

温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育和繁殖的影响^{*}温丽娜^{**} 符悦冠^{***} 张方平 金启安 张敬宝

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所 农业部热带农林有害生物入侵与控制重点开放实验室

海南省热带农业有害生物检测监控重点实验室 海南 儋州 571737)

Influence of temperature on the development and reproduction of *Metaphycus parasaissetiae* an adult parasitoid of *Parasaissetia nigra* WEN LiNa^{**}, FU YueGuan^{***}, ZHANG FangPing, JIN QiAn, ZHANG JingBao Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien Pests Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Pests Detection and Control for Tropical Agriculture of Hainan Province, Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou 571737, China)

Abstract Under constant temperatures of 18°C, 21°C, 24°C, 27°C, 30°C, 33°C and 36°C, the development and reproduction of *Metaphycus parasaissetiae* Zhang and Huang, a parasitic wasp on *Parasaissetia nigra* (Niemelä), were studied. The developmental threshold and effective accumulated temperature of the wasp were 13.10 °C and 215.00 degree-day, respectively. Developmental duration of the wasp decreased with the increasing temperature and the expected equation of developmental duration (N) against temperature (T) was $N = [215.00 \pm 44.32] / [T - (13.10 \pm 3.24)]$. The relationship between developmental rate (V) and temperature (T) was fitted to the sigmoid curve: $V = \frac{1}{1 + e^{(1.33 + 37.73 / T)}}$. It can be estimated that the wasp can finish 18 generations yearly in Hainan. The parasitic rate of the parasitoid on the pest fluctuated from 13.33% to 20.00% under the setting temperature and reached the highest value (20.00%) at 30°C. The proportion of female wasps reached the highest (70.03%) at 27°C. With the increasing temperature, adult wasps tended to emerge concentratively and more wasps eclosed earlier with a shortened duration of eclosion. The number of eggs laid by each female reached the highest at 30°C, average 25.77 per female. The longevity of female wasps decreased with the increasing temperature and the longevity could be significantly prolonged with the supplement of honey water. The suitable temperature range was from 27°C to 30°C for the development and reproduction of the parasitoid and the optimal temperature was 30°C.

Key words *Parasaissetia nigra*, *Metaphycus parasaissetiae*, temperature, development, reproduction

摘要 通过观察副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang and Huang 在 18、21、24、27、30、33 和 36°C 恒温条件下的生长发育情况, 求得其世代发育起点温度和世代有效积温分别为 13.10°C 和 215.00 日·度, 建立世代发育历期预测式为 $N = [215.00 \pm 44.32] / [T - (13.10 \pm 3.24)]$, 世代发育速率与温度之间的关系拟合为 S 形曲线 $V = \frac{1}{1 + e^{(1.33 + 37.73 / T)}}$, 推算出该蜂在海南 1 年可发生 18 代。所设试验温度范围内, 该蜂对橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* (Niemelä) 的寄生率在 13.33% ~ 20.00% 范围内波动, 30°C 时寄生率最高; 雌性比率在 27°C 时最大为 70.03%。随着试验温度的升高, 成蜂羽化相对集中, 羽化持续时间逐渐缩短, 羽化高峰提前。30°C 条件下雌蜂终生生产卵量最多, 平均 25.77 粒。雌蜂寿命随试验温度的升高而逐渐缩短, 同一恒温条件下补充 20% 蜂蜜水可显著延长雌蜂寿命。27 ~ 30°C 可视为

* 公益性行业 (农业) 科研专项经费 (NYHY2007-033-2); 南亚办项目 (ZBC200804); 农热办合同 (2007) 9 号; 橡胶产业技术体系 (NYCYK34-GW2-4)。

** E-mail: wh1983410@163.com

*** 通讯作者, E-mail: fgcata@163.com

收稿日期: 2009-03-20 修回日期: 2009-04-17 2009-05-14 再修回

有利于副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育繁殖的适温范围, 最适温度为 30℃。

关键词 橡副珠蜡蚧, 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂, 温度, 发育, 繁殖

橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* (Niemén) 是危害多种园林植物及农作物的重要害虫^[1]。近年来, 该虫在云南西双版纳植胶区暴发成灾, 为害程度逐年加重^[2-3]; 2008 年该虫在海南省局部地区的橡胶苗圃大面积发生, 由次要害虫上升为主要害虫, 使当地的橡胶生产遭受巨大损失, 并对我国天然橡胶产业的正常发展构成严重威胁。

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang and Huang 隶属膜翅目, 跳小蜂科 Encyrtidae, 阔柄跳小蜂属 *Metaphycus* 为新近发现物种^[4], 是田间橡副珠蜡蚧成虫期的重要内寄生性天敌。据观察, 该蜂在田间种群数量较大, 室内较易饲养。如能人工繁殖后释放, 可望在橡副珠蜡蚧的生物防治方面发挥重要作用。目前, 作者已对该蜂的生物学特性作初步研究 (另文报道), 结果表明该蜂具有较强的寄生和繁殖能力。环境温度是影响昆虫生长发育的一个重要生态因子, 作者研究了不同温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育与繁殖的影响, 以期为室内规模繁殖该蜂用于生物防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 虫源及试验条件

1.1.1 试验虫源 橡副珠蜡蚧采自云南省热带作物研究所试验场橡胶树上, 室内 (26 ± 1)℃, 70% ± 5% RH 条件下以南瓜为替代寄主继代繁殖。于该试验场胶林内收集副珠蜡蚧阔柄跳小蜂褐蛹, 待成蜂羽化后以南瓜上的橡副珠蜡蚧为寄主进行繁殖。

1.1.2 试验条件 试验在智能人工气候箱 (IHP300H 型, 江苏金坛晶玻试验仪器厂, 温度变幅为 ±1℃, 湿度变幅为 ±5%) 内进行, 相对湿度为 70%, 光周期设置为 L:D=12:12 温度设置为 18、21、24、27、30、33 和 36℃ 共 7 个处理。

1.2 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育及繁殖的影响

将初羽化雌、雄蜂集中装于指形管 (1.5 cm × 10 cm) 中, 补充 20% 蜂蜜水作为营养, 任其自由交配 24 h 后, 用自制接蜂器 (口径 7.5 mm, 高 8.5 cm 的透明塑料杯, 边沿粘一层海绵, 杯底开一圆孔。接蜂时将塑料杯倒置并固定于试验南瓜表面, 将供试小蜂从杯底的小圆孔引入) 在每个试验南瓜上按雌蜂:雄蜂:橡副珠蜡蚧=10:10:30 头的比例接蜂。然后将南瓜逐个放入温度设置为 18、21、24、27、30、33 和 36℃ 的人工气候箱内, 任雌蜂自由产卵 24 h 后取出。去除南瓜上的成蜂, 而后将其放回相应的人工气候箱, 每天观察记录各个恒温条件下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的出蜂情况, 计算世代发育历期、寄生率 (以成蜂羽化出壳为标准)、雌蜂比率以及逐日羽化率。试验重复 3 次。

1.3 温度对雌蜂产卵动态的影响

在每个试验南瓜上集中挑选 30 头橡副珠蜡蚧成虫, 用自制接蜂器罩住, 引入 10 对初羽化成蜂。而后将南瓜逐个放入温度设置为 18、21、24、27、30、33 和 36℃ 的人工气候箱内, 每天更换 1 次橡副珠蜡蚧成虫, 并解剖各个恒温条件下接蜂后的橡副珠蜡蚧, 观察记录其体内副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的产卵情况, 直至所有雌蜂死亡。试验重复 3 次。

1.4 温度对雌蜂寿命的影响

收集初羽化雌蜂置于指形管中, 每管 1 头, 将浸有 20% 蜂蜜水的脱脂棉条紧贴于指形管内壁, 每 10 管为一处理, 分别放入温度设置为 18、21、24、27、30 和 33℃ 的人工气候箱内饲养。每隔 24 h 更换次营养源并观察记录各个处理中雌蜂的存活情况, 至所有试虫死亡为止。试验重复 3 次, 以补充清水和空白作为对照。

1.5 数据分析

由适温条件下发育速率 (V) 与温度 (T) 的线性关系, 求得副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在适温条

件下的世代发育起点温度 (C)及其标准误 (S_c),世代有效积温 (K)及其标准误 (S_k) 根据公式 $N=[\frac{K \pm S_k}{T-(C \pm S_c)}]$ 建立发育历期预测式^[5]。

$$C=[\frac{\sum V \sum T-\sum V \sum T}{n \sum V-(\sum V)^2}];$$
$$K=[\frac{n \sum VT-\sum V \sum T}{n \sum V-(\sum V)^2}];$$
$$S_c=\{[\frac{\sum (T-T')^2}{1/n+V^2} / \sum (V-V')^2]\} / (n-2)\}^{1/2};$$
$$S_k=\{\sum (T-T')^2 / [(n-2) \sum (V-V')^2]\}^{1/2}.$$

式中 T(℃)为试验温度; V为温度 T下的发育速率; C为发育起点温度; K为有效积温; S_k、S_c分别为有效积温的标准误和发育起点温度的标准误; T为温度的理论值; V为发育速率的平均值; n为处理数。

试验数据用 SPSS1. 5 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2. 1 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育及繁殖的影响

2. 1. 1 世代发育与温度的关系

试验所设 18、21℃恒温条件下, 未发现有成蜂羽化。因

此, 仅对 24~36℃范围内副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育情况进行统计 (表 1)。由表 1 可看出, 24、27、30 和 33℃恒温条件下, 该蜂世代发育历期随温度的升高而缩短, 在 33℃时副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育最快, 世代发育历期为 10. 61 d。在 36℃时, 世代发育历期比 33℃时延长, 为 11. 33 d。说明温度对该蜂世代发育影响明显, 在适宜温度范围内发育随温度的升高而加快, 温度过高则发育延缓。经显著性测验, 24、27、30、33 和 36℃5 个恒温条件下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育历期差异显著。

由适温 (24~33℃) 条件下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的世代发育速率, 求得其世代发育起点温度 (C)、世代有效积温 (K)、世代发育起点温度的标准误 (S_c) 以及世代有效积温的标准误 (S_k) 分别为 C=13. 10℃, K=215. 00 日·度, S_c=3. 24, S_k=44. 32。从而建立副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育历期预测式为 $N=[\frac{215. 00 \pm 44. 32}{T-(13. 10 \pm 3. 24)}]$ 。由世代发育起点温度和世代有效积温推算出该蜂在海南 1 年可发生 18 代。

为了定量描述副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育速率与温度之间的关系, 采用 SPSS 统计分析软件对试验数据进行拟合, 得到 S 形曲线模型 $V=e^{1.33+37.73/T}$ (r=0. 901, P<0. 05), 式中 V 为副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育速率, T 为温度 (℃), 24℃≤T≤36℃。

表 1 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育及繁殖的影响 (24~36℃)

温度 (℃)	世代发育历期 (d)	寄生率 (%)	雌性率 (%)	终生产卵量 (粒)
24	17. 64±0. 05 ^a	13. 33±3. 84	60. 71	20. 67±0. 33 ^a
27	16. 11±0. 04 ^b	17. 80±1. 10	70. 03	25. 07±0. 33 ^b
30	13. 60±0. 06 ^c	20. 00±5. 77	68. 08	25. 77±0. 34 ^b
33	10. 61±0. 03 ^e	14. 43±1. 13	34. 04	20. 73±0. 18 ^a
36	11. 33±0. 08 ^d	15. 57±4. 43	32. 59	21. 40±0. 86 ^a

注: 表中数据均为平均值±标准误, 同列数据后字母不同表示经 Duncan 新复极差检验差异显著 (P≤0. 05)。

2. 1. 2 寄生率及雌性比率与温度的关系

由表 1 可看出, 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生率有一定影响, 24~36℃范围内该蜂对副珠蜡蚧的寄生率在 13. 33%~20. 00% 范围内波动, 30℃时寄生率最高。

该蜂的雌雄性比受温度变化的影响较大, 在 27℃时雌性比率最大为 70. 03%, 低温和高温均导致子代雄蜂个体增加, 性比减小, 36℃时雌性比率最小为 32. 59%。

2. 1. 3 温度对成蜂羽化动态的影响

由图 1

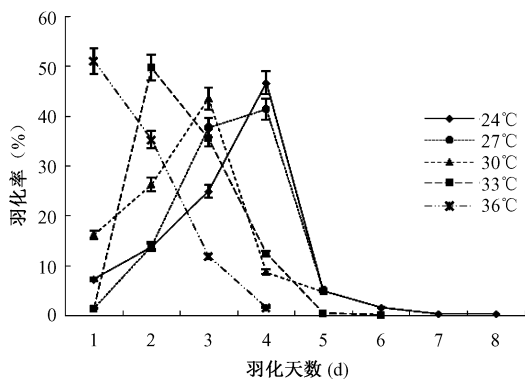


图 1 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在不同恒温条件下的逐日羽化动态

可看出, 24 ~ 36℃范围内, 随着试验温度的升高, 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂羽化相对集中, 羽化持续时间逐渐缩短, 羽化高峰提前。36℃恒温条件下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在接蜂后第 8 d 开始羽化, 羽化持续时间仅为 4 d 羽化高峰出现在开始羽化后的第 1 d 和第 2 d 分别占羽化总量的 51.19% 和 35.32%; 33℃时, 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在接蜂后第 9 d 开始羽化, 羽化持续时间为 6 d 羽化高峰出现在开始羽化后的第 2 d 和第 3 d 分别占羽化总量的 49.85% 和 35.71%; 30℃时副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在接蜂后第 12 d 开始羽化, 羽化持续时间为 5 d 羽化高峰出现在开始羽化后的第 2 d 和第 3 d 分别占羽化总量的 26.38% 和 43.65%; 27℃时副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在接蜂后第 14 d 开始羽化, 羽化持续时间为 5 d 羽化高峰出现在开始羽化后的第 3 d 和第 4 d 分别占羽化总量的 37.78% 和 41.48%; 24℃恒温条件下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在接蜂后第 17 d 开始羽化, 羽化持续时间为 8 d 羽化高峰出现在开始羽化后的第 3 d 和第 4 d 分别占羽化总量的 24.97% 和 46.77%。

2.2 温度对雌蜂产卵动态的影响

对 24 ~ 36℃范围内雌蜂产卵情况见表 1, 产卵动态见图 2。

由表 1 可知, 30℃恒温条件下雌蜂终生产卵量最多, 平均 25.77 粒; 27℃条件下单雌终生产卵量为 25.07 粒, 均显著高于 24.33 和 36℃

条件下单雌终生产卵量 20.67、20.73 和 21.40 粒。

由图 2 可看出 24℃恒温条件下雌蜂产卵高峰出现在接蜂后第 3 d 随着所设试验温度的升高, 雌蜂产卵高峰相对提前, 27℃和 30℃条件下雌蜂产卵高峰出现在接蜂后第 2 d 33℃和 36℃条件下接蜂当天雌蜂产卵量最多。各恒温条件下雌蜂逐日产卵量随产卵时间的延长而逐渐下降。24℃时雌蜂的产卵期最长, 达 16 d 36℃时最短, 仅为 5 d。

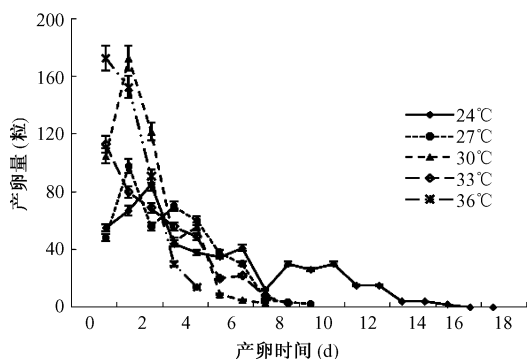


图 2 雌蜂产卵动态

2.3 温度对雌蜂寿命的影响

由表 2 可看出, 18 ~ 33℃范围内, 随着试验温度的升高, 补充 20% 蜂蜜水、补充清水和无补充营养 3 种处理中雌蜂寿命均逐渐缩短; 同一温度条件下补充 20% 蜂蜜水时雌蜂寿命显著延长, 而补充清水及无补充营养时雌蜂寿命相对偏短。3 种处理中除在 24℃条件下补充清水时雌蜂寿命最短外, 其余恒温条件下均是无补充营养时雌蜂寿命最短, 其中 33℃条件下无补充营养时雌蜂寿命最短, 平均仅 1.01 d。

对不同恒温条件下补充同种营养时的雌蜂寿命进行显著性分析, 结果表明, 补充 20% 蜂蜜水作为营养时 18、21、24、27 和 30℃条件下雌蜂寿命差异均不显著, 21℃和 24℃条件下雌蜂寿命差异不显著, 27℃和 30℃条件下雌蜂寿命差异不显著; 补充清水时 24℃和 30℃条件下雌蜂寿命差异不显著; 无补充营养时 21℃和 24℃、30℃和 33℃条件下雌蜂寿命差异不显

著; 其余营养条件下不同温度间雌蜂寿命均存在显著差异。

表 2 不同温度条件下的雌蜂寿命 (d)

温度 (℃)	补充营养		
	20% 蜂蜜水	清水 (对照)	无 (对照)
18	7.70±1.04 ^{bAB}	4.80±0.27 ^{aA}	4.23±0.26 ^{aA}
21	7.69±0.52 ^{aA}	3.20±0.17 ^{bB}	2.37±0.16 ^{aB}
24	7.47±0.31 ^{aA}	1.43±0.09 ^{bC}	2.13±0.06 ^{aB}
27	6.37±0.29 ^{bB}	1.93±0.15 ^{dD}	1.90±0.09 ^{aC}
30	5.93±0.36 ^{cB}	1.41±0.10 ^C	1.17±0.07 ^{dD}
33	4.33±0.29 ^{bC}	1.05±0.06 ^E	1.01±0.12 ^{dD}

注: 表中数据均为平均值±标准误, 不同小写字母表示同行数据差异显著, 不同大写字母表示同列数据差异显著 (Duncan新复极差, $P\leq 0.05$)。

由表 2 数据采用 SPSS 统计分析软件拟合不同温度下雌蜂寿命 (y) 与温度 (x) 的相关公式如下:

(1) 补充 20% 蜂蜜水时, 雌蜂寿命与温度的相关关系

$$y = 12.22 - 0.22x \quad (r^2 = 0.88 \quad P < 0.01).$$

(2) 补充清水时, 雌蜂寿命与温度的相关关系

$$y = 8.04 - 0.23x \quad (r^2 = 0.77 \quad P < 0.05).$$

(3) 不补充营养时, 雌蜂寿命与温度的相关关系

$$y = 6.98 - 0.19x \quad (r^2 = 0.85 \quad P < 0.01).$$

3 结论与讨论

温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育和繁殖的影响符合生物学一般规律, 即在一定温度范围内, 随着温度的升高, 发育速率加快, 雌蜂产卵高峰相对提前, 成蜂羽化时间相对集中, 羽化持续时间逐渐缩短。在 27~30℃ 范围内, 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育速率较快, 雌雄性比适当, 雌蜂寄生率较高, 终生产卵量较多, 可视为有利于该蜂发育和繁殖的适温范围, 最适温度为 30℃。

试验是在恒温条件下测定副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育起点温度和世代有效积温, 而在自然界中, 昆虫是在变温环境中进行发育繁殖。恒温与变温对昆虫生长发育的影响有所不同, 一般情况下变温条件会加快昆虫的发育速

率^[6]。因此, 有必要在变温条件下对该蜂的发育起点温度和有效积温进行再次测定。

试验采取群体接蜂的方式求得平均单雌终生产卵量。考虑到雌蜂之间可能存在寄生干扰现象, 因此实际情况中各恒温条件下单雌终生产卵量可能多于试验所得数据。

所设试验温度 (24~36℃) 范围内, 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对橡副珠蜡蚧的寄生率在较小范围 (13.33%~20.00%) 内波动, 这一结果可从侧面说明该蜂对环境温度的适应能力较强, 田间容易形成种群, 室内较易饲养。但对该蜂作用效能的评价, 不应仅仅从寄生率这一角度, 而需结合发育速率、雌雄性比等指标综合考虑。

在对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育速率与温度的关系进行拟合时, 采用线性日度模型也能较好地描述其发育速率在适温范围内随温度升高而加快的现象, 但不能反映出高温条件下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代发育速率随温度的升高而趋于平缓的特性, 因此本研究将其拟合为 S 形曲线。此结果与尼氏真绥螨^[7] 和食蚜瘿蚊^[8] 的相关研究结论相似。

以上试验仅仅是对该蜂发育与繁殖生物学一些方面的初步探讨, 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对环境变化的适应能力可能受温度和湿度等因子的共同影响。因此, 在对该蜂的生殖调控、繁殖利用、饲养技术等方面还存在许多问题有待研究。

参 考 文 献

- 1 王子清. 见: 中国动物志昆虫纲同翅目蚧总科 (第 22 卷). 北京: 科学出版社, 2001. 367~368
- 2 管志斌, 陈勇, 雷建林, 等. 西双版纳州橡胶介壳虫大面积暴发. 植物保护, 2005 31(1): 92~93
- 3 吴忠华, 李国华, 侯建勇, 等. 橡胶盔蚧生物学特性研究. 云南农业大学学报, 2008 23(5): 701~704
- 4 Zhang Y Z, Huang D W, Fu Y G, et al. A new species of *Meaphycus* from China (Parasitoid of *Parasitsetia nigra*). Entomol. News 2007 118(1): 68~72
- 5 张孝羲. 见: 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社, 2002. 217~220
- 6 牟吉元. 见: 昆虫生态与农业害虫预测预报. 北京: 中国农业科技出版社, 1997
- 7 郑雪, 金道超. 温度对以二斑叶螨为食的尼氏真绥螨生长发育的影响. 植物保护, 2008 34(2): 61~64
- 8 张洁, 杨茂发, 王利爽. 温度对食蚜瘿蚊生长发育的影响. 昆虫知识, 2008 45(2): 256~259