应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2017, 54(1): 113–120. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2017.013

五种蔬菜对扶桑绵粉蚧生长发育参数的影响*

马彩亮[1, 2**] 王冬生[1, 2***] 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 【目的】 探讨不同蔬菜对扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 生长发育和繁殖的影响。【方法】 在温度（25±1）℃、RH60%±5%、光照 L：D=14：10 的条件下，观察扶桑绵粉蚧实验种群在茄科的马铃薯、旋花科的紫薯、葫芦科的黄瓜、菊科的生菜、十字花科的甘蓝这 5 种蔬菜上的生长发育特性和繁殖能力，组建实验种群生命表。【结果】 在供试的 5 种蔬菜中，扶桑绵粉蚧在马铃薯上的发育历期最短、存活率最高，而在黄瓜上的发育历期最长、存活率最低。雌成虫寿命以生菜上的最高，而雄成虫则以马铃薯上的最高。在 5 种蔬菜上扶桑绵粉蚧种群的内禀增长率（r_m）高低顺序为马铃薯>紫薯>生菜>甘蓝>黄瓜。【结论】 不同蔬菜对扶桑绵粉蚧的生长发育参数有明显影响。5 种蔬菜中，马铃薯最适合扶桑绵粉蚧的生长发育和繁殖。

关键词 扶桑绵粉蚧，蔬菜，发育历期，繁殖力，生命表

Population growth parameters of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley reared on five different vegetables

MA Cai-Liang[1, 2**] WANG Dong-Sheng[1, 2***] TENG Hai-Yuan[1] YUAN Yong-Da[1***]
ZHANG Tian-Shu[1] CHANG Xiao-Li[1]

(1. Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural, Institute of Eco-environment and Plant Protection, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; 2. Institute of Aquaculture and Life of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the effect of different vegetable host plants on the growth, development, and reproduction, of the cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). **[Methods]** Cotton mealybugs were fed on either potato, *Solanum tuberosum* (Tubiflorae: Solanaceae), purple sweet potato *Ipomoea batatas*, (Tubiflorae: Convolvulaceae), cucumber, *Cucumis sativus* Linn. (Cucurbitales: Cucurbitaceae), lettuce, *Lactuca sativa* (Asterales: Asteraceae) and cabbage, *Brassica oleracea* L. (Brassicales: Brassicaceae), in a laboratory at (25±1)℃, 60%±5% r.h. and 14 hours daily artificial light. The developmental duration and fecundity of mealybugs fed on each different vegetable were measured and used to calculate life tables. **[Results]** The shortest developmental generation duration, and the highest average survival rate, was observed on potato, and the longest developmental duration and lowest survival rate was on cucumber. The highest female longevity was observed on lettuce, and the highest male longevity was on potato. The intrinsic rate of natural increase (r_m) on different vegetable hosts was, from high to low, potato, solanum tuberdsm, lettuce, cabbage and cucumber. **[Conclusion]** Our results suggest that different vegetables had a significant effect on population growth parameters of *P. solenopsis*, and that potato was the most suitable of the five vegetables tested for the growth and reproduction of this species.

Key words *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, vegetables, developmental duration, fecundity, life table

---

*资助项目 Supported projects：农业生物灾害监测预警及防控技术研究（沪农科攻字（2012）第 2-10 号）

**第一作者 First author，E-mail：cailiangma2013@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：zb3@saas.sh.cn；yydsaas@hotmail.com

收稿日期 Received：2016-03-23，接受日期 Accepted：2016-08-24

扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley，隶属于半翅目（Hemiptera）、蚧总科（Coccoidea）、粉蚧科（Pseudococcidae），一种广泛分布于热带、亚热带和温带地区的重要外来入侵害虫（武三安和张润志，2009）。该虫 1898 年被发现于美国新墨西哥州，2015 年在澳大拉西亚地区、埃塞俄比亚界、新北区、东方地区、新热带区均有报道（McKenzie，1967；Ben-Dov *et al.*，2015；Fand and Suroshe，2015）。

该虫食性杂，传播方式多样，扩散快速，主要通过风、地表水、动物和商业贸易传播（Fand and Suroshe，2015）。1991 年，美国报道扶桑绵粉蚧危害寄主植物的种类为 13 科 29 种。2005 年，巴基斯坦境内为害寄主植物种类为 18 科 55 种（Dutt，2007；Hodgson，2008；Nagrare *et al.*，2009）。2009 年巴基斯坦寄主植物种类增加到 53 科 154 种（Arif *et al.*，2009）。2015 年世界范围内该虫寄主植物新增到 57 科 207 种（汪金蓉等，2015）。中国大陆于 2008 年在广州个别地段的园林绿化树扶桑上首次发现该虫（武三安和张润志，2009）。浙江省 2011 年报道的寄主植物涉及 34 科 66 种（周湾等，2012）。2015 年报道的数据显示，中国适宜扶桑绵粉蚧寄生的植物达 56 科 166 种（汪金蓉等，2015）。扶桑绵粉蚧嗜好番茄 *Lycopersicum esculentum* L.、南瓜 *Cucurbita moschata*（Duch.ex Lam.）Duch.ex Poiret、茄子 *Solanum melongena* L.、苋菜 *Amaranthus tricolor* L.、甘蓝 *Brassica oleracea* L.、小白菜 *Brassica rapa* L.Chinensis Group、辣椒 *Capsicum annuum* L.、豇豆 *Vigna unguiculata*（L.）Walp 等蔬菜（王琳等，2010；周湾等，2010，2012；关鑫和陆永跃，2012；吕茂翠等，2013）。以上这些蔬菜广泛分布于中国各省区，加之日益扩大的蔬菜种植面积，特别是日光温室和冬季加温大棚数量的增加，使得扶桑绵粉蚧对中国的蔬菜生产的巨大威胁日益加剧。

目前，国内外分别以番茄、茄子、马铃薯、南瓜、空心菜、黄秋葵等蔬菜为寄主研究了该虫的生长发育及种群增长（黄芳等，2011；Guan *et al.*，2012；王前进等，2013；吕茂翠等，2013），为分析其对番茄等蔬菜的潜在危害提供了依据。这些研究仅限于温度较高季节种植的蔬菜，尚无扶桑绵粉蚧在周年化生产的蔬菜上生长发育繁殖的报道。因此，开展扶桑绵粉蚧在周年化生产的蔬菜上的生长发育参数研究对于我国蔬菜生产具有重要的指导意义。扶桑绵粉蚧在新的入侵地缺乏有效的控制和自然天敌。基于此，开展扶桑绵粉蚧在不同蔬菜上的生命周期研究有助于确定喷施杀虫剂或释放天敌进行生物防治的适当时间。

本研究在恒温条件下，以茄科的马铃薯、旋花科的紫薯，葫芦科的黄瓜、菊科的生菜、十字花科的甘蓝为供试寄主蔬菜，观察了 5 种蔬菜对扶桑绵粉蚧生长发育、繁殖的影响，研究扶桑绵粉蚧对不同科蔬菜的适合性，为分析该害虫对我国蔬菜生产的潜在危害及暴发成灾机制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫及蔬菜

供试昆虫：扶桑绵粉蚧于 2014 年 6 月采自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，饲养在温度（25±1）℃、RH（60±5）%、光周期 L∶D=14∶10 和光照强度 3 500 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。

供试植物：马铃薯（*Solanum tuberosum* L.，品种‘荷兰十五’）来自上海市农业科学院重固试验基地、紫薯（*Ipomoea batatas*（L.）Lam.，品种‘紫薯三号’）来自上海市农业科学院庄行试验站、黄瓜（*Cucumis sativus* Linn.，品种‘春秋王’）、生菜（*Var. ramose* Hort.，品种‘TI-668’）和甘蓝（*Brassica oleracea* L.，品种‘早夏 16 甘蓝杂交种’）均为上海市农业科学院园艺研究所研制。5 种蔬菜均种植于上海农业科学研究院庄行综合试验站蔬菜大棚中，不施用任何化学农药。试验前从蔬菜大棚采集蔬菜的叶片，用蒸馏水冲去叶片表面异物，晾干表面水分备用。

1.2　试验方法

扶桑绵粉蚧在不同蔬菜上的生长发育状况：将已交配的扶桑绵粉蚧雌成虫单头置于放有不同蔬菜叶片的培养皿（直径 5 cm）内，在温度（25±1）℃，相对湿度（60±5）%，光照 L∶D=14∶10，光照强度 3 500 lx 的人工气候培养箱（SANYO 牌 MLR-352H 型号）内饲养，一旦发现卵囊，便准备试验。24 h 后，用 3 号狼毫描笔挑取单头初孵若虫置于直径 5 cm 的培养皿内的蔬菜叶片上，蔬菜叶片直径与培养皿内径大小相同，培养皿用均匀扎有小孔的保鲜膜覆盖，用橡皮筋缠绕培养皿，确保保鲜膜平整。然后将其放入人工气候培养箱内，培养条件同上。每种蔬菜处理虫数 150 头，每皿 1 头。每天 8:00 和 20:00 观察并记录扶桑绵粉蚧的发育虫态和存活情况，叶片每天更换一次。移虫时，先用柔软的毛笔轻轻拨动虫体，待其将口针拔出后，再将其转移到新鲜叶片上。

扶桑绵粉蚧成虫在不同蔬菜上的寿命及繁殖力状况：当上述试验中的雌虫刚完成第 3 次蜕皮后，将破茧而出的带翅的雄成虫放入装有雌成虫的培养皿中配对，每天更换新鲜叶片，逐日观察记录扶桑绵粉蚧雌虫的产卵时间和日产卵量，直至雌虫死亡。统计雌虫寿命及繁殖力。

1.3　生命表参数的统计及数据分析

5 种蔬菜上扶桑绵粉蚧各虫态发育历期、雌虫寿命、雄虫寿命、产卵前期、产卵天数及雌成虫产卵量由 EXCEL 计算出。基于两性生命表中年龄阶段原理来分析原始数据（Chi and Liu，1985，Chi and Getz，1988）。计算特定年龄阶段的存活率（s_{xj}）（x 表示年龄，j 表示阶段）。原始数据的分析，及生命表参数的计算由 TWOSEX-MSChart 的 Jackknife 技术（Sokal and Rohlf，1995）进行。扶桑绵粉蚧实验种群的动态参数：净增值率 $R_0=\Sigma l_x m_x$；内禀增长率 $r_m=\ln R_0/T$；世代平均周期 $T=\Sigma x l_x m_x/R_0$；周限增长率 $\lambda=e^r$；种群加倍时间 $t=\ln 2/r_m$；其中，x 是发育时间，l_x 是任一个体在 x 期间存活的概率；m_x 为 x 期间平均每雌产卵量。生命历期、产卵量和种群参数等平均数的差异由 SPSS18.0 单因素方差分析和 LSD 多重比较方法进行分析。

2　结果与分析

2.1　取食 5 种蔬菜对扶桑绵粉蚧的发育历期和存活率的影响

2.1.1　对发育历期的影响　取食马铃薯、紫薯、黄瓜、生菜、甘蓝的扶桑绵粉蚧的发育历期见表 1。就雌虫而言，扶桑绵粉蚧在 5 种蔬菜上的发育历期是不同的。取食黄瓜的扶桑绵粉蚧与取食其他 4 种蔬菜的发育历期存在显著差异（$F_{4.152}$=70.10，P<0.01）。在黄瓜上，1 龄、2 龄、3 龄若虫的发育历期显著长于其他 4 种蔬菜上的发育历期（$F_{4.228}$=172.71，P<0.01），而紫薯和马铃薯上的不存在显著差异，生菜和甘蓝上 1 龄、2 龄若虫的发育历期不存在显著差异，1 龄、2 龄、3 龄若虫的发育历期由长到短顺序为黄瓜>生菜>甘蓝>马铃薯>紫薯。

在 5 种蔬菜上，扶桑绵粉蚧雄虫的发育历期也存在差异。1 龄若虫在黄瓜上的发育历期最长（7.23 d），显著长于甘蓝、生菜、马铃薯和紫薯上的（$F_{4.190}$=24.58，P<0.01），与雌虫一致。2 龄若虫除马铃薯与紫薯上发育历期不存在显著差异外，其余各蔬菜上发育历期均存在显著差异（$F_{4.190}$=77.39，P<0.01）。马铃薯、紫薯、生菜、黄瓜上雄虫蛹历期在统计上差异不显著，但甘蓝与马铃薯、生菜上的差异显著（$F_{4.189}$=6.87，P<0.01）。

2.1.2　对扶桑绵粉蚧存活率的影响　取食 5 种蔬菜的不同虫态的扶桑绵粉蚧存活率见图 1。年龄结构存活率曲线表示在年龄 x 时不同虫态的扶桑绵粉蚧存活的概率。结果表明，扶桑绵粉蚧取食马铃薯的存活率最高，其次是紫薯，明显高于取食甘蓝、生菜、黄瓜的，其中黄瓜上的总存活率最低；就所有扶桑绵粉蚧而言，1 龄若虫取食不同蔬菜的存活率由高到低为马铃薯>紫薯>黄瓜>甘蓝>生菜，2 龄若虫存活率由高到低为马铃薯>紫薯>甘蓝>生菜>黄瓜。在 5 种蔬菜上，

表 1 扶桑绵粉蚧在 5 种蔬菜上各虫态的发育历期

Table 1 Developmental duration of female and male *Phenacoccus solenopsis* on five different vegetable plants

发育阶段 Developmental stage	性别 Sex	甘蓝 Cabbage		紫薯 Purple sweet potato		生菜 Lettuce		马铃薯 Potato		黄瓜 Cucumber	
		n	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE
1 龄（d) First instar (d)	雌 Female	49	6.32±0.09b	64	5.10±0.23a	50	6.33±0.20b	82	5.42±0.09a	62	7.71±0.36c
	雄 Male	25	6.36±0.27b	55	5.32±0.13a	23	6.28±0.34b	67	5.51±0.11a	25	7.09±0.09c
2 龄（d) Second instar (d)	雌 Female	49	5.71±0.27b	64	4.61±0.13a	50	5.86±0.15b	82	4.77±0.09a	62	7.08±0.03c
	雄 Male	25	5.41±0.10b	55	4.31±0.13a	23	6.13±0.17c	67	4.45±0.05a	25	7.03±0.36d
3 龄（d) Third instar (d)	雌 Female	48	6.04±0.06b	64	5.20±0.22a	50	6.80±0.15c	82	5.45±0.02a	49	8.06±0.14d
	雄 Male		——		——		——		——		——
蛹（d) Pupa (d)	雌 Female		——		——		——		——		——
	雄 Male	24	7.93±0.11b	55	7.28±0.09ab	23	7.25±0.38a	67	7.14±0.03a	25	7.66±0.19ab

表中数据为 mean±SE，同行数据后标有不同字母表示差异显著（*P*<0.01）。下表同。

Data are mean±SE, and followed by different letters in the same row indicate significantly different at 0.01 level. The same below.

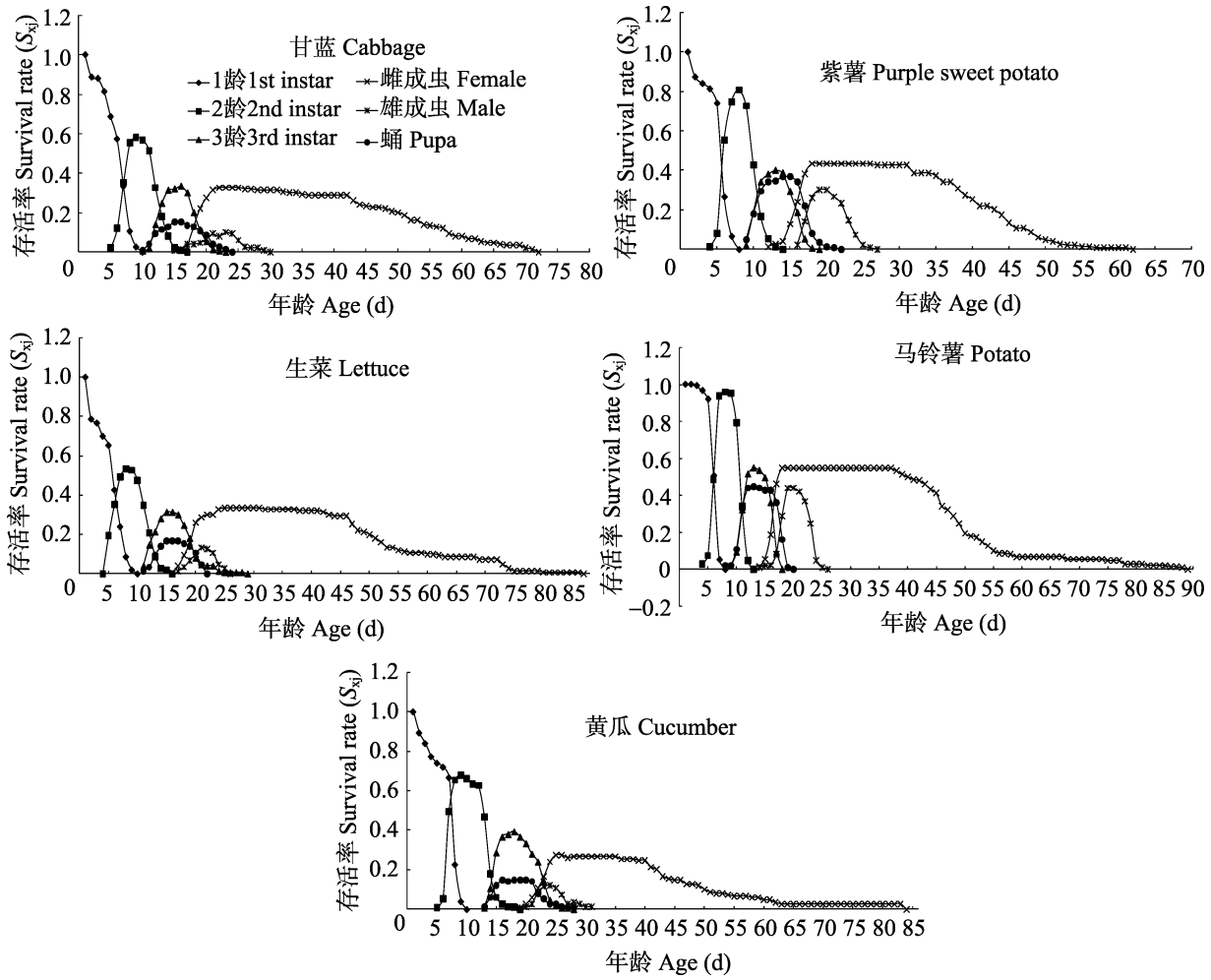

图 1 取食 5 种蔬菜的扶桑绵粉蚧特定年龄阶段存活率

Fig. 1 Age-stage specific survival rate (S_{xj}) of *Phenacoccus solenopsis* reared on 5 vegetables

扶桑绵粉蚧的死亡均主要发生在 1~2 龄若虫期。在 3 龄及雌成虫阶段死亡的主要为取食黄瓜和甘蓝的扶桑绵粉蚧。蛹期阶段的扶桑绵粉蚧只有取食甘蓝的发生了死亡。数据表明茄科的马铃薯和旋花科的紫薯上扶桑绵粉蚧存活率较高，较适宜于扶桑绵粉蚧存活。葫芦科的黄瓜除 1 龄较菊科的生菜、十字花科的甘蓝存活率高外，2 龄、3 龄及雌成虫存活率均较低，是本试验 5 种蔬菜中最不适宜其存活的寄主。

2.2　取食 5 种蔬菜的扶桑绵粉蚧成虫的寿命和繁殖力

研究结果表明，取食 5 种蔬菜的扶桑绵粉蚧雌成虫（$F_{4,278}$=8.06，P<0.01）和雄成虫的寿命（$F_{4,189}$=8.81，P<0.01）差异显著（表 2）。取食生菜、马铃薯、甘蓝的雌成虫寿命分别为 37.15、36.10、36.10 d，显著长于取食黄瓜和紫薯的雌成虫寿命，分别为 29.42 d 和 28.71 d，前三者之间不存在显著差异，后两者亦然。取食马铃薯、紫薯的扶桑绵粉蚧雄成虫寿命分别为 5.32 d、4.85 d，显著长于取食生菜（4.03 d）、黄瓜（3.99 d）、甘蓝（3.78 d）的雄成虫寿命。

由表 2 可以看出，取食马铃薯的扶桑绵粉蚧成虫的产卵前期平均为 10.43 d，明显短于取食其他 4 种寄主植物的产卵前期（$F_{4,228}$=172.71，P<0.01），取食黄瓜的为最长（13.23 d）。取食生菜和马铃薯的扶桑绵粉蚧成虫产卵期显著长于取食甘蓝、紫薯、黄瓜的（$F_{4,153}$=19.57，P<0.01），取食生菜和马铃薯相比在统计上差异不显著，取食甘蓝和紫薯的相比在统计上差异不显著。取食黄瓜扶桑绵粉蚧的成虫产卵期显著短于其他 4 种蔬菜。

5 种蔬菜中，取食生菜的扶桑绵粉蚧雌成虫产卵量最多，平均单雌产卵量为 473.73 粒，其次为紫薯（420.08 粒/雌）、马铃薯（380.32 粒/雌）、甘蓝（374.06 粒/雌）、黄瓜（144.29 粒/雌），取食黄瓜的单雌产卵量显著低于其他 4 种寄主植物，取食甘蓝、马铃薯的单雌产卵量不存在显著差异。特定年龄阶段扶桑绵粉蚧总产卵量马铃薯最多，黄瓜最少（图 2）。

2.3　取食 5 种蔬菜的扶桑绵粉蚧的种群参数

内禀增长率（r_m）、周限增长率（λ）、净增值率（R_0）、平均世代周期（T）、倍增时间（t）、繁殖力 F、总生殖率（GRR）的平均值和标准误见表 3。从表 3 可知，取食马铃薯的扶桑绵粉蚧

表 2　取食 5 种蔬菜的扶桑绵粉蚧成虫寿命和繁殖力

Table 2　Adult longevity and fecundity of *Phenacoccus solenopsis* reared on 5 vegetables

阶段 Stage	性别 Sex	甘蓝 Cabbage		紫薯 Purple sweet potato		生菜 Lettuce		马铃薯 Potato		黄瓜 Cucumber	
		n	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE
成虫寿命（d） Adult longevity (d)	雌 Female	47	36.10±0.92b	64	28.71±1.21a	50	37.15±1.06b	82	36.10±1.56b	40	29.42±1.82a
	雄 Male	24	3.78±0.24a	55	4.85±0.03b	23	4.03±0.33a	67	5.32±0.09b	25	3.99±0.06a
产卵前期（d） Pre-oviposition time (d)	雌 Female	18	12.28±0.44bc	18	11.51±0.28ab	22	12.14±0.48bc	65	10.42±0.12a	17	13.06±0.52c
产卵期（d） Oviposition time (d)	雌 Female	17	14.18±1.01bc	18	13.27±0.70b	22	16.91±0.64d	65	16.28±0.44cd	17	7.88±1.06a
雌性繁殖力（粒/雌） Fecundity (eggs/female)	雌 Female	17	374.06±44.74b	18	420.08±30.10bc	22	473.73±41.40c	65	380.32±20.05b	17	144.29±27.36a

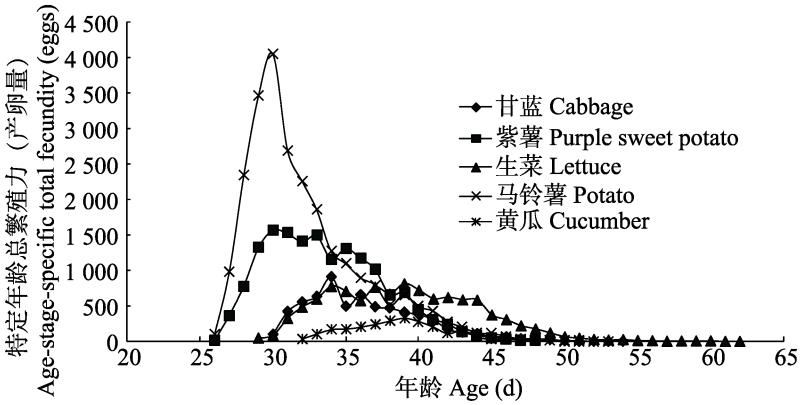

图 2　取食 5 种蔬菜的扶桑绵粉蚧特定年龄总产卵量

Fig. 2　Age-specific total eggs laid of *Phenacoccus solenopsis* reared on 5 vegetables

表 3　取食 5 种蔬菜的扶桑绵粉蚧种群生命参数

Table 3　Population parameters of *Phenacoccus solenopsis* reared on 5 vegetables

种群参数 Parameters	甘蓝 Cabbage		紫薯 Purple sweet potato		生菜 Lettuce		马铃薯 Potato		黄瓜 Cucumber	
	n	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE	*n*	Mean±SE
内禀增长率 Intrinsic rate (r_m)(d^{-1})	150	0.10±0.01b	150	0.14±0.00c	150	0.11±0.00b	150	0.16±0.00d	150	0.07±0.01a
周限增长率 Finite rate (λ)(d^{-1})	150	1.11±0.01b	150	1.15±0.01c	150	1.12±0.00b	150	1.17±0.00d	150	1.07±0.01a
净生殖率 Net reproductive rate (R_0)	150	43.51±9.86ab	150	105.31±21.90c	150	69.49±1.87bc	150	164.76±12.30d	150	16.53±3.35a
世代平均周期 *T* Mean generation time	150	36.34±0.70c	150	33.55±0.30b	150	38.76±0.32d	150	32.17±0.03a	150	39.27±0.27d
倍增时间 *t* Population doubling time	150	6.85±0.40b	150	5.05±0.18a	150	6.33±0.09b	150	4.37±0.06a	150	9.98±0.72c
繁殖力 *F* Fecundity	150	131.07±25.90ab	150	254.13±44.60c	150	208.07±30.46bc	150	301.59±22.10c	150	55.56±10.43a
总生殖率 Gross reproductive rate	150	155.19±39.25ab	150	302.95±39.36c	150	240.78±26.93bc	150	308.62±23.64c	150	74.87±12.75a

的内禀增长率、周限增长率、净增值率分别为 0.16 d^{-1}、1.17 d^{-1}、164.76 后代，显著高于取食紫薯（0.14 d^{-1}、1.15 d^{-1}、105.31 后代）、生菜（0.11 d^{-1}、1.12 d^{-1}、69.49 后代）、甘蓝（0.10 d^{-1}、1.11 d^{-1}、43.51 后代）和黄瓜（0.07 d^{-1}、1.07 d^{-1}、16.53 后代）的，其中取食甘蓝和生菜的差异不显著。取食黄瓜的平均世代周期 39.27 d，与取食甘蓝（36.34 d）、紫薯（33.55 d）、马铃薯（32.17 d）的差异显著，与生菜（38.76 d）的差异不显著。取食黄瓜的种群倍增时间为 9.98 d，与取食甘蓝（6.85 d）、生菜（6.33 d）、紫薯（5.05 d）、马铃薯（4.37 d）的差异显著，其中取食甘蓝和生菜的差异不显著，取食紫薯和马铃薯的差异不显著。取食马铃薯的繁殖力和总生殖率最高，分别为 301.59 和 308.62，显著高于甘蓝和黄瓜，但与紫薯和生菜差异不显著。

3　结论与讨论

研究结果表明，5 种蔬菜对扶桑绵粉蚧各龄期若虫和蛹的历期及存活率、雌雄成虫的寿命及

雌虫繁殖力等方面都有不同程度的影响。雌虫若虫的发育历期由长到短顺序为黄瓜>生菜>甘蓝>马铃薯>紫薯。雄虫蛹的历期也存在差异，取食甘蓝的雄虫蛹期（7.93 d）显著长于取食生菜、马铃薯的雄虫蛹期，分别为 7.25 d、7.14 d。就存活率而言，扶桑绵粉蚧在马铃薯、紫薯上的存活率较高，在其他 3 种蔬菜上的存活率较低。取食马铃薯的总生殖率最高，取食黄瓜的总生殖率最低。这说明扶桑绵粉蚧对不同寄主植物的适应性不同，马铃薯是其嗜好寄主，相对而言黄瓜是其不适宜寄主。

关鑫等（2012b）报道，马铃薯上扶桑绵粉蚧平均每雌产卵量为 552.50 粒。本研究结果表明，取食甘蓝、紫薯、生菜、马铃薯和黄瓜的扶桑绵粉蚧平均每雌产卵量分别为 374.06、420.08、473.73、380.32 和 144.29 粒。说明扶桑绵粉蚧的生殖力受蔬菜的影响巨大，这可能与不同蔬菜叶片的营养成分和次生物质的种类与含量不同有关。关鑫等（2012b）的结果与本实验结果存在差异，可能有以下几个原因：①关鑫试验是在（26±0.5）℃、RH60%~70%、L∶D=14∶10 条件下进行的；②所使用的虫源与本试验来源不同；③试验前用与试验用寄主植物相同的植物饲养扶桑绵粉蚧 3 代后进行试验等。黄芳等（2011）在（27±1）℃、RH（70±5）%、L∶D=12∶12 条件下研究了棉花、番茄、茄子 3 种寄主植物上扶桑绵粉蚧的生长发育情况，番茄上扶桑绵粉蚧平均每雌产卵量为 193.30 粒。王前进等（2013）研究的番茄上扶桑绵粉蚧平均每雌产卵量为 342.63 粒，其研究条件是（28±1）℃、RH（75±5）%、L∶D=14∶10。两者试验结果的差异可能与试验温度相关。

本研究中，扶桑绵粉蚧雄成虫寿命也受寄主植物的影响。雄成虫寿命由长到短分别为：马铃薯（5.32±0.09）d、紫薯（4.85±0.03）d、生菜（4.03±0.33）d、黄瓜（3.99±0.06）d、甘蓝（3.78±0.24）d，与各蔬菜内禀增长率、周限增长率、净生殖率情况相一致。这与黄芳等（2011）的研究结果吻合，而王前进等（2013）研究结果显示，扶桑绵粉蚧在不同寄主植物上的雄成虫寿命长短跟生殖力没有关系，相关研究尚需进一步深入进行。

扶桑绵粉蚧种群增长参数由寄主和环境条件等多因素决定。内禀增长率（r_m）是评估害虫种群增长潜力的主要参数。本实验中取食 5 种寄主蔬菜的扶桑绵粉蚧的 r_m 均大于 0，最低的是黄瓜，为 0.07，最高的为马铃薯，为 0.16。说明在 5 种蔬菜中，马铃薯是扶桑绵粉蚧种群扩增最快的嗜好寄主。在 5 种蔬菜上，扶桑绵粉蚧下一代种群数量均会上升，不加以控制均会造成危害。马铃薯、紫薯作为扶桑绵粉蚧嗜好寄主尤其需要重视，同时也不可忽视生菜、甘蓝、黄瓜等可周年化种植的蔬菜。随着日光温室和冬季加温大棚数量的增加，蔬菜种植面积的日益扩大，品种的日益增多，根据栽培蔬菜种类做好监测预测并进行相应的防治尚需进一步研究。

本研究是在室内可控制的恒定环境条件下完成的，排除了自然天敌等生物因子的影响，并在试验中选取离体的蔬菜叶片作为扶桑绵粉蚧的食物，而离体叶片和活体植物的营养物质及次生物质种类和含量有较大差别。虽然研究结果对了解扶桑绵粉蚧在不同蔬菜上的生命参数有借鉴意义，但并不能完全反映田间的真实情况，因此相关问题尚需进一步探索。

参考文献 (References)

Arif MI, Rafiq M, Ghaffar A, 2009. Host plants of cotton mealybug (*Phenacoccus solenopsis*): a new menace to cotton agroecosystem of Punjab. *Int. J. Agric. Biol.*, 11(2): 163–167.

Ben-Dov Y, Miller DR, Gibson GAP, 2015. ScaleNet. a database of the scale insects of the world. Available from: http://www. sel. barc. usda. gov/scalenet/scalenet. htm (accessed 25 April 2015).

Chi H, Getz WM, 1988. Mass rearing and harvesting based on an age-stage, two-sex life table: a potato tuber worm (Lepidoptera: Gelechiidae) case study. *Environ. Entomol.*, 17(1): 18–25.

Chi H, Liu H, 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull. Inst. Zool. Academia Sinica*, 24(2): 225–240.

Dutt U, 2007. Mealybug infestation in Punjab: Bt. cotton falls flat. Online article at http://www.Countercurrents.org/dutt210807.

htm. August.

Fand BB, Suroshe SS, 2015. The invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, a threat to tropical and subtropical agricultural and horticultural production systems. *Crop Production*, 69: 34–43.

Guan X, Lu YY, 2012. Study on body length, body width and morphological characteristics of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley fed on cotton. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 40(1): 261–262, 298. [关鑫, 陆永跃, 2012. 棉花上扶桑绵粉蚧各虫态体长,体宽与形态特征研究. 安徽农业科学, 40(1): 261–262, 298.]

Guan X, Lu YY, Zeng L, 2012. Study on developmental duration and fecundity of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on four species of hosts. *Agricultural Science & Technology*, 13(2): 408–411. [关鑫, 陆永跃, 曾玲, 2012. 4 种寄主植物上扶桑绵粉蚧发育历期和产仔量研究. 农业科学与技术, 13(2): 408– 411.]

Hodgson C, Abbas G, Karar H, Arif MJ, Saeed S, 2008. *Phenacoccus Solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae), an invasive mealybug damaging cotton in Pakistan and India, with a discussion on seasonal morphological variation. *Zootaxa*, 1913: 1–35.

Huang F, Zhang PJ, Zhang JM, Zhu YY, Lv, YB, Zhang ZJ, 2011. Effects of three host plants on the development and reproduction of *Phenacoccus solenopsis*. *Plant Protection*, 37(4): 58–62. [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.]

Lv MC, Ruan YM, Wang YY, Lin LM, Zhang JP, Chen CC, Lin YX, 2013. Effects of different host plants on the development and reproduction of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. *Journal of Zhejiang Normal University* (*Nat. Sci.*), 36(2): 213–216. [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.]

McKenzie HL, 1967. Mealybug of California with taxonomy, biology, and control of North American species(Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae). California: University of California Press. 526.

Nagrare VS, Kranthi S, Biradar VK, Zade NN, Sangode V, Kakde G, Shukla RM, Shivare D, Khadi BM, Kranthi KR, 2009. Widespread infestation of the exotic mealybug species, *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley)(Hemiptera: Pseudococcidae), on cotton in India. *Bulletin of Entomological Research*, 99(5): 537–541.

Sokal RR, Rohlf FJ, 1995. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 3 ed. New York: W.H. Freeman & Com. 887.

Wang JR, Li DQ, Xiong SH, Wei LL, Li SG, Luo GH, Shao B, Yang ZL, 2015. The host of *Phenacoccus solenopsis* in China mainland and a new record of Rubiaceae host. *Plant Quarantine*, 29(6): 27–31. [汪金蓉, 李德强, 熊世海, 韦丽莉, 李树贵, 罗国华, 邵斌, 杨子林, 2015. 扶桑绵粉蚧中国大陆寄主植物及一种茜草科寄主新纪录. 植物检疫, 29(6): 27–31.]

Wang L, Yao T, Sun JX, 2010. Monitoring and controlling of *Phenacoccus solenopsis*. *Journal of Guangdong Agricultural Science*, (2): 99–100. [王琳, 姚挺, 孙嘉祥, 2010. 扶桑绵粉蚧的监测与防治. 广东农业科学, (2): 99–100.]

Wang QJ, Gao Y, Chen T, Qi GJ, Lv LH, He YR, 2013. Studies on fitness and potential hazard of the invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on five species of plants. *Journal of Environmental Entomology*, 35(6): 699–706. [王前进, 高燕, 陈婷, 齐国君, 吕利华, 何余容, 2013. 5 种植物上扶桑绵粉蚧的适生性及其潜在为害分析. 环境昆虫学报, 35(6): 699–706.]

Wu SA, Zhang RZ, 2009. A new invasive pest, *Phenacoccus solenopsis*, threatening seriously to cotton production. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(1): 159–162. [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.]

Zhou W, Wang DZ, Qiu ZL, Zhou P, Liu WT, Ge X, Hu SL, Fang ZX, 2012. Host plants of *Phenacoccus solenopsis* in Zhejiang Province and its occurrence characters. *Plant Protection*, 38(2): 152–155. [周湾, 王道泽, 仇智灵, 周平, 刘伟塘, 葛翔, 胡树良, 方镇许, 2012. 扶桑绵粉蚧在浙江的寄主植物与发生特点. 植物保护, 38(2): 152–155.]

Zhou W, Lin YB, Xu FX, Yan T, Wang XH, Liang XH, Shi ZH, 2010. Investigation of distribution and damage of *Phenacoccus solenopsis* in Zhejiang Province. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1231–1235. [周湾, 林云彪, 许凤仙, 严铁, 王秀华, 梁仙和, 施祖华, 2010. 浙江省扶桑绵粉蚧分布危害调查. 昆虫知识, 47(6): 1231–1235.]