

◆ 药效与应用 ◆

# 新型微生物杀螨剂LMFSSMJ-1防治 柑橘红蜘蛛药效试验

潘浪<sup>1</sup>,熊仁科<sup>2</sup>,谢鹏<sup>1</sup>,吴红波<sup>1</sup>,汤勇<sup>1</sup>,陈熙<sup>1</sup>,杨勇<sup>1</sup>

(1. 四川龙麟福生科技有限责任公司,四川省生物源农药工程技术研究中心,四川眉山 620010;2. 四川龙麟福生科技有限责任公司,营养生长素微生物发酵技术国家地方联合工程实验室,四川眉山 620010)

**摘要:**为验证微生物杀螨剂LMFSSMJ-1对柑橘红蜘蛛的防治效果,开展了室内卵活性抑制试验和田间药效试验。室内活性试验结果显示,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液对柑橘红蜘蛛卵具有良好的抑制作用,抑制率为 $(97.42 \pm 2.27)\%$ 。田间药效试验结果表明,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂具有良好的速效性和持久性。药后3 d,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂的防效在97%以上;药后21 d,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂的防效保持在80%以上。微生物杀螨剂LMFSSMJ-1具有田间应用的实际价值,是一款有效的生物农药。

**关键词:**微生物杀螨剂;LMFSSMJ-1;柑橘红蜘蛛;防效;药效试验

**中图分类号:**S 482.5<sup>+</sup>2 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1671-5284.2024.04.016

## Efficacy trials of a new microbial acaricide LMFSSMJ-1 against *Panonychus citri*

PAN Lang<sup>1</sup>, XIONG Renke<sup>2</sup>, XIE Peng<sup>1</sup>, WU Hongbo<sup>1</sup>, TONG Yong<sup>1</sup>, CHEN Xi<sup>1</sup>, YANG Yong<sup>1</sup>

(1. Sichuan Lomonbio Technology Co., Ltd., Sichuan Engineering Technology Research Center of Biological Pesticide, Sichuan Meishan 620010, China; 2. Sichuan Lomonbio Technology Co., Ltd., National and Local Joint Engineering Laboratory for Microbial Fermentation Technology of Auxin, Sichuan Meishan 620010, China)

**Abstract:** In order to verify the control effects of the new microbial acaricide LMFSSMJ-1 on *Panonychus citri*, the indoor egg inhibition experiments and efficacy trials were carried out. The indoor inhibition experiments showed that LMFSSMJ-1 OD had good inhibitory effects on *Panonychus citri*, with the inhibitory rate of  $(97.42 \pm 2.27)\%$ . The efficacy trials showed that LMFSSMJ-1 OD had good quick and persistent effect. At the 3rd day after application, the control effects of LMFSSMJ-1 OD were more than 97%. At the 21st day, the control effects of LMFSSMJ-1 OD were over 80%. Microbial acaricide LMFSSMJ-1 had practical value in field application and could be used as an effective biopesticide.

**Key words:** microbial acaricide; LMFSSMJ-1; *Panonychus citri*; control effect; efficacy trial

柑橘红蜘蛛又称柑橘全爪螨(*Panonychus citri*),属蜱螨目,叶螨科。其寄主广泛,对柑橘危害尤为严重<sup>[1]</sup>。柑橘红蜘蛛在南方地区(广西、云南等地)全年均有发生,冬季种群数量较少,每年的4~5月和9~10月大规模暴发,不同地区的发生有较小的时间偏差。柑橘红蜘蛛发生阶段可分为卵、幼螨、若螨和成螨4个阶段,后3个阶段均可危害植株叶片、

幼枝、花蕾和果实,幼叶和幼嫩枝梢处受害最为严重<sup>[2]</sup>。受害叶片表面呈白色点状花叶、失绿、表皮无光泽;受害果实表现为幼果出现淡绿色斑点,成熟果则出现淡黄色斑点。柑橘红蜘蛛暴发期可造成叶片、果实脱落,严重影响柑橘品质及产量。柑橘红蜘蛛的防控以常规化学药剂防治为主。由于这些药剂常年使用,抗性呈上升趋势,导致化学药剂的施用

收稿日期:2023-08-28

基金项目:四川省科技计划项目(2017NZ0007)

作者简介:潘浪(1992—),男,成都人,中级农艺师,硕士研究生,主要从事杀虫剂技术研究工作。E-mail:384191581@qq.com

量超过指导使用量的3~4倍,且药害频发,给种植户造成巨大的经济损失。因此,新型生物杀螨剂的研发应用是打破僵局的关键。2019年,陈裕新等<sup>[3]</sup>报道了解淀粉芽孢杆菌LTBA02对柑橘红蜘蛛具有良好的防治效果,药后20 d的防效达到97.39%。2021年,朱镭等<sup>[4]</sup>报道死亡谷芽孢杆菌NBIF-001对金桔红蜘蛛具有较好的防治效果。目前市面上均未见以上产品销售。

LMFSSMJ-1剂型为可分散油悬浮剂,其菌株为贝莱斯芽孢杆菌——解淀粉芽孢杆菌植物亚种<sup>[5]</sup>。该菌株是经过诱变筛选得到的有效菌株,可利用代谢产物毒杀和菌体寄生杀死靶标害虫。经多次试验验证,其对叶螨具有一定的防治效果。本研究探索微生物杀螨剂LMFSSMJ-1对柑橘红蜘蛛的防治效果及相关应用技术,为该生物杀螨剂的示范推广提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试药剂及处理

30%乙唑螨腈(cyetyprafen)悬浮剂,沈阳科创化学品有限公司;微生物杀螨剂400亿芽孢/mL LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂,四川龙麟福生科技有限责任公司。

试验设4个处理:400亿芽孢/mL LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液、400亿芽孢/mL LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂800倍液、30%乙唑螨腈悬浮剂2 000倍液、清水对照。

### 1.2 供试作物

柑橘,品种为沃柑。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 室内卵孵化抑制率测定

参考Keena等<sup>[6]</sup>方法,取新鲜、洁净的柑橘叶片置于铺有海绵薄片的培养皿中,将20头雌成螨接入叶片,产卵24 h,然后用毛笔清除叶面雌成螨,将带卵叶片浸入配制好的药液10 s,晾干后在双目光学显微镜下检查螨卵量,并统计。处理后的柑橘叶片置于温度(25±1)℃、相对湿度70%~80%、光周期L:D为14 h:10 h的培养箱中饲养。每处理重复3次,每重复统计3片柑橘叶,每叶约30粒卵。待空白对照卵未继续孵化后1 d,检查各处理孵化数、未孵化数,计算孵化率。

统计完成后,观察药后卵形态。将各处理叶片从培养皿中取出,寻找卵集中的部分,用解剖刀剥取带有卵的叶片表层(表层要切薄,不然影响透光,

不利于卵观察),并挑取到载玻片上,用双目光学显微镜观察。

### 1.3.2 田间药效试验

#### 1.3.2.1 试验方法

试验于2021年9~10月(柑橘红蜘蛛暴发期)开展,试验地设在广西南宁花花大世界农场,柑橘树龄4~5年,株距2 m,行距3 m,树高2.0~2.5 m。试验时,平均气温32℃,各处理树势一致,水肥等均按常规管理,试验期间不使用其他任何药剂。试验于9月22日施药,试验时田间靶标害虫处于成螨、幼螨、若螨、卵世代重叠严重期。试验采用手持电子显微镜观察虫口、卵活性,确认各处理虫情基本一致。

试验设4个处理,每个处理重复3次,随机区组排列。每小区施药20株,随机选取5株调查(小区边缘植株不纳入随机调查),在树的东、西、南、北、中5个方位标记枝条,每个枝条随机摘取6片叶,每株共调查30片叶正反两面的红蜘蛛数量,用手持放大镜直接观察并记录所有活螨数。用药前调查基数,用药后4 h、1、3、5、7、14、21 d调查存活红蜘蛛数量。

#### 1.3.2.2 药效计算方法

依据药前红蜘蛛基数和药后各时间段的存活红蜘蛛数量,计算防效,计算公式如下所示<sup>[7-9]</sup>。数据使用SPASS20.0软件Duncan's新复极差法进行显著性分析。

$$\text{虫口减退率}/\% = \frac{\text{药前虫口基数} - \text{药后虫口数}}{\text{药前虫口基数}} \times 100$$

$$\text{防效}/\% = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{100 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100$$

## 1.4 安全性评价

安全性评价针对柑橘敏感生育期,包括叶芽时期、幼果期。药后3 d,观察是否有果皮表面灼伤、落果、春梢上叶芽灼伤情况;药后7 d,观察果树是否出现叶片发黄、落青叶的情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 防治效果

#### 2.1.1 室内活性测定结果

室内试验数据显示(表1):LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液处理卵孵化平均抑制率为(97.42±2.27)%,与LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂800倍液的(89.77±1.16)%和30%乙唑螨腈悬浮剂的(86.03±1.80)%呈显著性差异( $P<0.05$ )。按照田间实际应用价值,卵抑制率高于90%,则药剂田间应用价值较高。由卵形态图(图1)看出:LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液处理的卵破裂程度高,形成不规则的破

裂口,卵内含物已经分解,在显微镜下呈半透明状;LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂800倍液处理的卵破裂程度低于LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液,卵的破裂处不明显;30%乙唑螨腈悬浮剂处理组的卵破裂程度低,大多数卵形态完整,颜色暗淡,呈不透明状,经过颜色和形态辨认,这些卵均为失活卵。

表1 室内卵孵化抑制试验结果

处理	重复	孵化率/%	抑制率/%	平均抑制率/%
LMFSSMJ-1 OD 400倍液	I	1.14 ± 1.99	99.57 ± 0.73	97.42 ± 2.27 a
	II	4.46 ± 3.91	95.05 ± 4.34	
	III	2.12 ± 1.83	97.65 ± 2.03	
LMFSSMJ-1 OD 800倍液	I	10.31 ± 4.09	88.55 ± 4.54	89.77 ± 1.16 b
	II	8.24 ± 3.26	90.85 ± 3.62	
	III	9.07 ± 2.91	89.92 ± 3.23	
30%乙唑螨腈 SC 2 000倍液	I	12.43 ± 1.74	86.20 ± 1.94	86.03 ± 1.80 c
	II	14.29 ± 0.41	84.14 ± 0.45	
	III	11.05 ± 2.92	87.73 ± 3.24	
清水对照	I	91.36 ± 2.72		
	II	88.69 ± 3.14		
	III	90.36 ± 1.12		

注:同列数据后不同字母代表差异显著( $P < 0.05$ );下表同。

图1中有3种形态的卵。第1种是透明、外缘边界明显的卵,这种是正常孵化破裂的卵;第2种卵泛红,透明度不高,有不规则的破裂口或干瘪,这是卵

壳被药剂破坏后的结果;第3种是卵形态完整,颜色暗淡,不透明,四周边缘清晰,这是药剂从气孔渗透进入后被破坏的结果。

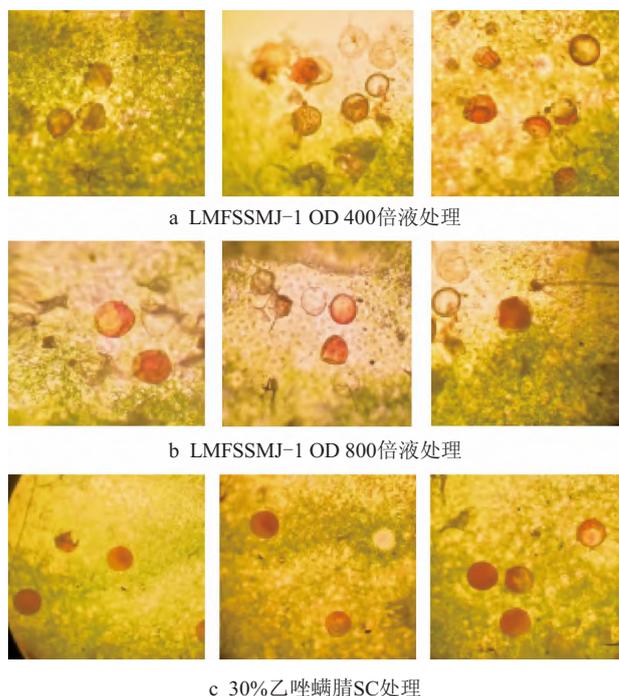


图1 各处理红蜘蛛卵抑制情况

## 2.1.2 田间药效试验结果

田间药效试验结果见表2。

表2 几种药剂处理田间防治效果

处理	防治效果/%					
	4 h	1 d	3 d	7 d	14 d	21 d
LMFSSMJ-1 OD 400倍液	86.30 ± 1.35 a	91.31 ± 0.21 a	97.94 ± 0.66 a	97.08 ± 0.30 a	85.48 ± 2.67 ab	80.05 ± 1.21 a
LMFSSMJ-1 OD 800倍液	87.48 ± 1.21 a	90.68 ± 1.87 a	97.39 ± 0.79 a	96.49 ± 0.65 a	87.64 ± 0.97 a	80.01 ± 1.01 a
30%乙唑螨腈SC 2 000倍液	59.29 ± 0.94 b	87.08 ± 1.19 b	91.56 ± 1.10 b	89.29 ± 0.97 b	81.62 ± 2.87 b	69.53 ± 4.22 b

LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液和800倍液防治效果无显著差异,两者与30%乙唑螨腈悬浮剂2 000倍液处理呈显著差异( $P < 0.05$ )。药后4 h,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液和800倍液、30%乙唑螨腈悬浮剂2 000倍液处理的防效分别为(86.30 ± 1.35)%、(87.48 ± 1.21)%、(59.29 ± 0.94)%;药后1 d,三者防治效果分别为(91.31 ± 0.21)%、(90.68 ± 1.87)%、(87.08 ± 1.19)%。30%乙唑螨腈悬浮剂2 000倍液速效性低于LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂。施药后21 d,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液和800倍液、30%乙唑螨腈悬浮剂2 000倍液处理的防效分别(80.05 ± 1.21)%、(80.01 ± 1.01)%、(69.53 ± 4.22)%,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂持效性优于30%乙唑螨腈悬浮剂2 000倍液。

## 2.2 红蜘蛛活性观察及安全性调查

### 2.2.1 红蜘蛛活性观察

LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂喷施处理后红蜘蛛中毒表现见图2。药后5 min,虫体出现肢体蜷缩、僵直;药后4 h,虫体侧翻,四肢蜷缩并抽搐,体壁变得粗糙;药后1 d,大部分虫体出现轻微裂解和干瘪;药后3 d,叶片上难以发现虫体。卵活性观察,可明显见到卵破裂。

30%乙唑螨腈悬浮剂,药后4~6 h,柑橘红蜘蛛体表开始发黑,四肢蜷缩并抽搐;药后1 d,中毒的柑橘红蜘蛛全部死亡;药后3 d,叶面上发现少量红蜘蛛虫体,但体壁未出现明显的干瘪和溶解。卵活性观察结果显示,30%乙唑螨腈悬浮剂田间试验卵活性比室内试验卵活性强,主要表现在相同时间内卵

颜色的变化程度不同,田间试验卵颜色较为鲜艳,药后3 d,田间观测到幼虫,表明有卵孵化。



注:A~H分别代表药前、药后5 min、药后4 h、药后1 d、药后3 d、药后7 d、药后14 d、药后21 d柑橘红蜘蛛成螨形态。

图2 药后红蜘蛛形态

### 2.2.2 安全性

田间试验药后观察,各药剂处理在柑橘嫩梢时、幼果期,均无果皮灼斑、落叶、叶芽灼伤等现象,未出现药害,见图3。



注:图上部为6月初幼果;图下部为3月底、4月初叶芽。

图3 药后安全性观察

## 3 结论与讨论

田间试验结果表明,LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂400倍液的速度性和持久性满足田间防治需要,具有实际田间应用价值。微生物药剂的田间施用与化学药剂不同,建议在早晨和傍晚施药,此时温度低,药剂挥发慢,微生物药剂活性高。为保证微生物药剂与其他药剂混合使用过程中的活性,建议不与强渗透性农药或者杀菌剂混合使用。LMFSSMJ-1为触杀型杀螨剂,在田间喷施过程中要做到均匀喷洒,使其在叶面均匀分布。

对照药剂30%乙唑螨腈悬浮剂的田间防效低于室内防效,主要原因是室内试验为同时段产下的卵,其胚胎成形成态相对一致,而田间涉及不同阶段,发育状态各不相同。随着时间推移,卵抵抗药剂能力逐渐发生变化,当孵化的卵里已经形成完整的虫体,则它们对药剂的抵抗能力显著增强。30%乙唑螨腈悬浮剂在渗透性能上要弱于LMFSSMJ-1可分散油悬浮剂,渗透进入卵的药剂剂量有限,难以杀死即将孵化的卵,这直接导致田间实际防效低于室内试验结果。而LMFSSMJ-1室内和田间防治效果无明显

差异。

LMFSSMJ-1喷施后引发的死亡特征与化学药剂不同。通常情况下,化学药剂喷施3 d后,红蜘蛛虫体不会迅速发生腐败解离现象;而LMFSSMJ-1喷施后的虫体会出现加速解离的现象,腐败速度大于化学药剂。这主要与菌体代谢产物和菌体寄生加快了分解作用有关。目前贝莱斯芽孢杆菌有10多种次级代谢产物对害螨产生作用,可多途径抑制柑橘红蜘蛛生理代谢,有效减缓抗药性增长,延长药剂的生命周期。

我国对杀螨剂的需求极大,而由于化学药剂滥用导致的药剂抗性发展快,以及柑橘等作物种植面积扩增,因此开发新型杀螨剂是形势所需<sup>[10]</sup>。生物农药的研发、推广和使用符合农业绿色发展理念,其市场需求将会不断提高,因此,微生物杀螨剂发展前景广阔。

### 参考文献

- [1] SUN J T, LIAN C, NAVAJAS M, et al. Microsatellites reveal a strong subdivision of genetic structure in Chinese populations of the mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) [J]. BMC Genetics, 2012, 13(1): 8.
- [2] 龙继松. 金橘红蜘蛛综合防治措施探讨[J]. 南方农业, 2016, 10(9): 2.
- [3] 陈裕新, 吕昆明, 周伟东, 等. 含解淀粉芽孢杆菌LTBA02的复合微生物肥料对柑橘红蜘蛛的防效研究[J]. 现代农业科技, 2019(18): 70-72.
- [4] 朱镭, 闵勇, 邱一敏, 等. 新型生物杀螨剂NBIF-001防治金桔红蜘蛛田间药效试验[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(2): 376-379.
- [5] 刘洋, 刘晓昆, 陈文浩. 贝莱斯芽孢杆菌(*Bacillus velezensis*)物种名称的“前世今生”[J]. 生物技术通报, 2019, 35(7): 230-232.
- [6] KEENA M A, ELIZABETH G C, JEFFREY G. Variability in response of laboratory-reared and field-collected populations of *Tetranychus* spp. (Acari: Tetranychidae) to hexythiazox [J]. Journal of Economic Entomology, 1991(4): 1128-1134.
- [7] 王宝林, 田大军, 李安明, 等. 几种杀螨剂对柑橘红蜘蛛的防治效果[J]. 广东化工, 2019, 46(3): 73; 90.
- [8] 练德进. 不同药剂防治柑橘红蜘蛛药效试验[J]. 上海农业科技, 2015(5): 148-149.
- [9] 刘少武, 宋玉泉, 张俊龙, 等. 30%乙唑螨腈悬浮剂防治不同害螨田间药效试验[J]. 现代农药, 2018, 17(3): 18-21.
- [10] 杨旭, 孙洪扬, 高一星, 等. 杀螨剂的现状及研究进展[J]. 现代农药, 2020, 19(3): 7-15.

(编辑:顾林玲)