

◆ 药效与应用 ◆

草地贪夜蛾对添加橙皮油助剂的 阿维菌素敏感性分析

王聪博, 徐广春*, 徐德进, 徐 鹿, 顾中言*

(江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014)

摘要:为了提高化学药剂对草地贪夜蛾的生物活性,分别采用了浸虫法、浸饲料法和浸虫、饲料法比较了不同橙皮油助剂添加量下草地贪夜蛾对阿维菌素的敏感性,同时借助表面张力仪测定了不同橙皮油助剂添加量下药液的表面张力。结果表明,3种方法获得阿维菌素对草地贪夜蛾的 LC_{50} 值以浸虫法最高,浸饲料法其次,浸虫、饲料法最低。随着橙皮油助剂含量的增加,阿维菌素对草地贪夜蛾的 LC_{50} 值先减小后增加,这一变化趋势和橙皮油助剂溶液的表面张力相一致。当橙皮油助剂添加量为0.10%时,阿维菌素对草地贪夜蛾活性最好。本研究结果可为喷雾助剂的科学使用和草地贪夜蛾的化学防治提供依据。

关键词:草地贪夜蛾;阿维菌素;敏感性;橙皮油助剂;浸虫法;浸饲料法

中图分类号:S 433.4; TQ 450 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1671-5284.2022.01.012

Susceptibility Analysis of *Spodoptera frugiperda* to Abamectin with Orange Oil Adjuvant

WANG Congbo, XU Guangchun*, XU Dejin, XU Lu, GU Zhongyan*

(Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: In order to improve the activity of pesticides against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), susceptibility of fall armyworm to abamectin with orange oil adjuvant was compared by means of insect immersion method, feed immersion method, insect and feed immersion method. At the same time, the surface tension of the liquid with different amount of orange oil adjuvant was measured with the surface tensiometer. The results showed that the LC_{50} value of abamectin to fall armyworm by the insect immersion method was the highest, followed by the feed immersion method, and the insect and feed immersion method being the lowest. With the increase of the content of orange oil adjuvant, the LC_{50} value of abamectin to fall armyworm was decreased initially, and increased afterwards, which was related to the surface tension of orange oil adjuvant solution to some extent. The activity of abamectin to fall armyworm was the best when the amount of orange oil adjuvant was 0.10%. The results of this study could provide a basis for the scientific use of spray adjuvant and the chemical control of fall armyworm.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; abamectin; susceptibility; orange oil adjuvant; means of insect immersion method; feed immersion method

草地贪夜蛾 (*Spodoptera frugiperda*) 俗称秋黏虫,属于鳞翅目夜蛾科灰翅夜蛾属,是一种繁殖力强、多食性的迁飞性害虫^[1-3],也是2018年FAO向全球

预警的重要害虫^[4]。自2019年1月入侵中国云南省以来,已在我国多省发现其为害,对玉米、甘蔗等作物造成严重危害。化学防治因其高效性、速效性以及

收稿日期:2020-09-25

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0200305)

作者简介:王聪博(1995—),女,山东莱芜人,本科,研究实习员,主要从事农药应用技术研究。E-mail: 963846560@qq.com

通信作者:徐广春(1982—),男,江苏海安人,博士,副研究员,主要从事农药应用技术研究。E-mail: xgc551@163.com

共同通信作者:顾中言(1957—),男,江苏无锡人,本科,研究员,主要从事农药应用技术研究。E-mail: guzy@jaas.ac.cn

方便使用等特点,仍是当前针对暴发性和突发性害虫应急防控的重要手段^[5-6]。喷雾法是当前国内外防治病虫害的主要手段之一^[7-8]。喷雾助剂常用来降低喷雾药液的表面张力,促进药液在靶标作物表面的润湿展布,从而提高农药利用率^[9]。助剂的科学使用可以很好地提高药液在靶标作物上的沉积量以及促进药液在昆虫表皮的润湿和展布,从而提高对靶标昆虫的生物活性^[10]。有机硅助剂silwet-408可以大幅度降低药液的表面张力,伴随着药液在甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)体表润湿展布过程,药液则通过与表皮连接的气孔而进入害虫体内^[11-12];氮酮和柴油主要是破坏了甜菜夜蛾体表蜡质层,进而使药剂更容易进入昆虫体内而发挥药效^[13]。橙皮油助剂是近年来发展较快的一类助剂,从鲜甜橙皮中提取出来,主要成分为萜烯类化合物,其次为芳香族化合物、脂肪族化合物等。柠檬烯是萜烯类化合物中重要的一类物质,也是橙皮油的主要成分,可以溶解昆虫体表蜡质层,使得昆虫脱水而亡。橙皮油助剂虽没有有机硅助剂降低溶液表面张力的效率高,但表现出更高的安全性^[14-15]。在此基础上,针对草地贪夜蛾国内登记的农药制剂极少以及缺乏相关药剂防治经验的情况,本试验研究添加不同添加量橙皮油助剂的阿维菌素对草地贪夜蛾室内活性的影响,以期为草地贪夜蛾的防治及喷雾助剂的科学使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试虫源

试验虫源采自江苏省启东市汇龙镇玉米田。将采集的高龄幼虫在室内用人工饲料饲养,繁殖时将成虫移至新鲜的5~7叶期玉米上产卵,剪下卵块,待卵块孵化后,以孵化的2龄幼虫作为试验虫源。养虫室饲养温度为 $24 \pm 2^\circ\text{C}$,相对湿度为 $75\% \pm 5\%$,光照时间为L:D=16 h:8 h。

1.1.2 供试药剂

95%阿维菌素原药,浙江升华拜克生物股份有限公司;橙皮油助剂,美国奥罗·阿格瑞国际有限公司;丙酮,成都市科龙化工试剂厂。

1.2 供试仪器

双量程AB135-S电子天平,梅特勒-托利多公司;DCAT 11EC表面张力仪,德国德飞仪器股份有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 室内活性测定

称取0.052 g阿维菌素原药,溶于50 mL丙酮中,获得1 g/L阿维菌素的母液,分别用含0.01%、0.02%、0.05%、0.10%、0.20%、0.50%和1.00%橙皮油助剂溶液按等比方式稀释成系列浓度备用,并采用浸虫法、浸饲料法和浸虫、饲料法^[16]进行室内活性试验。48 h后检查死、活虫数。

浸虫法。单独将24头2龄草地贪夜蛾幼虫接入到球形浸虫笼中,浸入上述配制好的药液中,浸渍10 s后取出,移入到24孔板中,同时放入切成小块的饲料,单孔饲养并置于养虫室中观察,以相应含量的橙皮油助剂水溶液处理作为对照,每处理重复3次。

浸饲料法。单独将切成小块的饲料浸入上述配制好的药液中,浸渍10 s后取出,移入到24孔板中,分别单孔接入未经药剂处理的草地贪夜蛾2龄幼虫后,置于养虫室观察,以相应含量的橙皮油助剂水溶液处理作为对照,每处理重复3次。

浸虫、饲料法。同时将切成小块的人工饲料、2龄的草地贪夜蛾幼虫一起用浸虫笼分别浸入上述配制好的药液中,浸渍10 s后取出,移入到24孔板中,单孔单虫置于养虫室中饲养观察,以相应含量的橙皮油助剂水溶液处理作为对照,每处理重复3次。

1.3.2 药液表面张力的测定

分别配置0.01%、0.02%、0.05%、0.10%、0.20%、0.50%和1.00%含量的橙皮油助剂水溶液,在表面张力仪的样品皿中加入适量上述配置的助剂水溶液,经转子搅拌均匀后,用DCAT 11EC型表面张力仪中的SACT 31软件程序测定相应溶液的表面张力。

1.4 数据处理

室内活性测定数据采用剂量对数和死亡率机率值法求毒力回归方程^[17]、 LC_{50} 及其95%置信限。相对毒力指数按式(1)计算,其中以浸虫、饲料法添加0.10%橙皮油助剂的处理视为标准药剂处理,其余处理做试验药剂处理。

$$\text{相对毒力指数} = \frac{\text{试验药剂的LC}_{50}}{\text{标准药剂的LC}_{50}} \times 100 \quad (1)$$

2 结果与分析

2.1 浸虫法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的敏感性

采用浸虫法获得的草地贪夜蛾对不同添加量橙皮油助剂的阿维菌素敏感性结果见表1,当橙皮油

助剂的添加量为0.05%和0.10%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的活性相对较高,其LC₅₀值分别为1.000 8和0.858 0 mg/L;当橙皮油助剂的添加量为0.01%和0.02%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的活性相对较低,其LC₅₀

值分别为1.898 7和1.498 2 mg/L。橙皮油助剂添加量为0.01%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的相对毒力指数最大,为479.71;橙皮油助剂添加量为0.10%时阿维菌素对草地贪夜蛾的相对毒力指数最小,为216.78。

表 1 浸虫法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素敏感性分析

助剂添加量/%	毒力方程	LC ₅₀ /(mg·L ⁻¹)	95%置信区间/(mg·L ⁻¹)	相关系数	相对毒力指数
0.01	y=4.644 1+1.278 2x	1.898 7	1.515 7~2.418 3	0.992 9	479.71
0.02	y=4.735 6+1.505 9x	1.498 2	1.225 9~1.836 0	0.979 1	378.52
0.05	y=4.999 5+1.492 3x	1.000 8	0.811 4~1.222 0	0.988 2	252.85
0.10	y=5.095 9+1.442 4x	0.858 0	0.692 3~1.052 5	0.995 1	216.78
0.20	y=4.971 0+1.465 4x	1.046 7	0.848 2~1.281 4	0.995 0	264.45
0.50	y=4.891 5+1.576 2x	1.171 8	0.958 0~1.420 9	0.886 7	296.06
1.00	y=4.822 2+1.483 5x	1.317 8	1.073 4~1.612 5	0.992 1	332.95

2.2 浸饲料法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的敏感性

采用浸饲料法获得的草地贪夜蛾对不同添加量橙皮油助剂阿维菌素的敏感性结果见表2,当橙皮油助剂的添加量为0.05%和0.10%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的活性相对较高,其LC₅₀值分别为0.559 5和0.519 1 mg/L;当橙皮油助剂的添加量为0.01%和0.02%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的活性相对较低,其LC₅₀值分别为1.522 9和1.253 6 mg/L。橙皮油助剂添加量为0.01%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的相对毒力指数最大,为384.77;橙皮油助剂添加量为0.10%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的相对毒力指数最小,为131.15。

表 2 浸饲料法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素敏感性分析

助剂添加量/%	毒力方程	LC ₅₀ /(mg·L ⁻¹)	95%置信区间 /(mg·L ⁻¹)	相关系数	相对毒力指数
0.01	y=4.752 5+1.355 0x	1.522 9	1.228 1~1.909 4	0.976 2	384.77
0.02	y=4.841 3+1.616 9x	1.253 6	1.030 8~1.516 1	0.896 4	316.73
0.05	y=5.372 2+1.475 6x	0.559 5	0.452 4~0.684 2	0.875 1	141.36
0.10	y=5.417 0+1.464 7x	0.519 1	0.417 6~0.635 9	0.877 2	131.15
0.20	y=5.265 6+1.496 0x	0.664 4	0.536 8~0.811 3	0.885 0	167.86
0.50	y=5.174 7+1.509 9x	0.766 1	0.623 8~0.936 4	0.875 2	193.56
1.00	y=5.062 2+1.429 7x	0.904 7	0.734 7~1.115 4	0.858 2	228.58

2.3 浸虫、饲料法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的敏感性

采用浸虫、饲料法获得的草地贪夜蛾对不同添加量橙皮油助剂阿维菌素的敏感性结果见表3,当橙皮油助剂的添加量为0.05%和0.10%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的活性相对较高,其LC₅₀值分别为0.483 8和0.395 8 mg/L;当橙皮油助剂的添加量为0.01%和0.02%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的活性相对较低,其LC₅₀值分别为0.953 7和0.848 5 mg/L。橙皮油助剂添加量为0.10%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的相对毒力指数为100.00;橙皮油助剂添加量为0.01%时,阿维菌素对草地贪夜蛾的相对毒力指数为240.96。

表 3 浸虫、饲料法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素敏感性分析

助剂添加量/%	毒力方程	LC ₅₀ /(mg·L ⁻¹)	95%置信区间 /(mg·L ⁻¹)	相关系数	相对毒力指数
0.01	y=5.029 7+1.441 7x	0.953 7	0.782 6~1.166 0	0.859 6	240.96
0.02	y=5.104 3+1.461 8x	0.848 5	0.696 2~1.032 2	0.865 3	214.38
0.05	y=5.442 0+1.401 7x	0.483 8	0.388 4~0.592 4	0.865 7	122.23
0.10	y=5.587 5+1.459 6x	0.395 8	0.318 2~0.482 9	0.878 9	100.00
0.20	y=5.362 6+1.363 8x	0.542 2	0.436 5~0.665 4	0.854 7	136.99
0.50	y=5.300 8+1.362 5x	0.601 5	0.480 6~0.793 6	0.860 1	151.97
1.00	y=4.191 0+1.437 7x	0.736 4	0.600 0~0.896 8	0.868 5	186.05

2.4 3种方法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的敏感性比较

将3种方法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的 LC_{50} 值作图(图1)比较发现,随着橙皮油助剂含量的增加,3种方法测定获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的 LC_{50} 值减小再增加;在橙皮油添加量为0.10%时, LC_{50} 值有最小值,此时对草地贪夜蛾活性最高。3种方法测定获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的 LC_{50} 值依次为浸虫法>浸饲料法>浸虫、饲料法。

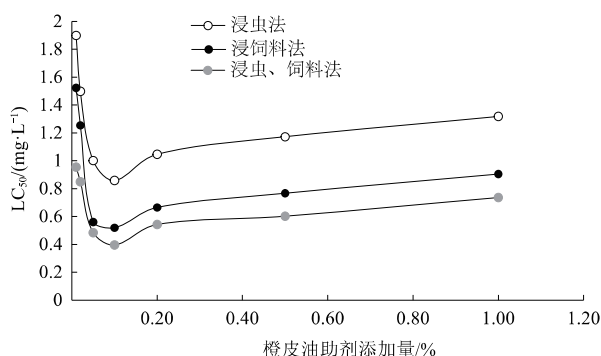


图1 3种方法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的 LC_{50} 值的比较

2.5 不同含量橙皮油助剂的表面张力

不同含量橙皮油助剂溶液的表面张力如图2所示,从图中可以看出随着橙皮油助剂含量的增加,表面张力先降低,后趋于稳定。在0.05%~0.1%的添加量之间略有上升,即表明达到临界胶束浓度。当橙皮油助剂的添加量大于0.1%时,溶液的表面张力变化幅度较小。

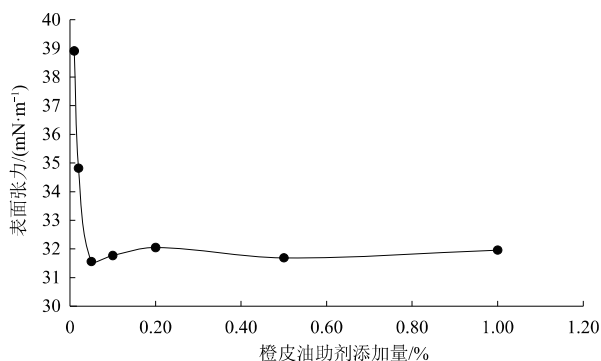


图2 不同添加量的橙皮油助剂溶液的表面张力

3 讨论

浸虫法是生物活性测定中常用的一种方法,主要体现的是药剂的触杀活性;浸饲料法体现的是药剂的胃毒效应;浸虫、饲料法体现的是药剂触杀和

胃毒共同作用的效果。从试验的结果来看,阿维菌素对草地贪夜蛾的生物活性主要是药剂的胃毒作用和触杀作用,浸饲料法测定的药剂 LC_{50} 值较浸虫法测定的药剂 LC_{50} 值要低,表明阿维菌素对草地贪夜蛾的胃毒作用相对较高,而浸虫、饲料法更接近田间喷雾防治时常规药剂的作用方式,对草地贪夜蛾的活性表现也大都是胃毒作用和触杀作用。

浸虫法、浸饲料法和浸虫、饲料法获得的草地贪夜蛾对阿维菌素的 LC_{50} 值随着橙皮油助剂添加量的增加,与之相对应的 LC_{50} 值逐渐降低,当添加量为0.10%时, LC_{50} 值最小;当添加量大于0.10%, LC_{50} 值略微增大。这一规律和不同添加量的橙皮油助剂溶液的表面张力变化相一致,即随着添加量的增加,溶液的表面张力先降低,达到临界胶束浓度后表面张力变化幅度较小。昆虫体表覆盖着蜡质,当液体的表面张力较低时(即低于昆虫表皮的临界表面张力时),药液可以通过体表的气孔和蜡质层进入昆虫体内发挥作用。同样,饲料表面也存在很多空隙,表面张力较低时,药液存储量相对较大,昆虫取食后可获得足够的致死剂量;当达到药液最大稳定持留量时,随着橙皮油助剂的添加量增加,药液会有一些的流失。大量试验表明,药液在靶标上的最大稳定持留量,往往是在助剂添加量在其临界胶束浓度附近出现^[18-21]。从本试验结果来看,橙皮油助剂的临界胶束浓度介于0.05%~0.10%的添加量之间,与之相对应的 LC_{50} 值相对较小,表明其对草地贪夜蛾的活性较高。本试验结果可为防治草地贪夜蛾药剂室内活性筛选和喷雾助剂的科学使用提供参考。

参考文献

- [1] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm[J]. Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82-87.
- [2] 江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 12-18.
- [3] 王磊, 陈科伟, 钟国华, 等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害、防控研究进展及防控策略探讨[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(3): 479-487.
- [4] 郭井菲, 赵建周, 何康来, 等. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵中国[J]. 植物保护, 2018, 44(6): 1-10.
- [5] 赵胜国, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 10-14.

(下转第71页)

剂处理病指防效均差异不显著。

2.3 药后14 d防效

各处理于第2次用药后14 d调查病情并计算防效(表3)。相对于空白对照区,各施药处理区的病指均有明显下降,40%嘧霉胺SC 3个处理对香葱灰霉病的病指防效分别为64.87%、80.11%、89.01%,对照药剂50%啶酰菌胺WG 1 499.25 mL/hm²处理对香葱灰霉病病指防效为87.04%。4个药剂处理中,40%嘧霉胺SC 1 499.25 mL/hm²处理病指防效最高,其次为对照药剂50%啶酰菌胺WG 1 499.25 g/hm²,40%嘧霉胺SC 1 311.84 mL/hm²处理病指防效再次之。方差分析得出,40%嘧霉胺处理SC 1 499.25 mL/hm²与对照药剂处理无显著差异,但40%嘧霉胺SC 3个不同剂量处理间存在显著差异。

表 3 不同剂量处理对香葱灰霉病的田间防效

处理	药后7 d		药后14 d	
	病情指数/%	病指防数/%	病情指数/%	病指防数/%
1	1.16	42.56 bB	2.46	64.87 cC
2	0.76	63.50 aA	1.43	80.11 bB
3	0.63	67.64 aA	0.73	89.01 aA
4	0.85	59.79 aA	0.95	87.04 aA
5	2.23		7.71	

注:病情指数为4次重复的平均值,小写字母、大写字母分别表示处理间在 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 水平上的差异显著性。

3 讨论和结论

在试验条件下,40%嘧霉胺SC不同剂量处理区香葱安全生长,与空白对照无异。40%嘧霉胺SC,2次施药后14 d对香葱灰霉病病指防效可达64.87%~89.01%,其防效随着剂量的增加而增加,其中,40%嘧霉胺SC 1 499.25 mL/hm²病指防效高达89.01%,与对照药剂50%啶酰菌胺WG 1 499.25 g/hm²病指防效差异不显著。综上所述,在香葱灰霉病发生前或发生初期开始用药,视田间病害发生情况施1~3次药,间隔期为7~10 d左右,推荐生产上40%嘧霉胺SC使用剂量为1 311.84~1 499.25 mL/hm²,可取得较好的防效。

参考文献

[1] 薛玉峰. 兴化香葱发展方向探讨[J]. 现代园艺, 2012(7): 18-19; 52.
[2] 徐东旭, 陈春生, 张苏珏. 香葱连作障碍的发生与防止[J]. 长江蔬菜, 2009(13): 28.
[3] 蒋长富, 徐东旭, 王存华, 等. 兴化香葱春秋生长不良现象与管理措施[J]. 上海蔬菜, 2006(6): 39.
[4] 李聪丽, 罗长娇, 陈四, 等. 24种杀菌剂对香葱灰霉病菌的室内毒力测定[J]. 福建农业学报, 2017, 32(9): 1001-1005.

(责任编辑:金兰)

(上接第 64 页)

[6] 崔丽, 芮昌辉, 李永平, 等. 国外草地贪夜蛾化学防治技术的研究与应用[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 7-13.
[7] 袁会珠, 杨代斌, 闫晓静, 等. 农药有效利用率与喷雾技术优化[J]. 植物保护, 2011, 37(5): 14-20.
[8] 何雄奎. 中国植保机械与施药技术研究进展[J]. 农药学报, 2019, 21(5-6): 921-930.
[9] TAYLOR P. The wetting of leaf surface[J]. Current Opinion in Colloid and Interface Science, 2011, 16(4): 326-334.
[10] 许小龙, 徐广春, 徐德进, 等. 植物表面特性与农药雾滴行为关系的研究进展[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(1): 214-218.
[11] 徐广春, 顾中言, 徐德进, 等. 稻叶表面特性及雾滴在倾角稻叶上的沉积行为[J]. 中国农业科学, 2014, 47(21): 4280-4290.
[12] 石伟山. 三种助剂对高效氯氟菊酯防治三种害虫的增效作用[D]. 扬州: 扬州大学, 2009.
[13] 石伟山, 顾中言, 徐德进, 等. 柴油和杰效利与高效氯氟菊酯混用对三种害虫的毒力及表皮的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(2): 296-302.
[14] 廖科超, 路福绥, 刘村平. 油类、油脂类在农药中的应用现状[J].

农药科学与管理, 2015, 36(8): 52-56.
[15] 胡女丹, 覃引, 周剑丽. 橘皮油气-液相平衡及连续精馏分离提纯柠檬烯的模拟研究[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 308-310.
[16] 于伟丽, 张升国, 刘永强, 等. 5种药剂不同生测方法对甜菜夜蛾幼虫毒力比较[J]. 长江蔬菜, 2010, (18): 116-118.
[17] GASKIN R E, PATHAN A K. Characterising plant surfaces and adjuvant interactions to improve pesticide spray retention and coverage on avocados[J]. New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report, 2006, 6: 63-70.
[18] FINNEY D J. Probit analysis(3rd)[M]. Britain: Cambridge University Press, 1971.
[19] 徐广春, 顾中言, 徐德进, 等. 促进稻田农药利用效率的表面活性剂筛选[J]. 中国农业科学, 2013, 46(7): 1370-1379.
[20] 顾中言, 徐德进, 徐广春. 田间药液用量影响农药单位剂量防治效果的原因分析[J]. 中国农业科学, 2018, 51(13): 2513-2523.
[21] ZHENG L, CAO C, CAO L D, et al. Bounce behavior and regulation of pesticide solution droplets on rice leaf surfaces[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(44): 11560-11568.

(责任编辑:金兰)