

温度对军配盲蝽生长发育及繁殖的影响*

罗 优^{1**} 肖 峰¹ 黄 敏¹ 何应琴² 陈文龙^{1***}

(1. 贵州大学昆虫研究所, 贵州省山地农业病虫害重点实验室, 农业部贵阳作物有害生物科学观测实验站, 贵阳 550025; 2. 贵州大学茶学院, 贵阳 550025)

摘 要 【目的】为明确温度对军配盲蝽 *Stethoconus japonicus* 生长发育及繁殖的影响。【方法】以悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* 为猎物, 置于 15、20、25、30 和 35 °C 的人工气候箱恒温条件下饲养军配盲蝽, 统计恒温处理下军配盲蝽发育历期、存活率和成虫繁殖力等指标, 计算其发育起点温度与有效积温。【结果】在 15–35 °C 内, 军配盲蝽各虫态发育历期均随温度升高而缩短。军配盲蝽卵、若虫、卵-成虫、产卵前期及世代存活率随温度升高均先增加后降低, 在 25 °C 下的存活率最高。军配盲蝽全世代的发育起点温度为 10.59 °C, 有效积温 550.22 日·度。随着温度升高, 成虫寿命和雌虫产卵期逐渐缩短, 雌虫寿命较雄虫长, 25 °C 时单雌平均产卵量最大, 为 218.36 粒, 35 °C 时最低, 为 47.62 粒。25 °C 下军配盲蝽实验种群趋势指数值最大, 为 $I=18.01$, 是 20 °C 的 2.05 倍, 30 °C 的 7.97 倍。【结论】25–30 °C 最有利于军配盲蝽实验种群的增长。研究结果为室内人工繁殖军配盲蝽提供基础参考数据。

关键词 温度; 军配盲蝽; 发育; 繁殖; 有效积温; 种群参数

Effects of temperature on the development and reproduction of *Stethoconus japonicus* (Hemiptera)

LUO You^{1**} XIAO Feng¹ HUNAG Min¹ HE Ying-Qin² CHEN Wen-Long^{1***}

(1. Institute of Entomology, Guizhou University; Guizhou Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of the Mountainous Region; Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pest in Guiyang, Ministry of Agriculture, P. R. China, Guiyang 550025, China; 2. College of Tea Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract 【Objectives】To determine the effect of temperature on the development and reproduction of laboratory populations of *Stethoconus japonicus*. 【Methods】The developmental duration, survival rate, fecundity and population parameters of *S. japonicus* feeding on *Corythucha ciliata*, were investigated in an artificial climate chamber at a range of temperatures (15, 20, 25, 30 and (35±1) °C). 【Results】The average duration of various developmental stages of *S. japonicus* shortened as the temperature increased from 15 to 35 °C. *S. japonicus* required just 84.35 d to complete its life cycle at 15 °C, but 1 985 d at 35 °C. The survival rate of eggs, nymphs, egg-adults, pre-laying stages and a complete generation, of *S. japonicus*, first increased, then decreased, with increasing temperature. Survival was highest at 25 °C, the developmental starting temperature of a complete generation was 10.59 °C, and the effective accumulated temperature was 502.48 day-degrees. The adult life span and female laying period gradually shortened with increasing temperature. The life span of females was longer than that of males. The average number of eggs laid per female was highest at 25 °C (218.36), and the lowest at 35 °C (47.620). The highest population trend index of *S. japonicus* was $I=18.01$ at 25 °C, which was 2.05 times higher than that at 20 °C, and 7.97 times higher than that at 30 °C. The optimal temperature for nymph development, survival, adult reproduction and population growth was 25 °C. These results provide a basic reference for the captive breeding of *S. japonicus* feeding on *C. ciliata*. 【Conclusion】The most suitable temperature range for population growth of *S. japonicus*, in

*资助项目 Supported projects: 贵州省科技支撑计划 (20182362); 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201203076); 贵州大学人才引进项目 (贵大人基合字 2019 20 号)

**第一作者 First author, E-mail: lyuoyou@foxmail.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: cw1001@163.com

收稿日期 Received: 2020-11-26; 接受日期 Accepted: 2021-04-28

terms of developmental duration, survival rate, developmental rate, longevity and fecundity, is 25-30 °C.

Key words temperature; *Stethoconus japonicus*; development; effective accumulated temperature; population parameters

以半翅目 Hemiptera 捕食性天敌昆虫对农林害虫进行生物防治的研究逐渐增多 (Symondson *et al.*, 2002), 其中盲蝽科 Miridae 的一些昆虫也具生物防治的潜力 (Eyles, 2002; Stys, 2002)。例如在梨园中, 齿爪盲蝽属 *Deraeocoris* 的捕食性天敌昆虫能有效防治梨木虱 *Psylla chinensis*, 可捕食多种节肢动物 (Horton and Lewis, 2000; Boyd *et al.*, 2002)。军配盲蝽属 *Stethoconus* 被认为是网蝽的专性捕食者 (Holguin and Pea, 2009), 对该属天敌昆虫的生物学特性及环境温度对其生长发育与繁殖的影响的了解甚少 (Henry *et al.*, 1986; Neal *et al.*, 1991)。

军配盲蝽 *S. japonicus* 隶属半翅目盲蝽科, 是茶网蝽 *Stephanitis chinensis*、梨冠网蝽 *S. nashi*、杜鹃冠网蝽 *S. pyrioides* 和入侵害虫菊方翅网蝽 *Corythucha marmorata* 等多种农林害虫主要的捕食性天敌之一 (四川省苗溪茶场茶叶科学研究所, 1979; Neal *et al.*, 1991; 罗优等, 2020)。当前, 国内外仅有以杜鹃冠网蝽或茶网蝽饲养军配盲蝽, 研究其成虫寿命、产卵量、生物防治潜力及田间控制力 (四川省苗溪茶场茶叶科学研究所, 1979; Neal *et al.*, 1991), 且关于军配盲蝽的生物学特性的文献报道久远, 缺乏温度对军配盲蝽各虫态发育及繁殖的详实数据。

悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* 是一种入侵害虫, 该虫世代周期短、繁殖率高, 温室内极易饲养 (纪锐等, 2011; 鞠瑞亭, 2012), 因此可作为室内养殖军配盲蝽饲养材料之一。基于此, 本研究拟在室内恒温条件下系统观察军配盲蝽实验种群生长发育、成虫繁殖力等各项参数, 了解其生物学特性, 以为室内人工饲养提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2019 年 4 月下旬, 悬铃木方翅网蝽若虫采

自贵阳市花溪区贵州大学南校区 (106°40'E, 26°25'N) 内二球悬铃木树叶上, 饲养于温度 (26±1) °C, 相对湿度 70%±5%, 光周期为 L:D=14:10 的人工气候箱 (RXZ 多段编程人工智能气候箱, 宁波江南仪器厂。)以户外采集新鲜的二球悬铃木带枝叶片 (长约 20-25 cm, 隔天更换新鲜叶片) 饲养一周后, 移至二球悬铃木植株叶片, 并置于养虫笼 (30 cm×30 cm×30 cm) 中让其进行繁育, 继代饲养 2 代后, 以获得的网蝽各虫态供试。

2019 年 5 月上旬从贵州省贵阳市花溪区孟关大道 (106°45'E, 26°25'N) 的二球悬铃木叶片上收集军配盲蝽低龄若虫, 置于上述实验条件下, 用悬铃木方翅网蝽进行饲养, 继代饲养 1 代后, 以获得的同一批次健康的军配盲蝽成虫用于实验。

1.2 饲养方法

将军配盲蝽雌虫、雄虫配对放置在养虫笼中的同一叶片上, 叶片上预先放有 20 头同一批次的悬铃木方翅网蝽成虫供其食用, 并用沙网袋 (30 cm×20 cm) 罩住叶片, 待其交尾。养虫笼内放置新鲜的带叶枝条供其产卵, 枝条插入装有蒸馏水的离心管 (10 mL) 中, 管口用脱脂棉球塞住。待成虫产卵后, 将卵块转至养虫盒 (22.3 cm×15.3 cm×8.2 cm, 盖子处留有 $\phi=12$ cm 的圆形纱网透气孔) 中, 并定期放入适量的低龄期的方翅网蝽, 供军配盲蝽取食。卵正常孵化的现象视为有效重复, 实验设置有效重复数为 40 对成虫。

将上述养虫盒置于温度梯度处理为 15、20、25、30 和 35 °C, 相对湿度为 70%±5%, 光周期 L:D=14:10 的人工气候箱中饲养。每隔 12 h 观察一次, 军配盲蝽产卵后, 叶脉初现白色卵块, 剪掉叶片的叶肉, 把待孵化卵块移至养虫盒内, 观察卵的孵化情况, 每个温度处理 200 头卵块。待若虫孵化后, 用毛笔刷轻轻将初孵若虫挑出,

并接入培养皿 (ø=12 cm) 内单头饲养。培养皿中放入悬铃木方翅网蝽, 并用新鲜的二球悬铃木叶片饲养, 叶柄插入有盛有适量蒸馏水的 2 mL 离心管中, 管口塞脱脂棉球, 剪叶片大小一致, 供悬铃木方翅网蝽取食。记录军配盲蝽蜕皮和死亡情况; 待成虫羽化后, 进行配对并移至培养皿内饲养, 一盒 1 对, 每个温度处理 10-30 对。待成虫产卵时, 将成虫转移至养虫盒, 每盒放入悬铃木方翅网蝽为食物, 以带枝叶片作为产卵场所, 收集叶脉上的卵块, 去除叶肉, 呈条状, 放入培养皿中统计并记录产卵量、产卵期。产卵量的观测以叶脉处的乳白色卵块为标志计数, 统计雌虫产卵时间及寿命, 并定期更换其产卵基质及保存卵块, 每天观察卵块的孵化情况。每个温度处理不少于 30 粒卵, 每个处理重复 5 次。养虫盒、培养皿内饲养军配盲蝽, 均垫湿润滤纸以保持湿, 并定期更换。

1.3 有效积温、发育起点温度计算方法

以直线回归法 (丁岩钦, 1994) 计算军配盲蝽各虫态的发育起点温度 C 和有效积温 K 及标准误 (S_c 和 S_k) (张孝羲, 2002), 公式如下:

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

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

式中: T 为试验温度值, V 为军配盲蝽的发育速率, $\bar{V}$ 为军配盲蝽平均发育速率, 为发育历期的倒数, T' 为试验的理论温度值, n 为试验的不同温度处理组数, C 为军配盲蝽发育起点温度, K 为有效积温, S_c 和 S_k 分别为 C 和 K 的标准差。

1.4 数据分析

以 Excel 2016 软件 (微软公司, 美国) 记录数据, 采用 IBM SPSS Statistics 21 统计软件 (IBM 公司, 美国) 进行统计分析, 采用 Duncan 氏新复极差法对实验数据进行多重比较, 存活率数据经反正弦转化后再进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 温度对军配盲蝽各虫态发育历期的影响

温度对军配盲蝽各虫态发育历期均有显著影响 ($P < 0.05$) (表 1)。15-35 °C 范围内, 军配盲蝽卵、若虫和成虫的发育历期随温度升高而缩短。15 °C 时军配盲蝽全世代发育历期最长, 为

表 1 不同温度下军配盲蝽各虫态的发育历期

Table 1 Duration of various developmental stages of *Stethoconus japonicus* at different temperatures

虫态 Developmental stage	发育历期 (d) Developmental duration (d)				
	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
卵 Egg	35.75±0.61a	29.55±0.39b	23.56±0.41c	15.42±0.19d	10.46±0.22e
1 龄若虫 1st instar	8.46±0.42a	4.85±0.25b	2.52±0.14cd	1.87±0.11de	1.60±0.10e
2 龄若虫 2nd instar	6.62±0.24a	3.57±0.14b	2.66±0.18c	1.98±0.13d	1.35±0.11e
3 龄若虫 3rd instar	6.59±0.18a	3.45±0.15b	2.69±0.14c	1.93±0.17d	1.41±0.13d
4 龄若虫 4th instar	7.42±0.13a	3.77±0.11b	2.85±0.16c	2.03±0.15d	1.57±0.13d
5 龄若虫 5th instar	8.93±0.78a	5.17±0.48b	2.65±0.18c	2.12±0.15d	1.65±0.14e
若虫期 Nymphal	38.32±0.75a	20.81±0.45b	13.37±0.25c	9.93±0.41d	7.58±0.29e
产卵前期 Preoviposition	11.95±0.49a	9.67±0.35b	6.21±0.24c	4.87±0.25d	2.31±0.33e
世代 Generation	86.27±2.77a	61.03±1.79b	43.24±1.88c	30.26±1.54d	21.35±1.45e

表中数据为平均值±标准误; 同行数据后标有不同小写字母表示经 Duncan's 多重比较差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。
Data in the table are mean ± SE, and followed by different lowercase letters in the same row indicate significant differences by Duncan's multiple range test at the 0.05 level. The same below.

86.27 d, 卵与若虫的发育历期分别为 35.75 d 和 38.32 d, 35 °C 军配盲蝽全世代历期最短, 仅 21.35 d, 卵与若虫的发育历期分别为 10.46 d 和 7.58 d。

2.2 温度对军配盲蝽各虫态发育存活率的影响

温度对军配盲蝽各阶段死亡率的影响见图 1。在 15-25 °C 范围内, 若虫、卵-成虫、产卵前期及世代存活率均随温度的增加而升高, 而在 25-35 °C 范围内又随温度升高而降低。在 25 °C 时军配盲蝽的卵、若虫、卵-成虫、产卵前期和世代存活率均为最高, 分别为 78.5%、37.5%、48.5%、29.5% 和 16.5%, 35 °C 时军配盲蝽各阶段存活率均最低, 分别为 48.5%、12.5%、21.38%、5.5% 和 1.5%。

2.3 军配盲蝽各虫态的发育起点温度和有效积温

利用军配盲蝽发育历期与发育速率互为倒数关系, 计算出军配盲蝽各虫态发育起点温度和

有效积温 (表 2)。军配盲蝽的卵期、总若虫和全世代的发育起点温度分别为 10.62、10.61 和 10.59 °C, 有效积温分别为 271.66、188.51 和 550.22 日·度。

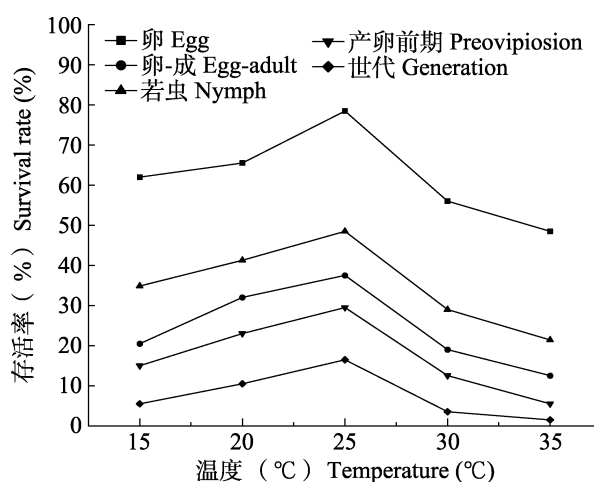


图 1 不同虫态军配盲蝽在不同温度下的存活率
Fig.1 Survival rate of different developmental stages of *Stethoconus japonicus* at different temperatures

表 2 军配盲蝽各虫态的发育起点温度与有效积温

Table 2 Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *Stethoconus japonicus*

虫态 Developmental stage	直线回归法 Linear regression method	
	发育起点温度 (°C)	有效积温 (日·度)
	Developmental threshold temperature	Effective accumulated temperature (degree·day)
卵期 Egg	10.62±3.00	271.66±51.29
1 龄若虫 1st instar	11.20±1.11	36.68±2.64
2 龄若虫 2nd instar nymph	10.83±1.63	34.50±3.56
3 龄若虫 3rd instar nymph	10.09±1.30	36.54±2.89
4 龄若虫 4th instar nymph	9.84±0.81	40.31±1.95
5 龄若虫 5th instar nymph	11.26±0.97	39.02±2.44
总若虫期 Total nymphal stage	10.61±0.55	188.51±6.43
世代 Generation	10.59±1.91	550.22±65.61

2.4 温度对军配盲蝽成虫寿命、繁殖力的影响

不同温度下军配盲蝽成虫寿命和雌虫繁殖能力均存在显著性差异 ($P < 0.05$) (表 3)。在 15-35 °C 内, 温度升高, 军配盲蝽成虫寿命和产卵期均缩短, 且雌虫寿命均较雄虫长。25 °C 下军配盲蝽雌虫的繁殖能力最强, 单雌产卵量可达为 218.36 粒,

这表明 25 °C 是繁殖饲养军配盲蝽的最适温度, 20 °C 以下及 30 °C 以上均对雌虫产卵产生抑制作用, 35 °C 下的产卵量最低, 为 47.62 粒。

2.5 不同温度条件下的实验种群生命表

温度对军配盲蝽实验种群发生动态影响显著 (表 4)。军配盲蝽的单雌产卵量与种群趋势

指数 I 均随着温度升高呈先增后降趋势。35 ℃ 时军配盲蝽实验种群趋势指数小于 1，其种群呈减少趋势，15、20、25 和 30 ℃ 时，种群趋势指数均大于 1，表明军配盲蝽下一代的种群数量或将增加，且以 25 ℃ 时种群趋势指数值最大为 $I=18.01$ ，是 20 ℃ 的 2.05 倍，30 ℃ 的 7.97 倍。

表 3 不同温度下军配盲蝽成虫繁殖特性
Table 3 Reproductive characteristics of *Stethoconus japonicus* adults at different temperatures

温度 (℃) Temperature (℃)	雌虫寿命 (d) Female longevity (d)	雄虫寿命 (d) Male longevity (d)	产卵期 (d) Oviposition duration (d)	单雌平均产卵量 (粒) Number of eggs laid per female
15	35.85±1.64a	31.40±1.54a	23.02±1.69a	98.24±2.83c
20	28.51±1.52b	25.30±1.46b	19.55±1.41b	167.47±4.17b
25	22.08±1.58c	18.10±1.59c	11.60±1.12c	218.36±6.53a
30	11.31±1.31d	8.89±0.98d	6.31±0.53d	129.23±2.45d
35	3.70±0.49e	2.67±0.41e	4.59±0.76d	47.62±1.69e

表 4 军配盲蝽在不同温度下的实验种群生命表
Table 4 Life table of the experimental populations of *Stethoconus japonicus* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	进入各发育期虫数 Number of individuals at the beginning of different developmental stage				
	15 ℃	20 ℃	25 ℃	30 ℃	35 ℃
起始卵数 Number of initial eggs	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1 龄若虫 1st instar nymph	62.00	65.50	78.50	56.00	48.50
2 龄若虫 2nd instar nymph	47.00	53.00	60.50	40.50	32.00
3 龄若虫 3rd instar nymph	39.50	43.50	52.00	31.00	22.50
4 龄若虫 4th instar nymph	32.50	36.50	44.00	25.50	18.50
5 龄若虫 5th instar nymph	20.50	32.00	37.50	19.00	12.50
产卵前期 Preoviposition stage	12.50	23.00	29.50	15.50	5.50
雌虫数 Number of female adults	49.12	83.74	109.18	64.62	23.81
平均产卵量 Number of eggs laid per female	5.50	10.50	16.50	3.50	1.50
预计下代产卵数 Number of eggs laid by next generation expected	270.16	879.22	1 801.47	226.15	35.72
种群趋势指数 (I) Population trend index (I)	2.70	8.79	18.01	2.26	0.36

3 讨论

本研究在室内 15-35 ℃ 条件下,以悬铃木方翅网蝽饲养军配盲蝽均能完成其生长发育和繁殖,该虫发育的最适温区为 25-30 ℃,最佳的繁殖温度为 25 ℃;温度 15 ℃ 和 35 ℃ 均不利于军配盲蝽的存活和繁殖。这与微小花蝽 *Orius minutus* 在低温和高温下的生长发育和生存情况相似 (丁尧等, 2016), 可能是军配盲蝽产卵在

叶脉内, 而产卵基质会直接影响卵块的存活率 (张士昶等, 2008)。15 ℃ 的条件下,军配盲蝽的卵块孵化所需的时间较长,低温下叶脉易被真菌感染,致孵化量及存活率低,而 35 ℃ 的条件下的卵块和军配盲蝽各虫态易失水,导致卵孵化、存活和产卵量均较小。前人 (陈洁等, 2008; 丁尧等, 2016) 研究高温处理下观察异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、微小花蝽的生长发育及生殖等特性的结果中亦可验证。军配盲蝽若虫与绿盲

蝽 *Apolygus lucorum* 和牧草盲蝽 *Lygus pratensis* 在低温和高温下存活率均较低的研究结果相近, 这表明低温和高温条件均不利于盲蝽若虫的生长发育(张孝羲, 2002; 赵洪霞等, 2012; 李燕等, 2015)。15 °C 下成虫的寿命、产卵期均最长, 这与其它捕食性天敌昆虫如黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis*、微小花蝽和白面叉草蛉 *Dichochrysa albofrontata* 的研究结果相似(安岭等, 2011; 何晶晶等, 2014; 丁尧等, 2016)。在 25 °C 下以悬铃木方翅网蝽饲养的军配盲蝽的单雌产卵量, 与以茶网蝽、杜鹃冠网蝽等饲养后的研究结果有些不同(四川省苗溪茶场茶叶科学研究所, 1979; Neal *et al.*, 1991), 推测可能是军配盲蝽的猎物、活动场所及产卵基质不同导致。此外, 本研究结果表明军配盲蝽在 30 °C 和 35 °C 下羽化 2-3 d 后, 雌虫未经交配也会产卵于叶脉内, 但发现其不能孵化, 这与人(四川省苗溪茶场茶叶科学研究所, 1979)以茶网蝽饲养未交尾的军配盲蝽虽能产卵但不育的研究结果一致。

在自然环境中, 气候或是抑制昆虫种群数量的最重要因素之一, 昆虫作为变温动物, 对温度的变化极其敏感, 温度升高不仅对昆虫生活史及分布造成影响, 还改变了昆虫的种间关系、群落结构, 对生物多样性造成影响(丁岩钦, 1994; 董兆克和戈峰, 2011)。通常只有在适温区的昆虫种群才能维持其正常的生长发育并大量繁殖(潘飞等, 2014)。方翅网蝽属昆虫是一类入侵性极强的昆虫, 具较强的生态适应性, 自 20 世纪 60 年代起, 已有其 6 种网蝽在我国广泛分布, 随着未来气温的变暖, 将会进一步传播扩散(崔亚琴等, 2019; 王志华等, 2019)。有研究表明, 入侵害虫悬铃木方翅网蝽成虫对高温具有一定的耐受性, 能在低于 41 °C 的高温下较好地生存(纪锐等, 2011; 鞠瑞亭, 2012)。而本研究表明, 军配盲蝽在 35 °C 恒温条件下存活率较低, 这就需要深入研究军配盲蝽在高温条件下对悬铃木方翅网蝽的控制能力。已有研究表明温度对中华通草蛉 *Chrysoperla sinica*、南方小花蝽

Orius strigicollis、东亚小花蝽 *Orius sauteri* 等(莫利锋等, 2013; 朱亮等, 2015; 许乐园, 2016)捕食性天敌的捕食能力有显著影响, 因此在田间利用军配盲蝽防治网蝽害虫时, 为了提高其田间种群数量及适应性, 选择在适宜气候条件下释放和筛选出合适的释放方法显得尤为重要。

研究表明直接最优法的变异系数较直线回归法偏大, 直线回归法优于直接最优法(丁尧, 2016; 张红梅等, 2020)。因此, 采用直线回归法计算出军配盲蝽卵期的发育起点温度, 与作者所在课题组室外调查发现军配盲蝽在贵阳地区开始活动时的温度更接近, 军配盲蝽卵期的发育起点温度为 10.62 °C, 研究结果可为今后室内大规模饲养军配盲蝽提供参考依据。本研究仅就以悬铃木方翅网蝽为食物在恒温条件下评价了温度对军配盲蝽发育、繁殖的影响, 变温及其它网蝽害虫对军配盲蝽各虫态生长发育及种群增长的影响仍有待于深入研究。

参考文献 (References)

- An L, Zhang FP, Han DY, Fu YG, 2011. The influences of temperature on the development and reproduction of *Dichochrysa albofrontata* (Neuroptera: *Dichochrysa*). *Journal of Environmental Entomology*, 33(2): 203–208. [安岭, 张方平, 韩冬银, 符悦冠, 2011. 温度对白面叉草蛉发育与繁殖的影响. 环境昆虫学报, 33(2): 203–208.]
- Boyd DW, Cohen AC, Alverson DR, 2002. Digestive enzymes and stylet morphology of *Deraeocoris nebulosus* (Hemiptera: Miridae), a predacious plant bug. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(3): 395–401.
- Chen J, Qin QJ, Sun WY, He YZ, 2008. Influence of temperature on experimental populations of *Harmonia axyridis* (Pallas). *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(5): 405–409. [陈洁, 秦秋菊, 孙文琰, 何运转, 2008. 温度对异色瓢虫实验种群的影响. 植物保护学报, 35(5): 405–409.]
- Cui YQ, Guo SW, Ge XZ, Zhang XZ, Liu SC, 2019. Prediction of potential geographical distributions of *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae) in China under climate change condition. *Plant Protection*, 45(5): 171–177. [崔亚琴, 郭思维, 葛雪贞, 张琳婧, 刘随存, 2019. 气候变化条件下悬铃木方翅网蝽在中国的适生性分析. 植物保护, 45(5): 171–177.]

- Ding Y, Yang QF, Li Q, Jiang CX, Wang HJ, 2016. Effects of temperature on the development and reproduction of *Orius minutus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(6): 647–653. [丁尧, 杨群芳, 李庆, 蒋春先, 王海建, 2016. 温度对微小花蝽生长发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 59(6): 647–653.]
- Ding YQ, 1994. Mathematical Ecology of Insects. Beijing: Science Press. 318–326. [丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社. 318–326.]
- Dong ZK, Ge F, 2011. The fitness of insects in response to climate warming. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1141–1148. [董兆克, 戈峰, 2011. 温度升高对昆虫发生发展的影响. 应用昆虫学报, 48(5): 1141–1148.]
- Eyles AC, 2002. Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae): Pests, predators, opportunists. *The Quarterly Review of Biology*, 77(4): 461–462.]
- He JJ, Zheng XS, Xu HX, Yang YJ, Lv ZX, 2014. Successive impacts of different temperatures on the growth, development and reproduction of *Cyrtorhinus lividipennis* over three generations. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 26(1): 117–121. [何晶晶, 郑许松, 徐红星, 杨亚军, 吕仲贤, 2014. 温度对黑肩绿盲蝽生长发育和繁殖的持续影响. 浙江农业学报, 26(1): 117–121.]
- Henry TJ, Neal JW, Gott KM, 1986. *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae): A predator of *Stephanitis* lace bugs newly discovered in the United States, promising in the biocontrol of Azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 88(4): 722–730.
- Holguin CM, Pea JE, 2009. Acevedo TJH. Biology of *Stethoconus Praefectus* (Distant) (Heteroptera: Miridae), a newly established predator of the avocado lace Bug, *Pseudacysta Perseae* (Heteroptera: Tingidae), in Florida. *The Florida Entomologist*, 92(1): 54–57.
- Horton DR, Lewis TM, 2020. Seasonal distribution of *Anthocoris* spp. and *Deraeocoris brevis* (Heteroptera: Anthocoridae, Miridae) in orchard and non-orchard habitats of central Washington. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(3): 476–485.
- Ji R, Xin ZJ, Lou YG, 2011. Effects of temperature on growth, development, survival and reproduction of *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). *Journal of Plant Protection*, 38(2): 153–158. [纪锐, 辛肇军, 娄永根, 2011. 温度对悬铃木方翅网蝽生长发育、存活和繁殖的影响. 植物保护学报, 38(2): 153–158.]
- Ju RT, 2012. Tolerance to high temperatures of an urban invasive insect species, the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* and its physiological mechanisms. Doctoral dissertation. Shanghai: Fudan University. [鞠瑞亭, 2012. 城市入侵害虫悬铃木方翅网蝽对高温胁迫的耐受性及其生理机制. 博士学位论文. 上海: 复旦大学.]
- Li Y, Yang A, Feng LK, 2015. Effects of different temperatures on the development and reproduction of *Lygus pratensis*. *Plant Protection*, 41(1): 59–62. [李燕, 杨奥, 冯丽凯, 2015. 不同温度对牧草盲蝽种群生长发育和繁殖的影响. 植物保护, 41(1): 59–62.]
- Luo Y, Xiao F, Zhao RN, Yin ZY, Li TM, Guo F, Wu XS, Cheng WL, 2020. Predation on five species of Tingidae (Hemiptera) by *Stethoconus japonicus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(2): 413–420. [罗优, 肖峰, 赵如娜, 殷郑艳, 李太美, 郭峰, 吴学三, 陈文龙, 2020. 军配盲蝽对五种网蝽捕食作用研究. 应用昆虫学报, 57(2): 413–420.]
- Mo LF, Zhi JR, Chen XY, 2013. Effect of temperature on predatory functional responses of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis*. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2): 187–193. [莫利锋, 郑军锐, 陈祥叶, 2013. 温度对南方小花蝽捕食西花蓟马功能反应的影响. 中国生物防治学报, 29(2): 187–193.]
- Neal JW, Haldemann RH, Henry TJ, 1991. Biological control potential of a Japanese plant bug *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae), an adventive predator of the azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 84(3): 287–293.
- Pan F, Chen MC, Xiao TB, Ji XC, Xie SH, 2014. Research advances on effect of variable temperature on growth, development and reproduction of insect. *Journal of Environmental Entomology*, 36(2): 240–246. [潘飞, 陈绵才, 肖彤斌, 吉训聪, 谢圣华, 2014. 变温对昆虫生长发育和繁殖影响的研究进展. 环境昆虫学报, 36(2): 240–246.]
- Sichuan Miaoxi Tea Farm of Tea Science Research Institute, 1979. The main natural enemy of *Stephanitis chinensis* Drake-*Stethoconus japonicus* Schumacher. *Entomological Knowledge*, 16(2): 69–72. [四川省苗溪茶场茶叶科学研究所, 1979. 茶脊冠网蝽的主要天敌——军配盲蝽. 昆虫知识, 16(2): 69–72.]
- Stys P, 2002. Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae). *European Journal of Entomology*, 99(4): 528.
- Symondson WO, Sunderland KD, Greenstone MH, 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual*

- Review of Entomology*, 47: 561–594.
- Wang ZH, Yu JY, Shen J, Liang YT, Zhang XQ, Dong LK, Yu HF, 2019. Prediction of potential distribution of the invasive *chrysanthemum* lace bug, *Corythucha marmorata* in China based on Maxent. *Journal of Environmental Entomology*, 41(3): 626–633. [王志华, 于静亚, 沈锦, 梁玉婷, 章晓琴, 董立坤, 余红芳, 2019. 入侵害虫菊方翅网蝽在中国的潜在分布预测. 环境昆虫学报, 41(3): 626–633.]
- Xu LY, 2015. Life tables of *Sitobion avenae* (Fabricius) and the predation rate of *Chrysoperla sinica* (Tjeder) at different temperatures. Master dissertation. Jinan: Shangdong Agricultural University. [许乐园, 2015. 不同温度下麦长管蚜的生命表与中华通草蛉对其捕食能力研究. 硕士学位论文. 济南: 山东农业大学.]
- Zhang HM, Yin YQ, Zhao XQ, Li XY, Wang Y, Liu Y, Cheng FS, Chen AD, 2020. The growth and development characteristics of *Spodoptera frugiperda* under different temperature conditions. *Journal of Environmental Entomology*, 42(1): 52–59. [张红梅, 尹艳琼, 赵雪晴, 李向永, 王燕, 刘莹, 陈福寿, 谌爱东, 2020. 草地贪夜蛾在不同温度条件下的生长发育特性. 环境昆虫学报, 42(1): 52–59.]
- Zhao HX, Tan YA, Xiao LB, Wu GQ, Bai LX, 2012. Effects of different temperatures on the development and reproduction of *Apolygus lucorum*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(3): 585–590. [赵洪霞, 谭永安, 肖留斌, 吴国强, 柏立新, 2012. 不同温度对绿盲蝽种群生长发育和繁殖的影响. 应用昆虫学报, 49(3): 585–590.]
- Zhang SC, Zhou XM, Wang XP, Lei CL, 2008. Oviposition on preference of *Orius similis* and preservation condition of eggs. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 600–603. [张士昶, 周兴苗, 王小平, 雷朝亮, 2008. 南方小花蝽对寄主植物的产卵选择性及其卵的保存条件. 昆虫知识, 45(4): 600–603.]
- Zhang XY, 2002. *Insect Ecology and Forecast*. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press. 212–216. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报(第3版). 北京: 中国农业出版社. 212–216.]
- Zhu L, Ge ZT, Gong YJ, Shi BC, Wang S, Wei SJ, 2015. Effects of temperature on predation of the thrips *Echinothrips americanus* (Thysanoptera: Thripidae) by the predatory bug *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthracoridae). *Journal of Plant Protection*, 42(2): 229–236. [朱亮, 葛振泰, 宫亚军, 石宝才, 王甦, 魏书军, 2015. 温度对东亚小花蝽捕食美洲棘蓟马的影响. 植物保护学报, 42(2): 229–236.]