

植物源农药对刺梨白粉病田间防效及其品质和产量的影响

张志敏¹, 侯发民¹, 张绍阳¹, 李晓明², 吴琴芳³

(1. 铜仁学院农林工程与规划学院, 贵州省梵净山地区生物多样性保护与利用重点实验室, 铜仁 554300; 2. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100; 3. 贵州省铜仁市松桃苗族自治县水源农牧养殖专业合作社, 铜仁 554300)

摘要 为筛选有效防治刺梨白粉病的植物源农药,以‘贵农5号’为试材,研究5种植物源农药对刺梨白粉病的防治效果以及对果实品质及产量的影响。结果表明,连续两次施药后,植物源农药对刺梨白粉病防效良好,能提高果实品质,增加产量;其中,0.5%大黄素甲醚 AS、0.5%小檗碱 AS 药后 7 d 防效分别为 88.09%、85.82%,药后 14 d 防效分别为 82.07%、83.27%,与化学药剂相当;0.5%大黄素甲醚 AS 处理组果实品质最佳,相对化学药剂处理果实中可溶性固形物、可溶性糖、维生素 C 含量分别提高 22.11%、24.58%、11.26%,抗氧化能力增强 6.72%;6%大蒜素 EC、0.5%大黄素甲醚 AS、0.5%小檗碱 AS 处理与化学药剂 25%啞菌酯 SC 处理相比产量无明显差异,增产作用相当,增产率分别为 143.02%、152.29%、148.38%;从对刺梨白粉病田间防治效果、果实品质、产量等因素综合考虑,0.5%大黄素甲醚 AS 是防治刺梨白粉病的最佳植物源农药。

关键词 刺梨; 植物源农药; 白粉病; 防治效果; 品质

中图分类号: S 665.9 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020055

Effect of botanical fungicides on powdery mildew, quality and yield of *Rosa roxburghii*

ZHANG Zhimin¹, HOU Famin¹, ZHANG Shaoyang¹, LI Xiaoming², WU Qinfang³

(1. Guizhou Key Laboratory of Biodiversity Conservation and Utilization in the Fanjing Mountain Region, College of Agriculture and Forestry Engineering and Planning, Tongren University, Tongren 554300, China; 2. College of Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 3. Professional Cooperative of Songtao Miao Autonomous County Shuiyuan Farming and Animal Husbandry of Guizhou Province, Tongren 554300, China)

Abstract In order to screen effective botanical fungicide against powdery mildew of *Rosa roxburghii* Tratt., the control effects of five botanical fungicides were tested on variety ‘Guinong 5’ and their effects on fruit quality and yield were also analyzed. The results showed that all the five botanical fungicides had the good control effects on the powdery mildew of *R. roxburghii*, and could improve the fruit quality and increase the yield after 2 consecutive applications. Among them, the control efficacies of physcion 0.5% AS and berberine 0.5% AS were 88.09% and 85.82%, respectively, 7 d after application, and 82.07% and 83.27% 14 d after application, respectively, which were equivalent to the effect of chemical fungicide (azoxystrobin 25% SC). The fruit quality treated by physcion 0.5% AS was the best and the contents of soluble solids, soluble sugar, and vitamin C increased by 22.11%, 24.58% and 11.26%, respectively and antioxidant capacity increased by 6.72% compared with chemical fungicide treatment group. There was no significant difference in yield between botanical fungicides (allicin 6% EC, physcion 0.5% AS, berberine 0.5% AS) and chemical pesticide azoxystrobin 25% SC. The yield of groups treated with allicin 6% EC, physcion 0.5% AS and berberine 0.5% AS increased by 143.02%, 152.29% and 148.38%, respectively, compared to the blank control. Considering the field control effects of powdery mil-

收稿日期: 2020-01-22

修订日期: 2020-03-13

基金项目: 贵州省科技厅合作计划(黔科合 LH 字[2016]7301 号);贵州省林学重点学科建设(黔学位办[2017]45 号);贵州省梵净山地区生物多样性保护与利用重点实验室建设(黔科合平台人才[2020]2003)

联系方式: E-mail: zhangzhimin-013@163.com

dew of *R. roxburghii* and effects on fruit quality and yield, physcion 0.5% AS can be considered as one of the optimal botanical fungicides for the control of *R. roxburghii* powdery mildew.

Key words *Rosa roxburghii*; botanical fungicide; powdery mildew; control effect; quality

刺梨 *Rosa roxburghii* Tratt. 属蔷薇科、蔷薇属,多年生落叶灌木。集食用、药用、保健、观赏及生态为一体,是一种具有良好发展前景的新兴水果。其果实营养丰富,富含维生素 C、有机酸、多糖、胡萝卜素、B 族维生素、纤维素、氨基酸、脂肪、蛋白质、芦丁、单宁、黄酮及超氧化物歧化酶等多种活性物质^[1-3]。这些物质具有防癌抗癌、抗诱变、抗氧化、提高免疫力、延缓衰老、健胃等功效^[4-7]。

刺梨主要分布在我国贵州、云南、广西、四川、西藏、陕西、湖北等地,尤其以贵州种植规模最大,产量最高。截至 2018 年底,贵州省集中种植面积突破 10.4 万 hm^2 ^[8]。近年来,随着栽培面积的扩大,刺梨病害日益严重,尤其刺梨白粉病(病原菌以梨球针壳为主)危害严重且普遍。白粉病主要危害嫩叶、花蕾、花瓣等器官,影响光合作用、呼吸作用和蒸腾作用,使产量降低,品质变差,阻碍刺梨产业的健康发展^[9-10]。

目前,刺梨白粉病主要采用化学药剂,例如,三唑酮、甲基硫菌灵、苯醚甲环唑、腈菌唑等防治^[10-11]。生产中过度依赖化学农药导致植株抗药性增强,防治效果差,同时,农药残留增加,土壤和生态环境遭到严重污染和破坏^[12],因此,世界各国开始实施相应的政策控制化学农药的使用,提倡用生物农药或植物源农药代替化学农药^[13]。本试验基于生产中的实际问题,选用 5 种植物源农药,研究其对刺梨白粉病的防治效果及对产量和品质的影响,旨在为刺梨绿色生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于贵州省龙里县谷脚镇茶香村,海拔 1 400 m 左右,属亚热带季风湿润气候,年平均气温 14.8℃,年降水量 1 100 mm 左右,降水多集中在夏季;年日照时数 1 160 h 左右,无霜期 280 d 以上,湿度较大。试验地为 8 年树龄的刺梨园,株行距为 1.5 m×2 m,品种为‘贵农 5 号’(易感白粉病),果园常规管理,肥力中等。

1.2 试验药剂

6%大蒜素乳油(EC),陕西慈缘生物技术有限公司;0.5%大黄素甲醚水剂(AS)、1%蛇床子素水

乳剂(EW),内蒙古清源保生物科技有限公司;0.3%丁子香酚可溶液剂(SL),南通神雨绿色药业有限公司;0.5%小檗碱水剂(AS),潍坊奥丰作物病害防治有限公司;25%啞菌酯悬浮剂(SC),先正达生物科技有限公司。

根据前期试验筛选出植物源农药推荐使用浓度如表 1。

表 1 植物源农药推荐使用浓度

Table 1 Recommendation concentrations of botanical fungicides

药剂 Fungicide	有效成分浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Available ingredient concentration
6%大蒜素 EC allicin 6% EC	600.00
0.5%大黄素甲醚 AS physcion 0.5% AS	12.5
1%蛇床子素 EW osthol 1% EW	33.3
0.3%丁子香酚 SL eugenol 0.3% SL	7.5
0.5%小檗碱 AS berberine 0.5% AS	25.0
25%啞菌酯 SC azoxystrobin 25% SC	166.67

1.3 试验设计

田间试验设 7 个处理(5 种植物源农药,1 种化学农药,无菌水),其中,25%啞菌酯 SC 和无菌水处理为对照,每处理重复 3 次,采用随机区组排列,选取植株生长一致的刺梨地块作为试验小区,每小区 66.7 m^2 。

1.4 施药及调查

用手动喷雾器于 2018 年 4 月 5 日进行第 1 次施药,共施两次,间隔 7 d,5 种植物源农药和化学农药(25%啞菌酯 SC)均按表 1 的有效浓度施用;施药时叶片的正反面均匀喷药,以叶片不滴水为宜,于施药前及药后 7、14 d 调查发病情况,每小区采取对角线 5 点取样法,每点调查 3 株全部叶片。参照文献^[14]进行分级,并计算病情指数和防治效果。

病情分级标准^[14]:0 级,整个复叶无病斑;1 级,1~2 个小叶发病,菌丝稀薄;2 级,3~4 个小叶发病,菌丝较厚;3 级,5~6 个小叶发病,菌丝浓厚;4 级,7 个以上小叶发病,菌丝浓厚。

病情指数 = $\frac{\sum(\text{病级数} \times \text{该级病叶数})}{\text{调查总叶片数} \times \text{最高级数}} \times 100$;

防治效果 =

$\frac{\text{对照区病情增长值} - \text{处理区病情增长值}}{\text{对照区病情增长值}} \times 100\%$ 。

1.5 果实品质测定

2018 年 9 月在果实完全成熟时,选择颜色大小基本一致、无病虫害、无机械损伤果实,采后立即放入冰盒带回实验室,然后随机分成 7 组,每组 300 个果实,3 次重复,测定可溶性固形物、可溶性糖、维生素 C、抗氧化能力等指标。

1)可溶性固形物(TSS)含量测定:使用 GR60 全自动折光仪在室温下测定,结果以百分数表示。

2)可溶性糖含量:采用蒽酮比色法测定^[15]。

3)维生素 C 含量:采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定^[16]。

4)抗氧化能力:采用 FRAP 法[ferric reducing/antioxidant power (FRAP)]测定总抗氧化能力,测定方法根据 Benzie 等描述^[17]稍有改动,总抗氧化能力以每克新鲜果实中 Fe²⁺的等价物表示(FeSO₄•7H₂O μg/g 鲜重)。

5)坐果率:人工授粉后 40 d 调查坐果率。坐果率=结果数/总开花数×100%。

6)单果重:采用对角线 5 点取样法每小区选取 5 株植株,果实成熟时,采收全部果实,称重法测定单果重,取其平均值。

7)产量:果实成熟时,统计每个小区的产量,并换算为每公顷的产量。

1.6 数据分析

试验数据采用 SAS 软件 ANOVA 过程进行方

差分析,Duncan 氏新复极差法比较各处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 植物源农药对刺梨白粉病的田间防治效果

由表 2 可知:5 种植物源农药在试验用量下,连续两次施药对刺梨白粉病起到了良好的防治效果。第 2 次药后 7、14 d,植株的病情指数均极显著低于对照(无菌水)($P<0.01$),表明 5 种植物源农药对植株病情的发展有显著的抑制作用;施药 7 d 后,0.5%大黄素甲醚 AS、0.5%小檗碱 AS 防效为 88.09%、85.82%,药后 14 d 防效为 82.07%、83.27%,与化学药剂相当;1%蛇床子素 EW 药后 7 d 的防效与 25%嘧菌酯 SC 无显著差异,药后 14 d 防效明显低于 25%嘧菌酯 SC,但与 0.5%大黄素甲醚 AS、0.5%小檗碱 AS 无显著差异;6%大蒜素 EC 药后 7 d 与化学药剂防效相当,药后 14 d 防效显著低于化学药剂;0.3%丁子香酚 SL 药后 7、14 d 防效均显著低于 25%嘧菌酯 SC。由分析知,0.5%大黄素甲醚 AS、0.5%小檗碱 AS 在刺梨白粉病防治上可以代替化学药剂;1%蛇床子素 EW 与 0.5%大黄素甲醚 AS、0.5%小檗碱 AS 的防效相当,在生产中也可以推荐使用;6%大蒜素 EC 施用后短时间内防治效果好,与 25%嘧菌酯 SC 化学药剂相当,随时间延长,防效略低于化学药剂,这是否与大蒜素有效成分挥发,降低了防治效果有关,有待下一步研究。

表 2 植物源农药对刺梨白粉病的田间防治效果¹⁾

Table 2 Field control effect of botanical fungicides on powdery mildew of *Rosa roxburghii*

药剂处理 Fungicide treatment	药前病指 Disease index before treatment	药后 7 d 7 d after treatment		药后 14 d 14 d after treatment	
		病情指数 Disease index	防效/% Efficacy	病情指数 Disease index	防效/% Efficacy
6%大蒜素 EC allicin 6% EC	(2.20±0.01)A	(3.52±0.13)C	(81.33±3.87)AB	(4.96±0.05)BC	(78.01±1.59)CD
0.5%大黄素甲醚 AS physcion 0.5% AS	(2.42±0.10)A	(3.26±0.07)D	(88.09±4.21)A	(4.67±0.29)CD	(82.07±3.97)ABC
1%蛇床子素 EW osthol 1% EW	(2.58±0.11)A	(3.66±0.10)C	(84.78±6.57)A	(5.21±0.22)B	(79.07±0.94)BCD
0.3%丁子香酚 SL eugenol 0.3% SL	(2.28±0.07)A	(4.12±0.10)B	(73.91±3.26)B	(5.37±0.12)B	(75.39±0.64)D
0.5%小檗碱 AS berberine 0.5% AS	(2.58±0.11)A	(3.58±0.14)C	(85.82±3.70)A	(4.68±0.06)CD	(83.27±1.32)AB
25%嘧菌酯 SC azoxystrobin 25% SC	(2.64±0.14)A	(3.12±0.05)D	(92.16±5.21)A	(4.35±0.30)E	(86.42±2.55)A
无菌水 CK	(2.57±0.12)A	(9.62±0.24)A	—	(15.14±0.14)A	—

1)表中数据为平均值±标准误,同列不同字母表示差异极显著($P<0.01$),下同。
Each value represents mean±SE, different letters in the same column indicate significant difference ($P<0.01$), the same applies below.

2.2 植物源农药对刺梨果实品质的影响

药剂处理后刺梨果实品质均显著提高,明显高于无菌水处理($P<0.01$)(表 3)。5 种植物源农药处理组刺梨果实品质明显优于 25%嘧菌酯 SC 处理

组($P<0.01$)。经植物源农药处理后刺梨果实中可溶性固形物、可溶性糖、维生素 C 含量提高,抗氧化能力增强;其中,0.5%大黄素甲醚 AS 处理组果实中可溶性固形物、可溶性糖、维生素 C 含量最高,相

比 25% 噁菌酯 SC 处理分别提高 22.11%、24.58%、11.26%，抗氧化能力最强，比 25% 噁菌酯 SC 处理增强 6.72%；0.5% 小檗碱 AS 处理组果实中可溶性固形物及可溶性糖含量显著高于 0.3% 丁子香酚 SL、6% 大蒜素 EC 处理组，而 0.3% 丁子香酚 SL、6% 大蒜素 EC 处理组果实中可溶性糖含量显著高于

1% 蛇床子素 EW 处理组，且 1% 蛇床子素 EW 处理组果实的抗氧化能力较 6% 大蒜素 EC 处理组弱。由分析知，相比化学农药，5 种植物源农药均能提高刺梨果实品质，增强抗氧化能力，其中效果最好的是 0.5% 大黄素甲醚 AS，0.5% 小檗碱 AS 次之，然后是 0.3% 丁子香酚 SL、6% 大蒜素 EC，0.3% 丁子香酚 SL 较差。

表 3 植物源农药对刺梨果实品质的影响
Table 3 Effect of botanical fungicides on quality of *Rosa roxburghii*

药剂处理 Fungicide treatment	可溶性固形物/% Soluble solid	可溶性糖/ g · (100 g) ⁻¹ Soluble sugar	维生素 C/ mg · (100 g) ⁻¹ Vitamin C	抗氧化能力/ μg · g ⁻¹ Antioxidant capacity
6% 大蒜素 EC allicin 6% EC	(10.98±0.20)C	(4.60±0.08)C	(1 448.67±14.84)BC	(2 785.00±15.39)B
0.5% 大黄素甲醚 AS physcion 0.5% AS	(11.82±0.15)A	(5.17±0.14)A	(1 541.67±35.50)A	(2 844.67±40.82)A
1% 蛇床子素 EW osthol 1% EW	(11.15±0.15)BC	(4.39±0.04)D	(1 420.33±19.01)C	(2 714.00±16.09)CD
0.3% 丁子香酚 SL eugenol 0.3% SL	(10.86±0.07)C	(4.72±0.08)C	(1 446.67±10.60)BC	(2 758.00±24.06)BC
0.5% 小檗碱 AS berberine 0.5% AS	(11.43±0.12)B	(4.93±0.04)B	(1 483.33±9.02)B	(2 741.67±26.08)BC
25% 噁菌酯 SC azoxystrobin 25% SC	(9.68±0.23)D	(4.15±0.08)E	(1 385.67±8.50)D	(2 665.67±28.22)D
无菌水 CK	(8.70±0.34)E	(3.42±0.11)F	(1 297.33±12.74)E	(2 533.00±34.51)E

2.3 植物源农药对刺梨产量的影响

不同药剂处理后刺梨坐果率、单果重和产量比无菌水对照均有显著提高(表 4)($P<0.01$)；5 种植物源农药处理组除 0.3% 丁子香酚 SL 外，坐果率均与 25% 噁菌酯 SC 组无显著差异，0.5% 大黄素甲醚 AS、6% 大蒜素 EC、0.5% 小檗碱 AS 处理，刺梨单果重与 25% 噁菌酯 SC 处理组无显著差异；1% 蛇床子素 EW、0.3% 丁子香酚 SL 处理组刺梨单果重显著低于 25% 噁菌酯 SC 处理。5 种植物源农药对刺梨均有一定的增产作用，其中 6% 大蒜素 EC、0.5% 大黄素甲醚 AS、0.5% 小檗碱 AS 处

理组的产量与 25% 噁菌酯 SC 处理无显著差异，增产作用相当，增产率分别为 143.02%、152.29%、148.38%；1% 蛇床子素 EW、0.3% 丁子香酚 SL 处理组产量显著低于 25% 噁菌酯 SC 处理，且增产率也低于 25% 噁菌酯 SC 处理组。综上，5 种植物源农药均能明显提高刺梨果实的坐果率、增加单果重、提高产量，其中，6% 大蒜素 EC、0.5% 大黄素甲醚 AS、0.5% 小檗碱 AS 对刺梨果实的坐果率、单果重、产量的影响与化学药剂效果相当，生产中这 3 种植物源农药代替化学农药使用可达到相同的效果。

表 4 植物源农药对刺梨产量的影响
Table 4 Effect of botanical fungicides on yield of *Rosa roxburghii*

药剂处理 Fungicide treatment	坐果率/% Fruiting rate	单果重/g Fruit weight	产量/kg · (hm ²) ⁻¹ Yield	增产率/% Increase rate
6% 大蒜素 EC allicin 6% EC	(58.00±1.00)AB	(19.46±0.59)AB	(12 070.67±124.80)AB	(143.02±16.44)A
0.5% 大黄素甲醚 AS physcion 0.5% AS	(59.67±1.15)AB	(20.25±0.55)A	(12 531.00±332.65)A	(152.29±21.27)A
1% 蛇床子素 EW osthol 1% EW	(58.67±1.53)AB	(18.78±0.22)B	(11 673.33±288.58)B	(135.02±8.00)B
0.3% 丁子香酚 SL eugenol 0.3% SL	(57.00±2.64)B	(18.68±0.31)B	(11 169.67±160.00)C	(124.88±15.88)B
0.5% 小檗碱 AS berberine 0.5% AS	(59.33±2.08)AB	(19.09±0.50)AB	(12 337.00±403.77)A	(148.38±13.89)A
25% 噁菌酯 SC azoxystrobin 25% SC	(62.33±1.53)A	(20.14±0.60)A	(12 040.33±72.59)AB	(142.41±13.63)A
无菌水 CK	(35.00±3.00)C	(14.37±0.92)C	(4 967.00±283.66)D	—

3 结论与讨论

供试的 5 种植物源农药对刺梨白粉病田间防治效果显著，施用后对植株病情的发展表现出明显的抑制作用。在整个药剂防治期间，0.5% 大黄素甲醚

AS、0.5% 小檗碱 AS 对刺梨白粉病的防效与化学药剂 25% 噁菌酯 SC 相当，在生产中可以作为防治刺梨白粉病的有效植物源药剂。

5 种植物源农药处理后刺梨果实品质明显提高。植株坐果率、单果重、产量均有明显增加，其

中 0.5% 大黄素甲醚 AS 处理组果实品质最优, 增产率为 152.29%, 与化学处理组无显著差异。

从刺梨白粉病田间防治效果及果实品质、产量等因素综合考虑, 0.5% 大黄素甲醚 AS 是防治刺梨白粉病的最佳植物源药剂, 可代替化学药剂使用, 实现刺梨无公害低残留的绿色生产。施用的方法为: 在刺梨白粉病未发病时, 连续施用有效浓度为 12.5 mg/L 0.5% 大黄素甲醚 AS 两次, 两次施药间隔 7 d。

大黄素甲醚具有良好抑菌、杀菌等作用。0.5% 大黄素甲醚能有效控制燕麦白粉病的发生, 防治效果好, 并且能确保产量, 减少经济损失^[18-19]; 同时 0.5% 大黄素甲醚 AS 对草莓白粉病防治效果较好, 连续 3 次施药后防效大于 65%, 优于枯草芽孢杆菌 (1 000 亿孢子/g) WP、寡雄腐霉 (100 万孢子/g) WP、1% 蛇床子素 EW、5% 氨基寡糖素 AS^[20], 本试验也得出相似的结果。根据农业发展和生产的要求, 利用植物源农药防治病害是目前实现绿色、无公害、无残留农业生产的重要环节, 也是生物防治的新兴重点领域; 植物源农药除对病害具有防治作用外还能提高农作物的品质, 增加产量。有研究表明, 化学农药破坏植株正常的生理活动, 影响植株的营养成分及酶活性, 从而影响品质^[21-22], 而植物源农药有利于植株的生理活动, 促进植株体内物质合成, 提高酶活性, 提高作物品质^[23]。植物源农药提高刺梨果实产量和品质, 主要是由于施药后, 植物源农药能诱导植株产生抗性, 保证生理活动顺利进行, 使叶片能够充分有效地进行光合作用, 增加有机物质的合成与积累^[22]。综合考虑, 施用植物源农药是刺梨生产中实现高效栽培的技术之一。由于时间和条件的限制, 本试验仅研究了 5 种植物源农药对刺梨白粉病的田间防效, 及对果实品质和产量的作用, 还有许多问题, 比如, 如何延长植物源农药的药效, 植物源农药与化学药剂混合或交替使用防治效果如何、对果实的品质是否有提高作用等问题均有待进一步研究。

参考文献

- [1] 鲁敏, 安华明, 赵小红. 无籽刺梨与刺梨果实中氨基酸分析[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 118-121.
- [2] 安华明, 刘明, 杨曼, 等. 刺梨有机酸组分及抗坏血酸含量分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(10): 2094-2100.
- [3] 杜薇, 任永全. 刺梨中微量元素和总黄酮的含量测定[J]. 中国医院药学杂志, 2003, 23(9): 530-532.
- [4] 詹继红, 郭银雪. 刺梨干粉对 CKD3-4 期脾肾气虚夹湿型患者氧化应激相关指标的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(23): 224-226.
- [5] 杨江涛, 杨娟, 杨江冰, 等. 刺梨多糖对衰老小鼠体内抗氧化能力的影响[J]. 营养学报, 2008, 30(4): 407-409.
- [6] VAN DER WESTHUIZEN F H, VAN RENSBURG C S J, RAUTENBACH G S, et al. *In vitro* antioxidant, antimutagenic and genoprotective activity of *Rosa roxburghii* fruit extract [J]. Phytotherapy Research, 2008, 22(3): 376-383.
- [7] LIU Wei, LI Suyi, HUANG Xin'en, et al. Inhibition of tumor growth in vitro by a combination of extracts from *Rosa roxburghii* Tratt. and *Fagopyrum cymosum* [J]. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 2012, 13(5): 2409-2414.
- [8] 任启鑫. 为刺梨产业高质量发展注入动力[N]. 贵州日报, 2019-10-24(6).
- [9] 严凯, 罗泽丽, 胡芳丽, 等. 刺梨白粉病的发生规律及生物学特性[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(21): 119-122.
- [10] 张艳杰, 王斐, 欧春青, 等. 梨树白粉病研究进展[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(7): 23-27.
- [11] 冉继平, 闫岩, 王明力, 等. 刺梨白粉病拮抗菌的筛选及其抑菌机制初探[J]. 食品工业科技, 2018, 39(23): 146-154.
- [12] 聂继云. 我国果品农药残留限量新变化[J]. 中国果树, 2017(3): 96-100.
- [13] 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, 29(2): 65-68.
- [14] 程建武, 刘碧荣. 刺梨白粉病的发生发展及其防治试验[J]. 林业科学研究, 1992, 5(1): 104-108.
- [15] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [17] BENZIE I F F, STRAIN J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FAP assay [J]. Analytical Biochemistry, 1996, 239(1): 70-76.
- [18] 孙浩洋, 张炜炜, 曾亮, 等. 不同生防药剂对燕麦白粉病的防治效果[J]. 草业科学, 2019, 36(9): 2374-2383.
- [19] 刘刚. 大黄素甲醚可有效防治燕麦白粉病[J]. 农药市场信息, 2019(22): 57.
- [20] 王步云, 张涛, 郑书恒, 等. 5 种生物药剂对草莓白粉病的田间防效研究[J]. 农药科学与管理, 2019, 40(1): 54-57.
- [21] 赵卫星. 几种有机磷农药对大蒜品质的影响及合理用药的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2005.
- [22] 胡井荣. 化学农药对水稻生理生化和品质的影响及其残留效应分析[D]. 扬州: 扬州大学, 2008.
- [23] 刘新社, 陈妍. 生物农药对设施和露地黄瓜白粉病的防效及其品质和产量的影响[J]. 河南农业科学, 2019, 48(3): 95-99.

(责任编辑: 杨明丽)