

DOI:10.12171/j.1000-1522.20220028

4种榕树对榕透翅毒蛾生长发育及取食偏好的影响

廖崧凯¹ 黄家豪¹ 卢隆鑫¹ 林浩宇¹ 王家晋¹ 梁甜² 陈辉¹

(1. 华南农业大学林学与风景园林学院, 广东 广州 510642; 2. 南京林业大学林学院, 江苏 南京 210037)

摘要:【目的】探究榕透翅毒蛾对不同榕属植物的寄主偏好性和选择性, 为榕透翅毒蛾的防治提供科学依据。【方法】以广州市4种榕透翅毒蛾寄主植物(黄金榕、高山榕、垂叶榕、小叶榕)为对象, 分析榕透翅毒蛾取食不同榕树叶片后的生长发育和摄食量等指标。【结果】不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫龄期存在差异, 黄金榕5~7龄, 高山榕、小叶榕和垂叶榕6~8龄; 垂叶榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫发育历期最长, 而黄金榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫发育历期最短; 在榕透翅毒蛾幼虫发育的每一龄级, 以黄金榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫体长、体质量和排泄物鲜质量最大; 黄金榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫2~7龄头壳宽最宽(1龄头壳高山榕最宽); 黄金榕和高山榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫存活率显著高于垂叶榕和小叶榕; 幼虫取食黄金榕的榕透翅毒蛾雌成虫寿命最长, 而取食高山榕的雄成虫寿命最长, 雌成虫预卵期最短, 单雌产卵量最多; 1~4龄幼虫取食黄金榕的5龄幼虫更偏爱取食高山榕, 而取食其他3种榕树的5龄幼虫寄主偏好性不明显。【结论】榕透翅毒蛾对4种榕树的偏好性和选择性存在显著的差异, 其中黄金榕和高山榕比垂叶榕和小叶榕更适合榕透翅毒蛾幼虫生长发育。

关键词: 榕透翅毒蛾; 榕属植物; 发育历期; 存活率; 取食偏好

中图分类号: S763.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-1522(2023)03-0093-11

引文格式: 廖崧凯, 黄家豪, 卢隆鑫, 等. 4种榕树对榕透翅毒蛾生长发育及取食偏好的影响 [J]. 北京林业大学学报, 2023, 45(3): 93-103. Liao Songkai, Huang Jiahao, Lu Longxin, et al. Effects of four banyan species on the growth, development and feeding preference of *Perina nuda* [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2023, 45(3): 93-103.

Effects of four banyan species on the growth, development and feeding preference of *Perina nuda*

Liao Songkai¹ Huang Jiahao¹ Lu Longxin¹ Lin Haoyu¹ Wang Jiajin¹ Liang Tian² Chen Hui¹

(1. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China;

2. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: [Objective] In this paper, the host preference and selectivity of *Perina nuda* to different *Ficus* species were investigated to provide scientific basis for the control of *Perina nuda*. [Method] 4 species of host trees (*Ficus macrocarpa*, *F. altissima*, *F. benjamina* and *F. concinna*) in Guangzhou City, Guangdong Province of southern China were selected to feed *P. nuda* and the growth, development and feeding amount of *P. nuda* after feeding on different leaves of banyan were analyzed. [Result] There were differences in the larval instars of *P. nuda* reared by different banyan trees. During larval instar, *P. nuda* fed on *F. microcarpa* was 5th to 7th instar, that fed on *F. altissima*, *F. concinna* and *F. benjamina* were 6th to 8th instar. The development period of larval of *P. nuda* fed on *F. benjamina* was longest while the shortest period was the *P. nuda* fed on *F. microcarpa*. Additionally, body length, body mass and fecal mass of *P. nuda* larval fed on *F. microcarpa* were at the top among 4 banyan species. In the meanwhile, the 2nd to 7th instar larvae reared by *F. microcarpa* had the widest head capsule (the 1st instar larvae fed on *F. altissima* had the widest head

收稿日期: 2022-01-17 修回日期: 2022-02-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(31870636)。

第一作者: 廖崧凯。主要研究方向: 森林昆虫学。Email: skliao@stu.scau.edu.cn 地址: 510642 广东省广州市五山路 483 号。

责任作者: 陈辉, 教授, 博士生导师。主要研究方向: 森林昆虫学。Email: chenhui@scau.edu.cn 地址: 同上。

本刊网址: <http://j.bjfu.edu.cn>; <http://journal.bjfu.edu.cn>

capsule). Besides, the survival rates of *P. nuda* larvae reared by *F. microcarpa* and *F. altissima* were significantly higher than those of *F. benjamina* and *F. concinna*. Furthermore, the female adults of *P. nuda* larvae feeding on the *F. microcarpa* had the longest lifespan, while the male adults feeding on *F. altissima* had the longest lifespan. It was also showed that the female adult had the shortest pre-ovulation period, and the single female laid the most eggs. Finally, it was found that the larvae fed on *F. microcarpa* at the 1st to 4th instars preferred to feed on *F. altissima* at the 5th instar, while the host preferences of 5th instar *P. nuda* larvae fed on other three banyan species were not obvious. [Conclusion] There are significant differences in the preference and selectivity of *P. nuda* to the four banyan species. *F. microcarpa* and *F. altissima* are more suitable for the growth and development of *P. nuda* than *F. benjamina* and *F. concinna*.

Key words: *Perina nuda*; *Ficus* spp.; development period; survival rate; feeding preference

随着生态环境建设和城市绿化的发展,城市森林景观得到了显著的提升,但森林病虫害的发生却呈现增长的趋势,成为城市生态环境建设和保护的重大问题之一。榕树(*Ficus* spp.)作为我国南方重要绿化树种,种植面积逐渐扩大,榕树害虫的发生种类和危害程度也日益加剧。榕透翅毒蛾(*Perina nuda*)是榕属(*Ficus*)植物重要的食叶害虫,隶属于鳞翅目(Lepidoptera)、毒蛾科(Lymantriidae)、透翅毒蛾属(*Perina*),又称透翅榕毒蛾。榕透翅毒蛾主要以幼虫取食榕树叶片,严重时可将整株榕树的叶片吃光,影响榕树的生长发育,也对城市景观和城市生态环境建设带来巨大的危害。该虫广泛分布于我国浙江、福建、湖北、湖南、江西、广东、广西、四川、西藏、台湾、香港;幼虫灰绿色,有绿色、白色线和红色斑状纵带,背刷黑色,体两侧有黑色长毛束;蛹绿色,有红褐色及黑褐色斑。成虫表现出显著的两性异形,雌成虫体表和翅膀呈黄色,雄成虫体呈黑色,翅膀无色透明,与蝉类似^[1]。寄主植物不仅是影响昆虫生长发育、繁殖和发育历期的关键因素,也是构成昆虫寄主偏好性和选择性的主要因素^[2-3]。如取食玉米(*Zea mays*)的草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)幼虫发育历期最短,而取食玉米的低龄幼虫存活率最高,蛹质量也显著大于取食甘蔗(*Saccharum officinarum*)和水稻(*Oryza sativa*)的幼虫^[4]。取食苍耳(*Xanthium sibiricum*)的亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)幼虫历期和蛹期较短,取食油菜(*Brassica campestris*)和油麦菜(*Lactuca sativa*)的幼虫成活率和蛹羽化率较高^[5]。稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis*)大龄幼虫对狗尾草的偏好显著高于水稻、玉米和稗草(*Echinochloa crusgalli*)^[6];云杉花墨天牛(*Monochamus saltuarius*)对油松(*Pinus tabulaeformis*)的选择性明显高于红松(*Pinus koraiensis*)、樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)和长白落叶松(*Larix olgensis*)^[7]。

榕树属桑科(Moraceae),荨麻目(Urticales),是

榕属植物的总称。全世界已知种植榕属植物 1 000 多种,我国榕属植物则有 800 余种,包括黄金榕(*Ficus microcarpa*)、高山榕(*Ficus altissima*)、垂叶榕(*Ficus benjamina*)、小叶榕(*Ficus concinna*)、聚果榕(*Ficus racemosa*)等。榕树主要分布于我国热带、亚热带气候区,作为我国南方重要的绿化树种,常种植于道路两侧,具有良好的景观效果^[8-9]。同时,榕树作为抗污树种,对二氧化碳、二氧化硫等气体具有很强的抗性,能够有效地改善环境、防风防尘,也被大量种植于工矿企业和城市污染区^[10]。另一方面,黄金榕具有很高的观赏价值,是绿雕或者盆景植物的优先树种之一。榕树须(气生根)也具有许多药效作用^[11],可用于百日咳、麻疹不透、风湿骨痛、痧气腹痛、胃痛、湿疹、跌打损伤等的辅助治疗,具有散热祛湿、活血止痛、化痰止咳等功效^[12-13]。

尽管,前人曾对榕透翅毒蛾在福州、重庆等地的生物学特性进行了研究^[14-15],但不同榕树对榕透翅毒蛾发育历期、存活率、繁殖力等的影响,以及取食经历对幼虫取食偏好的影响鲜有报道。本研究围绕广州市榕透翅毒蛾生物学特性和不同榕树对榕透翅毒蛾发育历期、存活率等的影响,以及榕透翅毒蛾对不同榕树的选择性,选取广州市最为常见的 4 种榕属植物(黄金榕、高山榕、垂叶榕、小叶榕)为材料,比较分析 4 种榕树对榕透翅毒蛾发育历期、存活率、繁殖能力等的影响,以及取食经历对幼虫取食偏好的影响,旨在探究榕透翅毒蛾对不同榕树的寄主偏好性和选择性,为广州等南方榕树树种的选择和榕透翅毒蛾的防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

成虫采自于华南农业大学校园,带回实验室后饲养在人工气候箱(MGC-450HP,上海一恒科学仪器有限公司)内,饲养光周期为 12L:12D,温度为(24 ± 1) °C,相对湿度为 40%,本试验所用虫源为

4种榕树叶片室内混合饲养扩繁后的实验种群。

1.2 供试榕属植物

选择4种榕属植物,包括黄金榕、高山榕、垂叶榕、小叶榕(均采自华南农业大学校园)。

1.3 不同榕树对榕透翅毒蛾生长发育和繁殖的影响

每天观察交配后榕透翅毒蛾卵块,将孵化后的幼虫放置在塑料饲养盒内(长×宽×高:17 cm×12 cm×5 cm),用细毛笔将单个初孵幼虫放入饲养盒内单头饲养,每种榕树饲养15头,重复3次,每日定期更换和添加新鲜的榕树叶片。

每日观察榕透翅毒蛾幼虫的生长发育,通过幼虫蜕皮时间计算各龄幼虫的发育历期,预蛹和蛹的发育历期共同记录为蛹期;测定幼虫和蛹的存活率,由于1龄幼虫过于微小,以万分之一电子天平(JA3003,舜宇恒平仪器)称量各榕树叶片饲养中2龄及2龄后每龄期初蜕皮幼虫质量,2龄和2龄后每日幼虫粪便质量以及蛹质量,用游标卡尺(DL312150,宁波得力集团有限公司)测量2龄和2龄后每龄期幼虫的体长,在体视镜(S9i, Lecia)下测量每次蜕皮后幼虫的头壳宽度。

成虫羽化后挑选健康的个体以雌雄比1:1配对,观察记录交配后的成虫产卵情况,统计雌雄成虫的寿命、雌虫产卵量和孵化率,每种榕树饲养5对,重复3次。

$$S_L = (M_1/M_2) \times 100\%$$

式中: S_L 为幼虫存活率,%; M_1 为各龄幼虫存活数量,头; M_2 为初始饲养幼虫数量,头。

$$S_P = (M_3/M_4) \times 100\%$$

式中: S_P 为蛹存活率,%; M_3 为蛹存数数量,头; M_4 为初始蛹数量,头。

1.4 榕透翅毒蛾取食经历对取食偏好的影响

参考 Midega 等^[16]和 Newman 等^[17]的方法,通过取食量、相对摄入指数和取食面积3种指标评价榕透翅毒蛾幼虫寄主偏好性。由于1~4龄幼虫太小,且对寄主取食不够完全,无法评估喂养引起的质量变化及取食面积变化,故试验选择5龄幼虫,分别采用不同榕树喂养至5龄幼虫。称质量10个直径为1 cm的叶原片(每种榕树一组),分别将每种榕树的叶圆片放入饲养盒中。将榕透翅毒蛾5龄幼虫经过24 h饥饿处理后称质量,放入装有不同榕树叶圆片的饲养盒中待其适应环境后观察每头幼虫120 min,120 min后称取叶圆片和幼虫质量,计算各榕树叶圆片的取食面积差。此外,将对照叶圆片放置120 min,以测定蒸发失水量。由于幼虫和取食前后质量的变化小,使用120 min的幼虫质量。每个饲养盒中放

入1头幼虫,重复5次。

$$I_{120} = m_I - m_F - L$$

式中: I_{120} 为120 min幼虫取食量,g; m_I 为取食前叶片鲜质量,g; m_F 为取食后叶片鲜质量,g; L 为对照叶片失水量,g。

$$R_{120} = ((m_{BF} - m_{BI})/m_{BI}) \times 100\%$$

式中: R_{120} 为120 min幼虫相对摄入指数,%; m_{BF} 为取食后幼虫质量,g; m_{BI} 为取食前幼虫质量,g。

$$S_{120} = S_I - S_F$$

式中: S_{120} 为120 min取食面积,cm²; S_I 为取食前叶圆片面积,cm²; S_F 为取食后叶圆片面积,cm²。

1.5 数据处理

榕透翅毒蛾发育历期、体质量、粪便质量、体长、头壳宽度、幼虫和成虫存活率、寿命、产卵量、孵化率和取食摄入量采用SPSS 26.0进行统计分析。用单因素方差分析(One-way ANOVA)检验各处理差异的显著性,使用LSD法进行多重比较。使用GraphPad Prism 7做图。

2 结果与分析

2.1 不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫和蛹发育历期的影响

榕透翅毒蛾在4种榕树饲养下均能完成生长发育,但发育历期存在显著差异(表1),黄金榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫经历6~7个龄期,85.71%的幼虫在6龄完成幼虫生活史并化蛹,高山榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫经历6~8个龄期,95.45%的幼虫在6~7龄完成幼虫生活史并化蛹,垂叶榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫经历6~8个龄期,80.00%的幼虫在7~8龄完成幼虫生活史并化蛹,以小叶榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫需要经历6~8个龄期,75.00%的幼虫在7龄完成幼虫生活史和化蛹。4种榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫1龄幼虫发育历期为:黄金榕<小叶榕<垂叶榕<高山榕,其中取食黄金榕的幼虫1龄发育历期显著短于取食其他榕树($P < 0.05$),且高山榕、小叶榕、垂叶榕饲养的幼虫间无显著差异($P > 0.05$);2龄幼虫发育历期为:黄金榕<高山榕<垂叶榕<小叶榕,其中取食黄金榕的幼虫2龄发育历期显著短于小叶榕和垂叶榕($P < 0.05$),且取食高山榕、小叶榕、垂叶榕的幼虫间无显著差异($P > 0.05$);3龄幼虫发育历期为:高山榕<黄金榕<小叶榕<垂叶榕,其中取食高山榕的3龄幼虫发育历期显著短于小叶榕和垂叶榕($P < 0.05$),且取食黄金榕、小叶榕、垂叶榕的幼虫间无显著差异($P > 0.05$);4~6龄幼虫取食4种榕树的发育历期存在差异,但差

表1 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫和蛹发育历期

Tab. 1 Development period of *P. nuda* at larval and pupal stages reared by different banyan species

| 发育阶段 Development stage | 发育历期 Development period/d | | | | 统计分析 Statistical analysis | | |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|----------|
| | 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 高山榕 <i>F. altissima</i> | 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | <i>F</i> | <i>df</i> | <i>P</i> |
| 1龄幼虫 1st instar larva | 4.880 ± 0.168b | 6.470 ± 0.175a | 5.940 ± 0.514a | 6.320 ± 0.342a | 8.855 | 3 | < 0.001 |
| 2龄幼虫 2nd instar larva | 3.880 ± 0.149b | 4.450 ± 0.176ab | 5.000 ± 0.331a | 4.930 ± 0.176a | 5.073 | 3 | 0.003 |
| 3龄幼虫 3rd instar larva | 4.880 ± 0.200ab | 4.690 ± 0.123b | 5.690 ± 0.499a | 5.800 ± 0.663a | 3.225 | 3 | 0.027 |
| 4龄幼虫 4th instar larva | 4.940 ± 0.269a | 4.170 ± 0.149a | 4.750 ± 0.250a | 4.700 ± 0.300a | 2.302 | 3 | 0.083 |
| 5龄幼虫 5th instar larva | 4.830 ± 0.220a | 4.520 ± 0.202a | 4.500 ± 0.195a | 4.800 ± 0.291a | 0.581 | 3 | 0.629 |
| 6龄幼虫 6th instar larva | 4.880 ± 0.377a | 4.680 ± 0.116a | 5.330 ± 0.333a | 4.900 ± 0.277a | 0.763 | 3 | 0.519 |
| 7龄幼虫 7th instar larva | 5.250 ± 0.629ab | 4.670 ± 0.211b | 6.330 ± 0.333a | 5.330 ± 0.373ab | 5.364 | 3 | 0.004 |
| 8龄幼虫 8th instar larva | | | | 5.670 ± 0.333 | | | |
| 幼虫期 Larval stage | 28.070 ± 0.678c | 31.570 ± 0.536b | 36.750 ± 0.789a | 38.600 ± 1.869a | 29.434 | 3 | < 0.001 |
| 蛹期 Pupal stage | 8.320 ± 0.189a | 8.290 ± 0.101a | 8.420 ± 0.149a | 8.560 ± 0.176a | 0.389 | 3 | 0.761 |

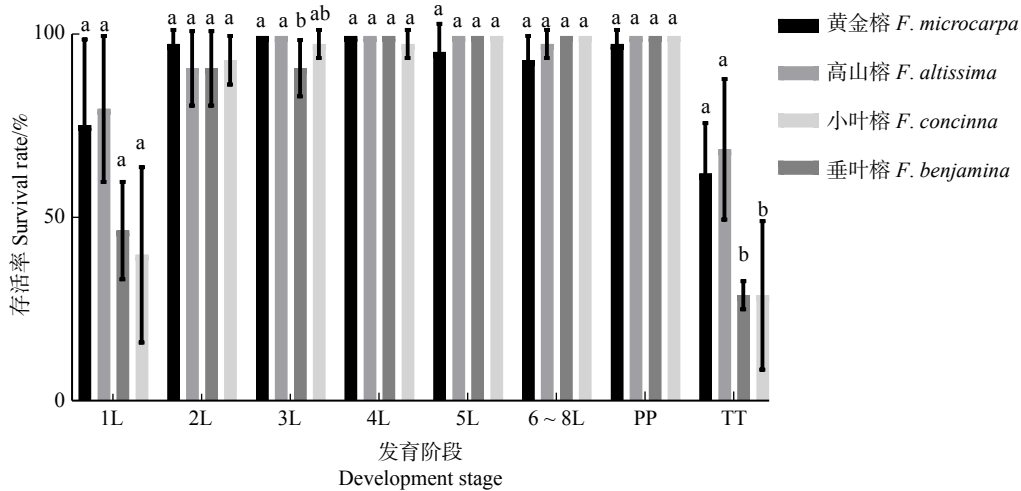
注: 同行不同小写字母表示不同榕树之间差异显著 ($P < 0.05$)。同表2~5, 7。Notes: different lowercase letters in the same row indicate significant differences in different banyan trees ($P < 0.05$). Same as Tab. 2~5 and 7.

异不显著 ($P > 0.05$); 7龄幼虫发育历期为: 高山榕 < 黄金榕 < 垂叶榕 < 小叶榕, 其中取食高山榕的幼虫7龄发育历期显著短于取食小叶榕和垂叶榕 ($P < 0.05$), 且取食黄金榕、小叶榕、垂叶榕的幼虫间无显著差异 ($P > 0.05$)。4种榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫发育历期整体规律为: 黄金榕 < 高山榕 < 小叶榕 < 垂叶榕, 其中取食黄金榕的幼虫发育历期显著短于其他3种榕树 ($P < 0.05$), 且取食高山榕显著短于小叶榕和垂叶榕 ($P < 0.05$), 这表明黄金榕和高山榕更适合榕透翅毒蛾幼虫的发育。

2.2 不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫和蛹存活率的影响

不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫存活率存在显著影响

响(图1), 3龄幼虫存活率大小为: 黄金榕、高山榕 > 小叶榕 > 垂叶榕, 取食黄金榕、高山榕的幼虫存活率显著高于垂叶榕 ($P < 0.05$); 1、2、4~8龄幼虫取食4种榕树的存活率差异不显著 ($P > 0.05$); 幼虫总存活率大小为: 高山榕 > 黄金榕 > 垂叶榕 > 小叶榕, 取食高山榕和黄金榕的幼虫存活率均显著高于小叶榕和垂叶榕, 差异显著 ($P < 0.05$)。蛹的存活率大小为: 高山榕、小叶榕、垂叶榕 > 黄金榕, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。这说明榕透翅毒蛾幼虫能够在4种榕树上生存和发育, 并能够正常发育到蛹期, 但黄金榕更适合榕透翅毒蛾幼虫和蛹的生长发育和种群数量的增长。这说明榕透翅毒蛾幼虫能够在4种榕树上生存



1L、2L、3L、4L、5L、6~8L 分别为 1 龄、2 龄、3 龄、4 龄、5 龄、6~8 龄幼虫; PP, 蛹; TT, 总体。同组数据不同字母表示幼虫和蛹的存活率差异显著 ($P < 0.05$)。1L, 2L, 3L, 4L, 5L, and 6~8L mean 1st instar, 2nd instar, 3rd instar, 4th instar, 5th instar and 6th~8th instar, respectively; PP, pupa; TT, total. Different lowercase letters indicate significant differences in survival rates at larval and pupal stage between different banyan species ($P < 0.05$).

图1 不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫和蛹存活率的影响

Fig. 1 Effects of banyan species on the survival rates of *P. nuda* during larval and pupal stages

和发育, 并能够正常发育到蛹期, 但黄金榕更适合榕透翅毒蛾幼虫和蛹的生长发育和种群数量的增长。

2.3 不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫体长的影响

4 种榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫体长存在差异(表 2), 2 龄幼虫体长大小为: 黄金榕 > 高山榕 > 垂叶榕 > 小叶榕, 3、4、7 和 8 龄幼虫体长大小为: 黄金榕 > 高山榕 > 小叶榕 > 垂叶榕($P < 0.05$); 5 龄幼虫体长为: 黄金榕 > 小叶榕 > 高山榕 > 垂叶榕, 且以上各龄期幼虫体长差异显著($P < 0.05$), 表明黄金榕更有助于榕透翅毒蛾的生长发育。

2.4 不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫体质量的影响

4 种榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫体质量也存在显著的差异(表 3), 2、3、4、6 和 7 龄幼虫体质量大小为: 黄金榕 > 高山榕 > 小叶榕 > 垂叶榕, 差异均显著($P < 0.05$), 而 5 龄幼虫体质量大小为: 黄金榕 > 小叶榕 > 高山榕 > 垂叶榕, 且差异显著($P < 0.05$)。同时, 研究发现取食黄金榕的榕透翅毒蛾幼虫每一龄期体质量均最大, 取食垂叶榕的最小, 表明黄金榕更适合榕透翅毒蛾的营养积累和生长发育。

2.5 取食不同榕树的榕透翅毒蛾幼虫排泄物质量差异

不同龄期幼虫排泄物鲜质量在不同榕树间存在

差异(表 4), 2 龄幼虫排泄物质量顺序为: 黄金榕、高山榕 > 小叶榕 > 垂叶榕, 差异显著($P < 0.05$); 3、4、6 和 7 龄幼虫排泄物鲜质量顺序为: 黄金榕、高山榕 > 小叶榕 > 垂叶榕, 差异显著($P < 0.05$); 5 龄幼虫排泄物鲜质量由高到低顺序为: 黄金榕 > 高山榕 > 小叶榕 > 垂叶榕, 差异显著($P < 0.05$)。幼虫期总排泄物鲜质量大小为: 小叶榕 > 高山榕 > 黄金榕 > 垂叶榕, 差异显著($P < 0.05$)。同时, 取食黄金榕的榕透翅毒蛾幼虫每一龄期排泄物鲜质量最大, 取食垂叶榕的最小, 表明榕透翅毒蛾幼虫偏好取食黄金榕, 且取食 4 种榕树的榕透翅毒蛾幼虫均能够完成发育至化蛹。

2.6 不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫头壳宽度的影响

以榕透翅毒蛾幼虫每次蜕皮作为分龄标准, 发现不同龄期的幼虫头壳宽度在不同榕树间存在差异(表 5), 1 龄幼虫头壳宽为: 高山榕 > 垂叶榕 > 小叶榕 > 黄金榕, 差异显著($P < 0.05$); 2、5、6 和 7 龄幼虫头壳宽为: 黄金榕 > 高山榕 > 小叶榕 > 垂叶榕, 差异显著($P < 0.05$); 3 和 4 龄幼虫头壳宽为: 黄金榕 > 小叶榕 > 高山榕 > 垂叶榕, 差异显著($P < 0.05$), 这表明黄金榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫生长更快。

通过线性拟合得到不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫头壳宽(y)与龄期(x)回归方程, 取食黄金榕、高

表 2 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫体长

Tab. 2 Body length of *P. nuda* at larval stages reared by different banyan species

| 发育阶段 Development stage | 体长 Body length/mm | | | | 统计分析 Statistical analysis | | |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|----------|
| | 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 高山榕 <i>F. altissima</i> | 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | <i>F</i> | <i>df</i> | <i>P</i> |
| 2龄幼虫 2nd instar larva | 4.476 ± 0.076a | 4.087 ± 0.074b | 3.580 ± 0.105c | 3.921 ± 0.128b | 16.508 | 3 | < 0.001 |
| 3龄幼虫 3rd instar larva | 5.959 ± 0.119a | 5.593 ± 0.216ab | 5.036 ± 0.312bc | 4.933 ± 0.181c | 5.261 | 3 | 0.002 |
| 4龄幼虫 4th instar larva | 9.873 ± 0.303a | 7.789 ± 0.278b | 7.467 ± 0.368b | 6.440 ± 0.223c | 19.801 | 3 | < 0.001 |
| 5龄幼虫 5th instar larva | 14.220 ± 0.531a | 9.524 ± 0.336ab | 11.120 ± 0.728ab | 8.122 ± 0.504c | 26.107 | 3 | < 0.001 |
| 6龄幼虫 6th instar larva | 21.177 ± 0.654a | 14.276 ± 0.626ab | 13.783 ± 0.729ab | 10.560 ± 0.531c | 40.018 | 3 | < 0.001 |
| 7龄幼虫 7th instar larva | 22.300 ± 1.944a | 19.536 ± 0.825ab | 17.300 ± 1.093bc | 14.850 ± 1.017c | 6.648 | 3 | 0.001 |
| 8龄幼虫 8th instar larva | | | | 18.433 ± 1.323 | | | |

表 3 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫体质量

Tab. 3 Mass of *P. nuda* at larval stages reared by different banyan species

| 发育阶段 Development stage | 体质量 Body mass/g | | | | 统计分析 Statistical analysis | | |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|----------|
| | 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 高山榕 <i>F. altissima</i> | 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | <i>F</i> | <i>df</i> | <i>P</i> |
| 2龄幼虫 2nd instar larva | 0.001 5 ± 0.000 1a | 0.001 1 ± 0.000 1b | 0.001 0 ± 0.000 1bc | 0.000 8 ± 0.000 10c | 16.521 | 3 | < 0.001 |
| 3龄幼虫 3rd instar larva | 0.005 1 ± 0.000 2a | 0.003 2 ± 0.000 2b | 0.002 6 ± 0.000 3bc | 0.002 2 ± 0.000 2c | 33.36 | 3 | < 0.001 |
| 4龄幼虫 4th instar larva | 0.016 9 ± 0.001 0a | 0.009 1 ± 0.000 6b | 0.008 9 ± 0.001 9b | 0.005 4 ± 0.000 5c | 21.877 | 3 | < 0.001 |
| 5龄幼虫 5th instar larva | 0.059 9 ± 0.004 8a | 0.023 3 ± 0.001 7b | 0.025 4 ± 0.005 2b | 0.012 2 ± 0.001 7b | 27.684 | 3 | < 0.001 |
| 6龄幼虫 6th instar larva | 0.187 6 ± 0.141 9a | 0.086 6 ± 0.007 9b | 0.064 0 ± 0.013 1bc | 0.031 2 ± 0.005 4c | 30.315 | 3 | < 0.001 |
| 7龄幼虫 7th instar larva | 0.216 9 ± 0.021 9a | 0.174 3 ± 0.016 0ab | 0.122 4 ± 0.015 5bc | 0.087 8 ± 0.015 3c | 8.198 | 3 | < 0.001 |
| 8龄幼虫 8th instar larva | | | | 0.139 9 ± 0.022 6 | | | |

表4 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫排泄物质量

Tab. 4 Fecal mass of *P. nuda* at larval stages reared by different banyan species

| 发育阶段 Development stage | 粪质量 Fecal mass/g | | | | 统计分析 Statistical analysis | | |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|----------|
| | 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 高山榕 <i>F. altissima</i> | 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | <i>F</i> | <i>df</i> | <i>P</i> |
| 2龄幼虫 2nd instar larva | 0.006 9 ± 0.000 4a | 0.006 9 ± 0.000 6a | 0.006 3 ± 0.001 1a | 0.003 2 ± 0.000 2b | 7.268 | 3 | < 0.001 |
| 3龄幼虫 3rd instar larva | 0.030 0 ± 0.002 5a | 0.016 3 ± 0.001 1b | 0.020 3 ± 0.005 2b | 0.007 0 ± 0.000 7c | 12.374 | 3 | < 0.001 |
| 4龄幼虫 4th instar larva | 0.124 9 ± 0.014 2a | 0.062 2 ± 0.005 9b | 0.069 6 ± 0.017 5b | 0.020 9 ± 0.003 7c | 10.628 | 3 | < 0.001 |
| 5龄幼虫 5th instar larva | 0.563 8 ± 0.055 6a | 0.264 2 ± 0.033 4b | 0.238 0 ± 0.073 4b | 0.062 0 ± 0.008 9c | 15.075 | 3 | < 0.001 |
| 6龄幼虫 6th instar larva | 2.231 3 ± 0.237 4a | 1.418 0 ± 0.191 3a | 1.784 4 ± 0.601 8a | 0.237 1 ± 0.055 4b | 7.335 | 3 | < 0.001 |
| 7龄幼虫 7th instar larva | 4.139 3 ± 0.368 5a | 2.922 6 ± 0.277 3a | 3.781 4 ± 0.587 9a | 0.994 7 ± 0.276 8b | 11.104 | 3 | < 0.001 |
| 8龄幼虫 8th instar larva | | | | 1.918 1 ± 0.369 8 | | | |
| 幼虫期 Larval stage | 3.504 7 ± 0.267 1b | 3.530 4 ± 0.219 7b | 5.288 9 ± 0.457 1a | 2.668 9 ± 0.263 4b | 8.401 | 3 | < 0.001 |

山榕、垂叶榕和小叶榕的幼虫头壳宽分别符合以下方程： $y = 0.004x^6 - 0.091 8x^5 + 0.819 7x^4 - 3.645 5x^3 + 8.536 9x^2 - 9.574 8x + 4.414 9 (R^2=0.969 7)$ ； $y = 0.000 8x^5 - 0.021 2x^4 + 0.181 6x^3 - 0.593 4x^2 + 0.987 4x - 0.082 2 (R^2 = 0.970 6)$ ； $y = 0.000 3x^6 - 0.009 7x^5 + 0.109 2x^4 - 0.590 3x^3 + 1.643 5x^2 - 1.986 1x + 1.304 7 (R^2 = 0.936 6)$ ； $y = 0.001 1x^6 - 0.026 7x^5 + 0.249 3x^4 - 1.170 8x^3 + 2.940 6x^2 - 3.417 7x + 1.888 6 (R^2 = 0.907 6)$ (表6)。

2.7 不同榕树对榕透翅毒蛾蛹质量的影响

取食不同榕树的榕透翅毒蛾蛹质量间存在差异(表7)，雌虫、雄虫和平均蛹质量大小为：黄金榕 > 垂叶榕 > 高山榕 > 小叶榕 ($P < 0.05$)，其中取食黄金

榕的雌虫、雄虫和平均蛹质量显著大于小叶榕 ($P < 0.05$)，取食高山榕和垂叶榕的雌虫和平均蛹质量与取食黄金榕和小叶榕间差异不显著 ($P > 0.05$)，取食垂叶榕的雄虫蛹质量显著大于小叶榕 ($P < 0.05$)，取食黄金榕的雄虫蛹质量显著大于高山榕 ($P < 0.05$)，而取食垂叶榕的雄虫蛹质量与取食黄金榕和高山榕间差异不显著 ($P > 0.05$)。表明黄金榕对榕透翅毒蛾生长发育和营养积累的作用最明显，而小叶榕对榕透翅毒蛾生长发育的作用最小。

2.8 不同榕树对榕透翅毒蛾成虫寿命、预卵期和产卵量的影响

取食不同榕树的榕透翅毒蛾成虫寿命、预卵期和产卵量存在差异(表8)，雌成虫寿命大小为：黄金

表5 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫头壳宽度

Tab. 5 Head capsule width of *P. nuda* at larval stages reared by different banyan species

| 发育阶段 Development stage | 头壳宽 Head capsule width/mm | | | | 统计分析 Statistical analysis | | |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|----------|
| | 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 高山榕 <i>F. altissima</i> | 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | <i>F</i> | <i>df</i> | <i>P</i> |
| 1龄幼虫 1st instar larva | 0.463 3 ± 0.002 4c | 0.472 9 ± 0.002 1a | 0.464 5 ± 0.002 7bc | 0.470 8 ± 0.001 9ab | 4.581 | 3 | 0.006 |
| 2龄幼虫 2nd instar larva | 0.682 4 ± 0.005 9a | 0.661 5 ± 0.004 5ab | 0.656 3 ± 0.025 9ab | 0.647 0 ± 0.129 2b | 3.236 | 3 | 0.028 |
| 3龄幼虫 3rd instar larva | 1.105 5 ± 0.017 3a | 0.925 4 ± 0.019 0c | 1.019 5 ± 0.062 6b | 0.889 0 ± 0.023 0c | 14.315 | 3 | < 0.001 |
| 4龄幼虫 4th instar larva | 1.674 7 ± 0.033 0a | 1.423 4 ± 0.027 7b | 1.443 6 ± 0.099 0b | 1.245 4 ± 0.070 8c | 13.987 | 3 | < 0.001 |
| 5龄幼虫 5th instar larva | 2.463 6 ± 0.055 5a | 2.053 6 ± 0.045 3b | 1.972 8 ± 0.119 3b | 1.583 4 ± 0.082 0c | 23.507 | 3 | < 0.001 |
| 6龄幼虫 6th instar larva | 2.797 5 ± 0.118 1a | 2.656 4 ± 0.047 9ab | 2.432 9 ± 0.113 3bc | 2.232 2 ± 0.122 8c | 5.804 | 3 | 0.003 |
| 7龄幼虫 7th instar larva | 3.270 7 ± 0.059 0a | 2.999 5 ± 0.037 7b | 2.855 7 ± 0.049 7bc | 2.739 3 ± 0.132 7c | 9.498 | 3 | < 0.001 |

表6 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾幼虫头壳宽度回归方程

Tab. 6 Regression equation and coefficient of determination of head capsule width of *P. nuda* at larval stages reared by different banyan species

| 寄主 Host | 回归方程 Regression equation | R^2 |
|--------------------------|---|---------|
| 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | $y = 0.004x^6 - 0.091 8x^5 + 0.819 7x^4 - 3.645 5x^3 + 8.536 9x^2 - 9.574 8x + 4.414 9$ | 0.969 7 |
| 高山榕 <i>F. altissima</i> | $y = 0.000 8x^5 - 0.021 2x^4 + 0.181 6x^3 - 0.593 4x^2 + 0.987 4x - 0.082 2$ | 0.970 6 |
| 小叶榕 <i>F. concinna</i> | $y = 0.001 1x^6 - 0.026 7x^5 + 0.249 3x^4 - 1.170 8x^3 + 2.940 6x^2 - 3.417 7x + 1.888 6$ | 0.907 6 |
| 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | $y = 0.000 3x^6 - 0.009 7x^5 + 0.109 2x^4 - 0.590 3x^3 + 1.643 5x^2 - 1.986 1x + 1.304 7$ | 0.936 6 |

注：x. 龄期；y. 头壳宽度。Notes: x, instar; y, head capsule width.

榕 > 小叶榕 > 垂叶榕 > 高山榕, 但差异不显著 ($P > 0.05$); 雄成虫寿命大小为: 高山榕 > 黄金榕 > 垂叶榕 > 小叶榕, 差异显著 ($P < 0.05$)。预卵期为: 垂叶榕 > 黄金榕 > 小叶榕 > 高山榕, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。而产卵量大小为: 高山榕 > 黄金榕 > 小叶榕 > 垂叶榕, 差异显著 ($P < 0.05$), 这说明不同榕树对榕透翅毒蛾雌成虫寿命和预卵期的影响较小, 但对雄成虫寿命和产卵量的影响较大。

2.9 不同榕树对榕透翅毒蛾第二代卵历期和孵化率的影响

取食不同榕树的榕透翅毒蛾第二代卵历期和孵化率存在一定的影响 (表 9), 卵期为: 高山榕 > 垂叶榕 > 黄金榕 > 小叶榕, 孵化率大小为: 黄金榕 > 高山榕 > 垂叶榕 > 小叶榕, 差异均不显著 ($P > 0.05$), 表明前代榕透翅毒蛾幼虫取食不同榕树对卵期和孵化率影响较小。

2.10 榕透翅毒蛾 5 龄幼虫取食的偏好性

对 1~4 龄幼虫设置黄金榕、高山榕、小叶榕和垂叶榕饲养, 到达 5 龄后设置 4 种榕树分别饲养

120 min, 旨在揭示取食经历对 5 龄幼虫趋势偏好性的影响, 结果表明具有黄金榕取食经历的榕透翅毒蛾 5 龄幼虫取食量和取食面积大小为: 高山榕 > 垂叶榕 > 黄金榕 > 小叶榕 ($P < 0.05$), 5 龄幼虫相对摄入指数大小为: 高山榕 > 黄金榕 > 垂叶榕 > 小叶榕 ($P < 0.05$)。同时, 经高山榕、小叶榕、垂叶榕取食经历的榕透翅毒蛾 5 龄幼虫取食量、相对摄入指数、取食面积间差异不显著 ($P > 0.05$) (表 10~表 12)。这说明有黄金榕取食经历的榕透翅毒蛾 5 龄幼虫在 4 种榕树中更偏爱于高山榕, 而高山榕、小叶榕、垂叶榕的取食经历对 5 龄幼虫的寄主选择性影响较小。

3 讨论

对于广食性昆虫而言, 取食不同的寄主植物直接影响昆虫的生长发育进度^[18]。取食小麦的草地贪夜蛾的幼虫生长发育速度较取食玉米的快^[2], 柑橘木虱 (*Diaphorina citri*) 在柚 (*Citrus maxima*)、酸橘 (*Citrus aurantium*)、黄皮 (*Clausena lansium*)、九里

表 7 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾蛹的质量

Tab. 7 Pupal mass of *P. nuda* at larval stages reared by different banyan species

| 性别 Sex | 蛹质量 Pupal mass/g | | | | 统计分析 Statistical analysis | | |
|----------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|----|----------|
| | 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 高山榕 <i>F. altissima</i> | 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | <i>F</i> | df | <i>P</i> |
| 雌虫 Female worm | 0.254 0 ± 0.015 9a | 0.230 9 ± 0.012 1ab | 0.207 3 ± 0.008 1b | 0.232 1 ± 0.018 6ab | 2.489 | 3 | 0.076 |
| 雄虫 Male worm | 0.157 1 ± 0.005 4a | 0.138 4 ± 0.005 8bc | 0.130 6 ± 0.003 5c | 0.152 2 ± 0.003 3ab | 5.360 | 3 | 0.004 |
| 总体 Total | 0.219 4 ± 0.016 4a | 0.184 7 ± 0.012 0ab | 0.161 8 ± 0.007 8b | 0.195 8 ± 0.016 0ab | 4.262 | 3 | 0.008 |

表 8 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾成虫寿命、预卵期和产卵量

Tab. 8 Adult longevity, pre-ovulation period and egg production of *P. nuda* reared by different banyan species

| 寄主 Host | 雌虫寿命 | 雄虫寿命 | 预卵期 | 产卵量 |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Female worm longevity/d | Male worm longevity/d | Pre-ovulation period/d | Egg production |
| 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 11.13 ± 0.99a | 8.83 ± 1.05ab | 3.87 ± 0.46a | 182.13 ± 18.22ab |
| 高山榕 <i>F. altissima</i> | 9.54 ± 0.42a | 10.07 ± 0.41a | 3.21 ± 0.47a | 226.14 ± 30.05a |
| 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 9.71 ± 0.68a | 7.20 ± 0.58b | 3.80 ± 1.02a | 107.43 ± 32.94bc |
| 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | 9.60 ± 0.60a | 8.25 ± 0.63ab | 4.50 ± 0.50a | 85.00 ± 40.52c |
| 统计分析 Statistical analysis | $F = 0.972, P = 0.416$ | $F = 3.823, P = 0.022$ | $F = 0.664, P = 0.580$ | $F = 4.326, P = 0.010$ |

注: 同一列数据不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。同表 9~12。Notes: different lowercase letters in the same column of data indicate significant differences ($P < 0.05$). Same as Tab. 9~12.

表 9 不同榕树饲养的榕透翅毒蛾第二代卵历期和孵化率

Tab. 9 Incubation period and hatching rate of the second generation of *P. nuda* reared by different banyan species

| 寄主 Host | 卵历期 Incubation period/d | 孵化率 Hatching rate/% |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 8.40 ± 0.245a | 60.358 0 ± 5.982a |
| 高山榕 <i>F. altissima</i> | 9.17 ± 0.477a | 59.643 3 ± 8.104a |
| 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 8.33 ± 0.333a | 49.786 7 ± 16.300a |
| 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | 8.80 ± 0.374a | 51.605 0 ± 15.942a |
| 统计分析 Statistical analysis | $F = 0.950, P = 0.442$ | $F = 0.442, P = 0.872$ |

表 10 取食经历对榕透翅毒蛾 5 龄幼虫不同寄主 120 min 取食量的影响

Tab. 10 Effects of feeding experience on 120 min feeding intake of the 5th instar larvae of *P. nuda* g

| 5龄幼虫取食寄主 5th instar larval feeding host | 1~4龄取食黄金榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. microcarpa</i> | 1~4龄取食高山榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. altissima</i> | 1~4龄取食小叶榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. concinna</i> | 1~4龄取食垂叶榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. benjamina</i> | 总体 Total |
|---|--|---|--|---|--------------------|
| 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 0.004 2 ± 0.001 9b | 0.005 1 ± 0.002 9a | 0.002 7 ± 0.000 7a | 0.011 8 ± 0.005 6a | 0.005 9 ± 0.001 7a |
| 高山榕 <i>F. altissima</i> | 0.019 6 ± 0.001 5a | 0.006 4 ± 0.002 2a | 0.002 3 ± 0.001 2a | 0.003 4 ± 0.001 0a | 0.008 4 ± 0.001 9a |
| 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 0.004 1 ± 0.002 1b | 0.005 1 ± 0.001 7a | 0.008 2 ± 0.002 8a | 0.010 9 ± 0.000 2a | 0.006 5 ± 0.001 1a |
| 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | 0.009 6 ± 0.005 3b | 0.000 9 ± 0.000 5a | 0.003 7 ± 0.002 6a | 0.008 5 ± 0.000 8a | 0.006 0 ± 0.001 3a |
| <i>P</i> | < 0.001 | 0.422 | 0.170 | 0.368 | 0.629 |

表 11 取食经历对榕透翅毒蛾 5 龄幼虫 120 min 相对摄入指数的影响

Tab. 11 Effects of feeding experience on the 120 min relative ingestion index of the 5th instar larvae of *P. nuda*

| 5龄幼虫取食寄主 5th instar larval feeding host | 1~4龄取食黄金榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. microcarpa</i> | 1~4龄取食高山榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. altissima</i> | 1~4龄取食小叶榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. concinna</i> | 1~4龄取食垂叶榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. benjamina</i> | 总体 Total |
|---|--|---|--|---|--------------------|
| 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 0.103 8 ± 0.019 2b | 0.094 0 ± 0.040 3a | 0.109 8 ± 0.022 2a | 0.180 7 ± 0.123 9a | 0.122 1 ± 0.031 1a |
| 高山榕 <i>F. altissima</i> | 0.169 8 ± 0.015 0a | 0.123 3 ± 0.022 5a | 0.107 5 ± 0.038 3a | 0.084 0 ± 0.017 6a | 0.125 3 ± 0.014 3a |
| 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 0.065 8 ± 0.014 4b | 0.161 9 ± 0.029 5a | 0.103 0 ± 0.034 6a | 0.059 4 ± 0.016 4a | 0.101 7 ± 0.015 8a |
| 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | 0.101 4 ± 0.012 5b | 0.090 5 ± 0.038 2a | 0.126 0 ± 0.033 7a | 0.055 6 ± 0.009 3a | 0.093 6 ± 0.013 0a |
| <i>P</i> | 0.002 | 0.386 | 0.968 | 0.574 | 0.614 |

表 12 取食经历对榕透翅毒蛾 5 龄幼虫 120 min 取食面积的影响

Tab. 12 Effects of feeding experience on the 120 min feeding area of the 5th instar larvae of *P. nuda* cm²

| 5龄幼虫取食寄主 5th instar larval feeding host | 1~4龄取食黄金榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. microcarpa</i> | 1~4龄取食高山榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. altissima</i> | 1~4龄取食小叶榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. concinna</i> | 1~4龄取食垂叶榕幼虫 1st to 4th instar larva reared by <i>F. benjamina</i> | 总体 Total |
|---|--|---|--|---|--------------------|
| 黄金榕 <i>F. microcarpa</i> | 0.470 8 ± 0.057 3b | 0.237 9 ± 0.096 0a | 0.182 1 ± 0.065 5a | 0.045 4 ± 0.004 1a | 0.234 1 ± 0.049 1a |
| 高山榕 <i>F. altissima</i> | 0.949 3 ± 0.092 0a | 0.181 1 ± 0.046 9a | 0.133 9 ± 0.027 7a | 0.032 1 ± 0.004 3a | 0.356 5 ± 0.094 0a |
| 小叶榕 <i>F. concinna</i> | 0.407 9 ± 0.111 4b | 0.132 8 ± 0.041 0a | 0.176 4 ± 0.056 8a | 0.073 6 ± 0.026 9a | 0.213 5 ± 0.047 4a |
| 垂叶榕 <i>F. benjamina</i> | 0.926 1 ± 0.143 4a | 0.195 7 ± 0.066 0a | 0.196 9 ± 0.095 3a | 0.067 5 ± 0.020 6a | 0.356 6 ± 0.102 3a |
| <i>P</i> | 0.003 | 0.683 | 0.891 | 0.347 | 0.397 |

香(*Murraya exotica*)、砂糖橘(*Citrus tachibana*) 5 种植物上发育历期、幼虫成活率、成虫寿命、雌雄性比等均有显著差异^[19], 天仙果(*Ficus erecta*)、拐枣(*Hovenia acerba*)等 5 种寄主植物对乌柏黄毒蛾(*Euproctis bipunctapex*)幼虫的取食量、幼虫历期、存活率、繁殖力均有明显的影响^[20]。本研究发现不同榕树对榕透翅毒蛾幼虫生长发育、发育历期、体质量、存活率、寿命、繁殖等存在显著的影响, 取食黄金榕的幼虫发育历期最短, 幼虫各龄期体长、体质量和排泄物质量最大, 2~7 龄幼虫头壳宽度也最大; 取食高山榕的榕透翅毒蛾幼虫存活率最高, 黄金榕

其次, 且均显著高于垂叶榕和小叶榕; 取食黄金榕的不同性别榕透翅毒蛾平均蛹质量最大, 雌性成虫寿命最长, 而取食高山榕的榕透翅毒蛾雄性成虫寿命最长、雌虫产卵量最多, 黄金榕次之; 取食黄金榕的榕透翅毒蛾卵孵化率最高, 高山榕次之; 有黄金榕取食经历的 5 龄幼虫更偏爱取食高山榕, 而高山榕、小叶榕和垂叶榕的取食经历对 5 龄幼虫的取食偏好性没有显著影响, 这可能与榕透翅毒蛾幼虫不同龄期对营养的需求、代谢水平等的需要差异有关。

在不同环境条件下鳞翅目昆虫幼虫的龄级数时常发生变化, 其中温度、湿度、光周期、食料品质和

数量、饲养密度、物理状态、遗传和性别均影响幼虫的龄数^[21-23]。椰子木蛾(*Opisina arenosella*)在林间分为5龄,在实验室条件下最高可达8龄^[24-25];美洲棉铃虫(*Heliothis zea*)幼虫的龄数受食料的显著影响^[26]。本研究发现榕透翅毒蛾幼虫在温度(24±1)℃,湿度40%条件下生长发育,不同榕树饲养的幼虫间龄期有一定差异,以垂叶榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫可以发育到8龄化蛹,而黄金榕则发育至5~7龄即可化蛹,完成幼虫生活史,但这仅存在幼虫龄数的差异,而对蛹的发育和历期没有显著性影响,这说明不同榕树对榕透翅毒蛾的发育的影响集中于幼虫阶段。

温度和食物等差异会直接或间接影响幼虫的个体大小,取食营养丰富的食物虫体通常较大^[27-28]。幼虫的生长发育常用体长、体质量、排泄物鲜质量、头壳宽、蛹质量、存活率等指标衡量,在本研究中榕透翅毒蛾幼虫在相同温湿度条件下,采用不同榕树饲养,表现出体质量、体长、排泄物鲜质量和头壳宽度,以及蛹质量上的差异与不同榕树营养成分及榕透翅毒蛾幼虫对不同榕树的选择性和营养利用率的差异需要进一步探究。另一方面,本研究发现黄金榕饲养的榕透翅毒蛾幼虫每一龄期的体长、体质量、排泄物鲜质量和存活率均大于高山榕、垂叶榕和小叶榕,这也表现在2~7龄幼虫头壳宽度和蛹的质量上,这与许多取食不同寄主对昆虫生长发育的影响存在一定差异的规律相一致,比如草地贪夜蛾取食马唐(*Digitaria sanguinalis*)时体质量、产卵量和蛹质量均显著高于以其他杂草^[29],取食玉米不同组织和人工饲料的亚洲玉米螟幼虫体质量和体长增加倍数大小为:心叶>籽粒>秸秆>人工饲料>穗轴>苞叶^[30]。取食1年生油松针叶的油松毛虫(*Dendrolimus punctatus*)数量最多、死亡率最低,显著大于取食2年生和3年生油松针叶的幼虫,油松毛虫对1年生油松针叶具有明显的产卵和取食偏嗜行为^[31]。从榕透翅毒蛾幼虫期排泄物鲜质量来看,以黄金榕、高山榕、垂叶榕饲养的榕透翅毒蛾间无显著性差异,但均显著低于小叶榕,这也使得取食黄金榕和高山榕的榕透翅毒蛾幼虫,幼虫期仅需要较少的龄期(6~7龄)就可完成营养需求积累达到化蛹状态,这是否与榕透翅毒蛾幼虫体内的消化酶、解毒酶和保护酶的代谢与活性,生长发育相关的基因表达,以及4种榕树叶片的营养和次生代谢物质等存在密切的关系同样需要进一步研究。

目前关于幼虫取食经历对成虫的影响存在两种理论,一是“霍普金斯寄主选择原理”:对于内翅类昆虫,在幼虫期的经历可以经过蛹期变态将信息保留

至成虫,对成虫的各种行为造成影响。二是成虫以往的经历对成虫行为没有直接影响,而幼虫期经历仍有一定的影响。在幼虫期和成虫期取食黄瓜的美洲斑潜蝇(*Liriomyza sativae*)雌成虫寿命和生殖力均明显小于四季豆(*Phaseolus vulgaris*)和长豇豆(*Vigna unguiculata* sp. *sesquipedalis*)^[32];幼虫期取食韭菜的异迟眼蕈蚊(*Bradysia difformis*)雌虫单雌产卵量显著高于取食大葱(*Allium fistulosum*)、蒜(*Allium sativum*)茎、蒜瓣和百合(*Lilium brownii* var. *viridulum*)的雌虫^[33]。在本研究中榕透翅毒蛾幼虫取食黄金榕的雌成虫寿命最长,幼虫取食高山榕的雄成虫寿命最长、雌成虫预卵期最短、单雌产卵量最多,这也从另一个侧面表明榕透翅毒蛾幼虫期取食黄金榕和高山榕更有利于提高繁殖力和种群的繁衍。

综上所述,黄金榕和高山榕更适合榕透翅毒蛾的生长发育和繁殖,是否与黄金榕、高山榕中含有更适合榕透翅毒蛾生长发育的营养物质,而小叶榕和垂叶榕中的某些物质不利于榕透翅毒蛾的生长发育有关还需要进一步研究。同时,本研究结果对全面了解榕透翅毒蛾的发生规律、寄主选择性和适应性具有重要的价值,也对在我国南方城市绿化抗性树种的选择具有重要的指导意义。

参 考 文 献

- [1] Wakamura S, Arakaki N, Yamazawa H, et al. Identification of epoxyhenicosadiene and novel diepoxy derivatives as sex pheromone components of the clear-winged tussock moth *Perina nuda*[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2002, 28(3): 449-467.
- [2] 吕亮, 李雨晴, 陈从良, 等. 草地贪夜蛾幼虫在玉米和小麦上的取食和生长发育特性比较[J]. *昆虫学报*, 2020, 63(5): 597-603. Lü L, Li Y Q, Chen C L, et al. Comparison of the feeding and growth characteristics of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), on corn and wheat[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2020, 63(5): 597-603.
- [3] Cunningham J P. Can mechanism help explain insect host choice?[J]. *Journal of Evolutionary Biology*, 2012, 25(2): 244-251.
- [4] 吴正伟, 师沛琼, 曾永辉, 等. 3种寄主植物饲养的草地贪夜蛾种群生命表[J]. *植物保护*, 2019, 45(6): 59-64. Wu Z W, Shi P Q, Zeng Y H, et al. Population life tables of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on three host plants[J]. *Plant Protection*, 2019, 45(6): 59-64.
- [5] 魏鑫, 陈日翌. 寄主植物对亚洲玉米螟生长发育及雄蛾保护酶活性的影响[J]. *应用昆虫学报*, 2020, 57(2): 355-362. Wei X, Chen R Z. Effects of host plants on the development and protective enzyme activity of *Ostrinia furnacalis*[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2020, 57(2): 355-362.
- [6] 李传明, 韩光杰, 杨亚军, 等. 稻纵卷叶螟对不同植物的产卵趋性与取食选择[J]. *中国水稻科学*, 2017, 31(3): 315-319. Li C M, Han G J, Yang Y J, et al. Oviposition and feeding

- preference of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) for four different plants[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2017, 31(3): 315–319.
- [7] 郑雅楠, 时勇, 李洋, 等. 云杉花墨天牛 (*Monochamus saltuarius*) 成虫对四种寄主松树的取食偏好性[J]. 昆虫学报, 2021, 64(12): 1478–1482.
- Zheng Y N, Shi Y, Li Y, et al. Feeding preference of *Monochamus saltuarius* (Coleoptera: Cerambycidae) adults for four host pine trees[J]. Acta Entomologica Sinica, 2021, 64(12): 1478–1482.
- [8] 林淑玲, 赵南先, 陈贻竹, 等. 榕树 (*Ficus*) 在中国的分布及其在协同进化研究上的意义[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4278–4288.
- Lin S L, Zhao N X, Chen Y Z, et al. Distribution of figs (*Ficus*) in China and its significance in the issues for interspecific co-evolution[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(10): 4278–4288.
- [9] 戴叶辉, 王琳, 邢福武, 等. 13种榕属植物的叶片结构及其对环境的适应性[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2012, 25(4): 5–13.
- Dai Y H, Wang L, Xing F W, et al. Research on leaf anatomical structures of 13 *Ficus* plants and their adaptabilities to environment[J]. Journal of Zhongkai University of Agriculture and Engineering, 2012, 25(4): 5–13.
- [10] 郑殊红. 榕树和天竺桂落叶剂研究与应用[D]. 福州: 福建农林大学, 2019.
- Zheng S H. Study and application of deciduous agent of *Ficus microcarpa* and *Cinnamomum japonicum*[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2019.
- [11] 高林晓, 邓晓霞, 石慧丽, 等. Box-Behnken 模型优化榕树须多酚提取工艺及抗氧化活性[J]. 化学试剂, 2021, 43(9): 1268–1274.
- Gao L X, Deng X X, Shi H L, et al. Optimization of extraction technology and antioxidant activity of polyphenols from radix aerie *Ficus microcarpa* by Box-Behnken Model[J]. Chemical Reagents, 2021, 43(9): 1268–1274.
- [12] 丁天宇, 侯小涛, 陈贻威, 等. 榕树化学成分与质量控制研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(6): 254–258.
- Ding T Y, Hou X T, Chen Y W, et al. Research progress of chemical composition and quality control of *Ficus microcarpa* [J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2020, 38(6): 254–258.
- [13] 石志棉, 马晓纯, 姬璇, 等. 小叶榕与印度橡胶榕气生根的比较鉴别研究[J]. 广州中医药大学学报, 2017, 34(6): 913–918.
- Shi Z M, Ma X C, Ji X, et al. Identification of aerial roots of *Ficus microcarpa* Linn. f. and *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem. [J]. Journal of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, 2017, 34(6): 913–918.
- [14] 陈根富. 福州榕树害虫发生规律及生活习性的考察[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 1989, 8(4): 86–89.
- Chen G F. Investigations on banian pests in Fuzhou[J]. Journal of Fujian Teachers University (Natural Science), 1989, 8(4): 86–89.
- [15] 曾丽琼, 何学友, 潘爱芳, 等. 福州市榕透翅毒蛾生物学特性的研究[J]. 浙江林业科技, 2019, 39(1): 49–54.
- Zeng L Q, He X Y, Pan A F, et al. Biological properties of *Perina nuda* in Fuzhou[J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2019, 39(1): 49–54.
- [16] Midega C A O, Khan Z R, Pickett J A, et al. Host plant selection behaviour of *Chilo partellus* and its implication for effectiveness of a trap crop[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2011, 138(1): 40–47.
- [17] Newman K, You M, Vasseur L. Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) exhibits oviposition and larval feeding preferences among crops, wild plants, and ornamentals as host plants[J]. Journal of Economic Entomology, 2016, 109(2): 644–648.
- [18] 尹姣. 草地螟的寄主植物选择对其种群增长的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2001.
- Yin J. The population growth of meadow moth, *Loxostege sticticalis*, as affected by host plant preference[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2001.
- [19] 任素丽, 欧达, 张利荷, 等. 不同寄主植物对柑橘木虱发育和繁殖的影响[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55(4): 602–607.
- Ren S L, Ou D, Zhang L H, et al. Effects of different host plants on the development and reproduction of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri*[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2018, 55(4): 602–607.
- [20] 苏超, 景军, 王猛猛, 等. 寄主植物对乌柏黄毒蛾取食量及生长发育的影响[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(3): 686–693.
- Su C, Jing J, Wang M M, et al. Effects of host plants on food consumption and development of *Euproctis bipunctapex* (Hampson) (Lepidoptera, Lymantriidae)[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2015, 52(3): 686–693.
- [21] Mo H, Jang K B, Park J, et al. Interactive effect of diet and temperature on instar numbers in *Spodoptera litura*, with reference to head capsule width and weight[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2013, 16(4): 521–525.
- [22] Delbac L, Lecharpentier P, Thiery D. Larval instars determination for the European grapevine moth (Lepidoptera: Tortricidae) based on the frequency distribution of head-capsule widths[J]. Crop Protection, 2010, 29(6): 623–630.
- [23] Esperk T, Tammaru T, Nylin S. Intraspecific variability in number of larval instars in insects[J]. Journal of Economic Entomology, 2007, 100(3): 627–645.
- [24] Perera P A C R, Hassell M P, Godfray H C J. Population dynamics of the coconut caterpillar, *Opisina arenosella* Walker (Lepidoptera: Xyloryctidae), in Sri Lanka[J]. Bulletin of Entomological Research, 1988, 78(3): 479–492.
- [25] 杨崇慧, 阎伟, 李朝绪, 等. 椰子木蛾幼虫龄期的划分[J]. 植物保护, 2015, 41(2): 70–74.
- Yang C H, Yan W, Li C X, et al. Division of larval instars of the coconut black-headed caterpillar, *Opisina arenosella*[J]. Plant Protection, 2015, 41(2): 70–74.
- [26] Gaines J C, Campbell F L. Dyar's rule as related to the number of instars of the corn ear worm, *Heliothis obsoleta* (Fab.), collected in the field[J]. Annals of the Entomological Society of America, 1935, 28(4): 445–461.

- [27] Stillwell R C, Fox C W. Environmental effects on sexual size dimorphism of a seed-feeding beetle[J]. *Oecologia*, 2007, 153(2): 273–280.
- [28] 尹皎, 曹雅忠, 罗礼智, 等. 寄主植物对草地螟种群增长的影响[J]. *植物保护学报*, 2004, 31(2): 173–178.
Yin J, Cao Y Z, Luo L Z, et al. Effects of host plants on population increase of meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. [J]. *Journal of Plant Protection*, 2004, 31(2): 173–178.
- [29] 房敏, 姚领, 唐庆峰, 等. 草地贪夜蛾对主要杂草的取食适应性[J]. *植物保护学报*, 2020, 47(5): 1055–1061.
Fang M, Yao L, Tang Q F, et al. Feeding adaptability of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to several weeds[J]. *Journal of Plant Protection*, 2020, 47(5): 1055–1061.
- [30] 韩英歌, 陈斌, 严乃胜, 等. 玉米不同组织对亚洲玉米螟幼虫寄主适合度的影响研究[J]. *云南农业大学学报*, 2014, 29(6): 815–821.
Han Y G, Chen B, Yan N S, et al. Study on the effect of different tissues of maize on the host fitness of *Ostrinia furnacalis* (Guenée)[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2014, 29(6): 815–821.
- [31] 侯世星, 王鸿斌, 李国宏, 等. 油松毛虫产卵、取食偏嗜行为及油松针叶内含物测定[J]. *林业科学研究*, 2018, 31(2): 126–132.
Hou S X, Wang H B, Li G H, et al. Feeding and oviposition preferences of pine caterpillar and inclusions of Chinese pine needles[J]. *Forest Research*, 2018, 31(2): 126–132.
- [32] 庞保平, 鲍祖胜, 周晓榕, 等. 取食经历对美洲斑潜蝇雌成虫寿命及生殖力的影响[J]. *昆虫知识*, 2004(2): 150–152.
Pang B P, Bao Z S, Zhou X R, et al. Influence of feeding experience on the longevity and fecundity of *Liriomyza sativae* female adults[J]. *Entomological Knowledge*, 2004(2): 150–152.
- [33] 苟玉萍, 刘倩, 刘长仲. 不同寄主植物对异迟眼蕈蚊生长发育和繁殖的影响[J]. *植物保护*, 2015, 41(1): 28–32.
Gou Y P, Liu Q, Liu C Z. Effects of host plants on the growth, development and fecundity of *Bradysia difformis* [J]. *Plant Protection*, 2015, 41(1): 28–32.

(责任编辑 范娟
责任编辑委 张真)