

DOI: 10.5846/stxb201603250533

李国平,封洪强,黄博,钟景,田彩红,邱峰,黄建荣.短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽存活及生殖的影响.生态学报,2017,37(11): - .
Li G P, Feng H Q, Huang B, Zhong J, Tian C H, Qiu F, Huang J R. Effects of short-term heat stress on survival and fecundity of two plant bugs: *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) and *Adelphocoris suturalis* Jakovlev (Hemiptera: Miridae). Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(11): - .

短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽存活及生殖的影响

李国平,封洪强*,黄博,钟景,田彩红,邱峰,黄建荣

河南省农作物病虫害防治重点实验室,农业部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室,河南省农业科学院植物保护研究所,郑州 450002

摘要:绿盲蝽和中黑盲蝽是危害棉花害虫的两个优势种,为探明短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽存活和生殖的影响,将在 27℃ 饲养的绿盲蝽和中黑盲蝽的卵和初孵若虫每天暴露在不同高温(30℃、33℃、36℃、40℃)4 h,以 27℃ 恒温饲养的为对照,比较两种盲蝽卵的孵化率、若虫存活率、成虫产卵量的变化以及两者的差异。研究结果显示:在 27—40℃ 范围内,随着温度的升高,绿盲蝽卵的孵化率先从 27℃ 处理的 84.25% 上升至 30℃ 处理的 94.69%,而后开始下降,36℃ 处理的孵化率下降为 76.84%,到 40℃ 处理时降至 44.30%;中黑盲蝽卵的孵化率则由 27℃ 处理的 79.27% 上升至 30℃ 处理的 87.90%,后逐渐下降至 40℃ 处理的 60.24%。在极端高温 40℃ 的处理中,中黑盲蝽卵的孵化率显著高于绿盲蝽卵的孵化率,表明中黑盲蝽卵较绿盲蝽卵更耐极端高温。在 30—40℃ 范围内,随着温度的升高,两种盲蝽若虫存活率降低,40℃ 处理后,绿盲蝽若虫存活率为零,中黑盲蝽若虫存活率为 16.74%。同时,高温对绿盲蝽和中黑盲蝽的产卵量也存在显著影响。27℃ 处理下,绿盲蝽平均每头雌虫产卵量为 64.78 粒;30℃ 处理后,产卵量上升为 70.03 粒,后随处理温度升高产卵量开始下降,40℃ 时不能产卵;中黑盲蝽产卵量在 27℃—36℃ 之间没有显著差异,平均每头雌虫产卵量为 63—75 粒,显著高于 40℃ 处理的 20.75 粒。此外,短时高温暴露延长了绿盲蝽和中黑盲蝽的若虫历期,降低了绿盲蝽和中黑盲蝽雌雄成虫寿命。结果表明,短时高温对绿盲蝽和中黑盲蝽卵的孵化率、若虫存活率、生殖及成虫寿命等均有不利影响,温度越高,影响越大。绿盲蝽和中黑盲蝽在极端高温 40℃ 处理下,中黑盲蝽耐热性明显高于绿盲蝽。两种盲蝽在极端高温条件下的耐热性不同,可能是导致它们在棉田内种群季节动态差异的一个重要因素。

关键词:绿盲蝽;中黑盲蝽;高温胁迫;存活;生殖

Effects of short-term heat stress on survival and fecundity of two plant bugs: *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) and *Adelphocoris suturalis* Jakovlev (Hemiptera: Miridae)

LI Guoping, FENG Hongqiang*, HUANG Bo, ZHONG Jing, TIAN Caihong, QIU Feng, HUANG Jianrong

Henan Key Laboratory of Crop Pest Control, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southern Region of North China, Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China

Abstract: *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) and *Adelphocoris suturalis* Jakovlev (Hemiptera: Miridae) are the major pests of cotton because of the widespread adoption of Bt transgenic cotton in China and an associated reduction in pesticide use. The effects of short-term heat stress on the survival and fecundity of the two plant bugs were studied to understand changes in the biological characteristics of plant bugs encountering high temperature stress. The egg hatch rate, nymph survival rate, and reproduction of *A. lucorum* and *A. suturalis* in incubators were evaluated after the eggs and nymphs were exposed to 27, 30, 33, 36, or 40℃ for 4 h each day. Within the range of 27 to 40℃, the egg hatch rate of *A. lucorum* increased from 84.25% at 27℃ to 94.69% at 30℃, then decreased to 44.30% at 40℃; whereas the egg hatch rate of *A. suturalis* increased from 79.27% at 27℃ to 87.90% at 30℃, then decreased to 60.24% at 40℃. After exposure to 40℃ for 4 h, the egg hatch rate

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201103012-7);河南省科技重点攻关项目(122102110058);国家自然科学基金项目(11171199)

收稿日期:2016-03-25; 网络出版日期:2016-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: feng_hq@163.com

of *A. suturalis* was higher than that of *A. lucorum*; this indicated that the heat tolerance of *A. suturalis* eggs was significantly higher than that of *A. lucorum*. The nymph survival rates of both species decreased with an increase in temperature. Within the range of 30 to 40°C, the nymph survival rate of *A. lucorum* decreased from 70.47% to 0%, whereas that of *A. suturalis* varied from 69.65% to 16.74%. Furthermore, female reproduction of both species was affected by high temperature. The mean egg number of *A. lucorum* adult females increased from 64.78 at 27°C to 70.03 at 30°C, then decreased slowly. *A. lucorum* did not lay eggs at 40°C. There was not a significant difference among the mean numbers of eggs laid by *A. suturalis* females from 27°C to 36°C. However, exposure to 40°C for 4 h each day resulted in a mean egg number of 20.75 for *A. suturalis*. In addition, duration of the nymphal stadia of *A. lucorum* was extended from 11.01 days at 27°C to 13.67 days at 36°C exposure. For *A. suturalis*, the duration of the nymphal stadia was extended from 13.05 days at 27°C to 16.58 days at 40°C exposure. The longevity of both sexes of *A. lucorum* adults decreased 2 to 4 days with exposure to 27°C and 36°C, respectively, whereas the longevity of both sexes of *A. suturalis* adults decreased 11 to 13 days with exposure to 27°C and 40°C, respectively. In conclusion, the egg hatch rate, survival rate, and reproduction of *A. lucorum* and *A. suturalis* significantly decreased after exposure to higher temperatures. However, *A. suturalis* was more adapted to 40°C than *A. lucorum* when both survival and fecundity were considered. The adaptive divergence of tolerance to extreme high temperature may be an important factor differentiating seasonal dynamics and distribution of these species in cotton fields.

Key Words: *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür); *Adelphocoris suturalis* Jakovlev; high heat stress; survival; fecundity

盲蝽是我国棉花生产上的一类重要害虫,种类繁多,危害重的有5种:绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür), 中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* Jakovlev, 苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* (Goeze), 三点盲蝽 *Adelphocoris taeniophorus* Reuter 和牧草盲蝽 *Lygus pratensis* (Linnaeus)^[1-2]。近年来,随着转 Bt 基因棉的广泛种植和种植结构的调整,盲蝽的发生有加重的趋势,其中,绿盲蝽和中黑盲蝽在河南省棉田常混合发生,两者危害特征和生活史相似,年均棉花受害率在 50% 以上,产量损失严重,成为该地区的两个优势种^[3-6]。绿盲蝽和中黑盲蝽全年发生 4—5 代,均以滞育卵在杂草和果树上越冬,春季一般在越冬寄主上先繁殖 1—2 代,于 6 月份左右迁入棉田为害,并持续危害至 9 月中下旬棉花停止开花后,第 3、4 代成虫陆续迁出棉田,晚秋继续在越冬植物上繁殖 1 代或直接产卵越冬^[7-9]。绿盲蝽和中黑盲蝽在棉田取食危害的阶段,正值夏季,气温逐渐升高,7、8 月份的日最高温度可持续多天超过 35°C,甚至部分地区日最高气温可达 40°C,因此在棉田,绿盲蝽和中黑盲蝽不可避免的遭受到短时高温的影响。

近年来,研究高温对昆虫的影响不断深入,发现短时间的高温暴露对多种昆虫的存活、繁殖、生理和行为等方面产生不利影响。如 33°C 的高温对棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 的生存影响较小,但明显影响其产卵量和交配力^[10];二化螟 *Chilo suppressalis* Walker 在日最高气温超过 33°C 时,存活率和繁殖力都显著降低^[11];桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura 在 41°C 处理后,存活率降低,产卵量也减少^[12];温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* Westwood 在 41—45°C 暴露后,产卵量下降,甚至不产卵,尽管 B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) B-biotype 产卵不受影响,但其后代存活率降低^[13];土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* (Ugarovet Nikolskii) 和截形叶螨 *T. truncatus* Ehara 在 38—46°C 内产卵量不受影响,但卵的孵化率均降低^[14];褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 在 39—40°C 高温暴露下,成虫存活及产卵量和后代总存活能力下降^[15]。

前人在 17—29°C、10—35°C 范围内分别研究了温度对绿盲蝽和中黑盲蝽种群增殖的影响^[16-19],但这些研究都基于恒定低温和适温区,它们对短时极端高温的反应尚没有报道。近年来在全球变暖的趋势下,极端高温事件的发生频次和强度加强,研究高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽的存活和生殖等生物学特性的影响,明确两种盲蝽对高温的耐受性差异,对了解高温对绿盲蝽和中黑盲蝽迁入棉田后的种群发展、发生预测及治理提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试昆虫和饲养方法

绿盲蝽于 2007 年采自河南省淮阳县安陵镇(33°51'N, 114°51'E), 中黑盲蝽于 2010 年采自河南省农业科学院现代化产业基地棉田内(35°1'N, 113°41'E), 在室内均用新鲜四季豆饲养, 具体见陆宴辉等^[20]报道的方法。

1.2 不同温度处理方法

以每天 24 h 27℃ 恒温作为正常饲养温度, 短时高温处理方法为每天 20 h 的适温 27℃ 和 4 h (12:00—16:00) 的高温, 共设置 30, 33, 36℃ 和 40℃ 4 个处理。所有试验在 GXZ 型智能光照培养箱内进行, 温差幅度为 ±0.5℃, 湿度为 60%—70%, 光周期为 14 L:10 D。

1.3 生命表参数测定

采用陈培育等^[21]报道的以浸湿的滤纸大量收集绿盲蝽和中黑盲蝽卵各 100 粒左右, 然后将卵置于设置不同温度处理的光照培养箱内, 每日查看孵化的若虫数量, 并记录卵的历期。初孵若虫用小毛笔转入指形管(直径 2.5 cm, 长 8.5 cm) 内单头饲养, 参照陆宴辉等^[20]报道的用四季豆饲养盲蝽的方法, 放入 6—7 cm 长的新鲜的四季豆作为食物, 塞上棉塞。每日查看发育进度并适时更换新鲜豆角。成虫羽化后, 将雌、雄虫放入 250 ml 一次性透明塑料杯中进行配对, 并放入新鲜的四季豆和浸湿的滤纸分别作为食物和产卵载体, 上面覆盖上纱布防止逃逸, 并在纱布上放有浸润 10% 蜂蜜水的棉球供成虫补充营养。每天在解剖镜下观察滤纸和四季豆上卵的数量并适时更换四季豆直至雌雄虫全部死亡。每个处理重复 3 次。

1.4 数据处理与统计

用单因素方差分析不同温度处理后, 卵期、卵孵化率、若虫期、若虫存活率、产卵前期、产卵期、产卵量以及成虫寿命的影响。高温暴露后同一温度处理后两种盲蝽卵孵化率、若虫存活率用 *t*-test 来检测两者之间是否有显著性差异。根据不同短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽存活和生殖的影响, 组建不同温度下绿盲蝽和中黑盲蝽实验种群生命表, 实验种群生命表中, 下代期望卵量 = 成虫的存活数量 × 雌性比 × 平均产卵量, 种群趋势指数 (*I*) = 下代期望卵量 / 上代初始卵量^[15]。以上数据分析用统计软件 SPSS 10.0 进行, 显著性检验水平均为 $P \leq 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽卵的影响

短时高温对两种盲蝽卵的孵化率都具有显著影响(绿盲蝽: $F_{4,14} = 25.31$, $P = 0.000$; 中黑盲蝽: $F_{4,14} = 4.28$, $P = 0.028$) (表 1)。在 27—40℃ 范围内, 随着温度的升高, 绿盲蝽卵的孵化率先从 27℃ 处理的 84.52% 上升至 30℃ 处理的 94.69%, 后逐渐下降, 36℃ 处理的孵化率为 76.84%, 到 40℃ 处理时降至 44.30%; 中黑盲蝽卵的孵化率则由 27℃ 处理的 79.27% 上升至 30℃ 处理的 87.90%, 后逐渐下降, 最后下降至 40℃ 处理的 60.24%。在 27—36℃ 范围内, 经过相同条件的短时高温处理, 绿盲蝽卵的孵化率不低于中黑盲蝽, 但在极端高温 40℃ 的处理中, 中黑盲蝽卵的孵化率为 60.24%, 显著高于绿盲蝽卵的孵化率 44.30% ($t = 4.69$, $df = 2$, $P = 0.043$), 表明中黑盲蝽的卵较绿盲蝽的卵更耐极端高温。

短时高温对两种盲蝽的卵期也产生了显著影响(绿盲蝽: $F_{4,14} = 7.60$, $P = 0.002$; 中黑盲蝽: $F_{4,14} = 32.42$, $P = 0.000$) (表 1)。在 27—40℃ 范围内, 随着温度的升高绿盲蝽卵期逐渐延长, 自 27℃ 处理的 7.91 d 延长至 40℃ 处理的 11.60 d; 而中黑盲蝽卵期从 30℃ 的 11.53 d, 随着温度的升高逐渐缩短至 36℃ 处理的 9.47 d, 但在最高温度 40℃ 处理后其卵期又延长至 11.01 d (表 1)。

2.2 高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽若虫存活率和若虫历期的影响

不同温度的短时高温处理对两种盲蝽若虫存活率影响显著(绿盲蝽: $F_{4,14} = 42.11$, $P = 0.000$; 中黑盲蝽:

$F_{4,14} = 10.11, P = 0.001$) (表 2)。在 27—40℃ 范围内,绿盲蝽若虫存活率由 27℃ 处理的 60.83% 上升至 30℃ 处理的 70.47%,后逐渐下降,到 40℃ 处理后存活率为零;中黑盲蝽若虫存活率则由 30℃ 处理的 69.65% 下降至 40℃ 处理的 16.74%。在 27—36℃ 范围内,经过相同条件的高温处理,绿盲蝽的若虫存活率与中黑盲蝽的若虫存活率没有显著差异 ($P > 0.05$);但在最高温度 40℃ 的处理中,中黑盲蝽若虫存活率高于绿盲蝽若虫存活率 ($t = 4.387, df = 2, P = 0.048$)。

表 1 短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽卵的孵化率和卵期的影响

Table 1 The effect of short-term heat stress on the egg hatching rate and the eggs duration of two plant bugs

暴露温度/℃ Temperature	绿盲蝽 <i>A. lucorum</i>		中黑盲蝽 <i>A. suturalis</i>	
	卵的孵化率	卵期	卵的孵化率	卵期
	Egg hatching rate/%	Egg duration/d	Egg hatching rate /%	Egg duration /d
27(CK)	84.52 ± 5.76 b	7.91 ± 0.08 c	79.27 ± 11.20 b	10.96 ± 0.36 ab
30	94.69 ± 2.98 a	8.71 ± 0.19 b	87.90 ± 5.10 a	11.53 ± 0.21 a
33	87.32 ± 0.81 ab	8.24 ± 0.03 b	82.30 ± 6.63 ab	10.05 ± 0.73 b
36	76.84 ± 1.61 c	8.77 ± 0.12 b	70.43 ± 7.34 bc	9.47 ± 0.06 c
40	44.30 ± 5.56 d	11.60 ± 0.63 a	60.24 ± 4.80 c	11.01 ± 0.66 ab

同列内,具有相同字母的平均数间没有显著性差异 ($P = 0.05$)

不同温度的短时高温处理对两种盲蝽若虫总历期影响显著(绿盲蝽: $F_{3,11} = 21.24, P = 0.000$; 中黑盲蝽: $F_{4,14} = 21.20, P = 0.000$) (表 2)。绿盲蝽若虫历期随着温度的升高从最短 11.01 d 延长至 13.67 d;中黑盲蝽若虫历期随着温度升高从最短 13.05 d 延长至 16.58 d。

表 2 短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽若虫存活率和若虫历期的影响

Table 2 The effect of short-term heat stress on the nymph survival rate and nymph duration of two plant bugs

暴露温度/℃ Temperature	绿盲蝽 <i>A. lucorum</i>		中黑盲蝽 <i>A. suturalis</i>	
	若虫存活率	若虫历期	若虫存活率	若虫历期
	Nymph survival rate/%	Nymph duration/d	Nymph survival rate/%	Nymph duration/d
27(CK)	60.83±2.20b	11.01±0.22c	68.04±2.37a	13.05±0.19c
30	70.47±1.72a	12.12±0.25b	69.65±4.66a	13.19±0.74c
33	65.35±3.81ab	11.85±0.34b	55.13±9.56b	14.29±0.25b
36	54.58±6.51c	13.67±0.11a	50.28±0.28b	14.92±0.36b
40	0.00±0.00d	—	16.74±3.82c	16.58±0.57 a

绿盲蝽和中黑盲蝽经过高温暴露后对其若虫存活率 (Y) 和暴露温度 (X) 间进行曲线拟合,发现两种盲蝽均符合二次方程曲线关系(表 3),导致绿盲蝽和中黑盲蝽若虫 50% 个体死亡的温度分别为 39.95℃ 和 42.28℃,两者相差 2.33℃,导致绿盲蝽和中黑盲蝽若虫 90% 个体死亡的温度相差 2.34℃。

表 3 绿盲蝽和中黑盲蝽若虫存活率与暴露温度之间的回归方程估计

Table 3 Curve equation from regression between temperature and averaged nymph survival rate of two plant bugs

盲蝽 Plant bugs	回归方程 Regression equation	R^2	P	Ltemp ₅₀ /℃	Ltemp ₉₀ /℃
绿盲蝽 <i>A. lucorum</i>	$Y = -939.86 + 63.89X - 1.01X^2$	0.99	0.008	39.95	39.97
中黑盲蝽 <i>A. suturalis</i>	$Y = -218.07 + 20.39X - 0.36X^2$	0.97	0.025	42.28	42.31

2.3 高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽产卵前期、产卵期及产卵量的影响

除了 40℃ 处理,绿盲蝽无法存活外,在其它温度范围内,短时高温对绿盲蝽和中黑盲蝽产卵前期都没有显著影响(绿盲蝽: $F_{3,11} = 1.56, P = 0.260$; 中黑盲蝽: $F_{4,14} = 2.58, P = 0.083$) (表 4)。绿盲蝽产卵期在 27℃ 处理下最短,为 9.96 d,显著低于 30℃ 和 33℃ 处理,但与 36℃ 的处理没有显著差异 ($F_{3,11} = 4.74, P = 0.021$);中黑盲蝽产卵期由 27℃ 处理的 12.71 d,上升至 30℃ 处理的 15.62 d,后逐渐下降,40℃ 处理下,产卵期仅为 3.94 d

($F_{4,14}=6.27$, $P=0.004$)。短时高温对绿盲蝽和中黑盲蝽的产卵量同样具有显著影响,27℃处理下,绿盲蝽平均每头雌虫产卵量为 64.78 粒;30℃处理后,产卵量上升至 70.03 粒,显著高于 27℃处理的产卵量($F_{3,11}=15.10$, $P=0.000$),后产卵量逐渐下降;36℃处理时降至 50.03 粒;中黑盲蝽产卵量在 27℃—36℃之间没有显著差异,平均每头雌虫产卵量为 63—75 粒,显著高于 40℃处理的 20.75 粒($F_{4,14}=4.96$, $P=0.018$)(表 4)。

表 4 短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽产卵前期、产卵期和产卵量的影响

Table 4 The effects of short-term heat stress on the reproductive parameters of two plant bugs

暴露温度/℃ Temperature	绿盲蝽 <i>A. lucorum</i>			中黑盲蝽 <i>A. suturalis</i>		
	产卵前期 Pre-oviposition period/d	产卵期 Oviposition period/d	产卵量/(粒/雌) Fecundity	产卵前期 Pre-oviposition period/d	产卵期 Oviposition period/d	产卵量/(粒/雌) Fecundity
27(CK)	7.73±0.15a	9.96±1.23c	64.78±5.22b	7.82±0.90a	12.71±1.21b	67.71±19.50ab
30	7.67±0.50a	15.70±0.75a	70.03±1.70a	6.49±0.61ab	15.62±2.44a	75.72±5.27a
33	8.28±0.61a	14.28±1.54ab	66.93±5.81ab	5.09±0.46c	11.96±0.76bc	72.25±9.02a
36	6.99±0.25a	11.24±1.44bc	50.03±3.64c	5.73±0.45bc	9.55±2.12c	63.71±18.88ab
40	—	—	—	6.39±0.73abc	3.94±1.47d	20.75±6.38c

2.4 高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽成虫寿命的影响

高温暴露后绿盲蝽和中黑盲蝽雌雄成虫的寿命见表 5。在 27—33℃下处理下,绿盲蝽雌虫的寿命差异不显著($F_{2,8}=2.92$, $P=0.077$)。在 36℃的高温处理后,绿盲蝽雌虫的平均寿命为 20.58 d,要显著短于 30℃处理的 28.00 d ($t=3.40$, $df=30$, $P=0.002$)。在 27—33℃下处理后,绿盲蝽雄虫的寿命没有显著变化,36℃高温处理后,绿盲蝽雄虫平均寿命为 17.46 d,显著短于其他处理的雄虫寿命($F_{3,11}=3.56$, $P=0.044$)。在 27—36℃范围内处理后,中黑盲蝽雌雄成虫的寿命有显著差异,在 40℃处理后,雌虫的平均寿命为 11.00 d,要显著短于 27—33℃处理的雌虫寿命($F_{4,14}=3.56$, $P=0.033$),雄虫的平均寿命仅有 8.56 d,显著短于 27—36℃处理的雄虫寿命($F_{4,14}=9.52$, $P=0.001$)(表 5)。

表 5 短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽成虫寿命的影响

Table 5 The effects of short-term heat stress on the longevity of two plant bugs adults

暴露温度/℃ Temperature	绿盲蝽成虫寿命 Longevity of <i>A. lucorum</i> /d		中黑盲蝽成虫寿命 Longevity of <i>A. suturalis</i> /d	
	雌虫 Female	雄虫 Male	雌虫 Female	雄虫 Male
27(CK)	22.60±1.93ab	21.24±1.22b	22.97±1.36a	21.66±0.46ab
30	28.00±1.74a	24.33±2.20a	24.93±3.05a	24.18±1.26a
33	24.59±2.31ab	23.23±2.31ab	20.95±3.98a	19.63±1.30b
36	20.58±1.06b	17.46±0.23c	17.67±0.55ab	16.12±1.71b
40	—	—	11.00±3.79b	8.56±3.42c

2.5 绿盲蝽和中黑盲蝽在不同高温暴露后的实验种群生命表

由生命表可知,30℃的高温暴露的种群趋势指数最高,绿盲蝽为 21.96,中黑盲蝽为 21.79,在 33—40℃高温暴露后,绿盲蝽和中黑盲蝽的种群趋势指数均呈下降趋势,在 40℃高温暴露时,绿盲蝽的种群趋势指数为 0,而中黑盲蝽的种群趋势指数为 0.80(表 6)。

3 讨论

昆虫是变温动物,对温度变化非常敏感,温度直接作用于昆虫个体的生长发育与繁殖,从而影响其种群的消长与分布^[22]。在适宜的温度范围内,昆虫的生长发育随着温度的增加而有加快的趋势,而不适宜的温度对昆虫的生长发育会产生不利影响^[18,23]。在当今全球气候变暖的大趋势下,夏季极端高温天气发生频次增加,使昆虫在自然界中遭遇短时间的高温暴露非常普遍,河南夏季的气温很容易达到 30℃以上,最高温度可

以超过 39℃,甚至达到 40℃ 以上。了解高温暴露对两种盲蝽的存活和生殖的影响,对准确预测其种群在棉田的发生具有重要的作用。

表 6 绿盲蝽和中黑盲蝽在不同高温暴露后的实验种群生命表

Table 6 The experimental population life tables of two plant bug were exposed to short-term heat stress

暴露温度/℃ Temperature	绿盲蝽 <i>A. lucorum</i>					中黑盲蝽 <i>A. suturalis</i>				
	27(CK)	30	33	36	40	27(CK)	30	33	36	40
卵粒(粒) Egg	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
卵孵化率 Egg hatching rate/%	84.52	94.69	87.32	76.84	44.30	79.27	87.90	82.30	70.43	60.24
成虫羽化数(头) Number of adults emerged	51.41	66.73	57.06	41.94	0.00	53.94	61.22	45.37	35.41	10.08
雌成虫比例 Female ratio/%	0.47	0.47	0.51	0.49	0.00	0.48	0.47	0.37	0.41	0.38
平均产卵量(粒) Total eggs laid per female	64.78	70.03	66.93	50.03	0.00	67.71	75.72	72.25	63.71	20.75
下代期望卵量(粒) Total eggs of next generation expected	1565.37	2196.29	1947.83	1028.13	0.00	1752.94	2178.81	1212.91	925.01	79.51
种群趋势指数 Population trend index (<i>I</i>)	15.65	21.96	19.48	10.28	0.00	17.53	21.79	12.13	9.25	0.80

本研究结果表明,与 30℃ 短时高温处理相比,33℃ 处理的绿盲蝽卵和中黑盲蝽卵的孵化率没有降低,而到 36℃ 和 40℃ 处理时,绿盲蝽卵的孵化率分别降低了 17.85% 和 50.39%,中黑盲蝽卵的孵化率分别降低了 17.47% 和 27.66%;这与 Lu *et al.*^[17-18] 在恒定温度下(10—35℃)研究的绿盲蝽和中黑盲蝽卵的孵化率与温度之间的趋势是一致的,恒定高温 35℃ 对绿盲蝽和中黑盲蝽卵的孵化率作用不明显。通过本研究显示,一旦温度高于 36℃,即使是短时高温,也能显著的降低两种盲蝽卵的孵化率。但值得一提的是,在极端高温 40℃ 的处理下,中黑盲蝽卵的孵化率要高于绿盲蝽卵的孵化率($P < 0.05$),这表明:中黑盲蝽卵的耐极端高温能力强于绿盲蝽。

本研究结果还表明,短时高温暴露对两种盲蝽若虫的存活率也具有显著影响,与 Lu *et al.*^[17-18] 在恒定温度下 35℃ 处理的绿盲蝽和中黑盲蝽若虫的存活率均降低的结果一致,36℃ 以上的短时高温处理对两种盲蝽若虫的致死作用明显,40℃ 短时高温处理下绿盲蝽和中黑盲蝽若虫死亡率分别为 100% 和 83.26%。但值得注意的是:绿盲蝽在极端高温 40℃ 的处理中,若虫只能发育到低龄阶段,发育到 2 龄就全部死亡,因此 40℃ 应是绿盲蝽存活的上限温度,而中黑盲蝽在 40℃ 的极端温度下,仍有 16.74% 的若虫存活,这表明中黑盲蝽若虫的耐极端高温能力也强于绿盲蝽。此外,通过比较导致绿盲蝽和中黑盲蝽若虫 50% 个体死亡的温度和导致绿盲蝽和中黑盲蝽若虫 90% 个体死亡的温度,中黑盲蝽均高于绿盲蝽,分别高出 2.33℃ 和 2.34℃。从这个参数比较来看,也表明中黑盲蝽若虫对极端高温的耐受能力强于绿盲蝽若虫。

高温除了对昆虫的直接致死而影响其种群数量外,还通过影响生殖能力来间接的影响昆虫种群的发展。比如,温室白粉虱在 41—45℃ 暴露后,产卵量下降,甚至不产卵^[13];褐飞虱在 39—40℃ 高温暴露下,产卵量下降^[15]。本研究中短时高温对绿盲蝽和中黑盲蝽的产卵量同样具有显著影响,绿盲蝽 30℃ 处理后,平均单雌产卵量为 70.03 粒,随后产卵量开始下降;到 36℃ 处理时,绿盲蝽的产卵量为 50.03 粒,到 40℃ 时,若虫不能存活而无法产卵,中黑盲蝽在 30℃ 处理平均单雌产卵量 75.72 粒,到 36℃ 下降到 63.71 粒,到 40℃ 时,产卵量为 20.75 粒。从生殖能力来看,中黑盲蝽耐极端高温能力也要强于绿盲蝽。

在本实验的变温处理中,两种盲蝽是直接处于高温条件下,这与田间的情况虽有一定差异,但这不能影响我们从总体上判断,由于短时间的高温经历就可以导致绿盲蝽和中黑盲蝽的存活率和生殖力的下降。尽管高温处理对两种盲蝽都有不利影响,极端高温 40℃ 处理对绿盲蝽的影响要大于对中黑盲蝽的影响,这与门兴元等^[16] 用恒温研究绿盲蝽不喜高温的结果是一致的。中黑盲蝽对高温有较强的适应能力,表现在经历 40℃ 的高温后,卵的孵化率达到 60.24%,若虫存活率仍有 16.74%,单雌产卵量 20.75 粒。结合作者近年来的田间调查结果,在河南新乡七里营镇棉田,同一棉花品种,均不施药处理,中黑盲蝽的种群数量在一般年份,高峰期出现在天气较为炎热 8 月中旬,百株虫量最高达 60 头^[5],而绿盲蝽在一般年份,高峰期出现在 7 月中旬,百株

虫量最高 20 头^[6]。在新乡两种盲蝽混合发生的棉区,两种盲蝽尽管危害特征和生活史相似,但却表现为种群动态的差异性。绿盲蝽和中黑盲蝽对高温的耐受性差异,特别是中黑盲蝽在极端高温条件下的耐热性,可能是其种群在夏季高温季节发生数量大于绿盲蝽种群发生数量的一个重要因素。此外,从两者的地理分布角度来看,绿盲蝽和中黑盲蝽在长江流域棉区和黄河流域棉区均有分布,但在纬度较低的长江流域棉区,中黑盲蝽的数量要高于绿盲蝽,而在纬度较高的黄河流域棉区,绿盲蝽的数量要高于中黑盲蝽^[3],推测两种害虫的地理分布的差异性也可能是由于中黑盲蝽较绿盲蝽耐高温所致。

两种盲蝽对极端高温的生态适应性差异可能是由于体内的耐热性基因不同,高温暴露下产生的热激蛋白不同所致,但到底是什么因素造成了两种盲蝽间耐热性差异还需要进一步研究。气候因子中温度对盲蝽的影响是显而易见的,但对于盲蝽种群数量动态,需要关注的因素还有很多,湿度(降雨量),还有耕作制度、栽培方式、寄主植物种类以及天敌等,所有这些都还有待于深入研究。

致谢:感谢两位匿名评审专家对本文提出的宝贵意见和建议。感谢北卡州立大学昆虫系 Dominic Reisig 博士对英文摘要的修改和润色。

参考文献 (References):

- [1] 萧采瑜, 孟祥玲. 中国棉田盲蝽记述. 动物学报, 1963, 15(3): 439-449.
- [2] 丁岩钦. 棉盲蝽生态学特性的研究 I, 温度、湿度对棉盲蝽生长发育及地理分布的作用. 植物保护学报, 1963, 2(3): 285-296.
- [3] Lu Y H, Qiu F, Feng H Q, Li H B, Yang Z C, Wyckhuys K A G, Wu K M. Species composition and seasonal abundance of pestiferous plant bugs (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in China. Crop Protection, 2008, 27(3/5): 465-472.
- [4] Lu Y H, Wu K M, Jiang Y Y, Xia B, Li P, Feng H Q, Wyckhuys K A G, Guo Y Y. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. Science, 2010, 328(5982): 1151-1154.
- [5] Li G P, Feng H Q, Chen P Y, Wu S Y, Liu B, Qiu F. Effects of transgenic Bt cotton on the population density, oviposition behavior, development, and reproduction of a nontarget pest, *Adelphocoris suturalis* (Hemiptera: Miridae). Environmental Entomology, 2010, 39(4): 1378-1387.
- [6] Li G P, Feng H Q, McNeil J N, Liu B, Chen P Y, Qiu F. Impacts of transgenic Bt cotton on a non-target pest, *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (Hemiptera: Miridae), in northern China. Crop Protection, 2011, 30(12): 1573-1578.
- [7] 陆宴辉, 吴孔明. 棉花盲蝽及其防治. 北京: 金盾出版社, 2008: 62-64.
- [8] 高宗仁, 李巧丝, 邱峰, 武豫清, 姜典志. 钼(Rb)标记棉盲蝽及其向棉田扩散为害的研究. 中国农业科学, 1992, 25(6): 15-21.
- [9] 宋国晶, 封洪强, 李国平, 张丽霞, 邱峰, 李海平. 河南省绿盲蝽和中黑盲蝽春季迁移能力的钼标记研究. 应用昆虫学报, 2012, 49(3): 620-625.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 李定旭, 雷喜红, 徐艳彩, 李政, 高灵旺. 短时高温对桃小食心虫生长发育与繁殖的影响. 昆虫学报, 2014, 57(2): 218-225.
- [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.
- [14] 杨帅, 赵冰梅, 李广云, 胡素丽, 郭艳兰, 张建萍. 短时高温暴露对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的影响. 昆虫学报, 2013, 56(3): 276-285.
- [15] 李千金, 徐显浩, 张海亮, 朱敏, 崔旭红. 短时高温暴露对褐飞虱存活和生殖特性的影响. 中国农业科学, 2015, 48(9): 1747-1755.
- [16] 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张君亭, 戈峰. 不同温度下绿盲蝽实验种群生命表研究. 昆虫学报, 2008, 51(11): 1216-1219.
- [17] Lu Y H, Wu K M, Wyckhuys K A G, Guo Y Y. Temperature-dependent life history of the green plant bug, *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (Hemiptera: Miridae). Applied Entomology and Zoology, 2010, 45(3): 387-393.
- [18] Lu Y H, Wu K M, Wyckhuys K A G, Guo Y Y. Comparative study of temperature-dependent life histories of three economically important *Adelphocoris* spp. Physiological Entomology, 2009, 34(4): 318-324.
- [19] 赵洪霞, 谭永安, 肖留斌, 吴国强, 柏立新. 不同温度对绿盲蝽种群生长发育和繁殖的影响. 应用昆虫学报, 2012, 49(3): 585-590.
- [20] 陆宴辉, 吴孔明, 蔡晓明, 刘仰青. 利用四季豆饲养盲蝽的方法. 植物保护学报, 2008, 35(3): 215-219.
- [21] 陈培育, 封洪强, 李国平, 郭线茹, 付晓伟, 邱峰. 一种盲蝽卵的收集与孵化方法. 植物保护, 2012, 38(4): 105-107, 114.
- [22] Messenger P S. Bioclimatic studies with insects. Annual Review of Entomology, 1959, 4(1): 183-206.
- [23] Howe R W. Temperature effects on embryonic development in insects. Annual Review of Entomology, 1967, 12(1): 15-42.