

蠋蝽储蓄植物筛选与适合性评价

胡 杨*, 张杰波*, 何冰玉, 热伊莱·喀迪尔, 马辰瀚, 李 超**

(新疆农业大学农学院, 农业农村部西北荒漠绿洲农林外来入侵生物防控重点实验室(部省共建), 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要: 蠋蝽 *Arma chinensis* (Fallou) 作为一种重要的捕食性天敌, 广泛用于多种害虫的防控, 但传统的释放方式成本高, 时效性差等问题影响了天敌昆虫的使用。如何增值保护天敌, 提高生物防治的技术成为关键。储蓄植物具有预防性引入天敌的特点、有助于帮助天敌种群的维持, 实现持续控害。本文评价了花生、大豆、豌豆、蚕豆、菜豆 5 种豆科植物作为蠋蝽的储蓄植物的室内适合度。结果表明: 蠋蝽在不同的植株上的偏好率及产卵量存在显著差异 ($P < 0.05$), 蠋蝽对花生与大豆植株的偏好率均达到 20% 以上, 显著高于其余植株 ($P < 0.05$); 在大豆植株上平均产卵量最高达到 15.2 粒, 占有植株上总产卵量的 23.71%, 其次是花生植株 14 粒, 占总产卵量的 21.84%, 两者无明显差异 ($P > 0.05$); 大豆上的孵化率可达到 93.78%, 与蚕豆、花生相比无显著差异 ($P > 0.05$); 而大豆的繁殖系数最高, 与其余植株有显著差异 ($P < 0.05$)。在无猎物时, 蠋蝽在花生和大豆叶片饲养下存活时间最长、存活率最高, 可少量发育至成虫。综上所述, 初步认为大豆与花生比较适合用来构建蠋蝽储蓄植物系统, 而田间构建蠋蝽储蓄植物系统效果还需进一步研究。

关键词: 储蓄植物; 蠋蝽; 豆科植物

Selection and suitability evaluation of the banker plants of the *Arma chinensis* (Fallou)

HU Yang*, ZHANG Jie-Bo*, HE Bing-Yu, Reyilai.kadier, MA Chen-Han, LI Chao* (Key Laboratory of Prevention and Control of Invasive Alien Species in Agriculture & Forestry of the North-western Desert Oasis (Co-construction by Ministry and Province), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: *Arma chinensis* (Fallou) as an important predatory predator, has been widely used in the control of various pests. However, the traditional release methods have high cost and poor timeliness, which affect the use of natural enemies. How to add value to protect natural enemies and improve biological control technology become the key banker plants have the characteristics of preventing the introduction of natural enemies, help to maintain natural enemy populations, and achieve continuous control of pests. This article evaluated the suitability of five leguminous plants, Peanut Peas broad bean Kidney Bean Soybean and Potato, as Banker plants for the *A. chinensis* in an indoor environment. The results showed that there were significant differences in the preference rate and egg laying amount of *Arma chinensis* on different plants ($P < 0.05$). The preference rate of *A. chinensis* on peanut and soybean plants reached over 20%, which was significantly higher than the other plants ($P < 0.05$); The average number of eggs dropped on soybean plants reached 15.2, accounting for 23.71% of the total number of eggs dropped on all plants, followed by 14 peanut plants, accounting for 21.84% of the total number of eggs dropped ($P > 0.05$); The incubation rate of soybean could reach 93.78%, and there was no significant difference compared with broad beans and peanuts ($P > 0.05$). The reproductive coefficient of

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD1400200); 新疆维吾尔自治区天山英才计划 (2021282)

共同第一作者: 胡杨, 男, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: m17716991015@163.com 张杰波, 男, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: zhangjiebo9729@163.com

*通讯作者 Author for correspondence: 李超, 男, 博士, 副教授, 研究方向为入侵害虫种群监测与绿色防治, E-mail: lichaoyw@163.com

收稿日期 Received: 2024-07-05; 接受日期 Accepted: 2024-08-19

soybean was the highest with other plants ($P < 0.05$). When there is no prey, the *A. chinensis* can survive longest and have the highest survival rate under the feeding of peanut and soybean leaves, and can develop to adult in a small amount. In summary, it is preliminarily believed that soybeans and peanuts are more suitable for constructing *A. chinensis* storage plant systems, and the effectiveness of constructing storage plant systems in the field needs further research.

Key words: Banker plant; *Arma chinensis*; leguminous plant

近年来, 农业种植面积不断增加, 但随着全球气候变暖的加剧, 农作物病虫害也越发严重, 农产品的产量与质量均受到严重影响(王春祥, 2017; 林娇蓉等, 2020)。化学农药有杀虫谱广、快速高效、使用方法简单, 不受地域和季节限制等特点, 便于大面积机械化使用, 可以节省人力、物力, 因此目前对作物病虫害的防治仍以化学防治为主(高程斐等, 2022)。因为长期使用化学农药对环境和食品安全会造成不利影响, 保护型的生物防治技术逐渐崛起, 天敌昆虫作为害虫防治的主要产品, 不仅能调控农田环境的生态平衡, 还能增加田间生物多样性、提高天敌定殖率和持续控害的能力(Samantha *et al.*, 2007; 姜婷等, 2019)。储蓄植物系统(Banker plant system)又叫载体植物或开放式天敌饲养系统(Open-rearing system), 由储蓄植物、有益生物和代替食物组成, 通过携带天敌的长期食品如花、汁液、减少作物的损伤, 以低成本且高效的持续帮助天敌在建立、发育和扩散, 是有意添加建立的用于温室或大田的害虫防治系统(Huang, 2011; 李先伟等, 2013)。在生物防治中得到广泛的研究, 已被证实是一种有效、简单、可靠的控制害虫的方法, 目前动植食性盲蝽与捕食螨有较多的研究(李姝等, 2020; 米莹莹等, 2024), 而捕食性天敌的研究较少, 大田应用天敌储蓄植物系统相关研究相对更少。

蠋蝽 *Arma chinensis* (Fallou) 隶属半翅目 Hemiptera 蝽科 Pentatomoidea 益蝽亚科 Asopina, 是一种重要的捕食性天敌昆虫, 可以捕食鳞翅目、鞘翅目、膜翅目及半翅目等多个目的害虫, 具有较宽的地域适应性, 在农林害虫防治中具有巨大的生物防治潜力。对常见害虫美国白蛾 *Trachea atriplicis*、马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata*、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*、玉米螟 *Ostrinia furnacalis*、小菜蛾 *Plutella xylostella*、烟青虫 *Helicoverpa assulta*、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 等有一定的捕食和控害能力(唐艺婷等, 2020; 刘娟等, 2021; 杨灿, 2021; 陈沉等, 2022; 孙婧婧等, 2022; 张庭发等, 2023; 孙贝贝等, 2023)。蠋蝽的生物防治不同于赤眼蜂和肿腿蜂等寄生性天敌, 需在环境适宜的场所连续释放 2~3 年, 才能在释放区形成稳定的定殖种群, 达到可持续防治害虫的目的(高卓等, 2011)。迄今为止, 蠋蝽已在室内进行大规模扩繁, 但在蠋蝽饲养过程中会出现种群退化, 若虫自残严重、存活率低等问题(苗少明等, 2019)。宋丽文等人(2010)研究发现, 加入不同的寄主植物能显著提高蠋蝽若虫存活率, 其中大豆苗、豌豆苗、蚕豆苗等具有较好的扩繁效果, 这说明部分豆科植物可以作为饲养与扩繁蠋蝽的寄主植物。

储蓄植物系统是人为添加提供给天敌昆虫的庇护所, 将天敌引入到储蓄植物上, 天敌可利用储蓄植物提供的寄主或猎物快速繁殖建立种群, 达到长期控害的效果(张昌容等, 2021)。人为的给天敌昆虫提供庇护所, 而豆科植物(如大豆、花生、豌豆、蚕豆等)已有用来间作于田间作为天敌昆虫的储蓄植物的案例(刘俊秀等, 2022), 不仅可以提高田间昆虫多样性, 还可以起到生物固氮等功能(Markkula, *et al.*, 1979; Ausra *et al.*, 2019; Mansour, 2000; 张新新, 2023)。优良的储蓄植物不仅要有利于天敌昆虫的生长发育及繁殖, 提供舒适的栖息地及营养物质, 还要考虑种植及维护, 选择适宜本地环境、易于繁殖、生长周期需要与保护的作物相同或更长, 这样不用频繁更换储蓄植物并且使田间害虫的种群数量维持在一个较

低的水平，可以减少释放的次数，达到降低成本的需求（Parolin *et al.*, 2010）。本研究为筛选出属于蠨螋的最适宜的豆科植物作为田间储蓄植物，以花生、大豆、菜豆、豌豆、蚕豆及马铃薯植株为研究对象，系统比较蠨螋对不同植物的偏好性、产卵选择性、生长发育等参数，筛选出可作为蠨螋在田间的储蓄植物，在田间建立蠨螋储蓄植物系统进行生物防治这一系统提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

1.1.1 蠨螋种群的构建

蠨螋成虫购于河南省济源白云实业有限公司，在新疆农业大学农学院昆虫生态实验室饲养，用黄粉虫蛹作为饲料，置于智能人工气候箱（型号：RXM-258A）内饲养，饲养温度 $27^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 RH $60\%\pm 5\%$ 、光周期 L:D=16:8，复壮后的第二代蠨螋成虫用于试验。

黄粉虫蛹来自新疆农业大学农学院昆虫生态实验室，于 4°C 冰箱冷藏，以保证饲喂蠨螋时黄粉虫蛹处于活体状态。

1.1.2 供试植物

供试植物分别为花生、大豆、马铃薯、豌豆、菜豆、蚕豆（表 1）。将供试的种子在 26°C 下浸泡催芽 72 h 后，播种于花盆（ $30\text{ cm}\times 20\text{ cm}\times 15\text{ cm}$ ，草炭土：蛭石 = 3:1）中，环境条件为温度 $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 RH $60\%\pm 5\%$ ，光周期 L:D=16:8。每隔 3 d 均匀浇水两次，待植株长至 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 Tested plant species and related information

序号 Serial number	名称 Name	品种 Variety	来源 Source
1	花生 <i>Arachis hypogaea</i> L.	花育 16 号 Hua Yu 16	山西太谷绿宝种业有限公司 Shanxi Taigu green treasure seed Company Limited
2	豌豆 <i>Pisum sativum</i> L.	食荚大菜豌豆 Pod pea	新泰市德瑞新种业有限公司 Xintai City derry new seed industry Company Limited
3	蚕豆 <i>Vicia faba</i> L.	铁豆 55 号 Iron Bean 55	新疆新实良种股份有限公司 Xinjiang new seed Company Limited
4	菜豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	丰收 1 号 Harvest number 1	南京绿领种业有限公司 Nanjing green collar seed industry Company Limited
5	大豆 <i>Glycine max</i> (L.) Merr.	新大豆 27 号 New soybean number 27	新疆农业科学院 Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
6	马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> L.	荷兰 15 Favorita	新疆驰诚种业有限公司 Xinjiang chicheng seed industry Company Limited

1.2 蠨螋成虫对不同储蓄植物的偏好性

选用健壮无虫的 5 种储蓄植物（花生、豌豆、蚕豆、菜豆、大豆）及马铃薯植株各一盆，以马铃薯作为对照组，在密封的网罩（ $50\text{ cm}\times 50\text{ cm}\times 50\text{ cm}$ ）内围一圈，试验共设计 6 个处理，5 个重复（朱亮，2013）。每个重复均随机排列，使 6 种植株排列顺序不同。每盆间距为 10 cm，每隔 15 min 顺时针旋转 1 次植株摆放位置，1 h 调查时共旋转 4 次，6 h 调查时共旋转 24 次，旋转过程中未使蠨螋受到惊吓而发生其他选择行为。将蠨螋成虫 12 头（雌雄各 6 头）放在 6 种植株围成圆圈的中心位置，于接虫后的 1 h、6 h 观察记录每盆植株上的虫量。并按照以下公式计算蠨螋对 6 种供试植株的偏好率。

$$\text{偏好率}(\%) = \frac{\text{植物吸引虫数}}{\text{总头数}} \times 100$$

1.3 蠋蝽在不同植株上的单日产卵量、孵化率和繁殖系数

雌成虫的产卵量：蠋蝽雌成虫产卵选择性试验在养虫笼中进行。选择长势一致的 6 种植物（供试植株与 1.2 一致）盆栽幼苗，去除部分叶片以保证每种植物的叶面积相近。将 6 种植物的盆栽幼苗放入养虫笼（50 cm×50 cm×50 cm）每个养虫笼重复 5 次。每个养虫笼接入 6 对蜕皮 1 d 的雌雄成虫，脱脂棉蘸取质量分数 5% 的蜂蜜水后用铁丝固定在养虫笼的中心和 4 角处，供成虫补充营养。自产卵日起，每天收集供试植株上的卵块，并记录卵粒数量，连续记录 2 d。计算每种供试植株上的产卵量、卵孵化率、繁殖系数。

$$\text{卵的孵化率} = \frac{\text{每种植物上孵化出的若虫总数}}{\text{植物上的总卵量}}$$

$$\text{繁殖系数} = \text{植物上的着卵量} \times \text{卵的孵化率}$$

1.4 无猎物时蠋蝽若虫在离体叶片上的存活率和发育历期。

离体叶片对蠋蝽发育试验：以清水为对照，设置大豆、花生、豌豆、菜豆、蚕豆、马铃薯、清水 7 个处理，每个处理重复 60 次。具体操作：摘取新鲜无虫的植物叶片放置于直径 2 cm，高 1.5 cm 的 6 孔培养皿中，用软毛笔轻轻将蠋蝽初孵化若虫挑至一片带叶柄的新鲜叶片上，盖上培养皿并编号放置于人工气候箱内，饲养温度 26°C±1°C、相对湿度 RH 60%±5%、光周期 L:D=16:8。每日更换培养皿中的叶片并观察记录若虫蜕皮和存活情况，直至所有若虫发育至成虫或死亡为止。

1.5 数据分析

试验数据用 Excel 2022 进行记录整理，按照公式计算出偏好率，对百分率数据进行平方根转换。使用 SPSS 26.0 进行差异性显著分析，采用单因素方差分析蠋蝽对 6 种植株的偏好率、产卵量、孵化率和繁殖系数。结果使用 Graphpad prism 10.0 作图。

2 结果与分析

2.1 蠋蝽成虫对不同储蓄植物选择偏好

蠋蝽成虫对花生和大豆植株有明显的偏好选择（图 1）。接虫 1 h 后，蠋蝽对花生和大豆植株的偏好性最高分别为 26.1% 和 26.3%，两者不存在明显差异（ $P = 0.824$ ， $F = 0.053$ ， $df = 1$ ），6 h 后，蠋蝽对花生的偏好率最高（29.98%），显著高于其余植株（ $P < 0.05$ ， $F = 114.34$ ， $df = 5$ ）。马铃薯对蠋蝽的吸引最差，在两个时间段均显著低于其余植株（ $P < 0.05$ ， $F = 168.06$ ， $df = 5$ ）。蠋蝽对不同植株的偏好性分为三个等级，第一级为花生和大豆植株，蠋蝽在 1 h 和 6 h 的偏好性均大于 24%；第二级为豌豆、蚕豆和菜豆植株，1 h 和 6 h 的偏好性均高于 9%；第三级为马铃薯植株，偏好性始终低于 9%。

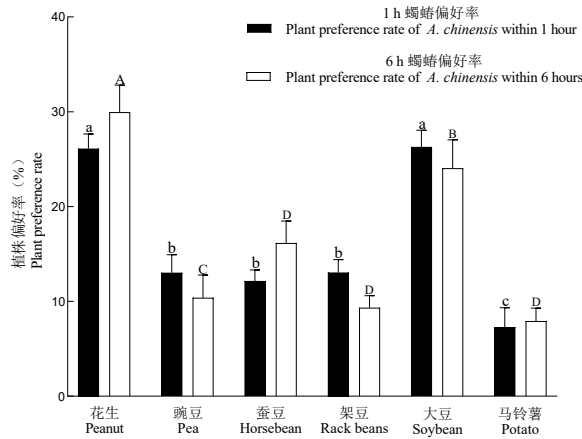


图 1 蠨螋对不同储蓄植物的选择偏好性

Fig. 1 Selection preference of different banker plants in *Arma chinensis*

注：图中数据为平均值±标准误；图中不同小写字母表示 1 h 调查内不同处理之间差异显著 ($P < 0.05$)；不同大写字母表示 6 h 调查内不同处理之间差异显著 ($P < 0.05$) (单因素方差分析)。Note: Data in the figure were average rate ± standard error; Different lowercase letters in the figure indicated significant differences among different treatments within 1 h of investigation ($P < 0.05$); Different capital letters in the figure indicated significant differences among different treatments within 6 h of investigation ($P < 0.05$). (one-way ANOVA).

2.2 蠨螋在不同植株上的产卵量、孵化率及繁殖系数

从蠨螋产卵量可以看出蠨螋在六种植株上均可产卵且有不同的选择 (图 2)。通过 2 d 的产卵试验, 蠨螋在大豆植株上的平均产卵量高达 15.2 粒, 占有所有植株上总产卵量的 23.71%, 其次是花生植株的平均产卵量 14 粒, 占总产卵量的 21.84%, 两者差异不显著 ($P = 0.287$, $F = 1.204$, $df = 2$)。蠨螋卵在不同植株上的孵化率及繁殖系数存在显著差异 ($P < 0.05$) (表 2), 大豆的孵化率可达到 93.78%, 与蚕豆、花生差异不显著 ($P = 0.449$, $F = 0.791$, $df = 2$), 孵化率由高到低依次为大豆 > 蚕豆 > 花生 > 菜豆 > 豌豆 > 马铃薯。在大豆上的繁殖系数最高, 显著高于花生、蚕豆 ($P < 0.05$, $F = 43.16$, $df = 5$), 繁殖系数由高到低依次为大豆 > 花生 > 蚕豆 > 豌豆 > 马铃薯 > 菜豆。

表 2 蠨螋在不同植株上卵孵化率及繁殖系数

Table 2 Egg hatching rate and reproduction coefficient of *Arma chinensis* on different plants

植物 Plant	孵化率 (%) Hatching rate	繁殖系数 Propagation coefficient
花生 Peanut	90.02 ± 2.33 abc	12.6 ± 0.75 b
马铃薯 Potato	74.61 ± 3.7 9d	5.8 ± 0.39 d
豌豆 Peas	79.43 ± 4.31 cd	6.7 ± 0.40 d
蚕豆 Horse bean	90.54 ± 2.4 3ab	10.1 ± 0.62 c
菜豆 Rack beans	80.85 ± 5.35 bcd	5.7 ± 0.26 d
大豆 Soybean	93.78 ± 2.08 a	14.2 ± 0.74 a

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

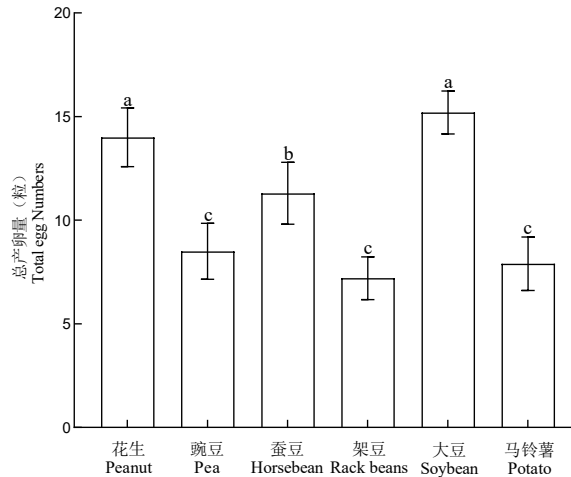


图2 蠨螋在不同寄主上的产卵量

Fig. 2 The number of eggs laid by the *Arma chinensis* on different host

注: 图中数据为平均值±标准误。不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Note: Data in the figure were means ± SE. Different letters showed significant differences at $P < 0.05$ level by test.

2.3 无猎物时蠨螋若虫在离体叶片上的存活率和发育历期

在无猎物的条件下, 蠨螋初孵若虫在清水及6种不同植株离体叶片上能发育至不同虫态。蠨螋在不同植株离体叶片上的发育历期存在差异(表3), 蠨螋1~2龄若虫在蘸水棉球上发育历期最短, 显著短于其余植株($P < 0.05$, $F = 9.56$, $df = 6$), 3~4龄若虫在大豆、花生上的发育历期明显短于其余植株($P < 0.05$, $F = 7.37$, $df = 5$), 但两者之间差异不显著($P = 0.253$, $F = 1.397$, $df = 2$)。4龄至成虫阶段, 由于其余寄主上蠨螋若虫的存活量数较低, 未进行分析。

不同植株离体叶片饲养下蠨螋若虫的存活率显著不同(图3), 仅使用清水和马铃薯叶片饲养的蠨螋在第11天和第12天时存活率为0; 使用架豆、豌豆和蚕豆叶片饲养的蠨螋在第17、18、20天时存活率为0; 使用大豆和花生叶片饲养的蠨螋分别有5头、2头发育至成虫。结果表明, 蠨螋若虫在缺乏猎物时在大豆和花生离体叶片上的存活时间最长、存活率最高。

表3 蠨螋若虫在不同植株离体叶片上发育历期

Table 3 Development period of *Arma chinensis* Nymph in vitro leaves of different plants

处理 Treatment	样本量 Sample size	若虫发育历期 (d) Nymphal development period				
		1龄 1 st instar	2龄 2 nd instar	3龄 3 rd instar	4龄 4 th instar	5龄 5 th instar
菜豆 Rack beans	57	3.53 ± 0.92 c	5.83 ± 0.26 c	3.93 ± 0.50*		
大豆 Soybean	57	3.04 ± 0.93 b	5.15 ± 0.15 b	5.26 ± 0.16 a	4.5 ± 0.20 a	6.60 ± 0.51*
马铃薯 Potato	48	3.40 ± 0.10 c	5.33 ± 0.24*			
花生 Peanut	57	3.02 ± 0.11 b	4.68 ± 0.14 b	5.41 ± 0.19 a	4.15 ± 0.25 a	8.50 ± 0.50*
豌豆 Peas	47	3.60 ± 0.11 c	6.00 ± 0.20 c	3.22 ± 0.83*		
蚕豆 Horse bean	48	3.40 ± 0.15 c	4.93 ± 0.23 b	4.84 ± 0.25*	4.4 ± 0.24*	
清水 Clear water	49	2.67 ± 0.43 a	4.00 ± 0.11 a			

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差异显著 ($P < 0.05$), *表示该数据蠨螋若虫样本量较小, 未纳入统计分析。Note: Data in the table were mean ± standard errors, and different lowercase letters after the same column of data indicated significant differences ($P < 0.05$), which means that the sample size of the data was small and was not included in the statistical analysis.

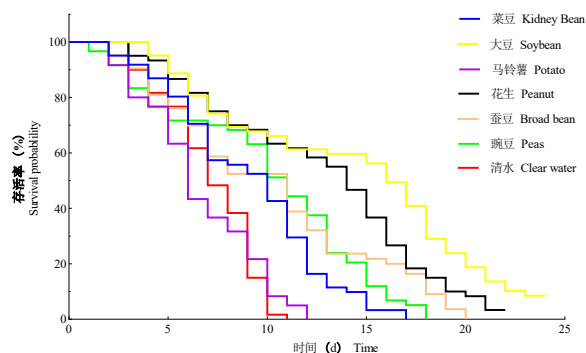


图 3 蠊蝽若虫在离体叶片上的生存曲线

Fig. 3 Survival curves of *Arma chinensis* Nymph in vitro leaves

3 结论与讨论

如今食品安全备受关注,化学农药所造成的负面效应逐渐凸显,为达到有效控制害虫的目的,蠊蝽释放在害虫初发期进行,但存在害虫种群数量较少,天敌会因此难以定殖,若增加释放次数则成本会倍增,目前蠊蝽商品化的价格为3元/头,价格昂贵导致生物防治无法大规模推广。天敌昆虫会对寄主植物进行选择,完成取食、庇护、繁殖等行为(刘慧等,2014),为解决天敌昆虫在田间定殖及扩繁的问题,储蓄植物天敌系统防治方法越来越丰富(李姝等,2020),储蓄植物系统是人为添加提供给天敌昆虫的庇护所,将天敌引入到储蓄植物上,天敌可利用储蓄植物提供的寄主或猎物快速繁殖建立种群,达到长期控害的效果。Zhao等(2017)以金盏菊 *Calendula officinalis* 作为东亚小花蝽 *Orius sauteri* 储蓄植物系统,利用金盏花作为花卉资源,增强东亚小花蝽对蚜虫和蓟马的抑制作用。Xiao等(2011)以番木瓜 *Carica papaya* 浅黄恩蚜小蜂 *E.sophia* 系统用来控制温室番茄上的烟粉虱 *Bemisia tabaci*, 本文通过比较蠊蝽对大豆、花生、蚕豆、豌豆、菜豆、马铃薯植株的偏好率、产卵量及蠊蝽若虫在离体叶片上发育历期的参数,评价5种豆科植株作为蠊蝽储蓄植物适合性。选择这5种豆科植物是因为其培育成本较低,方便易得,具有高营养价值,富含昆虫成长所需蛋白质、高膳食纤维及外源甾醇类营养(郭义等,2016),且可被用于饲养扩繁天敌昆虫(张洪志等,2019;刘俊秀等,2022),为田间构建蠊蝽储蓄植物系统提供参考。

蠊蝽在生长发育过程中不仅需要一定的宿主植物作为栖息环境,还需取食一定量的宿主植物,由于不同植物所含营养及化学成分不同,会导致蠊蝽的生长发育以及生殖力等方面产生差异,本研究发现蠊蝽在无猎物的情况下,少部分在大豆与花生上可存活到成虫,其余存活到3龄或4龄的数量较少未进行统计分析,说明大豆及花生可能含有一些适合蠊蝽补充的营养物质,具体还有待深入研究。而蠊蝽在花生与大豆上栖息的数量最多,与张海平(2017)结论相同,蠊蝽会选择在叶片汁液较多的且有利于补充营养的植物上栖息。蠊蝽在花生、大豆的植株上停留时间较长,因两者植株分枝能力强,叶片小而密,可为蠊蝽提供躲藏的空间,进而导致蠊蝽在两种植株上产卵量也显著高于其余植株。并且蠊蝽卵在大豆植株上的孵化率及繁殖系数最高,与宋丽文等(2010)使用大豆植株幼苗可作为蠊蝽替代寄主植物结论一致。蠊蝽在菜豆与马铃薯停留时间短、卵的孵化率及繁殖系数低可能由于菜豆植株叶片长而茎细长,无法提供蠊蝽栖息的环境,而马铃薯植株含有茄碱会影响神经系统和免疫系统而导致(邓孟胜等,2019)。

综合以上评价指标,大豆花生蚕豆对蠊蝽定殖及扩繁有良好的效果大豆、花生、蚕豆是蠊蝽是较为合适的储蓄植物,大豆优于花生,花生优于蚕豆,最终决定选择花生、大豆植物

作为蠨螋储蓄植物系统,可以为蠨螋提供栖息地的同时,还可以充分发挥大豆和花生的生物固氮作用,对减肥增效及发展环境友好型可持续生态农业意义重大(欧阳子龙等,2024),没有选择蚕豆的原因主要包括两个方面:其一为后期间作系统提高土地利用效率,两种植株可产生互补作用,最好为一高一低可充分利用空间和光能,蚕豆长势较高会影响马铃薯的吸收光照,而花生低于马铃薯,不会阻碍马铃薯吸收光照,进而导致马铃薯生长发育与收获时的产量。其二是蚕豆的花期为出苗后一个月,花生的花期为出苗后两个多月且与马铃薯生长期重合。因此最终舍弃了蚕豆,而选择大豆和花生作为蠨螋储蓄植物,但本试验仅在实验室前期进行筛选,后期作为蠨螋储蓄植物系统构建于田间,效果如何仍需进一步评估。

参考文献(References)

- Ausra AK, Danute JR, Alvyra S. Effect of legume and legume-festulolium mixture and their mulches on cereal yield and soil quality in organic farming [J]. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2019, 7: 340-365.
- Chen C, Song LW, Zuo TT, et al. Observation of predation behavior and evaluation on predation capacity of *Arma chinensis* against *Hyphantria cunea* [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2022, 44 (1): 94-102. [陈沉, 宋丽文, 左彤彤, 等. 蠨螋对美国白蛾的捕食行为观察和捕食能力评价 [J]. 北京林业大学学报, 2022, 44 (1): 94-102]
- Deng MS, Zhang J, Tang X, et al. Research progress of solanine in potato [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2019, 17 (7): 2399-2007. [邓孟胜, 张杰, 唐晓, 等. 马铃薯中龙葵素的研究进展 [J]. 分子植物育种, 2019, 17 (7): 2399-2407]
- Gao CF, Li J, Wang R, et al. Control efficiency of different pesticides on *Plutella xylostella* L and its effect on cauliflower yield and quality [J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2022, 35 (5): 90-95. [高程斐, 李菊, 王瑞, 等. 不同种类农药对松花菜小菜蛾防治效果、产量及品质的影响 [J]. 中国瓜菜, 2022, 35 (5): 90-95]
- Gao Z, Wang XW, Zhang LX, et al. A study on the biological characteristics of *Arma chinensis* [J]. *Journal of Engineering of Heilongjiang University*, 2011, 2 (4): 72-77, 83. [高卓, 王哲玮, 张李香, 等. 蠨螋 (*Arma chinensis*) 生物学特性研究 [J]. 黑龙江大学学报, 2011, 2 (4): 72-77, 83]
- Guo Y, Chen MJ, Zhang HP, et al. The Effects of Regulating the Content of Sterols in Artificial Feed on the Growth and Development of Sticky Worms and Their Natural Enemies, *Arma chinensis* [C]. Chengdu: In 2016 Academic Annual Meeting of the Chinese Society for Plant Protection, 2016: 2. [郭义, 陈美均, 张海平, 等. 调控人工饲料中甾醇的含量对黏虫及其天敌蠨螋生长发育的影响 [C]. 成都: 中国植物保护学会 2016 年学术年会, 2016: 2]
- Huang NX, Annie EG, Lance SO, et al. The banker plant method in biological control [J]. *Plant Sciences*, 2011, 30 (3): 259-278.
- Jiang T, Fu DM, Zhang WN, et al. Regulating effect of agricultural landscape pattern on ecological pest control by natural enemies [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2019, 30 (7): 2511-2520. [姜婷, 傅道蒙, 张万娜, 等. 农业景观格局对天敌生态害虫防治的调节作用 [J]. 应用生态学报, 2019, 30 (7): 2511-2520]
- Li S, Wang J, Huang NX, et al. Research progress and prospect on banker plant Systems of predators for biological control [J]. *Chinese Agricultural Science*, 2020, 53 (19): 3975-3987. [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]
- Li XW, Pan MZ, Liu TX. The theory and practice of using banker plant system for biological control of pests [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (4): 890-896. [李先伟, 潘明真, 刘同先. BANKER PLANT 携带天敌防治害虫的理论基础与应用 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (4): 890-896]
- Lin JR, Wang MH, Zhang L. The impact of climate change on crop cultivation [J]. *Rural Practical Technology*, 2020, 8: 169-170. [林娇蓉, 王明汉, 张良. 气候变暖对农作物种植的影响 [J]. 农村实用技术, 2020, 8: 169-170]
- Liu H, Hou BH, Zhang C, et al. Oviposition preference and offspring performance of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* and Guava fruit fly *B. correcta* (Diptera: Tephritidae) on six host fruits [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34 (9): 2274-2281. [刘慧, 侯柏华, 张灿, 等. 桔小实蝇和番石榴实蝇对 6 种寄主果实的产卵选择适应性 [J]. 生态学报, 2014, 34 (9): 2274-2281]
- Liu J, Liao JH, Li C, et al. Preliminary study on adult *Arma chinensis* (fallou) preying on *Leptinotarsa decemlineata* (say) eggs and young instar larvae [J]. *Journal of Biosafety*, 2021, 30 (4): 282-286. [刘娟, 廖江花, 李超, 等. 蠨螋成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫的捕食能力 [J]. 生物安全学报, 2021, 30 (4): 282-286]
- Liu JX, Zhu ZY, Zang LS, et al. Fitness of leguminous plants as oviposition substrates for *Orius sauteri* (Poppius) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2022, 38 (6): 1435-1442. [刘俊秀, 朱正阳, 臧连生, 等. 豆科功能植物作为东亚小花蝽产卵基质的适合度评价 [J]. 中国生物防治学报, 2022, 38 (6): 1435-1442]
- Mansour MMF. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress [J]. *Biologia Plantarum*, 2000, 43 (4): 491-500.
- Markkula M, Tiittanen K, Hamalainen M, et al. The aphid midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera, Cecidomyiidae) and its use in biological control of aphids [J]. *Annales Entomologici Fennici*, 1979, 7 (4): 75-90.
- Mi YY, Yang YJ, Wang S, et al. Detection of functional plants in relation to the population dynamics of natural predators and pests [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2024, 46 (2): 489-497. [米莹莹, 杨亚洁, 王甦, 等. 基于捕食性天敌及害虫种群动态筛选功能植物的研究 [J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (2): 489-497]

- Miao SM, Liao P, Ye M, *et al.* Inbreeding depression in captive-raised *Arma chinensis* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (2): 191-196. [苗少明, 廖平, 叶敏, 等. 室内饲养的蝥蟥种群近交衰退分析 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (2): 191-196]
- Ouyang ZL, Jia XL, Shi JZ, *et al.* Research progress on effects of intercropping on crops, soils and microorganisms [J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2024, 52 (2): 18-30. [欧阳子龙, 贾湘璐, 石景忠, 等. 间作对作物、土壤及微生物影响的研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2024, 52 (2): 18-30]
- Parolin P, Bresch C, Bout A, *et al.* Testing banker plants for predator installation [J]. *Acta Horticulturae*, 2010, 927: 211-217.
- Samantha MC, Zeyaur RK, John AP. The use of push-pull strategies in integrated pest management [J]. *Annual Review of Entomology*, 2007, 52 (1): 375-400.
- Song LW, Tao WQ, Guan L, *et al.* Influence of host plants and rearing density on growth, development and fecundity of *Arma chinensis* [J]. *Forestry Science*, 2010, 46 (3): 105-110. [宋丽文, 陶万强, 关玲, 等. 不同宿主植物和饲养密度对蝥蟥生长发育和生殖力的影响 [J]. 林业科学, 2010, 46 (3): 105-110]
- Sun BB, Li JP, Yin Z, *et al.* Release *Arma chinensis* to control *Spodoptera litura* Fabricius [J]. *South-Central Agricultural Science and Technology*, 2023, 44 (4): 247-248. [孙贝贝, 李金萍, 尹哲, 等. 释放蝥蟥防治白菜斜纹夜蛾 [J]. 中南农业科技, 2023, 44 (4): 247-248]
- Sun JJ, Wang MQ, Zhang CH, *et al.* Predation by stink bug *Arma custos* on larvae of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2022, 49 (4): 1187-1193. [孙婧婧, 王孟卿, 张长华, 等. 蝥蟥对亚洲玉米螟幼虫的捕食作用 [J]. 植物保护学报, 2022, 49 (4): 1187-1193]
- Tang YT, Guo Y, Pan MZ, *et al.* Predation of *Plutella xylostella* larva by *Arma chinensis* [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (4): 155-160. [唐艺婷, 郭义, 潘明真, 等. 蝥蟥对小菜蛾幼虫的捕食作用 [J]. 植物保护, 2020, 46 (4): 155-160]
- Wang CX. The impact of climate warming on crop diseases and pests in China [J]. *Seed Science & Technology*, 2017, 35 (1): 79, 83. [王春祥. 气候变暖对我国农作物病虫害的影响 [J]. 种子科技, 2017, 35 (1): 79, 83]
- Xiao YF, Chen JJ, Cantliffe D, *et al.* Establishment of papaya banker plant system for parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato production [J]. *Biological Control*, 2011, 58 (3): 239-247.
- Yang C. Predation, Prey Preference and Life Table of *Arma chinensis* (Fallou) on *Spodoptera litura* (Fabricius) and *Helicoverpa assulta* (Guenée) [D]. Guiyang: Guizhou University Master Thesis, 2021. [杨灿: 蝥蟥对斜纹夜蛾和烟青虫的捕食、选择性及生命表研究 [D]. 贵阳: 贵州大学硕士论文, 2021]
- Zhang CR, Ban FX, Shang XL, *et al.* Evaluation of five plant species for their suitability as banker plant for *Orius similis* (Zheng) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43 (4): 1010-1015. [张昌容, 班菲雪, 尚小丽, 等. 五种植物作为南方小花蝽储蓄植物的适合性评价 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (4): 1010-1015]
- Zhang HP. Key Biological and Physiological Factors Affect the Population Establishment of *Arma chinensis* (Fallou) in Greenhouse [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Master Thesis, 2017. [张海平: 影响蝥蟥定殖行为的主要生物及生理因子研究 [D]. 北京: 中国农业科学院硕士论文, 2017]
- Zhang HZ, Xie YQ, Kong L, *et al.* Potential of leguminous crops as host plants for rearing *Myzus persicae* and *Aphidius gifuensis* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (6): 821-828. [张洪志, 谢应强, 孔琳, 等. 豆科植物繁殖烟蚜及扩繁烟蚜茧蜂的潜力 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (6): 821-828]
- Zhang TF, Zhao TP, Li XD, *et al.* A study on the field control effect of *Arma chinensis* on *Spodoptera frugiperda* in grassland [J]. *Yunnan Agriculture*, 2023, 8: 74-76. [张庭发, 赵天鹏, 李小东, 等. 蝥蟥对草地贪夜蛾田间防效研究 [J]. 云南农业, 2023, 8: 74-76]
- Zhang XX. Microbiological Mechanisms of Leguminous Green manure Regulating Soil Multifunctionality in Sandy Farmland [D]. Xianyang: Northwest A&F University Master Thesis, 2023. [张新新. 豆科绿肥调控沙化农田土壤多功能性的微生物学机制 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学硕士论文, 2023]
- Zhao J, Guo XJ, Tan X, *et al.* Using *Calendula officinalis* as a floral resource to enhance aphid and thrips suppression by the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) [J]. *Pest Management Science*, 2017, 73 (3): 515-520.
- Zhu L, Shi BC, Gong YJ, *et al.* Hosts preference of *Echinothrips Americanus* Morgan for different vegetables [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33 (5): 1607-1614. [朱亮, 石宝才, 宫亚军, 等. 美洲棘蓟马对不同蔬菜寄主的偏好性 [J]. 生态学报, 2013, 33 (5): 1607-1614]