

两种温度下异长足漠甲(鞘翅目:长足漠甲族) 幼期生长发育比较*

热西力·克来木** 阿则古丽·哈木提 刘忠渊***

(新疆大学生命科学与技术学院 新疆生物资源基因工程重点实验室 乌鲁木齐 830046)

摘要 本研究首次报道温度对异长足漠甲 *Adesima anomala dejeani* Gebl 生长发育的影响。异长足漠甲的整个变态过程饲养使用矿泉水瓶法,并优化了此方法,避免过度失水,进行加水并同时观察。随着温度的升高,发育历期缩短,30℃ 饲养条件下异长足漠甲的总发育历期为 117.4 d,33℃ 的总发育历期为 90.99 d;2 龄期、5 龄期幼虫的头壳长和宽,前胸长和宽,体长,在 33℃ 饲养条件下显著高于 30℃;7 龄期幼虫的头壳长和宽,前胸宽,体长,在 33℃ 饲养条件下显著高于 30℃;5 龄期幼虫,温度 30℃ 时的体重为 (0.0634 ± 0.021) g,33℃ 时的体重为 (0.0906 ± 0.0313) g,差异显著;6 龄期幼虫,蛹期、孵化成虫在温度 30℃ 时存活率高于 33℃。

关键词 异长足漠甲,温度,生长发育

Growth and development of immature *Adesima anomala dejeani* Gebl (Tenebrionidae: Adesmini) under two temperatures

Rexili·Kelaimu** Azeguli·Hamuti LIU Zhong-Yuan***

(Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering in Xinjiang, College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract The effects of two different temperatures on the growth and development of *Adesima anomala dejeani* Gebl was investigated under laboratory conditions. The method of using a mineral water bottle for feeding throughout metamorphosis was optimized. At 30℃, the larvae period was 117.4 days compared to 90.99 days at 33℃. The cephalic capsule length and width, elytra length and width of the second and fifth instars were significantly greater at 33℃ than at 30℃. There was a significant difference in body weight of the fifth instar at 30℃ (0.0634 ± 0.021) g and 33℃ (0.0906 ± 0.0313) g. Survival rates of the sixth instar, prepupa and teneral adults were higher at 30℃ than at 33℃.

Key words *Adesima anomala dejeani*, temperature, growth and development

新疆是我国最大的干旱荒漠地区之一,总面积达 111 万 m^2 (候凤等,2008)。鞘翅目拟步甲昆虫是地球上分布广,种类多,形态和生活类型极富多样性的一类甲虫,与环境,农业,森林,食品和仓储关系密切,部分种类为重要资源昆虫。新疆荒漠拟步甲科昆虫种类丰富,已知有 177 种,分别隶属于 17 族 55 属,其中异长足漠甲 *Adesima anomala dejeani* Gebl 隶属于拟步甲科 (Tenebrionidae) 长足漠甲族 (*Adesmini*) 长足漠甲

属 (*Adesminia*),主要分布在新疆的准噶尔盆地和东疆诸盆地,属于中央亚西亚种 (黄人鑫等,2005)。

本研究拟建立及优化异长足漠甲人工饲养体系,解决试虫来源不足,野外采集试虫,成本较高,且不易采到卵,幼虫和蛹等关键的问题,为后期研究提供充足的试虫来源。探讨温度对异长足漠甲的生活史,存活率等的影响,并对其形态特征,生活习性等生物学特性进行观察和描述,进一步确

* 资助项目:新疆生物资源基因工程重点实验室开放课题 (XJDX0201-2012-01) 和博士启动基金项目 (BS090126)。

**E-mail: xer819@126.com

*** 通讯作者, E-mail: lzy1168@gmail.com

收稿日期:2011-12-30,接受日期:2012-02-24

定各龄期之间的界限,为异长足漠甲的生物学特性及相关的分子生物学研究奠定了基础。

1 材料与方法

1.1 试虫来源

异长足漠甲成虫采自新疆阜康市 222 团,采样地点位于古尔班通古特沙漠南缘地带。由黄人鑫教授鉴定种名。

1.2 成虫的饲养与卵的收集

野外新采集的成虫按雌雄性比例 1:1 置于直径为 40 cm 的透明塑料盆中,盆底放置已筛除杂质的野外采集细沙,约 6 cm 厚,放在 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 40% $\pm$ 10%, L:D = 16:8,光照 8 级(2 000 lx)的条件下饲养(GXZ-260B 型智能培养箱),饲喂新鲜的卷心菜,红萝卜和麦麸(10:3:1)。任其自由配对产卵。每隔 2 d,把成虫轻轻地取出,细沙过 40 目筛子,收集卵,置于培养皿中,放入 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 40% $\pm$ 10%, L:D = 16:8,光照 8 级(2 000 lx)的条件。记录卵的总数量。

1.3 卵的孵化和幼虫的收集,饲养及观察

每天早上 10:00 观察卵的孵化情况,记录孵化率。收集幼虫时,将幼虫倒于干净的牛皮纸面上,用羽毛将幼虫轻轻拨入培养皿中,计数。

幼虫饲养参照 Wang 等(2011)的矿泉水瓶法并进行了优化,即 600 mL 塑料矿泉水瓶($d = 6$ cm, $h = 23$ cm),瓶口 4 cm 处环形切割,直径为 4 cm。瓶底加 10% (60 mL)的水,再加 600 g 细沙,沙面距瓶口约为 3~4 cm,防止甲虫逃脱。水由于毛细作用向上迁移,分成两层,下层为湿沙层,高度为 10~12 cm,上层为干沙层,高度为 5~6 cm。新孵化出来的幼虫直接放入干沙表面饲养。

为避免互相残杀,每瓶中只饲养一只幼虫。由于小龄期幼虫的皮很薄,应避免和麦麸混和而影响实验结果,2 龄之前不加麦麸。2 龄幼虫后,用过 40 目筛子的麦麸来饲养(1~2 g)。饲养条件为 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 $(33 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 40% $\pm$ 10%, L:D = 16:8(2 000 lx)光强,统计发育龄期和成活率。每晚 23:00 时观察蜕皮情况,倒出沙子过 40 目的筛子,避免湿沙层倒出来。记录蜕皮情况。如果湿沙层的高度低于 6 cm,补加 25 mL 水。补水时,先倒出干沙层,水直接加到湿沙层上面,然后倒回干沙。

1.4 预蛹和蛹的收集与羽化

观察预蛹的历期时,先观察沙表面。如果没有蜕皮,参照 1.3 方法收取幼虫。如果观察到蜕皮,统计发育龄期和成活率。如果观察时发现正在蜕皮,尽量减少惊动,以免影响蛹的羽化率。

1.5 照相和测量

使用立体显微镜(Nikon SMZ-800, Nikon, Japan)照相并测量幼虫头壳长和宽,前胸长和宽($\times 20$)。测量时,幼虫第 1 个体节为头壳,第 2 个体节为前胸(Wang *et al.*, 2011)。

1.6 数据统计和分析

本文中的数据均用 GraphPad Prism 4 软件进行方差分析(ANOVA),显著水平 $P = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 异长足漠甲室内饲养及配对产卵过程

异长足漠甲是典型的白天活动性沙漠昆虫。雌性成虫比雄性成虫个体大,9 月底,在野外采集的成虫雌雄数量比是 1:2,一般在中午温度高时,比较活跃。白天配对和寻找食物,配对过程为 8~15 min(图 1:A)。在室内 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 40% $\pm$ 10%, L:D = 16:8(2 000 lx)光照条件下,异长足漠甲成虫经过一段时间的适应以后开始产卵。新采集的成虫生命力较强,在室内适应过程的前 1 个月,死亡率一般较低,月死亡率为 8.5%。如果 30 $^\circ\text{C}$ 恒定条件下饲养,异长足漠甲成虫能活 4~5 个月。室内没有观察到成虫捕食卵的现象,但是成虫有捕食已死成虫尸体的现象。雄性积极的寻找配偶,雌性一般多次配对后才能受精,受精 5~8 d 后产卵。雌性成虫产卵时,尾部插进沙子下面,低幅度的上下震动将卵产在沙子下面 0.5 cm 的深度(图 1:B)。产卵完成后,后腿迅速用沙子将卵掩埋。成熟的雌性成虫一般可以产 3~5 个卵,1 个月产 2 到 3 次。30 $^\circ\text{C}$ 下,月产卵量为 (9.4 ± 3.9) 个。幼虫孵化时,一般幼虫尾部先出卵壳。室内 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 40% $\pm$ 10%, L:D = 16:8(2 000 lx)光照条件下的卵期为 (8.1 ± 0.6) d(表 1),孵化率为 60.18%(图 7)。室内 $(33 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 4% $\pm$ 10%, L:D = 16:8(2 000 lx)光照条件下的卵期为 (5.9 ± 0.3) d(表 1),孵化率为 55.31%(图 7)。

2.2 饲养方法的优化和形态观察



图1 异长足漠甲成虫

Fig.1 Adults of *Aedesimae anomala dejeani*

A: 配对过程 mating; B: 产卵过程 ovipositing.

矿泉水瓶饲养法操作简单,便于观察到每个变态过程。幼虫每一次蜕皮是幼虫增大1龄的界限,此饲养方法容易观察幼虫的蜕皮。保持幼虫生活环境的湿度是关键的问题之一,如果饲养环境沙子湿度较高,使幼虫蜕皮延迟并影响正确的发育龄期,如果饲养环境沙子湿度太低,会加速幼虫死亡。如果使用针刺加水法,直接从瓶外注射水,针刺留下的孔洞会加快水分的蒸发。在本研究中,观察幼虫发育龄期时,先把沙子倒出来,如果湿沙层表面低于5~6 cm,加20~25 mL的水即可,该方法把观察和加水衔接在一起,避免了沙层的过度失水。

异长足漠甲的卵呈乳白色(图2:A),刚出卵的幼虫呈乳白色(图2:B),由13个体节组成。蜕皮之前,幼虫在沙表面不断地活动,每次蜕皮后,幼虫头部是白色的(图2:C),这是确定幼虫蜕皮的依据。从3龄期开始,幼虫头部出现明显的“Y”字形疤痕。预蛹期是整个发育过程中的一个关键的变态过程,进入预蛹期之前,7龄幼虫在沙表面不断地活动及头部弯曲(图2:D)。预蛹呈圆筒形,颜色偏黄,头部弯向腹面,身体呈“L”形,肛门堵有黑色,硬结的胎粪。不食不动,规律性的把身体翻来翻去及摆动尾部(图2:D)。预蛹蜕皮后进入蛹期,新生的蛹呈乳白色,在沙表面,一般不吃食物及很少活动(图2:E)。蛹期蜕皮在沙表面进行,蜕皮过程需要15~20 min。随着时间延长,蛹的外皮色不断地改变,最后变成棕褐色。最后一

个龄期是孵化成虫(图2:F),刚孵化出的成虫不活动,一般2~3 d后才开始活动。成虫期外壳逐步硬化变色,最后变成黑色,开始活动及寻找食物,成熟一般需要一个月左右。

2.3 温度对异长足漠甲发育龄期的影响

异长足漠甲的生活史是一个非常复杂和漫长的变态过程。这个变态过程受到很多内外因素的影响,比如,温度,湿度,食物和光照等。由表1可以看出,随着温度的升高,发育历期缩短。30℃异长足漠甲的总发育历期为117.4 d,幼虫总发育龄期为 (85.8 ± 8.5) d;33℃的总发育龄期为90.99 d,幼虫总发育龄期为 (63.7 ± 7.01) d(表1)。预蛹期没有大的差异。33℃的蛹期较短,需 (9.9 ± 0.7) d,孵化成虫期,需 (3.9 ± 0.6) d(表1)。随着龄期的增大,幼虫发育龄期增加;随着温度的升高,幼虫发育龄期缩短(表2)。

2.4 温度对幼虫各部位的影响

温度不仅对发育龄期影响,还对幼虫各部位有影响。随着温度的升高,不同温度下饲养的幼虫体各部位生长速度不同。2龄期幼虫,温度30℃时头壳长为 (599.6 ± 98.1) μm,33℃时 (524.7 ± 72.7) μm,差异显著($P < 0.01$)。5龄期幼虫,温度30℃时头壳长为 (934.9 ± 151.2) μm,33℃时 $(1\ 042.3 \pm 164.5)$ μm,差异显著($P < 0.01$)。6龄期幼虫,温度30℃时头壳长为 $(1\ 101.3 \pm 70.7)$ μm,33℃时头壳长为 $(1\ 283.9 \pm 185.6)$ μm,差异极显著($P < 0.001$)。7龄期幼

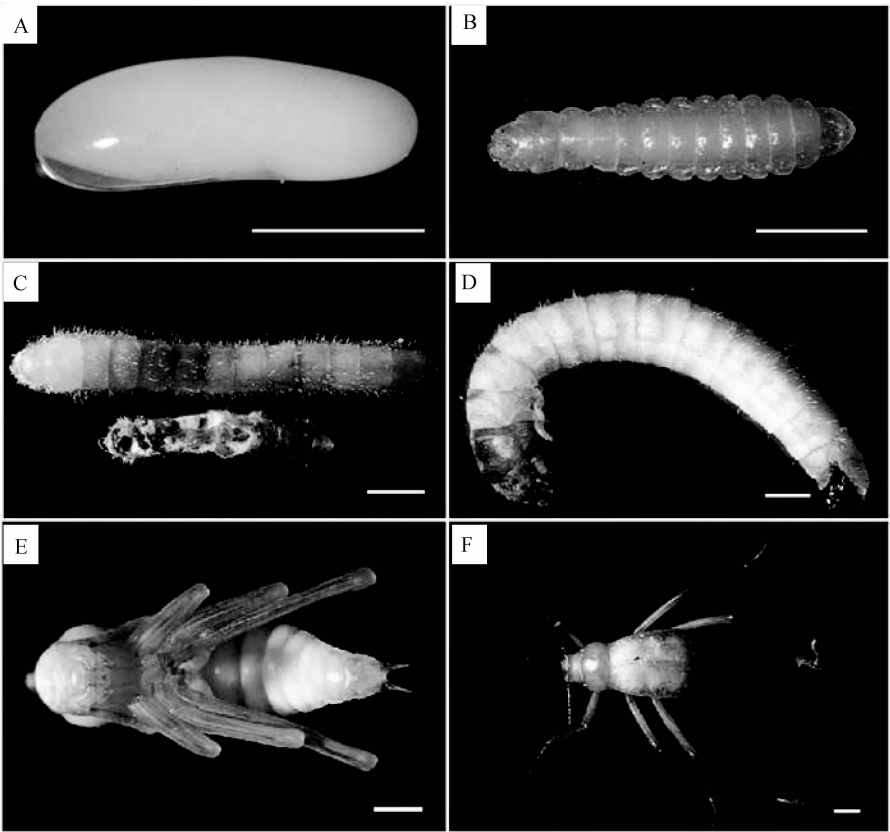


图 2 异长足漠甲的形态特征

Fig. 2 Morphological character of *Adesima anomala dejeani*

A. 卵 egg; B. 1 龄幼虫 1st instar; C. 4 龄幼虫和蜕的皮 4th instar; D. 预蛹 prepupa;
E. 蛹 pupa; F. 刚孵化的成虫 teneral adult.

表 1 温度对异长足漠甲各虫态发育龄期的影响

Table 1 Effects of temperature on the developmental duration of *Adesima anomala dejeani* metamorphosis

龄期 Stage	30℃ 的发育龄期 (d) Developmental duration at 30℃		33℃ 的发育龄期 (d) Developmental duration at 33℃	
	个体数 No. of individuals	Mean ± SD	个体数 No. of individuals	Mean ± SD
卵期 Egg	216	8.1 ± 0.6	226	5.9 ± 0.3
幼虫 Larva	130	85.8 ± 8.5	125	63.7 ± 7.0
预蛹 Prepupa	76	4.8 ± 1.6	52	4.7 ± 0.7
蛹 Pupa	67	12.8 ± 0.5	47	9.9 ± 0.7
孵化成虫 Teneral adult	46	5.6 ± 0.6	14	3.9 ± 0.6

表 2 温度对异长足漠甲幼虫龄期的影响

Table 2 Effects of temperature on the developmental duration of *Adesima anomala dejeani* larval stages

龄期 Stage	30℃ 的发育龄期 (d)		33℃ 的发育龄期 (d)	
	Developmental duration at 30℃		Developmental duration at 33℃	
	个体数 No. of individuals	Mean ± SD	个体数 No. of individuals	Mean ± SD
1 龄期 1st instar	130	4.4 ± 0.7	125	3.4 ± 0.7
2 龄期 2nd instar	130	8.7 ± 1.0	125	6.3 ± 0.6
3 龄期 3rd instar	119	8.9 ± 1.5	116	6.6 ± 0.7
4 龄期 4th instar	115	10.3 ± 1.8	105	7.0 ± 0.6
5 龄期 5th instar	112	11.9 ± 2.0	101	9.0 ± 0.9
6 龄期 6th instar	108	18.3 ± 4.4	98	10.2 ± 1.6
7 龄期 7th instar	92	25.6 ± 4.3	63	24.1 ± 4.7

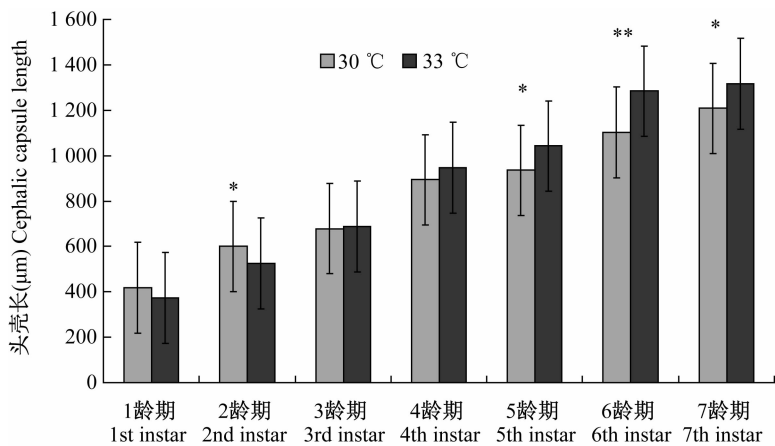


图 3 温度对异长足漠甲幼虫头壳长的影响

Fig. 3 Effects of temperature on the cephalic capsule length of *Adesima anomala dejeani*

* 表示在 0.01 水平上差异显著 ($P < 0.01$),

**表示在 0.001 水平上差异极显著 ($P < 0.001$)。下同。

* indicates significantly different at 0.01 level ($P < 0.01$),

**indicates extremely significantly different at 0.001 level ($P < 0.001$). The same below.

虫,温度 30℃时头壳长为(1 208.1 ± 123.0) μm, 33℃时头壳长为(1 316.6 ± 124.1) μm,差异显著 ($P < 0.01$)(图 3)。不同温度下 1 龄期,3 龄期和 4 龄期头壳长差异不显著。线性回归方程见表 3。

如图 4 所示,2 龄期幼虫,温度 30℃时头壳宽为(1 160.2 ± 72.3) μm,33℃时头壳宽为(1 106.8 ± 55.2) μm,差异显著 ($P < 0.01$)。5 龄期幼虫,温度 30℃时头壳宽为(2 204.2 ± 184.0) μm,33℃时头壳宽为(2 369.7 ± 254.0) μm,差异显著 ($P <$

0.01)。7 龄期幼虫,温度 30℃时,头壳宽为(2 705.4 ± 211.2) μm,33℃时头壳宽为(2 999.2 ± 48.0) μm,差异极显著 ($P < 0.001$)。头壳宽为不同温度下,1 龄期,3 龄期,4 龄期和 6 龄期头壳宽差异不显著。线性回归方程见表 3(x 为龄期; y 为长度)。

温度对异长足漠甲幼虫前胸长的影响见图 5。2 龄期幼虫,温度 30℃时前胸长为(806.6 ± 93.8) μm,33℃时前胸长为(726.8 ± 105.8) μm,差异显

著($P < 0.01$)。5 龄期幼虫,温度 30℃ 时前胸长为 $(1\,632.6 \pm 187.8)\,\mu\text{m}$,33℃ 时前胸长为 $(1\,828.9 \pm 209.3)\,\mu\text{m}$,差异极显著($P < 0.001$)。不同温度下,1 龄期,3 龄期,4 龄期,6 龄期和 7 龄期前胸长差异不显著(图 5)。线性回归方程见表 3。

如图 6 所示,2 龄期幼虫,温度 30℃ 时前胸宽为 $(1\,364.8 \pm 64.2)\,\mu\text{m}$,33℃ 时前胸宽为 $(1\,279.5 \pm 61.9)\,\mu\text{m}$,差异极显著($P < 0.001$)。5 龄期幼

虫,温度 30℃ 时前胸宽为 $(2\,687.0 \pm 229.1)\,\mu\text{m}$,33℃ 时前胸宽为 $(2\,875.7 \pm 332.6)\,\mu\text{m}$,差异显著($P < 0.01$)。7 龄期幼虫,温度 30℃ 时前胸宽为 $(3\,439.6 \pm 251.1)\,\mu\text{m}$,33℃ 时前胸宽为 $(3\,729.6 \pm 257.1)\,\mu\text{m}$,差异极显著($P < 0.001$)。不同温度下,1 龄期,3 龄期,4 龄期和 6 龄期前胸宽差异不显著(图 6)。线性回归方程见表 3。

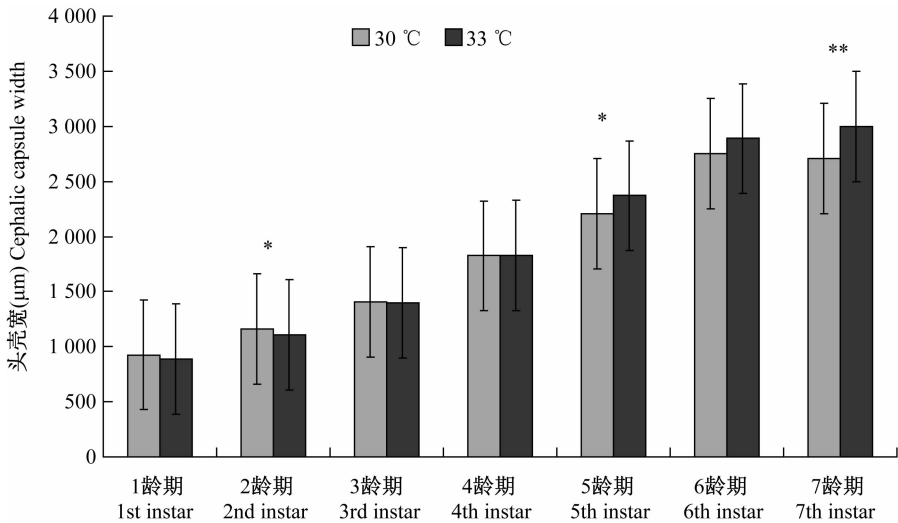


图 4 温度对异长足漠甲幼虫头壳宽的影响

Fig. 4 Effects of temperature on the cephalic capsule width of *Adesima anomala dejeani*

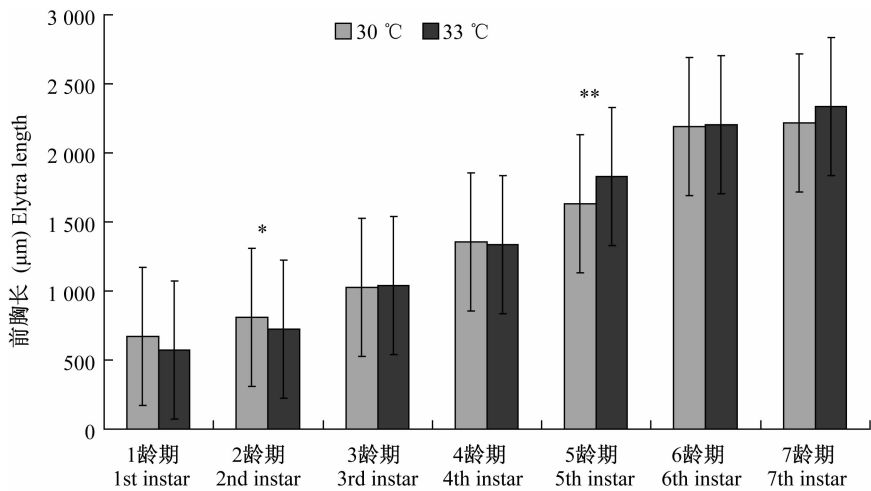


图 5 温度对异长足漠甲幼虫前胸长的影响

Fig. 5 Effects of temperature on the elytra length of *Adesima anomala dejeani*

2.5 温度对异长足漠甲存活率的影响

由图 7 可以看出,30℃ 下发育的各龄期存活率有规律性呈下降趋势,33℃ 下的存活率无规律性的波动。3 龄期幼虫,温度 30℃ 时的存活率为

表 3 温度对异长足漠甲幼虫各部位影响的线性回归方程

Table 3 Linear regression equation of effects of temperature on the larva body dimension of *Adesima anomala dejeani*

线性回归 Linear regression equation	30℃		33℃	
头壳长 Cephalic capsule length	$y = 129.62x + 315.00$	$R^2 = 0.9860$	$y = 167.86x + 211.00$	$R^2 = 0.9818$
头壳宽 Cephalic capsule width	$y = 332.57x + 524.05$	$R^2 = 0.9705$	$y = 387.8x + 375.15$	$R^2 = 0.9785$
前胸长 Elytra length	$y = 286.72x + 267.9$	$R^2 = 0.9677$	$y = 322.83x + 143.23$	$R^2 = 0.9813$
前胸宽 Elytra width	$y = 423.99x + 604.86$	$R^2 = 0.9511$	$y = 480.44x + 411.31$	$R^2 = 0.9671$

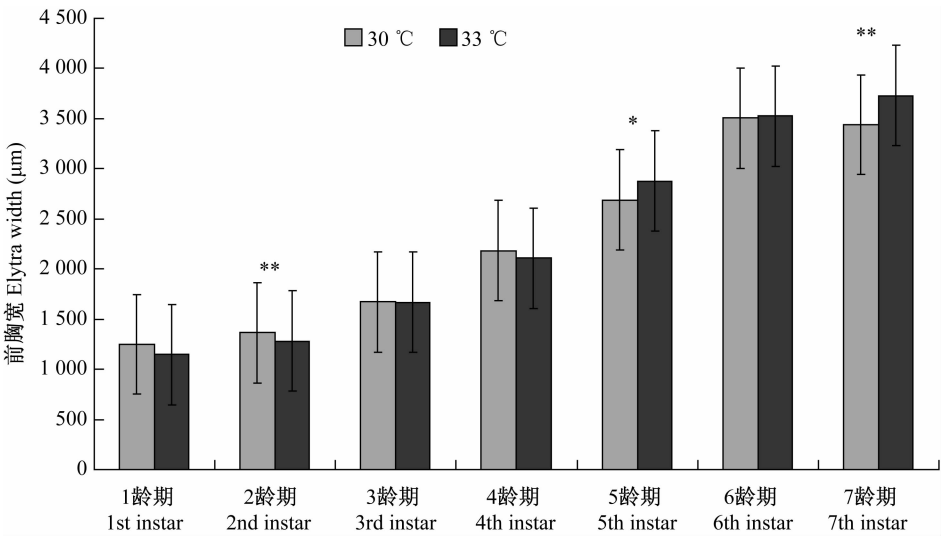


图 6 温度对异长足漠甲幼虫前胸宽的影响

Fig. 6 Effects of temperature on the elytra width of *Adesima anomala dejeani*

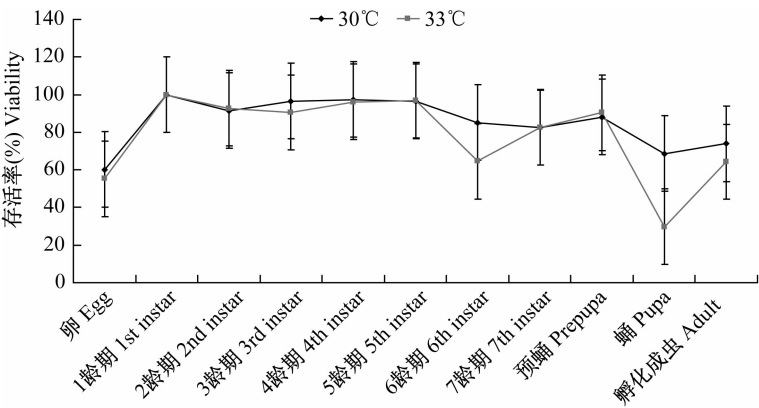


图 7 温度对异长足漠甲存活率的影响

Fig. 7 Effects of temperature on the viability of *Adesima anomala dejeani*

96.64%, 33℃时 90.52%。研究中发现 6 龄期幼虫和蛹在 33℃下的存活率明显的降低,可能此温度是 6 龄期幼虫和蛹的敏感温度,不利于其正常生长发育。6 龄期幼虫,温度 30℃时存活率为

85.18%,33℃时64.52%。蛹期,温度30℃时存活率为68.66%,33℃时29.79%。孵化成虫,温度30℃时存活率为73.91%,33℃时64.29%。不同温度下,1龄期,4龄期,5龄期,7龄期和预蛹的存活率没有明显差异。

2.6 温度对异长足漠甲体重和体长的影响

由图8可以看出,温度对卵,1龄期,2龄期,3

龄期和4龄期的体重影响不大。5龄期幼虫,温度30℃时的体重为(0.0634±0.021)g,33℃时为(0.0906±0.0313)g,差异极显著($P<0.001$)。6龄期,7龄期和预蛹,33℃下的体重较高,但是差异不显著。不同温度下,蛹期和成虫体重影响不明

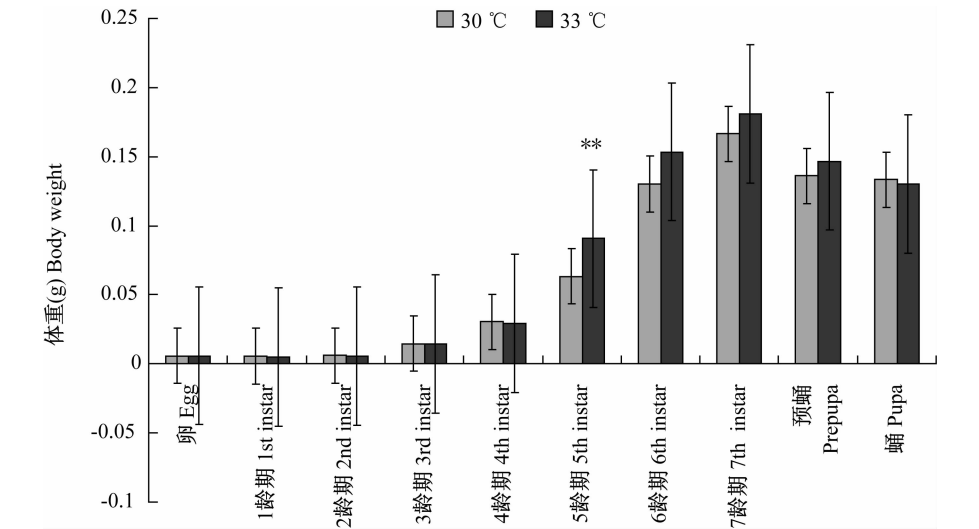


图8 温度对异长足漠甲体重的影响

Fig.8 Effects of temperature on the body weight of *Adesima anomala dejeani*

图9可以看出,2龄期幼虫,温度30℃时的体长为(8354.7±1018.9)μm,33℃时体长为

(7587.6±642.4)μm,差异显著($P<0.01$)。5龄期,温度30℃时的体长为(21985.1±2391.2)

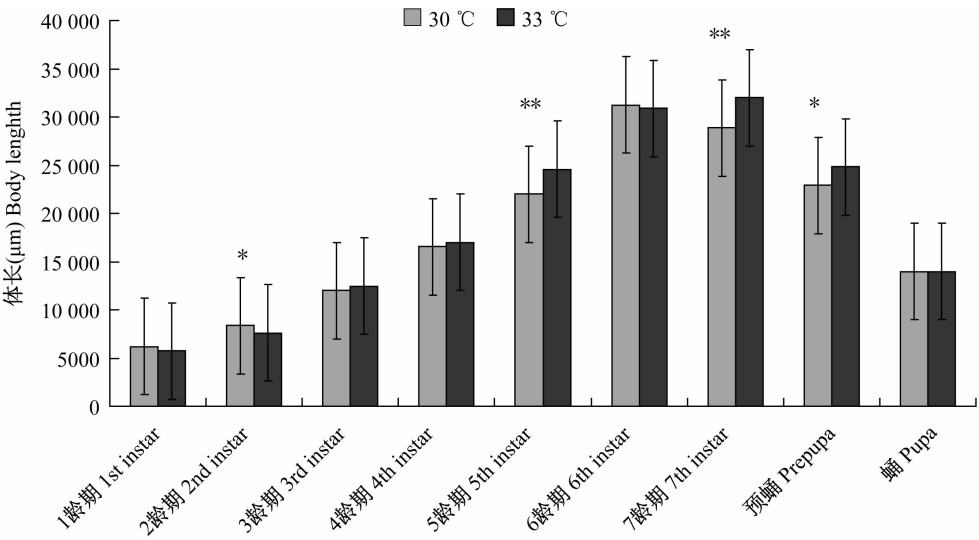


图9 温度对异长足漠甲体长的影响

Fig.9 Effects of temperature on the body length of *Adesima anomala dejeani*

μm , 33℃ 时体长为 $(24\ 567.3 \pm 3\ 363.4)\ \mu\text{m}$, 差异极显著 ($P < 0.001$)。7 龄期, 温度 30℃ 时的体长为 $(28\ 880.9 \pm 3\ 203.3)\ \mu\text{m}$, 33℃ 时体长为 $(31\ 985.3 \pm 1\ 801.5)\ \mu\text{m}$, 差异极显著 ($P < 0.001$)。预蛹期, 温度 30℃ 时的体长为 $(22\ 909.9 \pm 1\ 653.9)\ \mu\text{m}$, 33℃ 时为 $(24\ 810.3 \pm 3\ 544.6)\ \mu\text{m}$, 差异显著 ($P < 0.01$)。不同温度下, 3 龄期, 4 龄期, 6 龄期和蛹的体长差异不明显 (图 9)。

3 讨论

对异长足漠甲生物学特性的研究表明, 异长足漠甲幼虫分为 7 个龄期。异长足漠甲在一定温度范围内, 同一虫态, 随着温度的升高, 发育历期均缩短, 发育速率随温度的升高而加快。陈根富和刘团举 (1992) 的研究发现, 在 15 ~ 30℃ 范围内, 各虫态的发育随温度升高而加速, 超过 30℃ 后, 温度对发育速度的效应减弱或呈负效应; 达到 35℃ 时, 幼虫不能正常发育, 成虫不能产卵, 且寿命显著缩短。本研究选出了异长足漠甲室内饲养最适温度, $(30 \pm 0.5)\ ^\circ\text{C}$, $30\% \pm 6\% \text{ RH}$ 和 $\text{L:D} = 16:8$, 光照 8 级的条件下异长足漠甲的发育较好和存活率较高, 总发育龄期为 117.4 d, $(33 \pm 0.5)\ ^\circ\text{C}$, $30\% \pm 6\% \text{ RH}$ 和 $\text{L:D} = 16:8$, 光照 8 级的条件下异长足漠甲的存活率较低, 总发育龄期为 90.99 d。研究表明, 36℃ 对成虫和幼虫的发育有很大的影响, 加快了生长发育而导致死亡率升高。研究发现, 27℃ 下的发育龄期较慢, 所以本研究采用 30℃ 和 33℃ 饲养温度进行比较饲养、分析。笔者改进及优化了饲养方法, 确定了正确的发育龄期、存活率以及减少了工作量和时间, 探讨了温度对

变态生长发育过程中各参数的影响。

温度是昆虫生长发育的重要因子, 温度不仅对变态过程发育历期有影响, 还对幼虫个体头壳、前胸、存活率、体重及体长有影响。30℃ 下的总发育历期比 33℃ 下的总发育历期长 25 ~ 30 d。33℃ 时, 幼虫生长较快, 短时间内就超过了 30℃ 时的幼虫的生长, 33℃ 时的 5 龄期幼虫体重的增加比 30℃ 明显, 33℃ 时的 5 龄期和 7 龄期的体长的增加比 30℃ 明显。33℃ 时的 2 龄期和 5 龄期的头壳长和宽, 前胸长和宽生长比 30℃ 增加明显。但是 33℃ 时, 6 龄期和蛹期的存活率较低, 比 30℃ 时的存活率低。虽然 30℃ 时, 生长较慢, 但是存活率较高并有规律性。饲养温度高不仅会缩短发育历期, 而且加快幼虫体重, 体长, 头壳和前胸的生长。

综上所述, 30℃ 适合于较稳定的生长, 观察整个变态生长过程及得到高存活率的蛹和孵化成虫。33℃ 适合于短期内快速生长幼虫及观察, 满足对幼虫的实验需求。

参考文献 (References)

- Wang Y, Liu XN, Zhao J, Rexili K, Ma J, 2011. The rearing and biology of the desert beetle, *Microdera punctipennis*, under laboratory conditions. *J. Insect Sci.*, 11:1–12.
- 陈根富, 刘团举, 1992. 黄粉虫的生物学特性及养殖技术的研究. 福建师范大学学报: 自然科版, 8(1):66–74.
- 候凤, 马纪, 刘禾培, 郭士杰, 刘小宁, 2008. 光滑鳖甲 (*Anatolica polita borealis*) 的生物学特性研究. 新疆大学学报 (自然科学版), 25(3):343–348.
- 黄人鑫, 吴卫, 毛新芳, 2005. 新疆荒漠昆虫区系及其形成与演变. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社. 36–38.