

doi: 10.19928/j.cnki.1000-6346.2021.2024

# 5 种生物农药对芦笋茎枯病的防治效果

杨 帅<sup>1</sup> 徐淑兵<sup>1</sup> 金 岩<sup>2</sup> 张国福<sup>2</sup> 冯永新<sup>3</sup> 王红艳<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> 山东农业大学植物保护学院, 山东泰安 271018; <sup>2</sup> 山东省农药检定所, 山东济南 250100; <sup>3</sup> 河北中烟工业有限责任公司, 河北石家庄 050051)

**摘 要:** 采用菌丝生长速率法和茎叶喷雾的方法测定春雷霉素、多抗霉素、香菇多糖、氨基寡糖素、枯草芽孢杆菌等 5 种生物农药对芦笋茎枯病致病菌天门冬拟茎点霉菌的抑菌活性, 并对植株的安全性和防治效果进行研究。室内毒力测定结果表明, 香菇多糖和氨基寡糖素对天门冬拟茎点霉菌无直接抑菌活性。安全性试验结果表明, 80、160 g·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> 含孢子 1 000 亿个·g<sup>-1</sup> 枯草芽孢杆菌 WP 抑制芦笋生长。两年田间药效试验结果表明, 末次药后 7 d, 5 种生物农药高剂量的平均防效与对照药剂苯醚甲环唑差异不显著, 均对芦笋茎枯病表现出较好的防治效果; 药后 14 d, 含孢子 1 000 亿个·g<sup>-1</sup> 枯草芽孢杆菌 WP、2% 香菇多糖 AS 和 5% 氨基寡糖素 AS 的田间防效均显著高于对照药剂。5 种生物农药均可用于芦笋茎枯病的绿色防控, 其中植物诱抗剂类的香菇多糖和氨基寡糖素防治效果好且持效期较长。

**关键词:** 生物农药; 芦笋; 茎枯病; 防治效果

芦笋 (*Asparagus officinalis*) 又称石刁柏, 为百合科天门冬属, 是世界十大名菜之一, 在国际市场上被称为“蔬菜之王”, 我国是世界第一大芦笋生产国和出口国 (鲁博, 2018)。芦笋茎枯病由天门冬拟茎点霉菌 (*Phomopsis asparagi* (Sacc.) Bubak) 引起 (刘克均等, 1991), 是芦笋上发生最严重的病害之一, 在全世界均有发生 (陈光宇, 2013)。随着芦笋连作和种植面积的扩大, 茎枯病的危害越来越严重, 影响了我国芦笋的出口创汇 (吴玉娟等, 2018)。目前, 茎枯病的防治方法以化学防治为主, 但是长时间使用单一化学药剂, 病菌的抗药性增强, 常规杀菌剂的防治效果持续降低 (Shi et al., 2020); 并且出口产品对农药残留的检测极其严格, 亟需筛选高效、低毒、低残留的杀菌剂用于芦笋茎枯病的防治。

生物农药通常具有中低毒、无污染的优点, 具有广阔的发展前景。而利用植物自身抗病性是作物病害综合防治中最有效、最经济的措施 (Hadwiger, 2013; Zhang et al., 2017)。因此, 本试验在常见生物杀菌剂枯草芽孢杆菌、多抗霉素以及春雷霉素的基础上增加了香菇多糖和氨基寡糖素两种植物诱抗剂, 明确了 5 种生物农药对天门冬拟茎点霉菌的毒力, 检测了其对于芦笋的安全性, 通过田间药效试验明确其用量和防治效果, 探讨生物农药替代化学药剂的可能性, 为生物农药用于芦笋茎枯病的绿色防控提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菌株: 天门冬拟茎点霉菌, 由山东农业大学植物保护学院农药系从发病芦笋病茎上分离、鉴定并保存。

供试药剂: 85% 氨基寡糖素原药, 5% 氨基寡糖素水剂, 10% 香菇多糖原药, 2% 香菇多糖水剂, 70% 春雷霉素原药, 6% 春雷霉素可溶液剂, 34% 多抗霉素原药, 5% 多抗霉素水剂, 含孢子 1 000 亿个·g<sup>-1</sup> 的枯草芽孢杆菌可湿性粉剂; 对照药剂: 97% 苯醚甲环唑原药, 10% 苯醚甲环唑水分散粒

杨帅, 男, 硕士研究生, 专业方向: 植物病害生物防治, E-mail: sdauyys@163.com

\* 通信作者 (Corresponding author): 王红艳, 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 专业方向: 生物农药及其作用机理, E-mail: sdawhy@163.com

收稿日期: 2020-08-06; 接受日期: 2020-11-19

基金项目: 山东省重点研发计划 (重大科技创新工程) 项目 (2019JZZY020608), 山东省自然科学基金项目 (ZR2015CQ024)

剂。以上药剂均由山东省农药检定所提供。

供试芦笋品种：京绿1号，购自泰安市泰山区丰收种子站。

试验仪器：电子分析天平、移液枪、3WBD-16型背负式电动喷雾器（北京中保绿农业科技集团有限公司）、生化培养箱等。

田间药效试验于2018年7月、2019年7月在泰安市岱岳区徂徕镇北望村进行。试验田土质为砂质壤土，试验小区的栽培管理条件均一致。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 室内毒力测定** 将原药分别用丙酮溶解，加入无菌水进行稀释，制成 $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的母液，于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存备用。将各母液依次稀释，加入PDA培养基中，分别配成200、100、50、25、12.5、6.25  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氨基寡糖素培养基，32、16、8、4、2、1  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的苯醚甲环唑培养基，200、100、50、25、12.5、6.25  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的多抗霉素培养基，120、60、30、15、7.5、3.75  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的春雷霉素培养基，200、100、50、25、12.5、6.25  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的香菇多糖培养基以及 $2\times 10^7$ 、 $1\times 10^7$ 、 $5\times 10^6$ 、 $2.5\times 10^6$ 、 $1.25\times 10^5$ 、 $6.25\times 10^4\text{ cfu}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的枯草芽孢杆菌培养基，以无药平板作对照，每个浓度4次重复。采用菌丝生长速率法，先将天门冬拟茎点霉菌在PDA培养基上进行预培养，然后将其接种到含药平板上，生化培养箱内 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 黑暗培养96 h，采用十字交叉法量取菌落直径，计算生长速率抑制率，采用DPS软件计算毒力回归方程、 $\text{EC}_{50}$ 值。

培养枯草芽孢杆菌，挑取单菌落斑点于液体LB培养基中过夜，恒温振荡培养制备种子液。以1%的接种量接种于液体LB培养基中， $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $180\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 培养箱中恒温振荡培养18 h，使用预先准备好的无菌液体LB培养基将发酵液浓度调整为 $1\times 10^{10}\text{ cfu}\cdot\text{mL}^{-1}$ ，依次稀释为 $1\times 10^9$ 、 $1\times 10^8$ 、 $1\times 10^7$ 、 $1\times 10^6$ 、 $1\times 10^5\text{ cfu}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。打取病原菌菌饼（ $d=5\text{ mm}$ ），置于PDA平板中央，使用移液枪分别吸取上述梯度浓度发酵液 $1\text{ }\mu\text{L}$ ，置于病原菌菌饼两侧 $1.5\text{ cm}$ 处，以加入 $1\text{ }\mu\text{L}$ 无菌水为对照，将培养皿倒扣培养于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱中，待对照平板上面的菌丝长至整个平皿直径的 $3/4$ 处时，测量抑菌圈大小。

生长抑制率 =  $(1 - (\text{处理菌落直径} - \text{菌饼直径}) / (\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径})) \times 100\%$

**1.2.2 5种生物农药对芦笋植株的安全性评价** 参照NY/T 1965.1—2010《农药对作物安全性评价准则第1部分：杀菌剂和杀虫剂对作物安全性评价室内试验方法》测定5种药剂对芦笋植株的安全性，以推荐的田间药效试验最高剂量为最低试验剂量，按1、2、4倍剂量的梯度设计处理剂量。在温度 $(22\pm 3)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度65%，光周期14 h/10 h的日光温室内进行。根据药剂田间试验有效成分量，设5%氨基寡糖素AS 40、80、160  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，2%香菇多糖AS 50、100、200  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，6%春雷霉素SL 45、90、180  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，5%多抗霉素AS 90、180、360  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，含孢子1 000亿个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 枯草芽孢杆菌WP 40、80、160  $\text{g}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ 以及清水对照，每处理4次重复，每重复10盆，每盆1株。选择苗期生长一致的芦笋植株进行整株喷雾，用水量 $60\text{ L}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ 。药后每天观察芦笋生长情况；药后15 d用布卷尺测量芦笋株高，检查生长状况，计算生长速率抑制率和安全系数。

生长速率抑制率 =  $(\text{空白对照生长速率} - \text{药剂处理生长速率}) / \text{空白对照生长速率} \times 100\%$

安全系数 =  $\text{药剂对作物的最大无影响试验剂量} / \text{药剂田间最高推荐使用剂量}$

**1.2.3 田间药效试验** 药剂设计：CK（清水对照），5%氨基寡糖素AS 20、30、40  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，2%香菇多糖AS 30、40、50  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，6%春雷霉素SL 25、35、45  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，5%多抗霉素AS 70、80、90  $\text{mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，含孢子1 000亿个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 枯草芽孢杆菌WP 20、30、40  $\text{g}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，10%苯醚甲环唑WG 48  $\text{g}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ；每处理4次重复，采用随机区组排列，小区面积 $30\text{ m}^2$ 。

于芦笋茎枯病发病前或零星发病时进行整株喷雾，茎部主要着药，随水喷施药剂，用水量 $60\text{ L}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ，7 d后进行第2次喷药。处理后7、14 d记录发病情况。每个小区随机选取5点进行取样调查，每点调查20株植株的病害发生情况，计算病情指数和防治效果。病害调查参照贾海民等(2010)的方法。

病情分级标准: 0级, 整株无病斑; 1级, 主茎病斑绕茎长度占主茎周长 25% 以下, 或侧枝发病量占总侧枝的 25% 以下; 2级, 主茎病斑绕茎长度占主茎周长 25%~50% (含), 或侧枝发病量占总侧枝的 25%~50% (含); 3级, 主茎病斑绕茎长度占主茎周长 50%~75% (含), 或侧枝发病量占总侧枝的 50%~75% (含); 4级, 主茎病斑绕茎长度占主茎周长 75% 以上, 或侧枝发病量占总侧枝的 75% 以上。

病情指数 =  $\Sigma$ (病级株数 × 该病级值) / (检查总株数 × 最高级数值) × 100

防治效果 = (对照区病情指数 - 处理区病情指数) / 对照区病情指数 × 100%

## 2 结果与分析

### 2.1 5种生物农药对天门冬拟茎点霉菌的室内毒力测定

从表 1 可以看出, 香菇多糖及氨基寡糖素对天门冬拟茎点霉菌没有明显的抑制活性; 对照药剂苯醚甲环唑的  $EC_{50}$  值为  $4.239 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 室内毒力较高, 春雷霉素、多抗霉素的  $EC_{50}$  值分别为 60.184、86.438  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 枯草芽孢杆菌的  $EC_{50}$  值为  $7.134 \times 10^6 \text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。枯草芽孢杆菌发酵液浓度在  $1 \times 10^8 \text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$  时对天门冬拟茎点霉菌抑制效

表 1 5种生物农药对天门冬拟茎点霉菌的室内毒力测定

药剂名称	毒力回归方程	相关系数	$EC_{50}/\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
苯醚甲环唑 (CK)	$y = 1.379x + 4.135$	0.964	4.239
枯草芽孢杆菌	$y = 1.463x + 2.288$	0.979	$7.134 \times 10^{6a}$
春雷霉素	$y = 2.072x + 1.313$	0.996	60.184
多抗霉素	$y = 1.913x + 1.295$	0.984	86.438
氨基寡糖素	—	—	—
香菇多糖	—	—	—

注: \* 代表单位为  $\text{cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

表 2 枯草芽孢杆菌对天门冬拟茎点霉菌的室内活性

发酵液浓度/ $\text{cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$	抑菌圈直径/mm
$1 \times 10^{10}$	9.68
$1 \times 10^9$	9.98
$1 \times 10^8$	10.05
$1 \times 10^7$	9.96
$1 \times 10^6$	9.75
$1 \times 10^5$	9.43

果最好, 抑菌圈直径为 10.05 mm (表 2)。

### 2.2 5种生物农药对芦笋植株的安全性评价

从表 3 可以看出: 各处理植株在施药后 3 d 和 15 d 均无药害症状出现。施药后 15 d, 与对照相比,  $80、160 \text{ g} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$  枯草芽孢杆菌 WP 对芦笋株高生长量有显著抑制作用,  $200 \text{ mL} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$  香菇多糖 AS 对株高生长量有显著促进作用, 其他处理株高生长量与对照无显著差异。表明 5 种生物农药田间试验剂量对芦笋生长安全。

表 3 5种生物农药对芦笋生长的影响

药剂	每 667 $\text{m}^2$ 用量	有效成分用量/ $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$	调查株数	药后 3 d 叶片受害情况	药后 15 d 叶片受害情况	株高生长量/cm	生长速率 $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$	生长速率抑制率/%	安全系数 (R)
2% 香菇多糖 AS	200 mL	60	40	无	无	13.33 a	8.89	-6.75	4
	100 mL	30	40	无	无	12.91 ab	8.61	-3.41	
	50 mL	15	40	无	无	12.68 b	8.45	-1.49	
6% 春雷霉素 SL	180 mL	160	40	无	无	12.65 b	8.43	-1.27	4
	90 mL	80	40	无	无	12.60 b	8.40	-0.86	
	45 mL	40	40	无	无	12.65 b	8.43	-1.26	
5% 多抗霉素 AS	360 mL	240	40	无	无	12.67 b	8.44	-1.42	4
	180 mL	120	40	无	无	12.63 b	8.42	-1.12	
	90 mL	60	40	无	无	12.64 b	8.43	-1.21	
含孢子 $1000 \text{ 亿个} \cdot \text{g}^{-1}$	160 g	—	40	无	无	11.54 d	7.70	+7.60	1
枯草芽孢杆菌 WP	80 g	—	40	无	无	11.99 c	7.99	+3.98	
	40 g	—	40	无	无	12.72 b	8.48	-1.80	
5% 氨基寡糖素 AS	160 mL	96	40	无	无	12.97 ab	8.65	-3.85	4
	80 mL	48	40	无	无	12.91 ab	8.57	-2.90	
	40 mL	24	40	无	无	12.73 b	8.48	-1.88	
清水 (CK)	—	—	40	无	无	12.49 b	8.33	—	—

注: 表中同列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P < 5\%$ ), 下表同。

### 2.3 5种生物农药对芦笋茎枯病的田间防效

由表4可知,随着药剂浓度的提高,各处理对芦笋茎枯病的防治效果也在上升。2018年试验中,药后7d,5种生物农药田间试验的高剂量防治效果与对照药剂10%苯醚甲环唑WG差异均不显著,平均为75.16%~82.53%;2019年试验中,药后7d,2%香菇多糖AS、5%氨基寡糖素AS、含孢子1000亿个·g<sup>-1</sup>枯草芽孢杆菌WP田间高剂量的防治效果分别为69.89%、69.81%、72.75%,显著高于对照药剂10%苯醚甲环唑WG,6%春雷霉素SL、5%多抗霉素AS高剂量防治效果与对照

药剂差异不显著。综合两年试验结果,施药后7d,5种生物农药高剂量的防效与对照化学杀菌剂苯醚甲环唑相当,这5种生物农药对芦笋茎枯病的田间防治效果均较好。2018年含孢子1000亿个·g<sup>-1</sup>枯草芽孢杆菌WP、2%香菇多糖AS以及5%氨基寡糖素AS田间试验高剂量的药后14d防效可达66%以上;2019年含孢子1000亿个·g<sup>-1</sup>枯草芽孢杆菌WP、2%香菇多糖AS以及5%氨基寡糖素AS田间试验高剂量的药后14d防效可达54%以上,均显著高于对照药剂,表现出良好的持效性,且在本试验条件下,几种药剂对非靶标生物较为安全。

表4 5种生物农药对芦笋茎枯病的田间防治效果

药剂名称	每667m <sup>2</sup> 用量	2018年				2019年			
		末次药后7d病情指数	平均防效/%	末次药后14d病情指数	平均防效/%	末次药后7d病情指数	平均防效/%	末次药后14d病情指数	平均防效/%
6%春雷霉素SL	45mL	2.38	80.76 a	17.28	58.11 c	4.56	69.39 ab	29.72	50.23 de
	35mL	4.41	64.30 c	22.78	44.77 e	6.09	59.12 cde	34.75	42.97 fg
	25mL	7.84	36.46 ef	31.19	24.39 gh	7.34	50.73 f	49.41	18.92 j
5%多抗霉素AS	90mL	3.44	75.16 ab	18.50	55.15 cd	5.16	65.41 bc	33.31	45.33 ef
	80mL	5.66	54.18 d	23.84	42.20 e	7.09	52.41 ef	39.94	34.46 h
	70mL	8.31	32.66 f	32.25	21.82 h	9.41	36.90 h	52.97	13.08 k
2%香菇多糖AS	50mL	2.16	82.53 a	13.94	66.21 b	4.50	69.89 a	25.09	58.82 a
	40mL	4.34	64.81 c	19.72	52.20 d	6.50	56.39 def	35.71	41.39 g
	30mL	7.25	41.27 e	29.91	27.50 fg	7.28	51.19 f	40.82	33.02 h
5%氨基寡糖素AS	40mL	2.22	82.03 a	11.97	70.98 a	4.50	69.81 a	27.85	54.30 bc
	30mL	5.44	55.95 d	19.78	52.05 d	5.78	61.22 cd	32.02	47.46 e
	20mL	7.50	39.24 e	28.81	30.15 f	7.34	50.73 f	44.70	26.65 i
含孢子1000亿个·g <sup>-1</sup> 枯草芽孢杆菌WP	40g	2.75	77.72 a	12.66	69.32 ab	4.06	72.75 a	26.02	57.30 ab
30g	6.00	51.39 d	22.59	45.23 e	5.90	60.40 cd	31.22	48.78 de	
	20g	7.81	36.71 ef	31.09	24.62 gh	8.36	43.92 g	45.95	24.59 i
10%苯醚甲环唑WG(CK1)	48g	2.63	78.73 a	18.18	55.92 cd	5.30	64.45 bc	32.72	46.31 ef
清水(CK2)	—	12.34	—	41.25	—	14.91	—	60.94	—

## 3 结论与讨论

室内毒力试验表明,氨基寡糖素和香菇多糖对天门冬拟茎点霉菌没有直接抑制活性,春雷霉素和多抗霉素的毒力比对照药剂苯醚甲环唑低。杜宜新等(2013)报道了20种农药对天门冬拟茎点霉菌的室内毒力,其中氨基寡糖素对天门冬拟茎点霉菌无室内活性,本试验结果一致;孙燕芳等(2013)报道了春雷霉素对病原菌的室内毒力较低,也与本试验结果一致,但是这2个试验均未进行后续安全性和大田试验,也就无法确定这些药剂对芦笋茎枯病的实际防治效果。本试验在此基础上进行了5种

生物农药的安全性及田间药效试验。结果表明,高浓度枯草芽孢杆菌对芦笋株高具有抑制作用,其他药剂对芦笋生长安全,高浓度香菇多糖对芦笋植株的株高还有一定的促进作用,与李鹏鹏等(2014)报道的香菇多糖促进黄瓜幼苗生长的结果一致。

两年田间药效试验结果表明,5种生物农药对芦笋茎枯病均具有良好的防治效果,2018年药后7d田间高剂量防效平均为75.16%~82.53%;芦笋茎枯病在降雨多的时期发病重,发病高峰期一般在雨后7d(许传征和蒋学杰,2020),2019年多阴雨天气,5种药剂田间高剂量平均防效均在65%以上;药后14d,含孢子1000亿个·g<sup>-1</sup>枯草芽孢杆

菌 WP 40 g · (667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>、2%香菇多糖 AS 50 mL · (667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> 以及 5%氨基寡糖素 AS 40 mL · (667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> 防治效果显著高于对照药剂, 持效期较长, 可以用于芦笋茎枯病的防治。并且生物农药具有中低毒、安全、无污染的优点, 符合农药高效、低毒的发展方向, 契合我国的可持续发展理念, 应当被大力推广 (王岩, 2020)。

综上, 5 种生物农药均可用于芦笋茎枯病的绿色防控, 其中枯草芽孢杆菌 WP 在田间推荐最大剂量的 2 倍及以上时 (80、160 g · (667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>) 使用会抑制芦笋生长, 需严格控制使用剂量。2% 香菇多糖 AS 50 mL · (667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>、5%氨基寡糖素 AS 40 mL · (667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> 对芦笋安全, 防治效果好且持效期较长, 推荐取得登记后用于芦笋茎枯病的绿色防控。

#### 参考文献

- 陈光宇. 2013. 中国芦笋产业发展现状与趋势. 世界农业, (10): 181-186, 188.
- 杜宜新, 石姐姐, 阮宏椿, 甘林, 杨秀娟, 陈福如. 2013. 20 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌的抑制作用及联合毒力. 福建农业学报, 28 (2): 143-147.
- 贾海民, 赵聚莹, 李术臣. 2010. 芦笋茎枯病分级标准及调查方法的商榷. 中国蔬菜, (11): 25-26.

- 李鹏鹏, 王杰, 乔康, 王红艳, 王开运. 2014. 香菇多糖浸种对黄瓜幼苗抗霜霉病及生理特性的影响. 农药, 53 (4): 287-289, 295.
- 刘克均, 张凤如, 陈永萱. 1991. 芦笋茎枯病病原菌的订正. 真菌学报, 10 (4): 329-330.
- 鲁博. 2018. 我国芦笋产业的发展现状与发展趋势. 上海蔬菜, (4): 3-4, 12.
- 孙燕芳, 郑金龙, 刘巧莲, 陈河龙, 高建明, 习金根, 张世清, 易克贤. 2013. 15 种药剂对芦笋茎枯病病原菌的毒力测定. 热带农业科学, 33 (4): 71-75.
- 王岩. 2020. 生物农药的发展现状及前景展望. 农药市场信息, (7): 26-27.
- 吴玉娟, 肖艳, 吴牧晨, 夏春宝, 彭云凤, 吴青, 林玉华, 刘敏, 曾敬富. 2018. 防治芦笋茎枯病药效评估试验简报. 现代园艺, (15): 24-25.
- 许远征, 蒋学杰. 2020. 芦笋茎枯病综合防治措施. 特种经济动植物, 23 (1): 43, 47.
- Hadwiger L A. 2013. Multiple effects of chitosan on plant systems: solid science or hype. Plant Science, 208: 42-49.
- Shi N N, Ruan H C, Gan L, Dai Y L, Yang X J, Du Y X, Chen F R. 2020. Evaluating the sensitivities and efficacies of fungicides with different modes of action against *Phomopsis asparagi*. Plant Disease, 104 (2): 448-454.
- Zhang Z X, Wang H Y, Wang K Y, Jiang L L, Wang D. 2017. Use of lentinan to control sharp eyespot of wheat, and the mechanism involved. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65 (50): 10891-10898.

## Control Effect of Five Biological Pesticides Against Asparagus Stem Blight

YANG Shuai<sup>1</sup>, XU Shubing<sup>1</sup>, JIN Yan<sup>2</sup>, ZHANG Guofu<sup>2</sup>, FENG Yongxin<sup>3</sup>, WANG Hongyan<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China; <sup>2</sup>Shandong Provincial Pesticide Detection Institute, Jinan 250100, Shandong, China; <sup>3</sup>China Tobacco Hebei Industrial Limited Company, Shijiazhuang 050051, Hebei, China)

**Abstract:** The bacteriostatic activity of 5 biological pesticides including *Bacillus subtilis*, lentinan, kasugamycin, polyoxin and amino-oligosaccharin against asparagus stem blight pathogen, plant safety and field control effect on these diseases were determined by growth rate method and stem leaf spray method. The results of growth rate test showed that lentinan and amino-oligosaccharin had no direct antibacterial activity against *Phomopsis asparagi*. The safety test showed that 1 200-2 400 t · hm<sup>-2</sup> the *Bacillus subtilis* WP could inhibit the growth of asparagus. The results of two-year efficacy test showed that 7 days after the last application, the differences between the average control effect of high-dose of 5 biological pesticides and the contrast medicament difenoconazole were not significant. And they all showed better control effect on asparagus stem blight. Fourteen days after treatment, the field control effects of *Bacillus subtilis* WP, 2% lentinan AS and 5% amino-oligosaccharides AS were all significantly higher than those of the contrast. The 5 biological pesticides could all be used for green prevention and control of asparagus stem blight, among them lentinan and amino-oligosaccharides belong to plant inducers, had good control effect and longer effective duration.

**Keywords:** biological pesticide; asparagus; stem blight; control effect