

海南淮山茎腐病菌对戊唑醇的敏感性测定

赵志祥,陈 圆,陈绵才,肖 敏,肖彤斌*

(海南省农业科学院 农业环境与植物保护研究所/海南省植物病虫害防控重点实验室,海南 海口 571100)

摘要: 研究海南淮山茎腐病菌株对戊唑醇的敏感性,以期为该病害的综合防治提供实践和理论依据。通过单孢分离获得 32 株茎腐病菌,分别采用菌丝生长速率法和孢子萌发法测定戊唑醇对各菌株的毒力,并进行毒力回归和敏感性分析。结果表明:戊唑醇对菌丝生长具有较强的抑制作用,其抑制中质量浓度(EC_{50})最小值、最大值、平均值分别为 0.063 797、0.407 005、 $(0.228\ 3\pm0.080\ 5)\ \mu\text{g/mL}$;该药对孢子萌发的抑制效果更明显,其 EC_{50} 最小值、最大值、平均值分别为 0.002 550、0.104 858、 $(0.031\ 8\pm0.024\ 2)\ \mu\text{g/mL}$ 。正态分析表明:菌丝生长对戊唑醇的敏感性呈正态分布;而孢子萌发的敏感性呈非正态分布,其最大 EC_{50} 和最小 EC_{50} 之间的跨度较大, EC_{50} 表现不连续,在高质量浓度区仍有不敏感菌株存在,这表明在自然界中存在个别抗药性较强的淮山茎腐病菌株。

关键词: 戊唑醇;淮山茎腐病;尖孢镰刀菌;菌丝生长;孢子萌发;敏感性

中图分类号: S48 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)06-0089-05

Sensitivity of Pathogen of *Dioscorea opposita* Stem Rot Disease to Tebuconazole in Hainan

ZHAO Zhi-xiang, CHEN Yuan, CHEN Mian-cai, XIAO Min, XIAO Tong-bin*

(Institute of Agro-environment & Plant Protection of Hainan Academy of Agricultural Sciences/Hainan Key Laboratory for Control of Plant Diseases and Insect Pests, Haikou 571100, China)

Abstract: In order to provide practical and theoretical basis for the prevention and control of *Dioscorea opposita* stem rot disease, the bioassay method of baseline sensitivity was developed on the basis of the effect of tebuconazole on the mycelium growth and spore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *dioscorea*. Thirty-two strains were obtained by single spore isolation. Virulence of tebuconazole on all of the strains was tested by the methods of mycelium growth and spore germination. Then virulence regression equation was constructed and the sensitive distribution was analysed. The results showed that mycelium growth of the pathogen was affected by tebuconazole, with the maximal EC_{50} of 0.407 005 $\mu\text{g/mL}$, minimum EC_{50} of 0.063 797 $\mu\text{g/mL}$, and mean EC_{50} of $(0.228\ 3\pm0.080\ 5)\ \mu\text{g/mL}$, respectively. And spore germination was inhibited by tebuconazole to a greater extent, with the mean EC_{50} as $(0.031\ 8\pm0.024\ 2)\ \mu\text{g/mL}$, ranging from 0.002 550 $\mu\text{g/mL}$ to 0.104 858 $\mu\text{g/mL}$. Normal distribution analysis showed that the sensitivity of mycelium growth to tebuconazole fitted well with a normal distribution function, but that of spore germination did not, for which the span between the maximal EC_{50} and the minimum EC_{50} was big. In high concentration area, there were still insensitive strains. This may be related to the change of environment, and thus a few strains possessed a certain resistance.

Key words: tebuconazole; *Dioscorea opposita* stem rot disease; *Fusarium oxysporum*; mycelium growth; spore germination; sensitivity

收稿日期:2013-11-25

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD19B06);海南省科学事业费项目(12-214001-0004)

作者简介:赵志祥(1981-),男,湖南岳阳人,助理研究员,博士,主要从事植物病理学和微生物学研究。

E-mail: zhaozhixiang0207@126.com

* 通讯作者:肖彤斌(1972-),女,海南海口人,研究员,硕士,主要从事植物病虫害综合防治研究。E-mail: xiaotbin@sina.com

2011—2012 年对海南省海口、临高和澄迈等地淮山病害进行调查发现,根状茎上茎腐病发生严重,一般发病率在 30%左右,严重地块高达 80%以上。经鉴定,其病原为尖孢镰刀菌薯蓣专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *dioscorea*)^[1]。由于海南淮山大量种植的时间较晚,2007 年以后才陆续从广东、广西等地引进云选 1 号、2 号和 3 号品种开始大面积种植^[2],因此,对该作物上病害的研究较晚,尤其是茎腐病作为一种新的病害在海南鲜有研究。迄今尚无抗茎腐病的材料,生产上以化学药剂——苯并咪唑类的多菌灵和甲氧基丙烯酸酯类的啉菌酯防治为主。然而长期单一使用这些化学药剂,病菌易产生抗药性^[3]。

戊唑醇是一种羟乙基三唑衍生物,属高效、广谱、低毒的内吸性三唑类杀菌剂。与传统三唑类杀菌剂相比,戊唑醇不但能够抑制真菌中麦角甾醇的生物合成,还具有其自身的优势和特性,即用戊唑醇处理后,菌丝中出现 3 种 $\Delta 5$ 甾醇: $\Delta 5$ -麦角甾醇、 $\Delta 5$ -豆固醇和 $\Delta 5,22$ -豆固二烯醇,影响甾醇混合物的组成,从而扩大戊唑醇的抗菌谱^[4]。

目前,戊唑醇主要用于防治小麦^[5]、水稻^[6]、花生^[7]、香蕉^[8]和苹果^[9]等作物上的真菌病害,在全球 50 多个国家的 60 多种作物上取得登记并广泛应用。本实验室通过室内毒力测定发现,戊唑醇对淮山茎腐病菌有较好的防治效果。然而,该病菌对戊唑醇的敏感性尚不清楚。为此,本研究通过检测海口、澄迈、临高等地淮山茎腐病菌对戊唑醇的敏感性,绘制敏感性分布频率图,分析抗药性产生的可能性,以期利用戊唑醇防治该病害提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试农药

70%的戊唑醇 WP 由北京华戎生物激素厂生产,试验前,先将其用无菌水配成有效成分为 10 mg/mL 的母液备用。

1.2 供试培养基

培养茎腐病菌以及菌丝生长速率法测定淮山茎腐病菌对戊唑醇的敏感性试验所用培养基为 PDA 培养基,配方为:马铃薯 200.0 g,蔗糖 20.0 g,琼脂粉 15.0~20.0 g,蒸馏水 1 L,调节 pH 值为 7.2,121~126 °C 灭菌 20 min。抑制孢子萌发试验所用培养基为水琼脂培养基(WA),其配方为:琼脂粉 15.0~20.0 g,蒸馏水 1 L,调节 pH 值为 7.0,121~126 °C 灭菌 20 min。

1.3 供试菌株的分离

从海口云龙、临高东英和澄迈大拉等淮山生产基地采集淮山病茎 89 份,用常规组织分离法^[10]分离茎腐病菌。然后按照刘永翔等^[11]的毛细管印迹法(略作修改)进行单孢分离。将病原菌接种于 PDA 平板上,28 °C 下培养 6~8 d,待菌丝布满整个培养皿之后取出,在无菌操作台上用无菌水洗去气生菌丝,继续暗光培养 7 d,无菌水洗下孢子,收集于 1.5 mL 灭菌离心管中。同时,用打孔器在 PDA 平板上打若干个培养基圆饼,并将其置于灭菌的空皿中,编号备用。取 10 μ L 孢子悬浮液置于无菌空培养皿中,毛细管的一端插入孢子悬浮液后,在 PDA 平板上轻印一下,在 100 倍视野显微镜下,观察并统计印迹中的孢子数目。依据孢子数目将孢子悬浮液稀释相应的倍数后,重复上述操作,以确保每个印迹周围大约只有 1 个孢子。用毛细管蘸取稀释后的孢子悬浮液,在小圆饼上轻印,并检查印迹周围孢子数,将只有 1 个孢子的小圆饼放回无菌的 PDA 平板上,编号,28 °C 下暗光培养 6 d,即得到茎腐病单菌株。

1.4 淮山茎腐病菌菌丝生长对戊唑醇的敏感性测定

参考刘颖超等^[12]的菌丝生长速率法测定茎腐病菌菌丝生长对戊唑醇的敏感性。将保存的淮山茎腐病各菌株接种于 PDA 培养基平板上,每菌株至少 3 板,28 °C 下暗光培养 5 d,选取菌丝生长良好、布满整个培养皿的平板,用打孔器(直径 4 mm)打若干个菌饼(各菌饼中菌丝生长速率基本一致)。取适量的戊唑醇母液,加入溶化后冷却到 55 °C 左右的 PDA 培养基中,摇匀,制成最终质量浓度梯度为 0.05、0.15、0.25、0.5、2.5 μ g/mL 的含毒 PDA 培养基平板。在无菌操作台上冷却 30 min 后,用接种针挑取菌饼,倒扣于含毒培养基中央,每皿 1 个菌饼。28 °C 暗光条件下培养 6 d,采用传统十字交叉法测量每皿中的菌落直径,每处理 3 皿,试验重复 2 次。同时,每菌株设置 3 皿不含药液的培养基培养作为对照。统计各质量浓度下菌落生长直径,计算菌丝生长抑制率。菌丝生长抑制率=(对照菌落生长直径-处理菌落生长直径)/(对照菌落生长直径-菌饼直径) $\times 100\%$ 。查阅抑制率-几率值对照表,获得几率值,建立几率值(y)和质量浓度对数(x)之间的毒力回归方程($y=ax+b$),计算决定系数(R^2)和各菌株的抑制中质量浓度(EC_{50} 值)。

1.5 淮山茎腐病菌孢子萌发对戊唑醇的敏感性测定

采用抑制孢子萌发法^[13]测定各茎腐病菌菌株对戊唑醇的敏感性。将 100 μ L(约 200 个孢子)孢子悬浮液涂布于含有戊唑醇(终质量浓度分别为

0.001、0.005、0.025、0.125、0.625 $\mu\text{g/mL}$ 的 WA 培养基平板上,并设不含药液的对照,28 $^{\circ}\text{C}$ 下暗光培养 12 h,观察孢子萌发情况,试验重复 2 次。计算孢子萌发抑制率,萌发抑制率=(对照孢子萌发数目-处理孢子萌发数目)/对照孢子萌发数目 $\times 100\%$ 。建立萌发抑制率对应几率值(y)和质量浓度对数(x)之间的毒力回归方程,计算 R^2 和 EC_{50} 值。

1.6 数据分析

数据统计、排序,建立毒力回归方程,计算 R^2 、 EC_{50} 值、标准方差和敏感性基线即平均 EC_{50} 值等均在 Excel 程序中进行。对各菌株菌丝生长的 EC_{50} 值和孢子萌发的 EC_{50} 值,在 SPSS 19.0 统计软件中进

行单样本 K-S 正态性分布检验,判断是否符合正态分布。同时,分别将菌丝生长的 EC_{50} 值和孢子萌发的 EC_{50} 值等分成 7 份,统计每份中菌株的个数和频率,在 SAS 8.1 软件中,以等分值为横坐标,频率为纵坐标,分别绘制各菌株菌丝生长 EC_{50} 值和孢子萌发 EC_{50} 值的频率分布图^[14]。

2 结果与分析

2.1 淮山茎腐病菌的分离结果

从 89 份淮山茎腐病茎中分离菌株,纯化后进行单孢分离和鉴定,得到 32 个淮山茎腐病菌菌株,编号见表 1。

表 1 淮山茎腐病菌菌丝生长对戊唑醇的敏感性测定结果

菌株	来源	回归方程	R^2	EC_{50} 值/ ($\mu\text{g/mL}$)	菌株	来源	回归方程	R^2	EC_{50} 值/ ($\mu\text{g/mL}$)
LG10-1	临高	$y=1.027\ 6x+5.751\ 9$	0.980\ 5	0.185\ 481	LG1-2	临高	$y=0.904\ 1x+5.507\ 1$	0.987\ 7	0.274\ 900
LP5-3	海口	$y=1.134\ 0x+6.069\ 4$	0.981\ 2	0.114\ 025	BD6-5	海口	$y=0.808\ 1x+5.588\ 2$	0.987\ 5	0.187\ 111
DL-5	澄迈	$y=0.794\ 7x+5.596\ 0$	0.973\ 0	0.177\ 828	BD6-4	海口	$y=0.944\ 6x+5.510\ 9$	0.980\ 1	0.287\ 806
DL-8	澄迈	$y=1.137\ 9x+5.910\ 8$	0.984\ 8	0.158\ 343	BL2-2	海口	$y=0.717\ 8x+5.451\ 4$	0.971\ 3	0.235\ 017
BD7-2	海口	$y=0.998\ 9x+5.481\ 4$	0.954\ 6	0.329\ 686	BD8-1	海口	$y=1.024\ 8x+5.668\ 3$	0.945\ 7	0.222\ 792
BD5-2	海口	$y=1.075\ 8x+5.913\ 9$	0.956\ 8	0.141\ 413	LG16-1	临高	$y=0.909\ 3x+5.552\ 8$	0.976\ 5	0.246\ 661
BL6-5	海口	$y=1.052\ 9x+5.715\ 8$	0.913\ 5	0.209\ 007	LG1-1	临高	$y=0.892\ 2x+5.859\ 3$	0.973\ 4	0.108\ 868
LG8-2	临高	$y=0.762\ 4x+5.473\ 0$	0.999\ 5	0.239\ 662	LP3-2	海口	$y=1.085\ 8x+5.607\ 1$	0.975\ 8	0.275\ 994
LP8-1	海口	$y=1.179\ 7x+5.460\ 5$	0.918\ 6	0.407\ 005	BD5-4	海口	$y=1.088\ 1x+5.654\ 3$	0.972\ 8	0.250\ 438
DL3-3	澄迈	$y=1.449\ 5x+6.732\ 5$	0.991\ 4	0.063\ 797	LP2-4	海口	$y=1.009\ 7x+5.565\ 1$	0.937\ 4	0.275\ 613
LG17-1	临高	$y=1.102\ 4x+5.513\ 9$	0.958\ 3	0.341\ 822	LG2-1	临高	$y=0.875\ 5x+5.666\ 5$	0.989\ 8	0.173\ 261
DL-13	澄迈	$y=0.927\ 9x+5.660\ 1$	0.863\ 7	0.194\ 357	DL-5	澄迈	$y=1.097\ 0x+5.449\ 0$	0.987\ 0	0.389\ 673
LG5-1	临高	$y=0.892\ 0x+5.593\ 2$	0.987\ 0	0.216\ 272	LP4-5	海口	$y=1.056\ 3x+5.607\ 6$	0.989\ 2	0.265\ 950
LP9-3	海口	$y=1.286\ 9x+6.110\ 9$	0.971\ 4	0.137\ 025	LP4-3	海口	$y=0.857\ 0x+5.548\ 8$	0.991\ 9	0.228\ 876
BD6-3	海口	$y=0.952\ 6x+5.585\ 1$	0.948\ 3	0.243\ 108	LP3-1	海口	$y=1.058\ 1x+5.490\ 6$	0.985\ 6	0.343\ 795
BD7-3	海口	$y=1.208\ 4x+5.753\ 1$	0.970\ 6	0.238\ 122	LP2-5	海口	$y=1.028\ 1x+5.876\ 4$	0.982\ 8	0.140\ 475

2.2 淮山茎腐病菌菌丝生长对戊唑醇的敏感性

从表 1 可以看出:不同菌株对戊唑醇的敏感性差异较大,如 EC_{50} 值最高为海口云龙的 LP8-1, EC_{50} 值为 0.407 005 $\mu\text{g/mL}$,而澄迈大拉的 DL3-3 菌株 EC_{50} 值则最低,为 0.063 797 $\mu\text{g/mL}$,最大值和最小值之间相差 6.38 倍。各菌株 EC_{50} 值的标准偏差为 0.080 5,平均 EC_{50} 值为(0.228 3 \pm 0.080 5) $\mu\text{g/mL}$ 。

从图 1 可以看出, EC_{50} 值在 0.210 8~0.259 8 $\mu\text{g/mL}$ 的菌株数最多,有 9 个,其 EC_{50} 值接近平均 EC_{50} 值,同时,柱形图也反映出所有菌株的 EC_{50} 值之间较连续;在 SPSS 19.0 统计软件中对 EC_{50} 值进行单样本 K-S 正态性分布检验,得 Kolmogorov-Smimov $Z=0.505$,渐进连续性 $P=0.961$,检验分布为正态分布, EC_{50} 值表现连续性,说明这 32 个淮

山茎腐病菌菌丝生长对戊唑醇的敏感性频率分布符合正态分布。截至目前,淮山茎腐病菌自然种群菌丝生长对戊唑醇无明显的抗药性。

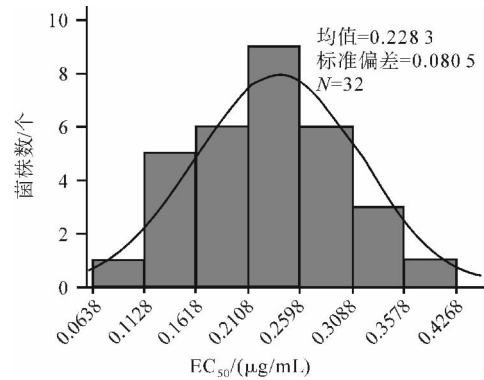


图 1 淮山茎腐病菌 32 个菌株菌丝生长对戊唑醇的敏感性频率分布

因此,在海南远离内陆这一特殊的地理环境中,对三唑类杀菌剂戊唑醇而言,淮山茎腐病菌群体基本上还处于原始种群,故本试验中,戊唑醇对菌丝生长抑制的平均 EC_{50} 值(0.2283 ± 0.0805) $\mu\text{g/mL}$,可作为海南淮山茎腐病菌对戊唑醇的敏感性基线。

2.3 淮山茎腐病菌孢子萌发对戊唑醇的敏感性

戊唑醇对淮山茎腐病菌孢子萌发抑制的 EC_{50} 值介于 $0.002550 \sim 0.104858$ $\mu\text{g/mL}$ (表 2),平均 EC_{50}

值为(0.0318 ± 0.0242) $\mu\text{g/mL}$ 。 EC_{50} 值集中分布在 $0.002550 \sim 0.051928$ $\mu\text{g/mL}$,个别孢子萌发的 EC_{50} 值较高,如 LG8-2 孢子萌发的 EC_{50} 值最高,为 0.104858 $\mu\text{g/mL}$;BD7-2 和 LG5-1 次之,分别为 0.096895 $\mu\text{g/mL}$ 和 0.095411 $\mu\text{g/mL}$ 。而在 $0.051928 \sim 0.095411$ $\mu\text{g/mL}$,无其他 EC_{50} 出现,说明 EC_{50} 值表现不连续,在高质量浓度区仍有个别不敏感菌株。

表 2 淮山茎腐病菌孢子萌发对戊唑醇的敏感性测定结果

菌株	来源	回归方程	R^2	EC_{50} 值/ ($\mu\text{g/mL}$)	菌株	来源	回归方程	R^2	EC_{50} 值/ ($\mu\text{g/mL}$)
LG10-1	临高	$y=1.2547x+8.2541$	0.9590	0.002550	LG1-2	临高	$y=0.6595x+6.0946$	0.9180	0.021893
LP5-3	海口	$y=0.7125x+6.1714$	0.9296	0.028451	BD6-5	海口	$y=0.6338x+5.9254$	0.9554	0.034666
DL-5	澄迈	$y=1.4292x+7.8337$	0.9247	0.010406	BD6-4	海口	$y=0.6252x+6.0136$	0.9441	0.023922
DL-8	澄迈	$y=0.9371x+6.5673$	0.9746	0.021257	BL2-2	海口	$y=0.6123x+6.0230$	0.9559	0.021345
BD7-2	海口	$y=0.7239x+5.7338$	0.9600	0.096895	BD8-1	海口	$y=0.6166x+5.9379$	0.9233	0.030123
BD5-2	海口	$y=0.7740x+6.1180$	0.9586	0.035942	LG16-1	临高	$y=0.7010x+6.2071$	0.9524	0.018967
BL6-5	海口	$y=0.8412x+6.6897$	0.9075	0.009802	LG1-1	临高	$y=0.5794x+5.7443$	0.9277	0.051928
LG8-2	临高	$y=0.7611x+5.7454$	0.9767	0.104858	LP3-2	海口	$y=0.6238x+5.8953$	0.9547	0.036711
LP8-1	海口	$y=0.6209x+5.9967$	0.9077	0.024814	BD5-4	海口	$y=0.6653x+5.9818$	0.9143	0.033443
DL3-3	澄迈	$y=0.6424x+6.1351$	0.9403	0.017113	LP2-4	海口	$y=0.5479x+5.8878$	0.9504	0.023966
LG17-1	临高	$y=0.6481x+6.0943$	0.9792	0.020488	LG2-1	临高	$y=0.6166x+5.9959$	0.9044	0.024261
DL-13	澄迈	$y=0.7382x+6.2307$	0.9685	0.021518	DL-5	澄迈	$y=0.6209x+5.8847$	0.9281	0.037592
LG5-1	临高	$y=0.5537x+5.5650$	0.9562	0.095411	LP4-5	海口	$y=0.5236x+5.8909$	0.9735	0.019884
LP9-3	海口	$y=0.6152x+6.0636$	0.9405	0.018668	LP4-3	海口	$y=0.6009x+6.1367$	0.9741	0.012832
BD6-3	海口	$y=0.7854x+6.2283$	0.9378	0.027290	LP3-1	海口	$y=0.9643x+6.9768$	0.8535	0.045186
BD7-3	海口	$y=0.6710x+6.0750$	0.9143	0.024998	LP2-5	海口	$y=0.6524x+6.1232$	0.9511	0.018985

将所得 32 个 EC_{50} 值在 SPSS 19.0 统计软件中进行单样本 K-S 正态性分布检验,得 Kolmogorov-Smirnov $Z=1.405$,渐进连续性 $P=0.039 < 0.05$,检验敏感性分布不属于正态分布。如图 2 所示, EC_{50} 值表现不连续,在高质量浓度区有拖尾现象。这一结果表明,在自然菌株群体中,个别自发突变的菌株孢子萌发对戊唑醇敏感性较差,表现出一定的耐药性。

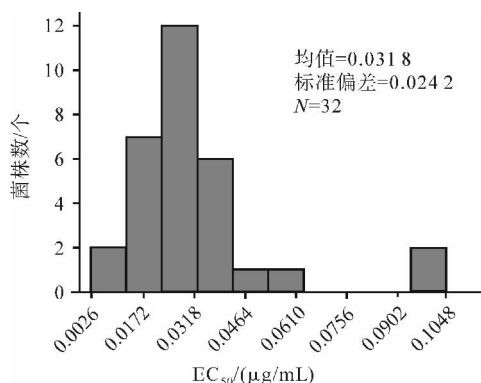


图 2 淮山茎腐病菌 32 个菌株孢子萌发对戊唑醇的敏感性频率分布

3 结论与讨论

抑制菌丝生长和孢子萌发试验结果表明:海南淮山茎腐病菌菌丝生长和孢子萌发对戊唑醇的敏感性较高。32 个菌株菌丝生长对戊唑醇的敏感性呈正态分布,菌株的 EC_{50} 值分布连续,且大多集中在 $0.2108 \sim 0.2598$ $\mu\text{g/mL}$,接近平均 EC_{50} 值(0.2283 ± 0.0805) $\mu\text{g/mL}$,因此,该 EC_{50} 值可作为海南淮山茎腐病菌对戊唑醇的敏感性基线。但是,个别菌株孢子萌发对戊唑醇具有一定程度的耐药性, EC_{50} 值在高质量浓度区域有拖尾现象。

不同茎腐病菌菌株的 EC_{50} 值存在差异,对菌丝生长抑制的最小 EC_{50} 值为 0.063797 $\mu\text{g/mL}$,最大为 0.407005 $\mu\text{g/mL}$,相差 6.38 倍;而对孢子萌发抑制的 EC_{50} 值最小为 0.002550 $\mu\text{g/mL}$,最大为 0.104858 $\mu\text{g/mL}$,相差 41.12 倍。这可能与自然环境中茎腐病菌的地理小种差异等生物和遗传特性、不同淮山生产基地的用药情况以及光温、雨水等复杂的环境条件有一定的关系。王文桥等^[15]报道,病原菌对杀菌剂的敏感性受病菌生物与遗传特性、

用药状况及环境条件等因素的制约。此外,各菌株菌丝生长对戊唑醇的敏感性均低于其孢子萌发的敏感性。这与李红霞等^[16]、Gullino等^[17]的研究结果是一致的。李红霞等^[16]对来自江苏和海南的辣椒炭疽病菌进行敏感性测定,发现啮菌酯抑制孢子萌发的活性远高于抑制菌丝生长的活性。研究发现,病原菌孢子萌发对线粒体的呼吸作用依赖性较强,而菌丝在无性生长过程中,对线粒体呼吸作用的依赖性较弱^[18]。这可能是病原菌孢子萌发对药剂敏感性较高的原因。

近几年,淮山茎腐病在海南地区大面积发病,由于目前尚无淮山茎腐病菌对戊唑醇产生抗药性的报道,为避免或减少抗药性的产生,在实际生产过程中可以将戊唑醇作为防治淮山茎腐病的替代药剂,与当地生产过程中大量使用的多菌灵和啮菌酯交替使用。鉴于茎腐病菌孢子萌发对戊唑醇敏感性较高的特性,可以在发病初期使用低质量浓度的戊唑醇抑制孢子的萌发,从而有效地抑制病原菌的侵染,防止病原菌大面积扩散。

参考文献:

- [1] 赵志祥,陈圆,肖敏,等.几种杀菌剂对薯蓣茎腐病菌的室内毒力测定[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2013,39(1):22-28.
- [2] 吴月燕,伍壮生,王敏.海南云龙地区淮山种植情况调查报告[J].上海蔬菜,2010(4):16-17.
- [3] 韩秀英,赵卫松,齐永志,等.辣椒疫霉对双炔酰菌胺敏感性及其它杀菌剂的交互抗性[J].植物保护学报,2011,38(2):173-177.
- [4] 李富根,吴新平,刘乃炽.戊唑醇的作用特点及其应用概况[J].农药科学与管理,2001,22(3):40-41.
- [5] 毕秋艳,马志强,张小风,等.多菌灵/戊唑醇复配对小麦赤霉病菌抗药性菌株的活性增效作用[J].植物保护,2010,36(2):119-122.
- [6] 张昌朋,赵华,蔡晓明,等.戊唑醇在水稻中的残留分析方法及消解动态[J].农药,2012,51(9):675-677.
- [7] 韩志任,陈召亮,翟茹环,等.戊唑醇对花生叶斑病菌和豇豆锈病菌的毒力及田间药效评价[J].现代农药,2006(4):50-52.
- [8] 卞红正,汤婕,王明星.香蕉、小麦中戊唑醇残留稳定性研究[J].中国农学通报,2011,27(29):97-101.
- [9] 曲健禄,李晓军,张勇,等.戊唑醇对苹果斑点落叶病菌及轮纹病菌的毒力和药效评价[J].农药学报,2007,9(2):149-152.
- [10] 方中达.植物研究方法[M].3版.北京:中国农业出版社,1998:122-126.
- [11] 刘永翔,朱国胜,刘作易.一种简单的竹黄菌(*Shiraia bambusicola*)单孢分离方法[J].菌物研究,2008,6(1):49-56.
- [12] 刘颖超,张金林,庞民好,等.咯菌腈对草莓灰霉病 *Botrytis cinerea* 的毒力及防效研究初报[J].农药学报,2002,4(3):94-96.
- [13] 张志芳,吴可嘉,李红叶.浙江省柑橘绿霉病菌对啮菌酯的敏感性研究[J].农药学报,2008,10(3):375-378.
- [14] 席亚东,刘波微,彭化贤.四川省稻瘟病菌对稻瘟灵的抗药性研究[J].西南农业学报,2009,22(1):77-80.
- [15] 王文桥,马志强,张小风,等.植物病原菌对杀菌剂抗性风险评估[J].农药学报,2001,3(1):6-11.
- [16] 李红霞,刘照云,王建新,等.辣椒炭疽病菌对啮菌酯的敏感性测定[J].植物病理学报,2005,35(1):73-77.
- [17] Gullino M L, Leroux P, Smith C M. Uses and challenges of novel compounds for plant disease control[J]. Crop Protection, 2000, 19: 1-11.
- [18] Mizutani A, Yukiota H, Tamura H, et al. Respiratory characteristics in *Pyricularia oryzae* exposed to a novel alkoxyiminoacetamide fungicide[J]. Phytopathology, 1995, 85: 306-311.