

DOI:10.11937/bfyy.201608029

不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后 防御酶活性的变化

李方方, 郑伶俐, 杨利粉, 张 媛, 李中勇, 徐继忠

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以高感砧木 3-1-29-4 和高抗砧木 1-1-10-8 为试材,对其叶片接种轮纹病菌(*Botryosphaeria berengiana*. f. sp. *piricola*),测定了接种后防御酶活性的变化。结果表明:轮纹病菌侵染后,叶片的过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)的活性均表现为先升后降的趋势,且抗性砧木 1-1-10-8 的活性高于高感砧木 3-1-29-4。叶片的超氧化物歧化酶(SOD)和苯丙氨酸解氨酶(PAL)的活性在接种后持续升高。接种后,抗病砧木 1-1-10-8 的多酚氧化酶(PPO)活性先升高后降低,高感砧木 3-1-29-4 的 PPO 活性持续升高。

关键词:苹果叶片;轮纹病菌;防御酶;抗病性

中图分类号:S 661.116 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)08-0104-05

苹果轮纹病是苹果生产上的重要病害之一,也是造成我国苹果单产水平不高的重要原因之一^[1]。随着主栽品种的更迭,该病的发生与危害日趋严重,质优但感病品种的栽培面积不断扩大,不仅危害苹果果实造成减产,而且危害枝干,引起枝干溃疡,削弱树势,影响结果年限,造成较大的经济损失^[2]。国内外研究人员对该病的病原、发生规律、组织病理学及防治技术等进行了一些研究^[3-4],也对不同抗性品种枝条的皮孔组织结构及密度与抗病性关系进行了探讨^[5]。近年来,防御酶与抗苹果轮纹病的关系也一直是许多研究学者关注的热点。李广旭等^[6]研究了 3 个苹果品种被轮纹病菌侵染后苹果枝干轮纹病防御酶的变化,结果表明,在受病菌侵染后,苯丙氨酸解氨酶(PAL)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)均表现为先升后降的趋势。而关于不同抗性苹果砧木叶片人工接种轮纹病菌后防御酶活性的变化鲜有报道。该试验以不同抗性苹果砧木叶片人工接种轮纹病菌,研究接种后不同抗性砧木叶片防御酶活性的变化,进一步了解各种酶活性与不同抗性苹果砧木抗轮纹病的

关系,以期为探索不同苹果砧木抗轮纹病机制和抗性评价提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

轮纹病菌(*Botryosphaeria berengiana*. f. sp. *piricola*)由河北农业大学植物保护学院提供。供试材料为高感苹果砧木 3-1-29-4 和高抗苹果砧木 1-1-10-8,二者都是“西府海棠”和“珠美海棠”的杂交后代,课题组通过枝干接种法鉴定其抗性。

1.2 试验方法

1.2.1 轮纹病菌的培养 于无菌操作台上把轮纹病菌接种到 PDA 培养基(马铃薯:葡萄糖:琼脂:蒸馏水=200 g:20 g:12 g:1 000 mL)上,在 25℃光照培养箱黑暗条件下培养 4 d,选取长势均匀一致的轮纹病菌连同少量培养基,用直径 5 mm 打孔器取下圆形菌饼,用于室内离体叶片接种。

1.2.2 叶片接种 从所选试材的一年生枝条上分别采取完全展开的不带病害的叶片作为试验材料,将菌柄接种于叶片之上,每个品种接种 6 个叶片,以接种空白培养基的叶片作为对照,并对发病情况进行观察记录。

1.2.3 病斑大小及抗性调查 叶片接种后每隔 1 d 调查记录病斑扩展情况,采用“十字交叉法”测量病斑直径。

1.2.4 酶液的提取 于接种后 0、2、4 d 取染菌的叶片,剪碎后放入研钵中,取适量(SOD、POD、CAT、PPO 为 0.2 g, PAL 为 0.1 g)材料置于冰浴的研钵中,加入少量石英砂,加入适当的缓冲液充分研磨,倒入离心管中,配

第一作者简介:李方方(1988-),女,河北邢台人,硕士研究生,研究方向为果树栽培生理与生态。E-mail: lifangfang37@163.com.

责任作者:徐继忠(1964-),男,河北唐山人,博士,教授,博士生导师,现主要从事果树生物技术及果树栽培生理与生态等研究工作。E-mail: xjzhxw@126.com.

基金项目:河北省科技厅资助项目(14226307D-5);农业部公益性行业科研专项资助项目(201203075-05)。

收稿日期:2015-12-18

平后在 2~4℃, 10 000 r/min 离心 20 min, 上清液为酶提取液。

1.3 项目测定

超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用氮蓝四唑(NBT)还原法^[7], 过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚比色法^[7], 过氧化氢酶(CAT)活性的测定参照李伯林等^[8]的方法, 根据 H₂O₂ 消失量计算 CAT 活性。苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的测定参照高俊凤^[9]的方法。多酚氧化酶(PPO)活性的测定参照朱广廉等^[10]的方法。

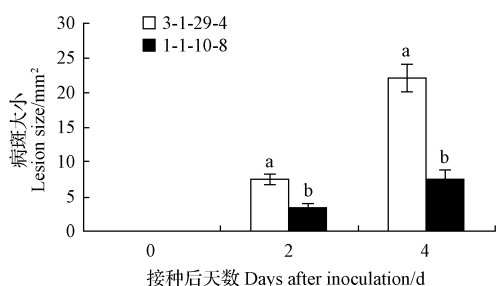
1.4 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据处理及绘图, 采用 DPS 7.05 软件 Duncan 新复极差法作差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 叶片病斑大小及抗性

由图 1 可知, 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后, 随着接种后天数的增加, 病斑大小呈增长趋势。接种后 2 d, 3-1-29-4 和 1-1-10-8 的病斑大小分别为 7.49 mm² 和 3.36 mm², 前者显著大于后者($P<0.05$)。接种后 4 d, 3-1-29-4 和 1-1-10-8 的病斑大小分别为 22.15 mm² 和 7.51 mm², 前者显著大于后者($P<0.05$)。人工接种轮纹病菌后, 病斑越小, 说明苹果砧木抗病性越强。因此, 可以判断 1-1-10-8 对轮纹病菌的抗性比 3-1-29-4 强, 这与课题组通过苹果砧木枝干进行接种的鉴定结果一致。



注: 不同的小写字母表示 $P<0.05$ 水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters show significant difference at 0.05 level. The same below.

图 1 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后病斑生长动态

Fig. 1 Lesion growth dynamics in leaves inoculated by *Botryosphaeria berengiana*, f. sp. *piricola* of different resistance apple rootstocks

2.2 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后过氧化物酶(POD)活性的变化

由图 2 可知, 未接种时, 抗病试材 1-1-10-8 的 POD 活性为 32.79 OD 值/g FW, 显著高于感病试材 3-1-29-4 ($P<0.05$)。轮纹病菌侵染后, 各试材叶片的 POD 活性随接种后天数的增加呈现先升高后降低的趋势, 至接种后 2 d 达峰值, 此时, 抗病试材 1-1-10-8 及其对照的 POD

活性分别为 42.71 OD 值/g FW 和 29.91 OD 值/g FW, 显著高于感病试材 3-1-29-4 及其对照的 ($P<0.05$)。同一试材间, 接种处理后的 POD 活性显著高于其对照 ($P<0.05$)。接种后 4 d, 3-1-29-4 和 1-1-10-8 的 POD 活性有所降低, 抗病试材 1-1-10-8 的 POD 活性为 29.42 OD 值/g FW, 显著高于感病试材 3-1-29-4 ($P<0.05$)。

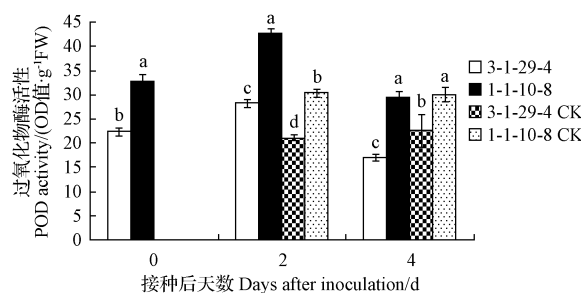


图 2 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后过氧化物酶活性动态变化

Fig. 2 Dynamic change of POD activity in leaves inoculated by *Botryosphaeria berengiana*, f. sp. *piricola* of different resistance apple rootstocks

2.3 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化

由图 3 可以看出, 未接种时, 抗病试材 1-1-10-8 的 SOD 活性为 21.75 OD 值/g FW, 显著高于感病试材 3-1-29-4 ($P<0.05$)。接种后, 随着天数的增加, 各试材的 SOD 活性持续增加, 接种后 2 d, 1-1-10-8 的 SOD 活性为 41.81 OD 值/g FW, 其对照的 SOD 活性为 39.81 OD 值/g FW, 抗病砧木 1-1-10-8 接种处理和对照的 SOD 活性均显著高于感病砧木 3-1-29-4 ($P<0.05$), 但 2 种砧木的接种处理和对照之间无显著性差异。接种后 4 d, 抗病砧木 1-1-10-8 的 SOD 活性显著高于感病砧木 3-1-29-4 ($P<0.05$), 且接种处理后的 SOD 活性显著高于其对照 ($P<0.05$)。

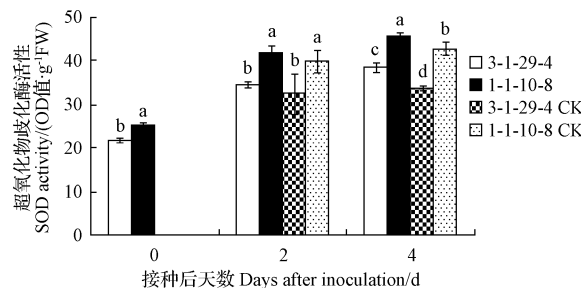


图 3 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后超氧化物歧化酶活性动态变化

Fig. 3 Dynamic change of SOD activity in leaves inoculated by *Botryosphaeria berengiana*, f. sp. *piricola* of different resistance apple rootstocks

2.4 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后过氧化氢酶(CAT)活性的变化

由图4可知,未接种时,感病试材 3-1-29-4 的 CAT 活性为 52.91 U/g,显著低于抗病试材 1-1-10-8 ($P<0.05$)。接种后,3-1-29-4 和 1-1-10-8 的 CAT 活性先升高后降低,至接种后 2 d 时达峰值,此时 1-1-10-8 的 CAT 活性为 191.13 U/g;其对照为 133.79 U/g,抗病砧木 1-1-10-8 接种处理和对照的 CAT 活性均显著高于感性砧木 3-1-29-4 ($P<0.05$),且接种处理后的 CAT 活性显著高于其对照 ($P<0.05$)。接种后 4 d 时,无论是接种处理还是对照,抗性砧木 1-1-10-8 的 CAT 活性显著高于感性砧木 3-1-29-4 ($P<0.05$),1-1-10-8 接种处理后的 CAT 活性显著高于其对照 ($P<0.05$),3-1-29-4 接种处理和对照之间的 CAT 活性无显著性差异。

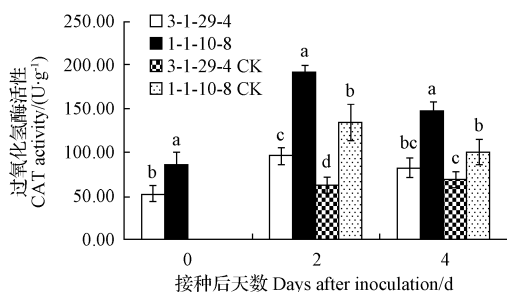


图4 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后过氧化氢酶活性动态变化

Fig. 4 Dynamic change of CAT activity in leaves inoculated by *Botryosphaeria berengiana*, f. sp. *piricola* of different resistance apple rootstocks

2.5 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的变化

由图5可知,未接种时,抗病试材 1-1-10-8 的 PAL 活性为 818.00 U·g⁻¹·h⁻¹FW,显著高于感病试材 3-1-29-4 ($P<0.05$)。接种后,3-1-29-4 和 1-1-10-8 的 PAL 活性持续升高,2 d 时,感病试材 3-1-29-4 的 PAL 活性为

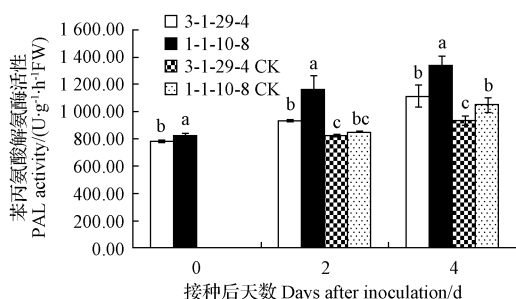


图5 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后苯丙氨酸解氨酶活性动态变化

Fig. 5 Dynamic change of PAL activity in leaves inoculated by *Botryosphaeria berengiana*, f. sp. *piricola* of different resistance apple rootstocks

933.33 U·g⁻¹·h⁻¹FW,显著低于 1-1-10-8 ($P<0.05$); 1-1-10-8 对照和 3-1-29-4 对照的 PAL 活性无显著性差异。4 d 时,1-1-10-8 的 PAL 活性为 1 136.67 U·g⁻¹·h⁻¹FW,其对照的 PAL 活性为 1 050.00 U·g⁻¹·h⁻¹FW,抗病砧木 1-1-10-8 接种处理和对照的 PAL 活性显著高于感病砧木 3-1-29-4 ($P<0.05$),且各试材接种处理后的 PAL 活性显著高于其对照 ($P<0.05$)。

2.6 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后多酚氧化酶(PPO)活性的变化

由图6可知,接种前,感病试材 3-1-29-4 的 PPO 活性为 1 996.67 U·g⁻¹·min⁻¹FW,显著低于抗病试材 1-1-10-8 ($P<0.05$)。接种后,3-1-29-4 的 PPO 活性持续升高,1-1-10-8 的 PPO 活性先升高后降低。接种后 2 d,1-1-10-8 接种处理及其对照的 PPO 活性分别为 8 250.00 U·g⁻¹·min⁻¹FW 和 3 196.67 U·g⁻¹·min⁻¹FW;3-1-29-4 接种处理及其对照的 PPO 活性为 4 283.33 U·g⁻¹·min⁻¹FW 和 2 150.00 U·g⁻¹·min⁻¹FW。4 d 时,1-1-10-8 接种处理及其对照的 PPO 活性分别为 7 783.33 U·g⁻¹·min⁻¹FW 和 4 450.00 U·g⁻¹·min⁻¹FW;3-1-29-4 接种处理及其对照的 PPO 活性为 7 000.00 U·g⁻¹·min⁻¹FW 和 2 650.00 U·g⁻¹·min⁻¹FW。2~4 d,抗病砧木 1-1-10-8 的 PPO 活性显著高于感病砧木 3-1-29-4 ($P<0.05$),且接种处理后的 PPO 活性显著高于其对照 ($P<0.05$)。

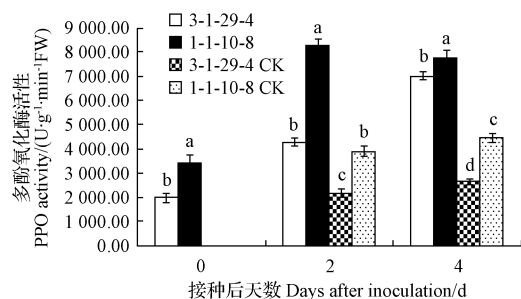


图6 不同抗性苹果砧木叶片接种轮纹病菌后多酚氧化酶活性动态变化

Fig. 6 Dynamic change of PPO activity in leaves inoculated by *Botryosphaeria berengiana*, f. sp. *piricola* of different resistance apple rootstocks

3 讨论

病原菌侵染可破坏寄主植物体内活性氧的产生与清除之间的动态平衡,引起 O₂⁻、·OH、O₂ 和 H₂O₂ 等活性氧的爆发,而植物的诱导抗病性包括木质化、防御酶活性、病程相关蛋白、植保素等多种生理生化因子的合成,其中,防御酶活性的变化是植物诱导抗病性的主要表现之一。植物体内存在 SOD、POD、CAT 等清除氧自由基的保护酶系统,其中 SOD 和 POD 是寄主植物细胞内抵御活性氧伤害的 2 种主要保护酶类^[13]。CAT 能将 SOD 催化超氧自由基(O₂⁻)产生的 H₂O₂ 进一步分解为

H_2O 和 O_2 ^[14-15], 是生物防御体系的关键酶之一^[16]。目前已有许多关于 POD 活性与抗病关系的报道, 但由于材料、方法及病原菌的不同, 得出的结论也不同^[17-18]。该研究结果表明, 接种后 2 d, 抗病砧木 1-1-10-8 接种处理及其对照的 POD、SOD 和 CAT 活性均高于感病砧木 3-1-29-4, 各试材接种处理后的 POD 和 CAT 活性显著高于其对照, 但各试材接种处理和其对照之间的 SOD 活性无显著性差异。李广旭等^[6]的研究也表明, 不同抗性品种在受到轮纹病菌侵染后, POD 和 SOD 活性有显著地提高。说明在受到轮纹病菌侵染后, 植物体可以通过提高体内 POD 和 SOD 活性来抵抗病菌的侵入。POD 和 SOD 对清除活性氧和阻止活性氧的形成等起着重要作用, 其活性可间接反映植物体内活性氧的代谢变化。POD 活性与植物的抗病性反应密切相关, 不同抗性苹果砧木叶片对轮纹病的抗性越强, POD 活性越高, 因此, 抗病砧木 1-1-10-8 叶片抵御轮纹病菌侵入的能力要强于感病砧木 3-1-29-4。此时, 各试材接种处理和其对照之间的 SOD 活性无显著性差异, 可能与防御酶作用时间及作用机制有关。抗病砧木 1-1-10-8 的 CAT 活性显著高于感病砧木 3-1-29-4, 可能是由于 1-1-10-8 叶片在受轮纹病菌侵染后激活自身清除体内活性氧和相关抗病代谢过程的能力强于 3-1-29-4 的原因导致。接种后 4 d, 抗病砧木 1-1-10-8 的 SOD 和 CAT 活性显著高于感病砧木 3-1-29-4, 接种处理后 2 种试材的 SOD 活性显著高于其对照, 抗病砧木 1-1-10-8 的 CAT 活性显著高于其对照, 而感病砧木 3-1-29-4 接种处理和对照之间的 CAT 活性无显著性差异。说明 SOD 在抵抗病菌侵入过程中作用时间较长, 接种处理后, SOD 活性有显著的提高, 这与李广旭等^[6]的研究结果相一致。4 d 时, 各试材接种处理和对照之间的 POD 活性无差异, 可能与菌株的致病力等因素有关。

PAL 是植物抗病代谢(莽草酸途径)的关键酶和限速酶, 在木质素的积累以及植保素和酚类物质的合成中起着重要作用^[19]。该试验中, 4 d 时, 抗病砧木 1-1-10-8 接种处理和对照的 PAL 活性显著高于感病砧木 3-1-29-4, 且各试材接种处理后的 PAL 活性显著高于其对照。这可能是由于高抗砧木 1-1-10-8 在被侵染后木质素的形成量、沉积速度以及酚类物质的合成要高于感病砧木 3-1-29-4, 使其对病菌的限制、杀伤能力加强, 而表现出较高的抗病能力。

田丽波等^[20]的研究发现, 酚和其氧化产物醌对病菌有抑制的作用, 刘海英等^[21]的研究也表明酚类物质的含量及其氧化产物能够强烈抑制病原菌的侵入及扩展, 可以增强细胞壁的抗穿透能力, 并且可以抵抗病菌的酶溶作用^[22-23]。有关 PPO 与植物抗病性关系的报道很多, 有的认为 PPO 活性与植物抗病性呈正相关^[24-25], 也有的认为 PPO 活性与植物抗病性呈负相关或关系不大^[26]。该试验中, 抗病砧木 1-1-10-8 的 PPO 活性显著高于感病砧木 3-1-29-4, 且接种处理后的 PPO 活性显著高于其对照,

其研究结果与前者基本一致, 从该试验结果可以看出, 轮纹病菌对抗病砧木叶片中酶活性的刺激作用大于感病品种。

参考文献

- [1] 高艳敏, 李广旭, 沈永波, 等. 苹果轮纹病药剂筛选与药剂配方[J]. 果树学报, 2006(3): 401-405.
- [2] 高艳敏, 沈永波, 张恩尧, 等. 苹果轮纹病发生规律及条件的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(3): 751-754.
- [3] 沈永波, 高艳敏, 杨巍, 等. 苹果粗皮病两种枝干症状的观察与研究[J]. 山东农业大学学报, 2001, 32(4): 508-512.
- [4] BROWN E A, HENDRIX F F. Pathogenicity and histopathology of *Botryosphaeria dothidea* on apple stems[J]. Phytopathology, 1981, 71(4): 375-379.
- [5] 李广旭, 沈永波, 高艳敏, 等. 皮孔组织结构及密度与苹果枝干粗皮病发生的关系[J]. 果树学报, 2004, 21(4): 351-354.
- [6] 李广旭, 杨华, 高艳敏, 等. 轮纹病菌对不同抗性苹果品种防御酶的影响[J]. 果树学报, 2005, 22(4): 416-418.
- [7] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 207-215.
- [8] 李伯林, 梅慧生. 燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系[J]. 植物生理学报, 1989, 15(1): 6-12.
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 194-196.
- [10] 朱广廉, 钟梅文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 37-40.
- [11] 宋培玲, 张健, 郝丽芬, 等. 不同抗性油菜品种接种黑胥病菌防御酶活性变化研究[J]. 华北农学报, 2015, 30(2): 110-115.
- [12] 刘朝辉, 曾华兰, 何炼, 等. 哈茨木霉 T23 对茄子叶片内防御酶的影响[J]. 西南农业学报, 2014, 27(5): 1945-1948.
- [13] MEHDY C. Active oxygen species in plant defense against pathogens[J]. Plant Physiology, 1994, 105(2): 467-472.
- [14] BOWLER C, MONTAGU M V, INZE D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1992, 43: 83-116.
- [15] 刘琳, 侯喜林, 王利英, 等. 不结球白菜感染芜菁花叶病毒后 4 种防御酶活性变化及其抗病相关性[J]. 南京农业大学学报, 2009, 32(3): 14-18.
- [16] 于秋香. 抗轮纹病苹果砧木的筛选及其与抗性相关因子的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2010.
- [17] 吴俊江, 刘丽君, 高明杰, 等. 大豆接种疫霉根腐病菌后过氧化物酶活性的变化[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(3): 68-67.
- [18] 李颖章, 韩碧文, 简桂良. 黄萎病菌诱导棉花愈伤组织中 POD, SOD 活性和 PR 蛋白的变化[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(3): 73-79.
- [19] CAO J K, YAN J Q, ZHAO Y M, et al. Effects of postharvest salicylic acid dipping on Alternaria rot and disease resistance of jujube fruit during storage[J]. J Sci Food Agric, 2013, 93: 3252-3258.
- [20] 田丽波, 杨衍, 商桑, 等. 不同苦瓜品系的抗白粉病能力及其与防御酶活性的相关性[J]. 沈阳农业大学学报, 2015, 46(3): 284-291.
- [21] 刘海英, 李川, 范永山, 等. 影响苹果果实轮纹病抗性的寄主因素及相关性分析[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(1): 56-60.
- [22] 薛应龙. 植物生理和分子生物学[M]. 北京: 科技出版社, 1993.
- [23] 刘祖祺, 张石成. 植物抗病生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [24] 张俊华, 崔崇士. 不同抗性南瓜品种感染 *Phytophthora capsici* 病菌后几种酶活性测定[J]. 东北农业大学学报, 2003, 34(2): 124-128.
- [25] 徐建华, 利容千, 王建波. 黄瓜不同抗病品种感染镰刀菌枯萎病菌后几种酶活性的变化[J]. 植物病理学报, 1995, 25(3): 239-242.
- [26] 李盾, 王振中, 林孔勋. 花生体内几种酶的活性与抗锈病的关系[J]. 华南农业大学学报, 1991, 12(3): 1-6.

DOI:10.11937/bfyy.201608030

四种杀虫剂对异迟眼蕈蚊的防治效果

雷雨霞, 李红玉, 李 蝶, 刘 斌, 李子玲

(广西大学 食用菌研究所, 广西 南宁 530005)

摘 要:以平菇为试材,选择4种杀虫剂,分别在实验室和菇房条件下研究其对异迟眼蕈蚊的防治效果,并在实验室内考察其对秀珍菇菌丝生长的影响。结果表明:0.3%印楝素乳油对异迟眼蕈蚊2龄幼虫毒力最高,LC₅₀为13.486 mg/L,但对秀珍菇菌丝生长抑制较大,EC₅₀小于9.845 mg/L;供试药剂对异迟眼蕈蚊成虫均有防治效果,但3 000 IU/mg 苏云金杆菌以色列亚种各浓度处理对秀珍菇菌丝生长抑制较大。除虫脲和灭蝇胺对秀珍菇菌丝生长抑制较小,其余均表现较高的安全性。

关键词:杀虫剂;异迟眼蕈蚊;平菇;防治效果

中图分类号:S 482.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)08-0108-04

眼蕈蚊科(Sciaridae)昆虫是食(药)用菌中最常见的一类害虫^[1-3],其中为害食用菌的约有20种,主要有厉眼蕈蚊属(*Lycoriella*)、迟眼蕈蚊属(*Bradysia*)、模眼蕈蚊属(*Plasosciara*)等^[4]。异迟眼蕈蚊(*Bradysia difformis*)属于双翅目(*Diptera*)眼蕈蚊科迟眼蕈蚊属的一个种,是食用菌菇房内的主要害虫之一^[5]。异迟眼蕈蚊个体小,为害隐蔽,繁殖能力强,在为害早期不易被察觉。被为

害后菌丝衰退、菇体变小、菌袋发黑腐烂,产量和质量明显下降,在香菇、平菇、茶树菇、姬菇和鸡腿菇等菇类上优势度指数很高^[4]。

食用菌在出菇和储藏的各个阶段都会遭受昆虫侵害,随着消费者和政府食品安全的高度重视,食用菌产品的安全检测标准愈加严格,安全意识已经开始深入人们的心中,所以在控制食用菌害虫的化学防治研究中,尽可能多使用高效、低毒、低残留或无残留的杀虫剂来防治食用菌害虫。曲绍轩等^[6]研究表明,在美国、日本食用菌栽培中登记使用的灭蝇胺、除虫脲对古田山多菌蚊具有很高的防效。王升厚等^[7]的研究发现印楝素对杀灭果蝇效果明显,宋金伟等^[8]研究 Bti 菌液对古田山多菌蚊的防效试验表明,苏云金杆菌以色列变种(Bti)对古田山多菌蚊具有较好防效。该试验选择对食用菌害虫具有较好防治效果的灭蝇胺、除虫脲、印楝素和苏

第一作者简介:雷雨霞(1991-),女,湖南衡阳人,硕士研究生,研究方向为食用菌。E-mail:1452126154@qq.com.

责任作者:李子玲(1965-),女,广西上林人,硕士,副教授,研究方向为农业害虫综合治理及昆虫行为学。E-mail:lzl3319@sina.com.

基金项目:广西科学研究与技术开发计划资助项目(桂科攻 1222012-1B);国家食用菌产业技术体系广西创新团队建设专项资金资助项目。

收稿日期:2015-12-18

Change of Defensive Enzyme Activity of Leaves Inoculated by *Botryosphaeria berengriana*, f. sp. *piricola* of Different Resistance Apple Rootstock

LI Fangfang, ZHENG Lingjie, YANG Lifen, ZHANG Yuan, LI Zhongyong, XU Jizhong
(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Taking a high sensitive rootstock 3-1-29-4 and high resistant rootstock 1-1-10-8 as materials, and the leaves were inoculated with *Botryosphaeria berengriana*, f. sp. *piricola*. After inoculation, the changes of defensive enzymes were studied. The results showed that the activities of peroxidase (POD) and catalase (CAT) in two apple rootstock leaves both rised at first and then declined. And the enzyme activities of resistant rootstock 1-1-10-8 were higher than that of sensitive rootstock 3-1-29-4. The activities of superoxide dismutase (SOD) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) steadily increased. The activity of polyphenol oxidase (PPO) of resistant rootstock 1-1-10-8 increased at first and then decreased, and the activity of PPO of resistant rootstock 3-1-29-4 steadily increased.

Keywords: apple leaves; *Botryosphaeria berengriana*, f. sp. *piricola*; defendant enzyme; resistance