应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(1): 45−52. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2014.005

松毛虫赤眼蜂滞育诱导及解除条件研究*

周淑香 鲁 新** 张国红 李丽娟 丁 岩

（吉林省农业科学院植物保护研究所，公主岭 136100）

摘 要 **【目的】** 以柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵为繁殖寄主，对松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolim* 滞育诱导及解除条件进行研究，以解决赤眼蜂工厂化生产和大面积应用中面临的的中、长期储存问题。**【方法】**通过观测不同发育阶段（寄生柞蚕卵在 26℃培养 40、96 和 144 h）、滞育诱导温度（10、13 和 16℃）和诱导时间对松毛虫赤眼蜂滞育的影响，确定松毛虫赤眼蜂滞育诱导条件；通过观测滞育诱导温度和滞育后的贮藏温度对滞育解除的影响，确定松毛虫赤眼蜂滞育解除条件。**【结果】** 在松毛虫赤眼蜂的不同发育阶段对其进行持续的低温刺激均能使其导入滞育，但以小幼阶段（26℃培养 40 h）开始效果最佳，寄生卵在 26℃培养 40 h 后，转入 10℃和 13℃下连续诱导 31 d，滞育率可达 100%和 99.12%。滞育诱导温度和滞育后的贮藏温度对松毛虫赤眼蜂解除滞育所需时间和解除滞育后的羽化出蜂率有较大影响，10℃诱导滞育后置于 1℃冷藏的赤眼蜂解除滞育所需时间最短，解除滞育后的羽化出蜂率和单卵出蜂数更高，更耐储存。此条件下冷藏约 30 d 开始打破滞育，在正常发育下温度下羽化出蜂，60 d 羽化出蜂率达到 95.24%，冷藏 4 个月后羽化出蜂率仍在 60%以上，单卵出蜂数高于 50 头。**【结论】** 松毛虫赤眼蜂最佳滞育诱导条件为 26℃培养 40 h 后，转入 10℃连续低温诱导 31 d；最佳滞育解除条件为 1℃低温储存，但储存期不能超过 4 个月。

关键词 松毛虫赤眼蜂，滞育诱导，滞育解除

Research on the induction and termination of diapause in *Trichogramma dendrolimi*

ZHOU Shu-Xiang LU Xin** ZHANG Guo-Hong LI Li-Juan DING Yan

(Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the optimum conditions for the induction and termination of diapause in *Trichogramma dendrolimi* in *Antheraea pernyi* eggs. **[Methods]** The effects of age (parasitoids developed for 40、96 and 144 h after parasitization at 26℃), temperature (10, 13 and 16℃), and low temperature exposure period on diapause rate were investigated to determine the optimum conditions of diapause indication. The emergence rate, emergence synchronism and number of wasps emerged per *Antheraea pernyi* egg post diapause termination after cold storage at different temperatures for different periods were investigated to determine the conditions required for the termination of diapause. The effects of diapause inducing temperatures on diapause termination were also studied. **[Results]** Diapause was induced in insects of different ages by exposure to constant low temperatures , but the highest diapause rates (100% and 99.12%, respectively) were achieved when young larvae (26℃ for 40 h) were exposed to 31 days of low temperature at 10 and 13℃. Diapause termination of *T. dendrolimi*, and its post-diapause emergence was affected by both diapause induction temperature and cold storage temperature. Diapausing prepupae that were inducted at 10℃ and then stored at 1℃ had a shorter diapause breaking time, a higher emergence rate, and a longer storage period. These pupae stared to emerge normally, when transferred to 26℃ after being stored at 1℃ for 30d. After being stored for 60 d, the emergence rate reached 95.24% and the emergence rate was higher than 60%. More than 50 wasps emerged per host egg after storage for 4 months. **[Conclusion]** The optimum conditions to induce diapause in *T. dendrolimi* consisted of keeping the

* 资助项目：国家科技支撑计划项目（2012BAD19B04）

**通讯作者，E-mail: luxin58@163.com

收稿日期：2013-10-08，接受日期：2013-11-06

parasitoids at 26℃ for 40 h, and then moving them into 10℃ for 31d; the optimum diapause breaking conditions were storing diapausing prepupae at 1℃, however the storage period should be not exceed 4 months.

Key words *Trichogramma dendrolimi*, diapause induction, diapause termination

松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* 是一种分布广泛、能够寄生多种农林害虫卵的优良寄生性天敌，以其能够在柞蚕卵 *Antheraea pernyi* 上大量繁殖的优点而被广泛地用于防治农林害虫（鲁新等，2005）。目前，松毛虫赤眼蜂的利用仍主要依靠淹没式释放，这种释放方式在特定时期需要大量的赤眼蜂，生产厂家必须在短期内生产大量的赤眼蜂产品。随着玉米种植面积的不断扩大、二代玉米螟防治的需要和绿色防控技术的大力推广，对赤眼蜂产品的需要量也在不断增加。因此，储存技术在赤眼蜂工厂化生产中至关重要。对赤眼蜂贮存技术研究的突破，有助于赤眼蜂的周年生产和生产量扩大，推动其商品化生产、运输和释放应用，并可据此设计赤眼蜂的周年生产流程，增加生产用蜂的积累，降低规模化繁蜂的成本（耿金虎等，2005）。

低温冷藏是目前赤眼蜂工厂化生产中广泛应用的技术，但常温下繁育的蜂不耐冷藏，寄生卵冷藏超过 30 d 后羽化率降低，畸形蜂增加，蜂的质量受到严重影响（Jalali and Singh,1992）。赤眼蜂滞育后体内脂肪和碳水化合物积累，含水量下降，氧化代谢极度下降，使赤眼蜂有较强抗逆作用，能够耐贮存，所以赤眼蜂的滞育贮存是解决赤眼蜂中、长期贮存的重要途径（张荆等，1994）。世界上已经对 10 多种赤眼蜂的人工诱导滞育做过研究，但诱导条件在不同的赤眼蜂种类和寄主种类间表现不同（张俊杰等，2009）。有关松毛虫赤眼蜂，目前已有在室内诱导其进入滞育的报道，但试验结果间存在较大差异，且无合适解除滞育的方法（李丽英等，1992；刘树生等，1994；Ma and Chen, 2006）。本试验以柞蚕卵为繁殖寄主，对松毛虫赤眼蜂滞育诱导及解除条件进行了系统的研究，以解决松毛虫赤眼蜂工厂化生产和大面积应用中面临的的中、长期储存问题。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

松毛虫赤眼蜂（S-AC 品系），由吉林省农科院生防公司提供，田间寄主为亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)卵，2011 年 8 月采集，试验开始前用新鲜柞蚕蛾剖取腹卵在 26℃，RH 75%~80%，全黑暗条件下连繁 3 代。

1.2 松毛虫赤眼蜂滞育诱导条件研究

以蜂种卵与新鲜柞蚕卵按 1∶10 的比例在 26℃，RH 75%~80%，全黑暗条件下接蜂，8 h 后去除成蜂，寄生卵继续培养 40、96 和 144 h 后随机解剖 10 粒卵确定虫态，将其平均分成 3 份，分别放入 10、13 和 16℃（RH 75%~80%, 全黑暗）下培养，10 d 后每隔 3~4 d 取出 3×3×30 粒寄生卵直到第 52 天，取出的卵单粒放入小玻璃试管（1.5 cm×5 cm），在 26℃，RH 75%~80%，全黑暗条件下继续培养 12 d，在解剖镜下按照王承伦等（1981）的标准，分别检查并记载活预蛹数即滞育个体数、死预蛹数和非滞育个体数，根据马春森和陈玉文（2005）的方法计算滞育率。

1.3 松毛虫赤眼蜂滞育解除条件研究

1.3.1 羽化出蜂率和出蜂整齐度的测定 将在 10℃和 13℃下诱导滞育的寄生柞蚕卵分别放入 1、3 和 7℃下冷藏，每 10 d 取出 100 粒，放入玻璃试管中（8 cm×10 cm），置于 26℃培养箱加温处理（RH 75%~80%，全黑暗），每 24 h 观察一次，记录羽化出蜂情况，待其羽化出蜂完成后统计羽化出蜂率（以具羽化孔的寄主卵数量与供试寄主卵数量的百分比估计）和出蜂整齐度。出蜂整齐度＝前 3 d 羽化出蜂数/所有羽化出蜂数×100。

1.3.2 单卵羽化出蜂数的测定 将在 10℃和 13℃下诱导滞育的寄生柞蚕卵分别放入 1、3 和 7℃下冷藏，每 30 d 取出 60 粒，单粒放入小玻璃试管中（1.5 cm×5 cm），置于 26℃培养箱加温处理（RH 75%~80%，全黑暗），待其羽化出蜂完成后统计单卵羽化出蜂数。

1.4 数据统计与处理

用 Excel2003 和 SPSS 17. 0 等统计软件进行数据处理，其中用 SPSS 中的 One Way ANOVA

进行单因素方差分析，Duncan 氏新复极差法进行多重比较，配对样本 *t*-检验进行不同成对数据的差异比较。

2　结果与分析

2.1　松毛虫赤眼蜂滞育诱导条件研究

26℃培养 40 h，松毛虫赤眼蜂发育到小幼虫态，此虫态下 10℃和 13℃连续诱导 10 d 出现滞育预蛹，但滞育率较低，分别为 33.57%和 20.55%，随着滞育诱导时间延长，滞育率逐渐增加，第 19 d 滞育率达到 60%以上，第 31 d 滞育率达到最高值，分别为 100%和 99.12%，之后保持在 90%以上；16℃下连续诱导 13 d 出现滞育预蛹，滞育率 13.49%，随着滞育诱导时间的延长，滞育率逐渐增加，但始终保持在较低水平，滞育率不超过 50%（图 1）。

26℃培养 96 h，松毛虫赤眼蜂发育到老熟幼虫态，此虫态下 10℃连续诱导 10 d 出现 12.22%的滞育预蛹，第 20 天滞育率达到 81.54%，之后滞育率保持在 70%以上，但上下波动较大，第 34 天滞育率达到最高值，为 92.69%；13℃连续诱导 10 d 出现 5.06%的滞育预蛹，第 20 天滞育率达到 67.32%，之后滞育率保持在 60%以上，但上下波动较大，第 34 天滞育率最高，为 94.36%；16℃下培养 10 d 赤眼蜂全部羽化，不能诱导滞育（图 1）。

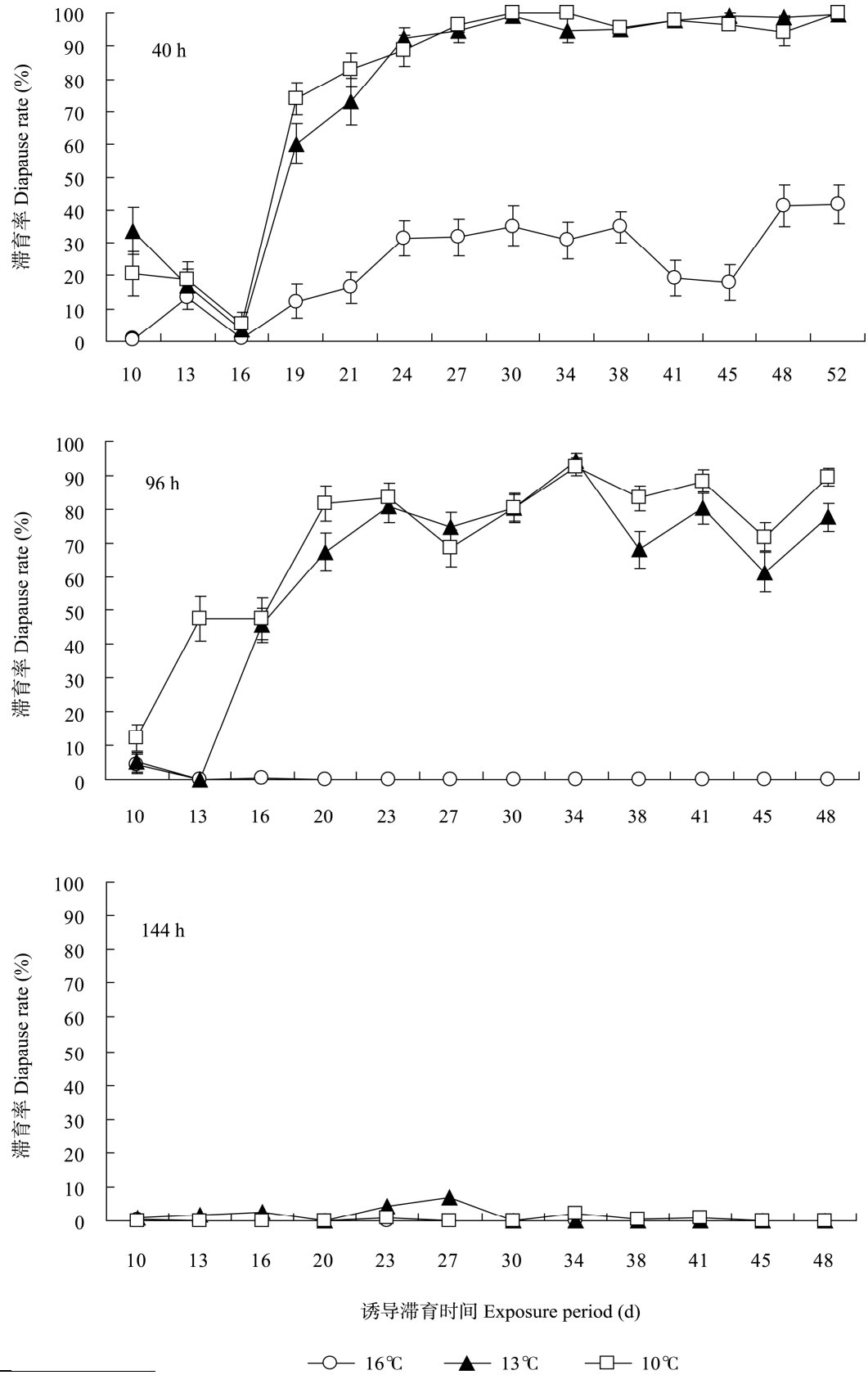
26℃培养 144 h，松毛虫赤眼蜂发育到预蛹虫态，此虫态下诱导滞育，仅有极少赤眼蜂能够产生滞育预蛹，滞育率不超过 0.1%（图 1）。

松毛虫赤眼蜂从小幼到预蛹的各虫态均能诱导滞育，但以小幼阶段诱导滞育效果最好；不同发育阶段的松毛虫赤眼蜂在不同诱导温度下的滞育率也表现不同，其中以 10℃诱导滞育效果最好；总体来看，于 26℃培养 40 h 后，转入 10℃和 13℃下培养，均能得到较好的滞育效果，经过连续 31 d 的滞育诱导，松毛虫赤眼蜂的滞育率可达到 100%和 99.12%，两个温度下的滞育率不存在显著差异（t=1.892, P=0.068）。

2.2　松毛虫赤眼蜂滞育解除条件研究

2.2.1　滞育诱导温度及储存温度对松毛虫赤眼蜂羽化出蜂率和出蜂整齐度的影响　滞育诱导温度和滞育后的贮藏温度对松毛虫赤眼蜂解除滞育所需时间和解除滞育后的羽化出蜂率均存在较大影响（图 2），经 10℃诱导滞育处理，在 1℃下冷藏的滞育蜂，从第 30 天开始羽化出蜂，羽化出蜂率为 57.69%，第 60 天羽化出蜂率最高，达到 95.24%，随着冷藏时间延长，羽化出蜂率降低，冷藏 120 d 后羽化出蜂率为 68%，冷藏 150 d 后羽化出蜂率降低到 23.33%；在 3℃下冷藏的滞育蜂，从第 30 天开始羽化出蜂，羽化出蜂率为 34.48%，第 70 天羽化出蜂率最高，为 51.61%，随后降低，冷藏 100 d 后羽化出蜂率降低为 0；在 7℃下冷藏的滞育蜂，从第 50 天开始羽化出蜂，但羽化出蜂率较低，仅有 10%，第 70 天羽化出蜂率最高，为 58.06%，随后降低，冷藏 90 d 后羽化出蜂率降低为 0。

经 13℃诱导滞育处理，在 1℃下冷藏的滞育蜂，从第 50 天开始羽化出蜂，羽化出蜂率为 15.38%，在第 60 天羽化出蜂率最高，为 82.14%，随着冷藏时间延长，羽化出蜂率降低，冷藏 120 d 后羽化出蜂率降低为 50%，冷藏 150 d 后羽化出蜂率降低到 33.33%；在 3℃下冷藏的滞育蜂，从第 30 天开始有少量羽化，羽化出蜂率为 3.45%，第 60 天羽化出蜂率达到 43.10%，随后降低，冷藏 90 d 后羽化出蜂率降低为 0；在 7℃下冷藏的滞育蜂，仅在第 60 天和第 70 天有少量羽化，羽化出蜂率低于 10%。



* 资助项目：国家科技支撑计划项目（2012BAD19B04）
**通讯作者，E-mail: luxin58@163.com
收稿日期：2013-10-08，接受日期：2013-11-06

图 1　发育虫态、温度和滞育诱导时间对松毛虫赤眼蜂滞育率的影响

Fig. 1　The influence of age, temperature and exposure period on diapause rate of *Trichogramma dendrolimi*

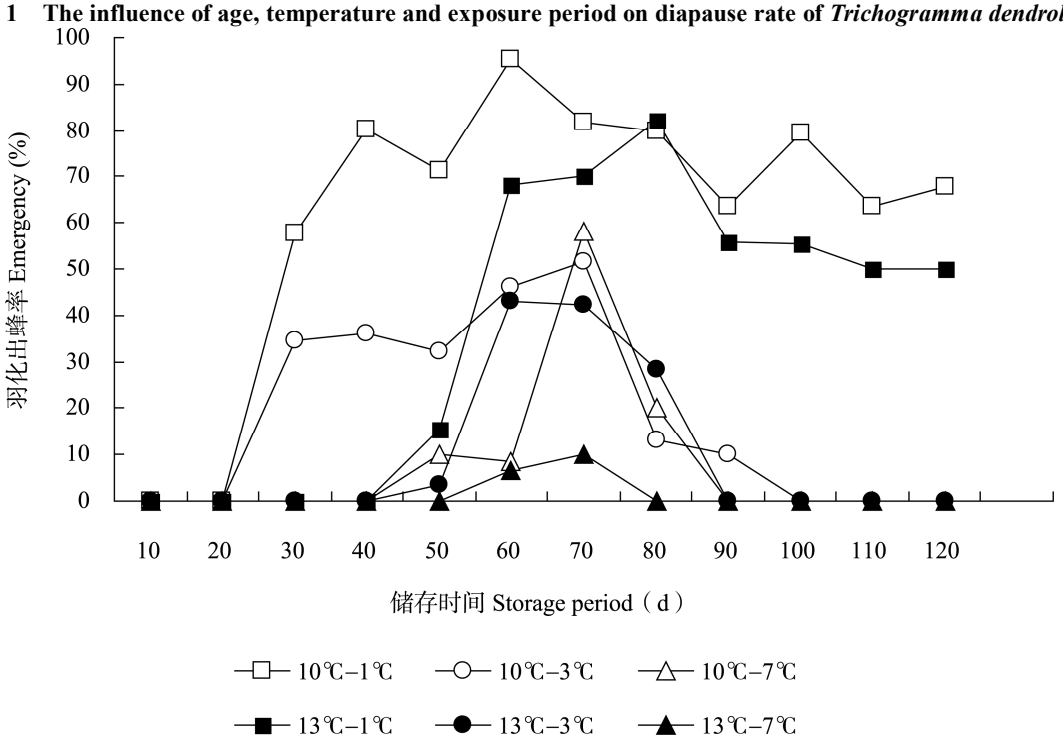


图 2　不同温度下诱导滞育的松毛虫赤眼蜂于不同温度下储存不同时间后的羽化出蜂率

Fig. 2　The emergence rate of diapausing *Trichogramma dendrolimi* after cold storage at different temperatures for different periods

10℃和 13℃为滞育诱导温度，1℃、3℃和 7℃ 为滞育蜂冷藏温度，10℃~1℃代表在 10℃下诱导滞育，滞育蜂于 1℃下冷藏的处理，下图同。

10℃ and 13℃ are diapause induction temperature, 1℃, 3℃ and 7℃ are cold storage temperature of diapausing prepupae. 10℃–1℃ indicate the treatment that diapausing prepupae inducted at 10℃, stored at 1℃, the same below.

总体来看，在 10℃下诱导滞育后置于 1℃下冷藏的松毛虫赤眼蜂解除滞育所需时间较短，羽化出蜂率更高，更耐储存，冷藏 4 个月后羽化出蜂率仍在 60%以上。

试验各处理解除滞育后的出蜂整齐度均较高，90%以上都能在前 3 d羽化出蜂（表 1）。

2.2.2　松毛虫赤眼蜂解除滞育后的单卵出蜂数

以柞蚕卵繁殖的松毛虫赤眼蜂在 26℃下发育（非滞育蜂），单卵出蜂数为（78.70±5.39）头。滞育后的松毛虫赤眼蜂经 1、3 和 7℃下低温储存解除滞育后的单卵出蜂数与对照相比显著降低（$P<0.05$），不同温度诱导滞育的松毛虫赤眼蜂在不同储存温度下解除滞育后的单卵出蜂数存在较大差异（$P<0.05$）（图 3）。总体来看，10℃诱导滞育后于 1℃低温储存的松毛虫赤眼蜂解除滞育后的单卵出蜂数最高，在一定储存时间内随储存时间的波动最小（df=3，F=0.086，P=0.967），储存 120 d 后单卵出蜂数仍高于 50 头，但储存期超过 120 d 后单卵出蜂数显著下降，储存 150 d 后单卵出蜂数降低到 30.8 头。

3　结论与讨论

滞育是广泛存在于昆虫世界的一种生理生态现象，是昆虫度过不良环境的重要生活史对策，许多昆虫通过滞育来维持种群和个体的生存（李文香等，2008；孙守慧等，2009）。昆虫进入滞育状态后，不经特殊处理解除滞育，一般会较长时间处于低代谢的缓慢发育，或停滞发育状态，此时滞育昆虫即使不取食也能存活

表 1 松毛虫赤眼蜂解除滞育后的出蜂整齐度

Table 1 Emergence synchronism of *Trichogramma dendrolimi* post diapause termination

储存时间（d） Storage period	出蜂整齐度（%） Emergence synchronism					
	10℃-1℃	10℃-3℃	10℃-7℃	13℃-1℃	13℃-3℃	13℃-7℃
30	95.00	90.00	—	—	—	—
40	100	100	—	—	—	—
50	100	100	100	100	100	—
60	100	100	94.44	92.86	100	100
70	100	92.00	98.70	100	100	100
80	100	100	100	100	95.87	—
90	100	100	—	96.43	100	—
100	94.87	—	—	1	—	—
110	100	—	—	1	—	—
120	100	—	—	94.11	—	—
150	95.00	—	—	90.00	—	—

注：— 表示此条件下无松毛虫赤眼蜂羽化出蜂。

— indicates no wasps emerged from *Antheraea pernyi* egg.

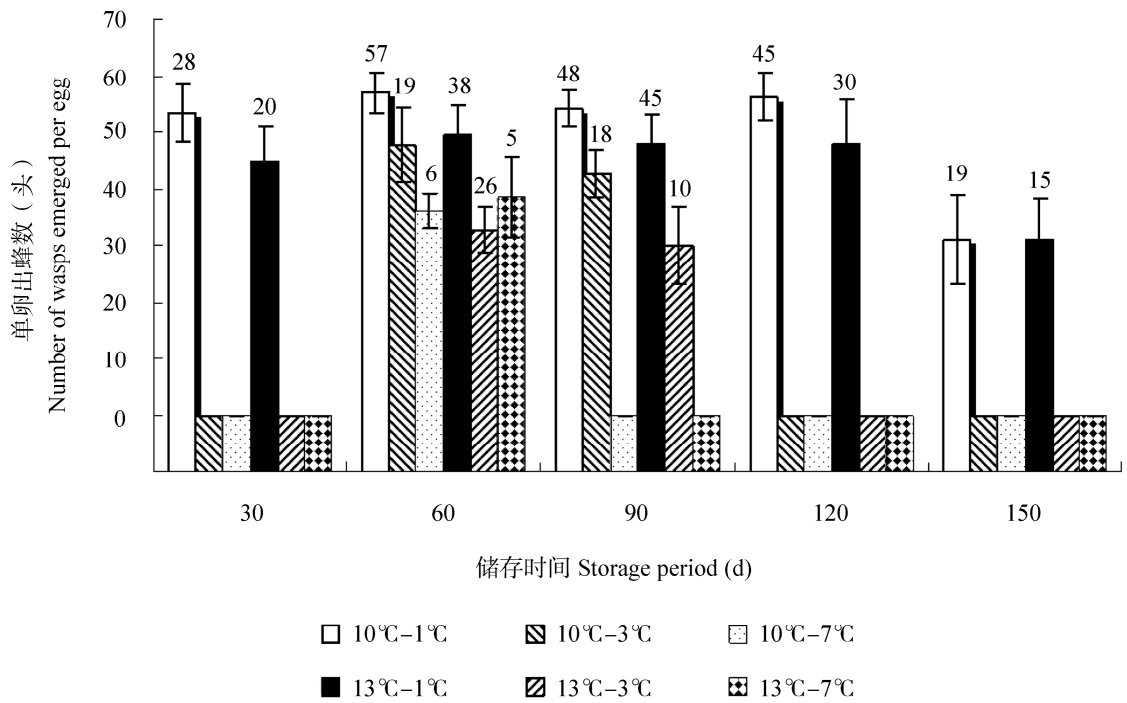


图 3 松毛虫赤眼蜂解除滞育后的单卵出蜂数

* 资助项目：国家科技支撑计划项目（2012BAD19B04）

**通讯作者，E-mail: luxin58@163.com

收稿日期：2013-10-08，接受日期：2013-11-06

Fig. 3　Number of wasps emerged per *Antheraea pernyi* egg after cold storage at different temperatures for different periods of *Trichogramma dendrolimi* post diapause termination

图上数字为样本数 *n*。

The digital indicates sample size.

很长时间，这一特性既给天敌昆虫的人工扩繁增加了难度，也为调控其生长发育进而应用于规模化繁殖，特别是延长天敌产品的货架期提供了一种可能途径（李玉艳等，2010；王伟等，2011）。松毛虫赤眼蜂是一种卵寄生蜂，以柞蚕卵为寄主工厂化繁殖的松毛虫赤眼蜂广泛地用于防治农林害虫，掌握其滞育诱导及解除条件具有重要意义。

光周期和温度是影响昆虫滞育的主要环境因子（蒋明星等，1999），在赤眼蜂中光周期主要作用于子代，对当代滞育影响较小（朱涤芳等，1992； Ivanov *et al.*，2008； Reznik *et al.*，2011；张洁等，2011)，温度是引起当代赤眼蜂滞育的最主要因素（张荆等，1994；Reznik *et al.*, 2008），适合的低温条件可以诱导大多数赤眼蜂进入滞育，但诱导条件在不同的赤眼蜂种类和寄主种类间表现不同（张俊杰等，2009；Ventura Garcia *et al*., 2002）。本试验以柞蚕卵为繁殖寄主的松毛虫赤眼蜂在 10℃和 13℃下恒温培养，均能得到较好的滞育效果，26℃培养 40 h 后，转入 10℃和 13℃下连续诱导 31 d，滞育率可达 100%和 99.12%，两个温度下的滞育率不存在显著差异（t=1.892, P=0.068），与张荆等（1994）及 Ma 和 Chen（2006）的研究结果相似。

赤眼蜂的滞育虫态为预蛹，从卵期开始至预蛹前期，均可引起赤眼蜂滞育（朱涤芳等，1992；宋凯和郑礼，2003）。本试验中，在松毛虫赤眼蜂的不同发育阶段对其进行持续的低温刺激均能使其导入滞育，但以小幼阶段开始诱导滞育效果最好，认为低温刺激可能具有累积作用，不同发育阶段诱导进入滞育的赤眼蜂滞育深度也可能存在差异，处于幼虫中期和老幼虫态的赤眼蜂滞育程度较浅，滞育蜂在适温下会解除滞育，继续发育。

进入滞育状态的赤眼蜂，必须经过一段时间的低温刺激才能完成滞育发育，解除滞育。如寄生在铁杉尺蠖 *Lambdina fiscellaria* 卵中的微小赤眼蜂 *T. minutum*，其滞育发育需在 2℃下贮藏 28 d 才能完成（Laing and Corrigan, 1995）。广赤眼蜂 *T. evanescens* 在 3℃低温冷藏 3 个月可使其基本解除滞育, 并获得较好的羽化率（朱涤芳等，1992）。有关松毛虫赤眼蜂解除滞育的方法，目前尚未见报道。本试验研究了不同温度下诱导滞育的松毛虫赤眼蜂在不同冷藏温度下的滞育解除时间，以及羽化出蜂率、出蜂整齐度和单卵出蜂数随冷藏时间的变化情况，结果表明滞育诱导温度和滞育后的贮藏温度对松毛虫赤眼蜂解除滞育所需时间和解除滞育后的羽化出蜂率均存在较大影响，总体来看，在 10℃下诱导滞育后置于 1℃下冷藏的松毛虫赤眼蜂解除滞育所需时间最短，羽化出蜂率和单卵出蜂数更高，更耐储存。此条件下冷藏 30 d 开始羽化出蜂，冷藏 60 d 羽化出蜂率达到 95.24%，冷藏 4 个月后羽化出蜂率仍在 60%以上，单卵出蜂数高于 50 头。

综上所述，松毛虫赤眼蜂最佳滞育诱导条件为寄生卵 26℃培养 40 h 后，转入 10℃连续低温诱导 30 d；最佳滞育解除条件为 1℃低温储存，但储存期不能超过 4 个月，储存 60 d 时羽化出蜂率和单卵出蜂数最高。

参考文献 (References)

Ivanov MF, Rezinik SYa, 2008. Photoperiodic regulation of the diapause of the progeny in *Trichogramma embryophagum* Htg.(Hymenoptera, Trichogramma): dynamics of sensitivity to photoperiod at the immature stage of maternal females. *Journal of Entomological Review*, 3(88): 255–265.

Jalali SK, Singh SP, 1992. Differential response of four Trichogramma species to low temperatures for short term storage. *Entomophaga*, 37: 159–165.

Laing JE, Corrigan JE, 1995. Diapause induction and post- Diapause emergence in *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera, Trichogramma): the role of host species, temperature, and photoperiod. *The Canadian Entomologist*, 127(1): 103–110.

Ma CS, Chen YW, 2006. Effects of constant temperature, exposure period, and age on diapause induction in *Trichogramma dendrolimi*. *Biological Control*, 36: 267–273.

Reznik SYa, Vaghina NP, Voinovich ND, 2008. Diapause induction in *Trichogramma embryophagum* Htg.(Hymenoptera, Trichogramma): the dynamics of thermosensitivity. *Journal of Applied Entomology*, 132(6): 502–509.

Reznik SYa, Vaghina NP, Voinovich ND, 2011. Maternal regulation of *Trichogramma embryophagum* diapause photoperodic

sensitivity of adult female. *Journal of Biological Control*, 57(2): 158−162.

Ventura GP, Wajnberg E, Pizzol J, Oliveira MLM，2002. Diapause in the egg parasitoid *Trichogramma cordubensis*: role of temperature. *Journal of Insect Physiology,* 48(3): 349−355.

耿金虎, 沈佐锐, 李正西, 张帆, 2005. 利用柞蚕卵繁殖的松毛虫赤眼蜂的适宜冷贮虫期和温度. 昆虫学报, 48(6): 903−909.[GEN JH, SHEN ZR, LI ZX, ZHANG F, 2005. Optimal stage and temperature for cold storage of *Trichogramma dendrolimi* reared on *Antheraea pernyi* eggs. *Acta Entomologica Sinica*, 48(6): 903−909.]

蒋明星, 谢立群, 张孝羲, 1999. 棉铃虫的滞育诱导特性. 应用生态学报, 10 (1): 60−62.[JIANG MX, XIE LQ, ZHANG XX, 1999.Characteristis of diapause induction of cotton boll worm. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 10 (1): 60−62.]

李丽英, 朱涤芳, 陈巧贤, 张敏玲, 弗.阿.希略赫基契, 阿.莫.格林别尔格, 1992. 低温诱导赤眼蜂滞育与寄主的关系. 昆虫天敌, 14(3): 117−125.[LI LY, ZHU FD, CHEN QX, ZHANG ML, SHLIACHTICH VA, GRCENBERG AM, 1992. *Trichogramma SPP* diapause induced by low temperature relation to host. Natural Enemies of Insects, 14(3): 117−125. *Acta Entomologica Sinica*, 14(3): 117−125.]

李文香, 李建成, 路子云, 刘小侠, 张青文, 2008. 中红侧沟茧蜂滞育临界光周期和敏感光照虫态的测定. 昆虫学报, 51(6): 635−639.[LI WX, LI JC, LU ZY, LIU XX, ZHANG QW, 2008. Critical photoperiod and sensitive stage of diapause induction in *Microplitics mediator* (Haliday) (Hymenoptera: Bracondiae). *Acta Entomologica Sinica*, 51(6): 635−639.]

李玉艳, 张礼生, 陈红印, 2010. 生物因子对寄生蜂滞育的影响. 昆虫知识, 47(4): 638−645.(LI YY, ZHANG LS, CHEN HY, Effect of biotic factors on diapause of parasitic wasps. Chinese Bulletin of Entomology, 47(4): 638−645.)

刘树生, 施祖华, 邵明江, 何俊华, 松毛虫赤眼蜂种间生物学特性的比较研究 V. 对滞育 1994.诱导的反应. 生物防治通报, 10(4): 145−150.[LIU SS, SHI ZH, SHAO MJ, HE JH, 1994. Comparative study on the biological characteristics of geographic populations of *Thrichogramma dendroliml* [HYM. Thrichogrammatidae] in china V. response to diapause induction. *Chinese Journal of biological control*, 10(4): 145−150.]

鲁新, 李丽娟, 张国红, 刘宏伟, 汪洋洲, 丁岩, 2005. 松毛虫赤眼蜂工厂化产品低温贮存的研究. 吉林农业科学, 30(3): 6−8, 28.[LU X, LI LJ, ZHANG GH, LIU HW, WANG YZ, DING Y, 2005. Study on temperature storage in industrial production of *Trichogramma dendrolimi* Masumura. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 30(3): 6−8, 28.]

马春森, 陈玉文, 2005. 二步中低变温对松毛虫赤眼蜂滞育的诱导作用, 植物保护学报, 32(2): 174−178.[MA CS, CHEN YW, Effect of alternating temperature and time on diapause of *Trichogramma dendrolimi*, *Acta Phytophylacica Sinica*, 32(2): 174−178.]

宋凯, 郑礼, 2003. 甘蓝夜蛾赤眼蜂滞育研究. 河北农业科学, 7(1): 22−26.[SONG K, ZHENG L, 2003. Study of the diapause of *Trichogramma brassicae*. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 7(1): 22−26.]

孙守慧, 赵利伟, 祁金玉, 2009. 白蛾周氏啮小蜂滞育诱导及滞育后发育. 昆虫学报, 52(12): 1307−1311.[SHUN SH, ZHAO LW, QI JY, 2009. Diapause induction and post-diapause development in *Chouioia cunea* Yang (Hymenoptera: Eulophidae) . *Acta Entomologica Sinica*, 52(12): 1307−1311.]

王承伦, 王辉先, 王野岸, 路红, 1981. 松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 个体发育与温度的关系. 动物学研究, 2: 317−326.[WANG CL, WANG HX, WANG YA, LU H, 1981. Studies on the relationship of temperature and development of *Trichogramma dedrolimi* Masumura. *Zoological research*, 2: 317−326.]

王伟, 张礼生, 陈红印, 李玉艳, 张洁, 2011. 瓢虫滞育研究进展. 植物保护, 37(5): 27−33.(WANG W, ZHANG LS, CHEN HY, LI YY, ZHANG J, 2011. Research progress in diapause of the lady beetles, *Plant Protection*, 37(5): 27−33.)

张洁, 张礼生, 陈红印, 李玉艳, 王伟, 2011. 赤眼蜂滞育的研究进展. 植保科技创新与病虫防控专业化—中国植物保护学会 2011 年学术年会. 苏州: 325−333. [ZHANG J, ZHANG LS, CHEN HY, LI YY, WANG W, 2011. Research progress in diapause of *Trichogramma SPP.* Plant protection science and technology innov*ation and* pest control professional — *China society of plant protection 2011 annual conference*. Suzhou city: 325−333.]

张荆, 王金玲, 杨长成, 丛斌, 1994. 利用低温诱导松毛虫赤眼蜂滞育技术研究. 沈阳农业大学学报, 25 (3): 254−258.[ZHAN J, WANG JL, YANG CC, CONG B, 1994. A study on the method of inducing *Trichogramma dendrolimi* Matsumura into diapause stage . *Journal of Shenyang Agricultural University*, 25 (3): 254−258.]

张俊杰, 孙光芝, 杜文梅, 阮长春, 2009. 赤眼蜂滞育研究及应用进展. 吉林农业科学, 34(1): 29−33.[ZHANG JJ, SUN GZ, DU WM, RUAN CC, 2009. Review on researches and utilization of diapause of *Trichogramma SPP. Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 34(1): 29−33.]

朱涤芳, 张敏玲, 李丽英, 1992. 广赤眼蜂滞育及贮存技术研究. 昆虫天敌, 14(4): 173−176.[ZHU DF, ZHANG ML, LI LY, 1992.

A study on the dipause and cold-srorage technique of *Trichogramma evenesens*. *Natural Enemies of Insects*,14(4): 173–176.]