

湖北省设施番茄灰霉病发生规律及流行因子分析

高翠珠, 杨红玲, 黄夏宇骐, 黄俊斌, 李国庆, 郑露*

(华中农业大学, 湖北省作物病害监测与安全控制重点实验室, 武汉 430070)

摘要 为探索湖北省设施番茄灰霉病的发生规律,揭示不同流行因子与番茄灰霉病发生的关系。于2013—2016年在湖北省武汉市吴谷英村番茄种植基地选取代表性番茄大棚进行调查和取样检测,结果表明:湖北省设施番茄叶片和花朵带菌率变化起伏较大,带菌率分别为0~90.0%和0~100.0%;叶片带菌率在3月下旬到4月中下旬和5月中下旬是高峰期;花朵带菌率在4月中旬和5月中下旬达到高峰期,总体上花朵带菌率较高。番茄不同组织灰霉病的发病时间不同,叶片首先开始发病,花、果实、茎秆再逐渐发病,花朵和果实的发病率相对较高,叶片和茎秆发病率较低;花朵和果实发病率均在5月中旬至6月初达到最大值,茎秆发病率于5月下旬至6月上旬达到最高值,叶片无明显发病高峰期。果实、叶片、花朵和茎秆的发病率分别为0~42.0%、0~24.7%、0~100.0%和0~32.0%。番茄叶片发病率、花朵发病率、茎秆发病率和相对湿度均与果实发病率呈显著相关;通过预测模型检验表明相对湿度和叶片发病率所建模型预测值和实际值符合程度较好。在湖北省设施番茄大棚中,叶片发病率、花朵发病率、茎秆发病率和相对湿度对番茄果实发病影响最为显著,在防治过程中应及时摘除发病组织,调控棚内环境条件,预防灰霉病发生。

关键词 番茄灰霉病菌; 带菌率; 发病率; 相关性

中图分类号: S 436.412.13 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018184

Occurrence of tomato grey mould disease in greenhouse in Hubei Province and correlations with epidemic factors

GAO Cuizhu, YANG Hongling, HUANGXIA Yuqi, HUANG Junbin, LI Guoqing, ZHENG Lu

(Key Laboratory of Plant Pathology of Hubei Province, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract To explore occurrence of *Botrytis cinerea* on tomato plants grown in greenhouse in Hubei Province and analyze the relationship between different factors and prevalence of tomato grey mould, two representative tomato greenhouses from Wu Guying Village, Wuxue City, Hubei Province were investigated from 2013 to 2016. The results showed that the infestation rates of leaves and flowers were ranged from 0 to 90.0% and from 0 to 100.0% in tomato greenhouses, respectively. The peak of leaf infestation appeared from late March to mid-late April and in mid-late May, while the peak of flower infestation appeared in mid-April and mid-late May. The infestation rate of flowers was much higher. The occurrence time of tomato grey mould in different tissues was different. Diseased leaves were first observed, and then diseased flowers, fruits and stems gradually were found. The incidence of flowers and fruits was relatively higher than that of leaves and stems. The incidence of flowers was first found in mid-late May and reached the maximum in early June. The peak of disease incidence of fruits was observed in early May. The disease incidence of leaves and stems showed similar profiles. The disease rates of fruits, leaves, flowers and stems were 0—42.0%, 0—24.7%, 0—100.0% and 0—32.0%, respectively. The incidences of tomato leaves, flowers and stems as well as the relative humidity were significantly correlated with the incidence of fruit. Model test showed that the predicted value established based on the relative humidity and the incidence of leaf were consistent with the actual value. In tomato greenhouses in Hubei Province, fruit disease incidence was affected significantly by disease incidences of leaves, flowers, stems and relative humidity, therefore,

收稿日期: 2018-04-27 修订日期: 2018-06-14

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201303025)

* 通信作者 E-mail: luzheng@mail.hzau.edu.cn

timely removal of diseased tissues and regulation of greenhouse environmental conditions would be useful to control tomato grey mould.

Key words *Botrytis cinerea*; percent infestations; disease incidence; correlation

番茄灰霉病是由灰葡萄孢 *Botrytis cinerea* 引起的一种世界性病害,对设施栽培番茄的危害极大。灰霉菌主要侵染番茄叶片、花朵、茎秆和果实,容易造成烂果,发病后传播速度快,对番茄产量和质量造成严重影响^[1-2]。设施番茄因灰霉病造成的产量损失一般在 15%~20%,严重的可达 30%左右^[3]。目前生产上番茄灰霉病主要采用化学药剂防治,但由于频繁用药,许多地区灰霉菌已产生了严重的抗药性^[4-5]。因此,深入了解设施番茄灰霉病的发生规律可为科学合理地使用杀菌剂、制定生态调控措施提供决策依据。

关于设施番茄灰霉病的发生规律,国内外有不少研究结果。例如,番茄在幼苗期较抗病;开花结果期易感病,初果期果实幼嫩,花瓣内湿度大,有利于病菌侵入,为感病盛期^[6-8]。番茄花朵和茎秆感染灰霉菌会导致严重的产量损失^[9]。由于设施栽培特殊的环境条件,番茄灰霉病的发生受多种因素的影响,其发生的早晚和发病快慢主要取决于环境温度及相对湿度。日光温室中相对湿度完全可以满足灰霉病发生的要求,因而温度成为灰霉病流行的限制因素^[10]。郑超等对黑龙江温室番茄灰霉病调查发现,初始病情、日平均温度和日平均 20~30℃ 的小时数是影响灰霉菌侵入最重要的因素^[11]。姚士桐等对春季大棚番茄灰霉病发生规律及其影响因子进行研究,发现灰霉病的发病率与病情基数、大棚日平均温度、大棚日平均相对湿度呈极显著正相关^[3]。雷建军等研究得出,低温高湿、病原菌腐生性强、孢子量大等是造成大棚灰霉病发生严重的主要因素^[12]。除此之外,番茄果实成熟度不同,对灰霉病的抗感性也会有一定的差异^[13]。

湖北省是我国重要的番茄产区,但迄今为止,还未系统开展设施番茄灰霉病发生规律研究。本研究团队于 2013—2016 年对湖北省设施番茄灰霉病的发生动态进行了系统调查,同时对无症状番茄组织的带菌率进行了检测,分析了大棚温湿度、组织带菌率与灰霉病发生的相关性,明确影响湖北设施番茄灰霉病发生的因素,为湖北省设施番茄灰霉病的监测和防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试植物:2013—2016 年在湖北省武穴市吴谷英村蔬菜种植基地选取 2 个代表性番茄大棚,番茄品种为当地普遍使用的常规品种,大棚高 2 m,宽 4 m,长 70 m,两个棚间隔大于 100 m。从 2 月底番茄定植开始覆盖塑料膜,4 月中上旬揭棚。采用常规种植管理方法。

供试菌株:PCR 检测中使用的对照灰霉菌菌株 B05.10 由本课题组采用滤纸片法保存在 -20℃ 冰箱中。

试剂:电泳缓冲液 0.5×TBE,由本实验室配制;2×TSINGKE® Master Mix,DL2000 Marker 等分子生物学试剂由武汉擎科生物技术有限公司提供;其他常规化学试剂均为国产分析纯。

仪器:LGJ-10 低温冷冻干燥仪,北京松源华兴科技发展有限公司;MM400 研磨仪, Retsch; JY600C 通用电泳仪,北京君意东方电泳设备有限公司;GelDoc EZ Imager 凝胶成像仪, Bio-Rad, USA; T100 Thermal Cycler PCR 仪, Bio-Rad Laboratories, USA; ZDR-20 温湿度自动记录仪,杭州泽大仪器有限公司;其他设备为实验室常规设备。

1.2 试验方法

1.2.1 设施番茄无症状组织灰霉菌检测

2013—2016 年每年灰霉病初现到番茄收获,每 7~14 d 调查 1 次。棚内 5 点取样,每点采集未显症的叶片、花朵各 10 个,采用特异性 PCR 检测灰霉菌带菌率。番茄叶片和花朵 DNA 采用 CTAB 法提取^[14]。检测引物以灰葡萄孢 SCAR 标记片段为靶标^[15]。正向引物 BC-F1: 5'-AATGATCGCCTA-CACAGC-3';反向引物 BC-R1: 5'-AGCTACCAC-CGAGAACAA-3'。引物由上海桑尼生物科技有限公司合成。PCR 反应总体积 25.0 μL,包括 2×Taq PCR StarMix 12.5 μL,引物 BC-F1(10 μmol/L)1.0 μL, BC-R1(10 μmol/L)1.0 μL,模板 DNA 1.0 μL, ddH₂O 9.5 μL。PCR 扩增程序为:94℃ 预变性 5 min;94℃ 变性 30 s,58℃ 退火 30 s,72℃ 延伸 1 min,34 个循

环;72℃延伸 5 min。利用上述反应体系和反应程序进行 PCR 扩增,以灰葡萄孢 *B. cinerea* 菌株 B05.10 菌丝 DNA 扩增作为对照。反应结束后,取 5 μL 扩增产物,用 1.0% 的琼脂糖凝胶进行电泳检测。

1.2.2 设施番茄灰霉病发生动态调查

2013—2016 年每年从灰霉病症状初现到番茄生长期结束,每 7~14 d 调查 1 次。棚内 5 点取样,每点 10 株,记录和统计番茄叶片、花朵、茎秆和果实发病率。

1.2.3 不同流行因子与果实发病率的相关性分析

在番茄大棚中安装温湿度自动记录仪,每 1 h 记录 1 次大棚内温度和相对空气湿度,计算每次调查前 10 d 的温湿度平均值。利用 IBM SPSS 20.0 软件处理数据,将 2013—2015 年两个番茄大棚与番茄灰霉病相关的 7 个流行因子(叶片发病率、花朵发病率、茎秆发病率、叶片带菌率、花朵带菌率、温度、相对湿度)与番茄果实发病率进行 Pearson 相关性分析。其中叶片、花朵、茎秆和果实发病率为 3 年两个大棚的调查数据;叶片带菌率和花朵带菌率为 3 年两个大棚样品经 PCR 检测的数据;温度和相对湿度为每次调查前 10 d 的平均值。叶片发病率、花朵发病率、茎秆发病率、叶片带菌率、花朵带菌率为果实发病率数据的前 10~14 d 的数据。

1.2.4 模型建立及检验

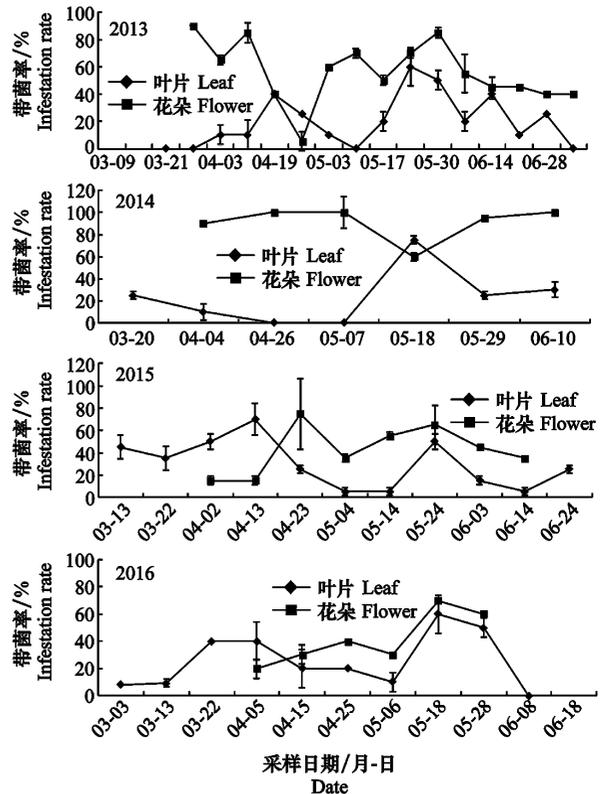
根据 Pearson 相关性分析结果,选取与果实发病率显著相关的因子分别建立线性回归预测模型。用 2016 年的大棚数据对模型进行验证,2016 年大棚数据与 2013—2015 年大棚数据处理方法一致。根据回归方程计算预测值,比较实际值与预测值之间的拟合度,评价回归方程的验证效果。数据运用 Excel 录入,统计分析采用 IBM SPSS 20.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 设施番茄无症状组织灰霉菌检测

2013—2016 年对湖北省设施番茄无症状叶片、花朵带菌情况进行检测,结果(图 1)表明,叶片从 3 月上中旬开始带菌,3 月下旬到 4 月中下旬和 5 月中下旬为带菌高峰期,最高带菌率为 90.0%,整个生育

期平均带菌率为 24.8%;花朵从 4 月初开始带菌,4 月中旬和 5 月中下旬达到高峰期,整个生育期平均带菌率为 56.6%,2016 年高峰期最高带菌率可达 100.0%;总体来说,番茄花和叶带菌率起伏变化较大,花朵带菌率整体高于叶片带菌率。



图中各时间点对应数据均为2个大棚的平均值。下同
Mean value for every date point was calculated from data of two greenhouses. The same below

图 1 设施番茄叶片、花朵灰霉菌带菌率(2013—2016 年)
Fig. 1 Infestation rates of tomato leaves and flowers in greenhouses (2013—2016)

2.2 设施番茄灰霉病发生动态

2013—2016 年湖北省设施番茄灰霉病发生情况有一定差异(图 2),叶片首先开始发病,发病较为平稳,之后花、果实、茎秆逐一达到峰值。总体而言,花朵和果实的发病率相对较高,从 2013—2016 年,花朵平均发病率分别为 6.54%、5.74%、6.84%、21.98%,其中 2016 年 5 月下旬和 6 月初花朵发病率高达 100.0%。果实平均发病率分别为 2.81%、5.04%、19.09%、9.33%,高峰期最高发病率为 42.0%;叶片和茎秆发病率相对较低,从 2013—2016 年,叶片平均发病率分别为 1.28%、1.25%、8.19%、8.73%,高峰期最高发病率为 24.7%,茎秆平均发病率分别为 1.28%、5.49%、4.18%、9.86%,高峰期最高发

病率为 32.0%。四年间,花朵和果实发病趋势类似,高峰期基本出现在 5 月中旬至 6 月上旬,茎秆发

病高峰期在 5 月下旬至 6 月上旬,而叶片无明显发病高峰期。

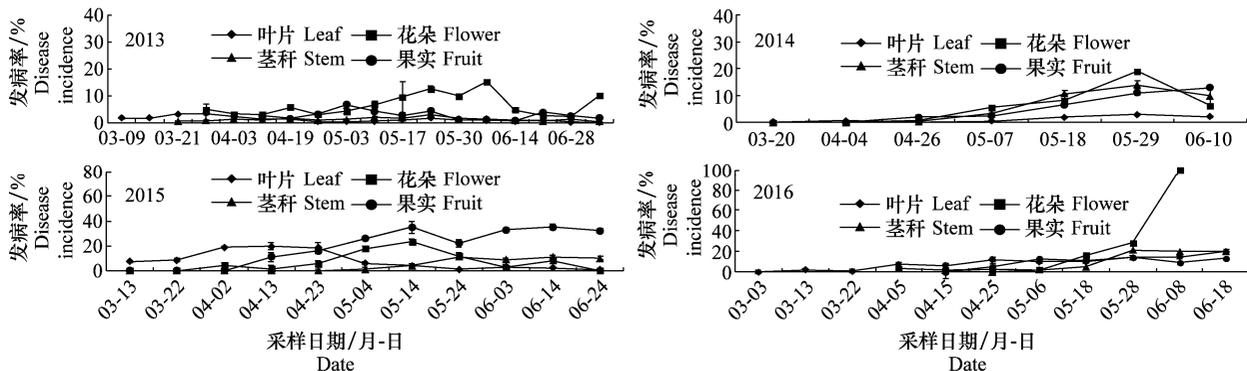


图 2 设施番茄叶片、花朵、茎秆和果实上灰霉病发病率(2013—2016 年)

Fig. 2 Disease incidences of tomato leaves, flowers, stems and fruits in greenhouses (2013—2016)

2.3 不同流行因子与果实发病率的相关性分析

将 2013—2015 年湖北省设施番茄灰霉病果实发病率(y)与 7 个流行因子,即叶片发病率(x_1)、花朵发病率(x_2)、茎秆发病率(x_3)、叶片带菌率(x_4)、花朵带菌率(x_5)、温度(x_6)、相对湿度(x_7)进行 Pearson 相关性分析。由表 1 可知,果实发病率与叶

片发病率($r=0.351, P<0.01$)、花朵发病率($r=0.267, P<0.05$)、茎秆发病率($r=0.393, P<0.01$)、相对湿度($r=-0.518, P<0.01$)均存在显著相关性,叶片带菌率与叶片发病率存在显著相关性($r=0.348, P<0.05$)。

表 1 番茄灰霉病流行因子与果实发病率的相关性分析(2013—2015 年)¹⁾

Table 1 Correlation analysis between epidemic factors and fruit disease incidence of tomato grey mold in 2013—2015

发病因子 Epidemic factor	果实发病率 Fruit disease incidence	叶片发病率 Foliar disease incidence	花朵发病率 Petal disease incidence	茎秆发病率 Stem disease incidence	叶片带菌率 Foliar infestation rate	花朵带菌率 Petal infestation rate	温度 Temperature	相对湿度 Relative humidity
果实发病率 Fruit disease incidence	1	0.351**	0.267*	0.393**	0.011	-0.169	0.046	-0.518**
叶片发病率 Foliar disease incidence		1	-0.142	-0.232	0.348*	-0.305*	-0.426**	-0.608**
花朵发病率 Petal disease incidence			1	0.346*	-0.084	0.118	0.403**	-0.127
茎秆发病率 Stem disease incidence				1	0.200	0.233	0.374**	0.074
叶片带菌率 Foliar infestation rate					1	-0.265*	-0.033	-0.082
花朵带菌率 Petal infestation rate						1	0.142	0.137
温度 Temperature							1	0.160
相对湿度 Relative humidity								1

1) 表中数值表示两个因子之间的相关系数。**表示 0.01 水平显著性,*表示 0.05 水平显著性。

The values in the table represent the correlation coefficient between two factors. * and ** indicate the significance at 0.05 and 0.01 levels.

2.4 模型建立

经相关性分析发现,相对湿度、茎秆发病率、叶片发病率、花朵发病率与果实发病率呈显著相关性,故分别用相对湿度、茎秆发病率、叶片发病率和花朵发病率建立果实发病率的预测模型。模型一: $y=-1.314x_7+122.926$ ($r=0.518, P<0.01$);模型二: $y=1.109x_3+7.565$ ($r=0.393, P<0.01$);模型三: $y=0.637x_1+8.556$ ($r=0.351, P<0.01$);模型

四: $y=0.482x_2+7.157$ ($r=0.267, P<0.05$)。其中, y 为 2013—2015 年番茄灰霉病果实发病率、 x_7 为相对湿度、 x_3 为茎秆发病率、 x_1 为叶片发病率、 x_2 为花朵发病率。

2.5 预测模型的检验

采用 2016 年数据对模型进行检验,分别基于相对湿度、茎秆发病率、叶片发病率、花朵发病率建立回归模型。4 个模型的预测值和实际值的回归模型

见图 3, 4 个回归模型(x_7 、 x_3 、 x_1 和 x_2)中, 相对湿度和叶片发病率所建模型预测值和实际值拟合程度较好, 且存在显著相关性。

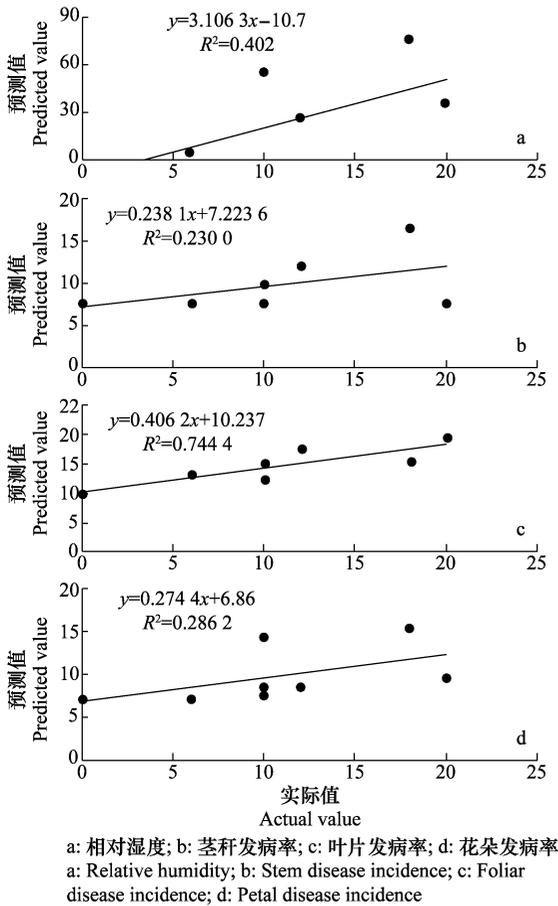


图 3 设施番茄灰霉病果实发病率实际值与模型预测值的回归分析

Fig. 3 Correlation analysis between actual and predicted values of fruit disease incidence of tomato grey mold

3 讨论

由于地区间环境气候的差异, 不同地区设施番茄发病高峰期不同。辽宁省抚顺市温室番茄灰霉病发病初期为3月中旬至4月中旬, 发病盛期在4月中旬至5月中旬, 发病末期在4月下旬至5月中旬^[16]; 河北省廊坊市日光温室叶片发病盛期在4月中旬, 果实发病盛期在4月中、下旬; 叶片和果实发病末期分别在5月上旬和中旬^[17]; 而湖北省设施番茄灰霉病的发生大致可分为2个时期, 5月上旬的高峰期和5月中下旬快速增长期。叶片首先开始发病, 而后花、果实、茎秆逐渐发病。据报道, 灰霉病菌最先侵染的部位是花^[18], 而叶片和花朵带菌情况还未见相关研究。本文采用PCR法对番茄叶片和花

朵的带菌率进行检测。结果表明, 最早带菌部位是叶片, 叶片从3月中上旬开始带菌, 经分析3月中上旬的温度和相对湿度都已满足灰霉病发生条件。在温湿度适宜的情况下, 花朵组织较嫩极易被灰霉菌侵染, 因此花朵发病率高于叶片发病率。另外, 番茄花朵和叶片带菌率变化在各年度和月份间无明显规律性, 可能是因为农户间隔一段时间会清理发病组织, 从而间接造成花朵和叶片带菌率出现高低起伏的现象。

本研究结果表明, 番茄灰霉病果实发病率与叶片、花朵和茎秆发病率以及棚内相对湿度之间存在显著相关性, 与蔡银杰等得出的番茄花朵发病率与果实发病率呈显著相关的结果一致^[19]。分析发现叶片带菌是番茄灰霉病发生的重要影响因子, 并且叶片带菌率与叶片发病率呈显著相关($P < 0.05$), 进一步验证了分析结果的可靠性。由于田间番茄果实数量有限, 无法对果实进行大量取样检测其带菌率, 而对茎秆取样也会影响后期果实、花朵和叶片发病率的调查, 因此, 本文未分析果实带菌率和茎秆带菌率与灰霉病发生的关系。本研究根据相关性分析结果分别建立了基于相对湿度、叶片发病率、花朵发病率、茎秆发病率的果实发病率预测模型, 其中基于相对湿度和叶片发病率所建模型预测值和实际值符合程度较好。因此生产中可以结合气象资料和田间调查的初始发病率预测田间病害发生动态, 合理施药。

我国不同地区气候条件差异很大, 湖北省处长江中下游地区, 在设施栽培模式下, 番茄种植时期为3—6月, 3月到4月中上旬大棚里温度较适宜, 4月中上旬以后, 一直到6月份田间的温度都适合灰霉菌的生长。4年间番茄大棚的温度在每次取样前10 d的平均温度为13.8~28.36℃, 该温度范围适于灰霉病菌的侵染。因此, 一定范围内的温度变化对湖北省大棚灰霉病的发生影响较小。灰霉病适合发病的条件为15~20℃、相对湿度在85%以上, 即低温高湿有利于病害的发生^[20-21]。有研究表明在相对湿度为65.5%~92%时, 随着湿度的增加灰霉菌分生孢子量增大, 但在相对湿度达100%时有轻微的减少^[22]。

番茄灰霉病的发生与番茄生长期所处的环境有关, 从定植至盛果期前, 番茄植株均处在灰霉病发生的适宜环境之中, 发病规律表现为由下部叶片向上部叶片、下层果向上层果发展^[16]。从湖北省设施番

茄大棚内温度、相对湿度的变化情况来看,棚内温、湿度均能完全满足灰霉病发生和蔓延的需要。为有效控制番茄灰霉病的发生危害,需改变传统的栽培管理措施,通过降低叶片、花朵、茎秆发病率,调节棚内温湿度等生态调控措施来控制病害发生。

参考文献

- [1] ELAD Y, WILLIAMSON B, TUDZYNSKI P, et al. *Botrytis* spp. and diseases they cause in agricultural systems—An introduction [M]//ELAD Y, WILLIAMSON B, TUDZYNSKI P, et al. *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Springer, 2007: 1–8.
- [2] 韩君, 范怀峰, 王海娜, 等. 防治灰霉病药剂的开发进展[J]. 农药研究与应用, 2011, 15(3): 5–10.
- [3] 姚士桐, 陆志杰, 金周浩, 等. 春季大棚番茄灰霉病发生规律及影响因子分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(10): 194–198.
- [4] 丁中, 刘峰, 王会利, 等. 番茄灰霉菌的多重抗药性研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001, 32(4): 452–456.
- [5] 张纯胄, 陈永兵, 胡雨秋. 番茄果实灰霉病的田间发生动态及其物候防治试验[J]. 中国农学通报, 2002, 18(5): 89–90.
- [6] 杨升炯, 张晓钢, 胡思全. 番茄灰霉病发生规律及防治技术研究[J]. 西北农业学报, 1996, 5(2): 66–70.
- [7] 蔡银杰, 李均. 番茄灰霉病发生规律及田间药剂防治试验[J]. 长江蔬菜, 1999(2): 17–18.
- [8] 是栋梁, 张贵林. 保护地番茄灰霉病生态防治配套技术[J]. 南京农业大学学报, 2000, 23(1): 39–42.
- [9] EDEN M A, HILL R A, BERESFORD R, et al. The influence of inoculum concentration, relative humidity, and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerea* [J]. *Plant Pathology*, 2010, 45(4): 795–806.
- [10] 徐志英, 关晓燕, 时春喜, 等. 保护地蔬菜灰霉病发生规律及防治技术研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 339–342.
- [11] 郑超, 刘学敏, 张箭. 温室番茄灰霉病流行动态预测[J]. 东北农业大学学报, 2007(2): 181–186.
- [12] 雷建军. 大棚番茄灰霉病发病因素及应对措施分析[J]. 农业科技通讯, 2016(2): 164–166.
- [13] BLANCO-ULATE B, VINCENTI VINCENTI E, CANTU D, et al. Ripening of tomato fruit and susceptibility to *Botrytis cinerea* [M]//*Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems*. Springer International Publishing, 2016: 387–412.
- [14] DAS B K, JENA R C, SAMAL K C. Optimization of DNA isolation and PCR protocol for RAPD analysis of banana/plantain (*Musa* spp.) [J]. *International Journal of Agriculture Sciences*, 2009, 1(2): 21–25.
- [15] FAN Xuan, ZHANG Jing, YANG Long, et al. Development of PCR-based assays for detecting and differentiating three species of *Botrytis* infecting broad bean [J]. *Plant Disease*, 2015, 99(5): 691–698.
- [16] 李宝聚, 朱国仁, 关天舒, 等. 节能日光温室中番茄灰霉病发生规律的研究[J]. 植物保护, 2003, 29(2): 26–29.
- [17] 安秀芹. 廊坊市保护地番茄灰霉病发生规律及防控技术[J]. 中国植保导刊, 2011, 31(3): 29–32.
- [18] 李保聚, 朱国仁, 赵奎华, 等. 番茄灰霉病在果实上的侵染部位及防治新技术[J]. 植物病理学报, 1999(1): 63–67.
- [19] 蔡银杰, 周小林, 杨献娟, 等. 设施栽培番茄灰霉病(*Botrytis cinerea* Pers.)发生规律初步研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(30): 9583–9584.
- [20] 李宝聚, 陈立芹, 孟伟军, 等. 温湿度调控对番茄灰霉病菌产生的细胞壁降解酶的影响[J]. 植物病理学报, 2003, 33(3): 209–212.
- [21] 蔡银杰, 周小林, 杨献娟, 等. 大棚番茄灰霉病发生的影响因子初步研究[J]. 中国植保导刊, 2007, 27(10): 21–23.
- [22] CILIBERTI N, FERMAUD M, ROUDET J, et al. Environmental effects on the production of *Botrytis cinerea* conidia on different media, grape bunch trash, and mature berries [J]. *Australian Journal of Grape & Wine Research*, 2016, 22(2): 262–270.

(责任编辑: 杨明丽)