短时高温暴露对 Q 型烟粉虱存活和生殖适应性的影响*

朱绍光[1,2]** 李照会[1] 万方浩[2]***

(1. 山东农业大学植物保护学院 泰安 271018;2. 中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100193)

Effects of brief exposure to high temperature on survival and reproductive adaptation of *Bemisia tabaci* Q-biotype. ZHU Shao-Guang[1,2]**, LI Zhao-Hui[1], WAN Fang-Hao[2]***(1. *Shandong Agricultural University*, Taian 271018, China; 2. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests*, *Institute of Plant Protection*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, Beijing 100193, China)

Abstract The survival rate, fecundity, longevity and offspring viability of the *Bemisia tabaci* Q-biotype was studied. The survival rate of adults kept in climatic incubators at 44℃ was 43.5%. After exposure to 44℃ for 1 h, female fecundity was 77.2, lower than that of females kept at 26℃ (100.1). Significantly lower longevity was observed in adults of both sexes kept at 44℃ compared to those kept at 26℃. Female adults were more heat tolerant than the males. Temperature had no effect on offspring survival or the sex ratio of the next generation, but higher temperatures delayed the peak of oviposition and shortened its duration. The results indicate that exposure to high temperature has a significant effect on the reproduction of the *B. tabaci* Q-biotype.

Key words *Bemisia tabaci* Q-biotype, high temperature exposure, survival, fecundity, sex ratio

摘 要 在室内将 Q 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* Q-biotype 成虫在 44℃ 下暴露 1 h 后观察成虫的存活率、产卵量、雌雄寿命和后代存活能力,以研究短时高温暴露对 Q 型烟粉虱生物学特性的影响。结果表明,Q 型烟粉虱成虫在 44℃ 下暴露 1 h 后的存活率为 43.5%,暴露热激后的单头雌虫的产卵量为 77.2 粒,低于常温下(26℃)的产卵量(100.1 粒);短时高温可显著缩短 Q 型烟粉虱成虫的寿命,在 44℃ 下暴露 1 h 后 Q 型烟粉虱雌雄虫寿命分别为 14.5 d 和 10.2 d,显著低于常温下(26℃)雌虫 20.4 d 和雄虫 18.2 d;短时高温对 Q 型烟粉虱后代存活率和雌雄性比无显著影响,但其产卵高峰期延迟,产卵持续期缩短。以上结果表明,短时高温热激可影响 Q 型烟粉虱的生殖情况,造成 Q 型烟粉虱产卵量降低和寿命缩短,Q 型烟粉虱雌虫耐热性强于雄虫。

关键词 Q 型烟粉虱,高温暴露,存活率,产卵量,雌雄性比

Q 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* Q-biotype,作为近些年入侵我国的新的生物型烟粉虱[1],造成了越来越严重的经济损失。Q 型烟粉虱首次在我国的云南昆明发现[2],随后在北京、河南、浙江等地相继发生并猖獗危害[3,4]。Q 型烟粉虱原分布于伊比利亚半岛[5],近年来已广泛分布于德国、加那利群岛、意大利、摩洛哥、阿尔及利亚、以色列、突尼斯和埃及等地中海国家[6],并逐渐扩散到中国、美国、日本等非地中海国家[7]。相对于 B 型烟粉虱,Q 型烟粉虱具有更强的潜在危害能力[8~11],近年来成为研究的热点。已有报道表明,温度尤其是高温,在 B 型烟粉虱取代温室白粉虱过程中起到很大的作

* 资助项目:国家 973 计划项目(2009CB119200)、农业公益性行业科研专项(200803005)。

** E-mail: zhushaoguang2007@163.com

*** 通讯作者,E-mail: wanfh@mail.caas.net.cn

收稿日期:2010-03-24,修回日期:2010-04-14

用[12]，Q 型烟粉虱逐渐扩散猖獗危害，其危害性也更大。本文在室内将 Q 型烟粉虱成虫在 44℃下暴露 1 h 后观察成虫的存活率、产卵量、雌雄寿命和后代存活情况，以研究短时高温暴露对 Q 型烟粉虱成虫存活和生殖适应性的影响。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫和寄主植物

实验中所用的 Q 型烟粉虱成虫均采自温室中长期保存的实验种群。温室内平均温度为 25 ~ 28℃，相对湿度为 50% ~ 60%。试验中 Q 型烟粉虱的适宜寄主为番茄（金太阳），购买于廊坊怡高育苗基地。

1.2 高温处理方法和饲养条件

高温暴露在人工气候箱中进行（型号为：MHT - 350，日本三洋电机股份有限公司），高温暴露温度为 44℃，处理时间为 1 h。处理结束后，将 Q 型烟粉虱转移到（26 ± 0.5）℃人工气候箱，2 h 后观察其存活情况，取存活的成虫进行高温暴露生殖实验，饲养条件为（26 ± 0.5）℃，相对湿度 40% ~ 60%，光周期 L∶D = 14∶10。实验以常温下（26℃）相同操作处理的 Q 型烟粉虱生物学数据为对照。

1.3 高温暴露成虫存活率调查

采集 Q 型烟粉虱于玻璃管中，每管大于 50 头成虫，每个重复 4 管，管口用棉塞塞住。按上述的方法处理，处理结束后置于人工气候箱中 1 h，成虫苏醒后调查存活率。每个实验重复次数不少于 10 次。

1.4 高温暴露对成虫寿命和生殖的影响

成虫寿命：采集新羽化的 Q 型烟粉虱于指形管，每管一头成虫。在解剖镜下观察雌雄，将同性别的成虫放在一起，然后按 1.2 的方法处理，待成虫苏醒后用微虫笼接在番茄上（20 cm 高），每株番茄 4 个微虫笼，每个微虫笼 4 ~ 5 只同性别的成虫。然后将接好的番茄放置在人工气候箱中。24 h 以后开始观察烟粉虱存活情况，以后每隔 24 h 调查一次，直至成虫全部死亡。每个处理重复 10 次。

产卵量：Q 型烟粉虱采集和处理方法同成虫寿命实验。处理结束后取存活的 Q 型烟粉虱雌雄配对，雌∶雄 = 1∶2。然后将烟粉虱接到番茄上（20 cm 高），每株番茄 4 个微虫笼，置于人工气候箱中。48 h 以后观察烟粉虱产卵情况，记录产卵量。以后每隔 1 d 调查一次，减少人工对其干扰，直至雌虫死亡。每个处理重复不少于 10 次。

后代存活率：Q 型烟粉虱采集和处理方法同成虫寿命实验。处理结束后取活的烟粉虱进行雌雄配对，每个微虫笼中接 5 对成虫。然后将烟粉虱接到番茄上（20 cm 高），每株番茄 4 个微虫笼，置于人工气候箱中。5 d 以后驱除所有成虫并记录产卵量。然后将带有粉虱卵的番茄放在人工气候箱直至粉虱羽化。最后统计经过高温暴露的粉虱成虫后代的总存活率。每个处理重复 5 次。

雌雄性比：Q 型烟粉虱采集和处理方法同成虫寿命实验。待上一步后代存活率实验中，成虫羽化后，吸取新羽化的成虫调查雌雄性比，每次随机吸取 300 头成虫，解剖镜下观察并记录，调查雌雄性比，每个处理重复 5 次。

1.5 数据处理与统计

用单因素方差分析（One-way ANOVA，Duncan）检验不同温度处理后 Q 型烟粉虱的存活率、产卵量、雌雄寿命和后代存活情况差异。以上数据用统计软件 SAS 9.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 高温暴露成虫存活率

44℃热激处理 1 h，Q 型烟粉虱的存活率为 43.5%。调查时发现 Q 型烟粉虱雌虫存活个体多于雄虫，可能与雌虫个体较大，体内含有的营养物质多于雄虫，更加耐热有关。

2.2 高温暴露对成虫寿命的影响

44℃热激处理 1 h，雌虫寿命由常温下 26℃的 20.4 d 下降到 14.3 d，影响显著（$F_{(1,90)} = 17.07$，$P < 0.05$）。雄虫寿命也受到显著影响，26℃为 18.2 d，短时高温暴露之后下降到 10.2 d（$F_{(1,60)} = 27.59$，$P < 0.05$）。短时高温

热激处理对雄虫寿命的影响大于雌虫($F_{(1,150)}=2.95$,$P<0.001$)(图 1)。

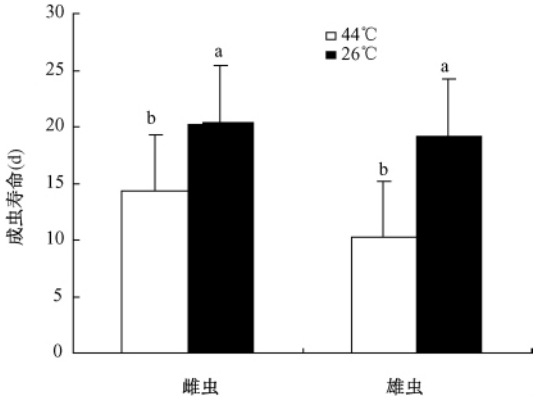

图 1　不同温度处理 Q 型烟粉虱雌雄虫寿命

注:图中不同字母表示差异显著。

2.3　高温暴露对成虫产卵量、后代存活率和性比的影响

44℃高温暴露 1 h,雌虫产卵量由常温下(26℃)的 100.1 粒下降到 77.2 粒,短时的高温暴露对 Q 型烟粉虱产卵量影响显著。高温暴露后 Q 型烟粉虱后代存活率和雌雄性比略有下降(表 1)。

表 1　44℃高温暴露 Q 型烟粉虱生殖情况

生物学特性	温度	
	26℃	44℃
产卵量(粒)	100.1 ± 8.9a	77.2 ± 8.4b
后代存活率(%)	77.6 ± 6.3a	72.6 ± 4.8a
性比(♀:♂)	1.40 ± 0.1a	1.26 ± 0.12a

注:表中数据为平均值 ± 标准误,同列数据后标有不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.4　高温暴露处理对 Q 型烟粉虱产卵量趋势影响

Q 型烟粉虱在常温下(26℃)产卵高峰期为接入后的第 7 ~ 8 天,约为 16.8 粒/d,44℃高温热激处理后,推迟到第 13 ~ 14 天,下降为约 12.9 粒/d,高温热激处理对其有影响,导致其高峰产卵量的降低和产卵高峰的延迟。常温下(26℃)Q 型烟粉虱接入微虫笼 24 h 以内就产卵,而 44℃高温处理后则推迟一天产卵,相应的其产卵持续期也有所缩短(图 2)。

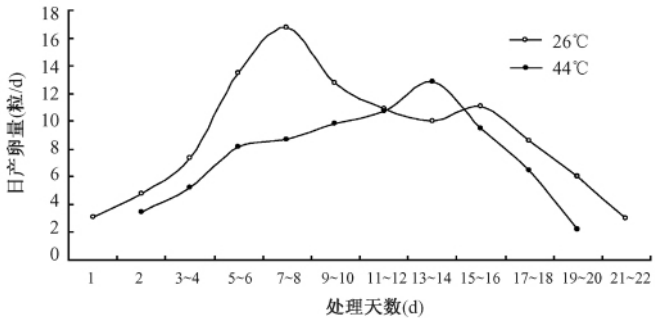

图 2　不同温度处理 Q 型烟粉虱日产卵量趋势

3　结论与讨论

短时的高温暴露能影响 Q 型烟粉虱的存活率,只有 43.5% 的成虫能存活下来。44℃高温热激能显著影响 Q 型烟粉虱的产卵量。短时高温暴露对雌虫寿命的影响小于雄虫,雌虫更耐热。高温处理后,Q 型烟粉虱后代存活率和性比都降低,显示短时高温暴露对其生殖有影响,产卵高峰延迟,相应的产卵持续期也缩短。

昆虫是变温动物,对高温非常敏感。高温不仅可以使昆虫直接死亡,还能导致其生殖力的降低[13~15]。例如,在我国,对高温适应性的差异是 B 型烟粉虱对温室白粉虱的逐渐取代的重要原因之一[2]。33℃高温时,对棉铃虫的生存影响较小,但生殖力显著下降,高温也可导致雄性不育等[16]。本研究主要统计了在常温下(26℃)和高温(44℃)处理 Q 型烟粉虱的雌雄虫寿命、产卵量、雌雄性比和后代存活率等,并做了初步的比较,如常温下(26℃)的单雌产

卵量为 100.1 粒，此结果与 Olivier 等[17]对 Q 型烟粉虱在 25℃ 下的单雌产卵量（105.3 ± 10.4）粒的结果差异不大。同时，本研究 Q 型烟粉虱在常温下的雌雄虫寿命分别为 20.4 d 和 18.2 d，也与 Olivier 等[17]对 Q 型烟粉虱在 25℃ 下的平均寿命（21.9 d）没有明显的差异。

外来入侵物种对温度胁迫耐受能力对其入侵新环境后的适应和扩散以及种群动态有密切关系[18,19]。美洲斑潜蝇和南美斑潜蝇是先后入侵我国的重要害虫，耐寒性和耐热性的差异导致了其在中国的种群分布范围[20]。另外，温室白粉虱和 B 型烟粉虱是先后入侵我国的重要害虫，其地理分布和季节发生与它们的耐热性差异密切相关。随着全球温室效应的加剧，夏季昆虫经历短时高温和不稳定的气候现象会越来越频繁，了解高温条件下的 Q 型烟粉虱的生物学特性有助于理解其适应能力和预测其替代效应。

参 考 文 献

1 万方浩，郭建英，张峰，等. Q 型烟虱发生与入侵现状. 见：王静主编，中国生物入侵研究. 北京：科学出版社，2009. 26 ~ 31.

2 褚栋，张友军，吴青君. 云南 Q 型烟粉虱种群的鉴定. 昆虫知识，2005，**42**（1）：54 ~ 56.

3 Chu D.，Zhang Y. J.，Brown J. K. The introduction of the exotic Q biotype of *Bemisia tabaci*（Gennadius）from the Mediterranean region into China on ornamental crops. *Florida Entomol.*，2006，**89**（2）：168 ~ 174.

4 徐 婧，王文丽，刘树生. Q 型烟粉虱在浙江局部地区大量发生危害. 植物保护，2006，**32**（4）：12.

5 Guirao P.，Beitia F.，Cenis J. L. Biotype determination of Spanish populations of *Bemisia tabaci*（Hemiptera：Aleyrodidae）. *Bull. Entomol. Res.*，1997，**87**（6）：587 ~ 593.

6 Nauen R.，Stumpf N.，Elbert A. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q type *Bemisia tabaci*（Hemiptera：Aleyrodidae）. *Pest. Manag. Sci.*，2002，**58**（9）：868 ~ 875.

7 Rúa P.，Simõn B.，Cifuentes D. New insights into the mitochondrial phylogeny of the whitefly *Bemisia tabaci*（Hemiptera：Aleyrodidae）in the Mediterranean Basin. *J. Zool. Sys. Evol. Res.*，2006，**44**（1）：25 ~ 33.

8 Ueda S.，Brown J. K. First report of the Q biotype of *Bemisia tabaci* Japan by mitochondrial *cyt*ochrome oxidase I sequence analysis. *Phytoparasitica*，2006，**34**（4）：405 ~ 411.

9 Muniz M. Host suitability of two biotypes of *Bemisia tabaci* on some common weeds. *Entomol. Exp. Appl.*，2000，**95**（1）：63 ~ 70.

10 Muniz M.，Nombela G. Differential variation in development of the B and Q-biotypes of *Bemisia tabaci*（Homoptera：Aleyrodidae）on sweet pepper at constant temperatures. *Environ. Entomol.*，2001，**30**（4）：720 ~ 727.

11 Nombela G.，Beitia F.，Muniz M. A differential interaction study of *Bemisia tabaci* Q-biotype on commercial tomato varieties with or without the Mi resistance gene，and comparative host responses with the B-biotype. *Entomol. Exp. Appl.*，2001，**98**（3）：339 ~ 344.

12 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.

13 Yocum G. D.，Zdárek J.，Joplin K. H. Alteration of the eclosion rhythm and eclosion behavior in the flesh fly. *Sarcophaga crassipalpis*，by low and high temperature stress. *J. Insect. Physiol.*，1994，**40**：13 ~ 21.

14 Silbermann R.，Tatar M. Reproductive costs of heat shock protein in transgenic *Drosophila melanogaster*. *Evolution*，2000，**54**（6）：2 038 ~ 2 045.

15 Vollmer J. H.，Sarup P.，Kaersgaard C. W. Heat and cold-induced male sterility in *Drosophila buzzatii*：genetic variation among populations for the duration of sterility. *Heredity*，2004，**92**：257 ~ 262.

16 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.

17 Olivier B.，Amandine L.，Claire V. Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci*（Q-biotype）. *Physiol. Entomol.*，2007，**32**：50 ~ 55.

18 Barthell J. F.，Hranitz J. M.，Thorp R. W. High temperature responses in two exotic leafcutting bee species：*Megachile apicalis* and *M. rotundata*（Hymenoptera：Megachilidae）. *Pan-Pacific Entomol.*，2002，**78**：235 ~ 246.

19 陈兵. 外来斑潜蝇对热胁迫的适应：温度、生理机制和生物地理分布. 博士学位论文. 北京：中国科学院动物研究所，2003.

20 Huang L. H.，Kang L. Cloning and inter specific altered expression of heat shock protein genes in two leaf miner species in response to thermal stress. *Insect Mol. Biol.*，2007，**16**（4）：491 ~ 500.