

高温冲击对山楂叶螨的影响

李定旭*, 张晓宁, 杨玉玲, 朱华伟

(河南科技大学林学院植保系, 洛阳 471003)

摘要:为探索高温冲击对山楂叶螨的影响,在室内采用叶碟饲养的方法,将山楂叶螨不同螨态暴露于33—42℃高温下1—6h,然后在温度(25±1)℃、相对湿度(60±7)%、光周期16h:8h(L:D)下测定其寿命、产卵量和孵化率。结果表明,高温冲击对山楂叶螨的影响主要表现在对其产卵量和孵化率的影响,而对成螨的寿命无明显影响;影响的程度取决于高温的强度、持续时间以及处理的螨态。卵经历33—42℃的高温处理1—6h,其孵化率无明显变化,但在随后的发育过程中,幼若螨的发育历期在39℃和42℃6h处理中显著延长,发育至成螨后其产卵量分别增加34.50%和37.41%;幼螨经历39℃和42℃的高温处理6h后发育至成螨时产卵量比对照高出27.02%和35.83%;静止期第二若螨经历39℃和42℃的高温处理,其发育成的雌雄螨的交配和受精能力无明显影响;初羽化雌成螨经历39℃和42℃的高温处理6h后,产卵量不受影响,但卵的孵化率降低了7.01%—11.36%。

关键词:山楂叶螨; 高温冲击; 寿命; 生殖力; 孵化率

Effects of high temperature shocks on hawthorn spider mite, *Tetranychus viennensis* Zacher

LI Dingxu, ZHANG Xiaoning, YANG Yuling, ZHU Huawei

Department of Plant Protection, College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China

Abstract: Hawthorn spider mite, *Tetranychus viennensis* Zacher, is an important and damaging pest in apple orchards worldwide and has become the most serious pest on apple in north China, where it is extremely hot during the summer, with maximum daily temperatures consistently above 35.0℃. In order to explore the influence of brief exposure to high temperature on the biology of mite, in this paper, a leaf disc bioassay was employed to investigate the effects of high temperature shocks on the bionomics of *T. viennensis* in the laboratory under the conditions of (25±1)℃, (60±7)% RH, and a photoperiod of 16h:8h (Light:Dark). This was done by determining the developmental durations of each life stage, adult longevity, fecundity, and hatchability of the spider mites after the eggs, larvae, protonymphs, deutonymphs, and newly emerged adults had been exposed to high temperature of 33℃, 36℃, 39℃, and 42℃ for 1—6 hours.

The results indicated that high temperature shocks had significant effects on the fecundity and hatchability of the mite, and the effects depended on the temperature, the length of the exposed period and life stage exposed, but high temperature shocks had no effects on the longevity of female adults.

Analysis showed that no significant effect was detected in the longevity of female adults survived the treatments of 33—42℃ with an exposure period of 1—6h, in spite of the exposed life stages of the mite. The hatchability remained the same as the control in all the treatments of eggs exposed to high temperature shocks, while hatchability decreased by 7.01% and 11.36% in female adults exposed to temperatures of 39℃ and 42℃ for 4—6 hours. The pre-imaginal development durations significantly prolonged in those derived from eggs exposed to 39℃ and 42℃ for 6 hours, and the fecundity of the females increased by 34.50% and 37.41%, respectively. Exposures of larvae to 39℃ and 42℃ temperature for 6 hours resulted in increased fecundity by 27.02% and 35.83% in the surviving females; however, no significant effect was found

基金项目:河南省科技厅资助项目(0424100004); 河南科技大学科学研究基金资助项目(2006018)

收稿日期:2009-07-25; **修订日期:**2009-11-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lldingxu@sohu.com

in both fecundity and hatchability in females derived from protonymphs exposed to the temperature of 39°C and 42°C for 4 and 6 hours. No significant effect was found in the capability of insemination and fertility in adult *T. viennensis* survived the treatments of 39°C and 42°C for 6 hours as teleiochrysalis and newly emerged adults. From the viewpoint of population, authors believe that an exposure of the mite to high temperature shocks would result in an increased population growth rate due to the high proportion of eggs in the natural population of the mite.

Key Words: hawthorn spider mite; high temperature shocks; longevity; fecundity; hatchability

山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* Zacher 是我国北方落叶果树的主要害虫之一,它常以各活动螨态群集于叶片背面吸食汁液,受害时常引起叶片提早脱落,甚至引起二次发芽、二次开花,不仅使当年果品产量大幅度降低,而且严重削弱树势,对以后几年的产量也有较大影响^[1]。温度是昆虫生活的重要生态因子,对昆虫的发育、存活和繁殖等均有重要影响。在适宜的温度下该螨的发育速度快,常会迅速地扩散、蔓延并对寄主植物造成严重的危害;环境温度的变化对于这类害螨种群的数量动态具有重要影响,同时也是害虫综合治理措施制定时必须考虑的关键因素^[2]。

现有的研究表明,山楂叶螨属高温活动型,其活动的温度范围是 13.4—40.8°C,最适宜的温度为 25—30°C^[3]。尽管山楂叶螨在我国北方各地果园的发生情况略有差异,但一般在 6 月份之前为害较轻,猖獗为害阶段则在 7 月份之后^[3-5]。以往有关山楂叶螨的研究多是在适宜温度范围内进行的,尚无关于高温对山楂叶螨影响的报道。每年夏季,在我国北方一些地区的日最高温度可达到、甚至超过 40°C,并持续几个小时,这样的高温对山楂叶螨的生长发育及繁殖均会造成极大的影响,而对这种影响缺乏了解会降低害虫测报的准确性^[6]。为探索高温影响山楂叶螨发生的机制,本文报道了高温冲击对山楂叶螨生长发育、繁殖的影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试山楂叶螨于 2008 年 4 月初采自河南省洛阳市郊区孙旗屯乡土桥沟村果园。选择个体健壮、均匀一致的个体约 40 头,在离体的苹果叶片上连续饲养 3 代后,备用。

1.2 试验方法

试验在人工气候箱(PQX-450B-30H 型,宁波莱福科技有限公司)中进行。叶螨的饲养在直径为 100 mm 的培养皿中进行,培养皿盖用小橡胶块垫起 3 mm 以利通气。在培养皿中倒入 15 g·L⁻¹琼脂液 25 mL,待冷却、凝固后备用。从田间采来的新鲜的、充分展开的苹果 *Malus pumila* Mill(品种为金冠,为避免农药的干扰,叶片均采自一废弃的果园)叶片,在室内统一制成直径 20 mm 的叶碟,将叶碟背面朝上放置在琼脂层上。将山楂叶螨置于叶碟上饲养,并把培养皿放入人工气候箱,饲养条件为温度(25±1)°C,相对湿度(60±7)%,光周期 16h:8h (L:D)。试验期间,培养皿中的叶碟 3 d 换 1 次,琼脂培养基 6 d 换 1 次。

1.2.1 高温处理方法和饲养条件

高温处理在人工气候箱中进行,处理温度分别为 33°C、36°C、39°C 和(42±1)°C,处理时间分别为 1—6 h;高温处理期间的相对湿度为(60±7)%,光照强度为 24000lx。处理结束后,将叶螨转移到另外的人工气候箱中继续饲养,饲养条件为:温度(25±1)°C,相对湿度(60±7)%,光周期 16h:8h (L:D)。

1.2.2 高温处理卵对其孵化的影响

试验设 33、36、39、42°C 共 4 个温度处理。从饲养的山楂叶螨种群中挑取处于产卵盛期的雌螨若干,在每个盛有培养基的培养皿中放置 2—3 个叶碟,每个叶碟上接入雌螨 15 头,在 25°C 条件下任其产卵,12 h 后移去所有雌螨仅保留卵;在双目解剖镜下统计各叶碟上的卵量(30—40 粒),然后进行高温处理。每个温度的处理时间均设为 1、2、3、4、5、6 h,每处理均重复 3 次以上。卵经过处理后,放入(25±1)°C、(60±7)%、16L:8D 的人工气候箱中继续饲养,直至供试的卵不再孵化为止。期间每天观察、记录 1 次卵的孵化量,最后计算卵的

孵化率。

1.2.3 高温处理卵对其后续发育和繁殖的影响

试验设 36℃4h、36℃6h、39℃4h、39℃6h、42℃4h 和 42℃6h 共 6 个处理。当前述(1.2.2)处理的卵孵化后,把幼螨转移至新鲜叶碟上进行单头饲养,饲养条件为 25℃、60% RH、16L:8D,每个处理不少于 40 头;剩余的幼螨继续培养并作为备用虫源。在若螨Ⅱ进入静止期 1d 后,给每头雌螨接入 1 头雄螨(可取之于备用虫源);雌螨羽化 24 h 后移去雄螨。在幼若螨发育期间,每天观察 2 次(08:00 和 20:00),记录山楂叶螨各螨态的发育历期,羽化后则记录每天的产卵量,直至雌螨死亡。最后统计幼、若螨的发育历期及成螨的产卵量和寿命。

1.2.4 高温处理幼若螨对后续成螨寿命和繁殖的影响

试验共设 4 个处理:39℃4 h、39℃6 h、42℃4 h、42℃6 h。从饲养的山楂叶螨种群中挑取处于产卵盛期的雌螨若干,在每个盛有培养基的培养皿中放置 1 个叶片,每个叶上接入雌螨 25 头,在 25℃ 条件下任其产卵,12 h 后移去所有雌螨仅保留卵继续饲养,待发育到幼、若螨后,分别挑取幼螨(幼螨孵化≤6 h)、若螨Ⅰ(进入第一若螨≤6 h)约 200 头,分别放到新鲜的苹果叶片上(每叶 50 头左右)进行高温处理。然后随机挑取 50 头进行单个饲养,剩余的个体留作备用虫源。在若螨Ⅱ进入静止期 1d 后,给每头雌螨接入 1 头雄螨(羽化≤6 h,可取之于备用虫源),雌螨羽化 24 h 后移去雄螨。然后记录每天的产卵量,直至雌螨死亡。期间每隔 2 d 将雌螨转移至新的叶碟,将卵继续培养以观察、记录卵的孵化率。

1.2.5 高温处理成螨对其寿命和繁殖的影响

试验共设 4 个处理:39℃4h、39℃6h、42℃4h、42℃6h。从室内饲养的山楂叶螨种群中选择处于静止期、即将羽化的若螨Ⅱ(距羽化≤3 h)若干,接入新鲜的苹果叶片上(每叶 30—40 头),同时接入刚羽化、未经交配的雄螨 30 头,12h 后移去雄螨并进行高温处理。然后把雌螨分别转移到叶碟上进行单个饲养,每个处理不少于 30 头。每天观察、记录 1 次雌螨的产卵量,直至雌螨死亡;期间每隔 2 d 将雌螨转移至新的叶碟,将卵继续培养以观察、记录卵的孵化率。

1.2.6 高温处理对成螨交配的影响

试验设 39℃ 和 42℃ 2 个温度处理。从室内饲养的山楂叶螨种群中选择处于静止期的雌、雄第二若螨(进入静止期≤6h)不少于 200 头,按性别分开饲养。高温处理分两批进行:一批在成螨羽化前(即静止期的若螨Ⅱ)进行高温处理,另一批在成螨羽化后(羽化≤6 h)进行高温处理,处理时间均为 6 h。然后,将雄螨(处理 T_♂ 或未处理 ♂)与雌螨(处理 T_♀ 或未处理 ♀)进行组合配对,24 h 后移去雄螨;每个处理重复 30 次以上。每天记录产卵量,直至雌螨死亡。期间每隔 2 d 将雌螨转移至新的叶碟,将卵继续培养至成螨羽化、统计后代中雌性个体的数量。

同时,在本节所饲养和处理的成螨中,挑取 1 头雄螨(处理 T_♂ 或未处理 ♂)和 15 头雌螨(处理 T_♀ 或未处理 ♀)到一个叶碟上,在 25℃、60% RH、16L:8D 条件下任其交配,24 h 后将雌螨挑出、单独饲养。每个处理重复 30 次以上。待雌螨产卵 5d 后,将雌螨挑出、弃去,将卵至继续饲养至成螨羽化,根据后代中是否有雌螨出现来确定每个雄螨的交配次数。

1.3 数据统计分析方法

所有的数据均采用 SAS V9.0 统计软件进行分析。不同温度和处理时间对卵孵化的影响采用采用双因素(温度、时间)方差分析,其余各项试验均采用单因素方差分析,发育历期、寿命、产卵量等参数的差异采用 Fisher's LSD 方法进行比较,孵化率则先进行反正弦转换,然后进行方差分析,比较的显著水平为 $P = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 高温处理卵对其孵化及后续发育、繁殖的影响

2.1.1 高温处理卵对其孵化的影响

山楂叶螨卵经过不同温度、时间处理后,其在 25℃ 下的孵化率如表 1。对表 1 数据作反正弦转换后进行

的双因素方差分析表明,表 1 中的温度效应不显著($F = 1.32$; $df = 4$; $P = 0.2687$),温度与处理时间之间的交互效应也不显著($F = 0.76$; $df = 19$; $P = 0.5209$),但不同处理时间的效应达显著水平($F = 5.14$; $df = 6$; $P = 0.04537$)。

表 1 高温处理对山楂叶螨卵孵化的影响

Table 1 Effects of high temperature shocks on the egg hatchability of *T. viennensis*

| 温度 Temperature/℃ | 处理时间 Exposed time/h | | | | | |
|------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 33 | 93.47 ± 2.23 | 95.40 ± 2.46 | 90.95 ± 3.07 | 93.62 ± 2.05 | 92.31 ± 3.11 | 93.44 ± 2.44 |
| 36 | 95.24 ± 2.12 | 95.45 ± 2.28 | 91.13 ± 3.11 | 92.53 ± 3.11 | 93.77 ± 3.25 | 90.67 ± 2.67 |
| 39 | 96.10 ± 2.04 | 96.46 ± 2.05 | 95.74 ± 2.36 | 97.54 ± 3.24 | 96.33 ± 2.55 | 94.44 ± 2.58 |
| 42 | 92.42 ± 2.35 | 96.91 ± 2.02 | 90.57 ± 3.25 | 95.47 ± 2.03 | 96.06 ± 2.64 | 89.60 ± 3.44 |
| 25 (CK) | 93.79 | | | | | |

注:表中数据为平均值 ± 标准差

为进一步分析高温处理时间的长短对山楂叶螨卵孵化率的影响,只对表 1 中不同处理时间的孵化率作单因素方差分析。结果表明各处理之间的差异未达显著水平($F = 1.90$; $df = 6$; $P = 0.0870$),且 Fisher's LSD 法检验表明,卵经不同时间的高温处理后其孵化率与对照之间的差异均不显著。说明山楂叶螨的卵在 33—42℃ 的高温下,经历 1—6h 后,其孵化率不受影响。

2.1.2 高温处理卵对其后续发育和繁殖的影响

山楂叶螨卵经不同温度、时间处理后,其幼、若螨在 25℃、60% RH、16L:8D 下的发育历期(从幼螨到成螨羽化)、雌螨的产卵前期及产卵量如表 2。方差分析结果表明,幼、若螨的发育历期($F = 24.69$; $df = 6,236$; $P < 0.0001$)、雌螨的产卵前期($F = 6.67$; $df = 6,261$; $P < 0.0001$)和产卵量($F = 3.94$; $df = 6,231$; $P = 0.0317$)在各处理之间存在显著差异。其中,卵经 39℃ 和 42℃ 高温处理 6 h 后,随后的幼、若螨发育历期显著长于对照,分别延长 1.12d 和 1.33d;并且这些个体发育至成螨后,雌螨的产卵前期与对照相比均显著延长,产卵量也显著高于对照,分别比对照高出 34.50% 和 37.41%;其余处理(36℃ 4 h、36℃ 6 h、39℃ 4 h 和 42℃ 4 h)中,幼、若螨发育历期、雌螨的产卵前期和产卵量则与对照无明显差异。次代卵的孵化率则在各处理之间无明显差异($F = 2.46$; $df = 6,261$; $P = 0.0474$)。以上结果说明,卵经高温处理后,随后的幼、若螨发育及成螨的繁殖均会受到影响,影响程度取决于温度的高低及持续的时间。

表 2 高温处理卵对其后续发育和繁殖的影响

Table 2 Development and reproduction of *T. viennensis* survived high temperature treatments as eggs

| 处理 Treatments | 幼若螨历期/d Duration of larvae and nymphs | 产卵前期/d Pre-oviposition | 产卵量/(粒/雌) Fecundity per female | 孵化率/% Hatchability |
|------------------|--|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 42℃ 6h | 7.36 ± 0.57 a | 1.96 ± 0.93a | 50.03 ± 3.66a | 94.66 ± 3.12a |
| 42℃ 4h | 6.48 ± 0.54 b | 1.92 ± 0.92a | 40.45 ± 2.87 b | 92.55 ± 3.23a |
| 39℃ 6h | 7.57 ± 0.65 a | 1.81 ± 0.93a | 48.97 ± 3.61a | 92.45 ± 3.55a |
| 39℃ 4h | 6.43 ± 0.7 b | 1.80 ± 0.92a | 39.35 ± 3.42b | 93.06 ± 2.26a |
| 36℃ 6h | 6.92 ± 0.55 ab | 1.78 ± 0.92ab | 40.73 ± 3.52 ab | 94.75 ± 3.27a |
| 36℃ 4h | 6.47 ± 0.54 b | 1.62 ± 0.92b | 38.11 ± 3.41b | 93.52 ± 4.24a |
| 25℃ | 6.24 ± 0.55 b | 1.58 ± 0.94b | 36.41 ± 2.42b | 93.41 ± 2.16a |

注:表中数据为平均值 ± 标准差;同一列中有相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)

2.3 高温处理幼、若螨对后续成螨寿命和繁殖的影响

幼螨、若螨 I 经过 39℃ 和 42℃ 高温处理后,随后成螨的寿命和繁殖的试验结果如表 3 所示。方差分析结果表明,成螨的寿命(幼螨: $F = 2.14$; $df = 4,153$; $P = 0.6414$;若螨 I: $F = 1.63$; $df = 4,143$; $P = 0.4582$)和后代卵的孵化率(幼螨: $F = 2.44$; $df = 4,153$; $P = 0.5674$;若螨 I: $F = 1.73$; $df = 4,143$;

$P = 0.4463$) 与对照相比无明显差异;雌螨产卵量的变化则因处理的螨态而异,幼螨期经历高温处理后各处理的产卵量之间差异显著($F = 5.21$; $df = 4,153$; $P = 0.0126$);其中,经 39℃ 和 42℃ 处理 6 h 的幼螨发育至雌螨时产卵量显著高于对照,分别比对照高 27.02% 和 35.83%;若螨 I 经历高温处理后,发育至雌螨时产卵量与对照无显著差异($F = 2.64$; $df = 4,143$; $P = 0.5463$)。以上结果说明,高温冲击的影响不仅与温度高低、持续时间有关,而且与处理的山楂叶螨发育阶段关系密切。

表 3 高温处理幼若螨对后续成螨的影响

Table 3 Comparison of adult longevity, fecundity and hatchability of *T. viennensis* survived high temperature treatments as larvae and protonymphs

| 螨态 Mite stages | 处理 Treatments | 成螨寿命/d Adults longevity | 产卵量/(粒/雌) Fecundity per female | 孵化率/% Hatchability |
|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 幼螨 Larvae | 39℃ 6h | 14.11 ± 1.41a | 46.16 ± 3.02a | 89.92 ± 4.22a |
| | 39℃ 4h | 14.62 ± 1.55a | 42.86 ± 3.31ab | 92.15 ± 4.11a |
| | 42℃ 6h | 12.79 ± 1.10a | 49.36 ± 3.16a | 91.48 ± 3.55a |
| | 42℃ 4h | 14.73 ± 1.64a | 41.14 ± 3.03ab | 92.17 ± 4.23a |
| 若螨 I Protonymphs | 39℃ 6h | 13.84 ± 1.34a | 37.99 ± 4.02b | 93.61 ± 3.97a |
| | 39℃ 4h | 12.63 ± 1.13a | 32.33 ± 3.19b | 95.24 ± 3.63a |
| | 42℃ 6h | 14.25 ± 1.76a | 37.44 ± 4.17b | 92.56 ± 3.52a |
| | 42℃ 4h | 13.89 ± 2.23a | 34.08 ± 4.34b | 91.14 ± 3.26a |
| | 25℃ (CK) | 12.79 ± 1.54a | 36.34 ± 3.13b | 93.81 ± 2.64a |

注:表中数据为平均值 ± 标准差;同一列中有相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)

2.3 高温处理成螨对其寿命和繁殖的影响

初羽化的雌螨经历 39℃ 和 42℃ 高温处理 4—6 h 后,所有供试个体全部存活,其寿命、产卵量及卵的孵化率如表 4。方差分析结果表明,雌螨的寿命($F = 1.26$; $df = 4,146$; $P = 0.373$)和产卵量($F = 1.68$; $df = 4,146$; $P = 0.1872$)与对照相比无显著差异,但卵的孵化率与对照相比明显降低($F = 3.52$; $df = 4,146$; $P = 0.0248$),降低的幅度与高温的强度和持续时间有关,在 42℃ 6 h 处理中,卵的孵化率降低了 11.36%,而 39℃ 4 h 处理中仅降低 7.01%。

表 4 高温处理成螨对其寿命、产卵量的影响

Table 4 Effects of high temperature on the longevity, fecundity and hatchability of the survived females *T. viennensis*

| 处理 Treatments | 成螨寿命/d Adults longevity | 产卵量/(粒/雌) Fecundity per female | 孵化率/% Hatchability |
|------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 39℃ 4 h | 13.77 ± 0.95a | 37.75 ± 2.89a | 87.23 ± 2.31b |
| 39℃ 6 h | 12.44 ± 0.97a | 33.53 ± 3.16a | 86.35 ± 2.24b |
| 42℃ 4 h | 14.03 ± 1.22a | 37.44 ± 3.17a | 85.61 ± 2.22b |
| 42℃ 6 h | 13.49 ± 2.03a | 34.08 ± 4.34ba | 83.16 ± 2.64b |
| 25℃ (CK) | 12.79 ± 1.54a | 36.34 ± 3.13a | 93.81 ± 2.04a |

注:表中数据为平均值 ± 标准差;同一列中有相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)

2.4 高温处理对成螨交配的影响

山楂叶螨成螨初羽化前、后经历高温(39℃ 和 42℃)处理后,在 25℃、60% RH、16L:8D 下,雄螨在 24h 内的交配次数及雌螨的产雌量如表 5 所示。方差分析结果表明,雄螨的交配次数在各处理之间无明显差异($F = 1.62$; $df = 12,270$; $P = 0.7411$),即无论静止期的若螨 II 还是初羽化成螨经历 39—42℃ 高温 6h 处理,雄螨的交配能力均不受影响。但雌螨的产雌量在各处理之间有明显差异($F = 3.25$; $df = 12,269$; $P = 0.0351$),且与处理的螨态有关:若螨 II 经高温处理后,所有交配组合中雌螨的产雌量与对照(雌雄螨均未处理)均无明显差异;初羽化成螨经高温处理后,未处理雌螨与处理雄螨交配组合的产雌量与对照的差异不显

著,说明雄螨的受精能力也未受影响;处理雌螨与雄螨交配组合的产雌量与对照相比均显著减少,结合前文结果分析,这种减少显然是由于卵的孵化率受到影响所致。这些结果说明,若螨Ⅱ经历高温冲击对成螨交配、受精能力无明显影响;而初羽化成螨经历高温冲击对雌螨的影响大于雄螨。

表5 高温处理对成螨交配和受精的影响

Table 5 Effects of high temperatures on the insemination and fertility of adult *T. viennensis*

| 温度/℃ Temperatures | 处理螨态 Life stages exposed | 交配组合 Mating combinations | 雄螨交配次数 Insemination | 产雌量/(头/雌) Female offspring per female |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| 39 | 若螨Ⅱ Deutonymphs | $T_{\delta} \times T_{\varphi}$ | 7.88 ± 2.58 a | 26.06 ± 2.29 ab |
| | | $T_{\delta} \times \varphi$ | 7.96 ± 3.08 a | 27.74 ± 2.33 a |
| | | $\delta \times T_{\varphi}$ | 8.06 ± 2.68 | 26.85 ± 2.42 ab |
| | 成螨 Adults | $T_{\delta} \times T_{\varphi}$ | 7.55 ± 2.93 a | 21.33 ± 2.46 b |
| | | $T_{\delta} \times \varphi$ | 7.66 ± 2.62 a | 27.00 ± 2.77 a |
| | | $\delta \times T_{\varphi}$ | 8.32 ± 2.43 | 22.17 ± 2.53 b |
| 42 | 若螨Ⅱ Deutonymphs | $T_{\delta} \times T_{\varphi}$ | 8.98 ± 3.17 a | 25.18 ± 2.73 ab |
| | | $T_{\delta} \times \varphi$ | 9.66 ± 2.44 a | 28.87 ± 2.98 a |
| | | $\delta \times T_{\varphi}$ | 8.36 ± 2.36 | 26.31 ± 2.45 ab |
| | 成螨 Adults | $T_{\delta} \times T_{\varphi}$ | 9.26 ± 3.52 a | 23.38 ± 2.13 b |
| | | $T_{\delta} \times \varphi$ | 8.33 ± 3.11 a | 27.65 ± 2.61 a |
| | | $\delta \times T_{\varphi}$ | 8.27 ± 2.52 | 22.94 ± 2.34 b |
| 25 (CK) | - | $\delta \times \varphi$ | 8.04 ± 2.72 a | 28.67 ± 2.30 a |

注: T_{δ} 、 T_{φ} 表示高温处理的雌雄螨; 表中数据为平均值 \pm 标准差; 同一列中有相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)

3 结论与讨论

在我国北方各地,山楂叶螨多在高温季节(7—8月份)进入猖獗危害期,而在进入高温季节之前的6月下旬至7月上旬常会经历大面积持续高温天气,甚至是极端高温^[7],这种高温天气是否就是导致该螨种群数量迅速增长的直接原因? 现有的研究表明,高温对昆虫的影响可表现在几个方面,如导致夏季滞育、热休克、直接死亡,或生殖力减退等^[6]。本研究结果显示,高温冲击主要影响山楂叶螨的产卵量和孵化率的影响,而对成螨的寿命无明显影响;影响的程度与高温的强度、持续时间以及处理的螨态直接相关。其中,高温对卵和幼螨有一定的刺激作用,会导致随后发育成的雌螨产卵量显著增加;对若螨Ⅰ则无明显影响,而成螨期经历高温处理对雌螨的影响大于雄螨,并导致后代卵孵化率降低。

高温对山楂叶螨影响的程度随高温的强度、持续时间而异,且主要影响其产卵量和孵化率,对成螨的寿命无明显影响。本研究结果表明,山楂叶螨经历36℃及以下高温,其产卵量、孵化率均不受影响;成螨经39℃和42℃高温处理6h,其寿命、产卵量均不受影响,但卵孵化率降低;卵和幼螨经39℃和42℃高温处理6h,发育至成螨时产卵量明显增加;而卵、幼螨和成螨经39℃和42℃高温处理4h时,其寿命、产卵量和卵孵化率均不受影响。王竑晟等在研究高温对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 的生殖力和卵巢发育影响时也发现,短时间高温对甜菜夜蛾生殖力影响不明显,而较长时间(8 h)高温使产卵量和卵的孵化率大大降低^[8];高温也可导致二化螟 *Chilo suppressalis* Walker^[9]、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)^[10]、赤眼蜂 *Trichogramma* sp^[11-12] 的发育速率延缓、存活率下降。

高温对山楂叶螨的影响不仅随处理的螨态不同而有差异,还有一定的时滞效应。这种影响在山楂叶螨被处理的发育阶段并没有表现出来,而在其随后的发育过程中逐渐得以表现。如39℃和42℃高温处理卵、幼螨6h,其发育至成螨后,产卵量分别比对照增加34.50%和37.41%、27.02%和35.83%;成螨采用39℃和42℃高温处理4—6 h后,其产卵量和寿命无显著变化,但次代卵的孵化率则降低7.01%和11.36%。这与(刘柱东等报道的高温对棉铃虫在不同发育阶段的影响相类似^[10],崔旭红等在对B型烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的研究中也有类似结果^[13];但与Ma等报道的麦无网长管蚜 *Metopolophium dirhodum* (Walker) 的

若蚜经高温处理后成蚜的产仔量显著降低的结果相反^[14]。究其原因,可能与不同昆虫对高温的忍耐力或敏感性差异有关。一般而言,昆虫的生殖在高温下会受到明显的抑制^[6];在幼虫期受过高温刺激,即使在成虫期处于适宜温度下,昆虫的生殖也会受到抑制^[6]。

尽管不同螨态对高温冲击的反应不尽一致,但由于卵在山楂叶螨种群中的比例高达 60%—70%,而成螨在整个种群中的比例仅 10% 左右^[15-16],从整个种群的角度来看,经历 39℃ 以上高温较长时间的冲击,无疑会导致种群数量的迅速增加。因此,我国北方每年 6 月下旬至 7 月上旬常经历的大面积持续高温天气是导致山楂叶螨猖獗危害的直接诱因之一。

山楂叶螨不同性别对高温的冲击的敏感性不同。雌螨的繁殖能力主要体现在产卵量,雄螨则主要体现在交配次数以及受精能力两方面,而受精能力可以由雌螨产生的雌性后代数来衡量。本研究结果表明,雄螨经历高温处理后,其交配能力无明显变化;与未经处理的雌螨交配后,雌螨后代中的雌性个体数也无明显变化,即其受精能力也不受影响;而雌螨经历高温处理后,其所产卵的孵化率降低,并导致后代中雌螨数量下降,因此雌螨比雄螨对高温更敏感。这与以往有关高温对昆虫纲一些种类影响的研究报道相悖。在昆虫纲中,雄性比雌性对高温敏感并导致其交配力显著下降,这在棉铃虫 *H. armigera*^[17]、烟芽夜蛾 *Heliothis virescens* (Fabricius)^[18] 等中均有报道。王荫长等曾报导,在小地老虎 *Agrotis ypsilon* Rottemberg 和粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 的精子发生和形成过程中以精细胞囊期对高温最敏感^[19]。造成这种差异的原因可能与叶螨类本身的生物学有关:叶螨类是典型的单、双倍体种类,雌性为双倍体,雄性为单倍体^[2-3];因此在雄螨的精子形成过程中不经过减数分裂,故受高温影响较小。高温冲击导致雌螨所产卵孵化率的下降,可能是高温干扰了部分卵的胚前发育的某个阶段。

References:

- [1] Liu Q X, Wang L Q. Studies on the biology of hawthorn spider mite. Entomological Knowledge, 1965, 9 (5): 283-285.
- [2] Roy M, Brodeur J, Cloutier C. Temperature and sex allocation in a spider mite. Oecologia, 2003, 135:322-326.
- [3] Wang H F. Economic insect fauna of China, Acari: Tetranychoidae. Beijing: Science Press, 1981: 15-23.
- [4] Sun Z H, Zhao F M. Occurrence and control of hawthorn spider mite in apple orchards. Plant Protection Technology and Extension, 2000, 20 (2):24-25.
- [5] Gao X W, Xu J L, Wei C, Li L, Ma C L. Study on the occurrences and IPM techniques of *Tetranychus viennensis* in apple orchards. China Plant Protection, 2006, 26 (8): 24-26.
- [6] Du Y, Ma C S, Zhao Q H, Ma G, Yang H P. Effects of heat stress on physiological and biochemical mechanism of insects: a literature review. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (4): 1565-1572.
- [7] Chang J, Li S P, Ge Q S. Temporal and spatial characteristic and circulation conceptual models at 500 hPa of high temperature days in Henan summer. Meteorological and Environmental Sciences, 2007, 30 (2): 30-34.
- [8] Wang H S, Xu H F, Cui F. Effect of high temperature on fecundity and ovary development of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (H bner). Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2006, 19(5): 916-919.
- [9] Luo J, Zhang X X, Zhai B P, Guo Y R, Zhu J H. Effect of high temperature on the growth, survival and reproduction of a laboratory population of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(4): 931-936.
- [10] Liu Z D, Gong P Y, Wu K J, Li D M. Effects of parental exposure to high temperature on offspring performance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (H bner): adaptive significance of the summer diapause. Applied Entomology and Zoology, 2004, 39 (3): 373-379.
- [11] Geng J H, Shen Z R, Li Z X, Zhang F. Effects of high temperature shocks on *Trichogramma dendrolimi* reared on *Antheraea pernyi* eggs. Chinese Journal of Biological Control, 2005, 21(4): 222-226.
- [12] Chihirane J, Laugé G, Hawlitzky N. Effects of high temperature shocks on the development and biology of *Trichogramma brassicae*. Entomophaga, 1993, 38 (2):185-192.
- [13] Cui X H, Xie M, Wan F H. Effects of brief exposure to high temperature on survival and fecundity of two whitefly species: *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(2): 424-430.
- [14] Ma C S, Hau B, Poehling H M. Effects of pattern and timing of high temperature exposure on reproduction of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2004, 110: 65-71.

- [15] Li D X, Hou Y L, Shen Z R. Influence of host plant species on the development and reproduction of hawthorn spider mite. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25:1562-1568.
- [16] Kasap İ. Life history of hawthorn spider mite; *Amphitetranymus viennensis* (Acarina: Tetranychidae) on various apple cultivars and at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology*, 2003, 31:79-91.
- [17] Guo H F, Chen C K, Li G Q. Influence of high temperature on male fecundity of cotton bollworm. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2000, 23 (1): 30-33.
- [18] Henneberry T J, Butler G D. Effect of high temperature on tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) reproduction, diapause and spermatocyst development. *Journal of Economic Entomology*, 1986, 79 (2): 410-413.
- [19] Wang Y C, Chen C K, Lu Z J, Li G Q, You Z P. The effects of risen temperature on spermatogenesis and spermiogenesis in *Agrotis ypsilon* and *Mythimna separata*. *Acta Entomologica Sinica*, 1996, 39 (3): 253-259.

参考文献:

- [1] 刘芹轩,王连全. 山楂叶螨生物学研究. 昆虫知识, 1965, 9 (5): 283-285.
- [3] 王慧芳. 中国经济昆虫志,第二十三册,螨目. 叶螨总科. 北京: 科学出版社, 1981: 15-23.
- [4] 孙振华, 赵福梅. 苹果园山楂叶螨的发生与防治研究. 植保技术与推广, 2000, 20 (2): 24-25.
- [5] 高兴文,徐加利,伟成,李龙,马成立. 苹果园山楂叶螨发生规律和综合防治技术研究. 中国植保导刊,2006,26 (8): 24-26.
- [6] 杜尧, 马春森, 赵清华, 马罡, 杨和平. 高温对昆虫影响的生理生化作用机理研究进展. 生态学报,2007,27(4): 1565-1572.
- [7] 常军,李素萍,葛强生. 河南夏季高温日数的时空分布特征及 500hPa 环流型. 气象与环境科学, 2007, 30(2): 30-34.
- [8] 王竑晟,徐洪富,崔峰. 高温处理对甜菜夜蛾雌蛾成虫期生殖力及卵巢发育的影响. 西南农业学报, 2006, 19 (5): 916-919.
- [9] 罗举,张孝羲,翟保平,郭玉人,朱建华. 高温对二化螟实验种群生长、存活和繁殖的影响. 生态学报,2005, 25(4): 931-936.
- [11] 耿金虎,沈佐锐,李正西,张帆. 高温冲击对柞蚕卵繁殖赤眼蜂的影响. 中国生物防治, 2005, 21(4): 222-226.
- [13] 崔旭红, 谢明, 万方浩. 短时高温暴露对 B 型烟粉虱和温室白粉虱存活以及生殖适应性的影响. 中国农业科学, 2008, 41 (2): 424-430.
- [15] 李定旭,侯月利,沈佐锐. 不同寄主植物对山楂叶螨生长发育和繁殖的影响. 生态学报,2005, 25:1562-1568.
- [17] 郭慧芳, 陈长琨, 李国清. 高温胁迫对雄性棉铃虫生殖力的影响. 南京农业大学学报, 2000, 23 (1): 30-33.
- [19] 王荫长, 陈长琨, 卢中建, 李国清, 尤子平. 高温对小地老虎和粘虫精子发生和形成的影响. 昆虫学报, 1996, 39 (3): 253-259.