

温度和光周期对斑翅食蚧蚜小蜂发育与繁殖的影响

张方平, 符悦冠*, 彭正强, 王 帮, 张敬宝, 金启安

(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, 海南省儋州市 571737)

摘要:斑翅食蚧蚜小蜂是橡副珠蜡蚧的重要寄生性天敌之一。研究了温度和光周期对斑翅食蚧蚜小蜂发育、寄生及繁殖等方面的生态学特性。研究表明:温度和光周期对斑翅食蚧蚜小蜂种群增长影响明显。在 32℃ 下不能完成世代发育, 在温度为 18—27℃ 范围内随温度升高发育加快, 18℃ 发育历期最长 (54.0d), 27℃ 最短 (22.8d); 世代发育起点温度和有效积温分别为 12.76℃ 和 307.62 日度。高温和低温均不利于斑翅食蚧蚜小蜂寄生, 21℃ 时寄生率最高为 (36.0%), 30℃ 时寄生率最低 (4.5%)。结合发育历期、体长、产卵、抱卵、寄生率等参数, 该蜂发育繁殖的适宜温度为 21—27℃ 度范围内, 30℃ 以上不利于小蜂的发育及存活。斑翅食蚧蚜小蜂对长光的刺激比较敏感, 随光照时间增长, 发育加快、产卵量明显增加, 长日照条件 (LD 16:8h) 的发育历期最短 (24.8d), 短日照条件 (LD 10:14h) 的最长 (27.8d), 产卵量在长日照条件 (LD 16:8h) 时最多 (119.6 粒), 短日照条件 (LD 10:14h) 时最少 (86.2 粒)。结合发育、产卵、寄生等参数, 长日照条件 (LD 14:10—LD 16:8h) 有利于种群增长。

关键词:斑翅食蚧蚜小蜂; 橡副珠蜡蚧; 温度; 光周期; 发育; 繁殖

Effects of temperature and photoperiod on the development and reproduction of *Coccophagus ceroplastae*

ZHANG Fangping, FU Yueguan*, PENG Zhengqiang, WANG Bang, ZHANG Jingbao, JIN Qi'an

Environment and Plant Protection Institute, CATAS; Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien Pests, Ministry of Agriculture, The People's Republic of China; Key Laboratory of Pests Detection and Control for Tropical Agriculture, Danzhou, Hainan 571737, China

Abstract: *Coccophagus ceroplastae* is one of the important parasitoids of *Parasaissetia nigra*. In this paper, the development, fecundity per female and parasitism rates of *C. ceroplastae* were studied at different constant temperatures and photoperiods, respectively. The results showed that temperature and photoperiod had significant effects on population growth of *C. ceroplastae*. *C. ceroplastae* could not complete its life history at 32℃. The development rate increased significantly with the increase of temperature between 18℃ and 27℃. The development duration were the longest at 18℃ (54.0d) and the shortest at 27℃ (22.8d). The thermal threshold and effective accumulated temperature of *C. ceroplastae* were 12.76℃ and 307.62 day-degree, respectively. High and low temperatures were not suitable for the parasitisation of *C. ceroplastae*. The parasitism rate of *C. ceroplastae* was the highest at 21℃ (36.0%) and the lowest at 30℃ (4.5%). Giving the development duration, body length, parasitic rate and fecundity per female, 21—27℃ was optimal for the development and reproduction of *C. ceroplastae*, while the temperature over 30℃ was not suitable for its survival and development. *C. ceroplastae* was sensitive to the photoperiod. The development rate and fecundity per female increased with the increase of illumination time. The development duration was the shortest (24.8d) at the condition of L:D = 16:8h and the longest (27.8d) at the condition of L:D = 10:14h. The fecundity per female was the highest (119.6 eggs) at the condition of L:D = 16:8h and the lowest (86.2 eggs) at the condition of L:D 10:14h. Giving the development duration, fecundity and parasitic rate, L:D =

基金项目:国家农业公益性行业科研专项经费资助项目 (nyhyzx07-033-2); 南亚热带作物专项经费资助项目 (ZBC200804; 农热办合同 (2007-9))

收稿日期:2009-01-07; **修订日期:**2009-03-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fygcatas@163.com

14—16:8—10 h was most suitable for the population growth of *C. ceroplastae*.

Key Words: *Coccophagus ceroplastae*; *Parasaissetia nigra*; temperature; photoperiod; development; reproduction

橡副珠蜡蚧(*Parasaissetia nigra*)是自2004年以来在云南橡胶上大面积爆发成灾的一种重要害虫^[1-2],2008年该虫在海南局部暴发成灾。橡副珠蜡蚧主要是以成虫及各龄若虫取食橡胶幼嫩枝叶的汁液,从而导致落叶、枝条干枯,甚至整株枯死,同时分泌蜜露诱发橡胶形成煤烟病。该虫大面积发生危害对云南、海南两省橡胶均造成了严重损失。防治上,主要还是依赖化学农药控制其危害^[3-4]。大量施用化学农药不仅增加了生产成本,还造成严重的环境污染。因此,急需开展橡副珠蜡蚧的生物防治技术研究。

据国内外报道,橡副珠蜡蚧的天敌资源十分丰富^[2,5-12],其中斑翅食蚧蚜小蜂(*Coccophagus ceroplastae*)是一种数量较多的寄生蜂,并在橡副珠蜡蚧的控制中起着重要作用^[10];本人调查也发现斑翅食蚧蚜小蜂是云南橡胶上橡副珠蜡蚧的优势天敌。斑翅食蚧蚜小蜂已被广泛记录,该蜂在中国、日本、印度、美国、南非等国均有分布,主要寄生蜡蚧科昆虫的幼虫^[13-16]。生产上,该蜂在控制无花果蜡蚧 *Ceroplastes rusci* 和麻疯桐绵蚧 *Pulvinaria urticae* 等蚧类方面得到应用^[17-18]。尽管如此,其生物学特性方面仅以柑桔多角绵蚧为寄主进行过初步研究^[19],生态学特性、控制作用等未见有系统深入的研究报道。在影响昆虫种群增长的生态因子中气候因素可以直接影响昆虫的生长和发育、生存和繁殖,从而造成种群的发生期、发生量的差异^[20],其中温度、光周期、湿度对昆虫发育与繁殖的影响十分明显。因此,本文研究了在不同温度、光周期条件下斑翅食蚧蚜小蜂的发育、繁殖情况,并通过发育历期、怀卵量、产卵量、体长等指标分析温度和光周期对斑翅食蚧蚜小蜂发育及繁殖的影响,以期为进一步利用该蜂控制橡副珠蜡蚧提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

(1)橡副珠蜡蚧 采于云南省热带作物研究所试验场六队橡胶上,在中国热带农业科学院环境与植物保护研究所内温度为26℃、湿度为70%的养虫室里用南瓜繁殖备用。

(2)斑翅食蚧蚜小蜂 于云南热作所试验场六队橡副珠蜡蚧严重发生区的橡胶林段收集斑翅食蚧蚜小蜂褐蛹,待羽化后用橡胶上的橡副珠蜡蚧繁殖,形成数量较大的种群。然后,将蜂转接在用南瓜饲养的橡副珠蜡蚧上,形成以南瓜为植物寄主的种群以供实验所需。

1.2 实验方法

1.2.1 温度对发育与繁殖的影响

(1)待斑翅食蚧蚜小蜂羽化后,按♀:♂=10:3(共13头)接入带有200头橡副珠蜡蚧3龄若虫的南瓜上,在整体接蜂罩(自制60cm×40cm×40cm的玻璃罩)内接蜂,让小蜂自由寄生24h后取出带虫的南瓜,并去除在南瓜上的成蜂,然后将其放入相对湿度为(70±5)%,光周期为L:D=12:12,温度为15、18、21、24、27、30、32℃的人工气候箱内,观察斑翅食蚧蚜小蜂的发育历期、寄生率(以斑翅食蚧蚜小蜂发育到蛹为标准)、测量初羽化的雌蜂体长并解剖其抱卵量。实验重复3次。

(2)不同温度下斑翅食蚧蚜小蜂的产卵 在南瓜上集中挑选50头橡副珠蜡蚧3龄若虫,用局部接蜂器罩住(自制),引入1头已交配且没有产卵的斑翅食蚧蚜小蜂雌蜂,然后把带虫及蜂的南瓜放在15、20、25、30、32℃的人工气候箱内。每天换1次橡副珠蜡蚧幼虫,并解剖观察小蜂的产卵情况。每温度下5次重复。

1.2.2 光周期对发育与繁殖的影响

条件为光周期L:D=10:12h、L:D=12:12h、L:D=14:10h、L:D=16:8h,温度为24℃、相对湿度(70±5)%。按1.2.1方法接蜂,然后置于相应的人工气候箱内,观察斑翅食蚧蚜小蜂的发育及繁殖情况。实验重复3次。

1.3 数据分析

发育起点温度和有效积温采用直线回归法和李典谟提出的直接最优法计算^[20-21]。

2 结果与分析

2.1 温度对发育历期的影响

斑翅食蚱蜢小蜂在 15℃ 时能完成世代发育,但数量极少,32℃ 则不能完成世代发育,因此仅对 18—30℃ 的发育情况作统计如下:

从表 1 中可看出,斑翅食蚱蜢小蜂的发育历期在 18—27℃ 范围内随温度升高而缩短,18℃ 世代发育历期最长为 54.0d,27℃ 时最短为 22.8d;而当温度升至 30℃ 时各虫态的发育均有所延长,卵-幼虫期、蛹期、世代历期分别为 19.3、8.2、27.6d。通过显著性测验,所设 5 个温度条件下的卵-幼虫期及世代发育历期差异极显著,蛹期除 24℃ 和 30℃ 的差异不显著外,其余温度差异均达极显著。

表 1 斑翅食蚱蜢小蜂在不同温度下的发育历期
Table 1 Duration of *C. ceroplastae* at different temperature

温度/℃ Temperature	卵-幼虫期/d Egg-larva	蛹期/d Pupae	世代/d Generation
18	33.2 ± 2.1 Aa	20.9 ± 3.7 Aa	54.0 ± 10.1 Aa
21	21.3 ± 1.8 Bb	12.9 ± 1.7 Bb	34.8 ± 5.1 Bb
24	16.8 ± 1.4 Dd	9.2 ± 1.2 Cc	26.0 ± 3.6 Dd
27	15.3 ± 1.6 Ee	7.7 ± 1.1 Dd	22.8 ± 3.6 Ee
30	19.3 ± 0.9 Cc	8.2 ± 1.7 Cc	27.6 ± 3.2 Cc

表中数据为平均数 ± 标准差,同一列中不同小写和大写字母的数值分别表示经方差分析(DMRT)存在 5% 和 1% 的差异);下同

2.2 有效积温及发育起点温度

表 2 可见:用直线回归法计算发育起点温度以卵—幼虫期的最低,分别为 10.2℃,全世代的最高为分别为 12.8℃;世代有效积温为 306.6d·℃。根据世代有效积温可算出在海南发生 13—14 代,在云南版纳可发生 12—13 代。

表 2 斑翅食蚱蜢小蜂的有效积温及发育起点温度

Table 2 The threshold temperature for development and effective cumulative temperature of *C. ceroplastae*

发育阶段 Stage	发育起点温度 Effective accumulated temperature/℃	有效积温 The effective accumulated temperature/(d·℃)	发育速率与温度的回归关系 The binomial correlation between the temperature and the developmental rate
卵-幼虫期 Egg-larva	10.2	242.8	$y = -0.0005x^2 + 0.0279x - 0.2988$ $R^2 = 0.9675$
蛹期 Pupae	12.8	107.1	$y = -0.0007x^2 + 0.0393x - 0.4427$ $R^2 = 0.979$
全世代 Generation	12.2	306.6	$y = -0.0003x^2 + 0.0185x - 0.2039$ $R^2 = 0.9028$

2.3 寄生率与温度的关系

斑翅食蚱蜢小蜂对橡副珠蜡蚧的寄生率受温度影响明显,与从图 1 中可以看出斑翅食蚱蜢小蜂在 21℃ 寄生率最高为 36.0%,30℃ 时寄生率最低为 4.5%;21℃、24℃ 及 27℃ 等 3 个温度之间寄生率差异不明显。由此可见,高温和低温均不利于斑翅食蚱蜢小蜂寄生,该蜂寄生比较适宜的温度为 20—27℃ 度范围。

2.4 温度对斑翅食蚱蜢小蜂雌蜂成虫寿命、抱卵量、产卵量及体长的影响

由表 3 中可见,温度对斑翅食蚱蜢小蜂成虫寿命的影响极为明显,其寿命随温度的升高而缩短,18℃ 时寿命为 10.1d,30℃ 急剧缩短为 1.3d;成虫抱卵量在 18—27℃ 范围内随温度升高而增加,18℃ 时抱卵量为 117.1 粒,27℃ 时为 165.6 粒,30℃ 条件下则明显下降为 44.0 粒,在各温度间的抱卵量存在极显著差异;产卵量在

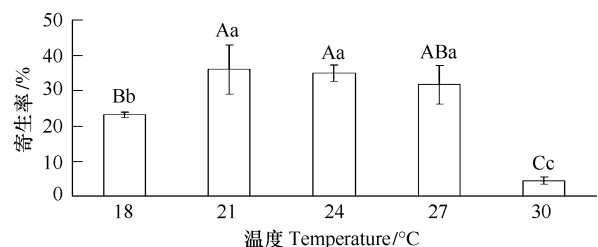


图 1 温度对斑翅食蚱蜢小蜂的寄生率的影响

Fig. 1 Parasitic rate of *C. ceroplastae* at different temperature

18—24℃范围内差异不明显,分别为80.1、92.3、86.4粒,但与27℃和30℃存在极显著差异,30℃时产卵量仅为39.1粒;体长在所设温度下随温度的上升总体呈现下降趋势,18℃小蜂体长最长为1.18cm,30℃小蜂体长最短为1.03cm,但是在21℃、24℃、27℃之间下降不明显。

根据表3数据,分别对抱卵量、产卵量与温度的关系进行曲线(抛物线)回归,其关系曲线分别为:

抱卵量 $Y_2 = -2.1966T^2 + 101.7T - 1014.1$ ($R = 0.8678, P < 0.01$)

令 Y_2 的导数为0,得抱卵量最高时的温度为23.15℃,最大值为163.5粒/雌。

产卵量 $Y_2 = -0.626T^2 + 25.977T - 181.61$ ($R = 0.9509, P < 0.01$)

令 Y_3 的导数为0,得产卵量最高时的温度为20.75℃,最大值为87.88粒/雌。

2.5 光周期对发育历期的影响

从表4中可看出光周期对斑翅食蚜小蜂卵—幼虫期影响明显,其发育历期随光照时间增加而减短,其中最长的LD 10:14h,需17.4d才能发育到蛹,最短的是光暗比为LD 16:8h,只需14.6d就可以发育到蛹,四种光周期条件下,光暗比为LD 10:14h和LD 12:12h之间差异不显著,而与LD 10:14h、LD 16:8h之间呈极显著性差异;其次光周期对蛹期的影响不明显,蛹期最长是LD 10:14h为9.5d,最短的是LD 16:8h为9.2d;光周期对世代历期影响明显,最长的是LD 10:14h为27.8d,最短是LD 16:8h为24.8d,其相互间均存在显著差异。

表3 斑翅食蚜小蜂在不同温度下的成虫寿命、抱卵量、产卵及体长

Table 3 The female longevity and fecundity and length of body of *C. ceroplastae* at different temperature

温度/℃ Temperature	成虫寿命/d Female longevity	抱卵量/粒 Fecundity/eggs	产卵量/粒 Oviposition/eggs	体长 The body length of female/mm
18	10.1 ± 3.1Aa	117.1 ± 18.1Dd	80.1 ± 8.3Aa	1.18 ± 0.08Aa
21	7.3 ± 3.1Bb	131.6 ± 28.4Cc	92.3 ± 4.5Aa	1.09 ± 0.06Bb
24	4.5 ± 2.1Cc	150.9 ± 24.6Bb	86.4 ± 5.6Aa	1.07 ± 0.06BCb
27	4.5 ± 1.3Dd	165.6 ± 36.8Aa	52.2 ± 7.7Bb	1.09 ± 0.07Bb
30	1.3 ± 0.6Ee	44.0 ± 8.3Ee	39.1 ± 7.8Bc	1.03 ± 0.03Cc

表4 光周期对斑翅食蚜小蜂发育历期的影响

Table 4 Effect of photoperiods on development duration of *C. ceroplastae*

光周期(L:D) Photoperiods	卵-幼虫期/d Egg-larva	蛹期/d Pupae	全世代/d Generation
10:14	17.4 ± 1.3Aa	9.5 ± 0.9Aa	27.8 ± 1.8Aa
12:12	16.8 ± 1.4Aa	9.2 ± 0.5Aa	26.2 ± 1.6Bb
14:10	15.6 ± 2.0Bb	9.1 ± 0.9Aa	25.6 ± 1.6Bc
16:8	14.6 ± 1.3Cc	9.2 ± 0.5Aa	24.8 ± 1.5Cd

2.6 光周期对雌蜂寿命、抱卵量、产卵量及体长的影响

从表5中可看出光周期对斑翅食蚜小蜂的成虫寿命、抱卵量、产卵及体长均有影响。成虫寿命随光暗比的增加而下降,LD 10:14h极显著长于其它处理,说明短光照有利于成虫的存活;抱卵量在LD 12:12h时最多为150.9粒,显著多于LD 10:14h(142.3粒)和LD 14:10h(145.4粒),极显著多于LD 16:8h的抱卵量(139.2粒);产卵量在LD 16:8h时最多,而短光照时明显减少;体长以LD 16:8h最长为1.15mm,显著长于LD 10:14h,极显著长于LD 12:12h(1.07 mm)及LD 14:10h(1.09 mm)。

2.7 光周期对寄生率的影响

从图2中可看出,光周期对斑翅食蚜小蜂的寄生率影响不明显,LD 10:14h、LD 12:12h、LD 14:10h、LD 16:8h条件下寄生率分别为31.49%、35.0%、32.22%、31.19%。显著性测验结果为:各处理之间差异不显著。

表 5 光周期对斑翅食蚜小蜂成虫寿命、蜂抱卵量、产卵量及体长的影响

Table 5 Effect of female longevity and fecundity and oviposition and length body of *C. ceroplastae* (female) under different photoperiods

光周期(L:D) Photoperiods	成虫寿命/d Female longevity	抱卵量/粒 Fecundity/eggs	产卵量/粒 Oviposition/eggs	体长 The body length of female/mm
10:14	5.5 ± 1.8 Aa	142.3 ± 28.1 ABb	86.2 ± 27.6 Aa	1.11 ± 0.06 ABb
12:12	4.5 ± 2.0 Bb	150.9 ± 24.2 Aa	86.4 ± 9.9 Aa	1.07 ± 0.06 Bc
14:10	4.6 ± 1.6 Bb	145.4 ± 31.9 ABab	103.8 ± 7.6 Bb	1.09 ± 0.08 Bbc
16:8	4.5 ± 2.0 Bb	139.2 ± 40.4 Bb	119.6 ± 15.3 Cc	1.15 ± 0.08 Aa

3 讨论与结论

3.1 温度对斑翅食蚜小蜂的影响

温度是影响昆虫生长发育以及许多生物活性的最主要因子^[20]。本实验研究结果表明:在低温条件下,斑翅食蚜小蜂发育历期较长,寄生率及怀卵量低,不利快速建立种群;高温对斑翅食蚜小蜂的影响更大,成虫寿命、寄生率、怀卵量均为最低,可能是因为在高温下水分蒸发较快,湿度难以控制。结合发育历期、寄生率、怀卵量、产卵量考虑,斑翅食蚜小蜂种群增长的适宜

温度为 21—27℃,在 21℃ 以下、30℃ 以上的温度不适合斑翅食蚜小蜂生存及繁殖。

在本中研究斑翅食蚜小蜂的世代发育历期较黄春梅用多角棉蚜为寄主饲养的长^[19],黄春梅报道在福建漳州 9 月份的温度下世代历期平均 20d,本试验研究结果在 27℃ 下最快为 22.8 d;同样生殖潜能也存在较大的差异,黄春梅的报道中雌蜂平均单雌怀卵量为 107.5 粒,而本次试验发现在适宜温度(27℃)下高达 165.60 粒,这可能与实验种群来源、寄主、寄主食料、温度、湿度等条件不同有关,其根本原因尚待以后进一步的研究。其次,研究结果发现抱卵量在 18—27℃ 范围内随温度的升高而增加,温度为 30℃ 时抱卵量急剧下降(44 粒),表明温度低或过高都会抑制卵的形成^[22]。另外,斑翅食蚜小蜂的寄生率受温度影响明显,高温(30℃ 以上)和低温(15℃ 以下)寄生率低,说明在高温和低温条件下对该蜂的寄生不利,结果与另一热带寄生蜂椰甲截脉姬小蜂相似^[23]。

3.2 光周期斑翅食蚜小蜂的影响

光周期作为一种影响昆虫生活节律的信息,在特定的光周期下,昆虫交配产卵、取食活动等以及内在的生理代谢、种群季节性变动规律等都表现出严格的时间节律性,众多研究也表明光周期对寄生蜂的生长发育同样有明显的调控作用^[24-25]。本研究结果可看出,斑翅食蚜小蜂对长光周期的刺激比较敏感,长光(光暗比为 16:8)条件下其发育加快、产卵量明显增加,说明在长光条件下斑翅食蚜小蜂处于比较活跃的发育及生殖状态,该蜂属于长日照类型的寄生蜂;然而,成虫寿命却在长日照条件下明显缩短,与丽蚜小蜂、烟粉虱等的情况完全不同^[24,26],这可能是斑翅食蚜小蜂为卵细胞发育成熟型,长日照条件下产卵及其爬行活动强,而致使小蜂的能量衰退过快。

本试验只是研究了温度、光周期两个因素的各自的单因素变量对斑翅食蚜小蜂发育及繁殖的影响,今后还需要进一步对温、光、湿度因素变量组合下影响的试验,才能了解温度、光周期对斑翅食蚜小蜂的影响程度。其次,上述研究主要在恒定的温度、光周期条件下进行,其结果可为其室内大量繁殖提供依据,但由于昆虫在自然变化的温光条件下比在恒光温条件下的发育要快一些,在恒定光温试验与变化光温条件中得到的结果是存在差异的^[21],所以在该蜂的繁殖、田间利用方面还应充分考虑到变温的影响。

综上所述,温度和光周期的条件变化对斑翅食蚜小蜂种群增长的影响较为明显。而其它环境如植物寄主、湿度等对昆虫的发育及繁殖也存在不同程度的影响^[27],本人通过试验初步观察也发现植物寄主为南瓜和橡胶的斑翅食蚜小蜂的个体及抱卵量存在差异,这说明了寄生蜂的大量繁殖还应充分考虑其它因素的

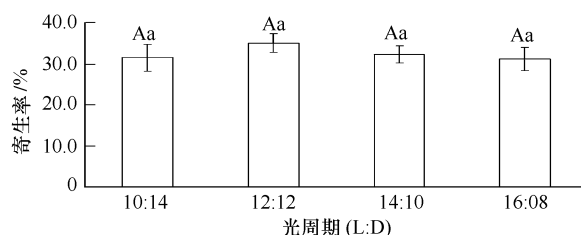


图 2 光周期对斑翅食蚜小蜂的寄生率的影响

Fig. 2 Parasitic rate of *C. ceroplastae* at different photoperiods

影响。

致谢:承蒙福建农林大学植保学院黄建教授和中国科学院动物研究所张彦周博士对蚜小蜂标本进行鉴定,牛黎明博士在论文修改中提供帮助,在此谨表示诚挚谢意。

References:

- [1] Duan B, Zhou M, Li J Z. Identification and control of a scale insect in Xishuangbanna rubber plantation of Yunnan Province. Tropical Agricultural Science & Technology, 2005, 28(2): 1-2.
- [2] Guan Z B, Chen Y, Lei J L. Breakout of scale insect in Xishuangbanna rubber plantation of Yunnan province. Plant Protection, 2005, 31(1): 92-93.
- [3] Zhou M, Tao J H, Tang Y H. Controlling effects of scale insect on hevea. Tropical Agricultural Science & Technology, 2004, 27(4): 17-18, 38.
- [4] Ghule B D, Dhupal V S. Chemical control of scale insects on pomegranate. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 1992. 17(2): 322-323.
- [5] Lu Ch Ch, Wu H X. A study on the biolomics control of black coffee scale parasaissetta nigra. Natural Enemies of Insects, 1991, 13(3): 101-106.
- [6] Dorge S K, Dalaya V P, Pradhan A G. Studies on two predatory Coccinellid beetles, *Pharoscymnus horni* Weise and *Chilocorus nigritus* Fab., feeding on sugar-cane scales *Aspidiotus glomeratus* G. Labdev Journal of Science and Technology, B (Life Sciences), 1972, 10(3/4): 138-141.
- [7] Wang Z Q. Fauna Sinica Insecta Homoptera Coccoidea (Vol. 22). Beijing: Science Press, 2001: 367-368.
- [8] Smith D, Papacek D, Neale C. The successful introduction to Australia of *Diversinervus* sp. near *stramineus* Compere (Hymenoptera: Encyrtidae), Kenyan parasitoid of green coffee scale. General and Applied Entomology. Entomological Society of New South Wales, Sydney, Australia, 2004, 33: 33-39.
- [9] Marin L R, Cisneros V F H. The black scale-insect of cherimoya: *Saissetia nigra* (Nietner) (Homoptera: Coccidae). Revista Peruana de Entomologia, 1982, 22(1): 103-110.
- [10] Chua T H. The parasite complex of *Saissetia nigra* in Malaysia. Entomophaga, 1978, 23(2): 195-201.
- [11] Li J Z, Zhang C X, Li G H. *Aschersonia kawakamii* Parasitizing in *Parasaissetia nigra*. Journal of Yunnan Agricultural University, 2006, 21(5): 600-602.
- [12] Wang J Q, Li G H, Zhou M. A survey of the natural enemies of *Parasaissetia nigra*. Plant Protection, 2007, 34(3): 100-103.
- [13] Joshi J C, Rao P K, Rao B H K M. A new record of *Aneristus ceroplastae* Howard on brown soft scale *Coccus hesperidum* L. on a new host (papaya) from India. Entomon, 1981, 6(2): 129-130.
- [14] Rajendra S, Pandey R K, Kumar A, Sinha T B. First record of *Coccophagus silvestrii* Compere (Aphelinidae: Hymenoptera) from India parasitising on a new host, the soft brown scale, *Coccus hesperidum*. Current Science, 1982, 51(3): 149.
- [15] Xu Z H, Zhang L L, Wang H M. Revision on species of parasitoids on pink wax scale (*Ceroplastes rubens*) (Hymenoptera: Chalcidoidea). Forest Pest and Disease, 2003, 22(5): 1-5.
- [16] Xu Z H, Huang J. Chinese Fauna of Parasitic Wasps on Scale Insects. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2004: 365-367.
- [17] Muzaffar N, Ahmad R. A note on *Saissetia privigna* (Hem.: Coccidae) in Pakistan and the breeding of its natural enemies. Entomophaga, 1977, 22(1): 45-46.
- [18] Smith D, Papacek D, Hallam M. Biological control of *Pulvinaria urticae* (Cockerell) (Homoptera: Coccidae) in a *Pisonia grandis* forest on North East Herald Cay in the coral sea. General and Applied Entomology. Entomological Society of New South Wales, Sydney, Australia, 2004, 33: 61-68.
- [19] Huang Ch M. Some aspects on the biology of *Aneristus ceroplastae* a parasite of *Chloropulvinaria polygonata* on citrus. Sinozoologia, 1981, 1: 123-128.
- [20] ZHANG X Y. Insect ecology and forecast. Beijing: China Agricultural Press, 2002: 16-27.
- [21] Li D M, Wang M M. Study on reckon fleetly method of threshold temperature for development and effective cumulative temperature. Entomological Knowledge, 1986, 23(4): 184-187.
- [22] Zhang Z K, Yang C X, Gao L Y. Life table of the laboratory population of *Diorhoda tarsalis* Weise at different temperatures. Acta Phytophylacica Sinica, 2007, 34(1): 5-9.
- [23] Tao C, Peng Z Q, Jing Q A. Effects of variable temperature on development of *Asecodes hispinarum* (Hymenoptera: Eulophidae). Acta Phytophylacica Sinica, 2007, 34(1): 1-4.
- [24] Chen Y J, Luo H W, Huang J. Effect of photoperiod on the experimental population of *Sweetpotato whitefly*, *Bemisia tabaci* (Gennadius). Entomological Journal of East China, 2003, 12(1): 38-41.

- [25] Zhu D H, Liu S D, Zhao L Q. Effects of photoperiod and temperature on nymphal development and adult reproduction in the forest 2 dwelling cockroach, *Blattella germanica*. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7):2125-2132.
- [26] Zhu N, Zheng L, Liu S. Effect of photoperiod and adult supplementary nutrition on development of *Encarsia formosa* Gahan. *Chinese Journal of Biological Control*, 2007, 23 (3):290-291.
- [27] Qiu B L, Ren S X. Effect of host plants on the development, survivorship and reproduction of *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48(3): 365-369.

参考文献:

- [1] 段波,周明,李加智,李国华. 西双版纳橡胶介壳虫种类鉴定及其防治. *热带农业科技*, 2005, 28(2):1-3.
- [2] 管志斌,陈勇,雷建林,潘育文. 西双版纳州橡胶介壳虫大面积爆发. *植物保护*, 2005, 31 (1): 92-93.
- [3] 周明,陶锦华,唐应和. 四种杀虫剂对橡胶盔蚧的防效试验. *热带农业科技*, 2004, 27(4):17-18,38.
- [5] 卢川川,伍慧雄. 乌副盔蚧的生物学及其防治研究. *昆虫天敌*, 1991, 13(3):101-106.
- [7] 王子清. 中国动物志昆虫纲同翅目蚧总科(第二十二卷). 北京:科学出版社, 2001: 367-368.
- [11] 李加智,张春霞,李国华. 寄生于橡副珠蜡蚧上的川上座壳孢. *云南农业大学学报*, 2006, 21(5):600-602.
- [12] 王进强,李国华,周明,吴忠华,张春霞,阿红昌. 西双版纳橡胶盔蚧天敌调查. *植物保护*, 2007, 33(4):100-103.
- [15] 徐志宏,张莉丽,王会美. 红蜡蚧寄生蜂种类订正研究(膜翅目:小蜂总科). *中国森林病虫*, 2003, 22(5):1-5.
- [16] 徐志宏,黄建. 中国介壳虫寄生蜂志. 上海:上海科技出版社, 2004:365-367.
- [19] 黄春梅. 柑桔多角绵蚧寄生蜂——蜡蚧斑翅蚜小蜂的某些生物学特性. *动物学集刊*, 1981, 第1集:123-128.
- [20] 张孝羲. *昆虫生态及预测预报*. 北京:中国农业出版社, 2002: 16-27.
- [21] 李典谟,王莽莽. 快速估计发育起点温度及有效积温法的研究. *昆虫知识*, 1986, 23(4):184-187.
- [22] 张治科,杨彩霞,高立原等. 不同温度下甘薯叶甲种群生命表. *植物保护学报*, 2007, 34(1):5-9.
- [23] 唐超,彭正强,金启安. 变温对椰甲截脉姬小蜂生长发育的影响. *植物保护学报*, 2007, 34(1):1-4.
- [24] 陈夜江,罗宏伟,黄建. 光周期对烟粉虱实验种群的影响. *华东昆虫学报*, 12 (1): 38- 41, 2003.
- [25] 朱道弘,刘世大,赵吕权. 光周期与温度对林地德国小蠊生长发育与繁殖的影响. *生态学报*, 2006, 26(7): 2125-2132.
- [26] 朱楠,郑礼,刘顺. 光周期及成虫期补充营养对丽蚜小蜂生长发育的影响. *中国生物防治*, 2007, 23(3):290-291.
- [27] 邱宝利,任顺祥. 寄主植物对双斑恩蚜小蜂的发育、存活和繁殖的影响. *昆虫学报*, 2005, 48(3):365-369.