



孙峰, 叶伟峰, 潘志萍, 陆永跃. 不同密度棉花粉蚧种群对扶桑生长的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (1): 60–65.

不同密度棉花粉蚧种群对扶桑生长的影响

孙 峰¹, 叶伟峰², 潘志萍^{3*}, 陆永跃^{1*}

(1. 华南农业大学植物保护学院, 广州 510642; 2. 黄埔海关, 广州 510730;

3. 广东省科学院动物研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广州 520620)

摘要: 棉花粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 是我国一种重要外来入侵害虫。关于该害虫入侵发生对作物的危害程度一直是关注的重要方面。本文通过定量接种虫量的方法, 研究了棉花粉蚧初孵若虫不同初始密度 (50 头/株、100 头/株、200 头/株、400 头/株、800 头/株) 下扶桑苗生长规律。结果植株生长表明, 随着初始种群密度增大, 扶桑株高增长量、茎粗增长量逐渐降低, 棉花粉蚧对扶桑生长的抑制作用逐渐加重。当初始虫量较大时, 扶桑表现为生长显著减缓, 叶片萎缩、脱落等症状。当初始虫量为 50 头/株时, 扶桑株高及株高增长量分别降低 15.4%、28.9%, 显著低于对照; 当初始虫量为 400 头/株时, 扶桑受害严重, 与对照相比株高、株高增长量分别降低了 38.7%、70.2%, 茎粗和茎粗增长量分别降低了 21.2% 和 39.6%。对在扶桑上棉花粉蚧的危害时间和种群虫口当量分别与寄主株高、株高增长量、茎粗、茎粗增长量之间的关系进行二次曲线拟合, 分别建立了三者之间关系的拟合模型, 并通过该模型计算出已知该虫种群密度在一定时间内危害寄主的株高、株高增长量、茎粗和茎粗增长量, 推算出棉花粉蚧的防治指标。本研究结果为制定棉花粉蚧的防治指标提供了理论依据。

关键词: 棉花粉蚧; 扶桑; 种群密度; 株高; 茎粗

中图分类号: Q968.1, S433.3

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 01-0060-06

Effect on population density of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on the growth of *Hibiscus rosa-sinensis*

SUN Feng¹, YE Wei-Feng², PAN Zhi-Ping^{3*}, LU Yong-Yue^{1*} (1. School of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Huangpu Customs, Guangzhou 510730, China; 3. Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Science, Guangzhou 520620, China)

Abstract: *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, a newly invasive pest in China in recent years, has the characteristics of strong reproductive capacity, rapid spread and serious damage. It is an important aspect to play attention to the damage degree of the insect invasion to crops. The effects of initial different population density (50, 100, 200, 400 and 800 heads/plant) of *P. solenopsis* newly-hatched nymph on the seedling growth of *Hibiscus rosa-sinensis* were studied by indoor inoculation. The results showed that different initial population density had different effects on the growth of *H. rosa-sinensis*. When the initial population density was low, the effect on the growth of *H. rosa-sinensis* was small. With the increase of the

基金项目: 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队建设项目 (2020KJ134); 广东省科技计划项目 (2017B020202007); 广东省科学院科技发展专项 (2018GDASCX-0107)

作者简介: 孙峰, 男, 硕士, 主要从事农业昆虫与害虫防治研究。

* 通讯作者 Author for correspondence: 陆永跃, 博士, 教授, E-mail: luyongyue@scau.edu.cn; 潘志萍, 博士, 高级农艺师, E-mail: zhipingpan@126.com

收稿日期 Received: 2020-08-09; 接收日期 Accepted: 2020-09-03

population, the growth of *H. rosa-sinensis* was significantly reduced, and the symptoms of leaf atrophy and abscission were observed. With the increase of population density, the increment of plant height and stem diameter decreased gradually. When the initial number of insects was 50 heads/plant, the height and height growth of *H. rosa-sinensis* decreased by 15.4% and 28.9% respectively, and the damage was serious when the initial number of insects was 400 heads/plant. Compared with the control, the height and height growth of *H. rosa-sinensis* decreased by 38.7% and 70.2%, and the growth of stem diameter and stem diameter decreased by 21.2% and 39.6%, respectively. The quadratic curve fitting was used to fit the relationship between the damage time and the population population equivalent of mealybug to the host plant height, plant height increment, stem diameter and stem diameter increment respectively, and the fitting equations among the three were obtained respectively. Through the equation simulation, the plant height, plant height increment, stem diameter and stem of the known population density of the insect harming the host in a certain period of time were calculated. The control index of mealybug was preliminarily calculated. The results of this study provided a theoretical basis for the establishment of control index of *P. solenopsis*.

Key words: *Phenacoccus solenopsis*; *Hibiscus rosa-sinensis*; population density; plant height; stem diameter

棉花粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 又名扶桑绵粉蚧, 属半翅目 Hemiptera 粉蚧科 Pseudococcidae 绵粉蚧属 *Phenacoccus*, 是一种危害园林、水果、大田作物的害虫 (Tinsley, 1898; 陆永跃等, 2008)。棉花粉蚧寄主范围广泛, 可危害包括锦葵科 Malvaceae、茄科 Solanaceae、菊科 Asteraceae、大戟科 Euphorbiaceae、苋科 Amaranthaceae 和葫芦科 Cucurbitaceae 等 53 个科 154 种植物 (Arif *et al.*, 2009)。而且在受灾区域其寄主范围还在不断扩大, 如 2009 年浙江省调查到的寄主植物有 19 科 29 种, 但 2011 年增长为 33 科 66 种 (周湾等, 2010; 周湾等, 2012)。棉花粉蚧主要寄主植物除扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis* 外, 还有棉花 *Gossypium* spp.、茄子 *Solanum melongena*、南瓜 *Cucurbita moschata*、番茄 *Solanum lycopersicum*、向日葵 *Helianthus annuus*、巴豆 *Croton sparsiflorum*、蜀葵 *Althaea rosea*、豚草 *Ambrosia artemisiifolia* 等 (The ICAC Recorder, 2008)。截止 2015 年, 中国大陆扶桑绵粉蚧寄主植物共报道了 56 科 166 种 (汪金蓉等, 2015)。

棉花粉蚧主要以若虫和雌成虫危害寄主植物的幼嫩部分, 可导致植物长势衰弱、生长缓慢或停止、落叶落花等 (王琳和杨晓朱, 2010)。同时该虫分泌的蜜露可诱发霉污病, 严重时导致植物整株死亡 (Dutt, 2007; 武三安和张润志, 2009)。截至 2012 年, 棉花粉蚧已通过扶桑、棉花等多种农林植物传播、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)。

鉴于棉花粉蚧是新入侵我国大陆的一种危险性害虫, 因具有繁殖能力强、年发生世代多、世代重叠、种群增长潜力大等优势生物学特性, 该虫能在短时间内暴发成灾。为明确该虫对主要寄主作物的危害, 本文观察研究了不同种群密度下棉花粉蚧初始种群密度对扶桑生长的影响, 为制定棉花粉蚧的防治指标提供理论依据, 以期为进一步进行测报和综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试虫源: 供试棉花粉蚧采自广州地区扶桑植株上, 室温下 (26 ~ 28℃) 用扶桑植株饲养 2 个世代以上, 获得同一时间段的个体较均一、健康的初孵若虫供试。

供试植株: 扶桑植株采用扦插法种植在长 × 宽 × 高分别为 100 cm × 60 cm × 20 cm 的塑料盆中, 每盆种 1 株, 正常肥水管理, 选择长势较好、高度相近的植株作为供试植株。

1.2 试验方法

将供试的棉花粉蚧初孵若虫按每株 50 头、100 头、200 头、400 头、800 头的数量梯度分别接于各盆中的扶桑植株, 并在植株主茎基部 4 ~ 5 cm 高度涂抹一圈凡士林, 以防蚧虫逃逸。每个处理

设 10 盆, 对照设 10 盆。每隔 3 d 观察 1 次, 记录各扶桑植株上棉花粉蚧虫期、虫量和扶桑的植株高度、茎粗度以及生长情况。植株高度采用直尺测量茎基部到顶芽的高度, 茎粗度采用游标卡尺测量茎基部 6~7 cm 处的茎秆直径长度。整个实验期间气温在 24~30℃。

1.3 数据处理

数据分析与处理采用 SPSS14.0 软件进行分析, 绘图采用 Excel 软件。

2 结果与分析

2.1 棉花粉蚧对扶桑株高的影响

试验结果表明, 棉花粉蚧对扶桑株高的生长的抑制作用显著 (图 1、图 2)。接虫 4 d 后, 初始虫量达到 200 头/株以上时, 受害扶桑高度生长量与对照植株已出现明显差异, 表明棉花粉蚧接入扶桑后, 其取食危害显著影响到植物的生长。随着时间推移, 对照植株株高、株高增长量与受害植株的差异越来越明显。从 8 月 17 日到 9 月 6 日, 棉花粉蚧在扶桑上从初孵若虫发育到雌虫产卵, 经历 20 d。经过棉花粉蚧一个发育历期 (20 d) 危害后, 初始虫量为 50 头/株时, 扶桑株高及株高增长量与对照植株差异显著, 扶桑株高及株高增长量分别降低达 15.4% 和 28.9%, 表明初始虫量达到 50 头/株时, 对扶桑苗期高度生长危害已经比较明显。随着棉花粉蚧虫口密度的增加, 扶桑株高和株高增长量逐渐降低。初始虫量为

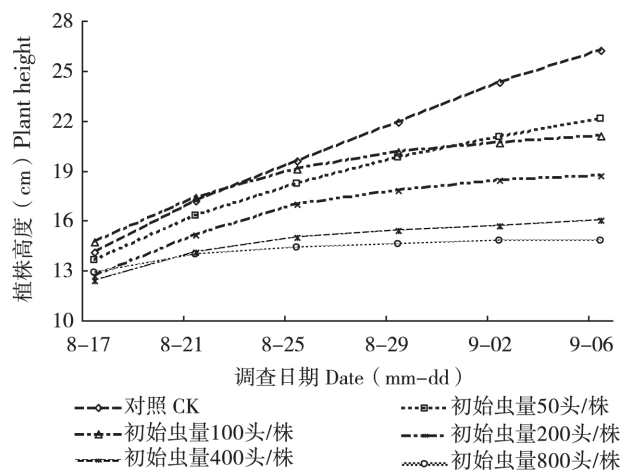


图 1 不同种群密度下棉花粉蚧对扶桑株高的影响

Fig. 1 Effect on the height of *Hibiscus rosa-sinensis* under different population densities of *Phenacoccus solenopsis*

400 头/株时, 扶桑株高及株高增长量分别降低达 38.7% 和 70.2%, 此虫害时植株高度生长已接近停滞状态。

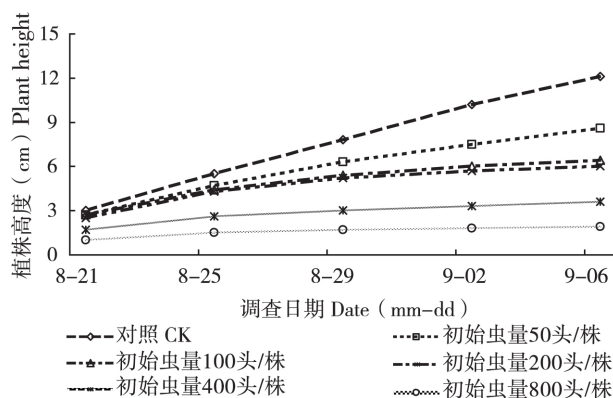


图 2 不同种群密度下棉花粉蚧对扶桑株高增长量的影响

Fig. 2 Effects on the height increment of *Hibiscus rosa-sinensis* under different population densities of *Phenacoccus solenopsis*

把各处理在各时间的虫量换算为虫口当量值, 对危害时间 x_1 、虫口当量 x_2 和扶桑株高 Y 之间的关系进行二次曲线拟合, 得到拟合曲线方程: $Y = 13.58 + 0.4590x_1 - 0.01135x_2 + 0.008436x_1x_1 + 0.000004364x_2x_2 - 0.0001141x_1x_2$, R^2 值为 0.881。对方程拟合值和实测值之间进行方差分析, $F = 0.365$, $df = 70$, $P = 0.9997$, 因此该模型成立, 扶桑株高拟合值和实测值见图 3。对危害时间 x_1 、虫口当量 x_2 和扶桑株高增长量 Y 之间的关系进行二次曲线拟合, 得到拟合曲线方程: $Y = 0.1802 + 0.4706x_1 - 0.008916x_2 + 0.004865x_1x_1 + 0.000003339x_2x_2 - 0.00009183x_1x_2$, R^2 值为 0.921。对方程拟合值和实测值之间进行方差分析, $F = 0.776$, $df = 70$, $P = 0.999$, 因此该模型成立, 扶桑株高增长量拟合值和实测值见图 4。

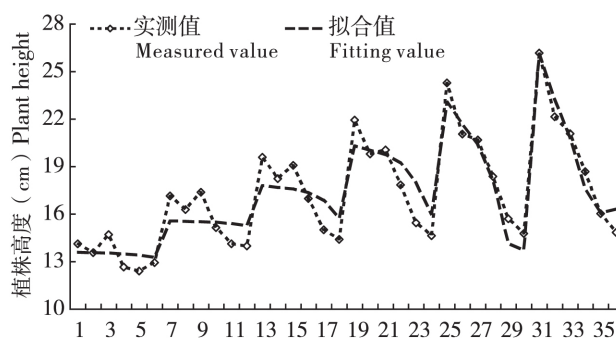


图 3 扶桑株高实测值和拟合值的关系

Fig. 3 Relationship between the measured value and the fitting values of the height of *Hibiscus rosa-sinensis*

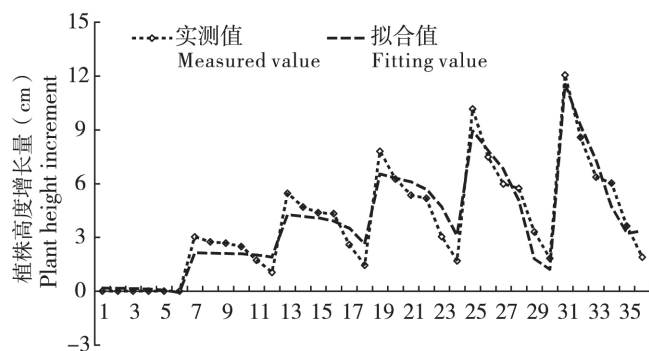


图4 扶桑株高增长量实测值和拟合值的关系

Fig. 4 The relationship between the measured value and the fitting value of the height increment of *Hibiscus rosa-sinensis*

2.2 棉花粉蚜对扶桑茎粗的影响

试验结果表明, 棉花粉蚜对扶桑茎粗的生长有一定影响 (图5, 图6)。经过棉花粉蚜一个发育历期危害后, 受害扶桑植株茎粗与对照植株均缓慢生长。初始虫量为50头/株时, 扶桑茎粗及茎粗增长量与对照植株差异不显著。初始虫量为100头/株时, 扶桑茎粗增长量与对照植株差异显著, 表明初始虫量达到100头/株时对扶桑茎粗生长危害已经比较明显。随着棉花粉蚜虫口密度的增加, 扶桑茎粗及茎粗增长量逐渐降低。初始虫量为400头/株时, 扶桑茎粗和茎粗增长量与对照相比分别降低21.2%和39.6%。

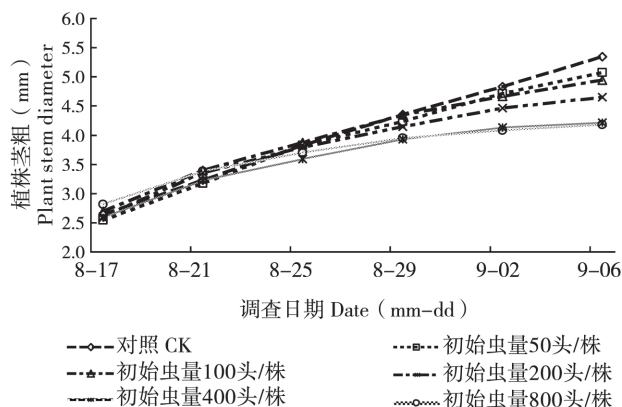


图5 不同种群密度下棉花粉蚜对扶桑茎粗的影响

Fig. 5 Effect on stem diameter of *Hibiscus rosa-sinensis* under different population densities of *Phenacoccus solenopsis*

对危害时间 x_1 、虫口当量 x_2 和扶桑茎粗 Y 之间的关系进行二次曲线拟合, 得到拟合曲线方程: $Y = 2.683 + 0.1475x_1 - 0.0004851x_2 - 0.0007914x_1x_1 + 0.0000002847x_2x_2 - 0.00003113x_1x_2$, R^2 值为0.984。对方程拟合值和实测值之间进行方差分析, $F = 0.012$, $df = 70$, $P = 0.994$, 因此该模型

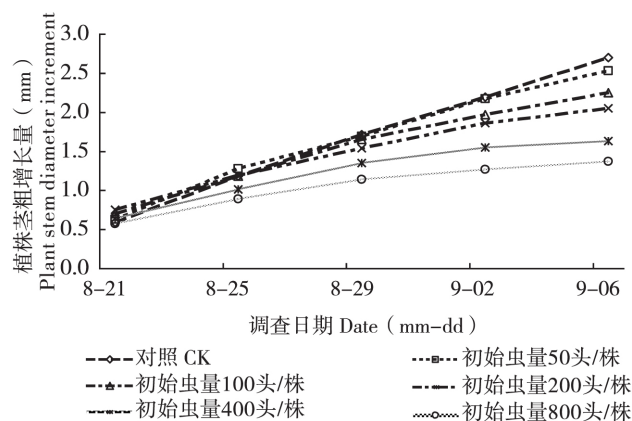


图6 不同种群密度下棉花粉蚜对扶桑茎粗增长量的影响

Fig. 6 Effect on stem diameter increment of *Hibiscus rosa-sinensis* under different population densities of *Phenacoccus solenopsis*

成立, 扶桑茎粗拟合值和实测值见图7。对危害时间 x_1 、虫口当量 x_2 和扶桑茎粗增长量 Y 之间的关系进行二次曲线拟合, 得到拟合曲线方程: $Y = 0.3679 + 1.509x_1 - 0.008666x_2 - 0.0008912x_1x_1 + 0.000002367x_2x_2 - 0.00008866x_1x_2$, R^2 值为0.985。对方程拟合值和实测值之间进行方差分析, $F = 0.365$, $df = 70$, $P = 0.996$, 因此该模型成立, 扶桑茎粗增长量拟合值和实测值见图8。

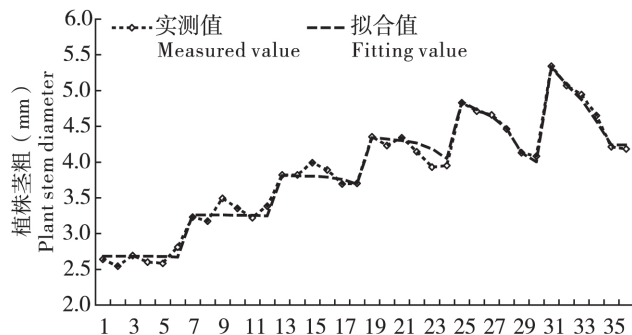


图7 扶桑茎粗实测值和拟合值的关系

Fig. 7 Relationship between the measured value and the fitting value of stem diameter of *Hibiscus rosa-sinensis*

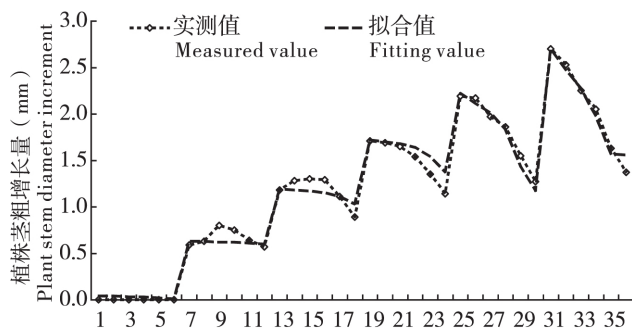


图8 扶桑茎粗增长量实测值和拟合值的关系

Fig. 8 Relationship between the measured value and the fitting values of stem diameter increment of *Hibiscus rosa-sinensis*

3 结论与讨论

研究与为害相关的害虫虫口密度和害虫对作物的为害程度时,由于害虫种类、个体大小、为害方式、为害部位、为害生育期、环境条件等诸多因素的影响,即使是对同一种害虫,也因不同虫期个体大小、种群结构等因素的存在,很难获得统一的目标害虫为害水平的标准。

棉花粉蚧是 2008 年发现入侵中国大陆的重要害虫(陆永跃等,2008)。该虫寄主植物广泛,而且随着侵入地区变化有逐步扩大的趋势,其主要危害大田作物、蔬菜、观赏植物、杂草、灌木及一些小乔木(Arif *et al.*, 2009)。2005 年巴基斯坦信德省、旁遮普省、印度等地的棉区大面积暴发成灾,给当地棉花种植业造成巨大经济损失(Anonymous, 2005)。关鑫等(2011)研究了自然条件下棉花粉蚧入侵定殖能力,广州地区 6~8 月番茄、棉花田新入侵的棉花粉蚧的最小入侵种群规模为 36~40 头。不同寄主植物上发育历期和实验种群的研究结果表明,在适宜条件下棉花粉蚧种群趋势指数可高达 190 以上(黄芳等,2011; Lu *et al.*, 2011; 关鑫等, 2012a; 关鑫等, 2012b)。孙峰等(2011a, 2011b)研究了棉花粉蚧不同虫口密度对苗期棉花的危害情况,结果显示,棉花受其危害后出现叶片卷曲/畸形、叶片枯萎、顶心枯死、植株生长停滞、植株死亡等症状。受害后植株出现各种症状比率显著较高,当虫量达每株 200~400 头及以上时危害较为严重。并测定了以棉花为食料的扶桑绵粉蚧 1 龄若虫、2 龄若虫、3 龄若虫、4~5 日龄和 12~14 日龄雌成虫的生物量,结果表明,随着不断发育,该虫虫体质量呈加速度增大趋势,3 龄若虫后进入了快速增长期,12~14 日龄时即将产仔前达到最大。黄芳等(2017)报道了高效率的取食可导致棉花粉蚧对马铃薯幼苗具有极强的致害性,低起始为害密度可在为害后 10 d 导致植株出现大量枯叶及枯梢,造成植株不可恢复的伤害。这是由于棉花粉蚧为害马铃薯幼苗后,随时间发展,依次表现出黄叶、枯叶、枯梢等症状,显著地降低马铃薯幼苗对强光的耐受能力。同样,在 Huang 等(2016)棉花粉蚧为害影响番茄光合作用的结果中得到类似的结果。因此,通过探索不同初始接种量的棉花粉蚧对扶桑生长的影响以及相应的防治指标研究,

可以为遭受棉花粉蚧危害地区的扶桑种植提供一定的指导。

尽管棉花粉蚧对植株高度、茎粗等生长指标的影响并不能够完全反映产量的损失,但对于认识该害虫种群密度与作物受损程度之间的关系非常重要,可以为制定相应的防治指标提供理论依据。本研究试验观察了接种不同种群密度的棉花粉蚧对扶桑苗期生长的变化规律。结果表明,棉花粉蚧不同初始种群密度对扶桑生长产生不同的影响,当初始虫量较低时,对扶桑生长的影响较小,随着虫量的增加,扶桑生长影响明显,表现为生长显著减缓,叶片萎缩、脱落等症状。随着棉花粉蚧种群密度的增加,扶桑株高增长量和茎粗增长量逐渐降低,并在扶桑上对棉花粉蚧的危害时间和种群虫口当量分别与寄主株高、株高增长量、茎粗、茎粗增长量之间的关系进行二次曲线拟合,分别得到三者之间的拟合方程,通过方程模拟,计算出已知该虫种群密度在一定时间内危害寄主的株高、株高增长量、茎粗和茎粗增长量,初步推算出棉花粉蚧的防治指标,为制定棉花粉蚧的防治指标提供理论依据,也为其他刺吸式口器害虫相关研究提供参考。

在野外条件下,田间棉花粉蚧的种群密度与植物物生长关系受到土壤质地、施肥、环境气候、其它病虫害等多方面的影响,是难以准确测定棉花粉蚧种群密度与损失之间的关系。国内外研究学者一般是在可控的环境下进行评估测试,并且也多以植物的生长情况代替真实产量(龙海波等, 2015)。而本试验中的棉花粉蚧对寄主植物生长的变化规律测定及数学模型都是建立在实验室条件下,与生产实践中的防治指标存在差异,因此对于寄主植物上的棉花粉蚧的防治指标的计算,在指导田间生产时,还需结合田间实际情况综合考虑,进一步开展相关的田间试验,进行研究与校验,从而准确地计算其防治指标。

参考文献 (References)

- Dutt U. Mealybug Infestation in Punjab Bt cotton falls flat. On line article at <http://www.counter-currents.org/dutt/210807.htm>. 2007.
- Huang F, Lv YB, Wu ZY, *et al.* Evaluation of damage caused by *Phenacoccus solenopsis* on potato seedlings [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (4): 888–892. [黄芳,吕要斌,吴志毅,等. 扶桑绵粉蚧对马铃薯幼苗的致害性研究[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (4): 888–892]
- Huang J, Zhang J. Changes in the photosynthetic characteristics of cotton

- leaves infested by invasive mealybugs tended by native ant species [J]. *Arthropod-Plant Interactions*, 2016, 10 (2): 161–169.
- Long HB, Su YF, Zeng FY, et al. Effect of initial population density of *Meloidogyne enterolobii* on cucumber growth in greenhouse [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 35 (11): 61–64. [龙海波, 孙燕芳, 曾凡云, 等. 象耳豆根结线虫初始种群密度对黄瓜生长的影响 [J]. 热带农业科学, 2015, 35 (11): 61–64]
- Lu YY, Zeng L, Wang L, et al. Precaution of solenopsis mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30 (4): 386–387. [陆永跃, 曾玲, 王琳, 等. 警惕一种危险性绵粉蚧入侵中国 [J]. 环境昆虫学报, 2008, 30 (4): 386–387]
- Ma J, Hu XN, Liu HJ, et al. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley found on *Hibiscus rosa-sinensis* in Guangzhou [J]. *Plant Quarantine*, 2009, 23 (2): 35–36. [马骏, 胡学难, 刘海军, 等. 广州扶桑上发现棉花粉蚧 [J]. 植物检疫, 2009, 23 (2): 35–36]
- Sun F, Guan X, Lu YY. Research on individual equivalency of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley based on biomass and its application [J]. *China Plant Protection*, 2011, 31 (8): 5–7. [孙峰, 关鑫, 陆永跃. 基于生物量的扶桑绵粉蚧虫口当量研究及其应用 [J]. 中国植保导刊, 2011, 31 (8): 5–7]
- Sun F, Lu YY. A new invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis*, could cause serious damage to cotton plants [J]. *China Cotton*, 2011, 38 (2): 19–20. [孙峰, 陆永跃. 新入侵害虫扶桑绵粉蚧严重危害棉花 [J]. 中国棉花, 2011, 38 (2): 19–20]
- The ICAC Recorder. Mealybug: A new threat to cotton production in Pakistan and India [J]. *International Cotton Advisory Committee*, 2008, 26 (2): 15–19.
- Tinsley JD. Notes on Coccidae, with descriptions of new species [J]. *Canadian Entomologist*, 1898, 30: 317–320.
- Wang L, Yang XZ. The biological character, damage and management of solenopsis mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32 (4): 561–564. [王琳, 杨晓朱. 入侵害虫扶桑绵粉蚧生物学、危害及防治技术 [J]. 环境昆虫学报, 2010, 32 (4): 561–564]
- 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纪录 [J]. 植物检疫, 2015, 29 (6): 27–31]
- 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]
- Zhou W, Lin YB, Xu FX, et al. Investigation of distribution and damage of *Phenacoccus solenopsis* in Zhejiang Province [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47 (6): 1231–1235. [周湾, 林云彪, 许凤仙, 等. 浙江省扶桑绵粉蚧分布危害调查 [J]. 昆虫知识, 2010, 47 (6): 1231–1235]
- Zhou W, Wang DZ, Qiu ZL, et al. Host plants of *Phenacoccus solenopsis* in Zhejiang Province and its occurrence characters [J]. *Plant Protection*, 2012, 38 (2): 152–155. [周湾, 王道泽, 仇智灵, 等. 扶桑绵粉蚧在浙江的寄主植物与发生特点 [J]. 植物保护, 2012, 38 (2): 152–155]