

寄生红火蚁虫生真菌高致病力菌株的筛选

吕利华¹, 刘晓燕², 谢梅琼², 何余容²

(1 广东省农业科学院 植物保护研究所, 广东 广州 510640; 2 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:红火蚁 *Solenopsis invicta* 是我国的新入侵物种, 生物防治是控制红火蚁扩散的有效途径. 本文在室内条件下测定 6 株不同来源的昆虫病原真菌对红火蚁的致病能力. 试验采用喷雾法, 供试孢子浓度为 1×10^4 、 1×10^5 、 1×10^6 、 1×10^7 、 1×10^8 mL^{-1} . 结果表明, 在 1×10^8 mL^{-1} 孢子浓度下, 淡紫拟青霉 *Paecilomyces lilacinus* 菌株 Pl04、绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 菌株 Ma01、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 菌株 Bb01、Bb02、Bb03、Bb04 处理后红火蚁工蚁第 15 天的累计死亡率分别为 69.84%、95.06%、87.00%、100%、92.16% 和 100%, 6 株菌株对红火蚁工蚁的致死中浓度 (LC_{50}) 分别为 2.23×10^6 、 4.46×10^5 、 4.07×10^4 、 1.77×10^4 、 4.80×10^4 、 3.71×10^4 mL^{-1} , 致死中时 (LT_{50}) 分别为 8.75、3.04、4.73、2.84、4.05 和 2.55 d. 综合分析得出, 分离自桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 的球孢白僵菌菌株 Bb04 在处理孢子浓度为 1×10^8 mL^{-1} 时对红火蚁工蚁具有最短的致死时间, 而分离自玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 的 Bb02 菌株具有最低的致死浓度. 说明 Bb02 和 Bb04 具较强的致病力和致死速度, 是红火蚁微生物防治的优良菌株.

关键词: 红火蚁; 昆虫病原真菌; 致病力

中图分类号: Q968.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2011)04-0035-05

Screening of High Pathogenicity Strains of Entomopathogenic Fungi Against Red Imported Fire Ant

LÜ Li-hua¹, LIU Xiao-yan², XIE Mei-qiong², HE Yu-rong²

(1 Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agriculture Sciences, Guangzhou 510640, China;

2 College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Red imported fire ant (RIFA), *Solenopsis invicta* Buren, was one of the most dangerous and devastating invasive pests in the world. The previous studies showed that the biological control agents were the effective ways to control RIFA. In this paper, six strains of entomopathogenic fungi, *Paecilomyces lilacinus* Pl04 isolated from RIFA, *Beauveria bassiana* Bb01, Bb02, Bb03 and Bb04 and *Metarhizium anisopliae* Ma01 originally isolated from other different insects were used in bioassays against RIFA workers by spraying serial dilution concentrations ($1 \times 10^4 - 1 \times 10^8$ mL^{-1}) on RIFA workers. The results showed that the accumulative mortalities of RIFA workers induced by the highest conidia concentration (1×10^8 mL^{-1}) of Pl04, Ma01, Bb01, Bb02, Bb03 and Bb04 at 15 d were 69.84%, 95.06%, 87.00%, 100%, 92.16% and 100%, respectively; their median lethal concentrations (LC_{50}) to RIFA workers were 2.23×10^6 , 4.46×10^5 , 4.07×10^4 , 1.77×10^4 , 4.80×10^4 and 3.71×10^4 mL^{-1} , respectively; the median lethal times (LT_{50}) were 8.75, 3.04, 4.73, 2.84, 4.05 and 2.55 d respectively. The LC_{50} values of strain Bb04 originally derived from *Bactrocera dorsalis* were the shortest, while the LC_{50} values of strain Bb02 originally derived from *Ostrinia furnacalis* were the lowest. It was considered that the strain Bb04 and Bb02 would be the most suitable candidates against RIFA for further study.

Key words: *Solenopsis invicta*; entomopathogenic fungi; pathogenicity

收稿日期: 2010-12-01

作者简介: 吕利华 (1964—), 男, 研究员, 博士; 通信作者: 何余容 (1963—), 女, 教授, 博士, E-mail: yrhe@scau.edu.cn

基金项目: 广东省科技计划项目 (2007B020710014); 广东省自然科学基金 (06025386)

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是一种原产于南美洲巴拉那河流域的危险性害虫,严重危害经济、社会的稳定及人类的健康,是世界上 100 种危害最严重的入侵有害生物之一,于 20 世纪 30 年代从原分布地南美洲传入美国,并以平均每年近 200 km 的速度扩散,现已遍布于美国东南部 13 个州 1.28 亿 hm^2 的土地上^[1],目前,红火蚁已在世界范围内呈现出迅速扩散趋势^[2]. 2001 年该蚁在新西兰和澳大利亚出现^[3-5],2004 年 5 月,台湾报道了红火蚁已在台北、桃园、嘉义等地发生危害. 2005 年入侵我国广东省吴川、香港、澳门等地^[6]. 据预测,红火蚁可能在欧洲、亚洲、非洲、澳洲的大部分区域及诸多岛屿发生^[7],可能在中国大陆的 19 个省区的 47 个市县(地区)生存^[8,9]. 由于其扩散途径多,具有明显的种群竞争优势且繁殖力高,在新入侵地没有天敌抑制,因此防治起来相当困难.

目前对红火蚁的防治主要以化学防治为主,其不足之处是需要处理整个红火蚁危害区,否则红火蚁会再次入侵^[10]. 由于使用化学药剂导致严重的“3R”问题,因此红火蚁生物防治方法受到了研究者的普遍重视^[11]. 目前美国研究的用于防治红火蚁的虫生真菌主要种类有球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*、绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 和黄曲霉 *Aspergillus flavus*^[12-13],其他能够侵染红火蚁的真菌还有多毛菌属 *Hirsutiella*、拟青霉属 *Paecilomyces*^[14] 及耳霉属 *Conidiobolus*^[15].

红火蚁是我国的新入侵物种,目前利用昆虫病原真菌防治红火蚁鲜见报道. 本文通过室内测定比较了几种不同来源的昆虫病原真菌对红火蚁的致病力,筛选出对其致病能力较高的菌株,为进一步研究病原真菌对红火蚁种群的控制作用奠定基础.

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试红火蚁虫体是采自广州市南沙区,并在室内饲养的健康红火蚁工蚁. 红火蚁蚁群的田间采集、室内蚁群的分离及饲养参照吕利华等^[16]的方法.

1.2 虫生真菌菌株的来源

供试的 6 株虫生真菌菌株是从不同昆虫寄主上分离并由华南农业大学昆虫生态研究室保存的菌株. 其中淡紫拟青霉 *Paecilomyces lilacinus* 菌株 Pl04 分离自红火蚁,绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 菌株 Ma01 和球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 菌株 Bb01 分

离自家白蚁,球孢白僵菌菌株 Bb02 和 Bb04 分别分离自玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 和桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis*,而菌株 Bb03 原寄主不详. 用马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA)培养上述菌株,保存在 4℃ 冰箱中. 试验时转接菌株到新的 PDA 平板培养基上,然后用培养 7 d 产孢的菌株作为供试菌株,待用.

1.3 孢子悬浮液的配制

将 6 株供试菌株分别转接到 PDA 平板,在 25℃、光周期 12 h 光:12 h 暗的培养箱中培养 7 d,待菌落产孢后,加入 20 mL $\varphi = 0.03\%$ 的吐温-80 无菌水,用接种针轻刮菌丝及孢子制成菌液. 将菌液倒入 200 mL 烧杯中,用磁力搅拌器搅拌 30 min. 待孢子完全分散后,用双层医用纱布过滤菌液,获得孢子悬浮液,即供试母液,用血球计数器计数母液的孢子浓度,生物测定时再稀释成 1×10^4 、 1×10^5 、 1×10^6 、 1×10^7 、 $1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 孢子悬浮液.

1.4 供试菌株对红火蚁的致病力测定

采用喷雾法. 用小型手动喷雾器将配制好的孢子悬浮液喷于 100 头红火蚁工蚁虫体上,用 $\varphi = 0.03\%$ 的吐温-80 无菌水处理红火蚁作为空白对照. 每个处理 100 头红火蚁工蚁,重复 3 次.

将处理的红火蚁工蚁放入底部铺有厚 2~3 mm 石膏的有盖塑料杯中(底部直径 7 cm、顶部直径 9 cm、高 6.5 cm),在石膏中加入少许水保湿. 用针在杯盖上扎若干小孔,以便透气,在塑料杯内壁涂少量滑石粉,防红火蚁逃逸. 用棉花球蘸取 φ 为 25% 的蜂蜜水饲喂工蚁. 将处理的虫体置 25℃、相对湿度 85% 以上的培养箱中培养 15 d. 每天检查红火蚁的死亡数并记录,将死亡虫体挑到铺有湿滤纸的培养皿(直径 9 cm)中,保湿培养. 根据虫尸是否有菌丝生长来确定其死亡原因,然后计算每个菌株处理的工蚁累计死亡率.

1.5 统计分析

采用数据处理系统(DPS)处理试验数据^[17],计算致死中浓度(LC_{50})和致死中时(LT_{50}). 利用多重比较法比较处理间差异的显著性.

2 结果与分析

2.1 虫生真菌菌株处理的红火蚁工蚁的死亡率

用 6 株供试菌株处理 100 头红火蚁工蚁,第 15 天工蚁的累计死亡率见表 1. 表 1 的结果表明,除 Ma01 菌株 $1 \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$ 孢子浓度处理之外,其他处理的红火蚁死亡率均显著高于对照. 孢子浓度为 $1 \times$

10^8 mL^{-1} 的 Bb02 和 Bb04 菌株处理的红火蚁第 15 天 Bb01 和 Pl04 菌株处理的红火蚁第 15 天的工蚁累计的工蚁累计死亡率均达到了 100%, 而 Ma01、Bb03、死亡率分别为 95.06%、92.16%、87.00% 和 69.84%。

表 1 6 株虫生真菌不同孢子浓度处理红火蚁工蚁后第 15 天累计死亡率¹⁾

Tab.1 Accumulative mortality induced by six species/ isolates of entomopathogenic fungi at different concentration on RIFA workers on 15 days after inoculation

菌株编号	不同孢子浓度的工蚁累积死亡率/%					
	$1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$	对照
Pl04	$69.84 \pm 1.72a$	$44.60 \pm 3.16b$	$42.14 \pm 5.52b$	$41.79 \pm 4.80b$	$37.59 \pm 7.09b$	$9.39 \pm 1.32c$
Ma01	$95.06 \pm 2.08a$	$58.65 \pm 3.60b$	$57.13 \pm 3.61b$	$43.53 \pm 6.46c$	$20.47 \pm 2.07d$	$9.39 \pm 1.32d$
Bb01	$87.00 \pm 2.42a$	$83.16 \pm 2.37a$	$63.76 \pm 2.43b$	$62.56 \pm 4.29b$	$35.90 \pm 4.61c$	$9.39 \pm 1.32d$
Bb02	$100.00 \pm 0.00a$	$80.79 \pm 3.81b$	$71.34 \pm 6.16bc$	$54.10 \pm 5.78d$	$59.71 \pm 5.33cd$	$9.39 \pm 1.32e$
Bb03	$92.16 \pm 0.60a$	$90.04 \pm 1.09a$	$61.08 \pm 3.52b$	$55.30 \pm 7.83b$	$46.04 \pm 7.88b$	$9.39 \pm 1.32c$
Bb04	$100.00 \pm 0.00a$	$98.33 \pm 0.91a$	$72.68 \pm 4.58b$	$65.08 \pm 3.76b$	$36.44 \pm 4.46c$	$9.39 \pm 1.32d$

1)表中数据为 $\bar{x} \pm \text{SE}$, 同行数据后凡是有有一个相同小写字母者, 表示在 0.05 水平上差异不显著 (DMRT 法)。

2.2 感染 6 株虫生真菌菌株的红火蚁工蚁的逐日累计死亡率

由图 1 可知, 红火蚁工蚁在接种不同浓度的 6 个菌株后, 其死亡率随着浓度的升高而加快。当孢子浓度为 $1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 时, Bb02 和 Bb04 菌株处理的红

火蚁在接种第 3 天开始出现大量死亡, 死亡率均达 60% 以上, 第 4 天死亡率高于 90%, 基本达最高点, 而分离自红火蚁的淡紫拟青霉 Pl04 菌株在处理浓度相同时, 红火蚁工蚁的死亡率增长缓慢, 累计死亡率低于 80%。

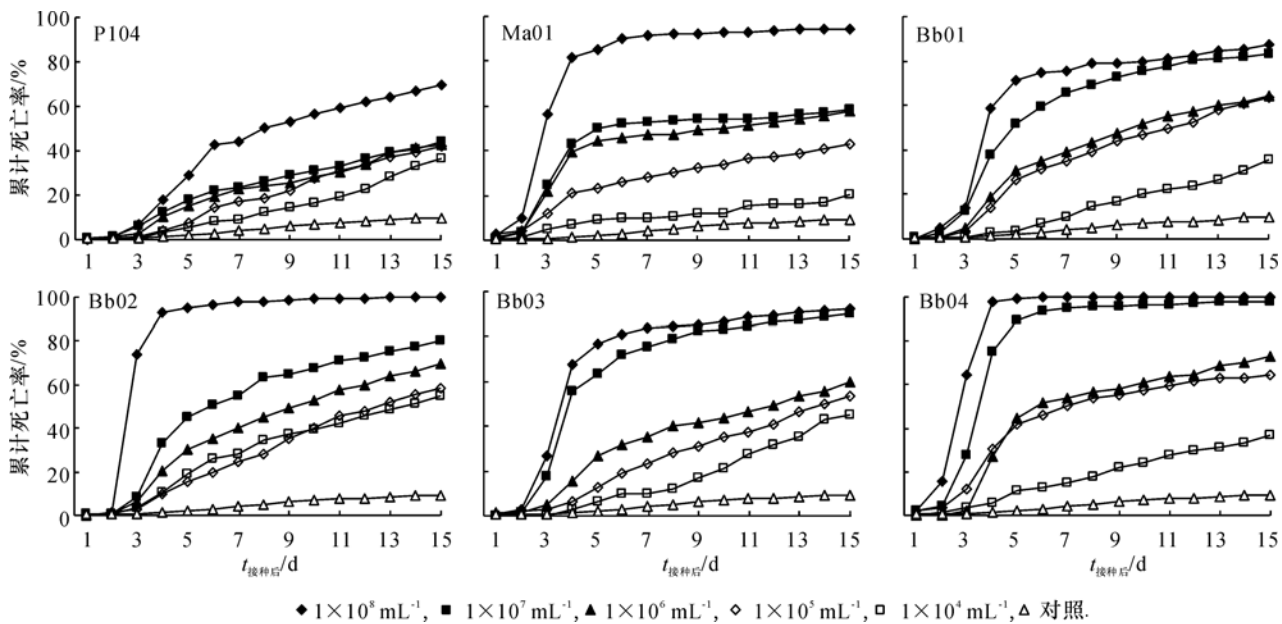


图 1 6 株菌株处理的红火蚁工蚁逐日累计死亡率

Fig.1 The daily accumulative mortalities of RIFA workers treated with six species/ isolates of entomopathogenic fungi at different concentrations

2.3 虫生真菌菌株对红火蚁工蚁致病力的回归分析

通过统计分析获得 6 株虫生真菌菌株对红火蚁工蚁致病力的回归方程及参数 (表 2)。Pl04、Ma01、Bb01、Bb02、Bb03 和 Bb04 菌株对红火蚁工蚁的 LC_{50} 值分别为 2.23×10^6 、 4.46×10^5 、 4.07×10^4 、

1.77×10^4 、 4.80×10^4 和 $3.71 \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$, 其中白僵菌属的菌株 Bb01、Bb02、Bb03 和 Bb04 的 LC_{50} 值均处在 10^4 数量级, 而菌株 Ma01 和 Pl04 对红火蚁工蚁的 LC_{50} 值分别比 4 株白僵菌菌株的高 10 和 100 倍。试验结果表明, 来自不同昆虫寄主的白僵菌对红火蚁均具有较高的致病力。

表 2 6 株虫生真菌对红火蚁工蚁致病力的机率值分析

Tab.2 Probit analyses of mortality data obtained from bioassays using six species/ isolate of entomopathogenic fungi against RIFA workers

菌株	回归方程 ¹⁾	<i>r</i>	χ^2	<i>P</i>	LC ₅₀ ²⁾ /mL ⁻¹
PI04	$y = 3.74 + 0.20x$	0.835 6	32.59	0.000 0	2.23×10^6 ($2.28 \times 10^5 \sim 1.15 \times 10^8$)
Ma01	$y = 2.23 + 0.49x$	0.934 7	64.17	0.000 0	4.46×10^5 ($4.91 \times 10^3 \sim 6.24 \times 10^6$)
Bb01	$y = 3.32 + 0.36x$	0.966 8	14.96	0.001 9	4.07×10^4 ($3.68 \times 10^2 \sim 2.57 \times 10^5$)
Bb02	$y = 3.35 + 0.39x$	0.811 4	41.48	0.000 0	1.77×10^4 ($1.24 \times 10^2 \sim 3.30 \times 10^5$)
Bb03	$y = 3.03 + 0.42x$	0.946 7	27.75	0.000 0	4.80×10^4 ($1.20 \times 10^1 \sim 4.44 \times 10^5$)
Bb04	$y = 1.78 + 0.71x$	0.943 5	44.12	0.000 0	3.71×10^4 ($3.72 \times 10^2 \sim 2.14 \times 10^5$)

1) *x*:菌液孢子浓度,*y*:红火蚁的死亡率;2)括号内为 95%置信限.

2.4 虫生真菌菌株对红火蚁工蚁的致死中时

用 6 株菌株处理红火蚁工蚁,经统计分析获得的致死中时见表 3.除 PI04 和 Bb02 菌株 1×10^5 mL⁻¹处理的 LT₅₀值以外,6 株虫生真菌的各孢子浓度处理的 LT₅₀值均随着孢子浓度的增加而缩短.在

1×10^8 mL⁻¹处理中,PI04、Ma01、Bb01、Bb02、Bb03 和 Bb04 菌株处理红火蚁的 LT₅₀值分别为 8.75、3.04、4.73、2.84、4.05 和 2.55 d,其中 Bb02 和 Bb04 的 LT₅₀值少于 3 d,说明 Bb02 和 Bb04 菌株对红火蚁的致病时间较短,作用速度较快.

表 3 不同孢子浓度的 6 株虫生真菌菌株对红火蚁工蚁致死中时

Tab.3 LT₅₀ values of six isolates of entomopathogenic fungi against RIFA workers at different concentrations

菌株	不同孢子浓度的 LT ₅₀ ¹⁾ /d				
	1×10^4 mL ⁻¹	1×10^5 mL ⁻¹	1×10^6 mL ⁻¹	1×10^7 mL ⁻¹	1×10^8 mL ⁻¹
PI04	22.45(19.41~27.01)	17.28(15.54~19.68)	18.08(16.12~20.80)	17.66(16.11~19.67)	8.75(8.14~9.51)
Ma01	68.21(49.30~105.84)	18.95(16.87~21.79)	9.46(7.90~12.02)	8.27(6.73~10.77)	3.04(2.22~3.77)
Bb01	21.49(18.69~25.66)	10.58(9.74~11.68)	9.75(8.96~10.779)	5.82(5.31~6.36)	4.73(3.87~5.55)
Bb02	12.38(11.61~13.34)	12.88(11.93~14.10)	9.19(8.79~9.65)	6.79(6.22~7.44)	2.84(1.56~3.73)
Bb03	16.76(15.09~19.08)	14.21(13.04~15.73)	11.38(10.70~12.20)	4.80(4.16~5.41)	4.05(3.28~4.74)
Bb04	22.02(19.68~25.16)	8.17(7.34~9.23)	7.70(6.80~8.90)	3.42(2.63~4.09)	2.55(1.49~3.32)

1)括号内为 95%置信限.

3 讨论与结论

有关虫生真菌防治红火蚁的研究已有一些报道,杨佳后等^[18]在室内条件下用白僵菌感染红火蚁后逐日观察红火蚁的死亡情况,10 d 后在孢子浓度为 1×10^8 mL⁻¹下,红火蚁的累计校正死亡率均大于 70%.在实验室条件下用绿僵菌感染 15 头红火蚁后,5 d 后其死亡率达 100%^[15].田间试验结果显示,1 株分离自巴西红火蚁的球孢白僵菌使约 80% 的红火蚁因感染球孢白僵菌而死亡^[19-20].本试验结果表明,分离自玉米螟的 Bb02 菌株和分离自桔小实蝇的 Bb04 菌株对红火蚁具有较高致病力,在 1×10^8 mL⁻¹孢子浓度下,第 15 天的累计死亡率除 PI04 和 Bb01 分别为 69.84% 和 87.00% 外,其余菌株的累计死亡率均大于 90%,甚至高达 100%,说明本试验筛选的球孢白僵菌具有较高的杀虫活力,但由于测定的方

法和试验条件的不同,还难以做出菌株的优劣比较.例如,温、湿度等环境因子对白僵菌的致病力有较大的影响^[21],本试验未进行比较研究.

本试验中供试的 6 株菌株对红火蚁工蚁的 LC₅₀值和 LT₅₀值存在一定差异.总体上,球孢白僵菌菌株比绿僵菌菌株和淡紫拟青霉菌株对红火蚁具有较高致病力和较快的杀虫速度,另外球孢白僵菌 Bb02 和 Bb04 菌株的 LT₅₀值均少于 3 d,说明这 2 个菌株对红火蚁工蚁具有较快的杀虫速度,其在红火蚁的生物防治方面存在较大的应用潜力,这与国外 Lofgren 等^[13]总结的白僵菌属的真菌是红火蚁生物防治最有前途的天敌结论相一致.

本文只是就 6 株虫生真菌菌株对红火蚁工蚁的致病力测定进行室内研究,由于虫生真菌在红火蚁的生物防治方面存在很大的应用潜力,尤其是白僵菌属的真菌是红火蚁生物防治最有前途的天敌^[13],

因此对更多虫生真菌尤其是白僵菌属的真菌对红火蚁致病力测定的研究有待进一步的加强,同时,需进一步对红火蚁的卵、蛹、若虫、蚁后的致病力进行研究,以期筛选出防治红火蚁更具有潜力的虫生真菌优良菌株,为大田防治红火蚁提供科学理论依据。此外,本试验是在室内条件下初步筛选到对红火蚁具有较高毒力的白僵菌菌株,其在田间的应用试验有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] CALLCOTT A M A, COLLINS H L. Invasion and range expansion of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in North America from 1918 – 1995[J]. Florida Entomology, 1996, 79: 240-251.
- [2] VINSON S B. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): Spread, biology, and impact [J]. American Entomologist, 1997, 43: 23-39.
- [3] PASCOE A. Turning up the heat on fire ants[J]. Biosecurity, 2001, 32: 6.
- [4] NATRASS R, VANDERWOUDE C. A preliminary investigation of fire ants in Brisbane[J]. Ecological Management & Restoration, 2001, 2: 220-223.
- [5] SOLLEY G O, VANDERWOUDE C, KNIGHT G K. Anaphylaxis is due to red imported fire ant sting[J]. Medical Journal of Australia, 2002, 176: 521-523.
- [6] 曾玲, 陆永跃, 何晓芳, 等. 入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生的为害调查[J]. 昆虫知识, 2005, 42(2): 144-148.
- [7] MORRISON L W, PORTER S D, DANIELS L E. Potential global range expansion of the invasive fire ant, *Solenopsis invicta* [J]. Biological Invasions, 2004, 6: 183-193.
- [8] 薛大勇, 李红梅, 韩红香, 等. 红火蚁在中国的分布区预测[J]. 昆虫知识, 2005, 42(1): 6-10.
- [9] 杜予州, 顾杰, 郭建波, 等. 入侵害虫红火蚁在中国的适生性分布研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 99-106.
- [10] COLLINS H L, CALLCOTT A M, LOCKLEY T C, et al. Seasonal trends in effectiveness of hydramethylnon (AMDO) and fenoxycarb (LOGIC) for control of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 1992, 85: 2131-2137.
- [11] WILLIAMS D F, KNUE G J, BECNEL J J. Discovery of *Thelohania solenopsae* from the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in the United States [J]. J Invert Pathol, 1998, 71: 175-176.
- [12] ALLEN G E, BUREN W F. Microsporidian and fungal diseases of *Solenopsis invicta* Buren in Brazil [J]. Journal of the New York Entomological Society, 1974, 82: 125-130.
- [13] LOFGREN C S, BANKS W A, GLANCEY B M. Biology and control of imported fire ants [J]. Annual Review of Entomology, 1975, 20: 1-30.
- [14] STIMAC J L, ALVES S B. Ecology and biological control of fire ants [M] // ROSEN D, BENNETT F D, CAPINERA J L. Pest Management in the Subtropics: Biological Control: A Florida Perspective. Andover, UK: Intercept Limited, 1994: 353-380.
- [15] SÁNCHEZ-PEÑA S R, THORVILSON H G. Two fungi infecting red imported fire ant founding queens from Texas [J]. Southwest Entomologist, 1992, 17: 181-182.
- [16] 吕利华, 冯夏, 陈焕瑜, 等. 介绍红火蚁的野外采集和实验室饲养的方法 [J]. 昆虫知识, 2006, 43(2): 265-267.
- [17] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [18] 杨佳后, 孙钊, 廖坤宏, 等. 4株球孢白僵菌对红火蚁毒力的生物测定 [J]. 环境昆虫学报, 2009, 31(1): 46-51.
- [19] ALVES S B, STIMAC J L, CAMARGO M T V. Suscetibilidade de *Solenopsis invicta* Buren e *S. saevissima* FR. Smith: A isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill [J]. Annal Society Entomology of Brasil, 1988, 17: 379-387.
- [20] STIMAC J L, ALVES S B, CAMARGO M T V. Control of *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae) com *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemon condicoes of laboratory campo [J]. Annals Society Entomology of Brasil, 1989, 18: 95-103.
- [21] 潘志萍, 李敦松, 曾玲. 环境因子对球孢白僵菌侵染桔小实蝇致病力的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2000, 30(1): 13-17.

【责任编辑 周志红】