

屈智莲,赵冬梅,杨志辉,等. 3 种杀菌剂对 2015—2016 年东北和华北地区致病疫霉群体的室内毒力测定[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):160-164. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.21.037

3 种杀菌剂对 2015—2016 年东北和华北地区致病疫霉群体的室内毒力测定

屈智莲, 赵冬梅, 杨志辉, 张 岱, 潘 阳, 朱杰华

(河北农业大学植物保护学院,河北保定 071000)

摘要:采用菌丝生长抑制法室内测定 3 种杀菌剂对 2015—2016 年东北和华北地区致病疫霉群体的毒力。结果表明,供试的 3 种杀菌剂对 2015—2016 年东北和华北地区致病疫霉菌丝生长均有一定的抑制作用,化学杀菌剂 23.4% 双炔酰菌胺悬浮剂对 2015—2016 年东北和华北地区致病疫霉群体毒力最强,其 2 年的平均 EC_{50} 值为 0.067 7 mg/L;其次是 52.5% 啉唑菌酮霜脲氰水分散粒剂,其 EC_{50} 值为 0.267 4 mg/L;64% 啉霜灵·锰锌可湿性粉剂的毒力最差,其 EC_{50} 值为 3.436 0 mg/L。因此,23.4% 双炔酰菌胺悬浮剂和 52.5% 啉唑菌酮霜脲氰水分散粒剂为防治马铃薯晚疫病菌抑菌效果较好的药剂,用量少且毒性低,可在生产中推广使用,64% 啉霜灵·锰锌可湿性粉剂在田间应与其他抑菌效果较好的药剂配合施用。

关键词:致病疫霉;杀菌剂;室内毒力测定;马铃薯

中图分类号: S482.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)21-0160-05

马铃薯淀粉含量丰富,较大米和小麦含有更多的蛋白质和人类所必需的氨基酸等,因此在世界各国广泛种植。2015 年我国提出马铃薯主粮化战略,至 2020 年将 50% 以上的马铃薯作为主食来利用^[1]。然而,由卵菌致病疫霉 [*Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary] 引起的马铃薯晚疫病,流行性极强,极具毁灭性,曾造成历史上著名的爱尔兰大饥荒^[2]。马铃薯晚疫病在全球马铃薯种植区均有发生,每年造成的损失全球达到 60 亿美元,中国达到 10 亿美元,且危害性与防治难度逐年加大^[2-3]。

黑龙江、吉林、辽宁等 3 省属于东北一季作区,是传统的马铃薯种植区。生产条件良好、生产规模大,是我国重要的种薯和商品薯生产基地^[4]。同时,气候凉爽潮湿,利于马铃薯晚疫病菌的生长和繁殖,使得晚疫病的发生日益严重。当前生产中除利用有限的抗病品种以外,主要利用农药防治该病^[5],因此选择防效较好的杀菌剂是做好马铃薯晚疫病防治工作的前提^[6]。

防治马铃薯晚疫病的常用农药有甲霜灵、烯酰吗啉、代森锰锌、啉菌酯、氟吗啉、银法利等^[7]。其中以甲霜灵为代表的苯基酰胺类杀菌剂在晚疫病的防治中曾有非常好的效果,但自 1981 年荷兰、爱尔兰出现了抗甲霜灵的菌株之后,各国陆续出现了高抗菌株,使得该类药剂的防治效果明显降低,在有些地区甚至几乎完全无效。

为筛选出马铃薯晚疫病田间防治中的高效药剂,刘琼光

等测定了 10 种杀菌剂,即 Abmbat、霜脲氰+代森锰锌、啉菌酯、啉霜灵+代森锰锌、精甲霜灵、甲基代森锌、氟吡胺、烯酰吗啉+比作啉菌酯、双炔酰菌胺、多菌灵对马铃薯晚疫病的防效,结果表明,除多菌灵以外,其他 9 种杀菌剂效果较好^[8]。孙东显等对 7 种防治马铃薯晚疫病的杀菌剂进行了药效测试,结果表明,30% 啉菌酯、25% 双炔酰菌胺、50% 氟吡胺以及 0.5% 苦参碱的效果较好,防效高达 80%,45% TPTAc、68.75% 氟吡胺防效达 70%,其中 52.5% Famoxadone + Cymoxanil 防效为 65%,因此建议田间使用杀菌剂的时候交替使用避免抗性出现^[9]。Majeed 等研究了内吸性杀菌剂(克露、瑞毒霉金、Fostylaluminum)和 3 种接触性杀菌剂对马铃薯晚疫病的影响,结果表明,2 种类型的杀菌剂均可以非常有效地降低病害严重程度并控制疾病的蔓延,其中效果较好的是内吸性杀菌剂克露,其次是其他内吸性杀菌剂和接触性杀菌剂,效果相对较差的是内吸性杀菌剂瑞毒霉金^[10]。相栋采用菌丝生长抑制法测定了 7 种杀菌剂对番茄晚疫病菌的室内毒力,结果表明,23.4% 双炔酰菌胺悬浮剂防治番茄晚疫病菌抑菌效果较好,用量少且毒性低^[11]。

本研究选用 23.4% 双炔酰菌胺悬浮剂、64% 啉霜灵·锰锌可湿性粉剂、52.5% 啉唑菌酮霜脲氰水分散粒剂等 3 种杀菌剂,通过测定 2015—2016 年东北和华北地区致病疫霉群体的平均 EC_{50} 值,从而监测 2015—2016 年东北和华北地区致病疫霉群体对这 3 种药剂的敏感性,为马铃薯晚疫病化学防治综合治理方案的制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株 根据采集时间、采集地点以及实验室菌种保存情况选取黑龙江、吉林、辽宁和河北省等地共 98 株菌株。菌株详细信息见表 1。试验时间为 2015 年 7 月至 2016 年 10

收稿日期:2018-03-09

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303018);现代农业产业技术体系建设专项资金(编号:CARS-09-P18)。

作者简介:屈智莲(1990—),女,河北涿州人,硕士研究生,从事马铃薯真菌病害防控研究。E-mail:quzhilian@qq.com。

通信作者:朱杰华,博士,教授,主要从事马铃薯真菌病害研究。Tel:(0312)7528175;E-mail:zhujiehua356@163.com。

表 1 供试菌株信息

采集时间	菌株编号	采集地点	采集时间	菌株编号	采集地点
2015	HN15 - 2	黑龙江讷河	2016	HQ16 - 1	黑龙江青冈
2015	HN15 - 3	黑龙江讷河	2016	HQ16 - 2	黑龙江青冈
2015	HN15 - 14	黑龙江讷河	2016	HQ16 - 3	黑龙江青冈
2015	HN15 - 20	黑龙江讷河	2016	HQ16 - 8	黑龙江青冈
2015	HN15 - 26	黑龙江讷河	2016	HQ16 - 12	黑龙江青冈
2015	HN15 - 43	黑龙江讷河	2016	HS16 - 1	黑龙江双城区
2015	HN15 - 59	黑龙江讷河	2016	HS16 - 2	黑龙江双城区
2015	HK15 - 9	黑龙江克山	2016	HS16 - 3	黑龙江双城区
2015	HK15 - 10	黑龙江克山	2016	HS16 - 4	黑龙江双城区
2015	HK15 - 19	黑龙江克山	2016	HS16 - 5	黑龙江双城区
2015	HK15 - 47	黑龙江克山	2016	JD16 - 1	吉林敦化
2015	HK15 - 49	黑龙江克山	2016	JD16 - 2	吉林敦化
2015	HK15 - 51	黑龙江克山	2016	JD16 - 3	吉林敦化
2015	HK15 - 54	黑龙江克山	2016	JD16 - 4	吉林敦化
2015	HK15 - 67	黑龙江克山	2016	JD16 - 5	吉林敦化
2015	HK15 - 74	黑龙江克山	2016	JL16 - 1	吉林梨树
2015	JD15 - 2	吉林敦化	2016	JL16 - 2	吉林梨树
2015	JD15 - 4	吉林敦化	2016	JL16 - 3	吉林梨树
2015	JD15 - 7	吉林敦化	2016	JL16 - 4	吉林梨树
2015	JD15 - 33	吉林敦化	2016	JL16 - 5	吉林梨树
2015	JD15 - 63	吉林敦化	2016	LX16 - 8	辽宁新民
2015	JD15 - 64	吉林敦化	2016	LX16 - 9	辽宁新民
2015	JD15 - 94	吉林敦化	2016	LX16 - 12	辽宁新民
2015	JL15 - 2	吉林梨树	2016	LX16 - 13	辽宁新民
2015	JL15 - 12	吉林梨树	2016	LX16 - 14	辽宁新民
2015	JL15 - 21	吉林梨树	2016	LC16 - 1	辽宁昌图
2015	JL15 - 26	吉林梨树	2016	LC16 - 2	辽宁昌图
2015	JL15 - 39	吉林梨树	2016	LC16 - 3	辽宁昌图
2015	JL15 - 43	吉林梨树	2016	LC16 - 4	辽宁昌图
2015	JL15 - 75	吉林梨树	2016	LC16 - 5	辽宁昌图
2015	LJ15 - 27	辽宁建平	2016	JW16 - 1	河北承德围场
2015	LJ15 - 29	辽宁建平	2016	JW16 - 3	河北承德围场
2015	LJ15 - 34	辽宁建平	2016	JW16 - 15	河北承德围场
2015	LJ15 - 41	辽宁建平	2016	JW16 - 16	河北承德围场
2015	LJ15 - 43	辽宁建平	2016	JW16 - 21	河北承德围场
2015	LJ15 - 46	辽宁建平	2016	JW16 - 22	河北承德围场
2015	LJ15 - 50	辽宁建平	2016	JW16 - 24	河北承德围场
2015	LJ15 - 53	辽宁建平	2016	JW16 - 25	河北承德围场
2015	LJ15 - 56	辽宁建平	2016	JW16 - 26	河北承德围场
2015	LX15 - 10	辽宁新民	2016	JW16 - 34	河北承德围场
2015	LX15 - 20	辽宁新民	2016	JZ16 - 2	河北张家口
2015	LX15 - 22	辽宁新民	2016	JZ16 - 3	河北张家口
2015	LX15 - 25	辽宁新民	2016	JZ16 - 14	河北张家口
2015	LX15 - 28	辽宁新民	2016	JZ16 - 17	河北张家口
2015	LX15 - 31	辽宁新民	2016	JZ16 - 23	河北张家口
2015	LX15 - 54	辽宁新民	2016	JZ16 - 24	河北张家口
2015	LX15 - 59	辽宁新民	2016	JZ16 - 25	河北张家口
2015	LX15 - 91	辽宁新民	2016	JZ16 - 30	河北张家口
2016	JZ16 - 32	河北张家口	2016	JZ16 - 31	河北张家口

月,试验地点为河北农业大学马铃薯病害研究中心。

1.1.2 仪器及试剂 主要试验仪器有超净工作台、生化培养箱、电热恒温鼓风干燥箱、显微镜、纯水机、微波炉、水浴锅、电子天平、微量移液枪及各种规格枪头、玻璃培养皿、佳能相机、

接菌针、打孔器、涂布器等。

1.1.3 供试药剂 主要试验药剂有 23.4% 双炔酰菌胺悬浮剂、64% 噁霜灵·锰锌可湿性粉剂、52.5% 噁唑菌酮霜脲氰水分散粒剂(表 2)。

表 2 供试药剂具体信息

商品名	有效成分	含量及剂型	生产厂家
抑快净	噁唑菌酮霜脲氰	52.5% 水分散粒剂	美国杜邦公司
瑞凡	双炔酰菌胺	23.4% 悬浮剂	瑞士先正达作物保护有限公司
杀毒矾	噁霜灵·锰锌	64% 可湿性粉剂	瑞士先正达作物保护有限公司

1.1.4 供试培养基 配制 1 000 mL 的黑麦培养基:60 g 黑麦,12 ~ 15 g 琼脂,20 g 蔗糖,加蒸馏水补足至 1 000 mL,调 pH 值至 5.8 ~ 6.2,121 ℃ 高压灭菌 20 min 备用。

1.2 试验方法

1.2.1 供试菌株的培养 将实验室保存的供试菌株接种到黑麦培养基上预培养 7 d,然后用 0.5 cm 打孔器沿菌落边缘打取菌盘,分别接种到新的黑麦培养基中央,并贴上封口膜,防止培养过程中污染杂菌。置于温度为 18 ℃ 培养箱中黑暗培养,每个处理重复 3 次。

1.2.2 生长速率法计算生长抑制率 采用抑制菌丝生长速率法对供试菌株进行 3 种杀菌剂的室内毒力测定,每个省份选择 2 株菌株进行了预试验,通过预试验结果最终确定了药剂浓度(表 3)。将带有不同浓度梯度杀菌剂的培养基倒入培养皿($\Phi=9$ cm)中,每皿约为 20 mL,对照中加入等量的无菌水,每个处理重复 3 次。

表 3 供试药剂浓度

药剂	浓度梯度 (mg/L)
噁唑菌酮霜脲氰	0.10、0.20、0.40、0.80、1.20
双炔酰菌胺	0.10、0.20、0.40、0.80、1.20
噁霜灵·锰锌	0.31、0.62、1.25、2.50、5.00

表 4 3 种杀菌剂对马铃薯晚疫病菌的毒力测定

杀菌剂	毒力回归方程	相关系数	EC ₅₀ (mg/L)	
			范围	平均值 ± 标准差
噁唑菌酮霜脲氰	$y = 2.635\ 8 + 0.412\ 0x$	0.987 5	0.106 7 ~ 0.461 5	0.253 3 ± 0.095 1a
双炔酰菌胺	$y = 3.050\ 0 + 0.523\ 2x$	0.947 9	0.013 0 ~ 0.055 0	0.022 9 ± 2.805 6a
噁霜灵·锰锌	$y = 2.311\ 7 + 0.368\ 63x$	0.980 7	0.573 2 ~ 16.063 9	2.348 8 ± 0.007 1b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 5 同。

由图 1 可知,噁唑菌酮霜脲氰和双炔酰菌胺在各省份的 EC₅₀ 值均低于 0.285 9 mg/L,其中噁唑菌酮霜脲氰在 3 个省的 EC₅₀ 值为 0.228 6 ~ 0.285 8 mg/L,双炔酰菌胺在 3 个省的 EC₅₀ 值为 0.022 4 ~ 0.023 8 mg/L,表明黑龙江、吉林、辽宁这 3 个省的致病疫霉群体对这 2 种杀菌剂的敏感性均较高,且显著性差异分析表明,这 2 种杀菌剂在 3 个省之间的敏感性无显著差异;而噁霜灵·锰锌在各省份的 EC₅₀ 值均高于 1.544 0 mg/L,3 个省的 EC₅₀ 值介于 1.543 9 ~ 3.319 5 mg/L 之间,明显高于其他 2 种杀菌剂,不同省份之间有显著差异,抑菌效果由大到小依次为黑龙江省、吉林省、辽宁省。由此表明,噁唑菌酮霜脲氰和双炔酰菌胺这 2 种杀菌剂的抑菌效果较稳定,对各地区的致病疫霉群体的抑菌效果都较好。而噁霜灵·锰锌的抑菌效果相对较差,且地区间存在较大差异,其中辽宁等地的致病疫霉群体可能已出现抗药性。

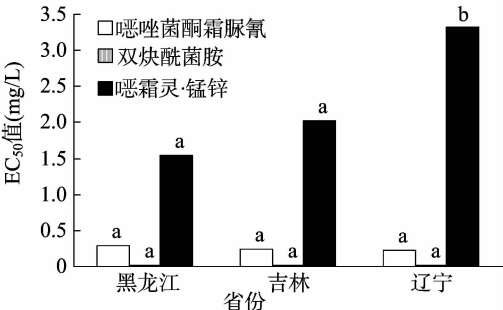
待对照菌落直径大于 7 cm 时,采用十字交叉法测量菌落直径并记录。根据以下公式计算 3 种杀菌剂对菌丝生长的抑制百分率:抑制率 = [(对照菌落直径 - 菌饼直径) - (处理菌落直径 - 菌饼直径)] / (对照菌落直径 - 菌饼直径) × 100%。

1.2.3 数据分析与处理 采用 Excel 软件和 DPS 软件对数据进行统计分析,以杀菌剂浓度(mg/L)的对数值为自变量,抑菌率的概率值为因变量,建立毒力回归方程,求出各药剂的抑制中浓度 EC₅₀、回归方程及相关系数 r 。使用 SPSS 19.0 软件对数据进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 3 种杀菌剂对 2015 年致病疫霉群体的抑制效果

由表 4 可知,双炔酰菌胺的抑菌效果最好,EC₅₀ 平均值为 (0.022 9 ± 2.805 6) mg/L,最大值是最小值的 4.23 倍;其次为噁唑菌酮霜脲氰的效果,EC₅₀ 平均值为 (0.253 3 ± 0.095 1) mg/L,最大值是最小值是 4.33 倍;噁霜灵·锰锌的效果最差,EC₅₀ 平均值为 (2.348 8 ± 0.007 1) mg/L,最大值是最小值的 28.02 倍。这表明同一种杀菌剂对不同菌株的抑菌效果存在一定的差异,其中噁霜灵·锰锌在菌株间的抑菌效果差异最大,可能已有部分菌株对其产生抗药性。



柱上不同小写字母表示同一药剂不省份间差异显著($P < 0.05$)。图 2 同

图 1 2015 年不同省份 3 种杀菌剂的 EC₅₀ 值对比

2.2 3 种杀菌剂对 2016 年致病疫霉群体的抑制效果

由表 5 可知,3 种杀菌剂对这些不同地区的致病疫霉均

有良好的抑制作用,但 3 种杀菌剂的抑制作用表现出明显不同。其中,双炔酰菌胺的效果最好, EC_{50} 平均值为 $(0.112\ 5 \pm 0.026\ 4)$ mg/L,最大值是最小值的 2.06 倍;其次,为噁唑菌酮霜脲氰的效果, EC_{50} 平均值为 $(0.281\ 5 \pm 0.072\ 4)$ mg/L,最大值是最小值相差 2.19 倍;最后,噁霜灵·锰锌的效果较低,

EC_{50} 平均值为 $(4.523\ 2 \pm 2.101\ 9)$ mg/L,最大值是最小值的 4.35 倍。这表明同一种杀菌剂对 2016 年采集的不同菌株的抑菌效果存在一定的差异,其中噁霜灵·锰锌在菌株间的抑菌效果差异最大,可能已有部分菌株对其产生抗药性。

表 5 3 种杀菌剂对马铃薯晚疫病菌的毒力测定

杀菌剂	毒力回归方程	相关系数	EC_{50} (mg/L)	
			范围	平均值 \pm 标准差
噁唑菌酮霜脲氰	$y = 5.948\ 2 + 1.664\ 1x$	0.998 4	0.182 6 ~ 0.399 4	0.281 5 \pm 0.072 4a
双炔酰菌胺	$y = 7.241\ 0 + 2.329\ 1x$	0.985 5	0.069 1 ~ 0.142 1	0.112 5 \pm 0.026 4a
噁霜灵·锰锌	$y = 4.128\ 3 + 1.470\ 9x$	0.995 7	1.832 2 ~ 7.964 2	4.523 2 \pm 2.101 9b

由图 2 可知,噁唑菌酮霜脲氰和双炔酰菌胺的抑菌效果在不同省份间的差异不大,且 EC_{50} 值都较低。噁唑菌酮霜脲氰和双炔酰菌胺在各省份的 EC_{50} 值均低于 0.344 2 mg/L,其中噁唑菌酮霜脲氰各省份的 EC_{50} 值为 0.190 4 ~ 0.344 1 mg/L,双炔酰菌胺各省份的 EC_{50} 值为 0.122 8 ~ 0.147 1 mg/L,表明黑龙江、吉林、辽宁、河北这 4 个省的致病疫霉群体对这 2 种杀菌剂的敏感性均较高,且显著性差异分析表明,2 种杀菌剂在各省份间的敏感性无显著差异。而噁霜灵·锰锌在各省份的 EC_{50} 值均高于 1.782 7 mg/L,各省份

的 EC_{50} 值为 1.782 7 ~ 2.553 4 mg/L,明显高于其他 2 种杀菌剂,不同省之间有显著差异,抑菌效果由大到小依次为吉林省、辽宁省、黑龙江省、河北省。

由此表明,噁唑菌酮霜脲氰和双炔酰菌胺这 2 种杀菌剂的抑菌效果较稳定,对各地区的致病疫霉群体的抑菌效果均较好。而噁霜灵·锰锌的抑菌效果抑菌效果相对较差,且地区间存在较大差异,可能黑龙江和河北等地的致病疫霉群体已出现抗药性。

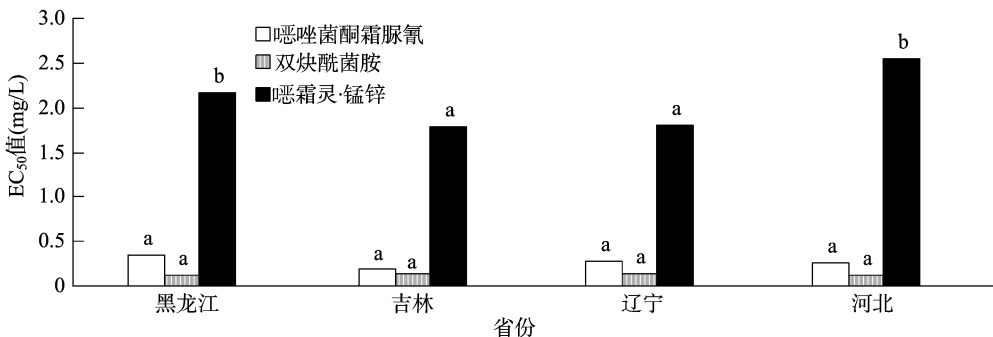


图2 2016 年不同省 3 种杀菌剂的 EC_{50} 值对比

2.3 年度间不同地区致病疫霉群体的药剂敏感性

由表 6 可知,2015 年和 2016 年药剂毒力由大到小依次为双炔酰菌胺、噁唑菌酮霜脲氰、噁霜灵·锰锌。但随着时间的变化,2016 年 3 种药剂的平均 EC_{50} 值均高于 2015 年,这表明随着时间的转移,致病疫霉群体对这 3 种杀菌剂的敏感性逐渐下降,可能会逐渐产生抗药性。

表 6 年度间 3 种杀菌剂的平均 EC_{50} 值

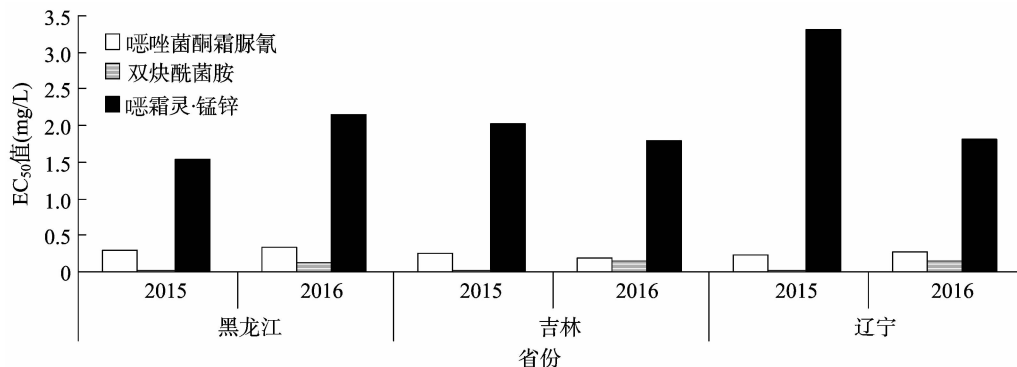
杀菌剂	EC_{50} 值 (mg/L)		
	2015 年	2016 年	平均
噁唑菌酮霜脲氰	0.253 3	0.281 5	0.267 4
双炔酰菌胺	0.022 9	0.112 5	0.067 7
噁霜灵·锰锌	2.348 8	4.523 2	3.436 0

在 3 种杀菌剂中,噁唑菌酮霜脲氰的平均 EC_{50} 值由 0.253 3 mg/L 上升到 0.281 5 mg/L,上升幅度较小,双炔酰菌胺和噁霜灵·锰锌的平均 EC_{50} 值有明显上升,这表明噁唑菌酮霜脲氰的抑菌率相对稳定,而双炔酰菌胺和噁霜灵·锰锌的抑菌率随着时间的推移逐渐降低,建议在田间防治马铃薯晚疫病时注意这 2 种杀菌剂与其他药剂的配合使用。

就不同地区而言,3 种杀菌剂中双炔酰菌胺和噁唑菌酮霜脲氰对晚疫病菌丝生长的抑制效果较好(图 3),各省份的 EC_{50} 差异不大,不同省份晚疫病群体对杀菌剂敏感性差异不大。而噁霜灵·锰锌对菌丝生长的抑制效果相对其他 2 种杀菌剂不稳定,在地区间存在明显差异,噁霜灵·锰锌对黑龙江与吉林的致病疫霉群体的 EC_{50} 分布趋势相对平缓,而对辽宁省 2015 年、2016 年的防治效果存在较大差异,分别为 3.319 5、1.811 1 mg/L,这表明可能辽宁省致病疫霉群体中的部分菌株已经对噁霜灵·锰锌产生了抗药性,在田间施用噁霜灵·锰锌时应注意与其他药剂配合使用。

3 结论与讨论

2015 年、2016 年 2 年的室内毒力测定结果均表明,3 种杀菌剂中双炔酰菌胺对晚疫病菌的抑制效果最好,其次为噁唑菌酮霜脲氰,最差是噁霜灵·锰锌。这与高雪等在 2014 年对东北地区晚疫病菌的毒力测定结果^[12]一致,且从同一种药剂不同年份的 EC_{50} 值来看,2014—2016 年 3 年间随着时间的推移,这 3 种杀菌剂的平均 EC_{50} 值逐渐升高,表明东北和华北地区致病疫霉群体对这 3 种杀菌剂的抗药性逐渐增加。

图3 2015—2016年不同地区3种杀菌剂的EC₅₀值对比

本研究选用的23.4%双炔酰菌胺悬浮剂2015—2016年的EC₅₀值为0.022 9~0.112 5 mg/L。赵建江等测定了5种杀菌剂对番茄晚疫病菌的室内毒力,其中23.4%双炔酰菌胺悬浮剂的毒力回归方程为 $y = 3.372 5x + 9.811 2$,EC₅₀值为0.037 4 mg/L^[13]。相栋研究发现,23.4%双炔酰菌胺悬浮剂对番茄晚疫病菌毒力最强,其EC₅₀值为0.37 mg/L^[11]。这表明23.4%双炔酰菌胺悬浮剂对马铃薯晚疫病和番茄晚疫病的防治效果差异不大。

嘧啶菌酮霜脲氰为嘧啶菌酮和霜脲氰的复配杀菌剂,分别为嘧啶琳酮类和氰基乙酰胺类杀菌剂。作用机制为抑制核酸(DNA、RNA)和氨基酸、脂质的合成外,同时抑制病原菌的线粒体的电子传递而致效^[14]。双炔酰菌胺是由先正达公司开发的新型卵菌病害杀菌剂,也是第1个商品化的扁桃酰胺类化合物,双炔酰菌胺对抑制孢子的萌发具有较高活性。它同时也抑制菌丝体的成长与孢子的形成^[15]。杀毒虱有效成分是嘧霜灵和代森锰锌。嘧霜灵是一种内吸性杀菌剂,对真菌霜霉病菌和疫病菌都具有灭生作用;代森锰锌是一种广谱性触杀作用的杀菌剂^[16]。因此,本研究选取的双炔酰菌胺的抑菌效果最好,由作用机制来看双炔酰菌胺比另外2种杀菌剂对晚疫病菌更有针对性。

本研究选用的瑞凡为扁桃酰胺类杀菌剂,杀毒虱为嘧霜类广谱性杀菌剂,韩秀英等在研究表明,辣椒疫霉上双炔酰菌胺与其他药剂之间均不存在交互抗性^[17],致病疫霉上这3种杀菌剂有无交互抗性还有待进一步验证。

参考文献:

- [1] 卢肖平. 马铃薯主粮化战略的意义、瓶颈与政策建议[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2015(3): 1-7.
- [2] Haverkort A J, Boonekamp P M, Hutten R, et al. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification[J]. Potato Research, 2008, 51(1): 47-57.
- [3] Nowicki M, Fooled M R, Nowakowska M, et al. Potato and tomato late blight caused by phytophthora infestans; an overview of pathology and resistance breeding[J]. Plant Disease, 2012, 96(1): 4-17.
- [4] 农业部薯类专家指导组. 2016年全国马铃薯生产指导意见[J].

农机科技推广, 2016(5): 34-37.

- [5] Śliwka J, Jakuczun H, Chmielarz M, et al. Late blight resistance gene from *Solanum ruiz-ceballosii* is located on potato chromosome X and linked to violet flower colour[J]. BMC Genetics, 2012, 13(1): 11.
- [6] Kramer L C, Choudoir M J, Wielgus S M, et al. Correlation between transcript abundance of the *RB* gene and the level of the *RB*-mediated late blight resistance in potato[J]. Molecular Plant Microbe Interactions, 2009, 22(4): 447-455.
- [7] 詹家绥, 吴娥娇, 刘西莉, 等. 植物病原真菌对几类重要单位点杀菌剂的抗药性分子机制[J]. 中国农业科学, 2014, 47(17): 3392-3404.
- [8] 刘琼光, 陈洪, 罗建军, 等. 10种杀菌剂对马铃薯晚疫病的防治效果与经济效益评价[J]. 中国蔬菜, 2010(20): 62-67.
- [9] 孙东显, 苏允华, 乔雪静, 等. 不同杀菌剂对马铃薯晚疫病的防治效果[J]. 中国马铃薯, 2012(4): 235-237.
- [10] Majeed S A, Nambi K, Taj G, et al. Development and characterization of a new gill cell line from air breathing fish *Channa striatus* (Bloch 1793) and its application in toxicology: direct comparison to the acute fish toxicity[J]. Chemosphere, 2014, 96(2): 89-98.
- [11] 相栋. 7种杀菌剂对设施番茄晚疫病菌的室内毒力测定[J]. 现代农业科技, 2016(16): 106-107.
- [12] 高雪, 张岱, 赵冬梅, 等. 3种杀菌剂对东北地区马铃薯晚疫病菌的毒力测定[C]//马铃薯产业与现代可持续农业(2015). 哈尔滨: 中国作物学会马铃薯专业委员会, 2015: 5.
- [13] 赵建江, 王文桥, 马志强, 等. 5种杀菌剂对番茄晚疫病菌的室内毒力及田间防效[J]. 河北农业科学, 2016(3): 38-40, 51.
- [14] 亦冰. 新颖杀菌剂霜脲氰/嘧啶菌酮的开发及作用特性[J]. 世界农药, 2001(5): 47-48, 12.
- [15] 崔国威, 鲁洪涛, 于乐祥, 等. 新型杀菌剂双炔酰菌胺的研究进展[J]. 世界农药, 2010, 32(2): 25-28.
- [16] 王就光. 杀毒虱 M8 杀菌剂的特性和应用[J]. 长江蔬菜, 1987(4): 27.
- [17] 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.