

南亚果实蝇各虫态发育历期及有效积温研究

李春苑, 吴佳教*, 胡学难, 刘海军

广东检验检疫技术中心, 广东 广州 510623

摘要:【背景】南亚果实蝇是世界性的检疫性害虫,在我国多个省市发生为害,对瓜果作物造成了严重的经济损失。【方法】采用人工恒温饲养方法,分别设置 10、14、18、22、26、30、34 ℃ 7 个恒温条件,测定不同温度条件下南亚果实蝇卵、幼虫和蛹的生长发育历期,并推算出相应的发育起点温度和有效积温。【结果】南亚果实蝇卵、幼虫和蛹的发育起点温度分别为 7.36、2.43、7.64 ℃,卵期、幼虫期和蛹期的有效积温分别为 20.21、187.69 和 156.65 日度。完成整个世代的发育起点温度是 7.64 ℃,有效积温为 364.55 日度。当温度达到 34 ℃时,卵的发育历期相对延长,而蛹则不能正常发育,无法羽化为成虫。【结论与意义】在 10~30 ℃,南亚果实蝇的卵、幼虫和蛹的发育历期随温度升高而缩短,各虫态的发育速率和温度呈显著正相关;在 26 和 30 ℃下,卵、幼虫和蛹的发育历期均显著短于其他各处理温度的发育历期。该试验结果为进一步开展该害虫的适生性分析提供了基础信息,进而为制定该虫的检疫措施提供依据。

关键词: 南亚果实蝇; 发育起点温度; 有效积温

Developmental temperature threshold and effective accumulated temperature in *Bactrocera (Zeugodacus) tau*

Chun-yuan LI, Jia-jiao WU*, Xue-nan HU, Hai-jun LIU

Guangdong Inspection and Quarantine Technology Center, Guangzhou, Guangdong 510623, China

Abstract:【Background】The fruit fly *Bactrocera (Zeugodacus) tau* (Walker) is an important quarantine pest worldwide. The species occurs in many provinces and cities in China, causing serious economic losses to crops.【Method】The *B. (Z.) tau* populations were artificially reared at seven constant temperatures (10, 14, 18, 22, 26, 30 and 34 ℃). The developmental durations of eggs, larvae and pupae were recorded, and the developmental threshold temperature and effective accumulated temperatures were calculated.【Result】The developmental threshold temperature of eggs, larvae, pupae and the whole generation was 7.36, 2.43, 7.64 and 7.64 ℃ respectively, and the effective accumulated temperature was 20.21, 187.69, 156.65 and 364.55 DD (degree-days), respectively. At 34 ℃, the developmental duration of eggs was relatively long, and the no flies emerged from pupae.【Conclusion and significance】In the range of 10~30 ℃, the developmental duration of eggs, larvae and pupae were shortened by increasing temperature, with a positive liner relationship between developmental rate and temperature within this range. At 26 and 30 ℃, the developmental durations were significantly shorter than that at other temperatures. The results provide a scientific basis for understanding the developmental temperature limits of *B. (Z.) tau*, studying on the adaptability and quarantine measures of the pest.

Key words: *Bactrocera (Zeugodacus) tau*; developmental threshold temperature; effective accumulated temperature

南亚果实蝇 *Bactrocera (Zeugodacus) tau* (Walker), 俗称南瓜实蝇, 是重要的检疫性害虫, 其取食范围广, 可危害南瓜、丝瓜、冬瓜、番茄、茄子、辣椒、西瓜等 80 多种植物(周锁奎等, 1993)。该虫以成虫产卵以及幼虫蛀食果实为害, 严重影响瓜果

的产量和质量, 一般年份产量损失达 15%~30%, 发生严重的年份, 产量损失可高达 50% 以上(李灵贵, 2009)。近年来, 南亚果实蝇在我国局部地区发生日趋严重, 寄主范围也有所增大(付翠玉等, 1992)。

收稿日期(Received): 2012-02-09 接受日期(Accpted): 2012-03-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903034); 国家质检总局项目(2011IK160)

作者简介: 李春苑, 女, 硕士研究生。研究方向: 农业昆虫与害虫防治。E-mail: lichy@iqtc.cn

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: Wujj@iqtc.cn

温度是决定实蝇地理分布和生长繁育的重要因子。已有不少学者研究报道了温度对橘小实蝇等实蝇类害虫的生长发育、存活和繁殖等的影响(吴佳教等,2003;袁盛勇等,2005a)。袁盛勇等(2005b)通过对橘小实蝇各虫态发育历期及有效积温的研究也表明,橘小实蝇各虫态的发育速率和温度呈显著正相关。就南亚果实蝇而言,张清源等(1991)研究表明,年平均温度为 20.8 °C,冬季最低日均温度在 12.4 °C 以上对南亚果实蝇的生长有利。此外,林振基等(1989)报道了南亚果实蝇各虫态的发育起点温度和有效积温。刘丽红(2005)借助光照培养箱,在 19 ~ 34 °C 范围内设置 6 个温度梯度,研究了不同温度对南亚果实蝇生长发育和繁殖的影响。本试验在延伸低温设置范围的试验条件下,开展温度对南亚果实蝇生长发育的影响研究,旨在为了解该害虫的发育温度极限,进一步开展该害虫的适生性分析奠定基础,进而为制定该虫的检疫政策提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

从广州郊区瓜菜地采集受害的南瓜果实,带回室内进行培养,并建立南亚果实蝇室内种群。室内种群的饲养温度为 (26 ± 2) °C,相对湿度为 $(75 \pm 10)\%$ 。取第 3 代的种群为本试验的供试虫源。

1.2 温度设置

试验共设 10、14、18、22、26、30、34 °C 7 个温度梯度。试验在人工气候箱中进行,气候箱型号为 Germany Binder Kbwf 240 型,相对湿度为 $(75 \pm 5)\%$,光周期为 14L:10D。

1.3 试验方法

1.3.1 卵发育历期 参照袁盛勇等(2008)的方法并做适当改进。试验所用南瓜 *Cucurbita moscha* Duche 从超市购得。取一块 4 cm × 4 cm 的南瓜块并在南瓜块上用打孔器均匀打上 5 个小孔,孔直径约 0.7 cm,孔深约 1 cm。用盛有少量榨鲜黄瓜汁的采卵杯采集试验种群中的卵,采集时间维持 0.5 ~ 1 h。用柔软细毛笔将采集到的卵从采卵杯中移出并置于铺有湿润黑色滤纸的培养皿中,在解剖镜下观察,用柔软细毛笔挑取饱满的卵,每组 20 粒,置于直径为 0.4 cm 的黑色滤纸圆片上,黑色滤纸圆片下垫一层直径约为 0.5 cm 的白色滤纸圆片,让滤纸圆

片保持湿润,再将接好卵的滤纸圆片分别移到上述南瓜孔内。备好后将南瓜块分别放入各养虫盒内并置于各处理温度中。每隔 2 h 取出,检查卵的孵化情况,记录卵的发育历期,以 50% 卵孵化的时间为卵的孵化历期。每个处理温度设 3 个重复,每个重复 100 粒卵。

1.3.2 幼虫发育历期 用柔软细毛笔挑取 4 h 内孵化的 1 龄幼虫,接入已置于南瓜孔内的黑色滤纸圆片上,打孔方法及黑色滤纸片准备如前述,将接好虫的南瓜块放入养虫盒中,并盖上带纱网的盖。养虫盒口径为 8 cm,底径为 6 cm,高为 5 cm。幼虫老熟时将养虫盒(盒盖拿掉)分别放入装有绝对含水量约为 3% 的干净细沙的塑料封口袋内,袋的周围用 5 号昆虫针扎些小孔便于通气,观察、记录幼虫从南瓜中弹跳外出的时间,每天记录 2 次,以 50% 幼虫弹跳外出的时间为幼虫发育历期。每个处理温度设 3 个重复,每个重复共 50 头幼虫。

1.3.3 蛹发育历期 取绝对含水量约为 3% 的干净细沙 100 g 分装于塑料封口袋中,并用 5 号昆虫针在袋上扎些小孔便于通气,接入当天化的蛹,每袋各 50 粒,封住袋口,观察、记录蛹的羽化时间。以 50% 蛹羽化的时间为蛹发育历期。每个处理温度设 3 个重复。

1.4 数据分析

应用 SPSS 软件中的方差分析(ANOVA)和多重比较(Duncan)对数据进行分析。

1.4.1 发育速率的模拟方法 发育速率与温度间的关系用以下 Logistic 方程来拟合:

$$V = K_0 / [1 + \text{EXP}(a - rT)]$$

$$K_0 = [2V_1V_2V_3 - V_2^2(V_1 + V_2)] / (V_1V_3 - V_2^2)$$

式中: V 为发育速率; K_0 为最大发育速率; T 为处理温度; a 、 r 为模型参数; V_1 、 V_2 、 V_3 是试验中实测的等距的 3 个温度所对应的发育速率值。

1.4.2 发育起点温度和有效积温的计算方法 根据不同温度下各虫态的发育历期,采用李典谟(1986)提出的直接最优法计算各虫态发育起点温度及有效积温。计算公式如下:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n T_i D_i^2 - \bar{D} \sum_{i=1}^n D_i T_i}{\sum_{i=1}^n D_i^2 - n \bar{D}^2} \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(T_i - C) \times D_i] \quad (2)$$

式中: D_i 为第 i 组下的发育历期; T_i 为第 i 组的温度处理; n 为温度处理组数; C 为发育起点温度; K 为有效积温。

2 结果与分析

2.1 各虫态的发育历期

试验结果表明,在 10 ~ 30 ℃ 内,南亚果实蝇的卵、幼虫和蛹的发育历期随温度升高而缩短(表 1)。

表 1 不同温度下南亚果实蝇各虫态的发育历期

Table 1 Developmental duration of *B. (Z.) tau* under different temperatures

温度 Temperature (℃)	卵期 Egg stage (d)	幼虫期 Larva stages (d)	蛹期 Pupa stage (d)
10	5.99 ± 0.08a	25.35 ± 0.26a	63.78 ± 1.35a
14	4.08 ± 0.00b	16.26 ± 0.77b	26.97 ± 0.08b
18	1.73 ± 0.00c	10.37 ± 0.39c	15.88 ± 0.20c
22	1.58 ± 0.00d	8.14 ± 0.26d	10.45 ± 0.15d
26	0.91 ± 0.01e	7.44 ± 0.61d	7.92 ± 0.02e
30	0.75 ± 0.01f	7.01 ± 0.07d	7.04 ± 0.04e
34	0.87 ± 0.01e	7.73 ± 0.37d	-

试验数据为平均值 ± 标准误;同列数据后不同小写字母表示在 5% 水平上差异显著;“-”表示在 34 ℃ 不能完成发育。
Data in the table are means ± SE; different small letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$);
“-” represents none emergence at 34 ℃.

2.2 各虫态的发育速率

用 Logistic 方程对各虫态的发育历期与相应的供试温度进行模拟,得到以下拟合方程,各虫态在不同温度下的观察值和拟合结果见图 1 ~ 3。

卵: $V = 1.3330/[1 + \text{EXP}(4.4355 - 0.218209 t)]$,
 $R^2 = 0.9459$, $P < 0.05$;

幼虫: $V = 0.139466/[1 + \text{EXP}(3.5502 - 0.245143 t)]$,
 $R^2 = 0.9816$, $P < 0.05$;

蛹: $V = 0.159463/[1 + \text{EXP}(4.2380 - 0.212415 t)]$,
 $R^2 = 0.9992$, $P < 0.05$ 。

其中, V 表示发育速率, t 表示温度。

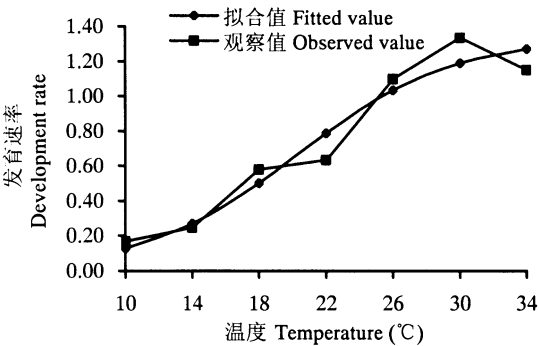


图 1 不同温度下卵的发育速率及其拟合图
Fig.1 The developmental rate fitting chart of egg at different temperatures

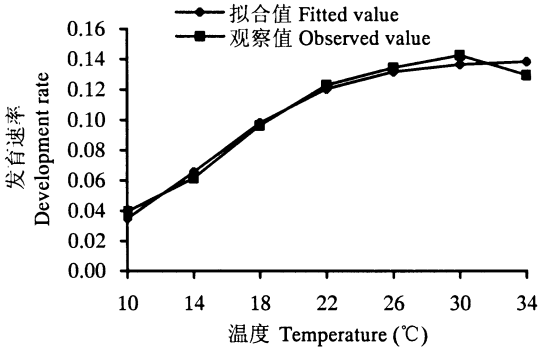


图 2 不同温度下幼虫的发育速率及其拟合图
Fig.2 The developmental rate fitting chart of larva at different temperatures

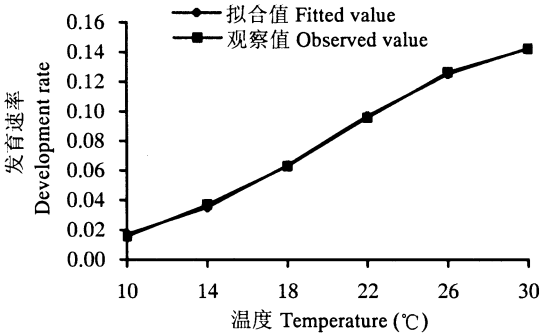


图 3 不同温度下蛹的发育速率及其拟合图
Fig.3 The developmental rate fitting chart of pupa at different temperatures

拟合结果表明,得出的拟合方程能较好地反映各虫态在不同温度下的发育速率,各虫态的发育速率与温度呈正相关,这一结果与韦淑丹等(2011)针对瓜实蝇的生长发育研究得出的结果相接近。

2.3 各虫态发育起点温度和有效积温

根据公式(1)和公式(2)计算出的南亚果实蝇各虫态的发育起点温度及有效积温见表 2。结果表明,南亚果实蝇各虫态中,卵和蛹的发育起点温度

相差不大,分别为 7.36 和 7.64 ℃,幼虫的发育起点温度最低,仅为 2.43 ℃。卵期、幼虫期和蛹期的有效积温分别为 20.21、187.69 和 156.65 日度,完成 1 个世代的发育起点温度为 7.64 ℃,有效积温为 364.55 日度。

表 2 南亚果实蝇各虫态的发育起点温度与有效积温
Table 2 The developmental threshold temperature and effective accumulated temperature
for different development stages of *B. (Z.) tau*

虫态 Insect stage	发育起点温度	有效积温(日度)
	Developmental threshold temperature (℃)	Effective accumulated temperature (degree-days)
卵 Egg	7.36	20.21
幼虫 Larva	2.43	187.69
蛹 Pupa	7.64	156.65
世代 Generation	7.64	364.55

3 结论与讨论

温度对昆虫的生长发育及存活率有重要影响,在适合生长发育的温度范围内,随着温度的升高,昆虫的发育速率加快,发育历期缩短。本试验结果表明,在 10~30 ℃,南亚果实蝇的卵、幼虫和蛹的发育历期随温度升高而缩短;在 26 和 30 ℃下,卵、幼虫和蛹的发育历期均显著短于其他各处理温度。当温度达到 34 ℃时,卵的发育历期相对延长,而蛹则不能正常发育,无法羽化为成虫。因此,持续 34 ℃的高温将对南亚果实蝇的种群繁衍产生影响。

研究结果表明,南亚果实蝇卵、幼虫和蛹的发育起点温度表现为蛹(7.64 ℃) > 卵(7.36 ℃) > 幼虫(2.43 ℃)。南亚果实蝇卵、幼虫和蛹的有效积温分别为 20.21、187.69、156.65 日度。卵期的发育起点温度与刘丽红(2005)的试验结果相吻合,但幼虫期和蛹期的发育起点温度与其试验结果(其值分别为 9.2075、3.2518 ℃)有偏差,导致结果差异除可能与南亚果实蝇种源、试验的温度环境等因素有关外,还可能与对幼虫进入蛹期的时间界定有关。实蝇类幼虫老熟后,要经历预蛹阶段,预蛹不受外力惊动时,常要经历较长时间,才会弹跳离开寄主并化蛹;而有外力惊动时,则会很快弹离寄主,化蛹。因此,如何更合理地界定该类害虫的幼虫期及蛹期还有待于进一步探讨。此外,林振基等(1989)报道的南亚果实蝇各虫态的发育起点温度均在 15 ℃以上,这一结果值得商榷,本试验结果表明,10 和 14 ℃的试验条件下,各虫态还可缓慢生长发育。

参考文献

付翠玉, 陈朝阳. 1992. 南瓜实蝇生活习性及其防治试验. 植物保护, (1): 23–24.

李典谟. 1986. 快速估测发育起点及有效积温法的研究. 昆虫知识, 24(4): 184–187.

李灵贵. 2009. 南瓜实蝇的发生与防治对策. 植物医生, 22(3): 12–13.

林振基, 张清源. 1989. 南瓜实蝇发育起点温度及有效积温的研究. 江西植保, (2): 17–18.

刘丽红. 2005. 温度及补充营养对南亚实蝇 *Bactrocera tau* (Walker)种群增长的影响. 重庆: 西南农业大学.

韦淑丹, 黄树生, 王玉群, 曾东强, 凌炎. 2011. 温度对瓜实蝇实验种群生长发育及生殖的影响研究. 南方农业学报, 42(7): 744–747.

吴佳教, 梁帆, 梁广勤. 2003. 桔小实蝇发育速率与温度关系的研究. 检验检疫科学, 13(5): 17–18.

袁盛勇, 孔琼, 肖春, 陈斌, 杨仕生, 张建波, 孙文, 李正跃. 2005a. 温度对桔小实蝇发育、存活和繁殖的影响. 华中农业大学学报, 24(6): 588–591.

袁盛勇, 孔琼, 肖春, 陈斌, 李正跃, 高永红. 2005b. 桔小实蝇各虫态发育历期及有效积温研究. 西南农业大学学报: 自然科学版, 27(3): 316–318.

袁盛勇, 孔琼, 张宏瑞, 田学军, 李河. 2008. 瓜实蝇的发育起点温度和有效积温研究. 江苏农业科学, (6): 127–128.

张清源, 林振基, 刘金耀. 1991. 南亚寡鬃实蝇生物学特性. 植物检疫, 5(3): 164–167.

周锁奎, 李广学, 邱仲华, 李掌, 李续荣. 1993. 南亚寡鬃实蝇生物学特性观察及防治研究. 植物保护, (5): 11–12.

(责任编辑:彭露)