

温度对军配盲蝽耐饥力及捕食效能影响

罗 优, 殷郑艳, 赵如娜, 陈文龙*

(贵州大学昆虫研究所, 贵州省山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要 为明确温度变化对军配盲蝽 *Stethoconus japonicus* 成虫耐饥力及其捕食作用的影响, 了解其控害潜能, 在 15、20、25、30℃ 和 35℃ 5 个处理温度, RH(70±5)%, L//D=14 h//10 h 下测定了军配盲蝽成虫耐饥力及对不同密度(5、10、15、20 头/皿 和 25 头/皿)悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* 的日均捕食量。不同温度下军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽成虫的捕食功能反应均属于 Holling II 型。15~35℃ 范围内, 随着温度的升高, 军配盲蝽耐饥力逐渐减弱; 在该温度范围内, 军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽的捕食效能先增强后减弱; 同一温度下, 军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽的寻找效应随猎物密度的增加而降低。在 30℃ 下, 军配盲蝽成虫的捕食效能(a'/T_h)最大, 为 14.986 8, 捕食上限($1/T_h$)为 41.2 头, 15℃ 下, a'/T_h 最小, 为 3.458 3, $1/T_h$ 最低, 为 16.7 头。温度对军配盲蝽成虫的耐饥力与捕食效能有显著影响, 研究结果可为军配盲蝽的田间释放和保护提供参考依据。

关键词 温度; 军配盲蝽; 耐饥力; 捕食效能

中图分类号: S 763.35 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020382

Effects of temperature on starvation tolerance and predation efficiency of *Stethoconus japonicus* (Hemiptera)

LUO You, YIN Zhengyan, ZHAO Runa, CHEN Wenlong*

(Guizhou Key Laboratory of Plant Diseases and Pest Management for Mountainous Agriculture, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract To determine the effects of temperature on the starvation tolerance and predation capacity of *Stethoconus japonicus* against *Corythucha ciliata*, the starvation tolerance and predation capacity of *S. japonicus* were measured against *C. ciliata* under five temperatures (15, 20, 25, 30℃ and 35℃), RH (70±5)% and L//D=14 h//10 h photoperiod. Average daily predation was also measured under different prey densities (5, 10, 15, 20 and 25 individuals/dish). The predatory functional responses of *S. japonicus* adults to *C. ciliata* adults at different temperatures fitted Holling II. In the range of 15—35℃, the starvation tolerance of *S. japonicus* gradually weakened with increasing temperature, and the predatory ability of *S. japonicus* adults on *C. ciliata* first increased and then decreased. At the same temperature, the searching efficiency of *S. japonicus* adults for *C. ciliata* decreased with increasing prey density. At 30℃, *S. japonicus* had the largest a'/T_h of 14.986 8, and the theoretical maximum predation was 41.2 individuals. At 15℃, the a'/T_h was the least (3.458 3 individuals), and the theoretical maximum predation was also the least (16.7 individuals). It suggested that temperature had a significant effect on the starvation tolerance and predation efficiency of *S. japonicus* adults. This study can provide a reference for the field release and protection of *S. japonicus*.

Key words temperature; *Stethoconus japonicus*; starvation tolerance; predation efficiency

悬铃木在我国种植广泛, 为引进栽培种, 二球悬铃木 *Platanus acerifolia* 作为城市道路绿化的主要树种, 其生长快, 适应性强, 且对多种有毒气体的抗性较强, 能吸收有害气体, 广泛应用于城市绿化, 有行

道树之王的美誉^[1-2]。悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata*, 隶属半翅目 Hemiptera 网蝽科 Tingidae 方翅网蝽属 *Corythucha*, 是为害悬铃木属 *Platanus* spp. 植物的重要有害生物, 该虫以口器刺吸叶片汁液, 致叶

收稿日期: 2020-07-19 修订日期: 2020-08-18

基金项目: 贵州省科技支撑计划(20182362)

* 通信作者 E-mail: cwl001@163.com

片提前变黄脱落,并产生斑点状黏着物,影响光合作用,进而影响悬铃木的正常生长^[3]。悬铃木方翅网蝽原产地为北美地区,我国于 2002 年首次发现其为害后^[3-4],逐渐在我国多地扩散发生,尤以长江地区发生程度较重^[4-5]。2007 年 3 月国家林业局就将其列为中度危险性林业有害生物^[6]。在未来全球气候变暖情境下,其适生区域有向我国东北进一步扩散的可能,适生程度正逐渐增强,总适生范围亦将逐年扩大^[7]。当下对悬铃木方翅网蝽的防控手段主要以化学药剂防治为主^[8],但因悬铃木为城市景观植物,使用药剂防控不便,为确保城市生态景观不被影响,亟需探寻优势天敌昆虫对其进行生物防治。悬铃木方翅网蝽的生物防治手段主要是利用蛛形目、半翅目等的捕食性天敌^[9-10]降低卵、若虫或成虫数量,但已报道的天敌昆虫不足以遏制其种群数量^[6],仍需探寻优势生物天敌对悬铃木方翅网蝽进行防控。

军配盲蝽 *Stethoconus japonicus* 隶属半翅目盲蝽科 Miridae,是茶脊冠网蝽 *Stephanitis chinensis*、梨冠网蝽 *S. nashi*、杜鹃冠网蝽 *S. pyriodes* 和入侵害虫菊方翅网蝽 *C. marmorata* 等多种农林害虫的捕食性天敌昆虫之一^[11-13],本课题组前期调查发现,贵阳地区悬铃木叶片上的军配盲蝽为悬铃木方翅网蝽的优势天敌,田间种群数量较大,其成虫和若虫均捕食悬铃木方翅网蝽,高峰期单片悬铃木叶片上军配盲蝽若虫最多可达 20 多头,因此其具有一定的生防研究价值。7 月下旬至 9 月中旬为悬铃木方翅网蝽种群为害的高峰时期^[14],此时环境温度对悬铃木方翅网蝽种群发展有促进作用^[15]。高密度悬铃木方翅网蝽种群可造成悬铃木树势衰弱甚至死亡^[6]。当前,国内外关于军配盲蝽对网蝽害虫的捕食效能的研究报道较少,环境因素对其生物防治潜力的影响未见报道。军配盲蝽对多种网蝽害虫具有控制潜力,进一步研究环境因子对其捕食影响,可为田间释放提供依据。为了解军配盲蝽在不同温度下对悬铃木方翅网蝽的控制潜力,本文在室内研究了不同恒定温度下军配盲蝽成虫耐饥力及捕食作用,以期评价该虫控害能力及探求悬铃木方翅网蝽防控方法提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

悬铃木方翅网蝽若虫采自贵阳市花溪区花石路

种植的二球悬铃木叶片,以带枝二球悬铃木叶片,于温度(26 ± 1) $^{\circ}\text{C}$,RH (70 ± 5)%,L//D=14 h//10 h 人工气候箱(RXZ 多段编程人工智能气候箱,宁波江南仪器厂)内饲养,连续饲养繁殖两代后,以成虫作为供试虫源。军配盲蝽卵块采自贵阳市花溪区孟关大道的悬铃木上,于上述人工气候箱内孵化,以悬铃木方翅网蝽饲养至成虫,待用。

1.2 温度对军配盲蝽成虫耐饥饿能力的影响

设 5 个温度梯度处理,分别为 15、20、25、30 $^{\circ}\text{C}$ 和 35 $^{\circ}\text{C}$,每处理 30 个重复,RH (70 ± 5)%,L//D=14 h//10 h。以毛笔刷将单头军配盲蝽成虫(3 日龄雌、雄成虫,下同)放入塑料培养皿($d=12\text{ cm}$)中进行完全饥饿处理,不投放悬铃木方翅网蝽和活动基质(悬铃木叶片),对照组定期更换悬铃木方翅网蝽及叶片,每隔 12 h 观察并记录军配盲蝽成虫的死亡数量。

1.3 温度对军配盲蝽成虫捕食作用的影响

系统研究不同温度下军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽的捕食作用。试验在上述人工气候箱中进行,以悬铃木方翅网蝽成虫($<3\text{ d}$)作为供试猎物,将单头经饥饿处理 24 h 的军配盲蝽成虫放入含不同密度猎物(5、10、15、20 头/皿和 25 头/皿)的塑料培养皿($d=12\text{ cm}$)中。设定 15、20、25、30 $^{\circ}\text{C}$ 和 35 $^{\circ}\text{C}$ 共 5 个温度处理,RH (70 ± 5)%,L//D=14 h//10 h,在培养皿内放有二球悬铃木叶片,以微湿润的脱脂棉球包裹叶柄保湿,叶背面朝下,盖上培养皿(培养皿有空隙透气),24 h 后观察记录军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽的捕食量,每个处理 5 次重复。

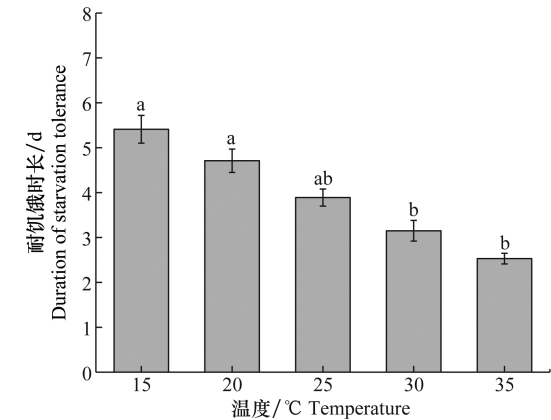
1.4 数据统计分析

不同温度下军配盲蝽成虫的捕食功能以 Holling II 型^[13]公式 $N_a = a'NT_r / (1 + a'T_hN)$ 进行拟合计算,寻找效应(S)以 $S = a'T_r / (1 + a'T_hN)$ 进行计算,上述计算式中 N 为悬铃木方翅网蝽的密度, T_r 为试验所用总时间,为 1 d, a' 为捕食者的瞬时攻击率, N_a 为军配盲蝽的捕食量, T_h 为处理时间, S 为寻找效应值。以 MS Word 2016 进行数据统计,用 IBM SPSS 26.0 计算所有重复数据的平均数和标准误,采用 Duncan 氏新复极差法比较各温度下军配盲蝽成虫耐饥饿能力及日均捕食量的差异显著性,以 Origin 2019 对分析结果进行制图。

2 结果与分析

2.1 温度对军配盲蝽成虫耐饥力的影响

由图 1 可知,温度对军配盲蝽成虫的耐饥饿力存在显著影响($P<0.05$)。在 15~35℃内,随着温度递增,军配盲蝽成虫的耐饥饿时长逐渐减少,耐饥力逐渐降低。军配盲蝽成虫在 15℃和 20℃下的耐饥力与 30℃和 35℃下有显著差异($P<0.05$)。在 15℃下耐饥饿时长最大,为 5.41 d,20、25、30℃依次为 4.71、3.89 d 和 3.15 d,35℃耐饥饿时长最短,为 2.53 d。



不同小写字母表示差异显著($P<0.05$, Duncan氏新复极差法)
Different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$) by Duncan's new multiple range test

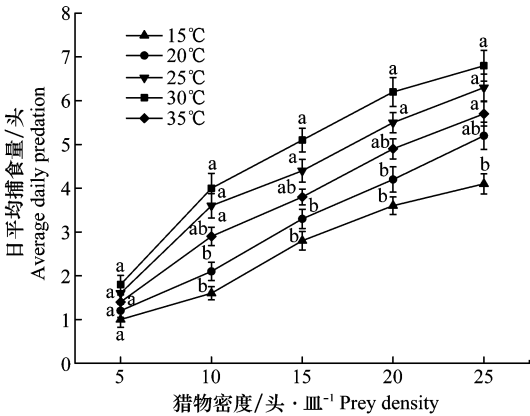
图 1 不同温度下军配盲蝽成虫的耐饥饿时长

Fig. 1 Durations of starvation tolerance of *Stethoconus japonicus* adults at different temperatures

2.2 温度对军配盲蝽捕食量的影响

温度对军配盲蝽成虫日均捕食量有显著影响(图 2),同一猎物密度不同温度军配盲蝽成虫捕食量存在一定差异($P<0.05$)。同一密度(15、20 头和 25 头)猎物下,在 30℃和 25℃时军配盲蝽成虫的日均捕食量与 15℃和 20℃下的日均捕食量均有显著差异($P<0.05$)。猎物密度为 5 头时,各温度下军配

盲蝽对悬铃木方翅网蝽的日均捕食量差异不显著($P>0.05$)。同一猎物密度,军配盲蝽成虫在 15℃下的日均捕食量相对最低;15~30℃范围内,随着温度升高,军配盲蝽对悬铃木方翅网蝽的捕食量逐渐增多;而在 30~35℃范围内随着温度升高,其捕食量逐渐减少。



图中同一猎物密度下不同小写字母表示在不同温度下捕食量差异显著($P<0.05$, Duncan氏新复极差法)
The data in the same prey density followed by different lowercase letters indicate significant difference at different temperatures ($P<0.05$) by Duncan's new multiple range test

图 2 不同温度下军配盲蝽成虫的日均捕食量

Fig. 2 Average daily predation of *Stethoconus japonicus* adults at different temperatures

2.3 不同温度下军配盲蝽成虫的捕食功能反应模型及参数

不同温度下军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽的捕食功能反应属于 Holling II 型(表 1)。成虫的瞬时攻击率(a')和捕食效能(a'/T_h)随处理温度的升高呈先增后降的趋势,在 30℃时 a' 和 a'/T_h 值最大,分别为 0.364 2 和 14.986 8。15~30℃范围内处理时间 T_h 随温度的升高而缩短。其成虫捕食上限随着温度的升高先增加后减少,在 30℃时军配盲蝽成虫的捕食上限达到最大,为 41.2 头,15℃时最小,为 16.7 头。

表 1 不同温度下军配盲蝽捕食方翅网蝽的 Holling II 型功能反应参数

Table 1 The Holling II functional response parameters of *Stethoconus japonicus* to *Corythucha ciliata*

温度/℃ Temperature	功能反应方程 Functional response equation	瞬时攻击率(a') Instantaneous attack rate	捕食效能(a'/T_h) Predation capacity	处理时间(T_h)/d Handling time	捕食上限($1/T_h$)/头 Daily maximum number of preys consumed	R^2
15	$N_a=0.207\ 2N/(1+0.012\ 4N)$	0.207 2	3.458 3	0.059 9	16.7	0.978 4
20	$N_a=0.248\ 6N/(1+0.010\ 0N)$	0.248 6	6.199 2	0.040 1	24.9	0.994 7
25	$N_a=0.343\ 3N/(1+0.009\ 6N)$	0.343 3	12.260 3	0.028 0	35.7	0.984 7
30	$N_a=0.364\ 2N/(1+0.008\ 8N)$	0.364 2	14.986 8	0.024 3	41.2	0.981 2
35	$N_a=0.297\ 1N/(1+0.009\ 8N)$	0.297 1	9.029 0	0.032 9	30.4	0.995 9

2.4 温度对军配盲蝽成虫寻找效应的影响

同一温度下,军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽的寻找效应与猎物密度呈负相关趋势,随猎物密度增加,对猎物的寻找效应逐渐减弱(图 3)。在同一密度下,军配盲蝽成虫寻找效应值随温度的升高先增加后减少,猎物密度为 5 头/皿条件下,30℃时军配盲蝽成虫的寻找效应最大,为 0.348 8,15℃时寻找效应值最小,为 0.195 1。

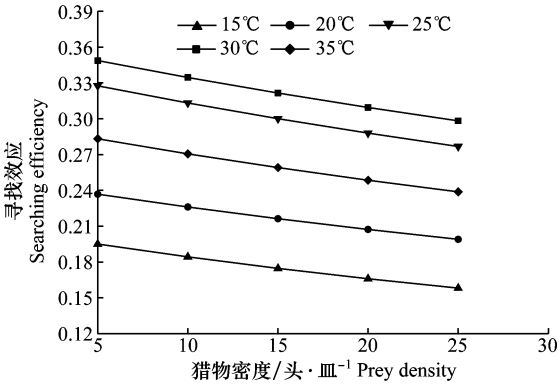


图 3 不同温度下军配盲蝽成虫寻找效应变化

Fig. 3 Dynamic change in the searching efficiencies of *Stethoconus japonicus* adults at different temperatures

3 讨论

不同温度下军配盲蝽成虫对悬铃木方翅网蝽均具有一定的捕食能力。军配盲蝽对悬铃木方翅网蝽成虫的捕食效能与其捕食茶脊冠网蝽和梨冠网蝽的结果相似^[13],其日均捕食量与其对杜鹃冠网蝽的捕食量相近^[12]。本研究表明,温度对军配盲蝽成虫耐饥力有显著影响,在 15~35℃,军配盲蝽成虫的耐饥力与温度呈负相关关系,随着温度升高其耐饥力逐渐减弱,对悬铃木方翅网蝽的日均捕食量、捕食效能、瞬时攻击率均表现为随温度先增后降的趋势,30℃下日均捕食量达到最大值后减少。不同温度下军配盲蝽成虫的寻找效应均随着猎物密度增加逐渐减弱,在 30℃下军配盲蝽的寻找效应值最大。

夏季高温和食物的匮乏严重影响捕食性天敌的生存和种群的延续^[16],捕食性天敌在高温条件下的耐饥力与其生存和种群延续密切相关^[17],天敌昆虫的种群或会因食物短缺出现断代现象^[18]。军配盲蝽对低温和饥饿具有较强的耐受性,在高温下耐饥力较弱,与黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* 对饥饿、低温有较强耐受性的研究结果相似^[19],因此,

在田间应用时,需考虑温度和食物短缺对其活动的影响,可结合其捕食多种网蝽,在悬铃木的周围种植一些网蝽的寄主植物,为其提供充足的食物,以及在适宜温度下释放天敌,为军配盲蝽在大田的活动提供保护。

Holling II 模型常用于对天敌昆虫的捕食作用进行评价,该模型估计参数瞬时攻击率、捕食效能值越大,单头猎物处理时间越短代表该天敌捕食能力越强^[20]。温度不改变捕食功能反应模型,但会影响功能参数估计值,在 15~30℃下军配盲蝽的瞬间攻击率和捕食效能呈上升趋势,与温度对南方小花蝽 *Orius strigicollis* 捕食作用的研究结果相符^[21],与黑肩绿盲蝽随着温度的升高其捕食能力下降的研究结果存在差异^[22],捕食功能反应参数估计值的改变,说明温度会影响军配盲蝽的控制力。

本文仅对不同温度下军配盲蝽成虫耐饥力及其捕食功能反应进行了研究,而温度对其各龄期若虫的耐饥力及捕食作用的影响有待进一步研究。另外,此研究是在室内恒温条件下(培养皿中)进行的,还应考虑变温及其他环境因素的影响,田间释放时还应选择最佳天敌龄期和比例,并考虑采取适当措施保护天敌,才能有效地防控网蝽害虫。

参考文献

- [1] 王小林. 三种诱变剂对二球悬铃木种苗的影响及突变体筛选 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2018.
- [2] 虞国跃, 王合, 朱晓清, 等. 北京发现悬铃木方翅网蝽为害 [J]. 植物保护, 2014, 40(5): 200-202.
- [3] 鞠瑞亭. 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 [D]. 上海: 复旦大学, 2012.
- [4] 夏文胜, 刘超, 董立坤, 等. 悬铃木方翅网蝽的发生与生物学特性 [J]. 植物保护, 2007, 33(6): 142-145.
- [5] 李传仁, 夏文胜, 王福莲. 悬铃木方翅网蝽在中国的首次发现 [J]. 动物分类学报, 2007, 32(4): 944-946.
- [6] 李峰奇, 付宁宁, 张连忠, 等. 悬铃木方翅网蝽生物学、化学生态学及防治研究进展 [J]. 昆虫学报, 2018, 61(9): 1076-1086.
- [7] 崔亚琴, 郭思维, 葛雪贞, 等. 气候变化条件下悬铃木方翅网蝽在中国的适生性分析 [J]. 植物保护, 2019, 45(5): 171-177.
- [8] 纪锐, 肖玉涛, 骆芳, 等. 九种药剂防治悬铃木方翅网蝽的药效试验 [J]. 昆虫知识, 2010, 47(3): 543-546.
- [9] MACELJSKI M, BALARIN I. Studies on the natural enemies of the sycamore lace bug (*Corythucha ciliata*) (Tingidae, Hemiptera) [J]. Anziger Fur Schadlingkunde Pflanzenschutz Umweltschutz, 1978, 5: 135-138.

- C, et al. Production and characterization of monoclonal antibodies specific to the strobilurin pesticide pyraclostrobin [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56(17): 7682–7690.
- [11] 许振岚, 陈丽萍, 徐明飞, 等. 氯虫苯甲酰胺和吡啶醚菌酯在铁皮石斛中的残留及消解动态[J]. 农药学报, 2018, 20(2): 223–231.
- [12] 李瑞娟, 于建奎, 宋国春. 葡萄和土壤中吡啶醚菌酯的高效液相色谱残留分析方法[J]. 农药科学与管理, 2010, 31(6): 33–36.
- [13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量:GB 2763—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [14] 张志恒, 李红叶, 吴珉, 等. 百菌清、腈菌唑和吡啶醚菌酯在草莓中的残留及其风险评估[J]. 农药学报, 2009, 11(4): 55–61.
- [15] 兰丰, 刘传德, 周先学, 等. 二氰蒽醌和吡啶醚菌酯在枣中的残留行为及膳食摄入风险评估[J]. 农药学报, 2015, 17(6): 706–714.
- [16] 余维维, 黄敏, 杨国强, 等. 吡啶醚菌酯在黄瓜中的残留检测及膳食风险评估[J]. 农药, 2018, 57(5): 42–45.
- [17] YU Xinru, ZHANG Zeming, LI Wei, et al. Development and application of the dispersive solid-phase extraction method based on molecular imprinted polymers for removal of matrix components of bivalve shellfish extracts in the GC-MS/MS analysis of amide/dinitroaniline/substituted urea herbicides [J]. Chromatographia, 2019, 82(6): 961–970.
- [18] 宋莹. QuEChERS 结合气相色谱-质谱测定果汁中农药多残留方法研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [19] ANASTASSIADES M, LEHOTA S J, STAJNBAHER D, et al. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce [J]. Journal AOAC International, 2003, 86(2): 412–431.
- [20] 闫实. 改进的 QuEChERS-LC/MS/MS 法快速检测蔬菜中 7 种农药残留[J]. 农业资源与环境学报, 2013, 30(6): 113–116.
- [21] NARENDERAN S T, MEYYANATHAN S N, VEERA V S R K, et al. Multivariate response surface methodology assisted modified QuEChERS extraction method for the evaluation of organophosphate pesticides in fruits and vegetables cultivated in Nilgiris, South India [J/OL]. Food Chemistry, 2019, 300: 125188. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125188.
- [22] 周蓉, 曹赵云, 赵肖华, 等. 分散固相萃取-分散液液微萃取/气相色谱-串联质谱法测定蔬菜中 19 种有机磷农药残留[J]. 分析测试学报, 2017, 36(1): 67–72.
- [23] 陈晓红, 李小平, 金米聪. 分散固相萃取-高效液相色谱法测定饮料中富马酸二甲酯[J]. 中国卫生检验杂志, 2013(17): 3325–3327.
- [24] ZHANG Chenyu, DENG Yaocheng, ZHANG Jiangfu, et al. The application of the QuEChERS methodology in the determination of antibiotics in food: A review [J]. Trends in Analytical Chemistry, 2019, 118: 517–537.
- [25] LAGUNAS-ALLUÉ L, SANZ-ASENSIO J, MARTINEZ-SORIA M T. Mobility and distribution of eight fungicides in surface, skin and pulp in grapes. An application to pyraclostrobin and boscalid [J]. Food Control, 2015, 51: 85–93.
- [26] 黄松, 宋安华, 陈穗, 等. QuEChERS-气相色谱-串联质谱法测定油菜中农药多残留的基质效应[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(12): 3863–3868.
- (责任编辑: 田 喆)
-
- (上接 121 页)
- [10] TAVELLA L, ARZONE A. Investigations on natural enemies of *Corythucha ciliata* (Say) (Rhynchotha, Heteroptera) [J]. Redia, 1987, 70: 443–457.
- [11] 四川省苗溪茶场茶叶科学研究所. 茶脊冠网蝽的主要天敌——军配盲蝽[J]. 昆虫知识, 1979, 16(2): 69–72.
- [12] NEAL J W, HALDEMANN R H, HENRY T J. Biological control potential of a Japanese plant bug *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae), an adventive predator of the azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae) [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1991, 4(3): 287–293.
- [13] 罗优, 肖峰, 赵如娜, 等. 军配盲蝽对五种网蝽捕食作用研究[J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(2): 413–420.
- [14] 王凤, 詹慧敏, 鞠瑞亭. 上海地区悬铃木方翅网蝽种群动态及防治指标[J]. 植物保护, 2013, 39(4): 147–150.
- [15] 纪锐, 辛肇军, 娄永根. 温度对悬铃木方翅网蝽生长发育、存活和繁殖的影响[J]. 植物保护学报, 2011, 38(2): 153–158.
- [16] 覃贵勇, 李庆. 温度对加州新小绥螨捕食作用影响及高温耐饥饿能力研究[J]. 西南农业学报, 2013, 26(3): 1034–1037.
- [17] 陈洪凡, 黄寿山, 张玉灿, 等. 稻螟赤眼蜂对二化螟和台湾稻螟的控制潜能评价[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 743–748.
- [18] 赵晨晨, 马超, 张燕, 等. 交配对广聚萤叶甲成虫耐饥与耐热能力的影响[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(4): 905–911.
- [19] 郑许松, 何晶晶, 徐红星, 等. 黑肩绿盲蝽耐饥饿能力的研究[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(1): 67–72.
- [20] 刘爱萍, 王俊清, 徐林波, 等. 食虫齿爪盲蝽对枸杞木虱的捕食作用研究[J]. 植物保护, 2008, 34(4): 85–89.
- [21] 莫利锋, 鄧军锐, 陈祥叶. 温度对南方小花蝽捕食西花蓟马功能反应的影响[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 187–193.
- [22] 朱木菲. 中华淡翅盲蝽耐高温机制初步分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- (责任编辑: 杨明丽)