室内恒温和室外变温模式下的大豆蚜种群生命表比较*

李文博[1**] 田睿林[2] 李新畅[3] 陈欢欢[1***]

（1. 曲靖师范学院生物与食品工程学院，曲靖 655011；2. 内蒙古师范大学生命科学与技术学院，呼和浩特 010022；3. 承德市农林科学院，承德 067055）

摘 要 **【目的】** 为探究室内外两种不同温度模式对大豆蚜 *Aphis glycines* 各生物学参数的影响。**【方法】** 本试验构建恒温（23 ℃）和自然变温（20-28 ℃）条件下大豆蚜的种群生命表。**【结果】** 3龄若蚜（$P = 0.021$）与成蚜发育历期（$P = 0.045$）表现差异显著。与室内恒温条件相比，室外变温条件下大豆蚜种群各龄若蚜存活率均高于室内种群，而雌蚜的存活率趋势则相反，种群繁殖力与平均单雌产仔量也表明室外变温种群的雌蚜繁殖力较强。两种温度模式下，室内恒温条件与室外变温种群的平均世代周期（T）分别为 21.34 和 19.40 d，对应的周限增长率（λ）分别为 1.13 和 1.14，内禀增长率（r_m）分别为 0.12 和 0.13，净增值率（R_0）分别为 22.28 和 22.62。**【结论】** 室外变温条件下大豆蚜种群适应性更强，对农作物生长的潜在威胁更重，研究结果有助于进一步揭示该害虫大田的发生规律。

关键词 大豆蚜；恒温；变温；生命表

Life table comparison for *Aphis glycines* populations reared under constant indoor temperature and natural outdoor temperature conditions

LI Wen-Bo[1**] TIAN Rui-Lin[2] LI Xin-Chang[3] CHEN Huan-Huan[1***]

(1. College of Biological and Food Engineering, Qujing Normal University, Qujing 655011, China; 2. College of Life Science and Technology, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China; 3. Chengde Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengde 067055, China)

Abstract **[Aim]** To evaluate influences of constant and fluctuating temperature regimes on biological parameters of *Aphis glyicines*. **[Methods]** Population life tables for *Aphis glycines* were constructed at a constant temperature of 23 ℃ and under naturally fluctuating temperatures ranging from 20 to 28 ℃. **[Results]** The developmental period of 3rd instar aphids ($P = 0.021$) and adults ($P = 0.045$) showed significant difference with the exception of female survival, the survival rate of aphids of all ages kept under outdoor variable temperature conditions was higher than that of those kept under indoor constant temperature conditions. Population reproductive capacity and average single female fecundity were also higher in the outdoor than the indoor population. For the two temperature treatments, populations under indoor constant temperature and outdoor fluctuating temperature exhibited mean generation times (T) of 21.34 and 19.40 d, finite rates of increase (λ) of 1.13 and 1.14, intrinsic rates of natural increase (r_m) of 0.12 and 0.13, and net reproductive rates (R_0) of 22.28 and 22.62, respectively. **[Conclusion]** Soybean aphid populations have higher reproductive capacity under outdoor variable temperature conditions than under constant temperature conditions, and outdoor populations consequently pose a correspondingly greater potential threat to crop growth.

Key words *Aphis glycines*; constant temperature; fluctuant temperature; life table

*资助项目 Supported projects：云南省国际科技特派员（个人）项目支持（202403AK140027）；云南省潘灿平院士工作站（202505AF350086）

**第一作者 First author，E-mail：619162463@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：chhuanhuan@163.com

收稿日期 Received：2025-03-05；接受日期 Accepted：2026-05-15

大豆蚜 *Aphis glycines* 属半翅目 Hemiptera 同翅亚目 Homoptera 蚜科 Aphididae 蚜属 *Aphis*，为乔迁类害虫(Tilmon *et al.*,2011;徐蕾等,2011; Tian *et al.*，2020)。大豆蚜是我国大豆产区主要害虫之一，分布范围涵盖东北、黄淮、江淮和西南和西北等 20 多个大豆种植省（直辖市、自治区），国外主要分布在东南亚、东欧、北美和南美等国家（徐蕾等，2011)。该害虫以若蚜和成蚜聚集于大豆嫩枝（叶）吸食新鲜汁液，造成茎叶卷缩,叶片早落,为害严重时大豆整株死亡(陈晓慧，2015)。大豆蚜作为很多植物病原病毒田间扩散、传播的媒介，转移取食寄主植物的过程中传播多种病毒，如大豆花叶病毒（ Soybean mosaic virus)、马铃薯花叶病毒（ Potato mosaic virus)、马铃薯 Y 病毒（ Potato virus Y ）等，迟滞植株发育或者成熟期延后,导致大豆产量和品质损失严重（陈晓慧，2015；霍东博，2023)。在我国,大豆蚜种群在 53°33′-28°15′ N 分布范围内一年发生 10-20 多代，世代存活最长时间大约 20 d 左右，其存活时间与温度直接相关（杨帅，2009)。大豆蚜是典型的寡食性害虫，冬寄主为鼠李 *Rhamnus davurica*，夏寄主为大豆 *Glycine max* 和野生大豆 *Glycine soja*（徐蕾等，2011)。大豆蚜越冬卵数量和存活率决定了翌年暴发的严重程度,环境因子适宜时能在短时间内暴发式增长，防控难度大（徐蕾等，2011)。大豆蚜与寄主植物长期协同进化结果获得了随风传播的能力，短期内长距离传播概率大大提高（白冰，2020)。遇到大发生年份如不及时防治，大豆减产 20%-25%，严重则损失 6 成以上（ Tian *et al.*，2020)。

昆虫种群世代发育过程中易受生态因子的调控，温度对其发育、存活和繁殖等生物学参数起到关键作用（ Li *et al.*，2020)。蚜虫类群对室内恒温条件响应以及机制的研究，在苜蓿蚜 *Aphis craccivora*、忍冬皱背蚜 *Trichosiphonaphis lonicerae*、桃蚜 *Myzus persicae* 等研究中均有报道（ Wang *et al.*，2020；Shakya *et al.*，2021；史朝晖等，2023)。上述结果间接地模拟了自然环境下农田生态系统中的蚜虫种群实际发生情况，相对于稳定的恒温环境,变温对昆虫众多生物学参数的影响更为显著（齐心等，2019；Chi *et al.*，2023)。种群生命表是研究害虫种群发生动态最直观有效的科学工具之一,定期观测记录靶标害虫不同发育阶段的生长发育、存活以及繁殖相关参数,分析其种群受不同环境因子影响时的此消彼长趋势和关键时间节点,为害虫预测预报措施的制定与优化管理提供科学依据（ Tian *et al.*，2020；Hu *et al.*，2024)。传统生命表以雌虫生长发育过程为观测依据，以双倍雌虫数量代表待测种群，忽略雄虫贡献，因此无法精确描述雌、雄个体间龄期经过分化、性比等产生的差异（ Chi *et al.*，2023)。目前，研究大豆蚜生命表多集中于恒温条件下的结果，大田种群生命表研究极少（徐蕾等，2011；Tian *et al.*，2020；Bai *et al.*，2022；Liu *et al.*，2023)。基于前期研究,笔者选择云南陆良大豆蚜作为供试虫源，比较室内恒温和室外变温两种温度模式下的大豆蚜种群生长发育与繁殖情况，从监测预警与综合防控角度评估变温条件下该害虫的种群动态情况。

1　材料与方法

1.1　材料

试虫于 2022 年 8 月采自曲靖市陆良县板桥镇豆田（ 25°03′6.59″ N，103°18′8.66″ E，海拔 1 650 m)，带回实验室建立实验种群，寄主选择盆栽开花结荚期大豆罩网饲喂繁殖备用（罩网：80 目，孔径 1 mm；大豆品种：齐黄 34)。虫源饲养 2 代获得稳定大豆蚜种群，用于试验。设定饲养环境温度 23 ℃、相对湿度 75%，光周期为 16 L∶8 D。室外温度和平均降雨量根据云南省气象厅 2022-2023 年夏季相关气候参数进行试验（ http://yn.cma.gov.cn/)（表 1)。

1.2　试验设计

室内恒温环境：参考徐蕾等（2011）方法，选择一次性纸杯培育豆苗,将纸杯编成 6 个分组置于培养皿（直径 100 mm)，皿中盛入适量清

表 1 云南省曲靖市 2022-2023 年夏季 6-8 月气象数据表

Table 1 Meteorological data table of June-August in summer of 2022-2023 in Qujing City, Yunnan Province

气候参数 Climate parameters	指标值 Targeted value
室外温度 Outdoor temperature	20-28 ℃
平均温度 Average temperature	22.50 ℃
平均降雨量 Average rainfall	256.77 mm

水调节湿度。之后分批放入人工智能气候箱（宁波江南仪器厂，温度波动范围±1 ℃），温度设定为 23 ℃，光周期 16L ∶ 8D、相对湿度为 75%-80%。每组 10 个重复，每个重复至少接 5 头初孵若蚜（12 h 内）。隔天对纸杯中豆苗浇水，当豆苗长出两片子叶时，准备灭菌后的培养皿，取实验室繁殖备用的 1 龄若蚜接于豆叶上并编号，叶片剪口处用脱脂棉浸湿，编号规则为：接虫的具体月日（YR）+1，2，……，*N*，同时在小纸杯外壁标记以对应所接蚜虫编号。每天定时（8:00 和 16:00）观察记录各龄期的若蚜生长发育、雌蚜产仔（前）期和产卵量等试验参数，每天记录完毕后清理若蚜，仅保留无翅成蚜。使用体视显微镜（OLYMPUS-SZ61）观察若蚜形态，鉴别龄期等。

室外变温环境：采用网式饲养笼（规格为 60 cm × 60 cm × 60 cm，250 目纱网，河南智科弘润环保科技公司）。将试验地划分为 5 块小区，每个小区以大豆盆栽方式分别播种大豆（齐黄 34），每个小区设盆栽 3 个重复，盆栽之间间隔 1 m 便于调查，每个重复至少接 5 头若蚜。待大豆植株生长至苗期（子叶）时，用小毛笔将若蚜轻轻接于豆叶上，并逐日记录各龄期若蚜生长发育、成蚜产仔前期（产仔期）和产仔量（镜检大豆叶片上是否有若蚜）等参数，每天记录完毕后清除若蚜，仅保留无翅成蚜。

1.3 构建实验种群生命表

利用 1.2 节方法测得两种温度模式处理大豆蚜种群各发育阶段的历期和成蚜产卵量数据，根据年龄-阶段两性生命表原理，使用 TWOSEX-MSChart 程序记录分析了大豆蚜所有生命表数据，采用自行配对测试（100 000 次）评估方差和标准误差（Chi，1988；Tuan *et al.*，2014；齐心等，2019）。Sigmaplot v.12.0 软件作图。使用以下方程计算年龄-阶段特异性存活率（s_{xj}，其中 x=年龄，j=阶段）、年龄-阶段特异性存活率（l_x）、年龄阶段特异性雌蚜繁殖力（f_x）和年龄特异性种群繁殖力（m_x），种群净增殖力（l_xm_x）以及其他种群参数：

$$l_x=\sum_{j=1}^{\beta}s_{xj} \quad (1)$$

$$m_x=\frac{\sum_{j=1}^{\beta}S_{xj}f_{xj}}{\sum_{j=1}^{\beta}S_{xj}} \quad (2)$$

$$\sum_{x=0}^{\infty}e^{-r(x+1)}l_xm_x=1 \quad (3)$$

$$R_0=\sum l_xm_x \quad (4)$$

$$T=\sum l_xm_xx/R_0 \quad (5)$$

$$r_{\mathrm{m}}=\ln R_0/T \quad (6)$$

$$\lambda=\exp^{(r)} \quad (7)$$

式中，x 表示以 d 为单位的时间间隔，存活率 s_{xj} 表示个体由卵发育到年龄 x 阶段 j 的概率，各阶段的重叠部分说明种群同一世代不同个体发育进度的重叠，由每日记录的群体存活数来计算。l_x 表示任一个体在 x 期间的存活率（Age specific survival）；m_x 表示在年龄 x 期间种群平均每头雌蚜产卵量（Age specific fertility）；f_x 表示雌蚜在年龄 x 的产卵量；l_xm_x 是种群存活率 l_x 与种群繁殖力 m_x 的乘积值（Li *et al.*，2024）。

1.4 数据分析

利用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析。t 检验用于分析室内、室外两种温度模式对大豆蚜种群的各生物学参数影响的差异性。

2　结果与分析

2.1　室内外温度大豆蚜种群发育历期

如表 2 所示，大豆蚜种群低龄若蚜（1-2 龄）发育历期无显著差异（$P = 0.141$，$P = 0.375$），3 龄若蚜与成蚜发育历期表现差异显著（$P = 0.021$，$P = 0.045$）。与室外变温种群相比，室内恒温大豆蚜种群从 1 龄发育至成蚜历期略长，历经 30.91 d。

2.2　室内外温度大豆蚜种群平均单雌产仔量、产仔前期和产仔期

室内外温度条件下大豆蚜种群繁殖力如表 3 所示，室外变温条件下，大豆蚜平均单雌产仔量略高于室外，室外变温与室内恒温条件下的雌蚜产仔（前）期差异不显著（$P = 0.218$，$P = 0.366$）单雌个体最高产卵量与最低产卵量之间也存在差异。室内、室外温度条件下大豆蚜单雌最高产仔量分别为 30 和 37 头/雌，最低产仔量分别为 20 和 24 头/雌。

表 2　室内外环境下大豆蚜各发育阶段的历期

Table 2　Developmental duration of different developmental stages of *Aphis glycines* between indoor and outdoor environments

发育阶段 Developmental stage	发育历期（d） Developmental duration (d)	
	室内 Indoor	室外 Outdoor
1 龄 1st instar	2.03±0.11	1.90±0.09
2 龄 2nd instar	3.19±0.09	3.12±0.09
3 龄 3rd instar	2.83±0.07 *	3.05±0.09
4 龄 4th instar	4.55±0.11	4.14±0.10
成蚜 Adult	25.31±1.90	16.71±1.99 *
1 龄-成蚜 1st instar-adult	30.91±0.32	27.07±0.29 *

表中数据为平均值±标准误，同行数据后星号表示差异显著（$P < 0.05$, t 检验）。

Data are mean±SE, and followed by asterisk in the same row indicate significantly different ($P < 0.05$, t-test).

表 3　室内外环境条件下大豆蚜成蚜繁殖力情况

Table 3　Fecundity performance of *Aphis glycines* under indoor and outdoor conditions

观察地点 Observation location	平均单雌产仔量（头） Mean eggs laid per female (ind.)	单雌最高产仔量（头） Maximum eggs laid per female (ind.)	单雌最低产仔量（头） Minimum eggs laid per female (ind.)	产仔前期（d） Prior reproductive (d)	产仔期（d） Duration of Reproductive (d)
室内 Indoor	25.14±0.69 *	30	20	1.00±0.00	13.77±0.22
室外 Outdoor	29.36±0.68	37	24	1.21±0.11	13.57±0.17

表中数据为平均值±标准误，同列数据后星号表示差异显著（$P < 0.05$, t 检验）。表 4 同。

Data are mean ± SE, and followed by asterisk in the same column indicate significantly different ($P < 0.05$, t-test). The same for Table 4.

2.3　室内外温度对大豆蚜种群存活率和繁殖力

除了低龄（2 龄）若蚜，室外变温条件下大豆蚜的各龄若蚜存活率（s_{xj}）均高于室内种群，而雌蚜存活率则相反（图 1：A，B）。室内恒温环境下 2 龄若蚜存活率略低于室外变温环境。种群繁殖力曲线（m_x）表明室外变温条件种群雌蚜高于室内恒温种群，二者繁殖力最高峰值分别出现在第 21 天和第 25 天（图 2：A，B）。

2.4　室内外温度对大豆蚜种群特定时间生命表参数

不同温度环境下大豆蚜种群特定时间生命表参数之间存在显著差异。室外变温与室内恒温条件下种群的净增殖率（R_0）间相差很小，而室内恒温种群内禀增长率（r_m）和周限增长率（λ）略低于室外变温种群（表 4）。

3　结论与讨论

全球变暖日益加剧，气候格局的骤变对昆虫地理分布格局及潜在的灾变规律产生重大改变，南北方温差减小，越来越多植食性害虫的生命活动“全年无休”，始盛期提前，危害高峰期时间延长（蔡普默等，2022）。本研究结果表明两种温度模式下的大豆蚜种群生物学参数之间差异

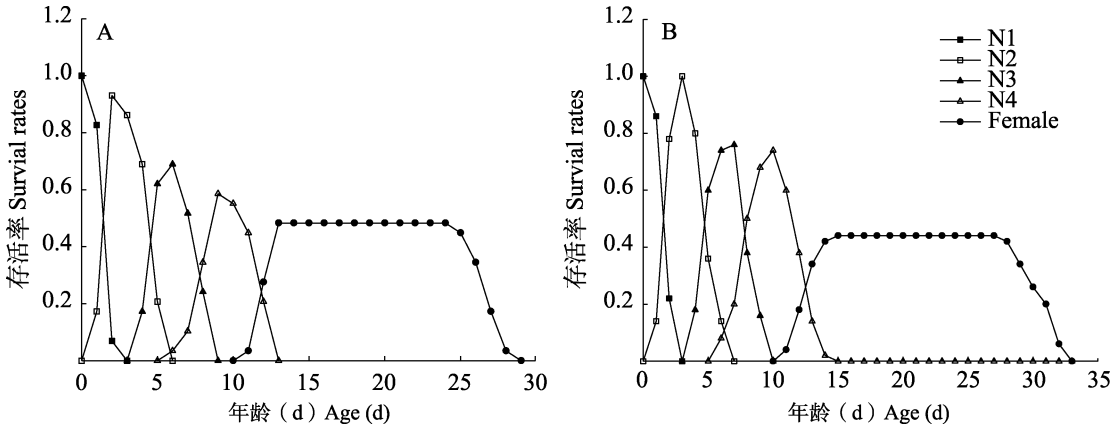


图 1　不同温度环境下大豆蚜种群年龄-阶段特征存活率（s_{xj}）

Fig. 1　Age-stage-specific survival rate (s_{xj}) of *Aphis glycines* populations in different temperature environments

A. 室内；B. 室外。N1-N4：大豆蚜 1-4 龄若蚜；Female：雌蚜。

A. Indoor; B. Outdoor. N1-N4: 1st-4th instar of *A. glycine*s.

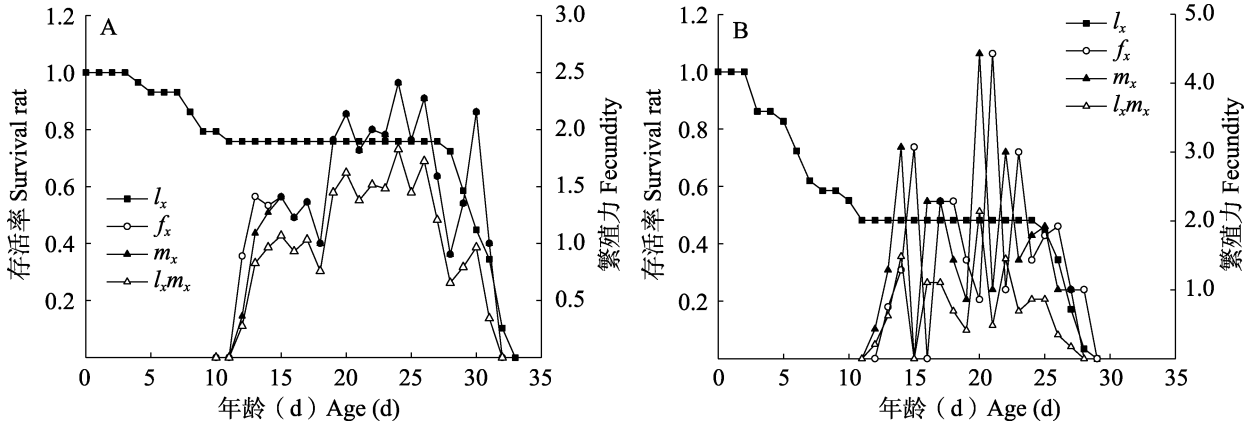


图 2　各温度处理组大豆蚜种群对应的年龄特异性存活率（l_x）、繁殖力（f_x）、种群繁殖力（m_x）和净增殖力（l_xm_x）

Fig. 2　Age-specific survival rate (l_x), fecundity of female aphids (f_x), population fecundity (m_x), and age-specific maternity (l_xm_x) of *Aphis glycines* populations under different temperature treatments

A. 室内；B. 室外。A. Indoor; B. Outdoor.

表 4　不同温度环境下大豆蚜种群特定时间生命表参数

Table 4　Time-specific life table of *Aphis glycine*s exposed to varied thermal conditions

观察地点 Observation location	净增殖率（R_0）Net reproductive rate (R_0)	平均世代周期（T）（d）Mean generation time (T) (d)	内禀增长率（r_m）Intrinsic rate of increase (r_m)	周限增长率（λ）Finite rate of increase (λ)
室内 Indoor	22.28±2.08	21.34±0.33	0.12±0.01 *	1.13±0.01 *
室外 Outdoor	22.62±2.44	19.40±0.34 *	0.13±0.01	1.14±0.00

显著，与许多关于昆虫生长发育对恒温（变温）的响应的研究结果相一致。吴坤君等（2009）测试棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 越冬蛹对恒温（15-37 ℃）和变温（12/18-34/40 ℃）两种温度模式的响应，得出蛹在变温下的发育速率更快，高温下则相反的规律性结论。37 ℃恒温条

件下七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 雌虫无法寻觅配偶进行交配，25-37 ℃变温条件下雌虫产卵量显著降低（伍兴隆等，2024）。本试验在两种温度模式处理条件下的 3 龄若蚜与成蚜发育历期表现差异显著。室内恒温下大豆蚜从 1 龄发育至成蚜历期较长于室外变温条件。然而，室外变温条件下大豆蚜各龄若蚜的存活率均高于室内种群，种群繁殖力曲线（m_x）与平均单雌产仔量也表明室外变温条件下种群雌蚜较高于室内恒温种群，对农作物生长的潜在威胁更重。

昆虫种群生命表是研究害虫种群生物学与种群生态学的重要手段，可为不同生境条件下害虫防控策略的构建提供依据（Li *et al.*，2024）。基于生命表分析所得结果，可揭示害虫种群数量的动态演变规律，预判种群未来的消长格局，明确靶标害虫生长发育、存活及生殖力等核心种群参数，进而为确定害虫防治的最优时期提供理论依据（Ullah *et al.*，2020）。

净增殖率（R_0）和内禀增长率（r_m）和周限增长率（λ）等常用于分析描述昆虫种群各虫态的生长发育、种群存活率、寿命期望值和繁殖值等动态情况，生命表参数值越大，说明昆虫种群增长越快（Tuan *et al.*，2014；秦建洋等，2017；齐心等，2019；Ullah *et al.*，2020）。研究结果表明，室外变温与室内恒温条件下种群平均世代周期、内禀增长率和周限增长率差异显著。例如王春伟（2015）监测黑龙江省五大连池市豆田的大豆蚜种群生物学参数时发现成蚜寿命为21.65 d，平均产蚜 56.84 头/雌，内禀增长力为 0.26，均大于本研究结果。推测其原因与大豆蚜种群供试来源、饲喂条件、寄主品种以及试验地的施药次数等因素有关。Terblanche 等（2010）研究证实了适宜变温幅度不仅缩短害虫发育历期，还能提高其繁殖能力。本研究发现室内恒温种群内禀增长率和周限增长率略低于室外变温种群，平均世代周期则反之（表 4），表明室外变温环境更适合大豆蚜种群的生长繁殖。根据 Chi（1988）提出的 $R_0=F\times(Nf/N)$，其中 Nf/N 分别代表羽化雌蚜数和温度处理下的样本总数，本研究结果与公式关系相一致。笔者于 2022-2023 年豆田初步调查显示，陆良大豆蚜发生始于 6 月中旬，6 月下旬至 7 月初，这段时间大豆蚜种群数量开始上升；7 月中旬至 7 月底最高气温多在 28 ℃左右，这段时间大豆蚜种群数量锐减；8 月初至 8 月中旬，日最高气温低于 23 ℃，这时期种群数量显著回升，推测这段时间是大豆蚜生长繁殖的适宜时期。因本试验执行周期较短，后续仍需持续监测田间种群变化。

参考文献 (References)

Bai B, 2020. Effects of high temperature on the development and morph differentiation of *Aphis glycines* Matsumura. Master dissertation. Harbin: Northeast Agricultural University. [白冰, 2020. 高温对大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 生长发育和蚜型分化的影响. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学.]

Bai B, Tian Z, Gao B, Liu Z, Wang L, Liu J, 2022. Performance of *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae) reared under different methods. *Florida Entomologist*, 105(3): 211–218.

Cai PM, Zhao MT, Rong YZ, Meng LT, Ji QE, Lin J, Li YY, Nie CP, 2022. Investigating the impacts of climatic warming on phenology of *Zeugodacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) in China based on historical data. *China Melon and Vegetable*, 35(9): 64–72. [蔡普默, 赵梦婷, 荣蕴哲, 孟李涛, 季清娥, 林嘉, 李焰焰, 聂传朋, 2022. 基于历史数据探究气候变暖对我国瓜实蝇物候的影响. 中国瓜菜, 35(9): 64–72.]

Chi H, 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17(1): 26–34.

Chi H, Fu JW, You MS, 2019. Age-stage, two-sex life table and its application in population ecology and integrated pest management. *Acta Entomologica Sinica*, 62(2): 255–262. [齐心, 傅建炜, 尤民生, 2019. 年龄-龄期两性生命表及其在种群生态学与害虫综合治理中的应用. 昆虫学报, 62(2): 255–262.]

Chi H, Kavousi A, Gharekhani G, Atlihan R, Salih Özgökçe M, Güncan A, Gökçe A, Smith CL, Benelli G, Guedes RNC, Amir-Maafi M, Shirazi J, Taghizadeh R, Maroufpoor M, Xu YY, Zheng FQ, Ye BH, Chen ZZ, You MS, Fu JW, Li JY, Shi MZ, Hu ZQ, Zheng CY, Luo L, Yuan ZL, Zang LS, Chen YM, Tuan SJ, Lin YY, Wang HH, Gotoh T, Shaef Ullah M, Botto-Mahan C, De Bona S, Bussaman P, Gabre RM, Saska P, Schneider MI, Ullah F, Desneux N, 2023. Advances in theory, data analysis, and application of the age-stage, two-sex life table for demographic research, biological control, and pest management. *Entomologia Generalis*, 43(4): 705–732.

Chen XH, 2015. Adaptability of soybean aphid to temperature and host plants. Master dissertation. Harbin: Northeast Agricultural University. [陈晓慧, 2015. 大豆蚜对温度和寄主植物的适应性研究. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学.]

Hu X, Wang Z, He K, Xie HC, Wang YQ, 2024. Age-stage, two-sex life table and population projection of *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Crambidae) at different temperatures. *Journal of Economic Entomology*, 117(3): 800–808.

Huo DB, 2023. Effects of high temperature on development, reproduction, and morph differentiation of two soybean aphid species. Master dissertation. Harbin: Northeast Agricultural University. [霍东博, 2023. 高温变化对两种大豆蚜虫发育、繁殖及蚜型分化的影响. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学.]

Li W, Bashir NH, Naeem M, Tian RL, Tian XY, Chen HH, 2024. Age-stage, two-sex life table of *Atractomorpha lata* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) at different temperatures. *Insects*, 15(7): 493.

Li WB, Gao Y, Cui J, Shi SS, 2020. Effects of temperature on the development and fecundity of *Atractomorpha sinensis* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(5): 2530–2539.

Liu DL, Wu CR, Wang Q, Liu DH, Tian ZQ, Liu J, 2023. Effects of heat wave on development, reproduction, and morph differentiation of *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 52(5): 939–948.

Qin JY, Zhang L, Cheng YX, Luo LZ, Lei ZL, Jiang XF, 2017. Age-stage two-sex life table for laboratory populations of oriental armyworm *Mythimna separata* (Walker) under different temperatures. *Journal of Plant Protection*, 44(5): 729–736. [秦建洋, 张蕾, 程云霞, 罗礼智, 雷朝亮, 江幸福, 2017. 不同温度下东方粘虫年龄-阶段两性实验种群生命表的构建. 植物保护学报, 44(5): 729–736.]

Shakya A, Dwivedi RK, Kumar S, Raj A, 2021. Population dynamics of aphid *Aphis craccivora* Koch during kharif season on groundnut in relation to abiotic factors. *The Pharma Innovation Journal*, 10(10): 107–111.

Shi ZH, Zhang JQ, Song KX, Li MX, Xu CQ, Guo K, 2023. Effects of temperature on the development and reproduction of *Trichosiphonaphis lonicerae*. *China Plant Protection*, 43(2): 40–42, 50. [史朝晖, 张健强, 宋可心, 李梦欣, 徐常青, 郭昆, 2023. 温度对忍冬皱背蚜生长发育和繁殖的影响. 中国植保导刊, 43(2): 40–42, 50.]

Terblanche JS, Nyamukondiwa C, Kleynhans E, 2010. Thermal variability alters climatic stress resistance and plastic responses in a globally invasive pest, the Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 137(3): 304–315.

Tian Z, Wang S, Bai B, Gao B, Liu J, 2020. Effects of temperature on survival, development, and reproduction of *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) autumnal morphs. *Florida Entomologist*, 103(2): 236–242.

Tilmon KJ, Hodgson EW, O'neal ME, Ragsdale DW, 2011. Biology of the soybean aphid *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(2): A1–A7.

Tuan SJ, Lee CC, Chi H, 2014. Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. *Pest Management Science*, 70(5): 805–813.

Ullah MS, Kamimura T, Gotoh T, 2020. Effects of temperature on demographic parameters of *Bryobia praetiosa* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(1): 211–221.

Wang CW, 2015. Determination of life parameters of soybean aphids in the field. *Fujian Agriculture*, 2015(1): 71. [王春伟, 2015. 大豆蚜田间生命参数的测定. 福建农业, 2015(1): 71.]

Wang SY, Zhang D, Liu TX, 2020. Influence of temperature on the demographics and control efficiency of *Aphelinus asychis*, a parasitoid of the cabbage pest *Myzus persicae*. *Phytoparasitica*, 48(5): 767–783.

Wu KJ, Gong PY, Ruan YM, 2009. Estimation of developmental rates of *Helicoverpa armigera* pupae at constant and alternating temperatures by nonlinear models. *Acta Entomologica Sinica*, 52(6): 640–650. [吴坤君, 龚佩瑜, 阮永明, 2009. 用非线性模型估测恒温和变温下棉铃虫蛹的发育率. 昆虫学报, 52(6): 640–650.]

Wu XL, Yu JM, Liu G, Liu DY, Jiang LQ, Guo SP, Li B, Xiao KJ, Liu HL, Yang ML, Pu DQ, 2024. Effects of high temperature treatment on the growth, development, and reproduction of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta Entomologica Sinica*, 67(2): 223–234. [伍兴隆, 余佳敏, 刘国, 刘东阳, 江连强, 郭仕平, 李斌, 肖科军, 刘虹伶, 杨明禄, 蒲德强, 2024. 高温处理对七星瓢虫生长发育及繁殖的影响. 昆虫学报, 67(2): 223–234.]

Xu L, Xu GQ, Liu PB, Chen Y, Wang XY, Zhao TH, 2011. Effects of temperature on development and reproduction of *Aphis glycines* Matsumura. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 33(2): 189–192. [徐蕾, 许国庆, 刘培斌, 陈彦, 王兴亚, 赵彤华, 2011. 温度对大豆蚜生长发育和繁殖的影响. 中国油料作物学报, 33(2): 189–192.]

Yang S, 2009. Study on the ecological adaptability of different geographical populations of soybean aphid. Master dissertation. Harbin: Northeast Agricultural University. [杨帅, 2009. 大豆蚜(*Aphis glycines* Matsumura)不同地理种群生态适应性研究. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学.]