

王天琪,唐冬兰,张普娟,等. 江苏省草莓育苗期主要病害药剂筛选及安全性评价[J]. 江苏农业科学,2025,53(3):133-139.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.03.018

江苏省草莓育苗期主要病害药剂筛选及安全性评价

王天琪^{1,2}, 唐冬兰², 张普娟², 姜天成², 曹荣祥², 唐 泉², 蒋立奔², 罗志丹¹

(1. 江苏海洋大学,江苏连云港 222005; 2. 江苏丘陵地区南京农业科学研究所,江苏南京 210042)

摘要:炭疽病和枯萎病是江苏省草莓育苗期 2 种主要病害,为筛选有效防治这两种病害的杀菌剂,采用菌丝生长速率法,测定 9 种杀菌剂对其致病菌——暹罗炭疽菌和尖孢镰刀菌的菌丝生长抑制活性,并选择 5 种新型杀菌剂开展了田间安全性评价。结果表明,检测的 9 种杀菌剂在培养基中均一定程度抑制 2 种病原菌的菌丝生长,抑制程度随药剂浓度升高而升高。其中,咪鲜胺、氰烯菌酯、腈菌唑和四霉素对 2 种菌菌丝生长均有较好的抑制效果;溴菌腈、甲基硫菌灵和氰烯菌酯·苯醚甲环唑对尖孢镰刀菌菌丝生长的抑制效果优于暹罗炭疽菌;苯丙烯菌酮对 2 种菌的抑制效果均较差;除萎锈灵·福美双会对草莓植株产生药害,其他几种农药均未引发药害现象,结合室内毒力测定结果,初步证明咪鲜胺、氰烯菌酯、腈菌唑和四霉素可用于草莓苗期病害防治。结果可为南京地区草莓炭疽病和枯萎病防治药剂选择提供参考依据。

关键词:草莓;炭疽病;枯萎病;毒力测定;杀菌剂;安全性评价

中图分类号:S436.68⁺4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)03-0133-07

草莓(*Fragaria × ananassa* Duch.)是蔷薇科多年生草本植物,果实香味宜人,富含丰富的营养物质,深受消费者喜爱。随着经济的发展,草莓种植面积逐渐增大,随之而来的病害问题亦日益严重。

收稿日期:2024-01-03

基金项目:江苏现代农业(草莓)产业技术体系建设项目(编号:JATS[2023]008)。

作者简介:王天琪(1998—),男,江苏连云港人,硕士,主要从事草莓病害研究。E-mail:2233023312@qq.com。

通信作者:罗志丹,博士,副教授,主要从事分子检测和药剂安全性评价方向研究。E-mail:lzd@jou.edu.cn。

京:南京农业大学,2020.

[27]田连生,王伟华,石万龙,等. 木霉对尖镰孢菌的拮抗机制及生防效果研究[J]. 植物保护,2001,27(4):47-48.

[28]Vinale F,Sivasithamparam K,Ghisalberti E L,et al. *Trichoderma* - plant - pathogen interactions[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008,40(1):1-10.

[29]鲁海菊,谢欣悦,陶宏征,等. 内生木霉 P3.9 菌株在枇杷根际土壤中的定殖能力测定[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):263-267.

[30]郎剑锋,刘起丽,杨 蕊,等. 利用秸秆和肥料增殖木霉及对玉米茎基腐病的生物防治[J]. 玉米科学,2019,27(2):161-169.

[31]何朋杰,崔文艳,何鹏飞,等. 表面活性素促进枯草芽孢杆菌 XF-1 在大白菜叶际定殖能力研究[J]. 植物保护,2021,47(5):28-34.

[32]Hierro N, Esteve - Zarzoso B, González A, et al. Real - time quantitative PCR (QPCR) and reverse transcription - QPCR for detection and enumeration of total yeasts in wine[J]. *Applied and*

育苗是草莓栽培中的重要环节,种苗质量很大程度决定着后期果实的品质与产量,但江苏省草莓育苗通常在 5—8 月,正值高温高湿季节,适于多种病原菌生长。因此,该时期是草莓生产中病害防治的关键时期^[1-2]。

2022 年和 2023 年连续 2 年,笔者所在课题组对江苏 13 地市的草莓育苗地进行了广泛调查,通过发病症状及病原菌的分离与鉴定,发现炭疽病和枯萎病是江苏省草莓育苗期最主要的 2 种病害^[3-4]。这 2 种病害除发病时期相似外,均可侵染草莓的根

Environmental Microbiology,2006,72(11):7148-7155.

[33]任爱新,陈思铭,刘凯歌,等. 基于流式细胞术的黄瓜霜霉病菌孢子囊计数研究[J]. 植物病理学报,2022,52(5):841-848.

[34]Wang S Q, Wang X H, Chen S H, et al. A new fluorescent quantitative polymerase chain reaction technique[J]. *Analytical Biochemistry*,2002,309(2):206-211.

[35]Holden M J, Wang L. Standardization and quality assurance in fluorescence measurements II [M]. Berlin - Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,2008.

[36]Notomi T, Mori Y, Tomita N, et al. Loop - mediated isothermal amplification (LAMP): principle, features, and future prospects[J]. *Journal of Microbiology*,2015,53(1):1-5.

[37]徐娜娜. 实时荧光定量 PCR 技术用于土壤中小麦纹枯病菌的定量检测及动态分析[D]. 泰安:山东农业大学,2014.

[38]史芳芳,李向泉. 葡萄根际土壤真菌群落多样性分析[J]. 中国农业科技导报,2019,21(7):47-58.

颈及地下部位,病菌通过根系的伤口或空隙入侵,造成维管束堵塞,影响水分输送导致地上部萎蔫,表现出新叶没有光泽,枯萎病还会出现新叶变小和小叶不对称的现象,随着病害的发展最终导致植株死亡。草莓炭疽病还可侵染草莓的地上部各部位,在发病部位形成褐色或灰黑色病斑。这 2 种病害的病原菌均有多个种,但在江苏省其致病菌分别以暹罗炭疽菌(*Colletotrichum siamense*)^[5-6]和尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)^[7-8]为主。

目前,药剂防治仍是防治草莓病害的主要措施^[9],但随着药剂的频繁使用,病原菌已逐渐产生抗药性^[10-12]。2009 年,韩国兴等在杭州地区分离得到 63 个草莓炭疽病病原菌菌株,分别检测到 92.1% 和 93.7% 菌株对多菌灵和乙霉威具有抗药性^[12]。2021 年,Zhong 等发现来自我国 5 个省区草莓植株上的 23 个暹罗炭疽菌菌株中,有 2 个菌株对多菌灵表现高抗,21 个菌株表现为中抗^[11]。

因此,为了丰富防治草莓炭疽病和枯萎病的药剂品种,缓解其抗药性的产生,在防治草莓炭疽病和枯萎病时选择的药剂更具针对性。同时,达到减少无效用药和提高草莓种苗质量的目的,本研究开展了药剂筛选工作,选择了 9 种前人研究及应用较少、作用机制不同,但在国内登记用于草莓或其他作物炭疽病或枯萎病防治的杀菌剂,对暹罗炭疽菌

和尖孢镰刀菌进行室内毒力测定,并对 5 种新型杀菌剂进行田间安全性测定,以筛选出安全高效的防治药剂,为草莓育苗期有效防治枯萎病和炭疽病提供药剂选择参考。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2023 年 8—12 月在江苏丘陵地区南京农业科学研究所微生物实验室和育苗棚中开展。

1.2 供试菌株

本研究所用暹罗炭疽菌菌株于 2022 年 9 月从江苏省淮安市草莓育苗地炭疽病病株上分离,尖孢镰刀菌菌株于 2022 年 6 月从江苏省南京市草莓育苗地枯萎病病株上分离。2 个菌株均已按照科赫法则经过验证,用分生孢子悬浮液对植株根颈部位接种一段时间后,在接种部位形成病斑并引起植株萎蔫,从病健交界处组织可分离到与接种菌株一样的菌株。供试菌株均经过单孢纯化,保存于灭过菌的 25% 甘油中,于 -80 ℃ 冰箱长期保存^[13]。

1.3 供试药剂

由表 1 可知,共 10 种药剂,先采用无菌水将各供试药剂配制成浓度为 10 000 μg/mL 的母液。根据药剂使用说明,参考推荐浓度设置初始浓度,依次稀释后进行后续试验,见表 2 至表 4。

表 1 试验所用药剂

序号	农药名称	总有效成分含量	剂型	性能	生产厂家
1	咪鲜胺	450 g/L	水乳剂	咪唑类杀菌剂	苏州富美实植物保护剂有限公司
2	二氰·吡唑酯	40.0%	悬浮剂	线粒体呼吸抑制剂	广东汇泽生物科技有限公司
3	溴菌腈	25.0%	可湿性粉剂	保护性杀菌剂	江苏托球农化股份有限公司
4	腈菌唑	40.0%	可湿性粉剂	内吸治疗性杀菌剂	科迪华农业科技有限责任公司
5	氰烯菌酯	25.0%	悬浮剂	新型杀菌剂	江苏省农药研究所股份有限公司
6	氰烯菌酯·苯醚甲环唑	30.0%	悬浮剂	肌球蛋白抑制剂	江苏省农药研究所股份有限公司
7	四霉素	0.3%	水剂	生物杀菌剂	辽宁微科生物工程有限公司
8	苯丙烯菌酮	0.2%	微乳剂	植物源杀菌剂	沈阳同祥生物农药有限公司
9	甲基硫菌灵	50.0%	可湿性粉剂	苯并咪唑类杀菌剂	四川润尔科技有限公司
10	萎锈灵·福美双	40.0%	悬浮剂	内吸、触杀双重作用杀菌剂	爱利思达生物化学品(上海)有限公司

1.4 不同药剂对暹罗炭疽菌和尖孢镰刀菌菌丝生长的影响

对表 1 中前 9 种杀菌剂,采用平皿法分别比较其对暹罗炭疽菌和尖孢镰刀菌菌丝生长的抑制效果^[14]。操作如下:将保存的菌种接种至 9 cm PDA 平板上,于 28 ℃ 条件下暗培养一段时间;并配制含药培养基,根据设计的浓度将供试药剂的母液配成

所需浓度,将配好的 PDA 培养基加热至融化,再冷却至 40 ~ 50 ℃ (此时培养基为未凝固状态),此时将药剂按统一比例加入培养基,充分混匀,倒皿,空白对照(CK)中不加药剂,采用等量无菌水取代。待菌落直径达到适宜大小时,用打孔器从菌落边缘切出直径为 5 mm 的菌饼,放置在供试培养基中央,有菌丝的一面朝上,同样放置在 28 ℃ 条件下培养。每

个处理设 4 个重复,试验重复 2 次。培养约 3~5 d,对照菌落直径达到培养皿 1/2 以上,从 2 个相互垂直的方向测量各处理和对照的菌落直径,以对照为标准,计算菌丝生长抑制率。计算公式如下:

$$\text{菌丝生长抑制率} = \frac{\text{空白对照菌落直径} - \text{药剂处理菌落直径}}{\text{空白对照菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100\%。$$

1.5 不同药剂安全性评价

供试草莓品种为红颜。2023 年 9 月 4 日选择壮苗移栽,采用草莓专用育苗基质[富兰农业科技(江苏)有限公司],每株保留 3~4 张叶,双行定植,株行距 18 cm × 12 cm。将提前配好的供试药剂母液采用无菌水稀释至供试浓度(表 4)。采用随机区组设计,每个处理 5 个重复,每个重复 10 株苗。分别于 2023 年 9 月 21 日和 2023 年 9 月 26 日施药,采用灌根法将药液绕根部灌入土壤中,每株每次用药量为 50 mL,灌施等量无菌水作为空白对照。第 2 次用药后 10 d 进行安全性调查。目测药剂各试验浓度对草莓植株有无药害现象,统计株高及叶片叶绿素相对含量。

1.6 数据分析

采用 DPS 7.5 软件对数据进行统计分析。在分析不同药剂对 2 种致病菌菌丝生长的抑制效果时,计算毒力回归方程,得出相关系数 R 和药剂半最大效应浓度(EC_{50})。

2 结果与分析

2.1 9 种杀菌剂对暹罗炭疽菌菌丝生长的抑制作用

由表 2 可知,9 种杀菌剂在供试浓度范围内,对暹罗炭疽菌菌丝生长的相对抑制率在 4.77% (0.083 $\mu\text{g/mL}$ 苯丙烯菌酮) ~ 98.87% (16.000 $\mu\text{g/mL}$ 咪鲜胺)之间。在每种药剂的最高供试浓度下,相对抑制率最高的前 3 种药剂分别为 16.000 $\mu\text{g/mL}$ 咪鲜胺(98.87%)、62.500 $\mu\text{g/mL}$ 氰烯菌酯(96.72%)和 100.000 $\mu\text{g/mL}$ 腈菌唑(95.13%);相对抑制率最低的 3 种药剂分别为 4.000 $\mu\text{g/mL}$ 氰烯菌酯·苯醚甲环唑(63.46%)、833.333 $\mu\text{g/mL}$ 甲基硫菌灵(59.05%)和 1.333 $\mu\text{g/mL}$ 苯丙烯菌酮(30.22%)。由 EC_{50} 值观察,供试 9 种药剂毒力从高到低依次为咪鲜胺(0.432 0 $\mu\text{g/mL}$)、四霉素(0.555 3 $\mu\text{g/mL}$)、氰烯菌酯·苯醚甲环唑(1.029 9 $\mu\text{g/mL}$)、腈菌唑(1.914 7 $\mu\text{g/mL}$)、溴菌腈(3.017 9 $\mu\text{g/mL}$)、苯丙烯菌

酮(3.767 0 $\mu\text{g/mL}$)、二氰·吡唑酯(4.377 6 $\mu\text{g/mL}$)、氰烯菌酯(13.761 2 $\mu\text{g/mL}$)和甲基硫菌灵(558.795 1 $\mu\text{g/mL}$)。

2.2 9 种杀菌剂对尖孢镰刀菌菌丝生长的抑制作用

由表 3 可知,9 种杀菌剂在供试浓度范围内,对尖孢镰刀菌菌丝生长的相对抑制率在 2.11% (0.083 $\mu\text{g/mL}$ 苯丙烯菌酮) ~ 100.00% (125.000 $\mu\text{g/mL}$ 溴菌腈、450.000 $\mu\text{g/mL}$ 咪鲜胺、833.333 $\mu\text{g/mL}$ 甲基硫菌灵和 4.000 $\mu\text{g/mL}$ 四霉素)之间。在每种药剂的最高供试浓度下,除溴菌腈、咪鲜胺、甲基硫菌灵和四霉素的相对抑制率达 100% 外,150.000 $\mu\text{g/mL}$ 氰烯菌酯·苯醚甲环唑、100.000 $\mu\text{g/mL}$ 腈菌唑和 125.000 $\mu\text{g/mL}$ 氰烯菌酯的相对抑制率也可达 90% 上,分别为 98.97%、91.53% 和 91.04%,1.333 $\mu\text{g/mL}$ 苯丙烯菌酮的相对抑制率最低(16.22%)。毒力分析结果表明,9 种药剂对尖孢镰刀菌的 EC_{50} 值从低到高依次为氰烯菌酯·苯醚甲环唑(0.454 1 $\mu\text{g/mL}$)、四霉素(0.618 1 $\mu\text{g/mL}$)、二氰·吡唑酯(0.987 4 $\mu\text{g/mL}$)、氰烯菌酯(1.306 6 $\mu\text{g/mL}$)、腈菌唑(2.985 6 $\mu\text{g/mL}$)、溴菌腈(4.262 6 $\mu\text{g/mL}$)、苯丙烯菌酮(14.473 6 $\mu\text{g/mL}$)、咪鲜胺(18.290 3 $\mu\text{g/mL}$)和甲基硫菌灵(54.793 6 $\mu\text{g/mL}$)。

2.3 田间安全性评价

由图 1 可知,第 2 次采用药后 10 d 进行调查,仅有 40% 萎锈灵·福美双的处理出现药害,表现为叶缘或叶脉间褪绿、焦枯,严重者发展至整个叶片;其他药剂处理对草莓叶片、叶柄等部位均未造成药害,生长正常。值得注意的是,用药 20 d 后,受药害影响但未死亡的植株开始恢复生长。通过 SPAD 值对比,40% 萎锈灵·福美双引起草莓叶片失绿的症状从叶片叶绿素含量可以得到量化体现,该处理植株叶片的 SPAD 值低于其他处理及对照,差异显著($P < 0.05$)。由表 4 可知,从株高来看,40% 萎锈灵·福美双对植株的生长势也起到一定的抑制作用,株高低于其他药剂处理及对照,差异显著($P < 0.05$)。40% 萎锈灵·福美双 2 000 倍液比 800 倍液药害稍严重,但两者间差异不显著。

3 讨论与结论

草莓炭疽病与枯萎病作为草莓生产中 2 种重要病害,已有关于其病原菌防治药剂筛选的报道^[15-22]。

表 2 9 种杀菌剂对暹罗炭疽菌菌丝生长的抑制效果

药剂	有效成分浓度 ($\mu\text{g/mL}$)	菌落直径 (mm)	相对抑制率 (%)	毒力回归方程	相关系数	EC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
咪鲜胺	16.000	5.80	98.87	$y = 1.324\ 9x + 5.525\ 6$	0.959 1	0.432 0
	8.000	8.54	95.00			
	4.000	12.97	87.74			
	2.000	17.36	82.54			
	1.000	21.17	77.16			
二氰·吡唑酯	200.000	13.49	88.00	$y = 0.562\ 3x + 4.644\ 3$	0.936 1	4.377 6
	100.000	17.75	81.98			
	50.000	24.84	71.96			
	25.000	28.73	66.47			
	12.500	34.54	58.26			
溴菌腈	125.000	13.82	87.54	$y = 0.714\ 6x + 4.659\ 7$	0.968 9	3.017 9
	62.500	18.76	80.56			
	31.250	23.26	74.20			
	15.625	28.93	66.18			
	7.813	29.54	65.32			
腈菌唑	100.000	8.44	95.13	$y = 1.024\ 6x + 4.731\ 8$	0.961 0	1.914 7
	50.000	9.56	93.55			
	25.000	11.83	90.35			
	12.500	19.27	79.84			
	6.250	27.83	67.74			
氰烯菌酯	62.500	7.43	96.72	$y = 2.516\ 0x + 2.233\ 3$	0.971 1	13.761 2
	31.250	16.56	84.01			
	15.625	27.70	68.50			
	7.813	65.40	16.01			
	3.906	66.34	14.70			
氰烯菌酯·苯醚甲环唑	4.000	30.86	63.46	$y = 0.608\ 8x + 5.014\ 5$	0.981 7	1.029 9
	2.000	35.41	57.04			
	1.000	36.64	55.27			
	0.500	45.27	43.10			
	0.100	58.24	24.70			
四霉素	4.000	12.75	89.05	$y = 1.386\ 2x + 5.382\ 4$	0.992 0	0.555 3
	2.000	22.75	74.92			
	1.000	30.53	63.93			
	0.500	40.48	49.87			
	0.250	51.53	34.26			
苯丙烯菌酮	1.333	54.39	30.22	$y = 0.983\ 6x + 4.459\ 5$	0.987 3	3.767 0
	0.667	57.22	26.21			
	0.333	63.76	16.98			
	0.167	69.13	9.39			
	0.083	72.39	4.77			
甲基硫菌灵	833.333	33.98	59.05	$y = 1.245\ 7x + 1.600\ 0$	0.999 0	558.795 1
	416.667	43.63	45.41			
	208.333	53.08	32.06			
	104.167	62.60	18.62			
	52.083	68.49	10.29			
		75.77				

表 3 9 种杀菌剂对尖孢镰刀菌菌丝生长抑制效果

药剂	有效成分浓度 ($\mu\text{g/mL}$)	菌落直径 (mm)	相对抑制率 (%)	毒力回归方程	相关系数	EC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
咪鲜胺	450.000 0	5.000	100.00	$y = 2.865\ 9x + 1.398\ 6$	0.867 4	18.290 3
	225.000 0	5.900	98.58			
	112.500 0	6.970	96.89			
	56.250 0	8.110	95.10			
	28.125 0	8.970	93.76			
二氰·吡唑酯	200.000 0	13.660	86.37	$y = 0.441\ 2x + 5.014\ 9$	0.985 8	0.987 4
	100.000 0	16.090	82.54			
	50.000 0	18.910	78.10			
	25.000 0	21.260	74.40			
	12.500 0	25.580	67.60			
溴菌腈	125.000 0	5.000	100.00	$y = 0.896\ 4x + 4.4391$	0.9624	4.262 6
	62.500 0	16.370	82.10			
	31.250 0	17.400	80.48			
	15.625 0	21.360	74.24			
	7.813 0	27.980	63.82			
腈菌唑	100.000 0	10.380	91.53	$y = 1.030\ 6x + 4.536\ 5$	0.937 2	2.985 6
	50.000 0	13.380	86.81			
	25.000 0	14.640	84.82			
	12.500 0	19.170	77.69			
	6.250 0	31.120	58.88			
氰烯菌酯	125.000 0	10.690	91.04	$y = 0.821\ 8x + 4.936\ 6$	0.978 9	1.306 6
	62.500 0	11.600	89.61			
	31.250 0	13.320	86.90			
	15.625 0	15.620	83.28			
	7.812 5	22.620	72.26			
氰烯菌酯·苯醚甲环唑	150.000	5.610	98.97	$y = 0.869\ 0x + 5.313\ 8$	0.973 9	0.454 1
	75.000	6.810	97.15			
	37.500	8.610	94.31			
	18.750	10.320	91.63			
	9.375	11.670	89.49			
四霉素	4.000	5.000	100.00	$y = 3.966\ 3x + 5.847\ 7$	0.803 8	0.618 1
	2.000	28.460	63.07			
	1.000	37.320	49.12			
	0.500	48.110	32.13			
	0.250	50.480	28.40			
苯丙烯菌酮	1.333	58.220	16.22	$y = 0.868\ 8x + 4.022\ 1$	0.957 6	14.473 6
	0.667	59.890	13.59			
	0.333	61.170	10.83			
	0.167	65.000	5.54			
	0.083	67.180	2.11			
甲基硫菌灵	833.333	5.000	100.00	$y = 3.054\ 2x + 0.241\ 9$	0.811 4	54.793 6
	416.667	9.073	93.59			
	208.333	13.970	85.88			
	104.167	17.020	81.08			
	52.083	21.100	74.65			
		68.520				



左图为用药浓度 800 倍；右图为用药浓度 2 000 倍
图1 40% 萎锈灵·福美双用药 10 d 后草莓的药害症状

表 4 不同药剂灌根处理后对草莓的安全性分析

药剂	稀释倍数	株高 (cm)	SPAD 值
25% 溴菌腈	1 500	18.2a	43.81a
	2 000	19.3a	44.56a
25% 氰烯菌酯	300	17.1a	43.59a
	600	17.3a	42.70a
30% 氰烯菌酯·苯醚甲环唑	1 000	18.4a	43.98a
	2 000	16.7a	42.69a
0.2% 苯丙烯菌酮	750	18.4a	43.99a
	1 500	18.9a	45.55a
40% 萎锈灵·福美双	800	16.1b	41.48b
	2 000	13.9b	38.84b
空白对照(清水)	—	17.9a	43.33a

注：同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

这 2 种病害在草莓育苗期均可发生,为了观察对其中一种病害有防治效果的药剂对另一种病害病原菌是否有抑制效果,本研究选择 9 种化学农药分别调查了其对草莓炭疽病和枯萎病病原菌的室内毒力。其中,除咪鲜胺、四霉素和腈菌唑外,其他农药在前人研究中几乎没有报道。根据中国农药信息网(www.chinapesticide.org.cn)公布的数据显示,咪鲜胺可用于防治草莓炭疽病;二氰·吡唑酯、溴菌腈、腈菌唑可用于防治辣椒、烟草、苹果等作物炭疽病;氰烯菌酯和氰烯菌酯·苯醚甲环唑可用于草莓枯萎病的防治;四霉素和萎锈灵·福美双可用于防治花生、大豆、玉米等作物的根腐病。苯丙烯菌酮和甲基硫菌灵为广谱性杀菌剂。

供试的 9 种药剂对暹罗炭疽菌的室内毒力测定结果表明,EC₅₀ 值从低到高依次为咪鲜胺、四霉素、氰烯菌酯·苯醚早环唑、腈菌唑、溴菌腈、苯丙烯菌酮、二氰·吡唑酯、氰烯菌酯和甲基硫菌灵;但在推

荐浓度下,氰烯菌酯·苯醚甲环唑、甲基硫菌灵和苯丙烯菌酮对暹罗炭疽菌的相对抑制率低于 80%;四霉素、二氰·吡唑酯和溴菌腈的相对抑制率在 80%~90% 之间;咪鲜胺、氰烯菌酯和腈菌唑的相对抑制率在 90% 以上。由此可见,4 种用于防治炭疽病的化学农药(咪鲜胺、腈菌唑、二氰·吡唑酯和溴菌腈)对暹罗炭疽菌均有较好的抑制效果;对尖孢镰刀菌有抑制效果的氰烯菌酯和四霉素对暹罗炭疽菌也有较好的抑制效果;2 种广谱杀菌剂(甲基硫菌灵和苯丙烯菌酮)使用效果相对较差。姜莉莉等通过盆栽试验已证实咪鲜胺对草莓炭疽病有较好防治效果^[15]。四霉素对炭疽病菌的毒力也得到了邬劼等证实^[16]。

供试的 9 种药剂对尖孢镰刀菌室内毒力测定结果表明,EC₅₀ 值从低到高依次为氰烯菌酯·苯醚甲环唑、四霉素、二氰·吡唑酯、氰烯菌酯、腈菌唑、溴菌腈、苯丙烯菌酮、咪鲜胺和甲基硫菌灵;但在推荐浓度下,除了二氰·吡唑酯和苯丙烯菌酮的相对抑菌率分别为 86.37% 和 16.22%,其他药剂的相对抑菌率均达 90% 以上。由此可见,供试的 3 种用于枯萎病的药剂、大部分用于炭疽病的药剂和 1 种广谱性杀菌剂(甲基硫菌灵)对尖孢镰刀菌均有较好的抑制效果;效果最差的是广谱性杀菌剂苯丙烯菌酮。腈菌唑对尖孢镰刀菌的防治效果已得到伊海静等^[17]和杨焕青等^[21]证实。

本研究除检测了 9 种杀菌剂对暹罗炭疽菌和尖孢镰刀菌的室内毒力,也对几种抑菌效果较好的杀菌剂及另外一种新型杀菌剂(40% 萎锈灵·福美双)对草莓的安全性进行了田间评价,结果发现只有施用 40% 萎锈灵·福美双的草莓植株出现药害症状,表现为叶片失绿,黄化、焦枯及植株相对矮小,其他药剂均未引起药害。

综上所述,通过田间安全性评价,笔者所在课题组发现 40% 萎锈灵·福美双会对草莓植株产生药害,不适于草莓病害防治;其他供试药剂不会引发草莓药害,在确保有抑菌效果的情况下均可用于草莓病害防治。通过对 9 种杀菌剂在暹罗炭疽菌和尖孢镰刀菌菌丝生长的室内抑制效果测定,结果得出咪鲜胺、氰烯菌酯、腈菌唑和四霉素对暹罗炭疽菌和尖孢镰刀菌的菌丝生长均有较好的抑制效果,它们分别属于咪唑类杀菌剂、新型杀菌剂、内吸治疗性杀菌剂和生物杀菌剂(表 1),在生产中使用这些农药可能有机会减少药剂使用频率,通过交替用药还可延缓抗药性的产生;溴菌腈、甲基硫菌灵和氰烯菌酯·苯醚甲环唑对尖孢镰刀菌菌丝生长的抑制效果优于暹罗炭疽菌;苯丙烯菌酮对 2 种病原菌的菌丝生长抑制效果均较差。本研究可为江苏地区草莓炭疽病和枯萎病防治药剂选择提供参考依据。本研究以室内试验为主,在推广应用前,还需进一步开展田间药效试验。

参考文献:

- [1] 童英富,杨肖芳,廖益民,等. 不同土壤消毒剂和杀菌剂防治草莓土传病害的研究[J]. 浙江农业学报,2012,24(3):476-480.
- [2] 吕淑敏. 草莓育苗期主要病害及防控技术[J]. 农业科技通讯,2019(1):216-218.
- [3] 张艳婷. 草莓茎基腐病的病原菌鉴定、生物学特性及生物-化学协同控制技术[M]. 杭州:浙江农林大学,2021:19-21.
- [4] 武冲,高文俊,韩真,等. 草莓根部病害及防治措施[J]. 落叶果树,2020,52(1):39-41.
- [5] Zhang L Q, Song L L, Xu X M, et al. Characterization and fungicide sensitivity of *Colletotrichum* species causing strawberry anthracnose in Eastern China[J]. Plant Disease, 2020, 104(7):1960-1968.
- [6] Howard C M. Anthracnose of strawberry caused by the *Colletotrichum* complex in Florida[J]. Plant Disease, 1992, 76(10):976.
- [7] 雷恒树,华战迎,范灵姣,等. 北京地区草莓枯萎病病原的鉴定与防治[J]. 中国农业大学学报,2019,24(6):66-72.
- [8] 赵雨萌,李金婷,石昊,等. 引起草莓根腐病的镰刀菌种类鉴定[J]. 植物病理学报,2024,54(2):451-456.
- [9] 宋长年,李红月,马建波,等. 草莓病害及防治措施研究进展[J]. 现代农业科技,2023(14):116-122,126.
- [10] He L F, Li X X, Gao Y Y, et al. Characterization and fungicide sensitivity of *Colletotrichum* spp. from different hosts in Shandong, China[J]. Plant Disease, 2019, 103(1):34-43.
- [11] Zhong S, Miao J Q, Liu X L, et al. Characterization of *Colletotrichum* spp. sensitivity to carbendazim for isolates causing strawberry anthracnose in China[J]. Plant Disease, 2021, 105(1):87-95.
- [12] 韩国兴,礼茜,孙飞洲,等. 杭州地区草莓炭疽病原鉴定及其对多菌灵和乙霉威的抗药性[J]. 浙江农业科学,2009,50(6):1169-1172.
- [13] Jian Y Q, Li Y, Tang G T, et al. Identification of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease of strawberry in Sichuan Province, China[J]. Plant Disease, 2021, 105(10):3025-3036.
- [14] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 杀菌剂第 2 部分:抑制病原真菌菌丝生长试验 平皿法:NY/T 1156.2-2006[S]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [15] 姜莉莉,孙瑞红,宫庆涛,等. 草莓炭疽病病原菌的分离及高效防治药剂筛选[J]. 山东农业科学,2021,53(6):89-93.
- [16] 邹勖,王晓琳,黄洁雪,等. 7 种杀菌剂对草莓胶孢炭疽菌和灰霉病菌的室内毒力测定[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):129-133.
- [17] 伊海静,陈艳,刘正坪,等. 草莓枯萎病菌的分离鉴定及防治药剂筛选[J]. 西北农业学报,2016,25(4):626-635.
- [18] 杨敬辉,陈宏州,肖婷,等. 草莓炭疽病病原鉴定及其对 12 种杀菌剂的毒力测定[J]. 西南农业学报,2015,28(6):2527-2531.
- [19] 曾祥国,向发云,张鹏,等. 十三种杀菌剂对草莓胶孢炭疽菌的室内毒力测定[J]. 湖北农业科学,2012,51(23):5369-5371.
- [20] 于红梅,赵密珍,钱亚明,等. 防治草莓枯萎病菌 4 种药剂的筛选试验[J]. 江苏农业科学,2011,39(6):222-223.
- [21] 杨焕青,王开运,范昆,等. 草莓枯萎病菌的生物学特性及 7 种杀菌剂对其抑制作用[J]. 植物保护学报,2008,35(2):169-174.
- [22] 唐冬兰,唐泉,蒋立奔,等. 6 种杀菌剂对 2 种草莓炭疽病菌室内毒力测定[J]. 江苏农业科学,2022,50(12):106-113.