

生姜青枯病防治药剂室内筛选及评价

朱志刚¹, 胡洪涛^{1*}, 石丽桥¹, 曹春霞¹, 姚经武¹,
黄大野¹, 龙同¹, 邱正明², 陈伟¹, 杨自文^{1*}

(1. 湖北省生物农药工程研究中心, 武汉 430064; 2. 湖北省农业科学院经济作物研究所, 武汉 430064)

摘要 采用比浊法测定了 10 种药剂对生姜青枯菌的毒力, 结果显示乳酸环丙沙星、盐酸环丙沙星、土霉素的毒力最强, 其 EC_{50} 分别为 1.75、1.81 和 2.21 $\mu\text{g/L}$; 而硫酸庆大霉素、硫酸链霉素、头孢曲松钠、中生菌素次之, EC_{50} 分别为 11.17、11.23、19.23 和 24.20 $\mu\text{g/L}$; 姜瘟净、硫酸多黏菌素 B 和大蒜油的 EC_{50} 最高, 分别为 549.61、1 223.22 和 2 064.33 $\mu\text{g/L}$ 。通过盆栽试验, 采用药剂浸种、先灌药后接种病原、以及先接种病原后灌药等处理方式评价了这 10 种药剂对生姜青枯病预防和治疗的潜能, 结果显示, 硫酸链霉素和中生菌素浸种处理对生姜青枯病防效最好, 分别为 93.0% 和 75.9%; 硫酸链霉素、硫酸多黏菌素 B、姜瘟净、大蒜油表现出较好的预防作用; 除硫酸链霉素外, 其他药剂对青枯病治疗作用差。

关键词 生姜; 姜瘟病; 青枯菌; 药剂筛选; 硫酸链霉素; 大蒜油; 中生菌素

中图分类号: S 432.4 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.06.036

Indoors screening and evaluation of bactericides controlling ginger bacterial wilt

Zhu Zhigang¹, Hu Hongtao¹, Shi Liqiao¹, Cao Chunxia¹, Yao Jingwu¹,
Huang Daye¹, Long Tong¹, Qiu Zhengming², Chen Wei¹, Yang Ziwen¹

(1. Hubei Biopesticide Engineering Research Center, Wuhan 430064, China; 2. Institute of Economic Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China)

Abstract Toxicity of 10 different bactericides on *Ralstonia solanacearum*, the causal agent of ginger bacterial wilt, was measured by turbidimetry method. The results showed that the toxicity of ciprofloxacin lactate, ciprofloxacin hydrochloride and oxytetracycline were the strongest with the EC_{50} values of 1.75, 1.81 and 2.21 $\mu\text{g/L}$, respectively, followed by gentamycin sulfate, streptomycin, ceftriaxone sodium and zhongshengmycin, with the EC_{50} values of 11.17, 11.23, 19.23 and 24.20 $\mu\text{g/L}$, respectively. Jiangwenjing, polymyxin B sulfate, and garlic oil had the highest EC_{50} value of 549.61, 1 223.22 and 2 064.33 $\mu\text{g/L}$, respectively. Meantime, the preventing and curing potentials of these 10 bactericides against ginger bacterial wilt were evaluated through pot experiments in 3 different ways, including rhizome soaking with chemicals, root drenching with chemicals followed by pathogen inoculation and pathogen inoculation followed by root drenching. The results showed that the control effects of rhizome soaking with streptomycin and zhongshengmycin were the best, with the control effects of 93.0% and 75.9%, respectively. Streptomycin, polymyxin B sulfate, Jiangwenjing, garlic oil exhibited better prevention effects. Except streptomycin, others showed worse curing effects to ginger bacterial wilt.

Key words ginger; bacterial wilt; *Ralstonia solanacearum*; pesticide screening; streptomycin; garlic oil; zhongshengmycin

青枯病是世界性重要土传病害之一, 病原为青枯雷尔氏菌 *Ralstonia solanacearum*, 简称青枯菌。该菌通常从根部侵染, 然后在维管束大量繁殖、并沿

维管束向上传播, 同时分泌多糖等物质, 导致维管束堵塞, 植株萎蔫死亡。青枯菌可侵染 54 科 450 多种植物^[1], 但以生姜、番茄、马铃薯等受害最为严重。

收稿日期: 2017-02-10 修订日期: 2017-03-22

基金项目: 湖北省蔬菜病虫害生物防治技术集成与产品创制(2016ABA103); 湖北省农业创新团队项目(2016-620-000-001-039); 湖北省农业科学院基金(2016NKYJJ31)

* 通信作者 E-mail: hzh0005@qq.com; 18627186188@126.com

生姜在我国种植历史悠久,其根状茎兼具食用和药用价值,是老百姓餐桌上重要的调味料,而生姜青枯病在我国河南、山东、安徽、四川、云南、广西、海南等地区的生姜产区均有发生^[2-7],因其发病快、致死率高、无有效防治手段,经常给生姜生产带来巨大的经济损失,因而俗称姜瘟病^[2]。通常情况下,病原首先侵染生姜地下肉质茎,致使内部组织逐渐软化、腐烂,最后仅剩表皮,而叶表现为黄化褪绿,边缘卷曲、萎蔫,重病田发病率高达 70%以上^[3]。

生姜青枯病传播途径较为复杂^[3],主要通过带菌土壤传播,此外还可通过雨水、农事操作、土壤中残存的病残体等进行扩散。再者,大约 2% 的留种生姜也带菌,在次年分种切割时,也可通过刀具传播。因此,相对而言,生姜青枯病防治难度更大,需要考虑种姜处理和田间防治。青枯病的防治研究已开展多年,防治技术和手段种类较多^[8],以化学药剂,如氯化苦等,进行土壤熏蒸消毒效果最佳^[9],但由于熏蒸操作技术复杂、成本高,尚未大规模应用。目前,研究较多的是生物防治,通过田间喷施有益拮抗菌抑制病原菌生长并诱导植株产生抗病性^[10-11],但由于防效不稳定,应用范围受到局限。农业防治,如水旱轮作^[12],也可以防治青枯病,但青枯菌在土壤中能存活长达十年之久,短期轮作效果并不理想。实践中,采用最多的是化学药剂灌根处理,其中以硫酸链霉素应用最广,但由于其有毒,存在环境和食品安全隐患,在农业上的应用受到极大限制。因此,生产上迫切需要筛选硫酸链霉素替代药剂、研究生姜青枯病的系统防治技术和措施,保证生姜产业健康可持续发展。

本研究通过比浊法测定了姜瘟净、大蒜油、中生菌素等 10 种药剂对生姜青枯菌的毒力,同时,通过盆栽试验测定了他们在不同处理条件下预防和治疗青枯病的潜能,明确姜瘟净、大蒜油等生物药剂对生姜青枯病的防治效果,为筛选硫酸链霉素替代药剂、有效防治生姜青枯病奠定了良好的基础。

1 材料与方法

1.1 生姜青枯菌的制备

生姜青枯菌 2016 年分离自安徽铜陵生姜青枯

病发生田,经测试对生姜致病性强^[4]。分离菌株于 25% 甘油中, -80℃ 下保存。保存的青枯菌在 TTC 培养基上活化(28℃),挑取中心粉红色、周围白边的单菌落于 SPA 液体培养基中, 150 r/min、28℃ 振荡培养 48 h,调整菌液浓度至 1×10^9 cfu/mL,备用。

1.2 供试药剂

硫酸链霉素、盐酸环丙沙星、乳酸环丙沙星、土霉素、硫酸庆大霉素、硫酸多黏菌素 B 购置于武汉佰铭通科技有限公司,含量均为 98% 以上;头孢曲松钠为华北制药生产;中生菌素(含量 98%)为福建凯立生物制品有限公司生产;大蒜油(含量 80%)和姜瘟净(主要成分为黄芪多糖、小檗碱、紫草素,总含量为 2.8%)为潍坊奥丰作物病害防治有限公司生产。

1.3 药剂对青枯菌毒力测定

用分析天平(PL203,梅特勒-托利多仪器有限公司)分别称取 0.2~5.0 g 药剂,放入装有玻璃珠的消毒具塞三角瓶(250 mL)中,用无菌水标定总重量至 100.0 g,放置于摇床上,振荡 5 min 使之完全溶解,成为母液。然后,根据药剂含量,按照倍比法进行稀释,使稀释液浓度在 50 000~0.1 μ g/L 范围内,分别取 1.0 mL 稀释药液,加入装有 4.0 mL SPA 培养基的试管,并加入 10 μ L 青枯菌菌悬液,每个浓度重复 3 次。以不加药液的培养基为阴性对照,以不加药但加青枯菌为阳性对照。所有试管均放置于摇床上振荡培养(28℃, 150 r/min),待阳性对照吸光度值(OD₆₀₀)为 1.2 左右时取出,用分光光度计(752N,上海精密科学仪器有限公司)测量各药剂处理吸光度值,计算其抑菌效果。所得数据输入 IBM SPSS Statistics 软件,计算 EC₅₀。

抑菌效果(%) =

$$\frac{\text{阳性对照吸光度值} - \text{处理组吸光度值}}{\text{阳性对照吸光度值}} \times 100。$$

1.4 药剂浸种处理对青枯病的防效

健康生姜根状茎(市购)经 25℃ 催芽处理,待新芽长出 2~4 mm,用消毒手术刀,将其按新芽分成小块,每块保留 1~2 个新芽,在药液(药液浓度根据前期预备性试验结果,选取各药剂防效最好的浓度作为测试浓度,数据没有在本文显示)中浸泡 30 min,捞出,在阴凉通风处晾干后播入穴盘(21 孔),每穴 1 块根状茎,新芽朝上并露出营养基质表面。每处理 10 块根状茎,重复 3 次,采用无菌水处理作为阴性对

照。处理后的穴盘放置于人工温室,在 $(28\pm 2)^{\circ}\text{C}$, $\text{L}/\text{D}=12\text{ h}/12\text{ h}$ 下培养。待药剂处理24 h后,将浓度为 $1\times 10^9\text{ cfu/mL}$ 的青枯菌灌入穴盘,每穴20 mL。接种青枯菌后,每24 h观测1次,待阳性对照发病率在90%上时,记录各处理发病株数,计算校正防效,公式如下:

$$\text{校正防效}(\%) = \frac{\text{处理未发病株数} - \text{对照未发病株数}}{\text{处理总株数}} \times 100.$$

1.5 药剂灌根处理对青枯病预防效果

将供试药剂稀释一定倍数(药液浓度根据前期预备性试验结果,选取各药剂防效最好的浓度作为测试浓度,数据没有在本文显示),灌入2~4叶期健康盆栽生姜苗根部,每株20 mL,每处理10株苗,重复3次。将处理后的生姜苗置于人工温室,在 $(28\pm 2)^{\circ}\text{C}$, $\text{L}/\text{D}=12\text{ h}/12\text{ h}$ 条件下培养。待药剂处理24 h后,用消毒针在茎基部周边刺3个微孔,然后将浓度为 $1\times 10^9\text{ cfu/mL}$ 青枯菌沿茎基部灌入,每株25 mL。接种青枯菌后,每24 h观测1次,待对照发病率在90%上时,记录各处理发病株数,按照1.4公式计算校正防效。

1.6 药剂灌根处理对青枯病治疗效果

选用2~4叶期健康盆栽生姜苗,用消毒针在其

茎基部刺3个微孔,然后将浓度为 $1\times 10^9\text{ cfu/mL}$ 青枯菌沿茎基部灌入,每株25 mL。将处理后的生姜苗置于人工温室,在 $(28\pm 2)^{\circ}\text{C}$, $\text{L}/\text{D}=12\text{ h}/12\text{ h}$ 条件下培养。接种青枯菌24 h后,分别灌入20 mL所测定药剂稀释液(浓度见表3),每处理10株生姜苗,重复3次。处理后,每24 h观测1次,待对照发病率在90%上时,记录各处理发病株数,按照1.4公式计算校正防效。

1.7 方差分析

所得数据输入Excel 2016计算校正防效,然后,使用IBM SPSS Statistics软件采用Duncan's方法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 药剂对生姜青枯菌的毒力测定

采用比浊法,测试了10种药剂对生姜青枯菌的毒力,结果表明,乳酸环丙沙星、盐酸环丙沙星和土霉素的 EC_{50} 分别为1.75、1.81和2.21 $\mu\text{g/L}$ (表1),显示这3种药剂对生姜青枯菌的毒力最强;硫酸庆大霉素、硫酸链霉素、头孢曲松钠、中生菌素的毒力次之, EC_{50} 分别为11.17、11.23、19.23、24.20 $\mu\text{g/L}$;姜瘟净、硫酸多黏菌素B、大蒜油毒力最差,其 EC_{50} 分别为549.61、1 223.22、2 064.33 $\mu\text{g/L}$ 。

表 1 10 种药剂对生姜青枯菌的毒力测定
Table 1 Toxicity assay of 10 different bactericides to *Ralstonia solanacearum* on ginger

药剂 Bactericide	半最大效应 浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ EC_{50}	线性回归方程 Linear regression equation	决定系数(R^2) Coefficient of determination	95% 置信区间/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 95% Confidence limits
乳酸环丙沙星 Ciprofloxacin lactate	1.75	$y=0.268\ 8x-0.258\ 5$	0.907 6	1.44~2.13
盐酸环丙沙星 Ciprofloxacin hydrochloride	1.81	$y=0.312\ 9x-0.096\ 1$	0.911 9	0.74~3.47
土霉素 Oxytetracycline	2.21	$y=0.310\ 7x-0.390\ 0$	0.916 5	1.78~2.75
硫酸庆大霉素 Gentamycin sulfate	11.17	$y=0.200\ 5x+0.513\ 6$	0.897 7	9.27~13.59
硫酸链霉素 Streptomycin	11.23	$y=0.209\ 1x-0.187\ 7$	0.923 4	8.80~14.30
头孢曲松钠 Ceftriaxone sodium	19.23	$y=0.200\ 5x+0.513\ 6$	0.899 7	14.17~27.10
中生菌素 Zhongshengmycin	24.20	$y=0.179\ 2x-0.119\ 8$	0.991 0	19.54~30.23
姜瘟净 Jiangwenjing	549.61	$y=0.185\ 3x+0.602\ 7$	0.962 0	420.49~1 177.62
硫酸多黏菌素 B Polymyxin B sulfate	1 223.22	$y=0.275\ 9x-0.102\ 3$	0.955 1	993.64~1 859.96
大蒜油 Garlic oil	2 064.33	$y=0.217\ 1x+0.157\ 8$	0.945 7	1 739.49~2 504.10

2.2 药剂浸种处理对青枯病的防效

通过药剂浸种评价了10种药剂对生姜青枯病的预防能力,在接种青枯菌32 d后,阳性对照死苗率为90%~100%。硫酸链霉素和中生菌素对青枯菌预防效果最好,校正防效分别为93.0%和75.9%,但

两者无显著性差异($P>0.05$);硫酸多黏菌素B、头孢曲松钠、土霉素、硫酸庆大霉素、姜瘟净等对青枯菌的预防能力次之,校正防效在20.7%~45.2%之间;乳酸环丙沙星、盐酸环丙沙星和大蒜油预防能力最差,校正防效在10.4%~17.4%之间(表2)。

表 2 10 种药剂浸种处理对青枯病的防效¹⁾

Table 2 Control efficacies of 10 different bactericides on ginger bacterial wilt by rhizome soaking

药剂 Bactericide	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration	校正防效/% Control efficacy	
		平均值±标准误 Average±SE	显著性分析 Statistical analysis
硫酸链霉素 Streptomycin	1 000.0	93.0±3.53	a
中生菌素 Zhongshengmycin	3 333.3	75.9±3.03	a
硫酸多黏菌素 B Polymyxin B sulfate	3 333.3	45.2±7.76	b
头孢曲松钠 Ceftriaxone sodium	1 000.0	31.5±7.09	b
土霉素 Oxytetracycline	1 000.0	24.4±4.44	b
硫酸庆大霉素 Gentamycin sulfate	1 000.0	24.4±4.44	b
姜瘟净 Jiangwenjing	93.3	20.7±5.82	b
乳酸环丙沙星 Ciprofloxacin lactate	1 000.0	17.4±3.76	c
盐酸环丙沙星 Ciprofloxacin hydrochloride	1 000.0	13.7±8.76	c
大蒜油 Garlic oil	2 666.7	10.4±5.79	c

1) 表中同列字母相同者代表在 0.05 水平无显著性差异。下同。
The letters in the same column represent no significant difference at the 0.05 level. The same below.

2.3 药剂灌根处理对青枯病的预防效果

通过在接种前 24 h 使用药剂浇灌 2~4 叶期生姜苗根部评价 10 种药剂预防生姜青枯病的能力,结果见表 3。接种青枯菌 7 d 后,以硫酸链霉素防效最好,为 56.7%,姜瘟净、硫酸多黏菌素 B、土霉素防效次之,分别为 53.3%、50%和 40%,但这 4 种药剂防效在统计学上无显著差异($P>0.05$);大蒜油防效为 36.7%,与姜瘟净、硫酸多黏菌素 B、土霉素防效无显著差异($P>0.05$);中生菌素、硫酸庆大霉素防效分别为 30%、23.3%,二者无显著性差异($P>0.05$)。乳酸环丙沙星、头孢曲松钠、盐酸环丙沙星防效最差,分别为 13.3%、10%

和 6.7%。接种 10 d 后,各药剂防效均下降,以硫酸链霉素处理防效最好,为 56.7%,显著高于其他药剂($P<0.05$)。姜瘟净、硫酸多黏菌素 B、大蒜油防效分别为 40%、36.7%、33.3%,它们的防效处于同一水平($P>0.05$)。而土霉素、中生菌素、硫酸庆大霉素、盐酸环丙沙星、乳酸环丙沙星防效最差,在 10%~23.3%之间。接种 13 d 后,各药剂防效继续下降,仍以硫酸链霉素处理防效最好,为 46.7%,显著高于其他药剂($P<0.05$)。姜瘟净、硫酸多黏菌素 B 防效次之,分别为 33.3%、26.7%,它们防效处于同一水平($P>0.05$)。而大蒜油、土霉素等药剂防效均低于 15%。

表 3 10 种药剂对生姜青枯病预防效果

Table 3 Prevention efficacies of 10 different bactericides on ginger bacterial wilt

药剂 Bactericide	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration	校正防效/% Control efficacy		
		接种后 7 d 7 d after inoculation	接种后 10 d 10 d after inoculation	接种后 13 d 13 d after inoculation
土霉素 Oxytetracycline	1 000.0	(40.0±5.77)abc	(23.3±6.67)cd	(13.3±6.67)c
硫酸链霉素 Streptomycin	1 000.0	(56.7±3.33)a	(56.7±3.33)a	(46.7±3.33)a
盐酸环丙沙星 Ciprofloxacin hydrochloride	1 000.0	(6.7±3.33)d	(13.3±3.33)d	(6.7±3.33)c
乳酸环丙沙星 Ciprofloxacin lactate	1 000.0	(13.3±8.82)d	(10.0±5.77)d	(6.7±3.33)c
头孢曲松钠 Ceftriaxone sodium	1 000.0	(10.0±5.77)d	(13.3±6.67)d	(10.0±0.00)c
硫酸庆大霉素 Gentamycin sulfate	1 000.0	(23.3±3.33)cd	(16.7±3.33)d	(6.7±3.33)c
中生菌素 Zhongshengmycin	3 333.3	(30.0±5.77)c	(20.0±0.00)cd	(13.3±6.67)c
硫酸多黏菌素 B Polymyxin B sulfate	3 333.3	(50.0±5.77)ab	(36.7±3.33)b	(26.7±3.33)b
姜瘟净 Jiangwenjing	93.3	(53.3±3.33)ab	(40.0±5.77)b	(33.3±3.33)b
大蒜油 Garlic oil	2 666.7	(36.7±3.33)bc	(33.3±3.33)bc	(13.3±3.33)c

2.4 药剂灌根对青枯病治疗效果

通过预先接种青枯菌,24 h 后用药剂灌根,评价药剂对青枯病的治疗效果,结果见表 4。接种青枯菌 5 d 后,以硫酸链霉素防效最好,为 36.7%,显著高于其他药剂($P<0.05$)。硫酸多黏菌素 B、中生菌素、姜瘟净、土霉素、硫酸庆大霉素、盐酸环丙沙星、乳酸环

丙沙星、大蒜油的防效分别为 16.7%、13.3%、13.3%、10.0%、10.0%、10.0%、6.7%、6.7%,这 6 种药剂防效在统计学上无显著性差异($P>0.05$)。头孢他啶防效最差,仅为 3.3%。接种青枯菌 7 d 后,各药剂防效明显下降,但仍以硫酸链霉素防效最好(36.7%),显著高于其他药剂($P<0.05$)。

表 4 10 种药剂对青枯病的治疗效果

Table 4 Curing efficacies of 10 different bactericides on ginger bacterial wilt

药剂 Bactericide	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration	校正防效/% Control efficacy	
		接种后 5 d 5 d after inoculation	接种后 7 d 7 d after inoculation
土霉素 Oxytetracycline	1 000.0	10.0 bc	6.7 b
硫酸链霉素 Streptomycin	1 000.0	36.7 a	26.7 a
盐酸环丙沙星 Ciprofloxacin hydrochloride	1 000.0	10.0 bc	3.3 b
乳酸环丙沙星 Ciprofloxacin lactate	1 000.0	6.7 bc	0.0 b
头孢曲松钠 Ceftriaxone sodium	1 000.0	3.3 c	0.0 b
硫酸庆大霉素 Gentamycin sulfate	1 000.0	10.0 bc	6.7 b
中生菌素 Zhongshengmycin	3 333.0	13.3 bc	3.3 b
硫酸多黏菌素 B Polymyxin B sulfate	3 333.0	16.7 bc	6.7 b
姜瘟净 Jiangwenjing	93.3	13.3 bc	3.3 b
大蒜油 Garlic oil	2 666.7	6.7 bc	3.3 b

3 讨论

生姜作为特色经济作物在我国有着悠久的种植历史,部分品种,如‘铜陵白姜’,由于营养丰富、品质优良,曾列为朝廷贡品^[13]。近年来,由于市场需求上升,而产量增加有限,导致供需失衡、价格居高不下。生姜青枯病在生姜种植区普遍发生,成为生姜生产最主要限制因子。尽管针对青枯病,包括番茄青枯病、烟草青枯病等,已开展了大量室内药剂筛选和田间评价工作^[5,9-12,14],但由于生姜青枯病传播途径特殊,对其防治方法和技术措施尚缺乏系统研究。本研究针对生姜青枯病的发生和传播特点,采用药剂浸种、灌根后接种青枯菌以及接种后再灌根的方法评价了具有防治青枯病潜能的 10 种药剂,旨在为解决生姜青枯病的防治难题提供理论指导和防治依据。

测试发现,10 种药剂中乳酸环丙沙星、盐酸环丙沙星、土霉素等对生姜青枯菌具有较强的毒力,但这几种药剂无论是采用浸种还是灌根处理,对青枯病防效均不理想,这可能是由于青枯病属于维管束病害,药剂的防效与药剂内吸性有关。硫酸链霉素和中生菌素对生姜青枯菌的 EC₅₀ 也较低,说明安徽来源的生姜青枯菌对其敏感,但其值高于番茄或茄子青枯的 EC₅₀^[5,14],提示安徽铜陵生姜青枯菌可能对这两种药剂存在抗药性。

供试的 10 种药剂中,硫酸链霉素无论是通过浸种还是灌根,其预防或治疗青枯病的效果均为最好,其中以浸种效果最好,接种后 32 d,防效仍高达 93.0%。浸种效果较好的还有中生菌素,防效为 75.9%,而且其防效明显高于采用灌根进行预防或治疗的效果,显示这两种药剂浸种处理可以有效防治生姜青枯

病。其他种药剂浸种处理对生姜青枯病的防效较差,提示它们不适合作为浸种剂应用。

前人研究表明,带菌土壤是青枯病的主要病源,预防青枯菌的侵入是防治青枯病的关键^[6,8]。本文采用灌根后接种病原菌的方法评价了供试的 10 种药剂对生姜青枯病的预防能力,结果表明接种青枯菌后 7 d,硫酸链霉素、姜瘟净、硫酸多粘菌素 B 的防效在 50% 以上,但它们的防效随着时间推移显著下降,至 13 d 时,仅硫酸链霉素防效为 46.7%,其余药剂防效均低于 40%,显示硫酸链霉素对生姜青枯病的残效期最长,同时也提示,预防青枯病的防治周期应该小于 7 d。生物药剂姜瘟净、硫酸多粘菌素 B、大蒜油在接种后 7 d 内对生姜青枯病具有一定防效,提示这 3 种药剂可部分替代硫酸链霉素使用,但防治周期应该相应缩短。

此外,我们还通过接种青枯菌 24 h 后再灌根的方法评价了供试的 10 种药剂对生姜青枯病的治疗作用。结果表明,接种青枯菌后 5 d,除硫酸链霉素外,其他药剂防效均低于 20%,而接种后 7 d,除硫酸链霉素外,其他药剂的防效均低于 10%,提示这些药剂对青枯病的治疗效果差,或者基本无效。因此,对于已发病的生姜植株,为减少经济损失,不建议进行药剂防治,而应该及时拔除,同时对植株周边土壤进行消毒,防治病原进一步扩散。

综合本研究结果,硫酸链霉素为防治生姜青枯病的首选药剂,可用于浸种、灌根预防或者治疗青枯病。然而,2011 年 6 月 22 日,农业部办公厅印发《第八届全国农药登记评审委员会第九次全体会议纪要》的通知,停止受理和批准硫酸链霉素的新增田间试验、农药登记,已批准含有硫酸链霉素的产品,

- moth, *Cydia pyricora* [J]. BioControl, 1998, 43(3): 339-344.
- [16] Sumedrea M, Marin F C, Calinescu M, et al. Researches regarding the use of mating disruption pheromones in control of apple codling moth-*Cydia pomonella* L. [J]. Agriculture & Agricultural Science Procedia, 2015, 6: 171-178.
- [17] Stelinski L L, Il'ichev A L, Gut L J. Efficacy and release rate of reservoir pheromone dispensers for simultaneous mating disruption of codling moth and oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae)[J]. Journal of Economic Entomology, 2009, 102(1): 315-323.
- [18] Angeli G, Anfora G, Baldessari M, et al. Mating disruption of codling moth *Cydia pomonella* with high densities of Ecodan sex pheromone dispensers [J]. Journal of Applied Entomology, 2007, 131(5): 311-318.
- [19] 张新浩, 尼牙孜·依麻木, 艾麦尔, 等. 苹果蠹蛾发生规律及防治技术研究[J]. 新疆农业科技, 2010(5): 36.
- [20] 杨建强, 赵骁, 严勇敢, 等. 7 种药剂对苹果蠹蛾的防治效果[J]. 西北农业学报, 2011, 20(9): 194-196.
- [21] 刘延杰, 林明极, 卜海东, 等. 黑龙江省苹果蠹蛾的发生与防治[J]. 生物安全学报, 2015(4): 346-348.
- [22] 靳生杰. 苹果蠹蛾的发生与防治[J]. 现代农业科技, 2015(13): 152.
- [23] 巴哈提古丽. 苹果蠹蛾在新疆地区的危害情况与防治措施[J]. 防护林科技, 2009(4): 118-120.
- [24] 付文君, 吉别克. 伊犁河谷地区苹果蠹蛾的发生与防治[J]. 现代农业科技, 2013(4): 155.
- [25] 陈汉杰, 曹川建, 雷银山, 等. 不同剂型迷向剂处理对苹果蠹蛾控制效果比较[J]. 生物安全学报, 2015(4): 315-319.
- [26] 王宇娜, 程新华, 王晓维. 苹果蠹蛾迷向丝防治苹果蠹蛾试验[J]. 农村科技, 2016(10): 31-32.
- [27] 张煜, 李虎, 张莉. 苹果蠹蛾性信息素迷向防治技术效果研究[J]. 现代农业科技, 2012(18): 104-105.
- [28] 吴多错. 山丹县信息素迷向技术防治苹果蠹蛾试验初报[J]. 农业科技与信息, 2015(4): 20-22.
- [29] 魏玉红, 罗进仓, 周昭旭, 等. 信息素迷向技术防治苹果蠹蛾试验初报[J]. 中国果树, 2010(3): 48-50.
- [30] 朱虹昱, 刘伟, 崔艮中, 等. 苹果蠹蛾迷向防治技术效果初报[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(1): 121-129.
- [31] Ashraf M, Asif M, Adrees M, et al. Application of mating disruption approach to control codling moth (*Cydia pomonella* L.) damage to apple crops in Azad Kashmir, Pakistan [J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2007, 10: 1728-1732.
- [32] Howell J F, Knight A L, Unruh T R, et al. Control of codling moth in apple and pear with sex pheromone-mediated mating disruption [J]. Journal of Economic Entomology, 1992, 85(3): 918-925.
- [33] Gjr J, Mgt G, Thomson D R. Control of codling moth in organically-managed apple orchards by combining pheromone-mediated mating disruption, post-harvest fruit removal and tree banding [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2010, 83(2): 137-146.
- [34] 史文学. 中捷四方: 给害虫“计划生育”[J]. 科技创新与品牌, 2012(12): 48.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 206 页)

其登记证件到期后不再办理续展登记。因此, 硫酸链霉素将很快被停止作为农药使用, 寻找硫酸链霉素替代药剂已迫在眉睫, 姜瘟净、中生菌素、硫酸多粘菌素 B 以及大蒜油对生姜青枯病具有一定的预防作用, 提示这些药剂可以单用或混合使用来替代硫酸链霉素, 但由于其防治效果较硫酸链霉素差, 在实践中应用时, 应结合实际情况, 调整用药浓度和用药周期。

参考文献

- [1] Hayward A C. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* [J]. Annual Review of Phytopathology, 1991, 29: 65-87.
- [2] 刘铭, 张敏, 戢俊臣, 等. 中国姜瘟病的研究进展[J]. 中国农学通报, 2005, 21(6): 337-340.
- [3] 严金平, 泽桑梓, 张火云, 等. 姜细菌性青枯病病原菌及其防治研究进展[J]. 河南农业科学, 2004(9): 63-65.
- [4] 胡洪涛, 朱志刚, 闵勇, 等. 安徽铜陵白姜姜瘟病病原鉴定[J]. 长江蔬菜, 2016(24): 75-78.
- [5] 王梅, 尹显慧, 龙友华, 等. 几种杀菌剂对番茄青枯病菌的毒力测定及田间药效[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 151-153.
- [6] 李卫. 生姜细菌性青枯病综合防治技术[J]. 广西植保, 2007, 20(3): 33-34.
- [7] 赵志祥, 严婉荣, 陈圆, 等. 海南生姜青枯病病原菌鉴定[J]. 基因组学与应用生物学, 2015, 34(4): 763-768.
- [8] Yuliar, Nion Y A, Toyota K. Recent trends in control methods for bacterial wilt diseases caused by *Ralstonia solanacearum* [J]. Microbes and Environments, 2015, 30(1): 1-11.
- [9] 辛增英, 刘金智, 张新华, 等. 土壤熏蒸消毒防治生姜线虫病姜瘟病试验初报[J]. 新农村: 黑龙江, 2001(2): 22.
- [10] 王丽丽, 周旭东, 李国安, 等. 番茄青枯病病原菌拮抗菌株的筛选及其田间防控作用研究[J]. 植物保护, 2017, 43(1): 182-185.
- [11] 肖田, 姚廷山, 于庆涛. 青枯无致病力菌株对烟草青枯病的诱导抗性与控制作用[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 207-211.
- [12] 钟伟荣, 郑国组, 朱建军. 水旱轮作防治茄子青枯病[J]. 上海农业科学, 2000(1): 44.
- [13] 杨自保, 黄山美. 铜陵生姜生产现状与发展对策[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(9): 1762-1763.
- [14] 周运瑶, 张斌, 林海秀, 等. 不同药剂对海南茄子青枯病病原菌的室内药效测定[J]. 海南热带海洋学院学报, 2016, 23(5): 76-81.

(责任编辑: 杨明丽)