

DOI: 10.5846/stxb201606111117

唐良德, 李飞, 赵海燕, 吴建辉, 任顺祥. 六斑月瓢虫取食不同猎物的生长发育及繁殖特性. 生态学报, 2017, 37(17): 5765-5770.

Tang L D, Li F, Zhao H Y, Wu J H, Ren S X. Influence of three prey species on the development and fecundity of *Menochilus sexmaculata* Fabricius. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(17): 5765-5770.

六斑月瓢虫取食不同猎物的生长发育及繁殖特性

唐良德¹, 李 飞², 赵海燕³, 吴建辉^{2,*}, 任顺祥²

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101

2 华南农业大学农学院, 广东省生物农药创制与应用重点实验室, 广州 510642

3 海南省农业科学院植物保护研究所, 海南省植物病虫害防控重点实验室, 海口 571100

摘要:六斑月瓢虫是我国农、林、蔬、果生态系统中重要的捕食性天敌之一,能够捕食多种猎物。不同的猎物质量显著影响捕食性天敌昆虫的活力。为评价取食不同猎物对六斑月瓢虫生物学特性的影响,采用实验种群生命表的方法研究了六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的生长发育和繁殖情况。结果表明,六斑月瓢虫取食烟粉虱的世代发育历期最长、存活率、雌虫寿命和繁殖力最低,分别为 (26.15 ± 0.42) d、 $(52.95 \pm 1.98)\%$ 、 (53.73 ± 2.17) d 和 (157.67 ± 16.79) 粒/雌;而取食玉米蚜的世代发育历期最短、存活率、雌虫寿命和繁殖力最高,分别为 (16.40 ± 0.49) d、 $(77.93 \pm 0.76)\%$ 、 (68.33 ± 4.31) d 和 (798.77 ± 44.29) 粒/雌;取食豆蚜时的各生物学参数介于两者之间。种群生命表参数也反映了类似的结果,取食烟粉虱的净增殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)和周限增长率(λ)最低分别为 71.216、0.092 和 1.094,世代平均历期(T)最长为 47.377 d;取食玉米蚜的 R_0 、 r_m 和 λ 最高分别为 290.281、0.131 和 1.143, T 最短为 42.428 d。总体来看,相对于烟粉虱而言,蚜虫更适合六斑月瓢虫的生长发育和繁殖,且玉米蚜优于豆蚜。

关键词:六斑月瓢虫;烟粉虱;豆蚜;玉米蚜;生长发育;繁殖

Influence of three prey species on the development and fecundity of *Menochilus sexmaculata* Fabricius

TANG Liangde¹, LI Fei², ZHAO Haiyan³, WU Jianhui^{2,*}, REN Shunxiang²

1 Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China

2 College of Agriculture, South China Agricultural University, Key Laboratory of Bio-Pesticide Innovation and Application of Guangdong Province, Guangzhou 510642, China

3 Institute of Plant Protection, Hainan Academy of Agricultural Science/Hainan Key Laboratory for Control of Plant Diseases and Insect Pests, Haikou 571100, China

Abstract: The ladybeetle *Menochilus sexmaculata* Fabricius (Coleoptea: Coccinellidae) is a common and abundant indigenous natural enemy of Hemipteran pests, such as aphids, whiteflies and scale insects, which are all serious pests of various field crops and greenhouse vegetables and thus cause considerable damage in China. Food quality is one of the most important factors that can influence the vigor of carnivorous predators because not all prey species are equally suitable. In order to evaluate the biological characteristics of *M. sexmaculata* preying on differential prey species, in the present study, the influence of three prey species—*Bemisia tabaci* (Gennadius), *Aphis craccivora* Koch, and *Rhopalosiphum maidis*

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2015hzzs1J003);国家基础 Research 计划(973 计划 2013CB127600)

收稿日期:2016-06-11; **网络出版日期:**2017-04-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jhw@scau.cn

(Fitch)—on the development and fecundity of *M. sexmaculata* was studied, using the life-table method, under laboratory conditions. The results showed that the development, survival rate, longevity, reproduction, and life-table parameters of *M. sexmaculata* differed significantly with different prey species. The shortest developmental period for *M. sexmaculata* (generational period) was observed when they preyed on *R. maidis*, with a mean value of (16.40 ± 0.49) days, whereas the longest developmental period $((26.15 \pm 0.42)$ days) was observed when the preyed on *B. tabaci*. The highest survival rate $((77.93 \pm 0.76)\%)$ was observed when the prey species was *R. maidis* and the lowest survival rate $((52.95 \pm 1.98)\%)$ was observed when the prey species was *B. tabaci*. The highest fecundity $((798.77 \pm 44.29)$ eggs/female) and longest longevity $((68.33 \pm 4.31)$ d) were observed when *R. maidis* was used as prey. Take these life-table parameters together, we determined that the highest values of net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r_m), and finite rate of increase (λ) were observed when the prey species was *R. maidis*—these values were 290.281, 0.131, and 1.143, respectively. Moreover, the results also indicated that the generation time was lowest ($T = 42.428$ d) when the prey species was *R. maidis*. In contrast, the values of the life-table parameters R_0 , r_m , and λ were lowest when *M. sexmaculata* preyed on *B. tabaci* (71.216, 0.092, and 1.094, respectively). The T value (47.377 d) was highest when the prey species was *B. tabaci*. Experimental data for *A. craccivora* were intermediate between those for the other two prey species. On the basis of these findings, the order of suitability of the three prey organisms for *M. sexmaculata* is *R. maidis* > *A. craccivora* > *B. tabaci*. The results indicated that the aphid is a more suitable prey for the ladybeetle than the whitefly, and that *R. maidis* is the most suitable prey for *M. sexmaculata* of the three prey species tested and can serve as a rearing diet for mass production of *M. sexmaculata* under laboratory conditions.

Key Words: *Menochilus sexmaculata* Fabricius; *Bemisia tabaci* (Gennadius); *Aphis craccivora* Koch; *Rhopalosiphum maidis* (Fitch); development; fecundity

瓢虫是捕食性天敌中一个庞大的族群,在自然调控农林作物害虫种群动态中发挥着重要作用。我国瓢虫资源十分丰富,瓢虫种类繁多,分布广泛,种群数量大,开发应用前景广阔。其中,六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) 分布广泛^[1],是我国华南地区的常见种类^[2-4],是蚜虫^[5-12]、粉虱^[13]、木虱^[14-15]和其它小型昆虫的重要天敌。该瓢虫具有年发生世代数多、捕食量大以及成虫寿命长、产卵量大等优点,因而在生物防治中的应用(其开发利用)潜能巨大。天敌昆虫开发利用的前提是成功进行规模化繁殖,而饲料是规模化生产过程中的一个关键问题,它直接关系到饲养成本和饲养效果。针对瓢虫饲料的研究已有不少文献资料报道,以动物源(动物内脏或昆虫蛹为原材料添加化学组分)饲料进行饲养,虽然部分能够满足瓢虫的生长发育,但通常存活率较低、幼虫发育历期较长和成虫不能产卵等问题^[16-21]。化学人工饲料具有不受季节限制、成本低廉、操作方便等诸多优点,非常适合天敌昆虫的规模化饲养,但人工饲料的剂型和营养成分的组配没有得到实质性的攻破,至今还没找到一种行之有效的配方^[22]。天然猎物饲养基本上都能完成瓢虫生长发育和繁殖后代,但不同猎物间差异较大^[23-27]。烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、豆蚜 *Aphis craccivora* Koch 和玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) 都是农业生产上的重要害虫,也是六斑月瓢虫田间捕食的重要对象,为了明确取食这 3 种害虫对六斑月瓢虫生物学特性的影响,进而更好地保护和利用这一有价值的自然天敌,发挥其在生物防治中的作用,本文采用编制种群生命表的方法探讨了豆蚜、玉米蚜和烟粉虱对六斑月瓢虫的生长发育及繁殖特性的影响,旨在为筛选大规模繁育六斑月瓢虫的天然饲料提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

六斑月瓢虫采自华南农业大学试验基地,在室内用烟粉虱、豆蚜和玉米蚜混合种群饲养 1 代后供试。豆蚜采自豇豆田,在室内培育蚕豆苗 *Vicia faba* L. 饲养,玉米蚜和烟粉虱是分别用小麦苗 *Triticum aestivum* L. 和扶

桑苗 *Hibiscus rosa-sinensis* L. 长期饲养的室内种群, 饲养条件均为 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $(75 \pm 5)\%$, 光周期 14L:10D。

1.2 试验条件

试验在人工气候箱(PQX-250)中进行, 试验条件同 1.1 中供试昆虫的饲养条件。

1.3 实验方法

1.3.1 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的发育历期及存活率

在双通玻璃管($\Phi=2.5\text{ cm}$, $L=25\text{ cm}$, 一头用保鲜膜绷管后, 均匀扎孔, 另一头用棉花塞封口)中放入带有烟粉虱、豆蚜及玉米蚜的新鲜叶片的混合猎物供瓢虫取食, 待瓢虫产卵后, 随机挑取当天所产卵 100 粒, 即每个处理 100 头, 观察其孵化情况。用小毛笔将初孵幼虫移入玻璃管中单头饲养, 分别用烟粉虱、豆蚜和玉米蚜作为猎物饲喂瓢虫(试验所用烟粉虱为卵和若虫的混合种群, 豆蚜和玉米蚜为若虫与成虫的混合种群), 于每日 8:00 和 20:00 更换新鲜食物, 记录瓢虫的发育历期、存活数量及成虫性比。

1.3.2 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的繁殖力

收集当日羽化的瓢虫成虫于玻璃管(同 1.3.1)中, 待其交配时将其引入新的管中, 每管 1 对, 共挑取 15 对瓢虫进行繁殖力和寿命观察。置于人工气候箱内, 每天更换新鲜寄主, 饲料与幼虫期一致。每日检查成虫的产卵情况, 直到所有成虫自然死亡, 并记录六斑月瓢虫产卵前期及成虫寿命等参数。

1.3.3 实验种群生命表的组建与分析

从卵期开始每天记录瓢虫未成熟期各虫态的发育历期及存活数量及成虫每日产卵量和寿命, 用于组建瓢虫的实验种群生命表。根据昆虫特征年龄(X)、特征存活率(L_x)和产雌虫数(M_x)等参数, 按照 Andrenwartha 等^[28]、林昌善等^[29]、赵志模等^[30]的方法, 组建六斑月分别取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的生命生殖力表, 并计算六斑月瓢虫的世代净增殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)、世代平均历期(T)和周期增长率(λ)等生命表参数。计算公式如下:

$$R_0 = \sum L_x M_x \quad (1)$$

$$T = \sum L_x M_x X / R_0 \quad (2)$$

$$r_m = \ln R_0 / T \quad (3)$$

$$\lambda = \exp(r_m) \quad (4)$$

式中, 世代净增殖率(R_0), 表示每雌虫经历 1 个世代所产生的雌性个体数; 世代平均历期(T), 表示昆虫经历 1 个世代所需的平均时间; 内禀增长率(r_m), 表示种群在无限时间、空间、食物等优越条件下特定瞬时增长率; 周期增长率(λ), 表示每雌虫经过单位时间后的增长倍数。

1.4 数据处理与分析

所获实验数据均采用 Microsoft Excel 2007 以及 SPSS 10.0 进行统计与分析。取食不同猎物的六斑月瓢虫的发育历期和繁殖特性等参数在不同猎物间的差异用 Duncan 新复极差法进行比较。

2 结果与分析

2.1 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的发育历期及存活率

不同猎物(烟粉虱、豆蚜和玉米蚜)显著影响六斑月瓢虫的发育历期(表 1)和存活率(表 2)。从发育历期来看, 六斑月瓢虫取食烟粉虱的卵期、各幼虫龄期和蛹期的发育历期均显著长于取食豆蚜和玉米蚜; 而取食两种蚜虫的发育历期虽在 1 龄幼虫和 4 龄幼虫间有显著差异, 而两者的世代发育历期则差异不显著。六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的整个世代发育历期分别为 $(26.15 \pm 0.42)\text{ d}$ 、 $(17.85 \pm 0.58)\text{ d}$ 和 $(16.40 \pm 0.49)\text{ d}$ (表 1)。从存活率而言, 六斑月瓢虫取食烟粉虱的存活率在高龄(4 龄)幼虫及蛹期均显著低于取食豆蚜和玉米蚜的存活率, 另外在卵期和低龄(1 龄)幼虫也分别显著低于取食豆蚜和玉米蚜的存活率。六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的整个世代的存活率分别为 $(52.95 \pm 1.98)\%$ 、 $(74.76 \pm 0.78)\%$ 和 $(77.93 \pm 0.76)\%$ (表 2)。

表 1 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的发育历期/d(平均值±标准误)

Table 1 The developmental period of different stages of <i>Menochilus sexmaculata</i> Fabricius feeding on three preys (M±SE)								
猎物种类 Prey species	卵期 Egg	1 龄 First instar	2 龄 Second instar	3 龄 Third instar	4 龄 Fourth instar	蛹期 Pupal	产卵前期 Pre-oviposition	世代历期 Generation time
烟粉虱 <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	3.12±0.03 a	2.49±0.04 a	1.89±0.03 a	1.96±0.54 a	2.88±0.06 a	4.80±0.05 a	8.40±0.37 a	26.15±0.42 a
豆蚜 <i>Aphis craccivora</i> Koch	2.77±0.03 b	1.37±0.02 c	0.77±0.03 b	0.81±0.03 b	2.35±0.06 b	3.75±0.05 b	5.33±0.30 b	17.85±0.58 b
玉米蚜 <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	2.86±0.03 b	1.50±0.03 b	0.71±0.03 b	0.77±0.03 b	1.89±0.05 c	3.64±0.05 b	5.13±0.28 b	16.40±0.49 b

同列数据后标有不同英文字母表示在 0.05 水平上显著差异 ($P < 0.05$)

表 2 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的存活率/%(平均值±标准误)

Table 2 The survival rate of different stages of <i>Menochilus sexmaculata</i> Fabricius feeding on three preys (M±SE)								
猎物种类 Prey species	卵期 Egg	1 龄 First instar	2 龄 Second instar	3 龄 Third instar	4 龄 Fourth instar	蛹期 Pupal	产卵前期 Pre-oviposition	世代历期 Generation time
烟粉虱 <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	82.97±2.32 b	94.67±0.67 b	94.36±0.74 a	94.78±0.72 a	78.57±2.75 b	92.22±1.11 b	97.46±1.29 a	52.95±1.98 b
豆蚜 <i>Aphis craccivora</i> Koch	92.96±0.99 a	97.33±1.33 ab	96.53±1.84 a	90.22±4.61 a	96.67±0.83 a	97.44±1.48 a	96.36±1.80 a	74.76±0.78 a
玉米蚜 <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	86.33±3.00 ab	98.67±0.67 a	97.96±0.80 a	97.28±0.64 a	98.58±0.71 a	98.55±0.72 a	97.46±1.48 a	77.93±0.76 a

2.2 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的繁殖力

六斑月瓢虫取食不同猎物种类的繁殖特征如表 3 所示。取食不同猎物种类显著影响六斑月瓢虫成虫性比、产卵前期、雌虫寿命及产卵量。六斑月瓢虫取食烟粉虱的产卵前期最长、雌虫寿命最短以及平均每雌产卵量最低,分别为 8.40 d、53.73 d 和 157.67 粒;取食玉米蚜的雌虫寿命和平均每雌产卵量均最大,分别为 68.33 d 和 798.77 粒,与取食豆蚜和烟粉虱相比均差异显著,而取食玉米蚜和豆蚜间的雌虫寿命则没有显著性差异。其中,取食玉米蚜和豆蚜的平均每雌产卵量分别是取食烟粉虱平均每雌产卵量的 5 倍和 4 倍以上,表明蚜虫更利于六斑月瓢虫的生长发育、存活和繁殖。

表 3 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的繁殖情况(平均值±标准误)

Table 3 The fecundity characteristics of <i>Menochilus sexmaculata</i> Fabricius feeding on three preys (M±SE)				
猎物种类 Prey species	雌性比 Female ratio	产卵前期 Pre-oviposition period	雌虫寿命 Female longevity	平均每雌产卵量 Fecundity per female
烟粉虱 <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	0.624±0.028 a	8.40±0.37 a	53.73±2.17 b	157.67±16.79 c
豆蚜 <i>Aphis craccivora</i> Koch	0.507±0.014 b	5.13±0.28 b	55.70±1.26 b	623.87±60.84 b
玉米蚜 <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	0.528±0.006 b	5.33±0.30 b	68.33±4.31 a	798.77±44.29 a

2.3 六斑月瓢虫实验种群生命表的组建与分析

六斑月瓢虫成虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的生命表参数如表 4 所示。六斑月瓢虫取食玉米蚜的世代净增殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)和周限增长率(λ)均最大,世代历期(T)最短,分别为 290.281、0.134、1.143 和 42.428,而取食烟粉虱的 R_0 、 r_m 和 λ 值均最小, T 最长,分别为 71.216、0.090、1.094 和 47.377。取食玉米蚜的各生命表参数介于豆蚜和烟粉虱之间,但 R_0 、 r_m 和 λ 值远大于取食烟粉虱的相应值。

表 4 六斑月瓢虫取食烟粉虱、豆蚜和玉米蚜的生命表参数

Table 4 The life table parameters of *Menochilus sexmaculata* Fabricius feeding on three preys

猎物种类 Prey species	世代净增殖 Net reproductive rate (R_0)	平均世代历期 Generation time (T)	内禀增长率 Intrinsic rate of increase (r_m)	周限增长率 Finite rate of increase (λ)
烟粉虱 <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	71.216	47.377	0.090	1.094
豆蚜 <i>Aphis craccivora</i> Koch	279.328	45.087	0.125	1.133
玉米蚜 <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	290.281	42.428	0.134	1.143

3 结论与讨论

节肢动物广食性捕食者可取食多种猎物,当取食适宜猎物时,可显著提高其存活率、生长发育速率和繁殖力等^[22-25,31]。本研究结果表明六斑月瓢虫取食玉米蚜时,其世代发育历期最短(16.40 ± 0.49 d)、存活率(77.93 ± 0.76 %)和繁殖力(798.77 ± 44.29)粒/雌均最高,明显优于取食烟粉虱时的各生物学特性。种群生命表参数也反映出六斑月瓢虫取食玉米蚜时的世代净增殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)和周限增长率(λ)最大且世代历期(T)最短($R_0 = 290.281$; $r_m = 0.134$; $\lambda = 1.143$; $T = 42.428$)。综合分析六斑月瓢虫取食不同供试猎物的生物学和种群生命表参数表明,玉米蚜是六斑月瓢虫 3 种食物中最适宜取食的猎物,豆蚜也是六斑月瓢虫较适宜取食的猎物,相比之下烟粉虱则是六斑月瓢虫最不适宜的猎物。在其它广食性瓢虫中,也发现了类似的结果。当以烟粉虱卵、若虫和桃蚜为食时,烟粉虱若虫虽能完成龟纹瓢虫的生长发育,但取食桃蚜的龟纹瓢虫发育和繁殖更好^[23]。蚜虫可以作为更好的天然猎物大量繁殖瓢虫应用于生物防治。

烟粉虱是园艺作物上非常重要的害虫,且几乎对所有商品化杀虫剂均产生了不同程度的抗药性^[32-35]。寻求化学防治以外的方法控制烟粉虱意义非凡。本研究结果表明,六斑月瓢虫取食烟粉虱不仅能够完成其生长发育而且能够大量繁殖后代(平均每雌产卵量为 157.67 ± 16.79 粒/头),虽然与蚜虫相比,存在明显的劣势,但也可能是由于六斑月瓢虫与蚜虫长期协同进化的结果,因此六斑月瓢虫仍可作为烟粉虱的重要天敌进行驯化利用。

另外,田间的生态环境复杂多变,天敌与猎物的关系也不可能一成不变。粉虱和蚜虫均为半翅目昆虫,都有众多共同的寄主植物和相同的栖境。六斑月瓢虫既可捕食蚜虫也可捕食粉虱或其它猎物,同时也不可能总有充足的食物资源供给。因此,在田间可能存在下列情形,即:(1)在蚜虫和粉虱共存时,六斑月瓢虫优先捕食蚜虫或(2)混合捕食;(3)当仅有粉虱或蚜虫时,则只能取食粉虱或蚜虫。有文献报道,混合捕食不同猎物可提高繁殖力等特性^[36]。本实验仅开展了六斑月瓢虫单独取食 3 种猎物的生长发育及繁殖情况,对于不同食料组合以及温、湿度条件对六斑月瓢虫个体生长发育及种群动态的影响还有待深入研究。

参考文献 (References):

- [1] 章士美,江永成,沈荣武. 六斑月瓢虫研究简报. 昆虫天敌, 1980, 2(4): 13-16.
- [2] 庞虹. 六斑月瓢虫的色斑变异. 昆虫天敌, 1990, 12(2): 82-84.
- [3] 任顺祥,王兴民,庞虹,彭正强,曾涛. 中国瓢虫原色图鉴. 北京: 科学出版社, 2009, 212.
- [4] 王祥林,陈文静,苏达明. 温度对六斑月瓢虫生长发育及繁殖的影响. 西南林业大学学报, 2012, 32(4): 76-80.
- [5] 陈文胜,崔志新,任吉君,王蕴波. 不同温度下六斑月瓢虫对桃蚜功能反应的研究. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(1): 69-70.
- [6] 陈文胜,崔志新,杨长举. 六斑月瓢虫捕食萝卜蚜的功能反应. 华中农业大学学报, 2005, 24(4): 348-350.
- [7] 杨鹤,郑发科. 六斑月瓢虫成虫捕食洋槐蚜的功能反应研究. 四川动物, 2007, 26(4): 907-909.
- [8] 程立生,苏海燕,蓝勇军. 六斑月瓢虫成虫对几种蚜虫捕食作用的研究. 福建热作科技, 1993, (2): 10-14.
- [9] 区焯林,崔志新. 六斑月瓢虫对豆蚜捕食功能反应研究. 佛山科学技术学院学报: 自然科学版, 2005, 23(3): 62-64.
- [10] 马晓,韦党扬,赵琦. 六斑月瓢虫对桔蚜捕食作用的研究. 耕作与栽培, 1996, (3): 55-57.
- [11] 段金花,张润杰. 六斑月瓢虫对菊小长管蚜的捕食作用. 昆虫学报, 2004, 47(2): 213-218.
- [12] 吴森生. 六斑月瓢虫食性及捕食能力初步研究. 江西植保, 2000, 23(2): 33-35.

- [13] 吴红胜, 韩诗畴, 张宇宏, 李志刚, 郑基焕. 双带盘瓢虫与六斑月瓢虫成虫对螺旋粉虱幼虫的捕食作用. 环境昆虫学报, 2010, 32(3): 380-383.
- [14] 于华利, 王祥林, 李奕震. 六斑月瓢虫对橄榄星室木虱的控制作用. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(6): 55-59.
- [15] 庞虹. 三种瓢虫对木虱成虫的捕食量观察. 昆虫天敌, 1991, 13(4): 186-188.
- [16] 宋慧英, 吴力游, 陈国发, 汪泽春, 宋庆明. 龟纹瓢虫生物学特性的研究. 昆虫天敌, 1988, 10(1): 22-23.
- [17] 沈志诚, 胡萃, 龚和. 瓢虫人工饲料的研究进展. 昆虫知识, 1989, 26(5): 313-316.
- [18] 曹爱华, 张良武. 用赤眼蜂蛹饲养捕食性瓢虫初步试验. 昆虫天敌, 1994, 16(1): 1-5.
- [19] 郭建英, 万方浩. 三种饲料对异色瓢虫和龟纹瓢虫的饲喂效果. 中国生物防治, 2001, 17(3): 116-120.
- [20] 张丽莉, 李恺, 张天澍, 王斌. 人工饲料对龟纹瓢虫生长和繁殖的影响. 昆虫知识, 2007, 44(6): 871-876.
- [21] 王利娜, 陈红印, 张礼生, 王树英, 杨海霞. 龟纹瓢虫幼虫人工饲料的研究. 中国生物防治, 2008, 24(4): 360-311.
- [22] 张昌容, 邹军锐, 莫利锋. 四种猎物对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响. 生态学报, 2012, 32(18): 5646-5652.
- [23] Zhang S Z, Zhang F, Hua B Z. Suitability of various prey types for the development of *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). European Journal of Entomology, 2007, 104(1): 149-152.
- [24] Zhang S Z, Li J J, Shan H W, Zhang F, Liu T X. Influence of five aphid species on development and reproduction of *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). Biological Control, 2012, 62(3): 135-139.
- [25] Sugiura K, Takada H. Suitability of seven aphid species as prey of *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae). Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 1998, 42(1): 7-14.
- [26] Pervez A, Omkar S. Prey-Dependent Life Attributes of an Aphidophagous Ladybird Beetle, *Propylea dissecta* (Coleoptera: Coccinellidae). Biocontrol Science and Technology, 2004, 14(4): 385-396.
- [27] Pervez A, Omkar S. Ecology of aphidophagous ladybird *Propylea* species: A review. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2011, 14(3): 357-365.
- [28] Andrewartha H G, Birch L C. Distribution and Abundance of Animals. Chicago: The Chicago University Press, 1954: 1-68.
- [29] 林昌善. 动物种群数量变动的理论与试验研究 II. 杂拟谷盗 *Tribolium confusum* (H.) 的内禀增长能力(r_m)的研究. 动物学报, 1964, 16(3): 323-338.
- [30] 赵志模, 朱文炳, 叶辉, 李强. 桔全爪螨(*Panonychus citri* McGregor)实验种群生命表的组建与分析. 西南农学院学报, 1985, (3): 30-39.
- [31] Tang L D, Wu J H, Ali S, Ren S X. The influence of different aphid prey species on the biology and life table parameters of *Propylaea japonica*. Biocontrol Science and Technology, 2013, 23(6): 624-636.
- [32] Cahill M, Byrne F J, Gorman K, Denholm I, Devonshire A L. Pyrethroid and organophosphate resistance in the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bulletin of Entomological Research, 1995, 85(2): 181-187.
- [33] Roditakis E, Roditakis N E, Tsagkarakou A. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete. Pest Management Science, 2005, 61(6): 577-582.
- [34] Elbert A, Nauen R. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. Pest Management Science, 2000, 56(1): 60-64.
- [35] 何玉仙, 翁启勇, 黄建, 梁智生, 林桂君, 吴咚咚. 烟粉虱田间种群的抗药性. 应用生态学报, 2007, 18(7): 1578-1582.
- [36] Messelink G J, Van Maanen R, Van steenpaal S E F, Janssen A. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. Biological Control, 2008, 44(3): 372-379.