

辣椒疫霉菌对甲霜灵的敏感性测定

张海良^{1,2}, 马辉刚^{1*}, 李湘民¹, 蒋军喜²

(1. 江西省农业科学院 植物保护研究所, 江西 南昌 330200; 2. 江西农业大学 农学院, 江西 南昌 330045)

摘要: 采用菌丝生长速率法测定江西省不同地区 108 株辣椒疫霉菌对甲霜灵的敏感性。其结果表明, EC_{50} 值为 0.189 0~0.741 3 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 平均 EC_{50} 为 (0.418 3 \pm 0.012 0) $\mu\text{g}/\text{mL}$, 最不敏感菌株是最敏感菌株的 3.92 倍。108 株菌株对甲霜灵的敏感性分布呈单峰曲线, 未出现抗药性病原菌亚群体。根据总体平均值, 其中吉水、南昌、上犹、崇义、九江、宜丰、乐平相对来说, 其敏感性较差。平均 EC_{50} 值最低的菌株来自吉安, 为 0.282 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 分布范围为 0.245 8~0.320 8 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 平均 EC_{50} 值最高的菌株来自九江, 为 0.472 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 分布范围为 0.331 1~0.545 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。来自永丰的菌株, 虽然平均 EC_{50} 较低, 但其最高 EC_{50} 值为最低的 2.43 倍; 来自上犹、宜丰、乐平的菌株其最高 EC_{50} 值分别为最低的 3.35、2.96、2.44 倍, 说明同一地区的菌株其抗药性也存在不同程度的差异。

关键词: 甲霜灵; 辣椒疫霉; 抗药性

中图分类号: S436.418.1⁺9 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)02-0270-05

A Study on Sensitivity of *Phytophthora capsici* to Metalaxyl

ZHANG Hai-liang^{1,2}, MA Hui-gang^{1*}, LI Xiang-min¹, JIANG Jun-xi²

(1. Plant Protection Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. College of Agronomy, JAU, Nanchang 330045, China)

Abstract: The sensitivity to metalaxyl of 108 *Phytophthora capsici* strains collected from different areas in Jiangxi Province was determined by the mycelia growth inhibition method. The result showed that EC_{50} values ranged from (0.189 0-0.741 3) $\mu\text{g}/\text{mL}$, with a mean EC_{50} as (0.418 3 \pm 0.012 0) $\mu\text{g}/\text{mL}$, the value of the most insensitive strain was 3.92 times that of the most sensitive strain. The sensitivity of 108 *Phytophthora capsici* to metalaxyl of 108 strains were distributed in a unimodal curve, which showed there was no resistant sub-population among these strains. According to the general average, the weaker sensitivity was from Jishui, Nanchang, Shangyou, Chongyi, Jiujiang, Yifeng, Leping. The strains of Ji'an county had the lowest average EC_{50} value, which was 0.282 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and the range was (0.245 8-0.320 8) $\mu\text{g}/\text{mL}$. But the highest average EC_{50} value was from Jiujiang, which was 0.472 8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and the range was (0.331 1-0.545 2) $\mu\text{g}/\text{mL}$. Although the average EC_{50} from Yongfeng was lower, the highest EC_{50} value was 2.43 times that of the lowest. The values of the strains from Shangyou, Yifeng, Leping were 3.35, 2.96, 2.44 times that of the lowest. It showed that the resistance of strains were different in the same area.

Key words: metalaxyl; *Phytophthora capsici*; resistance

收稿日期: 2010-12-08 修回日期: 2011-02-16

基金项目: 国家公益性行业(农业)科技专项(201003004)、江西省科技支撑重点项目(2010BNA04900)和江西省农科院科技创新及成果转化基金项目

作者简介: 张海良(1986—), 男, 硕士生, 主要从事植物真菌性病害研究, E-mail: zhang_0722@yeah.net; * 通讯作者: 马辉刚, 研究员, E-mail: mahg1997@sina.com。

辣椒疫病是由辣椒疫霉(*Phytophthora capsici*)引起的一种毁灭性土传病害,一旦发生将会给农业带来重大的损失。目前为止,化学防治仍是预防和治理植物病害的主要措施,甲霜灵属苯基酰胺类杀菌剂,对疫病有特效,但由于该类药剂属于特异位点抑制剂,病原菌易产生抗药性^[1]。自20世纪70年代末投产使用以来,许多国家都发现了对甲霜灵的抗性病原菌。Pennisi&Agosteo^[2]发现意大利南部田间81%的辣椒疫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;国内许多省份也已发现辣椒疫霉抗性群体的存在^[4-13]。

1998年邵见阳等^[14]报道了江西省内55.6%辣椒疫霉对甲霜灵存在抗药性,此后十几年省内关于辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性鲜有报道,本研究拟通过对江西辣椒疫霉对甲霜灵的敏感测定,明确江西省各地辣椒疫霉对甲霜灵的抗性水平,为辣椒疫霉抗药性的治理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 供试培养基 燕麦琼脂培养基(燕麦片30 g、琼脂20 g、水1 000 mL)。

1.1.2 供试病原菌 病原菌采至江西省遂川、永丰、吉水、吉安、南昌、高安、定南、上犹、宁都、崇义、九江、宜丰、乐平13个县市,分离并单孢纯化获得辣椒疫病菌株108株,于石蜡油斜面,15℃保存备用。

1.1.3 供试药剂 甲霜灵(Metalaxyl,97%原药)由江苏宝灵化工有限公司提供,原药溶于甲醇,制成 10^4 μg/mL母液,于4℃冰箱中保存备用。

1.2 方法

1.2.1 病原菌对甲霜灵的抗药性测定 采用菌丝生长速率法,将分离的菌株在燕麦片培养基上培养5 d,用直径为6 mm的打孔器在菌落边缘同一圆周上打取菌饼,转移到含甲霜灵0,5,100 μg/mL的燕麦片培养基上,置于25℃培养6 d后测定菌落生长量,每处理重复3次。

抗性测定标准^[15]:菌株在含5 μg/mL甲霜灵燕麦培养基上的生长量≤在空白对照组上生长量的40%的为敏感;在含100 μg/mL甲霜灵的燕麦培养基上的生长量≥在空白对照组上生长量40%的为抗性;在含100 μg/mL甲霜灵的燕麦培养基上的生长量<在空白对照组上生长量的40%<含5 μg/mL甲霜灵燕麦培养基上的生长量,为中抗。

1.2.2 病原菌对甲霜灵的敏感性测定 根据1.2.1的结果,将菌株在燕麦琼脂培养基上25℃培养5 d,用直径为6 mm的打孔器在菌落边缘同一圆周上打取菌饼,将菌饼分别接在含有浓度为0.1,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0,1.5 μg/mL甲霜灵的燕麦琼脂培养基平板上,以不加药剂为对照,于25℃培养6 d后测量各处理菌落的直径(菌落直径减去菌饼直径),每处理重复3次。求出各药剂浓度对菌丝生长的抑制百分率(%)。

$$\text{抑制率} = \left[\frac{\text{对照菌落增长直径} - \text{处理菌落增长直径}}{\text{对照菌落增长直径}} \right] \times 100\% \quad (1)$$

将抑制率转化成几率值,求出毒力回归方程 $y = a + bx$,根据毒力回归方程计算药剂的有效抑制中浓度 EC_{50} (μg/mL)和相关系数(r)。

2 结果和分析

2.1 辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性测定

所测的108个辣椒疫霉菌株,在100 μg/mL的含甲霜灵燕麦培养基上未长出菌丝,在5 μg/mL的含甲霜灵燕麦培养基上,大多数不能生长,少数几个菌株虽能长出菌丝,但其菌丝生长量小于对照组菌丝生长量的40%,结果表明,根据Fraser等^[14]抗性分类标准,108个辣椒疫霉菌株均为敏感菌株。未发现中抗、高抗的菌株。

2.2 辣椒疫霉对甲霜灵的敏感性测定

从表1可以看出,甲霜灵抑制辣椒疫霉菌丝生长的 EC_{50} 值为0.189 0~0.741 3 μg/mL,平均 EC_{50} 为(0.418 3±0.012 0) μg/mL,最不敏感菌株 EC_{50} 值为最敏感菌株的3.92倍。从图1可以看出,108株供试菌的敏感性分布呈单峰曲线,接近正态分布,未出现抗药性病原菌亚群体。

表1 辣椒疫霉菌对甲霜灵敏感性测定结果

Tab.1 The sensitivity of determination of metalaxyl to *Phytophthora capsici*

菌株来源	菌株号	毒力回归方程	相关系数	EC ₅₀ /	菌株来源	菌株号	毒力回归方程	相关系数	EC ₅₀ /
Source of strain	Number of strain	Regression equation	Correlation coefficient	($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	Source of strain	Number of strain	Regression equation	Correlation coefficient	($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
遂川	1	$y = 1.8831x + 5.9267$	0.9548	0.3221		9	$y = 1.8619x + 5.4471$	0.9848	0.5753
Suichuan	2	$y = 1.6226x + 5.6567$	0.9946	0.3938		10	$y = 1.5359x + 5.3047$	0.9842	0.6333
	3	$y = 2.1666x + 5.9886$	0.9915	0.3497	宁都	1	$y = 2.4189x + 6.4581$	0.9968	0.2496
	4	$y = 1.0993x + 5.5930$	0.9472	0.2887	Ningdu	2	$y = 2.1820x + 5.7682$	0.9454	0.4446
永丰	1	$y = 2.6617x + 6.0085$	0.9771	0.4179	3	$y = 2.0512x + 5.8910$	0.9959	0.3678	
	2	$y = 2.1580x + 6.3186$	0.9954	0.2449	4	$y = 1.6339x + 5.5148$	0.9791	0.4841	
	3	$y = 1.4073x + 5.8026$	0.9376	0.2689	5	$y = 1.5751x + 5.6198$	0.9895	0.4041	
	4	$y = 2.0557x + 6.4226$	0.9898	0.2032	6	$y = 1.7915x + 5.9891$	0.9913	0.2805	
	5	$y = 1.9978x + 5.8501$	0.9861	0.3754	7	$y = 1.7337x + 5.6246$	0.9914	0.4362	
	6	$y = 2.2885x + 5.6985$	0.9534	0.4952	8	$y = 1.6746x + 5.7214$	0.9848	0.3709	
吉水	1	$y = 2.1694x + 5.9439$	0.9994	0.3672	崇义	1	$y = 1.5190x + 5.5321$	0.9720	0.4464
Jishui	2	$y = 1.4732x + 5.6683$	0.9873	0.3518	Chongyi	2	$y = 1.4492x + 5.5355$	0.9966	0.4271
	3	$y = 1.5776x + 5.4767$	0.9974	0.4987	3	$y = 1.7922x + 5.4943$	0.9797	0.5299	
	4	$y = 1.9041x + 5.6221$	0.9980	0.4713	九江	1	$y = 0.9868x + 5.4738$	0.9809	0.3311
吉安	1	$y = 1.6233x + 5.9108$	0.9458	0.2748	Jiujiang	2	$y = 1.2471x + 5.3589$	0.9633	0.5154
	2	$y = 1.8844x + 5.9829$	0.9859	0.3009	3	$y = 1.1920x + 5.3269$	0.9656	0.5318	
	3	$y = 1.5881x + 5.9679$	0.9302	0.2524	4	$y = 1.5503x + 5.4085$	0.9973	0.5451	
	4	$y = 1.2632x + 5.6238$	0.9947	0.3208	5	$y = 1.0581x + 5.3804$	0.9891	0.4369	
	5	$y = 1.5436x + 5.7676$	0.9689	0.3182	宜丰	1	$y = 1.4786x + 5.4853$	0.9483	0.4697
	6	$y = 1.8438x + 6.1023$	0.9684	0.2458	Yifeng	2	$y = 1.2586x + 5.3437$	0.9908	0.5333
	7	$y = 1.4589x + 5.8444$	0.9692	0.2638	3	$y = 1.0055x + 5.1322$	0.9591	0.7389	
南昌	1	$y = 1.8872x + 5.6985$	0.9917	0.4265	4	$y = 1.3631x + 5.6513$	0.9824	0.3328	
	2	$y = 1.1013x + 5.2215$	0.9889	0.6293	5	$y = 1.4453x + 5.4925$	0.9576	0.4563	
	3	$y = 1.6062x + 5.8843$	0.9976	0.2815	6	$y = 1.2657x + 5.4836$	0.8817	0.4149	
	4	$y = 2.1347x + 6.0496$	0.9919	0.3224	7	$y = 1.0243x + 5.6178$	0.9534	0.2494	
	5	$y = 1.9721x + 6.0322$	0.9861	0.2996	乐平	1	$y = 1.1420x + 5.5909$	0.9979	0.3038
	6	$y = 2.0814x + 5.9399$	0.9950	0.3535	Leping	2	$y = 1.1021x + 5.3885$	0.9677	0.4442
	7	$y = 2.3878x + 6.1380$	0.9883	0.3337	3	$y = 1.5265x + 5.7520$	0.9812	0.3216	
	8	$y = 1.8587x + 5.2822$	0.9463	0.7049	4	$y = 1.4666x + 5.6436$	0.9887	0.3641	
	9	$y = 1.1044x + 5.1736$	0.9809	0.6964	5	$y = 1.7598x + 5.5750$	0.9878	0.4713	
	10	$y = 1.7494x + 5.3852$	0.9656	0.6023	6	$y = 1.0418x + 5.4307$	0.9533	0.3859	
	11	$y = 1.0625x + 5.3899$	0.9774	0.4296	7	$y = 1.4467x + 5.5146$	0.9581	0.4408	
	12	$y = 1.0461x + 5.2876$	0.9940	0.5309	8	$y = 2.3543x + 5.9040$	0.9829	0.4130	
高安	1	$y = 1.7428x + 5.8645$	0.9966	0.3191	9	$y = 1.6742x + 5.6334$	0.9632	0.4185	
	2	$y = 2.8754x + 6.0252$	0.9768	0.4400	10	$y = 1.7625x + 5.6272$	0.9895	0.4407	
	3	$y = 1.4552x + 5.5572$	0.9923	0.4141	11	$y = 1.5736x + 5.5579$	0.9901	0.4420	
	4	$y = 1.7597x + 6.1189$	0.9796	0.2313	12	$y = 1.5202x + 5.7125$	0.9883	0.3399	
	5	$y = 1.4632x + 6.0479$	0.9796	0.1922	13	$y = 1.2470x + 5.2245$	0.9746	0.6607	
	6	$y = 2.2611x + 5.8082$	0.9861	0.4391	14	$y = 2.4104x + 5.5339$	0.9828	0.6004	
	7	$y = 1.7889x + 5.8529$	0.9955	0.3336	15	$y = 1.8976x + 5.5881$	0.9968	0.4899	
	8	$y = 1.6429x + 5.5916$	0.9885	0.4364	16	$y = 1.8062x + 5.6074$	0.9859	0.4609	
定南	1	$y = 1.7041x + 5.7466$	0.9926	0.3647	17	$y = 1.7003x + 5.5033$	0.9906	0.5058	
	2	$y = 1.7032x + 5.7114$	0.9973	0.3822	18	$y = 1.3309x + 5.4464$	0.9618	0.4619	
	3	$y = 1.2553x + 5.3520$	0.9629	0.5243	19	$y = 1.2619x + 5.1641$	0.9464	0.7413	
	4	$y = 1.4009x + 5.6854$	0.9588	0.3239	20	$y = 1.8846x + 5.5921$	0.9799	0.4851	
上犹	1	$y = 1.0857x + 5.7598$	0.9889	0.1996	21	$y = 1.1158x + 5.4596$	0.9861	0.3873	
	2	$y = 1.6806x + 6.0240$	0.9913	0.2458	22	$y = 1.3504x + 5.4897$	0.9972	0.4339	
	3	$y = 2.4617x + 6.4599$	0.9757	0.2552	23	$y = 1.1507x + 5.3748$	0.9769	0.4724	
	4	$y = 1.6404x + 6.1869$	0.9608	0.1890	24	$y = 1.7179x + 5.2932$	0.9723	0.6750	
	5	$y = 2.0130x + 5.4891$	0.9877	0.5715	25	$y = 1.7054x + 5.6309$	0.9869	0.4267	
	6	$y = 1.2159x + 5.4429$	0.9969	0.4323	26	$y = 1.5004x + 5.4973$	0.9629	0.4662	
	7	$y = 1.6642x + 5.6191$	0.9892	0.4246	27	$y = 1.2158x + 5.2767$	0.9892	0.5921	
	8	$y = 1.4546x + 5.5181$	0.9889	0.4404	28	$y = 1.7743x + 5.4538$	0.9920	0.5549	
		$y = 1.9295x + 5.4129$	0.9809	0.6109	29	$y = 1.5385x + 5.6764$	0.9719	0.3634	

2.3 不同地理分布的菌株其敏感性区别

从表2可以看出, 根据总体平均值, 其中吉水、南昌、上犹、崇义、九江、宜丰、乐平相对来说, 其敏感性较差。来自吉安县的菌株其平均 EC_{50} 最低, 为 $0.2824 \mu\text{g}/\text{mL}$, 分布范围为 $0.2458 \sim 0.3208 \mu\text{g}/\text{mL}$, 来自九江市的菌株其平均 EC_{50} 最高, 为 $0.4721 \mu\text{g}/\text{mL}$, 分布范围为 $0.3311 \sim 0.5451 \mu\text{g}/\text{mL}$; 来自永丰的菌株, 虽然平均 EC_{50} 较低, 但其最高 EC_{50} 值为最低的2.43倍; 来自上犹、宜丰、乐平的菌株其最高

EC_{50} 值分别为最低的3.35、2.96、2.44倍, 说明同一地区的菌株其抗药性也存在不同程度的差异。

表2 江西省内13个县市辣椒疫霉菌株对甲霜灵的抗药性

Tab. 2 The sensitivity of *Phytophthora capsici* to metalaxyl from seven areas in Jiangxi

菌株来源 Source of strain	菌株数 Number of strain	$EC_{50} / (\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	Range average
遂川 Suichuan	4	0.2887 ~ 0.3938	0.3386
永丰 Yongfeng	6	0.2032 ~ 0.4952	0.3343
吉水 Jishui	4	0.3518 ~ 0.4987	0.4223
吉安 Ji'an	7	0.2458 ~ 0.3208	0.2824
南昌 Nanchang	12	0.2815 ~ 0.7050	0.4676
高安 Gaoan	9	0.1922 ~ 0.4400	0.3523
定南 Dingnan	4	0.1996 ~ 0.5243	0.3575
上犹 Shangyou	10	0.1890 ~ 0.6333	0.4378
宁都 Ningdu	8	0.2496 ~ 0.4841	0.3797
崇义 Chongyi	3	0.4271 ~ 0.5299	0.4678
九江 Jiujiang	5	0.3311 ~ 0.5451	0.4721
宜丰 Yifeng	7	0.2494 ~ 0.7389	0.4564
乐平 Leping	29	0.3038 ~ 0.7413	0.4677

3 讨论

甲霜灵自20世纪80年代在我国投产使用, 至今已有几十年历史, 戚仁德等测定了安徽省内125个辣椒疫霉菌株对甲霜灵的抗性^[4], 其中中抗占30.4%, 高抗占6.4%; 何允波等测定了吉林通化地区79个辣椒疫霉菌株对甲霜灵的抗性^[11], 有78.48%产生了抗药性。参照Fraser^[15]的抗药性划分标准, 所有菌株都属于敏感性菌株, 但不同地区其敏感性差别较大, 来自乐平的菌株大多敏感性较差, 其最不敏感菌株的 EC_{50} 是其它地区最敏感菌株的3.92倍; 根据南昌、宜丰、乐平等地的 EC_{50} 分布范围, 表明同一地区的菌株对甲霜灵的敏感性也有差异。

邵见阳等^[14]测定了江西省内153个辣椒疫霉菌株对甲霜灵的抗性, 其中有55.6%的菌株存在抗药性, 而在本次试验所测的108个菌株中并未发现抗性菌株, 原因分析如下, 根据李玉清等^[16]、高智谋等^[1]报道, 抗性突变株对甲霜灵的抗性遗传不稳定, 抗性菌株在长期未接触到同一药剂的情况下, 其抗性可能减弱或丧失。对江西省辣椒疫病防治药剂调查发现, 近十几年来防治辣椒疫病的药剂呈现多样化, 已很少使用甲霜灵单剂来防治辣椒疫病, 大多采用甲霜灵复合制剂或用别的杀菌剂来代替甲霜灵使用。

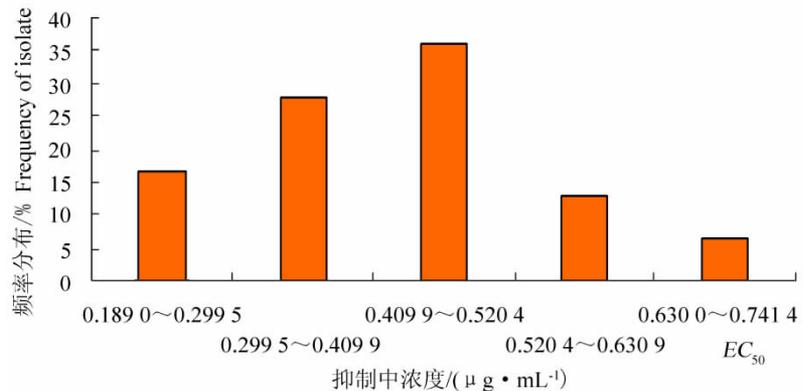


图1 108个辣椒疫霉菌株对甲霜灵敏感性的 EC_{50} 频率分布

Fig. 1 Frequency sensitivity distribution of 108 strains of *phytophthora capsici* to metalaxyl

目前防治辣椒疫病的杀菌剂主要有苯基酰胺类、肉桂酰胺类、缬氨酰胺氨基甲酸酯类及扁桃酰胺类等^[17]。由于甲霜灵对疫病有特效,但作用位点单一,易产生抗药性。为了降低抗药性风险,一方面,要继续监测辣椒疫病的抗药性变化,并有计划地与其他杀菌剂进行交替使用,避免长期使用甲霜灵单剂;另一方面,改善栽培条件,高垄窄畦栽培,对疫病发生较重的地块,与豆科、十字花科蔬菜轮作,不能仅依赖化学药剂进行病害防治,采取综合防治措施,尽量减少用药次数,达到降低病原菌对药剂产生抗药性的风险。

参考文献:

- [1] 高智谋,郑小波,陆家云. 苜蓿疫霉对甲霜灵抗性遗传研究[J]. 南京农业大学学报,1997,20(3): 54-59.
- [2] Pennisi A M, Agosteo G E. Insensitivity to metalaxyl among isolates of *Phytophthora capsici* causing root and crown rot of pepper in Southern Italy [J]. Plant Disease, 1998,82(11): 1283.
- [3] Parra G, Ristaino J B. Resistance to mefenoxam and metalaxyl among field isolates of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight of bell pepper [J]. Plant Disease, 2001,85(10): 1069-1075.
- [4] 戚仁德,丁建成,高智谋,等. 安徽省辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性监测[J]. 植物保护学报,2008,35(3): 245-250.
- [5] 张治家,张琦. 山西省辣椒疫霉菌体内、外对甲霜灵抗性[J]. 山西农业科学,2007,35(3): 62-65.
- [6] 梁月,张国珍,戴万安. 西藏辣椒疫病菌及其对新型杀菌剂的敏感性测定[J]. 植物保护学报,2006,32(2): 75-78.
- [7] 戚仁德,丁建成,顾江涛. 辣椒疫霉致病力分化的初步研究[J]. 植物保护学报,2002(6): 21-23.
- [8] 鲁占魁,樊仲庆,黄刚. 我国辣椒疫病的发生及防治研究[J]. 宁夏农林科技,1995(2): 22-25.
- [9] 毕朝位,车兴壁,马金城. 致病疫霉对甲霜灵抗性及其抗性水平测定[J]. 西南农业大学学报,2002,24(4): 307-309.
- [10] 陈庆河,翁启勇,谢世勇,等. 福建省致病疫霉交配型分布及对甲霜灵的抗药性[J]. 植物保护学报,2004,31(2): 151-156.
- [11] 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[J]. 吉林农科学,2004,29(3): 26-29.
- [12] 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[J]. 湖南农业大学学报,1999,25(1): 52-56.
- [13] 刘永刚,张海英,郭建国,等. 甘肃辣椒疫霉菌对甲霜灵的抗药性研究[J]. 甘肃农业科技,2009(7): 23-25.
- [14] Fraser D, Shoemaker P, Ristaino J B. Characterization of isolates of *Phytophthora infestans* from tomato and potato in North Carolina from 1993 to 1995 [J]. Plant Disease, 1999,83(6): 633-638.
- [15] 邵见阳,马辉刚,苏玲. 辣椒疫霉菌对内吸性杀菌剂抗药性的研究[J]. 江西农业学报,1998,10(4): 46-50.
- [16] 李玉清,陈爱华. 苜蓿疫霉 Mt^+ 性状遗传变异的初步研究[J]. 河北农业科学,2000,4(3): 28-33.
- [17] 朱书生,刘西莉,陈磊,等. 羧酸酰胺类(CAAS)杀菌剂研究进展[J]. 农药学报,2010,12(1): 1-12.