

辣椒疫病抗性机制研究进展

杜 蕙¹, 王生荣²

(1. 甘肃省农业科学院 植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学 草业学院 甘肃 兰州 730070)

摘要:近年来, 辣椒疫病在我国不少地区为害严重, 成为我国辣椒生产中的主要病害之一, 如何采取有效的防治方法减轻其为害是辣椒增产增收的关键。了解辣椒疫病的抗性机制可为防治提供一定的理论依据。现系统综述国内外有关辣椒疫病组织结构和生理生化抗性方面研究的主要成就, 并展望今后辣椒疫病的主要研究方向与前景。以期为我国开展辣椒疫病的防治和抗病育种工作提供借鉴。

关键词:辣椒疫病; 抗性机制; 研究进展

中图分类号: S 641.303.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)01-0053-03

辣椒疫病是由 *Phytophthora capsici* Leonia 引起的一种毁灭性的土传病害。一般发病的辣椒植株显症后, 如果外部条件适宜, 一周之内就可暴发流行, 造成大面积的枯死, 轻者减产 20%、30%, 严重者可减产 90%, 甚至造成绝收。由于该病发病周期短, 蔓延流行异常迅速, 给防治带来很大困难。辣椒疫病在生产上主要依靠化学药剂进行防治, 但由于化学药剂的防效受多种环境因素的影响, 使其有效性受到限制, 同时会造成对生态环境的污染。所以, 在生产上采用抗病品种显得尤为重要。通过对辣椒品种对疫病的抗性研究发现, 不同品种对疫病的抗性存在很大差异。因此, 开发利用抗病品种是实现疫病可持续控制的有效途径之一。

植物抗病性及其应用研究一直是植物病理学和生物科学中的热点问题, 因为植物抗病或耐病品种の利用是植物病害控制的最经济有效的措施, 尤其在辣椒疫病的可持续控制体系中居于核心地位。利用抗病品种, 可减少对化学农药的需求, 降低生产成本, 更重要的是减少了对空气、土壤和水污染的可能, 同时降低了有害物质在农产品中的残留, 具有显著的经济效益、社会效益和生态效益。

1 辣椒对疫病的抗性机制

辣椒品种对 *P. capsici* 的抗病机制是多种多样的, 主要是与寄主的组织结构和生理生化特性有关的抗病性。许多学者对辣椒受 *P. capsici* 侵染后组织结构的变化及一些生理生化指标(可溶性蛋白、酯酶、过氧化物酶等)的变化进行了研究。现就其研究进展分别进行介绍。

1.1 寄主的组织结构抗性研究

第一作者简介: 杜蕙(1970-), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向为植物病害及其综合防治。E-mail: dh0928@163.com。

收稿日期: 2007-09-06

辣椒植株受 *P. capsici* 侵染后, 其组织结构会发生变化。Hwang et al.^[1] 用电镜观察了辣椒品种 Hanbyul 对 *P. capsici* 侵染的组织结构学变化, 发现 *P. capsici* 侵染的辣椒根和茎部, 其薄壁细胞的大部分都全部被分解, 但其维管束组织却未发生严重的解离, 尽管其内充满了真菌的菌丝。这一结论与 Kim et al.^[2] 用光镜观察的结果相同。Aguirrelea, et al.^[3] 也认为, 被 *P. capsici* 侵染后, 辣椒品种 Morron 的维管束组织未被破坏。这些结果说明, *P. capsici* 不容易损坏辣椒的维管束, 因为筛管具有非常强硬的木质化细胞壁; 而且证明, 与其它萎蔫性病害如枯萎病和黄萎病产生萎蔫的原因不同, 后两者的萎蔫症状是由于导管中病原菌的存在和维管束组织的被破坏, 或由于胞外酶及真菌诱发的胶性物质及侵填体的存在, 使得由根部向茎叶部的水分运输受阻所致, 而辣椒疫病的萎蔫症状则是由 *P. capsici* 侵染辣椒后, 因皮层细胞的解体, 使得水的流动局限于坏死的茎部, 叶部水压大部分下降的缘故。因此, 木质部对水流动的抵抗力的增加是造成 *P. capsici* 侵染辣椒后出现失水症状的原因。Hwang, et al. 还发现, *P. capsici* 的菌丝在辣椒被侵染的根和茎部组织的细胞间生长, 细胞间生长的菌丝通过形成吸器式的小体, 穿透寄主细胞壁进入细胞内部。被侵染辣椒根茎部细胞的细胞器退化, 细胞壁溶解, 细胞质与细胞壁发生质壁分离, 而且, 寄主的细胞壁变薄, 这可能是由于真菌侵染时形成的水解酶所致。另一方面, 侵入寄主细胞内的 *P. capsici* 菌丝被颗粒状的、染色较暗的寄主细胞质所包围, 同时寄主细胞壁上靠近真菌菌丝的部分有乳突状物质的沉积。朱英波等^[4] 的研究发现, *P. capsici* 侵染不同抗性的辣椒品种, 其侵入前的过程基本相似, 都能形成特殊侵染机构—压力胞, 压力胞球形或长椭圆形, 并且从气孔侵入叶内, 在细胞间隙中扩展。病菌侵入感病品种后, 能迅

速建立寄生关系, 侵染菌丝在细胞间隙中扩展, 从气孔伸出叶面, 在叶面上分枝扩展, 形成菌落早, 产生大量孢子囊, 寄主病变时间出现早, 很快合并成大病斑; 然而, 随着品种抗性增强, 侵入菌丝扩展缓慢, 稀疏, 数量少, 扩展过程明显受到抑制, 不易形成孢子囊, 寄主病变发生时间推迟, 并且抗病品种上菌落小, 有早期败育特征。这说明 *P. capsici* 扩展受抑程度与品种抗性密切相关, 随抗病性的增强受抑程度加重, 其受抑的直接原因可能涉及到寄主的生理生化机理。

1.2 寄主的生理生化抗性研究

辣椒植株受到 *P. capsici* 侵染后, 会发生一些生理生化方面的变化。Jeun, et al.^[5] 研究表明, 和苗龄相关的抗性与辣椒茎中干物质的增加、矿物质的大量增加以及果糖、葡萄糖和蔗糖含量的降低有关, 而这种生理变化可能是由于一些不同基因控制的蛋白和酶所引起的。Hwang, et al.^[6] 则测定了处于不同苗龄的、抗感程度不同的两个辣椒品种受到 *P. capsici* 侵染后, 可溶性蛋白、酯酶和过氧化物歧化酶的变化, 发现 3 种蛋白仅在抗病品种的健株内存在, 说明这几种蛋白在抗病性上起作用; 抗感品种都表现为一些蛋白仅在植株生长的后期出现, 说明这几种蛋白与苗龄相关的抗性有关; 过氧化物歧化酶的活性在品种间或苗龄间无差异, 但在两个品种上都表现为该酶的活性在病株内高于健株内, 说明在健株内, 此酶可通过催化 OH^- 形成 H_2O_2 和 O_2 , 活性氧的产生避免了病菌对寄主细胞结构的破坏; 酯酶与辣椒抗 *P. capsici* 无关。黄凤莲等^[7] 研究发现, 辣椒抗疫病的性状与植株体内的多酚氧化酶活性、苯丙氨酸裂解酶活性及可溶性蛋白的含量呈正相关, 与过氧化物酶的活性呈负相关。王兰兰等^[8] 的研究表明, 辣椒叶片中易溶性蛋白质含量与抗病性有关, 但无明显的规律可循。叶片中过氧化物酶活性与抗病性呈负相关, 而多酚氧化酶活性与抗病性呈正相关, 这与黄凤莲等人的研究结果一致。而冉莹青等^[9] 的研究结果表明, 过氧化物酶、多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶 3 种酶的活性在抗感品种间是有差异的, 抗性品种中 3 种酶活性均高于感病品种。Alcazar, et al.^[10] 对受到 *P. capsici* 侵染辣椒植株体内过氧化物酶活性的变化进行了测定, 发现抗、中抗和感病 3 个品种在接种 *P. capsici* 后, 细胞间过氧化物酶活性都升高, 但在抗病品种中增加的幅度大; 而且, 尽管在抗病品种的病健结合处无菌丝的存在, 但在此部位的细胞间都检测出了过氧化物酶, 而在其它品种中的病健结合处却未发现此酶。这一现象说明, 在抗病品种中, 沿菌丝生长方向的过氧化物酶阻止了菌丝的迅速扩展, 而在感病品种的细胞间隙过氧化物酶活性很低, 以致真菌的菌丝可以通过并迅速蔓延。但 Mozzetti, et al.^[11] 则指出, 尽管过氧化物酶在抗病品种中比在感病品种中高, 而且过氧化物酶活性与寄主对病原菌的抗性成正相关这一结

论已被多方证实, 但在接种后, 植物体内过氧化物酶的活性更与病情严重度有关。因此, 过氧化物酶作为辣椒与接种疫霉菌后的一种抗病机制的结果值得讨论。

2 讨论

过氧化物酶是植物体内普遍存在的一种氧化还原酶, 在植物生长发育过程中以及在各种不良环境条件下都会发生变化; 多酚氧化酶是植物体内普遍存在的一类末端氧化酶, 与植物的“愈伤反应”有密切关系, 还与木质素及其他一些与酚有关的细胞组分的合成有关; 苯丙氨酸解氨酶在植物体内次生物质(如木质素、植保素等)代谢中起重要作用。不同的酶系在不同的寄主-病原物互作体系中的作用是有差异的, 而且在不同的寄主与病原物组合中, 同一种酶活性变化也不一致。因此一种酶在抗病中的作用应根据具体情况具体分析, 不能一概而论。

植物的过氧化物酶是由许多同工酶组成的, 他们在细胞壁组分的生物合成中起主要作用。如木质素及伸展蛋白(HRGP)等的形成等都需要过氧化物酶, 而这两种物质的形成是植物对病原菌侵染发生反应的例证。过氧化物酶可能还在形成细胞壁聚合体过程中与酚单体氧化偶联的最后一步有关。而且, 过氧化物酶还与在诱导植物产生系统抗性方面起作用, 而诱导抗病性是植物抵抗病原菌的一种重要的抗病机制。

酚类化合物可能是植物防御病原菌的第一道防线。它们或者作为对病原菌有毒的产物, 或者作为病原菌侵染的一种组织结构障碍而存在。Candela, et al.^[12] 对抗、中抗和感病 3 个品种在接种 *P. capsici* 后总的酚酸含量进行了测定, 发现接种后在抗和中抗品种辣椒茎中显著增加, 且发现, 在培养基中, 可溶性酚酸可减缓 *P. capsici* 菌丝的生长。同时, 抗和中抗品种中起作用的酚酸种类是不同的, 如抗病品种中, 接种后显著增加的是 *t*-肉桂酸, 而中抗品种中则是阿魏酸。

此外, 虽然辣椒素(Capsidiol)在辣椒抗 *P. capsici* 中的作用已有人进行了探讨, 但未被证明这种植保素是辣椒抗 *P. capsici* 的主要物质。

3 辣椒疫病今后的研究发展方向

辣椒疫病作为世界性的重要病害, 已受到许多学者的关注。国外研究者已从病原菌的生物学特性、寄主范围、苗期抗病性鉴定方法、抗病遗传规律、病原菌的致病机制、寄主的抗病机制及该病害的防治方法等方面进行了研究^[3]。我国辣椒疫病的研究工作起步较晚, 针对当前的生产实际和研究现状, 一方面应积极引进辣椒疫病的抗源, 大力开展辣椒抗疫病规律的研究, 结合人工接种鉴定技术, 加速抗病品种的培育速度。另一方面, 应加强辣椒疫病病原菌生理分化及辣椒抗疫病机制方面的研究, 以便为辣椒抗疫病的育种工作提供理论依据。

参考文献

- [1] Hwang B K, Kim W B, Kim W K. Ultrastructure at the host parasite

苏云金杆菌增效细菌研究进展

杨庆仙

(河北政法职业学院 园林系, 河北 石家庄 050061)

摘要: 苏云金芽孢杆菌 Bt 制剂是当前应用最广、最有效的一种细菌杀虫剂, 因其对鳞翅目、鞘翅目、双翅目、膜翅目、同翅目等昆虫以及动植物线虫、蛴螬等节肢动物都显示杀虫活性而倍受人们关注。综述对苏云金杆菌具有增效作用的细菌的研究进展。目前, 环境微生物中 Bt 增效细菌主要有苏云金杆菌、蜡状芽孢杆菌, 其发酵上清液或芽孢不同程度地提高了苏云金杆菌防治害虫的效果。

关键词: 苏云金杆菌; 增效; 细菌; 研究进展

中图分类号: S 482.2⁺92 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)01-0055-04

苏云金杆菌 (*Bacillus thuringiensis*, 简称 Bt) 是目前产量最大、使用最广的生物杀虫剂。它的主要活性成分是一种或数种杀虫晶体蛋白 (insecticidal crystal proteins, ICPs), 又称 δ -内毒素^[1], 对鳞翅目、鞘翅目、双翅目、膜翅目、同翅目等昆虫, 以及动植物线虫、蛴螬等节肢动物都有特异性的毒杀活性, 而对非目标生物安全, 因此, Bt 杀虫剂具有专一、高效和对人畜安全等优点。目前苏云金杆菌商品制剂已达 100 多种, 是世界上应用最为广泛、用量最大、效果最好的微生物杀虫剂 因而倍受人们关注。但是, 商品 Bt 制剂在生产防治中也显示出某些局限性, 如速效性差、对高龄幼虫不敏感、田间迟效期短以及重组工程菌株遗传性状不稳定等都已成

影响 Bt 进一步成功推广使用的制约因素。因此, 为了提高 Bt 制剂的杀虫效果, 对其增效途径的研究已成为世界性的研究热点, 主要包括: 筛选增效菌株^[2]; 利用化学添加剂^[3,8]、植物它感素^[9-12]、几丁质酶^[13] 作为增效物质; 昆虫病原微生物间的互作增效^[14-18] 等。现主要综述目前对 Bt 制剂具有增效作用的细菌的研究进展。

1 增效细菌的筛选

自然界中, 每种植物、昆虫的体表和体内都存在着相应的微生物区系。早在 20 世纪 50 年代, Heimpel 和 Angus 划分 Bt 对敏感昆虫作用机理时, 就曾提出一些细菌营养细胞或芽孢的存在可加速致死速度。许多研究表明昆虫体内存在着这种与寄主昆虫生存、行为反应有着密切关系的微生物群落^[20], 部分细菌仅能用原核 DNA 的特殊引物在 PCR 扩增中检测到^[21], 另一些细菌却^[22] 能被人工培养, Mckillip 等^[23] 在对美国西北果园严重发生的卷叶蛾 (*Pandemispyrusana*) 中肠细菌进行分

作者简介: 杨庆仙(1967-), 女, 河北安新人, 副教授, 主要从事病虫害防治教学工作。

收稿日期: 2007-07-05

interface of *Phytophthora capsici* in root and stems of *Capsicum annuum*[J]. *Phytopathology*, 1989, 127: 305-315.

[2] Kim W B, Hwang B K. Histological changes in the roots and stems of pepper plants infected with *Phytophthora capsici* [J]. *Korean Plant Pathol.*, 1989, 5: 40-48.

[3] Aguirreola J, Ingoyen J, Sanchez-diaz M, et al. Physiological alterations in pepper during wilt induced by *Phytophthora capsici* and soil water deficit[J]. *Plant pathol.*, 1995, 44: 587-596.

[4] 朱英波, 史凤玉, 李超. 辣椒抗疫性组织病理学初步研究[J]. *中国农学通报* 2002 18(5): 55-56.

[5] Jeun Y C, Hwang B K. Carbohydrate, amino acids, phenolic and mineral nutrient contents of pepper plants in relation to age-related resistance to *Phytophthora capsici*. [J]. *Phytopathology*, 1991, 131: 40-52.

[6] Hwang B K, Yoon J Y, Ibenhal W D, et al. Soluble proteins, esterases and superoxide dismutase in stem tissue of pepper plants in relation to age-related resistance to *Phytophthora capsici*[J]. *J Phytothology*, 1991, 132: 129-138.

[7] 黄凤莲, 刘寿明, 曾瑞香, 等. 湘研辣椒品种抗疫病筛选及抗性机制研究[J]. *湖南农业大学学报*, 1999, 25(4): 303-309.

[8] 王兰兰, 程鸿. 辣椒苗期抗疫病鉴定及抗性机制的研究[J]. *甘肃农业科技* 1996(3): 37-39.

[9] 冉莹青, 利容千. 辣椒感染疫霉菌后几种酶活性及同工酶带变化[J]. *植物病理学报*, 1997, 27(2): 156.

[10] Alcazar M D, Egea C, Espin A, et al. Peroxidase isoenzymes in the defense response of *Capsicum annuum* to *Phytophthora capsici*[J]. *Physiologia Plantarum*, 1995, 94: 736-742.

[11] Mozzetti C. Variations in enzyme activities in leaves and cell suspensions as markers of incompatibility in different *Pytophthora-pepper* interaction[J]. *Physiol. Mol. Plantpathol.*, 1995 40(2): 95-107.

[12] Candela M E, Alcazar M D, Espin A, et al. Soluble phenolic acids in *Capsicum annuum* stems infected with *Phytophthora capsici*[J]. *Plant Pathology*, 1995 44: 116-123.

[13] 冯东昕, 李宝栋. 辣椒疫病病原菌及抗病育种研究进展[J]. *中国蔬菜*, 1999(2): 48-52.