

# 番茄灰霉病的生物学特性与防治研究进展

刘福平, 黄台明, 宋淑芳, 邓立宝 (广西百色市现代农业技术研究推广中心, 广西百色 533612)

**摘要** 对番茄灰霉病的生物学特性, 抗灰霉病材料的筛选和应用, 综合防治、化学防治、生物防治等防治方法进行了综述, 并对番茄灰霉病的防治进行了展望。

**关键词** 番茄; 灰霉病; 生物学特性; 防治; 研究进展

**中图分类号** S436.412.1<sup>+</sup>3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)31-10924-03

## Biological Characteristics and Control of Gray Mold in Tomato

LIU Fu-ping, HUANG Tai-ming, SONG Shu-fang et al (Guangxi Baise Modern Agriculture Technology Research and Promotion Center, Baise, Guangxi 533612)

**Abstract** The biological characteristics of tomato gray mold, selection and application of the gray mold-resistant materials, integrated control, chemical control, biological control were reviewed. The control of gray mold in tomato was forecasted.

**Key words** Tomato; Gray mold; Biological characteristics; Control; Recent advances

由半知菌亚门葡萄孢属的灰葡萄孢菌(*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.) 侵染所致的番茄灰霉病是一种世界性重要病害, 自 20 世纪 80 年代开始在我国发生蔓延<sup>[1]</sup>。发病后, 传播速度快, 对番茄生产的威胁极大<sup>[2]</sup>。近年来, 随着番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 设施栽培的发展, 灰霉病成为番茄的重要病害之一<sup>[3]</sup>。该病在番茄产区普遍流行, 对产量影响很大, 严重时可减产 40% ~ 50%, 甚至绝产<sup>[4]</sup>。为此, 笔者对近年来番茄灰霉病的防治研究进展进行了综述, 旨在为番茄灰霉病的防治及其相关研究提供借鉴。

## 1 番茄灰霉病生物学特性

**1.1 病原菌菌丝生长和分生孢子萌发条件** 番茄灰霉病菌分生孢子萌发的温度范围为 10 ~ 25 °C, 最适温度 20 °C; 在 pH 3 ~ 12 条件下均能萌发, 适宜 pH 为 4 ~ 7, 在最适 pH 为 5 时分生孢子在各种营养物质中均能萌发, 在 10% 的蔗糖液中萌发最好, 其次为番茄汁液; 分生孢子的致死温度为 58 °C (5 min)。番茄灰霉病菌在大多数培养基上均能良好生长, 其中 PDA + 番茄汁(1:1) 培养基最适宜菌丝生长, 产孢的最适培养基为 PDA。番茄灰霉病菌在 5 ~ 30 °C 均能生长, 适温为 20 ~ 25 °C, 30 °C 以上生长受抑制。黑暗或交替光照条件有刺激产生分生孢子的作用, 交替光照条件下产孢最好<sup>[5]</sup>。岳海梅等对林芝地区温室番茄灰霉病病原菌生物学特性进行了研究, 结果表明氮源以蛋白胨对菌丝生长和产孢最佳, 缺氮条件下不产孢, 另外, 最利于病原菌菌丝生长的碳源不一定最利于其产孢, 最利于病原菌菌丝生长的氮源同时也有利于其产孢<sup>[6]</sup>。

**1.2 发病特点和危害症状** 病菌主要以菌核或菌丝体及分孢梗(温暖地区) 随病残体遗落在土中越冬或越夏, 条件适宜时, 萌发菌丝, 产生分生孢子, 借气流、雨水和人类生产活动进行传播; 茎、叶、花、果均可危害, 但主要危害果实, 通常以青果发病较重; 茎染病时开始呈水浸状小点, 后扩展为长圆

形或不规则形, 浅褐色, 湿度大时病斑表面生有灰色霉层(病菌分生孢子及分生孢子梗), 严重时致病部以上茎叶枯死导致枯萎病<sup>[7]</sup>。低温高湿、弱光利于发病; 种植密度大、放风不及时、连阴雨天等均利于灰霉病的发生及扩散<sup>[8]</sup>。分生孢子可多次再侵染<sup>[2]</sup>。

## 2 防治研究进展

从研究文献来看, 前人对番茄灰霉病防治主要从 2 个方面开展了研究: 一是从内因出发, 开展番茄抗灰霉病材料的筛选和应用, 培育番茄抗病品种; 二是从外因出发, 开展了番茄灰霉病综合防治、化学防治、生物防治等一系列研究, 并取得了较好效果。

**2.1 抗病材料的筛选和应用** 抗病育种是解决番茄灰霉病的根本方法。继 Farley 等 1976 年最早发现番茄 V543 试材对灰霉病菌表现一定抗性后, 又陆续有科研人员发现智利番茄和小花番茄的叶部和茎部对灰霉病菌表现抗性; 秘鲁番茄 LA2745 和醋栗番茄 LA1246 等在叶部和茎部对灰霉病菌均表现出高抗, 并且 LA2745 与栽培种 Sekaiichi 的杂交 1 代也同样表现高抗; 多毛番茄 LYC4 叶、茎、果实 3 个部位对灰霉病菌均表现高抗, 筛选出多毛番茄 PI134417、I126445、PI247087、LA1392、LA1341 5 份抗灰霉病材料, 也筛选出类番茄 LA2951、LA2408 2 份抗灰霉病材料, 初步认为野生资源材料中的部分多毛番茄和类番茄可作为番茄抗灰霉病的抗源材料; 另有 7 份转基因普通番茄 T2-07-337、T2-07-315、T2-07-322、T2-07-334、T2-07-324、T2-07-335 和 T2-07-330 也表现出较高抗性, 其中以 T2-07-337 抗性最强<sup>[3]</sup>。但是截至目前, 由于野生番茄抗灰霉病材料性状较差等原因, 抗病材料的应用受到限制, 在生产上仍缺乏抗病品种。

**2.2 综合防治** 综合防治是农业生产中常用的一种病虫害防治方法, 以预防为主, 根据病虫害产生的条件和特点, 通过栽培措施等预防病虫害的发生和蔓延。通过前人的研究和田间试验, 目前针对番茄灰霉病防治通常采用的综合防治方法有以下几种: ①采用滴灌或膜下灌水的方式, 结合地膜覆盖的方式, 提高土壤温度, 显著降低膜内空气相对湿度; ②根据棚外天气的情况, 适当合理放风, 尽量降低棚内相对湿度

**基金项目** 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科合 1140011-5)。  
**作者简介** 刘福平(1985 - ), 女, 广西资源人, 农艺师, 硕士, 从事农业技术与推广工作。  
**收稿日期** 2014-09-23

和叶、果面结露时间;③通过科学的温度调控创造一个有利于番茄生长而不利于灰霉发病的环境条件,一般利用上午控温、中午排湿、夜间保温的方式,上午使棚内温度控制在 28 ~ 30 ℃,到达 32 ℃ 以上时要开始通风,下午温度到达 20 ℃ 时就要关闭风口,前半夜棚温维持在 12 ~ 18 ℃,后半夜将温度维持在 10 ~ 15 ℃;④摘除幼果上残留花瓣及柱头,减少果实灰霉病的初侵染源;⑤采取合理施肥、土壤消毒、带药移栽、轮作倒茬、套种、灌水等综合防治方法<sup>[9]</sup>。

**2.3 化学防治** 化学防治是目前番茄灰霉病最主要的防治方法,科研人员对番茄灰霉病的化学防治开展了一系列研究并取得较好的防治效果。

贾利元等<sup>[10]</sup>研究表明,咯菌腈、啶酰菌胺、啞霉胺、乙霉威·多菌灵、腐霉利和甲基硫菌灵 6 种杀菌剂对番茄灰霉病均有一定的防治效果,其中 50% 啶酰菌胺(用量 750 g/hm<sup>2</sup>)、50% 咯菌腈(用量 750 g/hm<sup>2</sup>) 2 个处理对番茄灰霉病的防治效果显著,对病叶和病果的平均防效分别达 78.16%、87.95% 和 77.20%、85.84%。

杜宜新等<sup>[11]</sup>研究发现,百菌清、异菌脲、腐霉利对番茄灰霉病菌的抑制作用较强,其中百菌清的抑制作用最强,田间药效试验结果表明 50% 腐霉利 WP 562.5 g/hm<sup>2</sup>、25% 啞氧菌酯 SC 112.5 g/hm<sup>2</sup>、50% 啶酰菌胺 WG 300.0 g/hm<sup>2</sup> 3 种杀菌剂对番茄灰霉病的防治效果较好,防效均在 75% 以上。

陈治芳等<sup>[12]</sup>研究咯菌腈、抑霉唑、福美双、吡唑醚菌酯和啞霉胺 5 种杀菌剂对灰霉病的抑制效果发现,采用菌丝生长速率法和孢子萌发法测定均以咯菌腈毒力最高,采用黄瓜子叶法测定以抑霉唑毒力最高,田间药效试验结果表明 50% 咯菌腈 WP 90.0 g/hm<sup>2</sup> 对番茄灰霉病的田间防效达到 90% 以上。

刘佳<sup>[13]</sup>研究发现水杨酸抑制灰霉病在一定浓度范围内使用是安全的,且番茄植株体内过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)和苯丙氨酸解氨酶(PAL)4 种防御酶活性与番茄对灰霉病的诱导抗性呈正相关,丙二醛(MDA)含量的增加与抗病性的提高也密切相关。

李天来等<sup>[14]</sup>研究表明,钙在茉莉酸甲酯诱导番茄抗灰霉病过程中具有重要调节作用,该种作用与钙促进茉莉酸甲酯诱导番茄活性氧积累和抗氧化酶活性有关。

毛胜凤等<sup>[15]</sup>研究表明,800 g/ml 喜树碱(CPT)对番茄灰霉病菌的菌丝抑制率在 80% 以上。

周宝利等<sup>[16]</sup>研究表明,不同苦参提取物浓度对番茄灰霉病菌菌丝均具有抑制作用,且抑制作用随浓度增加而增强。

乔广行等<sup>[17]</sup>研究发现氟啶胺、咯菌腈与啶酰菌胺、氟吡菌酰胺、多氧霉素与丙炔胺对番茄灰霉病菌均具有抑制效果,生防制剂丁子香酚与武夷菌素对番茄灰霉病菌也有抑菌作用,在农业生产中可以组合或轮换应用上述 8 种杀菌剂对番茄灰霉病进行防治。

魏继刚等<sup>[18]</sup>研究发现 50% 啶酰菌胺水分散粒剂 300.0、75.0 g/hm<sup>2</sup> 处理对番茄灰霉病的防治效果均在 80% 以上,而

且与对照药剂啞霉胺和腐霉利作用机理不同,可以交替使用。

牛芳胜等<sup>[19]</sup>研究表明,联用哈茨木霉菌及啶酰菌胺、啞菌酯、咯菌腈、氟啶胺和啞菌啞唑 5 种供试药剂可增强对番茄灰霉病菌的抑制作用,即具有协同作用,因此可考虑将杀菌剂与木霉菌联合用于番茄灰霉病的防治。

赵建江等<sup>[20]</sup>研究发现咯菌腈可广泛用于番茄灰霉病的防治,且与多菌灵、乙霉威、腐霉利、啞霉胺、啶酰菌胺 5 种杀菌剂均不存在交互抗性,为了延缓其抗性的产生,建议咯菌腈与啶酰菌胺等不同作用机制的杀菌剂交替使用。

从上述研究结果来看,咯菌腈、啶酰菌胺、啞霉胺等杀菌剂对番茄灰霉病均具有较好的防治效果,而且多种杀菌剂组合、交替使用可起到协同作用,抑制番茄灰霉病。笔者认为通过多种杀菌剂的协同作用抑制番茄灰霉病将是该病化学防治的趋势。

**2.4 生物防治** 生物防治无污染环境、无残留,且更能保持生态平衡,符合农业的可持续发展,是目前病虫害防治的一种较理想的防治方法,诸多科研人员对番茄灰霉病生物防治开展了研究,大部分从生物拮抗菌可以控制番茄灰霉病出发,寻找抗番茄灰霉病生物菌,也有部分科研人员利用生物源诱抗剂诱发番茄自身的免疫系统,使番茄获得抵御番茄灰霉病的能力。

闫艳华等<sup>[21]</sup>研究表明,植物乳杆菌 IMAU10014 作为生物农药防治灰霉病有很大的潜力。

董伟欣等<sup>[22]</sup>研究发现枯草芽孢杆菌 NCD-2 菌株及其无细胞发酵液对多种植物病原真菌具有较强的拮抗活性。

武哲等<sup>[23]</sup>研究表明,武夷菌素对灰霉病既有保护作用又有治疗作用,并且保护作用较好于治疗作用,其原因与武夷菌素的作用机理有关。

常琳等<sup>[24]</sup>研究发现假单胞菌 FD6 菌株抑菌谱广,尤其对番茄灰霉病菌菌丝生长和孢子萌发有较强的抑制作用。

段军娜等<sup>[25]</sup>研究表明,皮尔瑞俄类芽孢杆菌可作为生防制剂应用于番茄灰霉病的防治及番茄的采后保鲜。

张淑梅等<sup>[26]</sup>研究发现内生细菌 TF28 可诱导提高防御酶活性以抵抗番茄灰霉病侵染。

辛春艳等<sup>[27]</sup>研究发现生拮抗放线菌不仅能阻止番茄灰霉病菌丝的入侵,而且对番茄灰霉病有较好的预防作用,并且预防作用好于化学农药。

唐容容等<sup>[28]</sup>研究发现蜡样芽孢杆菌 CGMCC4348 对番茄灰霉病菌有较好的防治效果。

邓振山等<sup>[29]</sup>研究发现大蒜鳞茎中的内生菌对番茄灰霉病有明显的抑制作用,为内生菌在番茄灰霉病防治方面的应用提供了理论依据。

徐大勇等<sup>[30]</sup>研究表明,菌株 HNU-EA27 是防治番茄灰霉病潜在的优良生防菌株,具有良好的开发应用价值。

从上述研究结果来看,番茄灰霉病生物防治仍较缓慢,尽管部分研究结果较理想,但尚不能从根本上控制番茄灰霉病,在生产上也未大量使用,仍有待于进一步研究。

### 3 展望

一是由于野生资源材料的叶部、茎部、果实之间抗性相关性较小或无相关性,野生番茄经济性状较差、与普通番茄杂交亲和性低等问题在一定程度上限制了抗源材料的有效利用<sup>[2-3]</sup>,导致番茄抗灰霉病品种缺乏。赵统敏等<sup>[3]</sup>研究认为,可通过构建渐渗系群体对抗性基因精细定位,采用分子标记辅助选择的方式将抗性基因进行累加,或通过基因工程技术将抗性基因转入栽培番茄,获得抗灰霉病优良品种。

二是由于灰霉菌具有繁殖速度快、遗传变异大和适应性强的特性,已对部分杀菌剂产生了不同程度的抗性<sup>[2]</sup>。笔者建议,广泛研究多种杀菌剂组合、交替使用产生的协同作用来抑制番茄灰霉病。

三是生物防治存在受生防因子和环境因素影响较大、防效不稳定等缺点,目前研究进展缓慢,建议运用现代生物技术和基因工程的方法对生防因子进行改造,不断改进其性能和提高产品质量<sup>[2,31]</sup>,同时降低使用技术要求,以便于推广应用。

### 参考文献

- [1] 郑建强,邱玉芹,毛学明,等.烟台市果园杂草的种类调查[J].杂草科学,2001(1):13-15.
- [2] 樊平声,沙国栋,陈益芹,等.番茄灰霉病的防治研究进展[J].江苏农业科学,2012,40(4):133-135.
- [3] 赵统敏,余文贵,赵丽萍,等.番茄抗灰霉病育种研究进展[J].江苏农业学报,2011,27(5):1141-1147.
- [4] 赵统敏,高军,余文贵.棚室番茄灰霉病的发生规律与综合防治技术[J].江苏农业科学,1999(1):37-38.
- [5] 徐明,李海涛,张子君,等.番茄灰霉病原菌生物学特性的研究[J].贵州农业科学,2009,37(3):68-71.
- [6] 岳海梅,庄华,旺姆.林芝地区温室番茄灰霉病原菌生物学特性研究[J].安徽农业科学,2010,38(24):13223-13224,13321.
- [7] 邹闻焜.番茄叶霉病与灰霉病发病特点与防治方法[J].农民致富之友,2013(5):63.
- [8] 杨世丽,李爱华,杨亚鹏.番茄灰霉病发病原因及防治措施[J].现代农村科技,2013(13):35.
- [9] 张瑜瑜.大棚番茄灰霉病的发生规律及综合防治技术探讨[C]//中国园艺学会蔬菜产业发展与栽培新技术交流会论文集汇编.中国园艺学会,2013:19-24.
- [10] 贾利元,田伟,刘新社.6种杀菌剂对设施番茄灰霉病的防治效果[J].

河南农业科学,2012,41(9):103-105.

- [11] 杜宜新,陈仁,石妞妞,等.几种杀菌剂对番茄灰霉病菌的毒力及田间防效的研究[J].福建农业学报,2013,28(6):575-579.
- [12] 陈治芳,王文桥,韩秀英,等.新杀菌剂对番茄灰霉病菌的室内毒力及田间防效[J].植物保护,2011,37(5):193-195.
- [13] 刘佳.水杨酸诱导番茄对灰霉病的抗性研究[J].安徽农业科学,2012,40(25):12510-12513.
- [14] 李天来,张亢亢,余朝阁,等.外源钙和茉莉酸甲酯诱导番茄植株抗灰霉病研究[J].西北植物学报,2012,32(3):505-510.
- [15] 毛胜凤,林海萍,陈安良,等.喜树碱对番茄灰霉病菌的病理反应[J].中国生物防治学报,2014,30(1):143-148.
- [16] 周宝利,刘双双,靳晓冬,等.苦参提取物抑制番茄灰霉病菌活性的研究[J].沈阳农业大学学报,2012,43(2):143-147.
- [17] 乔广行,林秀敏,黄金宝,等.8种杀菌剂对番茄灰霉病菌多重抗药性菌株生物活性测定[J].农药,2013,52(1):57-59.
- [18] 魏继刚,马峰,侯伟.50%啶酰菌胺水分散剂对番茄灰霉病的防治效果研究[J].陕西农业科学,2014,60(5):37-39.
- [19] 牛芳胜,马志强,毕秋艳,等.哈茨木霉菌与5种杀菌剂对番茄灰霉病菌的协同作用[J].农药学报,2013,15(2):165-170.
- [20] 赵建江,张小凤,马志强,等.番茄灰霉病菌对咯菌腈的敏感基线及其与不同杀菌剂的交互抗性[J].农药,2013,52(9):684-685.
- [21] 闫艳华,王海宽,肖瑞峰,等.一株乳酸菌对番茄灰霉病的防效及对几种防御酶活性的影响[J].微生物学通,2011,38(12):1801-1806.
- [22] 董伟欣,李宝庆,李社增.脂肽类抗生素 fengycin 在枯草芽孢杆菌 NCD-2 菌株抑制番茄灰霉病菌中的功能分析[J].植物病理学报,2013,43(4):401-410.
- [23] 武哲,孙蕾,刘彦彦,等.生物农药武夷菌素对保护地番茄灰霉病的防治效果[J].中国农学通报,2013,29(25):173-178.
- [24] 常琳,李倩,童蕴慧,等.生防细菌 FD6 的鉴定及其对番茄灰霉病菌的作用机制[J].植物保护学报,2011,38(6):487-492.
- [25] 段军娜,黄海,罗晶,等.皮尔瑞俄类芽孢杆菌对番茄灰霉病的防治效果及防腐保鲜作用[J].植物保护学报,2014,41(16):61-66.
- [26] 张淑梅,姜威,孟利强,等.内生细菌 TF28 对番茄灰霉病的诱导抗性研究[J].安徽农业科学,2014,42(11):3253-3256.
- [27] 辛春艳,张丽萍,谢莉,等.内生拮抗放线菌防治番茄灰霉病的研究[J].河南农业科学,2009(2):68-70.
- [28] 唐容容,杨文草,胡永红,等.蜡样芽孢杆菌 CGMCC4348 菌株防治番茄灰霉病的效果及机理研究[J].湖北农业科学,2013,52(8):1817-1820.
- [29] 邓振山,马娜娜,徐文梅,等.大蒜鳞茎中抗番茄灰霉病内生菌的筛选及其防治效果[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,40(5):50-56.
- [30] 徐大勇,李峰.番茄灰霉病拮抗内生放线菌的筛选、鉴定及其活性评价[J].生态学杂志,2012,31(6):1461-1467.
- [31] 张智,李君明,宋燕,等.番茄灰霉病及其防治研究进展[J].内蒙古农业大学学报,2005,26(2):125-128.

(上接第 10923 页)

### 3 讨论

乙基多杀菌素(S)与甲氧虫酰肼(M)混配在吉林省长春和吉林2个地区田间使用防治水稻二化螟总体表现良好。通过与未防治对照相比,田间施用乙基多杀菌素与甲氧虫酰肼混配药剂可有效降低二化螟为害造成的枯心率、白穗率和虫伤株率。在田间使用剂量为 S + M:(232.5 + 291.0) ~ (366.0 + 459.0) ml/hm<sup>2</sup> 时,作物均未表现出受害症状。同目前市售防治水稻二化螟的主要药剂 20% 康宽 SC 75.0 ~ 150.0 ml/hm<sup>2</sup> 处理相比,长春和吉林2个地区施用各混配浓度乙基多杀菌素与甲氧虫酰肼对二化螟为害造成的枯心率、白穗率和虫伤株率均无显著差异,使用各混配浓度药剂后,对二化螟为害造成的枯心的防治效果为 75.0% ~ 100%,对白穗的防治效果为 75.6% ~ 94.9%,对虫伤株的防治效果为 62.5% ~ 91.9%。考虑到防治成本及综合两地对枯心、白穗和虫伤株的防治效果,在吉林

省二化螟卵孵化盛期,田间应用乙基多杀菌素与甲氧虫酰肼混配防治水稻二化螟的推荐使用剂量为 (267.0 + 333.0) ml/hm<sup>2</sup> [即 (16 + 80) g. a. i/hm<sup>2</sup>]。

### 参考文献

- [1] 王晓丽,张晓波,孔祥梅.水稻二化螟发生规律及防治的初步研究[J].吉林农业科学,1996(4):43-45.
- [2] 覃振新,林韦加,李春元,等.6%乙基多杀菌素悬浮剂防治稻纵卷叶螟田间药效试验结果初报[J].广西植保,2011,24(4):12-13.
- [3] 李燕芳,肖汉祥,张扬,等.乙基多杀菌素对稻纵卷叶螟室内毒力测定及田间药效试验[J].南方农业学报,2013,44(8):1282-1285.
- [4] 王燕波,水清.陶氏益农新药乙基多杀菌素上市[J].农药市场信息,2011(8):36-37.
- [5] 任龙,徐希宝,张靖,等.甲氧虫酰肼对棉铃虫解毒酶活力的亚致死效应研究[J].农药学报,2013,15(3):273-278.
- [6] 朱丽梅.一个新的蜕皮激素拮抗剂:甲氧酰肼[J].世界农药,2001,23(6):50-52.
- [7] 李照民,赵小凡,李斐雪,等.RH-2485对棉铃虫的室内药效试验[J].植物保护学报,2002,29(1):78-82.