



张昌容, 班菲雪, 尚小丽, 郭军, 刘梅, 刘少兰, 卯婷婷, 章行远, 鄧军锐. 麦蛾卵对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (4): 1016 - 1022.

麦蛾卵对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响

张昌容¹, 班菲雪^{1*}, 尚小丽^{2*}, 郭军³, 刘梅^{1 4}, 刘少兰¹,
卯婷婷¹, 章行远¹, 鄧军锐⁴

(1. 贵州省农业科学院植物保护研究所, 贵阳 550006; 2. 贵州医科大学生物与工程学院生物与医学工程重点实验室, 贵阳 550025;
3. 贵州省毕节市植保植检站, 贵州毕节 551700; 4. 贵州大学昆虫研究所/贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: 南方小花蝽 *Orius strigicollis* 作为一种广食性捕食性天敌昆虫, 可高效控制蓟马、蚜虫及螨类等多种害虫, 极具生防潜能。但目前国内南方小花蝽商业化进程相对滞后, 其中未找到适合的饲料来源是主要的限制因素之一。本研究以新鲜麦蛾 *Sitotroga cerealella* 卵和紫外线处理的麦蛾卵作为饲养南方小花蝽的替代猎物, 以南方小花蝽的天然猎物西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 为对照, 通过比较其发育历期、存活率及寿命等生物学指标, 组建生命表来评价麦蛾卵对南方小花蝽的饲喂效果。结果发现: 以新鲜麦蛾卵、紫外处理麦蛾卵和西花蓟马饲喂的南方小花蝽若虫发育历期均无显著性差异, 但取食新鲜麦蛾卵的南方小花蝽若虫存活率 (60.5%) 高于其他两种猎物; 同时, 饲喂新鲜麦蛾卵的南方小花蝽雌虫寿命 (37.3 d) 和雄成虫寿命 (23.0 d) 以及产卵量 (74.0 粒) 均最高, 其次是紫外处理麦蛾卵, 而西花蓟马最低; 饲喂新鲜麦蛾卵的南方小花蝽存活率、净增殖率 (47.91)、内禀增长率 (0.10)、周限增长率 (1.11) 和世代平均周期 (36.5 d) 均大于饲喂紫外处理麦蛾卵和饲喂西花蓟马, 且种群加倍时间也以饲喂新鲜麦蛾卵的南方小花蝽最短 (6.57 d)。本研究结果表明麦蛾卵可作为南方小花蝽饲养的替代猎物, 且以新鲜麦蛾卵为最佳。

关键词: 南方小花蝽; 生命表; 生物防治; 麦蛾; 天敌

中图分类号: Q965; S467

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 04-1016-07

Effects of *Sitotroga cerealella* on the growth, development and reproduction of *Orius strigicollis*

ZHANG Chang-Rong¹, BAN Fei-Xue^{1*}, SHANG Xiao-Li^{2*}, GUO Jun³, LIU Mei^{1 4}, LIU Shao-Lan¹, MAO Ting-Ting¹, ZHANG Xing-Yuan¹, ZHI Jun-Rui⁴ (1. Institute of Plant Protection, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China; 2. Key Laboratory of Biology and Medical Engineering, School of Biology and Engineering, Guizhou Medical University, Guiyang 550025, China; 3. Bijie Plant Protection and Quarantine Station, Bijie 551700, Guizhou Province, China; 4. Guizhou Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region/Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

基金项目: 国家自然科学基金 (31660542); 贵州省自然科学基金 (黔科合基础 [2020] 1Z024); 黔农科院专利培计 (2020) 01 号; 贵州省农业科学院毕节试验区新发展理念示范基地农业科技支撑专项; 黔农科院院专项 [2016] 027

作者简介: 张昌容, 男, 1986 年生, 天津蓟州人, 博士, 副研究员, 研究方向是害虫生物防治与昆虫生态学, E-mail: zhangchangrong2006@163.com

* 通信作者 Author for correspondence: 班菲雪, 女, 博士, 主要研究方向是害虫生物防治与昆虫生态学, E-mail: feixueban@163.com; 尚小丽, 女, 博士, 副教授, 主要研究方向是昆虫资源利用与害虫生物防治, E-mail: 283012018@qq.com

收稿日期 Received: 2021-02-05; 接受日期 Accepted: 2021-04-19

Abstract: *Orius strigicollis* is an omnivorous predatory which has been considered as a potential biological control agent as it high control efficacy on thrips, aphids as well as on mites. In comparison with foreign countries, the mass-rearing and commercialization of *O. strigicollis* in China lags behind. Lacking optimal feed source is one of the main limiting factors. In this study, fresh and UV-irradiated eggs of *Sitotroga cerealella* were used as factitious prey for rearing *O. strigicollis*, and the *O. strigicollis* that reared with natural prey *Frankliniella occidentalis*, was used as control. The biological indexes such as developmental duration, survival rate and longevity were compared, and the life table was constructed to evaluate the feeding effect. The results showed that there was no significant difference in the developmental duration of the nymphs of *O. strigicollis* fed with fresh and, UV-irradiated eggs of *S. cerealella* as well as *F. occidentalis*, but the survival rate (60.5%) of nymphs fed on eggs of *S. cerealella* was higher than that of the other two preys. At the same time, the female adult longevity (37.3 d), the male adult longevity (23.0 d) and female fecundity (74.0) of *O. strigicollis* fed with fresh eggs of *S. cerealella* were the highest, followed by that of UV-irradiated eggs of *S. cerealella* and *F. occidentalis*. The survival rate, net reproductive rate (47.91), intrinsic rate of natural increase (0.10), the finite rate of increase (1.11) and mean generation time (36.5 d) of *O. strigicollis* fed with fresh eggs of *S. cerealella* were higher than those fed with UV-irradiated eggs of *S. cerealella* and *F. occidentalis*, the doubling time was also the shortest (6.57 d) when *O. strigicollis* fed with fresh eggs of *S. cerealella*. The results of this study indicated that the eggs of *S. cerealella* could be used as a factitious prey for *O. strigicollis* rearing, and the fresh eggs were the best.

Key words: *Orius strigicollis*; life table; biological control; *Sitotroga cerealella*; natural enemy

天敌昆虫是生物防治的重要组成部分, 其中广食性捕食性天敌因其够捕食多种害虫而得到广泛的应用。小花蝽 *Orius* spp. (半翅目: 花蝽科) 作为广食性捕食性天敌昆虫的一种, 不仅能够取食多种害虫, 还具有极高的搜索能力和繁殖力, 并且已成功应用于蚜虫、蓟马、螨类、粉虱及部分鳞翅目害虫的防治 (董长忠, 2010)。然而, 由于尚不清楚最佳饲养条件等, 目前许多种小花蝽还未能大规模饲养及商品化, 因此限制了其应用。

南方小花蝽 *Orius strigicollis* 在我国主要分布于南方及西南地区 (Jung *et al.*, 2013; 张骏等, 2015)。研究表明南方小花蝽能够有效控制棉红铃虫 *Pectinophora gossypiella*、烟粉虱 *Bemisia tabaci*、温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum*、二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 以及西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 等害虫 (孙猛等, 2012; Tuan *et al.*, 2016b; Ali *et al.*, 2020; Rehman *et al.*, 2020)。为发挥南方小花蝽的生防潜能, 规模化饲养及商品化是必经之路, 为此, 已有大量关于南方小花蝽生物学及行为学特性等的基础研究被相继报道。同时, 针对南方小花蝽规模化饲养过程中饲料来源的研究工作也陆续展开。其中, 包括利用蚕豆

蚜 *Aphis fabae*、二斑叶螨、西花蓟马、棉蚜 *Aphis gossypii* 与花蓟马 *Frankliniella intonsa* 等南方小花蝽的天然猎物 (Natural prey) 作为饲料 (周兴苗和雷朝亮, 2002; 张昌容等, 2012; 张昌容和鄧军锐, 2017), 以及植物花粉等植物源饲料 (周兴苗和雷朝亮, 2002); 另外, 还有多种人工饲料 (Artificial diet) 被开发 (Lee and Lee, 2004; 张士昶等, 2008)。然而, 依靠自然猎物的饲养方法需要大量的猎物及其寄主植物, 并且维持复杂的植物-猎物-天敌三级营养系统不仅成本高昂, 还需大量的饲养空间和设备 (Riddick, 2008), 而人工饲料的开发过程缓慢。因此, 人为的提供替代猎物 (Factitious prey) 成为天敌饲养中降低成本的有效方法。目前已使用的替代猎物主要集中在鳞翅目、鞘翅目和膜翅目中活体的或经过冷冻、辐射、冻干等方法处理过的昆虫 (Sun *et al.*, 2017)。在南方小花蝽的饲养中, 地中海粉斑螟 *Ephestia kuehniella* 卵、丰年虾 *Artemia salina*、米蛾 *Corcyra cephalonica* 卵、粉斑螟蛾 *Cadra cautella* 卵等替代猎物也已得到了研究 (Kakimoto *et al.*, 2005; Ito and Kiyomitsu, 2007; 黄增玉等, 2011; Takahiro *et al.*, 2016; Tuan *et al.*, 2016a), 但由于技术和

成本的限制,或是由于饲喂效果不理想而仍处于实验阶段,这些替代猎物未能在国内大规模应用。

麦蛾 *Sitotroga cerealella* 卵是天敌昆虫饲养中常用的替代猎物,目前已报道麦蛾卵可用做玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* 和短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* 等大规模饲养的寄主(罗宝君,2017;代晓彦等,2018;Ghaemmaghani *et al.*,2021),同时,研究表明麦蛾卵可用于饲养东亚小花蝽 *Orius sauteri* 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (李辰新等,2017;吕兵等,2018)。但是关于新鲜麦蛾卵和紫外线杀胚麦蛾卵对南方小花蝽的饲养效果如何未见报道。因此,本研究拟将麦蛾卵作为饲养南方小花蝽的替代猎物,以发育历期、存活率及寿命等指标评价新鲜麦蛾卵和紫外线处理的麦蛾卵对南方小花蝽的饲养效果,并以南方小花蝽的天然猎物西花蓟马为对照,为南方小花蝽规模化饲养过程中饲料的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 南方小花蝽

南方小花蝽 *O. strigicollis* 采自贵州省农科院周边玉米田,并参照张骏等方法(2015)进行鉴定。以干净的新鲜迎春花嫩茎作为产卵基质,西花蓟马作为饲料于室内饲养3代以上,饲养条件为温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度 $70\% \pm 5\%$,光周期 16 L:8 D,取初孵化若虫待用。

1.2 供试猎物

新鲜麦蛾 *S. cerealella* 卵及经紫外线处理的麦蛾卵(新鲜麦蛾卵经紫外灯照射 20 min)均由山东省农业科学院植物保护研究所提供,于实验室内保存于 4°C 并在 3 d 内使用。

西花蓟马 *F. occidentalis* 由贵州大学昆虫研究所提供,于人工气候室(温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度 $70\% \pm 5\%$,光周期 16 L:8 D)内以四季豆豆荚饲养 4~6 代,取 2 龄若虫用于实验。

1.3 试验方法

试验设置 3 个处理,分别以新鲜麦蛾卵、紫外线处理麦蛾卵以及西花蓟马 2 龄若虫作为饲料饲养南方小花蝽。首先分别将 3 种饲料放入养虫盒中,再用毛笔将单头南方小花蝽初孵若虫转移至养虫盒中进行饲养。麦蛾卵 2 d 更换 1 次,西花蓟马 1 d 更换 1 次以保证食物充足。记录南方小花蝽若虫的存活情况及羽化日期。每个处理重复

30 次。

待羽化后,收集初羽化的成虫进行雌雄配对,每个养虫盒中放入 3 对初羽化的南方小花蝽,以迎春花嫩茎作为产卵基质,分别以新鲜麦蛾卵、紫外线处理麦蛾卵及西花蓟马 2 龄若虫作为猎物饲养。迎春花嫩茎每 2 d 更换 1 次,麦蛾卵 2 d 更换 1 次,西花蓟马 1 d 更换 1 次。记录南方小花蝽的成虫寿命,并通过显微镜观察和记录迎春花嫩茎上的产卵量。每个处理重复 5 次。

分别收集不同处理中所产的卵集中孵化,并继续用相同的猎物饲养至成虫,鉴定成虫性别。

1.4 生命表参数的计算

按繁殖特征生命表计算方法(Chi and Liu, 1985),具体如下:

$$\text{净生殖率 } R_0 = \sum l_x m_x;$$

$$\text{平均世代周期 } T = \sum l_x m_x X / R_0;$$

$$\text{内禀增长率 } r_m = (\ln R_0) / T;$$

$$\text{周限增长率 } \lambda = e^{r_m};$$

$$\text{种群加倍时间 } DT = \ln(2) / r_m;$$

其中, X 为按年龄划分的单位时间间距; l_x 表示任一个体在 X 期间的存活率; m_x 表示在 X 期间平均每雌产卵数。

1.5 数据处理

所获实验数据均采用 Microsoft Excel 2007 以及 SPSS 18.0 进行统计与分析。南方小花蝽的发育历期、成虫寿命和繁殖特征等参数在不同猎物间的差异用 Duncan (D) 新复极差法进行比较 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 3 种猎物对南方小花蝽若虫发育历期和存活率的影响

取食新鲜麦蛾卵、紫外线处理麦蛾卵及西花蓟马的南方小花蝽若虫发育历期分别为 12.8 d、12.4 d 和 12.6 d,三者无显著性差异(表 1);新鲜麦蛾卵饲养的南方小花蝽若虫的存活率(60.5%)高于其他 2 种猎物(表 1)。由生命表构建的存活曲线可知,新鲜麦蛾卵饲喂的南方小花蝽存活率在 14 d 至 70 d 之间,均高于另外 2 种猎物饲喂的南方小花蝽;西花蓟马饲喂的南方小花蝽存活率最低且存活时间最短仅为 42 d(图 1)。

2.2 3 种猎物对南方小花蝽成虫寿命和产卵量的影响

3 种猎物饲喂的南方小花蝽雌虫寿命均长于雄

虫寿命 (表 2); 饲喂新鲜麦蛾卵的南方小花蝽雌虫寿命为 37.3 d, 雄虫寿命为 23.0 d, 均显著高于饲喂紫外处理麦蛾卵和西花蓟马的南方小花蝽,

且饲喂新鲜麦蛾卵的南方小花蝽平均产卵量也显著高于其它两种猎物 (表 2)。

表 1 3 种饲料对南方小花蝽若虫发育历期和存活率的影响

Table 1 Influence of preys on the development period and survival rate of *Orius strigicollis* nymphs

猎物 The preys as diets	发育历期 (d) Development duration	存活率 (%) Survival rates
新鲜麦蛾卵 Fresh eggs of <i>S. cerealella</i>	12.8 ± 0.2 a	60.5
紫外处理麦蛾卵 UV-irradiated eggs of <i>S. cerealella</i>	12.4 ± 0.2 a	55.3
西花蓟马 <i>F. occidentalis</i>	12.6 ± 0.1 a	55.2

注: 表中数据为平均值 ± 标准误。同列数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 0.05 水平差异显著。下表同。Note: Data in the table were presented as means ± SE, Values in same columns followed by different small letters were significantly by different Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). The same below.

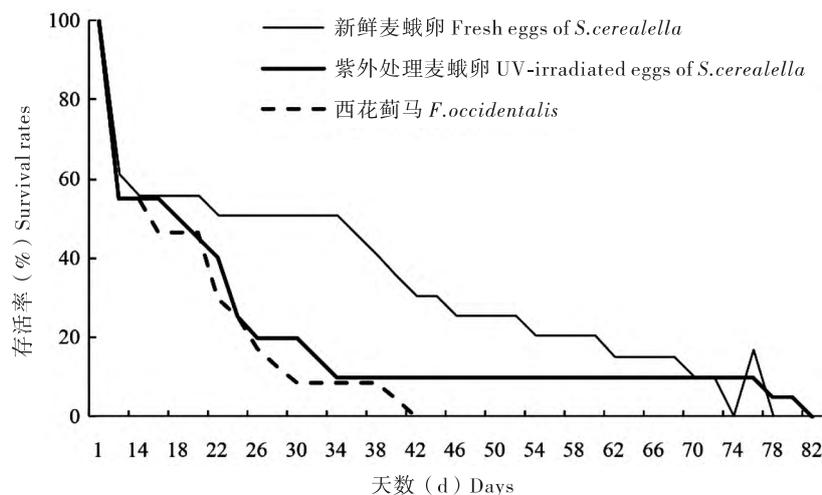


图 1 3 种猎物饲养的南方小花蝽存活曲线

Fig. 1 Survival curve of *Orius strigicollis* with three preys

表 2 3 种猎物对南方小花蝽成虫寿命和产卵量的影响

Table 2 Influence of preys on the longevity and fecundity of the adult of *Orius strigicollis*

猎物 The preys as diets	雌虫寿命 (d) Longevity of female	雄虫寿命 (d) Longevity of male	平均产卵量 (粒) Lifetime fecundity
新鲜麦蛾卵 Fresh eggs of <i>S. cerealella</i>	37.3 ± 5.6 a	23.0 ± 3.5 a	74.0 ± 14.6 a
紫外处理麦蛾卵 UV-irradiated eggs of <i>S. cerealella</i>	24.4 ± 6.8 b	15.1 ± 3.6 b	36.8 ± 17.3 b
西花蓟马 <i>F. occidentalis</i>	14.0 ± 2.3 c	10.2 ± 1.4 c	21.3 ± 8.0 c

2.3 3 种猎物饲喂南方小花蝽的生命表参数评价

新鲜麦蛾卵饲喂的南方小花蝽净增殖率 (R_0) 远大于紫外处理麦蛾卵和西花蓟马饲喂的南方小花蝽, 且新鲜麦蛾卵饲喂的南方小花蝽世代平均周期 (T) 最长为 36.50 d, 内禀增长率 (r_m) 和

周限增长率 (λ) 也均高于其他 2 种猎物饲喂的南方小花蝽; 并且种群加倍时间 (DT) 也以新鲜麦蛾卵饲喂的南方小花蝽最短为 6.57 d (表 3)。表明与紫外处理麦蛾卵和西花蓟马相比, 新鲜麦蛾卵更有利于南方小花蝽的种群增长。

表 3 3 种猎物饲养南方小花蝽的生命表参数
 Table 3 Life table parameter of *Orius strigicollis* reared with three preys

猎物 The preys as diets	净增殖率 (R_0) Net reproductive rate	内禀增长率 (r_m) Intrinsic rate of natural increase	周限增长率 (λ) The finite rate of increase	世代平均周期 (T) (d) Mean generation time	种群加倍时间 (DT) (d) Doubling time
新鲜麦蛾卵 Fresh eggs of <i>S. cerealella</i>	47.91	0.10	1.11	36.50	6.57
紫外处理麦蛾卵 UV-irradiated eggs of <i>S. cerealella</i>	11.71	0.07	1.07	34.86	9.82
西花蓟马 <i>F. occidentalis</i>	6.22	0.08	1.08	21.94	8.32

3 结论与讨论

大规模饲养是天敌昆虫应用于生物防治的前提, 高效低成本的饲料则是饲养过程中的重要环节, 除天然猎物外, 人工饲料和替代猎物在天敌的繁育中更为重要, 其中鳞翅目昆虫卵是最常用的替代猎物之一。本研究以麦蛾卵作为替代饲料饲喂南方小花蝽, 并以南方小花蝽的生物学特性来评价其适合性。结果表明饲喂新鲜麦蛾卵后南方小花蝽的发育历期约为 12 d, 与饲喂紫外处理和西花蓟马不得南方小花蝽不存在显著性差异 (表 1)。有研究表明取食蚕豆蚜、二斑叶螨或人工饲料的南方小花蝽若虫的发育历期分别为 21.02 d、19.37 d 和 14.2 d (Lee and Lee, 2004; 郑珊珊等, 2009; 黄增玉等, 2011), 均长于本研究中饲喂麦蛾卵的南方小花蝽。另外, 小花蝽的发育历期可能受到猎物种类的影响 (Fathi and Nouri-Ganbalani, 2009)。如以二斑叶螨为猎物的美洲小花蝽 *O. laevigatus* 若虫发育历期为 15.5 d, 而以西花蓟马为猎物时若虫发育历期则为 12.4 d (Venzon *et al.*, 2002); 但狡小花蝽 *O. insidiosus* 取食二斑叶螨和西花蓟马后若虫的发育历期分别为 11.4 d 和 13.1 d, 二者不存在显著性差异 (Sousa *et al.*, 2019)。表明小花蝽若虫的发育历期不仅与猎物有关, 还与小花蝽的种类有关。

在整个发育阶段, 取食新鲜麦蛾卵的南方小花蝽存活率最高 (图 1, 表 2)。Takahiro *et al.* (2016) 研究表明南方小花蝽取食丰年虾和地中海粉斑螟卵后若虫存活率高达 100%, 与之相比, 用麦蛾卵饲养的南方小花蝽存活率还有待提高。另

外, 本研究中南方小花蝽取食新鲜麦蛾卵后雌雄寿命均高于取食紫外处理麦蛾卵和西花蓟马 (表 2), 且与前人研究相比, 高于取食粉斑螟蛾卵 (雌虫寿命 10.7 d, 雄虫寿命 14.3 d) 和二斑叶螨卵 (雌虫寿命 6.7 d, 雄虫寿命 7.5 d) 以及米蛾卵 (成虫寿命 9.97 d) 的南方小花蝽 (黄增玉等, 2011; Tuan *et al.*, 2016a)。表明新鲜麦蛾卵适合作为南方小花蝽的替代猎物, 且不同猎物的营养成分不同将影响小花蝽的存活和发育等特性。

有研究表明以米蛾卵饲养南方小花蝽其平均产卵量为 37.29 粒, 以蚕豆蚜和二斑叶螨饲养则平均产卵量分别为 23.1 粒和 12.9 粒 (黄增玉等, 2011; 张昌容等, 2012), 均低于本研究中用新鲜麦蛾卵饲养的南方小花蝽 (74.0 粒)。但 Sengonca *et al.* (2008) 用棉蚜饲养南方小花蝽, 其产卵量可达 108.4 粒, 与之相比本研究中的南方小花蝽产卵量则偏少, 因此如何提高麦蛾卵饲养的南方小花蝽的产卵量还需进一步研究。另外, 本研究中南方小花蝽取食麦蛾卵其平均产卵量显著高于取食西花蓟马 (表 2)。相似的, 有研究表明南方小花蝽取食粉斑螟蛾卵或米蛾卵后的产卵量均高于取食二斑叶螨 (黄增玉等, 2011; Tuan *et al.*, 2016a); 美洲小花蝽、大臀小花蝽 *O. majusculus*、肩毛小花蝽 *O. niger* 及狡小花蝽取食地中海粉斑螟卵后其产卵量均比取食西花蓟马要高出 2~3 倍 (Tommasini *et al.*, 2004); 印度谷螟 *Plodia interpunctella* 卵也能够提高狡小花蝽的产卵量 (Ferkovich, 2007)。Ferkovich and Shapiro (2005) 发现地中海粉斑螟卵中含有能刺激狡小花蝽的产卵的蛋白, 随后 Tuan *et al.* (2016a) 在粉斑螟蛾中也发现了类似蛋白, 因此, 鳞翅目昆虫卵中可

能含有刺激小花蝽产卵的成分, 这可能是南方小花蝽取食麦蛾卵后产卵量比取食西花蓟马高的原因之一。

猎物的种类影响着小花蝽的种群生态学。Tuan *et al.* (2016) 研究表明取食粉斑螟蛾卵的南方小花蝽净增殖率为 31.23、世代平均周期为 20.5 d, 均低于本文中取食新鲜麦蛾卵的南方小花蝽, 但内禀增长率 (0.167) 和周限增长率 (1.182) 则较高 (表 3)。与二斑叶螨卵、烟粉虱、温室白粉虱、西花蓟马或蚕豆蚜作为猎物相比, 取食新鲜麦蛾卵的南方小花蝽净增殖率较高, 且世代平均周期更长 (表 3) (郑珊珊等, 2009; 张昌容等, 2012; Tuan *et al.*, 2016b; Rehman *et al.*, 2020), 表明新鲜麦蛾卵有利于南方小花蝽种群的增长。

本研究表明新鲜麦蛾卵最适合用于南方小花蝽的繁育, 其次是紫外处理的麦蛾卵, 两者对南方小花蝽的饲养效果均好于西花蓟马。但在本研究中就只对南方小花蝽的生物学特征进行了评价, 关于麦蛾卵对南方小花蝽捕食效率是否有影响仍需进一步的研究。

参考文献 (References)

- Ali S, Li S, Jaleel W, *et al.* Using a two-sex life table tool to calculate the fitness of *Orius strigicollis* as a predator of *Pectinophora gossypiella* [J]. *Insects*, 2020, 11 (5): 275.
- Chi H, Liu H. Two new methods for the study of insect population ecology [J]. *Academia Sinica*, 1985, 24 (2): 225-240.
- Dai XY, Chen H, Zhai YF, *et al.* Effect of low-temperature stored *Sitotroga cerealella* Olivier eggs on reproduction of *Trichogramma ostrinae* [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2018, 50 (3): 87-89. [代晓彦, 陈浩, 翟一凡, 等. 冷藏麦蛾卵对玉米螟赤眼蜂繁殖的影响 [J]. 山东农业科学, 2018, 50 (3): 87-89]
- Dong CZ. Application of *Orius* in agroecosystem [J]. *Technology Wind*, 2010, 3: 235. [董长忠. 小花蝽在农业生态系统中的应用 [J]. 科技风, 2010, 3: 235]
- Fathi SAA, Nouri-Ganbalani G. Prey preference of *Orius niger* (Wolf) and *O. minutus* (L) from *Thrips tabaci* (Lind) and *Tetranychus urticae* (Koch) [J]. *Journal of Entomology*, 2009, 6 (1): 42-48.
- Ferkovich SM. Improved fecundity in the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) with a partially purified nutritional factor from an insect cell line [J]. *Florida Entomologist*, 2007, 90: 321-326.
- Ferkovich SM, Shapiro JP. Enhanced oviposition in the insidious flower bug, *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) with a partially purified nutritional factor from prey eggs [J]. *Florida Entomologist*, 2005: 253-257.
- Ghaemmaghami E, Fathipour Y, Bagheri A, *et al.* Quality control of the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) over 45 generations of rearing on *Sitotroga cerealella* [J]. *Insect Science*, 2021, 28 (1): 180-190.
- Huang ZY, Huang LM, Huang SS. Comparison of the effect of two prey species on the population growth of *Orius similis* Zheng and the implications for the control of *Tetranychus urticae* Koch [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 10: 2947-2952. [黄增玉, 黄林茂, 黄寿山. 两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能 [J]. 生态学报, 2011, 10: 2947-2952]
- Ito, Kiyomitsu. A simple mass-rearing method for predaceous *Orius* bugs in the laboratory [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2007, 42 (4): 573-577.
- Jung S, Yamada K, Lee S. Annotated catalog, biological notes and diagnoses of the flower bugs (Heteroptera: Anthocoridae) in the Korean Peninsula [J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2013, 16 (4): 421-427.
- Kakimoto K, Urano S, Noda T, *et al.* Comparison of the reproductive potential of three *Orius* species, *O. strigicollis*, *O. sauteri*, and *O. minutus* (Heteroptera: Anthocoridae), using eggs of the mediterranean flour moth as a food source [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2005, 40 (2): 247-255.
- Lee KS, Lee JH. Rearing of *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) on artificial diet [J]. *Entomological Research*, 2004, 34 (4): 299-303.
- Li CX, Liang C, Liu TH, *et al.* Effects of three diets on growth and reproduction of *Harmonia axyridis* (Pallas) [J]. *Forestry and Ecological Sciences*, 2017, 32 (2): 169-173. [李辰新, 梁超, 刘廷辉, 等. 3种饲料对异色瓢虫生长发育的影响 [J]. 河北林果研究, 2017, 32 (2): 169-173]
- Luo BJ. The technology of *Trichogramma* breeding with *Sitotroga cerealella* eggs and its application benefit analysis [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2017, 12: 264-266. [罗宝君. 麦蛾卵繁殖赤眼蜂的工艺技术及应用效益分析 [J]. 现代农业科技, 2017, 12: 264-266]
- Lv B, Sun M, Zhai YF, *et al.* Effect of short adaptive pre-feeding on the predatory functional response to *Orius sauteri* reared on *Sitotroga cerealella* eggs [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40 (1): 64-69. [吕兵, 孙猛, 翟一凡, 等. 短期食物驯化对麦蛾卵饲养的东亚小花蝽的捕食功能反应影响 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (1): 64-69]
- Rehman SU, Zhou X, Ali S, *et al.* Predatory functional response and fitness parameters of *Orius strigicollis* Poppius when fed *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* as determined by age-stage, two-sex life table [J]. *PeerJ*, 2020, 8: e9540.
- Riddick EW. Benefits and limitations of factitious prey and artificial diets on life parameters of predatory beetles, bugs, and lacewings: A

- mini-review [J]. *Biological Control*, 2008, 54 (3): 325–339.
- Sengonca C, Ahmadi K, Blaaser P. Biological characteristics of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) by feeding on different aphid species as prey [J]. *Journal of Plant Diseases and Protect*, 2008, 115 (1): 32–38.
- Sousa ALV, Silva DB, Silva GG, et al. Behavioral response of the generalist predator *Orius insidiosus* to single and multiple herbivory by two cell content-feeding herbivores on rose plants [J]. *Arthropod-Plant Interactions*, 2019, 2: 1–10.
- Sun M, Zhi JR, Mo LF. Controlling effect of *Orius similis* on *Frankliniella occidentalis* in cut rose [J]. *Henan Agricultural Science*, 2012, 9: 95–98. [孙猛, 鄧军锐, 莫利锋. 南方小花蝽对切花月季西花蓟马的控制作用 [J]. 河南农业科学, 2012, 9: 95–98]
- Sun YX, Hao YN, Riddick EW, et al. Factitious prey and artificial diets for predatory lady beetles: Current situation, obstacles, and approaches for improvement: A review [J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2017, 27 (5): 601–619.
- Takahiro, Nishimori, Kazuki, et al. Rearing *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) on an alternative diet of brine shrimp, *Artemia salina* (Anostraca: Artemiidae) [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2016, 51 (2): 321–325.
- Tommasini MG, Lenteren, JC, Burgio G. Biological traits and predation capacity of four *Orius* species on two prey species [J]. *Bulletin of Insectology*, 2004, 57 (2): 79–93.
- Tuan SJ, Yang CM, Chung YT, et al. Comparison of demographic parameters and predation rates of *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) fed on eggs of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2016a, 4: 1529–1538.
- Tuan SJ, Lin YH, Peng SC, et al. Predatory efficacy of *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) against *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) on strawberry [J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2016b, 19 (1): 109–114.
- Venzon M, Sabelis JMW. Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus* [J]. *Oikos*, 2002, 97 (1): 116–124.
- Zhang CR, Zhi JR. Efficacy of stage-specific combined preys for rearing *Orius similis* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2017, 33 (3): 345–350. [张昌容, 鄧军锐. 阶段性组合猎物饲养南方小花蝽的效果评价 [J]. 中国生物防治学报, 2017, 33 (3): 345–350]
- Zhang CR, Zhi JR, Mo LF. The influence of 4 species of preys on the development and fecundity of *Orius similis* Zheng [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32 (18): 5646–5652. [张昌容, 鄧军锐, 莫利锋. 四种猎物对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响 [J]. 生态学报, 2012, 32 (18): 5646–5652]
- Zhang J, Zhi JR, Yang CY, et al. Investigation and identification of farmland *Orius* Wolff in Guizhou Province [J]. *Journal of Mountain Agricultural and Biology*, 2015, 34 (1): 36–40. [张骏, 鄧军锐, 杨成源, 等. 贵州省农田小花蝽种类调查及鉴定 [J]. 山地农业生物学报, 2015, 34 (1): 36–40]
- Zhang SC, Zhou XM, Pan Y, et al. Evaluation of an artificial liquid diet of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51 (9): 997–1001. [张士昶, 周兴苗, 潘悦, 等. 南方小花蝽液体人工饲料的饲养效果评价 [J]. 昆虫学报, 2008, 51 (9): 997–1001]
- Zheng SS, Zhi JR, Zhang CR, et al. Studies on *Orius similis* development and reproduction with broad bean aphid as prey [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2009, 12: 88–91. [郑珊珊, 鄧军锐, 张昌容, 等. 南方小花蝽的发育与繁殖研究 [J]. 河南农业科学, 2009, 12: 88–91]
- Zhou XM, Lei CL. Utilization efficiency and functional response of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) to different preys [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (12): 2085–2090. [周兴苗, 雷朝亮. 南方小花蝽对不同猎物捕食作用及利用效率 [J]. 生态学报, 2002, 22 (12): 2085–2090]