

# 十一星瓢虫在不同温度下的实验种群生命表

冯宏祖, 王 兰, 董红强

(塔里木大学植物科技学院, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要:** 组建了十一星瓢虫在 16℃、20℃、24℃、28℃ 和 32℃ 下的实验种群生命表。结果表明: 各虫态的发育速率随温度的升高而加快, 在 16℃ 下世代的发育历期最长(64.2 天), 而 32℃ 时仅为 16.4 天, 24℃ 和 28℃ 时分别为 27.1 天和 21.5 天。卵、幼虫、蛹和世代的发育起点温度分别为 10.9℃、11.1℃、12.5℃ 和 10.6℃, 有效积温分别为 40.9、110.3、39.7、359.4 日·度。成虫寿命随温度升高而逐渐缩短, 16℃ 时最长, 为 34.7 天, 在 32℃ 下最短, 为 14.1 天; 单雌产卵量在 24℃ 时最高, 平均为 463.8 粒, 32℃ 时最低, 为 96.4 粒。在恒温 24℃~28℃ 内, 十一星瓢虫的种群趋势指数和内禀增长力较高, 种群加倍时间较短。16℃ 时种群增长受到较大制约, 种群趋势指数仅为 24℃ 时的 10.7%, 种群加倍时间约 22.3 天, 为 24℃ 时的 4.1 倍。32℃ 时十一星瓢虫的发育历期缩短, 存活率、繁殖力降低。

**关键词:** 十一星瓢虫; 实验种群; 温度; 生命表

中图分类号: Q969.496.8 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2007)03-0259-05

## Life tables of the laboratory population of *Coccinella undecimpunctata* L. at different temperatures

FENG Hong-Zu, WANG Lan, DONG Hong-Qiang (Plant Sci-Tech College, Tarim University, Ala, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** Life tables of laboratory population of the *Coccinella undecimpunctata* L. were constructed at five temperatures. The results showed that the developmental rate increased with the temperature increasing from 16℃ to 32℃. The longest duration of the generation was 64.2 days observed at 16℃, the shortest was 16.4 days at 32℃, and in between 27.1 days and 21.5 days at 24℃ and 28℃, respectively. The threshold temperatures and the effective accumulated temperatures required for egg, larva, pupa and whole generation were 10.9℃, 11.1℃, 12.5℃, 10.6℃ and 40.9, 110.3, 39.7, 359.4 degree-day, respectively. The lifespan was shortened with the temperature increasing. The longest lifespan was 34.7 days at 16℃, while the shortest was 14.1 days at 32℃. The maximum number of eggs laid per female was 463.8 at 24℃, while the least was 96.4 at 32℃. It was so concluded from the results that temperature had great effect on the development of *C. undecimpunctata*. The most suitable temperature range was from 24℃ to 28℃, during which there were higher innate capacity of increase and the highest index of population trend, and the double population time was shortened. The increase rate of population at 16℃ was limited, with the index of population trends only 10.7% as high as that at 24℃; meanwhile double population time was 23.3 days, which was 4.1 times that at 24℃. The development duration, survival rate and fecundity of *C. undecimpunctata* was decreased at 32℃.

**Key words:** *Coccinella undecimpunctata*; laboratory population; temperature; life table

十一星瓢虫 *Coccinella undecimpunctata* 是新疆棉区棉蚜 *Aphis gossypii* 的优势天敌, 在棉蚜发生高峰期十一星瓢虫在棉田中占瓢虫总数的 81%(王林霞

等 2003), 其种群数量大, 繁殖速度快, 幼虫期和成虫期均与棉田棉蚜的发生高峰期相吻合, 能有效的控制棉蚜的发生, 可以用其作为控制棉田棉蚜的一

种生防措施。十一星瓢虫在国外分布于欧洲、非洲北部,我国主要分布在新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、河北、山东等地(邓国藩,1986)。

关于该虫的研究目前相对较少,已有的报导仅包括简单的生物学特性观察和田间发生规律调查,温度和营养食物对十一星瓢虫越冬的影响,以及十一星瓢虫对杀虫剂的反应等(杨涛等,2000;王林霞等,2003,2004)。总体上,对十一星瓢虫的研究较为薄弱,相关资料较少,特别对其基本的生物学特性研究严重不足,这也是造成目前对利用其进行生物防治的重视不够,导致棉蚜防治难的主要原因之一。深入研究十一星瓢虫的生物学及生态学特性,对于展开棉蚜的生态调控和制定有效的防治策略有着重要的理论和实际意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

从棉田采集十一星瓢虫的成虫,以棉蚜作为食物在室内饲养,获得发育一致的瓢虫卵。

### 1.2 温度处理和测定方法

用宁波江南制造厂生产的RXZ型人工气候箱,误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,设置 $16^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}$ 、 $24^{\circ}\text{C}$ 、 $28^{\circ}\text{C}$ 和 $32^{\circ}\text{C}$  5个温度处理,光周期均为L14:D10,相对湿度为 $70\% \pm 5\%$ 。挑选大小适中、且发育良好的十一星瓢虫初产卵块放于培养皿中(直径15 cm),每处理卵块

数不少于30块,重复3次,置于不同温度的人工气候箱内,卵孵化后,提供充足的棉蚜作为食物,每日9:00、16:30、22:00观察3次,记录不同温度下各虫态的存活率和发育历期。成虫期用原处理羽化的个体雌雄配对,每个处理30对,重复3次,继续观察其在该温度下成虫的逐日存活率和产卵量,直到死亡。

### 1.3 生命表的组建及种群参数估计

对不同温度处理下产的卵进行追踪观察,记录进入每一虫态开始至结束的活虫数、死亡数,并计算死亡率,组建生命表。种群趋势指数( $I$ )、种群净增殖率( $R_0$ )、世代平均周期( $T$ )、内禀增长率( $r_m$ )、周限增长率( $\lambda$ )和种群加倍时间( $t_d$ )按张孝羲(2002)的方法计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 温度对十一星瓢虫发育、存活和繁殖力的影响

**2.1.1 温度对十一星瓢虫发育历期的影响:**温度对十一星瓢虫各虫态(龄)的发育历期及发育速率有显著影响(表1),在 $16^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}$ 、 $24^{\circ}\text{C}$ 、 $28^{\circ}\text{C}$ 、 $32^{\circ}\text{C}$ 时,世代历期分别为64.2、38.0、27.1、21.5、16.4天。世代历期从 $16^{\circ}\text{C}$ 时的64.2天缩为 $32^{\circ}\text{C}$ 时的16.4天。由此表明,在 $16^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,温度对十一星瓢虫的发育有明显的促进作用,温度越高,该虫发育速率越快,完成一个虫期或世代所经历的时间越短。

表1 十一星瓢虫在不同温度下的发育历期

Table 1 Development duration of *Coccinella undecimpunctata* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	发育历期 Development duration (d)				
	16°C	20°C	24°C	28°C	32°C
卵 Egg	7.5 ± 0.38	4.3 ± 0.25	3.2 ± 0.21	2.7 ± 0.24	1.7 ± 0.12
1龄 1st instar	7.6 ± 0.41	2.6 ± 0.14	2.1 ± 0.15	1.4 ± 0.17	1.3 ± 0.21
2龄 2nd instar	4.9 ± 0.29	2.5 ± 0.22	1.4 ± 0.16	1.2 ± 0.17	1.1 ± 0.14
3龄 3rd instar	5.1 ± 0.35	2.4 ± 0.22	2.3 ± 0.18	1.7 ± 0.18	1.1 ± 0.22
4龄 4th instar	5.6 ± 0.45	3.5 ± 0.34	3.3 ± 0.23	2.7 ± 0.35	1.6 ± 0.34
幼虫 Larva	22.9 ± 1.02	11.1 ± 0.59	8.6 ± 0.37	7.2 ± 0.24	5.1 ± 0.18
预蛹 Prepupa	2.8 ± 0.34	1.5 ± 0.30	0.9 ± 0.19	0.8 ± 0.21	0.6 ± 0.23
蛹 Pupa	8.9 ± 1.66	5.6 ± 1.55	3.6 ± 0.48	2.7 ± 0.40	2.0 ± 0.31
产卵前期 Preoviposition	21.9 ± 2.40	15.5 ± 1.69	10.4 ± 1.22	8.4 ± 1.87	6.9 ± 1.48
世代 Generation	64.2 ± 3.55	38.0 ± 2.39	27.1 ± 1.69	21.5 ± 1.96	16.4 ± 1.73

表中数据为平均值 $\pm$ 标准差。下同。The data in the table are mean  $\pm$  SE. The same for table 2 and table 3.

**2.1.2 发育起点温度和有效积温:**根据表1计算出十一星瓢虫各发育阶段的发育起点温度和有效积温(表2)。卵期、幼虫期和蛹期的发育起点温度分别

为 $10.9^{\circ}\text{C}$ 、 $11.1^{\circ}\text{C}$ 和 $12.5^{\circ}\text{C}$ ,有效积温依次为 $40.9$ 日 $\cdot$ 度、 $110.3$ 日 $\cdot$ 度和 $39.7$ 日 $\cdot$ 度,世代发育起点温度和有效积温分别为 $10.6^{\circ}\text{C}$ 和 $359.4$ 日 $\cdot$ 度。

表 2 十一星瓢虫各虫态发育起点温度与有效积温

Table 2 Threshold temperature and the effective accumulated temperature (EAT) of *Coccinella undecimpunctata*

发育阶段 Developmental stage	发育起点温度 Threshold temperature (°C)	有效积温(日·度) EAT (degree-day)
卵 Egg	10.9 ± 1.29	40.9 ± 3.72
1 龄 1st instar	12.2 ± 1.21	23.8 ± 2.20
2 龄 2nd instar	11.5 ± 1.97	20.4 ± 2.96
3 龄 3rd instar	12.3 ± 2.17	22.8 ± 3.84
4 龄 4th instar	11.3 ± 3.14	36.5 ± 8.33
幼虫 Larva	11.1 ± 1.34	110.3 ± 10.55
预蛹 Prepupa	11.6 ± 0.72	12.1 ± 0.64
蛹 Pupa	12.5 ± 0.96	39.7 ± 2.98
产卵前期 Preoviposition	9.2 ± 0.62	157.7 ± 6.19
世代 Generation	10.6 ± 0.57	359.4 ± 14.09

### 2.1.3 温度对十一星瓢虫存活的影响：温度对十一星瓢虫存活率的影响因发育期不同而异。

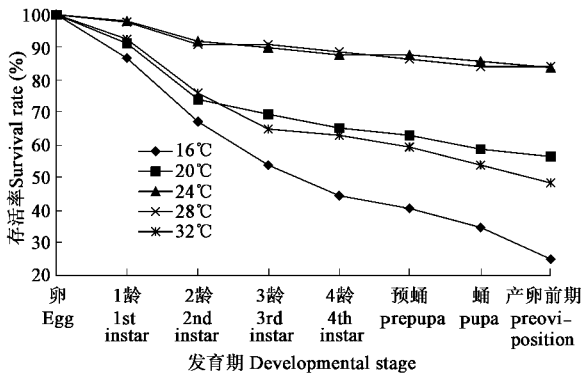


图 1 十一星瓢虫在不同温度下的存活曲线

Fig. 1 Survival curves of *Coccinella undecimpunctata* at different temperatures

24°C和28°C时卵的孵化率最高,分别为98%、97.7%,16°C时最低为86.5%。16°C、20°C和32°C时1~2龄幼虫存活率明显低于24°C~28°C时的存活率。各温度处理下的世代存活率分别为16°C,25%;20°C,56.5%;24°C,83.7%;28°C,83.1%和32°C,48.2%。十一星瓢虫在5种温度处理下的世代存活率呈抛物线趋势,经拟合,符合下列抛物线方

程:

$$S = -0.7172t^2 + 36.2491t - 374.6143$$

$$(r = 0.9808)$$

式中  $t$  为试验温度;  $S$  为世代存活率(%)。

当环境温度为25.3°C时,十一星瓢虫实验种群的存活率最高,其理论存活率为83.4%。各温度处理下的存活曲线见图1。

**2.1.4 温度对十一星瓢虫成虫寿命及单雌产卵量的影响：**不同温度下十一星瓢虫的成虫寿命随着温度的升高而逐渐缩短,成虫寿命在16°C下可达34.7天,而在32°C只有14.1天,产卵前期和产卵期均明显缩短(表3)。从表3可以看出,24°C~28°C为十一星瓢虫繁殖的最适温区,此温区内雌虫产卵量高于其它温区。在24°C产卵量最大,平均为463.8粒/雌,其次为28°C,为421.6粒/雌;32°C和16°C产卵量较低,为164.7粒/雌和96.4粒/雌,说明高温和低温对十一星瓢虫的产卵影响较大。

### 2.2 不同温度下的十一星瓢虫实验种群生命表

环境温度对十一星瓢虫的存活和繁殖均有明显的影响,根据不同温度下各发育期存活率和成虫繁殖力资料组建了十一星瓢虫实验种群生命表(表4)。表中的起始卵数为假定数,各发育阶段的死亡率为实际观察值,性比假设为1/K(观察值为1.091)。

由表4可以看出,温度对十一星瓢虫存活的影响因发育期不同而异。在16°C~32°C内,卵、幼虫、蛹、成虫发育的最适温区为24°C~28°C,在该温区内,卵的孵化率、幼虫的存活率、蛹的羽化率均最高;低温对卵孵化率的影响程度大于高温。在16°C~32°C内,低龄幼虫(1龄)的死亡率均较高,分别为19.2%、17.4%、6.1%、6.8%和16.7%。24°C下,预蛹的存活率最高;随着温度的升高或下降,蛹的存活率降低。就整个世代的存活情况来看,24°C的世代存活率最高,其次是28°C。种群增长趋势指数与温度之间的关系呈抛物线趋势:

$$I = -2.5085t^2 + 122.7496t - 1320.5 (r = 0.9366)$$

表 3 温度对十一星瓢虫成虫的影响

Table 3 Effect of temperature on adults of *Coccinella undecimpunctata*

温度 Temperature (°C)	产卵前期 Preoviposition (d)	产卵天数 Oviposition period (d)	平均产卵量 Number of eggs laid/♀	寿命 Longevity (d)
16	21.9 ± 1.58	12.9 ± 1.52	164.7 ± 20.20	34.7 ± 7.85
20	15.5 ± 1.97	10.8 ± 1.69	314.2 ± 35.92	26.4 ± 6.07
24	10.4 ± 1.75	10.0 ± 1.60	463.8 ± 32.69	24.3 ± 4.49
28	8.4 ± 1.93	8.4 ± 1.17	421.6 ± 45.87	21.5 ± 6.07
32	6.9 ± 2.23	6.6 ± 0.84	96.4 ± 22.28	14.1 ± 5.55

其中： $I$  为种群趋势指数， $t$  为环境温度。当环境温度为 24.5℃ 时， $I$  取得理论上的最大值 181.14，即在

24.5℃ 下，经过一个世代后，种群数量达到原来的 181.14 倍。

表 4 不同温度下的十一星瓢虫实验种群生命表

Table 4 Experimental population life tables of *Coccinella undecimpunctata* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	进入各发育期虫数 Number of individuals at the beginning of different stage				
	16℃	20℃	24℃	28℃	32℃
卵 Egg	100	100	100	100	100
1 龄 1st instar	86.5	91.3	98.0	97.7	92.6
2 龄 2nd instar	67.3	73.9	91.8	90.9	75.9
3 龄 3rd instar	53.9	69.6	89.8	90.9	64.8
4 龄 4th instar	44.2	65.2	87.8	88.6	63.0
预蛹 Prepupa	40.4	63.0	87.8	86.4	59.3
蛹 Pupa	34.6	58.7	85.7	84.1	53.7
成虫羽化数 Number of adults emerged	25.0	56.5	83.7	83.1	48.2
雌虫数 Number of females	12.5	28.3	41.3	42.1	24.1
平均产卵量 Number of eggs laid/♀	164.7	314.2	463.8	421.6	96.4
预计下一代产卵量 Total eggs of next generation expected	2 058.8	8 879.3	19 173.5	17 728.3	2 321.3
种群趋势指数 Population trend index	20.6	88.8	191.7	177.3	23.2

### 2.3 不同温度下的十一星瓢虫种群参数

根据在 16℃、20℃、24℃、28℃ 和 32℃ 5 种温度条件下所观察的种群生殖力资料，计算出种群的净增殖率 ( $R_0$ )、世代平均周期 ( $T$ )、内禀增长力 ( $r_m$ )、周限增长率 ( $\lambda$ ) 和种群加倍时间 ( $t_d$ ) (表 5)。结果表明，在 16℃ ~ 32℃ 范围内，世代平均周期随温度

升高而缩短，周限增长率 ( $\lambda$ ) 均大于 1，表明种群在此温度范围内作几何级数增长。种群加倍时间 ( $t_d$ ) 与周限增长率 ( $\lambda$ ) 相反。种群净增殖率 ( $R_0$ ) 与内禀增长力 ( $r_m$ ) 变化趋势相似，24℃ 时  $r_m$  和  $R_0$  的观察值最大。

表 5 十一星瓢虫在不同温度下的种群参数

Table 5 The population parameters of *Coccinella undecimpunctata* at different temperatures

温度 Temperature (℃)	净增殖率 Net reproduction rate ( $R_0$ )	世代平均周期 Average generation period ( $T$ )	内禀增长力 Innate capacity of increase ( $r_m$ )	周限增长率 Finite rate of natural increase ( $\lambda$ )	种群加倍时间 Time for doubling population ( $t_d$ )
16	17.31	91.80	0.03	1.03	22.32
20	64.97	53.23	0.08	1.08	8.84
24	181.27	41.31	0.13	1.13	5.51
28	17.82	32.50	0.09	1.09	7.82
32	3.30	23.93	0.05	1.05	13.90

## 3 讨论

十一星瓢虫是新疆棉田中棉蚜的重要天敌，研究十一星瓢虫的生物学和生态学特性，对于展开棉蚜的生态调控以及对该虫的人工饲养都具有重要意义。本文中作者组建了不同温度下的十一星瓢虫实

验种群生命表，分析了温度对十一星瓢虫存活和繁殖的影响。从中可以看出，温度是影响十一星瓢虫种群数量变化的主要因子之一。在不同温度下，十一星瓢虫各虫态的发育历期、存活率、成虫寿命、产卵量、产卵天数都有明显差异，从而导致种群内禀增长力和种群趋势指数的变化。

种群生命表分析表明，在恒温 24℃ ~ 28℃ 内，

十一星瓢虫的种群趋势指数和内禀增长力较高,种群加倍时间较短,说明此温区是十一星瓢虫发育和繁殖的最适区,这也与5-7月田间的实际情况相符(王林霞,2003)。16℃时种群增长受到较大制约,种群趋势指数仅为24℃时的10.7%,种群加倍时间22.3天,为24℃时的4.05倍。20℃时十一星瓢虫的发育历期延长,成虫产卵也受到较大影响,种群趋势指数仅为24℃时的46.3%,种群加倍时间约8.85天,为24℃时的1.6倍。32℃时十一星瓢虫的发育历期缩短,但存活率、繁殖力降低。需要指出的是,实验种群生命表所表明的种群动态和自然种群的真实反映尚存在一定差别,影响十一星瓢虫种群动态的因素较多,如施用化学农药、不同的耕作方式(杨涛等,2000;李进步等,2005)等。所以,为了充分发挥十一星瓢虫对棉蚜的控制作用,应创造利于其最适生存的环境,以达到对棉蚜生物防治的目的。

### 参 考 文 献 (References)

- Deng GF, 1986. *Agricultural Insects of China*. Vol. 1. Beijing: China Agriculture Press. 473 pp. [邓国藩, 1986. 中国农业昆虫. 上册. 北京: 中国农业出版社. 473页]
- Li JB, Lü SZ, Yuan WC, Liu TC, Wang DY, 2005. Population dynamics of

predatory enemies of cotton field in Southern Xinjiang. *Plant Protection*, 31(5): 50-53. [李进步, 吕昭智, 袁伟超, 刘天池, 王登元, 2005. 新疆南部地区棉田捕食性天敌种群动态. 植物保护, 31(5): 50-53]

- Wang LX, Tian CY, Ma YJ, Hu MF, 2003. Effect of *Coccinella undecimpunctata* on population dynamics of *Aphis gossypii* in Xinjiang cotton area. *Chinese Journal of Biological Control*, 19(3): 139-141. [王林霞, 田长彦, 马英杰, 胡敏芳, 2003. 新疆棉田十一星瓢虫对棉蚜种群动态的影响. 中国生物防治, 19(3): 139-141]
- Wang LX, Tian CY, Zhang H, 2004. Effect of temperature and nutrition on overwintering of *Coccinella undecimpunctata*. *Chinese Journal of Biological Control*, 20(2): 135-137. [王林霞, 田长彦, 张慧, 2004. 温度和营养食物对十一星瓢虫越冬的影响. 中国生物防治, 20(2): 135-137]
- Yang T, Zhuang SR, Ren FC, Sun JC, Nan HY, Zhan YJ, 2000. Reaction on insecticides to developmental stage of *Coccinella undecimpunctata*. *China Cotton*, 27(2): 19-20. [杨涛, 庄生仁, 任福成, 孙建船, 南宏宇, 詹有俊, 2000. 十一星瓢虫不同虫态对几种杀虫剂的反应. 中国棉花, 27(2): 19-20]
- Zhang XX, 2002. *Insect Ecology and Forecast*. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press. 77-83. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 第三版. 北京: 中国农业出版社. 77-83]

(责任编辑:袁德成)