

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.06.009

## 45%春雷霉素·喹啉铜悬浮剂的配方研制及药效评价

李登辉, 郭方颖, 梁中普, 刘彦, 聂运魏

河南瀚斯作物保护有限公司, 河南 商丘 476000

**摘要:** 为有效防控黄瓜细菌性角斑病等作物病害, 研制了45%春雷霉素·喹啉铜悬浮剂, 并确定了其最佳配方, 通过田间药效试验评价该悬浮剂对黄瓜细菌性角斑病的防控效果。结果表明: 45%春雷霉素·喹啉铜悬浮剂的最佳配方为春雷霉素4.5%, 喹啉铜40.5%, 润湿分散剂比例为MNS/90 1%, 500LQ 2%, FD 3%, 乙二醇5%, 防腐剂卡松0.2%, 消泡剂630 0.5%, 黄原胶0.2%, 硅酸镁铝1%, 柠檬酸3%, 增效剂Prime 6%, 去离子水补足。该配方悬浮性好、储存稳定性高, 符合悬浮剂标准要求。田间试验显示, 在黄瓜细菌性角斑病发病初期使用1000倍液喷雾, 药后10 d防效达到96.77%, 表明该制剂具有较好的防治效果。

**关键词:** 春雷霉素; 喹啉铜; 悬浮剂;

黄瓜; 细菌性角斑病

中图分类号: S482

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2024)06-0084-09

## Formulation Development and Efficacy Evaluation of Kasugamycin · Oxine-copper 45%

LI Denghui, GUO Fangying, LIANG Zhongpu,

LIU Yan, NIE Yunwei

Henan Hansi Crop Protection Co. Ltd. Shangqiu Henan 476000, China

**Abstract:** In order to effectively prevent and control crop diseases such as cucumber bacterial angular leaf spot, a formula of kasugamycin · oxine-copper 45% was developed, and its optimal formula was determined. The control effect of kasugamycin · oxine-copper 45% on cucumber bacterial angular leaf spot was evaluated through field efficacy trials. The optimal formula of kasugamycin · oxine-copper 45% SC was as follows: 4.5% kasugamycin, 40.5% oxine-copper, 1% MNS/90, 2% 500LQ, 3% FD, 5% ethylene glycol, 0.2% Kathon preservative, 0.5% de-

收稿日期: 2024-01-09

作者简介: 李登辉, 农艺师, 主要从事农药制剂研发与管理。

foamer 630, 0.2% xanthan gum, 1% magnesium aluminum silicate, 3% citric acid, 6% synergist Prime, with DI water topping up to 100% in total. This formulation has excellent suspension property, good storage stability, and all technical indicators meet the standard requirements of the suspension agent. The field experiment showed that spraying 1,000 times solution of this formulation at the initial stage of cucumber bacterial angular leaf spot, the control effect could reach 96.77% 10 days after application, indicating that the preparation has a good control effect on cucumber bacterial angular leaf spot.

**Key words:** kasugamycin; oxine-copper; SC; *Cucumis sativus* L.; bacterial angular leaf spot disease

春雷霉素是一种由链霉菌产生的弱碱性抗菌素,属于氨基配糖体类化合物,主要通过干扰细菌酯酶系统中的氨基酸代谢和蛋白质合成来抑制部分细菌的生长,进而控制病斑扩展和新病灶的形成.该药剂广泛用于防治番茄叶霉病、黄瓜枯萎病、细菌性角斑病、水稻稻瘟病及高粱炭疽病等<sup>[1]</sup>.在室内条件下,2%春雷霉素可湿粉剂对白菜软腐病菌的 $EC_{50}$ 值为27.13 mg/L,且在50 mg/L,40 mg/L,30 mg/L剂量下的防效分别为84.33%,79.31%和67.90%,且对作物安全<sup>[2]</sup>.此外,每公顷施用有效成分为30 g的2%春雷霉素液剂防治水稻稻瘟病,防治效果可达到86.43%<sup>[3]</sup>.喹啉铜是一种喹啉类保护性低毒杀菌剂,属于有机螯合铜类,具有广谱、高效、安全、低残留等优点,能有效防治细菌性和真菌性病害.该药剂主要用于防治柑橘溃疡病、黄瓜细菌性角斑病、黄瓜霜霉病、西红柿青枯病等.在田间试验中,33.5%喹啉铜悬浮剂用于防治杨梅癌肿病,推荐剂量有效成分为335~446.7 mg/kg时,防效为71.3%,并对杨梅及其他非靶标生物无显著毒性<sup>[4]</sup>;在稀释1000倍液后,33.5%喹啉铜悬浮剂对沃柑溃疡病的防效可达到79%以上,且对沃柑安全<sup>[5]</sup>;33%春雷霉素·喹啉铜悬浮剂在剂量为148.5 g/hm<sup>2</sup>,198 g/hm<sup>2</sup>和247.5 g/hm<sup>2</sup>时,对黄瓜细菌性角斑病的防效分别为77.57%,81.46%和83.27%<sup>[6]</sup>.

随着人们安全意识和环保意识的不断提升,农药水基化制剂逐渐受到重视,相关研制技术已成为当前研究热点<sup>[7]</sup>.水悬浮剂作为重要的水基化制剂之一,是将农药原药、载体和分散剂混合,并通过湿法超微粉碎形成的粘稠可流动悬浮液.由于用水替代了有机溶剂,水悬浮剂具有低毒、不易燃易爆及贮运安全等特点,因此得到了广泛应用<sup>[8]</sup>.铜制剂在细菌性病害防治中起着重要作用,其中喹啉铜凭借其独特优势,成为铜制剂中的佼佼者.截至2023年8月1日,春雷霉素与喹啉铜的复配制剂已有51个混剂登记证,其中春雷霉素与喹啉铜复配的混剂登记证达27个,占国内登记总数的一半.春雷霉素与喹啉铜类似,均可防治真菌性和细菌性病害.作为一种农用抗生素,春雷霉素具有较强的内吸性,主要通过抑制病原菌分裂过程发挥作用,但对孢子萌发无影响.药液喷施后可迅速被植物吸收,并在植物体内传导,进而有效抑制菌丝的生长发育.喹啉铜是一种低残留的有机铜螯合物,能在作物表面形成紧密的保护膜,从而有效抑制孢子的萌发和侵入,从而达到防治目的,且具有较长的持效期.两者复配不仅能够实现互补,起到速效与持效的双重作用,还能扩展防治范围,防治真菌与细菌性病害,并有效降低用药成本和抗药性发生的风险.本研究在广泛市场调研的基础上,开发了45%春雷霉素·喹啉铜悬浮剂的配方,并评估其在防治黄瓜细菌性角斑病中的效果,旨在为蔬菜细菌性病害防治、杀菌剂新产品的产业化及应用提供理论依据.

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 供试原药与助剂

试验所需药剂的种类、名称及生产厂家信息如表1所示。

表1 试验用药剂及助剂信息

药剂种类	药剂名称	生产厂家
原药	春雷霉素(质量分数70%)	上虞颖泰精细化工有限公司
	啞啉铜(质量分数98%)	河北兴柏农业科技有限公司
润湿分散剂	苯乙基苯酚聚氧乙烯醚602	南京太化化工有限公司
	烷基芳基聚氧丙烯聚氧乙烯醚33 <sup>#</sup>	南京太化化工有限公司
	木质素磺酸钠 MNS/90	阿泽雷斯国际贸易(上海)有限公司
	多聚芳基醚硫酸酯 FD	阿泽雷斯国际贸易(上海)有限公司
	EO/PO 嵌段聚醚 500LQ	南京捷润科技有限公司
	高分子双亲型阴非离子 SC-29	江苏擎宇化工科技有限公司
增稠剂	聚羧酸盐 SP-27001	江苏擎宇化工科技有限公司
	硅酸镁铝	苏州国建慧投矿物新材料有限公司
防腐剂	黄原胶	淄博中轩生化有限公司
	卡松	南京古田化工有限公司
防冻剂	苯甲酸钠	天津市德恩化学试剂有限公司
	乙二醇	山东奥翔化工有限公司
	尿素	天津市德恩化学试剂有限公司
消泡剂	氯化钠	天津市德恩化学试剂有限公司
	有机硅乳消泡剂 630	迈图高新材料集团
增效剂	有机硅乳消泡剂 1500	迈图高新材料集团
	甲基化聚醚改性聚合物 Prime	迈图高新材料集团
	BC-10	阿泽雷斯国际贸易(上海)有限公司
pH 值调节剂	异构十三醇	南京太化化工有限公司
	冰乙酸	天津市德恩化学试剂有限公司
	柠檬酸	天津市德恩化学试剂有限公司

### 1.2 试验仪器

试验所使用仪器种类、型号及生产厂家信息如表2所示。

表2 试验仪器信息

仪器种类	型号	生产厂家
立式砂磨机	SM-3X 型	江阴市卓英干燥工程技术有限公司
氧化锆珠	直径 0.6~1.2 mm	江阴市卓英干燥工程技术有限公司
高速剪切机	FM60 型	上海弗鲁克科技发展有限公司
恒温箱	DHP-9052 型	上海一恒科学仪器有限公司
磁力搅拌器	79-1 型	江苏正基仪器有限公司
电热恒温水浴锅	HH-4 型	常州智博瑞仪器制造有限公司
冰箱	BCD165 型	海尔集团
高效液相色谱仪	1260 型	安捷伦科技(中国)有限公司
激光粒度分析仪	LS-POP-9 型	珠海欧美克仪器有限公司
pH 计	PHSJ-3F 型	上海仪电科学仪器股份有限公司
电子称量天平	YP-10002 型	上海衡际科学仪器有限公司

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 悬浮剂制备

根据湿法研磨工艺<sup>[9]</sup>,用磁力搅拌器将润湿分散剂、去离子水和防冻剂等助剂搅拌均匀,加入原药后,用剪切机剪切均匀.将剪切均匀的浆料转移至立式砂磨机中,加入1.5倍浆料质量的氧化锆珠(直径0.6~1.2 mm),研磨时间为2~3 h,砂磨机转速设定为1 400 r/min.研磨完成后,取样检测粒径、悬浮率等指标,合格后进行过滤并灌装.工艺流程如图1所示.

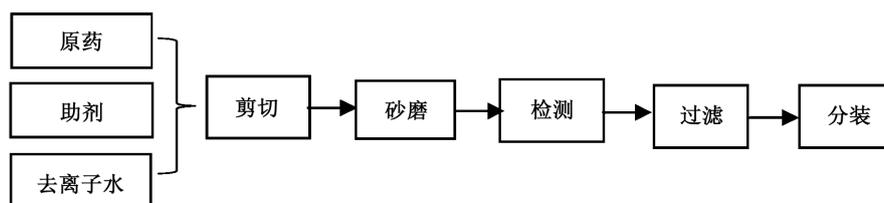


图1 水悬浮剂的加工工艺流程图

#### 1.3.2 助剂筛选

助剂筛选采用流点法<sup>[10]</sup>,即使用含5%润湿分散剂的水溶液,测定单位质量固体粉末在该溶液中的最小用量,直到粉末形成糊状并能够自由滴落成液滴.流点与润湿分散剂的活性及固体粉末的细度相关:分散剂活性越高,流点越低;固体粉末细度越小,流点越高.因此,润湿分散剂的选择直接影响产品配方的科学性和合理性.采用单因素试验法<sup>[11]</sup>筛选润湿分散剂的种类和用量.将悬浮剂的其他组分按比例配制为母液,再加入不同种类和用量的润湿分散剂进行砂磨,统一砂磨时间.测试试样的外观、悬浮率、粒径等指标,依据相关技术标准进一步确定润湿分散剂的用量.

### 1.4 田间药效试验

根据《农药田间药效试验准则》(GB/T 17980.110—2004),于2023年7月18日在山东省潍坊市寿光市纪台镇开展田间试验.黄瓜结果期为细菌性角斑病发病初期,此时分别使用45%春雷霉素·啶啉铜水悬浮剂1 000倍液和1 500倍液均匀喷雾处理,使用40%春雷霉素·噻唑锌水分散粒剂1 000倍液和6%中生菌素可溶粉剂750倍液作为对照药剂,清水作为空白对照,共设5个处理组,施药1次.调查处理前及药后10 d后定点每株发病叶片数,并计算病情指数和防治效果<sup>[12]</sup>.黄瓜细菌性角斑病分级标准:0级为无病斑;1级为单叶片有1~3个病斑;3级为单叶片有4~6个病斑;5级为单叶片有7~10个病斑;7级为单叶片有11~20个病斑,部分密集成片;9级为单叶片有病斑密集占叶片1/4以上<sup>[13]</sup>.

病情指数和防治效果计算公式如下:

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级病叶数}/\text{株数} \times \text{相应病级值})}{\text{调查总叶数}/\text{总株数} \times 9} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{防治效果}(\%) = \left(1 - \frac{CK_0 \times PT_1}{CK_1 \times PT_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $CK_0$ ——空白对照区施药前病情指数;

CK<sub>1</sub>——空白对照区施药后病情指数；

PT<sub>0</sub>——药剂处理区施药前病情指数；

PT<sub>1</sub>——药剂处理区施药后病情指数。

### 1.5 数据处理与统计学分析

用 Excel 2013 和 SPSS 19.0 对数据进行处理和统计学分析, 并比较各处理数据间的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 润湿分散剂筛选

通过流点法测定润湿分散剂的流点, 由表 3 可以看出, MNS/90, FD, 500LQ, SC29 和 SP-27001 的流点均处于较低范围内。采用单因素试验法, 对初步筛选出的润湿分散剂 MNS/90, FD, SC-29, SP-27001 和 500LQ 按照不同比例进行混配, 配合防冻剂、去离子水及原药等, 按照一定比例制备母液, 并通过砂磨制成样品。观察样品外观, 测定其悬浮率、粒径等指标, 具体筛选结果见表 4。结果表明, 当润湿分散剂比例为 1% MNS/90, 2% 500LQ 和 3% FD 时, 制剂的悬浮率最高, 并且在热储过程中粒径稳定, 流动性符合要求。基于此, 45% 春雷霉素·啞啉铜悬浮剂的润湿分散剂选择此组合。

表 3 润湿分散剂的流点测定结果

润湿分散剂种类	流点/g	结果评价
602	3.865	—
33 <sup>#</sup>	3.522	—
MNS/90	2.635	√
FD	2.561	√
SC-29	2.632	√
SP-27001	2.571	√
500LQ	2.486	√

注：“√”表示流点较低，“—”表示流点较高。

表 4 润湿分散剂筛选

湿润分散剂	悬浮率/%		D <sub>90</sub> /μm	
	常温(14 d)	热储(54 °C, 14 d)	常温(14 d)	热储(54 °C, 14 d)
1% MNS/90, 4% FD	96.37	95.09	3.39	5.58
2% SC-29, 3% SP-27001	97.92	96.43	3.71	5.67
3% 500LQ, 2% FD	96.48	96.31	3.29	4.91
1% 500LQ, 2% SC-29, 3% SP-27001	98.69	98.73	3.22	3.84
1% MNS/90, 2% 500LQ, 3% FD	99.54	99.60	3.34	3.46

### 2.2 结构调节剂筛选及其质量分数

冷储(0±2) °C 和热储(54±2) °C 14 d 后的稳定性试验结果显示, 添加 0.2% 黄原胶和 1% 硅酸镁铝的制剂稳定性最佳。该配方在贮藏过程中未发生析水现象, 且流动性良好(表 5)。

表5 结构调节剂筛选及其质量分数

种类	质量分数/%	析水率/%	体系状态	结论
黄原胶	0.1	15	上层析水, 摇动恢复	不合格
	0.2	8	轻微析水, 摇动恢复	不合格
	0.3	0	粘稠, 流动性不好	不合格
硅酸镁铝	1	40	严重分层, 难以恢复	不合格
	2	15	上层析水, 摇动恢复	不合格
	3	0	粘稠, 底部有膏化状	不合格
黄原胶: 硅酸镁铝	0.1:1	8	上层析水, 摇动恢复	不合格
	0.2:1	0	不析水, 流动性好	合格
	0.2:2	0	粘稠, 流动性不好	不合格

### 2.3 防冻剂筛选及其质量分数

通过对常用防冻剂乙二醇、尿素和氯化钠进行筛选后发现, 在制剂中添加5%乙二醇效果最佳, 在0℃和-7℃时均不凝固(表6).

表6 防冻剂筛选及其质量分数

种类	质量分数/%	0℃状态	恢复时间/h	-7℃状态	恢复时间/h
乙二醇	2	轻微凝固	3	凝固	4
	3	轻微凝固	2	凝固	3
	5	不凝固	0	不凝固	0
尿素	2	凝固	3	凝固	4
	3	半凝固	2	凝固	4
	5	轻微凝固	1	半凝固	1
氯化钠	2	凝固	3	凝固	4
	3	半凝固	3	凝固	3
	5	轻微凝固	2	半凝固	1

### 2.4 防腐剂筛选及其质量分数

为防止制剂中黄原胶在储存过程中变质, 需在配方中添加防腐剂, 主要包括卡松和苯甲酸钠. 在热储条件为(54±2)℃时, 14 d后的观察结果提示, 卡松的质量分数为0.2%和0.3%时效果较好, 其中0.2%的添加量最为经济(表7).

表7 防腐剂筛选及其质量分数

种类	质量分数/%	效果	体系状态	结论
卡松	0.1	制剂发臭	上层析水	不合格
	0.2	正常	正常	合格
	0.3	正常	正常	合格
苯甲酸钠	0.1	制剂发臭	上层析水	不合格
	0.5	制剂发臭	上层析水	不合格
	1.5	正常	上层析水	不合格

### 2.5 pH值调节剂筛选及其质量分数

根据春雷霉素化合物的性质, 春雷霉素原药在pH值为3~4的水溶液中稳定, 在碱性条件

下易降解,产品适宜 pH 值为 3~4. 由表 8 可知,在配方中添加了 3%柠檬酸作为 pH 值调节剂,制剂冷储、热储、常温储存状态均一,无明显析水分层现象,热储降解率为 1.3%,符合国标降解率 $\leq 5\%$ 的要求<sup>[14]</sup>,且降解率远低于对照组.

表 8 pH 值调节剂筛选及其质量分数

种类	质量分数/%	pH 值	春雷霉素质量分数/%			啶啉铜质量分数/%			综合结论
			常温 (14 d)	热储(54 °C, 14 d)	降解率/%	常温 (14 d)	热储(54 °C, 14 d)	降解率/%	
柠檬酸	1	6.31	4.39	3.29	25.00	40.60	40.38	0.50	制剂状态均一,春雷霉素降解率高,不合格
	2	5.15	4.54	4.33	4.60	40.53	40.45	0.19	制剂状态均一,降解率合格
	3	3.13	4.56	4.50	1.30	40.53	40.51	0.05	制剂状态均一,降解率合格
	4	3.09	4.50	4.39	2.44	40.52	40.31	0.50	制剂热储析水,降解率合格
冰乙酸	1	5.86	4.42	3.88	12.20	40.55	40.33	0.54	制剂状态均一,春雷霉素降解率高,不合格
	2	5.07	4.52	4.41	2.40	40.59	40.48	0.02	制剂热储析水,降解率合格
	3	3.98	4.56	4.49	1.50	40.61	40.53	0.01	制剂热储析水,降解率合格
	4	3.10	4.57	4.43	3.10	40.57	40.49	0.02	制剂热储析水,降解率合格

## 2.6 消泡剂种筛选及其质量分数

根据《农药持久起泡性测定方法》(GB/T 28137—2011)的农药持久起泡性测定方法,筛选常用消泡剂,并通过评估消泡剂的持续起泡性以及在该用量下对制剂体系稳定性的影响确定其适用性,持续起泡 1 min 后起泡量低于 25 mL 即为合格. 由表 9 可见,添加 0.5%消泡剂 630 时,其消泡效果符合配方设计要求且不会影响制剂体系的稳定性.

表 9 消泡剂筛选及其质量分数

种类	质量分数/%	起泡量/mL	体系稳定性	检测结果
消泡剂 630	0.3	32.0	正常	不合格
	0.5	15.0	正常	合格
	1.0	0.0	上层稍析水	不合格
消泡剂 1500	0.3	65.0	正常	不合格
	0.5	44.0	正常	不合格
	1.0	30.0	上层较多析水	不合格

## 2.7 添加增效剂后 45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂的田间防控效果

于 45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂中添加浓度为 6%的增效剂 Prime、异构十三醇和 BC/10,以 1 000 倍液进行喷雾处理,药后 7 d 发现添加增效剂 Prime 后的靶标防效为 95.71%,明显高于其他处理(表 10).

表 10 添加增效剂后 45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂的田间防控效果

药剂	施药浓度	增效剂	用药前		药后 7 d		相对防效/%
			病叶率/%	病情指数	病叶率/%	病情指数	
45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂	1 000 倍液	Prime	66.15a	18.00a	2.85d	1.01e	95.71a
		异构十三醇	57.81b	16.15b	8.25c	4.35d	79.39b
		BC/10	64.91a	18.13a	9.66b	5.36c	77.38c
40%春雷·噻唑锌水分散剂	1 000 倍液	—	64.71a	17.65a	9.23b	7.69b	66.67d
清水对照	—	—	59.66b	18.66a	18.56a	24.39a	—

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ).

## 2.8 45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂配方技术指标检测结果

经配方试验和产品性能检测,最终确定45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂的配方:春雷霉素4.5%,啶啉铜40.5%,MNS/90 1%,500LQ 2%,FD 3%,增效剂Prime 6%,乙二醇5%,柠檬酸3%,卡松0.2%,消泡剂630 0.5%,黄原胶0.2%,硅酸镁铝1%,去离子水至100%。根据该配方制得的45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂外观为可流动的粘稠液体,在储存过程中可能会出现极少量析水,但在室温条件下轻轻摇动后能恢复均匀状态。各项性能指标的检测结果见表11。

表11 45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂配方技术指标检测结果

检测项目	范围	检测结果	参考方法或标准
春雷霉素质量分数/%	4.5±0.45	4.53	液相色谱法
啶啉铜质量分数/%	40.5±2.0	40.61	
春雷霉素悬浮率/%	≥90	99.97	《农药悬浮率测定方法》(GB/T 14825—2023)
啶啉铜悬浮率/%	≥90	99.33	
粒径 D <sub>90</sub> /μm	≤5	4.082	《农药理化性质测定试验导则》(NY/T 1860.32—2016)
低温稳定性	合格	合格	《农药低温稳定性测定方法》(GB/T 19137—2003)
热储稳定性	合格	合格	《农药热储稳定性测定方法》(GB/T 19136—2021)
pH值	3~5	4.02	《农药pH值的测定方法》(GB/T 1601—2023)
倾倒后残余物/mL	≤5	4.27	《农药倾倒性测定方法》(GB/T 31737—2015)
起泡量/mL	≤25	16	《农药持久起泡性测定方法》(GB/T 28137—2011)

## 2.9 45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂防治黄瓜细菌性角斑病的田间防控效果

由试验结果可见,45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂1 000倍液和1 500倍液药后10 d对黄瓜细菌性角斑病的防治效果分别为96.77%和87.21%,明显优于40%春雷霉素·啶啉铜水分散粒剂的72.15%和6%中生菌素可溶粉剂的38.96%(表12)。

表12 45%春雷霉素·啶啉铜防治黄瓜细菌性角斑病的田间防控效果

药剂	质量浓度	病情指数		防效/%
		用药前	药后10 d	
45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂	1 000 倍液	29.16a	1.25e	96.77a
45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂	1 500 倍液	25.63b	4.35d	87.21b
40%春雷·啶啉铜水分散粒剂	1 000 倍液	23.05c	8.52c	72.15c
6%中生菌素可溶粉剂	750 倍液	22.54c	18.26b	38.96d
空白对照	清水	19.35d	25.68a	—

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。

## 3 结论与讨论

本研究通过筛选润湿分散剂、增稠剂、防冻剂、pH值调节剂及增效剂等助剂,确定了45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂的最优配方。根据该配方制得的产品样品经检测,各项指标符合相关标准要求。其中,春雷霉素悬浮率为99.97%,啶啉铜悬浮率为99.33%。该制剂在田间试验中对黄瓜细菌性角斑病有良好防效,1 000倍液喷雾,药后10 d防效达到96.77%,1 500倍液喷雾,药后10 d防效为87.21%。由此可见,45%春雷霉素·啶啉铜水悬浮剂具有药效好、性能稳定和高悬浮率,其在市场中的开发和应用前景广阔。

45%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂配方的核心在于选择合适的润湿分散剂、增效剂和 pH 值调节剂。润湿分散剂的选择直接影响砂磨效率和产品的悬浮率。由于啶啉铜含有金属离子,在金属离子和高盐环境下,常规表面活性剂易失活脱落。因此,选择合适的润湿分散剂是该配方成功的关键。增效剂的种类也对配方效果至关重要,选用甲基化聚醚改性聚合物 Prime 作为增效剂,能够显著提升制剂在植物叶片上的润湿渗透性,降低表面张力,减少喷洒过程中因压力和风力作用产生的药液飘移及接触叶片后的跳弹现象,从而提高农药利用率。此外,制剂的化学稳定性研究表明,春雷霉素化合物对 pH 值敏感。在 pH 值 $>5$ 的弱酸性至碱性条件下,春雷霉素会降解;在 pH 值 $<3$ 的强酸条件下也会降解<sup>[15]</sup>。制剂在 54 °C 热储过程中可能析水并沉淀,只有当 pH 值控制在 3~4 时,春雷霉素才能保持稳定。

#### 参考文献:

- [1] 余建波,彭成洲,周学强,等. 36%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂的配方研制[J]. 世界农药, 2023, 45(4): 49-55.
- [2] 崔松华,刘丽萍. 2%春雷霉素 WP 防治白菜软腐病药效试验[J]. 农药, 2007, 46(6): 416-417.
- [3] 黄正旭,金轶伟,陈官菊,等. 2%春雷霉素液剂防治水稻稻瘟病田间药效试验[J]. 浙江亚热带作物通讯, 2006, 28(2): 22-24.
- [4] 黄雅俊,宋会鸣,丁佩,等. 啶啉铜 33.5%悬浮剂防治杨梅癌肿病田间药效评价[J]. 农业灾害研究, 2019, 9(3): 3-4, 23.
- [5] 周艳霞,覃秀顺,张海平,等. 不同杀菌剂防治沃柑溃疡病效果试验[J]. 现代农业科技, 2021(10): 88-89.
- [6] 马永强. 33%春雷霉素·啶啉铜悬浮剂对黄瓜细菌性角斑病的防治效果[J]. 青海农林科技, 2019(4): 73-75.
- [7] 明亮,孙以文,刘程程,等. 农药油悬浮剂研究进展[J]. 农药, 2014, 53(5): 313-315.
- [8] 邵彦坡,董立峰,郝丽霞,等. 40%霜脲氰·啶啉铜悬浮剂的配方研制及稳定性研究[J]. 今日农药, 2016(10): 29-31.
- [9] 冯建国,路福绥,李明. 5%氟虫脲悬浮剂润湿分散剂的筛选[J]. 农药, 2009, 48(7): 484-486.
- [10] 庄会德,覃华全,张松杨,等. 45%吡唑·王铜悬浮剂的研制[J]. 世界农药, 2020, 42(7): 59-61.
- [11] 王爱臣,谭葵,张小敏,等. 36%春雷霉素·啶啉铜纳米悬浮剂配方研究[J]. 生物化工, 2022, 8(5): 49-53.
- [12] 张善学,郑磊,邓秀丽,等. 壳寡糖铜防治黄瓜细菌性角斑病的效果[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(1): 89-90, 99.
- [13] 宋兆本. 36%春雷·啶啉铜悬浮剂防治苹果炭疽叶枯病田间试验效果[J]. 种子科技, 2020, 38(22): 17-18.
- [14] 卢忠利,张宗俭,刘宁,等. 25%吡蚜酮悬浮剂的研制及其稳定性分析[J]. 广东农业科学, 2012, 39(21): 101-103, 107.
- [15] 李登辉,赵强,聂运魏,等. 30%螺虫乙酯·氟啉虫酰胺水悬浮剂的配方研制及药效评价[J]. 植物医学, 2022, 1(1): 77-83.

责任编辑 苏荣艳