

魏芳丽,陈泰祥,苟一丹,等. 荞麦炭疽病菌生物学特性及杀菌剂室内毒力测定[J]. 江苏农业科学,2024,52(4):138-143.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.04.020

荞麦炭疽病菌生物学特性及杀菌剂室内毒力测定

魏芳丽¹, 陈泰祥¹, 苟一丹¹, 王 添¹, 王莉花², 李春杰^{1,3}

(1. 草种创新与草地农业生态系统全国重点实验室/兰州大学草地农业科技学院,甘肃兰州 730020;

2. 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所,云南昆明 650000;

3. 中国林业科学研究院国家林业和草原局草原研究中心,北京 100091)

摘要:由冬麦刺盘孢(*Colletotrichum liriopes*)引起的荞麦炭疽病是我国荞麦主产区的新病害。为明确荞麦炭疽病菌生物学特性,并筛选出有效的防治药剂,本研究以 *C. liriopes* 9J1 为试材,采用菌丝生长速率法,研究了不同培养条件下 *C. liriopes* 9J1 菌丝生长情况,并用菌丝生长抑制率法对 10 种杀菌剂进行室内毒力测定。结果表明,荞麦炭疽病菌生长的最适温度为 25 ℃;全光照条件下病菌菌丝生长速率最快;最适 pH 值为 6;病菌生长的最适碳源和氮源分别为山梨醇和牛肉膏。供试的 10 种药剂对荞麦炭疽病菌菌丝生长均有一定毒力作用,其中 10% 苯醚甲环唑微乳剂的毒力作用最强,EC₅₀ 为 0.004 mg/L;80% 代森锰锌可湿性粉剂的毒力作用最弱,EC₅₀ 为 6.915 mg/L。

关键词:荞麦;冬麦刺盘孢(*Colletotrichum liriopes*);生物学特性;毒力测定;杀菌剂;抑制中浓度

中图分类号:S435.17 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)04-0138-06

荞麦(*Fagopyrum esculentum* Moench.)别称三角麦、乌麦、净肠草,是蓼科(Polygonaceae)荞麦属(*Fagopyrum*)的一年生草本植物^[1]。世界多地普遍种植荞麦,其原产于中国西南部,是重要的粮食作物和经济作物^[2]。荞麦营养丰富,不仅含有蛋白

质、纤维素和糖类,还具有耐瘠薄、抗病虫害、适应性强、生长迅速等优点,这些优势使其成为具有巨大潜力的优质饲草资源^[3],还可以作为粗粮供人们食用,如荞麦凉粉干^[4]。随着我国草牧业的快速发展,荞麦的推广与应用也日益显著,然而荞麦的病害问题已成为荞麦产业高品质、高产量发展的一大障碍。目前已报道的荞麦病害有白粉病、立枯病、霜霉病、核盘菌根腐病、叶斑病、枯萎病、坏斑病、褐斑病、白霉病、斑枯病、轮纹病、灰腐病、壳二孢疫病、镰刀菌根腐病、细菌性叶斑病、紫菀黄花病、蓼属植物环斑病毒病、荞麦灼烧病毒病和根结线虫病。其中叶斑病、褐斑病、轮纹病、白霉病、斑枯病

收稿日期:2023-04-04

基金项目:国家燕麦荞麦产业技术体系建设专项(编号:CARS-08-C-2);中央高校基本科研业务费(编号:LZUJBKY-2022-kb10);111 引智基地项目(编号:B12002)。

作者简介:魏芳丽(1998—),女,甘肃天水人,硕士研究生,主要从事草类植物病理学研究。E-mail:weifl21@lzu.edu.cn。

通信作者:李春杰(1968—),男,甘肃镇原人,博士,教授,主要从事草地保护研究。E-mail:chunjie@lzu.edu.cn。

under stripe rust stress[J]. BMC Genomics,2019,20(1):640.

[12] Tran F, Penniket C, Patel R V, et al. Developmental transcriptional profiling reveals key insights into Triticeae reproductive development[J]. The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology, 2013, 74(6):971-988.

[13] Qu X R, Liu J J, Xie X L, et al. Genetic mapping and validation of loci for kernel-related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12:667493.

[14] 刘志勇,王道文,张爱民,等. 小麦育种行业创新现状与发展趋势[J]. 植物遗传资源学报,2018,19(3):430-434.

[15] 盖红梅,王兰芬,游光霞,等. 基于 SSR 标记的小麦骨干亲本育种重要性研究[J]. 中国农业科学,2009,42(5):1503-1511.

[16] 李邦发. 四川小麦育种骨干亲本的应用与种质资源创新[J].

科技导报,2015,33(13):66-70.

[17] 李永祥,王天宇,黎 裕. 主要农作物骨干亲本形成与研究利用[J]. 植物遗传资源学报,2019,20(5):1093-1102.

[18] 杨子博,王安邦,冷苏凤,等. 小麦新品种淮麦 33 的遗传构成分析[J]. 中国农业科学,2018,51(17):3237-3248.

[19] 陈晓杰,杨 科,范家霖,等. 优质强筋小麦新品种郑品优 9 号的遗传基础解析[J]. 麦类作物学报,2021,41(10):1211-1218.

[20] Lai J S, Li R Q, Xu X, et al. Genome-wide patterns of genetic variation among elite maize inbred lines[J]. Nature Genetics, 2010, 42:1027-1030.

[21] 李式昭,王 琴,郑建敏,等. 利用基因芯片分析西南麦区主栽小麦品种川麦 104 的遗传构成[J]. 麦类作物学报,2021,41(6):665-672.

和立枯病在我国普遍发生^[5]。

炭疽病是由刺盘孢属 (*Colletotrichum* spp.) 菌物引起的植物病害,其有性态为小丛壳属 (*Glomerella* spp.) 菌物^[6]。病原的寄主非常广泛,包括蔬菜、水果、豆类和多种重要作物,主要危害植物的叶片、茎、嫩枝和果实^[7-10]。病原菌通常以分生孢子在土壤中越冬,多从伤口处侵染,引起病害,造成植物组织坏死^[11]。炭疽病的典型病症包括产生同心轮纹状坏死病斑,或产生黏性的黑色小点状物,能够引起寄主植物产生叶斑、枝枯、腐烂、死苗等症状,造成严重的经济损失^[12]。2020 年秋季,在我国宁夏同心县发现了由冬麦刺盘孢 (*Colletotrichum liriopes*) 引起的荞麦炭疽病,这是荞麦炭疽病在我国的首次报道。该病在当地的发生率为 30%,严重程度为中度至高度发生,发病植株茎部发生变色、溃烂、萎蔫、坏死,导致植株早衰,对荞麦的生产造成了较大影响^[13]。随后在宁夏南部、陕西北部、甘肃中部、甘肃东部地区的荞麦主产区都发现了此病害的发生。

C. liriopes 是一种引起寄主坏死型症状的病原真菌,是 *Colletotrichum* 的新成员,在许多植物中引起叶炭疽病^[14]。2009 年 Damm 等首次将 *C. liriopes* 报道为墨西哥短葶山麦冬 (*Liriope muscar*) 的病原真菌^[15]。近年来,这种真菌的寄主范围和分布区域逐渐扩大,能够在许多植物上引起炭疽病,如我国的山麦冬 (*Liriope spicata*)、兰花三七 (*Liriope cymbidiomorpha*)、黄花白芨 (*Bletilla ochracea*)、沿阶草 (*Ophiopogon japonicas*) 和富贵草 (*Pachysandra terminalis*), 美国 和 韩 国 的 万 年 青 (*Rohdea japonica*)^[16-22]。

常见的植物病害的防控措施有农业防治、选用抗病品种、生物防治、物理防治和化学防治^[23-24]。其中化学防治是植物病害防治中最常见的一种手段,具有操作简单、成本费用低、防治效果显著和见效快等优点^[25]。研究发现,50% 多菌灵可湿性粉剂和 25% 噁菌酯悬浮剂对禾谷炭疽菌 (*C. cereale*) 的抑制作用较强^[26]。80% 福·福锌可湿性粉剂和 10% 苯醚甲环唑水分散粒剂浓度为 1 000 mg/L 时对菜豆炭疽病菌 (*C. lindemuthianum*) 的毒力较好,抑菌率分别达到了 77.68% 和 72.96%^[27]。10% 苯醚甲环唑水分散粒剂、70% 甲基硫菌灵可湿性粉剂和 250 g/L 吡唑醚菌酯乳油对辣椒炭疽病菌 (*C. capsici*) 菌丝生长具有较强的抑制作用^[28]。不同杀菌剂对不同炭疽病菌的抑制效果存在较大

差异,炭疽病菌的不同宿主以及不同生长环境条件等因素都可以影响杀菌剂的药效。

荞麦炭疽病是我国的一种新发病害,发生较普遍,而关于其病原菌的生物学特性和病害的防控技术措施还未见研究报道,关于对 *C. liriopes* 这个种所引起病害的防治或室内毒力测定也未见相关报道。本研究对荞麦炭疽病菌进行生物学特性研究,并比较 10 种高效低毒的化学药剂对荞麦炭疽病原菌丝生长的抑制作用,拟明确荞麦炭疽病菌的生物学特性并筛选出对其具有良好抑制作用的化学药剂,以期为荞麦炭疽病的田间防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验时间:2021 年 10 月至 2022 年 4 月。试验地点:草种创新与草地农业生态系统全国重点实验室。供试菌株:*C. liriopes* 9J1,由兰州大学草地保护研究所提供。供试培养基:马铃薯葡萄糖培养基 (potato dextrose agar, PDA)、查氏培养基 (Czapek dox agar, CDA)^[29]。供试杀菌剂:本试验共选用 10 种杀菌剂,杀菌剂的信息见表 1。

表 1 供试杀菌剂的基本信息

杀菌剂及其有效成分含量	剂型	生产厂家
50% 多菌灵	可湿性粉剂	江苏三山农药有限公司
80% 代森锰锌	可湿性粉剂	美国陶氏益农公司
20% 丙环唑	微乳剂	河北中保绿农作物科技有限公司
10% 苯醚甲环唑	微乳剂	河北中保绿农作物科技有限公司
40% 噁霉胺	悬浮剂	河北中保绿农作物科技有限公司
500 g/L 异菌脲	悬浮剂	苏州富美实植物保护剂有限公司
450 g/L 咪鲜胺	水乳剂	上海沪联生物药业
75% 肟菌·戊唑醇	水分散粒剂	拜耳股份公司
50% 啶酰菌胺	水分散粒剂	巴斯夫欧洲公司
60% 唑醚·代森联	水分散粒剂	巴斯夫欧洲公司

1.2 方法

1.2.1 荞麦炭疽病菌的生物学特性测定 (1) 温度对病菌生长的影响:试验设定 6、15、20、25、30、37 ℃ 共 6 个温度处理。用直径为 0.5 cm 的打孔器打取 9J1 菌株的菌饼,接于 PDA 培养基中央,每个处理 6 次重复,于不同温度培养箱中培养,5 d 后,采用十字交叉法测量菌落直径 (cm),比较不同温度条件下的菌落大小。(2) pH 值对病菌生长的影响:试验使用 1 mol/L HCl 和 1 mol/L NaOH 溶液调节 pH 值为 5、6、6.5、7、8 和 9 的 PDA 培养基,剩余步骤同

步骤(1)(25 ℃恒温培养箱中培养)。(3)光照对病菌生长的影响:试验设 24 h 光照、24 h 黑暗和 12 h 光照/12 h 黑暗交替 3 组处理,剩余步骤同步骤(1)(不同光照时间的培养箱中培养)。(4)碳源、氮源对病菌生长的影响:以查氏培养基为基础培养基,分别以等量的麦芽糖、葡萄糖、淀粉、甘露醇、乳糖和山梨醇等碳源替换培养基中的蔗糖配制 7 种含不同碳源的查氏培养基,以蛋白胨、牛肉膏、氯化铵、谷氨酰胺和硫酸铵等氮源替换培养基中的硝酸钠配制 6 种含不同氮源的查氏培养基,剩余步骤同步骤(1)(25 ℃恒温培养箱中培养)^[30]。

1.2.2 杀菌剂对病原菌的抑制作用测定 (1)含杀菌剂培养基的制备:在预试验的基础上,将 10 种药剂分别进行稀释配制成 5 个不同的浓度,具体浓度如表 3 所示。用移液器量取 2 mL 特定浓度的杀菌剂药液添加至 50 ℃左右 18 mL 的高温灭菌 PDA 培养基中,充分摇晃,制成含药培养基。每个浓度重复 3 次。以添加等量无菌水的高温灭菌的 PDA 培养基为对照^[31]。(2)菌丝生长抑制率测定:采用菌丝生长抑制率法测定不同杀菌剂对菌丝生长的抑制作用。在无菌条件下用直径为 0.5 cm 的打孔器在活化后的培养基上打取菌饼,接于含杀菌剂药液的 PDA 培养基平板上,接菌后置于 25 ℃培养箱中黑暗条件下培养。培养至 10 d 时,采用十字交叉法测量菌落直径(cm),按照以下公式^[31]计算菌丝生长抑制率:

菌丝生长抑制率 = (对照菌落直径 - 处理菌落直径) / (对照菌落直径 - 菌饼直径) × 100%。

1.3 数据分析

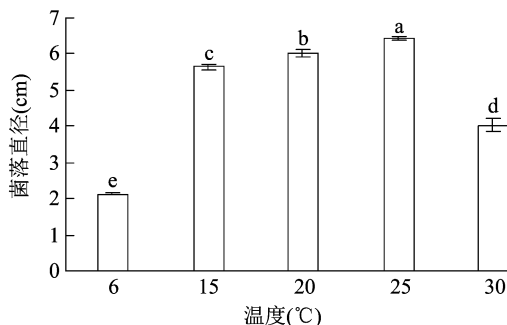
Excel 2016、SPSS 21.0 软件对数据进行处理。生物学特性数据选用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。计算得出各杀菌剂对荞麦炭疽病菌的毒力回归方程、有效中浓度(EC₅₀)和决定系数(r^2)^[27]。

2 结果与分析

2.1 荞麦炭疽病菌的生物学特性

2.1.1 温度对病菌生长的影响 不同温度对 *C. liriopes* 9J1 菌丝生长的影响如图 1 所示,6 ~ 30 ℃ 范围内荞麦炭疽病菌均能够生长,在 20 ~ 25 ℃ 范围内病菌菌丝生长较快,其中 25 ℃ 条件下菌落直径显著大于其他温度处理,病菌生长最好,菌落直径最大,培养 5 d 后达 6.42 cm。研究表明,温度过高或

过低均能抑制荞麦炭疽病菌的生长速度,该病菌最适生长温度为 25 ℃。



不同小写字母表示经 Duncan's 新复极差法检验,处理间差异显著($P < 0.05$)。下同

图1 温度对病菌生长的影响

2.1.2 光照对病菌生长的影响 不同光照培养条件对 *C. liriopes* 9J1 菌丝生长的影响如图 2 所示,该病菌在全光照条件下菌落直径显著大于光照黑暗各 12 h 交替($P < 0.05$)。培养 5 d 后,全光照条件下菌落直径为 3.55 cm。全黑暗与光照黑暗各 12 h 交替处理条件下菌落直径差异不显著($P > 0.05$)。以上结果表明,*C. liriopes* 9J1 对光照较为敏感,全光照有利于 *C. liriopes* 9J1 菌丝的生长。

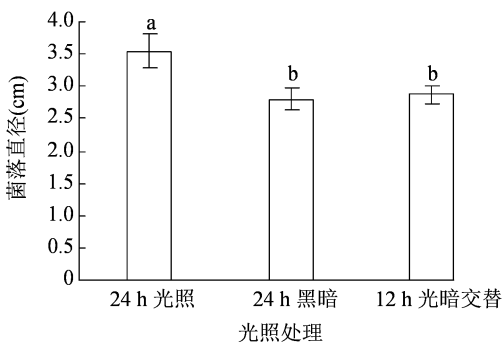


图2 光照对病菌生长的影响

2.1.3 pH 值对病菌生长的影响 恒温培养箱中培养 5 d 后,不同 pH 值条件下 *C. liriopes* 9J1 的菌落直径如图 3 所示,菌丝在 pH 值为 5 ~ 9 范围内均能够生长,pH 值为 6 时,菌落直径显著大于其他处理($P < 0.05$),达到 5.75 cm,pH 值为 5、6.5、7、8 和 9 的条件下菌落直径差异不显著($P > 0.05$),但显著低于 pH 值为 6 的处理。以上结果表明,*C. liriopes* 9J1 适合在酸碱度为中性偏酸的环境条件下生长。

2.1.4 碳源、氮源对病菌生长的影响 不同碳源和氮源对 *C. liriopes* 9J1 生长的影响见表 2。由表 2 可知,在 7 种供试的碳源培养基中,*C. liriopes* 9J1 菌丝均能生长,其中以山梨醇为碳源的培养基菌落生长

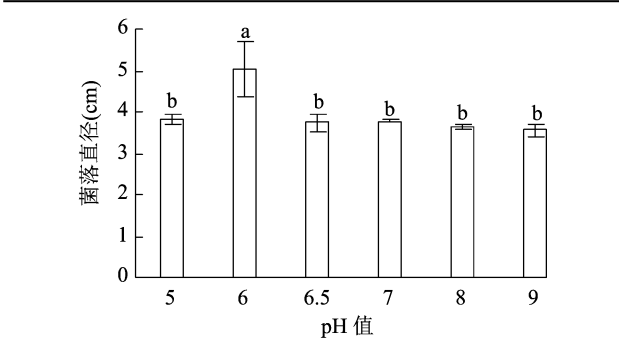


图3 pH 值对病菌生长的影响

最快,为最适碳源,恒温培养 5 d 后菌落直径可达 2.42 cm,显著大于其他碳源处理,其他碳源条件下的菌落直径由大到小分别为淀粉、乳糖、甘露醇、麦芽糖、葡萄糖、蔗糖,其中以蔗糖为碳源的培养基培养 5 d 时菌落直径仅为 0.92 cm。由此可见,*C. liriopes* 9J1 对山梨醇利用效果最好。不同氮源条件下恒温培养 5 d 后,*C. liriopes* 9J1 在以牛肉膏为氮源的培养基菌丝生长最快,显著高于其他处理 ($P < 0.05$),菌落直径达 3.90 cm;其余氮源菌落直径由大到小分别为蛋白胨、谷氨酰胺、氯化铵、硫酸铵、硝酸钠。结果表明,*C. liriopes* 9J1 菌丝生长的适合氮源为牛肉膏。

表 2 不同碳源、氮源对病菌生长的影响

碳源		氮源	
碳源	菌落直径 (cm)	氮源	菌落直径 (cm)
淀粉	1.95 ±0.15ab	牛肉膏	3.90 ±0.13a
山梨醇	2.42 ±0.15a	蛋白胨	2.28 ±0.24b
乳糖	1.87 ±0.03b	硫酸铵	1.25 ±0.20de
甘露醇	1.52 ±0.68bc	氯化铵	1.60 ±0.52cd
葡萄糖	1.15 ±0.13cd	谷氨酰胺	2.00 ±0.20bc
麦芽糖	1.25 ±0.05cd	硝酸钠	0.92 ±0.15e
蔗糖	0.92 ±0.15 d		

注:同列数据后不同小写字母表示不同碳源或氮源间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 不同浓度杀菌剂对荞麦炭疽病菌菌落生长的影响

不同浓度杀菌剂对荞麦炭疽病菌菌落生长的影响见表 3。10 种供试杀菌剂的各处理浓度对荞麦炭疽病菌菌落生长均有一定的抑制作用,各药剂在高浓度条件下的抑菌率都显著高于其他浓度。其中 50% 多菌灵可湿性粉剂、20% 丙环唑微乳剂、10% 苯醚甲环唑微乳剂、500 g/L 异菌脲悬浮剂、450 g/L 咪鲜胺水乳剂和 75% 肟菌·戊唑醇水分散粒剂在高浓度处理条件下抑菌率都达到了 90% 以上。而 10% 苯醚甲环唑微乳剂、75% 肟菌·戊唑醇

表 3 不同浓度供试杀菌剂对荞麦炭疽病菌菌落生长的影响

杀菌剂	药剂浓度 (mg/L)	抑制率 (%)
50% 多菌灵可湿性粉剂	4.000 0	92.94
	2.600 0	81.18
	1.500 0	63.92
	0.800 0	42.00
	0.250 0	23.30
80% 代森锰锌可湿性粉剂	18.000 0	71.41
	10.000 0	52.35
	6.000 0	46.24
	3.000 0	33.29
	1.000 0	21.76
20% 丙环唑微乳剂	0.200 0	94.47
	0.100 0	71.56
	0.050 0	56.12
	0.025 0	24.71
	0.012 5	21.65
10% 苯醚甲环唑微乳剂	0.100 0	93.33
	0.050 0	87.06
	0.025 0	72.15
	0.012 5	67.64
	0.006 3	60.59
40% 嘧霉胺悬浮剂	0.400 0	89.65
	0.300 0	76.47
	0.150 0	58.47
	0.050 0	44.51
	0.025 0	39.21
500 g/L 异菌脲悬浮剂	50.000 0	91.50
	25.000 0	79.80
	12.500 0	77.29
	6.250 0	54.35
	3.125 0	46.71
450 g/L 咪鲜胺水乳剂	45.000 0	90.24
	22.500 0	70.24
	11.250 0	60.82
	5.625 0	52.35
	2.812 5	46.71
75% 肟菌·戊唑醇水分散粒剂	4.500 0	98.82
	3.500 0	94.51
	2.500 0	93.73
	1.500 0	87.26
	0.500 0	81.76
50% 啶酰菌胺水分散粒剂	3.000 0	84.12
	1.500 0	68.24
	0.750 0	66.12
	0.375 0	62.15
	0.187 5	60.00
60% 唑醚·代森联水分散粒剂	3.000 0	80.98
	1.500 0	71.56
	0.750 0	58.62
	0.375 0	55.88
	0.187 5	35.60

水分散粒剂和 50% 啶酰菌胺水分散粒剂在最低浓度处理条件下的抑菌率都不低于 60%。

2.3 10 种供试杀菌剂对荞麦炭疽病菌菌丝生长的有效中浓度

供试杀菌剂对荞麦炭疽病菌菌丝生长的抑制中浓度结果见表 4。其中 10% 苯醚甲环唑微乳剂的毒力作用最强,EC₅₀ 为 0.004 mg/L;其次是 20% 丙环唑微乳剂、40% 咯霉胺悬浮剂、75% 脲菌·戊唑醇水分散粒剂和 50% 啶酰菌胺水分散粒剂,EC₅₀ 分别为 0.043、0.059、0.077、0.088 mg/L;60% 唑醚·代森联水分散粒剂和 50% 多菌灵可湿性粉剂的 EC₅₀ 分别 0.375、0.821 mg/L;而 500 g/L 异菌脲悬浮剂、450 g/L 咪鲜胺水乳剂和 80% 代森锰锌可湿性粉剂的毒力最差,EC₅₀ 分别为 4.011、4.515、6.915 mg/L。10 种供试杀菌剂对荞麦炭疽病菌的毒力大小为:10% 苯醚甲环唑微乳剂>20% 丙环唑微乳剂>40% 咯霉胺悬浮剂>75% 脲菌·戊唑醇水分散粒剂>50% 啶酰菌胺水分散粒剂>60% 唑醚·代森联水分散粒剂>50% 多菌灵可湿性粉剂>500 g/L 异菌脲悬浮剂>450 g/L 咪鲜胺水乳剂>60% 代森锰锌可湿性粉剂。

表 4 供试杀菌剂对荞麦炭疽病菌抑制作用的回归方程及 EC₅₀

杀菌剂	毒力回归方程	EC ₅₀ (mg/L)	决定系数 (r ²)
50% 多菌灵可湿性粉剂	$y = 1.748x + 1.500$	0.821	0.996
80% 代森锰锌可湿性粉剂	$y = 1.031x - 0.866$	6.915	0.999
20% 丙环唑微乳剂	$y = 1.915x + 2.625$	0.043	0.993
10% 苯醚甲环唑微乳剂	$y = 0.987x + 2.357$	0.004	0.999
40% 咯霉胺悬浮剂	$y = 1.107x + 1.362$	0.059	0.993
500 g/L 异菌脲悬浮剂	$y = 1.199x - 0.723$	4.011	0.999
450 g/L 咪鲜胺水乳剂	$y = 0.990x - 0.653$	4.515	0.996
75% 脲菌·戊唑醇水分散粒剂	$y = 1.021x + 1.138$	0.077	0.998
50% 啶酰菌胺水分散粒剂	$y = 0.520x + 0.548$	0.088	0.998
60% 唑醚·代森联水分散粒剂	$y = 0.964x + 0.410$	0.375	0.999

3 讨论与结论

研究病菌的生物学特性对掌握病害的发生规律和提出防治措施具有非常重要的意义。本研究结果表明,荞麦炭疽病菌对不同温度、pH 值、光照、碳氮源具有不同程度的适应性。在温暖的条件下,酸碱度为中性或中性偏酸环境可促进菌株菌丝生长,说明此类环境有利于该病害的发生流行。光照条件下病菌菌丝生长速率快于黑暗条件,如田间荞

麦种植密度过小易造成透光良好,为病菌菌丝生长创造了有利条件。病菌生长的最适碳源和氮源分别为山梨醇和牛肉膏。研究结果为该病菌的深入研究提供一定理论依据。

本研究对 10 种药剂对荞麦炭疽病菌菌丝生长的 EC₅₀ 进行分析,最终发现 10% 苯醚甲环唑微乳剂、20% 丙环唑微乳剂、40% 咯霉胺悬浮剂对荞麦炭疽病菌抑制效果较好,其中 10% 苯醚甲环唑微乳剂抑制作用最强,其 EC₅₀ 为 0.004 mg/L。与巩佳莉等的报道结果^[32] 相比,荞麦炭疽病菌对苯醚甲环唑比咖啡炭疽病菌(*Colletotrichum* spp.) 更敏感,但是从整体考虑,丙环唑和咯霉胺对荞麦炭疽病都有较为明显的毒力作用,由此笔者推测,不同种类杀菌剂对荞麦炭疽病病原菌抑制效果存在差异的原因可能在于杀菌剂的作用机理存在差异。本研究中多菌灵对荞麦炭疽病菌菌丝生长具有一定的抑制作用,因此在种植前,可选用多菌灵拌种处理来预防荞麦炭疽病的发生。高鹏等发现,代森锰锌对燕麦炭疽病病菌菌丝生长的抑制作用较差,EC₅₀ 为 10.690 5 mg/L^[26],本研究中代森锰锌的抑菌效果的结果与之相似。咪鲜胺对柑橘炭疽病和葡萄炭疽病菌抑菌效果较好,EC₅₀ 分别为 0.05、0.11 μg/mL,但对荞麦炭疽病菌的抑制效果较差,可见同一种杀菌剂对不同作物炭疽病的抑制效果存在差异^[31]。本研究发现异菌脲对荞麦炭疽病的抑制效果较差,EC₅₀ 为 4.011 mg/L。啶酰菌胺在国内常应用于各类作物炭疽病的防治^[33],但本研究中啶酰菌胺对荞麦炭疽病的抑制作用较弱。在实际生产应用中,单一药剂的频繁使用易使病原菌产生抗药性,降低防治效果,通过使用复配杀菌剂,或选用不同作用机理的杀菌剂交替使用,可延缓病菌抗性的产生和发展。本研究中唑醚·代森联和脲菌·戊唑醇对荞麦炭疽病菌菌落生长均有一定的抑制作用,在实际生产中可交替使用以延缓药剂的使用寿命。

本研究结果为进一步开展田间试验提供理论基础和参考依据。在应用到田间生产时需考虑到多方面因素的影响,药剂的大田防治,不仅与病原菌孢子产生和孢子萌发环境有关,还与药剂本身特性、施药条件等因素密切相关。后续应进行田间药效试验,筛选出可应用于大田大面积防治的高效低毒、低残留的药剂,从而为有效防治荞麦炭疽病提供科学依据。此外,长期使用高浓度的单一药剂易导致病菌产生抗药性,因此在实际生产中在保证与

其他不同作用机制的杀菌剂进行轮换使用的基础上,应明确炭疽病的防治经济阈值,严格控制杀菌剂的用药量,以延长药剂的使用寿命,避免病原菌抗药性的加重。

参考文献:

- [1] 张润敏,刘海宁,姚慧鹏,等. 苦荞过敏蛋白 TBW17 基因克隆及其抗原表位分析[J]. 基因组学与应用生物学,2016,35(12): 3481–3486.
- [2] 张素梅,王宗胜. 中国荞麦资源品质区划初探[J]. 甘肃农业科技,2018(8):81–84.
- [3] 丁梦琦,吴燕民,未 丽,等. 饲用荞麦在畜牧业中的应用与研究[J]. 草业科学,2018,35(1):176–185.
- [4] 孟 杨. 粗粮最是荞麦香[J]. 粮食科技与经济,2018,43(6): 13.
- [5] 齐杨菊,陈振江,李振霞,等. 荞麦病害研究进展[J]. 草业科学,2020,37(1):75–86.
- [6] Hyde K D, Cai L, Cannon P F, et al. *Colletotrichum* – names in current use[J]. Fungal Diversity,2009,39:147–182.
- [7] Diao Y Z, Zhang C, Liu F, et al. *Colletotrichum* species causing anthracnose disease of chili in China[J]. Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi,2017,38:20–37.
- [8] Adaskaveg J E, Hartin R J. Characterization of *Colletotrichum acutatum* isolates causing anthracnose of almond and peach in California[J]. Phytopathology,1997,87(9):979–987.
- [9] Yang H C, Haudenschild J S, Hartman G L. First report of *Colletotrichum chlorophyti* and a new *Colletotrichum* species causing soybean anthracnose[J]. Plant Sciences,2012,102(7):140–140.
- [10] Cannon P F, Simmons C M. Diversity and host preference of leaf endophytic fungi in the Iwokrama forest reserve, Guyana [J]. Mycologia,2002,94(2):210–220.
- [11] 李静宇,蒲小明,蒲浩杰,等. 8 种杀菌剂对梅片树炭疽病菌的室内毒力测定[J]. 农业研究与应用,2021,34(4):62–67.
- [12] Dean R, van Kan J A L, Pretorius Z A, et al. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology [J]. Molecular Plant Pathology,2012,13(4):414–430.
- [13] Chen T X, Wang T, Gou Y D, et al. Identification of *Colletotrichum liriopes* as the causative agent of anthracnose in buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) in China [J]. Plant Disease, 2021, 105:3741.
- [14] Oo M M, Oh S K. New record of anthracnose caused by *Colletotrichum liriopes* on broad leaf liriopie in Koera [J]. Korean Journal of Medical Mycology,2017,45(1):68–73.
- [15] Damm U, Woudenberg J H C, Cannon P F, et al. *Colletotrichum* species with curved conidia from herbaceous hosts [J]. Fungal Diversity,2009,39:45–87.
- [16] Chen S Y, Hou X M, Yang S, et al. First report of *Colletotrichum liriopes* causing leaf spots on *Liriope spicata* in China [J]. Plant Disease,2019,103(6):1422–1423.
- [17] Yang B, Jin X H, Feng Q C, et al. *Colletotrichum* species causing leaf spot diseases of *Liriope cymbidiomorpha* (Ined.) in China [J]. Australasian Plant Pathology,2020,49(2):137–139.
- [18] Kwon J H, Kim J. First report of anthracnose on *Rohdea japonica* caused by *Colletotrichum liriopes* in Korea [J]. Plant Disease,2013, 97(4):559.
- [19] Triganio R N, Boggess S L, Bernard E C, et al. First report of a leaf anthracnose on *Rohdea japonica* (Japanese sacred lily) caused by *Colletotrichum liriopes* (*Glomerella* species) in the United States [J]. Plant Disease,2018,102(11):2380.
- [20] Tao G, Liu Z Y, Liu F, et al. Endophytic *Colletotrichum* species from *Bletilla ochracea* (Orchidaceae), with descriptions of seven new speices [J]. Fungal Diversity,2013,61(1):139–164.
- [21] Wang M S, Wang H Z. First report of leaf anthracnose caused by *Colletotrichum liriopes* on *Ophiopogon japonicus* in China [J]. Crop Protection,2021,140:105418.
- [22] 钟 杰,尹秀娟,钟双玉,等. 富贵草叶斑病原的鉴定[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2022,48(1):60–64.
- [23] 王 琳. 植物病害综合防治技术 [J]. 中国园艺文摘,2017,33(3):225–226.
- [24] Du Z W, Wang F M, Guo C J, et al. The studies of integrated control of rice diseases and pests in China. Research and application of multi – function control techniques [J]. Scientia Agricultura Sinica,1990: 13–18.
- [25] 王拱辰,叶琪铭. 镰刀菌在生物防治中的作用 [J]. 生物防治通报,1990(2):80–84.
- [26] 高 鹏,刘 琳,刘鸣鑫,等. 不同作用机制杀菌剂对燕麦炭疽病菌的室内毒力测定 [J]. 草业科学,2021,38(9):1737–1744.
- [27] 戴启星,祝忠有,张树武,等. 几种新型杀菌剂对菜豆炭疽病菌的室内毒力测定 [J]. 中国蔬菜,2018(12):49–53.
- [28] 薄 鑫,罗大成,李海静,等. 6 种杀菌剂对辣椒炭疽病菌室内毒力测定及田间药效评价 [J]. 西北农业学报,2021,30(7): 1100–1105.
- [29] 岳海梅. 植物病理学实验及研究技术 [M]. 北京:中国农业大学出版社,2015:139–146.
- [30] 张 琳,彭 琳,邵郅伟,等. 南瓜炭疽病菌 *Colletotrichum brevisporum* 生物学特性及药剂防治 [J]. 植物保护,2021,47(4):59–65.
- [31] 王贤达,林雄杰,胡茵青,等. 4 种杀菌剂对 3 种果树炭疽病菌的室内毒力测定 [J]. 东南园艺,2020,8(4):28–31.
- [32] 巩佳莉,陆 英,贺春萍,等. 15 种杀菌剂对咖啡炭疽菌的室内毒力测定 [C]// 巩佳莉. 中国植物保护学会 2019 年学术年会论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2019:1.
- [33] 尚 宇,李 飞,郭亚飞. 环保型杀菌剂吡啶酰胺的合成 [J]. 精细化工中间体,2020,50(5):12–15.