

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.04.4

扶桑绵粉蚧若虫对不同蔬菜寄主的选择性与适生性

马彩亮^{1,2}, 王冬生^{1*}, 滕海媛¹, 袁永达¹, 张天澍¹, 常晓丽¹

(1. 上海市农业科学院生态环境保护研究所, 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201403;

2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 测定了扶桑绵粉蚧 2 龄若虫对 11 科 24 种蔬菜的取食选择性。结果显示, 在 8 种绿叶类蔬菜中, 扶桑绵粉蚧对旋花科的空心菜具有较强的取食选择性; 在 8 种果实类蔬菜中, 扶桑绵粉蚧喜欢取食葫芦科的南瓜; 在 8 种根茎类蔬菜中, 扶桑绵粉蚧喜欢取食茄科的马铃薯和天南星科的芋艿。在 11 科蔬菜中, 扶桑绵粉蚧比较嗜好茄科、葫芦科、旋花科、菊科、天南星科等科的蔬菜。24 种蔬菜上, 扶桑绵粉蚧的瞬时增长率 r_i 均大于 0, 表明 24 种蔬菜均能满足扶桑绵粉蚧生长发育和种群增长的需要。综合比较扶桑绵粉蚧对寄主的选择性、种群建立率和瞬时增长率, 认为扶桑绵粉蚧在马铃薯、南瓜、空心菜、生菜、芋艿、苋菜等蔬菜上的适生性较高, 在大豆、豇豆、木耳菜等蔬菜上的适生性较低。

关键词: 扶桑绵粉蚧; 取食选择性; 种群建立率; 瞬时增长率; 适生性

中图分类号: Q968.1; S433

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 04-0690-08

Feeding preference and host fitness of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley larvae for different host vegetables

MA Cai-Liang^{1,2}, WANG Dong-Sheng^{1*}, TENG Hai-Yuan¹, YUAN Yong-Da¹, ZHANG Tian-Shu¹, CHANG Xiao-Li¹ (1. Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural, Institute of Eco-environment and Plant Protection, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Host preference of an invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis*, to 24 vegetables which belong to 11 families were conducted in a laboratory condition. The results showed that *P. solenopsis* preferred to eat water spinach (Convolvulaceae) of 8 green leafy vegetables; All of 8 fruit vegetables, the cotton mealybug preferred to feed on pumpkin (Cucurbitaceae); In root vegetables choice test, it preferred to feed on potato (Solanaceae) and taro (Araceae) of the 8 vegetables. The choice test showed that the cotton mealybug used to like the vegetables in Solanaceae, Cucurbitaceae, Convolvulaceae, Asteraceae and Araceae. The instantaneous rates of increase of *P. solenopsis* on 24 vegetables are greater than zero which indicate that all of the vegetables tested can meet the need of the growth and development of the mealybug. The host fitness of the cotton mealybug on potato, pumpkin, water spinach, lettuce, taro, amaranth and other vegetables is better, while they are poorer on soybean, cowpea, gynura cusimbua and other vegetables.

Key words: *Phenacoccus solenopsis* Tinsley; feeding preference; population establishment rates; instantaneous rates of increase; host fitness

基金项目: 沪农科攻字 (2012) 第 2-10 号

作者简介: 马彩亮, 女, 1988 年生, 河南平顶山人, 硕士研究生, 研究方向为植物抗性与害虫防治, E-mail: cailiangma2013@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zb3@saas.sh.cn

收稿日期 Received: 2016-06-12; 接受日期 Accepted: 2016-07-16

植物是植食性昆虫生命活动中不可或缺的。植食性昆虫与寄主植物的关系是一个重要的生物学问题, 植食性昆虫从寄主植物获取营养物质和能量等生存条件的同时, 还对寄主植物存在选择性 (钦俊德和王琛柱, 2001)。昆虫对寄主植物的选择机制已有大量的研究, 寄主植物的营养物质、气味、天敌因素、选择压力等均可能影响植食性昆虫对寄主植物的选择 (Berdegue, 1996)。明确昆虫对寄主植物的取食选择性, 对研究害虫对寄主植物的选择行为及其与寄主植物的协同进化机制具有重要的意义。

我国是世界上最大的蔬菜生产国和消费国, 常年生产的蔬菜有 14 大类 150 多个品种 (张友军等, 2011)。蔬菜生产对于丰富人民生活起到了积极作用。但在蔬菜生产中, 受到各种有害生物的危害, 引起明显的产量损失, 甚至绝收 (赵胜荣等, 2005; 张友军等, 2011; 袁永达等, 2013)。危害蔬菜的有害生物很多, 据不完全统计, 仅上海发生在蔬菜上的病虫害种类就有 500 多种 (李惠明等, 2012)。近年来发现扶桑绵粉蚧危害蔬菜 (李月红等, 2011; 司升云等, 2013), 在不同蔬菜上有不同的适生性。扶桑绵粉蚧已成为我国蔬菜上一种新的害虫。

扶桑绵粉蚧作为一种新的入侵种, 2008 年首次传入我国大陆 (武三安和张润志, 2009)。截至 2012 年, 扶桑绵粉蚧已扩散至中国 13 个省区, 对我国农业生产的现实危害和潜在威胁巨大 (王伟兰, 2014)。2012 年在武汉发现扶桑绵粉蚧危害水芹, 导致水芹植株枯黄、萎蔫, 并发生严重的煤污病 (雷小涛等, 2013)。扶桑绵粉蚧传播方式多样, 主要有 4 种: 自然环境促成的传播、人为传播、机械传播、主动传播 (吴定发等, 2011)。该虫除了借助机械工具等媒介、自然的生物因子和非生物因子、农业生产活动和科学研究等途径进行传播外, 扶桑绵粉蚧自身可通过爬动在田间传播, 并不断扩大其危害范围, 给农业生产造成严重的损失。国内研究发现, 扶桑绵粉蚧在中国适宜寄生的植物达 56 科 166 种 (汪金蓉等, 2015)。虽然扶桑绵粉蚧的寄主植物范围广泛, 但其在每种寄主植物上的适生性及发生危害情况不尽相同, 国内更缺乏其对蔬菜的取食选择性和在不同蔬菜上的适应性的研究。本文选取 24 种蔬菜, 初步研究了扶桑绵粉蚧对茄科、十字花科、葫芦科、旋花科、天南星科等 11 科植物的取食偏好性和适生

性, 以期分析该害虫对我国蔬菜生产的潜在危害及综合防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2014 年 6 月采集扶桑绵粉蚧于上海市农业科学研究院庄行综合试验站蔬菜连栋大棚番茄植株上。通过线粒体基因 COI 测定与分析, 确定样本为扶桑绵粉蚧。在温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH $60\% \pm 5\%$ 、光周期 L:D = 14:10 和光照强度 3500 lx 的人工气候室中, 以大花马齿苋和马铃薯为食物进行保种和继代饲养至今。

1.2 供试植物

供试蔬菜: 茄科 Solanaceae: 茄子 *Solanum melongena* L. 沪茄二号杂交种、番茄 *Lycopersicon esculentum* 申粉 8 号、辣椒 *Capsicum annuum* 申椒一号杂交种、马铃薯 *Solanum tuberosum* L. 荷兰十五; 葫芦科 Cucurbitaceae: 黄瓜 *Cucumis sativus* Linn 春秋王、南瓜 *Cucurbita moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poiret 上引牌锦绣、冬瓜 *Benincasa hispida* 广东黑皮冬瓜精选 318; 十字花科 Brassicaceae: 小白菜 *Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* Makino (var. *communis* Tsen et Lee) 日本小宝超迷你白菜、甘蓝 *Brassica oleracea* L. 早夏 16 甘蓝杂交种、上海青菜 *Brassica chinensis* 新矮青; 豆科 Leguminosae: 大豆 *Glycine max* 细八月白、豇豆 *Vigna unguiculata* 万邦牌万宝; 百合科 Liliaceae: 香葱 *Allium ascalonicum* 四季小香葱、韭菜 *Allium tuberosum* Rottl. ex Spreng. 多抗富韭六号、大蒜 *Allium sativum* L.; 旋花科 Convolvulaceae: 空心菜 *Ipomoea aquatica* 上海海蔬竹、紫薯 *Solanum tuberosum* 紫薯三号; 菊科 Asteraceae: 生菜 *Laotuca sativa* L. var. *ramosa* Hort TI-668、莴苣 *Lactuca sativa* 上海尖叶、木耳菜 *Gynura cusimbua* 藤菜 818; 伞形科 Umbelliferae: 胡萝卜 *Daucus carota* 南京绿领七寸申; 苋科 Amaranthaceae: 苋菜 *Amaranthus tricolor* 海蔬红叶苋菜; 藜科 Chenopodiaceae: 菠菜 *Spinacia oleracea* L. 联合一号; 天南星科 Araceae: 芋艿 *Colocasia esculenta* (L.) Schoot. 除芋艿、大蒜营养繁殖的蔬菜购买自超市外, 其他蔬菜种子均购自上海市农业科学院设施园艺研究所。

蔬菜种植于温室中, 先用育苗盘育苗, 然后移到直径为 10 cm、高度为 12 cm 的塑料盆中。每

种蔬菜种植 10 盆, 绿叶类蔬菜每盆种植 7–8 株, 果实类蔬菜每盆 1 株, 根茎类蔬菜每盆 4 株。绿叶类蔬菜和果实类蔬菜各 8 种, 于 7 月上旬育苗, 7 月下旬移栽, 8 月下旬进行试验。根茎类蔬菜共 8 种, 于 9 月开始种植, 10 月下旬进行试验。

1.3 试验方法

采用笼罩法在温度 $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $75\% \pm 5\%$ 、光照强度 5000 lx, 光照周期 L:D = 14:10 的环境中进行。每个笼子 (120 cm × 90 cm × 90 cm, 120 目) 中放入 8 种绿叶类蔬菜各 1 盆, 摆成一个圆形, 在圆心处接入扶桑绵粉蚧 2 龄若虫 100 头, 使每一盆蔬菜到虫源处距离相等。试验时选 5–7 片叶的植物, 摘除下部叶片, 使每株所留叶片的面积大致相同。所留叶片均用蒸馏水洗涤。接虫后紧闭两个笼门, 以防止扶桑绵粉蚧逃逸。24 h 检查各试验蔬菜上 2 龄若虫的数量, 然后将它们分笼饲养。10 d 后和 30 d 后分别检查记录各试验蔬菜扶桑绵粉蚧各虫态的数量和试验蔬菜的被害程度。根据被害状况, 危害程度分 3 级:

+++ 表示重度受害, 5 枝 (张叶片) 以上虫口高度密集, 甚至老枝和主茎上也不能避免;

++ 表示中度受害, 3–5 枝 (张叶片) 上虫口中度密集, 或有老枝和主茎上零星分布;

+ 表示轻度受害, 3 枝 (张叶片) 以下虫口呈零星分布。

试验分组进行, 绿叶类蔬菜 1 组, 果实类蔬菜 1 组, 根茎类蔬菜 1 组。每组试验重复 9 次。

1.4 数据处理

计算各蔬菜上的若虫数量占总若虫数量的百分率 (以下简称“若虫百分率”) 及扶桑绵粉蚧种群建立率 (the establishment rate) 和瞬时增长率 (the instantaneous rate of increase, r_i)。种群建立率 $= N_t/N_0 \times 100\%$, 其中 N_0 为 24 h 植物上的虫量, N_t 为 10 d 调查虫量, $t = 10$; 瞬时增长率 $r_i = \ln(N_t/N_0)/t$ (Stark *et al.*, 1997), N_t 为 30 d 调查的虫量, $t = 30$ 。 r_i ($r < 0$ 表示种群下降; $r = 0$ 表示种群稳定; $r > 0$ 表示种群增长) 越高, 说明适生性越高。最后用 SPSS 18.0 对各蔬菜上的若虫百分率及种群瞬时增长率进行单因素方差分析和多重比较 (Duncan 法)。

2 结果与分析

2.1 2 龄若虫对 8 种绿叶类蔬菜的选择性

供试的 8 种绿叶类蔬菜中旋花科的空心菜上扶桑绵粉蚧 2 龄若虫数量最多, 占总数的 56.33%, 显著高于其他 7 种绿叶类蔬菜 ($F_{7,64} = 141.53$, $P < 0.05$), 其次为苋科的苋菜, 占总数的 16.67% (图 1); 十字花科的上海青菜上 2 龄若虫百分率为 9.33%, 与菊科的生菜和木耳菜、十字花科的日本小宝超迷你小白菜上扶桑绵粉蚧 2 龄若虫百分率没有显著差异, 其若虫百分率分别为 6.22%、4.33%、3.67%。藜科的菠菜和十字花科的甘蓝上的扶桑绵粉蚧 2 龄若虫百分率分别为 2.45% 和 1%, 两者之间不存在显著差异, 但显著低于其他供试叶菜。

扶桑绵粉蚧 2 龄若虫对旋花科的空心菜、苋科的苋菜均表现出较高的取食偏好性。扶桑绵粉蚧对 3 种十字花科蔬菜叶片的取食选择性依次为上海青菜 > 小白菜 > 甘蓝。上海青菜叶片上的 2 龄若虫百分率为 9.33%, 显著高于甘蓝叶片上的。小白菜上 2 龄若虫百分率介于两者之间, 在统计学上与两者不存在显著差异。

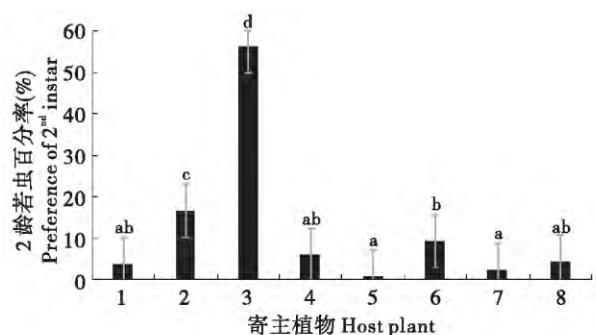


图 1 扶桑绵粉蚧 2 龄若虫对 8 种绿叶类蔬菜的取食选择性

Fig. 1 Feeding preference of 2nd instar larvae of *Phenacoccus solenopsis* to the 8 green leafy vegetables host plants

注: 1, 小白菜; 2, 苋菜; 3, 空心菜; 4, 生菜; 5, 甘蓝; 6, 上海青菜; 7, 菠菜; 8, 木耳菜。图中数据为平均数 ± 标准误。柱上不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Duncan 多重比较检验)。图 2 同。Note: 1, pakchoi; 2, edible amaranth; 3, water spinach; 4, lettuce; 5, cabbage; 6, Chinese cabbage; 7, spinach; 8, gynura cusimbua. Data are Mean ± SE. Columns marked by different letters indicate significantly different ($P < 0.05$, Duncan multiple range test). The same to Fig. 2.

扶桑绵粉蚧在 8 种绿叶类蔬菜上的种群建立率如图 2 所示, 差异明显 ($F_{7,64} = 32.47$, $P < 0.05$)。扶桑绵粉蚧在甘蓝、空心菜、生菜和茼蒿上的种群建立率均大于 90%, 四者无显著差异, 显著高于其他 4 种蔬菜上的, 上海青、小白菜、菠菜 3 种蔬菜的种群建立率介于 50% - 65%, 三者无显著差异, 木耳菜的种群建立率最小, 显著低于其他 7 种蔬菜上的种群建立率。

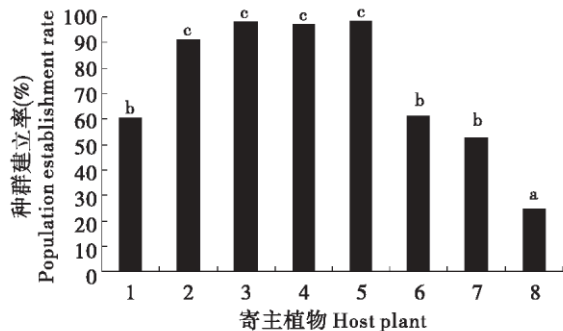


图 2 扶桑绵粉蚧在 8 种绿叶类蔬菜上的种群建立率
Fig. 2 Establishment rate of *Phenacoccus solenopsis* on the 8 green leafy vegetables host plants

2.2 2 龄若虫对 8 种果实类蔬菜的选择性

果实类蔬菜主要选取 3 科寄主植物, 即茄科、葫芦科和豆科植物。从图 3 可以看出, 扶桑绵粉蚧 2 龄若虫在果实类 8 种蔬菜上的若虫百分率由高到低依次为南瓜 > 黄瓜 > 辣椒 > 番茄 > 茄子 > 大豆 > 冬瓜 > 豇豆。南瓜上的若虫百分率最高, 为 53.55%, 显著高于其他 7 种蔬菜上的 ($F_{7,64} = 166.66$, $P < 0.05$); 黄瓜和辣椒上的若虫百分率次之, 两者之间差异显著, 两者上的若虫百分率显著高于其他 5 种蔬菜上的; 番茄和茄子上的若虫百分率显著高于冬瓜、大豆、豇豆 3 种蔬菜上的; 冬瓜、大豆、豇豆 3 种蔬菜上的若虫百分率间没有显著差异。

葫芦科蔬菜间比较, 南瓜上的扶桑绵粉蚧 2 龄若虫数量最多, 占总数的 53.55%, 显著高于其他蔬菜, 其次为黄瓜, 占 13.56%, 冬瓜上的若虫百分率显著低于上述两种蔬菜。这说明在葫芦科蔬菜中, 扶桑绵粉蚧 2 龄若虫较喜食南瓜。在茄科蔬菜中辣椒、番茄、茄子上的若虫百分率分别为 10.22%、8%、7.44%, 茄子上的若虫百分率显著低于辣椒上的若虫百分率, 番茄和辣椒上的差异不显著, 番茄和茄子上的差异也不显著。豆科蔬菜上的若虫百分率是 3 科中最低的。

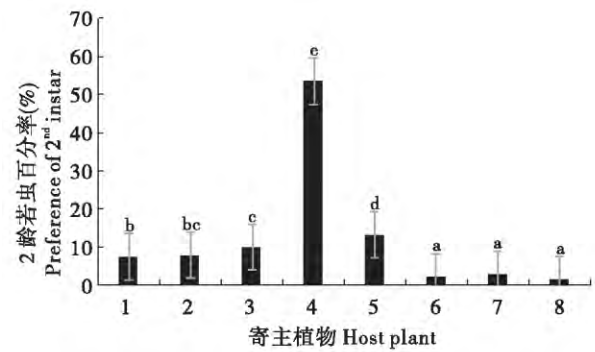


图 3 扶桑绵粉蚧 2 龄若虫对 8 种果实类蔬菜的取食选择性
Fig. 3 Feeding preference of 2nd instar larvae of *Phenacoccus solenopsis* to the 8 fruit vegetables host plants
注: 1, 茄子; 2, 番茄; 3, 辣椒; 4, 南瓜; 5, 黄瓜; 6, 冬瓜; 7, 大豆; 8, 豇豆。图 4 同。Note: 1, eggplant; 2, tomato; 3, chili; 4, pumpkin; 5, cucumber; 6, wax gourd; 7, soybean; 8, cowpea. The same to Fig. 4.

扶桑绵粉蚧在 8 种果实类蔬菜上的种群建立率如图 4 所示, 差异明显 ($F_{7,64} = 16.73$, $P < 0.05$)。扶桑绵粉蚧在南瓜、茄子、番茄上的种群建立率显著高于其他 5 种果实类蔬菜上的, 在辣椒上的种群建立率与上述 3 种蔬菜上的及黄瓜上的无显著差异, 在黄瓜和豇豆上的种群建立率显著低于 3 种茄科蔬菜和南瓜上的, 在冬瓜和大豆上的种群建立率显著低于其他 6 种蔬菜上的。

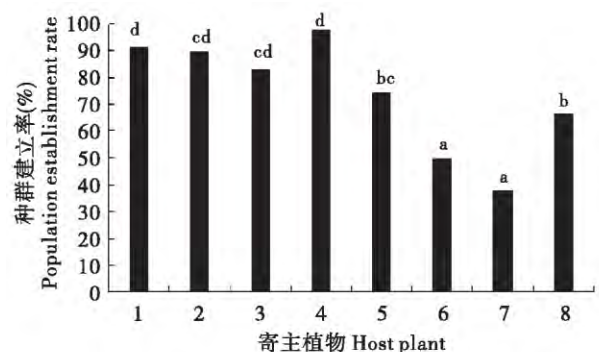


图 4 扶桑绵粉蚧在 8 种果实类蔬菜上的种群建立率
Fig. 4 Establishment rate of *Phenacoccus solenopsis* on the 8 fruit vegetables host plants

2.3 2 龄若虫对 8 种根茎类蔬菜的选择性

根茎类 8 种蔬菜上的 2 龄若虫百分率由高到低依次为马铃薯 > 芋艿 > 紫薯 > 茼蒿 > 胡萝卜 > 大蒜 > 韭菜 > 香葱。以马铃薯上最高, 占 26.00%, 香葱上最低。除紫薯和茼蒿上以及香葱和韭菜上

若虫百分率间差异不显著外,其余蔬菜上的若虫百分率间差异显著 ($F_{7,64} = 261.83$, $P < 0.05$)。

扶桑绵粉蚧 2 龄若虫对茄科的马铃薯、天南星科的芋艿、旋花科的紫薯、菊科的莴苣、伞形科的胡萝卜均表现出较高的取食偏好性。百合科 3 种蔬菜上的 2 龄若虫百分率均较低,最高的是大蒜上的 4.78%,显著高于韭菜上的 3.22% 和香葱上的 2.11%。

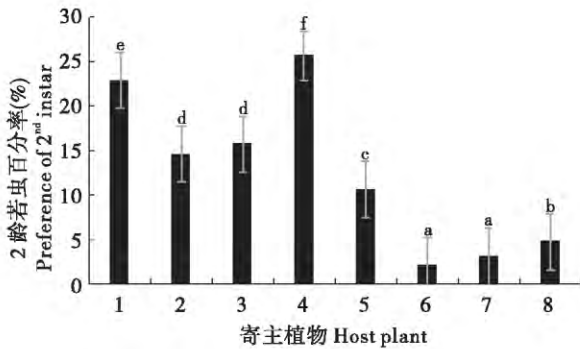


图 5 扶桑绵粉蚧 2 龄若虫对 8 种根茎类蔬菜的取食选择性
Fig. 5 Feeding preference of 2nd instar larvae of *Phenacoccus solenopsis* to the 8 root vegetables host plants

注: 1, 芋艿; 2, 莴苣; 3, 紫薯; 4, 马铃薯; 5, 胡萝卜; 6, 香葱; 7, 韭菜; 8, 大蒜。图 6 同。Note: 1, taro; 2, asparagus; 3, solanum tuberosum; 4, potato; 5, carrot; 6, chive; 7, Chinese chives; 8, garlic. The same to Fig. 6.

扶桑绵粉蚧在 8 种根茎类蔬菜上的种群建立率如图 6 所示, 差异明显 ($F_{7,64} = 27.62$, $P < 0.05$)。扶桑绵粉蚧在马铃薯上的种群建立率显著高于其他 7 种根茎类蔬菜上的种群建立率, 在紫薯和芋艿上的种群建立率与马铃薯及胡萝卜和莴苣上的无显著差异, 在百合科 3 种蔬菜上的种群建立率较低, 在韭菜和大蒜上的显著低于其他 6 种蔬菜上的, 两者之间无显著差异。

2.4 扶桑绵粉蚧在不同蔬菜上的适生性

扶桑绵粉蚧在 11 科 24 种蔬菜上的种群建立率和瞬时增长率结果如表 1。从表 1 可以看出, 茄科、葫芦科、旋花科、菊科、苋科、天南星科等蔬菜为扶桑绵粉蚧主要喜好蔬菜寄主。扶桑绵粉蚧在马铃薯、南瓜、空心菜、生菜、芋艿等蔬菜上的适生性较高, 其种群建立率均大于 80%, 且瞬时增长率均大于 0.10; 该虫在黄瓜、上海青菜、紫薯、莴苣、胡萝卜等蔬菜上的适生性一般, 其种群建立率大于 50%, 且瞬时增长率大于 0.05;

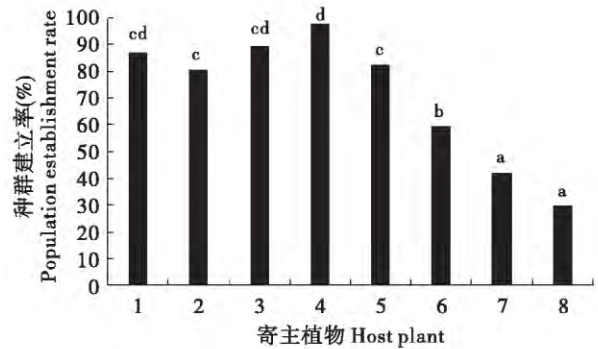


图 6 扶桑绵粉蚧在 8 种根茎类蔬菜上的种群建立率
Fig. 6 Establishment rate of *Phenacoccus solenopsis* on the 8 root vegetables host plants

该虫在木耳菜、大豆、豇豆、大蒜等蔬菜上的适生性较低, 或其种群建立率小于 50%, 或其瞬时增长率小于 0.05。

绿叶类蔬菜中, 扶桑绵粉蚧种群建立率 ($F_{7,64} = 32.47$, $P < 0.05$) 和瞬时增长率 r_i ($F_{7,64} = 62.79$, $P < 0.05$) 均差异显著, 种群建立率由大到小依次为甘蓝 > 空心菜 > 生菜 > 苋菜 > 上海青 > 小白菜 > 菠菜 > 木耳菜, 瞬时增长率由大到小顺序依次为空心菜 > 生菜 > 苋菜 > 菠菜 > 小白菜 > 甘蓝 > 上海青 > 木耳菜, 其种群建立率和瞬时增长率大小在十字花科 3 种蔬菜上顺序不一致; 果实类蔬菜中, 扶桑绵粉蚧种群建立率 ($F_{7,64} = 16.73$, $P < 0.05$) 和瞬时增长率 r_i ($F_{7,64} = 44.47$, $P < 0.05$) 均差异显著。种群建立率由大到小顺序依次为南瓜 > 茄子 > 番茄 > 辣椒 > 黄瓜 > 豇豆 > 冬瓜 > 大豆, 瞬时增长率由大到小顺序依次为南瓜 > 茄子 > 番茄 > 辣椒 > 黄瓜 > 冬瓜 > 豇豆 > 大豆, 其种群建立率和瞬时增长率大小只在冬瓜和豇豆两种蔬菜上顺序不一致; 根茎类蔬菜中, 扶桑绵粉蚧种群建立率 ($F_{7,64} = 27.62$, $P < 0.05$) 和瞬时增长率 r_i ($F_{7,64} = 81.67$, $P < 0.05$) 均差异显著, 种群建立率由大到小顺序依次为马铃薯 > 紫薯 > 芋艿 > 胡萝卜 > 莴苣 > 香葱 > 韭菜 > 大蒜, 瞬时增长率由大到小顺序依次为马铃薯 > 芋艿 > 紫薯 > 莴苣 > 韭菜 > 胡萝卜 > 大蒜 > 香葱, 两者波动较大出现在百合科 3 种蔬菜上; 24 种蔬菜上的种群建立率和瞬时增长率差异显著, 且均大于 0, 表示扶桑绵粉蚧在 24 种蔬菜上的种群呈增长状态, 说明扶桑绵粉蚧对蔬菜生产威胁极大。

表 1 扶桑绵粉蚧在不同蔬菜上的适生性
Table 1 Host fitness of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on different vegetables

科 Family	属 Genus	寄主植物	Host plant	种群建立率 (%)	r_i	危害程度
				Population establishment rate		Damage rate
茄科 Solanaceae	茄属	茄子	<i>Solanum melongena</i> L.	91. 55 ± 4. 83 d	0. 119 ± 0. 008 de	+ + +
		番茄	<i>Lypocersicon esculentum</i>	89. 92 ± 4. 54 cd	0. 108 ± 0. 004 d	+ + +
		马铃薯	<i>Solanum tuberosum</i> L.	98. 76 ± 0. 62 d	0. 130 ± 0. 001 f	+ + +
	辣椒属	辣椒	<i>Capsicum annuum</i>	82. 74 ± 4. 67 cd	0. 106 ± 0. 004 d	+ + +
葫芦科 Cucurbitaceae	南瓜属	南瓜	<i>Cucurbita moschata</i> (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poiret	98. 40 ± 1. 12 d	0. 129 ± 0. 001 e	+ + +
		甜瓜属	黄瓜	<i>Cucumis sativus</i> Linn	74. 42 ± 1. 66 bc	0. 081 ± 0. 002 c
	冬瓜属	冬瓜	<i>Benincasa hispida</i>	49. 44 ± 7. 47 a	0. 075 ± 0. 006 a	+
十字花科 Brassicaceae	芸薹属	甘蓝	<i>Brassica oleracea</i> L.	100 ± 0. 00 c	0. 057 ± 0. 006 b	+ +
		上海青	<i>Brassica chinensis</i>	61. 17 ± 2. 33 b	0. 072 ± 0. 001 c	+ +
		小白菜	<i>Brassica campestris</i> L. ssp. <i>chinensis</i> Makino (var. <i>communis</i> Tsen et Lee)	60. 74 ± 8. 89 b	0. 091 ± 0. 004 de	+ +
豆科 Leguminosae	大豆属	大豆	<i>Glycine max</i>	37. 78 ± 4. 87 a	0. 028 ± 0. 006 a	+
	豇豆属	豇豆	<i>Vigna unguiculata</i>	66. 67 ± 8. 33 b	0. 054 ± 0. 008 b	+ +
百合科 Liliaceae	葱属	香葱	<i>Allium ascalonicum</i>	59. 26 ± 7. 91 b	0. 073 ± 0. 004 a	+ +
		韭菜	<i>Allium tuberosum</i> Rottl. ex Spreng.	42. 04 ± 7. 96 a	0. 080 ± 0. 003 b	+
		大蒜	<i>Allium sativum</i> L.	29. 81 ± 2. 11 a	0. 073 ± 0. 002 a	+
旋花科 Convolvulaceae	番薯属	空心菜	<i>Ipomoea aquatica</i>	98. 97 ± 1. 55 c	0. 129 ± 0. 003 f	+ + +
		紫薯	<i>Solanum tuberdsm</i>	89. 65 ± 2. 54 cd	0. 099 ± 0. 001 d	+ +
菊科 Asteraceae	莴苣属	生菜	<i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>ramosa</i> Hort	97. 98 ± 1. 59 c	0. 123 ± 0. 005 f	+ + +
		莴苣	<i>Lactuca sativa</i>	80. 46 ± 3. 40 c	0. 089 ± 0. 003 c	+ +
	菊三七属	木耳菜	<i>Gynura cusimbua</i>	24. 81 ± 2. 35 a	0. 033 ± 0. 004 a	+
伞形科 Umbelliferae	胡萝卜属	胡萝卜	<i>Daucus carota</i>	82. 62 ± 5. 06 c	0. 077 ± 0. 001 ab	+ +
苋科 Amaranthaceae	苋属	苋菜	<i>Amaranthus tricolor</i>	91. 37 ± 1. 71 c	0. 101 ± 0. 001 e	+ + +
藜科 Chenopodiaceae	菠菜属	菠菜	<i>Spinacia oleracea</i> L.	53. 15 ± 9. 66 b	0. 084 ± 0. 006 d	+ +
天南星科 Araceae	芋属	芋艿	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schoot	87. 19 ± 1. 62 cd	0. 116 ± 0. 001 e	+ + +

注: 表中数据为平均数 ± 标准误。数据后相同字母表示差异不显著 ($P < 0. 05$, Duncan 多重比较检验) 。+++ 表示重度受害; ++ 表示中度受害; + 表示轻度受害。Note: Data are mean ± SE. The same letters are not significantly different based Duncan multiple range test ($P < 0. 05$) . +++ indicates severe victimization; ++ indicates moderate victimization; + indicates mild victimization.

3 结论与讨论

从试验结果看,扶桑绵粉蚧 2 龄若虫嗜食茄科、葫芦科、旋花科蔬菜,对菊科、苋科、天南星科等科蔬菜也表现出较高的取食偏好性。这与曹婧等(2013)的调查结果一致,可能原因在于茄科、葫芦科、旋花科蔬菜汁液充足且营养丰富。而本文中扶桑绵粉蚧在生菜、苋菜、芋艿、茄子、番茄等蔬菜上的种群瞬时增长率较高,在百合科的韭菜、香葱、大蒜 3 种蔬菜上的种群瞬时增长率 r_i 值也大于 0.01,这与上述论文中提出的植物表面太光滑或者有太多贴生毛不适合粉蚧生长、有特殊气味的植物可以有效抵制该粉蚧入侵的结论不一致。扶桑绵粉蚧在绿叶类、果实类和根茎类三类蔬菜上的 2 龄若虫百分率与种群瞬时增长率大小顺序不一致,即该虫的取食选择性和生长发育状况不一致,即适生性不一致。Finch & Collier (2000) 认为若虫取食选择性是由植物颜色、挥发物及其理化性质等多个因素相互作用的结果,若虫生长发育状况则与寄主植物体内的营养成分和含量相关。张勇等(2006)研究了烟青虫 *Helicoverpa assulta* 对烟草、番茄和辣椒 3 种植物的选择性及适应性,指出植物次生物质在昆虫对食料植物的选择中起决定性作用,如烟草中含有烟碱和吡啶类生物碱,番茄中含有的番茄苷为甾醇类生物碱,辣椒中含有的辣椒素的化学成分是任烯酰胺,这些特有的次生物质均能影响植食性昆虫的趋性和取食选择性。曹春玲等(2014)通过研究烟蓟马 *Thrips tabaci* 对不同葡萄品种的选择及主要因素的相关性发现,烟蓟马对不同葡萄品种的选择性与叶片内的黄酮、单宁、蜡质含量存在显著的负相关关系,与寄主体内的可溶性糖含量、总酚含量和叶片厚度正相关。因此扶桑绵粉蚧若虫取食选择性和适生性与寄主植物次生物质的关系等相关研究需进一步深入进行。

Bernays 等(1994)认为昆虫低龄若虫与高龄若虫的选择性是一致的。1 龄扶桑绵粉蚧行动最为活泼,但死亡率较高,2 龄扶桑绵粉蚧死亡率较低,且行动较 3 龄扶桑绵粉蚧活泼,故本试验采用 2 龄扶桑绵粉蚧进行试验。而 Zalucki 等(2002)认为低龄若虫和高龄若虫选择性存在很大差异。Araújo 等(2013)研究发现,条纹粉蚧 *Ferrisia virgata* 2 龄若虫和雌成虫对不同棉花品种

的选择性是一致的。袁志华等(2013)的研究证实了亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 初孵幼虫和 3 龄幼虫对不同植物表现出明显的取食偏好性,5 龄幼虫对不同植物的取食偏好性表现不明显。因此,关于昆虫低龄和高龄幼虫的选择性和适生性是否一致还需进一步试验验证。进一步明确不同龄期扶桑绵粉蚧若虫的取食选择性有利于发展若虫诱杀技术。

研究表明昆虫取食选择性还受植物叶片物理性质的影响,例如曹春玲等(2014)认为植物叶片表面的蜡质层厚度影响昆虫的取食、产卵和孵化等,蜡质层越厚,对昆虫的取食产卵等行为越不利。本试验中扶桑绵粉蚧 2 龄若虫对叶片具蜡质表面的十字花科蔬菜的甘蓝表现出较低的取食偏好性。Bergman (1991) 认为植物叶片蜡质含量与其抗虫性成正比。因此,关于扶桑绵粉蚧若虫对具不同厚度蜡质层的植物叶片的取食选择性还需更多试验验证。

通过研究确定扶桑绵粉蚧的取食选择性与适生性,可以找到诱集扶桑绵粉蚧的植物,从寄主蔬菜中寻找吸引扶桑绵粉蚧信息化合物,可为扶桑绵粉蚧的预测预报和综合防治提供理论依据。袁志华等(2013)认为亚洲玉米螟幼虫的取食选择性与植物的不同生长时期有关。因此,开展不同蔬菜上不同生长时期的取食选择性和适生性研究对确定扶桑绵粉蚧的防治时期很有参考意义。

参考文献 (References)

- Araújo da Silva - Torres CS, de Oliveira MD, Torres JB. Host selection and establishment of striped mealybug, *Ferrisia virgata*, on cotton cultivars [J]. *Phytoparasitica*, 2013, (41): 31 - 40.
- Bernays EA, Chapman RF. Host - plant Selection by Phytophagous Insects [M]. New York: Chapman & Hall, 1994.
- Berdegue MTJ. Effects of plant chemical extracts and physical characteristics of *Apium graveolens* and *Chenopodium murale* on host choice by *Spodoptera exigua* larvae [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1996, 78: 253 - 262.
- Bergman DK, Dillwith JW, Zarrabi AA. Epicuticular lipids of alfalfa leaves relative to its susceptibility to spotted alfalfa aphids (Homoptera: Aphididae) [J]. *Environmental Entomology*, 1991, 20 (3): 781 - 785.
- Cao CL, Wu SY, Wang ZY, et al. Host plant selectivity and relevance of main influence factors of *Thrips tabaci* on different varieties of table grapes [J]. *Plant Protection*, 2015, 41 (1): 68 - 73.
- [曹春玲, 吴胜勇, 王忠跃, 等. 烟蓟马对不同葡萄品种的选择性及与主要影响因素的相关性 [J]. 植物保护, 2015, 41 (1): 68 - 73]

- Cao J, Xiao TG, Yang ZX, et al. Research on host plants species investigation and harm of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [J]. *Crop Research*, 2013, 27 (3): 269 – 272. [曹婧, 肖铁光, 杨中侠, 等. 扶桑绵粉蚧寄主植物种类调查及危害研究 [J]. 作物研究, 2013, 27 (3): 269 – 272]
- Finch S, Collier R H. Host – plant selection by insects—A theory based on appropriate/inappropriate landings by pest insects of cruciferous plants [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2000, 96 (2): 91 – 102.
- Lei XT, Si SY, Wang XP, et al. The control effect evaluation of 4 pesticides on *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on *Oenanthe javanica* D. C [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2013, 1: 63 – 64. [雷小涛, 司升云, 王香萍, 等. 4 种杀虫剂对水芹扶桑绵粉蚧的防治效果评价 [J]. 长江蔬菜, 2013, 1: 63 – 64]
- Li HM. Practical Manual of Diagnose and Control of Plants Diseases and Pests [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. 2012, 761. [李惠明. 蔬菜病虫害诊断与防治实用手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社. 2012, 761]
- Li YH, Ruan YM, Yan ZD, et al. The prevention and control of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley in Jinhua [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2011, 5: 33 – 35. [李月红, 阮永明, 颜宗德, 等. 金华市扶桑绵粉蚧的发生与防治 [J]. 长江蔬菜, 2011, 5: 33 – 35]
- Qin JD, Wang CZ. The relation of interaction between insects and plants to evolution [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2001, 44 (3): 360 – 365. [钦俊德, 王琛柱. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系 [J]. 昆虫学报, 2001, 44 (3): 360 – 365]
- Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M. Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides [J]. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 1997, 37, 273 – 279.
- Si SY, Peng B, Liu X, et al. Hubei province's vegetables have been found a new invasive pest – *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2013, 3: 45 – 46. [司升云, 彭斌, 刘鑫, 等. 湖北省蔬菜上发现新外来入侵生物扶桑绵粉蚧 [J]. 长江蔬菜, 2013, 3: 45 – 46]
- Wang WL. Effects of Host, Temperature and Relative Humidities on the Growth and Development of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [D]. Guangxi: Guangxi University, 2014. [王伟兰. 温湿度和寄主对扶桑绵粉蚧生长发育影响的研究 [D]. 广西: 广西大学, 2014]
- Wang JR, Luo GH, Yang ZL, et al. The host of *Phenacoccus solenopsis* in China mainland and a new record of Rubiaceae host [J]. *Plant Quarantine*, 2015, 29 (6): 27 – 31. [汪金蓉, 罗国华, 杨子林, 等. 扶桑绵粉蚧中国大陆寄主植物及一种茜草科寄主新纪录 [J]. 植物检疫, 2015, 29 (6): 27 – 31]
- Wu DF, Cao J, Xiao TG, et al. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley's research at present and control in China [J]. *Crop Research*, 2011, 25 (3): 295 – 298. [吴定发, 曹婧, 肖铁光, 等. 扶桑绵粉蚧在中国的研究现状及其防治 [J]. 作物研究, 2011, 25 (3): 295 – 298]
- Wu SA, Zhang RZ. A new invasive pest, *Phenacoccus solenopsis*, threatening seriously to cotton production [J]. *Chinese bulletin of Entomology*, 2009, 46 (1): 159 – 162. [武三安. 张润志. 威胁棉花生产的外来入侵新害虫—扶桑绵粉蚧 [J]. 昆虫知识, 2009, 46 (1): 159 – 162]
- Yuan YD, Wang DS, Zhang TS, et al. Studies on the pakchoi yield loss caused by beet armyworm and the economic thresholds [J]. *Acta Agricultural Shanghai*, 2013, 29 (2): 20 – 23. [袁永达, 王冬生, 张天澍, 等. 甜菜夜蛾引起的青菜产量损失及其防治指标研究 [J]. 上海农业学报, 2013, 29 (2): 20 – 23]
- Yuan ZH, Guo JF, Wang ZY, et al. Feeding preference of the Asia corn borer larvae for different host plants [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2013, 40 (3): 205 – 210. [袁志华, 郭井非, 王振营, 等. 亚洲玉米螟幼虫对不同寄主植物的取食选择性 [J]. 植物保护学报, 2013, 40 (3): 205 – 210]
- Zhang YJ, Zhu GR, Chu D, et al. Occurrence, damage and control of important invasive insect pests on the vegetables crops in China [J]. *Plant Protection*, 2011, 37 (4): 1 – 6. [张友军, 朱国仁, 褚栋, 等. 我国蔬菜作物重大入侵害虫发生、危害与控制 [J]. 植物保护, 2011, 37 (4): 1 – 6]
- Zhao SR, Yuan YD, Wang DS, et al. Studies on the influence of diamond – back moth on the yield of autumn cauliflower and the economic thresholds [J]. *Acta Agricultural Shanghai*, 2005, 21 (2): 45 – 48. [赵胜荣, 袁永达, 王冬生, 等. 小菜蛾危害引起的秋花菜产量损失及其防治指标研究 [J]. 上海农业学报, 2005, 21 (2): 45 – 48]
- Zhang Y, Wang KY, Wang G, et al. Preference and adaptability of oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta*, to three food plants [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43 (6): 781 – 784. [张勇, 王开运, 王刚, 等. 烟青虫对三种食料植物的选择性及适应性 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (6): 781 – 784]
- Zalucki MP, Clarke AR, Malcolm SB. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera [J]. *Annual Review of Entomology*, 2002, 47: 361 – 393.