

平贝母腐烂病致病菌习性及其防治药剂筛选研究

韩丹¹, 王琪¹, 任霞², 田义新^{2*}

(1. 吉林农业大学中药材学院, 长春 130118; 2. 长白朝鲜族自治县农业科学技术推广总站, 吉林 白山 134400)

摘要: 对平贝母鳞茎腐烂病分离频率较高的3种病原菌——层出镰孢(*Fusarium proliferatum*) P2、尖孢镰孢(*Fusarium oxysporum*) B1和锐顶镰孢(*Fusarium acuminatum*) Y1菌株进行形态学和分子生物学鉴定; 通过不同生理、生化条件进行生物学特性研究, 通过生长速率法对8种常用药剂进行室内抑菌效果测定。结果显示, 3种病原菌在15~30℃均可生长, 最适生长温度在20~25℃, 并确定了3种菌的最适生长pH, 最适碳、氮源。在选用的8种农药室内筛选中, 发现唑醚·氟酰胺对菌株P2的毒力最强, EC_{50} 为6.231 0 mg/L; 氟啶胺对菌株B1的抑制效果最好, EC_{50} 为0.001 2 mg/L; 对菌株Y2的抑制效果最好的药剂为唑醚·氟酰胺, 其 EC_{50} 为0.100 9 mg/L。因此, 确定平贝母腐烂病致病菌有3种, 抑制效果最好的为唑醚·氟酰胺。

关键词: 平贝母; 鳞茎腐烂病; 病原菌鉴定; 生物学特性; 药剂筛选

中图分类号: S435.672

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)02-0048-07

Study on the Pathogen Habits of *Fritillaria ussuriensis* Bulb Rot and the Screening of Control Fungicides

HAN Dan¹, WANG Qi¹, REN Xia², TIAN Yixin^{2*}

(1. College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Agricultural Science & Technology Extension Station of Changbai Korean Autonomous County, Baishan 134400, China)

Abstract: The morphological and molecular biological identification of three pathogenic fungi isolated frequently from bulb rot of *Fritillaria ussuriensis*, which identified as *Fusarium proliferatum* strain P2, *Fusarium oxysporum* strain B1, and *Fusarium acutatum* strain Y1, was conducted. Biological characteristics were studied by different physiological and biochemical conditions. The indoor antibacterial effect of 8 kinds of common fungicides was determined by growth rate method. The results showed that all three pathogenic fungi could grow at 15 to 30°C, and the most suitable growth temperature was 20 to 25°C. The optimal growth pH, carbon and nitrogen sources of the three fungi were determined. Among the eight selected fungicides selected for indoor screening, it was found that the toxicity of pyraclostrobin•fluxapyroxad to strain P2 was the strongest, with an EC_{50} 6.231 0 mg/L. The inhibitory effect of fluazinam on strain B1 was the best, with an EC_{50} 0.001 2 mg/L. The agent with the best inhibitory effect on strain Y2 was pyraclostrobin•fluxapyroxad, with an EC_{50} 0.100 9 mg/L. Therefore, it is determined that there are three pathogenic fungi responsible for the rot disease of *Fritillaria ussuriensis*, and the best inhibitory effect is pyraclostrobin•fluxapyroxad, which can be mixed with fluazinam.

Key words: *Fritillaria ussuriensis* Maxim; Bulb rot; Pathogen identification; Biological characteristics; Fungicides screening

平贝母(*Fritillaria ussuriensis* Maxim)为百合科贝母属多年生草本植物,干燥鳞茎入药,是主产于东北三省的大宗道地药材之一^[1]。有治疗咳嗽、多痰等症的功效^[2-3]。随着种植面积越来越大,

病害问题日趋严重,目前国内已报道的平贝母病害主要包括菌核病、锈病、灰霉病、根腐病等^[4-8]。2020年,王爽等^[9]报道了近年日趋严重的平贝母鳞茎腐烂病,该病害严重时腐烂面积可达80%,确定了这一病害的病原为尖孢镰孢(*Fusarium oxysporum*)和芳香镰孢(*F. redolens*),并筛选出了对该病原菌有较好抑制作用的多菌灵等农药。这是近30多年来仅有的一项有关此病害的研究,然而此

收稿日期: 2023-03-23

基金项目: 吉林省科技厅重点研发项目(20200404014YY)

作者简介: 韩丹(1990-),女,在读硕士,从事药用植物研究。

通讯作者: 田义新,男,博士,教授, E-mail: tianyixin@jlau.edu.cn

研究筛选出的多菌灵是一种极易构成食品安全风险的农药^[10],因此有必要继续开展平贝母鳞茎腐烂病致病菌研究,并筛选新型安全农药,为提升平贝母种植技术水平提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

平贝母病样:2020年5月对平贝母的主产区进行典型取样,样品来源涵盖吉林省通化、白山、延边地区14个样地,黑龙江3个样地。

化学试剂:蔗糖、果糖、葡萄糖、淀粉、乳糖、麦芽糖、蛋白胨、甘氨酸、硝酸钾、硝酸钠、硫酸铵、硝酸铵、硫酸链霉素、真菌基因组抽提采用试剂盒(杭州博日有限公司)、50%氟啶胺悬浮剂(深圳诺普信农化有限公司)、40%腈菌唑悬浮剂(深圳诺普信农化有限公司)、20%苯甲20%肟菌酯(深圳诺普信农化有限公司)、50%甲基硫菌灵悬浮剂(浙江威尔达化工有限公司)、125 g/L氟环唑悬浮剂(巴斯夫植物保护生产公司)、21.2%唑醚和21.2%氟酰胺(巴斯夫植物保护生产公司)、25 g/L咯菌腈悬浮剂(先正达南通作物保护有限公司)、430 g/L戊唑醇悬浮剂(瑞德丰生物科技有限公司)。

1.2 病原菌分离

用蒸馏水冲洗平贝母病样,在超净工作台内先用70%的乙醇浸泡3 min进行初次消毒,之后用1%的次氯酸钠进行第二次消毒1 min,最后用无菌水冲洗3遍,放在无菌滤纸上吹干。将患病贝母对半切开,使切面朝下置于添加链霉素的PDA培养基上,于25℃培养箱中培养,2 d后贝母周围开始蔓延生长菌丝,取最边缘的菌丝接种到新的PDA培养基中,连续活化三代后得到纯化好的菌株,进行后续试验。

1.3 病原菌鉴定

1.3.1 形态学鉴定

将菌株接种于PDA培养基上培养7 d,根据相关文献^[7]对病原菌进行形态鉴定,选取分离出的病原菌接种至PDA培养基上,25℃培养7 d后观察菌落颜色和形状,并在显微镜下观察分生孢子形态特征。

1.3.2 分子生物学鉴定

取活化好的病原菌接种于带有玻璃纸的PDA培养基中,待菌丝长满盘后揭下玻璃纸,从玻璃纸上刮取各病原菌菌丝。将菌丝加入液氮研磨,使用真菌基因组抽提试剂盒分别提取病菌总

DNA。采用通用引物ITS-1 5'-TCCGTAGTGAA CCTGCGG-3'、ITS-4 5'-TCCTCCGCTTATTGATAT GC-3'进行PCR扩增rDNA-ITS区域,PCR产物的长度500~800 bp。扩增rDNA-ITS序列采用50 μL反应体系,各组分:2×Taq PCR Master Mix 25 μL、DNA 2 μL、ITS-1 2 μL、ITS-4 2 μL、ddH₂O 19 μL。扩增程序:94℃预变性3 min,94℃变性30 s,50℃退火30 s,72℃延伸1 min,35个循环,72℃延伸8 min。

1.3.3 系统发育树构建

将测序结果用BLAST在GenBank中搜索同源序列,使用MEGA 11.0软件进行系统发育树分析,构建进化树。

1.4 病原菌生物学特性

1.4.1 温度对病原菌菌丝生长的影响

取活化好的直径为5 mm病原菌菌饼,接于PDA培养基内,分别放置于20℃、25℃、30℃、35℃的恒温培养箱内培养5 d,每个处理重复3次。7 d后用十字交叉法测量菌落直径。

1.4.2 pH对病原菌菌丝生长的影响

分别用1 mol/L HCl和NaOH将PDA固体培养基的pH设置为5、6、7、8、9共5个梯度,将不同处理的PDA培养基在121℃条件下灭菌30 min。取活化好5 mm的病原菌菌饼,接于不同pH的PDA培养基内,放置于恒温培养箱,25℃培养,每个处理重复3次。7 d后用十字交叉法测量菌落直径。

1.4.3 氮源对病原菌菌丝生长的影响

以磷酸钠2 g、硫酸镁1 g、蒸馏水1 000 g和琼脂15 g为基础培养基,分别在培养基中加入5 g的蛋白胨、甘氨酸、硝酸钾、硝酸钠、硫酸铵和硝酸铵为氮源。配好后放置于高压灭菌锅中121℃条件下灭菌30 min。取5 mm活化好的病原菌菌饼,接种于培养基内,放置于恒温培养箱,25℃培养,每个处理重复3次,7 d后用十字交叉法测量菌落直径。

1.4.4 碳源对病原菌菌丝生长的影响

以硝酸钾5 g、磷酸钠2 g、硫酸镁1 g、蒸馏水1 000 g和琼脂15 g为基础培养基,分别在培养基中加入5 g的乳糖、蔗糖、果糖、麦芽糖、淀粉和葡萄糖为碳源。配好后放置于高压灭菌锅中121℃条件下灭菌30 min。取5 mm活化好的病原菌菌饼,接于培养基内,放置于恒温培养箱,25℃培养,每个处理重复3次,7 d后用十字交叉法测量菌落直径。

1.5 平贝母鳞茎腐烂病室内药剂筛选

将8种供试药剂分别用0.1%吐温80稀释为

600、1 500、4 500、9 000 倍浓度,使用一次性针管与 0.45 μm 的针孔微孔过滤药液,将配制好的不同浓度的药液与培养基按照 1:9 的比例混合制成药剂平板。待平板冷却后,取 5.0 mm 的菌饼放置于药液平板中间。25 $^{\circ}\text{C}$ 黑暗培养 7 d,每个处理 3 次重复,计算抑菌率、毒力回归方程、 EC_{50} 。抑菌率的计算如下列公式,求出各个药剂对平贝母菌核病菌的毒力回归方程、 EC_{50} 及相关系数 r 。

$$\text{抑菌率} = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径}} \times 100\%$$

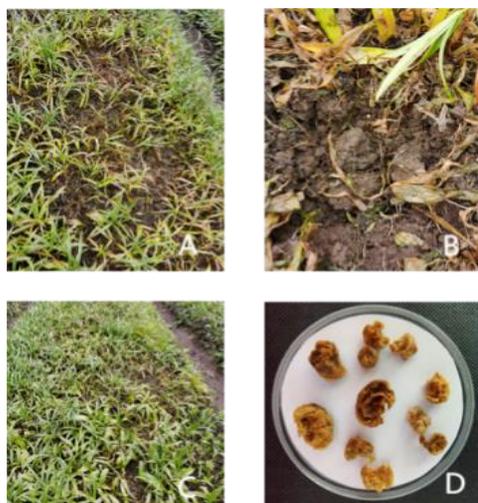
1.6 数据分析

采用 Microsoft Office Excel 2016 进行数据统计与整理,使用 SPSS 20 进行单因素方差分析和差异显著性分析 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 平贝母鳞茎腐烂病的症状

平贝母鳞茎腐烂病的发病症状情况如图 1 所示。



注:A、B为吉林省通化县三人班村发病情况;C为黑龙江省海林市22经营林场发病情况;D为患病鳞茎

图1 平贝母鳞茎腐烂病的症状

平贝母鳞茎腐烂病主要危害平贝母的鳞茎,发病时间普遍是在播种后,从鳞茎底盘部位开始变黄褐腐烂,收获前和室内越冬期腐烂,鳞茎呈褐色褶皱状。随着病菌扩散,患病鳞茎逐渐被线虫蚕食,内部呈蜂窝状,最后鳞茎腐烂只剩下一层皮壳。

2.2 病原菌分离频率

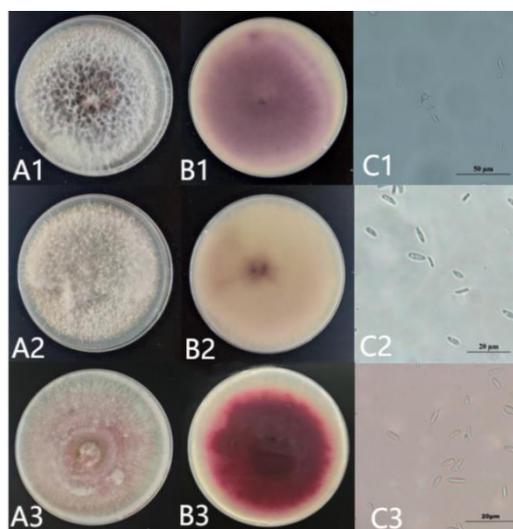
经过组织分离和单孢纯化,从采样地获取的 137 个病样中共获得菌株 297 株,由平贝母鳞茎腐烂病的分离频率(见表 1)可知,菌株 P2、Y1 和 B1 为优势种。

表 1 平贝母腐烂病病样分离结果

病原菌代号	分离菌株数量	分离频率/%
P2	80	26.93
Y1	73	24.57
B1	71	23.90
P1	12	4.04
B2	16	5.38
B3	9	3.03
Y2	17	5.72
Y3	19	6.39

2.3 病原菌的分离与鉴定

从分离得到的 297 株菌株中按照形态学分为 8 种,选取优势种进行形态学鉴定及分子生物学鉴定,将 3 种优势种病原菌接种于 PDA 培养基中,菌株 P2 在 PDA 培养基上,25 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 7 d 的菌落直径为 75~80 mm,菌丝较茂盛,呈棉絮状,初为白色,随后几天菌丝变为淡紫色,且随着培养时间的延长,菌落产生紫色色素。分生孢子呈短棒棍形,通常 1~2 个分隔。菌株 B1 在 PDA 培养基上,25 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 7 d 的菌落直径为 70~75 mm,菌落呈规则圆形,白色菌丝较茂盛,呈绒毛状,随后产生淡紫色色素。分生孢子呈椭圆形,有 3~4 隔膜。菌株 Y1 在 PDA 培养基 25 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 7 d 的菌落直径为 70~75 mm,菌落呈规则圆形,菌丝较茂盛,白色菌丝,呈绒毛状,随后产生淡紫色色素。分生孢子呈椭圆形,有 3~4 隔膜(见图 2)。



注:A1、B1、C1为菌株正面;A2;B2、C2为菌株背面;A3、B3、C3为菌株分生孢子

图2 3株致病菌株的形态学观察

将 3 株病原菌 ITS 基因测序结果与 NCBI 核算序列进行对比,P2 菌株序列全长为 523 bp 片段与

GenBank 登录号为 MW425873 的 *Fusarium proliferatum* 相似度为 99%,且在系统发育树中聚在同一分支。B1 菌株序列全长为 517 bp 片段与 GenBank 登录号为 MN856322 的 *F. oxysporum* 相似度为

100%,且聚为一类。Y1 菌株序列全长为 534 bp,与 GenBank 登录号为 MZ145386 的 *F. acuminatum* 相似度为 99%,且在发育树中聚为同一分支。结果见图 3。

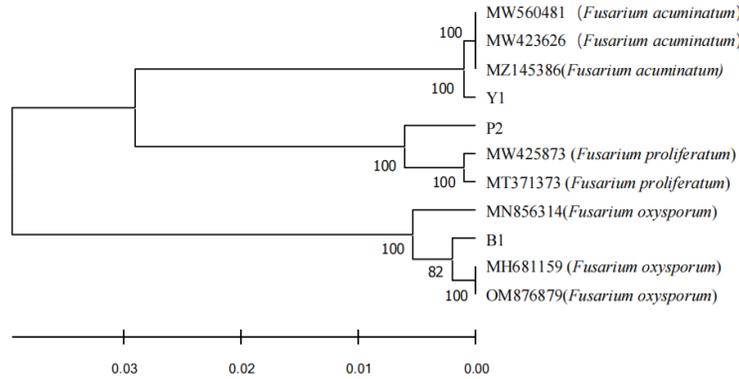


图3 基于邻近法构建的 *Fusarium* spp. 的 ITS 系统发育树

结合形态学分析及分子生物学鉴定结果,鉴定 P2 为层出镰孢 (*F. proliferatum*)、B1 为尖孢镰孢 (*F. oxysporum*)、Y1 为锐顶镰孢 (*F. acuminatum*)。

2.4 生物学特性

2.4.1 不同温度对病原菌生长的影响

由图 4 可知,3 种病原菌在 15~30 °C 的范围内均能生长,层出镰孢在不同温度条件下的生长速度依次表现为:25 °C>20 °C>15 °C>30 °C,其中 25 °C 培养下的菌丝直径为 5.83 cm,菌丝生长速度显著,25 °C 是最适生长温度;尖孢镰孢在 25 °C 的条件下生长最快,菌落直径(6.13±0.07) cm;锐顶镰孢在 20 °C 时菌丝生长最快,菌落直径为 4.37 cm,菌丝生长速度显著快于 25 °C 条件下的生长速度。

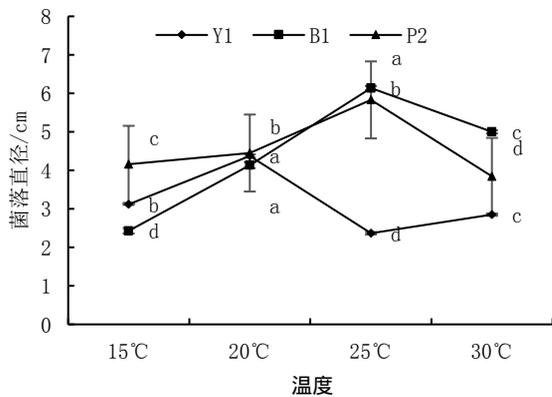


图4 不同温度对 3 种病原菌菌丝生长的影响

2.4.2 不同 pH 对病原菌生长的影响

由图 5 可知,pH 5.0~9.0 时,3 种病原菌均能生长,层出镰孢在 pH 6.0 时生长最快,其菌落直径为 5.35 cm;尖孢镰孢在 pH 7.0 时菌丝生长最快,菌落直径为 6.50 cm;锐顶镰孢在 pH 6.0 时菌丝生长最快,培养 7 d 后菌落直径为 7.23 cm。

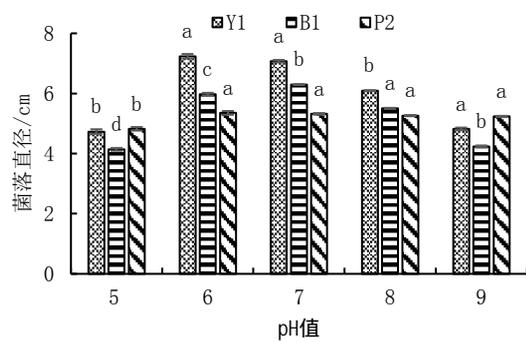


图5 不同 pH 对病原菌生长的影响

2.4.3 不同碳源对病原菌生长的影响

由图 6 可知,3 种病原菌在不同碳源培养基中生长情况各不相同,层出镰孢在以蔗糖为碳源的培养基中生长最快,7 d 时的菌丝直径为 7.77 cm,但与其他 5 种处理无显著差异;尖孢镰孢在不同碳源的培养基中生长情况依次为:乳糖>麦芽糖>蔗糖淀粉>葡萄糖>果糖;锐顶镰孢在葡萄糖上的菌落直径最大,菌落直径为 4.09 cm,但与其他处理组之间无显著差异。

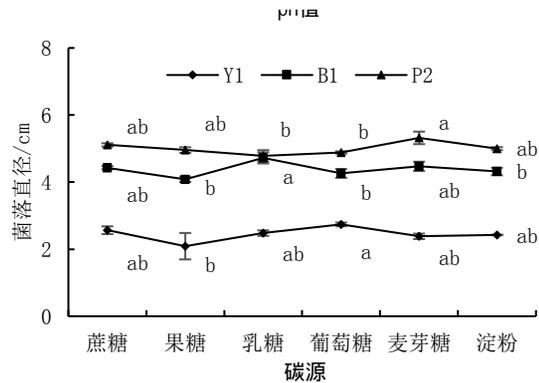


图6 不同碳源对病原菌生长的影响

2.4.4 不同氮源对病原菌生长的影响

由表2可知,层出镰孢在不同氮源的培养基上生长情况为:硝酸铵>硫酸铵>硝酸钾>蛋白胨>硝酸钠>甘氨酸,其在以硝酸铵为氮源时的生长速度显著快于其他氮源处理;尖孢镰孢在不同氮源的培养基中生长速度表现为:硝酸铵>蛋白胨>硫酸

铵>硝酸钾>甘氨酸>硝酸钠,尖孢镰孢在硝酸铵、蛋白胨、硫酸铵和硝酸钾中菌丝的生长速度差异较小。锐顶镰孢在蛋白胨氮源培养基上生长最快,在蛋白胨为氮源条件下菌丝的生长速度显著快于其他氮源处理,其他处理组之间差异较小,均小于3.00 cm。

表2 不同氮源对3种病原菌菌丝生长速率的影响

不同氮源	生长速率/cm·d ⁻¹		
	P2	B1	Y1
蛋白胨	7.11±0.06c	4.95±0.11ab	3.07±0.06a
甘氨酸	5.35±0.07c	3.78±0.11d	2.07±0.03c
硝酸钾	7.21±0.06c	4.55±0.04c	2.66±0.04b
硫酸铵	7.50±0.09b	4.75±0.02bc	2.71±0.04b
硝酸钠	5.84±0.03d	3.70±0.01d	2.16±0.08bc
硝酸铵	7.94±0.02a	4.99±0.03a	2.85±0.07b

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

2.5 室内药剂的筛选

供试的8种药剂对3种病原菌均有一定的抑制作用,菌株P2的毒力试验结果表明,其中EC₅₀较小的是唑醚·氟酰胺、戊唑醇、腈菌唑和氟环唑,其EC₅₀依次为6.231 0、14.013 9、13.930 9、19.604 1 mg/L。氟啶胺对尖孢镰孢的抑制作用较明显,其EC₅₀为0.001 2 mg/L;其次为42.4%唑醚·氟酰胺悬浮剂,其EC₅₀为2.747 4 mg/L。对锐顶镰孢抑制作用较好的是42.4%唑醚·氟酰胺,对比其他药剂具有显著性差异($P<0.05$),其EC₅₀为0.100 9 mg/L。详见表3和图7。

表3 不同药剂对3种病原菌菌株的抑制作用

菌株	药剂名称	毒力回归方程	相关系数/r	EC ₅₀ /mg·L ⁻¹
P2	50% 氟啶胺悬浮剂	y=7.677 3x-0.248 8	0.989 4	21.221 3
	40% 腈菌唑悬浮剂	y=9.131 1x-0.369 4	0.980 3	13.930 9
	40% 苯甲·腈菌酯	y=6.815 9x-0.246 8	0.776 7	638.140 4
	50% 甲基硫菌灵悬浮剂	y=8.655 2x-0.443 5	0.696 2	263.607 5
	125 g/L 氟环唑悬浮剂	y=10.763 9x-0.531 8	0.922 4	19.640 1
	42.4% 唑醚·氟酰胺	y=6.767 7x-0.147 4	0.882 1	6.231 0
	25% 咯菌腈悬浮剂	y=2.842 2x-0.119 9	0.803 6	19.542 5
	430 g/L 戊唑醇悬浮剂	y=12.669 2x-0.086 2	0.823 3	14.013 9
B1	50% 氟啶胺悬浮剂	y=6.496 7x-0.729	0.575 0	0.001 2
	40% 腈菌唑悬浮剂	y=11.087 1x-0.605 7	0.992 1	43.216 3
	40% 苯甲·腈菌酯	y=5.317 2x-0.162 4	0.776 7	98.245 4
	50% 甲基硫菌灵悬浮剂	y=8.119 9x-0.305	0.981 9	134.705 1
	125 g/L 氟环唑悬浮剂	y=14.451 3x-0.983 3	0.910 3	66.984 9
	42.4% 唑醚·氟酰胺	y=5.735 2x-0.025 4	0.865 3	2.747 4
	25% 咯菌腈悬浮剂	y=4.421 4x-0.129 9	0.918 5	11 660
	430 g/L 戊唑醇悬浮剂	y=12.552 8x-0.668 8	0.823 2	12.461 0
Y1	50% 氟啶胺悬浮剂	y=7.955 1x-0.290 2	0.992 1	37.814 6
	40% 腈菌唑悬浮剂	y=7.610 9x-0.286 1	0.973 3	39.796 4
	40% 苯甲·腈菌酯	y=6.997 1x-0.203 2	0.927 3	54.130 6
	50% 甲基硫菌灵悬浮剂	y=5.955 4x-0.146 1	0.411 2	1 448.472 6
	125 g/L 氟环唑悬浮剂	y=4.926 5x-0.0449	0.249 2	1.685 1
	42.4% 唑醚·氟酰胺	y=7.492 6x-0.154 7	0.934 8	0.100 9
	25% 咯菌腈悬浮剂	y=7.019 1x-0.235 1	0.555 9	186.895
	430 g/L 戊唑醇悬浮剂	y=8.198 9x-0.317 5	0.999 9	42.100 4

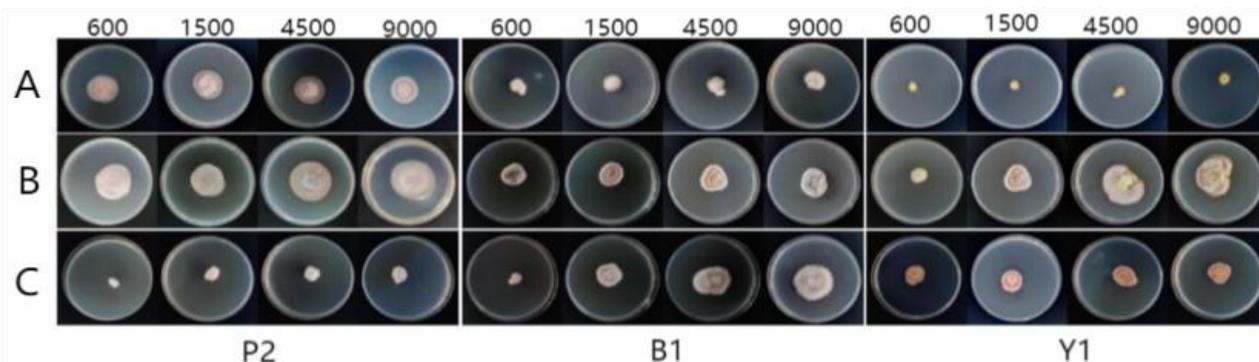


图7 不同药剂对3种病原菌菌株的室内抑制效果

3 讨论

目前关于平贝母鳞茎腐烂病的研究较少,1987年廖蔚文等^[11]研究发现,贝母腐烂病的病原菌主要包括燕麦镰孢霉(*Fusarium avenaceum*)和欧氏杆菌(*Erwinia carotovora*)。高启超^[12]研究表明,皖贝母鳞茎腐烂病的病原菌全部为镰孢,分别为茄病镰孢(*F. solani*)、尖孢镰孢(*F. oxysporum*)和串珠镰孢(*F. moniliforme*),但是以茄病镰孢为主。王爽等^[9]在平贝母上发现了新的鳞茎腐烂病病原菌,鉴定结果为尖孢镰孢(*F. oxysporum*)和芳香镰孢(*F. redolens*)。本试验通过形态学鉴定和分子生物学鉴定,确定了平贝母鳞茎腐烂病的病原菌为层出镰孢(*F. proliferatum*)、尖孢镰孢(*F. oxysporum*)和锐顶镰孢(*F. acuminatum*)。首次平贝母腐烂病中发现两种新的病原菌,即层出镰孢(*F. proliferatum*)和锐顶镰孢(*F. acuminatum*)。

文增叶等^[13]研究表明,三七根腐病尖孢镰孢的最适温度为30℃、pH 5.0、淀粉和乳糖为最佳碳源,硝酸铵为最适氮源。张晶晶^[14]研究酸浆根腐病病原菌尖孢镰孢发现,尖孢镰孢在pH 7.0、温度为30℃长势最优。吴金花^[15]对马铃薯干腐病病原菌研究发现,锐顶镰孢的菌丝生长最适温度为28℃、pH 8.0、最适碳源为可溶性淀粉,对蛋白胨和尿素的利用效果好。翟雅鑫等^[16]对百合枯萎病病原菌层出镰孢研究发现,其菌丝生长最适pH 7.0,最适碳源为乳糖,蛋白胨为氮源时最有利于菌丝生长。本试验研究发现,层出镰孢P2的最适pH 6.0、最适合其生长的碳源为蔗糖,菌丝生长情况最好的是硝酸铵为氮源培养基;尖孢镰孢B1生长的最适温度为25℃、pH 7.0、乳糖最佳碳源、硝酸铵为最适氮源;锐顶镰孢Y1的最适pH 6.0,最

适生长碳源是葡萄糖,对于蛋白胨的氮源利用率最高。

8种药剂的室内毒力试验结果表明,42.4%唑醚·氟酰胺对层出镰孢P2的毒力最强,EC₅₀为6.231 0 mg/L,其次是40%腈菌唑和430 g/L戊唑醇,EC₅₀分别为13.930 9 mg/L和14.013 9 mg/L。50%氟啶胺对尖孢镰孢B1的抑制效果最好,EC₅₀仅为0.001 2 mg/L。其次为42.4%唑醚·氟酰胺和430 g/L戊唑醇。对锐顶镰孢Y1的抑制效果最好的药剂为42.4%唑醚·氟酰胺,其EC₅₀为0.100 9 mg/L,氟环唑的抑制效果也较好,其EC₅₀为1.685 1 mg/L。王爽等^[9]对平贝母鳞茎腐烂病的两种病原菌尖孢镰孢(*F. oxysporum*)和芳香镰孢(*F. redolens*)进行室内药剂筛选,发现防效最好的药剂为戊唑醇,EC₅₀分别为0.107 mg/L和0.169 mg/L。苏建红等^[17]对洋葱干腐病病原菌尖孢镰孢和层出镰孢进行室内药剂毒力测定,结果表明,43%戊唑醇对两种镰孢的抑菌效果最好。汪锐^[18]研究表明,氟环唑对玉米穗腐病病原菌尖孢镰孢的抑制作用最强,EC₅₀为0.047 mg/L,这与本试验结果相似。

在控制化学品推广到田间之前,有必要综合考虑施用环境,杀菌剂对植物、环境、持久性和控制成本的影响,从而找到最合理有效的平贝母腐烂病防治药剂。由于平贝母为药用植物,关于鳞茎腐烂病防治的进一步研究需要尽可能寻找防治相对较好的无公害的生物药剂,并进行相应农药残留检测。

参考文献:

- [1] 柴海燕,贾娇,白雪,等.吉林省玉米穗腐病致病镰孢菌的鉴定与部分菌株对杀菌剂的敏感性[J].中国农业科学,2023,56(1):64-78.
- [2] Yongli K,Nan Y,Peng P, et al. Corrigendum: Biocontrol Mechanism of *Bacillus subtilis* C3 Against Bulb Rot Disease in Fritill-

- laria taipaiensis P. Y. Li[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2021, 12: 2880.
- [3] 张 帅, 刘文丛, 任 坤, 等. HPLC-ELSD 法测定东北产平贝母中生物碱含量[J]. *中国野生植物资源*, 2023, 42(10): 46-51.
- [4] 杨 涛, 赵 疆, 方彦昊, 等. 甘肃贝母生防菌分离及其对腐烂病防治的研究[J]. *中药材*, 2021, 44(1):1-6.
- [5] 宁荣彬, 孙海峰. 贝母类中药材病害防治研究进展[J]. *东北农业科学*, 2018, 43(5): 34-37.
- [6] 常 浩, 李文学, 徐志鹏, 等. 甘肃省玉米根腐病致病镰孢菌分离与鉴定[J]. *玉米科学*, 2022, 30(4): 184-190.
- [7] 牟晓玲, 李潇潇, 师桂英, 等. 兰州百合枯萎病病原菌鉴定及罹病组织超微结构观察[J]. *植物保护学报*, 2022, 49(4): 1111-1118.
- [8] 姜 雪, 黄启凤, 杨新宇. 辽宁省大豆根腐病病原菌的分离鉴定及其生物学特性和对常用杀菌剂的敏感性[J]. *植物保护学报*, 2023, 50(1): 240-248.
- [9] 王 爽, 李新民, 刘春来, 等. 平贝母鳞茎腐烂病病原菌鉴定和药剂筛选[J]. *植物保护*, 2020, 46(6): 65-70.
- [10] 徐信焯, 施春雷. 多菌灵的毒性及风险评估研究进展[J]. *南方农业*, 2019, 13(34): 40-44, 47.
- [11] 廖蔚文, 冯家旺, 向振东, 等. 贝母腐烂病研究初报[J]. *植物保护*, 1987, 13(4): 26-27.
- [12] 高启超. 皖贝母鳞茎腐烂病病原鉴定[J]. *中药材*, 1992, 15(7): 3-5.
- [13] 文增叶, 李定华, 代梦瑶, 等. 三七根腐病病原菌尖孢镰孢的生物学特性分析[J]. *中药材*, 2019, 42(9): 1978-1984.
- [14] 张晶晶. 酸浆根腐病病原菌分离鉴定及室内药剂筛选[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2011.
- [15] 吴金花. 山西马铃薯干腐病病原菌分离鉴定及室内抑菌效果研究[D]. 太谷: 山西农业大学, 2015.
- [16] 翟雅鑫, 姚晨阳, 薛丽芳, 等. 一株百合枯萎病菌的鉴定及其生物学特性研究[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2018, 38(5): 1-6.
- [17] 苏建红, 郭 成, 张军高, 等. 洋葱贮藏期干腐病致病镰孢的鉴定及室内药剂毒力测定[J]. *甘肃农业大学学报*, 2016, 51(5): 78-84.
- [18] 汪 锟. 杀菌剂对安徽凤阳玉米穗腐病菌的毒力及相关调控基因表达的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019.

(责任编辑:王 昱)