

不同温度下草栖钝绥螨的两性生命表构建*

倪召红** 侯 飞 邹梦婷 郭建军***

(贵州大学昆虫研究所, 贵州省山地农业病虫害重点实验室, 农业农村部贵阳作物有害生物科学观察实验站, 贵阳 550025)

摘 要 【目的】明确不同温度对草栖钝绥螨 *Amblyseius herbicolus* (Chant) 种群增长的影响。【方法】利用年龄-龄期两性生命表研究草栖钝绥螨以贝氏小奥林螨 *Oulenzia bakeri* (Hughes) 为食, 在 5 种温度 (19、22、25、28 和 31 °C) 下的发育历期、存活率、繁殖力和种群参数。【结果】草栖钝绥螨的成螨前期和产卵前期在 25 °C 时最短, 分别为 5.4 d 和 2.2 d, 产卵期、繁殖力、内禀增长率 r 、周限增长率 λ 、净增殖率 R_0 等种群参数也是在 25 °C 时最高, 分别为 12.6 d、26.0 粒/雌、0.2 d⁻¹、1.2 d⁻¹、12.5; 温度高于 25 °C 后草栖钝绥螨各参数显著下降。【结论】不同温度下草栖钝绥螨均能完成生活史, 25 °C 更适合草栖钝绥螨种群的繁育。

关键词 草栖钝绥螨; 温度; 年龄-龄期两性生命表

Age-stage, two-sex life table of *Amblyseius herbicolus* at different temperatures

NI Zhao-Hong** HOU Fei ZOU Meng-Ting GUO Jian-Jun***

(Institute of Entomology, Guizhou University, Guizhou Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of the Mountainous Region, Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pest in Guiyang, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the P. R. China, Guiyang 550025, China)

Abstract 【Objectives】To clarify the effects of different temperatures on the population growth of *Amblyseius herbicolus* (Chant) feeding on *Oulenzia bakeri* (Hughes). 【Methods】An age-stage, two-sex life table was used to determine the developmental period, survival rate, fecundity and population parameters, under five temperatures (19, 22, 25, 28, 31 °C), 85%±5% RH and a 16 : 8 h (L : D) photoperiod. 【Results】The preadult and preoviposition periods first shortened, then lengthened with increasing temperature within the range of 19 to 28 °C. These periods were shortest at 25 °C (5.4 and 2.2 d, respectively). The oviposition period, fecundity, intrinsic rate of increase (r), finite rate of increase (λ) and net reproductive value (R_0), first increased, then decreased, with temperature, and were highest at 25 °C (12.6 d, 26.0 eggs/female, 0.2 d⁻¹, 1.2 d⁻¹, 12.5, respectively). All measured population parameters decreased significantly at temperatures > 25 °C. 【Conclusion】Although *A. herbicolus* can complete its growth and reproduction at temperatures in the range of 19 to 31 °C, 25 °C is the optimal temperature within this range for breeding this species in captivity.

Key words *Amblyseius herbicolus*, temperature, age-stage two-sex life table

化学农药的大量使用导致了叶螨、蚜虫、粉虱等小型害虫日渐猖獗 (侯飞, 2022), 由于其种群数量多、繁殖迅速、个体微小、各世代间隔短, 对化学药剂极易产生抗药性, 增加了防治难度 (董杰, 2011; Khajehali, 2011)。据统计,

我国每年用于防治水果、棉花、蔬菜等农作物的螨类危害的杀虫剂费用高达 90 多亿元 (张宝红和丰嵘, 2000); 害虫 (害螨) 种群的不断壮大, 带来了农产品质量严重降低、生产环境恶化、生产成本提高、农民收入减少等系列问题, 因而,

*资助项目 Supported projects: 大学生创新创业训练计划项目 (202010657062)

**第一作者 First author, E-mail: 2253659123@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: jjguo@gzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2022-05-06; 接受日期 Accepted: 2023-04-13

无毒、无公害、持续控制的天敌生物防治越来越受到人们重视(张艳璇等, 2010)。植绥螨科 Phytoseiidae 是植食性害螨及其他一些小型害虫的重要天敌之一, 作为目前最有效的捕食螨(孟瑞霞等, 2007), 被普遍应用于害虫的生物防治中。其中草栖钝绥螨 *Amblyseius herbicolus* (Chant) 隶属于蜱螨亚纲 Acari 植绥螨科, 可捕食叶螨、细须螨、跗线螨和瘿螨等多类害螨, 以及蚜虫、蚧虫、跳虫和其他小型有机体(杨莹等, 2013; Jiang *et al.*, 2021), 在食物匮乏时还可以花粉为食(Marcossi *et al.*, 2020), 并且有一定的抗药性(Reis *et al.*, 2014), 是利用价值较高的天敌资源, 有望成为适合在贵州地区大范围应用的天敌种类。

捕食螨种群的生长发育及繁殖受生长温度的直接影响, 且由于捕食螨体型较小、体壁薄, 调节螨体自身温度的能力较弱, 因此, 温度成为捕食螨生存和建立种群的重要因素之一(Sugawara *et al.*, 2017; 孙为伟, 2019)。年龄-龄期两性生命表(Age-stage two-sex life table)是研究昆虫种群数量多少、评价害虫防治措施及制定害虫预测预报方案和实施害虫科学防治的重要方法, 可以较为准确地分析了解外界环境条件对生物生长发育的影响, 帮助获得各种条件下的详细生命参数(Cakmak *et al.*, 2009; 谢殿杰等, 2019; 施军琼和魏虹, 2020)。

基于此, 本文研究不同温度对草栖钝绥螨种群增长的影响, 利用年龄-龄期两性生命表分析其在温度 19、22、25、28 和 31 °C 下的发育历期、存活率、繁殖力和种群增长参数, 明确不同温度对草栖钝绥螨种群增长的影响, 以期为草栖钝绥螨的人工规模化繁育奠定理论基础, 为其系统和深入应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

草栖钝绥螨采自贵阳市花溪区贵州大学南校区(106°40'E, 26°24'N、平均海拔 1 140 m)桂花树 *Osmanthus fragrans* (Thumb.) 叶片背面; 捕获的活螨饲养于草栖钝绥螨饲养装置, 并置于

温度(25±2)°C、相对湿度(85±5)%、光周期 16L: 8D 的培养箱(RXZ-260B, 宁波江南仪器厂)内, 以贝氏小奥林螨 *Oulenzia bakeri* 作为其猎物。

贝氏小奥林螨引自福州冠农生物科技有限公司; 饲喂于贝氏小奥林螨饲养装置, 置于温度(25±2)°C、相对湿度(85±5)%、光周期 16L: 8D 的培养箱; 每 5 d 更换酵母饲料(安琪酵母股份有限公司)。

1.2 实验装置制作

草栖钝绥螨饲养装置: (1) 群体饲养室: 60 mm×50 mm×3 mm, 中间开孔 d=40 mm, 用于草栖钝绥螨的室内扩繁; (2) 实验小室: 45 mm×35 mm×2 mm, 中间开孔直径 15 mm, 用于雌雄配对产卵及捕食螨单独饲养。制作方法: 透明亚克力板(60 mm×50 mm×3 mm 和 45 mm×35 mm×2 mm), 部分中间开孔(直径分别为 40 mm 和 15 mm); 裁剪稍大于孔径大小的尼龙网, 用热熔胶粘附于开孔板背面; 投入足量的贝氏奥林螨作为食物, 盖上未开孔的透明亚克力板, 并用燕尾夹固定, 贴上标签, 组成草栖钝绥螨饲养装置。

贝氏小奥林螨饲养装置: 正方形保鲜盒(20 cm×20 cm×10 cm), 盖上切割 8.5 cm×8.5 cm 的方形孔, 并其上粘附用于空气交换的 200 目尼龙网; 盒中央放置厚度为 3 cm 的圆形海绵(d=10 cm), 加水没过海绵, 海绵上放置玻璃培养皿(d=9 cm), 其中加入酵母颗粒铺平培养皿; 盒内。

1.3 实验方法

收集草栖钝绥螨在 24 h 内所产的卵, 将每一粒卵分别转移至添有足量贝氏小奥林螨幼螨(每隔 7 d 补充一次, 保证食物充足并有剩余)的实验小室中, 分别置于温度 19、22、25、28 和 31 °C 的人工气候箱。捕食螨未成熟期每天观察 2 次(每次间隔 12 h), 成熟配对后定时观察 1 次, 记录草栖钝绥螨各阶段的生长发育历期、存活情况以及日产卵量, 并将后代卵及时移除直至成螨死亡, 每个温度 100 个左右重复。待小室中的草栖钝绥螨发育成熟后, 将其雌雄螨挑出并一一配对, 置于新的小室(以贝氏小奥林螨为食)

中进行交配, 每日 12: 00 定时观察 1 次, 记录雌螨每日产卵数量和雌雄螨存活情况, 记录至雌雄成螨死亡为止, 最后统计收集到的卵总数和雌雄螨的寿命。

1.4 年龄-龄期生命表的构建

记录草栖钝绥螨的产卵量和群体存活率、特定年龄-龄期存活率 (Age-stage specific survival rate, S_{xj}), 即个体由卵发育到年龄 x 与龄期 j 时的概率; 雌螨特定年龄-龄期繁殖力 (Age-stage-specific fecundity, f_{xj}), 即雌螨个体在年龄 x 时的产卵量; 特定年龄存活率 (Age-specific survival rate, l_x), 即从卵发育到年龄 x 的存活率; 种群特定年龄繁殖力 (Age-specific population fecundity, m_x), 即种群在年龄 x 时的平均产卵量; 种群特定年龄繁殖值 (Age-specific population maternity, $l_x m_x$), 即种群在年龄 x 时的净繁殖力。

1.5 数据分析

采用 Excel 2019 分析数据, 利用年龄-龄期两性种群生命表软件 Twosex-MSChart-20210508-B100000 程序进行统计学处理 (Chi and Su, 2006), 得到 S_{xj} 、 f_{xj} 、 l_x 、 m_x 、 $l_x m_x$ 以及发育历期、存活率、繁殖力和种群参数等主要数据, 运用 TWSEX-MSChart 程序中 paired bootstrap test 对不同饲养代数数据差异显著性进行分析; 采用上述程序中 Bootstrap 方法对参数的平均值与标准误进行估计, 其中 Bootstrap 次数为

100 000 次 (Akca *et al.*, 2015)。最后利用 Origin 2021 软件, 分析所得数据, 绘出实验图形。

$$l_x = \sum_{j=1}^m S_{xj}, \quad m_x = \frac{\sum_{j=1}^m S_{xj} f_{xj}}{l_x}, \quad R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} \sum_{j=1}^m S_{xj} f_{xj},$$

$$T = \frac{\ln R_0}{r_m}, \quad \lambda = e^{r_m}, \quad r_m = \frac{\ln R_0}{T}。$$

2 结果与分析

2.1 不同温度对草栖钝绥螨发育历期、寿命、产卵前期、产卵期的影响

温度变化显著影响草栖钝绥螨的各发育历期 (表 1, 表 2)。除幼螨外, 各螨态发育历期整体呈下降趋势, 在高于 25 °C 后第 1 若螨、第 2 若螨发育历期略有升高; 成螨前期和产卵前期随着温度的升高先缩短后延长, 在 25 °C 时最短, 分别为 5.4 d 和 2.2 d; 产卵期随温度升高而先增加后下降, 到 25 °C 时产卵期最长, 为 12.6 d; 不同温度下草栖钝绥螨的成螨寿命随温度增加而依次降低, 19 °C 下长达 25.1 d, 在 31 °C 缩短至 7.5 d, 显著短于其他 4 个处理 ($P < 0.05$)。

2.2 不同温度对草栖钝绥螨存活率的影响

年龄-龄期存活率 (S_{xj}) 曲线呈现了草栖钝绥螨在各温度下不同螨态的发育速度和存活率, 其中由于个体间生长发育速度的差异, 草栖钝绥螨种内具有不同发育阶段个体同时存在的现象 (图 1)。在 19、22、25、28 和 31 °C 下,

表 1 不同温度下草栖钝绥螨雌雄成螨整体的发育历期和寿命

Table 1 Developmental periods and total female and male adult longevity of *Amblyseius herbicolus* at different temperatures

温度 (°C) Temperature (°C)	卵 (d) Egg (d)	幼螨 (d) Larva (d)	第 1 若螨 (d) Protonymph (d)	第 2 若螨 (d) Deutonymph (d)	成螨前 (d) Pre-adult (d)	成螨寿命 (d) Adult longevity (d)
19	1.55±0.02 a	1.01±0.01 bc	1.53±0.01 a	1.52±0.01 b	5.61±0.03 a	25.06±1.06 a
22	1.52±0.01 a	1.01±0.01 bc	1.51±0.01 ab	1.50±0.00 c	5.55±0.02 a	20.80±0.90 b
25	1.47±0.01 b	1.02±0.01 b	1.48±0.01 b	1.44±0.02 d	5.41±0.02 b	19.77±0.38 b
28	1.44±0.02 bc	1.00±0.00 c	1.51±0.01 ab	1.48±0.01 c	5.47±0.02 b	14.18±0.71 c
31	1.38±0.03 c	1.14±0.06 a	1.49±0.01 b	1.67±0.00 a	5.80±0.12 a	7.45±0.99 d

表中数据为平均值±标准误; 同列数据后不同字母表示经 paired bootstrap test 检验差异显著性 ($P < 0.05$)。下表同。
Data in the table are expressed as mean±SE, and followed by different letters within a row are significantly different according to paired bootstrap test ($P < 0.05$). The same below.

表 2 不同温度下草栖钝绥螨产卵前期、产卵期和繁殖力
Table 2 Preoviposition period, oviposition period and fecundity of *Amblyseius herbicolus* at different temperatures

温度 (°C)	产卵前期 (d)	产卵期 (d)	繁殖力 (粒/雌)
Temperature (°C)	Adult preoviposition period (d)	Oviposition period (d)	Fecundity (eggs/female)
19	3.27±0.33 b	12.13±0.64 a	18.79±1.20 b
22	2.93±0.36 b	12.30±0.61 a	19.29±1.03 b
25	2.18±0.10 c	12.57±0.27 a	26.02±0.69 a
28	4.13±0.29 a	7.13±0.51 b	11.78±1.18 c
31	1.00±0.00 d	0.50±0.00 c	0.09±0.09 d

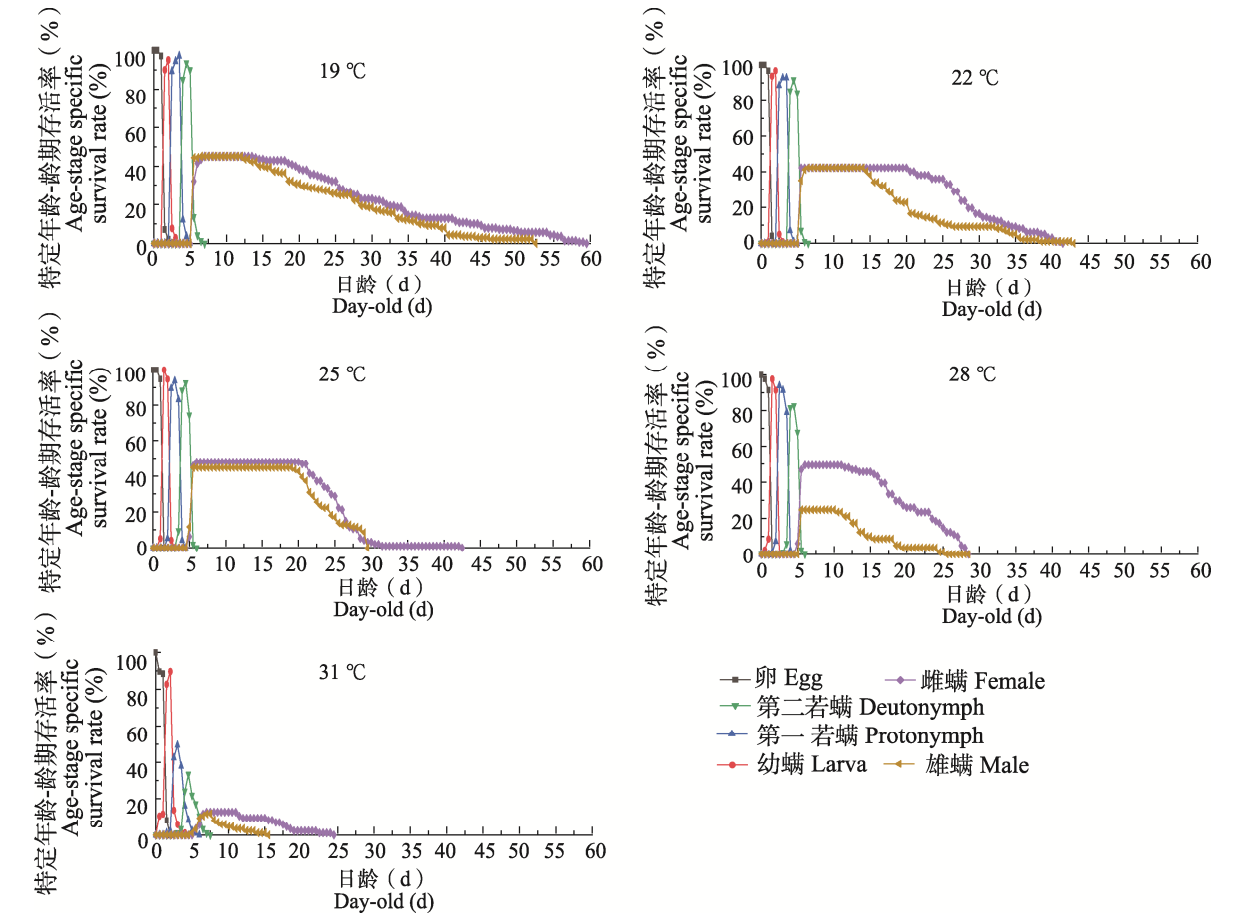


图 1 不同温度下草栖钝绥螨年龄-龄期特征存活率 (S_{xj})
Fig. 1 Age-stage specific survival rate (S_{xj}) of *Amblyseius herbicolus* at different temperatures

成螨前期存活率分别为 90.0%、84.6%、92.6%、70.1%、25.3%，种群分别发育至 54、37、37、23 和 18 d 全部死亡。在 25 °C 前各螨态存活率均为 90.0% 以上，25 °C 后存活率开始下降，第 2 若螨存活率为 82.7%，且雄螨存活率明显下降至 24.7%，到 31 °C，除卵、幼螨外，其余螨态存活率均下降至 50.0% 以下，雌雄成螨下降最为明

显，仅为 12.6% 左右。
种群特定年龄存活率 (l_x) 曲线则是 S_{xj} 曲线的总体表现形式，聚焦于整个种群而非不同龄期个体，反映了不同温度下草栖钝绥螨从卵发育到年龄 x 的存活率 (图 2)。 l_x 曲线表明，草栖钝绥螨在 25 °C 时存活率最高，在发育至第 20 天前存活率均高于 90%；31 °C 时草栖钝绥螨的种

群年龄-特征存活率在发育至第 6 天和第 11 天时迅速下降至 42.5% 和 25.3%。

2.3 不同温度对草栖钝绥螨繁殖力的影响

草栖钝绥螨繁殖力在 25 °C 时最高, 为 26.0 粒/雌, 显著高于其他 4 个温度 ($P < 0.05$), 到 31 °C 迅速降至 0.1 粒/雌 (表 2)。25 °C 时草栖钝绥螨雌螨特定年龄-龄期繁殖力 f_{xj} 、种群特定年龄繁殖力 m_x 、种群特定年龄繁殖值 $l_x m_x$ 均达最高, 高达 100.0%、75.3%、69.7%, 明显高于其他 4 个温度, 而 31 °C 时各繁殖曲线最低、消失得最

早, f_{xj} 、 m_x 和 $l_x m_x$ 均小于 5.0% (图 2)。此外, 繁殖力曲线出现忽高忽低的现象, 表明草栖钝绥螨发育和产卵均不集中, 且会存在间断产卵的情况。

2.4 不同温度对草栖钝绥螨种群参数的影响

温度对草栖钝绥螨种群参数有显著影响 (表 3, $P < 0.05$)。内禀增长率 r 、周限增长率 λ 和净增殖率 R_0 均在 25 °C 时达到最大值, 分别为 0.2 d^{-1} 、 1.2 d^{-1} 和 12.5, 显著高于其他温度, 22 °C 时净增殖率 R_0 略有下降, 但与 19 °C 无显著差异。草

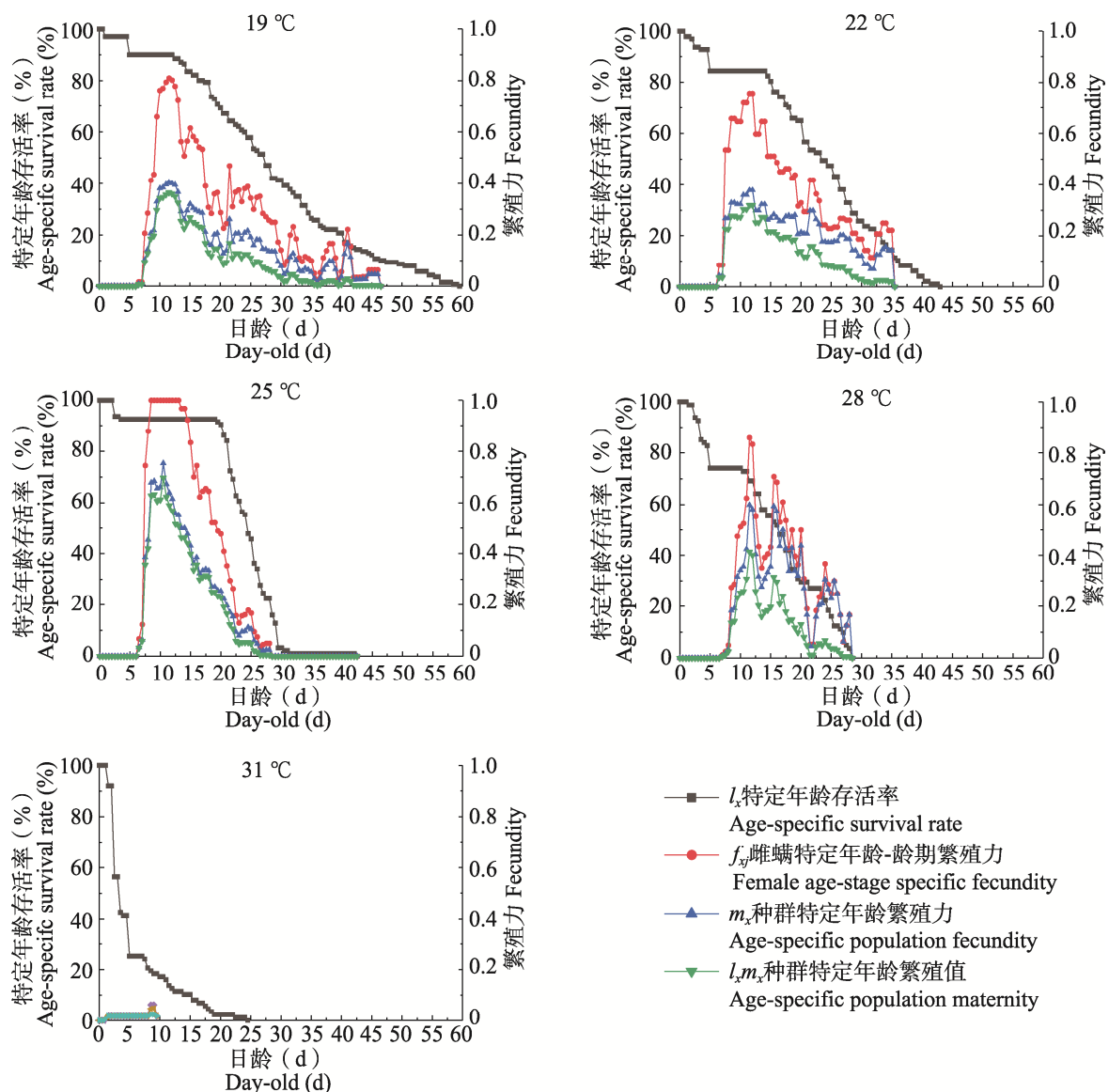


图 2 不同温度条件下草栖钝绥螨的种群特定年龄-龄期存活率 (l_x) 和繁殖力 (f_{xj} , m_x , $l_x m_x$)

Fig. 2 Population age-specific survival rate (l_x) and fecundity (f_{xj} , m_x , $l_x m_x$) of *Amblyseius herbicolus* at different temperatures

表 3 不同温度下草栖钝绥螨的种群参数
Table 3 Life table parameters of *Amblyseius herbicolus* at different temperatures

温度 (°C) Temperature (°C)	内禀增长率 (d ⁻¹) Intrinsic rate of increase (d ⁻¹)	周限增长率 (d ⁻¹) Finite rate of increase (d ⁻¹)	净增殖率 Net reproductive value	平均世代周期 (d) The mean generation time (d)
19	0.15±0.01 b	1.15±0.01 b	8.46±0.95 b	14.64±0.30 a
22	0.15±0.01 b	1.16±0.01 b	8.15±1.06 bc	14.16±0.37 a
25	0.20±0.01 a	1.22±0.01 a	12.46±1.39 a	12.49±0.14 b
28	0.12±0.01 b	1.13±0.01 b	5.81±0.87 c	14.14±0.34 a
31	- 0.64±0.06 c	0.53±0.04 c	0.01±0.01 d	7.00±0.00 c

栖钝绥螨的平均世代周期 T 随着温度升高呈先降低后升高的趋势, 但 31 °C 的平均世代周期 T 显著降低, 明显低于其他处理 ($P<0.05$)。

3 结论与讨论

昆虫的生长发育、繁殖、行为及生活史等均受温度的显著影响 (Chappell, 1994), 对于昆虫生长温度的探究有利于提高种群的数量。本实验在室内控制条件下, 通过构建草栖钝绥螨的年龄- 龄期两性生命表, 发现其在不同温度下的发育历期、存活率、繁殖力和种群参数等均存在差异。通过不同温度处理后, 草栖钝绥螨的成螨前期和产卵前期在 25 °C 时最短, 寿命却在 25 °C 时最长, 证明该温度明显缩短了其发育和产卵前的总历期, 延长了其存活时间, 使种群繁殖的效率显著提高, 这与加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* 对温度的适应趋势一致 (肖榕等, 2019), 25 °C 后草栖钝绥螨发育总历期延长, 产卵期断崖式下降, 明显抑制了其种群数量, 这与捕食性天敌星豹蛛 *Pardosa astrigera* (燕晶晶等, 2021) 在 (25-33) °C 下的发育历期趋势一致。特定年龄- 龄期存活率 (S_{xy}) 曲线表明草栖钝绥螨在 (19-31) °C 均能存活, 但在 31 °C 雌雄成螨存活率明显下降至 0.1% 左右, 证明高温对草栖钝绥螨的存活率影响较大, 超过 25 °C 后的高温不适宜其生长发育和繁殖。

草栖钝绥螨在不同的温度下表现出不同的繁殖力, 25 °C 下草栖钝绥螨的产卵期最长且繁殖力最大, 其中繁殖力显著高于其他 4 个温度, 证明了草栖钝绥螨更适应 25 °C 下的繁衍生息, 与家食甜螨 *Glycyphagus domesticus*、苹果全爪

螨 *Panonychus ulmi* (Koch) 的结果相似 (韩柏明等, 2007; 吕文涛等, 2010)。同时 19-31 °C 草栖钝绥螨各种群参数也存在显著差异。25 °C 下显著提高了草栖钝绥螨周限增长率 λ 、内禀增长率 r 和净增殖率 R_0 , 使其种群的存活和增长大幅度提升, 对草栖钝绥螨的繁衍有明显作用, 从而达到人工大量扩繁的目的, 这与 Taj 和 Jung (2012) 对加州新小绥螨的研究结果一致。

本研究发现不同温度影响草栖钝绥螨种群的增长, 掌握不同温度下草栖钝绥螨生长、繁殖能力的变化规律, 对其生长温度进行调控, 在一定程度范围内促进草栖钝绥螨的种群繁衍, 实现草栖钝绥螨大量繁殖, 为推行“以螨治螨”的生物防治方法提供材料; 同时也响应当下“安全防治”、“绿色防治”生物防治的方针政策, 以期未来该潜力天敌的人工繁育奠定理论基础。本研究结果表明, 25 °C 是草栖钝绥螨生长发育的最适宜温度, 与其他天敌的研究结果一致 (杜文梅等, 2020)。但在自然环境中的草栖钝绥螨, 不仅受温湿度影响, 还会受到外界各种气候影响, 例如不同季节的光照、温差差异, 栖息植物的生长状态等。上述各因素对草栖钝绥螨的生长发育和繁殖的综合影响以及草栖钝绥螨能否做到商品化大量繁殖有待进一步研究。

参考文献 (References)

Akca I, Ayvaz T, Yazici E, Smith CL, Chi H, 2015. Demography and population projection of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): With additional comments on life table research criteria. *Journal of Economic Entomology*, 108(4): 1466–1478.

Cakmak I, Janssen A, Sabelis MW, Baspinar H, 2009. Biological control of an acarine pest by single and multiple natural enemies.

- Biological Control*, 50(1): 60–65.
- Chappell R, 1994. Insect temperature regulation. *Ecology*, 75(5): 1519–1520.
- Chi H, Su HY, 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology*, 35(1): 10–21.
- Dong J, 2011. Using predatory mites to control vegetable pests in facilities. *Beijing Agriculture*, 2011(34): 14–15. [董杰, 2011. 利用捕食螨防治设施蔬菜害虫. 北京农业, 2011(34): 14–15.]
- Du WM, Guo RT, Pan Y, Ruan CC, Zhang JJ, 2020. Population life table about *Trichogramma japonicum* reared on eggs of *Mythimna separate* under different temperatures. *Journal of Environmental Entomology*, 42(1): 29–35. [杜文梅, 郭若天, 潘宇, 阮长春, 张俊杰, 2020. 不同温度下稻螟赤眼蜂在黏虫卵上的种群生命表. 环境昆虫学报, 42(1): 29–35.]
- Han BM, Jin DY, Lv LS, 2007. Life table of *Panonychus ulmi* experimental population under different temperatures. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(2): 226–228. [韩柏明, 金大勇, 吕龙石, 2007. 苹果全爪螨在不同温度下的实验种群生命表. 昆虫知识, 44(2): 226–228.]
- Hou F, 2022. Predatory potential of *Amblyseius herbicolus* on different prey with screening of alternative foods. Master dissertation. Guizhou: Guizhou University. [侯飞, 2022. 草栖钝绥螨对不同猎物的捕食潜能及替代食物筛选. 硕士学位论文. 贵州: 贵州大学.]
- Jiang CX, Chen L, Huang TT, Mumtaz M, Li Q, 2021. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) shows good predation potential when reared on an artificial diet supplemented with *Tetranychus cinnabarinus*. *Systematic and Applied Acarology*, 26(12): 2229–2246.
- Khajehali J, Van Nieuwenhuysse P, Demaeght P, Tirry L, Van Leeuwen T, 2011. Acaricide resistance and resistance mechanisms in *Tetranychus urticae* populations from rose greenhouses in the Netherlands. *Pest Management Science*, 67(11): 1424–1433.
- Lv WT, Chu XJ, Zhou L, Li CP, 2010. Life table of *Glycyphagus domesticus* experimental population under different temperatures. *Journal of Medical Pest Control*, 26(1): 6–8. [吕文涛, 褚晓杰, 周立, 李朝品, 2010. 家食甜螨在不同温度下的实验种群生命表. 医学动物防制, 26(1): 6–8.]
- Marcossi I, Fonseca MM, Carbajal PAF, Cardoso A, Pallini A, Janssen A, 2020. High-quality alternative food reduces cannibalism in the predatory mite *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 81(2): 189–200.
- Meng RX, Zhang QW, Liu XX, 2007. Rereared progress in biological control of *Bemisia tabaci* by phytoseiid predators. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 798–803. [孟瑞霞, 张青文, 刘小侠, 2007. 利用植绥螨防治烟粉虱的研究进展. 昆虫知识, 44(6): 798–803.]
- Reis PR, Toledo MA, Silva FMA, 2014. Cyazypyr TM selectivity for three species of phytoseiid for coffee and other relevant agricultural crops in Brazil. *Agricultural Sciences*, 5(4): 298–303.
- Shi JQ, Wei H, 2020. Experimental teaching design of structure analysis and life table construction in plant population. *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition)*, 45(10): 152–156. [施军琼, 魏虹, 2020. 植物种群结构分析及生命表构建的实验教学设计. 西南师范大学学报(自然科学版), 45(10): 152–156.]
- Sugawara R, Ullah MS, Ho CC, Gökçe A, Chi H, Gotoh T, 2017. Temperature-dependent demography of two closely related predatory mites *Neoseiulus womersleyi* and *N. longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(4): 1533–1546.
- Sun WW, 2019. Study on the development and predation of *Cheyletus malaccensis* (Oudemans) at different temperatures. Master dissertation. Nanjing: Nanjing University of Finance and Economics. [孙为伟, 2019. 不同温度下马六甲肉食螨的生长发育与捕食研究. 硕士学位论文. 南京: 南京财经大学.]
- Taj H, Jung C, 2012. Effect of temperature on the life-history traits of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Panonychus ulmi*. *Experimental & Applied Acarology*, 56(3): 247–260.
- Xiao R, Yi TC, Guo JJ, Jin DC, 2019. Progress in research on *Neoseiulus californicus* (McGreor). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(4): 672–677. [肖榕, 乙天慈, 郭建军, 金道超, 2019. 加州新小绥螨的研究进展. 应用昆虫学报, 56(4): 672–677.]
- Xie DJ, Zhang L, Cheng YX, Jiang XF, 2019. Age-stage two-sex life table for laboratory populations of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* at different temperature. *Plant Protection*, 45(6): 20–27. [谢殿杰, 张蕾, 程云霞, 江幸福, 2019. 不同温度下草地贪夜蛾年龄-阶段实验种群两性生命表的构建. 植物保护, 45(6): 20–27.]
- Yan JJ, Wang YL, Zhao R, Tian GQ, Li R, 2021. Analysis of population growth, development and fecundity dynamics of wolf spider *Pardosa astrigera* based on age-stage two-sex life table. *Journal of Plant Protection*, 48(3): 593–601. [燕晶晶, 王雅丽, 赵瑞, 田国强, 李锐, 2021. 基于年龄-龄期两性生命表的星豹蛛种群生长发育和繁殖动态分析. 植物保护学报, 48(3): 593–601.]
- Yang Y, Jiang XH, Xu XN, Wang ED, 2013. Effects of two species of spider mites and their different developmental stages on the offspring sex ratios of the predatory mite *Amblyseius pseudolongispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 29(1): 17–23. [杨莹, 姜晓环, 徐学农, 王恩东, 2013. 两种叶螨及其不同螨态对拟长毛钝绥螨后代性比的影响. 中国生物防治学报, 29(1): 17–23.]
- Zhang BH, Feng R, 2000. Cotton Insect Resistance and Insect-Resistant Cotton. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 306–309. [张宝红, 丰嵘, 2000. 棉花的抗虫性和抗虫棉. 北京: 中国农业科技出版社. 306–309.]
- Zhang YX, Chen N, Lin JZ, Chen X, Ji J, Sun L, 2010. Preliminary study on the effect and cause of "treating mites with mites" in the control of citrus yellow dragon disease. *Fujian Agricultural Science and Technology*, 2010(6): 60–61. [张艳璇, 陈宁, 林坚贞, 陈霞, 季洁, 孙莉, 2010. “以螨治螨”防治柑桔黄龙病的效果与原因初探. 福建农业科技, 2010(6): 60–61.]