

文章编号: 1001— 411X (2000) 03— 0036— 04

梯度恒温对湿地松粉蚧实验种群的影响

汤 才, 童晓立, 黄德超, 刘玉标, 何练新

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广东 广州 510642)

摘要: 试验在人工气候室内进行, 设置 6 个温度处理湿地松粉蚧成虫, 9 个温度处理卵, 结果表明: 温度对湿地松粉蚧越冬代成虫死亡率、产卵量、繁殖力有着显著的影响; 该蚧卵的发育起点温度为 6.64℃, 有效积温为 153.31 日度, 发育的最适温度在 29℃左右; 在 19~32℃时, 卵的孵化率均在 90%以上, 差异不显著, 但在 35~37℃时, 卵几乎不孵化, 用线性日度模型、王氏模型与 Logistic 模型对卵的发育速率进行拟合, 均有较好的相关性和拟合度。试验结果与野外实验得出的结论是基本一致的, 高温是新侵入区湿地松粉蚧夏季种群数量显著凋落的主要原因之一。

关键词: 恒温; 湿地松粉蚧; 产卵量; 死亡率; 发育速率
中图分类号: S763.302 **文献标识码:** A

湿地松粉蚧 *Oracella acuta* 是一种新侵入我国的松林害虫。自 1988 年随湿地松接穗条从美国佐治亚洲传入广东省台山市以来, 迅速扩散, 危害十分严重^[1]。广东省林业厅 1998 年普查结果表明, 全省共有 34 个市、县的松林受到为害, 松林受害面积达 36.1 万 hm², 对全省松林造成了严重危害和存在着潜在的威胁。因而对该粉蚧进行风险性评估显得十分必要。在应用地理信息系统 (GIS) 对其进行风险性评估的过程中, 高温和扩散北限温度是风险性评价的主要生态学指标之一, 因此, 本文在前几年的野外研究的基础上, 在实验室探讨梯度恒温对湿地松粉蚧实验种群的影响, 对进一步了解湿地松粉蚧的生物学特征有着重大的意义。

1 材料与方法

1.1 试验时间与温度设置

试验在华南农业大学中心实验室的人工气候室中进行。控温设备为日本产的 FR—SP 多单元气候箱, 误差为 ±1℃。设置 6 个温度处理初期成虫, 分别为 25、27、29、32、35、37℃; 9 个温度处理卵, 分别为 19、21、23、25、27、29、32、35、37℃, 相对湿度为 80%, 光照为 $L:D=12:12$ 。

1.2 试验虫源

供试湿地松粉蚧于 1997 年 4 月 15 日采自鹤山市林业科学研究所附近的湿地松林区, 每条松梢 l 约 40 cm, 各梢上虫数不等, 带回实验室插入盛水的罐头瓶内保湿饲养, 虫态为雌成虫初期。

1.3 试验方法

把保湿饲养的松梢分别放入按上述试验温度要求设置的人工气候箱内, 每温度处理 30~50 条松梢。

挑取 400 粒左右的卵装在铺有滤纸的培养皿中, 分别置于 9 个温度处理中保湿培养。每 2 d 抽取松梢几条, 在显微镜下仔细观察 1 次, 详细记录湿地松粉蚧成虫的产卵情况、死亡情况等; 同时检查培养皿中卵的孵化, 详细记录卵的孵化情况, 试验重复 3 次, 求其平均值作为观察值。每次观察后, 剪除松梢基部顶端, 以防松脂堵塞导管影响松梢水分的吸收, 延长松梢的保鲜时间。

2 结果与分析

2.1 温度对湿地松粉蚧卵发育情况的影响

9 个温度处理卵的实验结果见表 1。

从表 1 可以看出, 在 19~32℃区域间, 湿地松粉蚧卵的孵化率差异不显著, 均在 90%以上; 而在 35~37℃

表 1 温度对卵的孵化及发育的影响
Tab. 1 Effects of temperature on hatch and development of the egg

温度 temperature / °C	孵化率 hatch rate	平均历期 average duration / d
19	0.901 3	10.663 6
21	0.934 7	11.427 1
23	0.959 1	9.747 2
25	0.983 7	7.289 8
27	0.949 4	7.247 8
29	0.946 9	6.835 7
32	0.976 9	7.054 0
35	0.000 0	
37	0.000 0	

范围内, 卵全部死亡不孵化, 说明实验室高温能抑制卵的孵化, 从而降低虫口密度.

采用线性日度模型, logistic 模型和王氏模型对湿地松粉蚧卵的发育速率进行拟合^[2~4], 计算软件

$$R(T)=\frac{0.3019(1-e^{-(T-7.4196)/1.7997})\times(1-e^{-(34.9998-T)/1.7997})}{1+e^{-0.09682(T-28.7143)}}$$

线性日度模型,

logistic 模型,

王氏模型.

上述 3 种发育速率模型的参数值, 经统计检验后, 线性日度模型的相关性最大, 相关系数 r 为 0.907 8. 王氏模型和 logistic 模型也均有较高的拟合度, 拟合度又分别为 0.990 7 和 0.744 8, 各种模型的拟合曲线见图 1. 从图 1 可以看出王氏模型的拟合效果最好, logistic 拟合后半部分效果比较差.

在线性模型中, 可以看出湿地松粉蚧卵的发育起点温度为 6.64 °C, 有效积温 153.31 日度; 王氏模型中可以看出 3 个比较直观的参数, 其中卵的最低发育温度 7.4 °C, 最高临界温度 35 °C, 最适温度 28.7 °C. 因此, 可以认为湿地松粉蚧卵的发育起点温度为 7 °C 左右, 最适温度 29 °C, 最高临界温度为 35 °C.

为 DPS^[5], 得出湿地松粉蚧卵的发育速率模型分别为:

$$R(T)=(T-6.643)/153.31$$

线性日度模型,

$$R(T)=\frac{0.1092}{1+e^{(8.8044-0.5421T)}}$$

logistic 模型,

$$R(T)=\frac{0.3019(1-e^{-(T-7.4196)/1.7997})\times(1-e^{-(34.9998-T)/1.7997})}{1+e^{-0.09682(T-28.7143)}}$$

王氏模型.

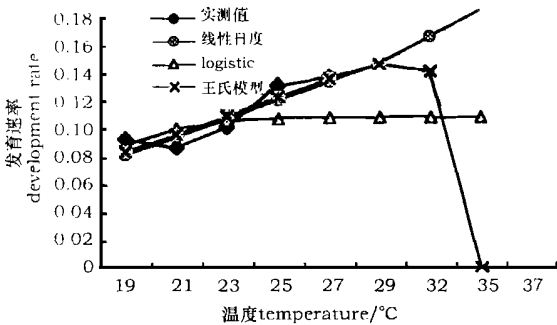


图 1 湿地松粉蚧卵发育速率曲线模型图
Fig. 1 The models for egg development rate of *Oracella acuta*

2.2 温度对成虫产卵量的影响

同样的方法, 将各温度下成虫的产卵量统计及分析得出表 2.

表2 温度对成虫产卵量(粒)影响 ¹⁾ Tab. 2 Effects of temperature on eggs per female								
温度 temperature/ °C	4月19日	4月21日	4月23日	4月25日	4月27日	4月29日	5月1日	平均 average
25	53.33	87.50	78.30	77.35	69.47	73.06	84.44	74.35 abA
27	35.94	85.43	72.05	71.13	71.68	72.29	70.00	68.36 bA
29	80.05	99.59	117.85	119.65	65.38	93.44	77.80	93.25 aA
32	101.95	50.57	80.32	55.35	75.15	32.13	69.33	66.40 bA
35	80.50	70.25	97.62	89.58	84.49	84.49	84.49	84.49 abA
37	95.12	66.50	43.40	60.34	66.34	66.34	66.34	66.34 bA
平均 average	73.98a	76.64a	81.59a	78.73a	72.06a	70.29a	75.40a	

1) 同列或同行具相同字母者表示在 0.05 水平差异不显著(DMRT)

表 2 的分析结果表明: 不同温度对成虫的产卵量有着显著的影响, 温度偏高或偏低成虫的产卵量均显著下降, 其中在 29 °C 成虫的产卵量最大, 每日产卵量为 93.39 粒/雌, 说明 29 °C 对成虫生长发育最适宜. 对观察日期的差异性分析可以看出, 观察日期对成虫的产卵量影响差异不显著, 也就是说, 由于培养时间的延长而引起的松梢活力下降, 对湿地松粉蚧成虫产卵量没有显著影响.

2.3 温度对成虫死亡率的影响

将各温度下观察到的成虫死亡数统计分析得出表 3. 从表 3 可看出, 温度对成虫死亡率的影响是极显著的, 在 21 ~ 23 °C 时, 成虫的死亡率受温度影响并不显著; 当温度超过 32 °C 时, 随温度升高和时间推移成虫的死亡率剧增, 说明持续高温对成虫的致

死作用十分明显, 进一步证明夏季持续的较高温度是湿地松粉蚧种群数量凋落的重要原因. 另外, 对温度与成虫死亡率进行了回归分析, 结果表明在 25 ~ 37 °C 之间成虫的死亡率与温度成线性相关, 直线模型为: $Y = -1.3578 + 0.05956X$, 相关系数为 0.974 0.

2.4 温度对雌成虫种群繁殖特征指标的影响

湿地松粉蚧卵的雌雄比为 1 : 0.04^[9], 故有雌虫率 = $1/(1+0.04)$, 昆虫特征年龄 $x = 31 + n$ (n 为观察天数). 利用昆虫特征年龄 x 、特征存活率 L_x 、每雌卵量, 采用公式计算出平均产雌量 m_x 、世代净增长率 R_0 、平均世代历期 T 、内禀增长率 r_m 和周期增长率 λ ^[2]. 并以 27 °C 为例, 计算得出湿地松粉蚧实验种群繁殖特征生命表(表 4).

据表 4 计算

$$T=(\sum xL_xm_x)/R_0=$$
$$28\,850.249/766.153=37.66,$$

$$r_m=\ln(R_0/T)=\ln(766.153/37.66)=0.176\,4.$$

按同样的方法计算出其余各个温度的种群繁殖特征指标,得出表 5.

表 3 温度对成虫死亡率影响¹⁾

Tab. 3 Effects of temperature on mortality of adult

温度 temperature/℃	4 月 19 日	4 月 21 日	4 月 23 日	4 月 25 日	4 月 27 日	4 月 29 日	5 月 1 日	平均 average
25	0	0	0	0	0.631 6	0.588 2	0.138 9	0.194 1cA
27	0	0.071 4	0.050 0	0.083 3	0.363 6	0.285 7	1.000 0	0.264 9bcA
29	0	0.181 8	0.100 0	0.400 0	0.250 0	0.333 3	0.900 0	0.309 3bcB
32	0	0.619 0	0.105 3	0.600 0	0.500 0	0.656 3	0.666 7	0.449 6bB
35	0.312 5	0.600 0	0.904 8	0.540 5	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.765 4aB
37	0.411 8	0.812 5	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.889 2aB
均值 average	0.120 7eC	0.380 8cdBC	0.360 0dBC	0.437 3bcdBC	0.624 2abcAB	0.643 9abAB	0.784 3aA	

1) 同列或同行具相同字母者表示在 0.05 水平差异不显著(DMRT)

表 4 温度 27℃、湿度 80%下湿地松粉蚧实验种群繁殖特征生命表

Tab. 4 Laboratory population reproduce life table of *Oracella acuta* in 27℃ and 80% humidity

年龄 age(<i>x</i>)/d	存活率 survival rate (<i>L_x</i>)	平均产雌量 average female numbers (<i>m_x</i>)	<i>L_xm_x</i>	<i>x L_xm_x</i>
0	1.0		} 未成熟期(not be adult)	
:	:			
32	1.0	34.556	34.556	1 105.792
33			58.229	1 921.557
34	0.929	88.160	81.901	2 784.634
35			75.469	2 641.415
36	0.950	72.670	69.037	2 485.332
37			68.583	2 537.571
38	0.917	74.295	68.129	2 588.902
39			63.439	2 474.121
40	0.636	92.371	58.748	2 349.920
41			55.280	2 266.480
42	0.714	72.564	51.811	2 176.062
43			44.261	1 903.223
44	0.230	159.609	36.710	1 615.240
Σ			<i>R</i> ₀ = 766.153	28 850.249

表 5 各温度下湿地松粉蚧种群繁殖指标

Tab. 5 The population reproduce indexes of *Oracella acuta* in difference temperatures

温度 temperature/℃	平均世代历期 average life duration (<i>T</i>)	世代净增长率 pure capacity for increase (<i>R</i> ₀)	周限增长率 limited capacity for increase (<i>λ</i>)	内禀增长率 innate capacity for increase
19	43.17	1 192.45	1.178 2	0.164 0
21	43.01	1 061.86	1.175 9	0.162 0
23	41.28	783.62	1.175 2	0.161 4
25	39.22	912.25	1.189 8	0.173 8
27	37.66	766.17	1.192 9	0.176 4
29	38.01	904.83	1.196 1	0.179 1
32	37.30	765.85	1.194 8	0.178 0
35 ¹⁾		0.00	1.000 0	0.000 0
37 ¹⁾		0.00	1.000 0	

1) 35、37℃的高温处理下卵不能孵化,为无效卵,故平均产雌量为 0

从表 5 可看出, 平均世代历期 T 随温度的升高而缩短, 在 29℃ 时周限增长率和内禀增长率最大, 说明此温度下湿地松粉蚧的繁殖力最强。

综上所述, 从温度对湿地松粉蚧成虫产卵量、成虫存活率、卵发育速率及种群繁殖力的影响来看, 我们认为 29~32℃ 为湿地松粉蚧的最适生存温区, 这与长江流域的夏季平均气温相接近。虽然, 长江流域一带, 夏季高温季节温度可高达 40℃ 以上, 但森林中的温度一般与气温相差 5℃ 左右, 并且高温季节时间短。这说明湿地松粉蚧的最适生境应在长江流域一带, 湿地松粉蚧存在继续向北扩散的潜在威胁。同时也为湿地松粉蚧的风险性分析提供了生态学指标。

3 讨论

湿地松粉蚧的扩散及风险预测与其生物学特性密切相关, 本文的研究是人工气候室设备作为温度、湿度控制条件, 每个处理的温度、湿度均是恒定的, 探讨了梯度恒温对湿地松粉蚧成虫产卵量、成虫存

活率、卵的发育速率及种群繁殖力的影响, 提出了卵的发育速率模型、湿地松粉蚧的最适生长温度区域, 由于试验条件所限, 无法进一步探讨温湿度对湿地松粉蚧的综合作用。

参考文献:

[1] 庞雄飞, 汤 才. 新入侵害虫—湿地松粉蚧的防治问题 [J]. 森林病虫害通讯, 1994 (2): 32—34.
[2] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 78—80.
[3] 王如松, 兰仲雄, 丁岩钦. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究 [J]. 生态学报, 1982, 2 (1): 47—57.
[4] 李 超. 昆虫发育起点温度估算的一种新方法 [J]. 生态学报, 1985 5 (2): 157—163.
[5] 唐启义, 冯明光. 数据处理系统 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 57—95.
[6] 汤 才. 新入侵害虫湿地松粉蚧的研究 [D]. 广州: 华南农业大学资源与环境学院, 1994. 64—74.
[7] 汤 才, 田明义. 湿地松粉蚧在新侵入区夏季数量凋落的原因分析 [J]. 生态科学, 1995 (2): 38—44.

Effects of Constant Temperatures on the Experimental Population of *Oracella acuta*

TANG Cai, TONG Xiao-li, HUANG De-chao, LIU Yu-biao, HE Lian-xin
(Lab. of Insects Ecology, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of constant temperatures to the experimental population of *Oracella acuta* were studied in artificial weather house. The adults of *O. acuta* were treated with 6 different temperatures while the eggs were treated with 9 different temperatures. The results indicated that the temperature significantly affected the mortality, the egg number laid by per females and the fecundity of adult; The effective accumulative temperature and the low development thresholds of the egg was 153.31day—degrees and 6.64℃ respectively, and the most optimal temperature was 29℃. It also showed that the hatch rate of eggs had no difference, but the egg did not hatch in a very high temperature treats (35~37℃). The results from experiment and investigation in forest were the same that the high temperature was the most important factor affecting the population of *O. acuta* to significant decrease quickly in summer.

Key words: *Oracella acuta*; constant temperature; oviposit capacity; mortality; development rate

【责任编辑 周志红】