

大红犀猎蝽对草地贪夜蛾3龄幼虫捕食功能反应

侯峥嵘¹ 孙贝贝¹ 刘先建² 尹哲^{1*} 李金萍¹ 郭喜红¹

(1. 北京市植物保护站, 北京 100029; 2. 贵州卓豪农业科技股份有限公司, 遵义 563100)

摘要:为探明天敌昆虫大红犀猎蝽 *Sycanus falleni* 对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 幼虫的捕食潜力,在室内条件下测定大红犀猎蝽3龄若虫和成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食功能反应、搜寻效应,以及不同自身密度对捕食草地贪夜蛾的干扰反应。结果表明:大红犀猎蝽3龄若虫和成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食功能反应符合Holling II模型;其中大红犀猎蝽3龄若虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理时间分别为4.049头、1.198和0.247 d;大红犀猎蝽雌成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理时间分别为47.619头、0.717和0.021 d;大红犀猎蝽雄成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理时间分别为43.478头、0.650和0.023 d;大红犀猎蝽的捕食量与害虫密度正相关,搜寻效应与害虫密度负相关。大红犀猎蝽自身密度对捕食作用的干扰效应符合Hassell模型,对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食作用率随自身密度的增加而降低。表明大红犀猎蝽3龄若虫和成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫均有一定的捕食能力,大红犀猎蝽成虫的捕食作用大于3龄若虫。

关键词:大红犀猎蝽;草地贪夜蛾;捕食功能反应;搜寻效应;干扰反应

Predatory functional response of assassin bug *Sycanus falleni* to the larvae of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*

HOU Zhengrong¹ SUN Beibei¹ LIU Xianjian² YIN Zhe^{1*} LI Jinping¹ GUO Xihong¹

(1. Beijing Station of Plant Protection, Beijing 100029, China; 2. Guizhou Zhuohao Agricultural Technology Co., Ltd., Zunyi 563100, Guizhou Province, China)

Abstract: In order to ascertain the potential predation capacity of the natural enemy *Sycanus falleni* on the larvae of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, the predatory functional response, searching efficiency and mutual interference effect of the 3rd-instar nymphs and adults of *S. falleni* on the 3rd-instar larvae of *S. frugiperda* were studied in the laboratory. The results showed that the functional responses of *S. falleni* 3rd-instar nymphs and adults to the 3rd-instar larvae of *S. frugiperda* fitted well with Holling II model. Daily maximum predation, instantaneous attack rate and handling time of the 3rd-instar nymphs of *S. falleni* to the 3rd-instar larvae of *S. frugiperda* were 4.049 individuals, 1.198 and 0.247 d, respectively. Daily maximum predation, instantaneous attack rate and handling time of the female adults of *S. falleni* to the 3rd-instar larvae of *S. frugiperda* were 47.619 individuals, 0.717 and 0.021 d, respectively. Daily maximum predation, instantaneous attack rate and handling time of the male adults of *S. falleni* to the 3rd-instar larvae of *S. frugiperda* were 43.478 individuals, 0.650 and 0.023 d, respectively. The predation quantity of *S. falleni* was positively correlated with its prey density, while the searching efficiency was negatively correlated with its prey density. The mutual interference effect of its own density on predation ratio on the 3rd-instar larvae of *S. frugiperda* decreased with increasing density of the predator. The results indicated that *S. falleni* could partly control *S. frugiperda*, and the predation

基金项目:北京市农业农村局农业科技项目(20200119)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: yinzhe1216@163.com

收稿日期: 2020-04-29

efficiency of adult was greater than that of the larvae.

Key words: *Sycanus falleni*; *Spodoptera frugiperda*; predation functional response; searching efficiency; mutual interference

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 属鳞翅目夜蛾科,原产于美洲热带区和亚热带区,是联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)全球预警的重大农业害虫(唐艺婷等,2019a)。自2019年1月入侵我国后迅速蔓延,目前已在26省(自治区)的1 518多个县(市、区)发生(王燕等,2020),严重为害玉米、高粱、甘蔗等农作物,对我国粮食生产和农业发展构成巨大威胁。由于该虫极强的适生能力及我国的地理环境、作物种类等因素,在虫情长期持续侵入和大范围发生情况下应采用长期防控策略。目前,该虫已对有机磷类、氨基甲酸酯类和菊酯类等多种传统化学药剂产生抗性,且抗药种类和水平还在不断增加(杨普云和常雪艳,2019)。为减少化学防治带来的抗药性和环境污染问题,生物防治仍然是草地贪夜蛾不可或缺的防控手段之一,通过天敌昆虫以虫治虫是控制草地贪夜蛾有效可行的生物防控措施。

自草地贪夜蛾入侵我国以来,国内研究者在捕食性天敌调查、捕食功能反应与应用方面开展了诸多研究工作(陈万斌等,2019)。昆虫的功能反应是指每头捕食者在一定时间内的捕食量对猎物密度变化的反应,两者之间的关系通常用Holling圆盘方程描述(吴坤君等,2004),通过此方程可估算出天敌对猎物的最大捕食量,从而反应捕食者对猎物的捕食能力。孔琳等(2019)研究结果表明七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 对草地贪夜蛾1龄和2龄幼虫的日最大捕食量可达233.100头和41.220头;徐庆宣等(2019)发现大草蛉 *Chrysopa pallens* 成虫对草地贪夜蛾卵和低龄幼虫的理论日最大捕食量分别为1 115.56头和358头,应用潜力很大。对于捕食性天敌的重要类群——捕食性蝽,唐璞等(2019)研究发现捕食性蝽占目前已发现的草地贪夜蛾捕食性天敌昆虫总数的41%,包括蝽科 Pentatomidae、猎蝽科 Reduviidae、长蝽科 Lygaeidae、花蝽科 Anthrenidae、姬蝽科 Nabidae 共19类。国内研究者选用益蝽 *Picromerus lewisi* 和东亚小花蝽 *Orius sauteri* 在云南省草地贪夜蛾发生区进行初步试验,发现这些捕食性蝽的捕食作用明显(唐艺婷等,2019b)。王亚楠等(2019)研究了黄带犀猎蝽 *Sycanus croceovittatus* 4龄和5龄若虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食能力,其日最大捕

食量分别为3.906头和3.831头,表明黄带犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫具有一定的防控潜力。

大红犀猎蝽 *Sycanus falleni* 属猎蝽科 Reduviidae 犀猎蝽属 *Sycanus* Amyot et Serville,为不完全变态昆虫,分为卵、若虫和成虫3个虫态,若虫共5个龄期,分布于我国广西、广东、云南等省区(萧采瑜等,1981)。猎蝽科昆虫是农林业中一类重要的捕食性天敌,能捕食很多重要的农林害虫,世界上已被研究的136种猎蝽中,至少有26种猎蝽捕食棉铃虫 *Helicoverpa armigera*,10种猎蝽捕食棉红铃虫 *Pectinophora gossypiella*,17种猎蝽捕食斜纹夜蛾 *S. litura* (黄霞,2007)。同时,一种猎蝽能捕食多种害虫,笔者在室内饲喂大红犀猎蝽时发现,其均可捕食小菜蛾 *Plutella xylostella*、斜纹夜蛾、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*、菜青虫 *Pieris rapae* 等鳞翅目昆虫幼虫,也可捕食鞘翅目昆虫、双翅目昆虫、蚊、苍蝇等。大红犀猎蝽与黄带犀猎蝽同属犀猎蝽属,生活习性相似(黄增和等,1991),分布区域相同,而目前关于大红犀猎蝽对草地贪夜蛾的捕食能力未有报道。因此,本研究在室内进行大红犀猎蝽3龄若虫和成虫对不同密度草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食试验,明确大红犀猎蝽对草地贪夜蛾的捕食能力,以期利用大红犀猎蝽在田间防治草地贪夜蛾提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试昆虫及植物:2019年7月在贵州省遵义市播州区玉米田中采集草地贪夜蛾卵,在贵州卓豪农业科技有限公司实验室内孵化所得3龄幼虫作为试虫;大红犀猎蝽由中国农业大学有机农业技术研究中心提供种虫,饲喂替代猎物为鞘翅目幼虫,在室内连续饲养的第3代雌雄成虫和3龄若虫备用。供试昆虫的饲养条件均为温度25±1℃、相对湿度(70±5)%、光周期16 L:8 D。新鲜玉米叶采集自草地贪夜蛾卵同块田地,于0~5℃下冷藏保鲜。

试剂及仪器:直径110 mm、高100 mm的透明塑料盒,盒口用150目尼龙网纱扎封,自制成有特定空间的试验容器。SC-288D冷藏箱,海尔公司;RXZ-1000人工气候箱,宁波江南仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 大红犀猎蝽的捕食功能反应和搜寻效应

各选取羽化5 d未交配的大红犀猎蝽雌、雄成虫和大红犀猎蝽3龄若虫,分别单头置于塑料盒内饥饿24 h,期间仅放入脱脂棉为大红犀猎蝽提供水分。24 h后放入不同密度的草地贪夜蛾3龄幼虫,对大红犀猎蝽雌、雄成虫设置草地贪夜蛾3龄幼虫密度为10、15、20、25、30、35头/盒;对大红犀猎蝽3龄若虫设置密度为3、6、9、12、15头/盒。按设计的密度将草地贪夜蛾3龄幼虫接在新鲜玉米叶上,供草地贪夜蛾幼虫取食,然后将带虫玉米叶放入有大红犀猎蝽的塑料盒中,观察捕食者的攻击行为、取食特点,每次连续观察2 h,间隔0.5 h,共观察4次;每个盒子为1个重复,每个处理10个重复,24 h后统计草地贪夜蛾死亡数量,计算大红犀猎蝽的捕食量以及捕食率,捕食率=被捕食的猎物数/猎物密度 $\times 100\%$ 。

捕食功能反应是指单头大红犀猎蝽在单位时间(24 h)内在给定的不同猎物密度下所能捕食的猎物数量。大红犀猎蝽的捕食功能反应按Holling圆盘方程拟合, $N_a = aNT_i / (1 + aT_i N)$,式中, N_a 为被捕食的猎物数, a 为瞬时攻击率, T_i 为总的试验时间($T_i = 1$ d), N 为猎物密度, T_h 为处理1头猎物所用的时间。 a/T_h 为天敌对猎物捕食效能的综合指标,其大小反应天敌的捕食能力。

Holling认为捕食者的搜寻效应依赖于猎物的种群密度,它随着猎物种群密度的增加而降低。通过拟合Holling II型功能反应模型得到的参数(赵英杰等,2020),估算大红犀猎蝽3龄若虫和成虫对草地贪夜蛾幼虫的寻找效应 S , $S = a / (1 + aT_h N)$ 。

捕食功能反应和搜寻效应试验均在温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度 $(70 \pm 5)\%$ 、光周期16 L:8 D的人工气候箱中进行。

1.2.2 干扰反应对大红犀猎蝽捕食草地贪夜蛾的影响

饥饿24 h的大红犀猎蝽雌、雄成虫分成每组1、

2、3、4、5头,每组成虫置于1个透明塑料盒,然后分别放入草地贪夜蛾3龄幼虫50头,盒内同时放置新鲜玉米叶供草地贪夜蛾幼虫取食。每处理重复5次,24 h后观察统计每组草地贪夜蛾死亡数量,计算大红犀猎蝽的捕食效果。大红犀猎蝽自身密度干扰反应按Hassell模型方程拟合, $E = QP^m$,式中, Q 为搜寻常数; P 为捕食者的密度; m 为干扰常数; E 为捕食作用率。试验中各 E 值可以通过方程 $E = N_e / NP$ 计算得出, N_e 为捕食的猎物总数,然后再用方程 $E = QP^m$ 进行模拟,估计出参数 m 和 Q (陈然等,2015)。

干扰反应试验均在温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度 $(70 \pm 5)\%$ 、光周期16 L:8 D的人工气候箱中进行。

1.3 数据分析

利用Excel 2017对试验数据进行统计分析,使用SPSS 19.0拟合方程,采用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 大红犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食行为观察

大红犀猎蝽成虫和若虫单独在饥饿情况下搜寻到草地贪夜蛾幼虫,试探几次后,会迅速用口器刺入草地贪夜蛾Y型蜕裂线或颈部将其麻醉,待其挣扎不动后再进行取食。

大红犀猎蝽成虫和若虫在取食过程中会改变取食部位,在头部蜕裂线、颈部和腹部末端体节轮换刺入,将草地贪夜蛾体液吸食殆尽,只留下干瘪的表皮。大红犀猎蝽对草地贪夜蛾有拖拽行为,尤其成虫在2头以上的情况下会将草地贪夜蛾拖拽至隐蔽处独自取食,拒绝共食。而2头以上的大红犀猎蝽若虫会在捕食过程中合作,并共食。大红犀猎蝽成虫取食时间为20~40 min,可连续取食多头猎物,也可休息后再行取食下一头,休息时间不定。3龄若虫单头取食时间为30~50 min,捕食间隙多数需要休息(图1)。



a、b、c分别为1头大红犀猎蝽3龄若虫、大红犀猎蝽雌成虫和3头大红犀猎蝽3龄若虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的取食情况。a、b、c represent characteristics of 3rd instar nymph, female adult and three 3rd instar nymphs of *Sycanus falleni* feeding on *S. frugiperda* 3rd instar larvae, respectively.

图1 大红犀猎蝽对草地贪夜蛾3龄幼虫的取食特点

Fig. 1 Characteristics of *Sycanus falleni* feeding on *Spodoptera frugiperda* 3rd instar larvae

2.2 大红犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食效果

大红犀猎蝽3龄若虫和成虫均可以捕食草地贪夜蛾3龄幼虫,在试验设置的猎物密度梯度范围内,随着草地贪夜蛾幼虫密度增加,大红犀猎蝽3龄若虫和成虫的日捕食量不断增加,但捕食量的增幅逐渐减缓。当猎物密度增加到6~15头/盒之后,大红犀猎蝽3龄若虫捕食量趋于稳定,捕食率开始低于50%,为22.857%~37.500%。不同草地贪夜蛾3龄幼

虫密度下,大红犀猎蝽3龄若虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食量之间均无显著差异(表1)。对于大红犀猎蝽雌成虫和雄成虫来说,当猎物密度增加到35头/盒时,猎物的被捕食率均开始低于50%,分别为39.049%和33.333%;大红犀猎蝽雌成虫和雄成虫对密度为20、25、30、35头/盒的草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食量之间无显著差异,但均显著高于密度为10头/盒与15头/盒的捕食量(表2)。

表1 大红犀猎蝽3龄若虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食效果

Table 1 The efficiency of the 3rd-instar larvae of *Spodoptera frugiperda* consumed by the 3rd-instar nymph of *Sycanus falleni*

捕食指标 Prey on indicator	草地贪夜蛾幼虫密度/(头/盒) Densities of the 3rd-instar larvae of <i>S. frugiperda</i>				
	3	6	9	12	15
捕食量 Predation amount/(头/d)	2.125±0.297 a	2.250±0.313 a	3.000±0.598 a	3.125±0.611 a	3.429±0.517 a
捕食率 Predation rate/%	70.833	37.500	33.333	26.042	22.857

表中数据为平均数±标准误。同行不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters on the same line indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

表2 大红犀猎蝽成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食效果

Table 2 The efficiency of the 3rd-instar larvae of *Spodoptera frugiperda* consumed by the *Sycanus falleni* adults

捕食指标 Prey on indicators	草地贪夜蛾幼虫密度/(头/盒) Densities of the 3rd-instar larvae of <i>S. frugiperda</i>					
	10	15	20	25	30	35
雌成虫捕食量/(头/d) Predation amount of female adult	4.500±1.335 b	7.167±0.703 b	12.333±1.229 a	15.167±1.990 a	16.833±2.197 a	13.667±1.498 a
雌成虫捕食率 Predation rate of female adult/%	45.000	47.780	61.665	60.668	56.110	39.049
雄成虫捕食量(头/d) Predation amount of male adult	2.833±0.601 b	6.833±0.946 b	11.167±1.352 a	15.000±2.251 a	15.167±1.352 a	11.667±1.667 a
雄成虫捕食率 Predation rate of male adult/%	28.330	45.553	55.835	60.000	50.557	33.334

表中数据为平均数±标准误。同行不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different letters on the same line indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.3 大红犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应

大红犀猎蝽3龄若虫和成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食功能反应均符合 Holling II 模型。其中,大红犀猎蝽3龄若虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理时间分别为4.049头、1.198和0.247 d;大红犀猎蝽雌成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理时间分别为47.619头、0.717和0.021 d;大红犀猎蝽雄成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理时间分别为43.478头、0.650和0.023 d。从反映天敌对猎物捕食效能的综合指标 a/T_h 值来看,大红犀猎蝽雌、雄成虫对草地贪夜蛾幼虫捕食能

力均大于3龄若虫,分别为34.143、28.261和4.850(表3)。

2.4 大红犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫的搜寻效应

大红犀猎蝽3龄若虫和成虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的搜寻效应与害虫密度呈负相关,搜寻效应随着草地贪夜蛾幼虫密度的增加而降低。当草地贪夜蛾3龄幼虫的试验密度为3、6、9、12和15头时,大红犀猎蝽3龄若虫的搜寻效应分别为0.635、0.432、0.327、0.263和0.220(图2-a)。当草地贪夜蛾3龄幼虫的试验密度为10、15、20、25、30、35头时,大红犀猎蝽雌成虫的搜寻效应分别为0.623、0.585、0.551、0.521、0.494和0.470;大红犀猎蝽雄成虫的搜寻效

应分别为 0.565、0.531、0.500、0.473、0.449 和 0.427 (图 2-b)。说明单位面积内随着猎物密度增加,大红犀猎蝽 3 龄若虫和成虫对猎物的搜寻难度降低,搜寻时间减少,搜寻效应也随之下降。

表 3 大红犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应参数
Table 3 Functional response parameters of *Sycanus falleni* prey on the larvae of *Spodoptera frugiperda*

捕食者虫态 Stage of Predator	捕食功能方程 Functional response equation	R^2	瞬时攻击率 a Instantaneous attack rate	处理时间 T_h Handling time/d	日最大捕食量 Maximum prey consumed daily	a/T_h
3 龄若虫 3rd instar nymph	$N_a=1.198N/(1+0.296N)$	0.858	1.198 ± 0.342	0.247 ± 0.028	4.049	4.850
雌成虫 Female adult	$N_a=0.717N/(1+0.015N)$	0.795	0.717 ± 0.282	0.021 ± 0.020	47.619	34.143
雄成虫 Male adult	$N_a=0.650N/(1+0.015N)$	0.705	0.650 ± 0.341	0.023 ± 0.030	43.478	28.261

表中数据为平均数±标准误。 N_a : 被捕食猎物数; N : 猎物密度。Data in the table are mean±SE. N_a : Predation number; N : density of prey.

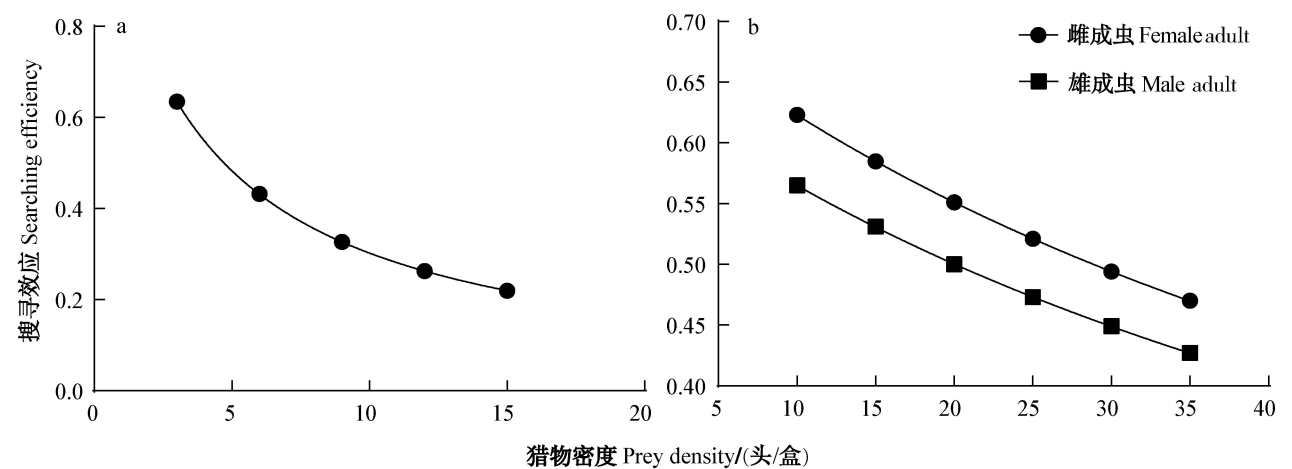


图 2 大红犀猎蝽 3 龄若虫(a)、成虫(b)对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的搜寻效应
Fig. 2 The searching efficiency of *Sycanus falleni* ages 3rd-nymph (a) and adult (b) to 3rd-instar nymph of *Spodoptera frugiperda*

2.5 自身密度对捕食草地贪夜蛾的干扰反应

在一定空间和草地贪夜蛾密度固定的情况下,随着大红犀猎蝽自身密度增加,个体间的相互干扰增强,雌成虫和雄成虫的日捕食量均逐渐下降(表 4),捕食作用率随着天敌密度的增加而逐渐降低(图 3)。将捕食作用率与天敌密度用 Hassell 方程进行拟合,结果显示,大红犀猎蝽雌成虫在捕食

草地贪夜蛾过程中的自我干扰反应方程为 $E=0.209P^{-0.097}$ ($R^2=0.909$);大红犀猎蝽雄成虫在捕食草地贪夜蛾过程中的自我干扰反应方程为 $E=0.225P^{-0.172}$ ($R^2=0.949$,图 3)。表明捕食作用率与捕食者密度显著相关,Hassell 模型可以用来描述大红犀猎蝽捕食草地贪夜蛾过程中的自身密度干扰情况。

表 4 大红犀猎蝽成虫对草地贪夜蛾幼虫的日捕食量
Table 4 The daily preying capacity of *Sycanus falleni* to the larvae of *Spodoptera frugiperda*

捕食者虫态 Stage of predator	猎物密度/(头/盒) Prey density	天敌密度/(头/盒) Predator density				
		1	2	3	4	5
雌成虫 Female adult	50	10.333	9.835	9.667	9.167	8.733
雄成虫 Male adult	50	11.333	9.667	9.667	8.833	8.467

3 讨论

本研究结果表明,大红犀猎蝽在取食草地贪夜蛾幼虫时多数会将猎物取食完全,成虫喜单独捕食、取食,3 龄若虫会合作捕食和共食猎物,大红犀猎蝽成虫与 3 龄若虫对草地贪夜蛾的捕食行为表现为搜

寻、攻击、取食,这一过程与其它捕食性蝽如益蝽和黄带犀猎蝽的捕食行为类似(王燕等,2020;王亚楠,2020)。大红犀猎蝽雌、雄成虫日最大捕食量分别为 47.619 头和 43.478 头,低于益蝽雌、雄成虫的日最大捕食量(王燕等,2019b);但远高于黄带犀猎蝽 4、5 龄

若虫和黑刺益蝽 *P. nigrispinus* 雌成虫的日最大捕食量(分别为3.906头、3.831头和3.000~4.000头),对于草地贪夜蛾的控制潜力很大。大红犀猎蝽3龄若虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量为4.049头,与黄带犀猎蝽4龄若虫和黑刺益蝽雌成虫相当(唐艺婷等,2019a;王亚楠等,2019)。本试验受试虫数量及龄期限制,未能获得大红犀猎蝽成虫、若虫对草地贪夜蛾不同虫态的全部捕食数据。但室内试验发现,大红犀猎蝽2~5龄若虫均可捕食草地贪夜蛾各龄期幼虫,且在捕食过程中,大红犀猎蝽若虫常合作捕食,捕食效率较高。

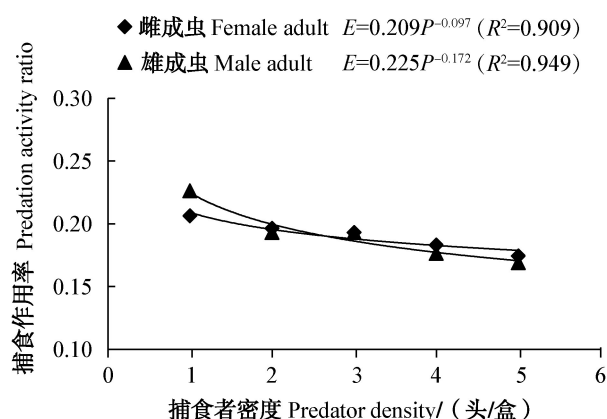


图3 干扰作用对大红犀猎蝽成虫捕食效应的影响

Fig.3 The affection of interference effect to *Sycanus falleni* adult's predation

搜寻效应是捕食者在捕食过程中对寄主攻击的一种行为效应,通常情况下,随着猎物密度增加,捕食者的搜寻效应会降低(唐艺婷等,2020)。本研究也证明这一点,随着草地贪夜蛾密度增大,大红犀猎蝽成虫和3龄若虫的搜寻效应逐渐降低,相同猎物密度下,大红犀猎蝽雌成虫的搜寻能力强于雄成虫和3龄若虫。

本试验结果显示,大红犀猎蝽成虫和3龄若虫对草地贪夜蛾的捕食量随着自身密度的增加而降低。利用 Hassell 模型能较好地反映大红犀猎蝽自身密度的干扰效应。雌成虫的干扰系数小于雄成虫,说明雌成虫更倾向于单独捕食,这也与试验当中对雌、雄成虫和3龄若虫捕食情形的观察结果一致。干扰反应和捕食能力的试验结果可为田间利用大红犀猎蝽控制草地贪夜蛾提供理论参考。

猎蝽科昆虫主要捕食鳞翅目各龄期的幼虫、也能刺吸鳞翅目成虫,对农林业中的害虫有着很强的制约能力(黄霞,2007)。大红犀猎蝽能够捕食斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、菜青虫、小菜蛾等鳞翅目害虫的幼

虫,还可捕食鞘翅目昆虫幼虫和成虫,以及苍蝇、蕈蚊等双翅目昆虫。较广的取食范围使大红犀猎蝽在复杂的野外生态环境中具有更强的存活能力,进而可以持续有效地制约目标害虫。但是在开放条件下,天敌对害虫的捕食效果与周围环境、寄主植物、其它生物等因素均有关联,本试验在室内条件下完成,干扰因素较少,因此还需要在完善室内研究的基础上,通过释放不同龄期、不同益害比的大红犀猎蝽,探究其在田间条件下对草地贪夜蛾的实际控制能力。

参考文献 (References)

- CHEN R, LIANG GW, ZHANG ZY, ZENG R, XIAN JD. 2015. The functional response of *Cahtheconidea furcellata* (Hemiptera: Asopinae) to *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Environmental Entomology, 37(2): 401-406 (in Chinese) [陈然, 梁广文, 张拯研, 曾嵘, 洗继东. 2015. 叉角厉蝽对斜纹夜蛾的捕食功能反应. 环境昆虫学报, 37(2): 401-406]
- CHEN WB, LI YY, WANG MQ, LIU CX, MAO JJ, CHEN HY, ZHANG LS. 2019. Natural enemy insect resources of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, their application status, and existing problems and suggestions. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 658-673 (in Chinese) [陈万斌, 李玉艳, 王孟卿, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生. 2019. 草地贪夜蛾的天敌昆虫资源、应用现状及存在的问题与建议. 中国生物防治学报, 35(5): 658-673]
- HSIAO TY, REN SZ, ZHENG LY, JING XL, ZOU HG, LIU SL. 1981. Handbook for the identification of Chinese stink bugs. Beijing: Science Press, pp. 519-520 (in Chinese) [萧采瑜, 任树芝, 郑乐怡, 经希立, 邹环光, 刘胜利. 1981. 中国蝽类昆虫鉴定手册(半翅目异翅亚目). 北京: 科学出版社, pp. 519-520]
- HUANG X. 2007. Reduviidae insect taxonomic study of Guangxi Province. Master Thesis. Guilin: Guangxi Normal University (in Chinese) [黄霞. 2007. 广西猎蝽科昆虫分类研究. 硕士学位论文. 桂林: 广西师范大学]
- HUANG ZH, WU JF, ZHANG ZQ. 1991. A preliminary study on the bionomics and application of *Sycanus croceovittatus* (Hemiptera, Reduviidae). Forest Research, 4(1): 57-64 (in Chinese) [黄增和, 伍建芬, 张宗强. 1991. 黄带犀猎蝽的生物学及应用研究. 林业科学研究, 4(1): 57-64]
- KONG L, LI YY, WANG MQ, LIU CX, MAO JJ, CHEN HY, ZHANG LS. 2019. Predation of *Hippodamia variegata* and *Harmonia axyridis* to young larvae of *Spodoptera frugiperda*. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 709-714 (in Chinese) [孔琳, 李玉艳, 王孟卿, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生. 2019. 多异瓢虫和异色瓢虫对草地贪夜蛾低龄幼虫的捕食能力评价. 中国生物防治学报, 35(5): 709-714]
- TANG P, WANG ZZ, WU Q, LIU YQ, SHI M, HUANG JH, CHEN XX. 2019. The natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and their application in biological control programs.

- Chinese Journal of Applied Entomology, 56(3): 370–381 (in Chinese) [唐璞, 王知知, 吴琼, 刘银泉, 时敏, 黄健华, 陈学新. 2019. 草地贪夜蛾的天敌资源及其生物防治中的应用. 应用昆虫学报, 56(3): 370–381]
- TANG YT, WANG MQ, CHEN HY, WANG Y, ZHANG HM, CHEN FS, ZHAO XQ, ZHANG LS. 2019b. Predatory capacity and behavior of *Picromerus lewisi* Scott against *Spodoptera frugiperda* higher instar larvae. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 698–703 (in Chinese) [唐艺婷, 王孟卿, 陈红印, 王燕, 张红梅, 陈福寿, 赵雪晴, 张礼生. 2019b. 益蝽对草地贪夜蛾高龄幼虫的捕食能力评价和捕食行为观察. 中国生物防治学报, 35(5): 698–703]
- TANG YT, WANG MQ, LI YY, LIU CX, MAO JJ, CHEN HY, ZHANG LS. 2019a. Research advances of predatory bugs to *Spodoptera frugiperda*. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 682–690 (in Chinese) [唐艺婷, 王孟卿, 李玉艳, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生. 2019a. 捕食性蝽防治草地贪夜蛾的研究进展. 中国生物防治学报, 35(5): 682–690]
- TANG YT, WANG MQ, LI YY, LIU CX, MAO JJ, CHEN HY, ZHANG LS. 2020. Predation of *Arma chinensis* on *Spodoptera litura* larvae. Chinese Tobacco Science, 41(1): 62–66 (in Chinese) [唐艺婷, 王孟卿, 李玉艳, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生. 2020. 蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食作用. 中国烟草科学, 41(1): 62–66]
- WANG Y, WANG MQ, ZHANG HM, ZHAO XQ, YIN YQ, LI XY, TANG YT, CHEN B, CHEN FS, ZHANG LS. 2019b. Predation potential of adult of *Picromerus lewisi* (Fallou) on larvae of *Spodoptera frugiperda*. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 691–697 (in Chinese) [王燕, 王孟卿, 张红梅, 赵雪晴, 尹艳琼, 李向永, 唐艺婷, 陈斌, 陈福寿, 张礼生. 2019. 益蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力. 中国生物防治学报, 35(5): 691–697]
- WANG Y, ZHANG HM, LI XY, YIN YQ, ZHAN XQ, CHEN FS, ZHANG LS. 2020. Predation of nymph of *Picromerus lewisi* on larvae of *Spodoptera frugiperda*. Chinese Journal of Biological Control, 36(4): 520–524 (in Chinese) [王燕, 张红梅, 李向永, 尹艳琼, 赵雪晴, 陈福寿, 张礼生. 2020. 益蝽不同龄期若虫对草地贪夜蛾幼虫的捕食能力. 中国生物防治学报, 36(4): 520–524]
- WANG YN, ZHAO SN, HE YZ, WU KM, LI GP, FENG HQ. 2020. Predation of *Sycanus croceovittatus* Dohrn on the larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Chinese Journal of Biological Control, 36(4): 525–529 (in Chinese) [王亚楠, 赵胜园, 何运转, 吴孔明, 李国平, 封洪强. 2020. 黄带犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食作用. 中国生物防治学报, 36(4): 525–529]
- WU KJ, SHENG CF, GONG PY. 2004. Equation of predator functional response and estimation of the parameters in it. Entomological Knowledge, 41(3): 267–269 (in Chinese) [吴坤君, 盛承发, 龚佩瑜. 2004. 捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算. 昆虫知识, 41(3): 267–269]
- XU QY, WANG S, TIAN RB, WANG S, ZHANG F, MA J, LI S, DI N. 2019. Study on the predation potential of *Chrysopa pallens* on *Spodoptera frugiperda*. Journal of Environmental Entomology, 41(4): 754–759 (in Chinese) [徐庆宣, 王松, 田仁斌, 王甦, 张帆, 马娇, 李姝, 邸宁. 2019. 大草蛉对草地贪夜蛾捕食潜能研究. 环境昆虫学报, 41(4): 754–759]
- YANG PY, CHANG XY. 2019. Occurrence, influence and the strategy of *Spodoptera frugiperda* in Asia and Africa. China Plant Protection, 39(6): 88–90 (in Chinese) [杨普云, 常雪艳. 2019. 草地贪夜蛾在亚洲、非洲发生和影响及其防控策略. 中国植保导刊, 39(6): 88–90]
- ZHAO YJ, FU CY, LI WW, ZHANG LM, DU GZ, CHEN B, LI ZY. 2020. Predation functional response of *Harmonia axyridis* larvae to the eggs and low instar larvae of *Spodoptera frugiperda*. Plant Protection, 46(1): 51–54 (in Chinese) [赵英杰, 符成悦, 李维薇, 张立敏, 杜广祖, 陈斌, 李正跃. 2020. 异色瓢虫幼虫对草地贪夜蛾卵和低龄幼虫的捕食作用. 植物保护, 46(1): 51–54]

(责任编辑: 王 璇)