

不同豆科寄主植物对蠋蝽生长发育的影响

廖平, 江兰, 殷焱芳, 朱艳娟, 李玉艳, 毛建军, 王孟卿, 陈红印, 张礼生*, 刘晨曦*

(中国农业科学院植物保护研究所/中美合作生物防治实验室, 北京 100193)

摘要: 为比较几种豆科寄主植物对蠋蝽生长发育的影响, 本研究测定了蚕豆苗、豌豆苗、菜豆豆角、大豆苗 4 种豆科寄主植物获得和更换时间, 并测定添加 4 种豆科寄主植物后蠋蝽发育历期、体质量、繁殖力等生物学参数。研究表明: 添加寄主植物对低龄蠋蝽若虫体质量、成虫性比、单次产卵量、卵孵化率无影响, 但菜豆豆角上的蠋蝽单次产卵量为 24.13 粒、卵孵化率为 59.34%均显著低于对照和其他寄主植物。与对照和其他寄主植物相比, 蚕豆苗和豌豆苗上蠋蝽若虫发育历期和雌虫产卵前期显著缩短; 与对照和其他寄主植物相比, 蚕豆苗 (83.62%) 和豌豆苗 (84.36%) 上的蠋蝽存活率显著高于对照和其他寄主植物; 以蚕豆苗和豌豆苗为寄主时蠋蝽体质量增加最显著。此外, 蚕豆苗、豌豆苗获得时间短, 使用时间长于大豆苗和菜豆豆角。综上所述, 蚕豆苗和豌豆苗可作为室内大量饲养蠋蝽的替代寄主植物。

关键词: 蠋蝽; 寄主植物; 饲养; 生长发育

中图分类号: S476.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)04-0539-06

Influence of Leguminous Host Plants on Growth, Development and Fecundity of *Arma chinensis*

LIAO Ping, JIANG Lan, YIN Yanfang, ZHU Yanjuan, LI Yuyan, MAO Jianjun, WANG Mengqing,

CHEN Hongyin, ZHANG Lisheng*, LIU Chenxi*

(USDA-ARS Sino-American Biological Control Laboratory/Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: The effects of four leguminous host plants on growth and development of *Arma chinensis* were determined. The results show that host plants had no effect on nymphal weight, adult sex ratio, fecundity and egg hatching rate. The fecundity of *A. chinensis* fed *Phaseolus vulgaris* was 24.13, and the egg hatching rate was 59.34%, which were significantly lower than those of the control and the other host plant groups. The developmental duration and pre-oviposition period in the *Vicia faba* group and the *Pisum sativum* group were significantly lower than those in the control and the other host plant groups. The weight of *A. chinensis* in the *V. faba* and *P. sativum* groups increased significantly. The survival rates of *A. chinensis* in *V. faba* (83.62%) and *P. sativum* (84.36%) were significantly higher than those in the control and the other host plant groups. *V. faba* and *P. sativum* seedlings grew quicker and could be used for a longer time. In conclusion, *V. faba* and *P. sativum* seedlings can be used as alternative host plants for large-scale rearing of *A. chinensis*.

Key words: *Arma chinensis*; host plant; mass rearing; growth and development

蠋蝽 *Arma chinensis* Fallou 是一种重要的捕食性天敌昆虫, 能捕食 40 余种农林害虫的卵、若虫 (幼虫) 及成虫^[1-3], 对美国白蛾 *Hyphantria cunea*、马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say)、草地贪夜蛾

收稿日期: 2019-10-21

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0200400, 2017YFE0104900, 2017YFD0201000)

作者简介: 廖平, 硕士研究生, E-mail: liaoping940324@163.com; 通信作者, 张礼生, 博士, 研究员, E-mail: zhangleesheng@163.com; 刘晨曦, 博士, 副研究员, E-mail: liuchenxi@caas.cn。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.04.009

Spodoptera frugiperda 等入侵性害虫也有较好的控制作用^[4-6]。室内大规模扩繁蠋蝻是将其应用于农林害虫生物防治的关键, 蠋蝻在长期室内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^[7], 需要一种有效措施解决这些问题。

寄主植物是寄生物或病原体赖以生存的植物, 昆虫能对不同寄主植物产生选择行为, 不同寄主植物能影响昆虫的生长发育和繁殖^[8-10]; 寄主植物对天敌昆虫的生长繁育也起着至关重要的作用^[11-14]。研究发现小菜蛾 *Plutella xylostella*、牧草盲蝽 *Lygus pratensis*、苜蓿蚜 *Aphis craccivora* 等害虫的生长发育受寄主植物影响^[15-18]; 菜蚜茧蜂 *Diaeretiella rapae* M' Intosh 对取食不同蔬菜的桃蚜具有选择性^[19], 烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* Ashmead 能对其他寄主植物(非烟叶)饲养的桃蚜表现出不同程度适应性^[20]。饲养七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、大草蛉 *Chrysopa septempunctata*、丽草蛉 *Chrysopa formosa* Brauer 等捕食性天敌昆虫时, 会将猎物的寄主植物一起添加至饲养装置中饲喂昆虫^[20-24]。

在蠋蝻的生产过程中, 常在饲养装置中添加杨、榆树枝叶^[25], 在为蠋蝻提供饮水的脱脂棉块上喷施蔗糖水和杨树鲜叶水浸液^[1], 或者在饲养装置中添加瓦楞纸条^[26], 以减少蠋蝻自残、提高蠋蝻若虫存活率。杨树和榆树均不能在实验室培养, 生产和应用受到季节限制, 脱脂棉块上喷施蔗糖水和杨树鲜叶水浸液会加速脱脂棉霉变、造成蠋蝻死亡、影响其生长发育。宋丽文等^[27]通过研究不同寄主植物对蠋蝻生长发育和生殖能力的影响来改良蠋蝻饲养技术, 发现添加寄主植物的蠋蝻若虫存活率显著高于无寄主植物的对照组, 认为蠋蝻饲养过程中可以选用大豆苗作为替代寄主植物代替榆、杨树枝, 提高蠋蝻存活率; 在实践过程中, 水培大豆苗极易萎蔫、腐烂发臭, 使蠋蝻饲养环境卫生条件变差, 若不及时清理萎蔫、腐烂的大豆苗, 蠋蝻死亡率会显著上升。

豆科植物具有容易获得、不受季节限制、价格低廉等特点, 基于以上问题, 本研究选择了几种实验室内易获得的豆科植物作为饲养蠋蝻的替代寄主植物, 并改进寄主植物的包装及投放方法, 观察了豆科寄主植物使用情况和添加豆科寄主植物后蠋蝻体质量、发育历期、性比、单次产卵量等生物学参数。以期优化蠋蝻规模化饲养技术奠定数据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

蠋蝻: 实验室内在温度 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH $(65 \pm 5)\%$, 光周期 16L:8D 条件下饲养多代。

柞蚕蛹: 购于辽宁省西丰县农丰生防专业合作社, 4°C 保鲜储存。

1.2 供试植物及种植方法

蛭石购于北京萃锋科技有限公司, 蚕豆 *Vicia faba*、麻豌豆 *Pisum sativum*、大豆 *Glycine max* (Linn.) 购于中耕沐民(北京)农业科技发展有限公司, 菜豆 *Phaseolus vulgaris* 豆角购于超市。

在 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH $(40 \pm 10)\%$, 光周期 16L:8D 条件下。种植盆内铺 2 cm 厚蛭石, 将种豆均匀撒在蛭石上, 再铺 2 cm 厚蛭石, 浇足水, 每 3 d 浇一次水保持蛭石湿润, 豆苗长至 10~15 cm 剪下, 记录豆苗从播种到获得的时间, 将剪下的豆苗置于通风环境、晾干剪切口分泌液后用清水培养备用。取寄主植物(菜豆豆角切薄片)称鲜重, 60°C 恒温烘箱中处理 48 h, 称干重并计算寄主植物含水率。

1.3 饲喂方法

用湿润脱脂棉块包住寄主植物基部(蚕豆苗 2~3 棵一组, 豌豆苗 6~10 棵一组, 大豆苗 4~6 棵一组, 菜豆豆角处理成 5 cm 小段、2 段一组), 将处理过的寄主植物分别接入 300 mL 硬质塑料航空杯, 试验设蚕豆苗组 VF、豌豆苗组 PS、大豆苗组 GW、菜豆豆角组 VU、不添加寄主植物的对照组 CK, $n=30$ 。向航空杯接入 10~15 头蛻皮后第 2 d 蠋蝻 2 龄若虫, 用纱网罩住杯口并用橡皮筋固定纱网防止蠋蝻逃逸。纱网上放柞蚕蛹和湿脱脂棉块为蠋蝻提供食物和水, 每 3 d 更换一次柞蚕蛹并用洗瓶向包裹寄主植物的脱脂棉添加蒸馏水, 每天给纱网上的脱脂棉添加一次蒸馏水, 及时更换腐烂萎蔫的寄主植物、记录寄主植物使用时长。用该方法将蠋蝻养至成虫, 观察若虫存活及蛻皮情况, 记录其龄期变化; 每杯蠋蝻在各龄期及成虫蛻皮后第 3 d 随机取一只称重。取羽化后第 3 d 同日龄成虫 1 雌、1 雄两两配对于 300 mL 硬质塑料航空杯中, 接入对应寄主植物, 内置瓦楞纸条为其提供产卵场所, 记录

蠨螋的产卵情况。

1.4 数据统计与分析

数据采用 GraphPad Prism 7 进行统计分析与作图。用单因素方差分析，分析寄主植物获得时间、含水率、使用时长，不同处理蠨螋的发育历期、体质量、雌雄比、产卵前期、单次产卵量等数据，分析前进行正态分布检验和方差齐性检验。

2 结果与分析

2.1 不同豆科寄主植物对蠨螋生长的影响

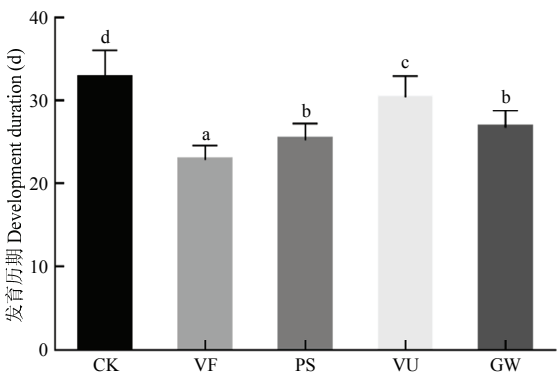
2.1.1 不同豆科寄主植物对蠨螋发育历期的影响 添加豆科寄主植物后，蠨螋若虫发育历期显著缩短，其中 VF 组蠨螋若虫发育历期最短（22.87 d），PS 组和 GW 组无显著差异（ $F_{4,145}=82.99$ ， $P<0.0001$ ）（图 1）。

2.1.2 不同豆科寄主植物对蠨螋体质量的影响 添加豆科寄主植物后，各龄期蠨螋体质量呈现增加趋势，2、3 龄各组蠨螋体质量无显著差异（ $F_{4,145}=1.664$ ， $P=0.1616$ ； $F_{4,145}=1.287$ ， $P=0.2777$ ），添加寄主植物的 4 龄（ $F_{4,145}=16.03$ ， $P<0.0001$ ），5 龄蠨螋若虫（ $F_{4,145}=25.20$ ， $P<0.0001$ ）和雌虫（ $F_{4,145}=16.16$ ， $P<0.0001$ ）体质量均显著高于 CK；PS 组雄虫的体质量 71.43 mg 显著高于 VF、VU、GW 和 CK 四组雄虫体质量（ $F_{4,145}=5.991$ ， $P=0.0002$ ）（表 1）。

2.1.3 不同豆科寄主植物对蠨螋存活率及性比的影响 VF、PS 两组若虫存活率（83.62%、84.36%）均显著高于 CK（77.85%）；GW 组若虫存活率（77.27%）高于 CK，但不显著；VU 组若虫存活率显著低于其他四组（ $F_{4,145}=106.7$ ， $P<0.0001$ ）（图 2a）。添加豆科寄主植物对蠨螋成虫性比无显著影响（ $F_{4,145}=0.028$ ， $P=0.9984$ ）（图 2b）。

2.2 不同豆科寄主植物对蠨螋繁育的影响

添加豆科寄主植物之后，蠨螋雌虫产卵前期均有缩短，其中 VF 组雌虫产卵前期和 PS 组雌虫产卵前期均显著短于对照组雌虫产卵前期 18.80 d（ $F_{4,145}=7.381$ ， $P<0.0001$ ）；VU 组雌虫单次产卵量显著少于其他组（ $F_{4,145}=9.826$ ， $P<0.0001$ ）；VU 组卵孵化率显著低于其他组，VF、PS、GW 三组卵孵化率与 CK 无显著性差异（ $F_{4,145}=5.665$ ， $P=0.0003$ ）（表 2）。



CK: 未添加寄主植物 No host plants added; VF: 蚕豆苗 *Vicia faba*; PS 豌豆苗 *Pisum sativum*; GW: 大豆 *Glycine max*; VU: 菜豆豆角 *Phaseolus vulgaris* beans
注：数据为平均数±标准误，不同小写字母表示 0.05 水平差异显著，n=30。
Note: Data were presented as mean±SE, data with different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level, n=30.

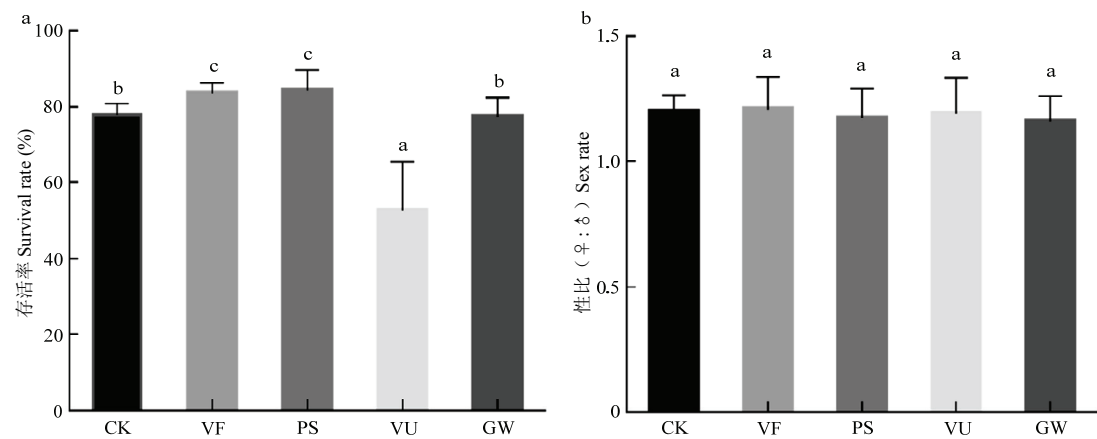
图 1 不同豆科寄主植物上蠨螋若虫的发育历期

Fig. 1 Influence of Leguminous host plants on the development duration of nymph *A. chinensis*

表 1 不同豆科寄主植物上蠨螋若虫及成虫体质量
Table 1 Influence of Leguminous host plants on the weights of *A. chinensis* nymph and adult (mg)

处理 Treatments	若虫龄期 Instars of nymph				雌 Female	雄 Male
	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	5 龄 5 th instar		
对照组 CK	2.57±0.11 a	6.33±0.27 a	28.51±0.81 c	63.79±0.73 c	88.21±1.0 c	63.57±1.24 b
蚕豆苗组 VF	2.94±0.12 a	7.23±0.36 a	37.35±0.59 a	77.46±1.29 a	101.40±1.48 a	65.76±1.30 b
豌豆苗组 PS	2.88±0.14 a	6.34±0.32 a	34.07±0.75 b	75.05±1.75b a	93.53±1.05 b	71.43±1.16 a
菜豆豆角组 VU	2.68±0.12 a	6.96±0.34 a	31.65±0.85 bc	70.94±1.13 b	95.48±1.16 b	64.76±1.30 b
大豆苗组 GW	2.88±0.13 a	6.67±0.41 a	32.10±1.02 b	64.52±0.94 c	93.10±1.14 b	64.04±1.51 b

注：数据为平均数±标准误，不同小写字母表示 0.05 水平差异显著，n=30。
Note: Data were presented as mean±SE, data with different lower case letters indicated significant difference at 0.05 level, n=30.



CK: 未添加寄主植物 No host plants added; VF: 蚕豆苗 *Vicia faba*; PS: 豌豆苗 *Pisum sativum*; GW: 大豆 *Glycine max*; VU: 菜豆角 *Phaseolus vulgaris* beans

注: 数据为平均数±标准误, 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, n=30。

Note: Data were presented as mean±SE, data with different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level, n=30.

图 2 不同豆科寄主植物上蚜蟥存活率 (A) 及性比 (B)

Fig. 2 Influence of Leguminous host plants on the survival rate (A) and sex rate (B) of *A. chinensis*

表 2 不同豆科寄主植物上蚜蟥的产卵前期、单次产卵量及卵孵化率

Table 2 Influence of Leguminous host plants on the preoviposition, single fecundity and hatchability of *A. chinensis*

处理 Treatments	产卵前期 Preoviposition (day)	单次产卵量 (粒) Single fecundity	卵孵化率 Hatchability (%)
对照组 CK	18.80±0.4 a	28.10±0.66 a	70.02±0.03 a
蚕豆苗组 VF	16.50±0.37 bc	28.17±0.46 a	70.52±0.03 a
豌豆苗组 PS	15.13±0.37 b	26.50±0.51 a	71.48±0.03 a
菜豆角组 VU	17.83±0.54 ac	24.13±0.40 b	59.34±0.02 b
大豆苗组 GW	17.80±0.78 ac	26.67±0.54 a	76.66±0.03 a

注: 数据为平均数±标准误, 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, n=30。

Note: Data were presented an mean±SE, data with different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level, n=30.

2.3 寄主植物使用情况

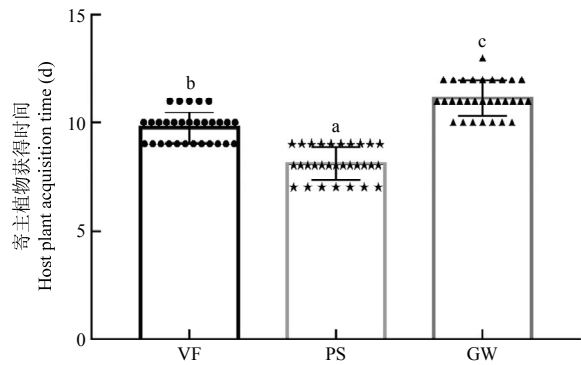
2.3.1 不同豆科寄主植物获得时间 蚕豆苗 (PS) 的获得时间显著短于蚕豆苗 (VF) 和大豆苗 (GW), VF 的获得时间显著短于 GW ($F_{2,87}=116.9$, $P<0.0001$) (图 3)。

2.3.2 不同豆科寄主植物含水率 GW 的含水率 85.91% 显著低于 VF 89.93%、PS 89.10% 和菜豆角 (VU) 88.14% ($F_{3,36}=8.912$, $P=0.0002$) (图 4)。

2.3.3 不同豆科寄主植物更换时间 VF 使用时间最长、平均 15.43 d 更换一次, GW 使用时间最短、平均 6.37 d 更换一次, 不同寄主植物更换时间均有显著差异 ($F_{3,116}=38.89$, $P<0.0001$) (图 5)。

3 讨论

目前, 蚜蟥寄主植物主要有榆树、杨树和大豆苗, 蚜蟥饲养过程中仍存在若虫存活率低、添加寄主植物后蚜蟥饲养过程繁琐等问题^[1,26-29]。本研究



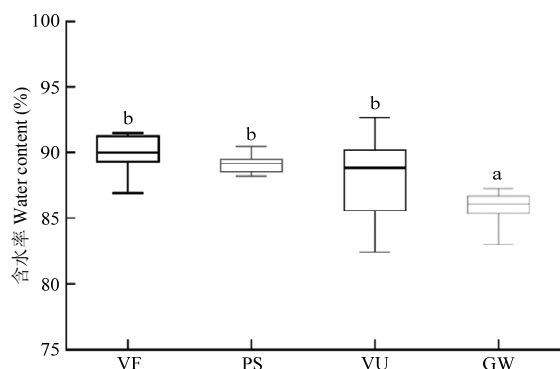
CK: 未添加寄主植物 No host plants added; VF: 蚕豆苗 *Vicia faba*; PS: 豌豆苗 *Pisum sativum*; GW: 大豆 *Glycine max*; VU: 菜豆角 *Phaseolus vulgaris* beans

注: 数据为平均数±标准误, 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, n=30。

Note: Data were presented as mean±SE, data with different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level, n=30.

图 3 不同豆科寄主植物的获得时间

Fig. 3 Leguminous host plant acquisition time



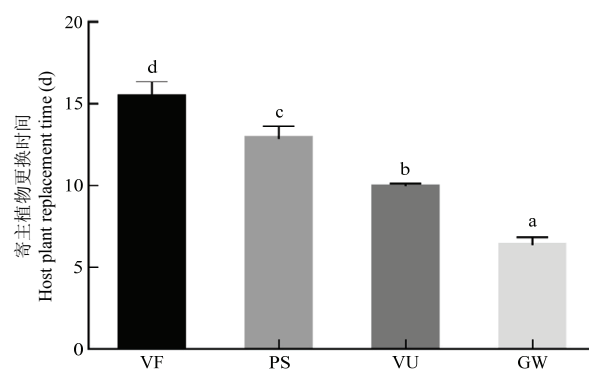
CK: 未添加寄主植物 No host plants added; VF: 蚕豆苗 *Vicia faba*; PS: 豌豆苗 *Pisum sativum*; GW: 大豆 *Glycine max*; VU: 菜豆豆角 *Phaseolus vulgaris* beans

注: 数据为平均数±标准误, 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, n=10。

Note: data were presented as mean±SE, data with different lower case letters indicated significant difference at 0.05 level, n=30.

图4 不同豆科寄主植物寄主植物含水率

Fig. 4 Moisture content of Leguminous host plants



CK: 未添加寄主植物 No host plants added; VF: 蚕豆苗 *Vicia faba*; PS: 豌豆苗 *Pisum sativum*; GW: 大豆 *Glycine max*; VU: 菜豆豆角 *Phaseolus vulgaris* beans

注: 数据为平均数±标准误, 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, n=30。

Note: Data were presented as mean±SE, data with different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level, n=30.

图5 不同豆科寄主植物更换时间

Fig. 5 Leguminous host plant replacement time

中, 用蚕豆苗、豌豆苗、菜豆豆角作为替代寄主植物添加到蠨螋饲养装置中, 并将直接投放寄主植物^[30]或投放水培寄主植物^[26]的方法改为投放湿脱脂棉包裹的寄主植物, 观察添加寄主植物后蠨螋生长繁育情况。结果表明蚕豆苗和豌豆苗可作为饲养蠨螋的替代寄主植物用于蠨螋的大规模室内饲养。

寄主植物可以为蠨螋提供较好的栖息环境和活动场地^[31], 同时也可以为蠨螋提供水源。添加寄主植物后, 蠨螋的发育历期显著缩短、体重增加、产卵前期缩短, 蠨螋若虫存活率增加、其中蚕豆苗和豌豆苗饲养的蠨螋若虫存活率显著增加, 该结果与宋丽文等^[20]相关研究结果相符; 猜想寄主植物可能模拟了蠨螋的生存环境, 能改善室内饲养蠨螋的环境, 为蠨螋提供更大活动面积和更佳的生存环境, 有帮助蠨螋维持生物学特征和复壮的作用。寄主植物对蠨螋性比、单次产卵量、卵孵化率无显著影响, 但菜豆豆角饲养组若虫存活率、单次产卵量、卵孵化率相对于其他组都显著下降; 考虑有菜豆豆角较重、取放搬动时菜豆豆角晃动造成蠨螋机械死亡, 菜豆豆角体积较大且无枝叶、对增加蠨螋活动面积和活动空间的作用较小, 菜豆豆角可能含有一些物质使蠨螋产生拒食作用等原因^[32-34]。对蠨螋寄主植物的相关研究中测定了所试寄主植物粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等营养及化学成分的含量, 不同寄主植物的营养及化学成分存在差异^[27,35], 添加寄主植物之后, 蠨螋刺吸植物汁液^[36]所含营养及化学物质的差异可能导致蠨螋部分生物学参数产生差异, 但寄主植物各营养成分如何影响蠨螋的生长发育仍需要通过试验进一步探索。

通过对寄主植物获得时间和含水率分析, 蚕豆苗和豌豆苗获得时间显著短于大豆苗, 且蚕豆苗组和豌豆苗组蠨螋存活率和繁殖能力与大豆苗组无显著差异、甚至优于大豆苗组, 蚕豆苗和豌豆苗含水率也显著高于大豆苗, 可更好的发挥为蠨螋提供水源的作用; 此外, 蚕豆苗使用时间 15.43 d、豌豆苗使用时间 12.87 d 都显著长于大豆苗使用时间 6.37 d。说明使用蚕豆苗和豌豆苗代替大豆苗作为饲养蠨螋的替代寄主植物, 能减少寄主植物更换频率、较小更换寄主植物过程中的虫口损耗。

综上所述, 蚕豆苗和豌豆苗作为蠨螋替代寄主植物可以有效提高蠨螋的存活率, 并对其生殖能力无影响; 蚕豆苗和豌豆苗还具有获得时间短, 使用时间长, 添加蚕豆苗和豌豆苗饲养蠨螋的部分生物学参数优于大豆苗的特点。蚕豆苗和豌豆苗生产周期短、成本低、易获取, 是大规模饲养蠨螋时理想的寄主植物。蠨螋人工饲养仍处于探索阶段, 饲养技术需要不断改进。本研究明确了四种豆科寄主植物对蠨螋生长繁育的影响, 能为蠨螋饲养选择替代寄主植物提供理论和数据参考。

参考文献

- [1] 高长启, 王志明, 于恩裕. 蠨螋人工饲料饲养技术[J]. 吉林林业科技, 1993, 2: 16-18.

- [2] 柴希民, 何志华, 蒋平, 等. 浙江省马尾松毛虫天敌研究[J]. 浙江林业科技, 2000, 20(4): 1-56, 61.
- [3] Zou D Y, Wang M Q, Zhang L S, *et al.* Taxonomic and bionomic notes on *Arma chinensis* (Fallou) (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae)[J]. Zootaxa, 2012, 3328: 41-52.
- [4] 邹德玉, 徐维红, 刘伯明, 等. 天敌昆虫蝥蟥的研究进展与展望[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(4): 857-865.
- [5] 唐艺婷, 李玉艳, 刘晨曦, 等. 蝥蟥对草地贪夜蛾的捕食能力评价和捕食行为观察[J]. 中国生物防治学报, 2019, 45(4): 65-68.
- [6] 王燕, 张红梅, 尹艳琼, 等. 蝥蟥成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力[J]. 植物保护, 2019, 45(5): 42-46.
- [7] 苗少明, 廖平, 叶敏, 等. 室内饲养蝥蟥种群近交衰退分析[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(2): 191-196.
- [8] 王小艺, 杨忠岐. 多寄主型寄生性天敌昆虫的寄主适应性及其影响因素[J]. 生态学报, 2010, 30(6): 1615-1627.
- [9] 单诚. 大豆品种及其诱导防卫对斑痣悬茧蜂寄生选择与搜寻行为的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [10] 范锦胜. 寄主植物对草地螟生长繁殖及生理效应的影响[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2010.
- [11] 王建红, 仇兰芬, 车少臣, 等. 蜜粉源植物对天敌昆虫的作用及其在生物防治中的应用[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(2): 289-299.
- [12] 王小艺, 杨忠岐. 多寄主型寄生性天敌昆虫的寄主适应性及其影响因素[J]. 生态学报, 2010, 30(6): 1615-1627.
- [13] Li S J, Xue X, Ahmed M Z, *et al.* Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China[J]. Insect Science, 2011, 18(1): 101-120.
- [14] Brown J M, Abrahamson W G, Packer R A, *et al.* The role of natural-enemy escape in a gallmaker host-plant shift[J]. Oecologia, 1995, 104(1): 52-60.
- [15] 李引, 冷春蒙, 胡迪, 等. 不同寄主植物对小菜蛾生长发育和繁殖的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(3): 475-480.
- [16] Xia F. Research progress of the resistance management and sustainable control of diamondback moth (*Plutella ylostella*) in China[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2011, 48(2): 247-253.
- [17] 贾冰, 谭瑶, 付晓彤, 等. 不同寄主植物对牧草盲蝻生长发育、繁殖及消化酶活性的影响[J]. 草业科学, 2018, 35(8): 162-171.
- [18] 孙程鹏, 刘爱萍, 李钢铁. 不同寄主植物对苜蓿蚜生长发育的影响[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(12): 12-15, 20.
- [19] 明珂, 古德就, 韦国栋. 菜蚜茧蜂对取食不同蔬菜桃蚜的选择性[J]. 安徽农业科学, 2010, 35: 20081-20082.
- [20] 王斐然. 寄主植物对烟蚜茧蜂生长发育和寄主选择行为的影响[D]. 杨凌: 西北农林大学, 2015.
- [21] 金剑雪, 程英, 李凤良, 等. 蚕豆蚜饲养七星瓢虫的方法研究[J]. 贵州农业科学, 2010(4): 121-124.
- [22] 武鸿鹄. 温室环境因子对大草蛉和丽草蛉成虫扩散行为的影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [23] Treacy M F, Zummo G R, Benedict J H. Interactions of host-plant resistance in cotton with predators and parasites[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 1985, 13(2): 151-157.
- [24] Zhu J, Obrycki J J, Ochieng S A, *et al.* Attraction of two lacewing species to volatiles produced by host plants and aphid prey[J]. Die Naturwissenschaften, 2005, 92(6): 277-281.
- [25] 高卓. 蝥蟥(*Arma chinensis* Fallou)生物学特性及其控制技术研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2010.
- [26] 李娇娇, 张长华, 易忠经, 等. 三种猎物对蝥蟥生长发育及繁殖的影响[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(5): 553-561.
- [27] 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能力的影响[J]. 林业科学, 2010, 46(3): 105-110.
- [28] Zou D Y, Wu H H, Coudron T A, *et al.* A meridian diet for continuous rearing of *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae)[J]. Biological Control, 2013, 67(3): 491-497.
- [29] 徐崇华, 严静君, 姚德富. 温度与蝥蟥(*Arma chinensis* Fallou)发育的关系[J]. 林业科学, 1984, 20(1): 96-99.
- [30] 张长华, 冉贤传, 易忠经, 等. 一种蝥蟥饲养装置[P]. 中国发明专利, 2017, CN205848383U.
- [31] 余航. 大花六道木对稻虱缨小蜂的引诱作用[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [32] 李继东, 毕会涛, 冯建灿, 等. 毛白杨无性系有机物质含量和酶活性与抗性关系研究[J]. 河南科学, 2006, 24(4): 517-520.
- [33] 李水清, 方宇凌, 张钟宁. 植物源昆虫拒食活性物质的研究和应用[J]. 应用昆虫学报, 2005, 42(5): 491-496.
- [34] 于飞, 曾鑫年, 张帅, 等. 取食量对昆虫生长发育影响的研究[J]. 广东农业科学, 2004(1): 42-44.
- [35] 姚晓明. 不同寄主植物对斜纹夜蛾生殖力的影响及其机制研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2009.
- [36] 邹德玉. 取食无昆虫成分人工饲料蝥蟥的转录组研究及饲养成本分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.