短时高温对莲草直胸跳甲成虫存活及繁殖的影响*

陈 磊[1,2**] 蔡笃程[2] 陈 青[1] 唐 超[1] 彭正强[1***] 金启安[1] 温海波[1]

(1. 农业部热带农林有害生物入侵监测与控制重点开放实验室/中国热带农业科学院环境与植物保护研究所 儋州 571737;
2. 海南大学环境与植物保护学院 儋州 571737)

Effect of short-term high temperature on survival and fecundity of *Agasicles hygrophila*. CHEN Lei[1,2**], CAI Du-Cheng[2], CHEN Qing[1], TANG Chao[1], PENG Zheng-Qiang[1***], JIN Qi-An[1], WEN Hai-Bo[1] (1. *Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien Pests/Environment and Plant Protection Institute*, *China Academy of Tropical Agriculture Sciences*, Danzhou 571737, China; 2. *Environment and Plant Protection College*, *Hainan University*, Danzhou 571737, China)

Abstract The effects of short-term high temperature on adult survival (40 – 47℃) and fecundity (40 – 44℃) of *Agasicles hygrophila* Selma &Vogt were investigated. The results showed that the survival rate of adults after treated 1 h decreased with increasing temperature. The female survival rate was significantly higher than that of males at 44℃ for 1 h. The survival rate of both females and males decreased with increasing treatment time at 40℃. After treated 7 h at 40℃, the female survival rate was significantly lower than that of males. The 90% lethal temperature and time of females were 1.31℃ and 1.29 h higher than those of males, respectively, which indicated that the heat tolerance of females was higher than males, however significantly only when the stress strength was higher. Treatment of 40, 42, and 44℃ for 1 h had no significant effect on longevity and fecundity of newly emerged females, but led to increasing pre-oviposition duration and ceasing the oviposition behavior of 10 – day old females, in which the ceasing period was 2.62 d in average at 44℃. The egg hatching rate decreased from 88.67% at 40℃ to 79.84% at 44℃, which was significantly lower than the control.

Key words *Agasicles hygrophila*, high temperature, survival, reproduce

摘 要 采用短时高温处理研究了40 ~ 47℃高温对莲草直胸跳甲 *Agasicles hygrophila* Selma & Vogt 成虫存活以及40 ~ 44℃对雌成虫繁殖的影响。结果表明:(1)处理1 h后,随着温度的上升,莲草直胸跳甲雌雄成虫的存活率均随着温度的上升而下降,44℃时,雌成虫的存活率开始显著高于雄成虫;处理温度为40℃时,雌雄成虫存活率也随着处理时间的延长而下降,7 h时,雌成虫的存活率开始显著高于雄成虫。此外,雌成虫致死90%的温度和时间分别高于雄成虫1.31℃和1.29 h,均表明雌成虫的耐热能力比雄成虫强,但差异仅在胁迫强度偏大时表现为显著;(2)40 ~ 44℃短时高温影响莲草直胸跳甲成虫的繁殖。与对照处理相比,40、42和44℃高温处理1h后,雌成虫的寿命和产卵量变化不显著,但均引起了其产卵前期的延长和10日龄成虫产卵停滞,44℃时,平均停滞时间达2.62 d,子代卵的孵化率则从40℃的88.67%下降到44℃的79.84%,44℃时显著低于对照。

关键词 莲草直胸跳甲,高温,存活,繁殖

莲草直胸跳甲 *Agasicles hygrophila* Selma & Vogt 隶属于鞘翅目,叶甲科,是世界性恶性杂草——喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)的主要天敌,具有重要的生物防治应用价值[1,2]。有关莲草直胸跳甲生物学[3,4]和生态学特性[5~8]得到较为广泛的研究。

温度是影响昆虫生长发育和其种群数量变

* 资助项目:973项目(2009CB119200),国家科技支撑计划项目(2006BAD08A18)。

** E-mail: chenlei67@126.com

*** 通讯作者:E-mail:lypzhq@163.com

收稿日期:2009-04-24,修回日期:2009-07-23

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化的一个重要生态因子[9,10]。莲草直胸跳甲温适性差,种群消长具有明显的季节性规律,夏季高温季节是喜旱莲子草的生长高峰期[11],但高温却常对莲草直胸跳甲种群数量产生抑制作用[12,13]。目前关于温度对莲草直胸跳甲影响的研究大多集中在生长发育、存活以及繁殖适温区方面[6~8],极端低温也已略有涉及[12],尚无极端高温方面研究。因此,有关莲草直胸跳甲对高温的反应方面亟待深入研究。本文通过短时高温处理试验,研究了莲草直胸跳甲成虫耐热性以及高温对其繁殖的影响,对解析其耐热性及夏季田间种群数量动态,制定适宜的生防策略具有重要意义,更为进一步研究高温对莲草直胸跳甲影响的生理机制奠定基础。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫与寄主植物

供试莲草直胸跳甲采自湖南长沙田间,室内饲养多代后用于本试验。供试喜旱莲子草采自中国热带农业科学院环境与植物保护研究所试验基地,生态型为湿生型。

1.2　对莲草直胸跳甲存活的影响

取 10 日龄以内雌雄成虫分别放入玻璃管内(Φ = 3.5 cm,h = 10 cm,),每管虫数不少于 20 头,以纱布封口,放入智能人工气候箱(型号:PXR5/9,日本富士电机仪表有限公司)中进行高温处理:处理时间为 1 h 时,处理温度分别为 40、42、44、46、47 和 48℃;处理温度为 40℃时,持续时间分别为 3、5、7、9 和 10 h。高温处理后,置于室温下于 12 h 检查雌雄成虫的存活情况。每次处理虫头数为 20 头以上,重复数 5 次。稳定性稍差的处理会略加重复。

1.3　对莲草直胸跳甲繁殖的影响

取羽化当天的成虫分别在 40、42 和 44℃下处理 1 h,12 h 后取存活的成虫配对放入玻璃管内(Φ = 2.5 cm, h = 6 cm),于室温条件下饲喂,玻璃管以滤纸保湿,纱布封口。同时设置未进行高温处理对照。每间隔 24 h 检查产卵与存活情况,直至死亡。单管内若仅存 1 头成虫,则取相同处理下其它雌/雄虫配对。室内饲养条件为:温度(26 ± 3)℃,相对湿度 70% ± 10%,光周期约 L: D = 14: 10。分别统计各高温处理下雌成虫寿命、产卵前期和产卵量。每处理数不少于 20 对。另取 10 日龄成虫进行处理,处理温度同上,12 h 后取存活的成虫配对放入玻璃管内饲养,逐日记录产卵情况、记录产卵停滞时间,并取前 3 d 内所产卵块,置于室内条件下孵化,计算孵化率,均同时设置对照,重复数 10 次,个别处理略有增加。

1.4　数据处理与分析

存活率和暴露温度/时间之间的关系用直线回归方程拟合,L_{50} 和 L_{90} 分别表示导致 50% 和 90% 个体死亡时的温度或时间。以上数据分析均采用统计软件 SAS9.0 进行显著性检验,图形采用 Excel 软件绘制。

2　结果与分析

2.1　高温对莲草直胸跳甲成虫存活的影响

高温处理后莲草直胸跳甲雌雄成虫的存活率见图 1 和图 2。在温度范围为 40 ~ 47℃处理 1 h 后(图 1),雌雄成虫的存活率均随着温度的上升而下降,至 47℃时,均不足 1%,44℃及以上的高温处理后,雌成虫的存活率显著高于雄成虫(44℃:$t = 3.14$,$P < 0.05$;46℃:$t = 3.20$,$P < 0.05$;47℃:$t = 4.00$,$P < 0.05$)。温度为 40℃时(图 2),雌雄成虫的存活率也随着处理时间的延长而下降,当处理时间 7 h 和 9 h 时,雌成虫的存活率显著高于雄成虫(7 h:$t = 2.97$,$P < 0.05$;9 h:$t = 3.00$,$P < 0.05$)。均说

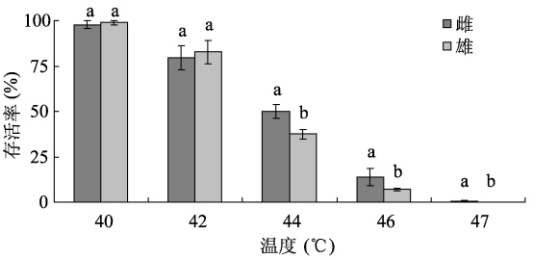

图 1　短时高温对莲草直胸跳甲雌雄成虫存活率的影响

图中数据为平均数 ± SD,不同字母表示两者之间差异显著(Duncan 新复极差检验,$P < 0.05$)。(下图同)

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

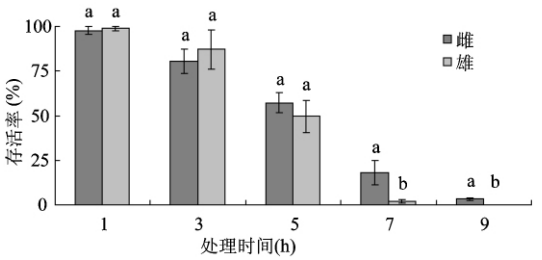

图 2 处理时间对莲草直胸跳甲雌雄成虫存活率的影响(40℃)

明了当温度偏高或处理时间偏长时,较之雄成虫,雌成虫表现出更强的耐热性。

对成虫存活率和处理温度或持续时间均可用线性方程拟合(表 1)。在处理时间为 1 h 时,雌雄成虫的致死温度中 L_{50} 较为接近,而雌成虫的 L_{90} 为 47.06℃,高出雄成虫 1.31℃。在处理温度为 40℃时,雌成虫的致死中时间 L_{50} 为 5.12 h, L_{90} 为 8.29 h,均高于雄成虫。

表 1 莲草直胸跳甲成虫存活率与处理温度/时间之间的回归方程估计

处理方式	回归方程	r	p	L_{50}	L_{90}
40~48℃,1 h	$y = 677.763 - 14.370x$ (♀)	0.9939	<0.01	43.37℃	47.06℃
	$y = 691.924 - 14.9015x$ (♂)	0.9981	<0.01	43.09℃	45.75℃
40℃,1~9 h	$y = 114.278 - 12.582x$ (♀)	0.9888	<0.01	5.12 h	8.29 h
	$y = 125.054 - 16.426x$ (♂)	0.9701	<0.01	4.57 h	7.00 h

"y"表示存活率(%),"x"表示温度。

表 2 短时高温对莲草直胸跳甲繁殖的影响

温度(℃)	产卵前期(d)	寿 命(d)	产卵量(粒)/♀	产卵停滞时间(d)	子代卵孵化率(%)
26±3(CK)	4.98±0.67b	30.0±6.1a	620.3±381.4a	0.00±0.00c	96.54±3.43 a
40	5.50±0.86a	43.2±22.3a	812.0±625.2a	1.69±0.87b	88.67±12.11ab
42	5.13±0.34ab	33.7±26.2a	611.8±467.9a	2.31±0.72ab	87.86±9.66ab
44	5.13±0.40ab	35.0±26.9a	652.0±440.9a	2.62±1.16a	79.84±9.94 b

表中数据为平均数±SD,同列数据后具有不同字母的表示差异显著(Duncan 新复极差检验,$P<0.05$)。

2.2 短时高温对莲草直胸跳甲成虫繁殖的影响

短时高温对莲草直胸跳甲成虫繁殖的影响见表 2。40~44℃处理后,雌成虫的产卵前期均在 5 d 以上,仅 40℃处理时显著长于对照。而寿命和产卵量与对照相比有所变化,但之间差异不显著(寿命:$F = 1.44$, $P > 0.05$;产卵量:$F = 0.81$, $P > 0.05$)。此外,当处理对象为 10 日龄时,雌成虫的产卵行为均有所停滞,处理温度越高,停滞时间越长,44℃时,平均停滞时间达到(2.62±1.16) d。3 d 内所产卵的孵化率也随着处理温度的上升而逐渐下降,44℃时,孵化率仅为 79.84%,显著低于对照。

3 讨论

了解短时高温或者 40℃左右较长时间高温对莲草直胸跳甲存活和繁殖的影响,对解析莲草直胸跳甲耐热性及夏季种群发生规律并制定适宜的释放措施、控制喜旱莲子草危害具有重要意义。本试验通过高温处理后的存活率,探索成虫耐热能力及雌雄间的差异;而通过处理羽化当天和 10 日龄 2 个不同生殖时期的雌成虫,探索短时高温对其繁殖的影响。结果表明,当温度不低于 44℃(处理时间均为 1 h)或处理时间不短于 7 h(处理温度均为 40℃)时,较之雄成虫,雌成虫表现出更强的耐热能力;而短时高温能使 10 日龄雌成虫产卵停滞,所产卵的孵化率下降,但对雌成虫寿命和产卵量并无显著影响。

此外,试验过程中发现,一些成虫高温处理后,短期内所产卵粒干瘪,明显发育不良,而且不能孵化,但一般在 3 d 后,所产卵粒形态恢复,能正常孵化,表明高温可能抑制了其卵的生成,但这种抑制作用是可恢复的。而 44℃1 h 处理下,10 日龄的个别雌性个体终生产卵异常,单次产卵量不足 10 粒,说明 44℃可能对个

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

别个体生殖系统产生了不可恢复的损伤。这种损伤在许多昆虫中可见,如赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* 成虫在 50℃的恒温下暴露 39 min 和 *Sarcophaga crassipalpi* 蛹或即将羽化成虫在 45℃下暴露 60 min 后均不能繁殖[14,15],而 30℃下饲养获得的四纹豆象 *Callosobruchus maculates* 成虫和西非花生豆象 *Callosobruchus subinnotatus* 成虫分别置于 50℃下处理 6 h,雌虫产卵量均显著降低,且四纹豆象所产卵均不能发育至成虫[16]。在本研究中高温处理并没有显著降低莲草直胸跳甲成虫的产卵量和寿命,可能与我们的胁迫强度偏低有关。

昆虫对温度的敏感性与其感觉器官和神经系统密不可分[17]。Hagstrum 等[18]在分析雌雄成虫趋温行为差异时指出,赤拟谷盗雄虫的第 3 节触角所具有的热察觉能力,使其比雌虫具有更强的高温感知能力,莲草直胸跳甲雌成虫的高温敏感性更强的原因可能也与之类似。关于昆虫的耐热性,研究普遍认为与热激蛋白的生理保护机制有关,但目前还远未到了解热激蛋白反应的整体复杂性,而且耐热性与热激蛋白之间的关联也并不是绝对的[10],其他热保护剂也常与耐热性存在一定联系,如海藻糖、应激糖蛋白及一些保护酶等[19,20]。至于昆虫雌雄个体耐热性差异的产生原因是什么?该现象虽然多有报道[21],但机理研究并不透彻,初步推测可能与雌雄个体间激素差异有关。

本研究仅从存活率和生殖活力等生物学特性方面探讨了莲草直胸跳甲雌雄成虫的耐热能力和生殖适应性,其生理生化机制仍需进一步研究。

参　考　文　献

1 Sainty G., McCorkelle G., Julien M. Control and spread of alligator weed *Alternanthera philoxeroides*, in Australia: lessons for other regions. *Wetl. Ecol. Manag.*, 1998, **5**(3): 195 ~ 201.

2 马瑞燕,王韧. 喜旱莲子草在中国的入侵机理及其生物防治. 应用与环境生物学报, 2005, **11**(2): 246 ~ 250.

3 吴浪明,田世尧,王晓容,等. 广东莲草直胸跳甲生物学的观察. 中国生物防治, 2000, **16**(3): 144 ~ 145.

4 王慧,来小龙,马瑞燕,等. 入侵种喜旱莲子草天敌——莲草直胸跳甲的生物学特性. 昆虫知识, 2008, **45**(3): 480 ~ 482.

5 马瑞燕,王韧. 不同生态型的喜旱莲子草对莲草直胸跳甲化蛹能力的影响. 植物生态学报, 2005, **28**(1): 24 ~ 30.

6 Stewart A. C., Chapman R. B., Emberson R. M., *et al*. The effect of temperature on the development and survival of *Agasicles hygrophila*, a biological control agent for alligator weed (*Alternanthera philoxeroides*). *New Zeal. J. Zool.*, 1999, **26**(1): 11 ~ 20.

7 Stewart A. C., Chapman R. B., Barrington A. M., *et al*. Influence of temperature on adult longevity, oviposition and fertility of *Agasicles hygrophila*. *New Zeal. J. Zool.*, 1999, **26**(3): 191 ~ 197.

8 吴珍泉. 温度对空心莲子草叶甲生长发育的影响. 应用生态学报, 1997, **8**(2): 181 ~ 184.

9 陈科伟,周靖,龚静,等. 高温对玉米螟赤眼蜂实验种群的影响. 应用生态学报, 2006, **17**(7): 1 250 ~ 1 253.

10 杜尧,马春森,赵清华,等. 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): 1 565 ~ 1 573.

11 潘晓云,耿宇鹏, Alejandro SOSA, 等. 入侵植物喜旱莲子草——生物学、生态学及管理. 植物分类学报, 2007, **45**(6): 884 ~ 900.

12 马瑞燕. 空心莲子草天敌——莲草直胸跳甲引进中国后的生态适应性研究. 博士学位论文. 北京:中国农业科学院, 2001.

13 Center T. D., Dray Jr. F. A., Jubinsky G. P., *et al*. Insects and Other Arthropods That Feed on Aquatic and Wetland Plants. U. S. Department of Agriculture, *J. Agricul. Resear. Serv.*, *Techn. Bull.* No. 1870, 2002, 1.

14 Mabroof R., Subramanyam B., Flinn P. Reproductive performance of *Tribolium castaneum* exposed to the minimum heat treatment temperature as pupae and adults. *J. Econ. Entom.*, 2005, **98**(2): 626 ~ 633.

15 Denlinger D. L., Yocum G. D. Physiology of Heat Sensitivity. In: Hallman G. J., Denlinger D. L. (eds.). Thermal Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management. Colorado: Westview Press, 1998. 11 ~ 18.

16 Lale N. E. S., Vidal S. Simulation studies on the efects of solar heat on egg-laying, development and survival of *Callosobruchus maculates* (F.) and *Callosobruchus subinnotatus* (Pic.) in stored bambara groundnut *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt. *J. Stor. Prod. Res.*, 2003, **39**(5): 447 ~ 458.

17 马春森,马罡,杜尧,等. 连续温度梯度下昆虫趋温性的

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

研究现状与展望. 生态学报, 2005, **25**(12): 3 390 ~ 3 397.

18 Hagstrum D. W., Flinn P. W., Gaffney J. J. Temperature gradient on *Tribolium castaneum* adult dispersal in stored wheat. *Environ. Entomol.*, 1998, **27**(1): 123 ~ 129.

19 Hottiger T., De Virgilio C., Hall M. N., *et al*. The role of trehalose synthesis for the acquisition of thermotolerance in yeast. *Europ. J. Biochem.*, 1994, **219**(1-2): 187 ~ 193.

20 葛宇, 宫衡, 刘玲, 等. 海藻糖提高动物热耐受性的研究. 食品科学, 2005, **26**(11): 230 ~ 233.

21 Cui X. H., Wan F. H., Xie M., *et al*. Effects of heat shock on survival and fecundity of two whitefly species: *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B. *J. Insect Sci.*, 2008, **8**(24): 1 ~ 10.

* *

《昆虫知识》2010 年第 47 卷第 3 期要目预告

综述和进展

果蝇肠道干细胞研究进展 …… 唐旭东 等

蚕类昆虫线粒体 DNA 研究及其在起源与进化研究中的应用 …… 房守敏 等

类花生酸在昆虫细胞免疫中的作用研究进展 …… 赵 耀 等

我国林业重大害虫松毛虫的灾害研究 …… 曾菊平 等

研究论文

甘肃小陇山林区不同生境类型蝶类多样性研究 …… 汤春梅 等

茶假眼小绿叶蝉对不同茶香精和寄主植物的趋性反应 …… 郭慧芳 等

北洛河流域食蚜蝇科区系分析 …… 黄丽娜 等

玉米面的水分含量对谷蠹生长发育和繁殖的影响 …… 权 跃 等

悬铃木方翅网蝽寄主范围的测定 …… 鞠瑞亭 等

桉树枝瘿姬小蜂成虫感器超微结构的研究 …… 黄蓬英 等

薇甘菊五种溶剂提取物对褐稻虱种群的干扰作用 …… 钟平生 等

红棕象甲发育起点温度及有效积温的测定 …… 欧善生 等

枸杞木虱啮小蜂繁殖生物学研究 …… 刘爱萍 等

胭脂虫寄生对仙人掌生长的影响 …… 冷 锋 等

迷迭香植物精油对白纹伊蚊的驱避作用及其化学成分 …… 李 黎 等

灰飞虱发育起点温度及有效积温 …… 胡英华 等

九种药剂防治悬铃木方翅网蝽的药效试验 …… 纪 锐 等

二种寄生蜂寄生对不同虫龄小菜蛾精巢的影响 …… 何 璠 等

利用中华甲虫蒲螨防治双条杉天牛幼虫研究 …… 郭 鑫 等

西安地区家兔尸体上尸食性昆虫的初步观察 …… 聂唐粉 等

改进人工饲料对红脉穗螟生长发育和繁殖的影响 …… 甘炳春 等

光谱和性别对几种金龟子趋光行为的影响 …… 鞠 倩 等

异色瓢虫与隐斑瓢虫的区别及其色斑型和横脊的频率 …… 虞国跃

内蒙古地区亚洲小车蝗不同地理种群的 RAPD 分析 …… 李东伟 等

家蚕小热激蛋白家族成员 Hsp23.7 基因的克隆与分析 …… 罗素娟 等

氯虫苯甲酰胺、氯虫·噻虫嗪、甲维盐三种药剂对早稻二化螟的防效及施药适期探讨 …… 杨廉伟 等

诊断剂量法监测新疆马铃薯甲虫的抗药性 …… 熊满辉 等

四种生物农药及其与二种化学农药混配对稻飞虱混合种群的防治效果 …… 李世广 等

云南元阳梯田水稻田白背飞虱若虫空间分布型及理论抽样数 …… 唐小艳 等

棉铃虫血细胞对葡聚糖凝胶珠的包囊反应 …… 郭 旭 等

麻疯树蛀梢斑螟生物学特性观察及其防治药剂筛选 …… 肖春莲 等

甘肃酒泉苹果蠹蛾的发生规律 …… 翟小伟 等

大猿叶虫交配行为的观察 …… 匡先钜 等

短时间高温处理对棉蚜存活的影响 …… 吕昭智 等

幼虫密度对马铃薯块茎蛾生长发育及繁殖的影响 …… 马艳粉 等

技术与方法

一种新型的昆虫标本标签卡 …… 王心丽

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net