

军配盲蝽对五种网蝽捕食作用研究*

罗 优** 肖 峰 赵如娜 殷郑艳 李太美 郭 峰 吴学三 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 【目的】网蝽科 Tingidae 害虫严重危害我国农林经济作物, 盲蝽科 Miridae 昆虫作为该虫的主要天敌类群之一, 对网蝽害虫的绿色防控具有重要意义。为明确军配盲蝽 *Stethoconus japonicus* (Schumacher) 雌、雄成虫对 5 种重要网蝽害虫的控害潜能, 评价其生防潜力。【方法】在恒定条件 (温度 $(26\pm 1)^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $70\%\pm 5\%$, L:D=14:10) 下研究了军配盲蝽雌、雄成虫对茶网蝽 *Stephanitis chinensis* (Drake)、梨网蝽 *S. nashi* (Esaki et Takeya)、桂花网蝽 *Eteoneus sigillatus* (Drake et Poor)、入侵害虫菊方翅网蝽 *Corythucha marmorata* (Uhler) 和悬铃木方翅网蝽 *C. ciliate* (Say) 成虫的捕食选择性及捕食作用。【结果】军配盲蝽雌、雄虫对 5 种网蝽捕食选择率大小依次为茶网蝽>悬铃木方翅网蝽>梨网蝽>菊方翅网蝽>桂花网蝽, 且雌虫比雄虫选择偏好性更强; 军配盲蝽对 5 种网蝽的平均捕食量存在显著性差异, 雌虫较雄虫平均捕食量大; 军配盲蝽雌、雄虫对 5 种网蝽的捕食功能反应均符合 Holling II 型, 对茶网蝽捕食效能 a'/T_h 最高, 最大日捕食量 $1/T_h$, 分别为 36.2 和 28.6 头, 其次为悬铃木方翅网蝽, 而对桂花网蝽捕食效能最低, 最大日捕食 25.4 和 18.7 头。【结论】军配盲蝽成虫对 5 种网蝽均具有较好的控害潜能, 对茶网蝽和入侵害虫悬铃木方翅网蝽有较强的选择偏好性和捕食效能, 研究为准确评价军配盲蝽捕食网蝽的生防潜能提供了理论依据。

关键词 军配盲蝽; 网蝽科; 入侵害虫; 捕食功能反应; 生物防治

Predation on five species of Tingidae (Hemiptera) by *Stethoconus japonicus*

LUO You** XIAO Feng ZHAO Ru-Na YIN Zheng-Yan LI Tai-Mei
GUO Feng WU Xue-San CHEN Wen-Long***

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

Abstract [Objectives] To evaluate the potential for male and female *Stethoconus japonicus* Schumacher (Miridae) to be used as a biological control for 5 species of Tingidae, which are important pests of commercial agricultural and forestry crops in China. The Miridae are natural predators of the Tingidae that could potentially play an important role in the environmentally-friendly control of the pests. [Methods] The prey preferences and predatory function of adult *S. japonicus* with respect to *Stephanitis chinensis*, *S. nashi*, *Corythucha ciliata* and *C. marmorata* were measured under constant environmental conditions ($26\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\%\pm 5\%$ RH). [Results] The relative preference of female and male *S. japonicus* for the five Tingid species was, *S. chinensis*>*C. ciliate*>*S. nashi*>*C. marmorata*. Females had stronger prey preferences than males. There was a significant difference in the average number of each of the 5 species of Tingidae preyed on by *S. japonicus*. The average number of prey consumed by females was greater than that consumed by males. Predation by *S. japonicus* on the five Tingid species approximated a Type II Holling functional response. The predatory efficiency (a'/T_h) of *S. japonicus* was highest when preying on *S. chinensis*, followed by *C. ciliate*. The maximum daily predation rate ($1/T_h$) of females and males on *S. chinensis* was 36.23 and 28.57 individuals, respectively. The lowest predatory efficiency was on *E. sigillatus* for which the maximum daily predation by females and males was 25.38 and 18.66 individuals, respectively. [Conclusion] Adult *S. japonicus* have the potential to be an effective biological control for all five Tingid species tested but are most effective at

*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)

**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: 2019-10-22; 接受日期 Accepted: 2020-01-09

controlling *S. chinensis* and *C. ciliata*. The results of this study provide a theoretical basis for the evaluating the potential of *S. chinensis* as a biological control for the Tingidae.

Key words *Stethoconus japonicus*; Tingidae; invasive pest; predatory functional responses; biological control

军配盲蝽 *Stethoconus japonicus* (Schumacher), 隶属于半翅目(Hemiptera)盲蝽科(Miridae), 国内首次于1976年在茶叶上发现军配盲蝽捕食茶网蝽 *Stephanitis chinensis* (Drake), 之后国外研究者发现该虫在杜鹃上捕食杜鹃冠网蝽 *S. pyrioides* (Scott) (四川省苗溪茶场茶叶科学研究所, 1979; Henry *et al.*, 1986; Neal *et al.*, 1991), 前人研究发现与军配盲蝽同属种的昆虫中, 有6种为捕食网蝽害虫的天敌昆虫(Carayon, 1960; Henry *et al.*, 2009; Henry, 2017), 但军配盲蝽及其同属种的天敌昆虫还未开发利用。为此, 以盲蝽科的天敌昆虫对网蝽的控害潜力亟需进一步研究。

半翅目(Hemiptera)网蝽科(Tingidae)昆虫广泛分布于全世界, 现已知1800余种, 中国境内发现160余种, 多为景观植物、果树和经济作物上重要害虫(Drake and Maa, 1953; 丁茜, 2018), 如茶脊冠网蝽又名茶网蝽, 为害茶树; 梨冠网蝽 *S. nashi* (Esaki et Takeya)又名梨网蝽, 为害梨、桃和苹果等其他蔷薇科果树(曾荣, 2009); 星菱背网蝽 *Eteoneus sigillatus* (Drake et Poor)又名桂花网蝽, 主要危害桂花和木樨科其他植物(吴跃开, 2011); 入侵害虫菊方翅网蝽 *Corythucha marmorata* (Uhler), 现已入侵长江中下游地区, 并对多种经济作物造成严重危害(党凯等, 2012; 王志华等, 2019a); 入侵害虫悬铃木方翅网蝽 *C. ciliate* (Say), 2002年在我国湖南省首次发现, 之后陆续在湖北、上海、贵州等多地呈暴发态势, 且越冬后期其种群数量仍较大(朱耿平等, 2012; 李峰奇等, 2018; 罗优等, 2019)。由于网蝽科的入侵害虫具有数量大、繁殖及传播扩散快等特点, 而我国广泛种植其寄主植物, 对生态、经济已产生严重影响, 并呈逐年上升趋势(王志华等, 2019a)。而网蝽多为刺吸式口器, 成虫产卵多在植物叶背面叶脉处, 因

此以化学药剂为主防治的手段难以达到较理想效果, 另外使用化学药剂亦不符合当下提倡生态农业、绿色农业的要求, 而生物药剂仍需田间应用实践(陈根宝等, 2011; 郝德君等, 2012; 王志华等, 2019b)。

目前, 利用天敌昆虫防治害虫的研究, 常用一种或多种天敌防治同一寄主植物上的害虫与害螨为主, 而对于评估一种优势天敌防控不同寄主植物及害虫的捕食作用鲜见(贾静静等, 2019; 梅芝健等, 2019), 因此探明一种天敌昆虫对多种害虫的防控研究愈加重要。长期以来, 网蝽对经济作物造成的危害不受重视(丁茜, 2018), 利用其天敌开展生物防控的研究较少, 对其天敌资源的调查研究更是鲜有报道, 仅已知悬铃木方翅网蝽的天敌昆虫主要有淡须齿爪盲蝽 *Deraeocoris lutescens*、齿爪盲蝽 *D. nebulosus*、蜘蛛 *Cheiracanthium mildei* 等(李峰奇等, 2018), 茶网蝽的天敌有军配盲蝽(四川省苗溪茶场茶叶科学研究所, 1979)。因此, 以军配盲蝽对网蝽害虫进行绿色防控, 并开展其生物防治潜力的评估研究尤为重要。

经调查发现, 贵阳地区危害农林作物的主要网蝽害虫为梨网蝽、悬铃木方翅网蝽、茶网蝽、菊方翅网蝽和桂花网蝽等, 军配盲蝽为其优势天敌昆虫。目前已有研究发现军配盲蝽可用于防控杜鹃冠网蝽(Neal *et al.*, 1991), 但该天敌对贵阳地区危害较严重的几种网蝽的捕食作用鲜见报道。为明确军配盲蝽成虫对贵阳地区5种重要网蝽成虫的捕食作用, 本研究在室内研究了军配盲蝽雌、雄虫捕食梨网蝽、悬铃木方翅网蝽、茶网蝽、菊方翅网蝽和桂花网蝽成虫的功能反应、寻找效应及捕食选择性, 研究结果可为正确评估军配盲蝽对网蝽害虫的生物防治潜能提供理论参考, 也为更好地评价与利用军配盲蝽提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

茶网蝽采自贵州省农业科学研究院(106°70'E, 26°53'N)茶叶种植园,以带有枝条的新鲜茶叶饲养,悬铃木方翅网蝽、桂花网蝽、菊方翅网蝽和梨方翅网蝽分别自贵阳市花溪区贵州大学南校区(106°40'E, 26°25'N)周边种植的二球悬铃木、桂花、向日葵和梨树上采集,分别以其带有枝条的寄主叶片饲养,于温度(26±1)℃,相对湿度RH70%±5%,光周期为L:D=14:10人工气候箱(RXZ 多段编程人工智能气候箱,宁波江南仪器厂),连续饲养繁殖2代后,以初羽化的成虫(<1 d)作为供试虫源。

军配盲蝽采自贵州省贵阳市花溪区(106°40'E, 26°25'N)种植的二球悬铃木寄主上,采回后,置于饲养条件为温度(26±1)℃,相对湿度70%±5%,光周期为L:D=14:10人工气候箱(RXZ 多段编程人工智能气候箱,宁波江南仪器厂),在室内连续以网蝽混合饲养繁殖2代后作为供试虫源。

1.2 军配盲蝽雌、雄虫对5种网蝽成虫捕食选择性

在培养皿($\varphi=15$ cm)底部放入润湿滤纸($\varphi=12$ cm),将5种网蝽的寄主植物茶叶、二球悬铃木树叶、向日葵叶片、桂花叶片和梨树叶片均剪成3 cm×2 cm的长方形留有叶柄小片,叶柄以湿润棉花包裹保湿,叶背朝上平铺于滤纸上,分别放入5种初羽化网蝽(<1 d,下同)成虫各5头至各网蝽的寄主植物叶片上(随机摆放寄主叶片),放入1头经饥饿处理24 h的初羽化(<1 d,下同)未交配的军配盲蝽雌、雄虫至培养皿中心空白区域,盖上培养皿(培养皿上盖中央有一个2 cm×2 cm的正方形小口,用200目纱布封口,下同)。于温度(26±1)℃、相对湿度70%±5%、L:D=14:10的人工气候箱中,24 h后观察并记录军配盲蝽雌、雄虫分别捕食5种网蝽成虫的数量,每个处理重复30次。捕食选择率(%)=某一种猎物被捕食量/猎物被捕食总量,捕食选择率数据经反正弦转换后进行显著性分析。

1.3 军配盲蝽雌、雄虫对5种网蝽成虫捕食功能反应

系统研究军配盲蝽雌、雄虫对5种重要网蝽成虫的捕食作用。实验在上述人工气候箱中进行,以各网蝽成虫作为供试猎物,将1头经饥饿处理24 h后的军配盲蝽成虫,放入不同密度猎物的培养皿($\varphi=15$ cm)。猎物密度设置6个梯度,即5、10、15、20、25和30头,在各猎物不同密度的培养皿中分别放入寄主植物(茶叶、二球悬铃木树叶、向日葵叶片、桂花叶片和梨树叶片)作为食料,剪切为8 cm×3 cm长方形带叶柄的叶片,以湿润的脱脂棉球包裹叶柄保湿,叶片背面向下,盖上培养皿,24 h后观察记录军配盲蝽雌、雄虫对5种网蝽的捕食量,重复10次。对照组不接入军配盲蝽,记录各网蝽的自然死亡数量。军配盲蝽的校正捕食量=军配盲蝽捕食量-对照组网蝽平均自然死亡的数量。

捕食功能反应采用Holling-II型公式(Holling, 1959, 1966): $N_a = a'N T / (1 + a' T_h N)$ 进行拟合计算(式中 N 为猎物密度, a' 为瞬间攻击率, N_a 为捕食量, T_h 为捕食者可利用发现猎物的时间,本实验持续时间为1 d, T 取值为1)。

1.4 数据统计分析

根据1.3的试验结果,军配盲蝽捕食不同网蝽的寻找效应(S)按照公式: $S = a' / (1 + a' T_h N)$ 进行计算(式中 S 代表寻找效应, a' 、 T_h 、 N 代表意义同1.3)。

实验数据采用MS Word 2016(微软,美国)进行统计,用IBM SPSS 21.0(IBM,美国)计算所有重复数据的平均数和标准误,采用Duncan's 新复极差法比较军配盲蝽雌、雄虫对5种网蝽日均捕食量和捕食选择差异显著性。

2 结果与分析

2.1 军配盲蝽雌、雄虫对5种网蝽捕食选择性

由表1可知,军配盲蝽雌、雄虫对茶网蝽、悬铃木方翅网蝽、菊方翅网蝽、梨网蝽和桂花网蝽的捕食选择性差异显著($P<0.05$)。军配盲蝽雌虫对茶网蝽平均捕食量、捕食选择率与对悬铃

木方翅网蝽、梨网蝽、菊方翅网蝽和桂花网蝽均为显著性差异 ($P<0.05$)；军配盲蝽雌虫对上述 5 种网蝽的捕食选择率分别为 33.68%、24.24%、18.26%、13.08%和 10.34%。军配盲蝽雄虫对茶网蝽和悬铃木方翅网蝽比对菊方翅网蝽、梨网蝽和桂花网蝽的平均捕食量差异显著 ($P<0.05$)，

其雄虫对菊方翅网蝽、梨网蝽和桂花网蝽的平均捕食量差异不显著 ($P>0.05$)；军配盲蝽雄虫对悬铃木方翅网蝽的捕食选择率最高为 27.90%，对茶网蝽、梨网蝽和菊方翅网蝽的捕食量选择率分别为 20.74%、16.48%和 12.50%，对桂花网蝽选择率最低，为 9.45%。

表 1 军配盲蝽成虫对 5 种网蝽的捕食选择性
Table 1 Predatory preference of adult *Stethoconus japonicus* to five species of Tingidae pests

猎物 Prey	军配盲蝽雌成虫 Female adult of <i>Stethoconus japonicus</i>		军配盲蝽雄成虫 Male adult of <i>Stethoconus japonicus</i>	
	平均捕食量 Feeding amount	捕食选择率 (%) Feeding choice rate	平均捕食量 Feeding amount	捕食选择率 (%) Feeding choice rate
桂花网蝽 <i>Eteoneus sigillatus</i>	0.97±0.16d	10.34±1.60d	0.60±0.11b	9.45±1.86d
菊方翅网蝽 <i>Corythucha marmorata</i>	1.23±0.17cd	13.08±1.80cd	0.77±0.11b	12.50±2.08cd
梨网蝽 <i>Stephanitis nashi</i>	1.77±0.21bc	18.26±2.11bc	1.00±0.14b	16.48±2.43bc
悬铃木方翅网蝽 <i>Corythucha ciliata</i>	2.10±0.19b	24.24±2.43b	1.60±0.18a	20.74±1.78b
茶网蝽 <i>Stephanitis chinensis</i>	2.87±0.21a	33.68±2.64a	1.67±0.16a	27.90±2.49a

表中数据为平均值±标准误，同列数据后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, Duncan's 新复极差法)。下表同。
Data are mean±SE, and followed by different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's new multiple range. The same below.

2.2 军配盲蝽对 5 种网蝽的日均捕食量

军配盲蝽雌、雄虫对茶网蝽、悬铃木方翅网蝽、菊方翅网蝽、梨网蝽和桂花网蝽的捕食日均捕食量存在显著性差异 ($P<0.05$)。由表 2 可知，在猎物为 10、15、25 和 30 头/皿同一密度下，军配盲蝽雌虫对上述 5 种网蝽的平均日捕食量均差异显著 ($P<0.05$)，而在密度为 20 头/皿下无显著差异 ($P>0.05$)；不同密度下，军配盲蝽雌虫对上述 5 种网蝽捕食量均有显著性差异 ($P<0.05$)，且平均捕食量随着猎物密度增加而增加。由表 3 可知，在猎物为 10 头/皿、15 头/皿同一密度下，军配盲蝽雄虫对上述 5 种网蝽捕食量均为显著性差异 ($P<0.05$)，但猎物为 5、20、25 和 30 头/皿同一密度下，对上述 5 种网蝽捕食量均无显著性差异 ($P>0.05$)；不同密度下，军配盲蝽雄虫对上述 5 种网蝽捕食量均有显著性差异 ($P<0.05$)，平均捕食量随着猎物密度增加而增加。此外，由表 2 知军配盲蝽雌虫平均捕食量较雄虫大。

2.3 军配盲蝽对 5 种网蝽的捕食功能反应

根据 Holling- 圆盘方程对军配盲蝽雌、雄虫捕食功能进行拟合，表明军配盲蝽对茶网蝽、悬铃木方翅网蝽、菊方翅网蝽、梨网蝽和桂花网蝽的捕食反应均符合 Holling- 方程。由表 3 可知，参数估计 R^2 值均大于 0.970 3，经卡方检验， χ^2 值为 0.018 5-0.226 5， $\chi^2<\chi^2_{(0.05, 5)}=11.07$ ，表明理论值与观测值吻合度较好。军配盲蝽雌、雄虫在捕食猎物时，瞬时攻击率 a' 、捕食效能 a'/T_h 、最大日捕食量 $1/T_h$ 均表现一致，由高至低依次为茶网蝽>悬铃木方翅网蝽>菊方翅网蝽>梨网蝽>桂花网蝽，处理时间由长至短依次为桂花网蝽>梨网蝽>菊方翅网蝽>悬铃木方翅网蝽>茶网蝽；军配盲蝽雌虫对茶网蝽、悬铃木方翅网蝽、菊方翅网蝽、梨网蝽和桂花网蝽的最大捕食量分别为 36.2、34.6、28.2、27.5 和 25.4 头，雄虫对上述 5 种网蝽的最大捕食量分别为 28.6、26.3、25.4、23.1 和 18.7 头。军配盲蝽雌虫瞬时攻击率 a' 、捕食效能 a'/T_h 均比雄虫强，其最大日捕食量 $1/T_h$ 数值也比雄虫大。

表 2 军配盲蝽成虫对 5 种网蝽的日均捕食量
Table 2 Average daily predation of adult *Stethoconus japonicas* to five species of Tingidae pests

军配盲蝽 <i>Stethoconus japonicas</i>	猎物密度 (头/皿) Prey density	桂花网蝽 <i>Eteoneus sigillatus</i>	菊方翅网蝽 <i>Corythucha marmorata</i>	梨网蝽 <i>Stephanitis nashi</i>	悬铃木方翅网蝽 <i>Corythucha ciliata</i>	茶网蝽 <i>Stephanitis chinensis</i>
雌 Female	5	1.00±0.21Ac	1.10±0.21Ad	1.20±0.20Ad	1.50±0.27Ad	1.60±0.27Ad
雄 Male		0.80±0.20Ab	0.90±0.20Ac	1.00±0.20Ad	1.20±0.36Ac	1.30±0.26Ad
雌 Female	10	1.80±0.39Cc	2.20±0.39BCcd	2.70±0.30ABCc	3.30±0.34ABcd	3.50±0.31Acd
雄 Male		1.30±0.30Cb	1.40±0.30BCc	2.10±0.30ABCcd	2.80±0.33ABbc	3.00±0.42Acd
雌 Female	15	2.60±0.43Cbc	3.00±0.43BCbc	3.40±0.40ABCbc	4.40±0.31ABbc	4.60±0.34Abc
雄 Male		1.90±0.23Bb	2.30±0.23ABbc	2.60±0.23ABbcd	3.50±0.48Aab	3.70±0.37Abc
雌 Female	20	3.80±0.33Aab	4.10±0.33Aab	4.30±0.40Aab	5.20±0.29Aab	5.50±0.56Aab
雄 Male		3.20±0.33Aa	3.60±0.33Aab	3.70±0.33Aabc	4.10±0.46Aab	4.50±0.52Aabc
雌 Female	25	4.40±0.58Ba	4.60±0.58ABab	4.80±0.29ABa	6.10±0.35ABab	6.30±0.42Aa
雄 Male		3.80±0.33Aa	4.10±0.33Aab	4.20±0.33Aab	4.90±0.55Aa	5.10±0.53Aab
雌 Female	30	5.20±0.49Ba	5.40±0.49Ba	5.60±0.50Ba	6.90±0.43ABa	7.80±0.61Aa
雄 Male		4.20±0.36Aa	4.90±0.36Aa	5.10±0.36Aa	5.30±0.52Aa	6.10±0.67Aa

表中数据为平均值±标准误，同行数据后标有不同大写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ，Duncan’s 新复极差法）。
Data are mean±SE, and followed by the different capital letters in the same line indicate significant difference at the 0.05 level by Duncan’s new multiple range.

表 3 军配盲蝽成虫捕食 5 种网蝽的 Holling- 型功能反应参数估计
Table 3 The Holling- functional response parameters of *Stethoconus japonicas* to five species of Tingidae pests

军配盲蝽 <i>Stethoconus japonicas</i>	猎物 Prey	功能反应方程 Functional response equation	瞬时攻 捕食效 击率 a' 能 a'/T_h	处理 捕食上 时间 T_h 限 $1/T_h$	R^2 value	χ^2 value		
雌 Female	茶网蝽	$N_a=0.342\ 3N/(1+0.009\ 4N)$	0.342 3	12.40	0.027 6	36.2	0.990 3	0.049 4
雄 Male	<i>Stephanitis chinensis</i>	$N_a=0.280\ 7N/(1+0.009\ 8N)$	0.280 7	8.02	0.035 0	28.6	0.982 8	0.226 5
雌 Female	悬铃木方翅网蝽	$N_a=0.321\ 4N/(1+0.009\ 3N)$	0.321 4	11.12	0.028 9	34.6	0.989 5	0.018 5
雄 Male	<i>Corythucha ciliata</i>	$N_a=0.260\ 0N/(1+0.009\ 9N)$	0.260 0	6.82	0.038 1	26.3	0.980 1	0.221 3
雌 Female	梨网蝽	$N_a=0.257\ 3N/(1+0.009\ 1N)$	0.257 3	7.25	0.035 5	28.2	0.987 3	0.190 4
雄 Male	<i>Stephanitis nashi</i>	$N_a=0.210\ 4N/(1+0.008\ 3N)$	0.210 4	5.34	0.039 4	25.4	0.994 4	0.036 4
雌 Female	菊方翅网蝽	$N_a=0.230\ 6N/(1+0.008\ 4N)$	0.230 6	6.34	0.036 4	27.5	0.998 7	0.141 5
雄 Male	<i>Corythucha marmorata</i>	$N_a=0.179\ 8N/(1+0.007\ 8N)$	0.179 8	4.14	0.043 4	23.1	0.970 3	0.200 7
雌 Female	桂花网蝽	$N_a=0.205\ 3N/(1+0.008\ 1N)$	0.205 3	5.21	0.039 4	25.4	0.995 8	0.121 6
雄 Male	<i>Eteoneus sigillatus</i>	$N_a=0.161\ 3N/(1+0.008\ 6N)$	0.161 3	3.01	0.053 6	18.7	0.975 3	0.162 9

2.4 军配盲蝽对不同密度下 5 种网蝽的寻找效应

军配盲蝽雌、雄虫对上述 5 种网蝽的寻找效应均随着密度的增加逐渐降低，且呈线性下降。由图 1 知，相同密度下，军配盲蝽雌、雄虫的寻找效应由大至小依次为茶网蝽>悬铃木方翅网蝽>菊方翅网蝽>梨网蝽>桂花网蝽。

3 结论与讨论

通过军配盲蝽雌、雄虫对茶网蝽、悬铃木方翅网蝽、菊方翅网蝽、梨网蝽和桂花网蝽成虫的捕食作用表明，军配盲蝽对上述 5 种网蝽均具有捕食作用，且日均捕食量随猎物密度的增加而上

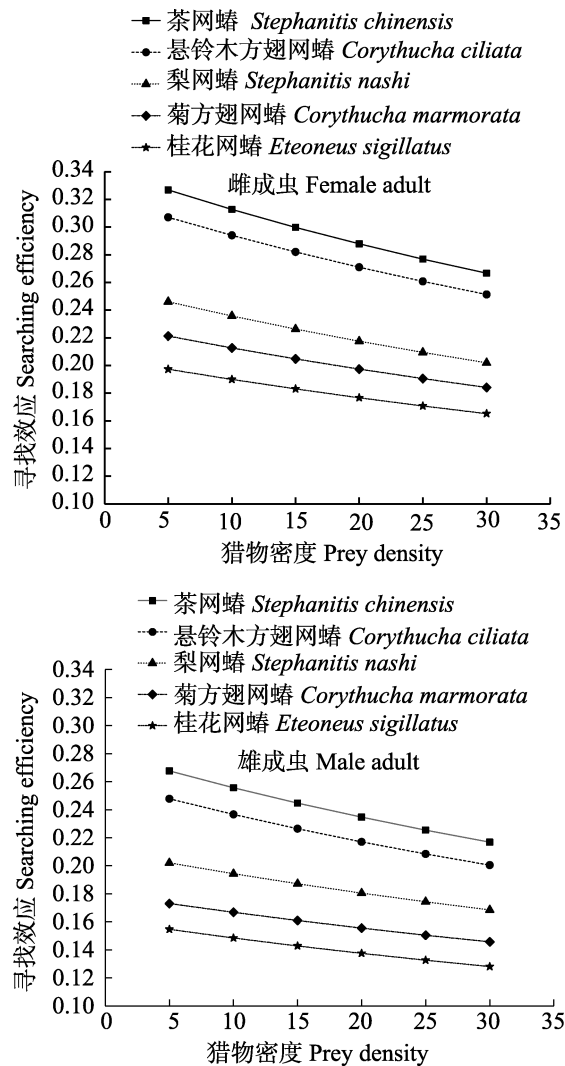


图1 军配盲蝽成虫对不同密度下5种网蝽的寻找效应

Fig. 1 The searching efficiency of *Stethoconus japonicus* adult to five species of Tingidae pests at different densities

升,至最大捕食量后趋于稳定。军配盲蝽对茶网蝽和悬铃木方翅网蝽的日均捕食量、选择率、捕食效能和瞬时攻击率都比捕食其他3种网蝽较大,且军配盲蝽雌虫的捕食能力强于雄虫。

天敌昆虫在捕食猎物时,常以Holling模型的相关参数对其捕食能力进行评价,如捕食效能 a'/T_h 、最大日捕食量 $1/T_h$ 等(唐天成等,2018;付步礼等,2019),研究者发现4种蜘蛛对悬铃木方翅网蝽的有捕食作用,但与军配盲蝽成虫相比,最大日捕食量和捕食效能均偏小(全晓宇等,2010),可能以军配盲蝽对悬铃木方翅网蝽进行防控的潜力更大。前人发现军配盲蝽成虫可捕食杜鹃冠网蝽,本研究结果也表明,军配盲蝽成虫

对上述5种网蝽均有捕食作用,进一步验证了军配盲蝽是多种网蝽害虫的重要天敌(Nea *et al.*, 1991; Neal and Haldemann, 1992; Henry, 2017)。军配盲蝽雌、雄虫对上述5种网蝽的捕食量均有显著差异,军配盲蝽雌虫的捕食能力强于雄虫,可能与军配盲蝽雄虫个体小,寻找雌虫交尾花费的时间更长,与微小花蝽 *Orius minutus* Linnaeus 雌、雄虫捕食小菜蛾的行为相似(孙丽娟等,2017)。军配盲蝽成虫的日均捕食量随着猎物的密度增加,会逐渐趋于稳定,与南方小花蝽 *O. similis*、微小花蝽和东亚小花蝽 *O. sauteri* 的捕食过程一致,均是属Holling-型功能反应模型的表现(邹军锐等,2011;孙丽娟等,2017;付步礼等,2019)。军配盲蝽成虫对茶网蝽和悬铃木方翅网蝽的选择性、捕食作用强,可能是军配盲蝽对这2种网蝽的寄主适应性更好,就前期对军配盲蝽的适生情况调查来看,仅在茶叶和悬铃木树叶上发现有不同虫态的军配盲蝽和成虫产卵行为,在本研究的其他3种寄主植物上还未发现若虫及产卵的情况,可能是军配盲蝽已适应在茶叶和悬铃木树叶上生长发育,对该天敌在网蝽的寄主植物上适生情况有待进一步研究。

室内实验表明,军配盲蝽成虫对茶网蝽、悬铃木方翅网蝽捕食作用强,日均捕食量大,有较大的控制潜能。但军配盲蝽若虫对本研究的5种网蝽若虫的捕食作用及捕食选择性仍需进一步研究。在自然环境下,军配盲蝽成虫可捕食的网蝽种类较多,且受到环境因子、寄主植物和天敌多重因素的影响。因此,军配盲蝽在田间的控制力、捕食行为及捕食能力有待于深入研究。

致谢:感谢贵州大学林学院武承旭老师、茶学院何应琴老师对实验数据分析处理及论文撰写过程中提出的宝贵意见,感谢贵州大学昆虫研究所刘健锋老师对于中英文摘要给予的指导和帮助。感谢贵州省科技支撑计划和国家公益性行业(农业)科研专项提供项目和研究经费支持。

参考文献 (References)

- Carayon J, 1960. *Stethoconus frappai* n. sp., miridé prédateur du Tingidé du caféier, *dulinius unicolor* (Sign.) à madagascar.

- Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 7(1): 110–120.
- Chen GB, Wang F, Feng CJ, Ju RT, 2011. Insecticide efficacy testing of six insecticides on *Corythucha ciliata*. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 39(3): 125–128. [陈根宝, 王凤, 冯丛经, 鞠瑞亭, 2011. 6 种药剂防治悬铃木方翅网蝽的药效试验. 江苏农业科学, 39(3): 125–128.]
- Dang K, Gao L, Zhu J, 2012. First record of the chrysanthemum lace bug, *Corythucha marmorata* (Uhler, 1878) from China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 37(4): 894–898. [党凯, 高磊, 朱瑾, 2012. 菊方翅网蝽在中国首次记述(半翅目, 网蝽科). 动物分类学报, 37(4): 894–898.]
- Ding Q, 2018. The occurrence regularity, the life table parameters and control of *Stephanitis* (S.) *laudata* Drake et Poor. Master thesis. Changsha: Hunan Agricultural University. [丁茜, 2018 华南冠网蝽的生命表参数、发生规律及防治研究. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学.]
- Drake CJ, Maa T, 1953. Chinese and other *Oriental tingoidea* (Hemiptera). *Quarterly Journal of the Taiwan Museum*, 6(2): 87–101.
- Fu BL, Qiu HY, Li Q, Sun YT, Zhou SH, Yang SY, Li SG, Tang LD, Zhang FP, Liu K, 2019. Predation of *Orius sauteri* on *Thrips hawaiiensis* in the laboratory. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(1): 91–98. [付步礼, 邱海燕, 李强, 孙衍汤, 周世豪, 杨石有, 李善光, 唐良德, 张方平, 刘奎, 2019. 东亚小花蝽对黄胸蓟马的室内捕食作用研究. 应用昆虫学报, 56(1): 91–98.]
- Hao DJ, Lu JW, Yin L, 2012. Toxicity of three biopesticides and their effect on detoxification enzyme activity of *Corythucha ciliata*. *Scientia Silvae Sinicae*, 48(7): 86–91. [郝德君, 陆佳伟, 殷丽, 2012. 3 种生物农药对悬铃木方翅网蝽的室内毒力及解毒酶活性的影响. 林业科学, 48(7): 86–91.]
- Henry TJ, 2017. Biodiversity of Heteroptera//Footitt RG, Adler PH(eds.). *Insect Biodiversity: Science and Society*. Hoboken: Wiley. 279–335.
- 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.
- Henry TJ, Peña JE, Long D, Acevedo F, 2009. *Stethoconus praefectus* (Hemiptera: Miridae): First north American records of an old world plant bug predacious on avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae), in Florida. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 111(1): 98–105.
- Holling CS, 1959. Some characteristics of simple type of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist*, 91(7): 385–398.
- Holling CS, 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 98(48): 1–86.
- Jia JJ, Fu YG, Zhang FP, Zhou SH, Nie Y, Chen JY, 2019. Evaluation of *Euseius nicholsi* as a biological control for three species of spider mites in rubber plantations. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(4): 718–727. [贾静静, 符悦冠, 张方平, 周世豪, 聂跃, 陈俊谕, 2019. 尼氏真绥螨对三种橡胶叶螨的控害效能评价. 应用昆虫学报, 56(4): 718–727.]
- Li FQ, Fu NN, Zhang LZ, Jiao MM, Peng LF, Xu YH, Luo C, 2018. Advances in biology, chemical ecology and control of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae). *Acta Entomologica Sinica*, 61(9): 1076–1086. [李峰奇, 付宁宁, 张连忠, 焦蒙蒙, 彭凌飞, 许奕华, 罗晨, 2018. 悬铃木方翅网蝽生物学、化学生态学及防治研究进展. 昆虫学报, 61(9): 1076–1086.]
- Luo Y, Xiao F, Tian H, Zhao RN, Yin ZY, Chen WL, 2019. Investigation on the wintering habits of the invasive sycamore lace bug *Corythucha ciliata*. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 38(5): 7–10. [罗优, 肖峰, 田翔, 赵如娜, 殷郑艳, 陈文龙, 2019. 入侵害虫悬铃木方翅网蝽越冬习性调查. 山地农业生物学报, 38(5): 88–91.]
- Mei ZJ, Lu YJ, Li JY, Wang ZY, Zhang M, Wang Y, 2019. Predation functional response and preference of several the third instar storage pests by *Xylocoris flavipes*. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 34(8): 104–109. [梅芝健, 鲁玉杰, 李霖瀛, 王争艳, 张蒙, 王洋, 2019. 黄色花蝽对几种 3 龄储藏物害虫捕食功能反应及捕食偏好性研究. 中国粮油学报, 34(8): 104–109.]
- 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*, 4(3): 287–293.
- Neal JW, Haldemann RL, 1992. Regulation of seasonal egg hatch by plant phenology in *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae), a specialist predator of *Stephanitis pyrioides* (Heteroptera: Tingidae). *Environmental Entomology*, 21(4): 793–798.
- Quan XY, Xia WS, Lju FX, Chen J, Peng Y, 2010. Predation of spiders on a new invasive lace bug *Corythucha ciliata* (Say). *Acta Phytomyologica Sinica*, 37(6): 573–574. [全晓宇, 夏文胜, 刘凤想, 陈建, 彭宇, 2010. 蜘蛛对新入侵物种悬铃木方翅网蝽的捕食作用. 植物保护学报, 37(6): 573–574.]

- 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.]
- Sun LJ, Yi WX, Zheng CY, 2017. Predatory and control ability of *Orius minutus* to the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 28(10): 3403–3408. [孙丽娟, 衣维贤, 郑长英, 2017. 微小花蝽对小菜蛾捕食控制的能力. *应用生态学报*, 28(10): 3403–3408.]
- Tang TC, Zhang Y, Li CJ, Cao XR, Chen ZZ, Xu YY, 2018. Predatory responses of *Chrysoperla sinica* (Tjeder) and *Chrysopa pallens* larvae to *Aleurocan spinifetus* (Quaintance) nymphs. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(2): 217–222. [唐天成, 张艳, 李程锦, 曹欣然, 陈珍珍, 许永玉, 2018. 中华通草蛉和大草蛉幼虫对黑刺粉虱若虫的捕食功能反应. *应用昆虫学报*, 55(2): 217–222.]
- Wang ZH, Yu JY, Shen J, Liang YT, Zhang XQ, Dong LK, Yu HF, 2019a. 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, 2019a. 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.]
- Wang ZH, Yu JY, Sheng J, Zhang XQ, Dong LK, Yu HF, 2019b. The toxicity and control efficacy of different pesticides on *Corythucha marmorata*. *Agrochemicals*, 58(2): 136–140. [王志华, 于静亚, 沈锦, 章晓琴, 董立坤, 余红芳, 2019b. 不同杀虫剂对外来入侵害虫菊方翅网蝽的毒力测定及防治效果. *农药*, 58(2): 136–140.]
- Wu YK, 2011. *Eteoneus sigillatus* Drake et Poor, a new pest of *Osmanthus fragrans* Lour. in China. *Guangdong Agricultural Sciences*, 38(23): 151–156. [吴跃开, 2011. 一种园林植物新害虫——桂花网蝽. *广东农业科学*, 38(23): 151–156.]
- Zhi JR, Zheng SS, Zhang CR, Liu FJ, 2011. The predation of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* and *Aphis craccivora*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 573–578. [邹军锐, 郑珊珊, 张昌容, 刘丰姣, 2011. 南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食作用. *应用昆虫学报*, 48(3): 573–578.]
- Zhu GP, Wang XJ, Liu GQ, Bu WJ, 2013. Potential distribution of sycamore lace bug, *Corythucha ciliate* in China (Hemiptera: Tingidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(6): 1652–1658. [朱耿平, 王晓静, 刘国卿, 卜文俊, 2013. 悬铃木方翅网蝽在我国的潜在分布分析. *应用昆虫学报*, 49(6): 1652–1658.]
- Zeng R, 2009. On the biology of *Stephanitis (Stephanitis) laudata* Drake et Poor. Master thesis. Changsha: Hunan Agricultural University. [曾荣. 2009. 华南冠网蝽生物学研究. 硕士学位论文, 长沙: 湖南农业大学.]