

草莓棒孢叶斑病的病原菌鉴定及其对 9 种杀菌剂的敏感性

温 浩, 张桂军, 毕 扬*, 闫 哲

(北京农学院 生物与资源环境学院, 农业农村部华北都市农业重点实验室, 北京 102206)

摘 要: 对采自山东省诸城市草莓叶斑病发病叶片上的病原菌进行了分离及鉴定, 通过室内人工接种法确定该病原菌的致病性, 并采用菌丝生长速率法测定了其对于双苯菌胺等 9 种杀菌剂的敏感性。结果表明: 形态学结合 ITS 系统发育分析确定该病原菌为多主棒孢霉 *Corynespora cassiicola*。室内毒力测定结果显示: 9 种供试杀菌剂中, 双苯菌胺对 *C. cassiicola* 菌丝生长有很强的抑制作用, 其平均 EC_{50} 值为 $(0.27 \pm 0.18) \mu\text{g/mL}$, 可作为防治草莓叶斑病的首选药剂; 其次为氟环唑、腈菌唑、咪鲜胺、苯醚甲环唑、啞菌酯和戊唑醇, 平均 EC_{50} 值分别为 (0.66 ± 0.21) 、 (0.85 ± 0.25) 、 (1.4 ± 1.2) 、 (1.8 ± 0.3) 、 (3.8 ± 3.0) 和 $(4.5 \pm 2.6) \mu\text{g/mL}$; 而该病原菌对百菌清与代森锰锌的敏感性最低。研究结果可为草莓棒孢叶斑病的化学防治提供参考。

关键词: 草莓棒孢叶斑病; 多主棒孢霉; 病原菌鉴定; 杀菌剂; 敏感性

中图分类号: S482.2

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2019)03-0279-06

Pathogen identification of *Corynespora* leaf spot on strawberry and its sensitivity to nine fungicides

WEN Hao, ZHANG Guijun, BI Yang*, YAN Zhe

(Key Laboratory of Urban Agriculture (North China), Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, College of Bioscience and Resource Environment, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China)

Abstract: The pathogen of a new strawberry leaf spot disease collected from Zhucheng city, Shandong Province was isolated and identified. Its pathogenicity was determined by indoor inoculation. Its susceptibility to 9 fungicides such as SYP-14288 was determined by mycelial growth rate method. The results showed that the pathogen was *Corynespora cassiicola* according to the morphological analysis and ITS phylogenetic analysis. The results also showed that SYP-14288 had a strong inhibitory effect on the mycelia growth of *C. cassiicola*, with an average EC_{50} value of $(0.27 \pm 0.18) \mu\text{g/mL}$, which could be used as the first choice for the control of strawberry leaf spot disease. The mean of EC_{50} values were $(0.66 \pm 0.21) \mu\text{g/mL}$, $(0.85 \pm 0.25) \mu\text{g/mL}$, $(1.4 \pm 1.2) \mu\text{g/mL}$, $(1.8 \pm 0.3) \mu\text{g/mL}$, $(3.8 \pm 3.0) \mu\text{g/mL}$ and $(4.5 \pm 2.6) \mu\text{g/mL}$ for epoxiconazole, myclobutanil, prochloraz, difenoconazole, azoxystrobin and tebuconazole, respectively. Chlorothalonil and mancozeb had the lowest toxicity. The results have provided a reference for the control of *Corynespora* leaf spot on strawberry.

收稿日期: 2019-02-06; 录用日期: 2019-05-13.

基金项目: 北京市教委科研计划项目 (KM201610020007); 国家重点研发计划 (2017YFD0201601); 国家自然科学基金 (31501671).

作者简介: 温浩, 男, 硕士研究生, E-mail: 971091867@qq.com; *毕扬, 通信作者 (Author for correspondence), 女, 博士, 讲师, 主要从事植物病害化学防治与病原菌抗性研究, E-mail: biyang0620@126.com

Keywords: *Corynespora* leaf spot of strawberry; *Corynespora cassiicola*; pathogen identification; fungicide; sensibility

多主棒孢霉 *Corynespora cassiicola* 是危害草莓的新型病原真菌，目前仅在中国河南省郑州市发现该病菌危害草莓^[1]。该病发病初期在草莓叶片上形成小而圆的淡褐色斑点，病斑 7 d 内可从直径 10 mm 扩大到 20 mm，形成黄色晕圈，在潮湿的环境中，病斑叶片的表面可以发现棕色的分生孢子^[1]，最终导致整个叶片枯死，对草莓产业的发展存在很大威胁。

已有研究表明，多主棒孢霉 *C. cassiicola* 是一种世界性分布的真菌病害^[2]，除危害草莓外，还可危害多种作物，寄主范围广泛，如：可侵染黄瓜 *Cucumis sativus*^[3-9]、烟草 *Nicotiana tabacum* L.^[10]、苦苣菜 *Ixeris polycephala*^[11]、长寿花 *Kalanchoe blossfeldiana*^[5]、单叶蔓荆 *Vitex rotundifolia*^[12]、生菜 var. *ramosa* Hort.^[13]、棉花 *Gossypium* spp.^[14]、金银花 *Lonicera japonica* Thunb.^[15]、甘薯 *Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill^[16] 和蓝莓 *Vaccinium* spp.^[17] 等。目前化学防治是控制该病害的主要手段，但在中国的草莓生产中登记用于防治该病害的药剂仍为空白，因此亟待筛选出有效的防治药剂。

笔者对采自山东省诸城市草莓叶斑病发病叶片上的病原菌进行了分离及鉴定，并选用已在草莓上登记用于防治其他真菌病害的 3 种药剂戊唑醇、嘧菌酯和苯醚甲环唑和并未在草莓上登记、但具有不同作用机制和作用方式的 5 种常用杀菌剂，以及 1 种新型杀菌剂双苯菌胺共 9 种杀菌剂为供试药剂，测定了其对草莓棒孢叶斑病的毒力，初步筛选出毒力较高的药剂，旨在为草莓棒孢叶斑病的化学防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株 2018 年从山东省诸城市采集草莓发病叶，经常规组织分离、单孢纯化^[18]，获得病原菌纯培养物，保存于北京农学院植物保护实验室。

1.1.2 供试培养基 马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (PDA)：200 g 土豆、20 g 葡萄糖、18 g 琼脂粉，1 000 mL 水。

水琼脂 (WA) 培养基：20 g 琼脂粉定容于 1 000 mL 水中，于 121 ℃ 高压湿热灭菌 20 min。

1.1.3 供试药剂 97% 咪鲜胺 (prochloraz) 原药，杭州庆丰农化有限公司；98% 苯醚甲环唑 (difenoconazole) 原药，杭州宇龙农化有限公司；98.5% 代森锰锌 (mancozeb) 原药，河北贺森化工有限公司；98% 腈菌唑 (myclobutanil) 原药，河南中原种衣剂厂；98% 百菌清 (chlorothalonil) 原药，河南省春光农化有限公司；双苯菌胺 (SYP-14288) 原药，沈阳化工研究院；97.8% 氟环唑 (epoxiconazole) 原药，河南中原种衣剂厂；98.5% 嘧菌酯 (azoxystrobin) 原药，江阴苏利化学有限公司；戊唑醇 (tebuconazole)，江苏丰登农药有限公司。二甲基亚砜，北京化工厂；99% 水杨脒酸 (SHAM)，Sigma-Aldrich (用二甲基亚砜配成 1.0×10^4 mg/L 的母液，用于 QoIs 杀菌剂室内毒力测定中抑制旁路氧化途径)。

1.2 试验方法

1.2.1 供试病原菌菌株的分离与鉴定

1.2.1.1 菌株分离 参考方中达^[18]的方法，取草莓叶片上发病与健康交界处的组织，用灭菌的剪刀剪成直径 3~5 mm 大小的正方形，先用 75% 酒精浸泡 30 s，再在质量分数为 1% 的次氯酸钠溶液中浸泡 1~2 min，最后用无菌水洗涤 3 次。晾干，接种到 PDA 平板上于 28 ℃ 恒温、黑暗条件下培养，3 d 后挑取组织外围的菌落最边缘处生长活力最为旺盛的菌丝，转接到新的 PDA 平板上进行纯化，获得病原菌纯培养物。转存至 PDA 试管中，于 4 ℃ 甘油中保存。

1.2.1.2 培养形态观察 将分离到的全部菌株接种于 PDA 平板上 (9 cm 皿，15 mL 培养基)，于 28 ℃ 恒温、黑暗条件下培养，5 d 后在菌落边缘生长状态相同的位置打取直径 5 mm 的菌饼。每皿接种 1 个菌饼于 PDA 平板中央，28 ℃ 黑暗条件下培养 5~8 d，观察记录菌落的形状、颜色、气生菌丝的疏密程度以及分生孢子形状等。

1.2.1.3 致病力测定 根据柯赫氏法则，将分离得到的病原菌接种到草莓叶片和果实中，以验证其致病性。将供试菌株在 PDA 上 25 ℃ 黑暗培养 6 d，收集分生孢子，用加入吐温-20 的灭菌水为溶剂配制成浓度为 10^6 个/mL 的孢子悬浮液，备用。

取新鲜的草莓叶片与果实，用自来水冲洗后

进行消毒处理 (75% 酒精, 30 s; 1% 次氯酸钠, 1 min; 无菌水冲洗 3 次)。晾干, 用接种针刺伤, 接种菌株, 每个菌株接种 5 个叶片和果实。以接种无菌水的叶片和果实为对照。将接种物置于灭菌 WA 培养基上保湿, 封口后置于 28 ℃ 培养箱中, 12 h/12 h 光暗交替培养, 待其充分发病后进行病原菌的分离与鉴定及形态学观察。

1.2.2 菌株鉴定

1.2.2.1 基因组 DNA 提取 采用北京博迈德生物科技有限公司提供的基因组 DNA 快速抽提试剂盒 (真菌) 进行病菌基因组 DNA 的提取。

1.2.2.2 PCR 扩增和测序 以真菌基因组 DNA 为模板, 采用 ITS 引物 ITS4 和 ITS5 进行 PCR 扩增^[19]。PCR 反应体系为 50 μL: 正反向引物各 1 μL,

DNA 模板 1 μL, ddH₂O 22 μL, 2 × PCR Master Mix (含 2 × Taq DNA Polymerase, 2 × PCR Buffer, 2 × dNTP) 25 μL。PCR 扩增反应程序: 95 ℃ 预变性 30 s, 95 ℃ 变性 30 s, 52 ℃ 退火 45 s, 72 ℃ 延伸 90 s, 35 个循环, 72 ℃ 延伸 10 min^[20]。PCR 扩增产物经 1% 琼脂糖凝胶电泳检测后, 送北京六合华大基因科技有限公司进行测序。

1.2.2.3 系统发育分析 登录 GenBank 网站, 采用 BLAST 软件对测序结果以及表 1 中的序列进行同源性比较, 以 Mega6.0 进行多序列比对后, 以同属近源种 *C. smithii* (HE584869.1) 作为外群, 选择 HKY 模型, 用 Mrbayes 的贝叶斯法构建系统发育树。以确定采集得到的菌株与已报道的菌株的同源性, 分析各菌株的亲缘关系。

表 1 *Corynespora cassiicola* 系统发育分析使用的菌株信息

Table 1 Strains information of <i>Corynespora cassiicola</i> that used for phylogenetic analysis			
菌株 Isolation	基因登录号 GenBank No. ITS	寄主 Host	来源 Source
<i>Corynespora cassiicola</i> (SD18-5)	MK294544.1	<i>Fragaria × ananassa</i>	In this study
<i>C. cassiicola</i> (SD18-8)	MK294545.1	<i>Fragaria × ananassa</i>	In this study
<i>C. cassiicola</i>	KX638445.1	<i>Vitex rotundifolia</i>	China
<i>C. cassiicola</i>	AY238605.1	cucumber	Korea
<i>C. cassiicola</i>	JQ595296.1	<i>Cucumis sativus</i>	China
<i>C. cassiicola</i>	KU593529.1	avocado trees	South Florida
<i>C. cassiicola</i>	KY082696	<i>Fragaria × ananassa</i>	China
<i>C. cassiicola</i>	MG132183	<i>Fragaria × ananassa</i>	China
<i>C. smithii</i>	HE584869.1	rainforest trees	Germany
<i>C. cassiicola</i>	MG132184	<i>Fragaria × ananassa</i>	China

1.2.3 供试病原菌对杀菌剂的敏感性测定 使用二甲基亚砜 (DMSO) 将供试 9 种杀菌剂配制成表 2 所示质量浓度的母液, 继而稀释成不同系列质量浓度的药液, 供试。采用菌丝生长速率法^[21]测定 9 种杀菌剂对所分离得到的 2 个供试菌株 SD18-5 和 SD18-8 菌丝生长的抑制作用。将供试菌株接种于 PDA 平板上, 于 25 ℃、黑暗条件下预培养 5 d, 打取直径 5 mm 的菌碟, 接种于直径 9 cm、含系列质量浓度杀菌剂的 PDA 平板上, 以无药平板为对照, 每处理重复 3 次。将平板置于 25 ℃ 黑暗培养 8 d, 采用十字交叉法测量各处理的菌落直径, 计算各杀菌剂不同浓度处理对病原菌菌丝生长的抑制率。以抑制率的几率值为纵坐标 (y), 药剂质量浓度对数值为横坐标 (x), 求出毒力回归方程 $y = ax + b$ 、相关系数 (r) 和药剂的有效抑制中浓度 (EC_{50} , μg/mL)。

表 2 供试杀菌剂母液及系列质量浓度		
Table 2 Initial concentration and series dilution concentrations of the fungicides		
杀菌剂 Fungicide	母液质量浓度 Initial concentration/ (μg/mL)	系列稀释液质量浓度 Series dilution concentration/(μg/mL)
啉菌酯 azoxystrobin	100	0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 2.5, 10
百菌清 chlorothalonil	100	0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 2.5, 10
苯醚甲环唑 difenoconazole	100	0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 2.5, 10
氟环唑 epoxiconazole	100	0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 2.5, 10
腈菌唑 myclobutanil	100	0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 2.5, 10
代森锰锌 mancozeb	200	0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 50
咪鲜胺 prochloraz	10	0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 1, 2
双苯菌胺 SYP-14288	2	0.001, 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2
戊唑醇 tebuconazole	100	0.001, 0.01, 0.1, 1, 10

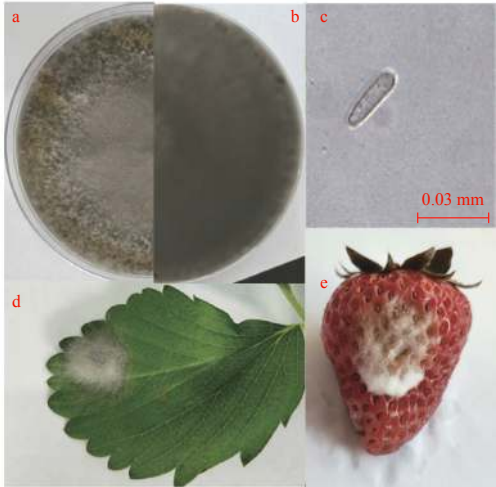
2 结果与分析

2.1 病原菌菌株形态观察与致病力

研究表明：在 PDA 培养基上的菌落正面颜色为灰色至灰黑色，棉絮状 (图 1a)，背面颜色以灰黑色为主 (图 1b)。分生孢子透明，呈棒状，一端略细，直径为 $(22.3\sim29.7)\mu\text{m}\times(6.5\sim8.4)\mu\text{m}$ (图 1c)。将该病原菌接种到草莓叶片后，3 d 左右叶片变黑，出现浅灰色霉层，菌丝较多 (图 1d)；接种草莓果实后，3~4 d 可见褐色病斑，表面菌丝白色到浅灰色 (图 1e)。根据形态学观察初步鉴定病原菌为疑似多主棒孢霉 *Corynespora cassiicola* (Berk. & M.A. Curtis) C.T. Wei^[1]。

2.2 系统发育分析

采用 1.2.2.2 所述的方法，以病原菌株 SD18-5 和 SD18-8 的基因组 DNA 为模板，PCR 扩增 rDNA-ITS 片段并测序，分别获得长度为 569 bp 和 567 bp 的序列。分别将序列提交 GeneBank (NCBI)，获得基因登录号 (MK294544.1) 和 (MK294545.1)。利用 ITS 基因，基于 HKY 模型，以 *C. smithii* (HE584869.1) 为外群基因对不同品系 (包括本研究得到的分离株) 进行了贝叶斯法建树。标尺值为



a: 菌落形态正面图; b: 菌落形态背面图; c: 分生孢子;
d: 接种草莓叶片; e: 接种草莓果实。

a: frontal view of colony morphology; b: back view of colony morphology;
c: the conidia of *C. cassiicola*; d: the pathogenicity of *C. cassiicola* on strawberry leaves; e: the pathogenicity of *C. cassiicola* on strawberry fruits.

图 1 *C. cassiicola* 菌落形态、致病性以及分生孢子图

Fig. 1 The symptoms of colony morphology, pathogenicity, and conidia of *C. cassiicola*

0.6，病原菌与 *C. cassiicola* 聚于一个分支上，因此，可以从系统发育学上确定病原菌 SD18-5 和 SD18-8 为 *C. cassiicola* (图 2)。

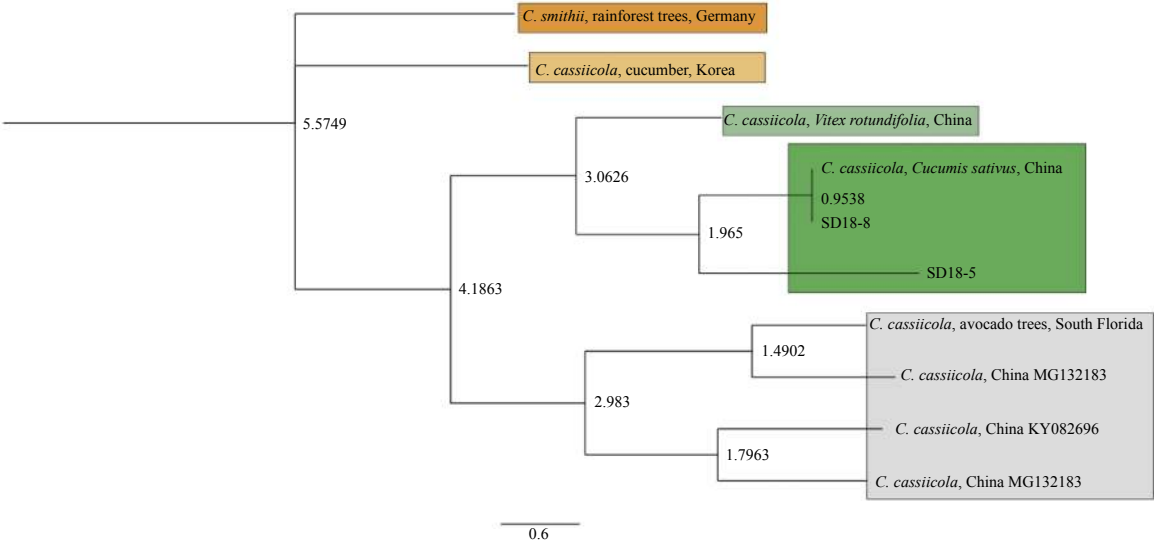


图 2 基于 rDNA-ITS 序列构建 *C. cassiicola* 系统发育树

Fig. 2 Construction of *C. cassiicola* phylogenetic tree based on rDNA-ITS sequences of *C. cassiicola* strains SD18-5, SD18-8 and their related species

2.3 供试杀菌剂对多主棒孢霉的毒力

结果 (表 3) 表明：在供试的 9 种杀菌剂中，双苯菌胺对菌株 SD18-5 和 SD18-8 的毒力最强，平均 EC_{50} 值为 $(0.27\pm0.18)\mu\text{g/mL}$ ；其次为氟环唑、腈菌唑、咪鲜胺和苯醚甲环唑，平均 EC_{50} 值在 $0.66\sim1.8\mu\text{g/mL}$ 之间；啞菌酯和戊唑醇的毒力一

般，百菌清与代森锰锌的毒力较低。

3 结论与讨论

2016 年在河南省郑州市首次发现由多主棒孢霉 *C. cassiicola* 引起的草莓棒孢叶斑病，也是中国草莓 *Fragaria* × *ananassa* 上发现的一种新病害^[1]。

表 3 9 种杀菌剂对多主棒孢霉菌株 SD18-5 和 SD18-8 的毒力

Table 3 Toxicities of nine fungicides to *C. cassiicola* strains SD18-5 and SD18-8

杀菌剂 Fungicide	菌株 Isolate	EC ₅₀ / (μg/mL)	毒力回归方程 Virulent regression equation	相关系数 Correlation coefficient, <i>r</i>	平均 EC ₅₀ 值 Average EC ₅₀ value/(μg/mL)
嘧菌酯 azoxystrobin	SD18-5	6.6	$y = 0.36x + 4.9$	0.98	3.8
	SD18-8	1.0	$y = 0.67x + 5.0$	0.96	
百菌清 chlorothalonil	SD18-5	6.7	$y = 0.82x + 4.3$	0.97	27
	SD18-8	47	$y = 0.54x + 4.1$	0.96	
苯醚甲环唑 difenoconazole	SD18-5	1.5	$y = 0.77x + 4.9$	0.95	1.8
	SD18-8	2.1	$y = 0.57x + 4.8$	0.97	
氟环唑 epoxiconazole	SD18-5	0.85	$y = 0.63x + 5.0$	0.97	0.66
	SD18-8	0.47	$y = 1.6x + 5.5$	0.99	
腈菌唑 myclobutanil	SD18-5	0.62	$y = 0.81x + 5.2$	0.96	0.85
	SD18-8	1.8	$y = 0.99x + 5.0$	0.96	
代森锰锌 mancozeb	SD18-5	89	$y = 2.3x + 0.64$	0.98	86
	SD18-8	85	$y = 1.7x + 1.7$	0.97	
咪鲜胺 prochloraz	SD18-5	2.5	$y = 0.70x + 4.7$	0.99	1.4
	SD18-8	0.29	$y = 0.97x + 5.5$	0.97	
双苯菌胺 SYP-14288	SD18-5	0.43	$y = 0.47x + 5.2$	0.98	0.27
	SD18-8	0.10	$y = 0.69x + 5.7$	0.97	
戊唑醇 tebuconazole	SD18-5	6.9	$y = 0.57x + 4.5$	0.96	4.5
	SD18-8	2.1	$y = 0.99x + 4.7$	0.99	

较之已报道的草莓棒孢叶斑病病菌的鉴定方法^[1], 本研究采用系统发育分析的方法, 结合致病性测定和形态学分析, 确定了采自山东省诸城市的菌株 SD18-5 和 SD18-8 为多主棒孢霉 *C. cassiicola*。该病原菌寄主广泛, 给防治带来困难。该病的田间发病症状与草莓褐色叶斑病和炭疽病非常相似, 易混淆, 容易造成药不对症贻误防治适期, 从而导致防治效果不理想。此外, 中国草莓的种植面积和年产量均位居世界首位, 为了提高经济效益, 生产中会将草莓与其他作物进行间作、套种及轮作, 如草莓与果树的间作, 与蔬菜、中草药等作物的套种, 与水稻、西瓜等水果的轮作等, 因此防治由多主棒孢霉引起的草莓棒孢叶斑病在农业生产中具有重要意义。

目前中国已登记用于草莓真菌病害防治的药剂主要成分为甲氧基丙烯酸酯类的嘧菌酯和肟菌酯、三唑类的戊唑醇和苯醚甲环唑以及琥珀酸脱氢酶抑制剂类 (SDHIs) 的氟吡菌酰胺等, 但尚无用于防治草莓棒孢叶斑病的药剂, 也未见相关的报道。因此, 本研究选择了几种登记药剂和常用杀菌剂以及新型杀菌剂双苯菌胺为供试药剂, 来比较其对草莓棒孢叶斑病的毒力。室内毒力测定结果表明, 在所选取的 9 种供试杀菌剂中, 双苯菌胺对多主棒孢霉的菌丝生长具有很强的抑制作用, 可作为草莓棒孢叶斑病化学防治的首选药

剂。双苯菌胺是由沈阳化工研究院创制的新型杀菌剂, 具有低毒、高效、广谱的特点^[22], 其作用机制主要为解偶联作用^[23], 作用方式主要为保护作用, 不具有明显的治疗作用, 持效期较短^[24], 建议在病害发生之前提前使用。目前, 双苯菌胺对不同病害的防治研究已有报道, 如其对黄瓜霜霉病、黄瓜炭疽病、油菜菌核病和桃褐腐病防治效果较好^[24-26], 显示出较好的市场前景。关于其抗性方面, 侯燕华等采用室内药剂驯化的方法获得了辣椒疫霉对双苯菌胺的抗性突变体, 但未发现田间抗性菌株^[27]。考虑到单一农药长期大量施用, 易使病原菌产生抗药性, 因此建议其应该与多种作用机制不同的药剂轮换施用。

本研究结果表明, 三唑类药剂腈菌唑、氟环唑、苯醚甲环唑以及咪唑类药剂咪鲜胺对多主棒孢霉 *C. cassiicola* 也具有很好的抑制活性, 其作用机制是抑制麦角甾醇生物合成, 兼具保护和治疗作用^[28], 由于它们与双苯菌胺具有不同的作用机制和作用方式, 故均可作为草莓棒孢叶斑病防治的备选药剂, 并与双苯菌胺轮换使用。值得注意的是, 由于本研究仅进行了室内毒力测定, 所得结果并不能代表药剂在田间的实际应用效果, 而药剂的作用方式和内吸传导活性等因素均会影响其在田间的实际应用效果, 因此, 本研究结果还需进一步通过田间试验加以验证, 以更准确地指

导草莓病害的实际防控。

参考文献 (Reference):

- [1] ZHANG M, MA Q Z, ZHAI N P, et al. Occurrence of outbreak of leaf spot caused by *Corynespora cassiicola* in strawberry in China[J]. Plant Dis, 2018, 102(10): 2037.
- [2] DIXON L J, SCHLUB R L, PERNEZNY K, et al. Host specialization and phylogenetic diversity of *Corynespora cassiicola*[J]. *Phytopathology*, 2009, 99(9): 1015-1027.
- [3] 李长松, 张眉, 李林, 等. 山东省黄瓜棒孢叶斑病(褐斑病)病原菌鉴定和防治[J]. 中国蔬菜, 2009, 1(18): 29-33.
LI C S, ZHANG M, LI L, et al. Identification of cucumber target leaf spot (brown spot) pathogen and its control[J]. China Vegetables, 2009, 1(18): 29-33.
- [4] 禾丽菲, 李晓旭, 朱佳美, 等. 不同杀菌剂对黄瓜靶斑病菌的毒力作用特性比较[J]. 农药学报, 2018, 20(1): 25-32.
HE L F, LI X X, ZHU J M, et al. Comparison of toxicity properties of different types of fungicides against *Corynespora cassiicola* on cucumber[J]. Chin J Pestic Sci, 2018, 20(1): 25-32.
- [5] KWON M K, KANG B R, CHO B H, et al. Occurrence of target leaf spot disease caused by *Corynespora cassiicola* on cucumber in Korea[J]. *Plant Pathol*, 2003, 52(3): 424.
- [6] 蓝国兵, 谭耀华, 何自福, 等. 黄瓜褐斑病(*Corynespora cassiicola*)在广东首次报道[J]. 植物保护, 2012, 38(5): 197-200.
LAN G B, TAN Y H, HE Z F, et al. First report of Cucumis sativus brown spot disease infected by *Corynespora cassiicola* in Guangdong Province[J]. *Plant Prot*, 2012, 38(5): 197-200.
- [7] 杜玉宁, 查仙芳, 杨金凤, 等. 宁夏温室黄瓜新病害靶斑病的药剂筛选[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(1): 132-133.
DU Y N, ZHA X F, YANG J F, et al. Screening of *Corynespora cassiicola* on cucumber in greenhouse of Ningxia[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2013, 41(1): 132-133.
- [8] 杨双娟, 顾兴芳, 张圣平, 等. 黄瓜棒孢叶斑病(*Corynespora cassiicola*)的研究概况[J]. 中国蔬菜, 2012, 1(4): 1-9.
YANG S J, GU X F, ZHANG S P, et al. Research progress on cucumber target leaf spot (*Corynespora cassiicola*)[J]. China Vegetables, 2012, 1(4): 1-9.
- [9] 张乃楼, 李亚美, 康文强, 等. 辽宁省黄瓜靶斑病菌对苯醚甲环唑和戊唑醇的敏感性[J]. 农药学报, 2014, 16(4): 452-456.
ZHANG N L, LI Y M, KANG W Q, et al. Sensitivity of *Corynespora cassiicola* to difenoconazole and tebuconazole in Liaoning Province[J]. *Chin J Pestic Sci*, 2014, 16(4): 452-456.
- [10] 张中义, 李继新, 关国经, 等. 烤烟棒孢霉叶斑病病原菌鉴定[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(6): 44-47.
ZHANG Z Y, LI J X, GUAN G J, et al. Identification of fungal pathogen of *corynespora* leaf spot in flue-cured tobacco[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2008, 14(6): 44-47.
- [11] XUE L H, LIU Y, LI C J. First report of leaf spot caused by *Corynespora cassiicola* on *Ixeris polycephala* in China[J]. Plant Dis, 2017, 101(8): 1552.
- [12] YEH Y H, KIRSCHNER R. First report of *Corynespora* leaf spot on *Vitex rotundifolia* caused by *Corynespora cassiicola* in Taiwan[J]. Plant Dis, 2017, 101(8): 1550.
- [13] BAIYEE B, PORNURIYA C, ITO S I, et al. Trichoderma spirale T76-1 displays biocontrol activity against leaf spot on lettuce (*Lactuca sativa* L.) caused by *Corynespora cassiicola* or *Curvularia aerea*[J]. *Biol Control*, 2019, 129: 195-200.
- [14] BUTLER S, YOUNG-KELLY H, RAPER T, et al. First report of target spot caused by *Corynespora cassiicola* on cotton in Tennessee[J]. Plant Dis, 2016, 100(2): 535.
- [15] HUANG X, ZHENG X, XU J, et al. First report of brown leaf spot on honeysuckle caused by *Corynespora cassiicola* in China[J]. Plant Dis, 2016, 100(11): 2326.
- [16] XU J, QI X, ZHENG X. First report of *Corynespora* leaf spot on sweet potato caused by *Corynespora cassiicola* in China[J]. Australasian Plant Disease Notes, 2016, 100(10): 2163.
- [17] ONOFRE R B, MERTELY J C, AGUIAR F M, et al. First report of target spot caused by *Corynespora cassiicola* on blueberry in North America[J]. Plant Dis, 2016, 100(2): 528-529.
- [18] 方中达. 植物研究方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 427.
FANG Z D. Plant disease research methods[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 427.
- [19] 宋玉. 拟盘多毛孢属(*Pestalotiopsis*)真菌系统学研究及条形码基因的评价 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2015.
SONG Y. Taxonomy of the genus *Pestalotiopsis* and evaluation of its DNA barcoding[D]. Guiyang: Guizhou University, 2015.
- [20] WHITE T J, BRUNS T, LEE S, et al. 38 amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics[J]. *Per Protoc*, 1990: 315-322.
- [21] 慕立义. 植物化学保护研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 76-81.
MU L Y. Research methods of chemical plant protection[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994: 76-81.
- [22] 倪笑霞. 双苯菌胺的抑菌谱及其对辣椒疫霉的作用机制研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2013.
NI X X. Study on the antifungal spectrum and the mode of action of the novel fungicide SYP-14288 to *Phytophthora capsici* [D]. Beijing: China Agricultural University, 2013.
- [23] WANG Z W, NI X X, PENG Q, et al. The novel fungicide SYP-14288 acts as an uncoupler against *Phytophthora capsici*[J]. *Pestic Biochem Physiol*, 2018, 147: 83-89.
- [24] 兰杰, 司乃国, 李志念, 等. SYP-14288与百菌清、代森锰锌生物活性的比较[J]. 农药, 2012, 51(12): 927-928.
LAN J, SI N G, LI Z N, et al. Comparative of the biological activities of SYP-14288, chlorothalonil and mancozeb[J]. *Agrochemicals*, 2012, 51(12): 927-928.
- [25] 兰杰, 陈宣明, 司乃国, 等. 双苯菌胺对菌核病生物活性及田间应用技术研究 [M]//中国植物病害化学防治研究: 第9卷, 2014: 51-57.
LAN J, CHEN X M, SI N G, et al. The lab and field efficacy of SYP-14288 against cucumber downy mildew[M]//Chemical control of plant diseases in China: Vol. 9, 2014: 51-57.
- [26] 兰杰, 李志念, 司乃国, 等. SYP-14288 室内生物活性对黄瓜霜霉田间药效研究[C]//中国化工学会农药专业委员会第十五届年会论文集, 2012: 391-397.
LAN J, LI Z N, SI N G, et al. The lab and field efficacy of SYP-14288 against cucumber downy mildew[C]//Proceedings of the 15th annual meeting of the pesticide professional committee of the Chinese chemical society, 2012: 391-397.
- [27] 侯燕华, 彭钦, 方媛, 等. 辣椒疫霉对双苯菌胺抗性风险评估[C]. 中国植物病理学会 2015 年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2015: 122.
HOU Y H, PENG Q, FANG Y, et al. The resistance risk of *Phytophthora capsici* to SYP-14288[C]//Proceedings of the annual meeting of Chinese Society of Plant Pathology in 2011. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2015: 122.
- [28] 王佳韵, 张一宾. 全球三唑类杀菌剂的市场概况及发展趋势[J]. 农药, 2017, 56(2): 86-87.
WANG J Y, ZHANG Y B. Market and development tendency of global triazole fungicides[J]. *Agrochemicals*, 2017, 56(2): 86-87.

(责任编辑: 金淑惠)