

5 种矿物源药剂对苹果树腐烂病菌室内防效评价

李 丽, 张树武, 陈大为, 徐秉良*

(甘肃农业大学植物保护学院, 甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室, 兰州 730070)

摘要 为了筛选高效低毒且对苹果树腐烂病防效较佳的矿物源农药, 本试验采用菌丝生长速率法、玻片孢子萌发法和离体枝条烫伤接种法, 测定了 5 种矿物源药剂对苹果树腐烂病菌菌落生长和分生孢子萌发的抑制作用, 以及其在离体枝条上的防治效果。结果表明, 5 种矿物源农药对苹果树腐烂病菌菌落的生长和分生孢子萌发均具有显著的抑制作用, 当 70% 腐植酸钠 GR、77% 氢氧化铜 WP、80% 波尔多液 WP、86.2% 氧化亚铜 WG 和 77% 硫酸铜钙 WP 质量浓度分别为 5、257、400、123 和 385 $\mu\text{g/mL}$ 时, 其对苹果树腐烂病菌菌丝生长的抑制率分别为 97.55%、97.67%、98.94%、95.48% 和 98.43%, 其 EC_{50} 分别为 2.60、71.15、159.60、77.40 和 95.73 $\mu\text{g/mL}$; 对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制率分别为 96.33%、97.67%、98.67%、91.01% 和 95.58%, 其 EC_{50} 分别为 1.38、69.3、145.41、65.48 和 102.98 $\mu\text{g/mL}$ 。离体枝条防效测定表明, 5 种矿物源农药中 70% 腐植酸钠 GR 对苹果树腐烂病防效最佳, 为 86.83%。因此, 腐植酸钠可作为防治苹果树腐烂病的最佳矿物源农药。

关键词 苹果树腐烂病菌; 矿物源农药; 毒力测定; 防治效果

中图分类号: S 436.611.11 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018122

Evaluation of the control efficacy of five mineral source pesticide against the plant pathogen of *Valsa mali*

LI Li, ZHANG Shuwu, CHEN Dawei, XU Bingliang

(College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Biocontrol Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province, Lanzhou 730070, China)

Abstract The aim of our present study was to screen the highly effective and low toxicity mineral source pesticide for control of apple tree valsa canker disease. In this study, the inhibitory effects of five mineral source agents on colony growth and conidial germination of *Valsa mali* pathogens, and their control effect on detached shoots were determined by the colony growth rate, spore germination on slides and shoot scalding inoculation methods. The results showed that five kinds of mineral pesticides had significant inhibitory effects on the growth of *V. mali* and the germination of conidia. When the mass concentration of sodium humate 70% GR, copper hydroxide 77% WP, bordeaux mixture 80% WP, cuprous oxide 86.2% WG and copper calcium sulfate 77% WP were 5, 257, 400, 123 and 385 $\mu\text{g/mL}$, the inhibition rate on mycelial growth were 97.55%, 97.67%, 98.94%, 95.48% and 98.43%, and the EC_{50} values were 2.60, 71.15, 159.60, 77.40 and 95.73 $\mu\text{g/mL}$, respectively. The inhibitory rates on conidia germination were 96.33%, 97.67%, 98.67%, 91.01% and 95.58%, and their EC_{50} values were 1.38, 69.3, 145.41, 65.48 and 102.98 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Among the five kinds of pesticides, sodium humate 70% GR had the best preventive effect on detached shoots with the efficacy of 86.83%. Therefore, sodium humate can be used as the mineral biological pesticides for controlling valsa canker disease on apple trees.

Key words *Valsa mali*; mineral source pesticide; toxicity determination; control efficacy

苹果树腐烂病是目前危害我国苹果产业最主要的病害之一, 截至 2008 年, 全国范围内苹果树腐烂

病的总体病株率为 52.7%, 部分地区发病率高达 85% 以上^[1]。薛应钰等对甘肃省 12 个县、区 74 个

收稿日期: 2018-03-20 修订日期: 2018-04-20

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0201100); 甘肃省国际科技合作专项(1604WKCA010); 甘肃省农牧厅生物技术专项(GNSW-2013-19)

* 通信作者 E-mail: xubl@gsau.edu.cn

不同树龄苹果园调查发现,苹果树腐烂病在甘肃省发生十分普遍,其发病率平均达到 41.09%,严重影响了甘肃省苹果产业的发展,其中平凉、天水、白银、陇南和庆阳等老果园发病率高,尤其树势较差果园发病率高达 60%^[2]。引起该病害的病原为黑腐皮壳菌 *Valsa mali*,该菌可侵染苹果树主枝、主干和果实等多个部位,导致树皮腐烂、树势衰弱、苹果产量和品质下降^[3],严重时引起主干、大枝及整树枯死,甚至全园被毁^[4]。

目前,生产中苹果树腐烂病的防治主要采取传统的化学防治,但是随着人们生活水平的不断提高,人们对环境污染和食品安全等问题越来越重视。长期使用化学农药不仅会破坏果园的生态环境,而且影响果实品质,甚至可能引起食品安全问题^[5]。矿物源农药是一类由天然矿物油或无机化合物通过加工制成的杀菌剂、杀虫剂、除草剂和杀鼠剂。早期的矿物源农药主要包括铜制剂、硫化物、砷化物、氟化物、磷化物和矿物油等,但随着广谱和高效的有机化学农药的出现与发展,某些具有毒性、药害或者具有残留毒性的矿物源农药逐渐被淘汰停止使用,如砷酸铅、磷化锌和砷酸钙等^[6]。目前使用的矿物源农药主要是一些对人畜毒性较低,对有益生物比较安全的药剂,如铜制剂、硫制剂和矿物油乳剂等,其在病害防治中具有独特的作用。同时,与传统的化学农药相比较,矿物源农药具有杀菌范围广,对常见的真菌和细菌性病害有较好的防治作用,不易诱导病菌产生抗药性、安全性强、且耐雨水冲刷、持效期长的特点,多年来被广泛用于植物病害防治^[7]。例如,99%矿物油乳油(绿颖)可防治黄瓜白粉病和草莓白粉病,对蚜虫等昆虫生长发育具有抑制作用,对黄瓜和草莓安全^[8-9]。黄腐酸能够抑制苹果树腐烂病菌菌丝的生长,且浓度越大抑制效果越显著^[10]。77%氢氧化铜干悬浮剂、37.5%氢氧化铜悬浮剂和波尔多液对加工番茄细菌性斑点病具有较好的防治效果^[11]。有关利用矿物源农药防治苹果树腐烂病菌方面的研究较少。因此,寻找能够代替传统的化学农药且对苹果树腐烂病具有高效、低毒的矿物源农药已成为目前的形势所需。

本研究对 5 种矿物源农药对苹果树腐烂病原菌室内抑菌活性以及离体枝条防治效果进行测定,以

期筛选获得对苹果树腐烂病防效较佳的矿物源农药和施用浓度,研究结果可为苹果树腐烂病生物防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试病原菌

供试苹果树腐烂病菌 *Valsa mali* 由甘肃农业大学植物保护学院植物病原学实验室提供。

1.1.2 供试药剂

供试药剂信息见表 1。

表 1 供试药剂
Table 1 Tested fungicides

药剂名称 Reagent	商品名称 Trade name	生产厂家 Manufacturer
77%氢氧化铜可湿性粉剂 Copper hydroxide 77% WP	瑞扑	浙江瑞利生物科技有限公司
80%波尔多液可湿性粉剂 Bordeaux mixture 80% WP	必备	美国仙农有限公司
77%硫酸铜钙可湿性粉剂 Copper calcium sulphate 77% WP	多宁	西班牙艾克威化学工业有限公司
70%腐植酸钠颗粒剂 Sodium humate 70% GR	腐植酸钠	山东优索化工科技有限公司
86.2%氧化亚铜水分散粒剂 Cuprous oxide 86.2% WG	铜大师	挪威劳道克斯公司

1.1.3 供试枝条

采集于甘肃省兰州市西固区崔家崖村苹果园,品种为‘新红星’,5 年树龄。

1.2 试验方法

1.2.1 苹果树腐烂病菌活化及其培养

挑取保存于 4℃ 冰箱中的苹果树腐烂病菌,接种于 PDA 培养基中央进行菌种活化,并置于 25℃、L//D=16 h//8 h 的恒温箱培养 5 d,然后重复上述步骤进行二次纯化,保存备用^[12]。

1.2.2 不同矿物源药剂对苹果树腐烂病菌的室内毒力测定

药剂配制^[13]:将 77%氢氧化铜 WP、80%波尔多液 WP、77%硫酸铜钙 WP、86.2%氧化亚铜 WG 和 70%腐植酸钠 GR,按照推荐浓度经无菌水稀释溶解后分别加入未凝固的 70 mL PDA 培养基中充分摇匀,并经稀释后配制为不同质量浓度的供试药剂(表 2)。

表 2 5 种药剂质量浓度

Table 2 Concentrations of five mineral source pesticides

药剂 Reagent	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentrations				
77%氢氧化铜 WP Copper hydroxide 77% WP	257	128	96	77	64
80%波尔多液 WP Bordeaux mixture 80% WP	400	267	200	160	133
77%硫酸铜钙 WP Copper calcium sulphate 77% WP	385	193	128	96	77
70%腐植酸钠 GR Sodium humate 70% GR	5	4	3	2	1
86.2%氧化亚铜 WG Cuprous oxide 86.2% WG	172	123	96	78	66

毒力测定:采用菌丝生长速率法^[14]。将不同质量浓度药剂分别配制成含药平板,并接种苹果树腐烂病菌菌饼($d=0.5\text{ cm}$)于含药培养基中央,以加入无菌水的培养基为空白对照,每个处理和对照 3 次重复。然后置于 25°C 恒温培养箱里 $L//D=16\text{ h}//8\text{ h}$ 下培养,5 d 后采用十字交叉法测量菌落直径,计算菌丝生长抑制率和有效中质量浓度 EC_{50} 。

菌丝生长抑制率= $[(\text{对照菌落直径}-\text{处理菌落直径})/(\text{对照菌落直径}-0.5)]\times 100\%$,

将抑制率转换成几率值,质量浓度转换成质量浓度对数,以各药剂质量浓度对数值为 x ,并以抑菌率的几率值为 y ,计算供试药剂有效中质量浓度 EC_{50} ,比较各药剂的毒力效果。

1.2.3 不同矿物源药剂对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用

采用玻片孢子萌发法^[15]。将 5 种供试药剂经无菌水按半倍稀释法配制成不同浓度的药液,吸取 1 mL 药液加入灭菌后稍冷却的 9 mL PDA 培养基中充分摇匀,制成含药平板。待冷却后在含药平板上滴入 $20\text{ }\mu\text{L}$ 分生孢子悬浮液,涂抹均匀后利用打孔器($d=10\text{ mm}$)打取菌饼移于载玻片上,以加无菌水的 PDA 作空白对照,每个处理和对照 3 次重复。在 25°C 黑暗条件下保湿培养 36 h 后统计分生孢子萌发情况,每个处理观察 100 个分生孢子(萌发标准为芽管超过分生孢子直径一半),计算分生孢子萌发率和抑制率。

萌发率=萌发的孢子总数/孢子总数 $\times 100\%$;

抑制率=(对照孢子萌发率-处理孢子萌发率)/对照孢子萌发率 $\times 100\%$ 。

1.2.4 不同矿物源药剂对离体枝条防效测定

参照翟慧者等^[16]和臧睿等^[17]的离体枝条接种方法。截取 20 cm 长的离体枝条,经自来水冲洗干

净后用 75%乙醇消毒 15 s,再经无菌水冲洗 3 次,置于超净工作台晾干后用带帽钉子的顶帽进行烫伤。根据毒力测定结果,选择抑制效果最好的浓度配制药液,将药液涂抹于伤口,并待晾干后将培养 3 d 的苹果树腐烂病菌菌饼接种于伤口,每个处理接种 3 个枝条,每个枝条 2 个接种点,共计 6 个接种点,并以先涂抹无菌水后接种病原菌作为对照。 25°C 保湿培养 10 d 后,采用十字交叉法测量病疤长度,计算病疤面积。

病疤面积(cm^2)= $1/4\times\pi\times\text{长径}\times\text{短径}$;

抑菌率=(对照病疤面积-处理病疤面积)/对照病疤面积 $\times 100\%$ 。

1.2.5 数据统计与分析

试验数据利用 Microsoft Excel 2007 整理,采用 DPS 7.5 统计分析软件对数据进行方差分析及其差异显著性检验(Duncan 氏新复极差法, $P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同矿物源农药对苹果树腐烂病菌毒力效果

结果表明,供试矿物源农药对苹果树腐烂病菌菌落生长均具有显著的抑制作用,其中 70%腐植酸钠 GR 对苹果树腐烂病菌菌落生长的抑制率最高。当 77%氢氧化铜 WP、80%波尔多液 WP、77%硫酸铜钙 WP、86.2%氧化亚铜 WG 和 70%腐植酸钠 GR 为最高质量浓度 257、400、385、172、5 $\mu\text{g/mL}$ 时,接种培养第 5 天时其抑菌率分别为 97.67%、98.94%、98.43%、100.00% 和 97.55%;当分别为最低质量浓度 64、133、77、66、1 mg/mL 时,其抑菌率分别为 48.45%、41.44%、45.82%、46.93% 和 32.76%。同时,随着不同药剂浓度的升高,其抑菌活性均呈逐渐增加趋势,接种培养第 5 天时其 EC_{50} 分别为 71.15、159.60、95.73、77.40 和 2.60 $\mu\text{g/mL}$ (表 3)。

2.2 不同矿物源药剂对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用

结果表明,5 种药剂中 70%腐植酸钠 GR 对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用最强,处理 36 h 后,其抑菌率为 92.62%, EC_{50} 为 1.38 $\mu\text{g/mL}$;86.2%氧化亚铜 WG 和 77%氢氧化铜 WP 次之, EC_{50} 分别为 65.48、69.30 $\mu\text{g/mL}$;77%硫酸铜钙 WP 的抑制作用较差, EC_{50} 为 102.98 $\mu\text{g/mL}$;80%波尔多液 WP 对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用最差, EC_{50} 为 145.41 $\mu\text{g/mL}$ (表 4)。

表 3 不同矿物源农药对苹果树腐烂病菌菌落生长的影响¹⁾

Table 3 Effect of different mineral pesticides on the colony growth of *Valsa mali*

药剂 Reagent	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	菌落直径/cm Colony diameter	抑菌率/% Inhibitory rate	毒力回归方程 Regression equation	相关系数(<i>r</i>) Correlation coefficient	EC ₅₀ / $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
77%氢氧化铜 WP Copper hydroxide 77% WP	0	7.33	—	$y=3.3615x-1.2260$	0.9869	71.15
	257	0.66	97.67 a			
	128	1.36	87.43 b			
	96	3.18	60.72 b			
	77	3.82	51.42 b			
80%波尔多液 WP Bordeaux mixture 80% WP	64	4.02	48.45 c	$y=9.3115x+5.4101$	0.9827	159.60
	0	7.45	—			
	400	0.58	98.94 a			
	267	1.60	85.49 b			
	200	2.67	71.13 c			
77%硫酸铜钙 WP Copper calcium sulfate 77% WP	160	5.02	39.90 d	$y=3.3512x-1.6388$	0.9843	95.73
	133	4.90	41.44 d			
	0	9.00	—			
	385	0.63	98.43 a			
	193	2.03	81.96 b			
86.2%氧化亚铜 WG Cuprous oxide 86.2% WG	128	3.97	59.21 b	$y=19.2316x+12.8036$	0.9569	77.40
	96	4.88	48.48 c			
	77	5.11	45.82 d			
	0	8.60	—			
	172	0.50	100.00 a			
70%腐植酸钠 GR Sodium humate 70% GR	123	0.87	95.48 a	$y=14.5222x+3.4112$	0.9577	2.60
	96	1.83	83.54 b			
	78	3.63	61.35 c			
	66	4.80	46.93 d			
	0	2.95	—			
70%腐植酸钠 GR Sodium humate 70% GR	5	1.75	97.55 a	$y=-1.5121+3.5377x$	0.9792	69.3
	4	2.12	90.40 ab			
	3	1.03	77.80 b			
	2	0.57	47.75 c			
	1	0.73	32.76 d			

1) 表中数据均为 3 个重复的平均值。数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。
The data in the table are mean of three replicates. Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test. The same below.

表 4 不同矿物源农药对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的影响

Table 4 Effect of different mineral pesticides on *Valsa mali* conidia germination

药剂 Reagent	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	萌发率/% Germination rate	抑制率/% Inhibitory rate	毒力回归方程 Regression equation	相关系数(<i>r</i>) Correlation coefficient	EC ₅₀ / $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
77%氢氧化铜 WP Copper hydroxide 77% WP	0	90.21	—	$y=-1.5121+3.5377x$	0.9792	69.3
	257	2.10	97.67 a			
	128	11.34	87.43 b			
	96	36.44	59.61 c			
	77	40.26	55.37 d			
80%波尔多液 WP Bordeaux mixture 80% WP	64	45.79	49.24 d	$y=-6.1291+5.1462x$	0.9893	145.41
	0	90.21	—			
	400	1.20	98.67 a			
	267	7.13	92.10 b			
	200	17.98	80.07 c			
80%波尔多液 WP Bordeaux mixture 80% WP	160	45.65	49.40 d	$y=-6.1291+5.1462x$	0.9893	145.41
	133	49.11	45.56 e			
	0	90.21	—			

续表 4 Table 4(Continued)

药剂 Reagent	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	萌发率/% Germination rate	抑制率/% Inhibitory rate	毒力回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient	$\text{EC}_{50}/$ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
77%硫酸铜钙 WP Copper calcium sulfate 77% WP	0	90.21	—	$y = -0.9187 + 2.9406x$	0.9976	102.98
	385	3.99	95.58 a			
	193	19.00	78.94 b			
	128	38.44	57.39 c			
	96	46.17	48.82 d			
	77	57.84	35.89 e			
86.2%氧化亚铜 WG Cuprous oxide 86.2% WG	0	90.21	—	$y = -4.3062 + 5.1243x$	0.9937	65.48
	172	1.30	98.56 a			
	123	8.11	91.01 b			
	96	19.31	78.59 c			
	78	26.55	70.57 d			
	66	46.89	48.02 e			
70%腐植酸钠 GR Sodium humate 70% GR	0	90.21	—	$y = 4.6001 + 2.8701x$	0.9307	1.38
	5	3.31	96.33 a			
	4	6.66	92.62 a			
	3	18.71	79.26 b			
	2	39.67	56.02 c			
	1	53.56	40.63 d			

2.3 不同矿物源药剂对接种病原菌的离体枝条防治效果

与对照相比,5 种矿物源药剂对接种苹果树腐烂病菌的离体枝条具有不同程度的防治效果,其中 70%腐植酸钠 GR 的防治效果显著高于其他药剂,其病疤扩展面积最小,为 2.08 cm²,且与对照差异显著;86.2%氧化亚铜 WG 对接种病原菌的离体枝条保护作用次之,病疤面积为 2.95 cm²;80%波尔多液 WP 和 77%硫酸铜钙 WP 相比较低,病疤面积分别为 7.16 和 6.74 cm²;77%氢氧化铜 WP 在接菌后对离体枝条的保护作用最弱,病疤扩展面积最大,病疤面积为 8.80 cm²(图 1 和表 5)。



a: 70%腐植酸钠GR; b: 86.2%氧化亚铜WG; c: 77%硫酸铜钙WP; d: 80%波尔多液WP; e: 77%氢氧化铜WP; f: CK
a: Sodium humate 70% GR; b: Cuprous oxide 86.2% WG; c: Calcium copper sulfate 77% WP; d: Bordeaux mixture 80% WP; e: Copper hydroxide 77% WP; f: CK

图 1 不同矿物源药剂对接种病原菌的离体枝条防治效果

Fig. 1 Prevention and cure effects of different mineral source agents on isolated branches infected by *Valsa mali*

表 5 不同矿物源药剂对离体枝条的防治效果

Table 5 Prevention effect of different mineral pesticides on detached branches

药剂 Reagent	长径/cm Major axis	短径/cm Minor axis	病疤面积/cm ² Disease scar area	防治效果/% Control efficacy
77%硫酸铜钙 WP Copper calcium sulfate 77% WP	2.98	2.88	6.74	47.98 c
86.2%氧化亚铜 WG Cuprous oxide 86.2% WG	2.16	1.74	2.95	79.57 b
70%腐植酸钠 GR Sodium humate 70% GR	1.72	1.54	2.08	86.83 a
77%氢氧化铜 WP Copper hydroxide 77% WP	3.44	3.26	8.80	30.75 d
80%波尔多液 WP Bordeaux mixture 80% WP	3.08	2.96	7.16	44.49 c
CK	4.08	3.90	12.49	—

3 结论与讨论

苹果树腐烂病长期以来使用化学农药进行防治,但由于抗药性等问题的产生,该病的防治出现了较大的困难^[18],因此高效低毒的矿物源制剂产品成

为苹果生产发展的迫切需要。本试验对 5 种低毒的矿物源农药杀菌剂(77%氢氧化铜 WP、80%波尔多液 WP、77%硫酸铜钙 WP、86.2%氧化亚铜 WG、70%腐植酸钠 GR)对苹果树腐烂病菌菌落生长、分生孢子萌发及其离体枝条防治效果等方面进行了测

定。结果表明,供试的 5 种矿物源药剂对该病菌菌落生长均具有较强的抑制作用,其中,70%腐植酸钠 GR 的抑菌效果最好,接种培养第 5 天时其最高抑菌率为 97.55%,其 EC_{50} 为 $2.60 \mu\text{g/mL}$ 。同时,随着不同药剂浓度的升高,其抑菌活性均呈逐渐增加的趋势。韩盛等^[11]在对番茄细菌性斑点病的试验中也对氢氧化铜和波尔多液等矿物源农药进行了相关研究,表明其对番茄细菌性斑点病具有很好的防治效果。

供试 5 种矿物源药剂对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用测定结果表明,5 种药剂中 70%腐植酸钠 GR 对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用最强,处理 36 h 后,其最高抑菌率为 96.33%, EC_{50} 为 $1.38 \mu\text{g/mL}$ 。郭晓峰等^[19]通过测定 5 种化学药剂对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用得出 20 g/L 海藻酸 AS 对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发抑制效果最差, EC_{50} 为 $15.3820 \mu\text{g/mL}$ 。而本试验筛选出的具有高效低毒、低残留、活性高,作用机理独特,对环境友好,还具有加工剂型多和不污染农产品等优点的 70%腐植酸钠 GR 对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用仅次于化学农药海藻酸钠的效果。

离体枝条防效测定表明,5 种矿物源药剂对接种苹果树腐烂病菌的离体枝条具有不同程度的防治效果,其中 70%腐植酸钠 GR 对接种病原菌的离体枝条的防治效果显著高于其他药剂,其病斑扩展面积最小,为 2.08 cm^2 ,且与对照相比差异显著,77%氢氧化铜 WP 在接菌后对离体枝条的保护作用最弱,病斑扩展面积最大,病斑面积为 8.80 cm^2 。翟慧者等^[16]曾测定 10 种化学杀菌剂对离体枝条苹果树腐烂病的治疗作用,其中 3.315%甲硫·萘乙酸涂抹剂和 6.5%菌毒清 AS 的防效均为 87.5%,而本试验所筛选出的 70%腐植酸钠 GR 对该病的防效也达到了 86.83%,与化学农药 3.315%甲硫·萘乙酸涂抹剂和 6.5%菌毒清 AS 的防治效果相差不大。本试验结果表明,70%腐植酸钠 GR 对苹果树腐烂病菌的抑制作用最佳,对离体枝条的保护作用也最好,可作为主要推广的防治药剂。同时,采用平板培养法进行的杀菌剂室内抑菌效果仅代表药剂与病原菌直接接触时药剂对病原菌菌丝生长的抑制作用,而药剂在田间对病害的防治效果不仅与药剂对病原菌菌丝抑制有关,还与对孢子产生、孢子萌发、药剂的特效性,施药技术,施药时期等因素有关^[20]。因

此,在后续研究中,还需要与田间小区药效试验相结合,为有效防治苹果树腐烂病,进行无公害生产提供科学依据。

参考文献

- [1] 张俊祥,周宗山,迟福梅,等.解淀粉芽孢杆菌 GB1 对苹果树腐烂病的生物防治研究[C]//中国植物病理学会 2015 年学术年会论文集,2015.
- [2] 薛应钰,靳小刚,李海军,等.甘肃省苹果树腐烂病发生和防治情况调查[J].甘肃农业大学学报,2015,50(6):81-87.
- [3] 王建华.苹果树腐烂病菌致病物质的初步研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [4] 翟广华.使用波尔多液防治果树病害的方法及注意事项[J].山西果树,2011(3):48-49.
- [5] 李正鹏.杨凌糖丝菌 Hhs.015 对苹果树腐烂病的生物防治研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [6] 尚尔才,尚祖卫.我国生物源农药半世纪的回顾与启示[J].今日农药,2009,34(7):18-19.
- [7] 王以燕,袁善奎,吴厚斌,等.我国生物源及矿物源农药应用发展现状[J].农药,2012,51(5):313-316.
- [8] 许美良,杨程鹏,徐静,等.矿物源农药绿颖防治黄瓜白粉病的研究[J].安徽农业科学,2005,33(4):638.
- [9] 何红卫.矿物源农药绿颖防治草莓白粉病[J].浙江农业科学,2008,1(1):88-89.
- [10] 陈臻,侯宝宏,王卫雄,等.黄腐酸处理对苹果树腐烂病菌的抑制作用及对苹果树防御酶活性的影响[J].植物保护,2016,42(3):81-86.
- [11] 韩盛,杨渡,徐万里,等.8 种生物源和矿物源农药防治加工番茄细菌性斑点病试验[J].新疆农业科学,2010,47(11):2258-2261.
- [12] 宋娜,戴青青,宋娜,等.苹果树腐烂病菌 GTP-环化水解酶 II 基因敲除载体构建及其突变体的表型分析[J].中国农业科学,2014,47(15):2980-2989.
- [13] 何美仙,罗军.8 种杀菌剂对苦瓜枯萎病菌的室内毒力测定[J].金华职业技术学院学报,2013,13(3):83-85.
- [14] 陈丽,疏秀林,安德荣,等.土壤拮抗放线菌 S-5210-6 活性产物抑菌谱及其作用机制[J].植物保护学报,2007,34(3):277-282.
- [15] 孙广宇,宗兆锋.植物病理学实验技术[M].北京:中国农业出版社,2002:139-146.
- [16] 翟慧者,胡同乐,陈曲,等.10 种化学杀菌剂对苹果树腐烂病的防效评价[J].植物保护,2012,38(3):151-154.
- [17] 臧睿,黄丽丽,康振生,等.陕西苹果树腐烂病菌(*Cytospora* spp.)不同分离株的生物学特性与致病性研究[J].植物病理学报,2007,37(4):343-351.
- [18] 马晓东.陕西苹果腐烂病的发生规律及其无公害化学防治新技术的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [19] 郭晓峰,徐秉良,韩健,等.5 种化学药剂对苹果树腐烂病室内防效评价[J].中国农学通报,2015,31(18):285-290.
- [20] 陈晓洁,李方方,白旭亮,等.3 种新药剂对河北省苹果轮纹病病原菌的抑制效果[J].西部林业科学,2015(4):53-57.

(责任编辑:杨明丽)