

短期冷藏米蛾卵对草地贪夜蛾天敌短管赤眼蜂繁育质量的影响

张琛^{1#}, 周金成^{1#}, 杨帅¹, 张龙喜¹,
张柱亭², 宁素芳¹, 董前进¹, 董辉^{1*}

(1. 沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110866; 2. 凯里学院, 凯里 556011)

摘要 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 原产于美洲, 是目前严重威胁我国粮食生产安全的重大入侵害虫。短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* 是草地贪夜蛾原产地重要天敌。我国早在 1979 年便已引进短管赤眼蜂, 但尚未大规模应用。利用短期冷藏替代寄主卵繁育赤眼蜂等天敌可延长其“货架期”。为明确短期冷藏米蛾卵对短管赤眼蜂质量及防控效能的影响, 本文研究了米蛾卵在 4℃ 下冷藏 0 d (对照)、7 d 和 14 d 后育出的短管赤眼蜂子代的发育历期、羽化率、个体大小、繁殖力、耐饥饿时间及对草地贪夜蛾卵的室内寄生率。结果表明: 短时冷藏的米蛾卵对育出的短管赤眼蜂质量产生一定负面影响, 主要表现在繁殖力下降和个体偏小, 但其发育历期、羽化率和耐饥饿能力不受影响。冷藏 7 d 的米蛾卵育出的子代蜂对草地贪夜蛾卵的寄生率与对照组相比无显著差异, 但冷藏 14 d 的米蛾卵育出的子代蜂对草地贪夜蛾卵的寄生能力明显衰退。本研究说明, 米蛾卵冷藏 7 d 对育出的短管赤眼蜂寄生草地贪夜蛾卵的效能影响不大。研究结果将为以米蛾卵作为替代寄主大规模繁育短管赤眼蜂提供重要参考。

关键词 短管赤眼蜂; 草地贪夜蛾; 米蛾卵; 低温冷藏; 大规模繁育

中图分类号: S 476.3, S 433.4 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2019405

Effect of short-term cold storage of *Corcyra cephalonica* eggs on the quality of *Trichogramma pretiosum* used for the control of *Spodoptera frugiperda*

ZHANG Chen¹, ZHOU Jincheng¹, YANG Shuai¹, ZHANG Longxi¹,
ZHANG Zhuting², NING Sufang¹, DONG Qianjin¹, DONG Hui¹

(1. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;
2. Kaili University, Kaili 556011, China)

Abstract *Spodoptera frugiperda*, a species native to the Americas, is a new dangerous invasive pest threatening the crop production of China. *Trichogramma pretiosum* is one of the most important natural enemies against *S. frugiperda* in Americas. This *Trichogramma* species has been introduced in China since 1979, but has not been widely used. To clarify effects of short-term cold storage of *Corcyra cephalonica* eggs on the quality of *T. pretiosum*, we investigated the development time, emergence rate, body size, starvation tolerance time, and parasitic efficacy of *T. pretiosum* cultured with *C. cephalonica* eggs stored at 4°C for 0 d (control group), 7 d and 14 d against *S. frugiperda* eggs. The results showed that cold storage of host eggs negatively affected body size and fecundity of *T. pretiosum* offspring, but showed no effect on the development time, emergence rate, and starvation tolerance time of *T. pretiosum* offspring. The parasitic rate of *T. pretiosum* offspring against *S. frugiperda* eggs was not decreased when host eggs stored for 7 d, but significantly declined when offspring emerged from the host eggs stored at 4°C for 14 d. Our study will supply a basic reference for the mass-rearing of introduced *T. pretiosum* against *S. frugiperda*.

Key words *Trichogramma pretiosum*; *Spodoptera frugiperda*; *Corcyra cephalonica* eggs; cold storage; mass-rearing

收稿日期: 2019-08-12 修订日期: 2019-08-17

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201000)

* 通信作者 E-mail: biocontrol@163.com

为并列第一作者

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 原产于美洲,是一种兼具杂食性和迁飞性的鳞翅目害虫^[1-3]。自2019年1月在我国云南省首次发现草地贪夜蛾入侵以来,短短7个月,草地贪夜蛾已迁飞扩散至我国22个省份^[4]。对草地贪夜蛾等入侵生物而言,天敌的缺失是其在入侵地快速扩张的重要原因之一。因此,筛选和利用针对草地贪夜蛾的专性天敌对恢复入侵地生态平衡具有重要意义^[5]。

短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* 是草地贪夜蛾的主要自然天敌之一^[5]。该蜂已于20世纪先后由美国和法国引进我国,但引进后尚未得到大规模应用^[6]。在南美洲的巴西,有人发现当地草地贪夜蛾所有卵期寄生性天敌种类中,短管赤眼蜂占比约为82.73%,远远大于其他的卵寄生性天敌种类占比的总和^[7]。Beserra等^[8]调查同样发现,所有被寄生蜂寄生的草地贪夜蛾卵块中,短管赤眼蜂占比达93.79%。鉴于草地贪夜蛾已入侵我国,其专性寄生天敌短管赤眼蜂的大规模繁育及应用将被提上日程。在美洲国家,该蜂多由米蛾 *Corcyra cephalonica* 或地中海粉螟 *Anagasta kuehniella* 产出的“小卵”作为替代寄主进行大规模繁殖^[9-10]。我国赤眼蜂生产单位主要以柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵等“大卵”作为替代寄主大规模繁育赤眼蜂^[11]。然而短管赤眼蜂无法寄生柞蚕卵。因此,要想在短时间内实现短管赤眼蜂的规模化繁育,势必要依托赤眼蜂的“小卵”繁育技术。在赤眼蜂的工厂化繁育过程中常难以在同一时间获得大量的米蛾卵。为了延长赤眼蜂产品的货架期,对米蛾卵进行短期冷藏是各地赤眼蜂生产单位的通用做法。因此,了解短期冷藏米蛾卵对短管赤眼蜂质量及其对目标害虫寄生能力的影响尤为重要。基于现实需要,本研究统计并分析了4℃下保存0 d(对照组)、7 d和14 d的米蛾卵所育出的短管赤眼蜂子代蜂的个体大小、发育历期、繁殖力和寿命等适合度指标以及对草地贪夜蛾卵的室内寄生率。研究结果将为改善短管赤眼蜂小卵繁育技术提供重要参考。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

供试草地贪夜蛾采自贵州省黔东南州凯里市丹寨县附近的玉米田。草地贪夜蛾幼虫以人工饲料饲养至化蛹。人工饲料以Bowling于1967年^[12]提出

的草地贪夜蛾人工饲料配方为基础,加入微量复合维生素、韦氏盐和甲醛加以改进。待成虫羽化后转移至圆柱形养虫笼(直径20 cm,高35 cm)内,笼内放置牛皮纸作为产卵介质。以无菌脱脂棉蘸取10%蜂蜜水每12 h饲喂成虫1次。每隔12 h将产于牛皮纸上的草地贪夜蛾卵块剪下,作为本试验的供试寄主卵块。

本试验中的短管赤眼蜂室内种群已用米蛾卵作为替代寄主连续繁育约600代。试验所使用的短管赤眼蜂种群为体内感染胞内共生菌 *Wolbachia* 的孤雌产雌品系。该品系雌蜂无需交配就可产下几乎100%的雌性子代。寄主昆虫米蛾以麦麸饲养,以塑料纱窗网作为米蛾成虫的产卵介质。每日收集新鲜米蛾卵,每300粒米蛾卵粘在涂有阿拉伯胶的白色纸卡上制成米蛾卵卡备用。育出的短管赤眼蜂以10%蜂蜜水每日饲喂,并供以足量米蛾卵卡供其寄生。短管赤眼蜂、米蛾和草地贪夜蛾的繁育条件均为(26±1)℃,RH 60%~80%,光周期 L//D=16 h//8 h。

1.2 试验设计

将每日收集的新鲜米蛾卵制成卵卡后分为3组,第1组不经过冷藏,直接供赤眼蜂寄生;第2组和第3组则转移至4℃条件下分别冷藏7 d和14 d。为防止短管赤眼蜂对卵卡上的单粒米蛾卵重复寄生后产下多个子代,进而影响试验结果的准确性,本试验预先分别接入未经冷藏、冷藏7 d和冷藏14 d的过量米蛾卵(共40张米蛾卵卡,共计约12 000粒米蛾卵/组)于3个玻璃试管内,然后每管各接入40头1日龄短管赤眼蜂寄生8 h后移出。卵卡上的米蛾卵变黑则表明已被寄生。3组处理分别随机抽取卵卡上的黑卵70粒,用刀片将米蛾卵粒切下后单粒分装于1.5 mL离心管内,每日6:00、14:00、22:00分别观察记录1次羽化情况。子代蜂全部羽化后,对残留黑卵进行解剖,以检查卵内是否残存有死亡子代蜂。其中单个卵内死亡子代蜂和羽化子代蜂总数为2头及2头以上的黑卵被视为无效重复,以避免因卵内子代蜂数量不同对后续试验结果的影响。记录子代个体的发育历期(母代蜂寄生结束移出到子代蜂羽化的历期)和子代蜂羽化率;羽化后的子代成蜂不给予任何营养来源,每隔8 h观察子代成蜂是否死亡,记录其寿命(羽化到死亡的历期)用以表示雌蜂耐饥饿能力。其余黑卵饲养至子代蜂羽化,每组处理随机抽取40~50头雌蜂,单头

分装于指形管内以足量新鲜米蛾卵供其寄生直至雌蜂死亡。以被寄生的米蛾卵总数表示雌蜂终生产卵量,作为其个体繁殖力指标。雌蜂死亡后测量后足胫节长度表示其个体大小。每组处理另抽取 25 头短管赤眼蜂,每 5 头雌蜂供以 1 块草地贪夜蛾卵块(选取卵龄为 0~12 h,且含有约 100 粒卵粒大小适中的草地贪夜蛾卵块)供其寄生 36 h 后移出,待草地贪夜蛾卵粒变黑后,记录卵块上的卵粒寄生率。

1.3 数据处理

采用广义线性模型下的单因素方差分析检验不同冷藏时间米蛾卵对短管赤眼蜂子代蜂发育历期(泊松分布)、个体大小(正态分布)、繁殖力(泊松分布)、耐饥饿时间(泊松分布)和对草地贪夜蛾卵块的

卵粒寄生率(二项分布)的影响^[13]。不同处理水平下各试验指标的多重比较采用 Tukey 氏 HSD 法进行检验^[14]。采用独立性卡方检验比较不同处理下子代羽化率是否具有独立性,不同处理下的子代蜂羽化率多重比较则采用事后卡方成对检验。本试验所得数据均使用 R 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 子代蜂羽化率、发育历期、个体大小、繁殖力和耐饥饿时间

米蛾卵冷藏时间对子代蜂羽化率无显著影响($\chi^2=1.43, df=2, P=0.49$)。冷藏 0、7 d 和 14 d 的米蛾卵育出的子代蜂羽化率分别为 88.89%±3.96%、81.25%±5.63%和 87.50%±4.77%(表 1)。

表 1 寄主米蛾卵不同冷藏时间处理下短管赤眼蜂子代蜂羽化率¹⁾

Table 1 Emergence rate of *Trichogramma pretiosum* offspring in *Corcyra cephalonica* eggs stored for different time at 4°C

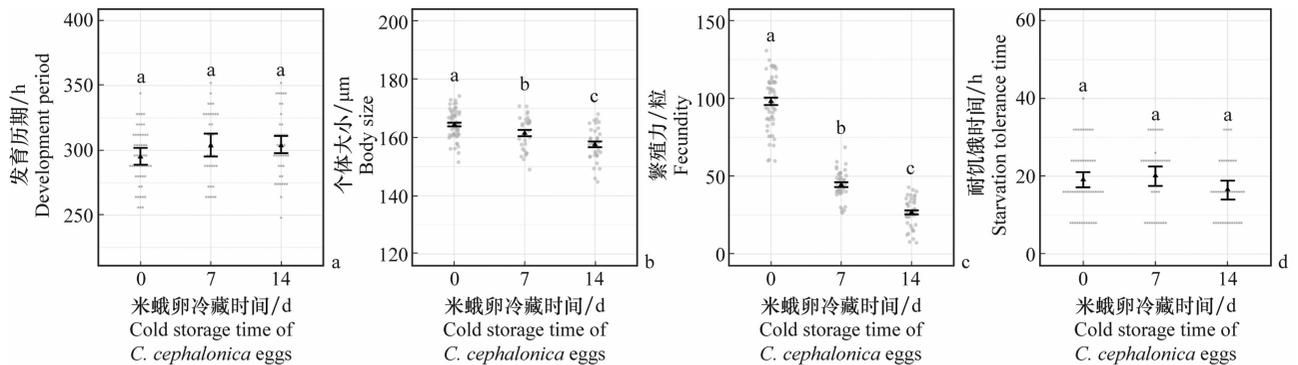
冷藏时间/d Cold storage time	抽样黑卵数/粒 Sample size	羽化黑卵数/粒 No. of emerged blacken eggs	未羽化黑卵数/粒 No. of unemerged blacken eggs	羽化率±SE/% Emergence rate±SE
0	63	56	7	(88.89±3.96)a
7	48	39	9	(81.25±5.63)a
14	48	42	6	(87.50±4.77)a

1) 相同小写字母表示不同处理下子代蜂羽化率间无显著差异。下同。

The same lowercase letters indicate the insignificant difference of emergence rate of offspring among different cold storage time of *C. cephalonica* eggs. The same below.

单因素方差分析表明,米蛾卵冷藏时间对短管赤眼蜂子代发育历期无显著影响($F_{2,128}=2.05, P=0.13$)。冷藏 0、7 d 和 14 d 的米蛾卵育出的子代蜂

发育历期分别为 294.94 h±3.29 h、303.57 h±3.99 h 和 303.71 h±3.79 h(图 1a)。



灰色圆点表示原始观测值(采取了抖动作图方法以避免数值点相互重叠)。黑色三角表示平均值。误差柄表示 95% 置信区间。相同小写字母表示不同冷藏时间之间无显著差异。下同

The grey points indicate the raw data (Jitter method was applied to avoid the overlaps of points). The black triangles indicate the mean values. The error bars indicate the 95% confidence intervals. The same lowercase letters indicate the insignificant difference among different cold storage time of *C. cephalonica* eggs. The same below

图 1 米蛾卵冷藏不同时间对子代蜂发育历期(a)、个体大小(b)、繁殖力(c)和耐饥饿时间(d)的影响

Fig. 1 Development period (a), body size (b), fecundity (c), and starvation tolerance time (d) of offspring wasps as influenced by different cold storage time of *Corcyra cephalonica* eggs at 4°C

米蛾卵冷藏时间对子代蜂个体大小存在显著影响($F_{2,138}=16.74, P<0.05$)。对照组子代蜂个体大小

(164.44 μm ±0.72 μm)显著大于冷藏 7 d (161.47 μm ±1.00 μm ; $z=2.41, P<0.05$)和 14 d (157.61 μm ±

0.94 μm ; $z=5.78, P<0.05$)的米蛾卵育出的子代蜂。冷藏7 d的米蛾卵育出的子代蜂个体大小显著大于冷藏14 d的米蛾卵育出的子代蜂($z=2.82, P<0.05$)(图1b)。

米蛾卵冷藏时间对子代雌蜂繁殖力存在显著影响($F_{2,138}=421.96, P<0.05$)。对照组雌蜂繁殖力(99.18粒 \pm 2.22粒)显著高于冷藏7 d(44.62粒 \pm 1.80粒; $z=24.56, P<0.05$)和14 d(26.74粒 \pm 1.32粒; $z=17.08, P<0.05$)的米蛾卵育出的雌蜂。冷藏7 d的米蛾卵育出的雌蜂繁殖力显著高于冷藏14 d的米蛾卵育出的雌蜂($z=8.18, P<0.05$)(图1c)。

米蛾卵冷藏时间对子代蜂耐饥饿时间无显著影响($F_{2,123}=1.83, P=0.17$)。对照组、7 d和14 d的米蛾卵育出的子代蜂耐饥饿时间分别为19.14 h \pm 1.21 h、20.17 h \pm 1.50 h和16.60 h \pm 1.27 h(图1d)。

2.2 对草地贪夜蛾卵块的卵粒寄生率

米蛾卵冷藏时间对子代蜂寄生草地贪夜蛾卵块的卵粒寄生率存在显著影响($F_{2,10}=3.65, P<0.05$)。冷藏14 d的米蛾卵育出的雌蜂对草地贪夜蛾卵块的卵粒寄生率(43.01% \pm 5.71%)显著低于对照组(77.79% \pm 4.75%; $z=5.02, P<0.05$)和冷藏7 d(71.44% \pm 2.66%; $z=5.17, P<0.05$)的米蛾卵育出的雌蜂,而冷藏7 d的米蛾卵育出的雌蜂对草地贪夜蛾卵块的卵粒寄生率与对照组相比无显著差异($z=1.20, P=0.45$)(图2)。

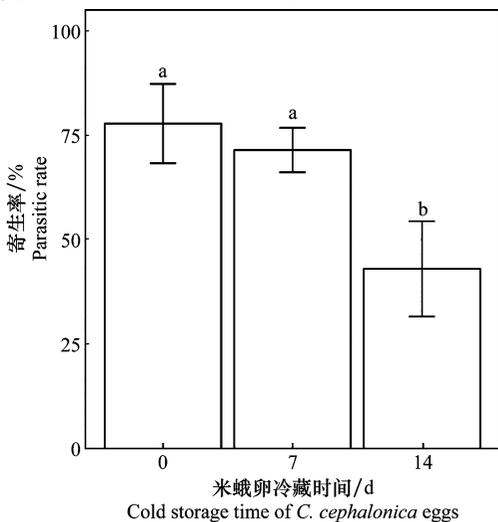


图2 冷藏不同时间的米蛾卵饲养的寄生蜂对草地贪夜蛾卵块的寄生率

Fig. 2 Parasitic rate of *Trichogramma pretiosum* bred with *Coreyra cephalonica* eggs stored at 4°C for different time against *Spodoptera frugiperda*

3 讨论

研究结果表明,短时冷藏米蛾卵会对育出的短管赤眼蜂质量产生负面影响,主要表现在繁殖力下降和个体偏小,但其发育历期、羽化率和耐饥饿能力不受短时冷藏处理的影响。这与前人对稻螟赤眼蜂 *T. japonicum* 和玉米螟赤眼蜂 *T. ostriniae* 的类似研究结果基本一致^[15-17]。我们认为子代蜂质量的下降可以归为两方面原因:首先,随米蛾卵冷藏时间的延长,米蛾卵营养和水分出现流失,导致寄主卵质量下降,使寄生的子代蜂直接受到营养胁迫,导致其个体变小和繁殖力下降^[18-19]。另一方面,当冷藏时间延长时,大部分寄主卵质量下降,而质量较好的卵数量较少。赤眼蜂会优先选择质量较好的寄主卵寄生,进而多次寄生少量质量尚好的寄主卵,导致这些卵内被产入2个或2个以上的子代蜂,即发生“过寄生”现象^[20-22]。由于多个子代在同一个卵内发育,个体间相互竞争营养导致子代个体适合度下降。然而在本试验中,我们去除了育有多个子代的米蛾卵,基本排除了母代蜂的过寄生行为对子代蜂质量的影响。因此,子代蜂质量的下降可能主要是由于冷藏后的米蛾卵营养质量降低对子代蜂的直接影响。有研究发现,随着米蛾卵冷藏时间的延长,米蛾卵内水分出现流失,pH趋于酸性^[23]。冷藏15 d后,米蛾卵内pH值平均下降约0.2,当冷藏时间达到60 d时,米蛾卵内的水分含量仅为新鲜米蛾卵水分含量的12.45%^[23]。国内外研究表明,米蛾卵冷藏超过15 d会显著降低赤眼蜂对米蛾卵的寄生率及其子代的适合度^[23-24]。当地中海粉螟的卵冷藏至24 d时,短管赤眼蜂便不再对其寄生^[25]。结合本试验的研究结果,我们建议使用新鲜的或冷藏时间较短的米蛾卵,不建议使用冷藏超过两周的米蛾卵。

我们发现,冷藏时间较短的米蛾卵育出的子代蜂对草地贪夜蛾卵的寄生率与对照组基本相同,但较长时间冷藏的米蛾卵育出的子代蜂对草地贪夜蛾卵的寄生能力明显衰退。尽管较长时间冷藏的米蛾卵会对子代蜂的寄生能力有明显影响,但当米蛾卵冷藏时间为14 d时,该蜂对草地贪夜蛾卵的寄生率依然可维持在40%左右,而冷藏7 d米蛾卵育出的子代蜂的寄生率可达70%。根据我们未发表的研究结果,我们发现即使接入过量的雌蜂,我国本土规模化生产的松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi*、螟黄

赤眼蜂 *T. chilonis* 和卷蛾赤眼蜂 *T. cacoeciae* 等对草地贪夜蛾卵的寄生率均不足 10%。我们的研究结果再次证明了短管赤眼蜂是一种针对草地贪夜蛾卵的高效生防作用物,该蜂的规模化繁育和应用将对重大入侵害虫草地贪夜蛾的防控工作具有重要意义。

参考文献

- [1] TODD E L, POOLE R W. Keys and illustrations for the army-worm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1980, 73(6): 722 - 738.
- [2] 吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析[J]. *植物保护*, 2019, 45(2): 1 - 6.
- [3] 姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未趋势分析[J]. *中国植保导刊*, 2019, 39(2): 33 - 35.
- [4] 宁夏农技推广总站. 宁夏发现草地贪夜蛾成虫[EB/OL]. 植保情报, 2019 年第 15 期[2019 - 08 - 02]. http://nynct.nx.gov.cn/xwzx/zwdt/201908/t20190802_1643775.html.
- [5] 唐璞, 王知知, 吴琼, 等. 草地贪夜蛾的天敌资源及其生物防治中的应用[J]. *应用昆虫学报*, 2019, 56(3): 370 - 381.
- [6] 殷永升, 常金玉. 国外引进的赤眼蜂与中国蜂种利用的比较研究[J]. *昆虫天敌*, 1987(1): 45 - 47.
- [7] DEQUECH S T B, CAMERA C, STURZA V S, et al. Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize[J]. *Acta Scientiarum-Agronomy*, 2013, 35(3): 295 - 300.
- [8] BESERRA E B, DIAS C T D S, PARRA J R P. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn[J]. *Florida Entomologist*, 2002, 85(4): 588 - 594.
- [9] PREZOTTI L, PARRA J R P, VENCOVSKY R, et al. Effect of the size of the founder population on the quality of sexual populations of *Trichogramma pretiosum*, in laboratory [J]. *Biological Control*, 2004, 30(2): 174 - 180.
- [10] CARNEIRO T R, FERNANDES O A. Interspecific interaction between *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs [J]. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2012, 84(4): 1127 - 1135.
- [11] 张俊杰, 阮长春, 臧连生, 等. 我国赤眼蜂工厂化繁育技术改进及防治农业害虫应用现状[J]. *中国生物防治学报*, 2015, 31(5): 638 - 646.
- [12] BOWLING C C. Rearing of two lepidopterous pests of rice on a common artificial diet [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1967, 60(6): 1215 - 1216.
- [13] FARAWAY J J. Extending the linear model with R: Generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models [M]. Second edition. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- [14] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [EB/OL]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [2019 - 03 - 11]. <https://www.r-project.org/>.
- [15] 毛刚, 鲁新, 周淑香, 等. 低温冷藏对米蛾卵繁育稻螟赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂质量的影响[J/OL]. *环境昆虫学报*: 1 - 10 [2019 - 08 - 12]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190611.1351.012.html>.
- [16] 周淑香, 鲁新, 李丽娟, 等. 冷藏米蛾卵对稻螟赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂子代质量的影响[J]. *应用昆虫学报*, 2019, 56(2): 202 - 207.
- [17] 胡晓暄, 杜文梅, 张俊杰, 等. 米蛾卵冷藏温度及时间对稻螟赤眼蜂质量的影响[J]. *吉林农业大学学报*, 2017, 39(3): 287 - 291.
- [18] 黄燕嫦, 宋子伟, 李敦松, 等. 冷藏对米蛾卵液中游离氨基酸变化的影响[J]. *环境昆虫学报*, 2016, 38(3): 468 - 475.
- [19] 李元喜, 戴华国, 符文俊. 米蛾对三种赤眼蜂的适合性及被寄生后卵内游离氨基酸含量的变化[J]. *昆虫学报*, 2008, 51(6): 628 - 634.
- [20] 王雷英, 黄静, 董新阳, 等. 两种赤眼蜂在米蛾卵上的过寄生及个体发育[J]. *中国生物防治学报*, 2015, 31(4): 481 - 486.
- [21] 张英健. 米蛾卵的寄生容量及繁殖赤眼蜂的蜂卵比例研究[J]. *南京农业大学学报*, 1989, 3(12): 48 - 51.
- [22] GANDON S, RIVERO A, VARALDI J. Superparasitism evolution: adaptation or manipulation? [J]. *The American Naturalist*, 2006, 167(1): 1 - 22.
- [23] WU Han, HUANG Yanchang, GUO Jixing, et al. Effect of cold storage of *Corcyra cephalonica* eggs on the fitness for *Trichogramma chilonis* [J]. *Biological Control*, 2018, 124: 40 - 45.
- [24] GHOSH E, BALLAL C R. Effect of age dependent cold storage of factitious host *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) for their continuous production and *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) rearing [J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2017, 20(3): 928 - 934.
- [25] SPÍNOLA-FILHO P R D C, LEITE G L D, SOARES M A, et al. Effects of duration of cold storage of host eggs on percent parasitism and adult emergence of each of ten Trichogrammatidae (Hymenoptera) species [J]. *Florida Entomologist*, 2014, 97(1): 14 - 21.

(责任编辑: 杨明丽)