

豆科功能植物作为东亚小花蝽产卵基质的适合度评价

刘俊秀^{1,2}, 朱正阳^{1,3}, 臧连生², 王甦¹, 邸宁^{1*}

(1. 北京市农林科学院植物保护研究所, 北京 100097; 2. 吉林农业大学生物防治研究所/天敌昆虫应用技术工程研究中心, 长春 130118;
3. 南京农业大学农学院, 南京 210095)

摘要: 东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius) 作为一种重要的捕食性天敌, 被广泛用于多种温室害虫的防控。由于该天敌具有在植物组织内产卵的特殊习性, 其卵的发育离不开植物, 导致筛选适宜的产卵基质植物一直是其规模繁育的重要基础。豆科植物不仅可以作为绿肥和保护型生物防治的功能植物, 而且还可以作为东亚小花蝽的适宜产卵基质。因此, 本研究以产卵量、产卵持续时间、卵孵化时间、卵孵化率及净生殖力等为指标, 在实验室内评价了豇豆、菜豆、大豆、豌豆、绿豆和花生 6 种豆科植物作为东亚小花蝽产卵基质的适合度。结果表明: 东亚小花蝽在绿豆上的总产卵量和净生殖力最高, 分别为 72.0 粒和 59.5 头, 显著高于菜豆、大豆和花生; 卵孵化率最高的是花生, 为 86.79%, 但与绿豆并无显著差异; 东亚小花蝽在 6 种植物上的产卵持续时间无显著差异, 在绿豆上卵的孵化时间最短, 显著低于菜豆和花生。东亚小花蝽在绿豆上的产卵位置也优于其他植物, 所以综合考虑绿豆为所试 6 种植物中东亚小花蝽的最适产卵基质植物。

关键词: 东亚小花蝽; 豆科植物; 产卵基质; 功能植物; 人工饲养

中图分类号: S476.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2022)06-1435-08

Fitness of Leguminous Plants as Oviposition Substrates for *Orius sauteri* (Poppius)

LIU Junxiu^{1,2}, ZHU Zhengyang^{1,3}, ZANG Liansheng², WANG Su¹, DI Ning^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Institute of Biological Control, Jilin Agricultural University/Engineering Research Center of Natural Enemy Insects, Changchun 130118, China; 3. College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: *Orius sauteri* (Poppius), an important predatory natural enemy, is widely used in the management of various greenhouse pests. The predator lays eggs into plant tissues and relies on plants for egg development, which entails the screening of suitable oviposition substrate plants (OSP) for mass rearing. Leguminous plants are green manure plants and functional plants in conservation biological control, and are potential suitable OSP for *O. sauteri*. The study evaluated the fitness of cowpea, kidney bean, soybean, pea, mung bean and peanut as OSP for *O. sauteri* in the laboratory. The results showed that the total egg numbers and net fecundity of *O. sauteri* were 72.0 and 59.5, respectively, when mung bean was used as OSP, which were significantly higher than those of the insects when kidney bean, soybean or peanut was used as OSP. The highest egg hatching rate (86.79%) was observed with peanut, which was not significantly different from that with mung bean. There was no significant difference in the oviposition duration of the predators on the six plants, whereas the egg hatching duration on mung bean was the shortest, significantly shorter than those on kidney bean and peanut. Taken together, mung bean is the most suitable OSP for *O. sauteri* among the six tested plants.

收稿日期: 2021-10-08

基金项目: 北京市农林科学院青年基金 (QNJJ201917); 北京市优秀人才计划 (2018000020060G181); 国家自然科学基金 (31901945); 北京市科技计划 (Z201100008020014)

作者简介: 刘俊秀, 硕士研究生, E-mail: 1641178767@qq.com; *通信作者, 博士, 助理研究员, E-mail: ento88@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.03.011

Key words: *Orius sauteri*; leguminous plants; oviposition substrate; functional plants; artificial rearing

在现代生物防治中，利用功能植物诱集与储备天敌昆虫是当前研究和应用的热点之一^[1]。其中，豆科植物作为兼顾保护型生物防治功能植物和绿肥功效的植物，常被用来间作于田间作为天敌昆虫的储蓄植物，如苜蓿、花生、豌豆等^[2-4]。这些豆科植物对于提高田间昆虫多样性具有促进作用，同时有助于天敌向靶标作物迁移，起到诱集助迁和生物固氮的双重功能^[5]。而有关豆科植物诱集增效天敌的生态学机制尚未明确。已有研究表明，小花蝽属天敌昆虫对豆科作物的产卵选择性较强^[6-8]。例如，美洲小花蝽 *O. insidiosus* 对架豆具有产卵选择偏好性^[9]。因此，东亚小花蝽在豆科植物上的产卵偏好性及适合度可能是影响其田间分布的重要因素。

东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius) 隶属于半翅目 Hemiptera、花蝽科 Anthocoridae、小花蝽属 *Orius*，是一种极具应用前景的捕食性天敌昆虫。该天敌主要分布在亚洲东部的中国、日本、朝鲜和俄罗斯远东地区^[10,11]。东亚小花蝽捕食范围广，成虫和若虫均可捕食蓟马^[12]、粉虱^[13,14]、蚜虫^[15]和鳞翅目昆虫的卵及低龄幼虫等^[16-19]。因具有发生时间早且长、分布范围广、活动能力强和捕食能力强等特点^[11,20,21]，东亚小花蝽现已广泛用来防治温室果蔬中蓟马和粉虱等小型农业害虫，在害虫防控中发挥着越来越重要的作用^[22-26]。但是，作为目前市场需求量很大的天敌昆虫，东亚小花蝽不成熟的规模化饲养技术限制了其规模应用。其中，东亚小花蝽有将卵产于植物嫩叶、叶柄和嫩茎组织^[27-29]内的特殊产卵习性，使其卵的发育离不开植物，并对植物组织的生理结构和新鲜程度等有较高要求。所以在人工饲养中，不适宜的产卵基质会降低东亚小花蝽的产卵适合度。因此，筛选适宜的产卵基质植物对于促进东亚小花蝽规模化人工饲养和田间应用具有重要意义。

本研究为筛选最适宜饲养东亚小花蝽，同时兼具田间诱集储蓄功能的豆科植物，以豇豆、菜豆、大豆、豌豆、绿豆和花生等 6 种常见豆科绿肥植物为研究对象，系统比较东亚小花蝽的产卵量、卵的孵化率、产卵持续时间、卵的孵化时间和净生殖力等指标，以期筛选出最适合东亚小花蝽的产卵基质植物，为其人工大量繁育和田间诱集增效提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 供试植物

供试植物分别为豇豆、菜豆、大豆、豌豆、绿豆和花生（表 1）。将供试植物种子在 26 ℃下浸泡催芽 72 h 后，播种于 24 穴育苗盘（36.5 cm×23.0 cm×5.0 cm，草炭土:蛭石=3:1）中育苗。环境条件为温度（26±1）℃，相对湿度（50±5）%，光周期 16L:8D。每隔 3 d 均匀浇水两次，待植物长至 10 cm 左右具 2~3 片真叶时开始试验。

表 1 供试植物种类及相关信息
Table 1 Species and related information of tested plants

序号	名称	英文	学名	品种	来源
1	豇豆	Cowpea	<i>Vigna unguiculata</i> L.	翠豇	中国农业科学院蔬菜花卉所
2	菜豆	Kidney Bean	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	白圆龙架豆	中蔬种业科技有限公司
3	大豆	Soybean	<i>Glycine max</i> L. Merr.	菲尔	贵州洛芙特生物科技有限公司
4	豌豆	Peas	<i>Pisum sativum</i> L.	尤尼斯	贵州洛芙特生物科技有限公司
5	绿豆	Mung Bean	<i>Vigna radiata</i> L.	绿宝绿豆	太谷县绿宝种业有限公司
6	花生	Peanut	<i>Arachis hypogaea</i> L.	焚妮	贵州洛芙特生物科技有限公司

1.2 供试昆虫

东亚小花蝽于 2017 年 7 月采自河北省廊坊市玉米田中，并在北京市农林科学院植物保护研究所应用昆虫研究室人工气候箱（MH351，三洋，日本）内建立长期稳定种群。人工气候箱温度为（26±1）℃，

相对湿度为 $(65\pm 5)\%$, 光周期 16L:8D。东亚小花蝽用上盖带有 120 目尼龙纱网 $(18.0\text{ cm}\times 9.0\text{ cm})$ 的塑料保鲜盒 $(24.8\text{ cm}\times 18.0\text{ cm}\times 9.0\text{ cm})$ 饲养。饲养时使用米蛾卵作为食物来源, 扁豆角作为产卵基质。于每年 7、8 月向饲养种群内补充足量西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 进行复壮。试验前, 将足量同批羽化 3~5 d 的雌成虫放入饲养盒, 使其产卵 12 h 后移出, 以获得相同龄期的东亚小花蝽成虫进行试验, 随机取羽化 3~5 d 且交配的成虫进行试验。

1.3 东亚小花蝽在不同豆科植物上的产卵分布

分别取上述生长至 10 cm 左右的豆科植株进行试验: 从育苗盘中小心取出植株, 将其根部的育苗基质冲洗干净, 然后用保鲜膜将脱脂棉包裹住整个植物根部, 每日补充 1 mL 营养液(霍格兰营养液, 采菊东篱农业科技有限公司)使其正常生长发育。取每种植物分别单株放入塑料饲养盒(上部直径 9.5 cm, 底部直径 7.0 cm, 高 5.3 cm)内。饲养盒的上盖带有 120 目圆形尼龙纱网的通气口(直径为 5.0 cm)。取东亚小花蝽雌、雄成虫各 1 头配对, 将 5 对放入上述饲养盒内, 同时提供足量新鲜米蛾卵作为食物。24 h 后取出植物, 使用数码显微系统(VHX-6000, 基恩士, 日本)对 6 种不同植物上的产卵部位进行拍照。

1.4 东亚小花蝽在不同豆科植物上的产卵量、产卵持续时间、孵化量和净生殖力

各种豆科植物的处理方法同 1.3。取东亚小花蝽雌、雄成虫各 1 头配对, 放入上述饲养盒内, 同时提供足量新鲜米蛾卵作为食物。每天观察记录东亚小花蝽当日的产卵数量, 并更换新的植株, 直至雌成虫全部死亡。每天替换出产完卵的植株在 6 d 后观察并记录孵化的东亚小花蝽若虫数量。每头雌成虫的总产卵量为该虫每日所产卵量之和。每头雌成虫的逐日累积产卵量为当日及之前所产卵量之和。每头雌成虫的产卵持续时间为开始产卵日期至停止产卵日期中的天数。卵孵化数量为该虫每日所孵化量之和。每种植物重复 10 次。

孵化率计算方法: $\text{孵化率} = \text{卵孵化数量} / \text{总产卵量} \times 100\%$ 。

净生殖力计算方法: $\text{净生殖力} = \text{产卵量} \times \text{孵化率}$ 。

1.5 东亚小花蝽卵在不同豆科植物上的孵化时间

各种豆科植物的处理方法同 1.3。每个饲养盒内放入单株相应豆科植物, 并接入 50 头东亚小花蝽雌成虫, 同时提供足量新鲜米蛾卵作为食物, 使其产卵 6 h 后移除天敌, 随机选取 10 粒卵标记, 并于 3 d 后每天观察记录所标记卵的孵化情况, 记录孵化所需的时间。每种植物重复 10 次。

1.6 数据统计与分析

使用 SPSS 23.0 对东亚小花蝽在不同植物上的总产卵量、逐日累积产卵量、卵的孵化率、产卵持续时间、卵孵化时间和净生殖力进行单因素方差分析(one way ANOVA, $P < 0.05$), 并对结果进行多重比较(Tukey HSD, $P < 0.05$), 其中卵的孵化率数据进行了反正弦转换, 最后使用 SigmaPlot 12.5 进行画图。

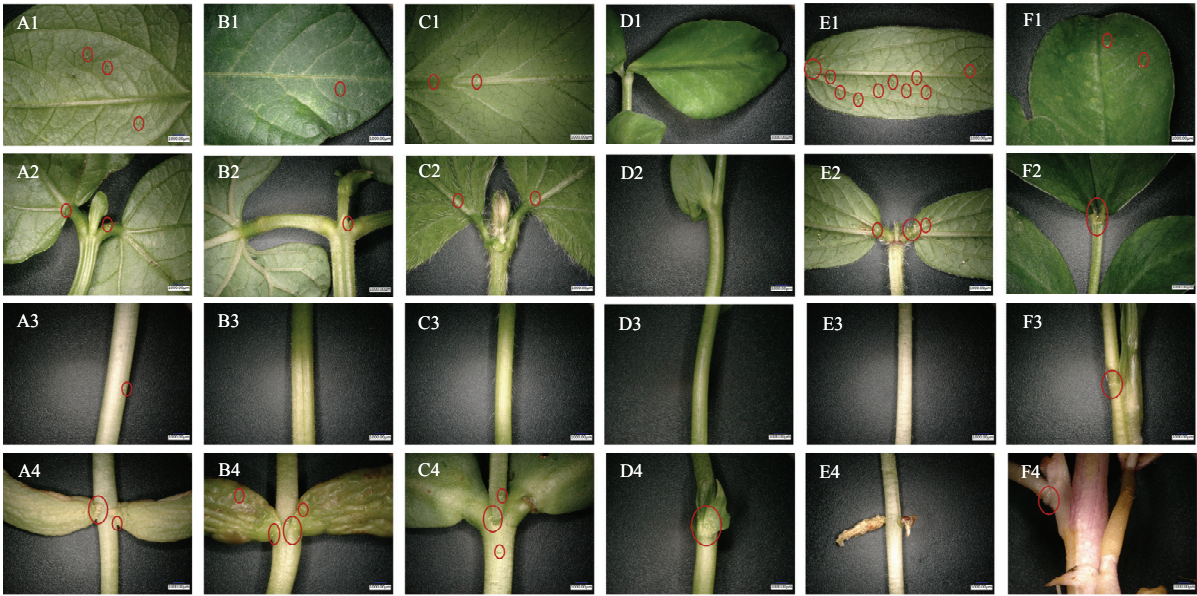
2 结果与分析

2.1 东亚小花蝽在不同豆科植物上的产卵分布

东亚小花蝽产卵位置的偏好也是筛选适宜产卵基质所必需的。东亚小花蝽在不同豆科植物上的产卵部位差异较大。在豇豆植株上卵散产, 叶片, 叶柄, 茎和子叶周围都有分布, 子叶周围相对较多一些, 但无集中现象; 在菜豆茎上无产卵, 少数产在茎和叶片上, 大部分产在子叶周围; 大豆茎上也没有产卵, 卵均匀产在叶片、叶柄和子叶周围; 而在豌豆的叶片、叶柄和茎上都没有产卵, 只产在豌豆的托叶周围; 在绿豆上卵集中产在叶片和叶柄上, 子叶周围和茎上都没有卵; 在花生上的叶片、叶柄、茎和茎基部都有卵, 但叶片偏多一点(图 1)。

2.2 东亚小花蝽在不同豆科植物上的总产卵量

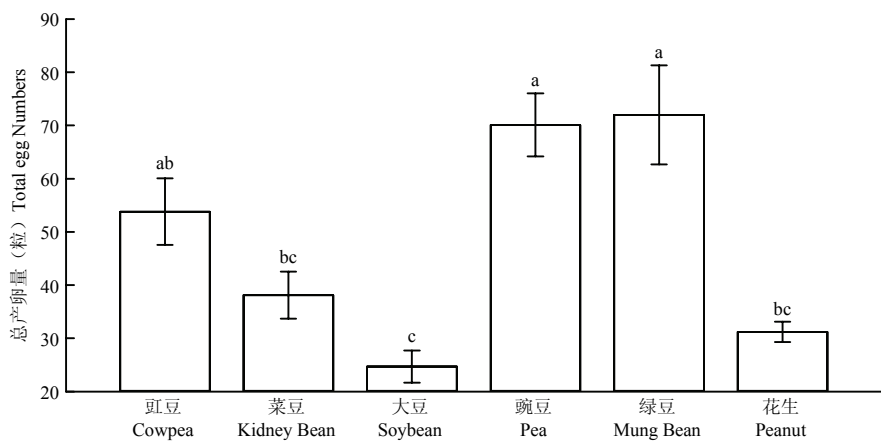
东亚小花蝽在不同植物上的总产卵量存在显著差异($F_{5,54}=9.171$, $P < 0.001$)。在绿豆上的产卵量最高, 为 (72.0 ± 9.3) 粒, 与豌豆和豇豆无显著性差异。产卵量由高到低依次为绿豆、豌豆、豇豆、菜豆, 花生和大豆(图 2)。



A1: 豇豆叶片 Cowpea leaves; A2: 豇豆叶柄 Cowpea petiole; A3: 豇豆茎 Cowpea stem; A4: 豇豆子叶 Cowpea cotyledons; B1: 菜豆叶片 Kidney bean leaves; B2: 菜豆叶柄 Kidney bean petiole; B3: 菜豆茎 Kidney bean stem; B4: 菜豆子叶 Kidney bean cotyledons; C1: 大豆叶片 Soybean leaves; C2: 大豆叶柄 Soybean petiole; C3: 大豆茎 Soybean stem; C4: 大豆子叶 Soybean cotyledons; D1: 豌豆叶片 Pea leaves; D2: 豌豆叶柄 Pea petiole; D3: 豌豆茎 Pea stem; D4: 豌豆托叶 Pea stipules; E1: 绿豆叶片 Mung bean leaves; E2: 绿豆叶柄 Mung bean petiole; E3: 绿豆茎 Mung bean stem; E4: 绿豆子叶 Mung bean cotyledons; F1: 花生叶片 Peanut leaves; F2: 花生叶柄 Peanut petiole; F3: 花生茎 Peanut stem; F4: 花生茎基部 Peanut stem base

图 1 东亚小花蝽在不同植物上的产卵分布

Fig. 1 Oviposition distribution of *O. sauteri* on different plants



注：图中数据为平均值±标准误。不同字母表示经 Tukey HSD 检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Note: The data in the figure are means±SE. Different letters showed significant differences at $P<0.05$ level by Tukey HSD test.

图 2 东亚小花蝽在不同植物上的总产卵量

Fig. 2 Total egg numbers of *O. sauteri* on different plants

2.3 东亚小花蝽在不同豆科植物上逐日累积产卵量

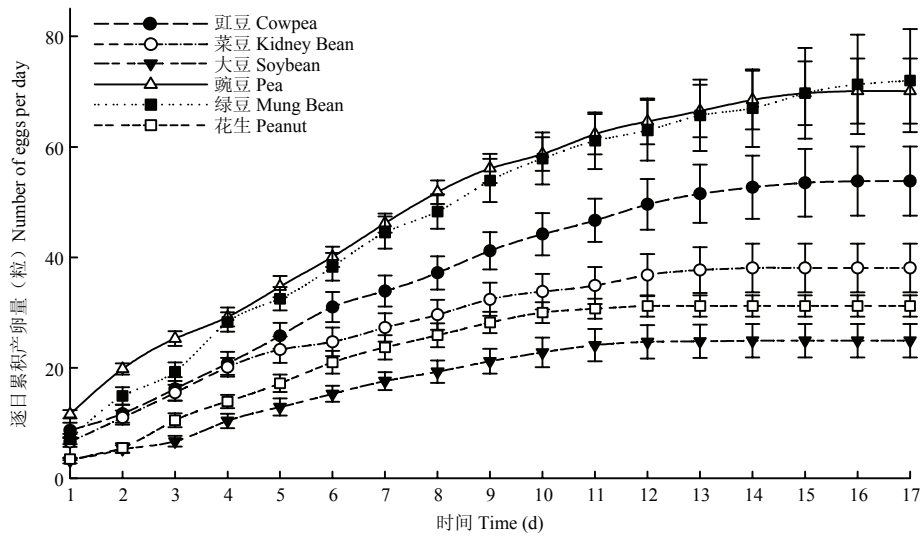
随着时间的延长，不同豆科植物上的逐日产卵量均呈先增加后趋于平稳的趋势。东亚小花蝽在绿豆、豇豆和豌豆上的产卵持续状况较好（图 3）。

2.4 东亚小花蝽在不同豆科植物上的产卵持续时间

东亚小花蝽在不同豆科植物上的产卵持续时间无显著差异 ($F_{5,54}=2.092$, $P=0.081$)。

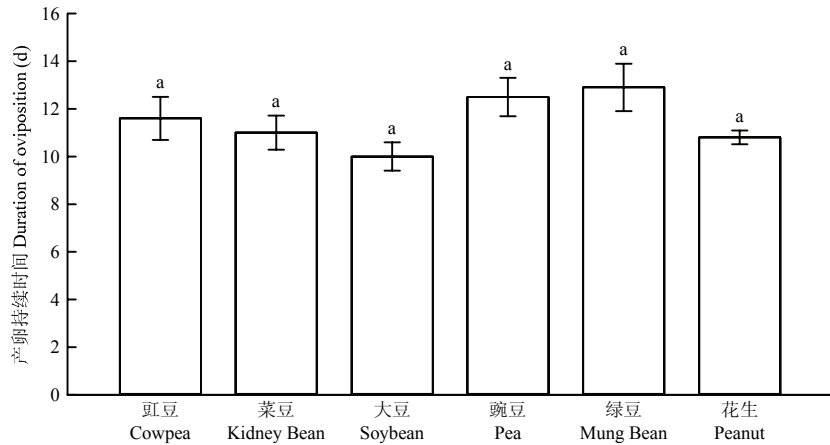
2.5 东亚小花蝽在不同豆科植物上的卵孵化率和净生殖力

东亚小花蝽在不同植物上卵的孵化率存在显著差异 ($F_{5,54}=12.5$, $P<0.001$)。花生上卵的孵化率最高，



注：图中数据为平均值±标准误。不同字母表示经 Tukey HSD 检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Note: The data in the figure are means±SE. Different letters showed significant differences at $P<0.05$ level by Tukey HSD test.

图 3 东亚小花蝽在不同植物上逐日累积产卵量
Fig. 3 Number of eggs of *O. sauteri* per day on different plants



注：图中数据为平均值±标准误。相同字母表示经 Tukey HSD 检验在 $P<0.05$ 水平差异不显著。
Note: The data in the figure are means±SE. Same letters showed no significant difference at $P<0.05$ level by Tukey HSD test.

图 4 东亚小花蝽在不同植物上的产卵持续时间
Fig. 4 Oviposition duration of *O. sauteri* on different plants

为 $(86.79 \pm 1.22)\%$ ，但与绿豆、豌豆和豇豆相比无显著差异。卵孵化率由高到低依次为花生、绿豆、豌豆、豇豆、菜豆、大豆。东亚小花蝽在不同植物上的净生殖力也存在显著差异 ($F_{5,54}=13.06$, $P<0.001$)。在绿豆上的净生殖力最高，与豌豆和豇豆相比无显著差异。净生殖力由高到低依次为豌豆、豇豆、菜豆、花生，最低的为大豆（表 2）。

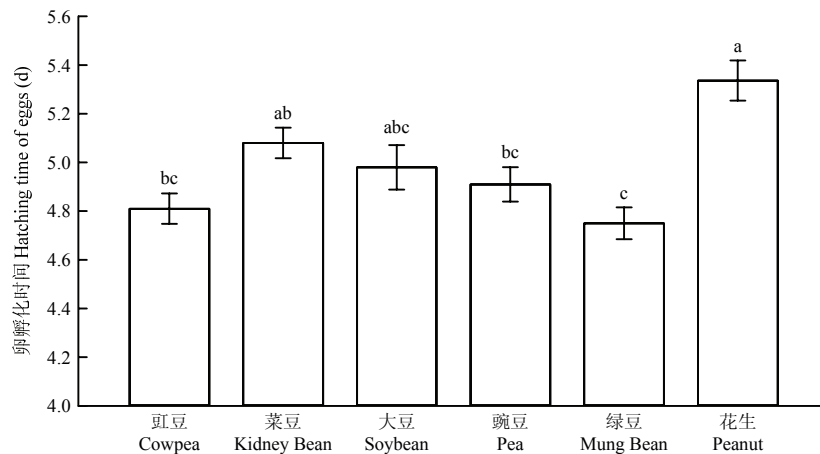
表 2 东亚小花蝽在不同植物上的卵孵化率和净生殖力
Table 2 Hatching rate and net fecundity of *O. sauteri* on different plants

参数 Parameter	豇豆 Cowpea	菜豆 Kidney bean	大豆 Soybean	豌豆 Peas	绿豆 Mung bean	花生 Peanut
孵化率 Hatching Rate (%)	78.91±2.01 ab	74.15±1.83 bc	65.73±2.95 c	80.61±1.18 ab	81.71±1.48 ab	86.79±1.22 a
净生殖力 (头) Net Fecundity	42.7±4.92 ab	28.4±3.26 bc	16.2±1.93 c	56.6±4.59 a	59.5±8.50 a	26.6±1.44 bc

注：表中数据为平均值±标准误。不同字母表示经 Tukey HSD 检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Note: The data in the table are means±SE. Different letters showed significant differences at $P<0.05$ level by Tukey HSD test.

2.6 东亚小花蝽在不同豆科植物上的卵孵化时间

东亚小花蝽在不同豆科植物上的卵孵化时间存在着显著差异 ($F_{5,54}=6.394$, $P<0.001$)。绿豆上卵孵化时间最短, 而花生上最长。



注: 图中数据为平均值±标准误。不同字母表示经 Tukey HSD 检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。

Note: The data in the figure are means±SE. Different letters showed significant differences at $P<0.05$ level by Tukey HSD test.

图 5 东亚小花蝽在不同植物上的卵孵化时间

Fig. 5 Hatching time of eggs of *O. sauteri* on different plants

3 讨论

产卵基质一直是东亚小花蝽人工饲养中的关键问题 and 研究热点, 它直接影响雌成虫的产卵量和卵孵化率, 从而影响东亚小花蝽的繁殖效率。前人研究发现, 东亚小花蝽对豆科植物具有产卵偏好性, 在豆科植物的各个部位均可产卵, 且产卵效果也存在差异^[6,8]。如菜豆芽、黄豆芽、蚕豆芽、白芸豆嫩茎、菜豆叶和发芽的蚕豆种子等均被作为东亚小花蝽的产卵基质进行人工饲养^[7,8,29]。但前人更多地是将豆科植物的各个部位分开研究, 评价其作为东亚小花蝽产卵基质的繁育效果。很少有研究将全株植物直接作为东亚小花蝽的产卵基质进行效果评价。

因此, 本研究通过比较东亚小花蝽在豇豆、菜豆、大豆、豌豆、绿豆和花生 6 种豆科植物上的产卵量、产卵持续时间、卵孵化时间和卵孵化率等指标, 评价了其在不同产卵基质上的适合度。东亚小花蝽在所试豆科植物上的卵均能正常发育, 但其在不同植物上的产卵量、卵孵化时间、卵孵化率和净生殖力均存在较大差异。东亚小花蝽在绿豆上的产卵量和净生殖力最高, 虽然与豌豆和豇豆无显著性差异, 但显著高于大豆和花生。相同的是, Zhang 等^[30]研究发现东亚小花蝽在绿豆上的产卵量高于其他豆科植物。卵孵化率最高的是花生, 但与绿豆和豇豆并无显著性差异。东亚小花蝽在 6 种植物上的产卵持续时间并无显著性差异, 但在绿豆上的卵孵化时间最短, 虽然与大豆、豇豆和豌豆并无显著差异, 但显著低于花生和菜豆。

综合以上评价指标, 绿豆、豌豆和豇豆是东亚小花蝽较为合适的产卵基质植物, 且绿豆优于豌豆、豌豆优于豇豆。同时我们的研究还发现, 东亚小花蝽在不同植物上产卵位置的选择也存在着较大差异。在绿豆植株上, 东亚小花蝽的卵集中产于新发芽的嫩茎和叶片上, 而在豌豆上集中于最下面的两片托叶及托叶附近的嫩茎, 其余上部茎叶均未观察到落卵。东亚小花蝽在豇豆植物上的卵散产, 在叶片、叶柄、茎和子叶周围都有分布, 但子叶偏较多一些。由于托叶和子叶的面积有限, 产卵范围较小, 且容易脱落。相比于绿豆的卵集中产于新发的嫩茎和叶片上, 豌豆和豇豆不适合作为长期的产卵基质。因此, 绿豆更适合作为东亚小花蝽的首选产卵基质, 且具有良好的室内定殖效果。但是本试验仅在实验室条件下进行测试, 缺少田间的试验结果。东亚小花蝽在绿豆上的田间定殖效果是否也很好, 以及其作为田间功能植物的应用效果如何, 仍需要进一步评估。

随着我国对绿色农业的重视以及有机生产规模的不断扩大,以天敌昆虫释放和保护利用为主的生物防治技术逐渐被应用于现代农业生产中。而东亚小花蝽作为一种重要的捕食性天敌昆虫在防控果园、设施蔬菜和花卉等作物的虫害发生和暴发中起着非常重要的作用。产卵基质的选择是东亚小花蝽规模化繁育的关键因素,同样选用适宜其产卵的功能植物也会增强东亚小花蝽在田间释放应用的防治效果。如产卵持续时间更长,可能会使田间防控的持效性更好。东亚小花蝽在绿豆上的产卵持续时间相对最长,这可能会获得更长的防控时间和更好的控制效果。

近年来,利用捕食性天敌储蓄植物系统防治田间害虫已经变得越来越常见^[31]。而对于东亚小花蝽的储蓄植物研究还很少。Zhao 等^[16]研究表明利用金盏菊作为花粉来源,可以提高东亚小花蝽对桃蚜和西花蓟马的防治效果。但此研究中的金盏菊仅作为蜜源性功能植物为天敌提供能量补充。而我们的研究中所选取的豆科植物,不仅可以作为东亚小花蝽的产卵基质植物辅助其田间定殖,还可以作为具有生物固氮功能的绿肥植物为临近靶标作物提供氮源,是理想的天敌诱集储蓄功能植物。因此,我们下一步将围绕本研究所筛选出的绿豆开展东亚小花蝽田间定殖和诱集助迁作用研究。

参 考 文 献

- [1] 马亚云, 张帆, 王甦, 等. 功能植物金盏菊对七星瓢虫温室定殖控害的增效作用研究[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(2): 276-282.
- [2] 周伟儒, 王初, 邱志邦. 用黄豆芽作产卵植物繁殖东亚小花蝽[J]. 生物防治通报, 1991, 7(1): 7-9.
- [3] 于毅, 孟宪水, 严毓骅. 东亚小花蝽产卵选择性及产卵部位[J]. 中国生物防治学报, 1997, 13(4): 42-43.
- [4] 郭建英, 万方浩, 吴岷. 利用桃蚜和人工卵赤眼蜂蛹连代饲养东亚小花蝽的比较研究[J]. 中国生物防治学报, 2002, 18(2): 58-61.
- [5] 江幸福, 刘悦秋, 张蕾, 等. 绿肥害虫发生与防控研究现状与发展趋势[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 61-68.
- [6] Murai T, Narai Y, Sugiura N. Utilization of germinated broad bean seeds as an oviposition substrate in mass rearing of the predatory bug, *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthoridae)[J]. Applied Entomology and Zoology, 2001, 36(4): 489-494.
- [7] Tan X L, Wang S, Liu T X. Acceptance and suitability of four plant substrates for rearing *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthoridae)[J]. Biocontrol Science and Technology, 2014, 24(3): 291-302.
- [8] 尹哲, 李兆春, 曹泽文, 等. 东亚小花蝽人工繁育与利用进展[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(6): 19-22.
- [9] Lundgren J G, Fergen J. The oviposition behavior of the predator *Orius insidiosus*: acceptability and preference for different plants[J]. Biological Control, 2006, 51(2): 217.
- [10] Wang Y P, Wu H, Bu W J, et al. Geographic distribution of the genus *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthoridae)[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2003, 20(4): 389-393.
- [11] 杨淑斐. 东亚小花蝽的群体饲养与捕食作用的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008.
- [12] Nagai K, Yano E. Predation by *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthoridae) on *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae): Functional response and selective predation[J]. Applied Entomology and Zoology, 2000, 35: 565-574.
- [13] Zhang G, Lü Z C, Wan F H, et al. Real-time PCR quantification of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) B-biotype remains in predator guts[J]. Molecular Ecology Notes, 2007, 7: 947-954.
- [14] Yano E. Recent development of biological control and IPM in greenhouse in Japan[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2004, 7: 5-11.
- [15] Nakata T. Population fluctuations of aphids and their natural enemies on potato in Hokkaido[J]. Applied Entomology and Zoology, 1995, 30: 129-138.
- [16] Zhao J, Guo X J, Tan X J, et al. Using *Calendula officinalis* as a floral resource to enhance aphid and thrips suppression by the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthoridae)[J]. Pest Management Science, 2017, 73(3): 515-520.
- [17] Wang S X, Di N, Chen X, et al. Life history and functional response to prey density of the flower bug *Orius sauteri* attacking the fungivorous sciarid fly *Lycoriella pleuroti*[J]. Journal of Pest Science, 2018, 92(2): 715-722.
- [18] 刘文静, 于毅, 徐洪富, 等. 小花蝽人工繁殖研究进展[J]. 山东农业科学, 2010, 9: 83-87.
- [19] 尹哲, 李金萍, 董民, 等. 东亚小花蝽对西花蓟马、二斑叶螨和桃蚜的捕食能力及捕食选择性研究[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(8): 17-19.
- [20] 尹健, 高新国, 武予清, 等. 释放东亚小花蝽对茄子上蓟马的控制效果[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(3): 459-462.
- [21] 郭培, 姬素婵, 李慧玲, 等. 粘虫卵饲养东亚小花蝽的初步研究[J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(1): 145-149.
- [22] Ogino T, Uehara T, Muraji M, et al. Violet LED light enhances the recruitment of a thrip predator in open fields[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 32302.

- [23] Wang S, Michaud J P, Tan X L, *et al.* Comparative suitability of aphids, thrips and mites as prey for the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae)[J]. *European Journal of Entomology*, 2014, 111(2): 221-226.
- [24] Ge Y, Liu P P, Zhang L, *et al.* A sticky situation: honeydew of the pear psylla disrupts feeding by its predator *Orius sauteri*[J]. *Pest Management Science*, 2019, 76(1): 75-84.
- [25] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture[J]. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175-201.
- [26] 李慧玲, 李鹏, 张辉, 等. 东亚小花蝽对茶树两种害虫的捕食作用[J]. *茶叶学报*, 2019, 60(1): 38-40.
- [27] Kiman Z B, Yeager K V. Development and reproduction of the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) reared on diets of selected plant material and arthropod prey[J]. *Annals of Entomological Society of America*, 1985, 4: 464-467.
- [28] Yoshitaka N, Yoshimi H. Effects of prey availability on longevity, prey consumption, and egg production of the insect predators *Orius sauteri* and *O. tantillus* (Hemiptera: Anthocoridae)[J]. *Annals of Entomological Society of America*, 1999, 92: 537-541.
- [29] 杨丽文, 王甦, 张志勇, 等. 米蛾卵饲养东亚小花蝽的关键点研究[J]. *环境昆虫学报*, 2014, 36(6): 971-977.
- [30] Zhang R F, Ji D Z, Zhang Q Q, *et al.* Evaluation of eleven plant species as potential banker plants to support predatory *Orius sauteri* in tea plant systems[J]. *Insects*, 2021, 12(2): 162.
- [31] 李姝, 王杰, 黄宁兴, 等. 捕食性天敌储蓄植物系统研究进展与展望[J]. *中国农业科学*, 2020, 53(19): 3975-3987.

(责任编辑: 张莹)