

# 对烟粉虱具有高致病力的虫生真菌筛选

刘 召<sup>1</sup> 雷仲仁<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>西南大学植物保护学院昆虫研究所, 重庆 400715; <sup>2</sup>中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

**摘 要:** 为筛选对烟粉虱具有高致病力的虫生真菌菌株, 对 7 种白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 菌株、3 种绿僵菌 (*Metarhizium anisopliae*) 菌株和 1 种玫烟色拟青霉 (*Paecilomyces fumosoroseus*) 菌株进行毒力生物测定。结果表明: 白僵菌加拿大 1 号菌株对烟粉虱致病力最高。进而比较其对不同虫态 (龄期) 烟粉虱的致病力, 结果表明加拿大 1 号对虫卵无致病力, 对 2、3、4 龄若虫均有较高致病力且致病力随龄期的增加而减弱。

**关键词:** 烟粉虱; 白僵菌; 绿僵菌; 玫烟色拟青霉; 加拿大 1 号

烟粉虱 [*Bemisia tabaci* (Gennadius)] 属同翅目粉虱科, 是一种重要的经济作物害虫, 起源于热带和亚热带地区, 目前已逐渐发展成为一种寄主广泛的世界性害虫, 其寄主包括果树、蔬菜、花卉、杂草等 74 个科 500 余种植物, 且寄主范围不断扩大 (何玉仙等, 2003; Xu et al., 2011)。自 2000 年烟粉虱在我国爆发以来, 其分布范围不断扩大,

在多个省市爆发成灾, 给温室蔬菜和花卉等作物的生产造成重大损失 (张芝利和罗晨, 2001; 何玉仙等, 2003; Chu et al., 2010)。

由于烟粉虱若虫被覆蜡质外壳, 且多数时间固定吸附在作物表面, 仅以刺吸式口器吸取作物汁液为害, 加大了其防治难度。化学药剂是防治烟粉虱的主要方法之一, 但大量化学农药的施用, 使烟粉虱对多种杀虫剂产生了不同程度的抗性, 且抗性不断增强 (邓业成等, 2004; Yuan et al., 2012)。大量化学农药的施用, 不但增加了防治成本, 而且对人畜及环境危害较大, 因此许多国家都在寻找防治烟粉虱的新途径。

利用虫生真菌对烟粉虱进行防控的生物防治方法, 因其与环境兼容性好、对人畜安全、害虫不易产生抗性、易于生产等特性日益受到人们的青睐。

刘召, 男, 讲师, 主要从事害虫综合治理及化学生态学方面的研究,  
E-mail: lzhaol216@gmail.com

\* 通讯作者 (Corresponding author): 雷仲仁, 男, 研究员, 主要从事蔬菜害虫的综合防治利用方面的研究, E-mail: leizhr@sina.com

收稿日期: 2013-07-15; 接受日期: 2013-12-30

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303019), 国家现代农业科技城产业培育项目 (Z121100001212006), 国家自然科学基金项目 (31201515), 中国博士后科学基金项目 (2013M531929), 中央高校基本业务科研项目 (XDJK2012C080)

**Abstract:** 'Jinxiangbaipisuan' was taken as experiment material investigate the effects of silicon on root growth, photosynthetic characteristics and yield of hydroponics cultured garlic (*Allium sativum* L.). Five different silicon levels (0, 0.75, 1.50, 2.25, 3.00 mmol · L<sup>-1</sup>) were designed. The results showed that the root system growth, fresh weights of garlic plant, bolt and bulb, and root system activity all rose with the increase of silicon concentration from 0 to 1.50 mmol · L<sup>-1</sup>, but fell while the silicon content reached 1.50 mmol · L<sup>-1</sup>. At the same time, the pigment content, net photosynthetic rate and stomatal conductance of leaves also increased first and then decreased with the increase of silicon content from 0 to 3.00 mmol · L<sup>-1</sup>. They reached the highest when silicon concentration was 1.50 mmol · L<sup>-1</sup>. While the change trend of transpiration was just the opposite. It reached the minimum value at Si 1.50 mmol · L<sup>-1</sup> and was reduced by 17.78% compared with the treatment without silicon.

**Key words:** Silicon; Garlic; Growth; Photosynthetic; Yield

目前农业生产上应用较广的虫生真菌是白僵菌(*Beauveria bassiana*)、绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)、玫烟色拟青霉(*Paecilomyces fumosoroseus*)等菌株,且在害虫防治中取得了较好的效果(蒲蛰龙和李增智,1996),在烟粉虱防治中也有一定的应用(Negasi et al., 1998; Zaki, 1998; Quesada-Moraga et al., 2006; Islam et al., 2010, Mascarin et al., 2013)。但是,由于虫生真菌对害虫的致病周期比较长,且不同种、株系的虫生真菌对害虫的致病力差异较大,致使其在实际应用中受到一定的限制。因此,筛选对烟粉虱毒力高、致病周期短的虫生真菌仍然是利用虫生真菌防治烟粉虱的重要研究任务之一。本试验对7种白僵菌、3种绿僵菌、1种玫烟色拟青霉等11种菌株对烟粉虱的毒力进行生物测定,筛选获得对烟粉虱具有较高致病力的白僵菌加拿大1号菌株,进而研究了其对烟粉虱卵和不同龄期若虫的毒力,旨在为烟粉虱的防治提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试菌株与虫源

白僵菌:DB、佳木斯、衡水、加拿大1号(加1)、加拿大5号(加5)、加拿大6号(加6)、加拿大13号(加13);绿僵菌:LA、LB、LD;玫烟色拟青霉:Am。其中加1、加5、加6、加13为加拿大同行赠送,其余菌株为中国农业科学院植物保护研究所蔬菜害虫组实验室保存菌种。

将各菌株的分生孢子分别接种于用20 mm×200 mm的玻璃试管装载的萨氏培养基制成的斜面上,灭菌棉塞封口后,放在25℃,湿度为70%±5%的光照培养箱内培养14 d。前7 d为完全黑暗培养,后7 d光照设定为L:D=14 h:10 h。随后将分生孢子挑取到0.1%吐温-80溶液中,用孢子研磨器研磨,并配制成试验所需的浓度。

供试虫源:烟粉虱采自中国农业科学院植物保护研究所温室,并饲养于实验室培养的甘蓝上。试验时挑选四叶一心甘蓝幼苗,置于温室中,24 h后驱逐掉所有成虫后放入(25±1)℃光照培养箱内,10 d后选取每平方厘米带有15头左右烟粉虱若虫的叶片待用。

### 1.2 不同菌株对烟粉虱若虫致病力测定

取带有烟粉虱3龄若虫的甘蓝叶片,剪取2

cm<sup>2</sup>左右的圆形叶碟,以保证供试虫口数量为30头左右。分别在浓度为1.0×10<sup>3</sup>、1.0×10<sup>4</sup>、1.0×10<sup>5</sup>、1.0×10<sup>6</sup>、1.0×10<sup>7</sup>个·mL<sup>-1</sup>的参试菌株孢子悬浮液中浸泡30 s,以0.1%吐温-80溶液处理作对照,在室温条件下置于吸水纸上自然风干,然后放入固体琼脂培养皿〔琼脂:蒸馏水=1:100(m:V)〕中,封口膜封口后,用0号昆虫针在封口膜上均匀扎100个孔,使培养皿内保持约100%的相对湿度,且内外气流流通。将其放入25℃、湿度为70%±5%的光照培养箱中培养(L:D=14 h:10 h)。在以后的8 d中,每间隔12 h定时观察记录试虫的死亡(虫体变色)及感染情况,并将死亡虫置于固体琼脂培养基上保湿,待其长出菌丝后镜检,以确定为何种真菌感染致死,每处理3次重复。

### 1.3 加拿大1号菌株对不同龄期/虫态烟粉虱致病力测定

对卵致病力的测定:将四叶一心甘蓝幼苗置于饲养烟粉虱的光照培养箱中,24 h后驱走成虫,选取带有30粒左右虫卵的叶片(卵在叶面分布较均匀),放入浓度为1×10<sup>7</sup>个·mL<sup>-1</sup>的加1菌株孢子悬浮液中浸泡30 s,室温条件下晾干后转入盛有琼脂:蒸馏水=1.5:100(m:V)的直径9 cm的固体培养皿中,以0.1%吐温-80溶液处理作对照,每处理3次重复。将培养皿放入培养箱[(25±1)℃,L:D=14 h:10 h,RH 70%±5%],每天定时观测虫卵的孵化、感染情况,并将死亡虫卵保湿培养,待出现菌丝后镜检以确定是否为白僵菌侵染致死。

对若虫致病力的测定:分别挑选带有30头左右的烟粉虱2、3、4龄若虫的甘蓝叶片,放入浓度为1.0×10<sup>7</sup>个·mL<sup>-1</sup>的加1菌株孢子悬浮液中浸泡30 s,以0.1%吐温-80溶液处理作对照,室温条件下晾干后,同1.2处理,每间隔12 h定时观察记录2、3、4龄若虫死亡及存活数量。各处理均3次重复,统计8 d内不同龄期烟粉虱若虫感染情况。

### 1.4 数据处理

采用DPS软件对生测数据进行定性数据概率分析,计算供试菌株对烟粉虱的半致死时间(LT<sub>50</sub>)、致死中浓度(LC<sub>50</sub>)、相关系数(r)、卡方值(χ<sup>2</sup>)及致死率(唐启义和冯明光,2002)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同菌株对烟粉虱若虫的致病力

25℃条件下,参试的7种白僵菌菌株、3种绿僵菌菌株和1种玫烟色拟青霉菌株对烟粉虱3龄若

虫均有侵染能力,但致病力存在较大差异,菌株致病力从大到小排序依次为:加1>佳木斯>加5>衡水>LA>LB>DB>加6>加13>LD>Am(表1)。其中,致病力最高的是加1菌株,其致死中浓度为 $1.97 \times 10^5$ 个·mL<sup>-1</sup>,致病力最低的为Am,其

表1 不同菌株对烟粉虱3龄若虫的毒力测定结果

菌株	毒力回归方程	LC <sub>50</sub> /个·mL <sup>-1</sup> (95% 置信区间)	$\chi^2$	r
加1	$y=2.0210+1.4656x$	$1.97 \times 10^5$ ( $2.1 \times 10^4 \sim 6.8 \times 10^5$ )	0.9202	0.9763
佳木斯	$y=1.7468+1.4398x$	$2.33 \times 10^5$ ( $6.8 \times 10^4 \sim 2.5 \times 10^5$ )	2.3471	0.9864
加5	$y=2.9506+1.4428x$	$6.24 \times 10^5$ ( $3.3 \times 10^5 \sim 8.3 \times 10^7$ )	1.7454	0.9854
衡水	$y=1.1489+2.3159x$	$7.23 \times 10^5$ ( $2.9 \times 10^5 \sim 1.8 \times 10^6$ )	1.7651	0.9788
LA	$y=2.1223+0.3885x$	$2.55 \times 10^7$ ( $3.5 \times 10^5 \sim 8.7 \times 10^7$ )	1.3842	0.9863
LB	$y=2.1814+1.5551x$	$7.89 \times 10^7$ ( $2.4 \times 10^7 \sim 4.9 \times 10^8$ )	1.4374	0.9792
DB	$y=1.9310+1.3592x$	$1.01 \times 10^8$ ( $3.5 \times 10^6 \sim 4.5 \times 10^9$ )	1.4810	0.9812
加6	$y=1.1075+1.2939x$	$6.95 \times 10^9$ ( $6.2 \times 10^8 \sim 1.2 \times 10^{12}$ )	0.4976	0.9843
加13	$y=2.0833+1.2177x$	$2.49 \times 10^{13}$ ( $2.7 \times 10^{10} \sim 1.7 \times 10^{38}$ )	1.2863	0.9865
LD	$y=2.2796+1.2532x$	$5.58 \times 10^{13}$ ( $2.8 \times 10^9 \sim 6.2 \times 10^{14}$ )	1.3424	0.9674
Am	$y=2.4933+2.2704x$	$1.86 \times 10^{19}$ ( $2.5 \times 10^{13} \sim 1.0 \times 10^{41}$ )	0.8374	0.9788

致死中浓度为 $1.86 \times 10^{19}$ 个·mL<sup>-1</sup>。

### 2.2 加拿大1号菌株对不同龄期/虫态烟粉虱的致病力

经加1菌株处理的烟粉虱卵的孵化率为 $94.6\% \pm 2.4\%$ 与对照( $97.2\% \pm 3.5\%$ )之间无显著差异,说明加1菌株对烟粉虱卵无致病力。将加1菌株对烟粉虱不同龄期若虫的致病力数据进行模拟分析,得出其致病力回归方程及各方程拟合程度的 $\chi^2$ 值。由表2可知,加1菌株对2、3、4龄若虫有较强的致病力,校正死亡率分别为 $95.5\% \pm 2.3\%$ 、 $83.3\% \pm 2.1\%$ 和 $62.8\% \pm 2.4\%$ ,且不同龄期间差异显著,LT<sub>50</sub>分别为5.0 d、5.8 d和6.2 d,说明加1菌株对烟粉虱不同龄期若虫具有不同的致病力,且龄期越小的烟粉虱若虫越容易感病。

表2 加拿大1号菌株对不同龄期烟粉虱若虫的毒力测定结果

若虫龄期	毒力回归方程	LT <sub>50</sub> /d (95% 置信区间)	$\chi^2$	r	校正死亡率
2龄	$y=2.3266+1.9369x$	5.0(4.6~5.1)	0.4641	0.9867	$95.5\% \pm 2.3\%$ a
3龄	$y=-2.4136+9.6523x$	5.8(5.6~6.1)	1.5239	0.9815	$83.3\% \pm 2.1\%$ b
4龄	$y=0.5012+5.6884x$	6.2(5.8~6.5)	1.3540	0.9803	$62.8\% \pm 2.4\%$ c

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(a=0.05)。

## 3 结论与讨论

烟粉虱是一种重要的经济作物害虫,给我国蔬菜、花卉的生产带来了巨大的损失。利用虫生真菌

等生物防治手段来调节烟粉虱种群密度,控制烟粉虱的危害,已经引起众多研究工作者的兴趣(Wraight et al., 1998; Zaki, 1998; Faria & Wraight, 2001; Liu et al., 2010)。本试验测定了白僵菌、绿僵菌、玫烟色拟青霉等11种菌株对烟粉虱若虫的致病力,发现不同的菌株对烟粉虱若虫的致病力存在较大差异。其中,白僵菌加拿大1号菌株对烟粉虱若虫具有较高的毒力,表明该菌株具有控制烟粉虱危害的潜力。

对虫生真菌侵染烟粉虱的研究发现,不同虫态(龄期)的烟粉虱对同一菌株的敏感程度有较大差异:成虫和卵对多种虫生真菌具有较强的防御能力,而若虫是较易被虫生真菌侵染的虫态(Meade & Byrne, 1991; Negasi et al., 1998; Faria & Wraight, 2001)。本试验结果表明,加拿大1号菌株对烟粉虱卵无侵染能力,而对烟粉虱2、3、4龄若虫均能进行侵染,但侵染力随若虫的龄期增大而减弱,表明加拿大1号菌株对烟粉虱低龄若虫具有较高的毒力。因此,进行大田防治时,应抓住防治烟粉虱的有利时期,在其防御能力相对较低的低龄若虫期施用白僵菌制剂,以提高对烟粉虱的控制。

### 参考文献

邓业成,徐汉虹,雷玲. 2004. 烟粉虱的化学防治及抗药性. 农药,

- 43 (1): 10-15.
- 何玉仙, 杨秀娟, 翁启勇. 2003. 农田烟粉虱寄主植物调查初报. 华东昆虫学报, 12 (2): 16-20.
- 蒲蛰龙, 李增智. 1996. 昆虫真菌学. 合肥: 安徽科学技术出版社.
- 唐启义, 冯明光. 2002. 实用统计分析及其DPS数据处理系统. 北京: 科学出版社: 188-193.
- 张芝利, 罗晨. 2001. 我国烟粉虱的发生危害和防治对策. 植物保护, 27 (2): 25-30.
- Chu D, Wan F H, Zhang Y J, Brown J K. 2010. Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong Province of China from 2005 to 2008. *Environmental Entomology*, 39 (3): 1028-1036.
- Faria M, Wraight S P. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protection*, 20 (9): 767-778.
- Islam M T, Castle S J, Ren S. 2010. Compatibility of the insect pathogenic fungus *Beauveria bassiana* with neem against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, on eggplant. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 134 (1): 28-34.
- Liu Z, Lei Z R, Hua B Z, Wang H H, Liu, T X. 2010. Germination behavior of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymphs. *Journal of Entomological Science*, 45 (4): 322-334.
- Mascarin G M, Kobori N N, Quintela E D, Delalibera J I. 2013. The virulence of entomopathogenic fungi against *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and their conidial production using solid substrate fermentation. *Biological Control*, 66 (3): 209-218.
- Meade D L, Byrne D N. 1991. The use of *Verticillium lecanii* against subimaginal instars of *Bemisia tabaci*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 57: 296-298.
- Negasi A, Parker B L, Brownbridge M. 1998. Screening and bioassay of entomopathogenic fungi for the control of silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolli*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 18 (1): 37-44.
- Quesada-Moraga E, Maranhao E A A, Valverde-García P, Santiago-Álvarez C. 2006. Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* on the basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenic activity. *Biological Control*, 36 (3): 274-287.
- Wraight S P, Carruthers R I, Bradley C A, Jaronski S T, Lacey L A, Wood P, Galaini-Wraight S. 1998. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolli*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 71 (3): 217-226.
- Xu J, Lin K K, Liu S S. 2011. Performance on different host plants of an alien and an indigenous *Bemisia tabaci* from China. *Journal of Applied Entomology*, 135 (10): 771-779.
- Yuan L, Wang S, Zhou J, Du Y, Zhang Y, Wang J. 2012. Status of insecticide resistance and associated mutations in Q-biotype of whitefly, *Bemisia tabaci*, from eastern China. *Crop Protection*, 31 (1): 67-71.
- Zaki F N. 1998. Efficiency of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals), against *Aphis crassivora* Koch and *Bemisia tabaci*, Gennadius. *Journal of Applied Entomology-Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie*, 122 (7): 397-399.

## Screening of High Pathogenic Entomopathogenic to Tobacco Whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius)

LIU Zhao<sup>1</sup>, LEI Zhong-ren<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Entomology, College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China; <sup>2</sup> Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China)

**Abstract:** To screen high pathogenicity entomopathogenic fungi against the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), the virulence of seven isolates of *Beauveria bassiana*, three isolates of *Metarhizium anisopliae*, and one isolate of *Paecilomyces fumosoroseus* were identified in this study. The results showed that Canada No.1 (*B. bassiana*) was the most virulent isolate against *B. tabaci*. The pathogenicity of Canada No.1 to egg and nymph stages of *B. tabaci* were also investigated. Results showed that Canada No.1 had no virulence to the eggs, but had high virulence to the 2nd, 3rd and 4th nymph, and the virulence was decreased with the increase of nymph age.

**Key words:** *Bemisia tabaci*; *Beauveria bassiana*; *Metarhizium anisopliae*; *Paecilomyces fumosoroseus*; Canada No.1