

丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌对家蝇的协同控制作用

黄振东^{1,2}, 万晴^{1,2}, 庄桂芬^{1,2}, 薛志静^{1,2}, 张瑞玲^{1,2}, 张忠^{1,2}

1 山东省新发传染病溯源与防控协同创新中心, 山东 泰安 271016; 2 泰山医学院基础医学院, 山东 泰安 271016

摘要: **目的** 探讨丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌对家蝇的协同控制作用, 为家蝇防制提供科学依据。 **方法** 通过“Y”形管气味选择和寄生选择实验, 研究表面黏附球孢白僵菌孢子对丽蝇蛹集金小蜂雌蜂寄主选择性和寄生的影响; 利用生态模拟实验研究蝇蛹表面喷洒孢子对羽化家蝇生殖能力和寿命的影响。数据分析采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析。 **结果** 丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对表面喷洒球孢白僵菌孢子后 0、1、3、5、7 d 蝇蛹的选择性与对照蝇蛹比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 在表面喷洒球孢白僵菌孢子蝇蛹中羽化出的家蝇雌虫平均产卵前期为 (6.00 ± 0.94) d, 对照组为 (6.07 ± 0.78) d, 差异无统计学意义 ($P = 0.200$); 表面喷洒球孢白僵菌孢子蝇蛹中羽化出的家蝇和对照组家蝇的单雌产卵量分别为 (152.20 ± 14.37) 和 (633.17 ± 17.08) 枚, 卵孵化率分别为 $(20.64 \pm 1.74)\%$ 和 $(88.63 \pm 2.05)\%$, 雌蝇寿命分别为 (4.93 ± 1.74) 和 (28.93 ± 2.70) d。家蝇蛹表面喷洒球孢白僵菌孢子可使其单雌产卵量和卵孵化率均下降为对照组的 1/4, 雌蝇寿命下降为对照组的 1/6, 生殖潜力下降为对照组的 1%。 **结论** 在蝇蛹孳生地周围释放丽蝇蛹集金小蜂可控制 80% 以上的蝇蛹, 同时在孳生地表面喷洒球孢白僵菌孢子, 可使未被寄生蝇蛹中羽化出家蝇的生殖潜力下降近 99%, 从而达到双重控制家蝇的目的。

关键词: 丽蝇蛹集金小蜂; 球孢白僵菌; 家蝇; 综合生物防治

中图分类号: R384.2; R376 文献标志码: A 文章编号: 1003-8280(2018)04-0336-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2018.04.003

Synergistic control efficacy of *Nasonia vitripennis* and *Beauveria bassiana* against *Musca domestica*

HUANG Zhen-dong^{1,2}, WAN Qing^{1,2}, ZHUANG Gui-fen^{1,2}, XUE Zhi-jing^{1,2}, ZHANG Rui-ling^{1,2}, ZHANG Zhong^{1,2}

1 Shandong Collaborative Innovation Center for the Origin and Control of Emerging Infectious Diseases, Tai'an 271016, Shandong Province, China; 2 School of Basic Medical Sciences of Taishan Medical University

Corresponding author: ZHANG Zhong, Email: nasonia@163.com

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 81401693, 81572028, 81271874) and the Science and Technology Development Projects of Shandong Province (No. 2014GSF121007)

Abstract: Objective To provide scientific evidence for integrated control of *Musca domestica*, study the synergism of *Nasonia vitripennis* and *Beauveria bassiana*. **Methods** The “Y” olfactometer and host-selection tests were used to research the selectivity of female *N. vitripennis* to *M. domestica* pupae exposed to *B. bassiana* spores. Ecological simulation test was used to investigate the effects of *B. bassiana* on the reproductive potential and life-span of emerged *M. domestica* adults after being exposed to the spores at pupae stage. Difference of measurement data was compared with single factor analysis of variance using SPSS package. **Results** There was preference by female *N. vitripennis* to *B. bassiana* spores-treated *M. domestica* pupae and controls. The pre-oviposition period of *M. domestica* adults emerged from *B. bassiana* spores-treated pupae and controls were about (6.00 ± 0.94) and (6.07 ± 0.78) d, respectively, there were no statistical significant differences between them. The oviposition of female *M. domestica* adults emerged from *B. bassiana* spores-treated pupae and controls were (152.20 ± 14.37) and (633.17 ± 17.08) eggs, respectively. The hatchability of eggs oviposited by flies treated with spores at pupae stage and controls were about $(20.64 \pm 1.74)\%$ and $(88.63 \pm 2.05)\%$. The life span of female flies emerged from spore-exposed pupae and controls were about (4.93 ± 1.74) and (28.93 ± 2.70) d, respectively. So the female fecundity and egg hatchability of *M. domestica* treated with *B. bassiana* spores at pupae stage were reduced to 1/4 of controls, life span of female flies emerged from spore-exposed pupae dropped to 1/6 of controls, the reproductive potential of female flies emerged from spore-treated pupae dropped to 1% of control groups. **Conclusion** *Beauveria bassiana* spore treatment had no significant effects on the parasitic rate of female *N. vitripennis* to *M. domestica* pupae and the pre-oviposition period of emerged female flies. In the breeding grounds of *M. domestica*, releasing *N. vitripennis* could control 80% of the

基金项目: 国家自然科学基金(81401693, 81572028, 81271874); 山东省科技发展计划项目(2014GSF121007)

作者简介: 黄振东, 在读硕士, 主要从事病媒生物与虫媒病相关研究, Email: 731878607@qq.com

通信作者: 张忠, Email: nasonia@163.com

网络出版时间: 2018-06-01 11:49 网络出版地址: <http://navi.cnki.net/knavi/JournalDetail?pcode=CJFD&pykm=ZMSK>

pupae. Spraying *B. bassiana* spores combined with releasing *N. vitripennis* could reduce the reproductive potential of *M. domestica* by 99%. The combined method is an effective means to the integrated biological control of *M. domestica*.

Key words: *Nasonia vitripennis*; *Beauveria bassiana*; *Musca domestica*; Integrated biological control

家蝇(*Musca domestica*)可携带并传播多种病原体,如细菌、病毒、真菌、寄生虫等,威胁人类健康^[1-9]。目前,家蝇对常用杀虫剂如DDVP、残杀威、溴氰菊酯、氯菊酯、氯氰菊酯和高效氯氰菊酯等均产生了抗性,部分地区家蝇对DDVP或氯菊酯的抗性达1 000倍^[10],对溴氰菊酯的抗性超过国家敏感标准的7 000倍^[11]。为降低家蝇抗性的产生,综合治理方法(如生态控制、物理防治和生物防治等)愈显重要^[12]。生物防治指利用细菌、真菌、天敌昆虫或植物提取物等对有害昆虫进行防治,其不污染环境、不破坏生态平衡,受到越来越多的重视^[10,13]。家蝇的生物防治主要是利用寄生蜂^[14-15]、真菌^[16-17]、细菌^[13]和植物^[18]等,但这些方法多为单一使用,难以达到理想的控制效果。因此,需要探索多种生物防治因子的综合防治方法。白僵菌(*Beauveria* spp.)是一类重要的昆虫病原真菌,其致病力强、杀虫谱广,可寄生15目149科700多种昆虫及蝉、螭,是目前世界上研究和应用最多的一类昆虫病原真菌,其中球孢白僵菌(*B. bassiana*)是家蝇的重要致病真菌之一,已初步应用于家蝇的生物防治^[16-17,19]。丽蝇蛹集金小蜂(*Nasonia vitripennis*)是一种双翅目蝇类的蛹期特异性寄生蜂,对蝇类有良好的控制作用^[14,20]。球孢白僵菌特异性寄生于家蝇成虫,丽蝇蛹集金小蜂特异性寄生于家蝇蛹,两者结合利用则可建立针对家蝇两种虫期的综合生物防治法,从而提高生物防治效果。本研究将球孢白僵菌和丽蝇蛹集金小蜂联合使用控制家蝇,现将结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 试虫来源 丽蝇蛹集金小蜂及其繁育寄主家蝇均系泰山医学院病媒生物与虫媒病实验室种群,自2005年饲养至今。

1.2 菌株来源及孢子液的制备 球孢白僵菌由自然感染的家蝇分离,经分子鉴定后命名为球孢白僵菌CF08株^[17]。在培养球孢白僵菌马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA培养基)表面刮取孢子,加入已灭菌的0.05%吐温-80溶液中,制成孢子悬浮液(浓度为 1.0×10^8 /ml),测定孢子萌发率,萌发率>90%用于实验。

1.3 丽蝇蛹集金小蜂的繁育 以家蝇室内种群供其寄生繁育^[21]。化蛹2 d内的家蝇蛹收集于300 ml塑料瓶中,每瓶约100只,移入集中交配过的丽蝇蛹集金小蜂雌蜂约20只,4 h后取出寄生蜂,被寄生的蝇蛹置于温度(25 ± 1)℃、相对湿度(70 ± 5)%、光照周期(L:D)=14 h:10 h的人工气候箱内保育,待子

代寄生蜂羽化。羽化后寄生蜂提供含20%蜂蜜水棉球作为食物,用于实验研究或种群繁衍。

1.4 球孢白僵菌处理家蝇蛹对丽蝇蛹集金小蜂雌蜂选择性的影响

1.4.1 家蝇蛹体表黏附孢子对丽蝇蛹集金小蜂雌蜂寄主选择性的影响 取刚化蛹的家蝇蛹,置于浓度为 10^8 /ml的球孢白僵菌孢子悬浊液中浸泡5 s,取出于滤纸上自然晾干,以每30只一组置于灭菌的50 ml离心管内,管口封以纱布。分别取浸渍后0、1、3、5、7 d的家蝇蛹进行“Y”形管气味选择实验,参照张忠等^[22]方法测试。丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对蝇蛹的选择性采用“Y”形管气味选择实验,以同期在0.05%吐温-80溶液中浸泡的家蝇蛹为对照。

1.4.2 家蝇蛹体表黏附孢子对丽蝇蛹集金小蜂雌蜂寄生选择性的影响 准备大小为20 cm×10 cm×5 cm的塑料盒作为蝇蛹保育盒,盒内放置10~20目的灭菌沙土,保持湿度为40%~50%,厚度约为3 cm,在表面均匀放置化蛹后2 d的家蝇蛹100只,后再以10~20目的灭菌沙土均匀覆盖,厚度约为1 cm,模拟蝇蛹在孳生地的自然化蛹状态。沙土表面均匀喷洒浓度为 10^8 /ml的球孢白僵菌孢子悬浊液,使表面沙土湿润,作为处理组,以表面喷洒0.05%吐温-80灭菌液的保育盒内的蝇蛹为对照组,将处理组和对照组保育盒同时置于大小为40 cm×40 cm×40 cm、外罩为50目尼龙网的养虫笼内。笼内接入羽化后3 d且集中交配过的丽蝇蛹集金小蜂雌蜂约100只,使其自由选择盒内蝇蛹进行寄生,4 h后取出保育盒内的家蝇蛹,将两组蝇蛹分别放入不同的养虫笼内,分别统计两组被寄生蝇数、出蝇蛹数和死亡蝇数。被寄生蝇蛹指羽化出丽蝇蛹集金小蜂的蝇蛹,以观察到蝇蛹上的寄生蜂羽化孔为准;成功羽化出家蝇成虫的蝇蛹计数为出蝇蛹;既未羽化出蜂、也未羽化出蝇的蝇蛹计为死亡蝇。两组均设10个重复。分别收集两组中羽化出的家蝇成虫,正常提供食物和饮水,每天观察计数死亡的家蝇数,收集死亡家蝇,以免干扰后续计数,直至处理组家蝇全部死亡,绘制家蝇存活曲线。

1.4.3 蛹期接触球孢白僵菌孢子对家蝇雌虫寿命和生殖力的影响 按1.4.2设置处理组和对照组蝇蛹,并设5个重复。分别收集两组羽化出的家蝇成虫,正常提供食物和饮水,雌雄交配后,选择两组交配后家蝇雌蝇30只,单头置于 ϕ 15 cm、高10 cm的塑料盒内,表面覆盖纱布,防止成虫逃逸,正常提供食物、

饮水和产卵基质,每天收集蝇卵和死亡的家蝇,计算两组家蝇的产卵前期、单雌产卵量和平均寿命。收集的蝇卵置于人工气候箱内保育,分别统计两组蝇卵的孵化率。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 20.0 软件进行数据单因素方差分析,采用 GraphPad Prism6.0 软件进行绘图。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对不同处理蝇蛹的选择性 丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对浸渍球孢白僵菌孢子蝇蛹和对照组蝇蛹的选择比例分别为 $(38.00 \pm 3.54)\%$ 和 $(37.60 \pm 2.24)\%$,差异无统计学意义($F = 0.168, P = 0.687$);对浸渍后不同时间蝇蛹和对照组蝇蛹的选择性差异无统计学意义(表 1)。丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对化蛹 3 d 内处理组和对照组家蝇蛹选择比例均为 $(44.33 \pm 3.20)\%$,差异无统计学意义;对化蛹 5~7 d 处理组和对照组蝇蛹的选择比例分别为 $(28.50 \pm 4.74)\%$ 和 $(27.50 \pm 4.86)\%$,差异亦无统计学意义($F = 0.025, P = 0.863$)。但丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对化蛹 3 d 内的蝇蛹选择比例显著高于化蛹 5~7 d 的蛹($F = 7.262, P = 0.011$)。

表 1 丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对喷洒球孢白僵菌孢子和对照组蝇蛹的选择性

Table 1 The selectivity of female *Nasonia vitripennis* to *Musca domestica* pupae exposed to *Beauveria bassiana* spores and controls

日龄(d)	处理组(%)	对照组(%)	未选择(%)	F 值	P 值
0	43.00±2.73	42.00±2.73	15.00±3.54	0.088	0.785
1	45.00±3.54	45.00±0.00	11.00±4.18	2.672	0.138
3	45.00±3.54	46.00±4.18	10.00±3.54	0.587	0.463
5	32.00±2.74	31.00±4.18	38.00±5.70	0.642	0.454
7	25.00±3.54	24.00±2.34	51.00±4.18	0.088	0.785

2.2 家蝇蛹表面喷洒球孢白僵菌孢子对丽蝇蛹集金小蜂寄生率的影响 球孢白僵菌孢子处理家蝇蛹不影响丽蝇蛹集金小蜂雌蜂的寄生,对照组蝇蛹和处理组蝇蛹的寄生率均约为 82%,出蝇率约为 10%,蝇蛹死亡率约为 5%,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。羽化后家蝇的存活率差异有统计学意义,蛹期喷洒球孢白僵菌孢子的家蝇而未被寄生家蝇羽化后 15 d 全部死亡,而对照组家蝇 15 d 的存活率仍在 50%左右,见图 1。

2.3 蛹期接触球孢白僵菌孢子对家蝇雌虫寿命和生殖力的影响 蛹期接触球孢白僵菌孢子对家蝇的产卵前期无显著影响,但在蝇蛹表面喷洒球孢白僵菌孢子可显著降低雌蝇寿命、单雌产卵量和卵孵化率。处理组单雌产卵量和卵孵化率均下降为对照组的 1/4,雌蝇寿命下降为对照组的近 1/6,其生殖潜力

显著下降为对照组的 1%,见表 3。丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌对家蝇蛹联合控制作用情况见图 2。

表 2 丽蝇蛹集金小蜂雌蜂对喷洒球孢白僵菌孢子和对照组蝇蛹的寄生情况

Table 2 The parasitic ability of female *Nasonia vitripennis* to spore-exposed *Musca domestica* pupae and controls

组别	寄生率(%)	出蝇率(%)	死亡率(%)
处理组	82.20±1.32	11.90±0.88	5.90±1.45
对照组	82.60±1.26	13.20±1.75	4.20±2.53
P 值	0.978	0.865	0.883

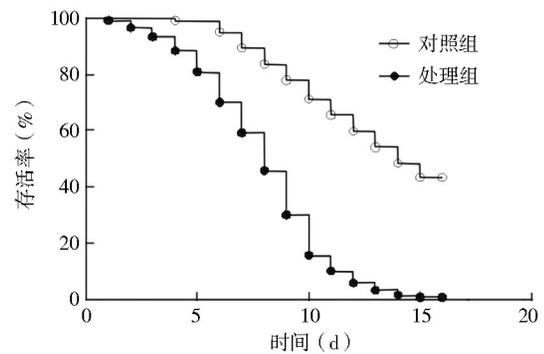


图 1 家蝇蛹表面喷洒白僵菌孢子组和对照组羽化后家蝇的存活情况

Figure 1 Survival curve of *Musca domestica* adults emerged from *Beauveria bassiana* spore-exposed pupae and controls

表 3 球孢白僵菌孢子处理蝇蛹对羽化后家蝇雌虫生殖潜力和寿命的影响

Table 3 Effects of exposure to *Beauveria bassiana* spores at pupae stage on the reproductive potential and life-span of emerged *Musca domestica* adults

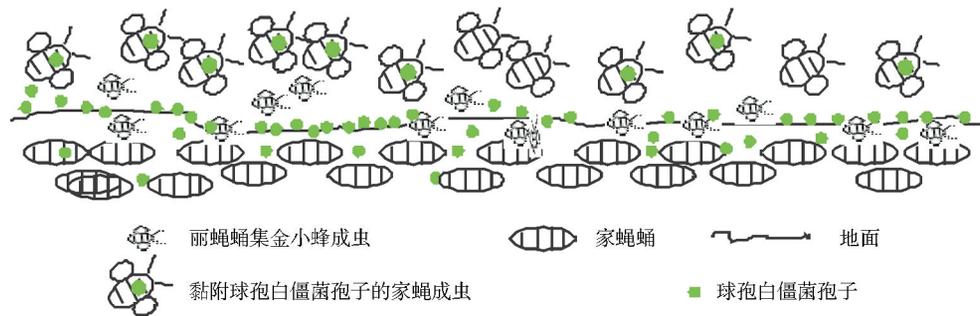
组别	产卵前期(d)	单雌产卵量(枚)	卵孵化率(%)	寿命(d)
处理组	6.00±0.94	152.20±14.37	20.64±1.74	4.93±1.74
对照组	6.07±0.78	633.17±17.08	88.63±2.05	28.93±2.70
P 值	0.200	<0.001	<0.001	0.020

3 讨论

家蝇是世界性分布的重要病媒生物,一般以化学防治、物理防治和环境治理为主要方法进行防控。物理防治一般用于封闭环境,治理费用较高,化学防治应用广泛,但易使家蝇产生抗药性^[10-11]。生物防治具有省时省力、不污染环境等特点,符合绿色防控要求,但家蝇的生物防治一般利用单一生物防治手段,难以达到理想效果,而利用多种生物防治方法对家蝇进行控制的技术研究较少^[10,12]。

家蝇化蛹时一般寻找隐蔽场所,化蛹于浅层土壤下,难以进行有效杀灭,是家蝇最难控制的虫期,一般农药难以达到效果。而释放丽蝇蛹集金小蜂后,可自动搜寻蝇蛹进行寄生^[14,20],寄生蜂建立种群后可对蝇蛹进行持续控制,而未被寄生的蝇蛹羽化后,可通过农药进行杀灭,但易污染环境,伤害天敌昆虫。

球孢白僵菌是一种寄生家蝇成虫的病原真菌,



注:在蝇孳生地表面喷洒球孢白僵菌孢子,同时释放丽蝇蛹集金小蜂,孢子对丽蝇蛹集金小蜂寄生能力无显著影响,对家蝇蛹的羽化也无显著影响,但可使羽化后家蝇的生殖力下降99%,达到协同控制蝇蛹的目的

图2 丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌对家蝇蛹联合控制作用示意图

Figure 2 Sketch of the integrated biological control of *Musca domestica* by *Nasonia vitripennis* and *Beauveria bassiana* spores

可用于家蝇的防治,对丽蝇蛹集金小蜂安全。本研究结果表明,联合使用丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌,丽蝇蛹集金小蜂可寄生>80%的家蝇蛹,未被寄生家蝇蛹羽化后,因感染球孢白僵菌,其生殖潜力下降>99%,达到双重控制家蝇的目的,防制效果与化学防治相当^[23],且不污染环境,不使家蝇产生抗性。丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌可寄生丽蝇、麻蝇、家蝇等常见蝇类的蛹期和成虫期(图2)。因此,本方法也可用于其他蝇类(如丽蝇科、家蝇科和麻蝇科)的综合生物防治,具有广泛适用性。

自然生态环境中的家蝇可对多种杀虫剂产生抗性,通过对杀虫剂改换、轮换、混用等多种方法可延缓和减少家蝇抗性的产生。而新型作用靶点杀虫剂研发相对滞后,持续对家蝇进行化学防治,其抗性会逐渐增强并产生多重抗性,治理愈发困难。将丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌联合用于家蝇治理,可减少化学杀虫剂的使用、环境污染及家蝇对化学杀虫剂抗性的产生。若丽蝇蛹集金小蜂和球孢白僵菌在蝇类孳生地建立自然种群或形成野外菌株后,可减少释放或喷洒次数,从而达到持续控制效果。

参考文献

- [1] Olsen AR, Gecan JS, Ziobro GC, et al. Regulatory action criteria for filth and other extraneous materials v. strategy for evaluating hazardous and nonhazardous filth[J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2001,33(3):363-392. DOI:10.1006/rtp.1998.1249.
- [2] Echeverria P, Harrison BA, Tirapat C, et al. Flies as a source of enteric pathogens in a rural village in Thailand [J]. Appl Environ Microbiol, 1983,46(1):32-36.
- [3] Fotedar R. Vector potential of houseflies (*Musca domestica*) in the transmission of *Vibrio cholerae* in India [J]. J Acta Trop, 2001,78(1):31-34. DOI:10.1016/S0001-706X(00)00162-5.
- [4] Nazni WA, Luke H, Wan Rozita WM, et al. Determination of the flight range and dispersal of the house fly, *Musca domestica* (L.) using mark release recapture technique [J]. Trop Biomed, 2005,22(1):53-61.
- [5] Murvosh CM, Thaggard CW. Ecological studies of the house fly [J]. J Ann Entomol Soc Am, 1966, 59 (3) : 533-547. DOI: 10.1093/aesa/59.3.533.
- [6] Ahmad A, Nagaraja TG, Zurek L. Transmission of *Escherichia coli* O157 : H7 to cattle by house flies [J]. Prev Vet Med, 2007, 80(1):74-81. DOI:10.1016/j.prevetmed.2007.01.006.
- [7] 陈丹,张瑞玲,刘婧,等. 蝇类携带病原体研究进展[J]. 中国病原生物学杂志, 2016, 11(8):765-768, 附页1-2. DOI:10.13350/j.cjpb.160821.
- [8] 陈丹,庄桂芬,黄振东,等. 日照市某渔村家蝇和丝光绿蝇成虫体表携带细菌的检测[J]. 中华卫生杀虫药械, 2017, 23(3):255-257,260.
- [9] 薛志静,张瑞玲,庄桂芬,等. 家蝇携带真菌的研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2017, 28(4):396-399. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2017.04.025.
- [10] 冷培恩,王明福,莫建初,等. 蝇类防控工作进展与发展展望[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2015, 26(3):217-222, 227. DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2015.03.001.
- [11] 黄志光,鲜军,胡俊,等. 我国家蝇对常用杀虫剂的抗性现状分析[J]. 中华卫生杀虫药械, 2015, 21(3):306-308, 313.
- [12] 张瑞玲,陈丹,刘婧,等. “推-拉策略”在医学昆虫综合治理中的应用[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2016, 27(6):624-628. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2016.06.027.
- [13] 张吉斌,喻子牛. 微生物防治卫生害虫的研究进展[J]. 中华卫生杀虫药械, 2007, 13(6):399-401. DOI:10.3969/j.issn.1671-2781.2007.06.004.
- [14] 张忠,宋光乐,邓文,等. 丽蝇蛹集金小蜂的释放方法研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2009, 15(6):454-457.
- [15] 周和锋,郑金土,张同心,等. 家蝇蛹和果蝇蛹繁育的蝇蛹集金小蜂对果蝇蛹的寄生比较[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(1):194-199. DOI:10.7679/j.issn.2095-1353.2014.022.
- [16] 杜迎刚,赖钟雄,张忠. 双效毒蝇绳对家蝇的控制效果[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(4):915-920. DOI:10.3969/j.issn.1674-0858.2015.04.30.
- [17] 庄桂芬,黄振东,薛志静,等. 球孢白僵菌 CF08 株在家蝇成虫间的水平传播实验[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2017, 28(2):131-134. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2017.02.008.
- [18] 马亮亮,周俊凝,张忠,等. 泰山照山白枝叶对家蝇产卵和生长发育的影响[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2017, 28(2):135-137. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2017.02.009.
- [19] Cárcamo MC, Felchicher F, Duarte JP, et al. Horizontal transmission of *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) and *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) in *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) [J]. J Econ Entomol, 2015, 108(4):1579-1586. DOI:10.1093/jeetov163.
- [20] 薛瑞德,陈仁兵,张杰,等. 丽蝇蛹集金小蜂的大量繁殖与释放方法[J]. 昆虫知识, 1988, 25(1):53-54.
- [21] 张忠,叶恭银,胡萃,等. 以棕尾别麻蝇蛹繁育丽蝇蛹集金小蜂最佳条件研究[J]. 中国病原生物学杂志, 2008, 3(6):452-454. DOI:10.3969/j.issn.1673-5234.2008.06.017.
- [22] 张忠,史卫峰,叶恭银,等. 丽蝇蛹集金小蜂雌蜂的寄主选择性[J]. 中国病原生物学杂志, 2008, 3(11):818-820. DOI:10.3969/j.issn.1673-5234.2008.11.007.
- [23] 史慧勤,陈璐艺,韩华,等. 呋虫胺与顺式氯氰菊酯混配对抗性家蝇的控制效果观察[J]. 中华卫生杀虫药械, 2016, 22(1):19-21,25.

收稿日期:2018-02-14