

不同的高温模式对不同密度棉蚜存活和繁殖的影响^{*}

高桂珍^{1,2**} 张江国³ 吕昭智^{1***}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所 中国科学院干旱区生物地理与生物资源

重点实验室 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049;

3. 新疆阿拉山口出入境检验检疫局 博乐 833418)

摘 要 为探索趋近自然状态的渐变性高温胁迫对不同密度棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 的影响, 室内研究了 4 种不同高温模式下, 不同密度 (5、10、20、40) 棉蚜的存活和繁殖。结果表明: 随着最高温度值的升高和密度的增加, 棉蚜存活率和繁殖率均呈下降趋势。当最高温度值升至 40℃ 以上时, 棉蚜存活率和繁殖率均显著下降, 不同密度棉蚜存活率和繁殖率均没有差异。即随着温度的升高, 密度对棉蚜的作用逐渐减弱。最高温度值为 42℃ 时, 棉蚜在 3~4 d 内全部死亡。研究结果为提高棉蚜种群预测准确性、科学决策防治措施提供依据。

关键词 棉蚜, 高温模式, 密度效应, 存活率, 繁殖率

Effects of different temperatures and density on the survival and reproduction of *Aphis gossypii* on cotton plants

GAO Gui-Zhen^{1,2**} ZHANG Jiang-Guo³ LV Zhao-Zhi^{1***}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Xinjiang Alashankou Exit-entry Inspection and Quarantine Bureau, Bole 833418, China)

Abstract The leaf disc method was used to assess the effects of temperature and density on the survival and reproduction of *Aphis gossypii* Glover on cotton plants under laboratory conditions. The results show that the survival and reproduction of *A. gossypii* decreased with both increasing temperature and density, especially at 40℃. The effect of density decreased with increasing temperature and density had no effect on survival and reproduction at temperatures above 40℃. No aphids survived 3–4 days at 42℃. These results provide a basis for improving the accuracy of forecasting and deciding when to spray insecticide.

Key words *Aphis gossypii*, temperature patterns, density effect, survival, reproduction

棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 是世界性棉花害虫, 也是我国长江、黄河和西北棉区的重大害虫之一。温度是影响棉蚜生长发育、存活和繁殖等生命活动的重要因素, 是生产中进行种群预测、科学决策防治措施的重要依据。有效积温常数是预测昆虫发生时期或发育进度的主要手段, 用于田间蚜虫发生预测时, 多采用日平均气温作为温度因子, 温

度的范围在 10~30℃ 之间 (Ma *et al.*, 2000; 常向前, 2006)。以往关于温度对棉蚜影响的研究也多集中在适温区 (18~30℃) 恒温条件下进行 (Aldyhim and Khalil, 1993; Saleh and Sengonca, 2003; Zamani *et al.*, 2006), 而在温度高于 30℃ 情况下开展的工作相对较少。Ma 等 (2004a, 2004b) 研究变温条件对麦蚜存活和繁殖的影响, 发现变

* 资助项目: 国际科技合作项目 2009DFA31370 和国家国际科技合作专项 2011DFA33170。

**E-mail: gaoguizhen1984@163.com

***通讯作者: E-mail: zhaozhi@ms.xjb.ac.cn

收稿日期: 2012-02-19, 接受日期: 2012-03-23

温与恒温对麦蚜影响不同,从而证明将恒温试验结果直接应用到昆虫种群动态预测中的不足。为提高棉蚜种群预测准确度,验证有效积温法则在高温下的适用性,研究平均温度相同的情况下,趋近自然状态的渐变性不同高温模式对棉蚜的影响是必不可少的。

由于蚜虫主要营孤雌生殖并且世代重叠,蚜虫种群很可能是密度制约调节过程(Sequeira and Dixon, 1997)。蚜虫种内竞争可导致其死亡率升高、生殖力降低和扩散加快(Dixon, 1971; Day, 1986; Klindmann and Dixon, 1996)。随着种群密度增加,棉蚜种群增长率降低(高桂珍等, 2009),有翅蚜比例增加(Johnson, 1965; 孟玲和李保平, 2000)。密度如何影响棉蚜的存活和繁殖,以及不同高温模式和密度对棉蚜的共同作用目前尚未明确。本文研究平均温度相同最高温度值不同的高温模式对不同密度棉蚜存活及繁殖的影响,为根据气象条件尤其是温度对棉蚜进行种群动态监测、预警以及开发适用于变温条件下的棉蚜预测模型提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 叶子圆片培养基制作 使用传统的 KNOP 棉花培养液,制成琼脂培养基备用。将棉叶剪成培养皿(60 mm)大小,正面贴于琼脂培养基,背面供蚜虫取食,使用时倒置,使蚜虫保持自然取食姿态(刘树生, 1987)。

1.1.2 供试虫源 棉蚜采自阜康荒漠生态系统观测试验站棉花试验田(44°17'N, 87°56'E),室内人工气候箱中(温度 24℃, 相对湿度 50% ± 10%, 光周期 L:D = 14:10)繁殖 10 代以上,选取形色大小相近的无翅成蚜供试。

1.2 试验方法

利用人工气候箱设定 4 组不同最高温度的脉冲式高温(模式 I: 32、33、34、35、36、36、35、34、33、32℃; 模式 II: 31、32、34、35、37、38、36、34、32、31℃; 模式 III: 29、31、33、36、38、40、37、35、32、29℃; 模式 IV: 27、31、34、36、39、42、38、34、32、27℃), 每组高温的平均温度恒定为 34℃, 每个温度下各持续 1 h, 以上高温模式设计成脉冲式高温模式, 间隔时间为 14 h, 间隔期间温度为 24℃(图

1), 相对湿度 50% ± 10%, 光周期 L:D = 14:10, 高温期在光照期内。用毛笔将供试棉蚜轻轻接至培养皿中棉叶背面, 设置 4 种不同密度(5、10、20、40), 每种处理 10 个重复。每 24 h 计数棉蚜存活数和繁殖数, 同时剔除若蚜, 实验持续 7 d 时间。

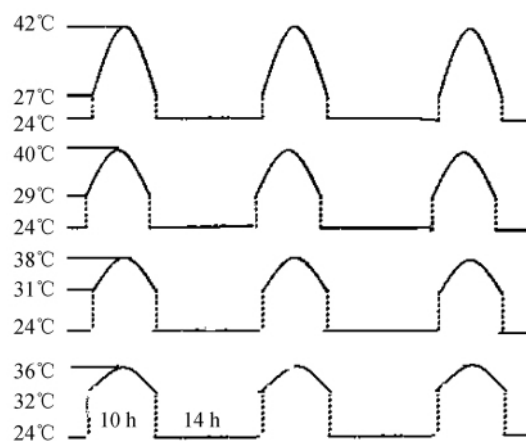


图 1 积温相同最高温度值不同的高温模式
Fig. 1 The temperature patterns with the same degree-days summation but different maximum temperature

1.3 数据处理

利用 Microsoft Excel 和 Origin7.5 软件对所得试验数据进行统计分析。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)分别比较相同密度不同高温模式下和相同高温模式不同密度棉蚜繁殖率(显著水平为 $P = 0.05$), 差异达到显著水平时, 采用 Tukey 方法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同高温模式不同密度棉蚜存活率

相同密度条件下, 随着最高温度值的升高和高温持续天数的延长, 棉蚜存活率呈下降趋势。当最高温度值为 40℃ 时(模式 III)棉蚜存活率显著下降, 最高温度值达到 42℃ 时(模式 IV), 棉蚜在 3~4 d 内全部死亡(图 2)。

相同高温模式下, 不同密度棉蚜存活率规律不一致。在模式 I 和模式 II 条件下, 棉蚜存活率随着密度的增加和高温持续天数的延长而降低, 而在模式 III 和模式 IV 条件下, 随着密度增加棉蚜存活率没有差异(图 2)。即当最高温升高至 40℃

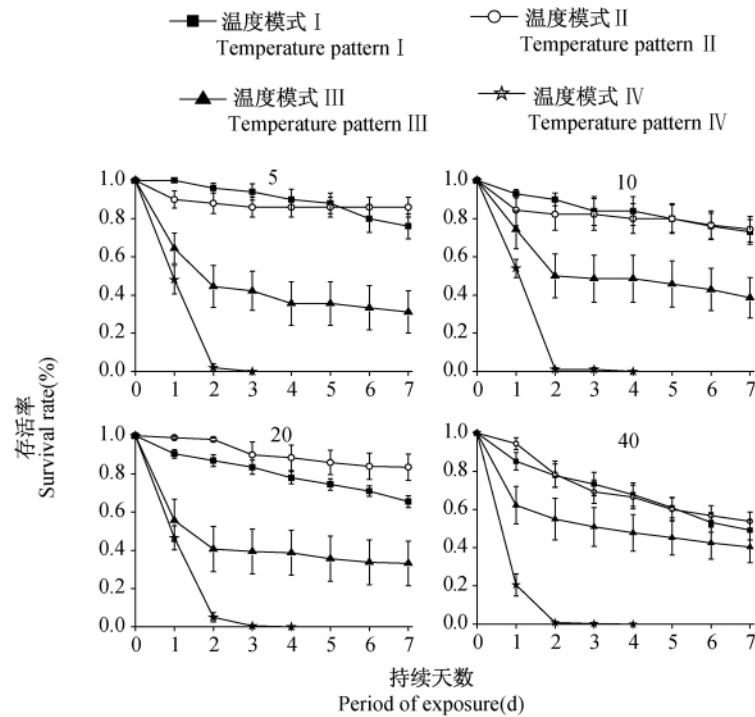


图 2 不同高温模式不同密度对棉蚜存活率的影响

Fig. 2 Effects of different temperature patterns and density on the survival of *Aphis gossypii*

以上时,密度对棉蚜存活率的影响减弱。

2.2 不同高温模式不同密度棉蚜繁殖率

2.2.1 相同密度下不同高温模式棉蚜繁殖率比较

相同密度条件下,棉蚜繁殖率随着最高温度

值的升高均呈下降趋势。在 5 ~ 20 密度范围内,棉蚜繁殖率规律一致:模式 I 和模式 II 条件下棉蚜繁殖率没有差异,当最高温度值达到 40℃ 时(模式 III)棉蚜繁殖率显著下降,平均仅为 1.73 头/d,

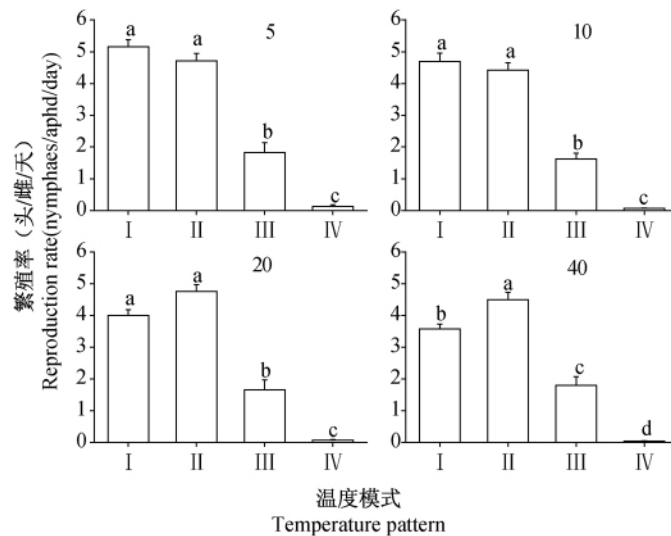


图 3 不同高温模式不同密度对棉蚜繁殖率的影响

Fig. 3 Effects of different temperature patterns and density on the reproduction of *Aphis gossypii*

注:不同小写字母表示在 5% 水平差异显著。

Histograms with different small letters indicate significant difference at 0.05 level by Tukey test.

最高温度值达到 42℃ 时(模式Ⅳ),棉蚜几乎不繁殖(0.08 头/d)(图 3)。

2.2.2 相同高温模式下不同密度棉蚜繁殖率比较 相同高温模式条件下,棉蚜繁殖率随密度增加呈现的规律不同。模式Ⅰ条件下,随着密度的增加棉蚜繁殖率显著下降,而模式Ⅱ、模式Ⅲ和模式Ⅳ条件下,随着密度增加棉蚜繁殖率没有差异(图 3)。即随着最高温度值的增加,密度对棉蚜繁殖率的影响减弱。

3 讨论

温度模式是棉蚜种群动态变化的重要影响因素。本文研究结果表明,积温相同最高温度值不同的高温模式对棉蚜存活和繁殖具有显著影响。随着最高温度值的升高,棉蚜存活率和繁殖率均呈下降趋势,最高温达到 40℃ 以上时,棉蚜存活率和繁殖率均显著下降。说明有效积温法则不适用于极端高温条件,将极端高温整合到棉蚜种群动态预测模型中,修正以日均温预测棉蚜种群动态,对提高棉蚜预测准确度具有重要作用。

目前国内外已报道了许多麦蚜种类存在着密度制约效应(Maudsley *et al.*, 1996; Alyokhin *et al.*, 2005; Bommarco *et al.*, 2007), Rhainds and Messing(2005)采用 Bulmer 指数方法表明为害芋头的棉蚜种群为密度制约。本文研究结果表明,最高温不高于 36℃ 条件下,随着密度增加,棉蚜存活率和繁殖率均降低。随着最高温度值的升高,密度对棉蚜的影响减弱,高温和密度对棉蚜的影响存在转折点。高温和密度共同作用于棉蚜时的量化和转折阈值的确定有待进一步研究。

蚜虫往往在仲夏季节出现种群崩溃的现象,并受到众多研究者的关注(Muller *et al.*, 1999; Weisser, 2000; Karley *et al.*, 2004)。新疆地区棉蚜也存在这种现象,每年 7 月中旬棉蚜种群密度迅速下降,生产中若能预知棉蚜种群崩溃,可有效减少农药的使用,但何种因素导致了仲夏棉蚜种群崩溃目前尚不清楚。新疆大部分地区 6—7 月的日最高温度可以达到 35~40℃,吐鲁番地区甚至可以达到 45~50℃,且棉蚜种群高峰期与高温出现的时间相吻合,本文研究结果表明,最高温达到 40℃ 以上时,棉蚜存活率和繁殖率均显著下降,表明高温是导致棉蚜种群崩溃的关键因素之一。Mashanova 等(2008)通过模型模拟认为密度制约

可以解释仲夏蚜虫种群崩溃现象,但缺乏有力的田间实际数据的支持。本文研究结果表明,随着密度增加,棉蚜存活率和繁殖率均显著降低。暴发年份高峰期单叶蚜量可以达到 1 000 多头,激烈的种内竞争很可能是棉蚜种群崩溃的关键影响因素。极端高温和密度是否联合启动了棉蚜种群崩溃及其作用大小有待进一步研究。

参考文献(References)

- Aldyhim YN, Khalil AF, 1993. Influence of temperature and daylength on population development of *Aphis gossypii* on *Cucurbita pepo*. *Entomol. Exp. Appl.*, 67 (2):167—172.
- Alyokhin A, Drummond FA, Sewell G, 2005. Density-dependent regulation in populations of potato-colonizing aphids. *Popul. Ecol.*, 47 (3):257—266.
- Bommarco R, Wetterlindand S, Sigvald R, 2007. Cereal aphid populations in non-crop habitats show strong density dependence. *J. Appl. Ecol.*, 44 (5):1013—1022.
- Day KR, 1986. Population growth and spatial patterns of spruce aphids (*Elatobium abietinum*) on individual trees. *J. Appl. Ecol.*, 102 (1/5):505—515.
- Dixon AFG, 1971. The role of intra-specific mechanisms and predation in regulating the numbers of the lime aphid, *Eucallipterus tiliae* L. *Oecologia*, 8 (2):179—193.
- Johnson B, 1965. Wing Polymorphism in aphids II. interaction between aphids. *Entomol. Exp. Appl.*, 8 (1):49—64.
- Karley AJ, Parker WE, Pitchford JW, Douglas AE, 2004. The mid-season crash in aphid populations: why and how does it occur? *Ecol. Entomol.*, 29 (4):383—388.
- Klindmann P, Dixon AFG, 1996. Population dynamics of a tree-dwelling aphid: individuals to populations. *Ecol. Model.*, 89 (1/3):23—30.
- Ma CS, 2000. Modelling and Simulation of the Population Dynamics of the Cereal Aphid *Metopolophium dirhodum* in Northern Germany. Hildesheim Berlin: Verlag Franzhbecker. 85—111.
- Ma CS, Hau B, Poehling HM, 2004a. The effect of heat stress on the survival of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae). *J. Eur. Entomol.*, 101 (2):327—331.
- Ma CS, Hau B, Poehling HM, 2004b. Effects of pattern and timing of high temperature exposure on reproduction of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum*. *Entomol. Exp. Appl.*, 110 (1):65—71.
- Mashanova A, Gange AC, Jansen VAA, 2008. Density-

- dependent dispersal may explain the mid-season crash in some aphid populations. *Popul. Ecol.*, 50(3):285—292.
- Maudsley MJ, Mackenzie A, Thacker JJ, Dixon AFG, 1996. Density dependence in cereal aphid populations. *Ann. Appl. Biol.*, 128(3):453—463.
- Muller CB, Adriaanse ICT, Belshaw R, Godfray HCJ, 1999. The structure of an aphid-parasitoid community. *J. Anim. Ecol.*, 68(2):346—370.
- Rhainds M, Messing RH, 2005. Spatial and temporal density dependence in a population of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), on established and sentinel taro plants. *Appl. Entomol. Zool.*, 40(2):273—282.
- Saleh A, Sengonca C, 2003. Effects of different high constant and alternating temperatures on the development and prey consumption of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera, Miridae) with *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae) as prey. *J. Pest Sci.*, 76(5):118—123.
- Sequeira R, Dixon AFG, 1997. Population dynamics of tree-dwelling aphids: the importance of seasonality and time scale. *Ecology*, 78(8):2603—2610.
- Weisser WW, 2000. Metapopulation dynamics in an aphid-parasitoid system. *Entomol. Exp. Appl.*, 97(1):83—92.
- Zamani A, Talebi A, Fathipour Y, Baniamiri V, 2006. Temperature-dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera:Aphidiidae), on the cotton aphid. *J. Pest Sci.*, 79(4):183—188.
- 常向前, 2006. 基于 AFIDSS 的麦长管蚜田间种群动态模拟研究. 硕士学位论文. 北京:中国农业科学院.
- 高桂珍, 马吉宏, 吕昭智, 赵煜, 2009. 不同初始密度棉蚜种群动态过程. 生态学杂志, 28(10):2138—2141.
- 刘树生, 1987. 介绍一种饲养蚜虫的方法—新的叶子圆片法. 昆虫知识, 17(2):113—115.
- 孟玲, 李保平, 2000. 棉蚜种内竞争对其种群数量的影响. 新疆农业大学学报, 23(3):42—44.