蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫捕食能力及捕食选择性研究*

孙婧婧[1**] 王孟卿[2***] 张礼生[2] 赵 萍[3] 彩万志[1] 李 虎[1***]

（1. 中国农业大学植物保护学院昆虫学系，北京 100193；2. 中国农业科学院植物保护研究所，北京 100193；3. 南宁师范大学地理与海洋研究院，南宁 530001）

摘 要 【**目的**】为探究蠋蝽 *Arma custos* 对烟草 2 种重要害虫斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 和棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 幼虫的捕食能力，以及当 2 种害虫共存时的捕食选择性。【**方法**】通过非选择性和选择性捕食试验，在室内条件下测定了蠋蝽 3-5 龄若虫和成虫对斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫的日捕食量，以及当 2 种猎物共存时的捕食选择性。【**结果**】非选择性捕食试验结果表明，蠋蝽 3-5 龄若虫和成虫对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量分别为 3.90、5.20、8.70 和 7.40 头，对棉铃虫幼虫的日捕食量分别为 3.30、8.20、14.30 和 11.10 头，除蠋蝽 3 龄若虫外，4 龄、5 龄若虫和成虫对棉铃虫幼虫的捕食量均显著高于对斜纹夜蛾幼虫的捕食量。选择性捕食试验结果表明，当 2 种猎物密度相同时，蠋蝽 3-5 龄若虫和成虫均对斜纹夜蛾 3 龄幼虫表现出正喜好性，对棉铃虫 3 龄幼虫表现出负喜好性；当一种猎物密度变化时，除斜纹夜蛾幼虫密度较低时外，蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食量均显著高于对棉铃虫幼虫的捕食量，且在不同猎物密度下蠋蝽均对斜纹夜蛾幼虫表现出正喜好性。【**结论**】蠋蝽对棉铃虫 3 龄幼虫的捕食能力更高，但当 2 种害虫同时发生时，蠋蝽对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的捕食选择性高于棉铃虫，对斜纹夜蛾的控制效果更好。

关键词 蠋蝽；斜纹夜蛾；棉铃虫；捕食选择性；生物防治

The predatory capacity of *Arma custos* for *Spodoptera litura* and *Helicoverpa armigera* larvae

SUN Jing-Jing[1**] WANG Meng-Qing[2***] ZHANG Li-Sheng[2]
ZHAO Ping[3] CAI Wan-Zhi[1] LI Hu[1***]

(1. Department of Entomology, College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;
3. Institute of Geography and Oceanography, Nanning Normal University, Nanning 530001, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the predatory ability and prey preferences of *Arma custos* with respect to larvae of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, and the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. **[Methods]** The daily predation rate and prey preferences of 3rd, 4th and 5th-instar nymphs and adults of *A. custos* with respect to 3rd-instar larvae of *S. litura* and *H. armigera* were studied using both non-choice and choice tests under laboratory conditions. **[Results]** The daily predation rate of 3rd, 4th and 5th-instar nymphs, and adult, *A. custos* on *S. litura* were 3.90, 5.20, 8.70 and 7.40 larvae/day, respectively, and on *H. armigera* were 3.30, 8.20, 14.30 and 11.10 larvae/day, respectively. The daily predation rate of all developmental stages of *A. custos*, with the exception of 3rd-instar nymph stage, was significantly higher on *H. armigera* than that on *S. litura*. Choice tests showed that, under the same prey density, *A. custos* had a significant preference for *S. litura* over *H. armigera*. The daily predation rate of *A. custos* on *S. litura* larvae was significantly higher than that on *H. armigera* larvae at almost all

*资助项目 Supported projects：科技部重点研发计划项目（2019YFD0300104）；中国烟草总公司贵州省公司蠋蝽绿色防控重大专项（201940，201941，201936）；昭通市专家工作站（2021ZTYX05）

**第一作者 First author，E-mail：18237105691@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors，E-mail：tigerleecau@hotmail.com；mengqingsw@163.com

收稿日期 Received：2021-05-29；接受日期 Accepted：2021-08-27

prey density combinations, except when the *S. litura* density was much lower. **[Conclusion]** These results show that, although *A. custos* had a higher daily predation rate on 3rd-instar larvae of *H. armigera* than those of *S. litura*, when 3rd-instar larvae *S. litura* and *H. armigera* larvae were both present, *A. custos* preferentially preyed on *S. litura*.

Key words *Arma custos*; *Spodoptera litura*；*Helicoverpa armigera*；predation preference；biological control

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 又名莲纹夜蛾，隶属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae，在我国除西藏未见报道以外，其余各省、自治区均有分布（武怀恒等，2016），能取食为害棉花、烟草、甘薯、芋头等 109 科 389 种寄主植物，是一种严重威胁我国农业生产安全的重要害虫（秦厚国等，2006）。该虫在我国全国烟区均有发生，幼虫在生长茂盛的烟株中下部取食烟叶危害，并随虫龄增加逐渐向上部烟叶转移，能将烟叶吃光，严重影响烟草的产量和质量（孙光军等，2003；范成平等，2018）。棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 与斜纹夜蛾同属鳞翅目夜蛾科，在我国分布广泛、寄主植物较多，且其幼虫喜食烟叶，常在烟田与斜纹夜蛾同时为害（黄智华等，2019；张屾等，2019）。长期以来，我国主要依赖化学药剂防治这 2 种烟田害虫，但斜纹夜蛾和棉铃虫寄主范围较广，世代重叠严重，且频繁大量使用化学药剂已使其对有机磷类、拟除虫菊酯类和茚虫威等多种杀虫剂产生了较高水平的抗性（刘佳等，2016；吕楠楠等，2020；张帅，2021），使化学防治的难度增大。此外，化学药剂的频繁施用不仅会杀伤天敌、污染环境，而且

烟叶上残留的药剂会危害人们健康。而利用绿色安全的天敌昆虫来防治害虫不仅符合当下国家“绿色发展”的要求，还能避免化学药剂带来的各种不良影响，提高烟叶品质。

蠋蝽 *Arma custos* 隶属半翅目 Hemiptera 蝽科 Pentatomidae，在我国分布广泛，能捕食半翅目、鳞翅目、鞘翅目等多个目害虫的卵、幼虫、蛹和成虫，是一种具有应用潜力的生防天敌昆虫（高卓等，2012；Zou *et al.*，2012，2013）。研究表明，蠋蝽对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*（高卓等，2012）、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*（唐艺婷等，2019）和小菜蛾 *Plutella xylostella*（唐艺婷等，2020a）等多种鳞翅目害虫均具有较好的捕食潜力。且唐艺婷等（2020b）通过室内试验发现，蠋蝽对斜纹夜蛾 3 龄幼虫具有较高的控害能力；舒芳靖等（2020）通过在田间试验发现，在烟田释放蠋蝽 30 d 后斜纹夜蛾虫口衰减与防治效果能达到 38%和 59%，蠋蝽在烟田能有效控制斜纹夜蛾幼虫的种群密度。笔者在室内饲养蠋蝽时发现，蠋蝽能成功捕食棉铃虫高龄幼虫，对棉铃虫具有较高的捕食潜能。即蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫这 2 种烟田害虫均具有较高的捕食能力。然而，猎物种类丰富的捕食性天敌对猎物往往具有选择性（刘凤想等，2007），如田静等（2007）研究发现环斑猛猎蝽 *Sphedanolestes impressicollis* 雌成虫对蚜虫表现出负喜好性，对玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 3 龄幼虫则表现出正喜好性；苏湘宁等（2016）研究发现红彩真猎蝽 *Harpactor fuscipes* 对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的选择性大于烟青虫 *Heliothis assulta* 3 龄幼虫和烟蚜 *Myzus persicae* 若蚜；宋苞雪等（2018）研究发现，微小花蝽 *Orius minutus* 虽对朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 的日捕食量最大，但最喜食西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*。蠋蝽作为斜纹夜蛾和棉铃虫的共同天敌，关于其对这 2 种烟田害虫捕食选择性的研究尚未见报道。因此，本研究以斜纹夜蛾 3 龄幼虫与棉铃虫 3 龄幼虫为研究对象，研究不同虫态蠋蝽对斜纹夜蛾与棉铃虫幼虫日捕食量和捕食选择性的差异，以及猎物密度对蠋蝽捕食量和捕食选择性的影响，明确蠋蝽对这 2 种害虫捕食能力和捕食选择性，以期为更合理、有效地应用蠋蝽防治烟草害虫提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源与试验条件

供试虫源：斜纹夜蛾于云南恒草生物科技有限公司人工气候室内利用人工饲料饲养多代，选择 3 龄幼虫供试；棉铃虫卵购买于科云生物公

司，于人工气候室内利用人工饲料饲养至 3 龄幼虫供试。蠋蝽成虫于人工气候室内利用黄粉虫 *Tenebrio molitor* 幼虫及蛹饲养建立种群，挑选 3-5 龄若虫和成虫供试。

供试植物：将玉米种子（品种为曲辰 19 号）播于装有营养土的盆内培养至 3 叶期供试。供试植物置于人工气候室内，在温度为（25±1）℃、湿度为 60%±5%、光周期为 14 L：10 D 的条件下培养。

试验条件：试验在人工气候箱（QHX-250BSH-Ⅲ型，上海新苗医疗器械制造有限公司）内进行，温度为（27±1）℃、光周期为 14L：10、湿度为 70%±5%。

1.2 不同虫态蠋蝽对 2 种猎物的非选择性捕食试验

蠋蝽 3 龄和 4 龄若虫对 2 种猎物的非选择性捕食试验：选取蜕皮 24 h 内的蠋蝽 3 龄若虫和 4 龄若虫，分别单头放入航空杯（300 mL）内，在杯底放入一块浸湿的 6 cm^2 左右的脱脂棉后用 120 目的尼龙网纱和橡皮筋将杯口密封，置于人工气候箱内饥饿 24 h。将 20 头斜纹夜蛾 3 龄幼虫或 20 头棉铃虫 3 龄幼虫接入养虫盒（21 cm×14 cm×9 cm）内，再接入经饥饿处理后的蠋蝽若虫 1 头进行试验。养虫盒内放入 2 片新鲜玉米叶和适量人工饲料供猎物幼虫取食，24 h 后检查猎物被捕食的数量。试验设置 4 个处理，每处理重复 10 次，每个养虫盒为 1 个重复，测试蠋蝽 3 龄和 4 龄若虫在非选择性捕食试验中对 2 种猎物的日捕食量。

日捕食量=（养虫盒内原有猎物数量-养虫盒内剩余猎物活虫数量）/1 d。

蠋蝽 5 龄若虫和成虫对 2 种猎物的非选择性捕食试验：选取蜕皮 24 h 内的 5 龄若虫和羽化 24 h 内的成虫，猎物密度设置为 40 头/盒，其它步骤均与蠋蝽 3 龄和 4 龄若虫对 2 种猎物的非选择性捕食试验相同。

1.3 不同虫态蠋蝽对 2 种猎物的选择性捕食试验

将供试蠋蝽饥饿处理 24 h（方法同 1.2）。蠋蝽 3 龄若虫和 4 龄若虫对 2 种猎物的选择性捕食试验：将斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫按 10：10 的密度接入养虫盒后，再接入经饥饿处理后的蠋蝽若虫 1 头进行试验。养虫盒内放入 2 片新鲜玉米叶和适量人工饲料供猎物幼虫取食，24 h 后检查斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫被捕食的数量。试验共 2 个处理，每处理重复 10 次，每个养虫盒为 1 个重复。测试蠋蝽 3 龄若虫和 4 龄若虫在选择性捕食试验中对 2 种猎物的日捕食量（计算方法同 1.2）。

蠋蝽 5 龄若虫和成虫对 2 种猎物的选择性捕食试验：除将斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫按 20：20 的密度接入养虫盒，再接入经饥饿处理后的蠋蝽 5 龄若虫或成虫 1 头，其它步骤均与蠋蝽 3 龄和 4 龄若虫对 2 种猎物的选择性捕食试验相同。用 C_i 值判定蠋蝽对斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫的捕食喜好性，C_i 值计算公式为：$C_i=(Q_i - F_i)/(Q_i+F_i)$。其中：$Q_i$ 为第 *i* 种猎物被蠋蝽所捕食的比例，F_i 为第 *i* 种猎物在所有猎物中所占的比例。$C_i=0$ 时，表示蠋蝽对第 *i* 种猎物无喜好性；$0<C_i<1$ 时，表示蠋蝽对第 *i* 种猎物有正喜好性；$-1<C_i<0$ 时，表示蠋蝽对第 *i* 种猎物有负喜好性（周集中和陈常铭，1987）。

1.4 猎物密度对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响

棉铃虫幼虫密度对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响：将蠋蝽成虫饥饿处理 24 h（方法同 1.2）。先在养虫盒内接入 20 头斜纹夜蛾 3 龄幼虫，再分别接入不同密度（4、8、12、16、20 头）的棉铃虫 3 龄幼虫于同一养虫盒内，然后接入一只饥饿处理后的蠋蝽成虫。养虫盒内放入 2 片新鲜玉米叶和适量人工饲料供猎物幼虫取食，24 h 后检查斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫的被捕食数量。共设置 5 个处理，每处理重复 5 次，每个养虫盒为 1 个重复，测试蠋蝽成虫在不同棉铃虫密度下对 2 种猎物的日捕食量（计算方法同 1.2）和捕食喜好性 C_i 值（计算方法同 1.3）。

斜纹夜蛾幼虫密度对蠋蝽成虫捕食量和捕

食选择性的影响：除在养虫盒内接入 20 头棉铃虫 3 龄幼虫，再分别接入不同密度（4、8、12、16、20 头）的斜纹夜蛾 3 龄幼虫于同一养虫盒内外，其它步骤均与棉铃虫幼虫密度对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响试验相同。

1.5　数据分析

所有数据均采用 Excel 2019 统计，用 Graph Pad 6.01 进行分析。不同处理中蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫日捕食量差异利用成对样本 *t*-检测进行差异显著性检验，不同处理中蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫喜好性 C_i 均用单一样本 *t*-检测与零假设进行差异显著性比较。当猎物密度变化时，蠋蝽在不同猎物密度下的日捕食量差异利用 Tukey's 法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　不同虫态蠋蝽对 2 种猎物的非选择性捕食试验结果

当斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫密度相同时，蠋蝽 3-5 龄若虫和成虫对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量分别为 3.90、5.20、8.70 和 7.40 头，对棉铃虫幼虫的日捕食量分别为 3.30、8.20、14.30 和 11.10 头（表 1）。蠋蝽 5 龄若虫对 2 种猎物的日捕食量最高，3 龄若虫对 2 种猎物的日捕食量最低。除蠋蝽 3 龄若虫对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫日捕食量无显著差异外（P=0.250 7），蠋蝽 4 龄、5 龄若虫和成虫对棉铃虫幼虫的日捕食量均显著高于对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量（P=0.030 6；P=0.009 1；P=0.009 3），表明蠋蝽对棉铃虫幼虫的捕食能力高于斜纹夜蛾幼虫。

2.2　不同虫态蠋蝽对 2 种猎物的选择性捕食试验

当斜纹夜蛾 3 龄幼虫与棉铃虫 3 龄幼虫同时存在且密度相同时，蠋蝽 3-5 龄若虫和成虫对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量显著高于对棉铃虫幼虫的日捕食量，对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量分别为 4.40、4.40、10.00 和 6.90 头，对棉铃虫幼虫的日捕食量分别为 1.70、2.30、6.10 和 4.00 头。且不同虫态蠋蝽均对斜纹夜蛾幼虫表现出正喜好性，对棉铃虫幼虫表现出负喜好性。相对于其它虫态，蠋蝽 3 龄若虫对斜纹夜蛾幼虫的捕食选择性最大，C_i 值为 0.176，对棉铃虫幼虫的捕食选择性最小，C_i 值为 - 0.366（表 2）。

2.3　猎物密度对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响

2.3.1　棉铃虫幼虫密度对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响　当斜纹夜蛾 3 龄幼虫密度固定为 20 头/盒时，随着棉铃虫 3 龄幼虫密度的增加，蠋蝽对棉铃虫和斜纹夜蛾幼虫的日捕食量均不断增加，对棉铃虫和斜纹夜蛾幼虫的总捕食量也随棉铃虫幼虫密度的增加而显著增加（P=0.000 1）。且在不同的棉铃虫幼虫密度下，蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量均显著大于对棉铃虫幼虫的日捕食量（P=0.017 1；P=0.000 2；P=0.003 2；P=0.001 6；P=0.000 1），对斜纹夜蛾幼虫表现出正喜好性，对棉铃虫幼虫表现出负喜好性。当棉铃虫幼虫密度最小为 4 头/盒时，蠋蝽对棉铃虫幼虫和斜纹夜蛾幼虫的日捕食量均较小，分别为 0.40 头和 4.60 头，对棉铃虫和斜纹夜蛾幼虫的喜好性 C_i 值分别为 - 0.665 和 0.065（表 3）。

表 1　蠋蝽在非选择性试验中对不同猎物日捕食量

Table 1　Daily predation of *Arma custos* to different preys in the non-selective tests

猎物种类 Prey's species	日捕食量（头） Daily predation (ind.)			
	3 龄若虫 3rd instar nymph	4 龄若虫 4th instar nymph	5 龄若虫 5th instar nymph	成虫 Adult
斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*	3.90±0.348a	5.20±0.389b	8.70±0.633b	7.40±0.872b
棉铃虫 *Helicoverpa armigera*	3.30±0.367a	8.20±1.218a	14.30±1.808a	11.10±0.924a

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经 *t*-检验在 P<0.05 水平差异显著。

Data are mean ± SE, and followed by different lowercase letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level by *t*-test.

表 2 不同虫态蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫的捕食选择性

Table 2 The preference of *Arma custos* on the larvae of *Spodoptera litura* and *Helicoverpa armigera*

蠋蝽虫态 Stages of predator	猎物种类 Prey's species	初始数量（头） Initial number (ind.)	日捕食量（头） Daily predation (ind.)	喜好性 C_i Preference
3 龄若虫 3rd instar nymph	斜纹夜蛾 *S. litura*	10	4.40±0.340a	0.176±0.031*
	棉铃虫 *H. armigera*	10	1.70±0.335b	- 0.366±0.112*
4 龄若虫 4th instar nymph	斜纹夜蛾 *S. litura*	10	4.40±0.618 a	0.161±0.023*
	棉铃虫 *H. armigera*	10	2.30±0.448 b	- 0.273±0.060*
5 龄若虫 5th instar nymph	斜纹夜蛾 *S. litura*	20	10.00±0.830 a	0.101±0.019*
	棉铃虫 *H. armigera*	20	6.10±0.482 b	- 0.141±0.033*
成虫 Adult	斜纹夜蛾 *S. litura*	20	6.90±0.640 a	0.151±0.040*
	棉铃虫 *H. armigera*	20	4.00±0.394 b	- 0.168±0.025*

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某一虫态的蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫的日捕食量经 *t*-检验在 *P*<0.05 水平差异显著；*表示与零假设差异显著。

Data are mean ± SE, and followed by different lowercase letters in the same column indicate significant differences of *Arma custos*'s predation on *S. litura* and *H. armigera* at *P*<0.05 level by *t*-test; * indicats significant differences from null hypothesis.

表 3 棉铃虫密度对蠋蝽捕食的影响

Table 3 Effect of density of *Helicoverpa armigera* on the predation of *Arma custos*

棉铃虫密度（头/盒） Density of *H. armigera* (ind./box)	总捕食猎物数（头） Total predation amount (ind.)	捕食棉铃虫数（头） Predation amount on *H. armigera* (ind.)	捕食斜纹夜蛾数（头） Predation amount on *S. litura* (ind.)	对棉铃虫的喜好性 C_i Preference on *H. armigera*	对斜纹夜蛾的喜好性 C_i Preference on *S. litura*
4	5.00±1.517c	0.40±0.249bB	4.60±1.288bA	- 0.665±0.207*	0.065±0.016*
8	6.40±0.678bc	1.20±0.200bB	5.20±0.490abA	- 0.218±0.029*	0.062±0.011*
12	10.00±0.775ab	3.00±0.316aB	7.00±0.632abA	- 0.116±0.048*	0.203±0.049*
16	11.00±0.447a	3.20±0.200aB	7.80±0.490abA	- 0.210±0.033*	0.119±0.015*
20	12.00±1.049a	4.20±0.490aB	7.80±0.583aA	- 0.189±0.026*	0.132±0.010*

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经过 Tukey's 法检验在 *P*<0.05 水平差异显著；同行数据后标有不同大写字母表示蠋蝽对棉铃虫幼虫和斜纹夜蛾幼虫的日捕食量经过 *t*-检验在 *P*<0.05 水平差异显著；*表示与零假设差异显著。下表同。

Data in the table are mean ± SE, and followed by the different lowercase letters in the same column indicate significant differences at *P*<0.05 level by Tukey's multiple comparisons, while followed by the different uppercase letters in the same row indicate significant differences of *Arma custos*'s predation on *S. litura* and *H. armigera* at *P*<0.05 level by *t*-test; * indicats significant differences from null hypothesis. The same below.

2.3.2 斜纹夜蛾幼虫密度对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响 当棉铃虫 3 龄幼虫密度固定为 20 头/盒时，随着斜纹夜蛾 3 龄幼虫密度的增加，蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量不断增加，对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫的总捕食量也显著增加（*P*=0.006 7）。当斜纹夜蛾幼虫密度大于 8 头/盒时，蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量开始显著大于对棉铃虫幼虫的日捕食量（斜纹夜蛾幼虫密度为 12 头/盒时，*P*=0.044 9；密度为 16 头/盒时，*P*=0.008 8；密度为 16 头/盒时，*P*<0.000 1），但斜纹夜蛾幼虫密度变化对蠋蝽捕食棉铃虫幼虫的日捕食量没有显著影响（*P*=0.715 1）。且在不同的斜纹夜蛾幼虫密度下，蠋蝽均对斜纹夜蛾幼虫表现出正喜好性，对棉铃虫幼虫表现出负喜好性。当斜纹夜蛾幼虫密度最小为 4 头/盒时，蠋蝽对棉铃虫幼虫的日捕食量最大，为 4.00 头，

对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量最小，为 1.80 头，对棉铃虫和斜纹夜蛾幼虫的喜好性 C_i 值分别为 - 0.090 和 0.258（表 4）。

3　讨论

对于猎物范围较广的捕食者，捕食者与其猎物作用系统必定会出现“单种捕食者-多种猎物”作用系统和“单种捕食者-单种猎物”作用系统（田静等，2007）。本研究在非选择性试验中，仅选取 2 种猎物的 3 龄幼虫，建立“单种捕食者-单种猎物”的作用系统。试验结果显示，当猎物数量充足时，不同虫态蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫的日捕食量均随其龄期的增加而增加，5 龄若虫对猎物的捕食能力高于其它虫态，对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫的日捕食量分别为 8.70 头和 14.30 头。这与不同虫态蠋蝽捕食小菜蛾 4 龄幼虫、不同虫态益蝽 *Picromerus lewisi* 捕食粘虫 *Mythimna separata* 3 龄幼虫的试验结果一致，即捕食者对猎物的捕食能力随其龄期的增加而增加，5 龄若虫对猎物的捕食能力最高（唐艺婷等，2018，2020a）。因此，当田间斜纹夜蛾或棉铃虫幼虫发生时，可考虑适量释放蠋蝽 5 龄若虫进行防治。对比不同虫态蠋蝽对斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫的日捕食量发现，蠋蝽对棉铃虫幼虫的捕食能力更大，表现为除 3 龄若虫外，蠋蝽 4 龄、5 龄若虫和成虫对棉铃虫 3 龄幼虫的日捕食量均显著高于对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的日捕食量。这些差异可能与猎物体型有关，即本试验选用的斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫虽同为 3 龄期、体长相近，但 3 龄斜纹夜蛾幼虫体躯粗壮，而 3 龄棉铃虫幼虫体躯细长，蠋蝽高龄若虫和成虫需要取食更多的棉铃虫幼虫来满足自身发育繁殖的营养需求。如唐艺婷等（2020a，2020b）通过捕食功能反应试验发现，蠋蝽对体型相对较小的小菜蛾 4 龄幼虫的日最大捕食量为 83.33 头，远高于对体型较大的斜纹夜蛾 3 龄幼虫的日最大捕食量（13.70 头）。因此，理论上蠋蝽对棉铃虫的控害能力会高于对斜纹夜蛾的控害能力，但蠋蝽对棉铃虫实际防控能力的大小还未见报道，相关研究有待进一步展开。

表 4　斜纹夜蛾密度对蠋蝽捕食的影响

Table 4　Effect of density of *Spodoptera litura* on the predation of *Arma custos*

斜纹夜蛾密度（头/盒）Density of *S. litura* (ind./box)	总捕食猎物数（头）Total predation amount (ind.)	捕食棉铃虫数（头）Predation amount on *H. armigera* (ind.)	捕食斜纹夜蛾数（头）Predation amount on *S. litura* (ind.)	对棉铃虫的喜好性 C_i Preference on *H. armigera*	对斜纹夜蛾的喜好性 C_i Preference on *S. litura*
4	5.80±0.374b	4.00±0.000aA	1.80±0.374cB	- 0.090±0.031*	0.258±0.071*
8	8.20±1.281ab	3.40±0.872aA	4.80±0.583bA	- 0.308±0.082*	0.349±0.040*
12	9.20±0.200ab	2.80±0.583aB	6.40±0.678abA	- 0.366±0.085*	0.285±0.052*
16	10.80±1.241a	3.40±0.678aB	7.40±0.812abA	- 0.311±0.073*	0.220±0.034*
20	11.40±1.327a	3.80±0.663aB	7.60±0.678aA	- 0.217±0.035*	0.208±0.074*

在蠋蝽对 2 种猎物的选择性捕食试验中，将数量相同的 2 种猎物的 3 龄幼虫置于同一空间，建立“单种捕食者-多种猎物”的作用系统。试验结果显示，不同虫态蠋蝽在斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫共存时，对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量显著大于对棉铃虫幼虫的日捕食量，蠋蝽 3-5 龄若虫和成虫均对斜纹夜蛾幼虫表现出正喜好性，对棉铃虫幼虫表现出负喜好性。苏湘宁等（2016）研究也发现，相对于烟青虫 3 龄幼虫和烟蚜若蚜，红彩真猎蝽对斜纹夜蛾 3 龄幼虫也具有显著的偏好性。这可能与猎物的防御能力有关，试验过程中发现，棉铃虫幼虫受到蠋蝽攻击时会扭动身体，并迅速爬动逃离，对天敌的防御能力高于斜纹夜蛾幼虫。还可能与猎物体表结构有关，观察发现斜纹夜蛾幼虫体表光滑，而棉铃虫幼虫体表覆有刚毛，这可能增加蠋蝽攻击取食猎物的难度。因此推测，当 2 种害虫同时发生时，蠋蝽对斜纹夜蛾的防治效果可能比对棉铃虫的

更好，但该推测还有待进一步的田间试验进行验证。Barraquand 等（2015）研究发现，当 2 种猎物共存时，捕食者更倾向于捕食以往捕食过的猎物种类；Su 等（2019）研究发现，当长期饲喂天敌一种猎物，天敌对另一种猎物的捕食能力会暂时降低，但经过再适应后可以恢复。因此，当田间棉铃虫和斜纹夜蛾同时爆发时，为提高蠋蝽对棉铃虫的捕食能力，可在释放蠋蝽进行防治之前连续饲喂其棉铃虫幼虫。

猎物范围广的天敌对猎物具有的捕食选择性是长期自然选择的结果，可能受到猎物获取难度、营养品质以及密度等因素的影响（Eubanks and Denno，2000）。在探究斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫密度变化对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响试验中，发现无论斜纹夜蛾密度大于棉铃虫幼虫或小于棉铃虫幼虫，蠋蝽成虫均对斜纹夜蛾幼虫表现出正喜好性，对棉铃虫幼虫表现出负喜好性；除斜纹夜蛾幼虫密度较小时外，在其它情况下蠋蝽成虫对斜纹夜蛾幼虫的日捕食量均显著大于对棉铃虫幼虫的日捕食量。同样，在双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* 捕食烟粉虱 *Bemisia tabaci* 和土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestani* 的试验中，除叶螨卵和烟粉虱 1 龄若虫密度相同时天敌对 2 种猎物的选择指数无差异外，在其它各密度下，天敌对土耳其斯坦叶螨的捕食选择性均显著高于烟粉虱（韩国栋等，2020）。但在微小花蝽捕食烟粉虱、桃蚜 *Myzus persicae*、西花蓟马和朱砂叶螨的试验中，微小花蝽初孵若虫对朱砂叶螨成螨和西花蓟马 2 龄若虫表现出正喜好性，而该天敌新羽化雌成虫和刚蜕皮后的 5 龄若虫则对桃蚜低龄若虫和西花蓟马 2 龄若虫表现出正喜好性，即天敌的不同虫态对相同的猎物表现出的选择性可能有所不同（宋苞雪等，2018）。本试验仅探究了 2 种猎物密度对蠋蝽成虫捕食量和捕食选择性的影响，猎物密度对其它虫态的蠋蝽捕食作用的影响还有待进一步研究。

以天敌昆虫来防治害虫是一种绿色、安全的防控技术，而利用绿色、安全的防控技术在保障烟叶产量的同时，还可以增加中上等烟的比例，提高烟叶品质安全，值得推广应用（周孚美等，2018）。蠋蝽作为一种具有开发应用潜力的捕食性天敌，本研究在室内探究了蠋蝽对 2 种常见烟田害虫斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫的捕食能力与捕食选择性，明确了当斜纹夜蛾和棉铃虫幼虫单独存在时，蠋蝽对棉铃虫幼虫的捕食能力更高，但两者共存时，蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食量和捕食选择性更高。然而，在昆虫种类丰富的田间，蠋蝽是否对斜纹夜蛾幼虫的捕食选择性最大，还有待进一步的试验验证。并且，关于蠋蝽对斜纹夜蛾 3 龄幼虫和棉铃虫 3 龄幼虫的选择性机制还未明确，值得进一步深入研究和探讨。

参考文献 (References)

Barraquand F, New LF, Redpath S, Matthiopoulos J, 2015. Indirect effects of primary prey population dynamics on alternative prey. *Theoretical Population Biology*, 103: 44−59.

Eubanks MD, Denno RF, 2000. Health food versus fast food: The effects of prey quality and mobility on prey selection by a generalist predator and indirect interactions among prey species. *Ecological Entomology*, 25(2): 140−146.

Fan CP, Chen EF, Yue JM, Yin W, Li XQ, Zuo R, Zuo LS, 2018. Occurrence regularity and sexual attraction effect of *Spodoptera litura* in field in central Guizhou. *Guizhou Agricultural Sciences*, 46(9): 67−70. [范成平, 陈恩发, 乐俊明, 尹旺, 李熙全, 左锐, 左丽诗, 2018. 黔中地区烟草斜纹夜蛾发生规律及田间性诱效果. 贵州农业科学, 46(9): 67−70.]

Gao Z, Wang XW, Zhang LX, Sun Y, Fan JS, Fu X, Jin N, Wang GQ, 2012. Study on artificial breeding technology and releasing in field of *Arma chinensis* Fallou. *Journal of Engineering of Heilongjiang University*, 3(1): 65−73. [高卓, 王晳玮, 张李香, 孙元, 范锦胜, 付雪, 金娜, 王贵强, 2012. 蠋蝽人工繁殖技术及田间释放控制研究. 黑龙江大学工程学报, 3(1): 65−73.]

Han GD, Tang SQ, Su J, Chen J, Zhang JP, 2020. Prey preference of the predatory mite *Neoseiulus bicaudus* Wainstein (Phytoseiidae) on *Bemisia tabaci* and *Tetranychus turkestani*. *Chinese Journal of Biological Control*, 36(3): 347−352. [韩国栋, 唐思琼, 苏杰, 陈静, 张建萍, 2020. 双尾新小绥螨对烟粉虱和土耳其斯坦叶螨的捕食选择性. 中国生物防治学报, 36(3): 347−352.]

Huang ZH, Zhao JL, Cui YH, Yang HL, Zhou WB, Ji SG, Zhang LM, 2019. Investigation of pests and natural enemies in tabacco-planting field in Yuxi city, Yunnan province. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 32(5): 1067−1073. [黄智华, 赵进龙, 崔永和, 杨海林, 周文兵, 计思贵, 张立猛, 2019. 云

南玉溪烟田害虫及天敌资源调查分析研究. 西南农业学报, 32(5): 1067−1073.]

Liu FX, Jiao YC, Deng YD, Zhao JZ, Peng Y, 2007. Selective predation of *Hylyphantes graminicola*, *Chrysopa pallens*, *Chrysoperla sinica* to *Ectropis obliqua* and *Empoesca flavescens*. *Sichuan Journal of Zoology*, 26(3): 497−500. [刘凤想, 焦彦成, 邓艳东, 赵敬钊, 彭宇, 2007. 草间钻头蛛、大草蛉和中华通草蛉对茶尺蠖、小绿叶蝉的选择效应. 四川动物, 26(3): 497−500.]

Liu J, Zhou Y, Zhu H, Ma HH, Deng XL, Zhou XM, Bai LY, 2016. Monitoring of insecticide resistance in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) and the effect of indoxacarb on its detoxification enzymes. *Acta Entomologica Sinica*, 59(11): 1254−1262. [刘佳, 周勇, 朱航, 马海昊, 邓希乐, 周小毛, 柏连阳, 2016. 斜纹夜蛾抗药性监测及茚虫威对其解毒代谢酶的影响. 昆虫学报, 59(11): 1254−1262.]

Lü NN, Liang P, Gao XW, 2020. Status of the resistance of agricultural insect pests to indoxacarb and management strategy. *Journal of Plant Protection*, 47(6): 1188−1201. [吕楠楠, 梁沛, 高希武, 2020. 主要农业害虫对茚虫威的抗性现状及其治理策略. 植物保护学报, 47(6): 1188−1201.]

Qin HG, Wang DD, Ding J, Huang RH, Ye ZX, 2006. Host plants of *Spodoptera litura*. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 18(5): 51−58. [秦厚国, 汪笃栋, 丁建, 黄荣华, 叶正襄, 2006. 斜纹夜蛾寄主植物名录. 江西农业学报, 18(5): 51−58.]

Shu FJ, Bai JS, Yu JH, Song ZJ, Zhang QZ, 2020. A preliminary study on the control of *Spodoptera litura* by *Arma chinensis* in tobacco fields. *The Farmers Consultant*, (21): 59−60. [舒芳靖, 白建淞, 余继红, 宋泽军, 张庆珠, 2020. 田间释放蠋蝽防治斜纹夜蛾初勘. 农家参谋, (21): 59−60.]

Song BX, Yang QF, Li Q, Jiang CX, Wang XG, Wang HJ, 2018. Prey preferences of *Orius munutus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(1): 112−116. [宋苞雪, 杨群芳, 李庆, 蒋春先, 王学贵, 王海建, 2018. 微小花蝽对四种猎物的喜好性. 应用昆虫学报, 55(1): 112−116.]

Su J, Zhu AD, Han GD, Dong F, Chen J, Zhang JP, 2019. Re-adaptation from alternative prey to target prey increased predation of predator on target mite. *Systematic and Applied Acarology*, 24(3): 467−476.

Su XN, Deng HB, Cai QN, Zhang MX, 2016. Predation selectivity of *Harpactor fuscipes* for important pests in tobacco. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 32(26): 43−47. [苏湘宁, 邓海滨, 蔡青年, 张茂新, 2016. 红彩真猎蝽对烟草重要害虫捕食选择性研究. 中国农学通报, 32(26): 43−47.]

Sun GJ, Chen Y, Long W, Li ZJ, 2003. Experiments on control of *Prodenia litura*（Fabricius）with 5 kinds of chemicals. *Tobacco Science & Technology*, (5): 40−42. [孙光军, 陈尧, 龙文, 李忠俊, 2003. 5 种药剂对烟草斜纹夜蛾的防效试验. 烟草科技, (5): 40−42.]

Tang YT, Guo Y, He GW, Liu CX, Chen HY, Zhang LS, Wang MQ, 2018. Functional responses of *Picromerus lewisi* Scott (Hemiptera: Pentatomidae) attacking *Mythimna separata* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 34(6): 825−830. [唐艺婷, 郭义, 何国玮, 刘晨曦, 陈红印, 张礼生, 王孟卿, 2018. 不同龄期的益蝽对粘虫的捕食功能反应. 中国生物防治学报, 34(6): 825−830.]

Tang YT, Guo Y, Pan MZ, Mao JJ, Chen HY, Zhang LS, Wang MQ, 2020a. Predation of *Plutella xylostella* larva by *Arma chinensis*. *Plant Protection*, 46(4): 155−160. [唐艺婷, 郭义, 潘明真, 毛建军, 陈红印, 张礼生, 王孟卿, 2020a. 蠋蝽对小菜蛾幼虫的捕食作用. 植物保护, 46(4): 155−160.]

Tang YT, Li YY, Liu CX, Mao JJ, Chen HY, Zhang LS, Wang MQ, 2019. Predation and behavior of *Arma chinensis* to *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 45(4): 65−68. [唐艺婷, 李玉艳, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生, 王孟卿, 2019. 蠋蝽对草地贪夜蛾的捕食能力评价和捕食行为观察. 植物保护, 45(4): 65−68.]

Tang YT, Wang MQ, Li YY, Liu CX, Mao JJ, Chen HY, Zhang LS, 2020b. Predation of *Arma chinensis* on *Spodoptera litura* larvae. *Chinese Tobacco Science*, 41(1): 62−66. [唐艺婷, 王孟卿, 李玉艳, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生, 2020b. 蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食作用. 中国烟草科学, 41(1): 62−66.]

Tian J, Gao BJ, Ma JZ, Zhou GN, Jiang WH, 2007. Selective predation of *Sphedanolestes impressicollis* on preys. *Chinese Journal of Ecology*, 26(10): 1563−1568. [田静, 高宝嘉, 马建昭, 周国娜, 姜文虎, 2007. 环斑猛猎蝽对猎物的选择捕食作用. 生态学杂志, 26(10): 1563−1568.]

Wu HH, Huang MS, Lei CL, Wan P, 2016. The spatial-temporal distribution of *Spodoptera litura* in Chin. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 44(9): 142−144. [武怀恒, 黄民松, 雷朝亮, 万鹏, 2016. 斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)在我国的时空分布概述. 安徽农业科学, 44(9): 142−144.]

Zhang S, Wu MF, Gu SH, Li XC, 2019. Oviposition preference of female adults of *Helicoverpa armigera* to 16 host plants and larval performance. *Plant Protection*, 45(2): 108−113. [张岫, 吴明峰, 谷少华, 李显春, 2019. 棉铃虫雌成虫对 16 种植物的产卵偏好性及幼虫取食后的生存表现. 植物保护, 45(2): 108−113.]

Zhang S, 2021. Monitoring results and recommendations for scientific drug use of agricultural pests in 2020. *China Plant Protection*, 41(2): 71−78. [张帅, 2021. 2020 年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议. 中国植保导刊, 41(2):

71−78.]

Zhou FM, Gu YS, Shan XH, Liu GH, Lei CX, Tao XJ, Chen XH, 2018. Prevention and control technology research of Lepidoptera pest in tobacco fields. *Hunan Agricultural Sciences*, (9): 73−77. [周孚美, 谷云松, 单雪华, 刘功华, 雷茶香, 陶新纪, 陈小虎, 2018. 烟田鳞翅目害虫绿色防控技术研究. 湖南农业科学, (9): 73−77.]

Zhou JZ, Chen CM, 1987. Quantitative measurement of selectivity of predator for prey. *Acta Ecologica Sinica*, 7(1): 50−56. [周集中, 陈常铭, 1987. 捕食者对猎物选择性的数量测定方法. 生态学报, 7(1): 50−56.]

Zou DY, Wang MQ, Zhang LS, Zhang Y, Zhang XJ, Chen HY, 2012. Taxonomic and bionomic notes on *Arma chinensis* (Fallou) (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae). *Zootaxa*, 3328: 41−52.

Zou DY, Wu HH, Coudron TA, Zhang LS, Wang MQ, Liu CX, Chen HY, 2013. A meridic diet for continuous rearing of *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae). *Biological Control*, 67(3): 491−497.

****

封面介绍

悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* (Say)

悬铃木方翅网蝽是半翅目（Hemiptera）网蝽科（Tingidae）昆虫，原产北美洲，20 世纪 60 年代开始分别入侵欧洲，目前在欧洲、南美洲、澳洲和亚洲都有该虫危害，也是我国的重要入侵害虫。悬铃木方翅网蝽以成虫和若虫刺吸悬铃木（*Platanus* spp.）的叶片吸食汁液，致使叶片褪色，严重时叶片枯黄或提前脱落，影响光合作用导致树木生长衰弱并影响景观效果。本期封面照片于 2015 年 9 月 30 日拍摄于北京市朝阳区中国科学院奥运园区。

（张润志，中国科学院动物研究所）