

温度对孟氏隐唇瓢虫实验种群的影响

陈先锋*, 任顺祥, 应霞玲, 庞虹

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要:在 14~34℃ 范围内研究了温度对孟氏隐唇瓢虫实验种群生长发育的影响, 结果表明, 在 14~29℃ 范围内, 温度愈低, 发育历期愈长, 当温度达到 32℃ 后, 发育历期又略有延长。孟氏隐唇瓢虫世代发育起点温度为 11.9℃, 有效积温为 452.3 日度。孟氏隐唇瓢虫世代存活率以 26℃ 最高, 以 34℃ 最低。在 20~32℃ 范围内, 孟氏隐唇瓢虫内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)和世代净增长率(R_0)均以 26℃ 为最高, 分别为 0.0670, 1.0693 和 61.42。在 20~32℃ 范围内, 在理论稳定年龄组配中, 孟氏隐唇瓢虫成虫所占的比例均在 19% 以下。

关键词:温度; 孟氏隐唇瓢虫; 生长发育; 内禀增长率(r_m)

The effects of temperature on laboratory population of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant

CHEN Xian-Feng, REN Shun-Xiang, YING Xia-Ling, PANG Hong (Lab. of Insect Ecology, South China Agri. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of temperatures on laboratory population of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant were studied. The temperature affected growth development of *C. montrouzieri* significantly. In the range from 14℃ to 29℃, the lower the temperature was, the longer the stage of growth development was. When it exceeded 32℃, the duration of growth development was longer than that at 32℃. The development threshold temperature and the effective accumulated temperature for the growth temperature of *C. montrouzieri* generation were calculated to be 11.9℃ and 452.3 day-degree, respectively. In the range from 14℃ to 34℃, the highest and the lowest survival percentage of *C. montrouzieri* for a whole generation occurred at 26℃ and 32℃, respectively. At 26℃ the intrinsic rate of increase (r_m), the finite rate of increase (λ) and the net reproductive rate (R_0) were determined to be 0.0670, 1.0693 and 61.42, respectively. Above and below 26℃, r_m , R_0 , both fell to some extent and the lowest occurred at 20℃. In the theoretical stable age distribution, there was less than 19% of adult at all the temperatures tested.

Key words: temperature; *Cryptolaemus montrouzieri*; growth development; intrinsic rate of increase (r_m)

文章编号: 1000-0933(2000)01-0129-05 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

孟氏隐唇瓢虫(*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant)原产于澳洲, 1891 年被引入美国加州防治柑桔粉蚧成功后, 已有 40 多个国家或地区相继引进和应用^[1]。我国于 1955 年从前苏联引入广州^[2], 1978 年发现已在广州、佛山等地建立了稳定的自然种群, 每年 4~6 月能有效地控制粉蚧和绵蚧的种群数量^[3]。有关孟氏隐唇瓢虫的生物学和繁殖利用等已有一些研究^[4~8]。本文研究了温度与孟氏隐唇瓢虫的关系, 为更好繁殖利用该瓢虫提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 仪器及温度设置 本试验在华南农业大学中心实验室进行。温度控制设备为日本 FR-SP 多元气温

基金项目: 国家自然科学基金资助项目

* 现在浙江宁波出入境检验检疫局工作

收稿日期: 1997-11-08 修回日期: 1998-07-21

万方数据

箱,误差为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。设置 $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $29\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ 等 8 个温度梯度,相对湿度为 80% 左右,光照 $L:D=12:12$ 。

1.2 试验虫源 采自华南农业大学校园内或校园附近石栗树和人心果树上的孟氏隐唇瓢虫成虫,在室内饲养繁殖的子一代作为试验虫源。

1.3 食料来源 在室内用南瓜饲养桔粉蚧(*Planococcus citri* Risso)作为代饲料。冬季气温低时,在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温箱内饲养粉蚧,以保证饲料的供给。

1.4 试验方法 把着有新鲜卵的滤纸放入培养皿(内径 120 mm ,高 15 mm)内,每个温度梯度放置 150 粒卵,观察卵的孵化情况。幼虫期用同一温度孵化的幼虫 50 头,在小瓶(内径 30 mm ,高 50 mm)内用桔粉蚧饲养,每头幼虫占 1 小瓶,瓶口用纱布包扎,以防幼虫逃逸。适时更换饲料,每天观察蜕皮、化蛹、羽化和死亡情况。成虫期用刚羽化的 10 对成虫(含 1 雌 1 雄),分别置于 10 个小瓶中饲养,瓶口用纱布包扎。每天上午更换饲料,用解剖镜检查更换出来的饲料中的卵量。观察自孟氏隐唇瓢虫羽化后开始直到成虫自然死亡为止。

2 结果与分析

2.1 温度对孟氏隐唇瓢虫发育历期的影响

在 $14\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,不同温度下孟氏隐唇瓢虫卵至蛹及世代的发育历期见表 1。由表 1 可知,在 $14\sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,温度愈低,历期愈长,随着温度的升高,历期逐渐缩短。当温度达到 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,发育历期略有延长。在 $14\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,不同温度间历期差距较大,世代历期相差近 30d。随着温度的升高,每温度间的历期差距逐渐缩短。当温度达到 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,不同温度间历期差距明显缩小,各虫态历期的差距大多不到 1d,世代的历期差距也仅有 $1\sim 2\text{ d}$ 。

表 1 不同温度下孟氏隐唇瓢虫各发育阶段的历期(d)

Table 1 Duration of each developmental stage for *Cryptolaemus montrouzieri* at constant temperatures (Guangzhou, 1996)

温度($^{\circ}\text{C}$)	卵	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	蛹	世代
Temperature	Eggs	1-instar	2-instar	3-instar	4-instar	Pupae	Generation
14	15.5 ± 3.5	9.3 ± 1.5	11.8 ± 0.8	11.4 ± 2.3	11.8 ± 2.6	44.0 ± 4.9	103.8
17	14.9 ± 1.0	10.7 ± 1.8	5.6 ± 1.4	6.7 ± 0.9	11.0 ± 1.4	25.4 ± 2.6	74.3
20	9.1 ± 0.5	5.9 ± 0.6	3.6 ± 1.0	4.7 ± 0.9	7.7 ± 0.9	16.5 ± 1.1	47.5
23	6.1 ± 0.4	4.0 ± 0.7	2.6 ± 0.7	3.2 ± 0.7	5.3 ± 0.7	11.9 ± 0.6	33.1
26	5.0 ± 0.2	2.1 ± 0.2	2.2 ± 0.5	2.7 ± 0.8	4.6 ± 0.7	8.8 ± 0.9	25.4
29	4.4 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.5	1.6 ± 0.6	2.7 ± 0.8	8.0 ± 0.6	21.1
32	4.0 ± 0.2	2.1 ± 0.3	2.3 ± 0.6	2.3 ± 0.7	4.1 ± 0.6	7.7 ± 0.9	22.5
34	3.5 ± 0.5	1.3 ± 0.5	1.1 ± 0.3	1.0 ± 0.2	4.8 ± 0.5	8.9 ± 0.2	20.6

2.2 发育起点温度和有效积温

根据表 1 的试验数据,采用李超^[9]改进的线性日度模型计算各虫态的发育起点温度及有效积温见表 2。由表 2 可知,孟氏隐唇瓢虫各发育阶段的发育起点温度的模拟值为 $9.9\sim 11.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,但结合昆虫生物学意义,应取各发育阶段发育起点温度中的最大温度(即 1 龄幼虫期的发育起点温度 $11.9\text{ }^{\circ}\text{C}$),作为该虫的世代发育起点温度。

表 2 孟氏隐唇瓢虫各虫态及世代发育起点温度和有效积温

Table 2 The threshold of development and effective accumulated temperature of the stages and generation of *Cryptolaemus montrouzieri*

虫态	卵	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	蛹	世代
Stage	Eggs	1-instar	2-instar	3-instar	4-instar	Pupae	Generation
育起点温度($^{\circ}\text{C}$) ^①	9.9	11.9	11.0	11.2	8.2	10.3	10.1
有效积温(d $^{\circ}\text{C}$) ^②	11.9	37.4	36.7	36.9	86.6	163.3	452.3

①Developmental threshold ②Accumulated temperature (day-degree)

2.3 发育速率模型的拟合

根据表 1 的试验数据,采用 Davidson^[10]提出的 Logistic 曲线方程和 Stinner 等^[11]提出的修改的 Logistic 曲线方程拟合,得出温度与孟氏隐唇瓢虫发育速率的关系模型,其参数值列于表 3 中。

表 3 孟氏隐唇瓢虫发育速率模型参数值及其拟合性检验

Table 3 Parameter estimates of developmental rate models of *Cryptolaemus montrouzieri*

虫期 Stage	Logistic 模型 Logistic model				Stinner 模型 Stinner model				
	K	a	b	r	k_1	k_2	C	$T_u(^{\circ}\text{C})$	r
卵 Egg	0.3094	4.2131	-0.1854	0.9841	4.7110	-0.2153	0.2952	33.0	0.9647
幼虫 Larva	0.1317	4.3954	-0.1932	0.9467	3.8521	-0.1502	0.1563	32.5	0.9609
蛹 Pupae	0.1330	4.6873	-0.2325	0.9104	3.8489	-0.1742	0.1484	32.5	0.9360
世代 Generation	0.0500	5.0762	-0.2465	0.9699	3.7443	-0.1532	0.0631	33.0	0.9744

* 表中 a 、 b 、 k_1 、 k_2 均为常数; K 、 C 均为最大发育速率, T_u 为最大发育速率时的温度。

由表 3 可知,尽管用 Logistic 模型和 Stinner 模型拟合的孟氏隐唇瓢虫最大发育速度 K 值与 C 值差异不大,但 Stinner 模型能反映出高温下发育速率下降的特性,并可求得最大发育速率时的温度为 32.5~33℃。

孟氏隐唇瓢虫各发育阶段的发育速率(V)与温度(T)关系的 Stinner 模型见图 1。

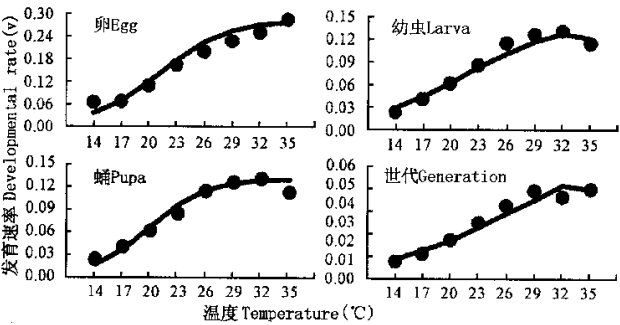


图 1 孟氏隐唇瓢虫发育速率与温度的关系(Stinner 模型)

Fig. 1 Relationship between temperatures and developmental rate of *Cryptolaemus montrouzieri*

2.4 温度对孟氏隐唇瓢虫存活率的影响

在 14~34℃ 范围内,不同温度下孟氏隐唇瓢虫存活率见表 4。由表 4 可知,当温度介于 14~32℃ 之间时,各虫态存活率受温度影响较小。卵的孵化率在 48.0%~64.1% 之间;幼虫和蛹存活率较高,在 80.3%~100% 之间。当温度达 34℃ 时各虫态存活率明显下降。在 36℃ 高温下,仅少部分卵孵化,孵化率为 7%,孵化出的 1 龄幼虫未进入 2 龄全部死亡,这一点未在表 4 中列出。

表 4 不同温度下孟氏隐唇瓢虫各虫态及世代的存活率(%)

Table 4 The effects of temperature on survival percentage of the stages and generation of *Cryptolaemus montrouzieri*

温度(℃) Temperature	不同发育阶段的有活率 survival rate of various developmental stages						
	卵	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	蛹	世代
	Eggs	1-instar	2-instar	3-instar	4-instar	Pupae	Generation
14	48.0	86.2	80.3	100.0	80.4	82.6	22.1
17	64.1	82.1	92.8	87.3	100.0	95.0	40.1
20	50.1	82.3	94.6	100.0	87.2	94.8	32.9
23	54.3	80.8	93.1	97.9	97.8	95.2	37.2
26	57.9	93.1	96.3	97.7	100.0	98.0	49.7
29	53.8	93.2	97.2	96.8	97.0	100.0	45.8
32	51.3	87.9	98.3	97.7	97.6	98.4	41.6
34	36.2	66.3	75.4	87.6	77.8	75.2	9.3

2.5 温度对孟氏隐唇瓢虫繁殖的影响

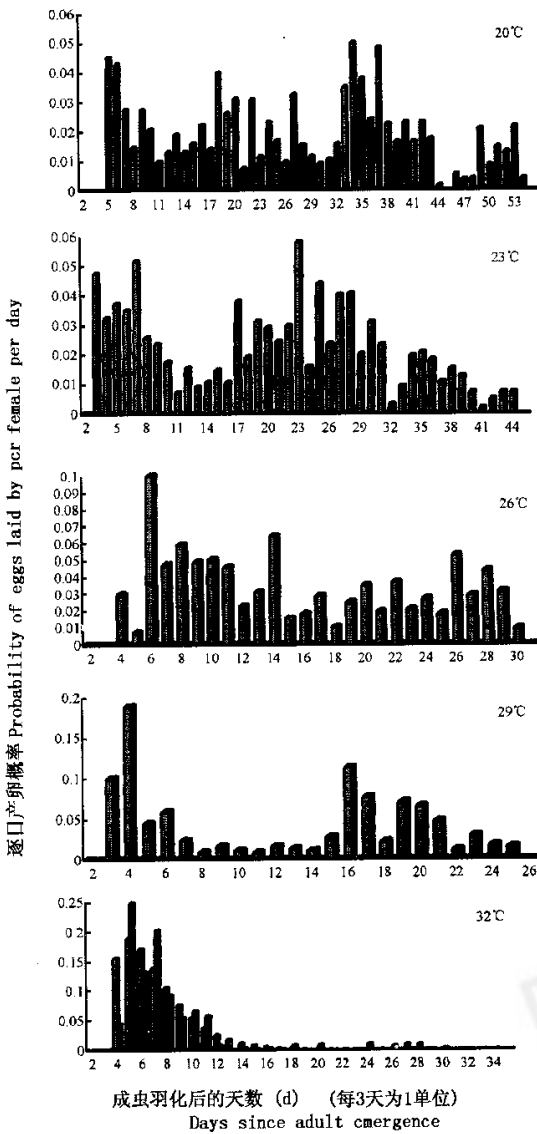


图 2 不同温度下孟氏隐唇瓢虫成虫逐日产卵概率图
Fig. 2 Probability of eggs laid by per female per day
at five kinds of constant temperatures

广州的孟氏隐唇瓢虫种群,从表 4 可见,在 32℃和 34℃世代的孵化率分别为 51.3%和 36.2%,在 36℃下还有 7%的卵孵化;在 32℃和 34℃世代的存活率分别为 41.6%和 9.3%。这可能是孟氏隐唇瓢虫种群对高温的一种适应。

3.2 内禀增长能力不仅考虑到种群的出生率和死亡率,同时还将种群的年龄组配、产卵力和发育速率等因素包括在内,因此它能更精确地表述种群数量变动的情况。在 20~26℃之间,孟氏隐唇瓢虫的 r_m 随着温度的升高而迅速增大,在 26~32℃之间, r_m 随着温度的升高而逐渐下降。以 26℃下的 r_m 最大,如在此温区附近饲养,可以短时间内繁殖出大量的孟氏隐唇瓢虫。尽管 20℃时产卵量最大,但它的 r_m 较低,因而不利于孟氏隐唇瓢虫的快速繁殖。

2.5.1 温度对孟氏隐唇瓢虫产卵和成虫寿命的影响 表 5 列出了不同温度下孟氏隐唇瓢虫繁殖的几个指标及成虫寿命。在 20~32℃范围内,成虫的平均产卵前期、产卵期、产卵量和产卵高峰日随着温度的升高逐渐缩短,但达到 32℃时平均产卵前期和产卵高峰日反而延长;成虫的平均寿命以 26℃为最长。

由于孟氏隐唇瓢虫产卵期较长,以 3d 为一个时间单位,绘制了成虫的产卵动态图(图 2),更直观地反应不同温度下成虫逐日产卵概率变化情况。在 20~32℃范围内,产卵波动情况除 32℃呈单日峰外,其余温度下均呈两个明显的波峰。

2.5.2 温度与孟氏隐唇瓢虫种群繁殖特征指标关系 根据孟氏隐唇瓢虫种群特征年龄 X 、特征存活率 L_x 和产卵雌数 M_x ,按照 Birch^[12]、Andrewartha 等^[13]、林昌善^[14]的方法计算不同温度下世代净繁殖率(R_0)、世代平均时间(T')、内禀增长能力(r_m)和周限增长率(λ)以及按照 Birch^[12]的方法计算不同温度下的稳定年龄组配和瞬时出生率(b)、瞬时死亡率(d)和种群理论稳定年龄组配见表 6。

由表 6 可知,在 20~32℃范围内,净繁殖率、内禀增长率、周限增长率和瞬时出生率均以 26℃时为佳;平均世代时间随着温度的升高而缩短。在孟氏隐唇瓢虫种群的理论稳定年龄组配中,未成熟期占很高的比例,成虫所占的比例均在 19%以下,说明孟氏隐唇瓢虫是一个旺盛扩展的种群。

3 讨论

3.1 孟氏隐唇瓢虫于 50 年代中期自前苏联引入广东,至今已有 40 余年,在新的生境中,其生态学特性可能发生了一系列的变化。1962 年的试验结果表明,在恒温 32℃下卵的孵化率仅为 4%,在 34℃和 36℃下,卵全部不孵化;在 32~36℃下,幼虫和蛹全部死亡,成虫不产卵^[6]。现在

表 5 温度对孟氏隐唇瓢虫繁殖及成虫寿命的影响

Table 5 The effects of temperatures on reproduction and longevity of adults of <i>Cryptolaemus montrouzieri</i>					
温度(℃) Temperature	20	23	26	29	32
产卵前期(d) ^①	13.9±0.7	11.4±3.2	7.4±0.5	6.7±1.0	10.8±1.8
产卵高峰日 ^②	102	69	18	9	15
高峰日产卵概率 ^③	0.0502	0.0584	0.1000	0.1884	0.2489
平均产卵期(d) ^④	97.4±51.3	86.9±25.8	64.0±14.2	51.6±15.0	51.2±27.0
平均产卵量(eggs/♀) ^⑤	348.5±265.1	302.9±184.2	212.1±152.7	107.3±74.9	66.3±21.0
成虫平均寿命(d) ^⑥	112.7±53.3	112.3±25.3	126.5±32.6	92.8±15.8	81.2±23.7
①Pro-oviposition period ②Height peak date of reproduction ③Probability of eggs laid at height peak date ④Mean production period ⑤Mean fecundity ⑥Mean longevity of adult					

表 6 温度对孟氏隐唇瓢虫种群繁殖特征的影响

Table 6 The effects of temperatures on multiplying characteristic index of <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> population					
项目 Item	温度(℃) Temperature				
	20	23	26	29	32
世代净增长率(RO) ^①	58.86	60.07	61.42	26.01	15.58
内禀增长率 ^②	0.0332	0.0438	0.0670	0.0613	0.0602
周限增长率 ^③	1.0338	1.0447	1.0693	1.0633	1.0621
平均世代时间 ^④	122.77	93.58	61.01	53.13	45.59
瞬时出生率 ^⑤	0.2373	0.3078	0.3827	0.3717	0.3469
瞬时死亡率 ^⑥	0.2041	0.2639	0.3157	0.3104	0.2867
卵 ^⑦	38.76	33.33	40.02	43.46	36.96
各发育期在稳定年龄组配中 幼虫 ^⑧	34.09	33.95	34.19	27.08	34.21
所占的比例(%) ^⑨ 蛹 ^⑨	11.01	13.84	12.06	15.94	12.67
成虫 ^⑩	16.12	18.86	13.71	13.50	16.14

①Net reproductive rate ②Intrinsic rate of increase ③Finite rate of increase ④Mean generation time ⑤Daily birth rate ⑥Daily death rate ⑦Stable age distribution ⑧Egg ⑨Larva ⑩Pupa ⑩Adult

参考文献

[1] Gordon R D. The Coccinellidae(Coleoptera) of America North of Mexico. *J. New York Entomology. Soc.*,1985,**93** (1):1~912.

[2] 蒲蛰龙,等. 自苏联引进澳洲瓢虫和孟氏隐唇瓢虫的发育繁殖及田间散防初报. *华南农业科学*,1957,(1):61~63.

[3] 庞雄飞,李丽英. 孟氏隐唇瓢虫在广州等地定居控制石栗粉蚧的为害. *昆虫天敌*,1979,**1**(3):50.

[4] 蒲蛰龙. 澳洲瓢虫及孟氏隐唇瓢虫的繁殖及利用. *中国植物保护科学*,1961,1338~1347.

[5] 黄邦侃. 孟氏隐唇瓢虫引进福建后的繁殖和利用. *昆虫知识*,1963,**7**(3):124~126.

[6] 李丽英. 我国孟氏隐唇瓢虫研究与应用展望. *昆虫天敌*,1993,**15**(3):142~150.

[7] 汤 才,等. 孟氏隐唇瓢虫捕食湿地松粉蚧的研究. *昆虫天敌*,1995,**17**(1):9~12.

[8] 庞 虹,等. 孟氏隐唇瓢虫的人工保种技术. *昆虫天敌*,1996,**18**(2):64~66.

[9] 李 超. 昆虫发育起点温度估值的一种新方法. *生态学报*,1985,**5**(2):157~163.

[10] Davidson,J. On the relationship between temperature and rate of development of insets at constant temperatures. *J. Animal Ecology*,1944,**13**:26~38.

[11] Stinner R E *et al.* An algorithm for temperature dependent growth rate simulation. *Canada Entomology*,1974,**106**: 519~24.

[12] Birch L C. The intrinsic rate of natural increase in an insect population. *J. Animal Ecology*,1948,**17**:15~26.

[13] Andrewartha H G and Birch L C. *The distribution and abundance of animals*. The Chicago University Press. ,1954.

[14] 林昌善. 动物种群数量变动的理论与试验研究Ⅱ. 杂拟谷盗 *Tribolium confusum*(H.)的内禀增长能力(r_m)的研究. *动物学报*16(3):323~328.