

喷雾助剂对氟吡呋喃酮防治桃蚜的增效作用

赵斌荣¹, 常 华², 柴军发¹, 景亮亮¹, 洪 波¹, 贾彦霞^{1*}

(1. 宁夏大学农学院 银川 750021; 2. 宁夏罗山国家级自然保护区管理局 红寺堡 751900)

摘 要: 为明确不同喷雾助剂对氟吡呋喃酮防治西蓝花桃蚜的增效作用。采用浸虫浸叶法和喷雾法测定了 3 种喷雾助剂与氟吡呋喃酮混配对桃蚜的室内毒力及田间药效。室内毒力表明, 3 种喷雾助剂对氟吡呋喃酮的增效作用为: 强力源>纳米网控失剂 SC108>激健。氟吡呋喃酮对桃蚜 48 h 的 LC₅₀ 为 7.67 mg L⁻¹, 添加强力源、纳米网控失剂 SC108、激健分别降低到 2.64、2.82 和 3.45 mg L⁻¹。田间试验表明, 添加强力源可使氟吡呋喃酮减量 40%, 而分别添加纳米网控失剂 SC108、激健可降低使用量 20%~30%。药后 7 d, 各处理对西蓝花桃蚜的防效达到最高, 其中, 氟吡呋喃酮减量 20%添加强力源对西蓝花桃蚜的防效高达 94.95%。药后 14 d, 氟吡呋喃酮减量 40%添加 3 种喷雾助剂对西蓝花桃蚜的防效仍保持在 57.78%~81.43%。因此, 建议在生产中使用减量 40%的氟吡呋喃酮添加强力源防治桃蚜。

关键词: 氟吡呋喃酮; 喷雾助剂; 桃蚜; 增效作用

中图分类号: S482.92; S433.39

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2021)05-0733-05

Synergism of three kinds of spray adjuvants to flupyradifurone against *Myzus persicae*

ZHAO Binrong¹, CHANG Hua², CHAI Junfa¹, JING Liangliang¹, HONG Bo¹, JIA Yanxia¹

(1. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021;

2. Administrative Bureau of Luo Mountain National Nature Reserve, Hongsipu 751900)

Abstract: In order to determine the synergistic effects of different spray adjuvants to flupyradifurone against *Myzus persicae* in Broccoli. The toxicity bioassay and field efficacy tests of three kinds of spray adjuvants mixed with flupyradifurone against *Myzus persicae* by dipping method and spraying. The laboratory toxicity showed that synergistic effects of three kinds of spray adjuvants to flupyradifurone were as follows: Qiangliyuan> NanoSC108> Jijian. The LC₅₀ of flupyradifurone against *Myzus persicae* was 7.67 mg L⁻¹ at 48 h, and added of Qiangliyuan, NanoSC108, Jijian were reduced to 2.64 mg L⁻¹, 2.82 mg L⁻¹, 3.45 mg L⁻¹ respectively. Field efficacy trials showed that the dosage of flupyradifurone could be reduced by 40% when mixed with Qiangliyuan, 20%-30% while mixed with other NanoSC108, Jijian. The control efficacy of each treatment against *Myzus persicae* in Broccoli. were the highest seven days after treatment, especially, the control effects of flupyradifurone reduced by 20% mixed with Qiangliyuan was as high as 94.95%. Fourteen days after treatment, the control effects of flupyradifurone reduced by 40% mixed with three kinds of spray adjuvants maintained at 57.78%-81.43%. Therefore, 40% recommended dosage of flupyradifurone mixed with Qiangliyuan can be used for the prevention and control of *Myzus persicae* in practice.

Key words: flupyradifurone; spray adjuvants; *Myzus persicae*; synergistic effect

桃蚜 (*Myzus persicae*) 作为一种世界性的杂食害虫, 具有繁殖量大、生活周期短和营孤雌生殖的不全周期生活的特点, 因此适应于生长快且生长周期短的十字花科蔬菜西蓝花上, 致使西蓝花 (Broccoli) 受害较重^[1-2]。目前, 生产中对于蚜虫防治, 主要采用化学防控。蚜虫因虫体小, 早期发生

时不易被人们发现, 且随着用药量的逐年增加, 使得蚜虫对吡虫啉、啉虫脒和高效氯氰菊酯等药剂产生了抗性^[3-5]。汤秋玲等通过对蔬菜蚜虫抗药性现状及抗性治理策略得出, 当喷雾助剂进入虫体后, 通过抑制与代谢抗性相关的解毒酶活性, 如胡椒基丁醚对蚜虫体内的 MFO 的抑制作用, 进而消除因代谢

收稿日期: 2021-01-21

基金项目: 宁夏“十三五”重点研发计划重大项目 (2018BBF02021-02) 资助。

作者简介: 赵斌荣, 硕士研究生。E-mail: zbr18709364152@163.com

* 通信作者: 贾彦霞, 教授。E-mail: helenjia_2006@126.com

抗性机制产生的抗性,达到增加药效、降低农药的使用量、节约成本,减少农药对环境的污染^[1]。喷雾助剂能够降低药液的表面张力、减小接触角和缩短液滴干燥时间,增大药液的延展、粘附及渗透性。通过合理使用助剂,不仅可以延长药剂的使用寿命,而且能提高药剂对植物的安全性,并降低对人畜的毒性,因而具有较大的市场潜力^[6]。李进等研究了不同增效剂对噻虫嗪防治棉蚜的减量增效作用,结果表明添加增效剂能提高防治效果。其中,添加激健可使噻虫嗪较常规用量减量 10%~20%,还能延长药剂的持效期^[7];李世奎等研究了 3 种增效剂与 3 种烟碱类杀虫剂混配对棉蚜的增效作用,结果表明添加青皮桔油、有机硅和激健 3 种增效剂,能有效提高烟碱类(吡虫啉、啶虫脒和噻虫嗪)药剂的利用率^[8];曹巍等研究了不同助剂对苦参碱防治棉蚜的增效作用,结果表明苦参碱减量 20%添加激健、丝润和丰展对棉蚜具有明显的增效作用^[9];田志慧等也研究了不同喷雾助剂对稻田除草剂减量增效作用,结果表明不同喷雾助剂对氟氟草酯和灭草松同样具有明显的增效作用^[10]。可见,同一种助剂的增效作用因不同农药而有所差异^[11]。氟吡呋喃酮因活性基不同,不仅对抗常规新烟碱类杀虫剂防效显著,而且对蜜蜂等传粉昆虫低毒,又对环境友好,还能间接降低作物上多种病害的发生。因此,已成为最有发展潜力的新烟碱类药剂之一^[12]。本研究以西蓝花上发生的桃蚜为研究对象,分析了喷雾助剂对氟吡呋喃酮

的增效作用,旨在探索蔬菜生产中减少使用氟吡呋喃酮以提高防治效果的新策略,为农药减量增效行动提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试虫源 采自宁夏银川市贺兰县洪广镇(38°41'N, 106°17'E)种植基地的西蓝花植株上。

1.1.2 供试药剂 17%氟吡呋喃酮 SL(拜耳股份公司);强力源(表面活性剂,32%聚乙二醇酸羟基醚+18%异构八醇,一帆生物科技集团有限公司);纳米网构控失剂 SC108(青岛中科禾辉生物技术有限公司);激健(植物油,成都激健生物科技有限公司)。

1.1.3 供试作物 西蓝花(Broccoli)品种为“耐寒优秀”,于 2020 年 4 月中旬定植,其株行距为 30 cm×100 cm,定植后,除施药因素外,其他管理按当地规范化的生产流程进行。

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定 采用浸虫浸叶法进行毒力测定^[13],并稍作修改。将 17%氟吡呋喃酮(有效成分,下同)设置为:204、102、51、25.50、12.75、6.375 和 3.187 5 mg·L⁻¹的供试药液作为阳性对照,然后将质量分数为 0.1%的强力源、纳米网构控失剂 SC108、激健分别添加到上述氟吡呋喃酮药液中,并用蒸馏水处理作为阴性对照,每个处理设置 3 个重复。

表 1 供试药剂及试验处理
Table 1 Tested insecticides and experimental treatment

处理	供试药剂	用量/(mg·L ⁻¹)
D	17%氟吡呋喃酮 SL	102
A	17%氟吡呋喃酮 SL+强力源	81.60+0.1%
B	17%氟吡呋喃酮 SL+强力源	71.40+0.1%
C	17%氟吡呋喃酮 SL+强力源	61.20+0.1%
A	17%氟吡呋喃酮 SL+纳米 SC108	81.60+0.1%
B	17%氟吡呋喃酮 SL+纳米 SC108	71.40+0.1%
C	17%氟吡呋喃酮 SL+纳米 SC108	61.20+0.1%
A	17%氟吡呋喃酮 SL+激健	81.60+0.1%
B	17%氟吡呋喃酮 SL+激健	71.40+0.1%
C	17%氟吡呋喃酮 SL+激健	61.20+0.1%
E	空白对照	0

注:药剂用量为有效成分用量,喷雾助剂剂量为百分含量,即 0.1%,下同。

剪取附着有一定数量蚜虫的西蓝花叶片,用毛笔剔除有翅蚜和僵蚜。将已剪取好的带有蚜虫的叶片完全浸入配制好的系列浓度梯度药液中 10 s,取出待药液自然晾干后,放入垫有滤纸的培养皿中,

每皿保留大小基本一致的无翅成蚜 30 头左右,用湿润的脱脂棉包住叶柄保湿,保鲜膜封好后,用昆虫针在膜上扎孔。将培养皿置于 25 ℃、70%相对湿度的人工气候箱(上海跃进 RQX-250)中,48 h 后

检查死亡率; 判定依据为用毛笔轻触虫体, 虫体不动或干瘪视为死亡。

1.2.2 田间药效试验 田间试验在宁夏银川市贺兰县洪广镇进行, 试验设 11 个处理, (1) 氟吡呋喃酮常规用量单用对照 (D); (2) 常规用量减量 20%+不同助剂(A); (3) 常规用量减量 30%+不同助剂(B); (4) 常规用量减量 40%+不同助剂 (C); (5) 清水对照 (E), 详见表 1。每个处理设 3 次重复, 随机排列。每个小区面积约 67 m², 使用台州 3WBD-20 型智能电动喷雾器整株均匀喷雾, 供试药剂采用 2 次稀释法, 施药量为 750 L·hm⁻²。

小区内 5 点取样, 每点标定 3 株, 在标定的植株上统计整株叶片的蚜虫数量。施药前调查蚜虫虫口基数, 用药后 1、3、5、7、10 和 14 d 调查存活的蚜虫数量。计算虫口减退率和防治效果, 公式如下:

$$\text{虫口减退率} = (\text{施药前活虫数} - \text{施药后活虫数}) / \text{施药前活虫数} \times 100\%$$

$$\text{防治效果} = (\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}) / (1 - \text{对照区虫口减退率}) \times 100\%$$

1.3 数据处理

数据经 Excel 软件分类汇总, 并用 DPS 软件进行毒力及差异显著性数据分析。

2 结果与分析

2.1 室内测定结果

室内研究结果表明, 添加 3 种喷雾助剂对氟吡

呋喃酮防治西蓝花桃蚜均可以起到良好的增效作用, 其毒力顺序依次为: 强力源>纳米网构控失剂 SC108>激健, 不添加助剂的氟吡呋喃酮对西蓝花桃蚜的毒力最低。以不添加助剂的氟吡呋喃酮的 LC₅₀ 为基数, 计算其他添加喷雾助剂的相对毒力。其中, 17%氟吡呋喃酮 SL 对西蓝花桃蚜的毒力最低, LC₅₀ 为 7.67 mg·L⁻¹。添加强力源对西蓝花桃蚜的毒力最高, LC₅₀ 降低到 2.64 mg·L⁻¹, 添加纳米网构控失剂 SC108 降低到 2.82 mg·L⁻¹, 添加激健的毒力最小, LC₅₀ 降低到 3.45 mg·L⁻¹, 分别下降了 65.58%、63.23%和 55.02% (详见表 2)。

2.2 喷雾助剂对氟吡呋喃酮药效的影响

田间试验结果表明, 添加强力源可降低氟吡呋喃酮常规用量的 40%, 而添加纳米网构控失剂 SC108 和激健可降低氟吡呋喃酮常规用量的 20%~30%, 其中, 强力源>纳米网构控失剂 SC108>激健。施药后 7 d, 各处理对西蓝花桃蚜的防效达到最高, 氟吡呋喃酮减量 20%分别添加强力源、纳米网构控失剂 SC108、激健对西蓝花桃蚜的防效分别高达 94.95%、93.01%和 91.76%, 而氟吡呋喃酮单剂对西蓝花桃蚜的防效仅为 84.04%。施药后 10 d, 氟吡呋喃酮减量 20%分别添加强力源、纳米网构控失剂 SC108、激健对西蓝花桃蚜的防效分别达 90.78%、86.75%和 86.39%。施药后 14 d, 氟吡呋喃酮减量 20%添加强力源、纳米网构控失剂 SC108、激健对西蓝花桃蚜的防效仍保持在 83.08%以上。

表 2 3 种喷雾助剂与氟吡呋喃酮混配对西蓝花桃蚜的室内毒力测定结果 (48 h)

Table 2 Toxicity results of three kinds of spray adjuvants mixed with flupyradifurone against *Myzus persicae* in Broccoli(48 h)

供试药剂	LC ₅₀ (95%置信限) / (mg·L ⁻¹)	斜率±标准误差	相关系数	χ ² (df=5)	P	相对毒力
17%氟吡呋喃酮 SL	7.67 (4.51~11.20)	0.91±0.11	0.984 3	2.01	0.85	1
17%氟吡呋喃酮 SL+强力源	2.64 (1.15~4.50)	0.93±0.12	0.956 3	5.63	0.34	2.91
17%氟吡呋喃酮 SL+纳米 SC108	2.82 (1.06~5.09)	0.75±0.11	0.975 4	2.82	0.73	2.72
17%氟吡呋喃酮 SL+激健	3.45 (1.19~6.36)	0.58±0.10	0.962 2	2.55	0.77	2.22

注: 相对毒力指数是以 LC₅₀ 最大的药剂为 1, 其他药剂 LC₅₀ 与之相除。其中, 氟吡呋喃酮的配制浓度为 204、102、51、25.50、12.75、6.375 和 3.187 5 mg·L⁻¹。

氟吡呋喃酮减量 30%添加强力源、纳米网构控失剂 SC108、激健对西蓝花桃蚜的防效均高于单剂的防效。氟吡呋喃酮减量 40%添加强力源对西蓝花桃蚜的防效高于或者与单剂的防效持平, 添加纳米网构控失剂 SC108 和激健低于单剂的防效。药后 1 d, 氟吡呋喃酮单剂对西蓝花桃蚜的防效为 64.33%。氟吡呋喃酮减量 40%添加强力源和纳米网构控失剂 SC108 对西蓝花桃蚜的防效为 69.27%和 55.95%, 与单剂的防效无显著性差异。氟吡呋喃酮减量 40%

添加激健对西蓝花桃蚜的防效为 53.11%, 显著低于单剂的防效。药后 3 d, 氟吡呋喃酮减量 40%添加强力源对西蓝花桃蚜的防效为 84.22%, 显著高于单剂的防效。氟吡呋喃酮减量 40%添加纳米网构控失剂 SC108、激健对西蓝花桃蚜的防效为 72.11%和 66.51%, 显著低于单剂的防效。药后 5 d, 氟吡呋喃酮减量 40%添加强力源对西蓝花桃蚜的防效为 87.18%, 显著高于单剂的防效。氟吡呋喃酮减量 40%添加纳米网构控失剂 SC108 对西蓝花桃蚜的防

效为 77.10%，与单剂的防效无显著性差异。氟吡呋喃酮减量 40%添加激健对西蓝花桃蚜的防效为 68.74%，显著低于单剂的防效。药后 14 d，氟吡呋

喃酮减量 40%添加强力源、纳米网构控失剂 SC108、激健对西蓝花桃蚜的防效仍保持在 57.78%~81.43%。(详见表 3)。

表 3 不同喷雾助剂对氟吡呋喃酮防效的影响
Table 3 Control efficacy of different spray adjuvants of flupyradifurone

供试药剂	药前虫口数	药后 1 d		药后 3 d		药后 5 d	
		虫口减退率/%	防效/%	虫口减退率/%	防效/%	虫口减退率/%	防效/%
17%氟吡呋喃酮	622	40.06	64.33 ^{bc}	55.36	77.18 ^b	55.99	81.27 ^b
A: 17%氟吡呋喃酮+强力源	784	64.41	78.82 ^a	79.34	89.44 ^a	80.36	91.64 ^a
B: 17%氟吡呋喃酮+强力源	722	57.48	74.70 ^{ab}	76.18	87.82 ^a	75.21	89.45 ^a
C: 17%氟吡呋喃酮+强力源	674	48.37	69.27 ^b	69.14	84.22 ^a	69.88	87.18 ^a
A: 17%氟吡呋喃酮+纳米 SC108	748	52.81	71.92 ^{ab}	73.93	86.67 ^a	74.87	89.30 ^a
B: 17%氟吡呋喃酮+纳米 SC108	652	48.62	69.42 ^{ab}	70.25	84.79 ^a	71.93	88.05 ^a
C: 17%氟吡呋喃酮+纳米 SC108	658	25.99	55.95 ^{cd}	45.44	72.11 ^c	46.20	77.10 ^b
A: 17%氟吡呋喃酮+激健	624	52.24	71.58 ^{ab}	72.76	86.07 ^a	72.12	88.13 ^a
B: 17%氟吡呋喃酮+激健	616	44.81	67.15 ^{ab}	67.37	83.32 ^a	69.81	87.15 ^a
C: 17%氟吡呋喃酮+激健	632	21.20	53.11 ^d	34.49	66.51 ^d	26.58	68.74 ^c
清水对照 CK	682	-68.04	-	-95.60	-	-134.90	-

供试药剂	药前虫口数	药后 7 d		药后 10 d		药后 14 d	
		虫口减退率/%	防效/%	虫口减退率/%	防效/%	虫口减退率/%	防效/%
17%氟吡呋喃酮	622	81.07	84.04 ^b	54.89	82.19 ^b	-11.99	74.79 ^b
A: 17%氟吡呋喃酮+强力源	784	94.01	94.95 ^a	76.66	90.78 ^a	44.13	87.42 ^a
B: 17%氟吡呋喃酮+强力源	722	93.49	94.51 ^a	68.56	87.58 ^{ab}	35.46	85.47 ^{ab}
C: 17%氟吡呋喃酮+强力源	674	88.72	90.49 ^a	59.50	84.00 ^b	17.51	81.43 ^{ab}
A: 17%氟吡呋喃酮+纳米 SC108	748	91.71	93.01 ^a	66.44	86.75 ^{ab}	34.89	85.34 ^{ab}
B: 17%氟吡呋喃酮+纳米 SC108	652	89.57	91.21 ^a	62.58	85.22 ^{ab}	23.31	82.73 ^{ab}
C: 17%氟吡呋喃酮+纳米 SC108	658	76.75	80.40 ^b	19.30	68.13 ^c	-68.84	61.98 ^c
A: 17%氟吡呋喃酮+激健	624	90.22	91.76 ^a	65.54	86.39 ^{ab}	24.84	83.08 ^{ab}
B: 17%氟吡呋喃酮+激健	616	88.64	90.42 ^a	59.25	83.91 ^b	11.69	80.12 ^{ab}
C: 17%氟吡呋喃酮+激健	632	69.46	74.26 ^c	0.63	60.76 ^d	-87.50	57.78 ^c
清水对照 CK	682	-18.62	-	-153.23	-	-344.13	-

注：同一列中不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

3 讨论与结论

已有研究表明，添加助剂在保证防效的同时，不仅能够降低药剂的使用量，还能延长药剂的使用寿命，且对作物安全^[14-15]。本研究了氟吡呋喃酮分别添加强力源、纳米网构控失剂 SC108 和激健 3 种喷雾助剂对西蓝花桃蚜的防治作用。室内毒力结果表明，氟吡呋喃酮添加强力源对桃蚜的毒力最高， LC_{50} 为 $2.64 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，其次为纳米网构控失剂 SC108、激健。对于西蓝花桃蚜的田间喷雾试验中，添加强力源以有效降低氟吡呋喃酮常规用量的 20%~30%，而添加纳米网构控失剂 SC108 和激健以减少

常规用量 20%防治桃蚜最为适宜。同时表明，氟吡呋喃酮较常规用量减量 20%，即 $81.60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时添加强力源与氟吡呋喃酮常规用量差异显著，可能是由于喷雾助剂降低了药液的表面张力和接触角，延长了药液在靶标植物上的滞留时间，提高了植物对药液的吸收，进而提高了农药的利用率，这与封云涛等的研究结果一致^[16]；而在施药后 3 d、5 d 和 7 d，氟吡呋喃酮较常规用量减量 40%情况下，添加强力源对西蓝花桃蚜的防效显著高于氟吡呋喃酮常规用量防效，而添加纳米网构控失剂 SC108 和激健的防效低于氟吡呋喃酮常规用量防效。鉴于氟吡呋喃酮减量 40%情况下添加强力源的防效高于氟吡呋喃酮

常规用量防效, 因而推测强力源仍有继续降低药剂使用量的潜力, 可在生产中推广应用。

农药减量的研究是涉及种子、栽培技术、土壤处理技术、化学药剂的协同增效技术、农药施药技术、农药产品和助剂等多学科的综合技术工作^[17]。喷雾助剂的加入可防止或减少药剂从药液箱到靶标过程中出现的雾滴漂移所带来的损失, 如对邻近敏感作物产生药害、污染环境等影响药效的正常发挥, 还能降低药剂中有效成分被紫外线分解, 进而减缓害虫的抗药性^[18-19]。本研究也表明, 喷雾助剂的混配使用, 不仅有效控制了虫害的发生, 提升了蔬菜的质量和产量, 而且实现了农药减量增效的目的, 这对促进我国农业可持续发展具有重要的意义。但本研究未涉及添加 3 种助剂对药剂在靶标植物中的残留情况。因此, 后期应开展有关喷雾助剂对药剂在靶标部位的沉积试验。

参考文献:

- [1] 汤秋玲, 马康生, 高希武. 蔬菜蚜虫抗药性现状及抗性治理策略[J]. 植物保护, 2016, 42(6):11-20.
- [2] 管致和, 魏德忠, 柳支英. 蔬菜害虫及其防治[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1965.
- [3] 齐洪雷. 蔬菜蚜虫的防治[J]. 甘肃农业, 2006(12): 306.
- [4] 戴长庚, 薛明健, 李鸿波, 等. 常见杀虫剂对菜蚜室内毒力测定和田间防效试验[J]. 北方园艺, 2018(17): 55-58.
- [5] 宫亚军, 石宝才, 康总江, 等. 7 种农药对瓜蚜的室内毒力测定[J]. 农药, 2012, 51(4): 296-297.
- [6] 华乃震. 喷雾助剂的作用与应用[J]. 农药市场信息, 2012(24): 17-20.
- [7] 李进, 张军高, 王伟, 等. 不同增效剂对噻虫嗪防治棉蚜的减量增效作用[J]. 农药, 2018, 57(12): 912-915.
- [8] 李世奎, 李博文, 郑鑫, 等. 3 种增效剂与 3 种烟碱类杀虫剂混配对棉蚜的增效作用[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(1): 32-37.
- [9] 曹巍, 沙吾拉·特吾合塔买提, 热汗古丽·沙塔尔, 等. 不同助剂对苦参碱防治棉蚜的增效作用[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(4): 623-629.
- [10] 田志慧, 袁国徽, 高萍, 等. 不同喷雾助剂对稻田除草剂减量作用的研究[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 297-302.
- [11] 单提升, 许国升, 王翠翠, 等. 两种有机硅助剂对四氯虫酰胺防治菜青虫的增效作用[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 241-244.
- [12] 李晨雨, 臧传江, 朱少杰, 等. 新烟碱类杀虫剂氟吡呋喃酮的研究开发现状与展望[J]. 农药, 2018, 57(11): 785-788.
- [13] CAHILL M, JARVIS W, GORMAN K, et al. Resolution of baseline responses and documentation of resistance to buprofezin in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae)[J]. Bull Entomol Res, 1996, 86(2): 117-122.
- [14] STOCK D, BRIGGS G. Physicochemical properties of adjuvants: values and Applications I [J]. Weed Technol, 2000, 14(4): 798-806.
- [15] 鲁梅, 王金信, 刘钰, 等. 甲酯化植物油助剂对除草剂的药效增强作用[J]. 植物保护学报, 2005, 32(3): 295-299.
- [16] 封云涛, 李光玉, 郭晓君, 等. 两种表面活性助剂在农药减量化防治小菜蛾中的应用[J]. 农药学报, 2015, 17(5): 603-609.
- [17] 张宗俭, 张春华. 农药助剂研发进展及在农药减量增效行动中的作用[C]//中国植物保护学会 2018 年学术年会暨植保科技奖颁奖大会论文集. 西安, 2018: 333-337.
- [18] 张春华, 张宗俭, 刘宁, 等. 农药喷雾助剂的作用及植物油类喷雾助剂的研究进展[J]. 农药科学与管理, 2012, 33(11): 16-18.
- [19] 张国生, 汪灿明, 郑瑞琴. 浅谈农药增效剂现状及应用前景[J]. 浙江化工, 2000, 31(4): 24-26.