

短时间高温处理对棉蚜存活的影响^{*}

吕昭智^{1,2**} 张江国³ 罗 亮¹ 高桂珍¹ 陆国良¹

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011;

2. 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;

3. 新疆阿拉山口出入境检验检疫局 博乐 833418)

Effect of high temperature on survival of the cotton aphid, *Aphis gossypii*. LV Zhao-Zhi^{1,2**}, ZHANG Jiang-Guo³, LUO Liang¹, GAO Gui-Zhen¹, LU Guo-Liang¹ (1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China, 2. Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China, 3. Xinjiang Alashankou Entry and Exit Inspection and Quarantine Bureau, Bole 833418, China)

Abstract Detailed experiments were conducted to assess the effects of high temperatures (30, 34, 38, 42 and 46°C) and the length of exposure to these (1, 2, 5 and 8 h) on the survival of *Aphis gossypii* Glover. The results show that survival decreased with increasing temperature and duration of exposure. The survival of *A. gossypii* decreased slowly between 30°C and 38°C, but rapidly at 42°C and above. The LT₅₀ of aphids decreased with increasing exposure to high temperatures. Adult aphids had lower tolerance to high temperatures than nymphs.

Key words *Aphis gossypii*, high temperature, survival, LT₅₀

摘 要 为探索棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 种群动态与高温的关系,研究了不同温度(30、34、38、42、46°C)、不同处理时间(1、2、5、8 h)对棉蚜存活的影响。结果表明:在同一处理时间条件下,棉蚜的存活率随着温度的升高而降低;在同一处理温度下,棉蚜的存活率随处理时间的延长而降低。30~38°C 温度范围内,棉蚜存活率降低缓慢,从 42°C 开始棉蚜的存活率迅速降低。棉蚜半数致死温度随着处理时间的延长而降低;相同处理时间条件下,若蚜半数致死温度高于成蚜,若蚜较成蚜更耐高温。

关键词 棉蚜, 高温, 存活率, 半数致死温度

棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 是世界性害虫,广泛分布于北纬 60°至南纬 40°地区,主要危害棉花、瓜类等重要农作物,在我国各个棉区均有发生。温度是影响节肢动物种群动态的关键因子,关于温度对棉蚜个体发育、存活率及其繁殖能力等在国内外已有很多研究,但大部分研究集中在适温区间(18~30°C)对棉蚜生理、生态等方面的影响^[1~3],而在温度高于 30°C 情况下开展的工作相对比较少。35°C 被认为是棉蚜存活的高温阈值^[4,5],刘健等研究证明棉蚜在 35°C 下不能正常存活^[6],Kersting 等的研究也证实了在 35°C 恒温条件下,棉蚜不能完成正常的世代周期,在变温 30/35°C 条件下棉蚜内禀增长率最低,但能够完成正常的发育和繁

殖^[7];Satar 等发现在恒定 35°C 条件下棉蚜不能完成正常发育繁殖,32.5°C 恒定温度条件下棉蚜可以完成发育繁殖,但其产蚜量仅为 25°C 的 2.5%^[8]。

蚜虫在仲夏出现种群崩溃的现象,极端气候(降雨、高温)、天敌和拥挤等可能是蚜虫种群崩溃的关键因子^[9],这些因素可以导致蚜虫生殖力下降、个体死亡率增加和有翅蚜迁飞,但

^{*} 资助项目:科技部重大国家合作项目(2007DFA31280)、科技部国家支撑计划(2006BAD21D21B02-3)、新疆自治区重大专项(200731133-3)。

^{**} E-mail: zhaozhi@ms. xjb. ac. cn

收稿日期:2009-10-29,修回日期:2010-02-03

何是关键因子尚没有定论。在新疆南疆和吐鲁番地区夏季高温可以达到 $42 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 以上,高温期持续一周左右,每日高温持续时间一般为 4 h 以上,棉蚜种群在新疆不同生态类型区也具有明显的崩溃过程,其是否与极端天气过程(特别是高温)有密切的关系,未见报道。本研究拟从短时间持续高温对棉蚜存活的影响,探索高温对棉蚜种群崩溃过程的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 制作叶子圆片培养基 使用传统的 KNOP 棉花培养液,配制方法:每升水中含 0.2 g KNO_3 , $0.2 \text{ g KH}_2\text{PO}_4$, 0.1 g FePO_4 , $0.8 \text{ g Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0.2 g MgSO_4 配成母液。取 1 份母液兑 3 份蒸馏水,加入 8 g/kg 琼脂,加热并不断搅拌 20 min 以上融化、冷却,待温度降至 50°C 左右时,倒入培养皿,制成琼脂培养基备用。将棉叶剪成培养基大小,正面贴于琼脂培养基,背面供接蚜取食,使用时倒置,使棉蚜保持自然取食姿态^[10]。

1.1.2 蚜源 棉蚜于 2004 年 5 月从新疆阿瓦提县棉田采回,寄主植物为棉花。采回的棉蚜在棉苗上繁殖 3 代以上备用,环境温度 $24^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $60\% \pm 10\%$,光周期 L:D = 14:10,棉苗用人工配制的培养液培养。

1.2 试验方法

1.2.1 预处理 (1) 2 日龄若蚜:用蘸水毛笔将 15 头无翅成蚜挑于准备好的叶子圆片培养基中,置于 24°C 、光照时间 12 h 的培养箱中培养 36 h。随后挑选出已生产有 50 头以上若蚜的培养皿,将 2 日龄若蚜挑出备用。(2) 6 日龄成蚜:用蘸水毛笔将 30 头无翅成蚜挑于准备好的叶子圆片培养基中备用,培养方法同上。

1.2.2 试验 将准备好的所有若蚜和成蚜培养基分别置于 30、34、38、42、 46°C 温度下处理 1、2、5、8 h。每个处理重复 5~6 次。然后将培养皿放置于温度 $24^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $60\% \pm 10\%$,光周期 L:D = 14:10 的培养箱中培养,24 h 后记录蚜虫数量。

1.3 统计分析

利用专业统计软件 Statistica (Statsoft, Inc) 对所得数据进行方差分析, LSD 多重比较以及回归分析。采用 Logistic 模型建立了棉蚜存活率与温度的函数关系,计算半数致死温度。

2 结果与分析

2.1 高温对棉蚜存活的影响

2.1.1 对成蚜存活的影响 高温处理 1~5 h 内,在 $30 \sim 38^{\circ}\text{C}$ 温度区间成蚜平均存活率为 $84.17\% \sim 100\%$; 温度大于 42°C , 高温和处理时间均显著影响成蚜存活率,高温处理 1 h,棉蚜存活率从 42°C 的 57.50% 迅速降到 46°C 的 11.67% ; 高温处理 2 h, 42°C 和 46°C 条件下存活率分别为 1.67% 和 0.83% ; 5 h 处理条件下, 42°C 和 46°C 存活率分别为 0 和 0.83% ; 高温处理 8 h, 42°C 和 46°C 处理组的存活率均为 0.83% 。高温处理 8 h, $30 \sim 34^{\circ}\text{C}$ 的存活率分别为 98.68% 和 99.33% , 与前 3 个处理无明显差异。 38°C 条件下, 存活率为 61.67% , 与 5 h 处理组有明显差异 ($F = 10.25, df = 8, P < 0.05$), 42°C 和 46°C 处理组的存活率均为 0.83% (图 1, A)。

2.1.2 对若蚜存活的影响 高温处理 1~5 h 内,在 $30 \sim 38^{\circ}\text{C}$ 温度区间若蚜平均存活率为 $96.35\% \sim 99.90\%$ 。温度大于 42°C , 高温和处理时间对若蚜死亡率影响显著,高温处理 1 h,若蚜存活率迅速降低,从 42°C 的 68.70% 迅速降到 46°C 的 3.27% ; 高温处理 2 h, 42°C 和 46°C 条件下存活率分别为 31.72% 和 1.81% ; 5 h 处理条件下, 42°C 和 46°C 的存活率仅为 7.52% 和 0。高温处理 8 h, $30 \sim 38^{\circ}\text{C}$ 的存活率与前 3 个处理无明显差异; 42°C 和 46°C 条件下, 存活率分别为 6.88% 和 0 (图 1, B)。

2.2 不同处理时间条件下棉蚜存活率的回归分析

采用 Logistic 模型建立棉蚜存活率与温度的函数关系(表 1)。棉蚜半数致死温度随高温处理时间的延长而降低。相同处理时间条件下,若蚜半数致死温度高于成蚜。高温处理

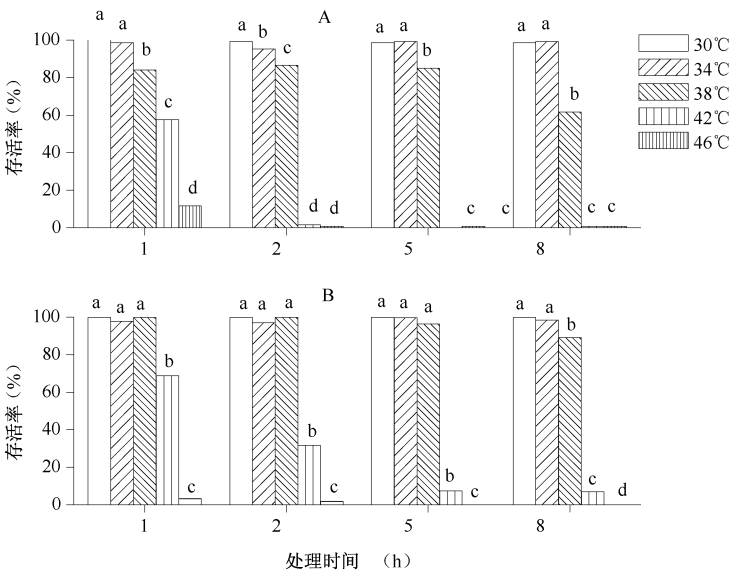


图 1 不同高温处理时间对成蚜(A)和若蚜(B)存活的影响

表 1 高温对成蚜和若蚜存活影响的拟合

处理时间(h)	模型	拟合方程	R ²	chi ² /DoF	LT ₅₀
成蚜					
1	Logistic	$y = -42.38 + 140.97 / (1 + (x/44.52)^{22.74})$	0.999	0.26	43.28
2	Logistic	$y = 0.49 + 98.07 / (1 + (x/41.17)^{37.52})$	0.999	4.29	41.15
5	Logistic	$y = -0.05 + 99.55 / (1 + (x/40.26)^{57.37})$	0.999	0.49	40.25
8	Logistic	$y = -0.11 + 99.15 / (1 + (x/39.79)^{47.37})$	0.999	1.89	39.77
若蚜					
1	Logistic	$y = -16.51 + 116.92 / (1 + (x/43.03)^{17.20})$	0.999	0.10	42.34
2	Logistic	$y = 0.80 + 96.54 / (1 + (x/38.99)^{69.10})$	0.999	7.98	38.97
5	Logistic	$y = 0.42 + 98.58 / (1 + (x/38.27)^{252.80})$	0.999	0.57	38.27
8	Logistic	$y = 0.75 + 98.25 / (1 + (x/38.08)^{236.17})$	0.999	0.23	38.08

1 h,成蚜与若蚜半数致死温度相差最小,为0.94℃;高温处理2 h,成蚜与若蚜半数致死温度相差最大,为2.18℃。

3 结论与讨论

3.1 棉蚜的短时极限生存温度

成蚜在30~34℃条件下,8 h以内死亡率比较低,接近零,表明成蚜在34℃高温下短时间可以正常生存。成蚜半数致死温度为38.08℃(8 h),与Xie和Sterling的研究结果相一致^[11]。若蚜在30~38℃条件下,不同处理时间存活率都大于90%,表明在38℃条件下,8 h的高温生活不会导致若蚜种群的快速死亡;在

42℃条件下5 h高温处理若蚜存活率为7.52%,说明这时的温度条件是其能忍受的短时极限生存温度。46℃处理1 h条件下,若蚜存活率仅为3.27%,表明此温度已超过其极限生存温度。

3.2 成蚜和若蚜耐高温能力比较

若蚜比成蚜更耐高温,这与Ma等对麦蚜研究结果相一致^[12]。棉蚜在34℃以下高温的短时生活基本不影响其生存,34℃以下成蚜和若蚜总死亡率没有差异;38℃条件下处理8 h,若蚜存活率为89.05%,而成蚜存活率已明显降低,为61.67%。42℃条件下随时间增加若蚜开始大量死亡,持续5 h以后成蚜、若蚜存活

率无明显差异。46℃条件下成蚜若蚜存活率没有差异。通过方程拟合表明若蚜在不同高温下的半致死温度均大于成蚜,证明若蚜耐高温能力高于成蚜。

3.3 高温与棉蚜种群崩溃

仲夏蚜虫种群的数量突然下降,恶劣的天气尤其是强烈的暴雨和强风,会导致大量蚜虫死亡^[13,14],但是这些异常的天气无法解释连续多年和多个地点发生的种群崩溃现象。新疆7月中旬是棉花生长最旺盛季节,植物养分条件不会影响棉蚜;天敌数量可能抑制种群增长,但不足以在5~7 d内导致种群崩溃。实验表明高温高于38℃时,棉蚜存活率降低;当高温高于42℃,棉蚜因为代谢紊乱而无法忍受高温,种群存活率小于10%;作者课题组其它数据表明在38℃高温下每天处理4~6 h,第3 d后棉蚜死亡率大于80%。新疆多年的田间野外棉蚜种群数据表明当高温(日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$)持续3~5 d后,种群出现明显的种群崩溃过程,特别是在高密度的条件下,如1997年南疆库尔勒地区棉蚜,单叶蚜量大于400头以上(高峰期为7月5日),而7月5日到7月10日连续5 d最高温度在35~40℃之间,7月15日蚜虫数量下降到高峰期的1/15,种群崩溃速率十分大,表明了高温是导致种群崩溃的关键因素。

在后续研究中需要关注高温(特别是长时间高温胁迫)对棉蚜生殖力、有翅蚜迁飞、天敌捕食量影响等问题,系统地分析棉蚜种群崩溃的机制。

3.4 高温与棉蚜预测及防治

Slosser等通过多元回归方法证实了高温与棉蚜种群数量成正相关^[15]。通过本试验表明,在1 d内温度高于38℃持续5 h以上,导致棉蚜种群数量快速下降,表明了棉蚜种群与高温及其持续时间影响是负相关的。Slosser采用的高温是整个作物生长季节(特别是棉蚜种群增长过程)平均值,没有特别注意棉蚜在高温持续阶段(短期)种群数量的变化,这可能是与本试验结果不同的原因,所以在棉蚜种群预测过

程中,需要关注持续高温期对种群动态的影响。根据新疆多年的资料表明,在7月中旬,高温大于35℃持续3~5 d后,一般出现蚜虫种群崩溃,这需要对已有的模型进行修正。仲夏的高温过程对棉蚜控制成为当地利用天气生态控制害虫的典型案列,可以减少农药使用而依靠高温抑制棉蚜种群的增长;但在实际生产中,仍需要确定高温出现的时间与棉蚜高峰是否吻合,若高温天气出现早于棉蚜高峰期,往往导致秋蚜大发生,其原因是过早的高温出现,抑制了7月上旬棉蚜种群数量增长,为种群增长提供了更多的空间,从而增加了秋蚜成灾的风险。1995年棉蚜有2个高峰期,首次高峰期在7月5日,7月2日到7月9日之间出现连续7 d最高温度在34℃以上,高温调节了棉蚜种群数量,伏蚜种群数量快速下降,但之后种群又逐渐恢复,在8月10日达到第2个高峰期,单叶蚜量达到200头以上,大量的蜜露影响棉花品质和采收质量。

参 考 文 献

- 1 Saleh A., Sengonca C. 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. *Anz. Schadl.*, 2003, **76**(5):118~123.
- 2 Aldyhim Y. N., Khalil A. F. Influence of temperature and daylength on population development of *Aphis gossypii* on Cucurbita pepo. *Entomol. Exp. Appl.*, 1993, **67**(2):167~172.
- 3 Zamani A., Talebi A., Fathipour Y. *et al.* Temperature-dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae), on the cotton aphid. *J. Pest. Sci.*, 2006, **79**(4):183~188.
- 4 Parajulee M. N. Influence of constant temperatures on life history parameters of the cotton aphid, *Aphis gossypii*, infesting cotton. *Environ. Entomol.*, 2007, **6**(4):666~672.
- 5 Xia J. Y., Werf W., Rabbinge R. Influence of temperature on bionomics of cotton aphid, *Aphis gossypii*, on cotton. *Entomol. Exp. Appl.*, 1999, **90**:25~35.
- 6 刘健, 吴孔明, 赵奎军, 等. 不同地理种群棉蚜对温度和光周期的生态适应性. *生态学报*, 2003, **23**(5):863~

869.

7

Kersting U. , Satar S. , Uygun N. Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Hymenoptera: Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. *J. Appl. Entomol.* , 1999, **123** (1) :23 ~ 27.

8

Satar S. , Kersting U. , Uygun N. Effect of temperature on development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. *J. Pest. Sci.* , 2005, **78** (3) :133 ~ 137.

9

Karley A. J. , Parker W. E. , Pitchford J. W. , *et al.* The mid-season crash in aphid populations; why and how does it occur? *Ecol. Entomol.* , 2004, **29**:383 ~ 388.

10

刘树生. 介绍一种饲养蚜虫的方法——新的叶子圆片法. 昆虫知识, 1987, **24**(2) :113 ~ 115.

11

Xie X. Y. , Sterling W. L. Computer simulation of cotton aphid population dynamics. *Acta. Phyt. Sin.* , 1987, **14**:151 ~ 156.

12

Ma C. S. , Hau B. , Poehling H. M. The effect of heat stress on the survival of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae). *Eur. J. Entomol.* , 2004, **101**:327 ~ 331.

13

Jones M. G. Abundance of aphids on cereals from before 1973 to 1977. *J. Appl. Ecol.* , 1979, **16**:1 ~ 22.

14

Ba-Angood S. A. , Stewart R. K. Occurrence, development, and distribution of cereal aphids on early and late cultivars of wheat, barley, and oats in southwestern Quebec. *Can. Entomol.* , 1980, **112**:615 ~ 620.

15

Slosser J. E. , Pinchak W. E. , Rummel D. R. Biotic and abiotic regulation of *Aphis gossypii* Glover in west Texas dryland cotton. *Southwest Entomol.* , 1998, **23** (1) :31 ~ 65.