

DOI:10.11937/bfyy.201512029

四种叶片防御酶活性与辣椒对疫病抗性的关系

邹春蕾¹, 刘长远², 王丽萍¹, 王 辉², 辛 彬¹, 孙宝山¹

(1. 辽宁省农业科学院 蔬菜研究所, 辽宁 沈阳 110161; 2. 辽宁省农业科学院 植物保护研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:以对辣椒疫霉菌 3 号生理小种具有不同抗性的辣椒近等基因系为试材,测定了不同抗性品系接菌后 β -1,3-葡聚糖酶、几丁质酶、PAL、POD 活性的变化情况,研究了上述 4 种叶片防御酶活性与辣椒对疫病抗性的关系。结果表明:辣椒疫霉菌能诱导辣椒叶片中上述 4 种防御酶的活性增强,但 4 种酶在积累速度和幅度上抗病品系和感病品系有显著的差异。接菌后高抗品系 β -1,3-葡聚糖酶、几丁质酶、PAL、POD 活性达到峰值时酶活变化率分别是 164.4%、99.1%、173.7%、107.6%;而感病品系的酶活变化率分别是 91.8%、48.1%、93.1%、64.0%,与感病品系相比,高抗品系的 4 种酶活性不仅升高的速度快、幅度大,且高活性维持时间长,中抗品系的 4 种酶活性介于二者之间。在抗病品系中, β -1,3-葡聚糖酶的酶活变化率是几丁质酶的 1.66 倍,PAL 的酶活变化率是 POD 的 1.61 倍。在离体培养条件下观察了 β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶粗酶液对辣椒疫霉菌的菌丝生长和孢子囊形成的抑制作用,与对照相比, β -1,3-葡聚糖酶粗酶液抑制作用明显,而几丁质酶粗酶液抑制作用不明显。

关键词:辣椒;辣椒疫霉菌;叶片防御酶;抗病性

中图分类号:S 476 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)12-0110-05

植物受到病原菌侵害时,可通过诱导病程相关蛋白的表达或启动次生代谢防御相关酶的基因,以形成自身

第一作者简介:邹春蕾(1981-),女,硕士,助理研究员,现主要从事辣椒抗病育种等研究工作。Email:277350850@qq.com.

责任作者:刘长远(1962-),男,博士,研究员,博士生导师,现主要从事园艺作物病害防治等研究工作。

基金项目:辽宁省农业攻关计划资助项目(2014215016;2010215003);辽宁省农业领域青年科技创新人才培养计划资助项目(2014031)。

收稿日期:2015-03-15

防御机制来限制病原菌发生及扩散^[1]。其中,病程相关蛋白是植物受到病原物侵染后产生的一类水溶性蛋白,其功能是攻击病原菌,降解细胞壁大分子,降解病原菌毒素等,高等植物中普遍存在的 β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶属于该类水溶性蛋白,目前受到许多学者的关注。这 2 种酶在正常的环境条件下其含量较少,活性很低。当植物受到某些外界因素的刺激时,可以被刺激物所诱导和积累^[2-3]。

酚类物质代谢相关酶中最常见的有 POD、PAL 等,

Toxicity and Field Control Efficiency of Several Fungicides Against *Botrytis cinerea*

WANG Mei¹, YIN Xian-hui^{1,2}, LONG You-hua^{1,2}, LI Rong-yu¹, ZHAO Wei¹, WANG Wei¹

(1. Institute of Crop Protection, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025; 2. The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management Region, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract: Taking disease leaves which infected by *Botrytis cinerea* in the field as materials, the toxicity of 11 fungicides against *Botrytis cinerea* were tested by mycelium growth rate method in laboratory, and 8 fungicides with better efficiency were selected to test in the field. The results showed that, in laboratory that 25% prochloraz EC had the best toxicity against *Botrytis cinerea*, of which the EC_{50} value was 0.0397 μ g/mL. 40% pyrimethanil SC, 40% chlorothalonil SC and 80% mancozeb WP also had better toxicity to *Botrytis cinerea*. The results of field trials showed that 25% prochloraz EC, 28% ene oxime carbendazim WP, 50% boscalid WG and 50% iprodione SC had high control effect, which were 85.57%, 82.68%, 80.92% and 73.34%, respectively. The effective fungicides were screened out, which provided an important directive to control the disease.

Keywords: *Botrytis cinerea*; fungicides; toxicity determination; field control effect

其功能是参与活性氧清除及酚类、植保素和木质素等抗病相关物质的合成,抵御活性氧及氧自由基对细胞膜系统的伤害,增强植物对病害的抵抗能力^[4-5],目前,由各类病原物浸染引起的植物体内 PAL、POD 活性的增强,已在番茄^[6]、茄子^[7]、辣椒^[8]等茄科蔬菜作物中得到证实。该试验初步研究了在辣椒疫霉菌 3 号生理小种诱导下, β -1,3-葡聚糖酶、几丁质酶、PAL、POD 这 4 种防御酶活性的变化与植株抗病特性的关系,以期明确辣椒抗疫病的机理,从分子水平上认识病原菌与寄主植物相互作用机制,分离和克隆防御相关酶基因提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菌株为辣椒疫霉菌 ZY14(3 号生理小种)^[9],由辽宁省农业科学院植保所园艺病害研究室提供。

对辣椒疫霉菌 3 号生理小种具有不同抗性的 3 个辣椒近等基因系材料 R14-25(高抗)、R14-51(中抗)、R14-11(感病)来源于 CM334 与感病栽培品种 Early Calwonder 杂交所获得的 F₆ 代近等基因系群体,抗病类型的划分按照 NY/T2060.1-2011《辣椒抗病性鉴定技术规程》^[10]。CM334 是一年生辣椒(*Capiscum annuum* L.)中对辣椒疫霉菌抗性最强的品种,目前没有任何一个辣椒疫霉菌菌株能使其发病^[11]。

1.2 试验方法

将供试辣椒品系的种子进行温汤浸种,28℃催芽,将幼苗播种至无菌基质上培养。待植株长至 6~8 片真叶时接种病菌,菌液制备方法如下:参照 Bosland 等^[12]的程序,从菌株 ZY14 长期保存培养基上切取 0.5 cm×0.5 cm 的小块,转移至 V8 培养基上 28℃培养,8 d 后将培养基切成 2 cm×2 cm 的小块,放置在 150 mm×15 mm 培养皿中,随后向培养皿中加满无菌水,继续 28℃培养,3 d 后,将培养皿先放置在 10℃条件下 1 h,再放置在 24℃条件下 30 min,将培养皿中的液体收集至烧杯中,用血球计数板计算游动孢子数目,最后将游动孢子悬浮液的浓度调至约 1×10^5 个/mL 的菌液;采用灌根法,每穴注射 5 mL 菌液,根部保湿 48 h,置于 28℃人工气候室内培养。每品种接种 60 株,分为 3 次重复,每重复 20 株。于接种后 6、12、24、48、72、96 h 分别取样 1 次,每次取 5 片叶子,用液氮快速冷冻后保存于一 80℃冰箱中备用。

1.3 项目测定

1.3.1 叶片防御酶的提取和活性测定 β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶的提取和活性测定参照左豫虎等^[13]方法;苯丙氨酸解氨酶(PAL)和过氧化物酶(POD)的提取和活性测定参照郝建军等^[14]和张立军等^[15]的方法。

1.3.2 β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶粗酶液抑菌活性的测

定 粗酶液对辣椒疫霉菌孢子囊形成的抑制作用:参照 Bosland 等^[12]孢子悬浮液制备的方法,挑取 9 块 2 cm×2 cm 的辣椒疫霉菌菌丝块,分别置于 150 mm×15 mm 已灭菌的培养皿中,每皿加 20 mL 无菌水,每 1 d 换水 1 次,连续换水 3 次后,菌丝开始产生孢子囊,第 4 次分别加入 β -1,3-葡聚糖粗酶液(从高抗品系‘R14-25’中提取)、几丁质粗酶液(从高抗品系‘R14-25’中提取),以乙酸缓冲液(pH 5.0)和硼酸缓冲液(pH 8.8)的混合液为对照。粗酶液设置 5 个浓度梯度(100%、80%、60%、40%、20%),23℃培养,每间隔 6 h 在光学显微镜 10 倍视野下镜检孢子囊产生情况,每菌块随机检查 3 个视野,镜检至对照孢子囊完全释放完毕。以孢子囊数量衡量粗酶液的抑制效果,试验重复 3 次。粗酶液对菌丝生长的抑制作用:挑取 3 块 0.5 cm×0.5 cm 的辣椒疫霉菌菌丝块,分别置于直径 90 mm 的 PDA 平板一侧,于 25℃培养 2 d,在菌落另一侧约 3.0 cm 处放置 1 只牛津杯,分别加入 50 μ L β -1,3-葡聚糖粗酶液、几丁质粗酶液、乙酸缓冲液(pH 5.0)和硼酸缓冲液(pH 8.8)的混合液(对照),继续在 25℃条件下培养 3 d,观察菌丝生长情况。

2 结果与分析

2.1 细胞壁水解酶活性与抗病特性的关系

2.1.1 β -1,3-葡聚糖酶活性与抗病特性的关系 接种辣椒疫霉菌 3 号生理小种后不同抗性品系叶片中的 β -1,3-葡聚糖酶活性均有不同程度的增强(图 1-A),而未接种的辣椒叶片中(CK) β -1,3-葡聚糖酶活性随取样时间的延长没有明显变化。感病品系‘R14-11’的酶活平缓上升,接种 48 h 后酶活大幅度上升,在 96 h 达到峰值,酶活性变化率为 91.8%。中抗品系‘R14-51’的酶活上升速度比‘R14-11’快,接种 24 h 后酶活大幅度上升,48 h 达到峰值,酶活性变化率为 124.6%,达到峰值后,虽平缓下降,但明显高于‘R14-11’,高抗品系‘R14-25’酶活上升速度最快,接种 12 h 后酶活大幅度上升,在 24 h 达到峰值,酶活变化率为 164.4%,远高于‘R14-51’和‘R14-11’,随后酶活仍保持高水平,96 h 的酶活变化率仍达 139.2%。说明辣椒疫霉菌 3 号生理小种诱导了辣椒叶片中 β -1,3-葡聚糖酶活性的增强,并且该酶活性的变化与辣椒抗病特性呈正相关。

2.1.2 几丁质酶活性与辣椒抗病特性的关系 未接种辣椒疫霉菌 3 号生理小种的辣椒叶片中(CK)几丁质酶活性随取样时间的延长没有明显变化,而接种后不同抗性品系的辣椒叶片几丁质酶活性情况见图 1-B。接种后 6 h 各品系的几丁质酶活性均有增高,高抗品系‘R14-25’的酶活性升高的幅度比中抗品系‘R14-51’和感病品系‘R14-11’大。高抗品系‘R14-25’在接种后 24 h 酶活达到峰值,酶活变化率为 99.1%,随后缓慢下降,在 96 h 时酶活性变化率为 62.1%。虽然中抗品系和感病品系

在接种后几丁质酶活性均增高,但增高幅度小于高抗品系,接种 48 h 后二者酶活达到峰值,酶活变化率分别为 69.1%和 48.1%。以上结果表明辣椒疫霉菌 3 号生理小种诱导了辣椒叶片中几丁质酶活性的增强,但是不同抗性品系在接菌后各时间点的几丁质酶活性变化率小于 β -1,3-葡聚糖酶。

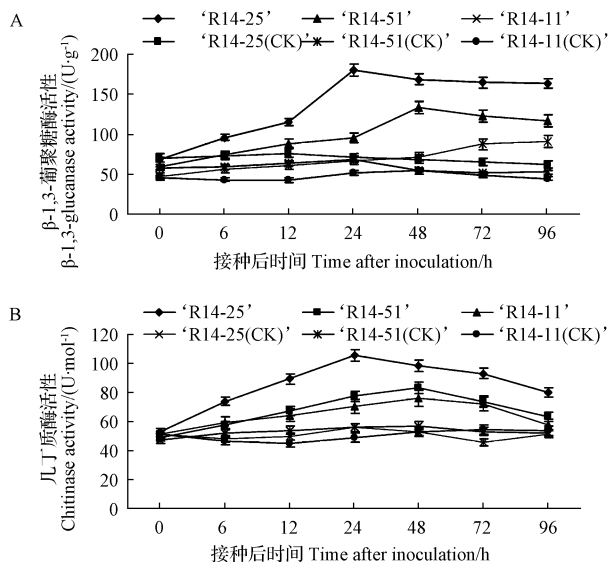


图 1 不同辣椒品系接种辣椒疫霉菌后各时间段内细胞壁水解酶(β -1,3-葡聚糖酶、几丁质酶)活性的变化

Fig. 1 The changes of cytohydrolase(β -1,3-glucanase and chitinase) activity in different pepper lines after inoculation with *Phytophthora capsici*

2.2 酚类物质代谢相关酶与辣椒抗病特性的关系

2.2.1 PAL 活性与辣椒抗病特性的关系 接种辣椒疫霉菌 3 号生理小种后不同抗性品系叶片中的 PAL 活性均有不同程度的增强(图 2-A),而未接种的辣椒叶片中(CK)PAL 活性随取样时间的延长没有明显变化。感病品系'R14-11'的酶活平缓上升,接种 48 h 后酶活大幅度上升,在 96 h 达到峰值,酶活性变化率为 93.1%。中抗品系'R14-51'的酶活上升速度比'R14-11'快,接种 24 h 后酶活大幅度上升,48 h 达到峰值,酶活性变化率为 138.8%,达到峰值后,虽平缓下降,但明显高于'R14-11',高抗品系'R14-25'酶活上升速度最快,接种 12 h 后酶活大幅度上升,在 48 h 达到峰值,酶活变化率为 173.7%,远高于'R14-51'和'R14-11'且高酶活持续时间长,96 h 的酶活变化率仍达 141.1%。说明辣椒疫霉菌 3 号生理小种诱导了辣椒叶片中 PAL 活性的增强,并且该酶活性的变化与辣椒抗病特性呈正相关。

2.2.2 POD 活性与辣椒抗病特性的关系 未接种辣椒疫霉菌 3 号生理小种的辣椒叶片中(CK)POD 活性随取样时间的延长没有明显变化,而接种后不同抗性品系的辣椒叶片 POD 活性情况见图 2-B。高抗品系'R14-25'

在接种后 12 h 酶活达到峰值,酶活性变化率为 107.6%,随后缓慢下降,在 96 h 时酶活性变化率为 57.4%。中抗品系和感病品系在接种后 POD 活性增高幅度均小于高抗品系,接种 48 h 后二者酶活达到峰值,酶活变化率分别为 70.7%和 64.0%,随后酶活逐渐下降以上结果表明辣椒疫霉菌 3 号生理小种诱导了辣椒叶片中 POD 活性的增强。但是不同抗性品系在接菌后各时间点的 POD 活性变化率小于 PAL。

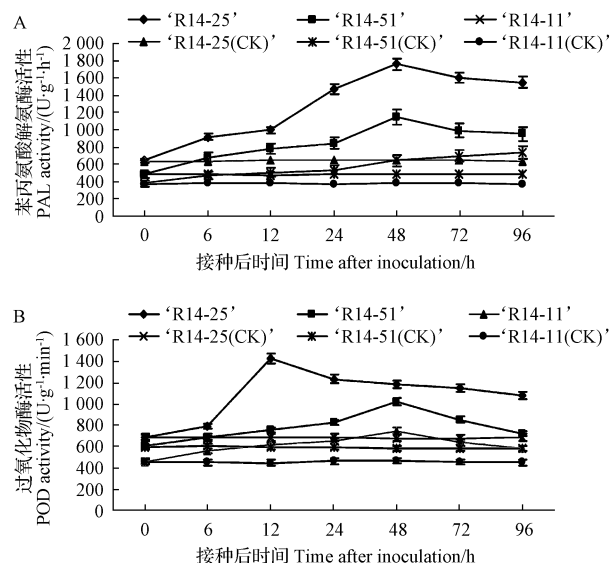


图 2 不同辣椒品系接种辣椒疫霉菌后各时间段内酚类物质代谢相关酶(PAL、POD)活性的变化

Fig. 2 The changes of related enzymes in phenolic metabolism (POD and PAL) activity in different pepper lines after inoculation with *Phytophthora capsici*

2.3 β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶粗酶液抑菌活性的测定

2.3.1 粗酶液对辣椒疫霉菌孢子囊形成的抑制作用 由图 3 可知, β -1,3-葡聚糖酶对孢子囊形成的抑制作用强,当粗酶液浓度为 100%时,抑制率为 81.2%,当粗酶液浓度为 60%时,抑制率为 53.1%,当浓度为 20%时,抑制率为 10.6%;几丁质酶对孢子囊形成的抑制作用弱,

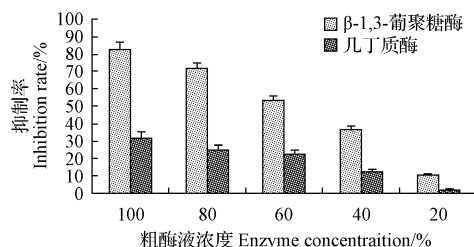
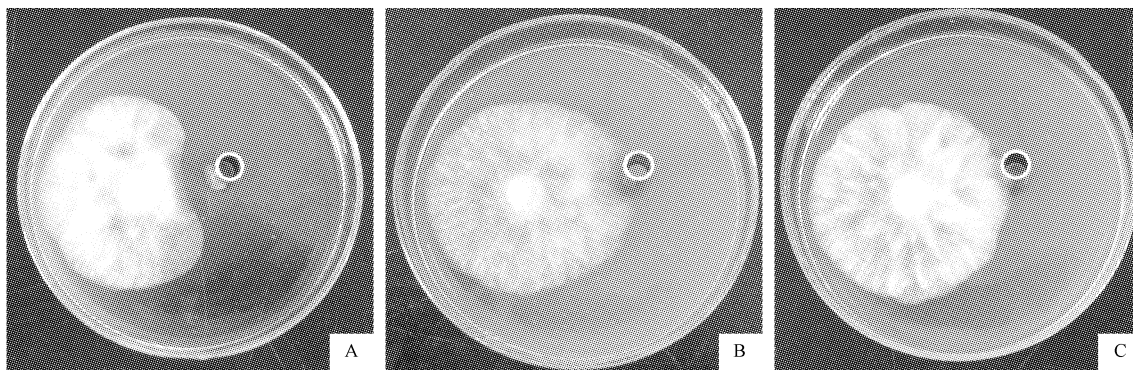


图 3 β -1,3-葡聚糖和几丁质粗酶液对辣椒疫霉菌孢子囊形成的抑制作用

Fig. 3 Inhibitory effect of crude enzyme β -1,3-glucanase and Chitinase extracted against sporangium formation of *Phytophthora capsici*

浓度为 100% 时,抑制率仅为 31.7%,当粗酶液浓度为 60% 时,抑制率为 22.5%,当浓度为 20% 时,抑制率为 2%。
2.3.2 粗酶液对菌丝生长的抑制作用 由图 4 可知,粗酶液对辣椒疫霉菌的菌丝生长具有一定的抑制作用。

分别在牛津杯内注入 2 种粗酶液及对照缓冲液,3 d 后 β -1,3-葡聚糖酶的抑制作用较明显(图 4-A),几丁质酶对菌丝生长的抑制作用较差(图 4-B),而对照的菌丝不受影响(图 4-C)。



注:A 为 β -1,3-葡聚糖粗酶液;B 为几丁质粗酶液;C 为蒸馏水。

Note: A crude enzyme of β -1,3-glucanase; B crude enzyme of chitinase; C distilled water.

图 4 粗酶液对辣椒疫霉菌菌丝生长的抑制作用

Fig. 4 Inhibitory effect of crude enzyme against mycelial growth of *Phytophthora capsici*

3 结论与讨论

该研究结果表明,接种辣椒疫霉菌 3 号生理小种后,不同抗性辣椒品系的 β -1,3-葡聚糖酶、几丁质酶、PAL 和 POD 活性均上升,酶活上升幅度的大小与品系间对辣椒疫病抗性水平的强弱基本一致,抗病品系的酶活上升幅度大、高峰出现时间早,维持时间长;感病品系酶活上升幅度小、高峰出现时间迟,维持时间短。说明在接种病原菌后,抗病品系中上述 4 种酶活性上升速度和表达强度都明显快于和高于感病品系。表明 β -1,3-葡聚糖酶、几丁质酶、PAL、POD 的活性变化与辣椒对疫霉菌的抗性呈正相关。这与前人在大豆与疫霉根腐病菌^[13]、黄瓜与枯萎病菌^[16]、甜瓜与疫霉病菌^[17]、葡萄与霜霉病菌^[18]等互作系统中的研究结果一致。

辣椒疫霉菌隶属于卵菌纲真菌, β -1,3-葡聚糖是卵菌纲细胞壁的主要成分^[19]。辣椒植株在受到疫霉菌感染时体内会产生 β -1,3-葡聚糖酶,进而破坏疫霉菌细胞壁,由此对疫霉菌产生抵抗作用,Jebakumar 等^[19]在研究胡椒与辣椒疫霉菌的互作中证明了上述观点。Randall 等^[20]在研究卵菌纲真菌基因组中发现了辣椒疫霉菌中存在几丁质合成酶基因。虽然大部分卵菌的细胞壁组成中几乎不含几丁质,但由于辣椒疫霉菌的基因组中几丁质合成酶基因的存在,就能诱导辣椒叶片几丁质酶活性,该酶活性的增高虽不能破坏病原菌细胞壁的结构,但可能是诱发其它防御酶启动的一个信号。该研究中,不同抗性品系在接种辣椒疫霉菌后, β -1,3-葡聚糖酶的上升速度和上升幅度都大于几丁质酶,在 β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶粗酶液抑菌活性的测定试验中表明 β -1,

3-葡聚糖酶粗酶液对孢子囊形成、菌丝生长抑制作用明显,而几丁质酶粗酶液抑制作用不明显,由此推断,当辣椒疫霉菌感染植株时,辣椒叶片中 β -1,3-葡聚糖酶活性的提高,是植株获得抗性的主要因素之一。因此,辣椒中 β -1,3-葡聚糖酶代谢相关基因可以作为辣椒对疫霉菌防御相关酶基因的重点进行研究。

植物受到病原菌感染会引起酚类物质代谢相关酶的活性增强^[21],其中最常见有 PAL、POD。刘业霞等^[22]、姜飞等^[8]在研究嫁接辣椒次生代谢物质与根腐病和青枯病抗性的关系中认为,利用抗病砧木的嫁接辣椒在受到病菌感染后,嫁接植株表现为 PAL 活性增强,次生代谢加速,酚类物质和木质素的形成增多。Alcazar 等^[23]依据测定出受疫霉菌感染辣椒的病健结合处 POD 活性增高,并且在该处没有发现菌丝的现象推断,POD 活性的增高促进了木质素和细胞壁糖蛋白的合成,从而使植株获得抗性。该研究中,不同抗性品系在接种辣椒疫霉菌后,PAL 的上升速度和上升幅度都大于 POD,因此当受到疫霉菌感染时,辣椒叶片中 PAL 活性的提高,也是植株获得抗性的主要因素之一。因此,PAL 代谢相关基因也是辣椒对疫病防御相关酶基因研究的方向。

参考文献

- [1] van Loon L C, van Strien E A. The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type protein[J]. *Physiology Molecular Plant Pathology*, 1999, 55: 85-97.
- [2] Mauch F, Mauchman B, Boller T. Antifungal hydrolases in pea tissue[J]. Inhibition of fungal growth by combinations of chitinase and β -1,3-glucanase[J]. *Plant Physiology*, 1988, 88: 936-942.
- [3] Cachinero J M, Cabello F, Jorin J, et al. Induction of different chitinase and β -1,3-glucanase isoenzymes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings

- in response to infection by *Plasmopara halstedii* [J]. European Journal of Plant Pathology, 1996, 102(4): 401-405.
- [4] Egea C, Ahmed A S, Candela M, et al. Elicitation of peroxidase activity and lignin biosynthesis in pepper suspension cells by *Phytophthora capsici* [J]. Journal of Plant Physiology, 2001, 158: 151-158.
- [5] Jung W J, Jin Y L, Kim Y C, et al. Inoculation of *Paenibacillus illinoisensis* alleviates root mortality activates of lignification-related enzymes and induction of the isozymes in pepper plants infected by *Phytophthora capsici* [J]. Biological Control, 2004, 30: 645-652.
- [6] Mandal S, Mallick N, Mitra A. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2009, 47(7): 642-649.
- [7] 周宝利, 陈志霞, 杜亮, 等. 不同品种茄子抗黄萎病特性与生理生化指标及根际微环境指标的相关性分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2013, 44(2): 136-142.
- [8] 姜飞, 刘业霞, 刘伟, 等. 嫁接辣椒根腐病抗性及其与苯丙烷类物质代谢的关系[J]. 中国蔬菜, 2010(8): 46-52.
- [9] 张里, 刘长远, 赵奎华, 等. 辽宁省辣椒疫霉菌生理小种鉴定[J]. 沈阳农业大学学报, 2014, 45(1): 95-98.
- [10] NY/T 2060. 1-2011. 辣椒抗病性鉴定技术规程 第1部分: 辣椒抗疫病鉴定技术规程[S]. 2011.
- [11] Steiner O, Bosland P W. Recombinant inbred line differential identifies race-specific resistance to phytophthora root rot in *Capsicum annuum* [J]. Genetics and Resistance, 2008, 98(8): 867-870.
- [12] Bosland P W, Lindsey D L. A seedling screen for *Phytophthora* root rot of pepper, *Capsicum annuum* [J]. Plant Dis, 1991, 75: 1048-1050.
- [13] 左豫虎, 康振生, 杨传平, 等. β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶活性与大豆对疫霉根腐病抗性的关系[J]. 植物病理学报, 2009, 39(6): 600-607.
- [14] 郝建军, 刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001.
- [15] 张立军, 樊金娟. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [16] 史娟, 李建设. 枯萎病菌诱导的几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶与寄主抗病性的关系[J]. 农业科学研究, 2006(3): 24-26.
- [17] 陈坚, 李冠, 王锐萍. 新疆甜瓜疫霉菌毒素对新疆甜瓜黄化苗中 β -1,3-葡聚糖酶和几丁酶活性的诱导[J]. 植物生理学通讯, 1998, 34(4): 256-258.
- [18] 史娟, 胡景江, 王红玲, 等. 霜霉菌对葡萄细胞壁水解酶的诱导作用与寄主抗病性的关系[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(1): 42-44.
- [19] Jebakumar R S, Anandaraj M, Sarma Y R. Induction of PR-proteins and defense related enzymes in black pepper due to inoculation with *Phytophthora capsici* [J]. Phytopathology, 2002, 54: 23-28.
- [20] Randall T A, Dwyer R A, Huitema E, et al. Large-scale gene discovery in the hemomycete *Phytophthora infestans* reveals likely components of phytopathogenicity shared with true fungi [J]. Molecular Plant Microbe Interactions, 2005, 18(3): 229-243.
- [21] 王茹华, 周宝利, 张启发, 等. 茄子/番茄嫁接植株的生理特性及其对黄萎病的抗性[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(4): 330-332.
- [22] 刘业霞, 付玲, 艾希珍, 等. 嫁接对辣椒次生代谢的影响及其与青枯病抗性的关系[J]. 中国农业科学, 2013, 46(14): 2963-2969.
- [23] Alcazar MD, Egea C, Espin A, et al. Peroxidase isoenzyme in the defense response of *Capsicum annuum* to *Phytophthora capsici* [J]. Physiologia Plantarum, 1995, 94: 736-742.

Relationship Between the Activity of Four Defense Enzymes in Leaf and *Phytophthora*-resistant of Pepper

ZOU Chun-lei¹, LIU Chang-yuan², WANG Li-ping¹, WANG Hui², XIN Bin¹, SUN Bao-shan¹

(1. Vegetable Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161; 2. Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: Taking three near-isogenic lines with different *phytophthora* resistance as the experimental material, the activities of four enzymes (β -1,3-glucanase, chitinase, PAL, POD) were detected after induced by race 3 of *Phytophthora capsici*. The relationship between the activity of four defense enzymes in leaf and *phytophthora*-resistant of pepper was studied. The results showed that the activities of four defense enzymes in pepper's leaves were increased by infection of *Phytophthora capsici*, the rate of enzyme activity for β -1,3-glucanase, chitinase, PAL, POD in resistant lines after infection of *Phytophthora capsici* was 164.4%, 99.1%, 173.7%, 107.6%; but in susceptible lines was 91.8%, 48.1%, 93.1%, 64.0%, the increase in activities was faster and higher, and lasted longer in a resistant lines than that in susceptible lines. The activities of enzymes in mid-resistant lines were between two of above. The results suggested that β -1,3-glucanase, chitinase, PAL and POD could be induced by *Phytophthora capsici* and the relationship between the activities of the four enzymes and the resistance of pepper was positive. In the resistant line, the rate of enzyme activity for β -1,3-glucanase was 1.66 times higher than chitinase; PAL was 1.61 times higher than POD. The inhibition of β -1,3-glucanase and chitinase to mycelia growth and sporangia formation were observed. β -1,3-glucanase was significantly higher than that of control, chitinase showed no clear inhibition to *Phytophthora capsici*.

Keywords: pepper; *Phytophthora capsici*; defense enzymes; disease resistance