

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.04.5

不同温度和寄主植物对扶桑绵粉蚧生长发育的影响

陆星星¹, 闫鹏飞², 咎庆安², 邓裕亮³, 陈霞⁴, 张宏瑞^{2*}

(1. 玉溪农业职业技术学院, 云南玉溪 653106; 2. 云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201;

3. 西双版纳出入境检验检疫局, 云南景洪 653106; 4. 西双版纳职业技术学院, 云南景洪 666100)

摘要: 为明确温度和寄主对扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* 生长发育的影响, 本文在室内研究了不同温度和不同寄主上该虫的发育历期、发育起点温度、有效积温、成虫性比和存活率, 结果表明: 18℃–30℃范围内, 随着温度升高, 扶桑绵粉蚧发育历期逐渐缩短, 34℃与30℃下无明显差异。该虫不同虫期发育起点温度均较高, 其中2龄雄若虫和雌若虫最高, 分别为19.11℃、16.14℃, 蛹最低, 为12.22℃。有效积温蛹最大, 为87.40日·度, 1龄若虫次之(77.12日·度), 2龄雄若虫最小(26.32日·度)。18℃–30℃时各虫期死亡率随着温度升高而降低, 34℃时又有升高。取食4种寄主时扶桑绵粉蚧发育历期有所变化, 1龄若虫番茄上显著长于马铃薯; 2龄雌雄若虫番茄上显著长于扶桑和马铃薯; 3龄雌若虫以烟草和番茄上较长, 扶桑和马铃薯上较短; 雄蛹、雄成虫历期均无差异; 烟草上雌成虫存活时间最长; 雌虫整个虫期存活时间最长, 为53.77 d, 番茄次之(48.65 d), 扶桑、马铃薯较短, 分别为43.39 d、39.79 d。雄虫整个虫期存活时间烟草明显长于扶桑。不同寄主上扶桑绵粉蚧雌雄虫比率差异较大, 以马铃薯上雄虫率最高(37.78%), 其次为扶桑(26.67%), 烟草上最低(8.01%)。

关键词: 扶桑绵粉蚧; 生长发育; 温度; 寄主植物

中图分类号: Q965; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 04-0698-06

Effect of temperature and host plants on the development of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley

LU Xing-Xing¹, YAN Peng-Fei², ZAN Qing-An¹, DENG Yu-Liang³, CHEN Xia⁴, ZHANG Hong-Rui^{2*}

(1. Yuxi Agriculture Vocation-Technical College, Yuxi 653100, Yunnan Province, China; 2. Plant Protection College, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. Xishuangbanna Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Jinghong 653106, Yunnan Province, China; 4. Xishuangbanna Vocation-Technical College, Jinghong 666100, Yunnan Province, China)

Abstract: In order to definite the effect of temperature and host plants on the development of *Phenacoccus solenopsis*, experiment was carried out indoors to study the development durations, developmental threshold, rate of male and survival of *P. solenopsis* under different temperature and host plant. The results showed that, ranged from 18℃ to 30℃, development durations of *Solenopsis mealybug* decreased with increased temperature, and there has no significant difference between 30℃ and 34℃. *Solenopsis mealybug* have relatively high development lower threshold temperature. The 2nd instar female and male were 16.14℃ and 19.11℃ respectively, and pupa stage was lowest 12.22℃. Degree-days was highest 87.40 in pupa stage, 37.88 in female 2nd instar larva and 26.32 in male 2nd instar larva. From 18℃ to 30℃, the mortality reduced with temperature increased, while subsequently increased when temperature higher than 30℃.

基金项目: 云南省中青年学术技术带头人后备人才项目(2015HB036); 云南出入境检验检疫局科技计划项目(2013YN017); 云南农业大学农业入侵生物可持续控制研究省创新团队(2011HC005)

作者简介: 陆星星, 1976年生, 硕士, 副教授, 主要从事农业有害生物防治研究, Email: yxnzyxcb@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: hongruizh@126.com

收稿日期 Received: 2016-06-02; 接受日期 Accepted: 2016-07-10

Developmental durations of *Solenopsis mealybug* have significant difference when feeding on different host plants. The 1st larva stage, feeding on tomato has significant longer developmental duration than feeding on potato. The 2nd instar and 3rd instar larva had the longest developmental duration feeding on tomato, which have significant difference with feeding on potato and Chinese hibiscus. The developmental durations of 3rd female instar feeding on tobacco and tomato was longer than that feeding on potato and Chinese hibiscus. The longevity of male pupa and adult showed no significant difference by feeding on four different host plants. Female adult has the longest life span feeding on tobacco, the total duration was 53.77 d, secondly total duration feeding on tomato was 48.65 d, then feeding on Chinese hibiscus and potato were 43.39 d and 39.79 d respectively. Total duration of male feeding on tobacco has significant longer than that feeding on Chinese hibiscus. There showed significant difference of male rate feeding on different host plants, the highest rate of male feeding on potato emerged was 37.78%, 26.67% and 8.01%, feeding on potato and tobacco respectively.

Key words: *Phenacoccus solenopsis*; development; temperature; host plant

扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 是我国的一种入侵性害虫(武三安, 张润志, 2009), 在我国台湾、广东、广西、福建、浙江、江西、湖南、四川、云南、海南等 13 个省区有报道危害(徐卫等, 2009; Ahmed *et al.*, 2015)。云南省扶桑绵粉蚧呈点状分布, 且分布区域较小, 仅在红河、保山、德宏、怒江、楚雄、西双版纳等地零星发现(闫鹏飞等, 2013)。

扶桑绵粉蚧寄主植物广泛, 并随着调查的深入呈逐步增加的趋势, 目前我国报道的寄主植物达 56 科 166 种(汪金蓉等, 2015)。主要危害菊科 Asteraceae、锦葵科 Malvaceae、茄科 Solanaceae、豆科 Leguminosae 等植物。云南省植物资源丰富, 扶桑绵粉蚧的寄主广泛存在, 已发现扶桑寄主植物 14 科 18 属 19 种(闫鹏飞等, 2013)。2009 年以来, 受害植物多为行道树木及农田杂草, 并未对粮食作物和经济作物造成严重损失。2015 年在云南省发现茜草科 Rubiaceae 植物小粒咖啡 *Coffea arabica* L. 受害严重(汪金蓉等, 2015)。目前, 该虫在云南省均分布在边境地区, 尚未发现明显危害作物, 但云南省花卉、蔬菜调运及进出口贸易频繁, 而扶桑绵粉蚧的传播主要依靠植物产品的调运, 因此, 其传播扩散风险和为害潜力不容忽视。如果不及时摸清该虫在云南省的分布危害情况及其生态适应性, 采取相应的控制措施, 该虫就会随染虫植物人为快速传播, 短期内在适生地定殖并迅速扩散蔓延, 给进出口贸易带来巨大的风险。

扶桑绵粉蚧作为入侵性害虫, 国内外很多学者对生物学特性的研究主要集中于温度和寄主对

其生长发育的影响, 印度学者以棉花为寄主, 65% ± 2% 湿度条件下研究了扶桑绵粉蚧不同温度下的生长发育, 在 15℃ – 35℃ 该虫均能完成生活史, 正常发育并繁殖后代, 且 32℃ 为其最适宜生长发育温度(Prasad *et al.*, 2012)。扶桑绵粉蚧严重危害蔬菜、花卉和咖啡等重要农业经济作物, 寄主范围较广, 适应性较强。不同学者研究了不同寄主对扶桑绵粉蚧生长发育的影响(黄芳等, 2011; 王莹莹等, 2012; 吕茂翠等, 2013; 王前进等, 2015)。不同的植物对扶桑绵粉蚧种群数量的影响较大, 黄芳等在恒温 27℃ 下研究表明棉花、番茄和茄子 3 种寄主植物对扶桑绵粉蚧生长发育和繁殖的影响并分析了实验种群生命表参数(黄芳等, 2011)。

本文通过观察不同温度和不同寄主植物对扶桑绵粉蚧生长发育的影响, 研究该虫对温度和寄主植物的适生性, 为评估该虫扩散传播潜力和成灾机制等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫及寄主植物

供试昆虫采自云南省文山州富宁县的小驳骨 *Gendarussa vulgaris*。经室内制片鉴定为扶桑绵粉蚧, 在恒温箱内以扶桑 *Hibiscus rosasinensis* 枝条为寄主繁育 10 代以上。供试植物于室内扦插于纸杯中, 取高约 5 cm 的扶桑枝条及高约 5 cm 的马铃薯 *Solanum tuberosum*、番茄 *Lycopersicon esculentum*、烟草 *Nicotiana tabacum* 幼苗。

将已交配的扶桑绵粉蚧雌成虫单头置于放有

植物的培养皿（直径 9 cm）内，培养皿底部铺湿润滤纸，置于温度 26℃ ± 1℃、湿度 70% ± 5%、光照 12L:12D 的人工气候箱内饲养，待其卵囊形成，开始接虫至不同的寄主植物，重复以上操作，直至第二代卵囊形成即开始试验。

1.2 不同温度下扶桑绵粉蚧的生长发育情况

设置 18℃、22℃、26℃、30℃、34℃ 5 个温度梯度。用柔软的小毛笔将扶桑绵粉蚧小心挑入选好的扶桑植株上，每株挑入 1 头后置于人工气候箱内（光周期 12L:12D、RH 70% ± 5%），每个温度处理观察 30 头以上。每日 8:00 和 20:00 分别观察一次，记录各虫态发育和存活情况。发现化蛹虫体，将其连植株组织一起取下，置于铺有湿润滤纸的培养皿（直径 3 cm）内，并用生物膜封口，继续观察。

1.3 不同寄主上扶桑绵粉蚧的生长发育情况

共 4 种寄主，分别为扶桑、马铃薯、烟草、番茄。用柔软的小毛笔将扶桑绵粉蚧小心挑入选好的寄主植物上，每株挑入一头后置于人工气候箱内。每种寄主接虫 30 头以上。实验条件和观察记录方法同 1.2。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 对扶桑绵粉蚧各虫态在不同温度下及不同寄主上的发育历期进行显著性检验进行分析。根据不同温度下扶桑绵粉蚧各虫态的发育历期，以各温度处理作自变量，以发育速率（ $V = 1/N$ ， N 为发育历期）作引变量，用直线回归方法建立回归方程 $y = a + bt$ ，直线在 x 轴上的截

距即是发育起点温度 $C = -a/b$ ，直线的斜率就是有效积温 $K = 1/b$ 。

2 结果与分析

2.1 不同温度下扶桑绵粉蚧的发育历期

不同温度下扶桑绵粉蚧发育历期见表 1。除 34℃ 外各个虫期发育历期随着温度升高逐渐缩短，其中 18℃ 时各虫态的发育历期均最长，例如雌虫总存活时间分别为 94.46 d；而 30℃ 最短，为 38.82 d。34℃ 各虫期发育历期与 30℃ 无明显差异，其 1 龄若虫、2 龄雌若虫、2 龄雄若虫、3 龄雌若虫、雄蛹历期分别为 4.01 d、2.54 d、2.07 d、3.54 d、4.36 d；雌成虫、雄成虫历期及雌虫、雄虫总存活时间分别为 29.02 d、1.57 d 和 39.54 d、11.00 d。

扶桑绵粉蚧的发育起点温度总体较高，其中 2 龄雄若虫最高为 19.11℃，2 龄雌若虫次之为 16.14℃，3 龄雌若虫、1 龄若虫分别为 14.51℃、13.36℃，雄蛹最低为 12.22℃。各虫态有效积温按雄蛹、1 龄若虫、3 龄雌若虫、2 龄雌若虫、2 龄雄若虫依次降低，分别为 87.40 日·度、77.12 日·度、60.00 日·度、37.88 日·度、26.32 日·度（表 2）。

18℃ 时扶桑绵粉蚧死亡率最高，为 38.78%；30℃ 时最低，仅为 3.23%；死亡主要发生在 1 龄若虫期。雄虫比率则在 30℃ 时最高，为 36.67%；18℃ 时最低，仅有 10.00%（表 3）。

表 1 不同温度下扶桑绵粉蚧的发育历期（d）

Table 1 Development durations of *Phenacoccus solenopsis* at different temperatures

温度 (°C) Temperatures	1 龄若虫 1 st nymph	2 龄若虫 2 nd nymph		3 龄雌若虫 3 rd female nymph	雄蛹 Male pupa ♂	成虫 Adult		存活时间 Total duration	
		雌 Female	雄 Male			雌 Female	雄 Male	雌 Female	雄 Male
18	24.05 ± 0.94 a	13.94 ± 0.91 a	12.33 ± 1.20 a	17.93 ± 0.97 a	18.17 ± 0.67 a	38.18 ± 2.13 a	10.67 ± 2.09 a	94.46 ± 2.21 a	58.67 ± 9.77 a
22	7.45 ± 0.43 b	9.22 ± 0.77 b	10.80 ± 0.89 a	7.96 ± 0.36 b	7.90 ± 0.80 b	32.80 ± 2.48 ab	5.70 ± 0.34 b	57.28 ± 2.40 b	32.60 ± 1.21 b
26	6.05 ± 0.22 b	4.29 ± 0.32 c	5.00 ± 0.55 b	5.64 ± 0.50 c	6.94 ± 0.73 bc	27.02 ± 1.64 b	2.94 ± 0.55 bc	43.39 ± 1.62 c	20.81 ± 0.80 c
30	5.38 ± 0.22 bc	2.55 ± 0.14 c	3.86 ± 0.36 bc	3.95 ± 0.32 c	5.45 ± 0.46 c	26.29 ± 1.41 b	3.00 ± 0.57 c	38.82 ± 1.26 c	16.59 ± 0.56 cd
34	4.01 ± 0.17 c	2.54 ± 0.19 c	2.07 ± 0.46 c	3.54 ± 0.21 c	4.36 ± 0.37 c	29.02 ± 1.94 b	1.57 ± 0.45 c	39.54 ± 1.99 c	11.00 ± 0.80 d

注：表中同列数据后具相同小写字母者表示经 LSD 法分析在 0.05 水平上差异不显著。表 4 同。Note: Datas are mean ± SE. Datas in the same column followed by different letters is significantly different (LSD) at level of 0.05. Table 4 is same as this.

表 2 扶桑绵粉蚧发育起点温度与有效积温

Table2 Developmental threshold and effective accumulated temperature for different stages of <i>Phenacoccus solenopsis</i>		
发育阶段 Development stage	发育起点温度 (℃) Developmental threshold	有效积温 (日·度) Effective accumulated temperature (Degree · days)
1 龄若虫 1 st nymph	13. 36	77. 12
2 龄雌若虫 Female 2 nd nymph	16. 14	37. 88
3 龄雌若虫 Female 3 rd nymph	14. 51	60. 00
2 龄雄若虫 Male 2 nd nymph	19. 11	26. 32
雄蛹 Male pupa	12. 22	87. 40

表 3 不同温度下扶桑绵粉蚧死亡率及雄虫比率

Table 3 Mortality and male rate of <i>Phenacoccus solenopsis</i> at different temperatures					
温度 (℃) Temperature	死亡率 Mortality (%)				雄虫比率 (%) Male rate
	1 龄若虫 1 st nymph	2 龄雌若虫 Female 2 nd nymph	3 龄雌若虫 Female 3 rd nymph	雄蛹 Male pupa	
18	32. 65	4. 08	2. 04	0	10. 00
22	16. 22	0	2. 7	0	16. 67
26	10. 00	0	0	0	26. 67
30	3. 23	0	0	0	36. 67
34	6. 06	0	3. 03	0	23. 33

2.2 不同寄主植物对扶桑绵粉蚧生长发育的影响

4 种寄主植物上扶桑绵粉蚧的生长发育情况详见表 4。1 龄若虫在番茄上的发育历期最长为 6. 93 d，显著长于在马铃薯上的发育历期 5. 82 d，但与烟草上的发育历期 6. 58 d 无显著差异。2、3 龄雌若虫在番茄上的发育历期最长为 7. 15 d 和 8. 45 d，与取食扶桑和马铃薯的差异显著，2 龄的发育历期分别是 4. 29 d、5. 36 d，3 龄的发育历期为 5. 64 d、5. 41 d。但与烟草上的差异不显著。雌成虫在烟草上存活时间最长为 32. 96 d，在其他三种寄主植物上的存活时间分别为 25. 98 d、

27. 02 d、23. 08 d 均有显著差异。

扶桑绵粉蚧雌虫在烟草上存活时间最长，为 53. 77 d，显著长于其它 3 种寄主植物上的存活时间，番茄、扶桑、马铃薯上雌虫总存活时间分别为 48. 65 d，43. 39 d，39. 79 d。雄虫蛹期及成虫期，不同寄主上无显著差异，2 龄雄虫在番茄上的发育历期为 7. 50 d，显著高于在扶桑和马铃薯上的，发育历期分别为 5. 00 d、6. 00 d。不同寄主上的扶桑绵粉蚧的雌雄虫比率有较大差异，其中马铃薯上的扶桑绵粉蚧雄虫率最高为 37. 78%，其次扶桑上为 26. 67%，烟草上最低，仅 8. 01%（图 1）。

表 4 不同寄主植物上扶桑绵粉蚧的发育历期 (d)

Table 4 Developmental durations of <i>Phenacoccus solenopsis</i> by feeding different host plants					
寄主 Host plant	1 龄若虫 1 st nymph	2 龄若虫 2 nd nymph		3 龄雌若虫 Female 3 rd nymph	雄蛹 Male pupa
		♀	♂		
烟草 <i>N. tabacum</i>	6. 58 ± 0. 32 ab	6. 36 ± 0. 33 ab	6. 33 ± 0. 44 ab	7. 88 ± 0. 33 a	7. 50 ± 0. 29 a
番茄 <i>L. esculentum</i>	6. 93 ± 0. 24 a	7. 15 ± 0. 50 a	7. 50 ± 0. 71 a	8. 45 ± 0. 50 a	5. 40 ± 0. 73 a
扶桑 <i>H. rosasinensis</i>	6. 05 ± 0. 22 ab	4. 29 ± 0. 32 b	5. 00 ± 0. 55 b	5. 64 ± 0. 50 b	6. 94 ± 0. 73 a
马铃薯 <i>S. tuberosum</i>	5. 82 ± 0. 14 b	5. 36 ± 0. 23 b	6. 00 ± 0. 29 b	5. 41 ± 0. 25 b	6. 65 ± 0. 39 a

续上表

寄主 Host plant	成虫 (d) Adult		存活时间 (d) Total duration	
	♀	♂	♀	♂
烟草 <i>N. tabacum</i>	32.96 ± 1.30 a	4.17 ± 0.44 a	53.77 ± 1.46 a	24.67 ± 1.58 a
番茄 <i>L. esculentum</i>	25.98 ± 1.00 b	4.10 ± 0.43 a	48.65 ± 1.07 b	23.10 ± 0.73 ab
扶桑 <i>H. rosasinensis</i>	27.02 ± 1.64 b	2.94 ± 0.55 a	43.39 ± 1.62 bc	20.81 ± 0.80 b
马铃薯 <i>S. tuberosum</i>	23.08 ± 1.41 b	3.47 ± 0.26 a	39.79 ± 1.57 c	21.76 ± 0.34 ab

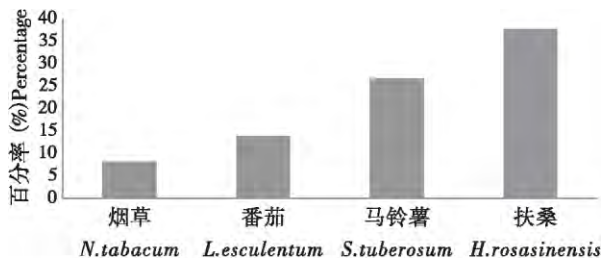


图1 不同寄主植物上扶桑绵粉蚧雄虫比率

Fig. 1 Male rate of *Phenacoccus solenopsis* feeding on different host plant

3 结论与讨论

本研究中, 30℃ – 34℃ 时扶桑绵粉蚧若虫和蛹发育速率均达到最高。在 18℃ – 30℃ 范围内扶桑绵粉蚧死亡率随着温度升高而降低, 34℃ 时死亡率再次升高, 可见该虫高温极限大概在 30℃ 左右, 超过 30℃, 其发育速率下降, 死亡率升高, 这是由于高温抑制的结果。这与王莹莹等 (2012) 观察到的 30℃ 各虫态发育历期相对 28℃ 有所延长的结论不一致。Prasad 等 (2012) 研究结果 32℃ 为其最适宜生长发育温度, 这可能是不同实验种群带来的差异。在印度, 扶桑绵粉蚧为适应高温干旱气候适于在较高温度下生长发育。丁吉同等 (2013) 也有报道, 扶桑绵粉蚧对高温有很强的耐受能力。扶桑绵粉蚧各虫态的发育期点温度均较高, 蛹期的发育起点温度最低, 为 12.22℃, 高于报道雄蛹的发育起点温度为 8.39℃ (王莹莹等, 2012) 的结论相差较大, 但与黄玲等 (2011) 以棉花为寄主植物测得 2 龄雌若虫期要求的发育起点温度为 14.74℃ 相接近。不同研究者在不同寄主上的研究结果会有所不同, 这可能是不同寄主或者相同寄主的不同品系、不同地理种群、不同研究时期或试验条件不同所致 (黄芳等, 2011; Guan *et al.*, 2012)。

关鑫等 (2011) 单独饲养观察了采自广州城区多个地点扶桑上的数百头扶桑绵粉蚧雌虫, 发现没有雄虫存在的条件下雌虫不能产生卵囊, 也不产卵, 即未交配的雌虫不能进行有效生殖; 张革伟等 (2015) 在研究交配行为对扶桑绵粉蚧产卵的影响中发现, 未交配雌虫卵细胞无法完成胚胎发育, 多数停留在二级卵阶段, 还存在被母体重新吸收现象, 故而扶桑绵粉蚧不存在孤雌生殖。但本研究在单头饲养的情况下, 发现少数雌虫存在孤雌生殖, 存在产生卵囊同时产生子代或仅产生卵囊但未产生子代的情况。在国外也有其孤雌生殖的报道 (Hakim, 2010)。存在此差异的原因, 可能是由于不同地理种群间存在着差异、不同的环境条件造成, 亦或是其它条件引起。因此还需对其生理学、生物学等进一步研究, 以明确产生此种现象的原因。

不同温度及不同寄主植物对扶桑绵粉蚧雄虫的产生均有影响。在 30℃ 时产雄最高, 雄虫为 36.67%, 在 18℃ 时雄虫仅有 10.00%; 在不同寄主上, 马铃薯为寄主的扶桑绵粉蚧产雄最多, 为 37.78%, 其次为扶桑, 为 26.67%, 烟草上最低, 为 8.01%。一般来说, 在不适环境下产雄更多, 如在高种群密度条件下有利于雄虫的产生 (胡凤, 2011), 但这与本研究观察到的现象并不吻合。因此, 还需进一步加强对其雄虫产生机理的研究。

参考文献 (References)

- Ahmed MZ, Ma J, Qiu BL, *et al.* Genetic record for a recent invasion of *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Asia [J]. *Environmental Entomology*, 2015, 44 (3): 907–918.
- Ding JT, Adili S, Hu CZ. Studies on Impact of high temperature and relative humidity on survival rates of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [J] *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2013, 36 (5): 387–390. [丁吉同, 阿地力·沙塔尔, 胡成志. 温度和相对湿度对扶桑绵粉蚧存活率的影响研究 [J]. 新疆农业大学学报, 2013, 36 (5): 387–390]
- Guan X, Lu YY, Zen L. Biology of mealybug *Phenacoccus solenopsis*

- Tinsley from Guangzhou fed on cotton [J]. *China Cotton*, 2011, 38 (8): 11–37. [关鑫, 陆永跃, 曾玲. 棉花上扶桑绵粉蚧广州种群生物学特性观察 [J]. 中国棉花, 2011, 38 (8): 11–37]
- Guan X, Lu YY, Zeng L. Study on developmental durations and fecundity of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on four species of hosts [J]. *Agricultural Science & Technology – Hunan*, 2012, 13 (2): 408–411.
- Guan X, Lu YY, Zeng L, et al. 2012. Life tables for the experimental population *Phenacoccus solenopsis* Tinsley at different temperatures [J]. *Agricultural Science & Technology*, 13 (4): 792–797. [关鑫, 陆永跃, 曾玲, 等. 不同温度下扶桑绵粉蚧试验种群生命表研究 [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2012, 13 (4): 792–797]
- Hakim AS, Ghulam HA, Rab DK, et al. Biological and morphological studies of cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) development under laboratory environment [J]. *Pak. J. Entomol. Karachi*. 2010, 25 (2): 131–141.
- Hu F, Liu H, Xiao TG, et al. Analysis on main affecting factors to *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, an invasive alien species [J]. *Crop Research*, 2011, 25 (1): 63–65. [胡凤, 刘慧, 肖铁光, 等. 扶桑绵粉蚧雄虫产生的主要影响因子分析 [J]. 作物研究, 2011, 25 (1): 63–65]
- Huang F, Zhang PJ, Zhang JM, et al. Effects of three host plants on the development and reproduction of *Phenacoccus solenopsis* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2011, 37 (4): 58–62. [黄芳, 张蓬军, 章金明, 等. 三种寄主植物对扶桑绵粉蚧发育和繁殖的影响 [J]. 植物保护, 2011, 37 (4): 58–62]
- Huang L, Liu H, Ou GC, et al. Preliminary studies on biology of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, a cotton pest [J]. *Crop Research*, 2011, 25 (3): 245–248. [黄玲, 刘慧, 欧高财, 等. 扶桑绵粉蚧部分生物学特性研究 [J]. 作物研究, 2011, 25 (3): 245–248]
- Lv MC, RuanYM, WangYY, et al. Effects of diffeent host plants on the development and reproduction of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. [J] *Journal of Zhejiang Normal University* (Nat. Sci.) 2013, 2: 213–216. [吕茂翠, 阮永明, 王媛媛, 等. 寄主植物对扶桑绵粉蚧生长发育和繁殖的影响 [J]. 浙江师范大学学报 (自然科学版), 2013, 2: 213–216]
- Prasad YG, Prabhakar M, Sreedevi G, et al. Effect of temperature on development, survival and reproduction of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) on cotton [J]. *Crop Protection*, 2012, 39: 81–88.
- Wang C, Chen F, Lu YY. Development and population growth of the cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae), under different photoperiods [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2014, 57 (4): 428–434. [王超, 陈芳, 陆永跃. 不同光周期条件下棉花粉蚧的生长发育和种群增长能力 [J]. 昆虫学报, 2014, 57 (4): 428–434]
- Wang YY, Xu ZH, Zhang LL, et al. Developmental duration and life table of the laboratory population of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) fed on pumpkin at different temperatures [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55 (1): 77–83. [王莹莹, 徐志宏, 张莉丽, 等. 南瓜寄主上扶桑绵粉蚧不同温度下的发育历期和实验种群生命表 [J]. 昆虫学报, 2012, 55 (1): 77–83]
- Wang JR, Li DQ, Xiong SH, 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, 李德强, 熊世海, 等. 扶桑绵粉蚧中国大陆寄主植物及一种茜草科寄主新记录 [J]. 植物检疫, 2015, 29 (6): 27–31]
- Wang QJ, Gao Y, Chen T, et al. Studies on fitness and potential hazard of the invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on five species of plants. [J] *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (6): 699–706. [王前进, 高燕, 陈婷, 等. 5种植物上扶桑绵粉蚧的适生性及其潜在为害分析 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (6): 699–706]
- 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]
- Xu W, Fu HB, Long QH, et al. The pest, *Phenacoccus solenopsis*, was discovered in Hainan Province [J]. *Plant Quarantine*, 2009, 23 (5): 33. [徐卫, 付海滨, 龙琼华, 等. 海南省发现有害生物—扶桑绵粉蚧 [J]. 植物检疫, 2009, 23 (5): 33]
- Yan PF, Sun YX, Li ZY, et al. Distribution and damage of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley in Yunan Province [J]. *Journal of Biosafety*, 2013, 22 (4): 237–241. [闫鹏飞, 孙跃先, 李正跃, 等. 云南省扶桑绵粉蚧的分布和危害 [J]. 生物安全学报, 2013, 22 (4): 237–241]
- Zhang GW, Zhu YY, Zhang PJ, et al. Effects of mating status on the development and oviposition in female mealybugs (*Phenacoccus solenopsis*) [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2015, 27 (2): 206–210. [张革伟, 朱艺勇, 张蓬军, 等. 交配对扶桑绵粉蚧雌虫发育及产卵的影响 [J]. 浙江农业学报, 2015, 27 (2): 206–210]