

5种植物源药剂对苹果树腐烂病室内防效评价

毛维兴, 李 焰, 张树武, 薛应钰, 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 采用菌落生长速率法、分生孢子玻片萌发法和离体枝条烫伤接种法测定了5种植物源药剂对苹果树腐烂病室内防治效果。结果表明,5种植物源药剂对苹果树腐烂病菌菌落生长和分生孢子萌发均具有显著的抑制作用,当0.3%丁香酚SL、5%香芹酚AS、20%乙蒜素EC、0.5%小檗碱AS和1.3%苦参碱AS的有效成分浓度分别为3、50、100、50和14.44 $\mu\text{g/mL}$ 时,其对苹果树腐烂病菌菌落生长的抑制率分别为98.63%、99.22%、99.22%、100%和79.29%,其 EC_{50} 分别为0.43、8.78、11.21、13.68和8.11 $\mu\text{g/mL}$;对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的校正抑制率分别为97.92%、100%、95.83%、77.08%和96.88%,其 EC_{50} 分别为0.70、8.56、20.39、28.23和8.04 $\mu\text{g/mL}$ 。离体枝条保护试验表明,20%乙蒜素EC有效成分浓度为100 $\mu\text{g/mL}$ 时对离体枝条保护作用最佳。本研究通过筛选明确了5种植物源药剂中0.3%丁香酚SL可作为抑制苹果树腐烂病菌菌丝生长和分生孢子萌发的最佳药剂,以及20%乙蒜素EC可作为离体枝条保护作用的最佳药剂。

关键词 苹果树腐烂病; 植物源农药; 抑菌活性; 防治效果

中图分类号: S 436 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018369

Evaluation of indoor control effect of five different botanical fungicides on apple tree canker

MAO Weixing, LI Yan, ZHANG Shuwu, XUE Yingyu, 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 control effects of five different kinds of botanical fungicides on *Valsa mali* were determined by mycelial growth rate method, conidia germination evaluation and excised twigs inoculation *in vitro*. The results showed that the five kinds of botanical fungicides had significant inhibitory effect on *V. mali* growth and conidia germination. The inhibitory rates were 98.63%, 99.22%, 99.22%, 100% and 79.29% after treated with different active components of eugenol 0.3% SL, carvacrol 5% AS, ethylcin 20% EC, berberine 0.5% AS and matrine 1.3% AS at the concentrations of 3, 50, 100, 50 and 14.44 $\mu\text{g/mL}$, with the EC_{50} values of 0.43, 8.78, 11.21, 13.68 and 8.11 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Moreover, the inhibitory rates of conidia germination were 97.92%, 100%, 95.83%, 77.08% and 96.88%, with the EC_{50} values of 0.70, 8.56, 20.39, 28.23 and 8.04 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Furthermore, active components of ethylcin 20% EC exhibited the best protective effect on *V. mali* infection in excised twigs experiments. Therefore, the present study suggests that eugenol 0.3% SL can be considered as one of the optimal agents to inhibit the colony growth and conidia germination of *V. mali*, and also ethylcin 20% EC can be considered as the optimal agent to protect the branches from *V. mali* infection.

Key words *Valsa mali*; botanical fungicide; inhibitory rate; controlling effect

苹果是享有“世界四大水果”之一美誉的世界性果品^[1]。近20年来,中国苹果产业发展迅速,2011年国内苹果栽种面积达到217.73万 hm^2 ,约占世界

苹果产业总面积的42%,总产达到3 598.5万t,约占世界总产量的54.21%,年产量达到1 605.17亿元,但年产量还处于世界低水平,苹果树腐烂病的大规

收稿日期: 2018-08-25

修订日期: 2018-11-15

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0201100);甘肃农业大学人才专项经费(2017RCZX-07);甘肃农业大学科技创新基金(GAU-XKJS-2018-145);西藏自治区重点科技计划项目(XZ201801NB02);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

模发生是限制苹果产量的重要因素^[2]。苹果树腐烂病主要危害树体枝干、主枝、果实等部位,其发生严重时可导致果树枝干残缺、树势衰弱、产量下降,甚至出现毁园现象^[3]。

当前关于苹果树腐烂病的防治手段以使用化学农药为主^[4]。福美肿是化学农药中最常用的一种药剂,防治苹果树腐烂病效果较好,但长期使用会使环境和果品被砷污染,且其具有中等毒性、强致敏性及强皮肤刺激性。据相关调查表明,超过 30 年的苹果树和树盘土壤中砷的残留量高出国家标准 30 倍^[5]。随着化学农药引起的 3R 问题渐渐被人们关注,近年来世界各国开始出台相应的政策控制化学农药的使用。

植物源农药是来源于大自然的天然农药,不会造成药害残留,对人畜安全,是代替化学农药的首选生物农药之一^[6]。目前,关于植物源农药作为杀菌剂的研究还较少^[7]。据赵常安^[8]研究表明,0.3%丁子香酚可溶液剂(SL)不仅对马铃薯晚疫病起到防治作用,而且具有一定的增产作用。目前有关植物源农药应用于苹果树腐烂病防治的研究较少,尤其有关其作用机理方面尚未报道。

基于此,本研究选取了 5 种植物源农药,采用菌丝生长速率法、离体枝条烫伤接种法和分生孢子萌发法测定了 5 种植物源药剂对苹果树腐烂病菌菌落生长的抑制作用和离体枝条上的保护作用,以便进一步为生产中防治苹果树腐烂病提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株

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分离保存。

1.1.2 离体枝条

采集于甘肃省兰州市西固区苹果园‘新红星’健康枝条,树龄为 20 年。

1.1.3 供试药剂

20%乙蒜素乳油(EC),河南省南阳卧龙农药厂;0.3%丁子香酚可溶液剂(SL),南通神雨绿色药业有限公司;5%香芹酚水剂(AS),兰州世创生物科技有限公司;1.3%苦参碱水剂(AS),恒源伟业生物科技有限公司;0.5%小檗碱水剂(AS),潍坊奥丰作物病害防治有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 含药培养基的制备

将供试药剂经无菌水按半倍稀释法^[9]配制成本表 1 所示浓度的药液,将不同浓度药剂加入灭菌后冷却至 50℃的 PDA 培养基,充分振荡混合均匀后倒入培养皿,以加无菌水的培养基作为空白对照,待培养基凝固后接种苹果树腐烂病病原菌,进行预试验,筛选出较好的药剂设定浓度进行毒力测定(表 2)。

表 1 植物源农药的推荐浓度

供试药剂 Fungicide	有效成分浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ Effective concentration
20%乙蒜素 EC ethylicin 20% EC	100.00
0.3%丁子香酚 SL eugenol 0.3% SL	5.00
5%香芹酚 AS carvacrol 5% AS	100.00
0.5%小檗碱 AS berberine 0.5% AS	20.00
1.3%苦参碱 AS matrine 1.3% AS	8.67

表 2 植物源农药防治苹果树腐烂病的稀释浓度

Table 2 Dilution concentration of botanical fungicides against <i>Valsa mali</i>						
药剂 Fungicide	有效成分浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ Effective concentration					
5%香芹酚 AS carvacrol 5% AS	50.00	25.00	12.25	6.25	3.13	
1.3%苦参碱 AS matrine 1.3% AS	14.44	11.81	10.00	8.66	7.64	
0.5%小檗碱 AS berberine 0.5% AS	50.00	25.00	16.67	12.50	10.00	
0.3%丁子香酚 SL eugenol 0.3% SL	3.00	1.50	0.75	0.38	0.19	
20%乙蒜素 EC ethylicin 20% EC	100.00	50.00	25.00	12.50	6.25	

1.2.2 不同植物源药剂对苹果树腐烂病菌菌落生长的抑制作用

用打孔器($d=5\text{ mm}$)从培养 7 d 的苹果树腐烂病菌菌落边缘打取菌饼,接种到含药和空白对照平板中央。以加无菌水的培养基作为空白对照,置于 25℃恒温培养箱黑暗培养 5 d 后采用十字交叉法测量菌落直径,计算生长抑制率。

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

1.2.3 不同植物源药剂对苹果树腐烂病菌孢子活性的影响

在超净工作台上,将 5 种农药稀释成不同浓度,制成含药培养基。待培养基冷却后,滴入 50 μL 腐烂病菌孢子悬浮液,用无菌玻璃涂布器将孢子悬浮液

涂抹均匀。每个处理设置 3 个重复,以加入等量无菌水的 PDA 为空白对照。将涂抹均匀的 PDA 培养基置于 25℃ 黑暗条件下倒置培养 24 h 后切取 1 cm² 大小的正方形培养基放于载玻片上,在显微镜下观察孢子的萌发状况。每个重复选择 100 个孢子检查萌发率。计算孢子萌发率和抑制率。

孢子萌发率=(萌发的孢子数/孢子总数)×100%;

萌发抑制率=[(对照孢子萌发率-处理孢子萌发率)/对照孢子萌发率]×100%。

1.2.4 不同植物源药剂对接种病原菌的离体枝条保护作用

参照翟慧者^[10]和臧睿等^[11]离体枝条接种方法,截取 10 cm 长的离体枝条,先用自来水冲洗干净,再用无菌水冲洗,接着用脱脂棉蘸取酒精对枝条表面进行消毒,最后置于超净工作台晾干后烫伤,再次喷无菌水晾干,将已配制好的不同浓度药剂涂抹于伤口,待晾干后接种培养 5 d 的苹果树腐烂病菌饼,以先涂抹无菌水后接种病原菌为对照。试验每个处理和对照接种 3 个枝条,每个枝条 2 个接种点,每处理共计 6 个接种点(即为 6 次重复)。保湿

培养 7~10 d 后采用“十字交叉法”测量病疤长度和短径,并计算病疤面积。

病疤面积(cm²)=1/4×π×长径×短径。

1.3 数据处理

数据采用 Excel 2007 软件计算平均值和标准误,并采用 SPSS 19.0 软件和 Duncan 氏新复极差法进行方差分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同植物源药剂对苹果树腐烂病菌菌丝生长的抑制作用

通过含药培养基法测定植物源农药对苹果树腐烂病菌菌丝生长的影响,试验结果表明,5 种植物源农药对苹果树腐烂病菌菌丝生长均具有一定的抑制作用。通过菌丝生长抑制率计算 5 种药剂 EC₅₀,得出 0.3% 丁香香酚 SL EC₅₀ 最低,仅为 0.43 μg/mL;而 0.5% 小檗碱 AS EC₅₀ 最高,为 13.68 μg/mL。因此,0.3% 丁香香酚 SL 对苹果树腐烂病菌菌丝生长抑制作用最为显著(表 3)。

表 3 不同植物源药剂对苹果树腐烂病菌菌落生长的抑制作用¹⁾

Table 3 Inhibitory effects of different botanical fungicides on the colony growth of *Valsa mali*

药剂 Fungicide	浓度/μg·mL ⁻¹ Concentration	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibitory rate	回归方程 Regression equation	EC ₅₀ / μg·mL ⁻¹
0.3% 丁香香酚 SL eugenol 0.3% SL	3.00	(0.62±0.017)f	(98.63±0.200)a	y=2.097 6x+5.761 3	0.43
	1.50	(2.57±0.017)e	(75.69±0.200)b		
	0.75	(3.63±0.160)d	(63.14±1.870)c		
	0.38	(5.63±0.060)c	(39.61±0.710)d		
	0.19	(6.30±0.028)b	(31.76±0.340)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(9.00±0.000)a	—	—	—
5% 香芹酚 AS carvacrol 5% AS	50.00	(0.57±0.017)f	(99.22±0.200)a	y=2.407 3x+2.729 3	8.78
	25.00	(3.30±0.153)e	(67.06±1.800)b		
	12.50	(4.12±0.101)d	(57.37±1.190)c		
	6.25	(6.08±0.060)c	(34.31±0.710)d		
	3.13	(7.17±0.073)b	(21.57±0.850)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(9.00±0.000)a	—	—	—
20% 乙蒜素 EC ethylicin 20% EC	100.00	(0.57±0.017)f	(99.22±0.200)a	y=2.044 6x+2.854 0	11.21
	50.00	(1.98±0.033)e	(82.55±0.390)b		
	25.00	(3.63±0.159)d	(63.14±1.870)c		
	12.50	(4.33±0.044)c	(54.90±0.520)d		
	6.25	(4.72±0.088)b	(40.03±1.520)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(9.00±0.000)a	—	—	—
0.5% 小檗碱 AS berberine 0.5% AS	50.00	(0.50±0.000)f	(100.00±0.000)a	y=7.398 2x-3.404 1	13.68
	25.00	(2.58±0.296)e	(75.28±3.530)b		
	16.67	(4.12±0.322)d	(57.47±3.790)c		
	12.50	(5.20±0.257)c	(44.69±3.060)d		
	10.00	(5.73±0.268)b	(38.43±3.270)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(9.00±0.000)a	—	—	—

续表 3 Table 3(Continued)

药剂 Fungicide	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibitory rate	回归方程 Regression equation	$\text{EC}_{50}/\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
1.3%苦参碱 AS matrine 1.3% AS	14.44	(1.93±0.060)f	(79.29±1.13)a	$y=3.4127x+1.8970$	8.11
	11.81	(2.47±0.017)e	(71.61±0.56)b		
	10.00	(3.00±0.189)d	(63.96±2.47)c		
	8.66	(3.60±0.076)c	(55.29±0.38)d		
	7.64	(4.38±0.101)b	(44.00±0.59)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(9.00±0.000)a	—	—	—

1) 表中数据为处理后第 5 天的菌落直径和生长抑制率。同列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。
Data in the table are colony diameter and growth inhibition rate at the 5th day. Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.2 不同植物源药剂对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用

不同植物源药剂对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发均有一定的抑制效果,通过不同药剂 EC_{50} 得出:丁子香酚对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作

用最强, EC_{50} 为 $0.70 \mu\text{g}/\text{mL}$;苦参碱和香芹酚次之, EC_{50} 分别为 $8.04 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $8.56 \mu\text{g}/\text{mL}$;乙蒜素的抑制作用较差, EC_{50} 为 $20.39 \mu\text{g}/\text{mL}$;小檗碱对苹果树腐烂病菌分生孢子萌发的抑制作用最差, EC_{50} 为 $28.23 \mu\text{g}/\text{mL}$ (表 4)。

表 4 不同植物源药剂对苹果树腐烂病菌孢子萌发的影响¹⁾

Table 4 Effects of different botanical fungicides on the conidia germination of *Valsa mali*

药剂 Fungicide	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	萌发率/% Germination rate	校正抑制率/% Corrected inhibitory rate	回归方程 Regression equation	$\text{EC}_{50}/\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
5%香芹酚 AS carvacrol 5% AS	50.00	(1.0±0.58)f	(100.00±0.59)a	$y=4.6904x+0.6269$	8.56
	25.00	(20.0±1.53)e	(80.41±1.57)b		
	12.50	(51.0±2.89)d	(47.92±2.96)c		
	6.25	(73.0±2.65)c	(26.53±2.71)d		
	3.13	(88.0±3.61)b	(9.38±3.69)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(97.6±0.55)a	—	—	—
0.3%丁子香酚 SL eugenol 0.3% SL	3.00	(3.0±1.00)f	(97.92±1.02)a	$y=2.9211x+5.4520$	0.70
	1.50	(23.0±2.00)e	(77.32±2.05)b		
	0.75	(51.0±3.46)d	(47.92±3.55)c		
	0.38	(73.0±2.65)c	(26.53±2.71)d		
	0.19	(90.0±3.21)b	(7.29±3.29)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(97.6±0.55)a	—	—	—
20%乙蒜素 EC ethylicin 20% EC	100.00	(5.0±1.53)f	(95.83±1.57)a	$y=1.9637x+2.4284$	20.39
	50.00	(35.0±1.53)e	(65.31±1.57)b		
	25.00	(51.0±1.73)d	(47.92±1.77)c		
	12.50	(63.0±2.00)c	(36.08±2.05)d		
	6.25	(78.0±2.65)b	(19.79±2.71)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(97.6±0.55)a	—	—	—
0.5%小檗碱 AS berberine 0.5% AS	50.00	(23.0±2.08)f	(77.08±2.13)a	$y=4.0194x-0.8308$	28.23
	25.00	(51.0±3.51)e	(48.45±3.60)b		
	16.67	(67.0±2.08)d	(31.25±2.13)c		
	12.50	(89.0±1.00)c	(10.20±1.02)d		
	10.00	(96.0±0.58)b	(1.04±0.59)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(97.6±0.55)a	—	—	—
1.3%苦参碱 matrine 1.3% AS	14.44	(4.0±1.53)f	(96.88±1.57)a	$y=6.9867x-1.3241$	8.04
	11.81	(15.0±1.53)e	(85.71±1.57)b		
	10.00	(29.0±0.58)d	(70.83±0.59)c		
	8.66	(35.0±1.00)c	(64.95±1.02)d		
	7.64	(56.0±3.06)b	(42.71±3.13)e		
CK(无菌水 Sterile water)	—	(97.6±0.55)a	—	—	—

1) 表中数据均为处理后第 24 h 的萌发抑制率。同列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。
Data in the table represent germination rate 24 h after treatment. Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.3 不同植物源药剂对接种病原菌的离体枝条保护作用

结果表明,供试的 5 种植物源药剂对接种苹果树腐烂病菌的离体枝条均有不同的保护效果。20%乙蒜素 EC 对接种病原菌的离体枝条的保护作用显著高于其他药剂,病疤面积最小,为 160. 21 mm²,与对照相比差异显著;5%香芹酚 AS、0. 3%丁子香酚 SL 和 1. 3%苦参碱 AS 次之,病疤面积分别为 236. 03、266. 42 和 484. 95 mm²;0. 5%小檗碱 AS 在接菌后对离体枝条的保护作用最弱,病疤面积最大,为 597. 09 mm²,而对照的病疤面积为 1 309. 64 mm²(图 1 和表 5)。



a: 乙蒜素; b: 香芹酚; c: 丁子香酚; d: 苦参碱; e: 小檗碱; f: CK
a: Ethylicin; b: Carvacrol; c: Eugenol; d: Matrine; e: Berberine; f: CK

图 1 不同植物源药剂对接种苹果树腐烂病菌的苹果离体枝条的保护效果
Fig 1 Protective effects of different botanical fungicides on the excised twig of apple tree after inoculated with *Valsa mali*

表 5 不同植物源药剂对接种苹果树腐烂病菌的离体枝条的保护作用¹⁾

药剂 Fungicide	有效成分浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Effective concentration	病疤平均面积/ mm^2 Average area of scar
5%香芹酚 AS carvacrol 5% AS	50. 00	(236. 03 $\pm$ 4. 32)d
0. 3%丁子香酚 SL eugenol 0. 3% SL	3. 00	(266. 42 $\pm$ 4. 22)d
20%乙蒜素 EC ethylicin 20% EC	100. 00	(160. 21 $\pm$ 2. 44)e
1. 3%苦参碱 AS matrine 1. 3% AS	14. 44	(484. 95 $\pm$ 11. 89)c
0. 5%小檗碱 AS berberine 0. 5% AS	50. 00	(597. 09 $\pm$ 9. 93)b
CK	—	(1 309. 64 $\pm$ 24. 48)a

1) 表中数据为 7 d 时的病疤面积。同列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。
Data in the table are the scar area at the 7th day. Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $P<0. 05$ level by Duncan's new multiple range test.

3 结论与讨论

3.1 植物源农药对苹果树腐烂病菌菌落及孢子萌发的影响

本试验供试的 5 种植物源农药对苹果树腐烂病菌的菌落生长和孢子萌发均有一定的抑制作用。随着不同药剂浓度的增加,其抑制效果显著增强,其中 0. 3%丁子香酚 SL 对苹果树腐烂病菌菌落生长和孢子萌发的抑制率最高,其 EC_{50} 分别为 0. 43 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和 0. 70 $\mu\text{g}/\text{mL}$;其次为 1. 3%苦参碱 AS,抑制菌落生长和孢子萌发的 EC_{50} 分别为 8. 11 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和 8. 04 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。杨勇等^[12]的研究发现 20%丁子香酚 AS 对葡萄灰霉病有较好的抑菌效果,浓度为 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时抑制率达到 93. 47%,且与另一植物源农药 5%苦参碱混配后,对葡萄灰霉病菌的抑菌活性显著增强。同时,安永学等^[13]的研究表明 5%的香芹酚 AS 500 倍液对辣椒白粉病的防效可达 89. 93%,且可使辣椒增产 18. 08%;郭成瑾等^[14]的研究表明在大田试验中使用 0. 3%丁子香酚 SL 防治马铃薯晚疫病,在发病初期

喷施 2~3 次,防病效果可达 72. 17%。本试验表明,丁子香酚对苹果树腐烂病具有较好的防治效果。

3.2 植物源农药对苹果离体枝条的保护作用

离体枝条试验结果表明 20%乙蒜素 EC 对苹果离体枝条的保护作用最强,接种苹果树腐烂病菌 7 d 后,病疤面积最小,为 160. 21 mm²。据报道,叶面喷施乙蒜素不仅能够促进作物生长,还对作物的枯萎病和蔓枯病具有较好的防效^[15]。杨淑贞等^[16]的研究表明,80%乙蒜素 EC 可用于防治山核桃干腐病,乙蒜素可以抑制山核桃干腐病原菌菌丝生长,同时对山核桃木质部具有良好的保护作用,本试验结果与前人研究结果基本一致。

利用植物源制剂防治植物病害是目前植物病害生物防治的一个新领域,是实现农药无毒、无残留、无污染的一个有效途径,也是实现农业可持续发展的一个重要环节。本研究经过室内试验表明,0. 3%丁子香酚 SL 为供试 5 种药剂中抑制苹果树腐烂病菌菌丝生长和分生孢子萌发的最佳药剂,20%乙蒜素 EC 为离体枝条保护作用的最佳药剂,但是其在

实际生产中对苹果树腐烂病的防治作用还有待大田试验进行验证。

参考文献

[1] 侯宝宏,徐秉良,郇町,等. 抗苹果树腐烂病解淀粉芽孢杆菌 TS-1203 的抑菌活性物质稳定性及抑菌谱测定[J]. 甘肃农业大学学报,2017,52(1):80-86.

[2] 李向东,李国梁. 甘肃省苹果产业发展现状与建议[J]. 中国果树,2017(1):91-95.

[3] 曹克强,国立耘,李保华,等. 中国苹果树腐烂病发生和防治情况调查[J]. 植物保护,2009,35(2):114-117.

[4] 薛应钰,范万泽,张树武,等. 苹果树腐烂病菌拮抗放线菌的筛选、鉴定及防效[J]. 应用生态学报,2016,27(10):3379-3386.

[5] 赵政阳,张翠花,梁俊,等. 施用农药福美肿对苹果果园砷污染的研究[J]. 园艺学报,2007(5):1117-1122.

[6] 冯俊涛,石勇强,张兴. 56 种植物抑菌活性筛选试验[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001(2):65-68.

[7] 阎世江,张继宁,刘洁. 我国植物源农药的应用现状及前景展望[J]. 农药市场息,2016(10):6-9.

[8] 赵常安. 植物源农药丁子香酚对马铃薯晚疫病的防治效果[C]//

中国作物学会马铃薯专业委员会. 马铃薯产业与现代可持续农业. 哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2015.

[9] 姜玉娟. 苹果树腐烂病防治的研究进展[C]//成卓敏. 粮食安全与植保科技创新. 北京:中国农业科学技术出版社,2009.

[10] 翟慧者. 防治苹果树腐烂病药剂的筛选及评价研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.

[11] 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.

[12] 杨勇,王建华,吉沐祥,等. 植物源农药丁子香酚与苦参碱及其混配对葡萄灰霉病的毒力测定及田间防效[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):160-163.

[13] 安永学,董芳. 5%香芹酚对辣椒白粉病的防治效果[J]. 兰州交通大学学报,2016,35(4):162-164.

[14] 郭成瑾,张丽荣,沈瑞清,等. 防治马铃薯晚疫病药剂筛选试验[J]. 农药,2012,51(2):151-152.

[15] 张博,马立国,张悦丽,等. 几种生物制剂对致病疫霉的毒力测定[J]. 农药,2017,56(2):138-140.

[16] 杨淑贞,丁立忠,楼君芳,等. 山核桃干腐病发生发展规律及防治技术[J]. 浙江林学院学报,2009,26(2):228-232.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 281 页)

参考文献

[1] ŠUTOVSKÁ M, CAPEK P, KOCMÁLOVÁ M, et al. Characterization and biological activity of *Solidago canadensis* complex [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 52(1): 192-197.

[2] 吴降星,陈宇博,金彬,等. 宁波市加拿大一枝黄花综合防治及利用[J]. 植物检疫,2015,29(2):78-81.

[3] 董梅,陆建忠,张文驹,等. 加拿大一枝黄花一种正在迅速扩张的外来入侵植物[J]. 植物分类学报,2006,44(1):72-85.

[4] 沈国辉,姚红梅,管丽琴,等. 上海郊区加拿大一枝黄花的发生危害与化学防除研究[J]. 上海农业学报,2005,21(2):1-4.

[5] 唐伟. 齐整小核菌(*Sclerotium rolfsii*)菌株 SC64 开发作为生物除草剂的潜力研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.

[6] 周治明. 南京市江宁区加拿大一枝黄花发生现状及建议[J]. 现代农业科技,2014(11):139-143.

[7] 李明桃. 加拿大一枝黄花生物学特性及其防治措施[J]. 农业灾害研究,2013,3(4):29-30.

[8] 黄金海,徐绍清,娄厚岳. 加拿大一枝黄花的生长特性及药剂防治试验[J]. 宁波农业科技,2005,4(3):12-14.

[9] 沈夏斌. 江淮地区加拿大一枝黄花的整体药物防治效果观察[J]. 中国农业信息,2014(6):52.

[10] 沈火明,王荣洲,余若虹,等. 加拿大一枝黄花化学防除研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(11):3301-3312.

[11] 黄文生. 加拿大一枝黄花化学防治研究[J]. 现代农业科技,2015(23):119-120.

[12] 蒋萍华,李元君,梅建冬,等. 阔剑对加拿大一枝黄花的防除效果研究[J]. 安徽农业科学,2013(27):11009-11017.

[13] 苏庆桂. 加拿大一枝黄花化学防除配方优化研究[J]. 福建林业科技,2012,39(2):106-108.

[14] 董旭,郭水良,陈秀芝. 入侵植物加拿大一枝黄花综合管理技术的研究进展[J]. 环境科学与管理,2012,37(9):86-91.

[15] 徐丽君,倪萌,王程亮. 加拿大一枝黄花药剂防除对比试验[J]. 植物医生,2014,27(1):29-31.

[16] 金红玉,张影,王雅玲,等. 加拿大一枝黄花防除化学药剂的筛选及其应用效能[J]. 植物保护,2018,44(4):194-201.

[17] HALAS P, ŠVEC P, LACINA J, et al. Environmental impact of a large-scale chemical elimination of *Reynoutria* spp. on the alluvium of the Morávka river-examination of vegetation changes in floodplain forests [J]. Biologia, 2018,73:9-20.

[18] OLSZYK D, PFLEEGER T, LEE E H, et al. Glyphosate and dicamba herbicide tank mixture effects on native plant and non-genetically engineered soybean seedlings [J]. Ecotoxicology, 2015, 24:1014-1027.

[19] 翁华,魏有海,郭青云. 不同除草剂对野燕麦和旱雀麦的防除效果[J]. 农药,2017(3):225-227.

[20] 张锦伟,刘亦学,于金萍,等. 5 种苗后除草剂对冷季型草坪杂草的防治效果[J]. 农药,2017(7):539-541.

[21] 田志慧,沈国辉. 4 种芽前除草剂防除直播小白菜田杂草的效果及其安全性[J]. 植物保护,2016,42(6):197-201.

(责任编辑:杨明丽)