

云南派姬小蜂的发育起点温度和有效积温

马梦然, 曹 鹤, 申家轩, 暴可心, 刘 程, 崔建州*

(河北农业大学森林保护实验室, 保定 071000)

摘要 云南派姬小蜂 *Pediobius yunnanensis* Liao 是寄生于微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* Hampson 蛹的内寄生蜂, 目前国内外对其有效积温和发育起点温度尚无报道。本文以微红梢斑螟蛹为繁殖寄主, 在 15、20、25、30℃ 和 35℃ 共 5 个恒温条件下, 研究了云南派姬小蜂各虫态的发育历期、发育起点温度和有效积温。结果表明, 在 20~30℃ 温度范围内, 云南派姬小蜂的各阶段及世代的发育历期随着温度的升高而缩短; 卵-幼虫、蛹、成虫、全世代的发育起点温度分别为 (15.83 ± 0.18) 、 (13.63 ± 1.11) 、 (14.27 ± 1.36) ℃ 和 (15.43 ± 0.48) ℃。有效积温分别为 (128.66 ± 3.33) 、 (132.34 ± 17.25) 、 (57.92 ± 7.25) 日·度和 (291.37 ± 10.73) 日·度。

关键词 云南派姬小蜂; 微红梢斑螟; 发育历期; 发育起点温度; 有效积温

中图分类号: S 476.3 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2019128

Threshold temperature and effective accumulated temperature of *Pediobius yunnanensis* Liao

MA Mengran, CAO He, SHEN Jiaxuan, BAO Kexin, LIU Cheng, CUI Jianzhou*

(Forest Protection Laboratory, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract *Pediobius yunnanensis* Liao (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) is an endoparasitic wasp parasitic to the pupa of *Dioryctria rubella* Hampson, and its biological characteristics have not been reported. The developmental duration, developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of the *P. yunnanensis* were investigated under the constant temperature conditions of 15, 20, 25, 30℃ and 35℃. The results showed that the developmental duration of different stages and whole generation of *P. yunnanensis* become shorter with increasing temperature from 20℃ to 30℃. The developmental threshold temperatures of egg-larva, pupa, adult, host intra pupa generation and whole generation were (15.83 ± 0.18) , (13.63 ± 1.11) , (14.27 ± 1.36) and (15.43 ± 0.48) ℃, respectively. The effective accumulated temperatures were (128.66 ± 3.33) , (132.34 ± 17.25) , (57.92 ± 7.25) and (291.37 ± 10.73) degree-days, respectively.

Key words *Pediobius yunnanensis*; *Dioryctria rubella*; developmental duration; development threshold temperature; effective accumulated temperature

微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* Hampson 又名松梢螟, 隶属于鳞翅目 Lepidoptera, 螟蛾科 Pyralidae, 梢斑螟属 *Dioryctria*, 在欧洲、朝鲜、日本等国家均有发生, 在我国北京、河北、湖南等 20 多个省(区)都有不同程度的危害^[1]。微红梢斑螟的主要寄主有油松^[2]、华山松、马尾松^[3-4]、黄山松^[5]等松科植物, 寄主植物比较广泛。该虫主要以幼虫为害为主, 幼虫通过钻蛀和取食寄主植物的新梢和球果造成枝梢枯死丛生, 被害梢呈钩状弯曲, 并有松脂溢出, 造

成树冠畸形, 严重影响树木的生长和成材^[3,6]。且松梢螟为害场所比较隐蔽, 使用常规的化学药剂防治, 难以取得理想效果, 还会对环境造成一定的污染。

云南派姬小蜂 *Pediobius yunnanensis* Liao 是微红梢斑螟 *D. rubella* 蛹的重要寄生蜂。研究人员对该科的豌豆潜蝇姬小蜂 *Diglyphus isaea* Walker^[7]、芙新姬小蜂 *Neochrysocharis formosa* (Westwood)^[8]、芦苇格姬小蜂 *Pnigalio phragmitis* Erdös^[9]、孟氏胯姬小蜂 *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle^[10]、冈崎姬小

收稿日期: 2019-03-15 修订日期: 2019-05-10

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201504306)

* 通信作者 E-mail: 1243035184@qq.com

蜂 *Neochrysocharis okazaki*^[11] 等的发育起点温度和有效积温进行了研究,但对云南派姬小蜂的研究尚无报道。为了探明温度对该蜂生长发育的影响,本文研究了该蜂的发育起点温度及其有效积温,研究结果对预测云南派姬小蜂的发生期和在野外的保护利用具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试寄生蜂

2018 年 4 月底至 5 月初,在秦皇岛市北戴河区采集云南派姬小蜂的越冬幼虫,带回实验室置于试管中饲养,当云南派姬小蜂羽化后,立即移入另一试管,待交配后,接入微红梢斑螟蛹,在恒温箱中培养,培养温度为 25℃、湿度 70%、光周期 L//D=14 h//10 h,建立室内饲养种群满足试验用虫需要。

1.2 供试寄主

2018 年 4 月—8 月从秦皇岛市北戴河区行道树受害油松树上采集受害球果和受害枝梢,带回实验室。剪开球果和枝梢,挑出微红梢斑螟幼虫置于养虫笼(40 cm×40 cm×40 cm)中,每笼放 20 头幼虫,用油松嫩枝和新鲜球果饲养至化蛹,待化蛹后将蛹检出,置于试管中,储存在 7℃ 冰箱中备用。

1.3 试验方法

在温度(25±1)℃、RH(70±10)%、光周期 L//D=14 h//10 h 的条件下,取 3 头已交配的雌蜂置于试管(2.5 cm×15 cm)中,每个试管接入 1 头寄主蛹,并用脱脂棉塞紧试管口,将处理好的试管分别放入 15、20、25、30、35℃ 的恒温箱中(光周期 L//D=14 h//10 h,相对湿度(70±10)%。由于该蜂将卵产于寄主蛹内,其卵、幼虫和蛹全部在寄生蛹内完成发育,卵期和幼虫期的有效积温和发育起点温度测定相对困难。因此本试验把卵期和幼虫期的发育看作一个整体,待寄生几天后观察卵—幼虫发育进度。在幼虫化蛹日记录幼虫化蛹日期及每日化蛹的数量。幼虫化蛹后,将每日产生的蛹分别放入清洗好的试管中并用棉花塞紧试管口,分别记录蛹的羽化日期和每日羽化成虫数。待蛹羽化后将成虫转移至新试管中并用棉花塞紧试管口。试验期间固定时间观察该蜂的发育进度,并记录各个虫态的出现时间,统计各个虫态发育的天数,每个处理重复 5 次,每日观察 2 次。

1.4 数据分析

在室内设定的 5 个温度梯度下,观测云南派姬小蜂各个虫态的发育历期(N)和发育速率(V),并根据有效积温法则和最小二乘法原理计算出该蜂卵—幼虫、蛹、成虫和全世代的发育起点温度(C)、有效积温(K)及相关系数(r)。计算公式如下^[12-14]:

$$V = \frac{1}{N}$$

$$T = C + KV$$

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$r = \frac{\sum TV - \frac{\sum T \sum V}{n}}{\sqrt{\left[\sum V^2 - \frac{(\sum V)^2}{n} \right] \left[\sum T^2 - \frac{(\sum T)^2}{n} \right]}}$$

其中,K:有效积温常数,n:数据组数,T:环境温度,V:发育速率(发育历期 N 的倒数),C:发育起点温度。再根据下面公式计算出发育起点温度 C 的标准误差(S_c)和有效积温 K 的标准误差(S_k)。 $\bar{V}$:发育速率的平均值,T':温度理论值。

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)} \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2} \right)}$$

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2) \sum (V - \bar{V})^2}}$$

2 结果与分析

2.1 不同温度对云南派姬小蜂各虫态发育历期的影响

云南派姬小蜂在 15、20、25、30℃ 和 35℃ 共 5 个恒温条件下其各个虫态及全世代的发育历期见表 1。试验结果表明:云南派姬小蜂的生长发育与温度有密切关系。在 20~30℃ 的温度范围内云南派姬小蜂均能完成世代发育,其卵—幼虫、蛹、成虫和全世代的发育历期均随温度升高明显缩短,即该蜂的发育历期与温度呈负相关关系。在 30℃ 时卵—幼虫、蛹、成虫和全世代的发育历期与 20℃ 时的发育历期相比分别缩短了 19.57、11.50、5.30 d 和 37.30 d。在 15℃ 和 35℃ 时云南派姬小蜂不能完成世代发育。在相同温度下,云南派姬小蜂各虫态的发育历期也

有明显差异,其中卵—幼虫期最长,蛹期次之,成虫期最短。

表 1 不同温度下云南派姬小蜂卵-幼虫、蛹、成虫和全世代的发育历期¹⁾

温度/℃ Temperature	发育历期/d Developmental duration			
	卵—幼虫 Egg-larva	蛹 Pupa	成虫 Adult	全世代 Whole generation
15	—	—	—	—
20	(28.50±0.29)a	(19.50±0.29)a	(8.91±1.61)a	(56.91±1.99)a
25	(15.00±0.58)b	(12.33±1.20)b	(6.36±0.52)b	(32.36±0.51)b
30	(8.93±0.18)c	(8.00±0.58)c	(3.61±0.19)c	(19.61±0.19)c
35	—	—	—	—

1) 表中数据为平均值±标准误差,同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。
Data in the table are mean±SE. Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

2.2 云南派姬小蜂各虫态的发育起点温度和有效积温

不同温度下的发育历期的倒数为发育速率(V),通过相关公式计算出云南派姬小蜂各虫态的发育起点温度C和有效积温K。结果(表2)表明,云南派姬小蜂的全世代发育起点温度为(15.43±0.48)℃,其中蛹的发育起点温度最低,为(13.63±1.11)℃;卵—幼虫的发育

起点温度最高,为(15.83±0.18)℃;成虫的发育起点温度是(14.27±1.36)℃。从其有效积温来看,成虫的有效积温最少,为(57.92±7.25)日·度;蛹的有效积温最高,为(132.34±17.25)日·度;卵—幼虫的有效积温为(128.66±3.33)日·度;而全世代的有效积温为(291.37±10.73)日·度。

表 2 云南派姬小蜂属小蜂各虫态及全世代的发育起点温度和有效积温

虫态 Stage	发育起点温度/℃ Development threshold temperature	有效积温/日·度 Effective accumulated temperature	回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient
卵-幼虫 Egg-larva	15.83±0.18	128.66±3.33	$T=15.83+128.66V$	0.994 2
蛹 Pupa	13.63±1.11	132.34±17.25	$T=13.63+132.34V$	0.979 7
成虫 Adult	14.27±1.36	57.92±7.25	$T=14.27+57.92V$	0.935 1
全世代 Whole generation	15.43±0.48	291.37±10.73	$T=15.43+291.37V$	0.985 4

3 讨论

研究表明,在 20~30℃ 范围内,云南派姬小蜂各虫态的发育历期随着温度的变化而显著不同,温度越高其发育历期越短,该蜂的发育速率随着温度的升高而逐渐加快,这与底比斯姬小蜂 *Chrysocharis pentheus* Walker 的生长发育是一致的^[15]。云南派姬小蜂在 30℃ 条件下卵—幼虫、蛹和成虫的发育历期均最短,在 15℃ 和 35℃ 时,云南派姬小蜂均不发育,说明温度过低和过高都不利于云南派姬小蜂的生长发育,这与许多其他昆虫的研究结果一致^[16-18]。本试验首次对云南派姬小蜂各虫态的发育起点温度和有效积温进行了研究。研究结果显示,云南派姬小蜂完成一个世代所需要的发育起点温度和有效积温分别为(15.43±0.48)℃和(291.37±10.73)日·度,通过对云南派姬小蜂各虫态及整个世代发育起点温度和有效积温的研究,可以对云南派姬小蜂的发生期进行预测,也可以对某地该蜂的发

生代数 and 发生规律进行科学的推测,本研究为该蜂的发生情况提供了一定的理论基础和科学依据,但由于试验是在室内恒温条件下开展的,与自然变温的环境条件存在一定的差异,所得结果与实际环境中的结果可能存有差距,因此,仍需组建云南派姬小蜂自然种群生命表,对该蜂进行长期准确的观察,为微红梢斑螟的生物防治提供新的生物资源。

参考文献

[1] 嵇保中,刘曙雯,高江勇,等. 松树梢果蛾类害虫研究进展[J]. 生物安全学报, 2008, 17(2): 149-155.

[2] 田恒德,严敖金. 微红梢斑螟的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 1989, 13(1): 54-63.

[3] 梁军生,周刚,董新旺,等. 微红梢斑螟的研究进展与防治对策[J]. 中国森林病虫, 2011, 30(2): 29-32.

[4] 赵锦年,陈胜,黄辉. 微红梢斑螟的发生和防治研究[J]. 林业科学, 1992, 28(2): 131-137.

[5] 徐波. 危害红松球果的梢斑螟属两种害虫的发生规律及其化学防治[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2009.

- [6] 李兴鹏, 陈越渠, 于海英, 等. 红松球果及枝梢害虫研究进展[J]. 中国森林病虫, 2017, 36(5): 35-41.
- [7] HAGHANI M, FATHIPOUR Y, TALEBI A A, et al. Temperature-dependent development of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber [J]. Journal of Pest Science, 2007, 80(2): 71-77.
- [8] 王淑贤, 李学军, 苏晓丹, 等. 芙新姬小蜂的发育起点温度和有效积温研究[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(4): 34-35.
- [9] 徐世新, 陈长风, 王树英, 等. 芦苇格姬小蜂发育起点温度及有效积温[J]. 中国生物防治学报, 2002, 18(4): 187-188.
- [10] 冯梦霞. 孟氏胯姬小蜂生物学生态学研究[D]. 海口: 海南大学, 2016.
- [11] 王文霞, 王伟, 陆书龙, 等. 外来斑潜蝇的优势寄生蜂——冈崎姬小蜂生物学特性及应用研究进展[J]. 生物安全学报, 2013, 22(1): 1-7.
- [12] 王如松, 兰仲雄, 丁岩钦. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究[J]. 生态学报, 1982, 2(1): 47-57.
- [13] 李超. 昆虫发育起点温度估值的一种新方法[J]. 生态学报, 1985, 5(2): 157-163.
- [14] 马波, 江海燕. 有效积温法则及其应用[J]. 黑龙江科技信息, 2007(20): 161.
- [15] 刘万学, 王文霞, 王伟, 等. 底比斯姬小蜂生物学特性及其应用研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2013, 35(3): 381-389.
- [16] 袁盛勇, 孔琼, 沈登荣, 等. 南瓜实蝇的发育起点温度和有效积温[J]. 植物保护, 2015, 41(5): 148-150.
- [17] 胡英华, 左秀峰, 苏加岱, 等. 灰飞虱发育起点温度及有效积温的研究[J]. 山东农业科学, 2010(1): 75-77.
- [18] 葛超美, 殷坤山, 唐美君, 等. 灰茶尺蠖发育起点温度和有效积温的研究[J]. 植物保护, 2016, 42(6): 110-112.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 174 页)

- [3] 施海燕, 吴萍, 郭素一, 等. 水稻及环境中异丙隆残留分析方法研究[J]. 农业环境与发展, 2008, 25(3): 122-124.
- [4] 程元霞. 50%异丙隆可湿性粉剂对小麦幼根生理特性的影响[J]. 现代农业科技, 2017(13): 102-104.
- [5] 谷涛, 杨霞, 张自常, 等. 取代脲类除草剂降解菌的分离、鉴定与降解特性的研究[C]//中国植物保护学会杂草学分会. 第十三届全国杂草科学大会论文摘要集, 2017: 89.
- [6] European Food Safety Authority. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance isoproturon [J]. EFSA Journal, 2015, 13(8): 4206.
- [7] 舒翠霞, 赵嘉祥, 董颖, 等. 气相色谱-质谱法测定土壤中的异丙隆[J]. 中国刑警学院学报, 2018(3): 121-124.
- [8] 黄聪, 甘平胜, 杨云. 衍生化气相色谱法测定大米中异丙隆残留量的研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2003, 13(6): 710-711.
- [9] 洪海燕, 殷培军, 魏艳, 等. 基质固相分散-高效液相色谱法测定玉米中 7 种苯氧羧酸类除草剂的残留[J]. 农药学报, 2010(3): 344-348.
- [10] 张永兵, 丁金美, 何娟. 索氏提取-固相萃取-高效液相色谱法测定土壤中异丙隆[J]. 环境科学导刊, 2014, 33(2): 99-102.
- [11] 赵华, 宋宁慧, 陈国峰, 等. 不同环境介质中异丙隆残留的前处理方法研究[J]. 安全与环境学报, 2008(1): 8-11.
- [12] 朱旭冉, 刘媛, 韩正政, 等. 分子印迹掺杂金属有机框架固相萃取-高效液相色谱-串联质谱法测定大米中 10 种磺酰脲类除草剂[J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 213-219.
- [13] LEHR S, GLÄSSGEN W E, SANDERMANN H, et al. Metabolism of isoproturon in soils originating from different agricultural management systems and in cultures of isolated soil bacteria [J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 1996, 65: 231-243.
- [14] SONG N E, LEE J Y, MANSUR A R, et al. Determination of 60 pesticides in hen eggs using the QuEChERS procedure followed by LC-MS/MS and GC-MS/MS [J/OL]. Food Chemistry, 2019, 298: 125050. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.125050.
- [15] KANG Shu, CHANG Na, YANG Zhao, et al. Development of a method for the simultaneous determination of six sulfonylurea herbicides in wheat, rice, and corn by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(18): 9776-9781.
- [16] TSOCHATZIS E, KARAYANNAKIDIS P, KALOGIANNIS S. Determination of selected dichloroanilines and phthalates in lyophilised mussels samples with ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry after QuEChERS clean-up [J]. Food Additives & Contaminants: Part A, 2019, 36(8): 1-8.
- [17] 兰丰, 李晓亮, 段小娜, 等. 固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法测定美国进口水果中 15 种高风险农药及助剂残留[J]. 农药学报, 2019, 21(4): 475-482.
- [18] 邱世婷, 王艳, 韩梅, 等. QuEChERS 超高效液相色谱-串联质谱法测定土壤中 10 种酰胺类除草剂残留量[J]. 中国测试, 2019, 45(4): 63-67.
- [19] 方力, 邱凤梅, 余新威, 等. 基质分散固相萃取-液相色谱-串联质谱法检测动物源性食品中硝基咪唑药物及其代谢物[J]. 色谱, 2018, 36(5): 431-438.
- [20] 刘亚伟, 董一威, 孙宝利, 等. QuEChERS 在食品中农药多残留检测的应用研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(9): 285-289.
- [21] 张景, 胡庆发, 马筱平, 等. HPLC 法同时测定大麻花及叶中 5 种大麻素类成分的含量[J]. 中药材, 2019, 42(8): 1824-1827.
- [22] 张娟, 汪杰, 姚成虎. 分散固相萃取-气相色谱串联质谱法测定大米中的毒死蜱、三环唑和戊唑醇残留[J]. 农药, 2018, 57(11): 823-825.
- [23] 王婧. QuEChERS 前处理方法在农药残留检测中的应用[J]. 山西农业科学, 2017, 45(12): 2051-2055.
- [24] 高青珍. QuEChERS 色谱法快速测定蔬菜水果中的农药多残留[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [25] 农作物中农药残留试验准则: NY/T 788-2018[S]. 北京: 中华人民共和国农业农村部, 2018.

(责任编辑: 杨明丽)