

粉虱类害虫综合防治途径的研究现状

宋飞飞^{1,2}, 苏德伟²

1. 福建生物工程职业技术学院, 福州 350002;
2. 福建农林大学, 福州 350002

摘要: 粉虱类害虫是我国主要经济害虫之一, 寄主范围广, 主要危害蔬菜和柑橘等经济作物。本文综述了粉虱的综合防治途径如农业防治、物理防治和生物防治等, 并重点论述了如何利用昆虫病原真菌进行粉虱的生物防治, 旨在为粉虱的更好治理提供参考。

关键词: 粉虱; 综合防治; 昆虫病原真菌; 研究现状

DOI:10.3969/j.issn.2095-2341.2013.02.07

Current Status of Whitefly Control Using Integrated Pest Management

SONG Fei-fei^{1,2}, SU De-wei²

1. Fujian Vocational College of Bioengineering, Fuzhou 350002, China;
2. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: Whiteflies is one of major economic pests in China, which have wide host ranges and mainly do harm to vegetables and citrus etc. This paper reviewed on integrated pest managements of whiteflies including agricultural, physical and biological control, especially focused on biocontrol of whitefly using entomopathogenic fungi, so as to provide a base for better control of whiteflies.

Key words: whiteflies; integrated pest management; entomopathogenic fungus; research status

粉虱, 属半翅目粉虱科, 在世界范围内广泛分布, 主要种类有烟粉虱、柑桔粉虱和温室白粉虱等^[1,2]。烟粉虱是植物病害的主要传播者, 柑桔粉虱系影响柑橘产量的主要危害者, 温室白粉虱常发生在温室及设施园林中, 是多种蔬菜、水果及观赏植物的主要害虫。粉虱危害作物的方式主要有两种, 一是群集于叶背, 通过其针状的刺吸式口器刺入植物的组织吸取叶片汁液, 同时在植物的叶片上分泌大量蜜露诱发煤污病, 影响植物的光合作用, 影响植物的生长; 二是通过传播病毒, 使植物染病, 粉虱可传播的病毒达上百种, 其中番茄和甘蓝双生病毒为害严重, 可造成作物严重减产^[3]。由于粉虱危害严重, 有效防治粉虱的发生对农业生产非常重要。目前, 粉虱的防治以化学

防治为主, 虽然防治效果明显, 但是有机合成农药的大量使用所引起的抗药性和环境污染等问题也十分突出并日趋严重^[4,5]。自 1983 年国外学者^[6]首次报道苏丹棉花上的烟粉虱种群对乐果、久效磷产生高水平抗性, 对百治磷和啮硫磷产生中等水平抗性, 对 DDT、硫丹和丙溴磷产生低水平抗性之后, 粉虱类害虫的抗药性问题便受到人们广泛关注, 许多关于粉虱对有机氯、有机磷、拟除虫菊酯等主要类型杀虫剂产生不同程度抗性的报道层出不穷。在我国, 随着 B 型烟粉虱的入侵、烟粉虱及温室白粉虱等种群的抗药性不断增加, 粉虱类害虫的危害范围持续扩大, 危害程度不断升级, 致使单纯的化学防治失去了良好的防效^[7,8]。除化学防治以外, 还可利用如农业防治

收稿日期: 2013-02-20; 接受日期: 2013-03-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31070026, 31170025); 教育部科学技术研究重点项目 (212088); 福建省自然科学基金项目 (2010J06007) 资助。

作者简介: 宋飞飞, 助理实验师, 硕士, 主要从事昆虫病原真菌的生产及应用研究。E-mail: flyinthesky-feifei@163.com

和生物防治等方法来综合防治粉虱类害虫。基于此,本文就粉虱的综合防治加以简要概述,以期对粉虱的治理提供参考。

1 农业和物理防治途径

防治粉虱可借助农业和物理途径。农业防治粉虱的方法有多种,常见的手段主要有四种:一是调整种植制度减少粉虱病的发生,比如,在白粉虱迁飞期减少高度易感作物如葫芦科、十字花科和茄科植物的种植^[2];二是加强栽培管理,如对植株进行整枝打杈,摘除带虫老叶,注意除草,减少粉虱的寄生;三是利用植物的间作也可防治粉虱的发生^[9];四是利用对寄主植物的偏好性,如烟粉虱对苘麻植物有嗜好趋性,通过不同播种期、种植方式和配套施药方法就可以利用苘麻对烟粉虱进行诱集防治^[10]。粉虱的物理防治主要通过设置物理屏障进行,如在温室生产中可使用网式屏障,减少粉虱的入侵;在田间选用麦草、木屑及一些发光材料等作为覆盖物,可以有效抵制白粉虱等的侵染;也可利用粉虱对黄色的趋性,用涂油的黄板诱捕白粉虱。

2 生物防治途径

除了农业和物理途径之外,利用生物技术防治粉虱类害虫已成为粉虱防治的重要手段之一,生物防治手段具有高效、环保的优点,利用粉虱的天敌和病原真菌的单独使用或联合使用可以有效控制粉虱的爆发。

2.1 粉虱天敌防治

粉虱的天敌种类有多种。早期便已有应用丽蚜小蜂防治白粉虱的研究,结果表明对粉虱若虫寄生率在 75% 以上,可有效控制白粉虱的危害^[11]。人工释放草蛉和螳螂也可防治白粉虱。邱宝利等^[12]研究了烟粉虱的两种寄生性天敌紫角蚜小蜂与粉虱座壳孢单独及联合使用时对烟粉虱种群的控制作用。结果表明,两种天敌的单独使用控制效果明显,联合使用效果更优,且紫角蚜小蜂和粉虱座壳孢间无消极影响。其后, Huang 等^[13]研究发现白僵菌与 *Prynocaria congener* (Coleoptera: Coccinellidae) 之间无相互影响,可以联合使用控制烟粉虱以及螺旋粉虱 *Aleurodicus dis-*

perses。Labbéa 等^[14]研究揭示昆虫病原真菌与捕食天敌、寄生天敌是相互兼容的,可以同时应用。目前已知的粉虱类寄生蜂有丽蚜小蜂 (*Encarsia formosa* Gahan) 和紫角蚜小蜂 (*Eretmocerus* sp.) 等,已有小黑瓢虫 (*Delphastus pusillus* Leconte)、捕食性盲蝽 (*Macrolophus caliginosus* Wagner)、*C. carnea* 和红通草蛉 (*Chrysoperla rufilabris* Burmeister) 等商品化烟粉虱天敌。

2.2 粉虱病原真菌防治

对于粉虱类害虫,昆虫病原真菌已经成为公认的重要生控因子^[15]。这是由于不同于其他生物控制因素,昆虫病原真菌可以直接通过昆虫几丁质体壁无需通过吞食摄入而使昆虫染病^[16]。已报道 20 余种昆虫病原真菌能够侵染粉虱类害虫^[17],其中对玫烟色拟青霉 (*Paecilomyces fumosoroseus*) 和蜡蚧轮枝菌 (*Lecanicillium muscarium*) 研究最多,球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 以及座壳孢菌 (*Aschersonia aleyrodis*) 等也是颇具潜力的病原真菌^[17~19]。而在这几种真菌当中,蜡蚧轮枝菌、球孢白僵菌和玫色拟青霉已商业化生产。在一定条件下,昆虫病原真菌所引起的自然流行病可以控制粉虱害虫种群,例如在高湿或温度适宜条件下,由玫色拟青霉所引起的流行病可以控制烟粉虱的种群密度^[20]。

2.2.1 蜡蚧轮枝菌 目前蜡蚧轮枝菌已经广泛应用于温室白粉虱、烟粉虱、棉蚜、桃蚜和西花蓟马等多种害虫的防治,针对粉虱和蚜虫的杀虫剂蜡蚧轮枝菌在生产、制剂及应用方面都取得明显进步并且已有产品注册^[21],这些产品在温室或大田能很好控制粉虱种群^[22,23]。Cuthbertson 等^[24]揭示烟粉虱 2 龄幼虫最易被蜡蚧轮枝菌侵染,但该菌控制害虫种群存在对环境高湿度的苛求和稳定性差的特性。为解决这一问题, Cuthbertson 等^[25~28]研究表明化学杀虫剂 buprofezin、spiromesifen 和 Agri-50E 皆可与该菌混用并获得较好杀虫效果,尤其是该菌与 Certis Spraying Oil 混合连续施用可以使烟粉虱卵死亡率超过 80%。此外,蜡蚧轮枝菌代谢产物的研究也颇受关注,国内外学者相继报道了该菌代谢产物对粉虱等害虫的毒杀作用^[29,30]。

2.2.2 玫烟色拟青霉 玫烟色拟青霉是一类重要的昆虫病原真菌,其地理分布广泛,寄主昆虫达 40 余种。烟粉虱和温室白粉虱的卵期、若虫期、

蛹期及成虫期均能被该菌侵染患病^[31];同时与其他昆虫病原真菌相同,该菌对烟粉虱 2 龄和 3 龄若虫的致病力最强^[32]。与蜡蚧轮枝菌、白僵菌等不同,粉虱的宿主植物对该菌的敏感性影响不大。国内外有关其生物学、遗传变异、代谢产物和应用方面的研究报道较多^[33,34]。Zhou 等^[35]研究表明玫烟色拟青霉可以同粉虱的捕食天敌淡色斧瓢虫(*Axinoscymnus cardilobus*)联合使用来控制粉虱类害虫。另据报道,该菌同化学杀虫剂 propamocarb 及哈茨木霉(*Trichoderma harzianum*)混配能较好控制温室白粉虱^[36]。该菌在美国、欧洲及中国已作为微生物杀虫剂应用于粉虱害虫的治理。目前已研制出专用于防治包括粉虱在内的刺吸式口器害虫的玫烟色拟青霉的制剂,如 Ago Biocontrol Paecilomyces 50(哥伦比亚)、Pae-sin(墨西哥)、Biocon(荷兰)、Bemisin(委内瑞拉)以及美国和欧洲研制的制剂 PreFeRal 以及 PFR-97 等^[37]。

2.2.3 球孢白僵菌 白僵菌是目前国内外应用最为广泛的昆虫病原真菌之一,它能侵染 15 个目 149 个科的 700 多种昆虫,对自然界害虫种群数量具有重要的调控作用。球孢白僵菌[*Beauveria bassiana*(Balsamo) Vuillemin]在真菌分类学上属于子囊菌门(Ascomycota)、粪菌纲(Sordariomycetes)、肉座菌目(Hypocreales)、虫草科(Cordycipitaceae)、白僵菌属(*Beauveria*)。它遍布全世界,寄主范围极广,有时被认为是昆虫病原真菌成员中对粉虱类害虫颇具潜力的候选杀虫因子^[38]。与其他昆虫病原真菌的研究结果相似,球孢白僵菌对烟粉虱卵的侵染率较幼虫的侵染率低^[39]。同时宿主植物也会影响球孢白僵菌对烟粉虱的致病性以及在其尸体上的产孢状况^[40]。迄今,欧美国家已登记注册了系列球孢白僵菌制剂,如 Mycotrol-WP、Mycotrol-ES、Mycotrol-O、BotaniGuard-WP、BotaniGuard-ES、ComGuard-ES、ComGuard-G、Ago Biocontrol Bassaania 50(哥伦比亚)、Naturalis(美国)、*Beauveria* Schwerzer(瑞典)、Engeriingspliz(德国)及 ostrinil(法国)等产品,主要用于防治各种粉虱等刺吸式口器害虫^[41]。

2.2.4 座壳孢菌 座壳孢菌属于子囊菌门(Ascomycota)、粪菌纲(Sordariomycetes)、肉座菌目(Hypocreales)、麦角菌科(Clavicipitaceae)、座壳孢属(*Aschersonia*),能寄生半翅目(Hemiptera)的多种昆虫,尤其对粉虱(*Aleyrodidae*)和介壳虫

(*Coccidae*)的种群控制具有重要作用。已有研究表明座壳孢菌可以在热带或亚热带地区的粉虱等害虫中形成流行病,该菌易于侵染粉虱的幼虫,但不易侵染粉虱的卵及成虫^[42]。座壳孢菌用于害虫生物防治始于 20 世纪初在美国佛罗里达柑橘园里治理柑桔粉虱,后来研究表明宿主植物对该菌致病力的影响不大^[43]。该菌与粉虱蚜丽小蜂(*Encarsia formosa*)联合防治温室白粉虱,其防效优于单一控制^[12];该菌结合瓢虫防治黑刺粉虱也取得良好防效^[44]。此外,该菌的次生代谢产物对昆虫细胞具有毒性但对哺乳动物的细胞无毒性^[45],这也彰显出其良好的应用潜力。

3 展望

伴随着对环境保护问题的关注日益增强,对粉虱种群的控制,以生物防治为主、农业及物理防治为辅的综合防治途径将会成为重要手段,但生物防治方法在实际应用中尚存在一些问题。如:农药滥用而导致有效天敌减少;有诸多因素限制天敌的工厂化;天敌或病原真菌防效缓慢使得虫口密度过大时生防效果不明显等。此外,目前对病原真菌的开发应用不够,大面积推广的种类有限,受环境影响较大,田间应用较少等问题,也亟需解决。大多昆虫病原真菌的大规模生产过程时间长、条件及技术指标高。菌株间的较大差异导致真菌在生物防治时大量增殖也是一个棘手问题。从真菌施用到昆虫发病死亡这段时间,病原真菌和害虫都易受害虫虫龄、虫口密度、对真菌的感病性、光照、温度和湿度等因素影响,最终影响病原真菌的防治效果。譬如南方的大棚温室,晴天白天棚内温度有时高达 40℃ 以上,而冬天温度过低,所以棚内的温度和湿度都不适于真菌发挥良好生防效果,然而大棚作物上的烟粉虱能适应这种高温和低湿环境,昆虫病原菌在培养基上多次传代培养或贮存条件不适等还会导致菌种退化、衰老而导致毒力和产孢量下降。因此,昆虫病原真菌用于生产实践或待选产品都必需对人畜进行安全性测试。

由此可见,多数生物防治途径的应用还维持在实验阶段。淘筛适于工业化商品生产、价格低廉且易于繁殖和贮存的方法是生物防治的重中之重。尽快解决这些问题,加强对粉虱综合防

治途径的研究、利用、推广及大田应用,对世界作物的高质生产、国际市场竞争力的提升具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] Oliveira M R V, Henneberry T J, Anderson P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci* [J]. Crop Prot., 2001, 20(9): 709–723.
- [2] Liang P, Tian Y A, Biondi A, et al.. Short-term and transgenerational effects of the neonicotinoid nitenpyram on susceptibility to insecticides in two whitefly species [J]. Ecotoxicology, 2012, 21(7): 1889–1898.
- [3] Cuthbertson A G S, Blackburn L F, Eyre D P, et al.. *Bemisia tabaci*: The current situation in the UK and the prospect of developing strategies for eradication using entomopathogens [J]. Insect Sci., 2011, 18(1): 1–10.
- [4] Karatolos N, Denholm I, Williamson M, et al.. Incidence and characterisation of resistance to neonicotinoid insecticides and pymetrozine in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) [J]. Pest Manag. Sci., 2010, 66(12): 1304–1307.
- [5] 郑宇, 赵建伟, 何玉仙, 等. 福建省烟粉虱田间种群抗性发展及其影响因素[J]. 应用生态学报, 2012, 23(1): 271–277.
- [6] Ditttrich V, Ernst G H. The resistance pattern in whiteflies of Sudanese cotton [J]. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie, 1983, 4: 1–3.
- [7] Alon M, Alon F, Nauen R, et al.. Organophosphates resistance in the B biotype of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is associated with a point mutation in an acetylcholinesterase and overexpression of carboxylesterase [J]. Insect Biochem. Mol., 2008, 38(10): 940–949.
- [8] Nauen R, Bielza P, Denholm I, et al.. Age-specific expression of resistance to a neonicotinoid insecticide in the whitefly *Bemisia tabaci* [J]. Pest Manag. Sci., 2008, 64(11): 1106–1110.
- [9] 高有华, 于江南, 马斌, 等. 棉田间作蔬菜防治 B 型烟粉虱[J]. 植物保护, 2010, 36(6): 159–161.
- [10] 林克剑, 吴孔明, 张永军, 等. 利用诱集寄主苘麻防治 B 型烟粉虱的研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1379–1386.
- [11] 张世泽, 万方浩, 张帆, 等. 丽蚜小蜂两个品系对烟粉虱若虫的寄生适宜性[J]. 中国生物防治, 2003, 4: 149–153.
- [12] 邱宝利, 任顺祥, 肖燕, 等. 蚜小蜂和粉虱座壳孢对烟粉虱的控制作用研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2251–2254.
- [13] Huang Z, Ali S, Ren S X, et al.. Influence of the Entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on *Pryncocaria congener* (Billberg) (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions [J]. Pak. J. Zool., 2012, 44(1): 209–216.
- [14] Labb R M, Gillespie D R, Cloutiere C, et al.. Compatibility of an entomopathogenic fungus with a predator and a parasitoid in the biological control of greenhouse whitefly [J]. Biocontrol Sci. Technol., 2009, 19(4): 429–446.
- [15] Lacey L A, Fransen J J, Carruthers R. Global distribution of naturally occurring fungi of *Bemisia*, their biologies and use as biological control agents [A]. In: Gerling, D., Mayer, R. T. (Eds.), *Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage and Management* [M]. Intercept, Andover, Hants, UK, 1995, 401–433.
- [16] Poprawski T J, Jones W J. Host plant effects on activity of the mitosporic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* against two populations of *Bemisia* whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Mycopathologia, 2000, 151: 11–20.
- [17] Cabanillas E, Jones W A. Pathogenicity of *Isaria* sp. (Hypocreales: Clavicipitaceae) against the sweet potato whitefly B biotype, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) [J]. Crop Prot., 2009, 28(4): 333–337.
- [18] Poprawski T J, Greenberg S M, Ciomperlik M A. Effect of host plant on *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* induced mortality of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Environ. Entomol., 2000, 29(5): 1048–1053.
- [19] Meekes E T M, Fransen J J, van Lenteren J C. Pathogenicity of *Aschersonia* spp. against whiteflies *Bemisia argentifolii* and *Trialeurodes vaporariorum* [J]. J. Invertebr. Pathol., 2002, 81(1): 1–11.
- [20] Castineiras A. Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Cuba [J]. Florida Entomol., 1995, 78(3): 538–540.
- [21] Faria M R, Wraight S P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types [J]. Biol. Control, 2007, 43(3): 237–256.
- [22] Vu V H, Hong S I, Kim K. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control [J]. J. Biosci. Bioeng., 2007, 104(6): 498–505.
- [23] Park H, Kim K. Selection of *Lecanicillium* strains with high virulence against developmental stages of *Bemisia tabaci* [J]. Mycobiology, 2010, 38(3): 210–214.
- [24] Cuthbertson A G S, Walters K F A, Northing P. The susceptibility of immature stages of *Bemisia tabaci* to the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* on tomato and verbena foliage [J]. Mycopathologia, 2005, 159(1): 23–29.
- [25] Cuthbertson A G S, Walters K F A, Deppe C. Compatibility of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and insecticides for eradication of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* [J]. Mycopathologia, 2005, 160(1): 35–41.
- [26] Cuthbertson A G S, Blackburn L F, Northing P, et al.. Further compatibility tests of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* with conventional insecticide products for control of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* on poinsettia plants [J]. Insect Sci., 2008, 15(4): 355–360.
- [27] Cuthbertson A G S, Blackburn L F, Northing P, et al.. Leaf

- dipping as an environmental screening measure to test chemical efficacy against *Bemisia tabaci* on poinsettia plants [J]. Int. J. Environ. Sci. Tech., 2009, 6(3): 347–352.
- [28] Cuthbertson A G S, Blackburn L F, Northing P, et al.. Chemical compatibility testing of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* to control *Bemisia tabaci* in glasshouse environment [J]. Int. J. Environ. Sci. Tech., 2010, 7(2): 405–409.
- [29] Mitina G V, Sokornova S V, Pavlyushin V A. The effect of the lipid extract from the biomass of entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii* was studied against a number of different insects [J]. Mikologiya Fitopatologiya, 2002, 36: 53–59.
- [30] 王联德, 尤民生, 黄建, 等. 虫生真菌多样性及其在害虫生物防治中的作用[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(5): 920–927.
- [31] James R R, Buckner J S, Freeman T P. Cuticular lipids and silverleaf whitefly stage affect conidial germination of *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* [J]. J. Invertebr. Pathol., 2003, 84(2): 67–74.
- [32] 黄振, 任顺祥, 黎崇军. 玫瑰色拟青霉对烟粉虱的致病力测定[J]. 华南农业大学学报, 2007, 28(1): 40–44.
- [33] Bouamama N, Vidal C, Fargues J. Effects of fluctuating moisture and temperature regimes on the persistence of quiescent conidia of *Isaria fumosorosea* [J]. J. Invertebr. Pathol., 2010, 105(2): 139–144.
- [34] Huang Z, Ali S, Ren S X, et al.. Effect of *Isaria fumosoroseus* on mortality and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Plutella xylostella* [J]. Insect Sci., 2010, 17(2): 140–148.
- [35] Zhou F C, Ali S, Huang Z. Influence of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* on *Axinoscymnus cardilobus* (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions [J]. Biocontrol Sci. Technol., 2010, 20(7): 709–722.
- [36] D'Alessandro C P, Padin S, Urrutia M I, et al.. Interaction of fungicides with the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* [J]. Biocontrol Sci. Technol., 2011, 21(2): 189–197.
- [37] Wriaght S P, Carruthers R I, Jaronski S T, et al.. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for microbial control of silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* [J]. Biol. Control, 2000, 17(3): 203–217.
- [38] Faria M R, Wriaght S P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types [J]. Biol. Control, 2007, 43: 237–256.
- [39] Al Deghairi M A. Bioassay evaluation of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* Vuillemin against eggs and nymphs of *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Pak. J. Biol. Sci., 2008, 11(12): 1551–1560.
- [40] Santiago lvarez C, Maranhao E A, Maranhao E, et al.. Host plant influences pathogenicity of *Beauveria bassiana* to *Bemisia tabaci* and its sporulation on cadavers [J]. Biol. Control, 2006, 51(4): 519–532.
- [41] Shah P A, Goettel M S. Directory of microbial control products [EB/OL]. <http://www.sipweb.org/directory.htm>, Society for Invertebrate Pathology, Division of Microbial Control, 1999.
- [42] 邱君志, 黄志鹏, 潘洁茹, 等. 昆虫病原真菌粉虱座壳孢对烟粉虱侵染行为的初步研究[J]. 菌物学报, 2004, 23(1): 115–121.
- [43] 肖燕, 黄振, 任顺祥, 等. 寄主植物对粉虱座壳孢致病力的影响[J]. 华南农业大学学报, 2011, 32(1): 30–34.
- [44] Geer D E. The fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vaillem in a corn ecosystem: its effect on the insect predator *Coleomegilla maculata* [J]. Biol. Control, 1996, 6: 137–141.
- [45] Watts P, Kittakoop P, Veeranondha S, et al.. Cytotoxicity against insect cells of entomopathogenic fungi of the genera *Hypocrella* (anamorph *Aschersonia*): possible agents for biological control [J]. Mycol. Res., 2003, 107(5): 581–586.