰刀菌的抑菌率分别为84.77%、90.18%、90.91%和89.90%。2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂对尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌和层出镰刀菌的抑制率分别为70.73%、82.31%、84.61%和79.25%;3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂对尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌和层出镰刀菌的抑制率分别为80.06%、86.82%、85.99%和83.81%。植物精油乳油对尖孢镰刀菌、木贼镰刀菌、茄病镰刀菌和层出镰刀菌的抑制率均在92%以上。

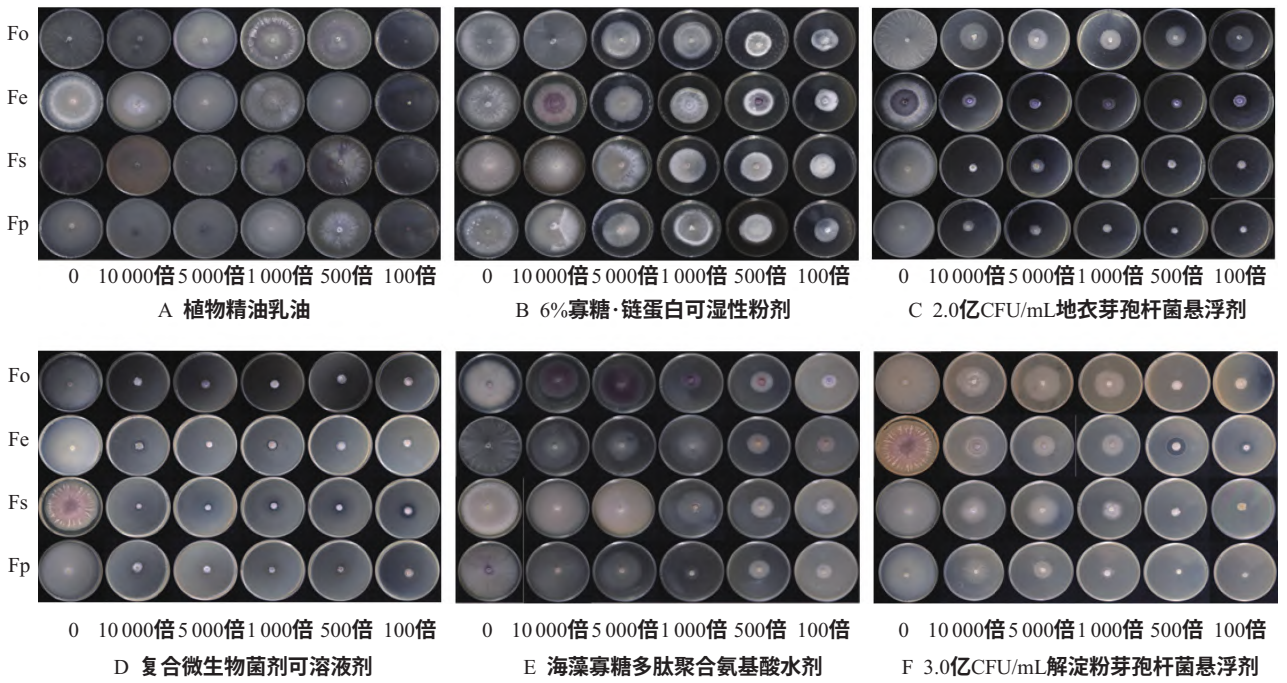


图 2 6 种生物菌剂对 4 种镰刀菌的抑制效果

2.3 生防菌剂对烟草镰刀菌盆栽防治效果
盆栽试验结果显示,接种尖孢镰刀菌后,生防菌剂对病原菌具有良好的抑制效果。同CK相比,3.0

亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂(处理⑥)、2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂(处理③)、复合微生物菌剂可溶液剂(处理④)和海藻寡糖多肽氨基酸

水剂(处理⑤)的防治效果较好,分别为66.00%、54.00%、52.00%和38.01% ;而植物精油乳油(处理①)和6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂(处理②)防治效果较差,分别为24.01%和12.01%(表2)。相较于其他5种生物菌剂,3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂对烟苗的株高、根长、鲜重、叶绿素和最大叶面积等农艺性状效果更好 ;与CK比较,分别增加49.40%、25.44%、94.55%、24.07%和68.58%。在根长、鲜重、氮含量和最大叶面积指标方面,7个处理未表现出显著差异。仅3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂处理的株高、SPAD显著高于CK ;海藻寡糖多肽氨基酸水剂处理的植株叶绿素含量显著高于CK。

表 2 6 种生防菌剂对室内盆栽烟草根腐病的防效和农艺性状的影响

处理	株高/cm	根长/cm	鲜重/g	SPAD	氮质量分数/(mg/kg)	最大叶面积/cm ²	病情指数	防效/%
①	17.35±0.78ab	7.18±0.81a	4.42±0.58a	39.1±1.18ab	11.98±1.01a	39.33±4.58a	42.22±1.67c	24.01±3.00d
②	13.50±1.89ab	6.83±0.69a	3.51±0.29a	37.8±2.82b	11.63±0.83a	35.70±1.84a	48.89±1.85b	12.01±3.33e
③	16.25±2.05ab	6.83±0.77a	3.83±0.93a	36.83±1.33b	11.73±0.33a	37.68±6.93a	25.56±0.69e	54.00±1.25b
④	16.58±1.19ab	7.78±2.34a	4.95±0.71a	37.50±1.47b	11.93±0.49a	43.90±3.81a	26.67±0.79e	52.00±1.42b
⑤	17.20±1.68ab	6.98±0.22a	5.81±1.22a	43.35±2.46a	13.58±0.73a	44.20±7.96a	34.44±1.39d	38.01±2.50c
⑥	18.78±2.27a	8.53±0.94a	6.42±2.14a	43.55±0.91a	13.05±0.64a	55.63±11.81a	18.89±0.36f	66.00±0.65a
CK	12.57±1.07b	6.80±1.77a	3.30±0.47a	35.10±0.60b	11.57±0.44a	33.00±5.14a	55.56±3.05a	

2.4 生防菌剂对烟草镰刀菌田间防治效果

田间试验结果表明(表3) 3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂、2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂和复合微生物菌剂可溶液剂3种生防菌剂对烟草镰刀菌的防治效果分别为66.67%、51.28%和43.59% ;海藻寡糖多肽氨基酸水剂的防治效果为23.08%。处理组和对照组在农艺性状的各项指标上均存在一定差异,4种生防菌剂处理组的株高、茎围

和有效叶数均显著高于空白对照。3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂处理的促生作用最强,与空白对照相比,其株高、茎围、有效叶数和最大叶面积分别增加11.10%、17.48%、16.06%和25.93% ;2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂株高、茎围、有效叶数和最大叶面积分别增加7.59%、8.93%、7.30%和14.38% ;复合微生物菌剂可溶液剂分别增加6.75%、8.93%、10.22%和10.63%。

表 3 4 种生物菌剂对田间烟草根腐病的防效和农艺性状的影响

生防菌剂	株高/cm	茎围/cm	有效叶数/(片/株)	最大叶面积/cm ²	病情指数	防效/%
复合微生物菌剂可溶液剂	115.4±1.50ab	8.66±0.11b	15.1±0.23ab	1 284.1±98.4ab	16.30±0.64c	43.59±2.22b
2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂	116.3±1.65ab	8.66±0.26b	14.7±0.30b	1 327.7±45.5ab	14.07±1.33c	51.28±4.62b
海藻寡糖多肽氨基酸水剂	113.1±1.19b	8.73±0.19b	15.6±0.37ab	1 253.5±37.8b	22.22±0.70b	23.08±2.42c
3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂	120.1±1.85a	9.34±0.20a	15.9±0.43a	1 461.7±53.5a	9.63±0.37d	66.67±1.28a
CK	108.1±1.72c	7.95±0.19c	13.7±0.33c	1 160.7±29.8b	28.89±2.06a	

3 讨论与结论

烟草农艺性状是评估烟草生长状态和抗病能力的重要指标,常被用于评价病原菌致病能力和药剂应用效果。在烟草根腐病的研究中,尖孢镰刀菌备受关注。刘茜等^[17]发现,尖孢镰刀菌对烟草根腐病致病力较强 ;邱睿等^[6]发现,尖孢镰刀菌在河南烟区分布广泛,且豫南烟区病原菌为尖孢镰刀菌、层出镰刀菌和木贼镰刀菌,豫东、豫西为茄病镰刀菌和尖孢镰刀菌。因此,需预防尖孢镰刀菌等镰刀菌的复合侵染,防止烟草遭受更大损失。

芽孢杆菌对多种植物病原菌具有拮抗效应,

可用于防治植物病害。芽孢杆菌(*Bacillus* sp)由革兰氏阳性菌产生的芽孢组成,常见种类有解淀粉芽孢杆菌(*B. amyloliquefaciens*)与地衣芽孢杆菌(*B. licheniformis*)。众多研究已证实芽孢杆菌对尖孢镰刀菌具有抑制作用。史一然等^[18]发现,解淀粉芽孢杆菌LZN01对尖孢镰刀菌的抑制率达57.07%,抑菌效果稳定 ;李健等^[19]研究发现,解淀粉芽孢杆菌Ba09对镰刀菌的抑制率为43.11% ;谯天敏等^[20]发现,解淀粉芽孢杆菌Y15对尖孢镰刀菌的抑制率为37.7% ;刘莎莎等^[21]发现,地衣芽孢杆菌CYY-6对尖孢镰刀菌的抑制率达到49.3%。此外,檀迎会等^[22]发现,解淀粉芽孢杆菌对层出镰刀菌的抑菌率达到41.36% ;刘彩月

等^[23]发现,解淀粉芽孢杆菌YC16对尖孢镰刀菌和茄病镰刀菌的抑制率分别达到54.18%和69.55% ;陈哲等^[24]通过盆栽试验发现,解淀粉芽孢杆菌CM3对根腐病防治效果达64.86% ;周小四等^[25]研究发现,解淀粉芽孢杆菌菌液能阻碍菌丝生长 ;葛文沛等^[26]发现,解淀粉芽孢杆菌对镰刀菌有抑制效果,并对植株有促生作用。

本研究发现,3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂10 000倍稀释液对尖孢镰刀菌的抑制率达到59.49%,100倍稀释液的抑制率达80.06%,抑菌效果显著。稀释10 000倍时,3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂对层出镰刀菌的抑制率为46.03%,与檀迎会等^[22]研究中解淀粉芽孢杆菌对层出镰刀菌的抑制率相近 ;对茄病镰刀菌抑制率为69.23%,与刘彩月等^[23]研究中解淀粉芽孢杆菌YC16对茄病镰刀菌的抑制率相近。3.0亿CFU/mL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂能促进植物生长,提高根长、株高和产量等农艺性状,增强植物抗病能力^[27]。

本研究综合平板对峙试验、盆栽试验以及田间试验,明确了3.0亿/CFUmL解淀粉芽孢杆菌悬浮剂、2.0亿CFU/mL地衣芽孢杆菌悬浮剂和复合微生物菌剂可溶液剂在防治烟草镰刀菌病害方面的显著效果,并且可以显著提升烟草的抗病抗逆性,可作为潜在防控烟草镰刀菌根腐病的有效菌剂。

参考文献

- [1] 盖晓彤,卢灿华,卢艳霞,等.云南省烟草镰刀菌根腐病原鉴定[J].中国烟草学报,2023,29(3): 74-83.
- [2] 杨珍,戴传超,王兴祥,等.作物土传真菌病害发生的根际微生物机制研究进展[J].土壤学报,2019,56(1): 12-22.
- [3] 邱睿,李小杰,李娟,等.河南烟区烟草镰刀菌根腐病原鉴定及侵染烟草根系观察[J].烟草科技,2023,56(7): 17-24.
- [4] DING Y, CHEN Y, LIN Z, et al. Differences in soil microbial community composition between suppressive and root rot-conducive in tobacco fields[J]. Current Microbiology, 2021, 78: 624-633.
- [5] 赵亚南,黎妍妍,曹春霞,等.烟草镰刀菌根腐病研究进展[J].中国植保导刊,2023,43(11): 20-25; 59.
- [6] 邱睿,白静科,李成军,等.河南烟草镰刀菌的分子鉴定及致病性分析[J].中国烟草学报,2018,24(2): 129-134.
- [7] YANG M, CAO J D, ZHENG Y X, et al. First report of *Fusarium* root rot of tobacco caused by *Fusarium solani* in Lincang, China[J]. Plant Disease, 2020, 104(5): 1541.
- [8] QIU R, Li Q, Li J, et al. First report of *Fusarium* root rot of tobacco caused by *Fusarium sinensis* in Henan Province China[J]. Plant Disease, 2021, 105(10): 3305.
- [9] 姚晨斌,李小杰,李琦,等.烟草尖孢镰刀菌拮抗真菌的筛选鉴定及促生作用研究[J].中国生物防治学报,2021,37(5): 1066-1072.
- [10] 姚晨斌,刘畅,李小杰,等.烟草镰刀菌根腐病防治药剂的筛选[J].河南农业科学,2022,51(4): 87-94.
- [11] 刘利佳,李芳芳,何雷,等.烟草镰刀菌根腐病原菌的鉴定及其对5种杀菌剂的敏感性分析[J].河南农业科学,2021,50(7): 101-109.
- [12] 陈长卿,褚逸轩,谢昭,等.生物杀菌剂对烟草镰刀菌根腐病的防治效果及农艺性状的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(6): 41-46.
- [13] 邱睿,李小杰,李成军,等.烟草镰刀菌根腐病拮抗细菌的筛选鉴定及促生防病效果[J].中国烟草科学,2022,43(6): 31-38.
- [14] 刘畅,李小杰,张梦丹,等.棘孢木霉与30%霜霉·噬菌酯协同防治烟草镰刀菌根腐病[J].中国烟草科学,2024,45(1): 48-53.
- [15] 张磊磊,闫香凝,原敏婕,等.小麦种质资源茎基腐病抗性鉴定及定位分析[J].植物遗传资源学报,2024,25(2): 184-196.
- [16] 慕立义.植物化学保护研究方法[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [17] 刘茜,李义婷,蔡刘体,等.烟草根茎部病原真菌的分离与鉴定[J].中国烟草科学,2022,43(6): 45-52; 59.
- [18] 史一然,徐伟慧,吕智航,等.解淀粉芽孢杆菌LZN01对西瓜专化型尖孢镰刀菌的抑制效应[J].江苏农业科学,2019,47(12): 141-145.
- [19] 李健,高兴祥,李美,等.紫花苜蓿内生解淀粉芽孢杆菌Ba09的分离及防效研究[J].山东农业科学,2020,52(8): 124-127.
- [20] 谯天敏,罗蓉,朱天辉.南方红豆杉根腐病病原及其拮抗芽孢杆菌的鉴定[J].植物保护,2015,41(6): 60-66.
- [21] 刘莎莎,程圆圆,张丹,等.两株紫花苜蓿根际芽孢杆菌的筛选及生防效果研究[J].草业学报,2015,24(9): 96-103.
- [22] 檀迎会,于波,李志勇,等.一株层出镰刀菌拮抗细菌YM-8的筛选与鉴定[J].华北农学报,2015,30(S1): 287-291.
- [23] 刘彩月,程明芳,江红梅,等.一株高效拮抗向日葵菌核病的细菌菌株YC16的筛选及其作用效果研究[J].微生物学报,2020,60(2): 273-284.
- [24] 陈哲,黄静,赵佳,等.草莓根腐病的病原菌分离鉴定及拮抗菌CM3的抑制作用研究[J].生物技术通报,2018,34(2): 135-141.
- [25] 周小四,孙艳茹,高方圆,等.菊花枯萎病生防细菌SFB-1的分离、鉴定及其生防作用[J].江苏农业科学,2024,52(21): 133-143.
- [26] 葛文沛,王洪玲,崔欣然,等.茄腐镰刀菌拮抗菌株M1的抑菌机理及其促生作用研究[J].中国酿造,2024,43(10): 142-148.
- [27] 张涵.解淀粉芽孢杆菌QST713对2种马铃薯土传病害防治效果及马铃薯作物健康的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2023.

(编辑:顾林玲)