

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2021.03.006

寄主植物对扶桑绵粉蚧体型及体内能源物质含量的影响

覃武¹, 胡雍^{1,2}, 桂富荣², 覃江梅¹, 蔡晓燕¹, 陈红松^{1*}

¹广西农业科学院植物保护研究所/广西作物病虫害生物学重点实验室, 广西南宁 530007;

²云南农业大学植物保护学院, 云南昆明 650201

摘要:【目的】研究寄主植物对扶桑绵粉蚧雌成虫体型和体内能源物质含量的影响,为扶桑绵粉蚧的寄主适应性和风险分析提供科学参考。【方法】在室内用8种寄主植物连续饲养扶桑绵粉蚧5代后,测量7日龄雌成虫体长、体宽和体重,并测定体内能源物质(脂肪、可溶性蛋白质、可溶性糖)含量,分析上述指标在不同寄主间的差异。【结果】取食不同寄主后,扶桑绵粉蚧雌成虫体型和体内能源物质含量存在显著差异。取食马铃薯后,雌成虫体长达4.80 mm,体宽为3.07 mm,单头体重为7.11 mg,显著高于取食其他寄主的雌成虫。取食棉花(*Bt*棉和常规棉)后,扶桑绵粉蚧雌成虫体内可溶性蛋白质含量最高(58.77和57.70 mg·g⁻¹);取食常规棉后,可溶性糖含量最高(75.02 mg·g⁻¹);取食马铃薯后,脂肪含量最高(349.00 mg·g⁻¹)。【结论】寄主植物对扶桑绵粉蚧雌成虫体型和体内能源物质含量有显著影响。取食马铃薯后,扶桑绵粉蚧雌成虫体型较大,体内能源物质含量较高,因此应加强马铃薯上扶桑绵粉蚧的种群监测。

关键词: 扶桑绵粉蚧; 体型; 能源物质; 寄主植物



开放科学标识码
(OSID 码)

Effects of host plants on body size and energy substances contents of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley

QIN Wu¹, HU Yong^{1,2}, GUI Furong², QIN Jiangmei¹, CAI Xiaoyan¹, CHEN Hongsong^{1*}

¹Institute of Plant Protection, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Guangxi Key Laboratory of Biology for Crop Diseases and Insect Pests, Nanning, Guangxi 530007, China; ²College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China

Abstract: 【Aim】 In order to provide scientific reference for the risk assessment and host adaptation of cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, the effects of host plants on body size and energy substances contents of adult females *P. solenopsis* were studied. 【Method】 After having reared five generations of *P. solenopsis* in the lab with eight different host plants, body length, body width, body weight and energy substances contents (lipid, soluble proteins, soluble sugar) of 7-day-old adult females were measured. 【Result】 After feeding on different host plants, there were significant differences in body size and energy substances contents of adult females *P. solenopsis*. After feeding on potato, adult female body length was 4.80 mm, adult female body width was 3.07 mm, and adult female body weight was 7.11 mg. These body size parameters were significantly higher than for females fed on the other host plants. After feeding on cotton (*Bt* cotton and conventional cotton), the soluble protein content in adult females *P. solenopsis* was the highest (58.77 and 57.70 mg·g⁻¹). After feeding on conventional cotton, the soluble sugar content was the highest (75.02 mg·g⁻¹). After feeding on potato, the lipid content was the highest (349.00 mg·g⁻¹). 【Conclusion】 Host plant significantly affected the body size and energy substances contents of adult females *P. solenopsis*. After feeding on potato, adult females *P. solenopsis* have larger body size and higher body energy substances contents. Therefore, the population monitoring of *P. solenopsis* on potato should be strengthened.

Key words: *Phenacoccus solenopsis*; body size; energy substance; host plant

扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 隶属于半翅目 Hemiptera 粉蚧科 Pseudococcidae 绵粉蚧属 *Phenacoccus* (武三安和张润志, 2009), 是一种重要的人侵害虫。该虫原产于北美大陆, 现已扩散至全球 51 个国家和地区 (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/109097>)。2005—2009 年, 扶桑绵粉蚧在印度和巴基斯坦暴发成灾, 导致棉花减产 30% ~ 60%, 至此, 该害虫已在世界范围内造成严重危害并受到广泛关注 (Fand & Suroshe, 2015)。扶桑绵粉蚧于 2008 年 6 月在中国广州首次被发现, 目前在中国已分布至广东、江西、湖南、广西、福建、四川、云南、海南、浙江、安徽、江苏、新疆、湖北、河北、上海、天津、重庆、香港和台湾等 19 个省、市、区 (李金峰等, 2020; 农业农村部, 2021)。扶桑绵粉蚧寄主范围广泛, 已报道寄主植物 267 种, 包含大田作物、蔬菜、观赏植物、杂草、灌木和树木等 (Nagrare *et al.*, 2020)。该虫通过刺吸细胞汁液抑制植物生长, 导致植物过早死亡, 还会产生蜜露, 在叶片上形成烟熏霉菌, 从而干扰光合作用 (Banazeer *et al.*, 2019)。

寄主植物在害虫暴发成灾过程中发挥着至关重要的作用 (Umbanhowar & Hastings, 2002)。昆虫取食植物后, 通过复杂的生理代谢活动, 把植物的营养物质转变成自身身体的构成成分, 同时储存能源物质, 为其繁殖、越冬及远距离迁飞等生命活动提供能量 (韩海斌等, 2019)。因此, 寄主植物不仅影响昆虫的生长发育和繁殖, 而且影响其体内生化物质的组成 (Giles *et al.*, 2002)。昆虫体内的主要能源物质包括可溶性蛋白质、可溶性糖、脂肪等 (韩海斌等, 2019), 取食不同寄主植物后昆虫体内储存的能源物质含量往往存在明显差异 (曹玲, 2007)。由于物种间营养水平的差异, 取食不同寄主后, 昆虫的体型也可能存在差异 (Paris *et al.*, 2016)。通常, 体型大小可以指示昆虫的整体健康状况, 大个体通常存活时间更长、繁殖成功率更高、获得的资源更多 (Beukeboom, 2018)。成虫体型减小, 在一定程度上意味着其发育适合度的降低 (Chen *et al.*, 2014)。昆虫表型变异可归结为遗传变异和表型可塑性 (Ziv *et al.*, 2017), 昆虫的遗传变异主要发生在较大的地理范围内, 表型可塑性主要受营养源影响 (Gruss *et al.*, 2019)。扶桑绵粉蚧寄主范围广, 取食不同寄主后, 其生长发育和繁殖参数存在差异 (黄

芳等, 2011; 鹿东东和商哈武, 2016; 吕茂翠等, 2013; Nagrare *et al.*, 2018; Sana-Ullah *et al.*, 2011)。取食不同寄主后, 扶桑绵粉蚧雌成虫体重也存在显著差异, 雌虫产卵量与体重密切相关, 虫体越重产卵量越高 (Dogar *et al.*, 2018)。目前, 尚无关于寄主植物影响扶桑绵粉蚧体内能源物质含量的报道, 影响体型的报道仅涉及蛹重和雌成虫体重。本文以扶桑绵粉蚧雌成虫的体长、体宽、体重以及可溶性蛋白质、可溶性糖、脂肪为指标, 明确不同寄主植物对扶桑绵粉蚧体型大小和体内能源物质含量的影响, 以期为其科学防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试寄主

选取 8 种扶桑绵粉蚧常见寄主, 其中农作物 6 种: 锦葵科的 *Bt* 棉、常规棉 *Gossypium* sp.; 茄科的马铃薯 *Solanum tuberosum* L.、番茄 *Lycopersicon esculentum* Miller、茄子 *Solanum melongena* L.、烟草 *Nicotiana tabacum* L.。园林观赏植物 2 种: 锦葵科的朱槿 *Hibiscus rosa-sinensis* Linn.、木槿 *Hibiscus mutabilis* Linn.。从市场购买朱槿和木槿小苗 (高 10 cm), 移至花盆 (21 cm×17 cm) 中, 置于室外防虫网内, 用常规花土培养, 长至 50 cm 高备用。从市场购买 *Bt* 棉、常规棉、马铃薯、番茄、茄子、烟草的种子或块茎, 播种于花盆 (21 cm×17 cm) 内, 置于室外防虫网内, 用常规花土培养, 长至 5 片真叶时备用。每月施适量复合肥 (N : P : K 质量比 = 13 : 7 : 15), 并及时浇水。

1.2 供试昆虫

从广西南宁市街道绿化带朱槿上剪取被扶桑绵粉蚧寄生的枝条, 带至实验室 (注意隔离, 防止粉蚧逃逸, 造成人为扩散), 取适量扶桑绵粉蚧接种于上述 8 种寄主上, 于 (26±1)℃、相对湿度 (70±5)%、光周期 14L : 10D 的人工气候箱中继代饲养 5 代, 取 7 日龄雌成虫用于实验。

1.3 体型测量方法

取每种寄主各 5 株, 视为 5 次重复, 每次重复取雌成虫 100 头, 用数显卡尺测量单头雌成虫的体长、体宽, 用精密电子分析天平测体重。

1.4 能源物质含量测定

可溶性蛋白质: 参考王孝平和邢树礼 (2009) 的考马斯亮蓝染色法测定。取冷冻的雌成虫 5 头, 称重, 加入 2 mL 蒸馏水, 4℃下充分碾磨, 将混浆转移

到刻度离心管中,再用 6 mL 蒸馏水充分洗涤研钵,洗涤液收集于同一离心管中,加水至 10 mL,静置 30 min 后,在 4 ℃、3500 r · min⁻¹ 条件下离心 10 min,取上清液,置于 4 ℃ 冰箱内备用。取提取液 0.1 mL 于试管中,加入 5 mL 考马斯亮蓝试剂,充分混合,放置 2 min 后,于 595 nm 处测光密度,根据标准曲线计算蛋白质含量。

可溶性糖:参考仵均祥等(2004)的硫酸蒽酮法测定。取 5 头供试雌成虫称重,用 1 mL 硫酸钠饱和乙醇溶液充分研磨,于 1000 r · min⁻¹ 下离心 10 min,弃上清液。将沉淀溶于 0.5 mL 70%乙醇溶液,如前述离心,弃上清液。80 ℃ 水浴加热除去残留的乙醇,然后加入 30%氢氧化钾水溶液 0.5 mL,100 ℃ 水浴加热 15 min。冷却,加入 1 mL 无水乙醇,1000 r · min⁻¹ 下离心 10 min,弃上清液,将沉淀溶于 1 mL 蒸馏水中,加入 4 mL 蒽酮试剂(0.2 g 蒽酮+100 mL 浓硫酸),混匀后,100 ℃ 水浴加热 10 min,冷却,于 620 nm 处测光密度,根据标准曲线计算可溶性糖含量。

脂肪:利用索氏提取器,参考陈永杰等(2005)的差重法测定。每种寄主设 5 次重复,分别取各寄主上的雌成虫样品置于 60 ℃ 烘箱内烘 72 h 至恒重,磨碎成粉,称取 50 mg 磨碎样品($M_{\text{样}}$),将样品放入抽提器内,样品上面用脱脂棉封盖,抽提瓶称重(M_1),接着量取 90 mL 乙醚加入其中,然后放入水浴槽内,60 ℃ 水浴抽提 12 h,抽提结束后,旋转活

塞开关至横向,自动进行乙醚回收,全部无水乙醚回收完成之后,取出抽提瓶,擦净瓶外壁。将抽提瓶放入 80 ℃ 烘箱中烘干 24 h 至恒重,于干燥器中冷却 30 min,再次称重,得到抽提瓶和脂肪的总重量(M_2),计算样品中脂肪含量。脂肪含量 = ($M_2 - M_1$)/ $M_{\text{样}}$ 。

1.5 数据分析

用 Excel 整理数据,用 SPSS 21.0 One-Way ANOVA 对数据进行方差分析,并用 Duncan's 法比较不同处理间平均值的差异程度($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 取食不同寄主扶桑绵粉蚧雌成虫体型

取食不同寄主后,扶桑绵粉蚧雌成虫体长、体宽和体重均存在着显著差异($p<0.05$)。取食马铃薯后,扶桑绵粉蚧雌成虫在体长、体宽、体重上均显著优于取食其他 7 种寄主(表 1)。取食马铃薯后,雌成虫体长达 4.80 mm,显著长于取食其他寄主的雌成虫,其次为取食番茄(4.45 mm)、茄子(4.31 mm)、朱槿(4.24 mm),取食烟草体长最短(3.52 mm)。取食马铃薯后,雌成虫的体宽为 3.07 mm,显著大于取食其他寄主的体宽,其次为取食番茄(2.82 mm)、茄子(2.80 mm)、木槿(2.71 mm),取食烟草最小(2.27 mm)。取食马铃薯后,雌成虫体重为 7.11 mg,显著高于取食其他寄主的雌成虫,其次为取食番茄(5.67 mg)、茄子(5.16 mg),取食木槿体重最轻(3.12 mg)。

表 1 取食不同寄主后扶桑绵粉蚧雌成虫的体型
Table 1 Body size of adult females *P. solenopsis* feeding on different host plants

寄主 Host	体长 Body length/mm	体宽 Body width/mm	体重 Body weight/mg
<i>Bt</i> 棉 <i>Bt</i> cotton	3.83±0.08d	2.46±0.04d	4.16±0.37cd
常规棉 <i>Gossypium</i> spp.	3.98±0.05cd	2.58±0.02cd	3.43±0.22de
木槿 <i>Hibiscus mutabilis</i>	4.02±0.11cd	2.71±0.05bc	3.12±0.28de
马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i>	4.80±0.05a	3.07±0.04a	7.11±0.32a
烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	3.52±0.07e	2.27±0.04e	2.61±0.11e
朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	4.24±0.13bc	2.58±0.08cd	4.36±0.39cd
茄子 <i>Solanum melongena</i>	4.31±0.07b	2.80±0.04b	5.16±0.28bc
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	4.45±0.07b	2.82±0.04b	5.67±0.25b
<i>F</i>	23.24	25.10	16.78
<i>P</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001

数据为平均值±标准差,同列平均数后不同字母表示差异显著($P<0.05$)。
The data in the table are mean±standard error. The different lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

2.2 取食不同寄主扶桑绵粉蚧雌成虫体内能源物质含量

取食不同寄主后,扶桑绵粉蚧雌成虫体内能源

物质含量存在显著差异($P<0.05$)。取食棉花(*Bt* 棉和常规棉)后,扶桑绵粉蚧雌成虫体内可溶性蛋白质含量最高(58.77 和 57.70 mg · g⁻¹),并显著高

于取食其他寄主的雌成虫;取食木槿和烟草时可溶性蛋白质含量最低,分别为 6.53 和 4.81 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。取食常规棉后,扶桑绵粉蚧雌成虫体内可溶性糖含量最高,为 75.02 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;其次为取食番茄和木槿,分别为 69.00 和 65.69 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;取食茄子时可溶性糖含量最低(30.26 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)。取食马铃薯后,扶桑

绵粉蚧雌成虫干重脂肪含量最高(349.00 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$);其次为取食茄子(276.53 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$);取食 *Bt* 棉时脂肪含量最低,为 139.17 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。总体比较,取食马铃薯后,扶桑绵粉蚧雌成虫体内脂肪含量最高,可溶性蛋白质和可溶性糖含量适中(表 2)。

表 2 取食不同寄主后扶桑绵粉蚧雌成虫体内能源物质的含量
Table 2 Contents of energy substances in adult females *P. solenopsis* feeding on different host plants

寄主 Host	可溶性蛋白质含量 Soluble protein/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	可溶性糖含量 Soluble sugar/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	脂肪含量 Lipid/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
<i>Bt</i> 棉 <i>Bt</i> cotton	58.77±5.76a	46.07±0.59e	139.17±3.29e
常规棉 <i>Gossypium</i> spp.	57.70±0.70a	75.02±2.30a	216.61±5.61d
木槿 <i>Hibiscus mutabilis</i>	6.53±0.65c	65.69±1.39bc	229.13±8.06cd
马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i>	45.87±0.47b	52.34±0.40d	349.00±12.57a
烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	4.81±0.95c	35.41±2.94f	201.93±1.53d
朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	54.58±5.25ab	60.67±2.95c	213.13±16.92d
茄子 <i>Solanum melongena</i>	50.23±0.59ab	30.26±0.82f	276.53±11.64b
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	50.07±0.35ab	69.00±0.82b	257.70±11.99bc
<i>F</i>	62.66	78.94	36.19
<i>P</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001

数据为平均值±标准差。可溶性糖和可溶性蛋白质为鲜重含量,脂肪为干重含量。同列平均数后不同字母表示差异显著($P<0.05$)。
The data in the table are mean±standard error. Soluble sugar and soluble protein contents are fresh weight content, and lipid content is dry weight content. The different lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

3 讨论

植食性昆虫所需的营养物质直接来源于寄主植物。因此,植食性昆虫的生长发育、生存繁殖、体型大小和能源物质含量受寄主植物影响。

体型是昆虫最基本的表型特征,从解剖学、生理学到生活史、行为和生态学等方面影响昆虫的适应性(Chen *et al.*, 2014; Henry *et al.*, 2009)。本研究中,取食不同寄主后,扶桑绵粉蚧在体型上存在一定的差异,这可能是由于不同寄主植物营养水平差异所致。取食马铃薯后,扶桑绵粉蚧雌成虫在体长、体宽、体重上均优于取食其他 7 种寄主,这与朱艺勇等(2011)报道的结果相近,但与黄玲等(2011)及 Dogar *et al.* (2018)的结果差异较大,可能是地理种群、寄主植物、饲养条件等原因所致。Paris *et al.* (2016)研究发现,寄主植物影响柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 的大小和形状,推测不同寄主饲养的柑橘木虱形态差异,可能由于物种之间营养水平差异所致。西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* Pergande 取食黄瓜 *Cucumis sativus* L. 后的体型大于取食菜豆 *Phaseolus vulgaris* Linn. 的体型,感性品种上的体型也大于抗性品种上的体型,大个体蓟马繁殖力更强,因此,体型可以作为植物抗性的

一个标志(de Kogel *et al.*, 1999)。通常认为,昆虫体型越大,其适合度越高(Chen *et al.*, 2014)。多数昆虫的繁殖力随体型增大而增加,体型可以预测繁殖力,而繁殖力是适合度的重要组成部分(de Kogel *et al.*, 1999)。扶桑绵粉蚧雌虫体重与其产卵量密切相关,取食花烛 *Anthurium andraeanum* Linden、茉莉花 *Jasminum sambac* (L.) Aiton 和朱槿后,扶桑绵粉蚧雌虫较重,繁殖力更强(Dogar *et al.*, 2018)。已报道多种昆虫的产卵量与体重相关,如斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius (Greenberg *et al.*, 2001)、白纹伊蚊 *Aedes albopictus* Skuse 和埃及伊蚊 *Aedes geniculatus* Oliv (Armbruster & Hutchinson, 2002)、小菜蛾 *Plutella xylostella* L. (Saeed *et al.*, 2010)、家蝇 *Musca domestica* L. (Khan *et al.*, 2012)等。通过食物链能量传递,寄主植物与天敌昆虫的生长发育和形态关系密切(Gols & Harvey, 2009; Hopkins *et al.*, 2009)。如间纹蓟马 *Aeolothrips intermedius* (Bagnall) 幼虫和成虫主要捕食昆虫,成虫取食田间花粉补充营养,成虫的体长和体重与寄主植物密切相关(Gruss *et al.*, 2019)。可见,寄主植物不仅直接影响植食性昆虫的体型,还通过不同营养级关系,间接影响寄生性和捕食性天敌的体型,从而影响整

个生态系统的各个环节。

取食不同寄主后,扶桑绵粉蚧雌成虫体内能源物质含量差异显著,即使取食同一寄主植物,不同能源物质含量差异也较大。总体而言,取食马铃薯后,扶桑绵粉蚧雌成虫体内脂肪含量最高,可溶性蛋白质和可溶性糖含量适中。这与王鹏等(2014)研究桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura 所得的结果一致,取食不同寄主后,桃小食心虫幼虫总脂肪、总蛋白和总糖含量差异显著,但取食同一种寄主植物均不能使3种能源物质的含量同时保持最高。寄主植物对植食性昆虫的影响,主要取决于植物组织所含营养成分的种类和质量及昆虫的嗜食程度、消化吸收和转化效率(王鹏等,2014)。甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 取食不同施肥水平的白菜 *Brassica chinensis* L.后,其幼虫体内蛋白质、可溶性糖、脂类3种能源物质的含量差异显著(王思芳等,2017)。韩海斌等(2019)研究发现,黏虫 *Mythimna separate* (Walker)幼虫体内能源物质含量与寄主植物粗蛋白含量呈正相关关系,与寄主植物粗纤维含量呈负相关关系。这些研究结果表明,影响植食性昆虫体内能源物质含量的主要因素是寄主植物的营养水平。

取食马铃薯后,扶桑绵粉蚧雌成虫体型较大,体内能源物质含量较高,从形态学和营养水平方面验证了王伟兰(2014)关于马铃薯是扶桑绵粉蚧适宜寄主的结论。马铃薯受害风险较高,因此应加强马铃薯上扶桑绵粉蚧的种群监测,早发现早防治,减轻该虫对马铃薯的危害和扩散蔓延的风险。

参考文献

曹玲, 2007. 不同食料对甜菜夜蛾发育繁殖和能源物质的影响研究. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.

陈永杰, 孙绪艮, 张卫光, 牟志刚, 郭光智, 2005. 桑螟越冬幼虫体内水分、脂肪、甘油的变化与抗寒性的关系. 蚕业科学, 31(1): 22-25.

韩海斌, 谭瑶, 李艳艳, 高书晶, 徐林波, 刘爱萍, 王丹阳, 2019. 不同寄主植物对黏虫体内能源物质的影响. 植物保护, 45(2): 143-147.

黄芳, 张蓬军, 章金明, 朱艺勇, 吕要斌, 张治军, 2011. 三种寄主植物对扶桑绵粉蚧发育和繁殖的影响. 植物保护, 37(4): 58-62, 71.

李金峰, 邓军, 陈华燕, 杨朗, 周忠实, 姜建军, 黄立飞, 桂富荣, 陈红松, 2020. 广西扶桑绵粉蚧寄生蜂发生情况

调查. 南方农业学报, 51(4): 853-861.

鹿东东, 商晗武, 2016. 不同植物种类及棉花品种对扶桑绵粉蚧生物学影响研究进展. 环境昆虫学报, 38(4): 669-679.

吕茂翠, 阮永明, 王媛媛, 林乐敏, 张吉萍, 陈崇崇, 林遥雪, 2013. 寄主植物对扶桑绵粉蚧生长发育和繁殖的影响. 浙江师范大学学报(自然科学版), 36(2): 213-216.

农业农村部, 2021. 农业农村部办公厅关于印发《全国农业植物检疫性有害生物分布行政区名录》的通知. (2021-04-22) [2021-04-25]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202104/t20210422_6366376.htm.

王鹏, 于毅, 许永玉, 李丽莉, 张安盛, 门兴元, 张思聪, 周仙红, 2014. 寄主植物对桃小食心虫越冬幼虫耐寒性物质的影响. 应用生态学报, 25(5): 1513-1517.

王思芳, 李江杰, 郑长英, 张彬, 2017. 甜菜夜蛾取食不同肥料水平种植白菜对其体内能源物质含量的影响. 江苏农业科学, 45(16): 89-92.

王伟兰, 2014. 温湿度和寄主对扶桑绵粉蚧生长发育影响的研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.

王孝平, 邢树礼, 2009. 考马斯亮蓝法测定蛋白含量的研究. 天津化工, 23(3): 40-42.

仵均祥, 袁锋, 苏丽, 2004. 麦红吸浆虫幼虫滞育期间糖类物质变化. 昆虫学报, 47(2): 178-183.

武三安, 张润志, 2009. 威胁棉花生产的外来入侵新害虫——扶桑绵粉蚧. 昆虫知识, 46(1): 159-162.

朱艺勇, 黄芳, 吕要斌, 2011. 扶桑绵粉蚧生物学特性研究. 昆虫学报, 54(2): 246-252.

ARMBRUSTER P, HUTCHINSON R A, 2002. Pupal mass and wing length as indicators of fecundity in *Aedes albopictus* and *Aedes geniculatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4): 699-704.

BANAZEER A, AFZAL M B S, IJAZ M, SHAD S A, 2019. Spinosad resistance selected in the laboratory strain of *Pseudococcus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae): studies on risk assessment and cross-resistance patterns. *Phytoparasitica*, 47(4): 531-542.

BEUKEBOOM L W, 2018. Size matters in insects — An introduction. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166(1): 2-3.

CHEN H S, ZHENG X W, LUO M, GUO J Y, LUO Y H, ZHOU Z S, WAN F H, 2014. Effects of high temperature on body size and weight of *Ophirotoma communa*. *Biocontrol Science and Technology*, 24(8): 882-890.

DE KOGEL W J, BOSCO D, VAN DER HOEK M, MOLLEMA C, 1999. Effect of host plant on body size of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) and its correlation with reproductive capacity. *European Journal of*

- Entomology*, 96(4): 365–368.
- DOGAR A M, AYYAZ M, ABBAS N, SHAD S A, NAEEM A, 2018. Effect of host plants on life history traits of *Phenacoccus solenopsis* (Homoptera: Pseudococcidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 38(4): 387–393.
- FAND B B, SUROSHE S S, 2015. The invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, a threat to tropical and subtropical agricultural and horticultural production systems — A review. *Crop Protection*, 69: 34–43.
- GILES K L, MADDEN R D, STOCKLAND R, PAYTON M E, DILLWITH J W, 2002. Host plants affect predator fitness via the nutritional value of herbivore prey: Investigation of a plant-aphid-ladybeetle system. *BioControl*, 47: 1–21.
- GOLS R, HARVEY J A, 2009. Plant-mediated effects in the Brassicaceae on the performance and behaviour of parasitoids. *Phytochemistry Reviews*, 8(1): 187–206.
- GREENBERG S M, SAPPINGTON T W, LEGASPI B C, LIU T X, SETAMOU M, 2001. Feeding and life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. *Annals of the Entomological Society of America*, 94(4): 566–575.
- GRUSS I, TWARDOWSKI J P, CIERPISZ M, 2019. The effects of locality and host plant on the body size of *Aeolothrips intermedius* (Thysanoptera: Aeolothripidae) in the Southwest of Poland. *Insects*, 10(9): 266.
- HENRY L M, MA B O, ROITBERG B D, 2009. Size-mediated adaptive foraging: a host-selection strategy for insect parasitoids. *Oecologia*, 161(2): 433–445.
- HOPKINS R J, VAN DAM N M, VAN LOON J J A, 2009. Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology*, 54: 57–83.
- KHAN H A A, SHAD S A, AKRAM W, 2012. Effect of live-stock manures on the fitness of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Parasitology Research*, 111(3): 1165–1171.
- NAGRARE V S, FAND B B, NAIK V C B, NAIKWADI B, DESHMUKH V, SINH D, 2020. Resistance development in cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) to insecticides from organophosphate, thiadiazines and thiourea derivatives. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(10): 181–188.
- NAGRARE V S, NAIKWADI B, DESHMUKH V, KRANTHI S, 2018. Biology and population growth parameters of the cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), on five host plant species. *Animal Biology*, 68(4): 333–352.
- PARIS T M, ALLAN S A, HALL D G, HENTZ M G, HETESY G, STANSLY P A, 2016. Host plant affects morphometric variation of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *PeerJ*, 4: e2663.
- SAEED R, SAYYED A H, SHAD S A, ZAKA S M, 2010. Effect of different host plants on the fitness of diamond-back moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protection*, 29(2): 178–182.
- SANA-ULLAH M, ARIF M J, GOGI M D, SHAHID M R, ADID A M, RAZA A, ALI A, 2011. Influence of different plant genotypes on some biological parameters of cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* and its predator, *Coccinella septempunctata* under laboratory conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(1): 125–129.
- UMBANHOWAR J, HASTINGS A, 2002. The impact of resource limitation and the phenology of parasitoid attack on the duration of insect herbivore outbreaks. *Theoretical Population Biology*, 62(3): 259–269.
- ZIV N, SHUSTER B M, SIEGAL M L, GRESHAM D, 2017. Resolving the complex genetic basis of phenotypic variation and variability of cellular growth. *Genetics*, 206(3): 1645–1657.

(责任编辑:郭莹)