

安徽省辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性监测

戚仁德^{1,2} 丁建成² 高智谋^{1*} 倪春耕² 蒋婧婧¹ 李萍¹

(1. 安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036; 2. 安徽省农业科学院植物保护研究所, 合肥 230031)

摘要: 为了明确安徽地区辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性水平及抗性菌株的地理分布, 2005—2006年从安徽省16个市、县采集辣椒疫病病株, 经分离纯化鉴定, 获得125株辣椒疫霉菌株, 分别采用生长速率法和叶盘漂浮法测定其对甲霜灵的敏感性。结果表明, 按照 Parra & Ristaino (2001) 标准, 供试菌株中有79株对甲霜灵敏感, 38株对甲霜灵敏感性处于中间状态, 8株抗甲霜灵, 即敏感菌株、中间菌株和抗性菌株分别占总体的63.2%、30.4%和6.4%。来自不同地区的菌株对甲霜灵的敏感性差异较大, 其中以寿县的菌株最为敏感, EC_{50} 值最低为 $0.10 \mu\text{g}/\text{mL}$, 平均为 $0.81 \pm 0.20 \mu\text{g}/\text{mL}$; 而砀山、和县地区的菌株表现出一定的抗药性, 平均 EC_{50} 为 $8.32 \pm 0.19 \mu\text{g}/\text{mL}$, 最高达 $25.47 \mu\text{g}/\text{mL}$ 。抗性菌株的最高抗性倍数约为90倍。

关键词: 辣椒疫霉; 甲霜灵; 抗药性; 监测

Resistance of *Phytophthora capsici* isolates to metalaxyl in Anhui Province

Qi Rende^{1,2} Ding Jiancheng² Gao Zhimou^{1*} Ni Chungeng² Jiang Jingjing¹ Li Ping¹

(1. College of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui Province, China; 2. Institute of Plant Protection, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, Anhui Province, China)

Abstract: In order to investigate the resistance level and geographical distribution of resistant isolates in *Phytophthora capsici* to metalaxyl in Anhui, about 200 samples of pepper *Phytophthora* blight were collected in major vegetable growing areas among 16 cities and counties of the province during 2005 – 2006, and 125 strains of *P. capsici* were isolated and purified from these samples. The sensitivity of these strains to metalaxyl was determined by mycelial growth rate method *in vitro* and biological test *in vivo*, respectively. The results showed that 79 isolates were sensitive to metalaxyl (<40% growth at $5.0 \mu\text{g}/\text{mL}$ of metalaxyl), 38 isolates intermediate in sensitivity to metalaxyl (>40% growth at $5.0 \mu\text{g}/\text{mL}$ of metalaxyl and <40% growth at $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ of metalaxyl), and 8 isolates resistant to metalaxyl (>40% growth at $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ of metalaxyl) according to Parra & Ristaino's (2001) criterion. The proportion of metalaxyl-sensitive isolates (MS), metalaxyl-intermediate isolates (MI) and metalaxyl-resistant isolates (MR) covered 63.2%, 30.4% and 6.4% in *P. capsici* isolate population, respectively. There was also a significant difference in the sensitivity of the strains from different areas to metalaxyl. The strains from Shouxian were the most sensitive, with the minimum and mean EC_{50} value being $0.10 \mu\text{g}/\text{mL}$ and $0.81 \pm 0.20 \mu\text{g}/\text{mL}$, respectively, while the strains from Dangshan and Hexian represented the resistance, with the mean EC_{50} value being more than $8.32 \pm 0.19 \mu\text{g}/\text{mL}$, and the maximum $25.47 \mu\text{g}/\text{mL}$, which suggested the highest resistant level was about 90 folds.

Key words: *Phytophthora capsici*; metalaxyl; fungicide resistance; monitoring

基金项目: 安徽省自然科学基金项目(050410401, 070411028)

作者简介: 戚仁德, 男, 1970年生, 副研究员, 研究方向为植物病原真菌学及IPM技术, email: rende7@126.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: gaozhimou@126.com

收稿日期: 2007-10-10

辣椒疫病是由辣椒疫霉 *Phytophthora capsici* Leonian 引起的一种重要植物病害,目前主要通过化学防治方法对其进行控制。甲霜灵(metalaxyl)是防治辣椒疫病等卵菌病害的常用药剂之一,但由于该药剂属于特异性位点抑制剂,对病原菌作用位点单一,长期使用极易产生抗药性^[1-2]。自20世纪70年代末投入使用以来,在许多国家都发现对甲霜灵产生抗性的病原群体,且抗性发展速度快,抗性水平高,致使甲霜灵在许多地区防病效果降低,甚至完全失效^[2-3]。其中,部分地区已发现辣椒疫霉抗甲霜灵突变株^[4-7],且抗性频率和抗性水平均较高。Penisi & Agosteo^[8]发现意大利南部田间81%的辣椒疫霉菌株对甲霜灵表现为中等抗性;Parra & Ristaino^[3]发现美国田间存在大量的抗甲霜灵突变株;邵见阳等^[9]报道江西省55.6%的辣椒疫霉菌株对甲霜灵存在抗性,其中中抗、高抗菌株占27.5%;何允波等^[10]报道吉林通化地区78.4%的辣椒疫霉对甲霜灵具有抗性,且抗性倍数多高达200~500倍。安徽是我国重要的辣椒生产基地,一旦辣椒疫病菌普遍对甲霜灵产生抗性,将对该地区的辣椒产业造成严重影响。然而,关于安徽省辣椒疫病菌 *P. capsici* 对甲霜灵的抗药性监测迄今未见报道。本研究就安徽省不同地区辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性进行了系统监测,旨在明确该地区辣椒疫霉对甲霜灵的抗性水平及抗性菌株的地理分布,为辣椒疫霉对甲霜灵抗性的风险评估及治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

2005—2006年分别从安徽省合肥、六安、和县、阜阳等16个市、县(区)蔬菜田采集辣椒疫病典型病株,采集时记录各田块甲霜灵的使用情况。用选择性培养基分离、纯化,经鉴定,共获得125株辣椒疫霉 *Phytophthora capsici* 菌株。

1.2 供试药剂

91.2%甲霜灵(metalaxyl)原药,江苏宝灵化工公司生产,用少量丙酮溶解后加入灭菌蒸馏水配成5 mg/mL母液备用。80万单位氨苄青霉素(ampicillin),上海新先锋药业有限公司生产;0.15 g利福平(rifampicin)胶囊,上海信谊药业有限公司生产;90%五氯硝基苯(PCNB)原药,山西省农业科学院三联农化实验厂生产。

1.3 培养基

胡萝卜培养基(CA)^[11]:将200 g新鲜胡萝卜切成小片,加去离子水500 mL,捣碎,用双层纱布过滤去渣,补水至1000 mL,加入琼脂20 g,121 °C高压蒸汽灭菌20 min。

选择性胡萝卜培养基:当CA培养基温度降至50~60 °C时,每100 mL中加入10 mg氨苄青霉素、5 mg利福平和5 mg五氯硝基苯。

含甲霜灵的胡萝卜培养基:取5 mg/mL甲霜灵母液1 mL,用灭菌去离子水配成系列稀释液。将熔化的CA培养基冷却至约50 °C,用微量进样器分别加入相应浓度的上述稀释液,配成终浓度分别为0.005、0.01、0.05、0.1、0.5、1.0、2.5、5.0、10.0、20.0、40.0、80.0、160.0 μg/mL的含药培养基平板。

1.4 供试菌株对甲霜灵敏感性的测定

1.4.1 离体测定

采取生长速率法^[1,12]。供试菌株在CA平板上培养7天后,自菌落边缘取直径5 mm的菌丝块,分别移到含甲霜灵0、5和100 μg/mL的CA平板中央,25 °C培养,5天后测定菌落生长量,每处理重复3次。供试菌株对甲霜灵的敏感性划分参考Parra等^[3]和Fraser等^[13]的标准确定,即在含5 μg/mL甲霜灵的CA上生长量小于空白生长量的40%为敏感菌株(metalaxyl-sensitive isolate,简称MS);在含5 μg/mL甲霜灵的CA上生长量大于空白生长量的40%,但在含100 μg/mL甲霜灵的CA上生长量小于空白生长量的40%为敏感性处于中间状态的菌株(metalaxyl-intermediate isolate,简称中间菌株MI);在含100 μg/mL甲霜灵的CA上生长量超过空白生长量40%的菌株为抗性菌株(metalaxyl-resistant isolate,简称MR)。

1.4.2 活体测定

随机选取10个敏感菌株、10个中间菌株和8个抗性菌株,采用叶盘漂浮法进行测定。参照王晓敏等^[14]和郑小波^[11]的方法诱导孢子囊和制备接种液,将孢子囊悬浮液浓度调节至 4×10^4 个/mL后放入5~8 °C的冰箱中15 min,再于约25 °C室温放置30 min刺激游动孢子释放。在直径9 cm的培养皿内分别加入20 mL浓度分别为0.1、1、10、100 μg/mL的甲霜灵药液,以加入灭菌去离子水为对照,将直径为14 mm的辣椒叶片背面朝上置于悬浮液中,每皿10片,浸泡2 h后,将叶片取出稍晾干,每叶盘中心

滴 15 μL 游动孢子悬浮液,置 22 $^{\circ}\text{C}$ 、12 h 光照条件下培养 5 天,按邵见阳等^[9]的分级标准调查病情,计算病情指数和防治效果。

1.5 供试菌株对甲霜灵抗性水平的测定

将供试菌株在 CA 平板上培养 7 天,沿菌落边缘切取直径 5 mm 的菌块,根据 1.4 测定的结果,将抗性和中抗菌株分别移到含甲霜灵 0、2.5、5、10、20、40、80、160 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的 CA 平板上,敏感菌株分别移到含甲霜灵 0、0.005、0.01、0.05、0.1、0.5、1.0、5.0、10.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的 CA 平板上,25 $^{\circ}\text{C}$ 培养,5 天后测定菌落生长量,每处理重复 3 次。通过菌丝生长抑制概率值和甲霜灵的浓度对数之间的线性回归分析^[1],计算出 EC_{50} 值。

敏感性基线的确定参照文献^[15]的方法,根据不同地区 EC_{50} 值测定结果,选择未曾施用甲霜灵的采自肥西、居巢、寿县、阜南的敏感菌株,进行方差分析,剔除 EC_{50} 值差异达显著水平的菌株,再重复测定差异未达显著水平的寿县系列菌株的 EC_{50} 值,以重

复测定的敏感菌株 EC_{50} 值的平均值为敏感性基线。

计算抗性菌株的 EC_{50} 值与敏感基线的 EC_{50} 值的比值,即为抗性菌株的抗性水平。

2 结果与分析

2.1 安徽省辣椒疫霉病菌对甲霜灵敏感性的离体测定

各供试菌株在不含药的 CA 平板上菌丝生长良好,但在含不同浓度甲霜灵的 CA 平板上菌丝生长受到抑制,不同菌株间菌丝生长抑制率差异显著。根据 Parra 等^[3]的标准,125 株供试菌株中对甲霜灵产生抗性(MR)的有 8 株,占 6.4%;中间菌株(MI)为 38 株,占 30.4%;敏感菌株(MS)为 79 株,占 63.2%(表 1)。其中敏感菌株主要来源于肥西、居巢、寿县等较少或未使用过甲霜灵的辣椒产区,而抗性菌株主要采自和县、砀山等甲霜灵用量较大、使用次数频繁的辣椒产区。

表 1 安徽省辣椒疫霉菌株对甲霜灵的敏感性及其分布

Table 1 Sensitivities and their distribution of *Phytophthora capsici* isolates in Anhui to metalaxyl

采集地 Locality	采集年份 Year isolated	菌株数 Isolate number	敏感菌株		中间菌株		抗性菌株		甲霜灵应用史 Use history of metalaxyl
			Sensitive isolate		Intermediate isolate		Resistant isolate		
			数量 Number	比例(%) Frequency	数量 Number	比例(%) Frequency	数量 Number	比例(%) Frequency	
合肥 Hefei	2005,2006	9	5	55.56	4	44.44	0	0.00	++
肥西 Feixi	2006	5	5	100.00	0	0.00	0	0.00	-
长丰 Changfeng	2005,2006	9	7	77.78	2	22.22	0	0.00	+
和县 Hexian	2005,2006	9	3	33.33	3	33.33	3	33.33	+++
居巢 Juchao	2006	4	4	100.00	0	0.00	0	0.00	-
庐江 Lujiang	2006	7	5	71.43	2	28.57	0	0.00	+
岳西 Yuexi	2006	8	5	62.50	3	37.50	0	0.00	++
寿县 Shouxian	2005,2006	8	7	87.50	1	12.50	0	0.00	-
颍上 Yingshang	2005,2006	11	5	45.45	5	45.45	1	9.10	+++
阜南 Funan	2005,2006	10	5	50.00	5	50.00	0	0.00	++
临泉 Linquan	2006	6	5	83.33	1	16.67	0	0.00	-
颍州 Yingzhou	2005,2006	10	6	60.00	4	40.00	0	0.00	++
砀山 Dangshan	2005,2006	9	4	44.45	2	22.22	3	33.33	+++
亳州 Bozhou	2006	9	5	55.56	3	33.33	1	11.11	++
凤阳 Fengyang	2005	5	4	80.00	1	20.00	0	0.00	++
六安 Lu'an	2005,2006	6	4	66.67	2	33.33	0	0.00	+
合计 Total		125	79	63.20	38	30.40	8	6.40	

注:“-”表示未用过甲霜灵;“+”表示曾偶尔用过甲霜灵;“++”表示经常施用甲霜灵;“+++”表示曾多年连续施用甲霜灵。

Note:“-”Stands for no metalaxyl being applied;“+”for metalaxyl being applied occasionally;“++”for metalaxyl being applied often, and“+++”for metalaxyl being applied continuously for many years.

监测结果表明,目前敏感菌株仍为安徽地区辣椒疫霉的优势菌群,但辣椒疫霉在群体水平上已表现出对甲霜灵敏感性的差异,出现了辣椒疫霉抗药性亚群体。辣椒疫霉对甲霜灵抗性菌株的产生与甲霜灵的使用频率有关。

2.2 辣椒疫霉对甲霜灵敏感性的活体检测

利用叶盘漂浮法对供试菌株甲霜灵敏感性进行了活体检测,结果表明,相同浓度的甲霜灵对敏感性

不同的菌株平均防治效果差异显著,离体生测中表现敏感的菌株在活体检测中仍表现为敏感(发病轻、防效高),离体生测中表现为抗性的菌株在活体生测中多表现为抗性(发病重、防效差),即使在 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的浓度下,甲霜灵对抗性菌株的防治效果也不理想,说明活体检测结果与离体检测结果相一致(表 2)。

表 2 辣椒疫霉对甲霜灵敏感性的活体生测结果

Table 2 *In vivo* bio-test of metalaxyl-sensitivities of *Phytophthora capsici* isolates in Anhui

菌株类型 Type of isolate	测定菌株数 Number of test	不同浓度甲霜灵对辣椒疫病的平均防治效果(%) Average efficacy of metalaxyl against <i>Phytophthora</i> blight of pepper				
		CK	0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	10 $\mu\text{g}/\text{mL}$	100 $\mu\text{g}/\text{mL}$
敏感菌株 MS	10	—	40.7 A	73.5 A	97.9 A	100.0 A
中间菌株 MI	10	—	20.7 B	46.9 B	75.5 B	98.3 A
抗性菌株 MR	8	—	6.1 C	21.0 C	39.3 C	90.5 A

注:同一列数据后标有相同字母表示在 $\alpha = 0.01$ 水平上无显著差异。Note: Data in same column followed by the same capital letters are not significant different at $\alpha = 0.01$ as determined by Duncan's LSR test. MS, MI and MR stand for metalaxyl-sensitive isolates, metalaxyl-intermediate isolates and metalaxyl-resistant isolates, respectively.

2.3 辣椒疫霉野生菌株对甲霜灵的敏感性基线

在上述敏感性监测的基础上,分别测定不同地区菌株的 EC_{50} 值。对来自未施用过甲霜灵的肥西、居巢、寿县、阜南的敏感菌株群体的 EC_{50} 值进行方差分析,除来自寿县的敏感菌株外($F = 2.77$, 小于 $F_{0.05,7} = 2.996$),其余 3 个地区的敏感菌系 EC_{50} 值间

的差异均达极显著水平。再对寿县系列敏感菌株中的 6 株进行敏感性重复测定,6 个菌株的 EC_{50} 范围为 0.10 ~ 0.52 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 平均为 $0.27 \pm 0.18 \mu\text{g}/\text{mL}$ (表 3)。因此,选择寿县敏感性群体 EC_{50} 的平均值 $0.27 \pm 0.18 \mu\text{g}/\text{mL}$ 作为辣椒疫霉对甲霜灵的敏感性基线。

表 3 辣椒疫霉野生菌株对甲霜灵的敏感性基线

Table 3 The sensitive baseline of wild type isolates in *Phytophthora capsici* to metalaxyl

菌株 Isolate	回归方程 Regression equation	决定系数 R^2	EC_{50} ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	95% 置信限 95% FL	EC_{50} 平均值($\mu\text{g}/\text{mL}$) Average EC_{50}
SX1	$Y = 3.3430 + 1.297X$	0.9775	0.19	0.13 ~ 0.28	0.27
SX2	$Y = 3.9157 + 1.090X$	0.9706	0.10	0.01 ~ 0.02	
SX3	$Y = 3.9593 + 1.002X$	0.9651	0.11	0.07 ~ 0.16	
SX4	$Y = 3.4880 + 1.127X$	0.9874	0.22	0.14 ~ 0.33	
SX5	$Y = 3.0390 + 1.145X$	0.9590	0.52	0.33 ~ 0.80	
SX8	$Y = 3.0190 + 1.162X$	0.9444	0.51	0.33 ~ 0.79	

2.4 安徽省辣椒疫霉抗性菌株对甲霜灵的抗性水平

甲霜灵对 79 株敏感菌株的 EC_{50} 分布范围为 0.19 ~ 2.75 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 平均为 $1.04 \pm 0.20 \mu\text{g}/\text{mL}$, 高于敏感基线 $0.27 \pm 0.18 \mu\text{g}/\text{mL}$; 对 38 株中间菌株的 EC_{50} 为 1.79 ~ 10.37 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 平均为 $5.05 \pm 0.24 \mu\text{g}/\text{mL}$; 对 8 株抗性菌株的 EC_{50} 为 10.02 ~ 25.47

$\mu\text{g}/\text{mL}$, 平均为 $16.95 \pm 0.13 \mu\text{g}/\text{mL}$ (表 4)。表明供试的辣椒疫霉不同菌株对甲霜灵的敏感性差异较大。进一步分析发现,来源于不同地区的菌株对甲霜灵的敏感性存在显著差异,其中来自居巢、肥西两地的菌株对甲霜灵全部表现为敏感,其余地区的菌株则出现不同程度的分化。来自寿县的菌株对甲霜

表 4 安徽省不同地区辣椒疫霉菌株对甲霜灵的 EC_{50} 和抗性水平Table 4 EC_{50} and resistant level of *Phytophthora capsici* isolates from different areas in Anhui Province to metalaxyl

采集地 Locality	菌株数 Isolate number	EC_{50} ($\mu\text{g}/\text{mL}$)				抗性菌株的 抗性水平 Resistant level
		敏感菌株 Sensitive isolate	中间菌株 Intermediate isolate	抗性菌株 Resistant isolate	平均 Average	
合肥 Hefei	9	0.49 ~ 2.63	4.30 ~ 10.37	—	3.60	—
肥西 Feixi	5	0.52 ~ 2.55	—	—	1.10	—
长丰 Changfeng	9	0.45 ~ 2.29	4.15 ~ 6.45	—	2.00	—
和县 Hexian	9	0.77 ~ 2.31	4.65 ~ 7.34	10.0159 ~ 23.9924	8.32	36.7 ~ 87.9
居巢 Juchao	4	0.40 ~ 1.93	—	—	1.41	—
庐江 Lujiang	7	0.35 ~ 0.96	1.79 ~ 2.03	—	1.06	—
岳西 Yuexi	8	0.23 ~ 0.76	2.51 ~ 2.81	—	1.33	—
寿县 Shouxian	8	0.10 ~ 1.03	2.67	—	0.81	—
颍上 Yingshang	11	0.39 ~ 2.11	2.34 ~ 8.07	12.3905	4.43	45.4
阜南 Funan	10	0.21 ~ 1.99	1.79 ~ 8.10	—	2.84	—
临泉 Linquan	6	0.46 ~ 2.26	2.58	—	1.29	—
颍州 Yingzhou	10	0.45 ~ 2.75	5.08 ~ 9.56	—	3.82	—
砀山 Dangshan	9	0.58 ~ 2.28	2.28 ~ 8.88	11.4927 ~ 25.4721	8.31	42.1 ~ 93.3
亳州 Bozhou	9	0.20 ~ 1.27	2.95 ~ 9.04	13.1911	3.61	48.3
凤阳 Fengyang	5	0.42 ~ 1.54	3.92	—	1.56	—
六安 Lu'an	6	0.32 ~ 2.13	3.01 ~ 3.44	—	1.62	—

灵最为敏感, EC_{50} 值最低为 $0.10 \mu\text{g}/\text{mL}$, 平均为 $0.81 \pm 0.20 \mu\text{g}/\text{mL}$; 来自和县和砀山的抗性菌株所占比例最大, 均达 33.33%, 抗性水平最高, 最高抗性倍数达 93.3 倍(表 4)。

3 讨论

随着甲霜灵在防治植物卵菌病害上的大量使用, 其抗性已成为生产上的一个突出问题^[2]。本研究发现, 安徽省不同地区的辣椒疫霉有 6.4% 的菌株对甲霜灵产生了明显的抗性, 但敏感菌株仍是优势类群。不同地区敏感菌株与抗性菌株所占的比例不同, 其中抗性菌株和抗性水平较高的菌株均主要出现在施药次数频繁、用药年限较长的和县、砀山等蔬菜产区, 说明抗性菌株的产生与长期频繁施用甲霜灵等苯基酰胺类杀菌剂有一定的相关性。

陈方新等^[16]、马国胜^[17]、杨宇红等^[18]分别研究了安徽省棉铃疫病菌、烟草黑胫病菌、番茄晚疫病菌等疫霉菌对甲霜灵的敏感性, 结果显示, 棉铃疫病菌尚未对甲霜灵产生抗性, 烟草黑胫病菌只有部分菌株对其产生较低的抗药性, 番茄晚疫病菌约有 38.6% 的菌株出现了抗性。本研究发现安徽省辣椒

疫霉的抗性菌株比例为 6.4%, 远低于邵见阳等^[9]报道的 55.6% 和何允波等^[10]报道的 78.48%, 说明安徽地区辣椒疫霉尚未大面积对甲霜灵产生抗性, 甲霜灵仍是目前防治辣椒疫病的有效药剂。

本研究按照 Parra 等^[3]的抗药性划分标准, 在 125 株供试菌株中检测出 38 株(占总体 30.4%) 对甲霜灵敏感性处于中间状态的所谓中间菌株(MI), 它们在含 $5 \mu\text{g}/\text{mL}$ 甲霜灵的 CA 上生长量大于空白生长量的 40%, 但在含 $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ 甲霜灵的 CA 上生长量小于空白生长量的 40%。实际上, MI 菌株本质上属于低抗性菌株, 只是其抗性程度没有达到 Parra 等^[3]的抗性菌株标准而已。已有研究^[6, 19]表明, 经药剂驯化, 辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性水平能够逐步提高。因此, 在接触甲霜灵(例如田间施药)的条件下, MI 菌株能够向抗性菌株转化。

根据上述监测结果, 在安徽地区使用甲霜灵防治辣椒疫病存在较大的抗药性风险。因此, 需要进一步监测辣椒疫霉对甲霜灵抗药性的变化动态, 根据监测结果及时调整防治策略和用药方法, 并建议在和县、砀山等已表现出一定抗药性的地区暂停使用甲霜灵, 采用烯酰吗啉、霜霉威等与甲霜灵无交互

抗药性的药剂进行病害防治;在其它地区也要避免使用甲霜灵单剂,尽可能减少甲霜灵使用频率及用量,最大限度地阻止抗药性群体的发展蔓延。

参考文献(References)

- [1] 高智谋, 郑小波, 陆家云. 苾麻疫霉对甲霜灵抗性遗传研究. 南京农业大学学报, 1997, 20(3): 54-59
- [2] 高智谋, 郑小波, 陆家云. 疫霉菌对杀菌剂抗性遗传研究进展. 安徽农业大学学报, 1999, 26(2): 155-161
- [3] Parra G, Ristaino J B. Resistance to mefenoxam and metalaxyl among field isolates of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight of bell pepper. Plant Disease, 2001, 85(10): 1069-1075
- [4] Ham J H, Hwang B K, Kim Y J, et al. Differential sensitivity to metalaxyl of isolates of *Phytophthora capsici* from different geographic areas. Korean Journal of Plant Pathology, 1991, 7(4): 212-220
- [5] 罗赫荣, 谢丙炎, 马凤海, 等. 辣椒疫霉对甲霜灵和霜脲氰抗药性遗传的研究. 湖南农业大学学报, 1999, 25(1): 52-56
- [6] 戚仁德, 丁建成, 顾江涛, 等. 辣椒疫霉抗甲霜灵菌株的致病力研究. 安徽农业科学, 2001, 29(2): 217-218, 222
- [7] 张治家, 张琦. 山西省辣椒疫霉菌体内、外对甲霜灵的抗性. 山西农业科学, 2007, 35(3): 62-65
- [8] Pennisi A M, Agosteo G E. Insensitivity to metalaxyl among isolates of *Phytophthora capsici* causing root and crown rot of pepper in southern Italy. Plant Disease, 1998, 82(11): 1283
- [9] 邵见阳, 马辉刚, 苏玲. 辣椒疫霉病菌对内吸性杀菌剂抗药性的研究. 江西农业学报, 1998, 10(4): 46-50
- [10] 何允波, 唐丽萍, 张宝国. 辣椒疫病菌的抗药性和新药剂的筛选研究. 吉林农业科学, 2004, 29(3): 26-29, 36
- [11] 郑小波. 疫霉菌及其研究技术. 北京: 中国农业出版社, 1997: 82-86
- [12] 慕立义. 植物化学保护研究方法. 北京: 中国农业出版社, 1994: 142
- [13] Fraser D E, Shoemaker P B, Ristaino J B. Characterization of isolates of *Phytophthora infestans* from tomato and potato in North Carolina from 1993 to 1995. Plant Disease, 1999, 83(7): 633-638
- [14] 王晓敏, 巩振辉, 逯红栋, 等. 辣椒疫霉菌孢子诱导技术研究. 西北农业学报, 2006, 15(2): 59-62
- [15] 韩秀英, 马志强, 李红霞, 等. 黄瓜霜霉病菌对啞菌酯的敏感基线研究. 农药学学报, 2004, 6(2): 76-79
- [16] 陈方新, 高智谋, 齐永霞, 等. 棉铃疫病菌对甲霜灵的抗药性风险研究. 植物保护, 2004, 30(5): 44-47
- [17] 马国胜. 烟草黑胫病菌生理生态及对甲霜灵抗性监测与遗传研究. 安徽农业大学硕士学位论文, 2002: 67-87
- [18] 杨宇红, 冯兰香, 谢丙炎, 等. 番茄晚疫病菌对甲霜灵的抗性. 植物保护学报, 2003, 30(1): 57-62
- [19] Ersek T, Schoelz J E, English J T. Characterization of selected drug-resistant mutants of *Phytophthora capsici*, *P. parasitica* and *P. citrophthora*. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 1994, 29(3/4): 215-229