

技术与应用

Technology & Application

有机硅助剂对 10 种杀菌剂防治鸡蛋花锈病的增效作用

张蕊^{1,2}, 孙宇², 杨石有², 张志祥³, 程东美^{1*}

(1. 仲恺农业工程学院农业与生物学院, 广州 510225; 2. 海南大学林学院, 海口 570228; 3. 华南农业大学, 天然农药与化学生物学教育部重点实验室, 广州 510642)

摘要 为评价有机硅助剂对 10 种杀菌剂防治鸡蛋花锈病的增效作用,以表面张力、扩展直径、最大持留量、田间防效为评价指标,测定添加 0.1% 有机硅助剂对 10 种杀菌剂 1 000 倍液物理性状及田间防效的影响。结果表明,有机硅助剂能显著降低药液表面张力,增大扩展直径,提高药液持留量和防治效果。添加助剂后,药剂表面张力由 34.67~66.47 mN/m 降低至 16.80~22.73 mN/m;扩展直径由 2.09~2.56 mm 增大至 3.49~5.90 mm;持留量由 1.43~2.88 mg/cm² 增大至 1.94~4.35 mg/cm²;在相等药剂用量下,有机硅助剂可使杀菌剂田间防效提高 16.95%~36.01%。有机硅助剂通过降低药液表面张力,增加扩展直径,提高药液持留量,提高杀菌剂对鸡蛋花锈病的防治效果。

关键词 有机硅助剂; 鸡蛋花鞘锈菌; 增效作用

中图分类号: S 436.8 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019172

Synergistic effect of silicone additives on the control of *Coleosporium plumierae* by 10 fungicidesZHANG Rui^{1,2}, SUN Yu², YANG Shiyu², ZHANG Zhixiang³, CHENG Dongmei^{1*}

(1. College of Agriculture and Biology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. College of Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China; 3. Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education, College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract This paper aims to evaluate the synergistic effect of silicone additives on the control of *Coleosporium plumierae* by 10 fungicides. The effect of physical properties and field control efficacy of 1 000 times of 10 fungicides with adding 0.1% silicone additives were determined by surface tension, expanded diameter, maximum retention and field investigation. The results indicated that the silicone adjuvants can significantly reduce the surface tension, and increase the expansion diameter, retention and field control effect. After adding 0.1% silicone adjuvants, surface tension reduced from 34.67–66.47 mN/m to 16.80–22.73 mN/m, expanded diameter increased from 2.09–2.56 mm to 3.49–5.90 mm, and maximum retention increased from 1.43–2.88 mg/cm² to 1.94–4.35 mg/cm². Under the same dosage, the silicone additive can increase the field efficacy of the fungicide by 16.95%–36.01%. The silicone additives improved the control effect of the fungicides on *C. plumierae* by reducing the surface tension, and increasing the expanded diameter and the retention.

Key words silicone additives; *Coleosporium plumierae*; synergistic effect

鸡蛋花 *Plumeria rubra* 是夹竹桃科 Apocynaceae 鸡蛋花属肉质落叶小乔木,广泛种植于各热带、亚热带地区^[1]。在我国海南、广东、广西、云南、福建、台湾等地均有栽培,是重要的热带景观植物^[2]。鸡蛋

花除具有观赏价值外,还具有重要的药用价值和商业价值,如鸡蛋花能够治疗湿热下疮,咳嗽等症,亦能清热,润肺解毒^[3-4]。还具有抗菌^[5],麻醉及解痉^[6],通便等作用^[7]。此外,鸡蛋花也可作高级化妆

收稿日期: 2019-04-06

修订日期: 2019-05-09

基金项目: 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队(2019KJ133);广东省现代农业产业技术体系创新团队(2018LM1131, 2018ML1129)

* 通信作者 E-mail: zkcldm@163.com

品、香皂和食品添加剂的精油提取原料^[8]。

鸡蛋花锈病于 2006 年首次在中国报道,是一种由鸡蛋花鞘锈菌 *Coleosporium plumierae* 引起的病害^[9],现已在南方地区暴发危害。该病主要危害叶片,发病初期叶背面产生橘黄色脓包或不规则点状粉末的夏孢子堆,后随着病情发展,夏孢子堆越来越密,造成叶片光合作用受阻,发病较严重时,叶片边缘卷曲,叶柄变黄且极易脱落。目前关于鸡蛋花锈病的防治研究较少,仅谌振等^[10]、杜小姣等^[11]简单报道过。鸡蛋花锈病夏孢子堆经气流、雨水传播,发病快,危害较重,防治存在一定的难度。有机硅是生产上常用的喷雾助剂,广泛应用于害虫、病原菌、杂草等有害生物的防治。有机硅助剂通过降低药液表面张力,增加药液扩展直径及最大持留量,提高药剂耐雨水冲刷能力,具有明显的增效作用^[12]。本试验添加 0.1% 的有机硅助剂于 10 种杀菌剂中,通过表面张力、扩展直径、药剂最大持留量、田间防效评价有机硅助剂对 10 种杀菌剂防治鸡蛋花锈病的增效作用,以期对鸡蛋花锈病的防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

17% 唑醚·氟环唑悬浮剂,巴斯夫中国有限公司;35% 氟菌·戊唑醇悬浮剂,拜耳作物科学中国有限公司;75% 肟菌·戊唑醇水分散粒剂,拜耳作物科学中国有限公司;40% 咪鲜胺水乳剂,湖南万家丰科技有限公司;25% 三唑酮可湿性粉剂,北京燕化永乐生物科技股份有限公司;50% 异菌脲可湿性粉剂,美国富美实公司;10% 苯醚甲环唑水分散粒剂,江苏丰登作物保护股份有限公司;20% 异菌·百菌清悬浮剂,山东禾宜生物科技有限公司;72% 霜脲·锰锌可湿性粉剂,河北威远生物化工股份有限公司;60% 甲霜·醚菌酯可湿性粉剂,山东贵合生物科技有限公司;有机硅 Silwet408,诺农(北京)国际生物技术有限公司。

1.2 供试仪器

BZY-1 型全自动界面张力仪,上海衡平仪器厂;AB135-S 电子天平(精确到 0.000 1 g),广州君达仪器公司;OLYMPUS-BX43 显微镜,奥林巴斯中国;手提喷壶,台州市黄岩绿野喷雾器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 有机硅助剂对药剂表面张力、扩展直径的影响 设置 10 种杀菌剂 1 000 倍液和 1 000 倍液中含

0.1% 有机硅助剂的处理。取 50 mL 待测液于洁净的烧杯中,用全自动表面张力仪测定其表面张力,重复 3 次,取平均值。用移液枪取 1 μ L 待测液于干净的载玻片上,静置 5 min 后用电子显微镜拍照测量药液的最大直径和最小直径,取平均值,重复 3 次。

1.3.2 有机硅助剂对药剂最大持留量的影响

选取叶龄一致健康的鸡蛋花叶片,在叶片同一位置用手术刀将叶片切成长 2 cm、宽 4 cm 大小,用镊子夹取叶片快速用电子天平称重,避免叶片失水或手拿破坏叶片表面结构,记录初始重量(m_1 , g),将称量完的叶片于 1.3.1 药液中静置 10 s 后拿出,待无药液滴下时测定其重量(m_2 , g),重复 3 次。按下列公式计算药液最大持留量 RM,结果取平均值。

$RM = (m_1 - m_2) / (2 \times S)$, 式中 S 为鸡蛋花叶片表面积(cm^2)。

1.3.3 杀菌剂及添加有机硅助剂对鸡蛋花锈病的田间防效

试验在海南大学儋州校区周边鸡蛋花苗木基地开展,于鸡蛋花锈病发病初期开始施药,试验采用随机区组设计,每小区面积 10 m^2 。用手提喷壶将 10 种杀菌剂及含 0.1% 有机硅助剂的杀菌剂均匀喷施在鸡蛋花叶片正反面,每处理喷施 4 个枝条,每处理重复 3 次,以喷施清水为空白对照。间隔 10 d 喷施 1 次,试验共计施药 2 次,每次药前及最后 1 次药后 10 d 调查病级,计算病情指数和防治效果。每枝条调查 5 片叶,每处理共 20 片叶。按照锈菌孢子堆占叶片总面积的百分比记录病级。病情分级标准为^[13]:0 级,无孢子堆;1 级,孢子堆占叶片面积的 10% 及以下;3 级,孢子堆占叶片面积的 11%~25%;5 级,孢子堆占叶片面积的 26%~40%;7 级,孢子堆占叶片面积的 41%~65%;9 级,孢子堆占叶片面积的 65% 以上。

病情指数 $(DI) = \sum(\text{各级病叶数} \times \text{相应级值}) / (\text{调查总叶数} \times 9) \times 100$;

防效 $= [1 - (\text{CK 药前 DI} \times \text{处理区药后 DI}) / (\text{CK 药后 DI} \times \text{处理区药前 DI})] \times 100\%$ 。

1.4 数据处理与分析

采用 SPSS 17.0 分析软件进行数据分析,并利用 Duncan 氏新复极差法进行单因素差异显著性分析,显著性水平为 0.05。

增减率 $= (A - B) / B \times 100\%$ 。

A 为添加助剂后药剂的表面张力、扩展直径、最大持留量、田间防效; B 为不添加助剂药剂的表面张

力、扩展直径、最大持留量、田间防效。

2 结果与分析

2.1 有机硅助剂对药剂表面张力的影响

药剂表面张力降低可以提高药剂扩展直径,增加药剂润湿性和黏附性,减少药剂流失,对药剂防效提

高有一定的促进作用。研究发现添加有机硅助剂可显著降低药剂表面张力(表 1),药剂表面张力由 34.67~66.47 mN/m 降低至 16.80~22.73 mN/m,表面张力增减率在-69.36%~-34.42%之间,有机硅助剂对 72%霜脲·锰锌可湿性粉剂表面张力影响最大,增减率为-69.36%,不同杀菌剂表面张力存在一定差异。

表 1 有机硅助剂对 10 种杀菌剂表面张力的影响¹⁾

Table 1 Effect of silicone additives on the surface tension of 10 fungicides

药剂 Fungicide	表面张力/ $\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$ Surface tension		增减率/% Change rate	
	药剂 Fungicide	药剂+助剂 Fungicide+adjuvant		
17%唑醚·氟环唑 SC	pyraclostrobin·epoxiconazole 17% SC	(46.80±0.50)a	(17.70±0.61)b	-62.18
35%氟菌·戊唑醇 SC	fluopyram·tebuconazole 35% SC	(34.67±0.15)a	(22.73±0.12)b	-34.42
75%肟菌·戊唑醇 WG	trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	(52.40±0.10)a	(22.30±0.12)b	-57.38
40%咪鲜胺 EW	prochloraz 40% EW	(44.63±0.15)a	(19.80±0.42)b	-55.71
25%三唑酮 WP	triadimefon 25% WP	(38.70±0.72)a	(17.90±0.21)b	-53.83
50%异菌脲 WP	iprodione 50% WP	(38.80±0.26)a	(21.40±0.12)b	-44.76
10%苯醚甲环唑 WG	difenoconazole 10% WG	(50.97±0.45)a	(21.70±0.15)b	-57.49
20%异菌·百菌清 SC	iprodione·chlorothalonil 20% SC	(40.40±0.40)a	(16.80±0.46)b	-58.42
72%霜脲·锰锌 WP	cymoxanil·mancozeb 72% WP	(66.47±0.35)a	(20.40±0.31)b	-69.36
60%甲霜·醚菌酯 WP	metalaxyl·azoxystrobin 60% WP	(47.37±0.15)a	(18.50±0.25)b	-60.87

1) 同行数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P=0.05$ 水平差异显著,下同。
The different letters in the same row show significant difference at $P=0.05$ level by Duncan's new multiple range tests, the same applies below.

2.2 有机硅助剂对药剂扩展直径的影响

药剂扩展直径影响到药剂的润湿展布性,在一定范围内可以提高药液的持留量。研究发现添加有机硅助剂可明显增大药剂扩展直径(表 2),药剂扩展直径由 2.09~2.56 mm 增大至 3.49~5.90 mm,

扩展直径增减率在 52.10%~164.71%之间,有机硅助剂对 75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂扩展直径影响最大,增减率为 164.71%,不同杀菌剂扩展直径之间存在一定差异。

表 2 有机硅助剂对 10 种杀菌剂扩展直径的影响

Table 2 Effect of silicone additives on the expanded diameter of 10 fungicides

药剂 Fungicide	扩展直径/mm Expanded diameter		增减率/% Change rate	
	药剂	药剂+助剂		
	Fungicide	Fungicide+adjuvant		
17%唑醚·氟环唑 SC	pyraclostrobin·epoxiconazole 17% SC	(2.30±0.01)b	(3.49±0.36)a	52.10
35%氟菌·戊唑醇 SC	fluopyram·tebuconazole 35% SC	(2.24±0.10)b	(4.74±0.50)a	111.37
75%肟菌·戊唑醇 WG	trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	(2.23±0.07)b	(5.90±0.36)a	164.71
40%咪鲜胺 EW	prochloraz 40% EW	(2.20±0.03)b	(4.66±0.29)a	111.97
25%三唑酮 WP	triadimefon 25% WP	(2.52±0.07)b	(5.05±0.31)a	100.23
50%异菌脲 WP	iprodione 50% WP	(2.41±0.10)b	(5.08±1.20)a	110.72
10%苯醚甲环唑 WG	difenoconazole 10% WG	(2.09±0.07)b	(4.90±0.37)a	134.71
20%异菌·百菌清 SC	iprodione·chlorothalonil 20% SC	(2.30±0.21)b	(4.15±0.20)a	80.38
72%霜脲·锰锌 WP	cymoxanil·mancozeb 72% WP	(2.09±0.18)b	(5.22±0.85)a	149.37
60%甲霜·醚菌酯 WP	metalaxyl·azoxystrobin 60% WP	(2.56±0.37)b	(5.00±1.15)a	95.28

2.3 有机硅助剂对药剂持留量的影响

药剂在作物表面的持留量关系到药效的发挥,药剂持留量增加可使单位面积病原菌接触药剂的机会增多,有助于药剂药效的提高。研究发现添加有机硅助剂可不同程度地提高药剂持留量(表 3),药剂持留

量由 1.43~2.88 mg/cm² 增大至 1.94~4.35 mg/cm²,药剂持留量增减率在 21.77%~81.28%之间,有机硅助剂对 35%氟菌·戊唑醇悬浮剂持留量影响最大,增减率为 81.28%,不同杀菌剂持留量之间存在一定差异。

表 3 有机硅助剂对 10 种杀菌剂最大持留量的影响

Table 3 Effect of silicone additives on the maximum retention of 10 fungicides

药剂 Fungicide	最大持留量 RM/mg · cm ⁻² Maximum retention		增减率/% Change rate
	药剂 Fungicide	药剂+助剂 Fungicide+adjuvant	
17%唑醚· 氟环唑 SC pyraclostrobin · epoxiconazole 17% SC	(1. 50±0. 07)b	(1. 94±0. 11)a	29. 66
35%氟菌· 戊唑醇 SC fluopyram · tebuconazole 35% SC	(1. 67±0. 04)b	(3. 03±0. 08)a	81. 28
75%肟菌· 戊唑醇 WG trifloxystrobin · tebuconazole 75% WG	(1. 61±0. 06)b	(2. 44±0. 20)a	51. 82
40%咪鲜胺 EW prochloraz 40% EW	(1. 43±0. 22)b	(2. 05±0. 02)a	43. 03
25%三唑酮 WP triadimefon 25% WP	(2. 10±0. 10)b	(2. 71±0. 13)a	29. 06
50%异菌脲 WP iprodione 50% WP	(2. 88±0. 19)b	(4. 35±0. 39)a	50. 78
10%苯醚甲环唑 WG difenoconazole 10%WG	(1. 86±0. 15)b	(2. 46±0. 04)a	32. 22
20%异菌· 百菌清 SC iprodione · chlorothalonil 20% SC	(2. 71±0. 10)b	(3. 41±0. 09)a	26. 04
72%霜脲· 锰锌 WP cymoxanil · mancozeb 72% WP	(1. 80±0. 25)b	(2. 37±0. 02)a	31. 36
60%甲霜· 醚菌酯 WP metalaxyl · azoxystrobin 60% WP	(2. 85±0. 07)b	(3. 47±0. 20)a	21. 77

2.4 杀菌剂及添加有机硅助剂对鸡蛋花锈病的田间防效

试验选用的 10 种杀菌剂对鸡蛋花锈病均具有一定的防治效果(表 4),第 1 次药后 10 d 的防效在 36. 48%~46. 46%之间,第 2 次药后 10 d 的防效在 49. 72%~61. 23%之间。添加有机硅助剂可在一定程度上提高杀菌剂对鸡蛋花锈病的防治效果,添加

助剂后,第 1 次药后 10 d 的防效在 41. 04%~57. 17%之间,防效可提高 6. 74%~26. 54%。第 2 次药后 10 d 的防效在 60. 36%~78. 56%之间,防效可提高 16. 95%~36. 01%。25%三唑酮可湿性粉剂 1 000 倍液添加有机硅后防效最高,达到 78. 56%。助剂对 20%异菌· 百菌清悬浮剂增效最明显,增减率为 36. 01%。

表 4 杀菌剂及有机硅助剂对鸡蛋花锈病的田间防效

Table 4 Field control effect of fungicides and silicone additives on *Coleosporium plumierae*

药剂 Fungicide	第 1 次药后 10 d 防效/% Control efficacy 10 d after the first treatment		增减率/% Change rate	第 2 次药后 10 d 防效/% Control efficacy 10 d after the second treatment		增减率/% Change rate
	药剂 Fungicide	药剂+助剂 Fungicide+ adjuvant		药剂 Fungicide	药剂+助剂 Fungicides+ adjuvant	
17%唑醚· 氟环唑 SC pyraclostrobin · epoxiconazole 17% SC	(36. 64±1. 24)b	(41. 04±1. 81)a	12. 01	(49. 72±1. 07)b	(60. 36±2. 05)a	21. 40
35%氟菌· 戊唑醇 SC fluopyram · tebuconazole 35% SC	(41. 78±1. 68)b	(46. 91±1. 35)a	12. 28	(53. 45±1. 51)b	(66. 81±1. 63)a	25. 00
75%肟菌· 戊唑醇 WG trifloxystrobin · tebuconazole 75% WG	(36. 48±1. 15)b	(43. 00±1. 51)a	17. 87	(50. 58±1. 46)b	(64. 21±1. 31)a	26. 95
40%咪鲜胺 EW prochloraz 40% EW	(43. 09±1. 44)b	(51. 55±1. 96)a	19. 63	(56. 28±1. 43)b	(72. 43±2. 17)a	28. 70
25%三唑酮 WP triadimefon 25% WP	(45. 18±1. 86)b	(57. 17±1. 73)a	26. 54	(59. 12±2. 16)b	(78. 56±1. 72)a	32. 88
50%异菌脲 WP iprodione 50% WP	(46. 46±1. 04)b	(49. 59±1. 55)a	6. 74	(61. 23±1. 79)b	(71. 61±1. 32)a	16. 95
10%苯醚甲环唑 WG difenoconazole 10%WG	(39. 72±1. 76)b	(46. 57±1. 82)a	17. 25	(54. 68±1. 62)b	(69. 52±1. 53)a	27. 14
20%异菌· 百菌清 SC iprodione · chlorothalonil 20% SC	(36. 58±1. 24)b	(45. 82±1. 38)a	25. 26	(50. 26±1. 65)b	(68. 36±2. 13)a	36. 01
72%霜脲· 锰锌 WP cymoxanil · mancozeb 72% WP	(42. 82±2. 27)b	(52. 38±1. 64)a	22. 33	(56. 25±1. 25)b	(73. 82±1. 38)a	31. 24
60%甲霜· 醚菌酯 WP metalaxyl · azoxystrobin 60% WP	(44. 48±1. 24)b	(48. 2±2. 31)a	8. 36	(57. 68±1. 83)b	(69. 16±1. 51)a	19. 90

3 结论与讨论

有机硅表面活性助剂于 20 世纪 60 年代作为农药助剂开始使用,由于其良好的润湿性、分散性,可显著提高药剂的防效,目前广泛应用于农业有害生物的防治。封云涛等^[14]发现添加 0.03%有机硅 Silwet 408 可使 2%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对小菜蛾的毒力提高 2.37 倍。张忠亮等^[15]发现有机硅助剂可使氟磺胺草醚对苘麻的防效提高 23.04%。有机硅助剂通过降低药剂表面张力,增大扩展直径,提高药液持留量达到对药剂的增效作用。本研究中,添加 0.1%有机硅助剂后,药剂表面张力由 34.67~66.47 mN/m 降低至 16.80~22.73 mN/m;扩展直径由 2.09~2.56 mm 增大至 3.49~5.90 mm;持留量由 1.43~2.88 mg/cm²增大至 1.94~4.35 mg/cm²;在相等药剂用量下,有机硅助剂可使杀菌剂对鸡蛋花锈病的田间防效提高 16.95%~36.01%。

本研究发现添加有机硅助剂可显著降低药剂表面张力,增大扩展直径,但对不同药剂的影响存在一定的差异,这可能与不同药剂的加工工艺、助剂种类有一定的关系。药剂表面张力降低在一定程度上可增大药剂扩展直径和提高最大持留量,但表面张力过小反而不利于药剂的沉积,可能会造成药液的滑落。药液最大持留量除与表面张力降低程度有关,还与作物的种类关系密切。本研究发现表面张力较小的几个药剂,药液持留量反而较小,这可能与鸡蛋花叶片表面结构存在一定的关系。石辉等^[16]发现绒毛分布稀疏的叶面有利于药液的持留,而绒毛密集的叶面因具有较高的疏水性而不利于药液的稳定黏附。添加有机硅助剂可明显提高杀菌剂对鸡蛋花锈病的防治效果,可有效降低农药的使用量,在农药减量增效中起到重要的作用。

参考文献

- [1] 李土荣,邓旭,武丽琼,等. 鸡蛋花的引种及繁育技术[J]. 林业科技开发, 2010, 24(2): 106-108.
- [2] 郭萌,宁熙平,张寿洲. 鸡蛋花植物文化和国内栽培历史[J]. 广东园林, 2015(1): 65-68.
- [3] SHARMA G, CHAHAR M K, DOBHAL S, et al. Phytochemical constituents, traditional uses, and pharmacological properties of the genus *Plumeria* [J]. Chemistry & Biodiversity, 2011, 8(8): 1357-1369.
- [4] 洪挺,余勃,陆豫,等. 鸡蛋花中化学成分及生物活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2011, 23(3): 565-570.
- [5] EGWAIKHIDE P A, OKENIYI S O, GIMBA C E. Screening for antimicrobial activity and phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants [J]. Journal of Medicinal Plant Research, 2009, 3(12): 1088.
- [6] 梅全喜. 广东地产药材研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 2010: 387.
- [7] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草(第六册)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 301.
- [8] 邓仙梅,刘敬,谢文琼,等. 凉茶常用药材鸡蛋花的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(1): 198-200.
- [9] 严进,吴品珊,施宗伟,等. 中国鞘锈菌属一新记录种[J]. 菌物学报, 2006(2): 327-328.
- [10] 湛振,高平,林忠,等. 海南鸡蛋花锈病的发生规律及其防治技术[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(16): 53-54.
- [11] 杜小姣,杨秉建,叶光明,等. 25%粉锈宁 WP 防治鸡蛋花黄锈病及其毒力研究[J]. 草原与草坪, 2014, 34(1): 59-63.
- [12] 陈莉,聂胜兵,刘影,等. 有机硅表面活性剂和黄原胶对多菌灵和三唑酮在小麦叶片上耐雨水冲刷能力的影响[J]. 植物保护, 2014, 40(3): 65-69.
- [13] 刘宝生,白鹏华,冯友仁,等. 10 种杀菌剂对杨树锈病室内毒力测定及田间药效试验[J]. 中国森林病虫, 2015, 34(3): 44-46.
- [14] 封云涛,郭晓君,李光玉,等. 添加表面活性助剂对 2 种药剂防治小菜蛾的增效作用[J]. 植物保护, 2017, 43(2): 212-215.
- [15] 张忠亮,李相全,王欢,等. 六种喷雾助剂对氟磺胺草醚的增效作用及其机理初探[J]. 农药学学报, 2015, 17(1): 115-118.
- [16] 石辉,王会霞,李秧秧. 植物叶表面的润湿性及其生态学意义[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4287-4298.

(责任编辑: 杨明丽)