

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)05-0438-06

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.05.008

榆林市马铃薯早疫病病原分离鉴定与化学药剂室内毒力测定

贺英^{1*}, 霍治军², 艾海舰¹, 王梅¹, 霍彦波¹, 王倩茹¹

(1. 榆林学院生命科学学院, 陕西 榆林 719000; 2. 榆林市现代农业培训中心, 陕西 榆林 719000)

摘要: 马铃薯早疫病在榆林市发生普遍, 生产中长期使用固定几种农药, 使得病原产生抗药性, 防治效果变差。为筛选有效防治马铃薯早疫病的药剂, 试验采用组织分离法分离纯化马铃薯早疫病病原, 通过柯赫法则确定病原, 采用形态学和 rDNA-ITS 的分子系统学分析相结合的方法鉴定病原, 利用菌丝生长速率法测定了 9 种杀菌剂对病原菌的室内抑制效果。结果表明, 榆林市马铃薯早疫病病原菌为 *Alternaria alternata*; 9 种杀菌剂毒力由大到小的顺序为噁酮·氟唑唑(SC) > 异菌·氟啶胺(SC) > 苯甲·百菌清(SC) > 烯酰·吡唑酯(WG) > 氟菌·霜霉威(SC) > 72% 霜脲·锰锌(WP) > 69% 烯酰·锰锌(WP) > 75% 代森锰锌(WG) > 70% 丙森锌(WP); 噁酮·氟唑唑(SC)、异菌·氟啶胺(SC)、苯甲·百菌清(SC)、烯酰·吡唑酯(WG)和氟菌·霜霉威(SC)的 EC_{50} 值分别为 3.601, 7.493, 21.113, 27.555 和 51.874 $\mu\text{g/mL}$, EC_{95} 值分别为 124.987, 489.168, 1 338.277, 3 011.257 和 2 325.134 $\mu\text{g/mL}$, 表明以上 5 种药剂抑菌效果较好, 可供进一步田间试验施用; 70% 丙森锌(WP)和 75% 代森锰锌(WG)对 *A. alternata* 室内抑菌效率较差, EC_{50} 值分别为 3 969.600 和 1 525.580 $\mu\text{g/mL}$, 可见 *A. alternata* 已对这 2 种杀菌剂产生抗药性。研究为马铃薯早疫病田间防治筛选低毒高效药剂奠定基础。

关键词: 马铃薯; 早疫病; 病原鉴定; 杀菌剂; 毒力测定

Isolation and Identification of Causal Agent of Potato Early Blight in Yulin City and Laboratory Evaluation of Toxicity for Chemical Fungicides

HE Ying^{1*}, HUO Zhijun², AI Haijian¹, WANG Mei¹, HUO Yanbo¹, WANG Qianru¹

(1. College of Life and Science, Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000, China;

2. Yulin Modern Agriculture Training Center, Yulin, Shaanxi 719000, China)

Abstract: Potato early blight occurs in Yulin City frequently. Long-term use of several fungicides in production makes pathogens resistant to the fungicides, therefore, the control effect is poor. In order to screen effective fungicides against potato early blight, the pathogen of potato early blight was isolated and purified by tissue separation method. The pathogen was determined by Koch's postulates. The pathogen was identified by morphology and molecular phylogenetic analysis of rDNA-ITS. The laboratory inhibitory effect of nine fungicides on the pathogen was determined by mycelium growth rate method. The pathogen causing potato early blight in Yulin City was *Alternaria alternata*. The order of toxicity of nine fungicides from large to small was Famoxadone·Oxathiapiprolin (SC) > Iprodione·Fluazinam (SC) > Difenconazole·Chlorothalonil (SC) > Dimethomorph·Pyraclostrobin (WG) > Fluopicolide·Propamocarb (SC) > 72% Cymoxanil·Mancozeb (WP) > 69% Dimethomorph·Mancozeb (WP) > 75% Mancozeb (WG) > 70% Propineb (WP). EC_{50} values of Famoxadone·Oxathiapiprolin (SC), Iprodione·Fluazinam (SC), Difenconazole·Chlorothalonil (SC),

收稿日期: 2021-08-24

基金项目: 中央奖补资金项目(2019cjyjjbzj-06)。

作者简介: 贺英(1981-), 女, 硕士, 讲师, 从事马铃薯病害防治工作。

*通信作者(Corresponding author): 贺英, E-mail: 78703747@qq.com。

Dimethomorph · Pyraclostrobin (WG) and Fluopicolide · Propamocarb (SC) were 3.601, 7.493, 21.113, 27.555 and 51.874 $\mu\text{g/mL}$, respectively, and EC_{95} values were 124.987, 489.168, 1 338.277, 3 011.257 and 2 325.134 $\mu\text{g/mL}$, which indicated that the above five fungicides had good inhibition effects and could be tested in further field trials. The inhibition efficiency of 70% Propineb (WP) and 75% Mancozeb (WG) against *A. alternata* in the laboratory was poor, and EC_{50} was 3 969.600 and 1 525.580 $\mu\text{g/mL}$, respectively. It could be seen that *A. alternata* had resistance to these two fungicides. This study lays a foundation for screening low toxicity and high efficiency fungicides against potato early blight.

Key Words: potato; early blight; pathogen identification; fungicides; toxicity

马铃薯早疫病俗称夏疫病、轮纹病或干斑病, 是一种气传的多循环单年流行病害, 主要危害植株叶片, 也会感染茎秆和块茎^[1]。马铃薯早疫病于 1892 年在美国的佛蒙特州首次发现, 目前世界各地均有分布^[2]。榆林市为中国马铃薯四大产区之一, 2020 年马铃薯种植面积全市可达 16.92 万 hm^2 ^[3]。由于氮肥施用量增加和种苗材料品质弱等的影响, 榆林市早疫病的发生越来越普遍与严重, 逐渐成为马铃薯产量的限制因素, 是仅次于晚疫病的第二大真菌病害。目前化学防治仍是生产上控制马铃薯早疫病的重要手段, 也是确保马铃薯高产、稳产的重要措施^[4-7]。但是, 生产中长期大量使用固定几种农药, 使得病原产生抗药性, 防治效果变差, 同时过度使用农药, 引起生态环境安全问题也亟需解决^[8]。植物病原菌的分离与鉴定是病害生物学、流行病学研究以及病害有效防控的基础^[9]。然而, 目前尚无文献报道引起榆林市马铃薯早疫病的链格孢菌的具体种类。因此, 明确榆林市马铃薯早疫病病原, 筛选高效低毒防治药剂, 是马铃薯生产和保护环境的迫切需求。鉴于此, 本研究鉴定榆林市马铃薯早疫病病原菌, 并通过室内毒力试验, 初步确定病原菌株敏感药剂, 为马铃薯早疫病田间防治筛选低毒高效药剂奠定基础。研究结果可为榆林市马铃薯早疫病的科学防治提供参考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料和药剂

1.1.1 供试材料

对榆林市马铃薯种植主产区进行早疫病的病叶采集, 大田采集后置于冰盒密封标记, 4℃保存备用。

1.1.2 供试药剂

供试药剂名称、剂型、生产厂家及稀释倍数见表 1。

1.2 试验方法

1.2.1 病原菌种类的鉴定

采用常规组织培养法分离病原菌株, 培养基为马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (Potato dextrose agar, PDA), 28℃培养 7 d。将分离纯化所得不同真菌进行柯赫氏法则验证, 得到马铃薯早疫病病原菌。在光学显微镜下对马铃薯早疫病病原菌进行形态观察鉴定。4℃保存菌种备用, 将保存的菌种送至奥维森测序公司进行分子鉴定。

1.2.2 含药培养基的制备

应用含毒介质法配置 PDA 培养基。无菌条件下, 用无菌水将各供试药剂按表 1 中的稀释倍数进行稀释, 并且各取 6 mL 加入 60 mL 的培养基中摇匀后进行高压灭菌, 无菌操作台上将各含药培养基分装入灭菌后的培养皿中, 每个供试药剂有 5 个不同稀释处理, 以无菌水作对照, 每个处理重复 3 次。

1.2.3 抑菌活性的测定

采用生长速率法, 在无菌条件下, 用打孔器在纯化的平板菌种菌落边缘处打直径为 0.8 cm 的菌饼, 移至含药培养基中, 放入 25℃培养箱中培养 8 d, 5 d 后使用游标卡尺十字交叉法测量菌落直径, 计算抑菌率。抑菌率 (%) = (对照组菌落直径 - 试验组菌落直径) / 对照组菌落直径 × 100。

1.3 数据处理

用 MEGA 7 软件进行序列分析, 邻接法 (Neighbor - joining, NJ) 构建系统发育树, Bootstrap 设置为 1 000; 试验数据用 Excel 2019 进

表1 供试药剂
Table 1 Fungicides used in experiment

药剂名称 Fungicide	剂型 Dosage form	生产厂家 Manufacturer	稀释倍数 Dilution multiple
72%霜脲·锰锌 72% Cymoxanil·Mancozeb	WP	陶氏益农农业科技有限公司	50、75、100、125、150
69%烯酰·锰锌 69% Dimethomorph·Mancozeb	WP	山东海迅生物科技有限公司	50、75、100、125、150
70%丙森锌 70% Propineb	WP	拜耳作物科学(中国)有限公司	50、200、350、500、650
氟菌·霜霉威 Fluopicolide·Propamocarb	SC	拜耳作物科学(中国)有限公司	100、300、500、700、900
异菌·氟啶胺 Iprodione·Fluazinam	SC	江苏明德立达作物科技有限公司	300、600、900、1 200、1 500
苯甲·百菌清 Difenoconazole·Chlorothalonil	SC	先正达(中国)投资有限公司	500、1 000、1 500、2 000、2 500
噁酮·氟噻唑 Famoxadone·Oxathiapiprolin	SC	上海生农生化制品股份有限公司	500、1 000、1 500、2 000、2 500
烯酰·吡唑酯 Dimethomorph·Pyraclostrobin	WG	江苏辉丰生物农业股份有限公司	300、600、900、1 200、1 500
75%代森锰锌 75% Mancozeb	WG	联磷磷品(上海)有限公司	100、300、500、700、900

行整理分析, 用IBM SPSS Statistic 23.0进行单因素方差分析并计算 EC_{50} 和 EC_{95} 的值。

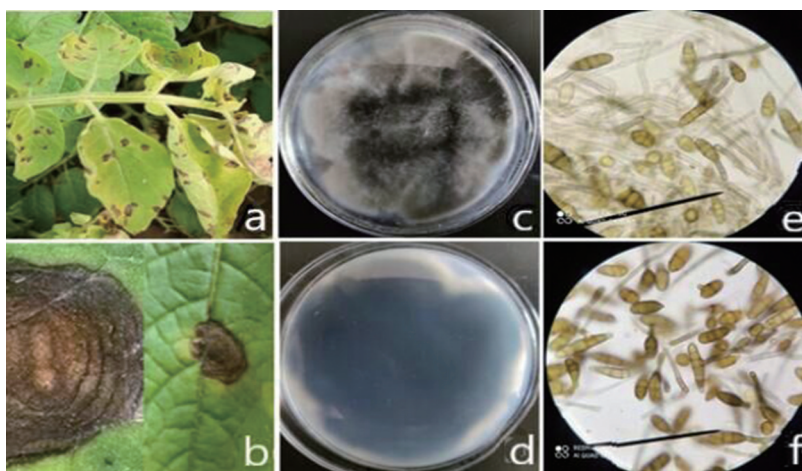
2 结果与分析

2.1 马铃薯早疫病病原菌分离鉴定结果

2.1.1 马铃薯早疫病病原菌形态学鉴定

马铃薯早疫病叶片病斑为褐色圆形斑点, 逐渐扩大至近圆形, 褐色至暗褐色, 病斑边缘明显, 有

清晰的同心轮纹, 病斑上可产生少许黑色霉状物(图1a、图1b)。采用组织分离法分离马铃薯早疫病病原菌, 将分离纯化所得不同真菌进行柯赫氏法则验证, 得到马铃薯早疫病病原菌, 记作真菌-1, PDA培养病原菌真菌-1菌落呈暗黑色(图1c、图1d)。显微观察, 成熟菌丝呈暗褐色, 菌丝有隔膜和分枝(图1e)。分生孢子自分生孢子梗顶端产生, 通常为单生, 很少有两个成串, 倒棍棒形, 黄褐



注: a. 田间症状; b. 病叶呈同心圆状病斑; c. PDA培养(正面); d. PDA培养(反面); e. 菌丝体(10×100); f. 分生孢子(10×100)。

Note: a. symptoms in field; b. concentric leaf spot; c. PDA culture (obverse); d. PDA culture (reverse); e. mycelium (10 × 100); f. conidiospore (10 × 100).

图1 马铃薯早疫病症状及病原菌落、分生孢子

Figure 1 Symptoms, colonies and conidial morphology of potato early blight

色, 2~8个横隔膜, 0~4个纵隔膜, 隔膜处有缢缩, 大小43~90 $\mu\text{m} \times 10\sim 15 \mu\text{m}$ 。喙细长, 与孢子体等长或略短, 淡色, 有2~7个横隔膜, 孢子至喙逐渐变细(图1e、图1f)。根据中国真菌志及其相关文献查询, 结合形态学特征, 鉴定榆林市马铃薯早疫病病原菌属链格孢属(*Alternaria*)。

2.1.2 马铃薯早疫病病原菌分子鉴定及系统发育树

以分离纯化的马铃薯早疫病病原菌样本(真菌-1)的基因组DNA为模板, 选择真菌通用引物ITS1/ITS4进行PCR扩增, 产物经测序后得到该病

原菌株的rDNA-ITS序列, 经NCBI数据库比对(BLAST)分析发现, 真菌-1的rDNA-ITS序列与NCBI库中的多种链格孢属(*Alternaria*)真菌高度同源。基于比对结果, 选择相似种真菌的rDNA-ITS序列进行系统发育树构建(图2), 结果表明, 供试菌株真菌-1在系统发育树中与*A. alternata*(登录号: KX987252.1)聚为一枝, 结合病原菌菌丝、分生孢子梗及分生孢子形态(图1), 因此推测真菌-1为*A. alternata*。

2.2 9种杀菌剂对*A. alternata*的室内毒力测定

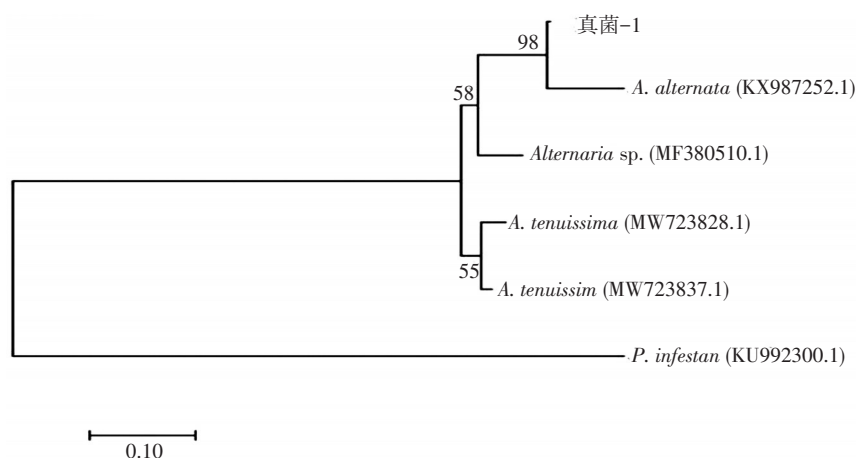


图2 真菌-1与相似种的ITS序列的系统发育树(*Phytophthora infestans*为外群)

Figure 2 Phylogenetic tree of fungi-1 rDNA-ITS compared to similar species (*Phytophthora infestans* as outgroup)

通过菌丝生长速率法测定9种杀菌剂对*A. alternata*的室内毒力, 测定结果见表2。

由表2中可知, 供试杀菌剂对该病原的抑菌活性按照毒力由大到小的顺序依次为: 噁酮·氟噻唑(SC) > 异菌·氟啶胺(SC) > 苯甲·百菌清(SC) > 烯酰·吡唑酯(WG) > 氟菌·霜霉威(SC) > 72%霜脲·锰锌(WP) > 69%烯酰·锰锌(WP) > 75%代森锰锌(WG) > 70%丙森锌(WP); 噁酮·氟噻唑(SC)、异菌·氟啶胺(SC)、苯甲·百菌清(SC)、烯酰·吡唑酯(WG)和氟菌·霜霉威(SC)的 EC_{50} 值分别为3.601, 7.493, 21.113, 27.555和51.874 $\mu\text{g/mL}$, EC_{50} 值在3~52 $\mu\text{g/mL}$, EC_{95} 值分别为124.987, 489.168, 1 338.277, 3

011.257和2 325.134 $\mu\text{g/mL}$, 这表明以上5种药剂抑菌效果较好, 可供进一步田间试验使用, 其中噁酮·氟噻唑、异菌·氟啶胺、烯酰·吡唑酯和氟菌·霜霉威随着有效成分浓度的增加, 各药剂浓度的抑制作用显著增加, 可见在生产中可提高这些药剂浓度以取得较好的防治效果, 苯甲·百菌清随着有效成分浓度的增加, 药剂浓度对抑菌率影响不显著, 可见在生产中提高药剂浓度不能大幅度提升防治效果; 75%代森锰锌和70%丙森锌的 EC_{50} 值分别为1 525.580和3 969.600 $\mu\text{g/mL}$, EC_{50} 值在1 500~4 000 $\mu\text{g/mL}$, 可见*A. alternata*已对这2种杀菌剂产生抗药性, 在田间不可单独使用。

表2 9种化学试剂对马铃薯早疫病病原菌的室内毒力
Table 2 Toxicity measurement of different concentrations of fungicides to *A. alternata*

药品名称 Fungicide		稀释倍数 Dilution multiple				
		1	2	3	4	5
72% 霜脲·锰锌 72% Cymoxanil·Mancozeb	抑菌率(%) 毒力回归方程	28.84 a $y = 0.001\ 4x + 0.15$ ($R^2 = 0.801\ 5$) $EC_{50} = 873.81\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 825\ 847.61\ \mu\text{g/mL}$	20.90 b	23.28 ab	19.84 b	19.58 b
69% 烯酰·锰锌 69% Dimethomorph·Mancozeb	抑菌率(%) 毒力回归方程	27.78 a $y = 0.001\ 1x + 0.201\ 8$ ($R^2 = 0.857\ 5$) $EC_{50} = 922.350\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 3\ 320\ 252.152\ \mu\text{g/mL}$	25.13 ab	24.87 ab	21.96 b	20.11 b
70% 丙森锌 70% Propineb	抑菌率(%) 毒力回归方程	26.46 a $y = 0.001x + 0.155\ 3$ ($R^2 = 0.893\ 9$) $EC_{50} = 3\ 969.600\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 138\ 656\ 908.0\ \mu\text{g/mL}$	20.63 a	17.72 a	16.14 a	14.55 a
氟菌·霜霉威 Fluopicolide·Propamocarb	抑菌率(%) 毒力回归方程	31.45 a $y = 0.012\ 8x + 0.066\ 2$ ($R^2 = 0.851\ 2$) $EC_{50} = 51.874\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 2\ 325.134\ \mu\text{g/mL}$	17.47 b	16.64 b	4.57 c	8.87 c
异菌·氟啶胺 Iprodione·Fluazinam	抑菌率(%) 毒力回归方程	39.56 a $y = 0.056\ 3x + 0.154\ 2$ ($R^2 = 0.837\ 7$) $EC_{50} = 7.493\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 489.168\ \mu\text{g/mL}$	33.04 ab	27.10 bc	21.50 cd	15.89 d
苯甲·百菌清 Difenoconazole·Chlorothalonil	抑菌率(%) 毒力回归方程	29.35 a $y = 0.031\ 7x + 0.094\ 2$ ($R^2 = 0.869\ 6$) $EC_{50} = 21.113\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 1\ 338.277\ \mu\text{g/mL}$	24.63 a	17.17 a	12.44 a	12.69 a
噁酮·氟噻唑 Famoxadone·Oxathiapiprolin	抑菌率(%) 毒力回归方程	33.83 a $y = 0.144\ 9x + 0.094\ 8$ ($R^2 = 0.752\ 2$) $EC_{50} = 3.601\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 124.987\ \mu\text{g/mL}$	24.13 ab	25.37 ab	14.93 ab	8.71 b
烯酰·吡唑酯 Dimethomorph·Pyraclostrobin	抑菌率(%) 毒力回归方程	35.51 a $y = 0.019\ 4x + 0.144\ 9$ ($R^2 = 0.894\ 3$) $EC_{50} = 27.555\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 3\ 011.257\ \mu\text{g/mL}$	29.59 ab	23.36 ab	18.38 b	17.14 b
75% 代森锰锌 75% Mancozeb	抑菌率(%) 毒力回归方程	23.66 a $y = 0.002\ 2x + 0.119$ ($R^2 = 0.957\ 8$) $EC_{50} = 1\ 525.580\ \mu\text{g/mL}$ $EC_{95} = 6\ 141\ 498.985\ \mu\text{g/mL}$	16.67 ab	14.24 ab	14.52 ab	11.83 b

注: 药剂浓度一行中各药剂的稀释倍数不同, 从1到5表示各药剂的稀释倍数由低到高顺序, 具体试验稀释倍数详见表1; 抑菌率则为试验菌落培养5 d后根据菌落直径计算所得结果; 抑菌率数据后小写字母表示经 Duncan's 新复极差法(DMRT)差异显著分析, 在0.05水平($P = 0.05$)上差异显著性。

Note: 1 to 5 represent dilution multiple from low to high of each fungicide, and dilution multiple of specific test is detailed in Table 1. Inhibition rate is calculated according to colony diameter after five days of culture. Lowercase letters after inhibition rate data indicate that the difference is significant at 0.05 level ($P = 0.05$) by using Duncan's multiple range test method (DMRT).

3 讨 论

国际上已报道的能引起马铃薯早疫病的链格孢菌有8种, 中国已报道的病原菌只有茄链格孢(*A. solani*)和链格孢(*A. alternata*)两种^[2], 本研究通过形态学和分子生物学方法鉴定分离所得菌种, 首次明确榆林市马铃薯早疫病病原菌为链格孢(*A. alternata*)。

本试验通过室内药敏试验筛选了5种效果较好的药剂, 分别是噁酮·氟噻唑(SC)、异菌·氟啶胺(SC)、苯甲·百菌清(SC)、烯酰·吡唑酯(WG)和氟菌·霜霉威(SC), 可供进一步田间试验使用。在当地马铃薯早疫病防治上并未见使用噁酮·氟噻唑(SC)和异菌·氟啶胺(SC)。噁酮·氟噻唑(SC)通过对氧化固醇结合蛋白(OSBP)抑制达到抑菌效果, 对卵菌纲病原菌具有独特的作用位点, 具有内吸向顶传导、保护新生组织的特点, 同时可以快速被蜡质层吸收, 具有优秀的耐雨水冲刷作用, 对病原菌具有预防、治疗和抑制产孢作用, 其具有治疗高效、速效、持效、用量低、药效稳定的特点^[10]。本试验中, 噁酮·氟噻唑(SC)的 EC_{50} 值为 $3.601 \mu\text{g/mL}$, EC_{95} 值为 $124.987 \mu\text{g/mL}$, 对*A. alternata*室内毒力测定在9种药剂中效果较好, 建议在生产中推广使用。氟啶胺是目前唯一的线粒体氧化磷酸化解偶联剂, 在ATP合成酶上有多个作用位点, 由多基因控制, 抗性风险极低, 全球至今无抗性报道, 杀菌速度与活性领先于同类化合物^[11]。本试验中, 测定异菌·氟啶胺(SC)对*A. alternata*的毒力效果, EC_{50} 值为 $7.493 \mu\text{g/mL}$, EC_{95} 值为 $489.168 \mu\text{g/mL}$, 是毒力仅此于噁酮·氟噻唑(SC)的药剂。

本试验测定得出75%代森锰锌(WG)和70%丙森锌(WP)对马铃薯早疫病病原菌的毒力较差。这可能是近几年来, 榆林市普遍使用75%代森锰锌(WG)和70%丙森锌(WP)两种试剂对马铃薯早

疫病进行化学防治, 使马铃薯早疫病对75%代森锰锌(WG)和70%丙森锌(WP)产生了抗性, 因此不建议在田间单独使用这两种农药。

室内毒力测定是田间防效试验的基础, 各药剂的真实防效需在本试验的基础上进一步进行田间防效试验, 在田间防治使用时, 建议结合马铃薯早疫病病原菌流行的关键时期设置多次喷药, 发病中心重点施药等方法, 以便取得最好的防治效果; 田间防治亦可混合其他药剂使用, 克服和延缓早疫病对农药的抗药性, 从而保证防治效果。

[参 考 文 献]

- [1] 吴志会, 韩晓清, 张尚卿, 等. 冀东地区马铃薯早疫病田间防治效果试验[J]. 农药, 2020, 59(3): 231–234.
- [2] 郑慧慧, 王泰云, 赵娟, 等. 马铃薯早疫病研究进展及其综合防治[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(1): 18–22.
- [3] 鱼玉军. 毛乌素沙地: 榆林马铃薯产业如何领跑全国? [N]. 陕西农村报, 2021–7–23(5).
- [4] 范子耀, 孟润杰, 王文桥, 等. 马铃薯早疫病菌化学防治及抗性研究进展[J]. 河北农业科学, 2010, 14(8): 24–27.
- [5] 张建平, 张福金, 王振, 等. 噁菌酯对马铃薯早疫病最低有效防控剂量的研究[J]. 中国马铃薯, 2021, 35(1): 44–51.
- [6] 杨富, 郑敏娜, 韩志顺. 马铃薯早疫病的杀菌剂田间药效试验[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 234–236.
- [7] 赵雨佳, 李义江, 黄振霖, 等. 几种药剂对马铃薯早疫病的防治效果[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(3): 166–167.
- [8] 仇相玮. 减施农药: 农户行为及其效应研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [9] 蒋丹. 青钱柳叶黑枯病病原菌的分离鉴定与化学药剂的室内毒力测定[D]. 湘潭: 湖南科技大学, 2017.
- [10] 郝征红, 邓立刚, 赵平娟. 反相高效液相色谱法测定土壤中的噁菌酯及其残留[J]. 农药, 2007, 46(4): 261–262, 268.
- [11] 陈治芳, 王文桥, 韩秀英, 等. 灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)对氟啶胺的敏感基线及对不同杀菌剂的交互抗性[J]. 河北农业大学学报, 2011, 34(3): 33–36.