应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(6): 1346–1352. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2016.164

温度对双委夜蛾种群生态学特征的影响*

段爱菊** 王淑枝 王利霞 刘长营
刘顺通 韩瑞华 张自启
（洛阳农林科学院，洛阳 471023）

摘 要 **【目的】** 双委夜蛾 *Athetis dissimilis* (Hampson)是新发现的一种农业害虫，为探索温度对双委夜蛾生长发育和繁殖的影响。**【方法】** 在室内 l6，21，26，30，34(±1)℃, RH 为 70%±5%、光周期为 14L∶10D 条件下，测定了双委夜蛾各发育阶段的发育历期、存活率及成虫产卵量，组建了双委夜蛾的实验种群生命表。**【结果】** 结果表明，双委夜蛾各虫态的发育历期随温度的升高而缩短；世代发育起点温度（*C*）为 9.88℃，有效积温（*K*）为 906.53 日·度；卵的孵化率在不同的温度下无显著差异；幼虫存活率、化蛹率和羽化率则以 21~30℃为最高；成虫的产卵量以 21~26℃为最高，而在 16℃和 30℃时显著降低，在 34℃下成虫不能交配，30℃成虫交配率仅为 46%；生命表分析表明，26℃双委夜蛾的种群趋势指数和内禀增长率取得最大值，分别为 98.5 和 0.1。**【结论】** 21~26℃是最适宜双委夜蛾生长发育和繁殖的温度范围。

关键词 双委夜蛾，温度，生命表，发育历期，存活率，生殖力

Effects of temperature on some ecological characteristics of a laboratory population of *Athetis dissimilis* (Hampson)

DUAN Ai-Ju** WANG Shu-Zhi WANG Li-Xia LIU Chang-Ying
LIU Shun-Tong HAN Rui-Hua ZHANG Zi-Qi
(Luoyang Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Luoyang 471022, China)

Abstract **[Objectives]** To explore the effects of the temperature on the growth, development, and reproduction, of *Athetis dissimilis* (Hampson), a new and important agricultural pest in China. **[Methods]** The developmental duration, survival rate and fecundity of *A. dissimilis* was measured under laboratory conditions of 16, 21, 26, 30 and 34 (±1)℃, RH 70%±5% and a photoperiod of 14L∶10D, and the resultant data used to construct life tables. **[Results]** Developmental duration decreased as temperature increased from 16℃ to 34℃. The developmental threshold temperature was 9.88℃, and the effective accumulated temperature required for a whole generation was 906.53 degree-days. There was no significant difference in the hatching rate of eggs at different temperatures. The larval survival rate, pupation rate and emergence rate were highest at 21-30℃.The number of eggs laid per female was highest at 21-26℃, and decreased significantly at 16℃ and 30℃. Adults did not mate at 34℃, and the mating rate was only 46% at 30℃. Life table analysis showed that the index of population trend and the intrinsic rate of natural increase were higher at 26℃ than at any other temperature tested (98.5 and 0.1, respectively). **[Conclusion]** The highest intrinsic rate of natural increase and index of population trend were observed at temperatures from 21℃ to 26℃, which suggests that this is the optimal temperature range for *A. dissimilis*.

Key words *Athetis dissimilis*, temperature, life table, developmental duration, survivorship, fecundity

2013 年 9 月，笔者在洛阳市伊滨区花生田、大豆田调查采集二点委夜蛾 *Athetis lepigone* (Möschler) 幼虫时发现一种类似二点委夜蛾的幼虫；随后在玉米田、甘薯田、蔬菜田、春季麦田、田间杂草以及牡丹田、芍药田、苹果园、梨园、中药材等田间均发现了此虫的幼虫，在佳多

*资助项目 Supported projects：河南省科技攻关计划（122102110068）
**第一作者 First author，E-mail：lysnks@126.com
收稿日期 Received：2016-04-18，接受日期 Accepted：2016-05-19

频振式测报灯上也大量诱集到此虫的成虫。在洛阳市周边的孟津县、新安县、嵩县、偃师市以及焦作市的孟州市等地均发现了此虫的幼虫和成虫。经中国科学院动物所武春生研究员鉴定为双委夜蛾 *Athetis dissimilis*（Hampson），与山东发现的双委夜蛾是同一种。双委夜蛾属鳞翅目、夜蛾科、委夜蛾属，已知在中国台湾、日本、韩国、朝鲜、印度、菲律宾和印度尼西亚有分布。双委夜蛾是新发现的一种农业害虫，主要为害玉米、小麦、大豆、花生和甘薯等作物，自 2012 年在山东首次发现以来，随后在河南、陕西和安徽等地也发现此害虫为害，且逐年加重（Takahashi，1975； Cho *et al.*，2010；李静雯等，2014；宋月芹等，2015）。

目前，对双委夜蛾的研究仅限于形态特征与生物学特性、非典型嗅觉受体 *Orco* 的分子特征与表达以及触角嗅觉受体基因鉴定等方面（李静雯等，2014；宋月芹等，2015；Dong *et al.*，2016）。环境温度是影响昆虫种群数量变动的一个最显著生态因子，作者应用生命表方法，系统研究了温度对双委夜蛾实验种群生长、存活及繁殖的影响，以期深入探讨双委夜蛾种群数量变化的规律，进而为该虫的预测预报与综合治理提供必要的依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

2014 年 7—8 月，在河南省洛阳市伊滨区采用佳多频振式诱虫灯诱集成虫，带回室内后配对产卵，卵孵化后幼虫用 3~7 叶期的小麦苗在室内饲养，待幼虫化蛹、羽化后作为虫源。小麦品种为洛麦 24。

1.2　成虫的饲养

将成虫每 3 对放入直径 100 mm、高 100 mm 的玻璃瓶内，瓶内悬挂 1 个含 10%蜂蜜水的棉球，瓶口以纱布封口供其产卵。然后，将养虫瓶置于人工气候箱（PQX-330B-30HM，宁波莱福科技有限公司）内，保持温度（26±1）℃、RH 70%±5%、光周期 14L∶10D。

1.3　幼虫的饲养

每天收集卵布，当幼虫刚孵化的时候，选用新鲜的麦苗用清水洗净晾干，用一次性塑料培养皿（直径 90 mm，高度 15 mm）饲养幼虫。每皿放入初孵幼虫 30 头左右，待幼虫长到 4 龄时每皿放 10 头左右。待幼虫预蛹时放入铺有经过消毒的卫生纸的培养皿内，并将其放入人工气候箱中进行饲养，饲养条件 1.2。

1.4　不同温度对双委夜蛾生长发育及繁殖的影响

试验中所采用的卵均为产后 12 h 以内，每次收集到的卵随即进行试验。把同一时间采集的双委夜蛾卵分别放在相应的温度下测定孵化率，每个温度测试的卵数不少于 300 粒。每个温度孵化出的卵数放在相应的温度进行饲养。每个温度单头饲养 60 头幼虫，每 20 头为一组并对其编号，每天观察蜕皮及死亡情况、化蛹时间、羽化时间。另外各处理群体饲养 200 头，观察虫体每天的死亡情况，并用于成虫的雌雄比例统计及配对后产卵量的统计。试验设 16，21，26，30 和 34℃共 5 个温度处理，RH 均为 70%±5%、光周期均为 14L∶10D。3~4 d 更换一次新鲜的饲料。成虫羽化后仍按 1.2 方法进行单对饲养，统计每头雌蛾的产卵量，直至所有成虫全部死亡。观察卵的孵化时间和卵的孵化率。成虫死亡后解剖所有雌蛾，检查精包确定其是否交配，剔除没有交配的雌蛾的产卵数量（李立涛等，2012）。

1.5　数据处理方法

所有的数据均采用 SPSS17.0 软件进行分析。各处理卵的孵化率、幼虫存活率、化蛹率、羽化率的原始数据经过反正弦转换后进行分析，其他参数的原始数据直接进行单因素方差分析，各参数均值之间的差异显著性用 Duncan’s 新复极差测验法（P=0.05）检验差异显著性。发育起点温度和有效积温用最小二乘法求得，其计算公式为：$C=(\Sigma V^2 \Sigma T-\Sigma V \Sigma VT)/[n \Sigma V^2-(\Sigma V)^2]$，$K=(n \Sigma VT-\Sigma V \Sigma T)/[n \Sigma V^2-(\Sigma V)^2]$。$N$ 为发育历期（d），V 为发育速率=1/N，T 为发育期间的平均温度（℃），C 为发育起点温度（℃），K 为有效积温（日 · 度），通过直线回归拟合双

委夜蛾发育速率和温度的关系。根据实验数据组建双委夜蛾实验种群生命表，种群趋势指数（I）、种群净增殖率（R_0）、世代平均周期（T）、内禀增长力（r_m）、周限增长率（λ）和种群加倍时间（D_t）按张孝羲和张跃进（2005）的方法计算。

2 结果与分析

2.1 不同温度对双委夜蛾生长发育的影响

双委夜蛾在不同温度下的发育历期如表 1。结果表明，在不同温度下，双委夜蛾各发育阶段的历期有明显的不同，且随着温度的升高，发育历期缩短。统计分析表明，卵在不同温度下的发育历期差异显著，以 16℃最长，26、30 和 34℃为最短；幼虫历期在不同温度下差异显著，以 16℃最长达 113 d，34℃最短为 24.5 d；蛹历期在不同的温度下差异显著，仍以 16℃最长，26℃、30℃和 34℃蛹历期为最短；全世代历期在不同的温度下差异显著，但 26℃和 30℃差异不显著，其中 16℃最长达 155.8 d，34℃最短为 38 d。因此温度过低不利于双委夜蛾的生长发育，21~34℃适宜双委夜蛾的生长发育。

2.2 双委夜蛾的发育起点温度和有效积温

根据表 1 的数据，计算得出不同虫态的发育起点温度和有效积温。如表 2 所示，卵、幼虫、蛹的发育起点温度分别为 6.04、10.57 和 9.16℃，有效积温 K 分别为 106.81、579.39 和 225.17 日 · 度。双委夜蛾世代发育起点温度为 9.88℃，有效积温 K 为 906.53 日 · 度。

根据表 1 的数据，将双委夜蛾在不同温度下

表 1 不同温度下双委夜蛾各虫态的发育历期

Table 1 Developmental duration of various stages of *Athetis dissimilis* at different temperatures

温度（℃）Temperature	发育历期 Developmental duration (d)			
	卵 Egg	幼虫 Larva	蛹 Pupa	全世代 Whole generation
16	10.94±0.64a	113.05±21.98a	32.83±3.75a	155.84±15.05a
21	7.40±0.58b	52.28±7.20b	20.43±1.66b	80.11±7.22b
26	4.83±0.85c	34.29±4.54c	11.59±1.37c	50.36±4.92c
30	4.43±0.96c	33.28±5.37c	10.93±1.03cd	48.76±6.10c
34	4.05±1.22c	24.53±3.48d	9.71±0.68d	37.98±3.59d

表中数据为平均值±标准差；同一列数据后标有不同小写字母表示差异显著（P<0.05，Duncan’s 新复极差测验法）。下表同。

Data are mean±SD, and followed by different small letters within a column are significantly different at 0.05 level by Duncan’s multiple range test. The same below.

表 2 双委夜蛾不同虫态发育速率与温度的关系模型和发育起点温度及有效积温

Table 2 Regression equation between development rate and temperature, developmental threshold temperature and effective accumulated temperature for each developmental stage of *Athetis dissimilis*

虫态 Stage	发育起点温度（$C \pm S_C$，℃）Developmental threshold temperature	有效积温（$K \pm S_K$，日 ·度）Effective accumulatedtemperature	线性回归方程 Equation of linear regression	R^2
卵 Egg	6.04±2.30	106.81±12.07	v=0.0090x–0.0478	0.9631
幼虫 Larva	10.57±1.73	579.39±62.19	v=0.0017x–0.0168	0.9666
蛹 Pupa	9.16±2.27	225.17±29.47	v=0.0042x–0.0352	0.9511
全世代 Whole generation	9.88±1.69	906.53±91.83	v=0.0011x–0.0101	0.9701

S_C 表示发育起点温度的标准差， S_K 表示有效积温的标准差。

S_C is the standard deviation of the developmental threshold temperature, S_K is the standard deviation of the effective accumulated temperature.

的发育历期转换成发育速率。对不同虫态发育速率跟温度之间的关系利用直线回归拟合。各个虫态的发育速率随温度升高而加快，说明在 16~34℃温度梯度内，双委夜蛾各虫态发育速率与温度呈明显直线相关关系。双委夜蛾全世代发育速率与温度的关系亦呈明显线性关系。

2.3　不同温度对双委夜蛾存活的影响

卵的孵化、幼虫的蜕皮、化蛹和羽化等环节极易遭受不良条件的影响。实验结果（表 3）表明，在不同温度下，双委夜蛾上述各个环节的存活率均有一定差异。统计分析表明，双委夜蛾卵在不同温度下的孵化率无明显差异，幼虫的存活率则差异显著，21、26、30℃的幼虫存活率显著高于 16℃和 34℃存活率，21、26、30℃的幼虫存活率差异不显著；不同温度下双委夜蛾幼虫的化蛹率差异显著，21、26、30℃的幼虫的化蛹率显著高于 16℃和 34℃化蛹率；不同温度下羽化率差异显著，21、26、30、34℃的羽化率显著高于 16℃化蛹率。21~30℃温度条件适宜双委夜蛾的存活。

2.4　不同温度对双委夜蛾成虫繁殖的影响

不同温度对双委夜蛾繁殖的影响见表 4。双委夜蛾成虫在不同温度下的交配率差异显著，在 34℃下对雌成虫进行解剖没有发现精包，说明在此温度下成虫不能交配，30℃成虫的交配率（46.30%）显著低于 16~26℃，说明该温度抑制了成虫的交配；成虫产卵前期差异显著，16℃显著长于 26℃和 30℃，但与 21℃差异不显著；单雌平均产卵量差异显著，21℃和 26℃的卵量显著多于 16℃和 30℃的卵量；成虫寿命差异显著，雌成虫寿命在 16、21 和 26℃下显著长于 30℃和 34℃，16、21 和 26℃差异不显著；后代卵的孵化率差异显著，21℃和 26℃卵的孵化率显著高于 16℃和 30℃，34℃下成虫虽少量产卵，但卵均不会孵化。

根据双委夜蛾雌蛾在不同温度下逐日产卵量数据，绘制了其特定年龄生殖力曲线（图 1）。产卵开始时间，16℃下第 3 天开始产卵，其余则第 2 天开始产卵；产卵结束时间，30℃在第 10 天就结束产卵，其余则在第 12 天结束产卵；成虫

表 3　不同温度对双委夜蛾存活率的影响

Table 3　Survival rate of *Athetis dissimilis* at different temperatures

温度（℃）Temperature	卵孵化率（%）Hatchability	幼虫存活率（%）Larva survival rate	化蛹率（%）Pupation rate	羽化率（%）Emergence rate
16	87.42±7.44a	70.59±12.26b	74.99±8.05b	83.33±5.02b
21	89.54±8.38a	86.67±6.60a	80.77±6.21a	90.48±0.16a
26	89.21±5.02a	83.33±10.39a	84.00±6.75a	90.47±5.02a
30	86.37±5.91a	80.00±5.66a	87.50±2.22a	89.28±2.51a
34	85.51±7.96a	72.52±8.43b	65.52±6.89c	88.47±7.27a

表 4　不同温度对双委夜蛾成虫繁殖的影响

Table 4　Effects of temperature on the adults of *Athetis dissimilis*

温度（℃）Temperature	交配率（%）Mating rate	产卵前期（d）Preoviposition period	产卵量（粒）Number of eggs laid per female	成虫寿命（d）Adult longevity		后代卵孵化率（%）Eggs viability of offspring
				雌 Female	雄 Male	
16	71.80±3.80a	4.30±0. 67a	182.40±84.87b	11.20±2.66a	13.90±3.03a	65.17±18.06b
21	75.40±5.21a	3.78±1.09ab	336.33±162.65a	11.22±3.53a	13.22±4.41a	86.42±17.50a
26	77.17±3.71a	3.08±0.86bc	348.83±136.03a	10.50±1.62a	10.25±3.74b	88.87±3.66a
30	46.30±6.84b	2.83±41c	166.83±39.83b	7.67±2.73b	5.83±1.47c	77.84±5.59ab
34	0	—	—	5.11±2.20c	4.56±2.96c	—

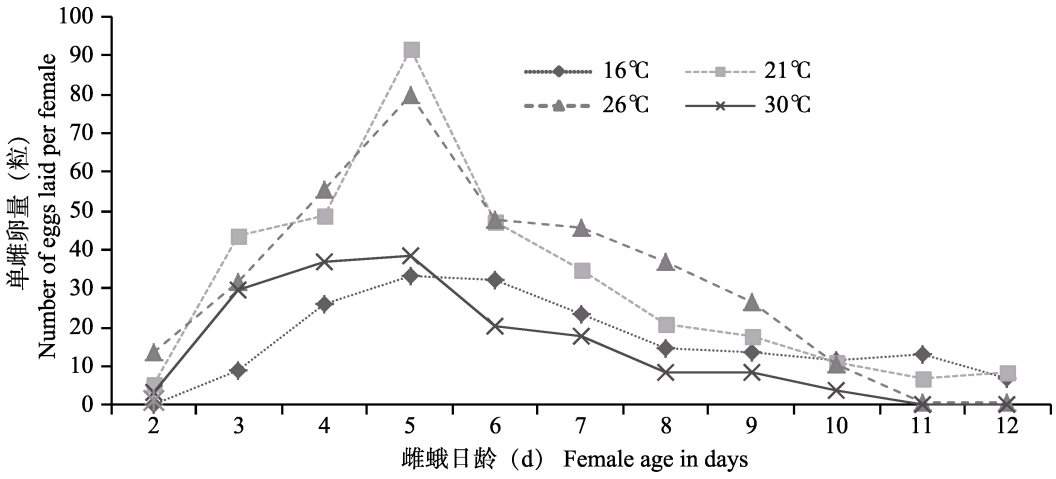

图 1 双委夜蛾成虫特定年龄生殖力曲线

Fig. 1 Age-specific fecundity of *Athetis dissimilis* at different temperatures

产卵高峰期，16℃在第 4~7 天，30℃在第 3~7 天，而 21℃和 26℃产卵高峰期长在第 3~9 天共 7 d，且 21 和 26℃有明显的产卵峰值出现在第 5 天。

综合表 4 和图 1 的结果，21~26℃是适宜双委夜蛾成虫繁殖的温度范围。

2.5 不同温度下双委夜蛾的生命表

根据不同温度条件下各发育期的存活率及成虫生殖力资料，组建了不同温度条件下双委夜蛾实验种群特定年龄生命表。表 5 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，性比假定为 1∶1（实际观察值 1∶1.04）。

除 34℃外各温度下种群趋势指数均大于 1，表明下代种群数量都呈增长趋势，不同温度下增长的倍数不同。当环境温度为 26℃时，取得最大值 98.54，即在 26℃下，经过一个世代后，种

表 5 不同温度下双委夜蛾的实验种群生命表

Table 5 Life table of laboratory population of *Athetis dissimilis* at different temperatures

发育期 Developmental stage	进入各发育期虫数 Number of individuals at beginning of different stage				
	16℃	21℃	26℃	30℃	34℃
卵 Egg	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1 龄幼虫 1st instar larva	87.42	89.54	89.21	86.37	85.51
2 龄幼虫 2nd instar larva	74.56	89.54	89.21	84.21	83.37
3 龄幼虫 3rd instar larva	74.56	83.57	89.21	82.05	81.23
4 龄幼虫 4th instar larva	74.56	83.57	83.26	79.89	81.23
5 龄幼虫 5th instar larva	74.56	83.57	80.29	77.73	76.96
6~7 龄幼虫 6th -7th instar larva	61.71	77.60	74.34	69.10	61.99
蛹 Pupa	46.28	62.68	62.45	60.46	40.62
成虫羽化数 Number of adults emerged	38.57	56.71	56.50	53.98	36.34
正常雌蛾数量 Number of normal females	19.28	28.35	28.25	27.00	18.17
世代存活率（%）Generation survival rate	38.57	56.71	56.50	53.98	36.34
平均产卵量 Number of eggs laid per female	182.40	336.30	348.80	166.80	
预计下代卵量 Total eggs of next generation estimated	3 517.37	9 535.56	9 853.54	4 502.04	
种群趋势指数 Population trend index	35.17	95.36	98.54	45.02	

群数量达到原来的 98.54 倍，其次是 21℃种群趋势指数 95.36；26℃种群趋势指数分别为 16℃和 30℃的 2.7 倍和 2.2 倍，21℃种群趋势指数分别为 16℃和 30℃的 2.7℃和 2.1 倍。因此，21~26℃是适宜双委夜蛾繁殖的温度范围。

2.6　不同温度下双委夜蛾实验种群生命表参数

根据在 16、21、26、30℃ 4 个温度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）、内禀增长率（r_m）、周限增长率（λ）和种群加倍时间（D_t）（表 6）。结果表明，在 16~30℃范围内，世代平均周期随温度升高而缩短，周限增长率（λ）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（D_t）与周限增长率（λ）相反，种群加倍时间（D_t）在 26℃达到最小值，周限增长率（λ）在 26℃最大。种群净增殖率（R_0）与内禀增长率（r_m）相似，种群净增殖率（R_0）在 21℃观察值最大，其次为 26℃；内禀增长率（r_m）在 26℃时观察值最大。

3　结论与讨论

本研究组建了不同温度下双委夜蛾实验种群生命表，分析了温度对双委夜蛾的生长发育和繁殖的影响。温度对双委夜蛾种群数量变化影响显著。在不同温度下，双委夜蛾各虫态的发育历期、存活率、成虫寿命、产卵量及后代卵的孵化率均存在显著差异，从而导致种群趋势指数和内禀增长率也有所不同。16~34℃范围内，随温度的升高双委夜蛾各虫态的发育速率加快，这与双委夜蛾的近似种二点委夜蛾各虫态的发育历期相一致，但双委夜蛾发育历期比二点委夜蛾长，在 16℃下双委夜蛾长达 155 d，而二点委夜蛾仅为 92 d，30℃下双委夜蛾为 48 d，二点委夜蛾为 29 d；双委夜蛾与二点委夜蛾幼虫龄期差异较大，二点委夜蛾在不同的温度下进入 6 龄的个体不同，16℃下有 18%的个体进入 6 龄，随着温度的升高，进入 6 龄的个体逐渐增多，32℃时达 48%，而双委夜蛾在不同的温度下 6 龄个体占 70%左右，7 龄个体占 30%左右（党志红等，2011；曹美琳等，2012；李静雯等，2014）。

温度对双委夜蛾的繁殖也有很大的影响。在 34℃高温下成虫不交配，30℃成虫的交配率仅为 46%，说明高温对种群的繁殖不利，这与很多昆虫的研究结果一致（Mollema *et al.*，1990；McDonald *et al.*，1998；张治军等，2012）；低温也不利于雌蛾的产卵，16℃雌蛾的产卵量、后代卵的孵化率显著低于 21℃和 26℃，因此高温和低温均不利于双委夜蛾的繁殖，这与二点委夜蛾和甜菜夜蛾等许多昆虫研究结果相一致（李定旭等，2010；盖海涛等，2010；曹美琳等，2012）。

本文研究了双委夜蛾从卵到蛹的发育起点温度和有效积温，为其预测预报提供依据。双委夜蛾全世代发育起点温度为 9.88℃，有效积温为 906.53 日 · 度。与二点委夜蛾相比，双委夜蛾卵的发育起点温度比二点委夜蛾低，而幼虫、蛹和全世代的发育起点温度二者相近；双委夜蛾各虫态的有效积温均高于二点委夜蛾（全世代有效积温 552.9~604.4 日 · 度），因此双委夜蛾完成一代需要的时间比二点委夜蛾要长（党志红等，2011；曹美琳等，2012）。本实验种群生命表是在实验室排除气候、天敌等不良环境因素的干扰

表 6　不同温度下双委夜蛾实验种群生命表参数

Table 6　Life table parameters of experimental population of *Athetis dissimilis* at different temperatures

温度（℃）Temperature	净增殖率（R_0）Net reproductive rate	世代平均周期（T）Mean generation time	内禀增长率（r_m）Intrinsic rate of increase	周限增长率（λ）Finite rate of increase	种群加倍时间（D_t）Doubling time
16	64.48	164.41	0.03	1.03	27.35
21	172.04	85.46	0.06	1.06	11.51
26	165.97	53.47	0.10	1.10	7.25
30	61.92	51.33	0.08	1.08	8.62
34	—	—	—	—	—

而建立的，所反映的种群动态和自然种群尚存在一定差别。影响双委夜蛾种群动态的因素较多，除了温度之外，尚有湿度（李爱华等，2006）、饲料的营养成分（Ishiguri and Toyoshima，2006；董钧锋等，2012）等，本试验采用双委夜蛾的一种寄主植物小麦幼苗作为饲料，其取食其它寄主植物如玉米、黄豆、花生等的生长发育情况有待进一步的研究。因此，今后有必要进一步开展温度、湿度、光照、营养等综合因子对双委夜蛾生长发育影响的研究，以便更加全面、系统地揭示环境因子对其世代的影响机制。

参考文献 (References)

Cao Ml, Tao B, Liu S, Dong JG, He YZ, 2012. Influence of temperature on experimental population of *Athetis lepigone* (Möschler). *Acta Phytophylacica Sinica*, 39(6): 531–535. [曹美琳, 陶晡, 刘顺, 董金皋, 何运转, 2012. 温度对二点委夜蛾实验种群的影响. 植物保护学报, 39(6): 531–535.]

Cho YH, Kim YJ, Han YG, Jeong JC, Cha JY, Nam SH, 2010. A faunistic study of mothson Wolchulsan National Park. *Journal of National Park Research*, 1(2): 108–126.

Dang ZH, Li YF, Pan WL, Li YY, Gao ZL, 2011. Developmental threshold temperature and effective accumulative temperature of *Athetis lepigone* (Möschler). *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 15(10): 4–6. [党志红, 李耀发, 潘文亮, 李妍妍, 高占林, 2011. 二点委夜蛾发育起点温度及有效积温的研究. 河北农业科学, 15(10): 4–6.]

Dong JF, ZHang YJ, ZHu GR, Wang SL, 2012. Comparative life table parameters of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, on four host plants. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(6): 1468–1473. [董钧锋, 张友军, 朱国仁, 王少丽, 2012. 甜菜夜蛾在四种寄主植物上的生命表参数比较研究. 应用昆虫学报, 49(6): 1468–1473.]

Dong JF, Song YQ, Li WL, Shi J, Wang ZY, 2016. Identification of putative chemosensory receptor genes from the *Athetis dissimilis* antennal transcriptome. *PloS ONE*, 11(1): e0147768.

Gai HT, ZHi JR, Li ZX, Jiang YJ, 2010. Survival rates of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella intonsa* after exposure to adverse temperature conditions. *Chinese Journal of Ecology*, 29(8): 1533–1537. [盖海涛, 郅军锐, 李肇星, 蒋永金, 2010. 西花蓟马和花蓟马在温度逆境下的存活率比较. 生态学杂志, 29(8): 1533–1537.]

Ishiguri Y, Toyoshima S, 2006. Larval survival and development of the peach fruit moth, *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae), in picked and unpicked apple fruits. *Applied Entomology and Zoology*, 41(4): 685–690.

Li AH, Sun RH, ZHang Y, Liu XF, 2006. Influence of temperature and humidity on fecundity of peach fruit borer, *Carposina niponensis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(6): 867–869. [李爱华, 孙瑞红, 张勇, 刘秀芳, 2006. 温湿度对桃小食心虫成虫生殖力的影响. 昆虫知识, 43(6): 867–869.]

Li DX, Wang HW, Wang JY, Kang ZK, Dong JF, SHen ZR, 2010. Life tables of the laboratory population of the peach fruit borer, *Carposina sasakii* Matsumura at different temperatures. *Acta Entomologica Sinica*, 53(7): 773–779. [李定旭, 王红伟, 王佳阳, 康照奎, 董钧锋, 沈佐锐, 2010. 桃小食心虫在不同温度下的实验种群生命表. 昆虫学报, 53(7): 773–779.]

Li JW, Yu Y, Zhang AS, Men XY, Zhou XH, Zhai YF, Zhuang QY, Wang ZY, Li LL, 2014. Morphologically alike species of *Athetis lepigone* (Möschler)-*Athetis dissimilis* (Hampson) found in Shandong Province of China. *Plant Protection*, 40(6): 193–195. [李静雯, 于毅, 张安盛, 门兴元, 周仙红, 翟一凡, 庄乾营, 王振营, 李丽莉, 2014. 山东省发现二点委夜蛾近似种一双委夜蛾. 植物保护, 40(6): 193–195.]

Li LT, Wang YQ, Liu L, Gan YJ, Dong ZP, Ma JF, 2012. Grading criteria for assessing the ovarian development of *Athetis lepigone* (Möschler) and its use in forecasting. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(4): 1043–1047. [李立涛, 王玉强, 刘磊, 甘耀进, 董志平, 马继芳, 2012. 二点委夜蛾卵巢发育分级及在预测预报中的应用. 应用昆虫学报, 49(4): 1043–1047.]

McDonald JR, Bale JS, Waiters KFA, 1998. Efect of temperature on development of the western flower thrips, *Frankliniella occidental* (Thysanoptera: Thripidae). *Eur. J. Entomo1*., 95(2): 301–306.

Mollema C, Steenhuis G, Van Rijn SP, 1990. Development of a method to test resistance to western flower thrips *Frankliniella occidentalis* in cucumber. *IOBC/WPRS Bulletin*, 13(6): 113–116.

Song YQ, Li WL, Liu ST, Sun HZ, Shi J, Dong JF, 2015. Cloning, molecular characteristics and expression pattern of the olfactory receptor co-receptor gene of *Athetis dissimilis*. *Journal of Plant Protection*, 42(6): 997–1003. [宋月芹, 李文亮, 刘顺通, 孙会忠, 石洁, 董钧锋, 2015. 双委夜蛾非典型嗅觉受体 Orco 的克隆、分子特征及表达. 植物保护学报, 42(6): 997–1003.]

Takahashi M, 1975. *Athetis dissimilis* Hampson, a new nuisance? *The Japan Society of Medical Entomology and Zoology*, 26(1): 66.

Zhang XX, Zhang YJ, 2005. Prediction Theory for Crop Pests. Beijing: China Agricultural Science and Technology Publishing House Press. 67–134. [张孝羲, 张跃进, 2005. 农作物有害生物预测学. 北京: 中国农业出版社. 67–134.]

Zhang ZJ, Zhang YJ, Xu BY, ZHu GR, Wu QJ, 2012. Efects of temperature on development, reproduction and population growth of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(10): 1168–1177. [张治军, 张友军, 徐宝云, 朱国仁, 吴青君, 2012. 温度对西花蓟马生长发育、繁殖和种群增长的影响. 昆虫学报, 55(10): 1168–117.]