

寄主植物对锯叶裂臀瓢虫发育和繁殖的影响*

程 琪** 苏文雯** 但建国***

(海南大学环境与植物保护学院, 海口 570228)

摘 要 【目的】锯叶裂臀瓢虫 *Henosepilachna pusillanima* (Mulsant) 是葫芦科植物上的一种植食性瓢虫, 为瓜类蔬菜的主要害虫之一。本研究旨在探明不同瓜类植物对该虫发育和繁殖的影响。【方法】在 (26±1) °C、相对湿度 60%±5%、光周期 L : D = 14 : 10 条件下, 用棱角丝瓜 *Luffa acutangula* (L.) Roxb.、南瓜 *Cucurbita moschata* Duchesne、黄瓜 *Cucumis sativus* L.、节瓜 *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn. var. *chieh-qua* How 和红瓜 *Coccinia grandis* (L.) Voigt 5 种植物的叶片饲养锯叶裂臀瓢虫, 观察各虫态的生长发育进程和成虫的繁殖活动。【结果】不同寄主植物对锯叶裂臀瓢虫卵和各龄幼虫的发育、非成虫期以及产卵前期、产卵期、雌虫寿命和繁殖力均有显著影响, 但预蛹期和蛹期不受寄主植物的影响。棱角丝瓜、南瓜、黄瓜、节瓜和红瓜上锯叶裂臀瓢虫非成虫期的平均历期分别为 27.43、28.03、28.88、29.33、28.01 d。来自棱角丝瓜和红瓜的雌虫拥有较短的产卵前期、较长的产卵期和寿命。棱角丝瓜和红瓜上雌虫繁殖力也较强, 其平均值分别高达 2 039.79 粒/♀和 1 637.11 粒/♀。5 种瓜类植物上雌虫的逐日累计产卵率均完全符合三参数 Weibull 模型。【结论】锯叶裂臀瓢虫的 5 种寄主植物中, 棱角丝瓜和红瓜拥有更高的适合度。

关键词 锯叶裂臀瓢虫, 发育历期, 繁殖力, 累计产卵率, 瓜类植物

Effects of host plants on the development and reproduction of *Henosepilachna pusillanima* (Mulsant)

CHENG Qi** SU Wen-Wen** DAN Jian-Guo***

(College of Environment and Plant Protection, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract 【Objectives】*Henosepilachna pusillanima* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) is a phytophagous insect that feeds on cucurbitaceous plants and is considered an economic pest. This study aims to evaluate the effects of five cucurbitaceous host-plants on the development and reproduction of this ladybird beetle. 【Methods】 Under laboratory conditions of (26±1) °C, 60%±5% R.H. and a photoperiod of 14L : 10D, *H. pusillanima* were reared on either the young, fully expanded leaves of ridged gourd (*Luffa acutangula*), squash (*Cucurbita moschata*), cucumber (*Cucumis sativus*), wax gourd (*Benincasa hispida* var. *chieh-qua*), or ivy gourd (*Coccinia grandis*). The development of each life stage on each plant was observed. Freshly emerged adults were paired, and the number of eggs laid daily by adult females during their life-span determined. 【Results】 The results show that, with the exception of the prepupal and pupal stages, different cucurbit host-plants significantly affect the developmental duration of each immature stage, as well as the immature period, pre-oviposition period, oviposition period, and lifetime female longevity. The immature period of *H. pusillanima* on ridged gourd, squash, cucumber, wax gourd, and ivy gourd lasted on average for 27.43, 28.03, 28.88, 29.33, and 28.01 days, respectively. Females reared on ridged gourd and ivy gourd had a shorter pre-oviposition period, a longer oviposition period, and a longer life-span, compared with those reared on squash, cucumber, and wax gourd. The mean lifetime fecundity of the females on ridged gourd and ivy gourd was 2 039.79 and 1 637.11 eggs, respectively, which were significantly higher than those of females reared on the other three cucurbits. The age-specific cumulative oviposition rate of females on all tested

*资助项目 Supported projects : 中西部高校项目 (MWECSP-RT08, ZXBHJH-XK004 和 ZXBHJH-XK005)

**共同第一作者 Co-first authors, E-mail : cqil@sina.cn ; suwenwenn@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail : danwolke@foxmail.com

收稿日期 Received : 2017-01-06, 接受日期 Accepted : 2017-04-19

cucurbit host was best described by the three-parameter Weibull function. [Conclusion] Ridged gourd and ivy gourd were the most suitable host plants among the five cucurbits tested for the development and reproduction of *H. pusillanima*.

Key words *Henosepilachna pusillanima*, development duration, fecundity, cumulative oviposition rate, cucurbitaceous plants

锯叶裂臀瓢虫 *Henosepilachna pusillanima* (Mulsant) 隶属鞘翅目 (Coleoptera) 瓢甲科 (Coccinellidae) 食植瓢虫族 (Epilachnini) 裂臀瓢虫属 (*Henosepilachna*)。裂臀瓢虫属全世界已知 250 种 (Li and Cook, 1961; Tomaszewska and Szawaryn, 2016)。本属内相似种类的识别依赖细微的形态特征 (Nakano and Katakura, 1999; 虞国跃, 2000; 曾涛, 2000) 或分子特征 (Behere *et al.*, 2015)。锯叶裂臀瓢虫分布于我国海南、台湾、广西、云南等省区 (彭正强等, 1997; 虞国跃, 2000; 任顺祥等, 2009), 菲律宾、越南、泰国、印度、尼泊尔、印尼和日本等国也有该虫的分布 (Nakano and Katakura, 1999; 虞国跃, 2000; Poorani, 2004; 任顺祥等, 2009)。锯叶裂臀瓢虫仅取食葫芦科植物, 并不为害茄科和豆类植物 (Shirai and Katakura, 1999)。在东南亚一带, 该虫是葫芦科蔬菜上的重要害虫, 为害南瓜 *Cucurbita moschata* Duchesne、黄瓜 *Cucumis sativus* L.、丝瓜 *Luffa cylindrica* (Linn.) Roem.、棱角丝瓜 *Luffa acutangula* (L.) Roxb.、冬瓜 *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn. 和佛手瓜 *Sechium edule* (Jacq.) Swartz 等瓜类蔬菜 (Nakan and Abbas, 1994; Shirai and Katakura, 1999; Nakano and Katakura, 1999; Katakura *et al.*, 2001), 也可在野生的红瓜 *Coccinia grandis* (L.) Voigt 上繁衍 (Shirai and Katakura, 1999), 但不取食苦瓜 *Momordica charantia* L. (Katakura *et al.*, 2001)。

近年来, 我们在海南省调查发现, 锯叶裂臀瓢虫对棱角丝瓜有不同程度的危害, 野生红瓜上也见该虫的发生。瓜类蔬菜是海南省的主栽作物, 锯叶裂臀瓢虫有可能给瓜类蔬菜的增产增收带来潜在的威胁。迄今有关锯叶裂臀瓢虫生物学和生态学特性的研究报道非常少。为此, 本文就不同寄主植物对锯叶裂臀瓢虫发育和繁殖的影响展开研究, 所得结果将有助于了解该虫的种群

变化规律。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源: 锯叶裂臀瓢虫采自海南大学儋州校区棱角丝瓜地。在室内用丝瓜 (品种为“大肉丝瓜”) 叶片进行继代饲养, 饲养条件设定为: 温度 (26 ± 1) °C、相对湿度 $60\%\pm 5\%$ 、光周期 L:D=14:10。挑选健康的已怀卵雌虫供试。

供试植物: 以棱角丝瓜、南瓜、黄瓜、节瓜 *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn. var. *chieh-qua* How 和红瓜作为供试植物。棱角丝瓜、南瓜、黄瓜和节瓜的品种名称分别为“特嫩棱丝瓜”、“韩育蜜本南瓜”、“节刺黄瓜”和“碧绿小节瓜”, 采用播种法种植。红瓜源自海南大学海甸校区, 以扦插法种植。所有植株均按瓜类蔬菜的常规栽培措施进行管理。采摘已展开的、健康的适龄叶片供试。

1.2 方法

在温度为 (26 ± 1) °C、相对湿度 $60\%\pm 5\%$ 、光周期 L:D=14:10 条件下, 分别用不同寄主植物叶片饲养锯叶裂臀瓢虫, 观察其发育进度和繁殖情况。具体方法如下: 以适龄叶片供雌虫产卵, 每种寄主植物上收集 5 个卵块, 从中随机挑选 40 粒卵, 每天观察其孵化进度。幼虫孵化后, 将其移到垫有湿润滤纸的培养皿 (直径 3.5 cm) 中, 每皿 1 头幼虫, 供以剪好的小块叶片, 用打有小孔的保鲜膜将皿口封住。每种寄主植物观察 30 头初孵幼虫。每天 8:00 和 17:00 观察其发育进度, 适时更换叶片, 并补水使滤纸保持湿润, 记录各虫态的发育时间。成虫羽化后进行配对饲养。将 1 对刚羽化成虫接入置有寄主植物叶片和湿润滤纸的 PET 培养盒 (高 8.0 cm, 直径 8.0 cm) 中, 然后用扎孔保鲜膜封住盒口。每天 18:00 观察成虫的产卵情况, 并更换叶片, 直至雌虫死亡。

在雌虫存活期间,如果雄虫死亡,则补入 1 头来自相同食物饲养的雄虫。每种寄主植物观察 20 对成虫,记录雌虫的产卵前期、产卵期、产卵后期、寿命和繁殖力,并计算逐日累计产卵率。

1.3 数据分析

试验数据的统计分析利用 SPSS 19.0 统计软件完成。使用 Origin Pro8 软件对锯叶裂臀瓢虫累计产卵率进行 Weibull 曲线拟合及参数计算。采用三参数 Weibull 模型(Weibull, 1951; Park *et al.*, 2014):

$$Y(x) = 1 - e^{-(k(x-x_c))^d}$$

其中, x 为标准年龄,其值为雌虫年龄除以雌虫平均寿命; $Y(x)$ 为雌虫标准年龄为 x 时的累计产卵率; x_c , d 和 k 为 3 个待估参数。

2 结果与分析

2.1 寄主植物对发育历期的影响

锯叶裂臀瓢虫非成虫期各虫态在不同瓜类植物上的发育历期见表 1。寄主植物对卵和各龄幼虫的发育均有显著的影响 ($P < 0.05$)。产于红瓜叶片上的卵发育最慢,其平均历期为 4.55 d。1 龄和 2 龄幼虫的历期均以节瓜上的最长,其平

均值分别为 5.26 d 和 4.04 d。同其他瓜类植物相比,3 龄幼虫取食棱角丝瓜时发育最慢,其平均历期长达 5.15 d。以南瓜和黄瓜为食的 4 龄幼虫完成发育需要更长的时间,平均历时 6.14~6.49 d。预蛹和蛹的发育均不受瓜类植物的影响 ($P > 0.05$),其平均历期分别介于 1.65~1.82 d 和 4.41~4.52 d。锯叶裂臀瓢虫非成虫期在节瓜和黄瓜上的平均发育时间分别为 29.33 d 和 28.88 d,均显著长于其他 3 种瓜类植物 ($P < 0.05$)。

2.2 寄主植物对繁殖的影响

锯叶裂臀瓢虫雌虫的产卵前期、产卵期和寿命与寄主植物有密切的关系,但产卵后期不受寄主植物的影响(表 2)。以棱角丝瓜和南瓜为食的雌虫拥有较短的产卵前期、较长的产卵期和寿命,与其他 3 种瓜类植物的差异均达显著水平 ($P < 0.05$)。棱角丝瓜、南瓜、黄瓜、节瓜和红瓜上雌虫的平均产卵前期分别为 9.52、16.90、15.21、12.75、8.72 d。雌虫在棱角丝瓜和红瓜上的平均产卵期分别为 53.43 d 和 49.05 d,是南瓜和黄瓜上雌虫 2 倍以上。棱角丝瓜和红瓜上雌虫平均寿命则分别长达 64.96 d 和 61.16 d。5 种瓜类植物上雌虫的产卵后期相差无几,其平均值介于 1.81~3.39 d。

表 1 锯叶裂臀瓢虫非成虫期各虫态在不同瓜类植物上的发育历期(d)(2016,海口)
Table 1 The development duration (d) of immature stages of *Henosepilachna pusillanima* on different cucurbits (2016, Haikou)

发育阶段 Developmental stages	棱角丝瓜 Ridged gourd	南瓜 Squash	黄瓜 Cucumber	节瓜 Wax gourd	红瓜 Ivy gourd
卵 Egg	4.47±0.12 ^b	4.42±0.07 ^c	4.44±0.06 ^{bc}	4.44±0.04 ^{bc}	4.55±0.05 ^a
1 龄 1st larval instar	4.01±0.44 ^d	4.52±0.44 ^c	4.30±0.40 ^c	5.26±0.62 ^a	4.98±0.56 ^b
2 龄 2nd larval instar	3.26±0.42 ^c	3.10±0.37 ^c	3.32±0.51 ^c	4.04±0.51 ^a	3.62±0.52 ^b
3 龄 3rd larval instar	5.15±0.78 ^a	3.44±0.48 ^d	3.20±0.36 ^d	4.54±0.41 ^b	3.93±0.61 ^c
4 龄 4th larval instar	4.31±0.51 ^c	6.49±1.18 ^a	6.14±0.76 ^a	4.89±0.38 ^b	4.88±0.71 ^b
预蛹 Prepupa	1.65±0.31 ^a	1.82±0.23 ^a	1.82±0.27 ^a	1.71±0.29 ^a	1.74±0.23 ^a
蛹 Pupa	4.44±0.28 ^a	4.52±0.25 ^a	4.41±0.28 ^a	4.50±0.36 ^a	4.42±0.23 ^a
非成虫期 Immature period	27.43±1.07 ^b	28.03±1.77 ^b	28.88±1.06 ^a	29.33±1.31 ^a	28.01±1.11 ^b

表中数据为平均值±标准差,同一行数据后标有相同字母时,表示处理间的差异未达到显著性水平 ($P > 0.05$, Duncan's 多重比较法)。下表同。

Data are mean±SD, and followed by the same letters within the same row are not significantly different ($P > 0.05$, Duncan's multiple range test). The same below.

表 2 锯叶裂臀瓢虫雌性成虫在不同瓜类植物上的发育历期 (d) (2016, 海口)
Table 2 The development duration (d) of adult female *Henosepilachna pusillanima* on different cucurbits (2016, Haikou)

发育阶段 Developmental stages	棱角丝瓜 Ridged gourd	南瓜 Squash	黄瓜 Cucumber	节瓜 Wax gourd	红瓜 Ivy gourd
产卵前期 Pre-oviposition period	9.52±2.48 ^c	16.90±1.51 ^a	15.21±2.27 ^a	12.75±4.00 ^b	8.72±1.46 ^c
产卵期 Oviposition period	53.43±24.02 ^a	24.87±15.61 ^b	23.40±14.64 ^b	32.94±18.72 ^b	49.05±15.08 ^a
产卵后期 Post-oviposition period	2.02±2.24 ^a	1.81±1.35 ^a	2.45±2.35 ^a	1.92±2.20 ^a	3.39±2.91 ^a
雌虫寿命 Female longevity	64.96±24.67 ^a	43.58±16.51 ^b	41.06±16.38 ^b	47.61±19.05 ^b	61.16±15.01 ^a

锯叶裂臀瓢虫的繁殖力随瓜类植物的种类而异 (图 1)。棱角丝瓜和红瓜上雌虫的平均繁殖力分别为 2 039.79 粒/♀和 1 637.11 粒/♀, 均显著大于南瓜 (833.29 粒/♀)、黄瓜 (652.50 粒/♀) 和节瓜 (1 030.39 粒/♀) 上的繁殖力 ($P<0.05$)。

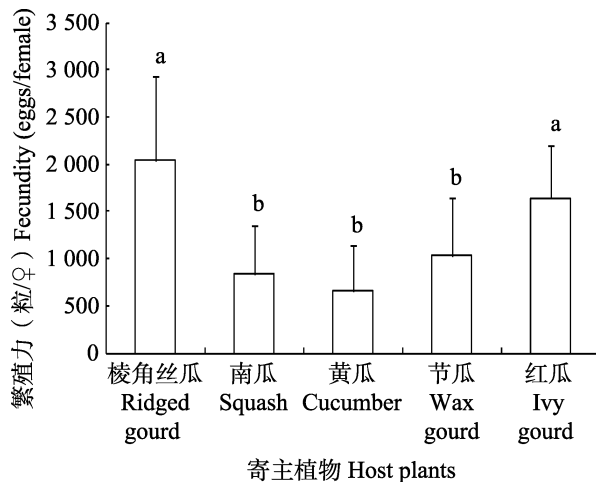


图 1 锯叶裂臀瓢虫在不同瓜类植物上的繁殖力 (2016, 海口)

Fig. 1 The fecundity of *Henosepilachna pusillanima* on different cucurbits (2016, Haikou)

柱上标有不同字母表示处理间差异显著

($P<0.05$, Duncan's 多重比较法)

Histograms with different letters indicate significant difference among treatments at $P<0.05$ by the Duncan's multiple range test.

锯叶裂臀瓢虫雌虫的逐日累计产卵率见图 2。不同瓜类植物上累计产卵率的动态变化有一定的差异, 但均可用三参数 Weibull 模型进行拟合, 且拟合度非常好 (表 3)。样点数实为寿命最长雌虫个体的存活天数。棱角丝瓜、南瓜、黄瓜、节瓜和红瓜上雌虫的最长寿命分别为 103、

72、66、84、91 d (图 2, 表 3)。根据 Weibull 累计产卵率模型, 可以预测累计产卵率达特定值时雌虫的年龄。例如, 南瓜上累计产卵率达 20% 时, 雌虫年龄为 18.86 d, 比其他 4 种瓜类植物上的雌虫大 2~3 d。当累计产卵率达 50% 时, 雌虫在棱角丝瓜 (29.72 d) 和红瓜 (28.91 d) 的年龄比其他瓜类上雌虫大 2~4 d。累计产卵率达 80% 时, 棱角丝瓜、南瓜、黄瓜、节瓜和红瓜上雌虫的年龄分别为 47.58、35.40、35.07、40.79、43.90 d。

3 结论与讨论

食物影响植食性瓢虫的生长发育和繁殖 (Hodek and Evans, 2012)。本研究表明, 5 种瓜类植物对锯叶裂臀瓢虫的卵期、各龄幼虫期、非成虫期以及雌虫的产卵前期、产卵期、寿命和繁殖力都有显著影响, 而预蛹期、蛹期和产卵后期则不受寄主植物的影响。5 种瓜类植物上雌虫累计产卵率的动态变化均完全符合三参数 Weibull 模型。

有关寄主植物对裂臀瓢虫属瓢虫生长发育影响的报道主要涉及几种常见种类, 如锯叶裂臀瓢虫、非洲瓜瓢虫 *H. elaterii* (Rossi) [= *Epilachna chrysomelina* (Fabricius)], 十二斑裂臀瓢虫 *H. dodecastigma* (Wiedemann) 和茄二十八星瓢虫 *H. vigintioctopunctata* (F.) 等。Nakano 和 Katakura (1999) 曾用刺果瓜 *Sicyos angulatus* L. 叶片在 22.5°C 下饲养锯叶裂臀瓢虫, 得到各虫态的发育历期: 卵期 6.3 d, 1 至 4 龄幼虫分别为 6.0、3.9、4.3、5.9 d, 预蛹期 2.9 d, 蛹期 5.7 d,

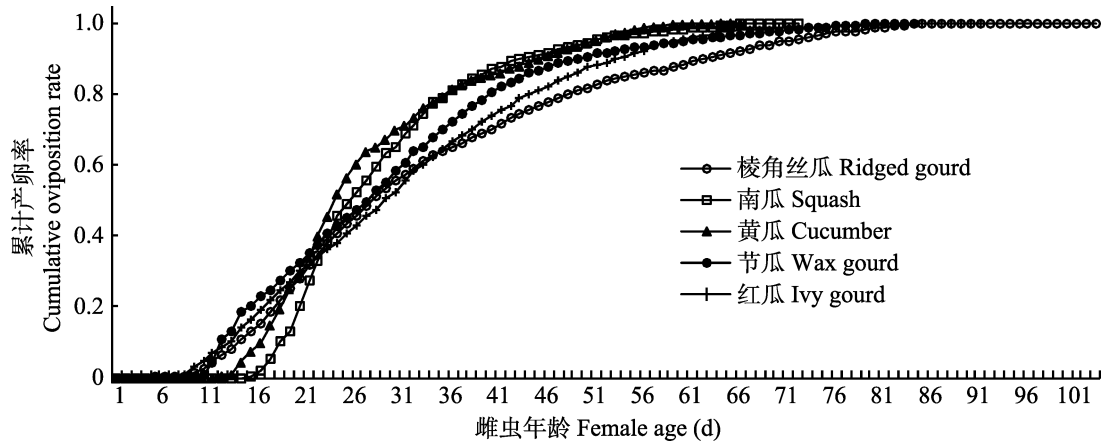


图 2 锯叶裂臀瓢虫在不同瓜类植物上的累计产卵率 (2016, 海口)

Fig. 2 The cumulative oviposition rate of *Henosepilachna pusillanima* on different cucurbits (2016, Haikou)

表 3 不同瓜类植物上锯叶裂臀瓢虫累计产卵率模型的参数估计和预测 (2016, 海口)

Table 3 The estimated parameter values and predictions of the models of cumulative oviposition rate of *Henosepilachna pusillanima* on different cucurbits (2016, Haikou)

寄主植物 Host plants	Weibull 模型参数 Parameters of Weibull model			样点数 Number of points	R^2	累计产卵率达特定值时雌虫年龄预测值 (d) Predicted female age (d) when the cumulative oviposition rate reached 20%, 50%, and 80%, respectively		
	x_c	d	k			20%	50%	80%
棱角丝瓜 Ridged gourd	0.0154	1.7428	1.8328	103	0.9942	15.99	29.72	47.58
南瓜 Squash	0.0230	3.0126	1.4835	72	0.9889	18.86	27.01	35.40
黄瓜 Cucumber	0.0244	2.5641	1.4509	66	0.9873	16.77	25.53	35.07
节瓜 Wax gourd	0.0210	1.9679	1.5237	84	0.9971	15.58	26.94	40.79
红瓜 Ivy gourd	0.0164	1.9594	1.8179	91	0.9993	16.65	28.91	43.90

非成虫期 35.0 d。卵期、预蛹期、蛹期和非成虫期的历期均比本研究结果要长,这种差异的主要原因可能为饲养温度的不同。但是,2至4龄幼虫历期均没有超出本研究所的历期范围。红瓜、西葫芦和王瓜 *Trichosanthes cucumeroides* (Ser.) Maxim.对锯叶裂臀瓢虫的发育有一定的影响,26℃下幼虫至蛹的发育历期分别为 21.9、21.0、22.6 d (Shirai and Katakura, 1999),其中,锯叶裂臀瓢虫在红瓜上的发育比本研究结果要慢,这可能跟红瓜的营养状况有关。非洲瓜瓢虫的发育进度因瓜类植物的种类而有所变化,以菜瓜 *Cucumis melo* L. var. *flexuosus* Naud 为食时发育最快 (Wool and van Emden, 1981; Akadeh and Shishehbor, 2011),而非成虫期则以黄瓜上的最

长 (Akadeh and Shishehbor, 2011),本研究也发现黄瓜上锯叶裂臀瓢虫的非成虫期也较长。同样地,十二斑裂臀瓢虫的发育跟寄主植物有关 (Hossain *et al.*, 2009; Rahman *et al.*, 2009)。在茄子、棱角丝瓜和苦菜的对比研究中,棱角丝瓜上十二斑裂臀瓢虫幼虫和蛹的发育最快 (Rahman *et al.*, 2009)。番茄、茄子、龙葵等茄科植物,以及苦瓜、南瓜、棱角丝瓜等瓜类植物对茄二十八星瓢虫的发育有明显的影(王国红等, 1999; Jamwal *et al.*, 2013),该虫在红瓜上的发育历期比苦瓜要长一些 (Maurice and Ramteke, 2012)。

裂臀瓢虫属瓢虫的繁殖受寄主植物的影响极大。非洲瓜瓢虫在几种瓜类植物上的繁殖力为

168~377.85 粒卵/♀, 雌虫寿命为 28.36~48.00 d, 其中, 以菜瓜上的雌虫繁殖力最高、寿命最长, 而黄瓜上繁殖力最低 (Akadeh and Shishehbor, 2011)。同茄子和苦瓜相比, 棱角丝瓜上十二斑裂臀瓢虫成虫寿命显著延长 (Rahman *et al.*, 2009)。山苦瓜 *Momordica dioica* Roxb.、苦瓜、丝瓜和长豇豆上十二斑裂臀瓢虫的产卵期为 5.55~8.70 d、繁殖力介于 164.00~268.00 粒卵/♀、成虫寿命可达 27.20~35.60 d (Hossain *et al.*, 2009)。无论是非洲瓜瓢虫, 还是十二斑裂臀瓢虫, 其繁殖参数均比本研究中锯叶裂臀瓢虫的繁殖参数小。这种差异可能来自 2 个方面, 一是不同种类裂臀瓢虫的繁殖潜能存在差异, 二是不同研究中裂臀瓢虫的饲养条件 (如温度、食物营养状况等) 并不完全相同。

寄主植物的质量 (营养物质和次生化合物) 影响植食性昆虫的繁殖力 (Awmack and Leather, 2002)。瓜裂臀瓢虫 *H. septima* (Dieke) 对 3 种瓜类植物叶片的利用效率与叶片蛋白质含量呈正相关 (Ganga *et al.*, 1985)。Sarkar 等 (2016) 曾发现苦瓜叶片的老嫩程度影响十二斑裂臀瓢虫的生长发育、取食和繁殖, 此效应跟叶片内营养物质的含量密切相关。葫芦素是葫芦科植物的主要次生化合物, 其种类和含量随葫芦科植物的种类而异 (Metcalf and Lampman, 1989; 张茂新等, 2004)。对葫芦科植物上的专一性植食性昆虫而言, 葫芦素成为它们的取食刺激物。例如, 葫芦素对 3 种裂臀瓢虫、瓜茄瓢虫 *Epilachna admirabilis* Crotch (Abe and Matsuda, 2000) 和南瓜瓢虫 *Epilachna borealis* Fabricius (McCloud *et al.*, 1995) 的取食均有促进作用。因此, 在未来的研究中, 探究瓜叶内营养物质和葫芦素对锯叶裂臀瓢虫发育与繁殖的影响是十分必要的。

值得指出的是, 红瓜对锯叶裂臀瓢虫的适合度仅次于棱角丝瓜。红瓜是一种多年生藤本植物, 在我国华南多为野生分布 (许又凯等, 2003; Holstein, 2015)。有红瓜分布的生境很可能成为锯叶裂臀瓢虫的重要虫源地, 因此, 防治瓜类蔬菜上的锯叶裂臀瓢虫时, 应密切关注该虫在红瓜上的发生状况。

致谢: 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所虞国跃研究员为本研究鉴定锯叶裂臀瓢虫标本, 特此致谢!

参考文献 (References)

- Abe M, Matsuda K, 2000. Feeding responses of four phytophagous lady beetle species (Coleoptera: Coccinellidae) to cucurbitacins and alkaloids. *Applied Entomology and Zoology*, 35(2): 257-264.
- Akadeh M, Shishehbor P, 2011. Life history traits of melon ladybeetle, *Epilachna chrysomelina* (Coleoptera: Coccinellidae), on four host plant species. *Journal of Entomological Society of Iran*, 31(1): 17-27.
- Awmack CS, Leather SR, 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47: 817-844.
- Behere GT, Firake DM, Burange PS, Firake PD, Azad Thakur NS, Ngachan SV, 2015. Utility of ITS1 as a molecular tool for reliable identification of *Henosepilachna pusillanima* and *H. septima* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Genetics*, 94(1): e19-e23.
- Ganga G, Sulochana CJ, Senthamil SR, Manoharan T, 1985. Influence of food plants on the food utilization and chemical composition of *Henosepilachna septima* (Coleoptera: Coccinellidae). *Proc. Indian Acad. Sci. (Anim. Sci.)*, 94(2): 161-167.
- Hodek I, Evans EW, 2012. Food relationships//Hodek I, van Emden HF, Honěk A (eds.). *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*. Chichester: Blackwell Publishing Ltd. 141-274.
- Holstein N, 2015. Monograph of *Coccinia* (Cucurbitaceae). *PhytoKeys*, (54): 1-166.
- Hossain MS, Khan AB, Haque MA, Mannan MA, Dash CK, 2009. Effect of different host plants on growth and development of *Epilachna* beetle. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34(3): 403-410.
- Jamwal VVS, Ahnad H, Sharma D, 2013. Host biology interactions of *Epilachna vigintioctopunctata* Fabr. *The Bioscan*, 8(2): 513-517.
- Katakura H, Nakano S, Kahono S, Abbas I, Nakamura K, 2001. Epilachmine ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae) of Sumatra and Java. *Tropics*, 10(3): 325-352.
- Li CS, Cook EF, 1961. The Epilachninae of Taiwan (Col.: Coccinellidae). *Pacific Insects*, 3(1): 31-39.
- Maurice NG, Ramteke PW, 2012. Development of *Epilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) on essential and alternative foods. *International Journal of Advance*

- Pharmaceutical and Biological Sciences*, 2(3): 199–204.
- McCloud ES, Tallamy DW, Halaweish FT, 1995. Squash beetle trenching behaviour: avoidance of cucurbitacin induction or mucilaginous plant sap? *Ecological Entomology*, 20(1): 51–59.
- Metcalfe RL, Lampman RL, 1989. The chemical ecology of diabroticites and Cucurbitaceae. *Experientia*, 45(3): 240–247.
- Nakano S, Abbas I, 1994. Reproductive isolation in four phytophagous ladybeetles (*Epilachna*, Coccinellidae, Coleoptera) in West Sumatra. *Tropics*, 3(2): 121–129.
- Nakano S, Katakura H, 1999. Morphology and biology of a phytophagous ladybird beetle, *Epilachna pusillanima* (Coleoptera: Coccinellidae) newly recorded on Ishigaki Island, the Ryukyus. *Applied Entomology and Zoology*, 34(1): 189–194.
- Park HH, Park CG, Ahn JJ, 2014. Oviposition model of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17(4): 781–786.
- Peng Z, Pang H, Ren S, Jin Q, 1997. A check list of ladybeetles from Hainan Island (Coleoptera: Coccinellidae). *Natural Enemies of Insects*, 19(3): 103–129. [彭正强, 庞虹, 任顺祥, 金启安, 1997. 海南岛瓢虫名录. *昆虫天敌*, 19(3): 103–129.]
- Poorani J, 2004. An annotated checklist of the Coccinellidae (Coleoptera) of the Indian subregion. http://www.angelfire.com/bug2/j_poorani/checklist.pdf.
- Rahman MS, Haque MA, Islam R, Rashid MH, Hannan MA, 2009. Effect of different host plants on the growth and development of *Epilachna* beetle, *Epilachna dodecastigma* (Weid). *Bangladesh Res. Pub. J.*, 2(3): 592–596.
- Ren SX, Wang XM, Pang H, Zeng T, 2009. Colored Pictorial Handbook of Ladybird Beetles in China. Beijing: Science Press. 308–309. [任顺祥, 王兴民, 庞虹, 彭正强, 曾涛, 2009. 中国瓢虫原色图鉴. 北京: 科学出版社. 308–309.]
- Sarkar N, Mukherjee A, Barik A, 2016. Effect of bitter melon (Cucurbitaceae) foliar constituents on development and reproduction of *Epilachna dodecastigma* (Coleoptera: Coccinellidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 36(4): 195–203.
- Shirai Y, Katakura H, 1999. Host plants of the phytophagous ladybird beetle, *Epilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), in Southeast Asia and Japan. *Appl. Entomol. Zool.*, 34(1): 75–83.
- Tomaszewska W, Szawaryn K, 2016. Epilachnini (Coleoptera: Coccinellidae)-a revision of the world genera. *Journal of Insect Science*, 16(1): 1–91.
- Wang G, Fang G, Sheng J, 1999. The effects of host plants on the growth and development of *Henosepilachna vigintioctopunctata*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 21(1): 26–28. [王国红, 方桂英, 盛金坤, 1999. 寄主植物对茄甘八星瓢虫生长发育的影响. *江西农业大学学报*, 21(1): 26–28.]
- Weibull W, 1951. A statistical distribution functions with wide applicability. *J. Appl. Mech.*, 18(9): 293–297.
- Wool D, van Emden HF, 1981. Influence of temperature, photoperiod and host-plant on the bionomics of the melon ladybird *Epilachna chrysolina* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 91(1/5): 256–262.
- Xu Y, Liu H, Dao X, 2003. The nutritional contents of *Coccinia grandis* and its evaluation as a wild vegetable. *Acta Botanica Yunnanica*, 25(6): 680–686. [许又凯, 刘宏茂, 刀祥生, 2003. 红瓜叶营养成分及作为野生蔬菜的评价. *云南植物研究*, 25(6): 680–686.]
- Yu GY, 2000. Identification of “28-spot” lady beetles (Coleoptera, Coccinellidae). *Entomological Knowledge*, 37(4): 239–242. [虞国跃, 2000. “二十八星”瓢虫的辨识. *昆虫知识*, 37(4): 239–242.]
- Zeng T, 2000. Descriptions of three larvae species of *Henosepilachna* from China (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of South China Agricultural University*, 4(21): 42–44. [曾涛, 2000. 裂臀瓢虫属 3 种幼虫的形态记述(鞘翅目: 瓢虫科). *华南农业大学学报*, 4(21): 42–44.]
- Zhang MX, Ling B, Zeng L, Pang XF, 2004. Effect of cucurbitacin B in leaves from six plants species on plant selectivity of the leafminer, *Liriomyza sativae*. *Acta Ecologica Sinica*, 24(11): 2564–2568. [张茂新, 凌冰, 曾玲, 庞雄飞, 2004. 六种植物叶片中葫芦素 B 对美洲斑潜蝇寄主选择性的影响. *生态学报*, 24(11): 2564–2568.]