

红棕象甲发育起点温度及有效积温的测定^{*}

欧善生^{**} 申晓萍 谢彦洁 覃连红 王小欣 侯亮 何建华

(广西农业职业技术学院 南宁 530007)

Determination on threshold temperature and effective accumulated temperature for the development of *Rhynchophorus ferrugineus*. OU Shan-Sheng^{**}, SHEN Xiao-Ping, XIE Yan-Jie, QIN Lian-Hong, WANG Xiao-Xin, HOU Liang, HE Jian-Hua (Guangxi Agricultural vocation-technical college, Nanning 530007, China)

Abstract The effect of temperature on the growth and development of *Rhynchophorus ferrugineus* Fabricius was studied. Linear regression indicated that the threshold temperatures for preoviposition, eggs, larvae and pupae, and from preoviposition to pupation, were (16.11 ± 1.44) , (14.10 ± 0.56) , (15.28 ± 0.21) , (14.89 ± 0.24) and (14.15 ± 0.54) °C, respectively. The effective accumulated temperature for the above stages were (31.86 ± 1.65) degree days, (748.60 ± 15.79) degree days, (417.94 ± 20.80) degree days and (1215.50 ± 28.56) degree days, respectively. The developmental duration of each developmental stage, and from preoviposition to pupation, decreased with increased temperature. The developmental duration of a single generation was fitted with the index function: $y = 3343e^{-0.1279x}$.

Key words *Rhynchophorus ferrugineus*, threshold temperature for development, effective accumulated temperature

摘 要 在室内恒温条件下,观察了不同温度对棕榈红棕象甲 *Rhynchophorus ferrugineus* Fabricius 生长发育的影响,并用直线回归法测得产卵前期、卵、幼虫、蛹和全世代的发育起点温度分别为 (16.11 ± 1.44) 、 (14.10 ± 0.56) 、 (15.28 ± 0.21) 、 (14.89 ± 0.24) 和 (14.15 ± 0.54) °C;有效积温分别为 (31.86 ± 1.65) 、 (748.60 ± 15.79) 、 (417.94 ± 20.80) 和 (1215.50 ± 28.56) 日·度。红棕象甲的各虫态和全世代发育历期随温度的升高而缩短,在测定的温度范围内,全世代发育历期与温度的关系符合指数函数: $y = 3343e^{-0.1279x}$ 。

关键词 红棕象甲,发育起点温度,有效积温

棕榈红棕象甲 *Rhynchophorus ferrugineus* Fabricius 是棕榈科植物的重要害虫,主要以幼虫蛀食寄主植物的心叶、幼嫩叶鞘和茎秆内的组织,常造成 10 年生以下的棕榈科植物枯死^[1~3]。据报道,印度的马拉尔海岸,每年有 5% 以上的 10 年生椰树被害致死;20 世纪 50 年代,斯里兰卡的椰树苗受该虫蛀害造成死亡率达 30% ~ 40%^[4]。在我国对外植物检疫中,虽然将红棕象甲作为截获对象处理,但目前在海南、广东、台湾、广西、云南、香港等省区已有分布为害。据作者调查,近年来红棕象甲在广西南宁市不断扩散为害,有几种棕榈树的被害

株率已达 48.27% ~ 89.56%,对当地种植棕榈树绿化已构成了威胁。自南宁市发现该虫危害绿化区棕榈树以来,有关人员对其生物学特性及防治技术的研究甚少,对其发育起点温度和有效积温方面的研究尚属空白。害虫发生期的预测可提供防治适期的参考,有效积温预测法是害虫预测预报的方法之一,因此我们对红棕

^{*} 资助项目:广西农业职业技术学院自然科学课题(合同号:农职科 B070206)。

^{**} E-mail:oss9503@163.com

收稿日期:2009-08-15,修回日期:2010-02-09

象甲的发育起点温度和有效积温进行了测定,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

从广西南宁市郊棕榈园被红棕象甲为害株中采回红棕象甲蛹(带蛹室),在室内养虫笼待其羽化出成虫后,作为供试虫源。

1.2 试验方法

试验在 PGX-318B 型多段可编程光照培养箱(宁波东南仪器有限公司生产)内进行。光照为 3 000 lx,光周期 L:D = 12:12,培养箱内的相对湿度为 75% ± 5%。试验设 14、18、22、26、30℃ 5 个恒定的温度梯度,温度波动 ± 1℃。将同一天羽化出的雌、雄成虫各 1 头配对放入不锈钢纱网养虫笼内,用国王椰幼嫩叶鞘切成 1 cm × 1 cm × 6 cm 的小块放入笼内作食料和产卵场所。每个温度梯度为 1 个处理,每处理设置 3 个重复,每重复 1 个笼;另设室内常温对照。每天取出小块叶鞘在显微镜下检查产卵情况,并换入新的食料。将产下的卵移入垫有吸水纸的培养皿后,移入既定温度条件下饲养,每天检查孵化情况。将孵出幼虫移接于寄主叶鞘小块组织内,后移入培养皿放在设定温度条件下饲养,每天检查发育情况,并换入新食料供其食用直至幼虫化蛹;为了防止虫蛹羽化成虫后逃逸,将虫蛹转入养虫笼内饲养观察,每天喷水保湿。蛹羽化后将同一天羽化出的雌、雄成虫各 1 头配对放入不锈钢纱网养虫笼内,依上述方法在 5 个温度梯度分别饲养 3 代,各阶段分别记录项目是:成虫产卵前期、卵期、幼虫期、蛹期和全世代历期。利用实验结果计算出各虫态平均发育历期。

1.3 数据的统计分析

采用 $K = NT$ [6] 公式进行数据统计分析,由于昆虫的发育是在高于 0℃ 的某一特定温度时发育才能开始进行,故发育起点温度(即最低有效温度)以 C 表示,故将公式改为: $K = N(T - C)$ [6],式中 K 为有效总积温, N 为发育历期(d), T 为发育期日平均温度(℃), C 为发育起

点温度, $(T - C)$ 为有效平均温度。

根据时间和温度在发育速率上的直线关系,采用直线回归法 [7] 计算。在红棕象甲发育起点温度及有效积温的测定中,由于所设定的 14℃ 条件下红棕象甲卵不能孵化,而在 18、22、26、30℃ 条件下红棕象甲各虫态均能完成生长发育,因此采用这 4 个恒定温度下的观测值作为数据分析的资料。

再根据下面公式 [8] 计算出发育起点温度 C 的标准误差 S_c 和有效积温 K 的标准误差 S_k

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{n - 2} \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2} \right]} \quad (1)$$

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n - 2) \sum (V - \bar{V})^2}} \quad (2)$$

$\bar{V}$ = 发育速度的平均值; n = 样本数; T' = 温度的理论值。

根据公式(1)、(2),利用 Office2003 中的 Excel 2003 中插入“数学和三角函数”等公式计算出 C 、 K 、 S_c 、 S_k ,并在 Excel 2003 中插入图表,利用温度与红棕象甲各虫态平均发育历期的数据,选择指数函数 $y = ae^{-bx}$ 的数学模型进行拟合,拟合出各虫态发育历期理论值,计算出红棕象甲各虫态发育起点温度、有效积温,从而建立温度控制红棕象甲发育进度的预测式。方差分析采用 Duncan's 新复极差测验法。

2 结果与分析

2.1 温度对红棕象甲各虫态发育历期的影响

试验结果表明,温度对红棕象甲生长发育有显著的影响。在 14℃ 条件下红棕象甲卵不能孵化;在 18 ~ 30℃ 范围的条件下,红棕象甲各虫态及全世代的发育历期与温度呈负相关关系,即随温度的升高发育历期明显缩短,如卵的发育历期由 18℃ 的 (7.52 ± 0.50) d 缩短到 30℃ 的 (1.99 ± 0.19) d;幼虫的发育历期由 18℃ 的 (260.00 ± 1.00) d 缩短到 30℃ 的 (50.67 ± 1.53) d;蛹的发育历期由 18℃ 的 (110.12 ± 1.56) d 缩短到 30℃ 的 $(27.00 \pm$

2.00) d;全世代发育历期由 18℃ 的 (380.97 ± 2.04) d 缩短到 30℃ 的 (80.65 ± 3.68) d (表 1)。

根据温度与红棕象甲各虫态发育历期的数据,选择指数函数 $y = ae^{-bx}$ 的数学模型进行拟合后表明,它们之间的拟合关系很好,见表 2。

表 1 不同温度下红棕象甲各虫态及全世代的平均发育历期(d)

温度(℃)	产卵前期	卵期	幼虫期	蛹期	全世代历期
18	3.33 ± 0.58	7.52 ± 0.50	260.00 ± 1.00	110.12 ± 1.56	380.97 ± 2.04 aA
22	2.67 ± 0.58	4.01 ± 0.31	114.33 ± 2.08	52.00 ± 7.21	173.01 ± 5.54 bB
26	1.33 ± 3.80	2.83 ± 0.09	70.33 ± 3.06	35.00 ± 1.0	109.49 ± 3.22 cC
30	1.00 ± 0.00	1.99 ± 0.19	50.67 ± 1.53	27.00 ± 2.00	80.65 ± 3.68 dD

注:表中数据为平均值 ± 标准误,运用 Duncan's 新复极差测验法进行比较,a、b、c、d 表示不同温度下全世代发育历期差异显著($P < 0.05$);而 A、B、C、D 表示不同温度下全世代发育历期差异极显著($P < 0.01$)。

表 3 红棕象甲各虫态发育起点温度、有效积温及预测式

虫态	$C(℃)$	S_c	$K(日·度)$	S_k	温度控制发育进度的预测式
产卵前期	16.11	± 1.44	12.49	± 2.04	$T = 12.49/N + (16.11 ± 1.44)$
卵期	14.10	± 0.56	31.86	± 1.65	$T = 31.86/N + (14.10 ± 0.56)$
幼虫期	15.28	± 0.21	748.60	± 15.79	$T = 748.60/N + (15.28 ± 0.21)$
蛹期	14.89	± 0.24	417.94	± 20.80	$T = 417.94/N + (14.89 ± 0.24)$
全世代	14.15	± 0.54	1 215.50	± 28.56	$T = 1 215.50/N + (14.15 ± 0.54)$

注: C 为发育起点温度; S_c 为标准误差; K 为有效积温; S_k 为标准误差。

表 2 根据指数函数 $y = ae^{-bx}$ 的数学模型拟合的理论表达式及各自的判断系数(R^2)

虫态	发育历期理论表达式	表达式判断系数(R^2)
产卵前	$y = 24.558e^{-0.1076x}$	$R^2 = 0.9582$
卵期	$y = 48.705e^{-0.1084x}$	$R^2 = 0.976$
幼虫期	$y = 2577.9e^{-0.1348x}$	$R^2 = 0.9588$
蛹期	$y = 768.05e^{-0.1153x}$	$R^2 = 0.9444$
全世代	$y = 3343e^{-0.1279x}$	$R^2 = 0.9561$

2.2 红棕象甲的发育起点温度和有效积温

采用直线回归法计算出红棕象甲各虫态发育起点温度 C ,采用最小二乘法计算出红棕象甲各虫态发育的有效积温 K 的理论值,见表 3。红棕象甲完成 1 个世代所需的有效积温为 1 215.50 日·度,在 2006 ~ 2008 年 3 年间,广西南宁全年高于发育起点温度的有效积温分别为 3 440、3 446 和 3 449 日·度,按照公式 $D = K'/K$ (公式中 D 为理论代数, K' 为年总有效积温)计算出南宁市红棕象甲 2006 ~ 2008 年发生的理论代数分别为 2.83、2.84 和 2.84 代,这与田间实际调查获知的近 3 年来年实际发生代数均为 3 代基本相符。从表 3 看出,红棕象甲各虫态的发育起点温度稍高 (14.10 ~ 16.11)℃,而

且卵和蛹的发育起点接近 (14℃ 左右);幼虫的发育起点温度稍高 (15.28 ± 0.21)℃。在 4 种虫态中,卵的发育起点温度和有效积温较低,分别为 (14.10 ± 0.56)℃ 和 (31.86 ± 1.65) 日·度;而幼虫的发育起点温度和有效积温相对较高,分别为 (15.28 ± 0.21)℃ 和 (748.60 ± 15.79) 日·度。

3 结论

研究表明,温度是影响红棕象甲田间发生时间和程度的重要因子之一。在本项研究中,当温度在 14℃ 时,其卵不能孵化,而在 18 ~ 30℃ 范围,各虫态能正常生长发育。南宁市在每年 4 ~ 10 月每天变幅在 18 ~ 30℃ 范围,表明在南宁市 4 ~ 10 月间较有利于此虫的发生为害,此期应注意防治。

根据对红棕象甲的发育起点温度及有效积温的研究结果,并根据当地的气象资料和结合田间调查结果,利用 $N = K/(T - C)$ 公式计算,可对此虫发生代数和发生期进行预测预报,以提供适期防治参考。如 2007 年在南宁市郊区

棕榈园实际调查第 1 代红棕象甲产卵始期为 4 月 15 日, 计算出防治适期为 4 月 18 日 ~ 4 月 20 日, 园林绿化处在我们的指导下于 4 月 20 日施药防治红棕象甲, 田间虫口密度大大下降, 达到防治的预期目的。依此方法在南宁市郊区五塘镇棕榈园于 2008 年 7 月 8 日查得第 2 代红棕象甲产卵始期, 计算出防治适期为 7 月 11 日 ~ 13 日, 这与田间 7 月 11 日(卵孵始盛期) 验证相吻合; 2009 年在南宁市郊区棕榈园实际调查第 1 代红棕象甲产卵始期为 4 月 11 日, 计算出防治适期为 4 月 14 日 ~ 16 日, 这与田间 4 月 14 日(卵孵化始盛期) 验证相符合。

参 考 文 献

- 1 鞠瑞亭, 李跃忠, 杜予州, 等. 警惕外来危险害虫红棕象甲的扩散. 昆虫知识, 2006, 43(2): 159 ~ 163.
- 2 李磊, 覃伟权, 黄山春, 等. 室内饲养红棕象甲的行为观察. 昆虫知识, 2009, 46(6): 926 ~ 929.
- 3 王凤, 鞠瑞亭, 李跃忠, 等. 红棕象甲室内生物学特性及形态观察. 昆虫知识, 2009, 46(4): 556 ~ 560.
- 4 中国热带农业科学院, 华南热带农业大学. 中国热带作物栽培学. 北京: 中国农业出版社, 1998. 380 ~ 387.
- 5 雷朝亮, 荣秀兰. 普通昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 2007. 478 ~ 479.
- 6 Halpapp K. Introduction of *Tetrastichus brumispse* for control of *Brontispa Longissima* in Australia In: Proceedings of the Sixth Workshop for Tropical Agricultural Entomology, Darwin, Australia. Technical Bulletin Department of Primary Industry and Fisheries, Northern Territory of Australia, 2001. 59 ~ 60.
- 7 王宝山. 试验统计方法. 北京: 中国农业出版社, 2008. 144 ~ 148.
- 8 张孝羲, 张跃进. 农作物有害生物预测学. 北京: 中国农业出版社, 2006. 79 ~ 80.