

松毛虫赤眼蜂携带球孢白僵菌防治亚洲玉米螟 技术研究与应用

杨 芷^{1,2*}, 路 杨^{2*}, 毛 刚², 赵 宇², 张庆贺³, 隋 丽², 赵 誉⁴, 李启云^{2**}, 张正坤^{2**}

(1. 吉林农业大学生命科学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院/农业部东北作物有害生物综合治理重点实验室/吉林省农业微生物重点实验室, 长春 130033; 3. 吉林省农业技术推广总站, 长春 130021; 4. 哈尔滨师范大学生命科学与技术学院, 哈尔滨 150080)

摘要: 高效的载菌技术是提高载菌赤眼蜂防治效果的重要基础。本研究对比了不同吸附助剂对松毛虫赤眼蜂羽化时间、羽化量、存活时间及载菌量影响, 证明了不同助剂及吸附球孢白僵菌分生孢子后对赤眼蜂无不利影响。试验结果表明, 0.1% (w/v) 淀粉溶液作为吸附助剂可显著提高赤眼蜂的载菌量, 达 3.6×10^4 孢子/蜂以上, 并应用该助剂建立了赤眼蜂高效携带白僵菌方法。从被害株数、蛀孔数、活虫数和僵虫数4个方面测定了载菌赤眼蜂田间防治玉米螟效果。结果表明, 载菌赤眼蜂较单一使用赤眼蜂防治效果显著提高, 被害株数、蛀孔数和活虫数均显著降低, 分别降低了28.1%、22.8%和24.5%, 并且载菌赤眼蜂处理组中僵虫数量显著高于单独使用赤眼蜂处理组, 说明载菌赤眼蜂对玉米螟具有协同防控作用。利用该方法进行玉米螟田间防治, 能够降低防治成本, 提高防治效率, 节约劳动力, 具有巨大的应用和推广价值。

关 键 词: 载菌赤眼蜂; 亚洲玉米螟; 虫生病原真菌; 生物防治

中图分类号: S435; S476 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)01-0052-06

Use of *Trichogramma* Phoretic *Beauveria bassiana* in Control of Asian Corn Borer in Field

YANG Zhi^{1,2*}, LU Yang^{2*}, MAO Gang², ZHAO Yu², ZHANG Qinghe³, SUI Li²,
ZHAO Yu⁴, LI Qiyun^{2**}, ZHANG Zhengkun^{2**}

(1. College of Life Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast Ministry of Agriculture/Jilin Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Changchun 130033, China; 3. Jilin Provincial Agro-Tech Extension Center, Changchun 130021, China; 4. Harbin Normal University, Life Science and Technology Academy, Harbin 150080, China)

Abstract: Efficient technology for *Trichogramma* phoretic microbes is important for improving the bioactivity of *Beauveria bassiana* against Asian corn borer (ACB). In the present study, the effects of different auxiliaries for absorbing conidia of *B. bassiana* on the emergence and survival of and conidia amount carried by *T. dendrolimi* wasps were tested. The results showed no significant effects of auxiliaries and phoretic conidia on the wasps. When 0.1% (w/v) starch solution was used as an adsorbent, the *B. bassiana* conidia load by *T. dendrolimi* could be significantly increased to more than 3.6×10^4 per wasp. An efficient method for *T. dendrolimi* phoretic *B. bassiana* (TPB) was established. Control efficiency against ACB using TPB was evaluated in field. Results demonstrated a significantly higher control using TPB than using *T. dendrolimi* alone. The numbers of ACB damaged plants, boring, and surviving larvae in TPB treatment were reduced by 28.1%, 22.8% and 24.5%, respectively, relative to those in

收稿日期: 2019-04-22

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD02006); 吉林省农业科技创新工程(CXGC2017ZD006, CXGC2017ZY036, c82230812)

作者简介: *并列第一作者, 杨芷, 硕士研究生, E-mail: 769599047@qq.com; 路杨, 副研究员, E-mail: jluluyang@163.com; **通信作者, 张正坤, 副研究员, E-mail: zhangzhengkun1980@126.com; 李启云, 研究员, E-mail: qyli1225@126.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.05.011

the treatment with *T. dendrolimi* alone. The number of ACB cadavers in the TPB treatment was significantly higher than in the treatment with *T. dendrolimi* alone, indicating that TPB had a synergistic control against ACB. In conclusion, the technique of *Trichogramma* phoretic *B. bassiana* is highly valuable for control of ACB in field because of its high efficiency, low cost and low labor demand.

Key words: *Trichogramma* carrying microorganisms; *Ostrinia furnacalis*; fungal entomopathogens; biocontrol

球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 是一类广谱性昆虫病原真菌, 杀虫谱广泛, 能够防治鳞翅目、鞘翅目、同翅目等多种农林害虫, 并且具有环境友好、容易大量制备等诸多优点^[1-3]。球孢白僵菌主要依靠孢子吸附于害虫体表后, 侵入幼虫体内, 通过机械损伤和释放毒素, 导致幼虫死亡^[4]。赤眼蜂 *Trichogramma* 属于膜翅目赤眼蜂科的一种寄生性昆虫, 它通过触角上的嗅觉器官主动寻找寄主, 并产卵于寄主卵内, 幼虫取食卵黄引起寄主死亡, 多用于鳞翅目害虫的生物防治^[5-7]。我国尤其是东北地区, 利用球孢白僵菌和赤眼蜂防治亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* Guenée 和水稻二化螟 *Chilo suppressalis* Walker 已经进行了多年的推广, 并取得了良好的防治效果^[8,9]。但赤眼蜂作为寄生蜂, 一旦错过最佳放蜂时间或环境因素就会导致寄生率低, 并且对害虫幼虫无法实现控制^[10]。而球孢白僵菌分生孢子不能感染害虫卵, 只能针对害虫幼虫或成虫进行侵染, 且存在疏水作用强, 剂型单一且生物活性易受环境影响, 施用效率低等不足^[11,12]。近年来一些研究表明, 多种天敌联合应用能够充分发挥不同生防资源的优势, 提高防治效率, 有效解决这些瓶颈问题^[13]。本研究建立了赤眼蜂高效携带球孢白僵菌技术体系, 通过田间防治试验明确载菌赤眼蜂能够显著提高对玉米螟的防治效果, 降低成本, 节约劳动力, 实现了玉米螟可持续防控。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

球孢白僵菌菌株 BbOFDH1-5 由本实验室于 2008 年分离自德惠市夏家店镇四青咀村 (44°31'23" N, 125°51'59" E) 采集的亚洲玉米螟雌虫体^[14], 经纯化后 4 °C 保存在沙土管中。经液固两相发酵获得孢子粉^[15], 室内毒力测定表明其在 10⁷ 孢子/mL 浓度下对亚洲玉米螟 2 龄幼虫的 LT₅₀ 为 (6.16±0.08) d。

1.2 供试昆虫

松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 和赤眼蜂寄主柞蚕 *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville 卵由吉林省农业科学院植物保护研究所饲养并提供。

1.3 供试玉米品种

供试玉米品种为吉单 558, 由吉农高新技术发展股份有限公司提供。

1.4 不同助剂及球孢白僵菌对赤眼蜂羽化时间及羽化量影响的测定

分别按照不同质量和体积比配制无菌水 (H₂O)、0.1% 葡萄糖 (Glu) (w/v)、0.1% 马铃薯葡萄糖水 (PDS) (w/v)、0.1% 吐温-80 (T-80) 溶液 (v/v) 和 0.1% 淀粉 (SS) (w/v), 均匀喷雾于被赤眼蜂寄生 11 d 后的柞蚕卵表面使其润湿即可, 然后将柞蚕卵置于液固两相方法制备的白僵菌孢子粉 (1×10¹¹ 孢子/g) 中滚动使其均匀沾菌, 同时设置不沾菌柞蚕卵为对照 (CK)。将处理后的柞蚕卵放在培养皿中, 封口膜封口, 在 (26±1) °C, RH (60±10) %, 光周期 14L:10D 的养虫室内培养, 每个处理 5 次重复, 每个重复 10 粒卵。分别于 0、16、24、48 和 72 h 观察赤眼蜂羽化量, 并记录赤眼蜂存活数量。将赤眼蜂孵化后的柞蚕卵解剖, 在显微镜下统计未羽化的蛹数量, 并计算羽化率, 羽化率 (%) = 总羽化量 / (总羽化量 + 未羽化蛹量) × 100。

1.5 不同助剂对赤眼蜂载菌量影响的测定

待各处理赤眼蜂全部死亡后, 从每个重复中各取 10 头蜂体分别放入 1.5 mL 离心管中, 加入 1 mL 0.1% 吐温-80 (v/v) 后振荡混匀, 在显微镜下利用血球计数板观察并统计孢子数量, 计算每头赤眼蜂载菌量。

1.6 载菌赤眼蜂对亚洲玉米螟的田间防治效果

分别设置不防治对照 (CK)、赤眼蜂处理及载菌赤眼蜂处理 (TCB), 每个处理 1 hm², 间隔 500 m。试验于 2017 年在吉林省梨树县四棵树乡 (43°21'3" N, 124°09'30" E) 进行。每 hm² 释放约 4500 个柞蚕

卵（含有约 60~80 头赤眼蜂/柞蚕卵），先用 SS 喷雾对柞蚕卵表面进行润湿后再与 0.7 g 球孢白僵菌高孢粉（ 1×10^{11} 孢子/g）混合，90 r/min 摇动 5 s，使柞蚕卵表面均匀吸附球孢白僵菌孢子粉，随即放入放蜂球（专利号：ZL 20172055354.1），每个放蜂球 100 粒卵。2018 年 6 月 20 日进行第 1 次放蜂，放蜂时从玉米试验田的边垅开始数第 20 条垅为放蜂垅，顺该放蜂垅向里走 20 步左右为释放点，将该放蜂容器固定于靠近该释放点的作物中部叶片背面的中间背光处。2018 年 6 月 26 日进行第 2 次放蜂。收获前进行剖秆调查，每个处理采取 5 点取样法，取样点间隔 100 m 以上，每点调查 100 株，分别记录被害株数、蛀孔数、活虫数及僵虫数。以虫口减退率作为防效指标，虫口减退率（%）=（对照活虫数—处理活虫数）/对照活虫数 \times 100。

1.7 数据统计与分析

采用 SPSS 17.0 软件对数据进行单因素方差分析、描述性统计及方差齐性检测，并通过 Duncan 氏方法进行多重比较及显著性分析，利用 Sigmaplot 12.5 软件做图。

2 结果与分析

2.1 不同助剂及球孢白僵菌对赤眼蜂羽化的影响

试验所采用的柞蚕寄生卵在（ 26 ± 1 ）℃，RH（ 60 ± 10 ）%，光周期 14L:10D 的条件下正常培养会在寄生后的 12 d 时出蜂，出蜂前 24 h 喷湿并用孢子粉包裹柞蚕卵。分别在 16、24、48 和 72 h 对不同时间羽化量进行统计分析。结果表明，各处理组在 16~24 h 内开始羽化，并在 24 h 时达到峰值，24 h 时的羽化量即为总羽化量，每个蜂卵平均羽化量均在 50~60 头，并且各处理间差异不显著（ $P > 0.05$ ）。羽化完成后，赤眼蜂开始死亡，分别在 48 和 72 h 时观察各组赤眼蜂存活数量，结果显示，在开始羽化后 48 和 72 h，赤眼蜂活蜂量差异不显著（ $P > 0.05$ ）（图 1）。各处理组羽化率均在 70%~80%，且差异不显著（ $F = 0.987$ 、 $P > 0.05$ ）（图 2）。以上结果表明不同助剂处理及吸附白僵菌后不会影响赤眼蜂的羽化和存活。

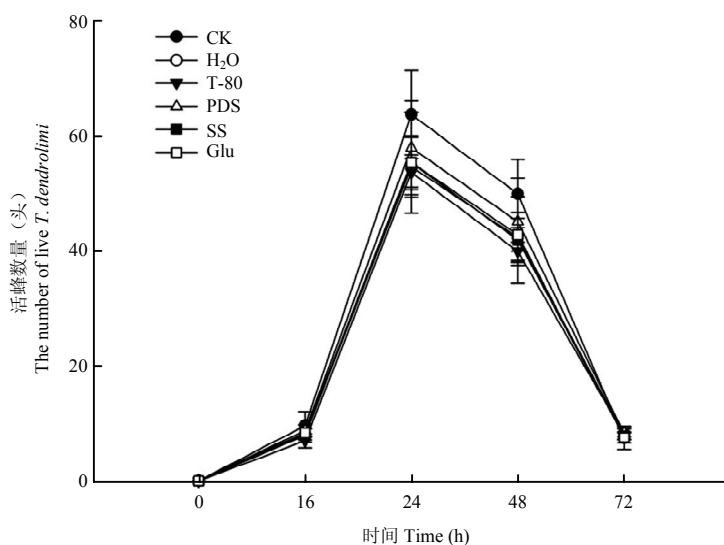


图 1 不同助剂吸附球孢白僵菌对松毛虫赤眼蜂羽化时间及数量的影响

Fig. 1 Effect of different auxiliaries and *B. bassiana* on the emergence time and survival amount of *T. dendrolimi*

2.2 不同助剂对赤眼蜂载菌量的影响

用血球计数板统计赤眼蜂虫体制成的孢子悬液中球孢白僵菌孢子数量，结果如表 1。赤眼蜂携菌量从大到小依次为溶液 SS，Glu，PDS，T-80，H₂O，但各处理中单蜂携菌量均达到 10^4 数量级以上，其中，SS 处理组中赤眼蜂携带孢子数达到 3.6×10^4 孢子/蜂以上，显著高于其他处理。说明 SS 能够使赤眼蜂携带更多的白僵菌孢子，有利于载菌赤眼蜂防治过程中感染更多的亚洲玉米螟幼虫，因此利用 SS 作为助剂进行载菌赤眼蜂防治亚洲玉米螟田间试验。

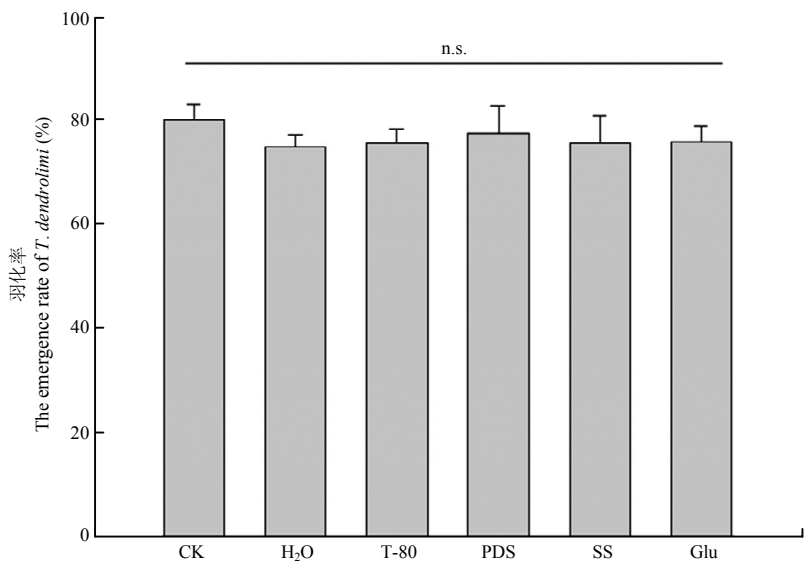


图 2 不同助剂吸附球孢白僵菌处理对松毛虫赤眼蜂羽化率的影响

Fig. 2 Effect of different auxiliaries and *B. bassiana* on the emergence rate of *T. dendrolimi*

表 1 不同助剂处理下松毛虫赤眼蜂携带球孢白僵菌的数量

Table 1 The amount of <i>B. bassiana</i> conidia carrying on <i>T. dendrolimi</i> body in different treatments	
处理 Treatment	孢子量 (×10 ⁴ /蜂) Conidia amount (×10 ⁴ /wasp)
CK	2.36±0.19 c
T-80	2.61±0.11 b
PDS	2.74±0.15 b
SS	3.66±0.11 a
Glu	3.56±0.12 a

注：数据为平均值±标准差，同行数据后不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。
Note: Data were mean±SD. Different lowercase letters in the same row indicated difference at $P<0.05$ level.

2.3 载菌赤眼蜂对亚洲玉米螟田间防治效果

在玉米收获前对应用载菌赤眼蜂防治和对照组试验田进行了被害株数、蛀孔数、活虫数和僵虫数调查（图 3）。结果表明，载菌赤眼蜂试验田被害株数、蛀孔数和活虫数分别为 21.2 株、17.6 个和 12.8 头，赤眼蜂单独处理试验田每百株被害株数、蛀孔数和活虫数分别为 45.6 株、56.4 个和 29.4 头，而对照组每百株被害株数、蛀孔数和活虫数调查结果分别为 86.8 株、170.4 个和 67.8 头，以虫口减退率作为防效指标，单独使用赤眼蜂的虫口减退率为 56.64%，而载菌赤眼蜂处理的虫口减退率为 81.21%，防效提高 24.57%。并且载菌赤眼蜂处理组较单独使用赤眼蜂处理组在被害株数和蛀孔数上分别降低了 28.1%（ $F=58.957$ ， $P<0.01$ ）和 22.8%（ $F=118.220$ ， $P<0.01$ ），载菌赤眼蜂处理组的百株僵虫数（9.4 头）显著高于单独使用赤眼蜂处理组（1.4 头）（ $F=52.552$ ， $P<0.01$ ）。

3 讨论

天敌及生防微生物是作物害虫生物防治的两种主要手段，由于其存在不同的作用机理，针对害虫不同发育阶段，如果将两种防治策略应用于同一种害虫防治，必然能够显著提高防效，但同时应用两种生防措施进行防治存在着材料成本高，费工费时的问题。因此，利用害虫天敌如赤眼蜂、捕食螨、肿腿蜂等，或其他载体如静电粉末携带生防微生物进行“精确制导”进行多种农林害虫如亚洲玉米螟、水稻二化螟、松墨天牛 *Monochamus alternatus* Hope 以及仓储害虫等防治越来越受到重视，并取得了良好的防治效果^[16-21]。本研究中利用柞蚕卵表面吸附对亚洲玉米螟高毒力的球孢白僵菌分生孢子进行载菌赤眼蜂田间防治，结果

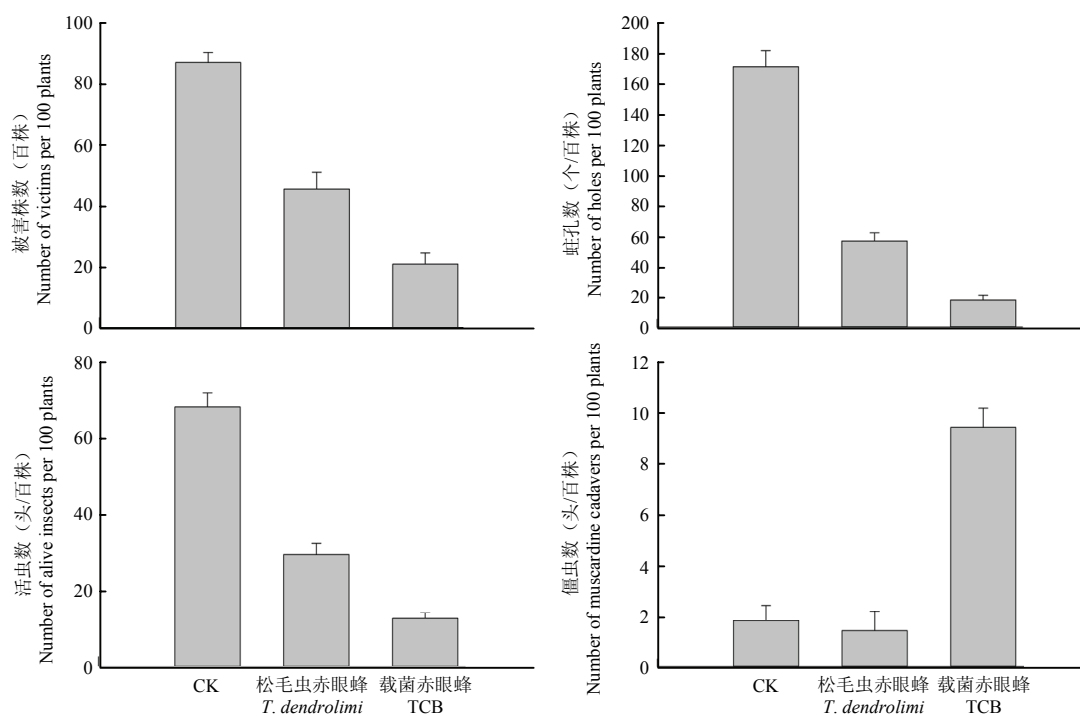


图 3 载菌赤眼蜂对亚洲玉米螟的田间防治效果

Fig. 3 Control efficiency against Asian corn borer by releasing *T. dendrolimi* carrying *B. bassiana* in field

显示, 载菌赤眼蜂较单一使用赤眼蜂防效在被害株数、蛀孔数和活虫数等指标上分别提高了 28.1%, 22.8% 和 24.5%; 并且在载菌蜂防治的处理中, 每百株采集到的亚洲玉米螟幼虫僵虫量明显高于仅释放赤眼蜂防治和未处理对照, 其中对照及赤眼蜂单独防治也采集到了僵虫, 可能是田间宿存的球孢白僵菌导致的, 而载菌赤眼蜂僵虫数显著高于其他处理, 表明载菌赤眼蜂所携带的白僵菌对被赤眼蜂寄生的同一卵块中其他未寄生而孵化的亚洲玉米螟初孵幼虫具有明显的感染作用, 降低了幼虫钻蛀率, 从而减少了蛀孔数和被害株数, 起到了更好的防治效果。

孙光芝等^[22]的研究表明赤眼蜂载菌以后, 白僵菌对赤眼蜂羽化率无明显影响, 也不影响赤眼蜂对玉米螟卵的寄生。Michele Potrich^[23,24]等的研究也证明白僵菌对赤眼蜂羽化率、雌雄比以及寄生效果没有影响, 并且白僵菌不会干扰赤眼蜂的寿命。因此, 球孢白僵菌可以与赤眼蜂协同应用防治害虫。为了实现白僵菌对赤眼蜂的低成本、高效吸附, 可将白僵菌分生孢子粘附于赤眼蜂寄主柞蚕卵表面, 待赤眼蜂羽化后以其足部、翅膀和腹部末端等多绒毛部位携带, 在其寄生过程中, 将孢子传递至害虫卵表面, 实现对初孵幼虫的侵染。由于白僵菌分生孢子具有很强的疏水性, 很难直接吸附于赤眼蜂寄主柞蚕卵表面, 根据蜂类羽化后更喜欢含糖量较高的营养成分作为补充的习性, 本文比较了几种低成本的含糖且具有粘性的助剂以增强柞蚕卵对白僵菌分生孢子吸附能力, 并对各种助剂以及粘附白僵菌后对赤眼蜂羽化时间、羽化量、存活时间及载菌量进行测定, 以材料成本和载菌量为主要考核指标, 最终筛选出 0.1% (w/v) 淀粉溶液作为吸附助剂进行柞蚕卵载菌, 并在此基础上建立了赤眼蜂携带白僵菌方法。

孙光芝等^[22]在自然条件下进行多种载菌方式进行玉米螟田间防效评价, 证明载菌赤眼蜂比单独使用赤眼蜂防治玉米螟, 可提高防治效果最高达到 15.2%。本研究利用载菌赤眼蜂技术进行了玉米螟的田间防治试验, 结果表明其防效较单一使用赤眼蜂显著提高, 并且僵虫数明显高于单独使用赤眼蜂或对照, 说明所携带的白僵菌在赤眼蜂寄生卵后实现了对初孵幼虫侵染, 实现了两种生防制剂的协同增效, 并且有利于白僵菌在亚洲玉米螟幼虫种群中引起流行, 并且只需使用极低量的白僵菌, 总的防治成本与单独使用赤眼蜂相当, 且提高了防治效果, 为其他载菌天敌防治害虫如水稻二化螟、大豆食心虫 *Leguminivora glycinivorella* Matsumura 等技术的研发和应用提供了依据。

参 考 文 献

- [1] Lopez D C, Sword G A. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*)[J]. Biological Control, 2015, 89(1): 53-60.
- [2] Wang C, Feng M G. Advances in fundamental and applied studies in China of fungal biocontrol agents for use against arthropod pests[J]. Biological Control, 2014, 68(1): 129-135.
- [3] Irigaray F J S C, Marco-Mancebón V, Pérez-Moreno I. The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and its compatibility with triflumuron: effects on the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*[J]. Biological Control, 2003, 26(2): 168-173.
- [4] Narayanan K. Insect defence: its impact on microbial control of insect pests[J]. Current Science, 2004, 86(6): 375-387.
- [5] 陈万斌, 何康来, 王勤英, 等. 不同品系赤眼蜂对桃蛀螟卵的寄生选择性[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(2): 167-172.
- [6] 施泽升, 陈海生, 覃振强, 等. 崇左甘蔗螟虫种群动态及螟黄赤眼蜂防治效果评价[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(5): 11-17.
- [7] Blibech I, Ksantini M, Jarak T, et al. Effect of insecticides on *Trichogramma* parasitoids used in biological control against prays oleae insect pest[J]. Advances in Chemical Engineering and Science, 2015, 5(3): 362-372.
- [8] 陈立玲, 张庆贺, 薛争, 等. 吉林省玉米螟生物防治现状与展望[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(4): 561-567.
- [9] 孟祥坤, 朱超, 于新, 等. 高毒力白僵菌的筛选及对花生甜菜夜蛾的致病力[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(2): 259-265.
- [10] 刘树生, 施祖华. 赤眼蜂研究和应用进展[J]. 中国生物防治, 1996, 12(2): 78-84.
- [11] 孙召朋, 张正坤, 徐文静, 等. 白僵菌培养基继代培养对蛋白酶(*cdep1*)、几丁质酶(*chit1*)基因表达的影响[J]. 植物保护, 2012, 38(2): 66-70.
- [12] 毛刚, 赵宇, 徐文静, 等. 白僵菌与苏云金芽胞杆菌水悬浮剂研制及田间防治玉米螟研究[J]. 玉米科学, 2018, 26(5): 157-161.
- [13] Ikegawa Y, Ezoe H, Namba T. Adaptive defense of pests and switching predation can improve biological control by multiple natural enemies[J]. Population Ecology, 2015, 57(2): 381-395.
- [14] 徐文静, 尹唯凰, 张正坤, 等. 防治玉米螟高效球孢白僵菌新菌株筛选[J]. 吉林农业科学, 2011, 36(4): 41-44.
- [15] 张璐璐, 吴圣勇, 王帅宇, 等. 防治西花蓟马的球孢白僵菌液固双相发酵条件优化[J]. 中国农业科学, 2015, 48(15): 2985-2994.
- [16] 吴圣勇, 王鹏新, 张治科, 等. 捕食螨携带白僵菌孢子的能力及所携孢子的活性和毒力[J]. 中国农业科学, 2014, 47(20): 399-4006.
- [17] 陶园媛, 向茂榕, 刘昊泽, 等. 4 株天牛致病菌对川硬皮肿腿蜂的毒力测定[J]. 四川林业科技, 2017, 38(4): 30-33.
- [18] 胡中成, 杨毅, 马良进, 等. 川硬皮肿腿蜂携带白僵菌主动传染松墨天牛探索试验[J]. 浙江林业科技, 2007, 27(3): 48-50.
- [19] 吴圣勇, 杨清坡, 徐长春, 等. 昆虫病原真菌和捕食螨间的互作关系及二者联合应用研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(1): 127-133.
- [20] 陈日昱, 李秀岩, 石钟锋, 等. 载菌赤眼蜂生物学特性及其对亚洲玉米螟防治效果的初步研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(3): 259-261.
- [21] Athanassiou C G, Rumbos C I, Sakka M, et al. Delivering *Beauveria bassiana* with electrostatic powder for the control of stored-product beetles[J]. Pest Management Science, 2017, 73(8): 1725-1736.
- [22] 孙光芝, 张俊杰, 阮长春, 等. 赤眼蜂载菌方式筛选及田间防治玉米螟效果[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(2): 138-141.
- [23] Potrich M, Alves L F A, Haas J, et al. Selectivity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)[J]. Neotropical Entomology, 2009, 38(6): 822-826.
- [24] Potrich M, Alves L F A, Lozano E, et al. Interactions between *Beauveria bassiana* and *Trichogramma pretiosum* under laboratory conditions[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2015, 154(3): 213-221.