

杜宜新, 石妞妞, 阮宏椿, 等. 20 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌的抑制作用及联合毒力 [J]. 福建农业学报, 2013, 28 (2): 143-147.
DU Y-X, SHI N-N, RUAN H-C, et al. Toxicities of 20 Fungicides and Co-toxicities between Propiconazole or Azoxystrobin and Difenoconazole on *Phomopsis asparagi* [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2013, 28 (2): 143-147.

20 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌的抑制作用及联合毒力

杜宜新, 石妞妞, 阮宏椿, 甘林, 杨秀娟, 陈福如

(福建省农业科学院植物保护研究所, 福建 福州 350013)

摘要: 采用菌丝生长速率法测定 20 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌的抑制作用以及苯醚甲环唑和丙环唑、苯醚甲环唑和嘧菌酯混配后对芦笋茎枯病菌抑制作用的联合毒力。结果表明, 咪鲜胺、苯醚甲环唑、氟环唑、戊唑醇、百菌清、噻菌灵对芦笋茎枯病菌的抑制作用强, 其中咪鲜胺的毒力最高, EC_{50} 为 $0.035\text{5 mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 而代森锰锌、噁霉灵、福美双、嘧霉胺、井冈霉素、硫酸铜钙和氨基寡糖素对芦笋茎枯病菌抑制作用较弱。苯醚甲环唑和丙环唑按照 1:1 的比例混配后对芦笋茎枯病菌菌丝生长抑制作用的共毒系数 (CTC) 为 123.42, 表现为增效作用。苯醚甲环唑与嘧菌酯按照 8:5、1:5、1:8 的比例混配后抑制芦笋茎枯病菌菌丝生长的 CTC 分别为 164.17、132.91、141.91, 也表现为增效作用, 其中 8:5 混配后增效作用最显著。

关键词: 芦笋茎枯病菌; 毒力测定; 共毒系数; 杀菌剂

中图分类号: S 435.63

文献标识码: A

Toxicities of 20 Fungicides and Co-toxicities between Propiconazole or Azoxystrobin and Difenoconazole on *Phomopsis asparagi*

DU Yi-xin, SHI Niu-niu, RUAN Hong-chun, GAN Lin, YANG Xiu-juan, CHEN Fu-ru

(Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: Toxicities of 20 fungicides and co-toxicities between propiconazole or azoxystrobin and difenoconazole on *Phomopsis asparagi* were determined by the pathogen's mycelium growth rates under treatments. The results showed that prochloraz, difenoconazole, epoxiconazole, tebuconazole, chlorothalonil and thiabendazole had higher toxicities among all, with prochloraz being the strongest showing an EC_{50} of $0.035\text{5 mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Mancozeb, hymexazol, thiram, pyrimethanil, jinggangmycin, copper calcium sulphate and oligosaccharin were not as potent. The co-toxicity efficient (CTC) between difenoconazole and propiconazole (1:1) was 123.42, suggesting existence of synergism. The synergisms between difenoconazole and azoxystrobin, on the other hand, were reflected by the CTCs of 164.17, 132.91 and 141.91 when their mixing ratios were 8:5, 1:5 and 1:8, respectively.

Key words: *Phomopsis asparagi*; toxicity; co-toxicity efficient; fungicide

芦笋茎嫩风味鲜美, 细嫩可口, 具有独特的芳香, 能促进消化、增进食欲, 具有很高的食用和药用价值, 已成为深受消费者喜爱的营养保健型高档蔬菜, 在国际上享有“蔬菜之王”的美誉^[1]。芦笋茎枯病是芦笋的一种毁灭性病害, 由拟茎点霉 *Phomopsis asparagi* (Sacc.) Bubak 引起, 在我国芦笋种植地区每年均有不同程度的发生^[2-3]。目前许多学者在芦笋茎枯病的生物防治方面开展了积极

的探索, 但化学防治仍然是防治芦笋茎枯病的主要措施^[4-6]。用于防治芦笋茎枯病的杀菌剂主要有苯醚甲环唑、代森锌、烯唑醇、双胍三辛烷基苯磺酸盐、甲基硫菌灵等, 生产上用于防治芦笋茎枯病的多菌灵、代森锰锌在一些生产区出现严重的抗药性, 使用浓度逐年加大, 严重影响芦笋产量和品质^[7]。因此, 本研究开展了不同作用类型的杀菌剂对芦笋茎枯病菌的毒力测定及杀菌剂的联合毒力研

收稿日期: 2013-01-02 初稿; 2013-01-23 修改稿

作者简介: 杜宜新 (1979-), 男, 助理研究员, 主要从事植物真菌病害及其化学防治研究 (E-mail: yixindu@163.com)

通讯作者: 陈福如 (1961-), 男, 研究员, 主要从事植物真菌病害及其化学防治研究 (E-mail: chenfur@ yahoo.com.cn)

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201003074-6-1、201003074-4-1); 福建省农业科学院青年科技人才创新基金项目 (2011QB-16)

究, 以期筛选出对芦笋茎枯病菌高效、安全的杀菌剂应用于生产。

1 材料和方法

1.1 供试杀菌剂

供试杀菌剂有 97.2% 福美双原药 (南通宝叶化工有限公司)、98.5% 百菌清原药 (江阴苏利化学有限公司)、97.2% 戊唑醇原药 (江苏丰登农药有限公司)、96.1% 苯醚甲环唑原药 (江苏耕新化学有限公司)、96.5% 吡虫啉原药 (辉丰农化股份有限公司)、98.1% 多菌灵原药 (辉丰农化股份有限公司)、98.5% 噻菌灵原药 (江苏嘉隆农药厂)、99.5% 肼菌酯原药 (德国拜耳作物科学公司)、95% 哌氧菌酯原药 (美国杜邦公司)、95% 丙环唑原药 (江苏七州绿色化工有限公司)、90% 氨基寡糖素原药 (海南正业中农高科股份有限公司)、97.2% 甲基硫菌灵原药 [允发化工 (上海) 有限公司]、97.1% 氟环唑原药 (利尔化学股份有限公司)、98% 硫酸铜钙原药 (西班牙克威化学工业有限公司)、85.6% 代森锰锌原药 (印度联合磷化物有限公司)、95% 噻菌酯原药 (北京颖新泰康有限公司)、95% 酮菌酯原药 (江苏耕农化工有限公司)、60% 井冈霉素原药 (四川国光农化股份有限公司)、97% 噻霉灵原药 (四川国光农化股份有限公司)、97% 吡虫啉原药 (四川国光农化股份有限公司), 其中 98.1% 多菌灵原药用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸水溶液为溶剂配成 $1.00 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 母液, 98% 硫酸铜钙原药、60% 井冈霉素原药用无菌水为溶剂配成 $1.00 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 母液, 其余药剂均用丙酮或二甲基亚砜为溶剂配成 $1.00 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 母液, 以上溶液均在 4℃ 保存备用。

1.2 供试菌株

芦笋茎枯病菌 *Phomopsis asparagi* (Sacc.) Bubak, 由本课题组从芦笋病圃采集标本, 分离获得, 并用柯赫氏法则验证了其致病性。

1.3 培养基

马铃薯葡萄糖培养基 (PDA): 马铃薯 200 g, 葡萄糖 20 g, 琼脂粉 17 g, 纯净水 1 L。

1.4 杀菌剂对芦笋茎枯病菌毒力测定

采用菌丝生长速率法^[8]。根据预试验各药剂最低有效抑制浓度将供试药剂用 0.1% 吐温 80 无菌水溶液配置成系列浓度的药液备用。从低浓度到高浓度依次定量吸取配置好的系列浓度的药液 1 mL 加至直径 9 cm 灭菌培养皿中, 将灭菌的 PDA 培养基冷却至 60℃ 左右时倒入培养皿, 充分摇匀, 配

置成含系列浓度供试杀菌剂的 PDA 培养基平板冷却备用。将芦笋茎枯病菌置于 PDA 培养基上 (25 ± 1)℃ 上培养 7 d 后, 从其边缘用直径 5 mm 打孔器打取菌碟, 将菌碟置于备用的含系列浓度供试杀菌剂的 PDA 培养基中央, 每皿放置 1 个菌碟, 并置于 (25 ± 1)℃ 的恒温培养箱中培养, 7 d 后用十字交叉法测量菌落直径, 每一个质量浓度处理均设置 5 次重复, 以不加药剂为对照。根据各处理的平均菌落直径净增长值, 采用 DPS 软件, 分别建立以浓度的自然对数值为自变量 (x), 抑菌率的机率值为因变量 (y) 的回归方程, 计算出各供试药剂的抑制中浓度 EC_{50} 、相关系数及其置信区间^[9]。

1.5 两种杀菌剂混配后对芦笋茎枯病菌的联合毒力测定

将苯醚甲环唑与丙环唑按照 10:1、5:1、3:1、1:1、1:3、1:5、1:10 的混配比例, 苯醚甲环唑与嘧菌酯按照 8:1、5:1、8:5、1:1、5:8、1:5、1:8 的混配比例配置系列浓度的 PDA 培养基, 用菌丝生长速率法测试混配制剂不同浓度的菌落直径净增长值, 每一个质量浓度处理均设置 5 次重复, 以不加药剂的处理为对照。根据各处理的平均菌落直径净增长值, 采用 DPS 软件, 分别建立以浓度的自然对数值为自变量 (x), 抑菌率的机率值为因变量 (y) 的回归方程, 计算出各供试药剂的抑制中浓度 EC_{50} 、相关系数及其置信区间, 利用 Sun Y P 法计算混配剂的共毒系数, 根据共毒系数大小评价混配剂的增效作用^[10]。

抑制率(%) = [(对照菌落直径平均数 - 处理菌落直径平均数) / (对照菌落直径平均数 - 菌碟直径)] × 100%

毒力指数 $TI = (\text{标准药剂 } EC_{50} / \text{供试药剂 } EC_{50}) \times 100\%$

混配剂实际毒力指数 $ATI = (\text{标准药剂 } EC_{50} / \text{混配剂 } EC_{50}) \times 100\%$

混配剂理论毒力指数 $TTI = \text{单剂 A 的 } TI \times PA + \text{单剂 B 的 } TI \times PB$ (PA 和 PB 分别为混配剂中有效成分的百分含量)

共毒系数 $CTC = (\text{混配剂的实际毒力指数 ATI} / \text{混配剂理论毒力指数 TTI}) \times 100\%$

增效作用判断: $CTC \geq 120$ 为增效作用; $80 \leq CTC < 120$ 为相加作用; $CTC < 80$ 为拮抗作用。

2 结果与分析

2.1 供试杀菌剂对芦笋茎枯病菌的毒力

20 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌的室内毒力测定

结果表明, 咪鲜胺、苯醚甲环唑、氟环唑、戊唑醇、百菌清、噻菌灵对芦笋茎枯病菌的抑制作用强, EC_{50} 均小于 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 分别为 0.035 5、0.149 9、0.233 0、0.286 2、0.515 7、0.530 3 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 其中咪鲜胺对芦笋茎枯病菌抑制作用最强, 其 EC_{50} 为 0.035 5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 哌氧菌酯、丙环唑、甲基硫菌灵、肟菌酯、醚菌酯、嘧菌酯、多菌灵 7 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌抑制作用较强, EC_{50}

均大于 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 小于 $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 其 EC_{50} 分别为 1.293 5、1.424 2、1.831 4、1.890 7、2.087 5、2.090 1、3.015 2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 而代森锰锌、噁霉灵、福美双、嘧霉胺、井冈霉素、硫酸铜钙和氨基寡糖素对芦笋茎枯病菌抑制作用较弱, EC_{50} 均大于 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 氨基寡糖素对芦笋茎枯病菌菌丝生长没有抑制作用 (表 1)。

表 1 20 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌室内毒力
Table 1 Toxicity on *P. asparagi* of 20 fungicides

杀菌剂	毒力回归方程	EC_{50} /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	相关系数(r)	95%置信区间
咪鲜胺	$y = 1.9017x + 7.7567$	0.0355	0.9958	0.0247~0.0485
苯醚甲环唑	$y = 1.1001x + 5.9067$	0.1499	0.9925	0.0774~0.2431
氟环唑	$y = 0.9477x + 5.5996$	0.2330	0.9437	0.0052~0.8048
戊唑醇	$y = 1.3288x + 5.7220$	0.2862	0.9821	0.1119~0.5379
百菌清	$y = 1.6749x + 5.4817$	0.5157	0.9870	0.3221~0.7713
噻菌灵	$y = 2.7070x + 5.7458$	0.5303	0.9560	0.2965~0.8601
啶氧菌酯	$y = 0.8387x + 4.9063$	1.2935	0.9928	0.8585~2.0039
丙环唑	$y = 1.7190x + 4.7360$	1.4242	0.9991	1.2842~1.5832
肟菌酯	$y = 0.6647x + 4.8253$	1.8314	0.9759	0.8447~5.2081
甲基硫菌灵	$y = 0.5453x + 4.8492$	1.8907	0.9745	0.8687~5.4989
醚菌酯	$y = 0.6903x + 4.7794$	2.0875	0.9904	1.2892~3.7718
嘧菌酯	$y = 0.6391x + 4.7954$	2.0901	0.9879	1.2235~4.1118
多菌灵	$y = 0.7316x + 4.6493$	3.0152	0.9725	1.5318~8.3523
代森锰锌	$y = 0.9403x + 3.9732$	12.3606	0.9947	7.7957~22.7126
噁霉灵	$y = 0.3848x + 4.5710$	13.0328	0.9744	5.0263~86.8074
福美双	$y = 2.2107x + 2.4391$	14.4008	0.9960	10.4888~21.0334
嘧霉胺	$y = 0.4686x + 4.0765$	93.4821	0.9752	36.8778~394.6904
井冈霉素	$y = 0.4265x + 4.0633$	157.1123	0.9680	41.1512~1970.1337
硫酸铜钙	$y = 0.6261x + 3.4609$	287.2929	0.9667	43.2564~35755.7489
氨基寡糖素	—	$>1 \times 10^4$	—	—

2.2 苯醚甲环唑和丙环唑混配对芦笋茎枯病菌的联合毒力

苯醚甲环唑与丙环唑按照 10:1、5:1、3:1、1:1、1:3、1:5、1:10 混配后对芦笋茎枯病菌均有较强的抑制作用, EC_{50} 均大于苯醚甲环唑单剂的 EC_{50} , 小于丙环唑单剂的 EC_{50} , 其中 10:1 混配后抑制作用最强, EC_{50} 为 0.168 6 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。两者按照 1:1 的比例混配后抑制芦笋茎枯病菌菌丝生长的 CTC 为 123.42, 表现为增效作用, 其余各混配比例均表现为相加作用 (表 2)。

2.3 苯醚甲环唑和嘧菌酯混配对芦笋茎枯病菌的

联合毒力

苯醚甲环唑与嘧菌酯按照 8:1、5:1、8:5、1:1、5:8、1:5、1:8 混配后对芦笋茎枯病菌均有较强的抑制作用, EC_{50} 均大于苯醚甲环唑单剂的 EC_{50} , 小于嘧菌酯单剂的 EC_{50} , 而 8:5 混配后抑制作用最强, EC_{50} 为 0.142 0 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。苯醚甲环唑与嘧菌酯按照 8:5、1:5、1:8 的比例混配后抑制芦笋茎枯病菌的 CTC 分别为 164.17、132.91、141.91, 表现为增效作用, 其中 8:5 混配后增效作用最为显著。苯醚甲环唑与嘧菌酯按照 8:1、5:1 混配后对芦笋茎枯病菌的 CTC 分别为

82.53、108.26, 均大于 80, 小于 120, 表现为相加作用, 苯醚甲环唑与嘧菌酯按照 1:1、5:8 混

配后 CTC 为 73.43、79.55, 均小于 80, 表现为相拮抗作用 (表 3)。

表 2 苯醚甲环唑和丙环唑混配对芦笋茎枯病菌的联合毒力

Table 2 Co-toxicities between difenoconazole and propiconazole on *P. asparagi*

药剂名称	毒力回归曲线方程 ($y=a+bx$)	EC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	相关系数 (r)	95%置信区间	共毒系数 (CTC)
苯醚甲环唑	$y=1.1001x+5.9067$	0.1499	0.9925	0.0774~0.2431	—
丙环唑	$y=1.7190x+4.7360$	1.4242	0.9991	1.2842~1.5832	—
苯:丙=10:1	$y=1.1447x+5.8851$	0.1686	0.9934	0.0774~0.2431	96.78
苯:丙=5:1	$y=1.2045x+5.8866$	0.1836	0.9971	0.1295~0.2460	95.95
苯:丙=3:1	$y=1.1569x+5.8612$	0.1801	0.9889	0.0803~0.3147	107.21
苯:丙=1:1	$y=1.1919x+5.7842$	0.2198	0.9930	0.1233~0.3411	123.42
苯:丙=1:3	$y=1.2600x+5.3282$	0.5489	0.9959	0.3977~0.7344	83.03
苯:丙=1:5	$y=1.2473x+5.2370$	0.6457	0.9977	0.5134~0.8019	91.27
苯:丙=1:10	$y=1.3935x+5.0456$	0.9274	0.9931	0.6512~1.3132	86.60

表 3 苯醚甲环唑和嘧菌酯混配对芦笋茎枯病菌的联合毒力

Table 3 Cotoxicities between difenoconazole and azoxystrobin on *P. asparagi*

药剂名称	毒力回归曲线方程 ($y=a+bx$)	EC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	相关系数 (r)	95%置信区间	混剂共毒系数 (CTC)
苯醚甲环唑	$y=1.1001x+5.9067$	0.1499	0.9925	0.0774~0.2431	—
嘧菌酯	$y=0.6391x+4.7954$	2.0901	0.9879	1.2235~4.1118	—
苯:嘧=8:1	$y=1.0686x+5.7411$	0.2025	0.9588	0.0173~0.5055	82.53
苯:嘧=5:1	$y=1.0947x+5.8601$	0.1638	0.9852	0.0537~0.3158	108.26
苯:嘧=8:5	$y=1.0864x+5.9211$	0.1420	0.9913	0.0307~0.3111	164.17
苯:嘧=1:1	$y=1.4385x+5.6031$	0.3809	0.9708	0.0293~1.0815	73.43
苯:嘧=5:8	$y=1.3226x+5.4722$	0.4395	0.9865	0.2307~0.7300	79.55
苯:嘧=1:5	$y=1.1362x+5.3438$	0.4982	0.9899	0.1939~0.9571	132.91
苯:嘧=1:8	$y=1.0232x+5.2241$	0.6039	0.9967	0.4468~0.7967	141.91

3 讨论与结论

芦笋茎枯病是芦笋生产的毁灭性病害, 化学防治仍是目前控制该病害的主要措施。室内毒力测定结果表明, 供试的 20 种杀菌剂中, 吡唑醚菌酯、苯醚甲环唑、丙环唑、氟环唑、戊唑醇、百菌清、噻菌灵对芦笋茎枯病菌抑制作用强, 可以通过田间药效试验进一步筛选开发为防治芦笋茎枯病的杀菌剂。啶虫脒、丙环唑、肟菌酯、甲基硫菌灵、醚菌酯、嘧菌酯、多菌灵等 7 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌抑制作用较强, EC₅₀ 均小于 4 mg · L⁻¹。代森锰锌、噁霉灵、福美双、嘧霉胺、井冈霉素、硫酸铜钙、氨基寡糖素等 7 种杀菌剂对芦笋茎枯病菌的 EC₅₀ 均大于 4 mg · L⁻¹, 抑制作用相对较弱。其中, 氨基寡糖素是一种具有生物活性的高分子化合物, 广泛用

于防治土传病害诱导作物抗病性^[11]。才秀华等^[12]合成的壳聚糖-La (Ⅲ) 配合物对芦笋茎枯病菌表现出优异的抑菌活性, 本试验中氨基寡糖素在室内平板上对芦笋茎枯病菌没有抑制作用, 还需田间试验进一步测定其在芦笋植株上诱导抗性防治芦笋茎枯病的效果。

苯醚甲环唑对芦笋茎枯病有很好的防治效果, 是近年来用于防治芦笋茎枯病的主要杀菌剂之一^[13]。苯醚甲环唑是具有保护、治疗和内吸特性的三唑类杀菌剂, 是甾醇脱甲基化抑制剂, 抑制细胞壁甾醇的生物合成, 阻止真菌的生长, 对子囊菌亚门、担子菌亚门、半知菌亚门多个属造成的作物病害均有很好的保护和治疗作用^[14]。丙环唑同样是具有保护、治疗和内吸特性的三唑类杀菌剂, 与苯醚甲环唑进行混配后防治水稻纹枯病具有很好的

效果^[15], 而本研究表明, 苯醚甲环唑和丙环唑只有1:1混配后对芦笋茎枯病菌有一定的增效作用, 其余混配比例均表现为相加作用。

如果将不同作用机制的杀菌剂混配后应用, 不仅可以提高杀菌剂的作用效果, 而且能延缓病原菌的抗药性, 延长杀菌剂的使用寿命^[16]。嘧菌酯是甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的代表, 是一类新型杀菌剂, 是线粒体呼吸抑制剂, 通过在细胞色素b和C1间电子转移抑制线粒体的呼吸, 从而破坏能量合成。甲氧基丙烯酸酯类化合物作用的部位是细胞色素b, 这与其他杀菌剂作用机制不同, 因此应用于防治那些对甾醇抑制剂、苯基酰胺类、二羧酰胺类和苯并咪唑类产生抗性的病原菌有效^[17]。将苯醚甲环唑与嘧菌酯按8:5、1:5、1:8混配后对芦笋茎枯病菌的抑制作用均有增效作用, 可以作为防治芦笋茎枯病的杀菌剂配方进一步通过田间药效试验开发应用。

参考文献:

- [1] 叶劲松. 芦笋营养与食谱 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2011: 1—16.
- [2] 刘克均, 张凤如. 芦笋茎枯病原菌的订正 [J]. 真菌学报, 1991, 10 (4): 329—330.
- [3] 刘哲, 翟家仁, 安世玲, 等. 农抗120防治芦笋茎枯病 [J]. 中国生物防治, 1990, (1): 52—54.
- [4] 马利平, 郝变青, 王静, 等. 拮抗菌B96-II对芦笋茎枯病菌的抑菌作用 [J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(6): 861—865.
- [5] 周德平, 吴淑杭, 褚长彬, 等. 芦笋茎枯病拮抗菌KJ-1的筛选及其对土壤微生物区系的影响 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (27): 288—293.
- [6] 马利平, 郝变青, 秦曙, 等. 芦笋茎枯病的生物防治及机理研究 [J]. 中国生态农业学报, 2009, 17 (6): 1229—1233.
- [7] 余智诚, 林秀香, 林秋金, 等. 中国芦笋茎枯病的研究进展及展望 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (33): 20538—20540.
- [8] 慕立义. 植物化学保护研究方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 76—81.
- [9] 裴旭, 赵永新, 周洪友, 等. 8种杀菌剂对向日葵黄萎病菌的室内毒力测定 [J]. 内蒙古农业大学学报, 2011, 32 (1): 72—75.
- [10] 韩熹莱. 农药概论 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1995: 6—38.
- [11] 于汉寿, 吴汉章, 杨冰. 壳聚糖抑制植物病害的研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 1999, 12 (3): 94—97.
- [12] 才秀华, 张炜, 武侠. 壳聚糖-La (Ⅲ)配合物的合成及对芦笋茎枯病菌抑菌活性研究 [J]. 化学研究与应用, 2011, 23 (11): 1562—1565.
- [13] 贾海民, 赵聚莹, 李术臣, 等. 不同药剂对芦笋茎枯病菌的毒力及药效评价 [J]. 农药, 2009, 48 (12): 915—916.
- [14] 周明国. 中国植物病害化学防治研究 (第3卷) [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 1—23.
- [15] 朱卫刚, 胡伟群, 陈定花, 等. 丙环唑和苯醚甲环唑复配对水稻纹枯病的联合毒力 [J]. 农药, 2008, 47 (5): 365—366.
- [16] 周明国. 浅谈杀菌剂抗性治理策略 [J]. 南京农业大学学报, 1996, 19 (S1): 155—159.
- [17] 刘长令. 世界农药大全 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 122—126.

(责任编辑: 林海清)