三种猎物对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响

喻会平[1#]， 王 召[2,3#]， 龙贵云[2]， 杨 洪[2,4*]

(1. 贵州省烟草公司毕节市公司，毕节 551700；2. 贵州大学昆虫研究所，贵州山地农业病虫害重点实验室，贵阳 550025；3. 凯里学院环境与生命科学学院，凯里 556011；4. 贵州大学烟草学院，贵阳 550025)

摘要 为探究取食不同猎物对异色瓢虫实验种群动态的影响，本文利用生命表技术研究了桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响。结果表明，异色瓢虫取食豌豆修尾蚜的整个成虫前期历时最长，为 20.20 d，雌虫寿命最短，为 51.70 d，单雌产卵量最低，为 704.00 粒；而取食豆蚜的成虫前期历时最短，为 17.89 d，雌虫寿命最长，为 69.87 d，单雌产卵量最高，为 1 175.48 粒；取食桃蚜的异色瓢虫各生物学参数与取食豆蚜的结果相类似。根据取食不同猎物异色瓢虫各发育阶段的存活率和成虫的繁殖力，组建了生殖力生命表，发现取食豌豆修尾蚜的内禀增长率(r_m)、净增殖率(R_0)和周限增长率(λ)最低，分别为 0.006、300.312 和 1.123；取食豆蚜和桃蚜的 r_m、R_0 和 λ 均高于取食豌豆修尾蚜的结果。综合试验结果和实际饲养情况，豆蚜可作为饲养异色瓢虫更适宜的食物。

关键词 异色瓢虫； 桃蚜； 豆蚜； 豌豆修尾蚜； 生命表； 种群参数

中图分类号： S 476.2 **文献标识码**： A **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2017443

Effects of three prey species on development and oviposition of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae)

YU Huiping[1], WANG Zhao[2,3], LONG Guiyun[2], YANG Hong[2,4]

(1. *Bijie Branch of Guizhou Tobacco Corporation, Bijie* 551700, *China*; 2. *Guizhou Key Laboratory for Agricultural Pest Management in Mountainous Regions, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang* 550025, *China*; 3. *College of Environment and Life Sciences, Kaili University, Kaili* 556011, *China*; 4. *College of Tobacco Science of Guizhou University, Guiyang* 550025, *China*)

Abstract In order to explore the population dynamics of *Harmonia axyridis* (Pallas), the effects of *Myzus persicae* (Sulzer), *Aphis craccivora* Koch and *Megoura japonica* (Matsumura) on the development and oviposition of *H. axyridis* were studied by using life table method. The results indicated that the longest developmental duration of the premature stage of *H. axyridis* fed on *M. japonica* was 20.20 d; the shortest longevity was 51.70 d, and the lowest fecundity was 704.00 eggs/female. In contrast, the shortest developmental duration of the premature stage, the longest longevity and the highest fecundity were 17.89 d, 69.87 d and 1 175.48 eggs/female, respectively, when *A. craccivora* was used as prey. The experimental results for *M. persicae* were similar to those for *A. craccivora*. According to the survival rate and fecundity of *H. axyridis* fed on different preys, the life table of fecundity was constructed. We found that the intrinsic rate of increase (r_m), net reproductive rate (R_0) and finite rate of increase (λ) were the lowest when *M. japonica* was used as prey, which were 0.006, 300.312 and 1.123, respectively. However, the r_m, R_0 and λ values of *H. axyridis* fed on *M. persicae* and *A. craccivora* were higher than those of *H. axyridis* fed on *M. japonica*. These results suggest that *A. craccivora* is a more suitable prey for mass production of *H. axyridis* under laboratory conditions.

Key words *Harmonia axyridis*; *Myzus persicae*; *Aphis craccivora*; *Megoura japonica*; life table; population parameter

收稿日期： 2017-11-21 **修订日期**： 2017-12-03

基金项目： 贵州省烟草公司毕节市公司科技项目(201682)；贵州省烟草公司科技项目(201511)；贵州省教育质量提升工程项目(黔教合KY字[2014]228)

致 谢： 贵州大学农学院 2014 级韦治艳和李定银参与了本研究的试验工作，在此一并致以诚挚的谢意！

* 通信作者 E-mail: agr.hyang@gzu.edu.cn

为并列第一作者

异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas)，属鞘翅目 Coleoptera 瓢虫科 Coccinellidae，是世界范围内农林生态系统中一种重要的捕食性天敌昆虫[1-2]，其幼虫和成虫对多种蚜虫[2-5]、粉虱[6-8]、蚧类[9-12]、木虱[13-15]等害虫都有极佳的防控作用。由于该瓢虫具有捕食量大、适应性强、成虫产卵量高且繁殖速度快等优点，因而在现代生物防治领域开发利用前景广阔。异色瓢虫开发利用首先要解决的问题是成功实现其规模化人工繁殖，其中饲料成为限制其规模化繁殖的一个关键因素，它直接关系到饲养成本及其产能效率。多年来，国内外学者针对异色瓢虫的饲料开展了广泛的研究，主要围绕动物源饲料(昆虫卵、蛹或动物内脏及化学物质)[9,16-20]、人工饲料(化学饲料)[21-24]和天然饲料(蚜虫)[25-29]。单独以昆虫卵或蛹饲喂异色瓢虫时，虽能满足其生长发育和繁殖的需求，但也存在原料不易获取、成本较高等问题[16-19]；而取食以动物内脏(猪肝)为主要成分的动物源饲料时，通常导致其死亡率升高、幼虫发育历期延长、成虫不育率偏高、产卵量降低甚至不产卵[9,20]。人工饲料不仅打破了季节性限制，降低了饲养成本，而且配制上操作方便，非常适合异色瓢虫的规模化饲养，但人工饲料的剂型和营养成分的配比没有得到实质性的攻破，至今仍未找到一种行之有效的人工饲料配方[30]。然而，异色瓢虫取食天然猎物蚜虫均可满足自身生长、发育和繁殖的需求，但取食不同种类的猎物对瓢虫的影响差异较大[25-27,29]。

桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)、豆蚜 *Aphis craccivora* Koch 和豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* (Matsumura)均是我国农作物生产上的重要害虫，也是异色瓢虫捕食的重要对象。准确了解不同猎物种类对异色瓢虫生物学特性的影响，进而选择适宜的天然猎物对其进行规模化扩繁并释放，可确保其在生物防治中发挥最好的功效。鉴于此，本试验通过利用桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜饲喂异色瓢虫，并组建其生殖力生命表，以揭示不同猎物对异色瓢虫实验种群生长发育和生殖能力的影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及试验器材

异色瓢虫于 2017 年 4—5 月间采集于贵阳市花溪区周边芹菜田，在室内分别以桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜为食物扩繁 2 代后供试。供试虫源在人工气候箱(RXZ-380A 型)中扩繁，条件为温度(25±1)℃，相对湿度 70%±5%，光周期 L//D=16 h//8 h。

桃蚜采自毕节黔西林泉烟叶基地，在室内用烟草 *Nicotiana tabacum* L. 幼苗('云烟 87')进行种群扩繁，备用。豆蚜和豌豆修尾蚜均是用蚕豆 *Vicia faba* L. 幼苗('临蚕 5 号')长期饲养的室内种群。

主要仪器：RXZ-380A 型智能人工气候箱(4 000 lx，宁波江南仪器厂)；Leica M125 体式显微镜(徕卡显微系统(上海)贸易有限公司)；JA2003A 电子天平(0.000 1 g，上海靖海仪器有限公司)；养虫笼(150 cm×150 cm×150 cm，万能角钢及 120 目塑料纤维纱网制)，用于扩繁 3 种蚜虫种群。

1.2 试验方法

1.2.1 异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的发育历期

将羽化后的异色瓢虫成虫依据第五腹板远端凸凹形状区分雌雄[31]，配对后转移至塑料食品罐(直径 10 cm，高 11 cm)内，分别放入带有桃蚜、豆蚜或豌豆修尾蚜的新鲜叶片的猎物供瓢虫取食，并在罐中放置纸扇作为产卵基质，罐口以 120 目纱网和橡皮筋扎口。待瓢虫产卵后，随机挑取 100 粒卵(≤0.5 日龄)转移至洁净的塑料培养皿(直径 15 cm，高 1.5 cm)中，即每个处理 100 粒卵，观察并记录孵化情况。一旦发现有初孵幼虫，立即单头接入放有带蚜虫的新鲜叶片的培养皿中饲养，即每个处理挑取 60 头初孵幼虫作为试验基数。每日观察 4 次(8:00，12:00，16:00 和 20:00)并定时更换新鲜食物 1 次，记录各阶段发育历期、存活率、羽化率及雌雄性比。

1.2.2 异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的繁殖力

将新羽化的异色瓢虫成虫在体视显微镜下区分雌雄，为便于更换食物和饲养器具，转移至 15 cm 塑料培养皿中配对饲养，并在培养皿中放置纸扇作为产卵基质，每皿 1 对。置于人工气候箱中，每日定时更换新鲜食物和培养皿 1 次，观察并记录每头异色瓢虫雌虫的产卵前期、产卵期、产卵量以及成虫寿命等，直到所有成虫死亡。

1.2.3 异色瓢虫取食不同猎物的实验种群生命表的组建

根据上述试验参数，参照赵志模和周新远[32]的方法组建异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的生殖力生命表，并计算相关生命表参数。

净增殖率 $R_0=\sum l_x m_x$;世代平均历期 $T=\sum l_x m_x x/R_0$;内禀增长率 $r_m=\ln R_0/T$;周限增长率 $\lambda=e^{r_m}$;种群加倍时间 $t=\ln 2/r_m$

其中:x 表示以天(d)为单位的时间间隔,l_x 表示在 x 期间瓢虫种群的存活率,m_x 表示在 x 期间平均单雌产卵量。

1.3　数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 13.0 对所有数据进行统计分析。对异色瓢虫取食不同猎物的发育历期、产卵量以及寿命等参数采用 One-way ANOVA 方法进行差异显著性分析:当方差具有齐次性时,采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较;当方差不具有齐次性时,采用 Tamhane's T2 进行多重比较。

2　结果与分析

2.1　异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的发育历期

不同猎物(桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜)对异色瓢虫的发育历期有显著影响(表 1)。取食豌豆修尾蚜的异色瓢虫各虫态发育历期显著长于取食桃蚜和豆蚜的个体($P<0.05$);而取食桃蚜和豆蚜的异色瓢虫虽 4 龄幼虫发育历期存在显著差异($P<0.05$),但两者的整个成虫前期未达到显著差异($P>0.05$)。取食桃蚜和豆蚜的异色瓢虫整个成虫前期分别为 18.01 d 和 17.89 d,均显著低于取食豌豆修尾蚜的个体($P<0.05$)。

表 1　异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的发育历期[1)]

Table 1　Developmental duration of *Harmonia axyridis* feeding on three aphid species

蚜虫种类 Aphid species	各虫态发育历期/d Development period of different stages						
	卵 Egg	1 龄 First instar	2 龄 Second instar	3 龄 Third instar	4 龄 Fourth instar	蛹期 Pupa	成虫前期 Premature period
桃蚜 *M. persicae*	(2.70±0.02)a	(2.17±0.02)b	(1.86±0.02)b	(2.14±0.02)b	(4.11±0.02)b	(5.04±0.06)b	(18.01±0.08)b
豆蚜 *A. craccivora*	(2.72±0.01)a	(2.16±0.02)b	(1.86±0.01)b	(2.13±0.02)b	(3.51±0.07)c	(4.92±0.07)b	(17.89±0.08)b
豌豆修尾蚜 *M. japonica*	(2.77±0.01)a	(2.48±0.02)a	(2.12±0.02)a	(2.51±0.02)a	(4.53±0.03)a	(5.79±0.07)a	(20.20±0.09)a

1) 表中所列数据为平均值±标准误。同列不同字母表示经 One-way ANOVA 方法在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。
Data in the table are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ by One-way ANOVA test. The same below.

2.2　异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的繁殖力

异色瓢虫取食不同猎物(桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜)的繁殖特征参数见表 2。不同猎物种类饲喂对异色瓢虫成虫的产卵前期、产卵期、产卵量及寿命有显著影响。取食豌豆修尾蚜的异色瓢虫产卵前期最长,为 12.55 d;产卵期和寿命最短,33.00 d 和 51.70 d;单雌产卵量最低,为 704.00 粒;与取食桃蚜和豆蚜相比均差异显著。取食桃蚜和豆蚜的异色瓢虫产卵前期、产卵期、产卵量及寿命均无显著差异。其中,取食桃蚜和豆蚜的异色瓢虫单雌产卵量分别是取食豌豆修尾蚜的 1.59 倍和 1.67 倍,这表明桃蚜和豆蚜对异色瓢虫的繁殖更为有利。

表 2　异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的繁殖特征

Table 2　Fecundity characteristics of *Harmonia axyridis* feeding on three aphid species

蚜虫种类 Aphid species	产卵前期/d Pre-oviposition period	产卵期/d Oviposition period	单雌产卵量/粒 Fecundity per female	寿命/d Longevity
桃蚜 *M. persicae*	(9.28±0.14)b	(55.12±1.61)a	(1 097.38±38.27)a	(67.70±1.59)a
豆蚜 *A. craccivora*	(8.87±0.15)b	(55.41±2.11)a	(1 175.48±40.76)a	(69.87±1.93)a
豌豆修尾蚜 *M. japonica*	(12.55±0.13)a	(33.00±1.71)b	(704.00±45.23)b	(51.70±1.74)b

2.3　异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的生命表参数

根据试验所得数据,求出异色瓢虫取食不同猎物的生命表参数(表 3)。从表中可以看出,取食桃蚜和豆蚜的异色瓢虫种群内禀增长率(r_m)和净增殖率(R_0)均高于取食豌豆修尾蚜的相应值(r_m 分别高出 8.6%和 7.8%;R_0 分别高出 95.21%和 105.78%);异色瓢虫取食不同猎物种类的周限增长率均大于 1,表明不同猎物饲喂异色瓢虫种群数量均呈增长趋势,但取食桃蚜和豆蚜的种群增长速度快一些。

表 3 异色瓢虫取食桃蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜的生命表参数

Table 3 Life table parameters of *Harmonia axyridis* feeding on three aphid species

蚜虫种类 Aphid species	内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	净增殖率 R_0 Net reproductive rate	周限增长率 λ Finite rate of increase	世代平均历期 T Mean generation time	种群加倍时间 t Population doubling time
桃蚜 *M. persicae*	0.126	586.253	1.134	50.792	5.524
豆蚜 *A. craccivora*	0.125	617.980	1.133	51.518	5.557
豌豆修尾蚜 *M. japonica*	0.116	300.312	1.123	49.328	5.994

3 讨论

多食性瓢虫可以多种猎物为食，但它们对不同猎物种类有着各自的嗜好性。当瓢虫取食嗜食的猎物时，可显著提高其存活率、生长发育速率及繁殖力等[29,33-36]。本研究结果表明，异色瓢虫取食桃蚜和豆蚜时，其世代发育历期相对较短，存活率和繁殖力相对较高，明显优于取食豌豆修尾蚜的各项相应值。从种群生命表参数来看，取食桃蚜和豆蚜时，异色瓢虫的种群内禀增长率(r_m)、世代净增殖率(R_0)和周限增长率(λ)相对较高，且种群加倍时间(t)相对较短。综合分析以不同供试猎物饲喂异色瓢虫的各参数表明，在供试的 3 种猎物中，桃蚜和豆蚜是异色瓢虫的适宜猎物，豌豆修尾蚜则是异色瓢虫最不适宜的猎物。很多研究也证实多食性瓢虫有嗜食的习性，如 Omkar 和 Srivastava[37]研究发现虽然 6 种供试蚜虫均能满足七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus 的生长发育要求，但取食萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)、桃蚜和豆蚜的七星瓢虫发育和繁殖更好；张岩等[26]以棉蚜 *Aphis gossypii* Glover、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus)、白杨毛蚜 *Chaitophorus populeti* (Panzer)、桃粉蚜 *Hyalopterus arundimis* (Fabricius)和萝卜蚜饲喂异色瓢虫，综合分析异色瓢虫取食 5 种蚜虫的生物学和种群生命表参数也发现，萝卜蚜是饲养异色瓢虫最为适宜的食物；以烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、豆蚜和玉米缢管蚜 *Rhopalosiphum maidis* (Fitch)饲喂六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* (Fabricius)，当以玉米蚜为食物时瓢虫幼虫的发育历期最短，雌虫寿命和繁殖力也均高于取食烟粉虱和豆蚜[38]。因此，在进行异色瓢虫的大规模饲养时，要充分考虑其对某些食物的喜好性。

尽管桃蚜和豆蚜均是异色瓢虫的适宜猎物，但在进行异色瓢虫规模化繁殖时，仍不考虑以桃蚜作为最理想的食物，因为桃蚜的寄主植物烤烟在培育时投入大、管理要求高、且烟苗相对生长缓慢。而蚕豆作为豆蚜的繁育植物，培育较为容易，相对投入较低，管理要求不高，且蚕豆苗生长较快，可在短时间内培育大批量的蚕豆苗以供繁育豆蚜，进而供给异色瓢虫取食。综上所述，豆蚜可以作为最适宜的猎物用于大规模人工扩繁异色瓢虫。

本研究组建了异色瓢虫以 3 种不同猎物为食的种群生殖力生命表，发现取食豆蚜时，异色瓢虫表现出更好的个体发育和种群增长，这将为异色瓢虫人工扩繁时食物的选择提供理论依据。此外，影响异色瓢虫个体发育及种群动态的因素很多，还有待进一步深入研究不同食物组合、光照条件以及温、湿度组合等因素对异色瓢虫个体发育及种群动态的影响，以全面揭示环境因子对异色瓢虫世代的影响机制。

参考文献

[1] KOCH R L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, use in biological control, and non-target impacts [J]. Journal of Insect Science, 2003, 3(1): 1-16.

[2] 王甦，张润志，张帆. 异色瓢虫生物生态学研究进展[J]. 应用生态学报，2007，18(9)：2117-2126.

[3] 张晓曼，奚一名，王甦，等. 异色瓢虫对胡萝卜微管蚜防治潜能评价[J]. 中国生物防治学报，2015，31(3)：317-321.

[4] 杜文梅，孙光芝，臧连生，等. 长期冷藏对越冬代异色瓢虫繁殖及子代生长发育和捕食能力的影响[J]. 环境昆虫学报，2016，38(2)：286-292.

[5] 马艳芳，张山林，张永强，等. 异色瓢虫幼虫对云南云杉长足大蚜若虫的捕食效应[J]. 植物保护，2016，42(2)：104-108.

[6] 吕志创，张桂芬，万方浩，等. 天敌对烟粉虱捕食作用的 SCAR 标记检测[J]. 中国农业科学，2005，38(6)：1167-1173.

[7] 林克剑，吴孔明，刘山蓓，等. 中华草蛉、龟纹瓢虫和异色瓢虫对 B 型烟粉虱的捕食功能反应[J]. 昆虫知识，2006，43(3)：339-343.

[8] KHAN I A, WAN F H. Comparison of life tables of *Coccinella septempunctata* L. and *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) reared on *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) biotype B prey [J]. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2015, 3(3): 243-248.

[9] 高文呈，袁秀菊. 异色瓢虫的人工饲料及防治日本松干蚧的初步研究[C]//纪念澳洲瓢虫输引成功 100 周年—全国瓢虫学术讨论会论文集，1988.

[10] 张娟，陶玫，李金秀，等. 异色瓢虫对康氏粉蚧的捕食功能[J]. 西南农业学报，2007，20(4)：662-665.

[11] 胡熙熹,肖铁光,徐舟,等. 异色瓢虫对取食转 Bt 基因棉花的扶桑绵粉蚧的捕食功能反应[J]. 作物研究,2013,27(3):273 - 274.
[12] 李伟,张艳峰,谢映平,等. 异色瓢虫对日本龟蜡蚧虫体挥发物的趋性反应[J]. 环境昆虫学报,2016,38(2):329 - 336.
[13] 盖英萍,冀宪领,刘玉升,等. 异色瓢虫对中国梨木虱若虫的捕食作用[J]. 植物保护学报,2001,28(3):285 - 286.
[14] 沈平,常承秀,朱惠英,等. 异色瓢虫成虫对槐豆木虱的捕食作用[J]. 植物保护,2009,35(1):66 - 69.
[15] 巫鹏翔,马宝旭,徐婧,等. 异色瓢虫成虫对枸杞木虱的捕食作用[J]. 植物保护学报,2017,44(4):582 - 588.
[16] 沈志成,胡萃,龚和. 取食雄蜂蛹粉对龟纹瓢虫和异色瓢虫卵黄发生的影响[J]. 昆虫学报,1992,35(3):273 - 278.
[17] ETTIFOURI M, FERRAN A. Influence of larval rearing diet on the intensive searching behaviour of *Harmonia axyridis* (Col.: Coccinellidae) larvae [J]. Entomophaga, 1993, 38(1): 51 - 59.
[18] 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[J]. 中国生物防治,2001,17(3):116 - 120.
[19] 张帆,杨洪,张君明,等. 三种代饲料对异色瓢虫饲养效果评价[C]//成卓敏. 农业生物灾害预防与控制研究. 北京:中国农业科技出版社,2005.
[20] SIGHINOLFI L, FEBVAY G, DINDO M L, et al. Biological and biochemical characteristics for quality control of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae) reared on a liver-based diet [J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2008, 68(1): 26 - 39.
[21] 邓德蔼. 异色瓢虫人工饲料喂养和低温保存试验[J]. 昆虫知识,1982,19(4):11 - 12.
[22] NIIJIMA K, NISHIMURA R, MATSUKA M. Nutritional studies of an aphidophagous coccinellid, *Harmonia axyridis*. Ⅲ. Rearing of larvae using a chemically defined diet and fractions of drone honeybee powder [J]. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Tamagawa University, 1997, 17(1): 45 - 51.
[23] 杨洪,熊继文,张帆. 异色瓢虫人工饲料研究进展[J]. 山地农业生物学报,2003,22(2):169 - 172.
[24] 张岫,毛建军,曾凡荣. 非昆虫源人工饲料对异色瓢虫生物学特性的影响[J]. 中国生物防治学报,2015,31(1):35 - 40.
[25] BERKVENS N, BONTE J, BERKVENS D, et al. Influence of diet and photoperiod on development and reproduction of European populations of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. BioControl, 2008, 53(1): 211 - 221.
[26] 张岩,秦秋菊,陈洁,等. 五种蚜虫对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响[J]. 植物保护学报,2008,35(5):394 - 398.
[27] 张伟,何运转,黎丹,等. 光周期和食物对异色瓢虫生长发育的影响[J]. 河北农业大学学报,2013,36(1):81 - 85.
[28] SANTOS A A, ALMEIDA L M, CASTRO-GUEDES C F, et al. Life table analysis and consumption capacity for *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), feeding on *Cinara atlantica* (Hemiptera: Aphididae) [J]. Florida Entomologist, 2014, 97(4): 1702 - 1709.
[29] CASTRO-GUEDES C F, ALMEIDA L M, PENTEADO S R C, et al. Effect of different diets on biology, reproductive variables and life and fertility tables of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Revista Brasileira De Entomologia, 2016, 60(3): 260 - 266.
[30] 曾凡荣,陈红印. 天敌昆虫饲养系统工程[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2009:18 - 31.
[31] MCCORNACK B P, KOCH R L, RAGSDALE D W. A simple method for in-field sex determination of the multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis* [J]. Journal of Insect Science, 2007, 7(10): 1 - 12.
[32] 赵志模,周新远. 生态学引论[M]. 重庆:科学技术文献出版社,1984:16 - 18.
[33] 张昌荣,邳军锐,莫利锋. 四种猎物对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响[J]. 生态学报,2012,32(18):5646 - 5652.
[34] ZHANG S Z, ZHANG F, HUA B Z. Suitability of various prey types for the development of *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. European Journal of Entomology, 2007, 104(1): 149 - 152.
[35] ZHANG S Z, LI J J, SHAN H W, et al. Influence of five aphid species on development and reproduction of *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Biological Control, 2012, 62(3): 135 - 139.
[36] TANG L D, WU J H, ALI S, et al. The influence of different aphid prey species on the biology and life table parameters of *Propylea japonica* [J]. Biocontrol Science and Technology, 2013, 23(6): 624 - 636.
[37] OMKAR, SRIVASTAVA S. Influence of six aphid prey species on development and reproduction of a ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* [J]. Biocontrol, 2003, 48(4): 379 - 393.
[38] 唐良德,李飞,赵海燕,等. 六斑月瓢虫取食不同猎物的生长发育及繁殖特性[J]. 生态学报,2017,37(17):5765 - 5770.

(责任编辑:田　喆)

(上接 64 页)

[12] LESSL J T, FESSEHAIE A, WALCOTT R R. Colonization of female watermelon blossoms by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* and the relationship between blossom inoculum dosage and seed infestation [J]. Journal of Phytopathology, 2007, 155: 114 - 121.
[13] DUTTA B, AVCI U, HAHN M G, et al. Location of *Acidovorax citrulli* in infested watermelon seeds is influenced by the pathway of bacterial invasion [J]. Phytopathology, 2012, 102: 461 - 468.
[14] 周建生,默瑞宏,陈增军. 杂交西瓜种子采收方法及注意事项[J]. 河北农业科技,2004(4):19.
[15] HOPKINS D L, THOMPSON C M, HILGREN J, et al. Wet seed treatment with peroxyacetic acid for the control of bacterial fruit blotch and other seedborne diseases of watermelon [J]. Plant Disease, 2003, 87: 1495 - 1499.

(责任编辑:田　喆)