



不同宿主植物对天敌益蝽生长发育及繁殖的影响

孙淦琳¹, 杨 韵¹, 何艳艳^{1,2}, 付玉飞¹, 郭朴原¹, 陈 斌^{1*}, 杜广祖^{1*}

(¹云南农业大学植物保护学院/云南生物资源保护与利用国家重点实验室, 云南昆明 650201;

²云南大学资源植物研究院, 云南昆明 650500)

摘要:【目的】明确不同宿主植物对益蝽生长发育及繁殖的影响,为益蝽的室内高效规模扩繁及田间定殖提供科学依据。【方法】在室内条件下,设仅提供黄粉虫蛹为食物的对照组及除提供黄粉虫蛹外分别添加玉米苗、小麦苗、菜豆苗和豌豆苗为宿主植物的处理组,观察记录不同处理下益蝽若虫的发育和存活情况;采用称量法测定益蝽若虫和雌雄成虫的重量,比较不同宿主植物上益蝽各虫态的体重;采用同日龄益蝽雌雄成虫单对饲养观测法统计各处理益蝽的产卵前期、产卵量等繁殖情况;选择卵粒数30粒以上的卵块,在塑料杯中孵化观察,统计各处理卵粒的孵化率及50%卵粒孵化时间。【结果】不同宿主植物对益蝽雌雄成虫的寿命、雌虫产卵次数、产卵总量、卵孵化率及卵孵化历期无显著影响($P>0.05$),但均能提高或显著($P<0.05$)提高益蝽若虫的存活率(1龄若虫除外),增加体重(2龄若虫除外)、缩短发育历期和产卵前期,其中益蝽若虫在菜豆苗和小麦苗上的存活率较高,分别为86.67%和83.33%;发育历期明显短于玉米苗和豌豆苗组,分别为27.52和27.03 d。益蝽成虫在菜豆苗和小麦苗上的产卵前期较短,分别为16.54和16.31 d;单次产卵量较大,分别为38.36和36.30粒,且在开始产卵的1~20 d产卵量占总产卵量的80.87%和78.22%。【结论】菜豆苗和小麦苗能有效提高益蝽的生长发育和繁殖能力,可作为益蝽规模化人工繁育的宿主植物。此外,可在益蝽释放田间搭配种植菜豆或小麦,以利于益蝽定殖。

关键词:益蝽; 天敌昆虫; 宿主植物; 生长发育; 繁殖力

中图分类号:S476.2

文献标志码:A

文章编号:2095-1191(2023)03-0919-09

Influence of host plants on growth, development and fecundity of natural enemy *Picromerus lewisi*

SUN Gan-lin¹, YANG Yun¹, HE Yan-yan^{1,2}, FU Yu-fei¹, GUO Pu-yuan¹, CHEN Bin^{1*}, DU Guang-zu^{1*}

(¹College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University/State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Bio-resources in Yunnan, Kunming, Yunnan 650201, China; ²Institute of Resource Plants, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650500, China)

Abstract:【Objective】The purpose of the study was to identify the effects of different host plants on the growth, development and reproduction of *Picromerus lewisi*, and to provide a scientific basis for efficient large-scale indoor breeding and field colonization of *P. lewisi*. 【Method】Under the indoor condition, the control group was provided with *Tenebrio molitor* pupa as food only, and the treatment group was provided with seedlings of *Zea mays*, *Triticum aestivum*, *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum* as host plants in addition to *T. molitor* pupa, respectively, and the development and survival of *P. lewisi* nymphs were observed and recorded. The weight of *P. lewisi* was measured and compared between the growth stages (nymphs, male and female adults) on different host plants. The same day-age *P. lewisi* adults were fed and observed in a single pair, and the reproduction of *P. lewisi* was counted, including the preoviposition period and the number of eggs laid. The egg masses (over 30 eggs) were selected and incubated in plastic cups for observation, and the hatching rate of eggs and the time taken for 50% oviposition were counted. 【Result】There were no significant differences of different host plants on the longevity, frequency of egg laying by females, total number of eggs laid, hatching rate of egg masses and incubation period of *P. lewisi* adult ($P>0.05$), but the addition of plants improved or significantly ($P<0.05$)

收稿日期:2022-07-30

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD1400705)

通讯作者:陈斌(1970-), <https://orcid.org/0000-0001-7424-3046>, 博士,教授,主要从事农业昆虫与害虫综合防治研究工作, E-mail: chbins@163.com; 杜广祖(1985-), <https://orcid.org/0000-0002-5441-9611>, 博士,副教授,主要从事农业昆虫与害虫综合防治研究工作, E-mail: duguangzu1986@163.com

第一作者:孙淦琳(2000-), <https://orcid.org/0000-0002-4498-4676>, 研究方向为益蝽饲养繁育, E-mail: 2558349399@qq.com

improved the survival rate of nymphs(except 1st nymphs), increased the weight(except 2nd nymphs), shortened the developmental and preoviposition period. *P. lewisi* nymph survival rates were higher in *P. vulgaris* and *T. aestivum*, 86.67% and 83.33%, respectively, and the developmental periods were greatly shorter than that of *Z. mays* and *P. sativum*, 27.52 d and 27.03 d respectively. *P. lewisi* adults had relatively shorter preoviposition periods in *P. vulgaris* and *T. aestivum*, 16.54 d and 16.31 d respectively; the single egg laying amounts were larger, 38.36 eggs and 36.30 eggs respectively, and a larger proportion of eggs were laid between 1-20 d after the start of oviposition, 80.87% and 78.22% respectively. 【Conclusion】 *P. vulgaris* and *T. aestivum* seedlings can effectively improve the growth, development and reproduction of *P. lewisi*, and can be used as host plants for large-scale artificial breeding of *P. lewisi*. In addition, *P. vulgaris* or *T. aestivum* can also be planted in the release field to facilitate the colonization of *P. lewisi*.

Key words: *Picromerus lewisi*; natural enemy insect; host plant; growth and development; fecundity

Foundation items: National Key Research and Development Program of China(2021YFD1400705)

0 引言

【研究意义】益蝽(*Picromerus lewisi*)属半翅目(Hemiptera)蝽科(Pentatomidae)益蝽亚科(Asopinae)昆虫,适应自然环境能力较强且分布范围广泛,在我国主要分布于云南、贵州、广西、四川、海南和河南等多个省份(林毓鉴等,2000)。益蝽生活于农田、果园、森林和草原等环境中,其食性广、攻击力强、繁殖力高,对常见蔬菜害虫小菜蛾(*Plutella xylostella*)、烟草害虫斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)、杂粮作物害虫草地贪夜蛾(*S. frugiperda*)、亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)、粘虫(*Mythimna separate*)等具有较好的捕食和防控效果,是一种具有良好应用潜力的捕食性天敌昆虫(唐艺婷等,2018,2019;王燕等,2020;唐艺婷,2020;符成悦等,2021)。目前,益蝽已通过室内少量饲养释放用于新入侵我国的草地贪夜蛾的生物防治田间试验,并取得了较好的防治效果(陈万斌等,2019;郭军等,2020),但其规模化批量繁育并高效投入农林业生产害虫生物防治的程度还不高,需要探索该天敌昆虫适宜的人工繁育技术。天敌昆虫的饲养繁育技术在不断优化发展,但仍存在着如生长缓慢、死亡率较高、产卵前期延长和产卵量减少等问题,而出现这些问题,不仅与饲喂食料的营养成分有关,还与人工饲养的环境条件控制有关(喻会平等,2018;张红艳等,2021;纪宇桐等,2022;张曼等,2022)。益蝽亚科这类杂食性天敌昆虫在其生长发育的1~2龄阶段不捕食猎物,只需在绵团上注射清水或直接补充植株叶片供其摄取水分和营养物质即可完成发育(唐艺婷,2020);2龄以后的各阶段在猎物条件充足的情况下也会刺吸摄取一定量的猎物的寄主植物汁液作为营养补充,但这种刺吸不会对植株的生长造成损伤,这种行为可在猎物缺乏时对天敌的种群起到维持作用,且植物汁液能提高其卵粒的孵化率、若虫成活率及成虫的产卵能力(Azevedo et al.,2007;Medeiros et al.,2020)。因此,研究益蝽适宜的宿主植物对其人工繁育及田间释放定殖具有重

要意义。【前人研究进展】天敌昆虫宿主植物的筛选是天敌昆虫繁育的重要内容,宿主植物能有效改善天敌昆虫人工饲养环境,对天敌昆虫的生长发育和繁殖产生一定影响,可有效解决因室内长期饲养而出现的种群退化,以及个体发育较差、高龄若虫自残严重等问题(张海平,2017;苗少明等,2019;任斌斌等,2022)。Lemos等(2001)研究表明,天敌昆虫黑刺益蝽(*Podisus nigrispinus*)添加新鲜的棉花叶片进行饲养,其若虫发育历期缩短、产卵期延长、产卵量增大,且在仅添加棉花叶片的饲养环境下能完成2龄若虫的发育;宋丽文等(2010)研究发现天敌昆虫蝽蝽(*Arma chinensis*)室内饲养繁育以榆树幼苗为宿主植物,对若虫的存活率及成虫的生殖力均有显著影响,其中若虫存活率较高,为82.09%,产卵量较大,为330.89粒/雌;Holtz等(2011)研究表明,在桉树枝叶上黑刺益蝽的存活率提高,成虫寿命显著增长;高卓等(2012)研究表明,在蝽蝽饲养环境中添加2年生榆树幼苗,其若虫存活率、成虫产卵量均显著高于当年生杨树和大豆幼苗;Pervez和Chandra(2018)研究表明,六斑月瓢虫(*Menochilus sexmaculatus*)在适宜宿主植物白扁豆上对蚜虫的捕食量大于在石龙芮上的蚜虫捕食量;廖平等(2020)研究发现,蚕豆苗和豌豆苗保湿叶片添加到蝽蝽的饲养笼内作为宿主植物,蝽蝽若虫发育历期和雌虫产卵前期显著缩短,若虫存活率、体质量均显著增加,且蚕豆苗和豌豆苗含水量较高,获得时间较短;罗倩茜等(2020)研究报道,在室内以玉米苗为宿主植物,蝽蝽若虫的存活率较高,为85%,产卵量较大,为230粒/雌;Medeiros等(2020)研究发现,天敌昆虫*Brontocoris tabidus*可从宿主植物桉树叶片和番石榴叶片上获得水和营养物质来提高繁殖力、寿命和生命表参数;Thomine等(2020)研究表明,在单一种植和混合种植2种模式下,宿主植物的多样性可为烟盲蝽(*Nesidiocoris tenuis*)提供连续和多样的食物来源,有效促进了烟盲蝽的发育;任春燕等(2021)研究发现,以烟草为宿主植物饲养的蝽蝽个体大小和存活率显著优于无宿

主植物饲养的个体,且释放到田间后蠋蝽的扩散能力较强;张昌容等(2021)在建立南方小花蝽(*Orius similis*)储蓄植物系统的研究结果显示,南方小花蝽在宿主植物辣椒和蚕豆上的生长发育和繁殖效果最优,且卵孵化率较其他寄主高,最高可达95.59%;刘俊秀等(2022)研究表明,东亚小花蝽(*O. sauteri*)在寄主植物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,产卵位置也最优,从而筛选出绿豆苗为东亚小花蝽的最适宿主植物。综合以上研究报告,不同天敌昆虫的适宜宿主植物不同,且宿主植物能影响天敌昆虫的生长发育及对害虫的捕食量。益蝽作为一种重要的天敌昆虫,对于其适宜的宿主植物种类尚不明确,从而制约了其规模繁育及应用。【本研究切入点】益蝽能捕食玉米、小麦及豆类作物上的鳞翅目幼虫,玉米和小麦都是我国主要的粮食作物,而菜豆和豌豆均为玉米及小麦田内套作的主要搭配作物,因此探究益蝽在玉米、小麦、菜豆和豌豆植株上的生长发育状况,将为益蝽的规模化繁育提供科学依据。目前,国内外关于天敌昆虫对宿主植物适合度的研究虽有一些报道,但适合益蝽生长发育及繁殖的相关研究尚未见报道。【拟解决的关键问题】结合当前害虫生物防治、绿色植保发展的需要及益蝽研究现状,选择玉米、小麦、菜豆和豌豆4种植物作为室内饲养繁育益蝽的宿主植物,在室内比较添加4种宿主植物对益蝽发育历期、存活率、体重、产卵前期、产卵量、卵粒孵化率、寿命等生长发育及繁殖指标的影响,以明确捕食性天敌昆虫益蝽对生存环境中宿主植物的适应性情况,为益蝽的室内高效规模扩繁及田间定殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试虫源与饲养条件 供试益蝽饲养于人工气候箱(RXZ-500,宁波江南仪器),饲养条件为温度(27 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度(70 ± 5)%、光周期16 L:8 D。试验前将益蝽成虫置于纱网笼中,用黄粉虫蛹进行饲喂,待益蝽产卵卵粒孵化后,选择同日孵化的1龄若虫备用。

1.1.2 供试植物 供试植物为玉米(宣宏18)、小麦(烟农19)、菜豆(双丰3号)和豌豆(澳洲九粒王),通过室内盆栽育苗获得不同植物的苗。植物种子从市场购置。每盆(盆口直径=10.5 cm、盆底直径=7.5 cm、盆高=9.7 cm)玉米、菜豆、豌豆各播种2粒,小麦播种10粒,置于植物培养箱(RG-300,广州市康恒仪器有限公司)内培养。培养条件为温度(27 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿

度(65 ± 5)%、光周期16 L:8 D。待植物幼苗长至约10 cm高时,挑选长势、大小一致的幼苗备用。

1.2 试验方法

1.2.1 益蝽若虫发育历期和存活率测定 试验设5个处理,处理1(对照组):未添加宿主植物,仅以黄粉虫蛹为食物;处理2(玉米苗组):以黄粉虫蛹+玉米苗为食物;处理3(小麦苗组):以黄粉虫蛹+小麦苗为食物;处理4(菜豆苗组):以黄粉虫蛹+菜豆苗为食物;处理5(豌豆苗组):以黄粉虫蛹+豌豆苗为食物。每处理4个重复。在各处理的盛土花盆表面,每盆接入10头益蝽1日龄初孵若虫,再在接有益蝽的花盆上罩一圆柱形塑料桶(桶高=20 cm、直径=10 cm)防止益蝽逃逸,其顶部设有纱布制作的矩形喂食袋(长3 cm、宽1 cm、高4 cm),供盛放黄粉虫蛹饲喂益蝽。对花盆定期浇水,保持幼苗正常生长,每天固定时间记录1次各饲养装置内益蝽若虫的发育和存活情况,直至全部羽化后,计算益蝽若虫的发育历期和存活率。

1.2.2 益蝽若虫及成虫体重测定 挑选500头益蝽初孵若虫,100头为一组饲养于纱网笼(长25 cm、宽25 cm、高25 cm)内,并分别提供1.2.1中5个处理相同的食物条件。若虫蜕皮后24 h内随机挑选40头,10头为一组进行体重称量,4个重复。若虫最后一次蜕皮24 h内随机挑选雌雄成虫各40头,体重测定方法同若虫。

1.2.3 益蝽成虫繁殖测定 益蝽成虫后将各试验组内同一日龄益蝽雌雄成虫配对置于2个互扣的一次性塑料杯(杯口直径=5.2 cm、杯底直径=4 cm、杯高=5.6 cm)中单对饲养,设20个重复,内置对应植株的叶片,玉米叶2~3片/杯、小麦叶4~5片/杯、菜豆叶1~2片/杯、豌豆叶2~3片/杯,叶片基部用浸透水的棉花包裹,萎蔫后及时更换,每隔24 h观测记录益蝽的产卵情况(张仁福等,2022)。

1.2.4 益蝽卵粒孵化测定 选择卵粒数30粒以上的卵块,放入垫有脱脂棉的一次性塑料杯中(杯口直径=5.2 cm、杯底直径=4 cm、杯高=5.6 cm),用100目纱布封口,防止益蝽孵化逃逸。每个杯内放1块卵块,每处理各设置20个重复。置于温度(27 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度(70 ± 5)%、光周期14 L:10 D的江南RXZ型人工气候箱内孵化,每天定时记录益蝽卵的孵化数量,统计分析不同处理条件下益蝽卵粒的孵化率及50%卵粒孵化时间(廖平等,2020)。

整个试验过程中及时清除死亡虫体和剩余食物残渣,保持试验饲养环境清洁。

1.3 统计分析

试验数据用Excel 2019进行整理,用SPSS 25.0进行统计分析,并用GraphPad Prism 9作图。对试验中测定的发育历期、存活率、体重、成虫寿命、产卵前期、产卵总量、产卵次数、卵粒孵化率、50%卵粒孵化时间及不同产卵阶段卵块大小进行单因素方差分析(One-way ANOVA),采用LSD法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同宿主植物对益蝽若虫生长发育的影响

由表1可知,与对照组相比,在饲养环境中添加宿主植物,益蝽整个若虫发育历期显著缩短($F_{4,15}=23.460, P<0.05$),其中小麦苗组益蝽若虫发育历期最短,为27.03 d,与菜豆苗组(27.52 d)无显著差异($P>0.05$,下同),2组均显著短于玉米苗组(28.29 d)($P<0.05$,下同);菜豆苗组益蝽若虫发育历期短于豌豆苗组(28.15 d),但二者间差异不显著;对照组若虫发育历期最长,为29.97 d。对比同一龄期各处理,1龄若虫发育历期各处理间无显著差异($F_{4,179}=0.791, P=0.533$),但玉米苗组的发育历期最长,为4.08 d,其次为对照组(4.04 d)。在益蝽1、2、3和4龄若虫各发育阶段,小麦苗组的发育历期最短,分别为3.93、7.04、4.68和4.44 d,其中在3龄和4龄若虫2个阶段均显著短于其他各处理组。3龄若虫豌豆苗组的发育历期最长,为5.30 d,高于对照组,但二者间无显著差异;4龄若虫菜豆、玉米、豌豆苗3组两两之间无显著差异,但均显著短于对照组。5龄若虫对照组的发育历期显著长于其余4个处理组($F_{4,142}=5.286, P<0.05$),为7.41 d,其余4个处理组间无显著差异,其中玉米苗组最短,为6.63 d。

2.2 不同宿主植物对益蝽若虫存活率的影响

由图1可知,添加4种宿主植物对益蝽1龄若虫($F_{4,15}=5.375, P<0.05$)、2龄若虫($F_{4,15}=2.468, P<0.05$)和3龄若虫($F_{4,15}=2.017, P<0.05$)的存活率具有显著

影响,而对4龄若虫($F_{4,15}=0.273, P=0.889$)和5龄若虫的存活率无显著影响。其中,玉米苗组1龄若虫存活率最低,为(83.33±3.33)%,低于对照组但差异不显著,显著低于小麦苗组、菜豆苗组和豌豆苗组(图1-A);2龄若虫存活率以对照组最低,为(80.56±4.24)%,显著低于菜豆苗组(图1-B);3龄若虫存活率以对照组最低,为(85.52±1.21)%,显著低于小麦苗组、菜豆苗组和豌豆苗组(图1-C)。对于益蝽整个若虫期(图1-F)的存活率而言,小麦苗组(83.33%)、菜豆苗组(86.67%)和豌豆苗组(76.67%)均显著高于玉米苗组(63.33%)和对照组(56.67%)($F_{4,15}=9.375, P<0.05$),而玉米苗组与对照组间无显著差异。

2.3 不同宿主植物对益蝽若虫及成虫体重的影响

由表2可知,添加宿主植物后,益蝽各龄期体重均出现不同程度的增加,益蝽2龄若虫($F_{4,195}=0.005, P=1.000$)和3龄若虫($F_{4,195}=1.199, P=0.326$)的体重在菜豆苗组、豌豆苗组、小麦苗组、玉米苗组和对照组间均无显著差异,4龄若虫($F_{4,195}=76.885, P<0.05$)、5龄若虫($F_{4,195}=112.191, P<0.05$)及雌成虫($F_{4,195}=81.244, P<0.05$)、雄成虫($F_{4,195}=103.661, P<0.05$)的体重在5组间均存在显著差异,其中益蝽4龄若虫、雌成虫和雄成虫体重由高到低均为:菜豆苗组>豌豆苗组>小麦苗组>玉米苗组>对照组。在益蝽生长发育的各个阶段,菜豆苗组的益蝽若虫及成虫体重均高于其他4组,对照组的益蝽若虫(2龄除外)及成虫体重最低。

2.4 不同宿主植物对益蝽成虫寿命的影响

由图2可知,不同宿主植物条件下益蝽雌雄成虫寿命均表现为豌豆苗组>菜豆苗组>玉米苗组>小麦苗组>对照组。宿主植物对益蝽雄成虫寿命无显著影响($F_{4,95}=1.991, P>0.05$),但不同宿主植物上益蝽雌成虫的寿命存在差异,其中豌豆上雌成虫寿命为(64.77 d),显著高于对照组(48.08 d),而与菜豆苗组、小麦苗组和玉米苗组间无显著差异($F_{4,95}=0.454, P>0.05$)。

表 1 不同宿主植物条件下的益蝽若虫发育历期(d)

Table 1 Influence of host plants on the development duration of *P. lewisi* nymph

处理 Treatment	若虫龄期 Nymph instar						若虫期 Nymph period
	1龄 The 1 st instar	2龄 The 2 nd instar	3龄 The 3 rd instar	4龄 The 4 th instar	5龄 The 5 th instar		
对照组 Control group	4.04±0.45	7.48±0.51a	5.18±0.53a	5.53±0.51a	7.41±0.71a	29.97±0.52a	
玉米苗组 <i>Zea mays</i> group	4.08±0.48	7.18±0.50ab	5.11±0.66a	4.95±0.52b	6.63±0.60b	28.29±0.32b	
小麦苗组 <i>Triticum aestivum</i> group	3.93±0.26	7.04±0.45b	4.68±0.48b	4.44±0.511c	6.92±0.40b	27.03±0.43d	
菜豆苗组 <i>Phaseolus vulgaris</i> group	3.97±0.18	7.07±0.47b	5.15±0.46a	4.73±0.45b	6.69±0.62b	27.52±0.17cd	
豌豆苗组 <i>Pisum sativum</i> group	3.96±0.33	7.24±0.44b	5.30±0.63a	4.86±0.51b	6.74±0.62b	28.15±0.47bc	

同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表2和表3同

Different lowercase letters in the same column indicated significant difference among different treatments($P<0.05$). The same was applied in Table 2 and Table 3

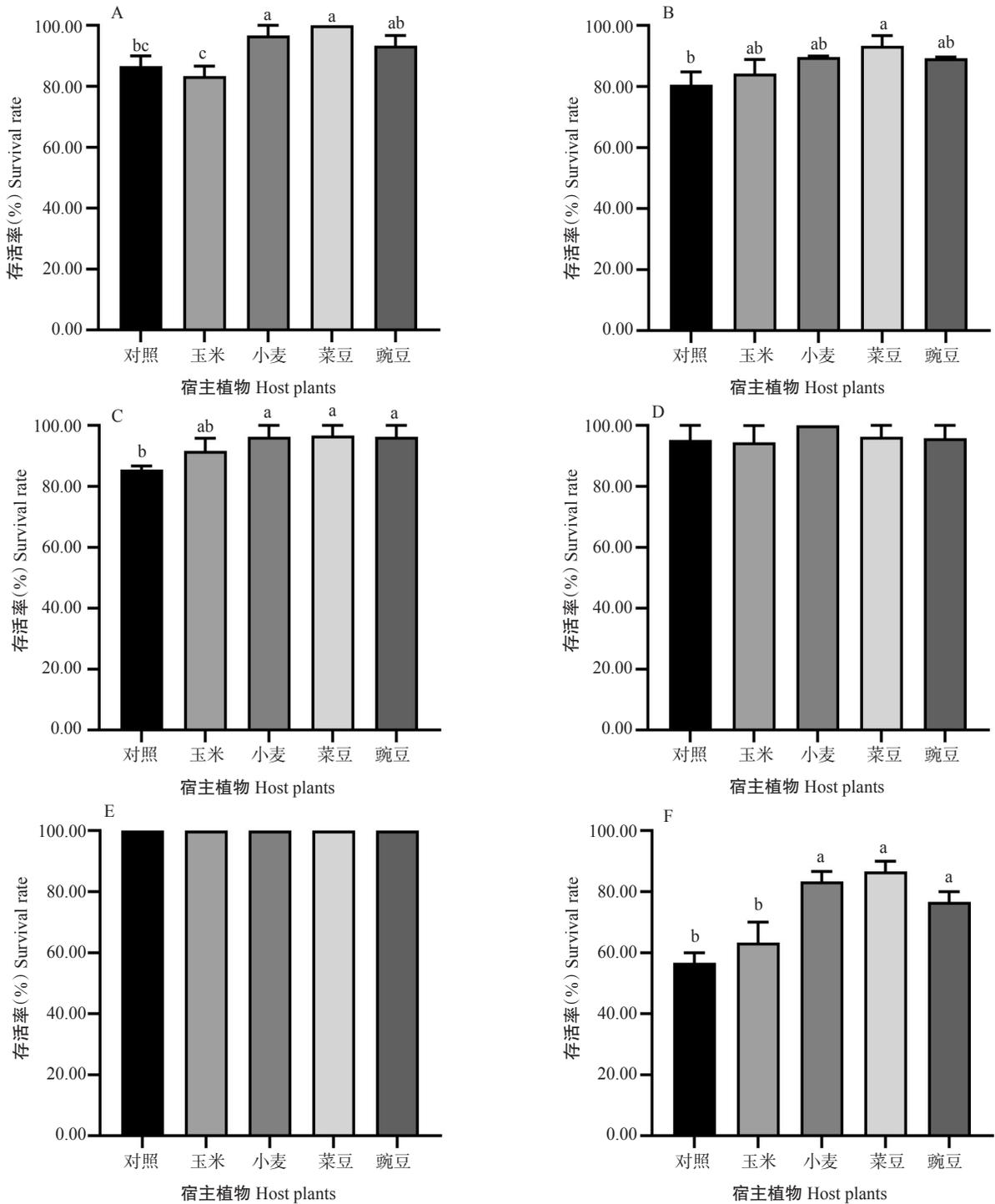


图 1 不同宿主植物上益蝽若虫存活率

Fig.1 Influence of host plants on the survival rate of *P. lewisi* nymph

A: 1龄若虫; B: 2龄若虫; C: 3龄若虫; D: 4龄若虫; E: 5龄若虫; F: 整个若虫期。图柱上不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

A: The 1st instar nymphs; B: The 2nd instar nymphs; C: The 3rd instar nymphs; D: The 4th instar nymphs; E: The 5th instar nymphs; F: Whole nymph period. Different lowercase letters on the bar represented significant difference ($P < 0.05$)

2.5 不同宿主植物对益蝽成虫繁殖力的影响

由表3可知,添加宿主植物后益蝽的产卵前期较对照组均有缩短,其中菜豆苗组和小麦苗组益蝽雌成虫产卵前期较短,均显著短于对照组;玉米苗组和豌豆苗组次之。对于单次平均产卵量而言,益蝽雌成虫单次产卵量表现为菜豆苗组>小麦苗组>豌豆

苗组>玉米苗组>对照组,菜豆苗组与对照组间存在显著差异 ($t=2.382, df=38, P < 0.05$);而对于产卵总量、产卵次数、卵孵化历期及孵化率,添加宿主植物组与对照组相比均无显著差异。

由图3可知,随着产卵的延续,各处理益蝽雌成虫的产卵量均呈下降趋势,但不同处理间各产卵阶

表 2 不同宿主植物条件下益蜻若虫及成虫的体重(mg)

Table 2 Influence of host plants on the weight of *P. lewisi* nymphs and adults(mg)

处理 Treatment	若虫龄期 Nymph instar				雌成虫 Female adult	雄成虫 Male adult
	2龄 The 2 nd instar	3龄 The 3 rd instar	4龄 The 4 th instar	5龄 The 5 th instar		
对照组 Control group	3.15±0.01	13.70±0.08	31.69±0.46d	70.75±0.37d	88.24±0.83d	65.41±1.28c
玉米苗组 <i>Z. mays</i> group	3.14±0.01	13.77±0.08	33.58±0.52c	71.37±0.06c	88.46±2.46d	65.96±1.89c
小麦苗组 <i>T. aestivum</i> group	3.15±0.01	13.91±0.03	33.85±0.18c	73.82±0.35b	90.25±4.05c	67.04±2.43b
菜豆苗组 <i>P. vulgaris</i> group	3.17±0.01	14.12±0.09	35.29±0.46a	74.67±0.15a	95.00±3.70a	72.91±2.86a
豌豆苗组 <i>P. sativum</i> group	3.16±0.01	14.01±0.04	34.75±0.64b	73.40±0.25b	93.88±1.67b	71.99±0.90a

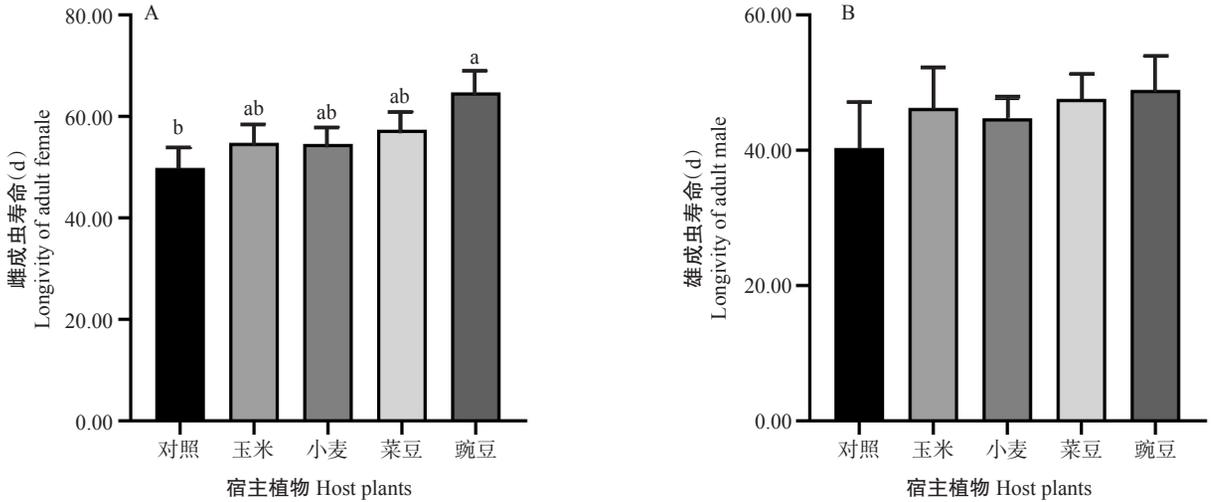


图 2 不同宿主植物条件下益蜻成虫的寿命

Fig.2 Influence of host plants on the longevity of *P. lewisi* adults

表 3 不同宿主植物条件下益蜻的繁殖力

Table 3 Influence of different host plants on *P. lewisi* fecundity

处理 Treatment	产卵前期(d) Pre-oviposition	产卵总量(粒) Total fecundity (egg)	产卵次数 Times of egg laying	单次产卵量(粒) Single fecundity (egg)	卵孵化历期(d) Oviposition duration	孵化率(%) Hatching rate
对照组 Control group	20.85±2.03a	154.15±17.13	5.77±0.74	29.51±2.45b	9.95±0.51	84.40±5.73
玉米苗组 <i>Z. mays</i> group	18.12±1.39ab	172.18±16.52	5.65±0.51	32.31±2.68ab	10.00±0.64	85.11±5.15
小麦苗组 <i>T. aestivum</i> group	16.31±1.08b	185.92±17.27	5.08±0.33	36.30±1.60ab	9.90±0.70	86.19±5.76
菜豆苗组 <i>P. vulgaris</i> group	16.54±1.47b	193.85±18.97	5.23±0.66	38.36±2.80a	9.86±0.57	85.89±5.86
豌豆苗组 <i>P. sativum</i> group	17.08±1.10ab	180.08±16.84	5.77±0.57	34.26±4.08ab	10.15±0.59	85.47±6.74

段下降的趋势略有不同,其中在开始产卵的1~20 d各处理益蜻雌成虫的产卵量最多,均超过整个产卵时期的70.00%,由高到低为菜豆苗组(80.87%)>小麦苗组(78.22%)>对照组(76.29%)>豌豆苗组(73.90%)>玉米苗组(72.66%);在产卵的21~40 d产卵量次之,由高到低为玉米苗组(22.94%)>对照组(22.26%)>小麦苗组(20.59%)>菜豆苗组(15.68%)>豌豆苗组(15.21%);在产卵的41~60 d产卵量最少,由高到低为豌豆苗组(10.89%)>玉米苗组(4.39%)>菜豆苗组(3.45%)>对照组(1.44%)>小麦苗组(1.19%)。

由表4可知,在开始产卵的1~20 d,菜豆苗组和小麦苗组的卵块显著大于玉米苗组、豌豆苗组和对照组,其中菜豆苗组卵块的卵粒数最多,为38.43粒,对照组卵块卵粒数最少,为27.85粒;在产卵的21~40 d,有宿主植物的试验组卵块均比对照组大,其中,菜豆苗组与对照组($t=2.414, df=38, P<0.05$)、小麦苗组

与对照组($t=2.500, df=42, P<0.05$)两两之间存在显著差异;在产卵的41~60 d,以玉米苗组的卵粒数最多,为33.50粒,显著高于对照组和小麦苗组,对照组的卵粒数最少,为9.67粒,显著少于除小麦苗组外的其他3组。

对同一处理条件下不同产卵阶段的卵块大小进行比较,结果(表4)显示,玉米苗组、菜豆苗组和豌豆苗组在3个产卵阶段卵块大小差异不显著;对照组和小麦苗组,在开始产卵的1~20 d与产卵41~60 d卵块大小存在显著差异。

3 讨论

在植物—害虫—天敌的互作系统中,捕食性天敌昆虫不仅直接与害虫种类、发生及数量有关,与植物之间也存在着密切关系(李艳艳,2013)。本研究中,添加宿主植物的处理组与未添加宿主植物的对

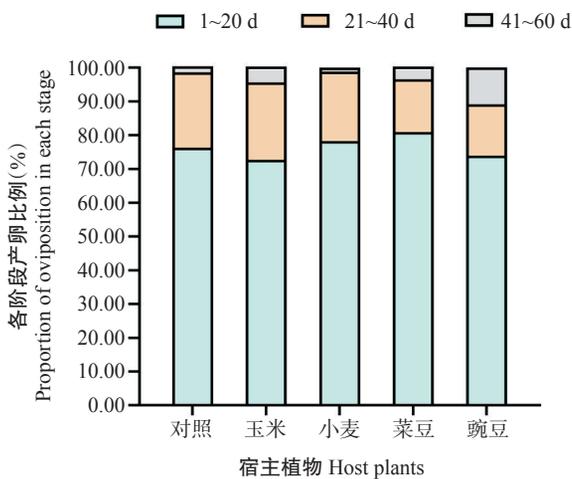


图 3 不同宿主植物条件下益蝽雌成虫各产卵阶段的产卵比例

Fig.3 Proportion of oviposition by *P. lewisi* at each stage on different host plants

表 4 益蝽雌成虫不同产卵阶段卵块的大小比较

Table 4 Comparison of egg mass sizes of *P. lewisi* female adults at different oviposition stages

产卵阶段 Oviposition stage	卵粒数(粒) Number of eggs (egg)				
	对照组 Control group	玉米苗组 <i>Z. mays</i> group	小麦苗组 <i>T. aestivum</i> group	菜豆苗组 <i>P. vulgaris</i> group	豌豆苗组 <i>P. sativum</i> group
1~20 d	27.85±2.09Ab	31.67±2.06b	38.06±2.06Aa	38.43±2.31a	30.89±2.79b
21~40 d	23.53±2.63ABb	26.92±2.69ab	33.40±2.95ABa	35.91±5.02a	27.38±3.34ab
41~60 d	9.67±4.41Bc	33.50±7.66a	14.50±3.50Bbc	21.75±5.22ab	21.25±2.29ab

同列数据后不同大写字母表示差异显著($P<0.05$); 同行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Different uppercase letters in the same column indicated significant difference($P<0.05$); different lowercase letters in the same row indicated significant difference($P<0.05$)

豌豆苗对益蝽的发育和产卵繁殖则表现出较迟缓现象,其雌成虫寿命较对照组相比明显增长,产卵前期较菜豆苗组和小麦苗组长,产卵后期(第3阶段41~60 d)产卵比例较大,这与蝽蝽在豌豆苗上其若虫发育历期和雌虫产卵前期显著缩短的结果存在差异(廖平等,2020),可能是由于供试天敌昆虫益蝽较蝽蝽适应豌豆苗中所含较高的类黄酮和生物碱成分(Wackers, 2004; Rasheed et al., 2020)的能力弱,具体原因需进一步探究。

从益蝽成虫体重和繁殖力结果来看,添加宿主植物对益蝽低龄若虫的体重无影响,对高龄若虫及雌雄成虫的体重影响显著,这与蝽蝽的表现一致(廖平等,2020),究其原因,可能是宿主植物为益蝽提供了适宜的水分和丰富的营养物质,从而有利其生长发育,但具体原因还有待通过测定益蝽对植物内各营养物质的吸收运用等进行探究。添加菜豆苗、小麦苗和豌豆苗的益蝽雌雄成虫体重均显著高于添加玉米苗和对照组,且菜豆苗组、小麦苗组和豌豆苗组的雌成虫总产卵量、单次产卵量均高于玉米苗组和对照组,与Zanuncio等(2002)对天敌昆虫*Podisus*

对照组相比,益蝽若虫的发育历期显著缩短、存活率提高、体重增加、成虫的产卵前期缩短,与同亚科昆虫蝽蝽、黑刺益蝽(Lemos et al., 2001; 宋丽文等, 2010; 廖平等, 2020; 罗倩茜等, 2020; 任春燕等, 2021)等天敌昆虫饲养时添加适宜宿主植物效果相似,其原因可能是益蝽亚科天敌昆虫在刺吸植物后,能从植物汁液营养物质中获取有助于促进生长发育和繁殖的物质。但由于不同的植物所含的化学成分以及形态特征存在差异,造成不同宿主植物对天敌昆虫各生长发育指标产生不同程度的影响(巫厚长等, 2006),特别是添加菜豆苗和小麦苗的益蝽若虫的发育及成虫的繁殖力表现均较好,对照组的表现较差。

添加菜豆苗和小麦苗,益蝽若虫发育历期显著缩短、存活率明显提高以及第1产卵阶段和第2产卵阶段产卵比例较大且每阶段卵块明显增大,这有益于人工饲养益蝽短期获得大而集中的优质卵块,而

*rostralis*的体重与产卵量间存在一定的正相关关系的研究结果相近,其原因可能是体重越大、所积累的有益于繁殖的物质更丰富,从而有利于卵的发育,使产卵量增加。

适宜的宿主植物能为昆虫提供活动场地和栖息环境,有效提高天敌昆虫饲养的质量和效率(张贺贺等, 2015)。综合考虑益蝽在菜豆苗和小麦苗上若虫存活率、发育历期、体重、寿命、产卵前期、产卵量、卵块孵化率及卵孵化历期等重要生物学参数均较优,表明天敌昆虫益蝽可从菜豆苗和小麦苗中获得必要的水和补充更多营养物质。因此,在人工繁育益蝽过程中添加菜豆苗或小麦苗作为栖息植物,可在一定程度上减少天敌益蝽饲养饲料昆虫的投入,降低生产成本,或在田间释放益蝽时,搭配种植适宜作物,帮助其渡过食物资源匮乏逆境,延续种群(Lemos et al., 2001)。此外,本研究仅考虑单一植物对益蝽生长发育及繁殖的影响,田间自然条件下,往往存在多种作物和植物,而在田间自然条件下多种植物的存在是否会对益蝽的生长发育和繁殖产生影响还有待进一步研究。

4 结论

常见的玉米、小麦、菜豆和豌豆4种宿主植物均可作为天敌昆虫益蝽饲养繁育的宿主植物,其中,菜豆苗和小麦苗对益蝽生长发育和繁殖的重要生物学参数表现均较优,能有效提高益蝽的饲养繁殖效率。因而,在室内饲养益蝽时,可在饲养环境中放入菜豆或小麦植株来人工规模繁育益蝽,还可通过在益蝽释放田间作套种菜豆或小麦,以促进益蝽的定殖。

参考文献:

- 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[J]. 中国生物防治学报, 35(5): 658-673. [Chen W B, Li Y Y, Wang M Q, Liu C X, Mao J J, Chen H Y, Zhang L S. 2019. Natural enemy insect resources of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, their application status, and existing problems and suggestions[J]. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 658-673.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.05.013.
- 符成悦,徐天梅,温绍海,张帅,刘飞,杜广祖,陈斌,张立敏. 2021. 益蝽对亚洲玉米螟幼虫的捕食行为及捕食功能反应[J]. 中国生物防治学报, 37(5): 956-962. [Fu C Y, Xu T M, Wen S H, Zhang S, Liu F, Du G Z, Chen B, Zhang L M. 2021. Predation behaviors and functional responses of *Picromerus lewisi* to the larvae of *Ostrinia furnacalis*[J]. Chinese Journal of Biological Control, 37(5): 956-962.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2021.07.002.
- 高卓,王哲玮,张李香,孙元,范锦胜,付雪,金娜,王贵强. 2012. 蠊蝽人工繁殖技术及田间释放控制研究[J]. 黑龙江大学学报, 3(1): 65-73. [Gao Z, Wang X W, Zhang L X, Sun Y, Fan J S, Fu X, Jin N, Wang G Q. 2012. Study on artificial breeding technology and releasing in field of *Arma chinensis* Fallou[J]. Journal of Engineering of Heilongjiang University, 3(1): 65-73.] doi: 10.13524/j.2095-008x.2012.01.010.
- 郭军,张长华,贾芳盟,胡阳. 2020. 益蝽对玉米草地贪夜蛾和甘蓝菜青虫的田间防控效果[J]. 农技服务, 37(2): 11-13. [Guo J, Zhang C H, Jia F Z, Hu Y. 2020. Field control of *Spodoptera frugiperda* and *Pieris rapae* by *Picromerus lewisi*[J]. Agricultural Technology Service, 37(2): 11-13.]
- 纪宇桐,薛传振,王孟卿,向梅,李萍,李玉艳,毛建军,张礼生. 2022. 湿度对益蝽生长发育的影响[J]. 中国生物防治学报, 38(4): 975-981. [Ji Y T, Xue C Z, Wang M Q, Xiang M, Li P, Li Y Y, Mao J J, Zhang L S. 2022. Effects of relative humidity on development of *Picromerus lewisi* Scott[J]. Chinese Journal of Biological Control, 38(4): 975-981.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.05.012.
- 李艳艳. 2013. 寄主植物—蚜虫—捕食性瓢虫三营养层相互作用关系的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学. [Li Y Y. 2013. Tritrophic interactions among host plants, aphids and predacious ladybird[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University.]
- 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. 2020. 不同豆科寄主植物对蠊蝽生长发育的影响[J]. 中国生物防治学报, 36(4): 539-544. [Liao P, Jiang L, Yin Y F, Zhu Y J, Li Y Y, Mao J J, Wang M Q, Chen H Y, Zhang L S, Liu C X. 2020. Influence of leguminous host plants on growth, development and fecundity of *Arma chinensis*[J]. Chinese Journal of Biological Control, 36(4): 539-544.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.04.009.
- 林毓鉴,龙骏,章士美,林征. 2000. 中国益蝽亚科(Asopinae)名录(半翅目:蝽科)[J]. 江西植保, 23(2): 36-39. [Lin Y J, Long J, Zhang S M, Lin Z. 2000. A checklist of Asopinae from China (Hemipteroptera: Pentatomidae)[J]. Jingxi Plant Protection, 23(2): 36-39.]
- 刘俊秀,朱正阳,臧连生,王甦,邝宁. 2022. 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, 38(6): 1435-1442. [Liu J X, Zhu Z Y, Zang L S, Wang S, Di N. 2022. Fitness of leguminous plants as oviposition substrates for *Orius sauteri* (Poppus)[J]. Chinese Journal of Biological Control, 38(6): 1435-1442.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.03.011.
- 罗倩茜,叶润,丁忠林,宋泽军,龙建华. 2020. 不同宿主植物对蠊蝽生长发育和生殖力的影响[J]. 农家参谋, (17): 243. [Luo Q X, Ye R, Ding Z L, Song Z J, Long J H. 2020. Effect of host plant on growth, development and fecundity of *Arma chinensis*[J]. The Farmers Consultant, (17): 243.]
- 苗少明,廖平,叶敏,毛建军,王孟卿,张礼生,陈红印,刘晨曦. 2019. 室内饲养的蠊蝽种群近交衰退分析[J]. 中国生物防治学报, 35(2): 191-196. [Miao S M, Liao P, Ye M, Mao J J, Wang M Q, Zhang L S, Chen H Y, Liu C X. 2019. Inbreeding depression in captive-raised *Arma chinensis*[J]. Chinese Journal of Biological Control, 35(2): 191-196.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.02.011.
- 任斌斌,王建红,李广,刘倩,张志国. 2022. 不同光照条件下城市绿地蜜粉源植物对天敌昆虫种群的影响[J]. 中国园林, 38(5): 116-120. [Ren B B, Wang J H, Li G, Liu Q, Zhang Z G. 2022. Effect of insectary plants on natural enemy insects in urban green space under different light conditions[J]. Chinese Landscape Architecture, 38(5): 116-120.] doi: 10.19775/j.cla.2022.05.0116.
- 任春燕,薛刚,黄宁,周建云,张丰收,徐世晓. 2021. 宿主植物烤烟对蠊蝽生物学特征及扩散能力的影响[J]. 农技服务, 38(12): 31-33. [Ren C Y, Xue G, Huang N, Zhou J Y, Zhang F S, Xu S X. 2021. Effect of host plant roasted tobacco on the biological characteristics and dispersal ability of *Arma chinensis*[J]. Agricultural Technology Service, 38(12): 31-33.]
- 宋丽文,陶万强,关玲,李兴鹏,陈越渠. 2010. 不同宿主植物和饲养密度对蠊蝽生长发育和生殖力的影响[J]. 林业科学, 46(3): 105-110. [Song L W, Tao W Q, Guan L, Li X P, Chen Y Q. 2010. Influence of host plants and rearing density on growth, development and fecundity of *Arma chinensis*[J]. Scientia Silvae Sinicae, 46(3): 105-110.] doi: 10.11707/j.1001-7488.20100316.
- 唐艺婷. 2020. 一种新天敌——益蝽的生物防治潜能研究[D]. 北京: 中国农业科学院. [Tang Y T. 2020. Study on potential of a novel natural enemy insect *Picromerus lewisi* Scott in biological control[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences.] doi: 10.27630/d.cnki.gznky.2020.000778.
- 唐艺婷,郭义,何国玮,刘晨曦,陈红印,张礼生,王孟卿. 2018. 不同龄期的益蝽对粘虫的捕食功能反应[J]. 中国生物防治学报, 34(6): 825-830. [Tang Y T, Guo Y, He G W, Liu C X, Chen H Y, Zhang L S, Wang M Q. 2018. Functional responses of *Picromerus lewisi* Scott (Hemiptera: Pentatomidae) attacking *Mythimna separata* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. Chinese Journal of Biological Control, 34(6): 825-830.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-

- 039x.2018.06.004.
- 唐艺婷,王孟卿,陈红印,王燕,张红梅,陈福寿,赵雪晴,张礼生. 2019. 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[J]. 中国生物防治学报, 35(5): 698-703. [Tang Y T, Wang M Q, Chen H Y, Wang Y, Zhang H M, Chen F S, Zhao X Q, Zhang L S. 2019. Predatory capacity and behavior of *Picromerus lewisi* Scott against *Spodoptera frugiperda* higher instar larve [J]. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 698-703.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.04.005.
- 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[J]. 中国生物防治学报, 36(4): 520-524. [Wang Y, Zhang H M, Li X Y, Yin Y Q, Zhao X Q, Chen F S, Zhang L S. 2020. Predation of *Picromerus lewisi* nymph on larvae of *Spodoptera frugiperda* [J]. Chinese Journal of Biological Control, 36(4): 520-524.] doi: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.04.010.
- 巫厚长,章超,李正珊,周春晓,邹运鼎. 2006. 寄主植物—害虫—天敌三营养层系统相互作用的上行控制[J]. 中国农学通报, 22(8): 414-418. [Wu H C, Zhang C, Li Z S, Zhou C X, Zou Y D. 2006. Bottom-up effect of the tri-trophic system interactions among host plants, phytophagous insects and natural enemies[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 22(8): 414-418.] doi: 10.3969/j.issn.1000-6850.2006.08.104.
- 喻会平,王召,龙贵云,杨洪. 2018. 三种猎物对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响[J]. 植物保护, 44(4): 105-109. [Yu H P, Wang Z, Long G Y, Yang H. 2018. Effects of three prey species on development and oviposition of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae)[J]. Plant Protection, 44(4): 105-109.] doi: 10.16688/j.zwbh.2017443.
- 张昌容,班菲雪,尚小丽,刘少兰,卯婷婷,章行远,刘梅,郭军,孙月华. 2021. 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, 43(4): 1010-1015. [Zhang C R, Ban F X, Shang X L, Liu S L, Mao T T, Zhang X Y, Liu M, Guo J, Sun Y H. 2021. Evaluation of five plant species for their suitability as banker plant for *Orius similis*[J]. Journal of Environmental Entomology, 43(4): 1010-1015.] doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2021.04.21.
- 张贺贺,陈家骅,季清娥,骆米娟. 2015. 影响昆虫产卵行为的因素及其应用研究概述[J]. 环境昆虫学报, 37(2): 432-440. [Zhang H H, Chen J H, Ji Q E, Luo M J. 2015. Overview in the study and application of the influencing factors on oviposition behavior of insects[J]. Journal of Environmental Entomology, 37(2): 432-440.] doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2015.02.31.
- 张海平. 2017. 影响蝽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. [Zhang H P. 2017. Key biological and physiological factors affect the population establishment of *Arma chinensis* Fallou in greenhouses [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences.]
- 张红艳,张晶晶,王珊珊,王娅玲,王晴晴,王香萍. 2021. 缘腹茧蜂对草地贪夜蛾的寄生能力及子代发育情况研究[J]. 河南农业科学, 50(5): 86-91. [Zhang H Y, Zhang J J, Wang S S, Wang Y L, Wang Q Q, Wang X P. 2021. Parasitic efficacy and development performance of *Cotesia marginiventris* (Cresson) on *Spodoptera frugiperda* (Smith) [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 50(5): 86-91.] doi: 10.15933/j.cnki.1004-3268.2021.05.012.
- 张曼,高平,赵航,周辰彦,梁晨,汤永玉,邢孔政,吴国星,高熹. 2022. 捕食性天敌叉角厉蝽生长发育、繁殖及各虫态形态特征观察[J]. 南方农业学报, 53(4): 1078-1087. [Zhang M, Gao P, Zhao H, Zhou C Y, Liang C, Tang Y Y, Xing K Z, Wu G X, Gao X. 2022. Development, fecundity and morphological characteristics of the predatory *Eocanthecona furcellata* (Wolff)[J]. Journal of Southern Agriculture, 53(4): 1078-1087.] doi: 10.3969/j.issn.2095-1191.2022.04.021.
- 张仁福,王伟,刘海洋,姚举. 2022. 取食不同夏季寄主对牧草盲蝽若虫生长发育和成虫寿命的影响[J]. 应用昆虫学报, 59(1): 124-133. [Zhang R F, Wang W, Liu H Y, Yao J. 2022. Effects of feeding different summer host plants on the nymphs developmental duration and adults longevity of *Lygus pratensis* Linnaeus (Heteroptera: Miridae)[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 59(1): 124-133.] doi: 11.6020.Q.20220124.0911.002.
- Azevedo D O, Zanuncio J C, Zanuncio Jr J S, Martins G F, Marques-Silva S, Sossai M F, Serrão J E. 2007. Biochemical and morphological aspects of salivary glands of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) [J]. Brazilian Archives of Biology and Technology, 50(3): 469-477. doi: 10.1590/S1516-89132007000300013.
- Holtz A M, Almeida G D, Fadini M A M, Zanuncio J C, Zanuncio-Júnior J S, Andrade G S. 2011. Phytophagy on eucalyptus plants increases the development and reproduction of the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. Acta Scientiarum: Agronomy, 33(2): 231-235. doi: 10.4025/actasciagron.v33i2.6152.
- Lemos W P, Medeiros R S, Ramalho F S, Zanuncio J C. 2001. Effects of plant feeding on the development, survival and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) [J]. International Journal of Pest Management, 47(2): 89-93. doi: 10.1080/09670870151130499.
- Medeiros R S, Vinha G L, Zanuncio J C, Wilcken C F, Menezes C W G, Soares M A, Carvalho A G. 2020. Life table parameters of the zoophytophagous predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) on introduced and native plants [J]. Journal of Economic Entomology, 112(4): 1760-1764. doi: 10.1093/jeet/toz086.
- Pervez A, Chandra S. 2018. Host plant-mediated prey preference and consumption by an aphidophagous ladybird, *Meno-chilus sexmaculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28(1): 1-6. doi: 10.1186/s41938-018-0060-1.
- Rasheed R, Ashraf M A, Arshad A, Iqbal M, Hussain I. 2020. Interactive effects of chitosan and cadmium on growth, secondary metabolism, oxidative defense, and element uptake in pea (*Pisum sativum* L.) [J]. Arabian Journal of Geosciences, 13(17): 1-14. doi: 10.1007/s12517-020-05871-0.
- Thomine E, Jeavons E, Rusch A, Bearez P, Desneux N. 2020. Effect of crop diversity on predation activity and population dynamics of the mirid predator *Nesidiocoris tenuis* [J]. Journal of Pest Science, 93(4): 1255-1265. doi: 10.1007/s10340-020-01222-w.
- Wackers F L. 2004. A comparison of nectar-and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata* [J]. Journal of Insect Physiology, 47(9): 1077-1084. doi: org/10.1016/S0022-1910(01)00088-9.
- Zanuncio J C, Molina-Rugama A J, Santos G P, Ramalho F S. 2002. Effect of body weight on fecundity and longevity of the stinkbug predator *Podisus rostralis* [J]. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 37(9): 1-6. doi: 10.1590/S0100-204X2002000900004.