



苏湘宁, 黄小清, 王龙江, 廖章轩, 黄少华, 李传瑛, 刘伟玲, 章玉萍. 5% 甲维盐微乳剂配方的研发及药效试验 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 477-484.

## 5% 甲维盐微乳剂配方的研发及药效试验

苏湘宁<sup>1</sup>, 黄小清<sup>2</sup>, 王龙江<sup>3</sup>, 廖章轩<sup>1</sup>, 黄少华<sup>1</sup>, 李传瑛<sup>1</sup>, 刘伟玲<sup>1</sup>, 章玉萍<sup>1\*</sup>

(1. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640;

2. 翁源县仙雅农业发展有限公司, 广东韶关 512600; 3. 宜春学院, 江西宜春 336000)

**摘要:** 针对 5% 甲维盐微乳剂利用率偏低的问题, 筛选了增效作用显著、安全性高且持留量好的配方。通过筛选不同溶剂、助剂与测定其药液表面张力、铺展面积、叶片最大持留量等理化性能差异, 研发出 5% 甲维盐微乳剂最佳配方。5% 甲维盐微乳剂最佳配方为: 甲维盐 5%、乙醇 25%、环己酮 5%、602 5%, 快速渗透剂 T 4%, 环氧大豆油 3%, 丙三醇 3%, 1# 乳化剂 20%, 去离子水补足至 100.0%。所制备的制剂性能稳定, 质量可靠, 各指标均符合微乳剂的相关标准要求。同时, 田间防治效果表明, 该制剂对月季 *Rosa chinensis* (Jacq) 上蓟马具有很好防治效果, 优于市售的 5% 甲维盐微乳剂, 对农药微乳剂配方开发具有借鉴作用。

**关键词:** 甲维盐; 微乳剂; 配方筛选

中图分类号: Q965; S89

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 02-0477-08

### Study on formula and field trial of 5% emamectin benzoate microemulsion

SU Xiang-Ning<sup>1</sup>, HUANG Xiao-Qing<sup>2</sup>, WANG Long-Jiang<sup>3</sup>, LIAO Zhang-Xuan<sup>1</sup>, HUANG Shao-Hua<sup>1</sup>, LI Chuan-Ying<sup>1</sup>, LIU Wei-Ling<sup>1</sup>, ZHANG Yu-Ping<sup>1\*</sup> (1. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China; 2. Wengyuan Xian Ya Agricultural Development Co. Ltd, Shaoguan 512600, Guangdong Province, China; 3. Yichun University, Yichun 336000, Jiangxi Province, China)

**Abstract:** According to the low utilization at present of 5% emamectin benzoate microemulsion, the formula of this product with obvious synergistic effect, high safety and max retention of the solutions were selected in the process of compounding additives. The optimum formula of 5% emamectin benzoate microemulsion was developed through screening the different solvents, different adjuvants and determining difference in physical and chemical properties of the surface tension, spreading area, max retention of the solutions, etc. The optimal formula of 5% emamectin benzoate microemulsion was as follows: Emamectin benzoate 5%, alcohol 25%, cyclohexanone 5%, 6025%, rapid penetrant T 4%, epoxidized soybean oil 3%, glycerol 3%, 1# emulgator 20% and deionized water up to 100.0%. All specifications of the formulation were with a good quality meets the requirements of microemulsion. At the same time, the results of control effects showed that it had a good control effects against thrips on *Rosa chinensis*. It was

基金项目: 韶关市科技计划项目 (韶科 [2018] 119 号); 广东省现代农业产业技术体系创新团队 (2021KJ113); 广东省农业科学院科技创新战略专项 (R2019YJ-YB2003)

作者简介: 苏湘宁, 男, 博士, 助理研究员, 研究方向为农药学, E-mail: 851513723@qq.com

\* 通讯作者 Author for correspondence: 章玉萍, 博士, 研究员, 研究方向为农药学, E-mail: zhangyp@gdppri.cn

收稿日期 Received: 2021-01-15; 接受日期 Accepted: 2021-05-26

better than others commercial 5% emamectin benzoate microemulsion. It could provide reference for developing pesticide microemulsion formula.

**Key words:** Emamectin benzoate; microemulsion; formula screening

降低化学农药使用量和残留量,减少农药污染,是绿色农业的基本要求。提高农药利用率是病虫害防治过程中减少化学农药用量、降低农药残留、减轻环境污染的关键(程玲等,2018)。合理添加助剂有利于杀虫剂对靶标的粘附力和沉积量,不仅减少药剂流失,降低农药对环境的污染,而且延缓害虫抗药性(屠豫钦和李秉礼,2006)。因此,针对农药利用率偏低的问题,筛选出增效作用显著、安全性高且能降低药液表面张力,提高药液在植物表面的持留量的配方,对于科学用药,保障农业安全生产具有重要意义。

目前已登记的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(Emamectin benzoate)单剂剂型以微乳剂最多,微乳剂是由两种互不相溶的液体自发形成的热力学稳定、外观透明且各项同性的分散体系,具有物理稳定性好、货架寿命长、扩散渗透能力强、生物活性高等特点,是一种可以取代乳油的新剂型,具有很好的发展前景(陈福良等,2005;2007;张鹏九等,2015)。但常用药剂在推荐施用浓度下的药液表面张力往往大于某些作物叶片的临界表面张力,难以在作物叶片铺展,导致药效低(徐广春等,2013)。选用合适的表面活性剂来改变农药药液的表面张力,便可提高农药在水稻叶面上的沾湿能力(顾中言,2009)。有研究发现,添加表面活性剂能降低药液表面张力,提高药液在植物表面的持留量(袁会珠和齐淑华,1998)。王龙江等(2017)测定2.3%甲维盐微乳剂分别与4种农药助剂混用后,其药液表面张力、铺展面积、叶片最大持留量的理化性能差异,发现添加助剂能降低药液表面张力,提高叶片持留量,提高铺展面积,提高了农药利用率。李颖等(2017)采用光学视频接触角测量仪测定了2%甲维盐微乳剂不同浓度稀释液的表面张力及静态接触角,研究药液在甘蓝 *Brassica oleracea* L. 表面的润湿性能,提高甘蓝上的农药利用率。本文通过研究几种助剂与5%甲维盐微乳混配在月季叶片上的药液表面张力、铺展面积、叶片最大持留量等理化性能差异,并通过与市售产品进行参数及防效等对比,研发出5%甲维盐微乳剂最佳配方。为降低月季用药量、减少农药残留污染并提高对蓟马的防效提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试药剂

材料:71.3% (w) 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)原药:河北省石家庄市龙汇精细化工有限公司;丙三醇,甲醇,乙醇,环己酮,均购自芊萘花玻有限公司;十二烷基硫酸钠(K12),郑州宇博化工产品有限公司提供;环氧大豆油和UV-531,上海凯茵化工有限公司;二丁基羟基甲苯(BHT),深圳乐芙生物科技有限公司提供;脂肪醇聚氧乙烯醚(JFC),邢台蓝天精细化工股份有限公司提供;壬基酚聚氧乙烯醚(602)和烷基酚聚氧乙烯醚(OP-10),由尤尼威尔化学品(上海)有限公司乳化剂提供;加倍杀,由四川蜀峰化工有限公司提供;有机硅,深圳市吉鹏硅氟材料有限公司提供;花生油,超市购买;调试助剂1#,自配;去离子水,实验室制备。

### 1.2 制备方法

将甲维盐原药用适当的溶剂溶解,再加入助溶剂,充分溶解后,加入表面活性剂混合均匀,边搅拌边滴加水,使体系由油包水相转化为水包油相,最后加入防冻剂等得到5%甲维盐微乳剂。并对加入不同溶剂、乳化剂的配制效果进行分析,确定最佳溶剂、乳化剂配方。

### 1.3 物理性能测试

#### 1.3.1 微乳剂稳定性测定

微乳剂溶解稳定性测定参照GB/T 1601-2001《农药乳液稳定性测定方法》,取自制微乳剂逐滴加入到标准硬水中稀释100倍,液滴分散快速、不聚集,分散后保持无色透明,在30℃水浴1h后应无油无沉淀。

热贮、冷贮稳定性测定按照GB/T 19136-2003的测定方法,将自制微乳剂样品分别在 $54 \pm 2^\circ\text{C}$ 下保存14d和 $0 \pm 2^\circ\text{C}$ 下保存7d后,对规定项目进行测定。

#### 1.3.2 表面张力测定

将5%甲维盐微乳剂用去离子水稀释1000倍,然后加入增效助剂(JFC、OP-10、加倍杀、调试助剂1#),使药液中助剂浓度分别达到100、150、

200、250、300 mg/L 助剂。采用悬滴法, 吸取各药液 1 mL 供试液体, 在移液管垂直状况下使液体自由下落, 记录 1 mL 液体的滴数, 然后根据公式计算出供试液体的表面张力 ( $\gamma_2$ ), 同时以去离子水为对照, 每处理重复 3 次。计算公式如下:

$$\gamma_2 = \gamma_1 N_1 / N_2$$

其中,  $\gamma_1$  为蒸馏水的表面张力,  $N_1$ 、 $N_2$  分别为蒸馏水和供试液体的滴数。

### 1.3.3 持留量测定

将 5% 甲维盐微乳剂配方中添加增效助剂 (环氧大豆油、丙三醇、有机硅、花生油) 质量分数比分别为 2%、4%、6%、8%, 采用袁会珠和齐淑华 (1998) 的方法, 将测试样品分别倒入 100 mL 烧杯中, 剪取一定面积的月季叶片, 用万分之一天平称重 ( $W$ ), 然后用镊子夹持, 垂直放入药液中 10 s, 迅速把叶片拉出液面, 垂直悬置, 待其不再有液滴流淌时称重 ( $W_1$ ), 用叶面积仪测定叶片的面积 ( $S$ ), 计算叶片的最大持留量 ( $R$ )。每个处理重复 3 次。计算公式如下:

$$R = (W_1 - W) / 2S$$

### 1.3.4 铺展面积测定

将 5% 甲维盐微乳剂配方中添加快速渗透剂 T、有机硅、OP-40 与 JFC 后, 用微量移液枪取各溶液 2  $\mu$ L 滴在叶片表面, 观测液滴干燥所需时间, 每个处理重复 3 次。铺展面积越大的液滴与空气接触面积大, 则干燥时间就越短 (李红军等, 2007)。

$$\text{虫口减退率}(\%) = (\text{药前虫口数} - \text{药后虫口数}) \div \text{药前虫口数} \times 100$$

$$\text{校正防效}(\%) = (\text{处理虫口减退率} - \text{对照虫口减退率}) \div (100 - \text{对照虫口减退率}) \times 100$$

## 2 结果与分析

### 2.1 溶剂的选择

溶剂的选择主要根据原药的性质, 以及溶剂对原药的溶解度、稳定性、溶剂的挥发性、经济性等方面考虑, 通常选择溶解度大、挥发性低、价格适中的溶剂。甲维盐易溶于甲醇、乙醇、丙酮等极性溶剂, 分别添加不同溶剂测定其溶解性及热贮、冷贮稳定性。综合试验结果结合安全环保考虑, 选用对甲维盐溶解性较大的乙醇作为溶剂, 为了减少乙醇的用量, 添加一定量环己酮作为助溶剂。综上所述, 选用乙醇作为溶剂, 环己

### 1.4 对蓟马防治效果

#### 1.4.1 试验地点

广东省韶关市翁源县仙雅农业发展有限公司花卉基地。试验时间 2019 年 6 月 8 日 - 2019 年 6 月 24 日。

#### 1.4.2 试验方法

试验时月季长势均匀, 所有试验小区水肥管理、种植密度、生育期、水层管理均匀一致, 且符合当地科学的农业实践。试验选取上述 5% 甲维盐微乳剂配方 1 000 倍制备样品作为试验药剂 (处理 1)、5 种市售 5% 甲维盐微乳剂产品 1 000 倍处理为药剂对照 (处理 2 ~ 6) 和清水对照 (Control), 共 7 个处理, 每个处理重复 3 次, 共 21 个小区, 每个小区面积 20  $m^2$ , 按完全随机排列, 小区之间设宽 1  $m^2$  保护行。采用 15 L 背负式电动喷雾器均匀喷雾, 每亩喷药量为 50 L。调查采用小区 5 点取样法, 每点取 10 棵月季, 装入自封袋, 带回室内统计花朵上的蓟马数量。分别于药前调查虫口基数, 药后 7 d 和 15 d 调查试验区蓟马的残余活虫数, 根据药后的虫口减退率计算防治效果。此外, 药后不定期观察月季的生长情况。

### 1.5 数据统计与分析

所有数据经 Excel 整理后采用 SPSS 20.0 软件对数据进行方差分析 ( $P < 0.05$ ), 采用邓肯氏新复极差法比较处理间差异的显著性。计算虫口减退率和校正防效公式如下:

酮作为助溶剂具有良好的溶解性和稳定性, 且较环保 (表 1)。

### 2.2 润湿分散剂和保护剂的筛选

用 2.1 筛选出的乙醇和环己酮作溶剂, 加入分散剂润湿剂 (K12、OP-40、602)、保护剂 (UV-531、BHT) 等助剂调制甲维盐微乳剂, 进行入水润湿分散性试验。添加 K1 或 OP-40 的试样冷贮稳定性浑浊不合格。分散剂选择 602, 保护剂选择 BHT 或 UV-531 的试样, 无论入水稳定性、热贮和冷贮稳定性均合格, 但保护剂添加 BHT 分解率显著低于添加 UV-531 ( $P < 0.05$ )。因此, 润湿分散剂选择 602, 保护剂选择 BHT (表 2)。

表 1 甲维盐溶解性和稳定性测定

Table 1 Determination of the solubility and stability of mamectin benzoate

处理 Treatment	溶解性 Solubleness	热贮稳定性 Thermal stability	冷贮稳定性 Cold storage stability
1	良好 Well	正常 Normal	沉淀 Sedimentary
2	良好 Well	正常 Normal	正常 Normal
3	一般 Common	沉淀 Sedimentary	正常 Normal
4	良好 Well	正常 Normal	正常 Normal
5	良好 Well	正常 Normal	正常 Normal

注: 表中编号 1、2、3、4、5 代表甲维盐原药分别添加丙酮、甲醇、环己酮、乙醇、乙醇 + 15% 环己酮。Note: Number 1, 2, 3, 4, 5 in the table represented the addition of acetone, methanol, cyclohexanone, ethanol, ethanol + 15% cyclohexanone to emamectin benzoate respectively.

## 2.3 增效助剂的筛选

### 2.3.1 药液表面张力的测定

顾中言 (2002) 按测定固体临界表面张力的

方法, 测得月季叶片的临界表面张力为 37 ~ 39 mN/m, 本研究 5% 甲维盐微乳剂推荐使用倍数 1 000 倍稀释液的表面张力值为 44.1 mN/m, 明显高于月季叶片的临界表面张力值, 难以润湿附着, 但不同增效助剂 (JFC、OP-10、加倍杀、调试助剂 1#) 的加入显著地降低了药液的表面张力。在甲维盐微乳剂药液中, 添加助剂浓度为 100 mg/L, 各药液的表面张力差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 浓度达到 150 mg/L 时, 乳化 1# 表面张力值为  $28.82 \pm 0.23$  mN/m 与其它助剂差异显著; 随着增效助剂用量的增加, 表面张力有降低的趋势, 但在 200 mg/L 浓度左右, 各药液表面张力变化趋于平稳, 即达到了表面活性剂的临界胶束浓度, 表面张力有小到大顺序为: 乳化剂 1# < 加倍杀 < JFC < OP-10, 且乳化剂 1# 与其他 3 种增效助剂的表面张力差异显著 ( $P < 0.05$ )。润湿附着能力最优的是乳化剂 1#, 因此, 配方中增效助剂 1# 含量为 20%, 能使药液更好的润湿附着 (图 1)。

表 2 甲维盐微乳剂稳定性和分解率测定

Table 2 Determination of stability and decomposition rate of mamectin benzoate

润湿分散剂 Dispersing agent	保护剂 Protectant	入水稳定性 Water entry stability	热贮 Thermal stability	冷贮 Cold storage stability	分解率 (%) Decomposition rate
K12	UV-531	合格 Qualified	正常 Normal	浑浊 Epinephelos	$10.00 \pm 0.11$ a
OP-10	BHT	合格 Qualified	正常 Normal	浑浊 Epinephelos	$0.10 \pm 0.02$ c
602	UV-531	合格 Qualified	正常 Normal	正常 Normal	$6.00 \pm 0.17$ b
602	BHT	合格 Qualified	正常 Normal	正常 Normal	$0.10 \pm 0.04$ c

注: 表中数据为平均值  $\pm$  标准误, 同列不同小写字母表示采用 Duncan's 新复极差统计法比较在 0.05 水平上差异显著, 下同。Note: The data in the table were mean  $\pm$  SE. Different letters in each column indicated significant difference at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple range tests. The same as below.

### 2.3.2 不同助剂对甲维盐微乳剂在月季叶面上持留量的影响

添加助剂 (环氧大豆油、丙三醇、有机硅、花生油) 可使 5% 甲维盐微乳剂在月季叶面上的持留量增加, 助剂和浓度不同, 对持留量的影响也不一样。当添加助剂质量分数为 2% 时, 添加 6 种助剂的药液在叶面上的持留量差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 随着助剂质量分数升高到 6% 时, 叶片上甲维盐药液持留量大幅增加, 添加 6 种助剂的药液持留量均达到最大值, 药液持留量从大到小的顺序是: 3% 环氧大豆油 + 3% 丙三醇 > 3% 有机硅 + 3% 丙三醇 > 花生油 > 有机硅 > 环氧大豆油 >

丙三醇, 此浓度下 3% 环氧大豆油 + 3% 丙三醇药液持留量为  $13.28 \pm 0.21$  mg/cm<sup>2</sup>, 与其它 5 组处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 助剂质量分数升高到 8% 时, 各处理药液的持留量变化趋于平稳, 3% 环氧大豆油 + 3% 丙三醇药液持留量最大。结果表明, 在提高持留量方面, 表现优异的是 3% 环氧大豆油 + 3% 丙三醇, 其次是 3% 有机硅 + 3% 丙三醇 (图 2)。

### 2.3.3 助剂对药液干燥时间的影响

药液铺展面积越大, 药液的干燥时间则越短, 测定药液的干燥时间, 可明确助剂对药液铺展面积的影响。添加助剂 (JFC、有机硅、OP-10、调

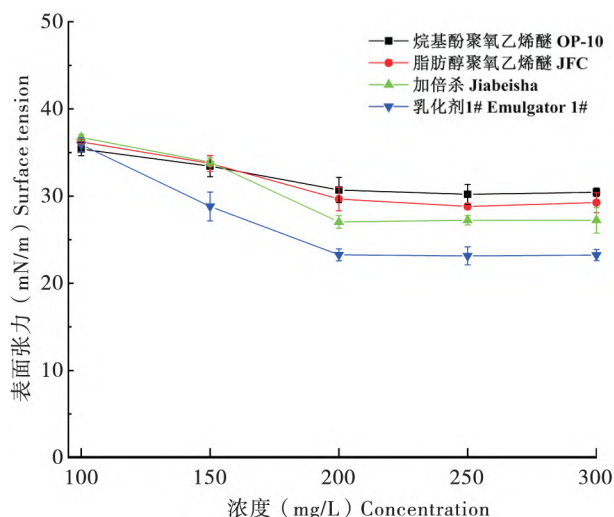


图 1 添加不同助剂和用量对表面张力的影响

Fig. 1 Effects of different adjuvants and dosage on surface tension

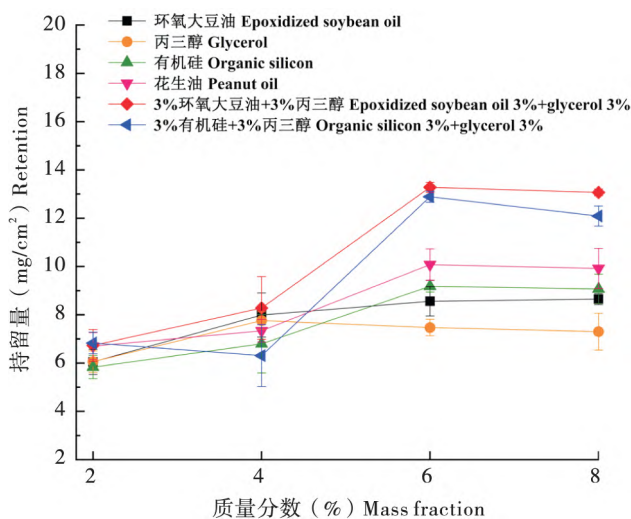


图 2 添加不同助剂和用量对叶片上最大持留量的影响

Fig. 2 Effects of adding different adjuvants and dosage on max retention

试助剂 1#) 可使 5% 甲维盐微乳剂干燥时间变短, 助剂和浓度不同, 干燥时间也有区别。当添加助剂质量分数小于 2% 时, 4 组添加助剂的药液干燥时间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 随着助剂质量分数升高到 4% 时, 添加 4 种助剂的药液干燥时间均达到最小值, 干燥时间从小到大的顺序是: 快速渗透剂 T < 有机硅 < JFC < OP-10, 其中快速渗透剂 T 的干燥时间为  $7.08 \pm 0.10$  min, 且此浓度下药液添加有机硅与快速渗透剂 T 的干燥时间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); 助剂质量分数升高到 6% 时, 各处理药液的持留量变化趋于平稳。说明有机硅与快速渗透剂 T 对药液的铺展性相当, 其次是 JFC, 最差是 OP-10 (图 3)。

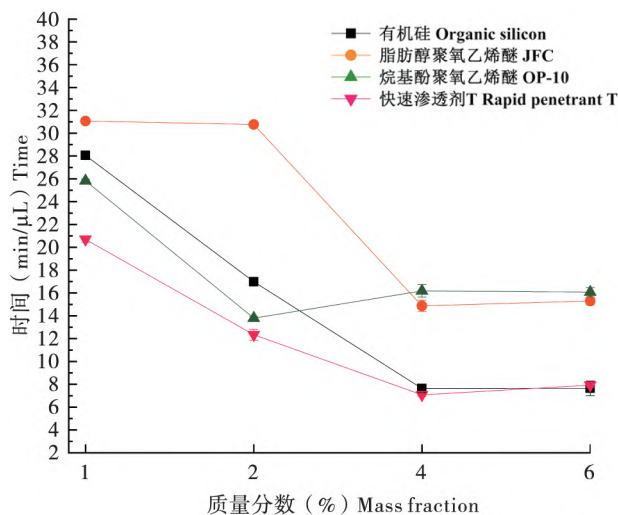


图 3 添加不同助剂和用量对药液干燥时间的影响

Fig. 3 Effects of adding different adjuvants and dosage on drying time

### 2.3.4 5% 甲维盐微乳剂配方稳定性

根据上述性能指标测定结果, 初步筛选出 2 种助剂配方, 分别为 1: 甲维盐 5%, 乙醇 25%, 环己酮 5%, 6 025%, 有机硅 4%, 环氧大豆油 3%, 丙三醇 3%, 1# 20%, BHT 0.5%, 去离子水补足至 100.0%; 2: 甲维盐 5%, 乙醇 25%, 环己酮 5%, 6 025%, 快-T 4%, 环氧大豆油 3%, 丙三醇 3%, 1# 20%, 去离子水补足至 100.0%。对 2 种助剂配方进一步对其质量指标进行测试, 序号 2 各项指标均合格, 所以确定了 5% 甲维盐微乳剂的优化配方, 甲维盐 5%, 乙醇 25%, 环己酮 5%, 602 5%, 快-T 4%, 环氧大豆油 3%, 丙三醇 3%, 1# 乳化剂 20%, 去离子水补足至 100.0% (表 3)。

### 2.3.5 5% 甲维盐微乳剂优化配方与市售产品参数对比

本试验选取上述 5% 甲维盐微乳剂配方制备样品作为试验药剂 (编号 1), 药剂对照均选用市售 5% 甲维盐微乳剂分别为: 编号 2、编号 3、编号 4、编号 5、编号 6, 分别对 6 种样品的各参数进行测定, 6 种样品的密度无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。与其他 5 种样品相比, 样品 1 表面张力最小为  $23.25 \pm 0.31$  mN/m、干燥时间最短为  $7.45 \pm 0.37$  min、持留量最大为  $13.11 \pm 1.72$  mg/cm<sup>2</sup>, 与其它 5 种样品差异显著 ( $P < 0.05$ ), 具备较优异的物理性质 (表 4)。

表 3 5%甲维盐微乳剂配方稳定性测定

Table 3 Determination of formula stability of 5% emamectin benzoate microemulsion

编号 Number	外观 Appearance	稳定性 Stability	物理稳定性 Physical stability				分解率 (%) Decomposition rate
			常温 Room temperature	热贮 Thermal stability	冷贮 Cold storage stability	冻融 Frozenthawed stability	
1	浅黄色透明	合格 Qualified	正常 Normal	浑浊 Epinephelos	浑浊 Epinephelos	浑浊 Epinephelos	0.80 ± 0.03 a
2	浅黄色透明	合格 Qualified	正常 Normal	正常 Normal	正常 Normal	正常 Normal	0.80 ± 0.06 a

注: 表中编号 1、2 代表初步筛选出 2 种助剂配方, 分别为 1: 甲维盐 5%, 乙醇 25%, 环己酮 5%, 602 5%, 有机硅 4%, 环氧大豆油 3%, 丙三醇 3%, 1# 20%, BHT 0.5%, 去离子水补足至 100.0%; 2: 甲维盐 5%, 乙醇 25%, 环己酮 5%, 602 5%, 快-T 4%, 环氧大豆油 3%, 丙三醇 3%, 1# 20%, 去离子水补足至 100.0%。Note: Number 1, 2 in the table represented the preliminary screening of two auxiliary formulations.

表 4 5%甲维盐微乳剂优化配方与市售产品参数对比

Table 4 Comparison of parameters between optimized formulation and commercial product of 5% emamectin benzoate microemulsion

编号 Number	密度 (g/cm <sup>3</sup> ) Density	表面张力 (mN/m) Surface tension	干燥时间 (min) Drying time	持留量 (mg/cm <sup>2</sup> ) Retention
1	1.10 ± 0.05 a	23.25 ± 0.31 e	7.45 ± 0.37 d	13.11 ± 1.72 a
2	1.03 ± 0.06 a	28.64 ± 0.42 d	10.55 ± 0.55 c	9.45 ± 0.63 b
3	1.01 ± 0.12 a	30.55 ± 0.26 bc	12.35 ± 0.97 b	8.22 ± 1.23 bc
4	1.03 ± 0.10 a	29.99 ± 0.40 c	11.66 ± 0.32 b	7.14 ± 0.62 c
5	1.05 ± 0.11 a	35.66 ± 0.37 a	18.66 ± 0.45 a	5.77 ± 0.66 d
6	1.02 ± 0.09 a	31.06 ± 0.24 b	17.36 ± 1.21 a	8.38 ± 1.03 bc

注: 表中编号 1 代表上述 5% 甲维盐微乳剂配方制备样品, 2~6 代表五种市售 5% 甲维盐微乳剂。下同。Note: Number 1 in the table represented the sample of the 5% emamectin benzoate microemulsion formulation. Number 2~6 in the table represented others commercial 5% emamectin benzoate microemulsion. The same as below.

## 2.4 田间蓟马防效

在试验的过程中各药剂对蓟马都有较好的防效, 市售药剂药效随着时间的推移降低, 在第 15 天时的防效略低于第 7 天的防效。6 种样品制剂对蓟马的防效有一定的差异, 药后 7 d 和 15 d 样品 1 对蓟马的防效均能达到 90.00% 以上, 分别为 90.46% ± 2.42% 和 90.35% ± 2.30%, 与 5 种市售对照药剂相比防效突出, 具有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。此外, 调查发现不同处理对月季整株均较安全, 月季叶、花色与清水对照无明显差异, 安全性较好 (表 5)。

表 5 不同药剂处理对月季上蓟马的防治效果

Table 5 Control effect against thrips with different chemical treatments on *Rosa chinensis*

处理 Treatment	药后 7 d 防效 (%) Control effect 7 d after treatment	药后 15 d 防效 (%) Control effect 15 d after treatment
对照 Control	—	—
1	90.46 ± 2.42 a	90.35 ± 2.30 a
2	75.22 ± 3.91 b	72.17 ± 1.42 b
3	68.14 ± 2.37 c	67.49 ± 1.94 c
4	68.55 ± 4.33 bc	61.92 ± 1.41 d
5	70.25 ± 5.12 bc	66.59 ± 3.02 c
6	72.64 ± 6.49 bc	65.85 ± 1.77 cd

### 3 结论与讨论

目前, 助剂被广泛应用于化学工业、食品、环境、卫生、农业和新材料等各个领域 (Wüstneck *et al.*, 2003; Radulovic *et al.*, 2009)。助剂的应用大大地提高了农药利用率, 减少环境污染, 减缓病、虫、草抗药性; 然而, 由于国内各农药制剂和助剂生产企业生产技术及工艺存在差异, 致使市场上的助剂和农药制剂的品质不一, 不同种类助剂的性质和施用效果不同 (杨云海等, 2019), 大多数农药制剂在推荐剂量下其药液并不能很好的润湿靶标植物 (顾中言等, 2002)。因此, 合理选择和安全使用助剂尤为重要。

农药制剂喷雾使用时, 溶液的表面张力与叶片持液量的多少密切相关, 而多数药剂在推荐剂量下药液的表面张力大于作物的临界表面张力, 不利于药液在作物上持留 (顾中言等, 2002)。因此, 使药剂表面张力低于靶标作物叶片的临界表面张力, 使药液更好地铺展, 可使防效最大化。本研究发现, 所测月季叶片的表面张力为 37 ~ 39 mN/m, 5% 甲维盐微乳剂推荐使用倍数 1 000 倍稀释液的表面张力值为 44.1 mN/m, 明显大于月季叶片的临界表面张力值, 难以润湿附着, 但添加含量为 20% 增效助剂 1# 后, 药液的表面张力为 23.26 mN/m, 显著低于月季叶片临界表面张力的临界点, 可以在不影响防治效果的前提下适当加大药剂稀释倍数, 有利于减少月季上的农药残留、减少环境污染, 降低成本。本研究通过观察微乳剂外观变化、物理性质和参数对比等, 筛选获得乳化剂种类和用量, 最终确定 5% 甲维盐微乳剂的较佳配方为: 甲维盐 5%, 乙醇 25%, 环己酮 5%, 602 5%, 快-T 4%, 环氧大豆油 3%, 丙三醇 3%, 1# 乳化剂 20%, 去离子水补足至 100.0%。该配方各项质量指标均符合国家标准的要求, 其表面张力和干燥时间低于市售的 5% 甲维盐微乳剂, 稀释稳定性和持留量高于市售的 5% 甲维盐微乳剂, 对蓟马的防效均优于市售的 5% 甲维盐微乳剂。药后 7 d 对蓟马的防效为 90.46%, 高出其它 5 种产品 15.24% ~ 22.32%, 药后 15 d 对蓟马的防效为 90.35%, 高出其它 5 种产品 18.18% ~ 28.43%, 通过合理添加增效剂实现农药

减施 30% 是完全可行的, 具有较好的应用推广价值。但增效剂对不同农药的增效作用存在一定差异, 在实际生产中, 应根据农药种类及性质等合理搭配使用。

### 参考文献 (References)

- Chen FL, Tian HQ, Wang Y, *et al.* Study on the emulsion stability of pesticide microemulsions [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2005, 7 (1): 63-68. [陈福良, 田慧琴, 王仪, 等. 农药微乳剂乳液稳定性研究 [J]. 农药学报, 2005, 7 (1): 63-68]
- Chen FL, Yin MM. Discussion on pesticide microemulsion concept and its problems in production and application [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2007, 9 (2): 110-116. [陈福良, 尹明明. 农药微乳剂概念及其生产应用中存在问题辨析 [J]. 农药学报, 2007, 9 (2): 110-116]
- Cheng L, Xue GS, Liu YJ, *et al.* Influencing factors and improving measures of pesticide decrement and synergism in vegetable pest control [J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8 (2): 11-14. [程玲, 薛光山, 刘永杰, 等. 蔬菜病虫害防治中农药减量增效的影响因素及改进措施 [J]. 农学学报, 2018, 8 (2): 11-14]
- Gu ZY, Xu XL, Han LJ. The cause of the difficulty in wet-spreading of some insecticides on rice, wheat and wild cabbage leaves [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2002, 4 (2): 75. [顾中言, 许小龙, 韩丽娟. 一些药液难在水稻、小麦和甘蓝表面润湿展布的原因分析 [J]. 农药学报, 2002, 4 (2): 75]
- Gu ZY. Analysis of the relationship between hydrophilic or hydrophobic property of plant and action of pesticides solution on plants leaves [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Science*, 2009, 25 (2): 276-281. [顾中言. 植物的亲水疏水特性与农药药液行为的分析 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25 (2): 276-281]
- Li HJ, He XK, Zeng AJ, *et al.* Selection of the proper surfactants for glyphosate ammonium with spreading coefficient and drying time [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2007, 35 (12): 3590-3592. [李红军, 何雄奎, 曾爱军, 等. 用铺展系数和干燥时间来选择草甘膦助剂 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (12): 3590-3592]
- Radulovic J, Sefiane K, Shanahan MER. Spreading and wetting behaviour of trisiloxanes [J]. *Journal of Bionic Engineering*, 2009, 6 (4): 341.
- Tu YQ, Li BL. An Introduction to Pesticide Application Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 409-410. [屠豫钦, 李秉礼. 农药应用工艺学导论 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 409-410]
- Wang LJ, Liao YL, Huang SH, *et al.* The influences on adhesion property of emamectin benzoate ME on rice leaf by adding different adjuvants [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (2): 419-422. [王龙江, 廖永林, 黄少华, 等. 不同助剂对甲维盐微乳剂在水稻叶片上附着性能的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (2): 419-422]

- Wüstneck N, Wüstneck R, Pison U. Surface dilatational behavior of pulmonary surfactant components spread on the surface of a captive bubble. 3. dipalmitoyl phosphatidylcholine, surfactant protein C, and surfactant protein B [J]. *Langmuir*, 2003, 19 (18): 7521 – 7527.
- Xu GC, Gu ZY, Xu DJ, et al. Screening of surfactants for promoting the efficiency of pesticide used in paddy field [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46 (7): 1370 – 1379. [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]
- Yang YH, Zhao Y, Wang KB, et al. The influence of different adjuvants on the adhesion property of 70% imidacloprid WG on wheat leaves [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2019, 34 (6): 954 – 964. [杨云海, 赵芸, 王凯博, 等. 农药助剂对 70% 吡虫啉水分散粒剂在小麦叶片上附着性能的影响 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2019, 34 (6): 954 – 964]
- Yuan HZ, Qi SH. Maximum deposition of adjuvant solution on plant leaf [J]. *Journal of Plant Protection*, 1998, 25 (1): 95 – 96. [袁会珠, 齐淑华. 植物叶片对药液的最大承载能力初探 [J]. 植物保护学报, 1998, 25 (1): 95 – 96]
- Zhang PJ, Gao Y, Shi GC, et al. Effects of different surfactants on the toxicity of beta – cyfluthrin EW to *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2015, 52 (5): 1154 – 1160. [张鹏九, 高越, 史高川, 等. 含不同表面活性剂的高效氟氯氰菊酯水乳剂对桃小食心虫的防治效果 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52 (5): 1154 – 1160]