

球孢白僵菌不同分离株对西花蓟马的毒力测定

陈 斌¹, 张 琦¹, 桂富荣¹, 何永红¹, 刘云龙¹, 李正跃¹, 肖关丽²

¹云南农业大学植物保护学院,生物多样性研究与应用技术国家工程中心,农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室,云南 昆明 650201; ²云南农业大学农学与生物技术学院,云南 昆明 650201

摘要:【背景】西花蓟马是我国重要的一种入侵性害虫,已对多种化学农药产生了抗性。【方法】采用孢子悬浮液喷雾处理生测法,研究了 8 个球孢白僵菌菌株 BbKM030716、BbCG051229、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615、BbSM090521、BbYY090613 和 BbMZ051230 对西花蓟马成虫的毒力,并用“时间—剂量—死亡率”模型进行了分析。【结果】供试球孢白僵菌各菌株对西花蓟马成虫侵染致病的剂量效应参数值分别为 1.43、0.87、0.93、0.98、1.23、0.92、1.07 和 0.86。用 $1.25 \times 10^4 \sim 1.25 \times 10^8$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子悬浮液接种后,连续 10 d 内西花蓟马的校正死亡率分别为 44.13% ~ 98.49%、12.63% ~ 78.90%、30.36% ~ 96.92%、51.36% ~ 98.74%、26.14% ~ 98.59%、7.27% ~ 78.71%、49.06% ~ 98.74% 和 27.67% ~ 87.36%。球孢白僵菌对西花蓟马成虫的致死剂量是时间的函数,各菌株对西花蓟马成虫的致死中时随孢子浓度的增大而逐渐减小。【结论与意义】球孢白僵菌菌株 BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121 和 BbXW060615 对西花蓟马成虫具有较强毒力,可作为西花蓟马生防制剂开发的潜力菌株。

关键词: 西花蓟马; 球孢白僵菌; 生物测定; 时间—剂量—死亡率

Virulence of isolates of the insect pathogen *Beauveria bassiana* against the Western flower thrips, *Frankliniella occidentals*

Bin CHEN¹, Qi ZHANG¹, Fu-rong GUI¹, Yong-hong HE¹, Yun-long LIU¹, Zheng-yue LI¹, Guan-li XIAO²

¹Key Laboratory of Agro-biodiversity and Pest Management of Education Ministry of China, National Engineering Center of the Research and Applied Techniques for Biodiversity of China, College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China; ²College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China

Abstract: 【Background】The western flower thrips, *Frankliniella occidentals* (Pergande), is one of the invasive insect pests in China, and is resistant to many insecticides. In order to develop alternative methods of control, we tested the virulence of eight isolates, of the insect pathogen *Beauveria bassiana* namely, BbKM030716, BbCG051229, BbJS080625, BbQJ031121, BbXW060615, BbSM090521, BbYY090613 and BbMZ051230 to *F. occidentals* was assessed in the laboratory. 【Method】Virulence was characterised by a standard time-dose-mortality model. 【Result】The lethal concentration LC_{50} values varied with time after inoculation and the lethal dose LT_{50} values varied with concentration. The virulence index for different isolates of *B. bassiana* against western flower thrips was 1.43, 0.87, 0.93, 0.98, 1.23, 0.92, 1.07 and 0.86 respectively. The corrected mortality increased from 44.13% to 98.49%, 12.63% to 78.90%, 30.36% to 96.92%, 51.36% to 98.74%, 26.14% to 98.59%, 7.27% to 78.71%, 49.06% to 98.74%, and 27.67% to 87.36%, by inoculation of the dose of $1.25 \times 10^4 \sim 1.25 \times 10^8$ conidia $\cdot \text{mL}^{-1}$ over 10 consecutive days. The mortality of adult thrips was dose and time-dependent. Value of LT_{50} was decreased with the increase of the concentration. 【Conclusion and significance】The isolates of BbKM030716, BbJS080625, BbQJ031121 and BbXW060615 were the most virulent isolates against *F. occidentalis* and show promise as biological control agents.

Key words: *Frankliniella occidentals*; *Beauveria bassiana*; bioassay; time-dose-mortality

收稿日期:2011-10-11 接受日期:2011-12-01
基金项目:国家自然科学基金项目(30860005);国家 973 计划项目(2011CB100404);云南省自然科学基金项目(2008CD124、2003C0017Q);云南省教育厅项目(02QY051);云南省科技创新团队高层次科技人才培养工程(2011CII28)
作者简介:陈斌(1970-),男,教授。研究方向:昆虫病原真菌与害虫综合治理。E-mail: chbins@163.com
通讯作者(Author for correspondence): 李正跃,E-mail: lizhengyue@263.net; 肖关丽,E-mail: guanlixiao9@163.com

西花蓟马 *Frankliniella occidentals* (Pergande) 是一种重要的农林植物害虫(吕要斌等,2004;吴青君等,2005),其个体小,寄主植物广泛,发生隐蔽,已对多种化学农药产生一定的抗性(Immaraju *et al.*,1992)。充分发挥天敌资源的作用,采用环境友好型的防治措施一直是建立西花蓟马防控体系和开展综合治理研究的重要内容(Hall,1992)。

虫生真菌能在自然条件下通过体壁直接感染昆虫(蒲哲龙和李增智,1996),并能在自然条件下引发害虫的流行病,因而已成为害虫生物防治的重要手段之一。西花蓟马的寄生真菌有 5 种(张琦等,2010),包括蜡蚧轮枝菌 *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Saito,1992; Scott & Ronald,2002)、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*(Balsama) Villemin (Maniania *et al.*,2003; Saito,1992)、金龟子绿僵菌 *Metarizium anisopliae* (Metsch) Somk (Lindquist, 1996; Maniania *et al.*,2003)、玫烟色拟青霉 *Paecilomyces fumerosus* (Wize) Brown & Smith (Saito *et al.*, 1989)、小孢新接霉 *Neozygites parvispora* (Macleod & Carl) (Montserrat *et al.*,1998)。

近年来,有关虫生真菌对西花蓟马的毒力及控制效果的研究逐渐受到重视(张素华等,2009)。国

外一些研究发现,球孢白僵菌和绿僵菌对西花蓟马具有较强的致病性和控制作用(Goodwin & Steiner, 1996; Gouli *et al.*, 2008; Maniania *et al.*, 2003; Shigeyuki *et al.*,2011);张素华等(2009)研究也发现,白僵菌对西花蓟马具有一定的致病力。本研究选用分离自不同寄主昆虫体上的球孢白僵菌菌株,以室内生测法研究其对西花蓟马的毒力,以期为西花蓟马的生物防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

从田间采集西花蓟马,置于室内智能人工气候箱[(25±1)℃,16L:8D]中,用四季豆 *Phaseolus vulgaris* L. 饲养,建立和扩大其种群,连续饲养至第 3 代成虫供试。

1.2 供试菌种

供试 8 个菌株分别采自云南省不同地区的罹病虫体,分离培养后,根据分生孢子、菌丝等形态进行菌种的种类鉴定(蒲哲龙和李增智,1996),具体的采集地点及其原始寄主见表 1。各菌株均保存于云南农业大学昆虫病原体实验室。

表 1 供试球孢白僵菌菌株来源一览表
Table 1 The host species and geographical origin of *B. bassiana* isolates studied

菌种 Isolate	寄主昆虫 Host insect	采集地 Location
BbKM030716	桃蚜 <i>Myzus persicae</i> Sulzer	云南昆明 Kunming, Yunnan
BbCG051229	菜青虫 <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus)	云南呈贡 Chenggong, Yunnan
BbJS080625	甘薯小象甲 <i>Cylas formicariu</i> (Fabricius)	云南建水 Jianshui, Yunnan
BbQJ031121	果蝇 <i>Drosophila</i> sp.	云南曲靖 Qujing, Yunnan
BbXW060615	马铃薯块茎蛾 <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller)	云南宣威 Xuanwei, Yunnan
BbSM090521	鲜黄鳃金龟 <i>Metabolus tumidifrons</i> Fairmaire	云南思茅 Simao, Yunnan
BbYY090613	叶甲 <i>Apophyllia thalassina</i> Faldermann	云南元阳 Yuanyang, Yunnan
BbMZ051230	小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i> (L.)	云南蒙自 Mengzi, Yunnan

1.3 孢子悬浮液的配制

将球孢白僵菌菌株接种于 SDAY(葡萄糖 40 g、蛋白胨 10 g、酵母粉 10 g、琼脂 15 g、蒸馏水 1000 mL)平板培养基上,在 25℃培养箱内培养 7 d。待大量产孢后,刮取孢子粉,用含 0.1%吐温-80湿润剂的磷酸缓冲液(0.003 mol·L⁻¹ KH₂PO₄, pH 7.0)配制分散均匀的孢子悬液,其浓度分别为 1.25×10⁴、1.25×10⁵、1.25×10⁶、1.25×10⁷、1.25×10⁸ 个·mL⁻¹,备用。

1.4 生物测定

选取 7 日龄蓟马成虫作为供试种群,每个培养皿(直径 12 cm,放 1 张滤纸)放置 30 头,再在培养皿中放置 3 根四季豆。采用喷雾法(Jennifer *et al.*, 2009)接种,每个处理设 3 次重复,以含 0.1%吐温-80湿润剂的 0.003 mol·L⁻¹磷酸缓冲液为空白对照,同时用无菌水保持滤纸湿润。在培养皿上覆以扎有适量小孔的保鲜膜。置于光照培养箱(25℃、RH 85%、光周期 16L:8D)中饲养,每 24 h 观察、记录 1 次死亡虫体,连续记录 10 d 并将死亡个体放入

灭菌培养皿中,置于相同条件的光照培养箱中培养、观察,以确定死亡原因,将长出菌丝的虫体计为有效感染。

1.5 数据分析

利用 DPS 数据处理系统 CLL 模型(时间—剂量—死亡率)处理生物测定数据(唐启义和冯明光, 2002)。采用 Duncan's 新复极差多重比较法进行差异显著性分析。采用几率值分析法,以时间(d)的对数值为 X ,死亡率的几率值为 Y ,计算毒力回归方程。

2 结果与分析

2.1 不同菌株对西花蓟马致死的毒力参数值

供试球孢白僵菌菌株 BbKM030716、BbCG051229、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615、BbSM090521、BbYY090613、BbMZ051230 接种处理后第 1 天,西花蓟马活跃度降低,行动迟缓,开始死亡,根据 DPS 数据处理系统 CLL 模型计算出各菌株侵染致病的剂量效应参数值,分别为 1.43、0.87、0.93、0.98、1.23、0.92、1.07、0.86,表明各菌株对西花蓟马成虫均具有致病性。其中,BbKM030716 和 BbXW060615 的毒力强于其他菌株。

2.2 西花蓟马感染不同菌株后的校正死亡率

在 $1.25 \times 10^4 \sim 1.25 \times 10^8$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子浓度下,经菌株 BbKM030716、BbCG051229、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615、BbYY090613、BbSM090521、BbMZ051230 处理的西花蓟马在接种后 3~5 d 达到死亡高峰,其校正死亡率随接种时间的延长而增大,连续 10 d 内校正死亡率分别为 44.13%~98.49%、12.63%~78.90%、30.36%~96.92%、51.36%~98.74%、26.14%~98.59%、7.27%~78.71%、49.06%~98.74%、27.67~87.36%。在高剂量 1.25×10^7 和 1.25×10^8 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的孢子浓度下,蓟马最早于第 1 天死亡,最迟于第 2 天死亡,且校正死亡率上升速度因菌株而不同,BbKM030716 和 BbJS080625 感染的蓟马的死亡率上升最快。西花蓟马接种 BbCG051229、BbSM090521 和 BbMZ051230 后第 10 天的校正死亡率低于 90%,分别为 $(78.90 \pm 5.34)\%$ 、 $(78.71 \pm 3.34)\%$ 和 $(87.36 \pm 3.67)\%$,接种其他菌株后第 10 天的校正死亡率均达 95% 以上。这表明菌株 BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615 对西花蓟马成虫具有较强的毒力(图 1)。

2.3 不同菌株对西花蓟马成虫的致死剂量和致死时间

2.3.1 致死中剂量(LC_{50})的对数值 根据生物测定数据的“时间—剂量—死亡率”模拟及参数估计,得出各菌株对西花蓟马成虫的 LC_{50} 的对数值。结果表明,接种后 1~10 d,各菌株对西花蓟马成虫侵染致病的 LC_{50} 的对数值间差异显著($F = 30.97$, $P < 0.01$),即 LC_{50} 的大小因菌株而异(表 2)。球孢白僵菌对西花蓟马的致死剂量是时间的函数,随着接种时间的延长逐渐减少,表明剂量效应逐渐增强。接种后 1~10 d,菌株 BbKM030716、BbCG051229、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615、BbSM090521、BbYY090613、BbMZ051230 对西花蓟马成虫的 LC_{50} 的对数值分别为 $(5.10 \pm 0.24) \sim (10.26 \pm 1.59)$ 、 $(7.66 \pm 1.63) \sim (15.45 \pm 1.15)$ 、 $(5.98 \pm 0.25) \sim (10.65 \pm 0.67)$ 、 $(6.21 \pm 0.20) \sim (11.23 \pm 0.36)$ 、 $(5.14 \pm 0.13) \sim (10.24 \pm 1.34)$ 、 $(6.82 \pm 0.13) \sim (12.12 \pm 0.68)$ 、 $(6.19 \pm 0.20) \sim (11.03 \pm 0.64)$ 、 $(6.65 \pm 0.15) \sim (11.46 \pm 0.67)$,则 LC_{50} 分别为 $1.29 \times 10^{10} \sim 1.26 \times 10^7$ 、 $7.72 \times 10^{11} \sim 6.95 \times 10^8$ 、 $1.88 \times 10^{10} \sim 5.80 \times 10^7$ 、 $3.20 \times 10^{10} \sim 8.53 \times 10^7$ 、 $1.27 \times 10^{10} \sim 1.28 \times 10^7$ 、 $6.86 \times 10^{10} \sim 2.18 \times 10^8$ 、 $2.68 \times 10^{10} \sim 8.25 \times 10^7$ 、 $3.91 \times 10^{10} \sim 1.69 \times 10^8$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子浓度。其中,菌株 BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615 的 LC_{50} 低于其他菌株,表明其具有较高毒力。

2.3.2 致死中时(LT_{50}) 由表 3 可以看出,在 $1.25 \times 10^5 \sim 1.25 \times 10^8$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子浓度下,不同菌株的 LT_{50} 间差异显著($F = 11.33$, $P < 0.01$)。 LT_{50} 随孢子浓度的增大而逐渐减小,表明球孢白僵菌对西花蓟马的致死剂量是时间的函数,随着处理剂量的增大,各菌株的时间效应相应增强。当孢子浓度为 $1.25 \times 10^5 \sim 1.25 \times 10^8$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 时,球孢白僵菌菌株 BbKM030716、BbCG051229、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615、BbSM090521、BbYY090613、BbMZ051230 的 LT_{50} 分别为 $(3.12 \pm 1.12) \sim (5.64 \pm 2.17)$ 、 $(5.39 \pm 1.22) \sim (9.21 \pm 3.23)$ 、 $(3.71 \pm 1.12) \sim (9.81 \pm 2.54)$ 、 $(3.23 \pm 0.45) \sim (6.49 \pm 2.67)$ 、 $(3.77 \pm 0.67) \sim (8.89 \pm 3.23)$ 、 $(4.51 \pm 1.22) \sim (10.75 \pm 2.37)$ 、 $(5.35 \pm 1.12) \sim (8.18 \pm 2.23)$ 、 $(5.84 \pm 1.14) \sim (10.61 \pm 3.56)$ d。从上述结果可以看出,在供试菌株中,BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121 和 BbXW060615 对西花蓟马成虫的 LT_{50} 最小,说明它们对西花蓟马成虫的致病性最强。

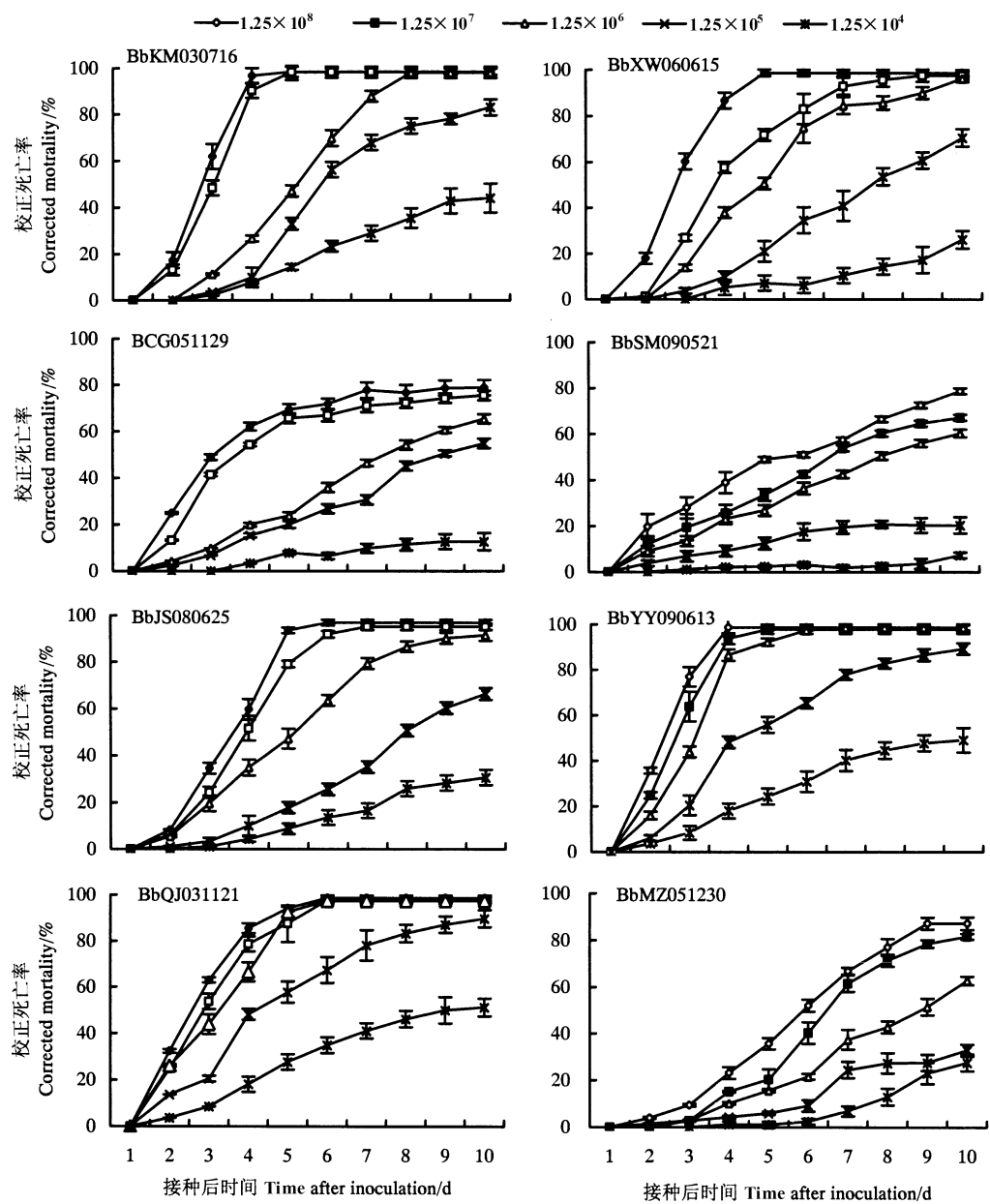


图 1 各菌株对西花蓟马成虫的校正死亡率

Fig. 1 Corrected mortality of *F. occidentalis* after inoculation of *B. bassiana*

表 2 各菌株对西花蓟马的 LC_{50} 的对数值

Table 2 Logarithmic value of LC_{50} for *B. bassiana* isolates against adult thrips after inoculation

菌株 Isolate	接种后不同时间内 LC_{50} 的对数值 ($\lg LC_{50} \pm SE$)				
	Logarithmic value of LC_{50} in different days after inoculation				
	1 d	3 d	5 d	7 d	10 d
BbKM030716	10.26 $\pm$ 1.59D	8.21 $\pm$ 0.16C	6.27 $\pm$ 0.19B	5.83 $\pm$ 0.14D	5.10 $\pm$ 0.24C
BbCG051229	15.45 $\pm$ 1.15A	13.42 $\pm$ 3.79A	11.61 $\pm$ 4.02A	9.99 $\pm$ 2.27A	7.66 $\pm$ 1.63A
BbJS080625	10.65 $\pm$ 0.67CD	8.35 $\pm$ 0.21C	6.82 $\pm$ 0.14B	6.18 $\pm$ 0.15D	5.98 $\pm$ 0.25BC
BbQJ031121	11.23 $\pm$ 0.36BCD	10.76 $\pm$ 0.16B	9.80 $\pm$ 0.19AB	8.51 $\pm$ 0.20AB	6.21 $\pm$ 0.20BC
BbXW060615	10.24 $\pm$ 1.34D	8.93 $\pm$ 0.12C	7.43 $\pm$ 0.10B	6.64 $\pm$ 0.11CD	5.14 $\pm$ 0.13C
BbSM090521	12.12 $\pm$ 0.68B	10.11 $\pm$ 0.21B	9.37 $\pm$ 0.09AB	8.51 $\pm$ 0.11AB	6.82 $\pm$ 0.13AB
BbYY090613	11.03 $\pm$ 0.64BCD	10.60 $\pm$ 0.14B	8.56 $\pm$ 0.15B	7.89 $\pm$ 0.18BC	6.19 $\pm$ 0.20BC
BbMZ051230	11.46 $\pm$ 0.67BC	10.35 $\pm$ 0.21B	9.17 $\pm$ 0.14AB	8.18 $\pm$ 0.15AB	6.65 $\pm$ 0.15AB

同列数据后附不同大写字母者表示不同菌株间差异极显著 ($P < 0.01$)。
Different capital letters in a same column indicate significant difference for different strains ($P < 0.01$).

表 3 各菌株对西花蓟马的 LT_{50}
Table 3 LT_{50} in days for *B. bassiana* isolates against adult of *F. occidentalis*

菌株 Isolate	不同接种浓度下的 LT_{50} LT_{50} under different concentrations of <i>B. bassiana</i> /d			
	1.25×10^8	1.25×10^7	1.25×10^6	1.25×10^5
BbKM030716	3.12 ± 1.12C	3.36 ± 0.57C	3.68 ± 1.26C	5.64 ± 2.17D
BbCG051229	5.39 ± 1.22A	6.10 ± 1.25A	6.06 ± 2.45BC	9.21 ± 3.23BC
BbJS080625	3.71 ± 1.12C	4.27 ± 1.36BC	6.05 ± 3.23BC	9.81 ± 2.54AB
BbQJ031121	3.23 ± 0.45C	3.84 ± 1.34C	4.32 ± 1.23BC	6.49 ± 2.67D
BbXW060615	3.77 ± 0.67C	3.61 ± 2.12C	5.41 ± 2.23BC	8.89 ± 3.23BC
BbSM090521	4.51 ± 1.22B	5.52 ± 2.11AB	6.59 ± 2.21AB	10.75 ± 2.37A
BbYY090613	5.35 ± 1.12A	6.08 ± 1.23A	6.69 ± 1.45AB	8.18 ± 2.23C
BbMZ051230	5.84 ± 1.14A	6.42 ± 2.45A	8.90 ± 2.87A	10.61 ± 3.56A

同列数据后附不同大写字母者表示不同菌株间差异极显著 ($P < 0.01$)。
Different capital letters in a row indicate significant difference for different strains ($P < 0.01$).

2.4 毒力回归方程

对球孢白僵菌菌株 BbKM030716、BbCG051229、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615、BbSM090521、BbYY090613、BbMZ051230 的接种剂量与致死时间进行回归分析,获得各菌株侵染致病的毒力回归方程

(表 4)。各菌株的卡方值 (X^2) 分别为 0.458、0.648、1.274、1.877、0.657、1.743、1.895、0.360,这些值均小于 X^2 分布表中 $P = 0.05$ 、 $df = 3$ 时的 X^2 (7.82),表明回归方程式可行。

表 4 各菌株对西花蓟马的毒力回归方程
Table 4 Characterisation of virulence of various isolates of *B. bassiana* against *F. occidentalis* adults

菌株 Isolate	回归方程 Regression equation	卡方值 (X^2)
BbKM030716	$Y = 1.67 + 0.55X$	0.458
BbCG051229	$Y = 1.35 + 0.46X$	0.648
BbJS080625	$Y = 1.85 + 0.34X$	1.274
BbQJ031121	$Y = 1.93 + 0.49X$	1.877
BbXW060615	$Y = 3.35 + 0.53X$	0.657
BbSM090521	$Y = 0.53 + 0.57X$	1.743
BbYY090613	$Y = 2.12 + 0.44X$	1.895
BbMZ051230	$Y = 0.69 + 0.54X$	0.360

回归方程中的 X 和 Y 分别为接种后时间的对数转换值和虫体死亡率率值。
 X and Y in the regression equation was the transform value of the period and the probability value of the moratlity after the inoculation, respectively.

3 讨论

本研究采用喷雾法测定了各菌株对西花蓟马成虫的毒力,以降低传统浸渍法因浸渍接种时间差异带来的误差,对指导田间防治应用更有意义。

本研究中,不同寄主来源的球孢白僵菌菌株对西花蓟马成虫均具有一定的毒力。其中,在 $1.25 \times 10^5 \sim 1.25 \times 10^8$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子浓度下,菌株 BbKM030706 的 LT_{50} 为 3.12 ~ 5.64 d,该结果与 Shigeyuki *et al.* (2011) 报道的结果相似。从致死时间效应来看,在 8 个菌株中, BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121 和 BbXW060615 的毒力较强,用 1.25×10^8 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子浓度接种后的 LT_{50} 分别为 (3.12 ± 1.12)、(3.71 ± 1.12)、(3.23 ± 0.45) 和

(3.77 ± 0.67) d。从致死剂量效应来看,菌株 BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121 和 BbXW060615 接种后 1 ~ 10 d 对西花蓟马成虫的 LC_{50} 分别为 $1.29 \times 10^{10} \sim 1.26 \times 10^7$ 、 $1.88 \times 10^{10} \sim 5.80 \times 10^7$ 、 $3.20 \times 10^{10} \sim 8.53 \times 10^7$ 和 $1.27 \times 10^{10} \sim 1.28 \times 10^7$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子浓度。从侵染致病校正死亡率来看,经菌株 BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121、BbXW060615 处理后第 10 天,西花蓟马的校正死亡率分别为 98.49%、96.92%、98.74%、98.59%。综上所述,菌株 BbKM030716、BbJS080625、BbQJ031121 和 BbXW060615 对西花蓟马成虫的毒力较强,可作为西方蓟马生防制剂开发的潜力菌株。

球孢白僵菌作为一种最常见的昆虫病原真菌,在害虫生物防治中受到广泛关注 (Lacey & Goettel,

1995)。球孢白僵菌菌株的地理来源或寄主来源、菌落形态、生长速度、产孢量、萌发率以及胞外蛋白酶水平等生物学性状与菌株的毒力有关(蔡守平等, 2008; 何余容等, 2004; 刘玉军等, 2008; 单乐天和冯明光, 2006; Montserrat *et al.*, 1998)。同时, 不同温度下, 球孢白僵菌对西花蓟马的致病性不同(张素花等, 2009)。因此, 不同寄主来源的菌株对西花蓟马毒力差异的原因还有待进一步研究。

本研究选用的球孢白僵菌菌株在室内 25 ℃ 条件下对西花蓟马成虫具有较高的毒力, 但在自然条件下, 感染球孢白僵菌的西花蓟马罹病虫体很少。因此, 关于球孢白僵菌在田间自然条件下的侵染致病情况有待进一步研究。

参考文献

蔡守平, 刘建波, 何学友, 李志真, 吴柳清. 2008. 金龟子绿僵菌、球孢白僵菌不同菌株对星天牛成虫的生物测定. 中国森林病虫, 27(2): 1-3.

何余容, 吕利华, 邝灼彬, 刘学明, 曾惠明. 2004. 球孢白僵菌不同分离株的生物学及对小猿叶甲成虫致病性测定. 昆虫知识, 41(5): 442-445.

刘玉军, 张龙娃, 何亚琼, 王滨, 丁德贵, 李增智. 2008. 栎旋木柄天牛高毒力球孢白僵菌菌株的筛选. 昆虫学报, 51(2): 143-149.

吕要斌, 贝亚维, 林文彩, 章金明. 2004. 西花蓟马的生物学特性、寄主范围及危害特点. 浙江农业学报, 16(5): 317-320.

蒲哲龙, 李增智. 1996. 昆虫病原真菌学. 合肥: 安徽科学技术出版社.

单乐天, 冯明光. 2006. 不同寄主及地理来源的 16 株绿僵菌对桃蚜的毒力比较. 微生物学报, 46(4): 602-607.

唐启义, 冯明光. 2002. 实用计算机统计分析及其计算机处理平台. 北京: 中国农业出版社.

吴青君, 张友军, 徐宝云, 朱国云. 2005. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术. 昆虫知识, 42(1): 11-15.

张琦, 王晶晶, 李正跃, 陈斌. 2010. 西花蓟马天敌种类及主要种类的控害潜能. 植物保护, 36(4): 41-48.

张素华, 雷仲仁, 范淑英, 问锦曾. 2009. 不同温度下 4 株白僵菌对西花蓟马的致病力. 植物保护, 35(6): 64-67.

Goodwin S and Steiner M Y. 1996. Survey of Australian native natural enemies for control of thrips. *Bulletin IOBC/WPRS*, 19(1): 47-50.

Gouli S, Gouli V, Skinner M, Parker B, Marcelino J and Shternshis M. 2008. Mortality of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, under influence of single and mixed fungal inoculations. *Journal of Agricultural Technology*, 4(2): 37-47.

Hall R A. 1992. New pathogen on *Thrips palmi* in Trinidad. *Florida Entomologist*, 75: 380-383.

Immaraju J A, Paine T D, Bethke J A, Robb K L and Newman J P. 1992. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouse. *Journal of Economic Entomology*, 85(1): 9-14.

Jennifer L G K, Norman C L, Amanda C H and Joyce L. 2009. Education and training to increase adoption of IPM for western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomologist*, 92(1): 18-23.

Lacey L A and Goettel M S. 1995. Current developments in microbial control of pests and prospects for the early 21st century. *Entomophaga*, 40(1): 3-27.

Lindquist T M. 1996. Control of greenhouse pests using entomopathogenic fungi in the USA. *International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants Bulletin*, 19: 153-156.

Maniania N K, Ekesi S, Löhr B and Mwangi F. 2003. Prospects for biological control of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, with the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*, on chrysanthemum. *Mycopathologia*, 155(4): 229-235.

Montserrat M, Castane C and Santamaria S. 1998. *Neozygites parvispora* Zygomycotina: entomophthorales causing an epizootic in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber in Spain. *Journal of Invertebrate Pathology*, 71(2): 165-168.

Saito T. 1992. Control of *Thrips palmi* and *Bemisia tabaci* by a mycoinsecticidal preparation of *Verticillium lecanii*. *Proceedings of the Kanto Tosan Plant Protection Society*, 39: 209-210.

Saito T, Kubota T and Shimazu S. 1989. A first record of the entomopathogenic fungus, *Neozygites parvispora* (Macleod and Carl) Rem. and Kell., on *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) in Japan. *Journal of Entomology and Zoology*, 24(2): 233-235.

Scott W L and Ronald D O. 2002. Efficacy of *Beauveria bassiana* plus insect attractants for enhanced control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomologist*, 85(1): 270-272.

Shigeyuki M, Hirokazu T and Takafumi I. 2011. Influence of humidity on the infection of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), by *Beauveria bassiana*. *Applied Entomology and Zoology*, 46(2): 255-264.