

西藏拉萨地区西花蓟马种群生命表 及发生动态研究*

袁江江^{1**} 杨 杰² 李传仁¹ 张友军³ 吴青君^{3***}

(1. 长江大学农学院, 荆州 434025; 2. 西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所, 拉萨 850000;

3. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要 【目的】明确拉萨地区西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 的生物学特性和田间动态规律。

【方法】建立了该种群的两性生命表, 采用黄板诱集成虫的方法调查了日光温室番茄上西花蓟马的周年发生动态。【结果】该种群西花蓟马成虫前期总发育历期为 12.54 d, 2 龄若虫发育历期为 5.62 d, 占成虫前期发育历期的 44.8%, 卵能存活到成虫阶段的概率为 0.598。雌虫的平均寿命为 27.76 d, 雄虫为 20.2 d。该种群的内禀增长率 (r) 和净增殖率 (R_0) 分别为 0.153/d 和 22.817。在拉萨日光温室番茄上西花蓟马能够周年发生, 种群增长呈“单峰”型, 6 月中旬至 8 月上旬为发生盛期。【结论】拉萨地区西花蓟马的 2 龄若虫期明显较长, 日光温室中西花蓟马的最佳防治适期在 4 月初。

关键词 西花蓟马; 拉萨; 生命表; 种群动态

Life table and population dynamics of *Frankliniella occidentalis* in Lhasa, Tibet

YUAN Jiang-Jiang^{1**} YANG Jie² LI Chuan-Ren¹ ZHANG You-Jun³ WU Qing-Jun^{3***}

(1. College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434025, China;

2. Vegetable Research Institute, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850000, China;

3. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract [Objectives] To determine the biological characteristics and population dynamics of *Frankliniella occidentalis* in Lhasa. [Methods] Life tables for each sex were compiled, and the population dynamics of *F. occidentalis* on tomato plants in a solar greenhouse was investigated using yellow sticky-card traps. [Results] The pre-adult developmental time of *F. occidentalis* was 12.54 d, and that of the second instar nymph was 5.62 d, accounting for 44.8% of the pre-adult period. The probability of eggs surviving to adulthood was 0.598. The average longevity of females was 15.18 d, whereas that of males was 9.64 d. The intrinsic rate of increase (r) and net reproductive rate (R_0) were 0.153/d and 22.817, respectively. Adult *F. occidentalis* were trapped all year round in the solar greenhouse. The population growth curve was of the “single peak” type, with the peak corresponding to the peak of adult emergence from mid-June to early August. [Conclusion] The developmental period of second instar nymphs of *F. occidentalis* in Lhasa city was obviously longer than that of the first instar, and the optimum control period in greenhouses is in early April.

Key words *Frankliniella occidentalis*; Lhasa; life table; population dynamics

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* Thysanoptera 蓟马科 Thripidae, 是蔬菜和观赏植物上的一种世界性入侵害虫 (Ullman *et al.*, (Pergande) 又称苜蓿蓟马, 属缨翅目

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金项目 (31572037; 31772199); 北京市叶类蔬菜创新团队 (BAIC07-2019); 中国农业科学院科技创新工程蔬菜有害生物控制与优质栽培北京市重点实验室

**第一作者 First author, E-mail: yuanjj936@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: wuqingjun@caas.cn

收稿日期 Received: 2018-05-10; 接受日期 Accepted: 2018-08-29

2002), 其寄主植物十分广泛, 包含 60 余科 500 余种, 不仅通过取食植物的茎、叶、花、果实等部位造成直接危害 (Kirk and Terry, 2003), 导致寄主叶片皱缩、果实伤疤、花瓣褪色和植株枯萎 (Lewis, 1997), 而且还是番茄斑萎病毒 (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) 和凤仙花坏死斑病毒 (*Impatiens necrotic spot virus*, INSV) 的主要传播介体 (Ullman *et al.*, 2002; Jones, 2005; Whitfield *et al.*, 2005), 造成更为严重的危害。张友军等 (2003) 在北京地区首次发现西花蓟马入侵, 此后云南、山东、浙江、新疆、西藏等地陆续报道该虫的发生, 且危害日益加重 (吴青君等, 2007a; 郑长英等, 2007; 杨华等, 2010; 王海鸿等, 2013)。

拉萨市位于青藏高原中部, 近年来拉萨市充分利用优越的地理位置条件, 大力发展蔬菜设施栽培, 极大地推动了拉萨市蔬菜产业体系的发展 (张君丽, 2013)。但高效日光温室和蔬菜大棚的应用, 也为病虫害提供了适宜的生存场所, 使西花蓟马成功入侵拉萨并成为拉萨地区设施蔬菜上最具威胁的害虫之一 (王海鸿等, 2013)。温度和寄主植物对西花蓟马的生长发育和繁殖具有显著的影响 (鄧军锐等, 2010; 曹宇等, 2012; 张治军等, 2012; 张彬和郑长英, 2015), 不同的地理种群对生境的适应性也呈现出差异, 具有明显的区域性特点 (Kirk and Terry, 2003)。

本研究在室内研究了从拉萨田间采集的西花蓟马在最适条件下的生长发育和繁殖特性, 利用黄色粘虫板对拉萨日光温室栽培的番茄上西花蓟马的种群动态进行了监测。目的是为了探明拉萨地区西花蓟马的生物学特性和其在当地设施蔬菜上的发生规律, 为拉萨地区西花蓟马的有效防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 西藏拉萨地区西花蓟马种群生命表研究

1.1.1 供试虫源 西花蓟马 2016 年采集于西藏自治区拉萨市国家农业示范区。

1.1.2 试验方法 将田间采集的大量成虫直接

置于放有四季豆荚的玻璃养虫罐中使其产卵, 待卵孵化后, 用小毛笔挑取 1 龄若虫 117 头, 单头置于放有曼陀罗 *Dature stramonium* 叶碟的 1.5 mL 离心管中, 离心管中倒入 1 mL 浓度为 2.5% 的琼脂, 并使之成一斜面。曼陀罗叶碟直径为 1 cm, 叶背朝上放在琼脂的斜面上。离心管盖的中间打一个 0.5 cm 小孔, 用 200 目纱网封口, 保持透气。每天定时更换新鲜叶片, 并记录成虫前期的生长和存活情况 (卵期统一默认为 3 d)。待个体发育至成虫, 雌雄配对后单对转移至底面直径为 8 cm、高 8 cm 的塑料筒中 (成功配对 25 对), 放入新鲜四季豆荚供成虫产卵。每天更换四季豆荚并记录成虫的存活情况。将置换的载卵四季豆荚分别置于底面直径 5 cm、高 10 cm 的塑料筒中, 直至卵全部孵化, 用孵化出的 1 龄若虫表示成虫的繁殖能力 (Watts, 1934)。

饲养条件: 温度 (26 ± 1) , 相对湿度 $65\% \pm 5\%$, 光周期 16 L : 8 D。

1.1.3 数据分析 所有西花蓟马个体的生活史原始数据在年龄-阶段两性生命表 (Chi and Liu 1985; Chi, 1988) 的基础之上, 利用计算机程序 TWOSEX-MSChart (Chi, 2018b) 进行分析。种群参数包括年龄-阶段特征存活率 (S_{ij} ; x = 年龄和 j = 阶段), 年龄-阶段特征的繁殖力 (f_{xj}), 特定年龄存活率 (l_x), 种群年龄特征繁殖力 (m_x)。

年龄-阶段两性生命表中, l_x 和 m_x 的计算公式为:

$$l_x = \sum_{j=1}^k S_{xj} ,$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k S_{xj}} , k \text{ 代表阶段};$$

净增殖率 (R_0) 指一个个体一生中所产后代总数。计算公式为:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x ,$$

内禀增长率 (r) 指的是具有稳定年龄结构

的种群的最大瞬时增长率。该增长率需在特定的温度、湿度、光照和食物条件下测得。计算公式为：

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

周限增长率 (λ) 指在一定时间期限内的总增长率。种群增长率是随时间变化的, 因此瞬时增长率只能表示在此时的增长趋势, 而周限增长率则可用以推算较长时间种群增长情况。计算公式为：

$\lambda = e^r$ 平均世代周期 (T) 是指一个稳定年龄分布的种群增长 R_0 所需的时间 ($e^{rt} = R_0$ or $\lambda T = R_0$)。计算公式为：

$$T = \ln R_0 / r.$$

种群参数的均值和标准误差的计算使用 Bootstrap 方法; 采用 10 000 的重复以得到稳定的方差。

虫口数量预测是将存活率和繁殖力的数据在 TIMING-MSChart (Chi, 2018a) 程序中运行, 预测西花蓟马在一定时间内种群大小和年龄-阶段组成。

1.2 西藏拉萨地区西花蓟马田间种群动态发展规律调查

1.2.1 调查地点及作物情况 试验在西藏自治区拉萨市国家农业示范区日光温室进行。栽培品种为太空九号番茄 *Solanum lycopersicum*。2016 年 2 月 22 日定植, 面积为 330 m², 试验地块中上等肥力水平, 按常规生产管理, 番茄长势基本一致。第一茬番茄于 2016 年 8 月 10 日拉秧, 第二茬番茄于 9 月 5 日定植, 生产管理与上一茬一致。调查期间除进行正常的农事操作和水肥管理外, 不进行任何病虫害防治。

1.2.2 调查方法 调查时间为 2016 年 2 月 29 日至 2017 年 2 月 27 日, 采用黄板诱集方法调查。选用河南省鹤壁市佳多科工贸股份有限公司生产的黄板, 规格为 20 cm × 24 cm。在温室内均匀选取 5 个调查点, 悬挂的黄板底端与番茄顶端叶片平行, 每 7 d 根据植株长势进行悬挂高度的调整。7 d 观察一次, 记录黄板上西花蓟马的数

量, 同时更换新的黄板。

2 结果与分析

2.1 西藏拉萨地区西花蓟马种群的生长发育和生殖力

在 26 ℃ 饲养条件下, 西藏西花蓟马成虫前期的总发育历期为 12.54 d, 其中 1 龄若虫期 1.01 d, 2 龄若虫期 5.62 d, 预蛹期 1.03 d, 蛹期 2.19 d。雌虫的平均寿命为 27.76 d, 长于雄虫的平均寿命 (20.2 d)。45 头雌虫中有 42 头产有后代, 产卵前期为 1.12 d, 总产卵前期为 13.69 d, 雌虫平均产卵量为 59.31 粒。

表 1 西藏拉萨地区西花蓟马种群生活史基本统计值
Table 1 The basic statistic values of the life history of *Frankliniella occidentalis* in Lhasa, Tibet

统计值 Statistics	阶段或性别 Stage or sex	个数 <i>n</i>	平均值±标准误 Mean ± SE
	卵 Egg	117	3.00±0
成虫前期 Pre-adult (d)	1 龄若虫 First instar nymph	117	1.01±0.01
	2 龄若虫 Second instar nymph	89	5.62±0.14
	预蛹 Prepupa	87	1.03±0.02
	蛹 Pupa	70	2.19±0.06
	卵-蛹 Egg-Pupa	70	12.54±0.15
成虫寿命 Adult longevity (d)	雌虫 Female	45	27.76±1.09
	雄虫 Male	25	20.2±0.89
成虫产卵前期 APOP (d)	雌虫 Female	42	1.12±0.05
总产卵前期 TOPO (d)	雌虫 Female	42	13.69±0.19
繁殖力 Fecundity (F) (first instar/ female)	雌虫 Female	45	59.31±5.49

APOP: 成虫产卵前期指昆虫从羽化到产出第一粒卵的历期。Adult preovipositional period (APOP) (d) was defined as the time between the day the adult emerges and the day of the first oviposition.

TPOP: 总产卵前期指昆虫从卵到产出第一粒卵前的历期。Total preoviposition period (TPOP) was defined as the time between the newly laid egg the day of the first oviposition.

2.2 西藏拉萨地区西花蓟马种群年龄-阶段特征存活率

年龄-阶段特征存活率 (S_{xj}) 代表西花蓟马从初产的卵能活到年龄 x 和阶段 j 的可能性。由于个体之间发育速率存在差异, 所以各阶段的生存曲线明显发生重叠。在 26 条件下饲养的田间种群西花蓟马从卵能存活到成虫阶段的概率为 0.598 (图 1)。

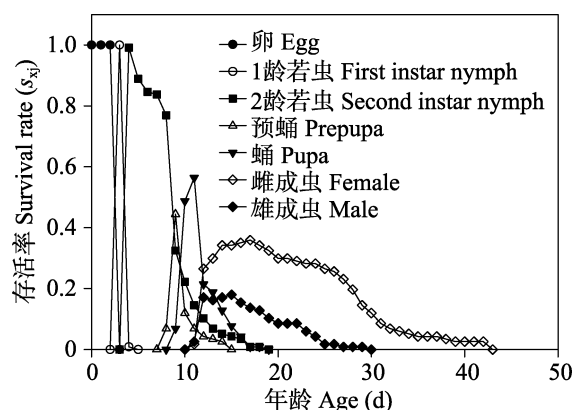


图 1 西藏西花蓟马年龄-阶段特征存活率
Fig. 1 Age-stage specific survival rate (s_{xj}) of *Frankliniella occidentalis* in Lhasa, Tibet

2.3 西藏拉萨地区西花蓟马种群年龄特征存活率 (l_x)、群体年龄特征繁殖力 (m_x) 和年龄特征繁殖值 ($l_x m_x$)

年龄特征存活率 l_x 曲线是对 S_{xj} 曲线的简化, 即 l_x 曲线是年龄 x 时各阶段 S_{xj} 的总和, 由图 2 可以看出西花蓟马在不同阶段的存活率不同, l_x 曲线在 2 龄若虫期和蛹期坡度较陡, 说明该种群在这两个阶段的死亡率较高, 分别为 23.93% 和 14.53%。群体年龄特征繁殖力 (m_x) 指种群中处于年龄 x 的个体平均每天产卵量, 种群在年龄 12.58 d 开始产卵到成虫期结束均在产卵, 并在年龄 38.5 d 达到最大值。年龄特征繁殖值 ($l_x m_x$) 表示 l_x 和 m_x 的乘积, 在 26 条件下, 该种群雌虫的 $l_x m_x$ 在年龄 16 d 时达到最大值 (图 2)。

2.4 西藏拉萨地区西花蓟马种群数量预测

在年龄-阶段两性生命表的基础之上对种群在增长期间结构变化进行预测。在初始数量为

10 粒卵的情况下预测结果显示, 除内在生理因素的控制, 并且无外界条件限制下 60 d 之内, 本种群西花蓟马将会繁殖 4 代, 种群数量将会达到 1.36×10^4 头 (图 3)。

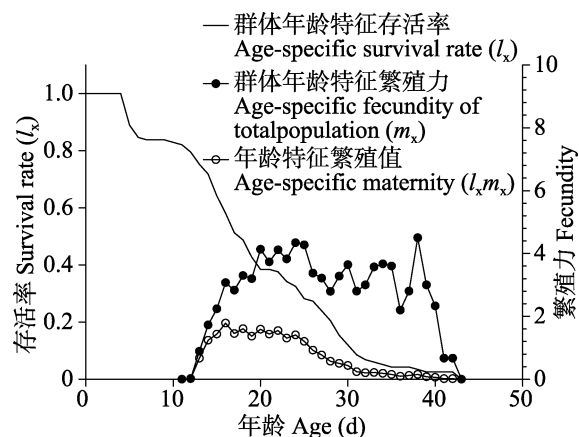


图 2 西藏拉萨地区西花蓟马种群年龄特征存活率 (l_x)、群体年龄特征繁殖力 (m_x) 和年龄特征繁殖值 ($l_x m_x$)
Fig. 2 Age-specific survival rate (l_x), age-specific fecundity of total population (m_x), and age-specific maternity ($l_x m_x$) of *Frankliniella occidentalis* in Lhasa, Tibet

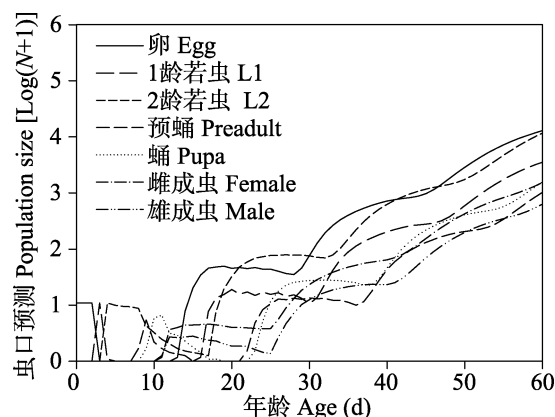


图 3 西花拉萨地区蓟马种群增长预测
Fig. 3 Population projection of *Frankliniella occidentalis* in Lhasa, Tibet

2.5 西藏拉萨地区西花蓟马种群生命表参数

根据西花蓟马年龄-阶段两性生命表计算的种群参数, 该种群在给定的环境条件下, 达到具有稳定年龄结构的内禀增长率为 0.153, 其完成一个世代需要 20.42 d, 当虫口达到稳定的年龄阶段分布, 并且除生理因素之外没有其他死亡因素, 虫口数量平均每天增加 1.165 倍, 平均每头西花蓟马可以产下 22.817 头后代 (表 2)。

表 2 西藏西花蓟马种群生命表参数
Table 2 Population parameters of *Frankliniella occidentalis* in Lhasa, Tibet

种群参数 Population parameters	内禀增长率 Intrinsic rate of increase (r)(d^{-1})	周限增长率 Finite rate of Increase (λ)(d^{-1})	净增殖率 Net reproductive rate (R_0) (offspring/individual)	平均世代时间 Mean generation time (T)(d)
	0.153±0.007	1.165±0.009	22.817±3.383	20.420±0.300

2.6 拉萨温室西花蓟马种群数量动态变化规律图

在日光温室内,西花蓟马在 2 月 29 日至次年 2 月 27 日均有发生,无越冬现象,种群增长呈“单峰”型。自 2 月底到 8 月上旬,西花蓟马数量持续上升,4 月份之后种群增长迅速,发生高峰期在 6 月中旬至 8 月上旬,最高诱集量在 7 月 25 日和 8 月 1 日,单日诱集量达到约 150 头。第一茬番茄拉秧后,9 月上旬定植第二茬,西花蓟马的种群数量自 9 月中旬至 12 月下旬持续降低,12 月至次年 2 月的种群数量保持在 5-13 头(图 4)。

3 讨论

昆虫的生活史对策具多样性,昆虫的全发育时间受环境条件(如温度、食物、光周期)与自身生理条件等因素相互作用的影响(涂小云和陈元生,2012)。广布种昆虫可以通过调节自身的形态、生理、行为等生物学特性来适应栖息地的

环境条件(Cronin and Schwarz, 1999)。青藏高原由于其独特的地理位置和气候条件,使得该区域内的昆虫在体型、体色、毛被、翅、发音器、鼓膜器和足等的发育方面发展出一系列生存对策来适应该地低氧的高原气候(黄复生,1981;印象初,1984;王保海,1992;石爱民和任国栋,2008)。此外,低氧环境也对昆虫的发育历期产生一定影响,Cheng 等(2012)在研究豇豆象甲 *Callosobruchus maculatus* 时发现,低氧显著抑制了豇豆象甲的发育速率,刘天生等(2017)研究发现低氧胁迫可以使小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 发育历期明显延长。本研究中,在 26 条件下,拉萨地区西花蓟马种群基本生活史参数与室内敏感种群和抗性种群类似,但 2 龄若虫发育历期为 5.62 d,比相同条件下室内敏感种群的 4.5 d 延长 1.12 d,比抗性种群的 5.0 d 延长 0.62 d (Li *et al.*, 2017),比贵州地区种群和 Andong 地区种群也分别延长 1.87 d 和 4.72 d (李景柱,2008;Ullah and Lim, 2015)。可能的原因是

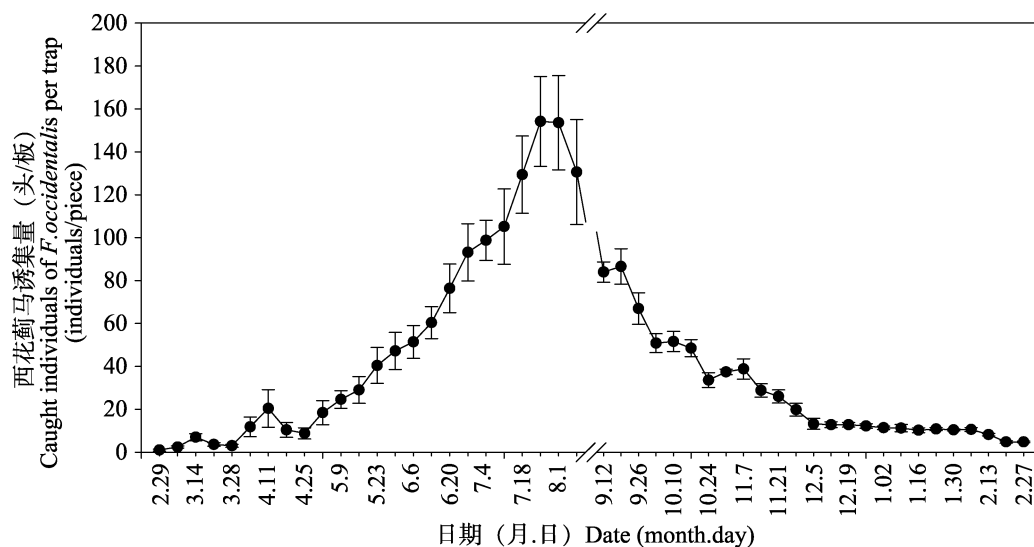


图 4 日光温室番茄上西花蓟马成虫的种群动态规律

Fig. 4 Adult dynamics of *Frankliniella occidentalis* on tomato plants in solar sunlight greenhouse

该地区西花蓟马通过延长 2 龄若虫期各项新陈代谢速率来应对低氧环境所采取的生存策略有关。此外,低氧环境能促使果蝇在化蛹前的蜕皮激素分泌高峰推迟,导致化蛹推迟(Callier *et al.*, 2013),长期的低氧环境是否对西花蓟马体内激素水平(如保幼激素和蜕皮激素)的分泌及调控能力产生影响,有待进一步研究。

在拉萨地区日光温室内西花蓟马能够周年发生,发生高峰期集中在 6 月上旬到 7 月下旬,9 月份之后种群数量持续下降,12 月至次年 2 月种群数量维持在较低水平。该地区西花蓟马种群增长呈明显的“单峰”型,防治关键时期为 4 月初种群数量开始上升之时。西花蓟马是典型的“r-对策”害虫,群数量增长迅速,需采取综合防治措施才能将之有效控制。目前西花蓟马的防治方法包括农业防治(张治科等,2016)、物理防治(吴青君等,2007a)、生物防治(吴青君等,2005)和化学防治等,其中,生物防治对长期控制西花蓟马的种群数量有重要作用。Ebssa 等(2001)报道了施用斯氏线虫 *Steinernema litorale* 防治效果可达 76.6%,王静(2011)研究发现球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 与巴氏钝绥螨 *Amblyseius barkeri* (Hughes) 联合使用,对西花蓟马 1 龄若虫的致死率为 100%。西藏拉萨地区具有特殊的气候条件,可能存在西花蓟马的优势天敌种类,有必要进行深入调查,筛选出适合当地使用的天敌种类。另一方面,从外地引入天敌时需进行综合评估,进行适应性驯化,以达到最佳控制效果,保障该区蔬菜产业持续健康发展。

参考文献 (References)

- Callier V, Shingleton AW, Brent CS, Ghosh SM, Kim J, Harrison JF, 2013. The role of reduced oxygen in the developmental physiology of growth and metamorphosis initiation in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Experimental Biology*, 216(23): 4334–4340.
- Cao Y, Zhi JR, Kong YX, 2012. Life tables for experimental populations of *Frankliniella occidentalis* on 6 vegetable host plants. *Acta Ecologica Sinica*, 32(4): 1249–1256. [曹宇, 鄧军锐, 孔译贤, 2012. 西花蓟马在 6 种蔬菜寄主上的实验种群生命表. 生态学报, 32(4): 1249–1256.]
- Chi H, 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. *Environmental Entomology*, 17(1): 26–34.
- Chi H, 2018a. TIMING-MSChart: A computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Timing-MSChart.rar>.
- Chi H, 2018b. TWSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.rar>.
- Chi H, Liu H, 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica (Taipei)*, 24(2): 225–240.
- Cronin AL, Schwarz MP, 1999. Latitudinal variation in the life cycle of allodapine bees (Hymenoptera: Apidae). *Canadian Journal of Zoology*, 77(6): 707–716.
- Ebssa L, Borgemeister C, Berndt O, Poehling HM, 2001. Impact of entomopathogenic nematodes on different soil-dwelling stages of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), in the laboratory and under semi-field conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 11(4): 515–525.
- Huang FS, 1981. Specialization and Adaptability of Insect Limbs in the Tibetan Plateau. Beijing: Science Press. 1–34. [黄复生, 1981. 西藏高原的隆起和昆虫区系. 北京: 科学出版社. 1–34.]
- Jones DR, 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *European Journal of Plant Pathology*, 113(2): 119–157.
- Kirk WDJ, Terry LI, 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(4): 301–310.
- Lewis T, 1997. Thrips as Crop Pests. London: Cambridge Press. 1–13.
- Li JZ, 2008. The interaction between *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) and leguminous vegetables. Master thesis. Guiyang: Guizhou University. [李景柱, 2008. 西花蓟马与豆科蔬菜相互关系研究. 硕士学位论文. 贵阳: 贵州大学.]
- Li XY, Wan YR, Yuan GD, Hussain S, Xu BY, Xie W, Wang SL, Zhang YJ, Wu QJ, 2017. Fitness trade-off associated with spinosad resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(4): 1755–1763.
- Liu TS, Wen MF, Ke FS, Ke WY, You MS, 2017. Age-stage two-sex life tables of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) under hypoxia stress. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 32(3): 305–311. [刘天生, 温梅芳, 柯富士, 柯玮毅, 尤民生, 2017. 低氧胁迫下小菜蛾的两性生命表研究. 福建农业学报, 32(3): 305–311.]
- Shi AM, Ren GD, 2008. Specialization and adaptability of insect

- limbs in the Tibetan Plateau. *Journal of China West Normal University (Natural Sciences)*, 29(2): 109–111. [石爱民, 任国栋, 2008. 青藏高原拟步甲科昆虫足的特化及其适应性. 西华师范大学学报(自然科学版), 29(2): 109–111.]
- Tu XY, Chen YS, 2012. Geographic variation in developmental duration of insects. *Guangdong Agricultural Sciences*, 39(10): 94–97. [涂小云, 陈元生, 2012. 昆虫发育历期的地理变异. 广东农业科学, 39(10): 94–97.]
- Ullah MS, Lim UT, 2015. Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae) in constant and fluctuating temperatures. *Journal of Economic Entomology*, 108(3): 1000–1009.
- Ullman DE, Medeiros RB, Campbell LR, Whitfield AE, Sherwood JL, German TL, 2002. Thrips as vectors of tospoviruses. *Advances in Botanical Research*, 36: 113–140.
- Wang BH, 1992. Tibetan Insect Flora and Its Evolution. Zhengzhou: Henan Science Press. 152–168. [王保海, 1992. 西藏昆虫区系及其演化. 郑州: 河南科学技术出版社. 152–168.]
- Wang HH, Lei ZR, Li X, Dai AG, Chen HQ, 2013. An important invasive pest, *Frankliniella occidentalis*, inspected in Tibet. *Plant Protection*, 39(1): 181–183. [王海鸿, 雷仲仁, 李雪, 代安国, 陈翰秋, 2013. 西藏发现重要外来入侵害虫——西花蓟马. 植物保护, 39(1): 181–183.]
- Wang J, 2011. Compatibility of *Beauveria bassiana* with *Amblyseius barkeri* to control *Frankliniella occidentalis* and application of efficient attractive card. Master thesis. Jinan: Shandong Agricultural University. [王静, 2011. 球孢白僵菌与巴氏钝绥螨对西花蓟马的联合作用及高效诱虫板的应用. 硕士学位论文. 济南: 山东农业大学.]
- Watts JG, 1934. Comparison of the life cycles of *Frankliniella tritici* (Fitch), *Frankliniella fusca* (hind) and *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae) in South Carolina. *Journal of Economic Entomology*, 27(6): 1158–1159.
- Whitfield AE, Ullman DE, German TL, 2005. Tospovirus-thrips interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 43(43): 459–489.
- Wu QJ, Zhang YJ, Xu BY, Zhu GR, 2005. The biological character, damage and management of an invasive insect pest, *Frankliniella occidentalis*. *China Plant Protection*, 42(7): 11–14. [吴青君, 张友军, 徐宝云, 朱国仁, 2005. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术. 中国植保导刊, 42(7): 11–14.]
- Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ, Zhang ZJ, Zhu GR, 2007. Taxis of western flower thrips to different colors and field efficacy of the blue sticky cards. *Plant Protection*, 33(4): 103–105. [吴青君, 徐宝云, 张友军, 张治军, 朱国仁, 2007a. 西花蓟马对不同颜色的趋性及蓝色粘板的田间效果评价. 植物保护, 33(4): 103–105.]
- Wu QJ, Xu BY, Zhang ZJ, Zhang YJ, Zhu GR, 2007b. Distribution and species of thrips in Beijing, Zhejiang, Yunnan region. *China Plant Protection*, 27(1): 32–34. [吴青君, 徐宝云, 张治军, 张友军, 朱国仁, 2007b. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及其分布调查. 中国植保导刊, 27(1): 32–34.]
- Yang H, Cui YY, Zhang S, Sun XJ, 2010. The occurrence and damage of the exotic invasive pest: western flower thrip (*Frankliniella occidentalis*) in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 47(11): 2252–2253. [杨华, 崔元珏, 张升, 孙晓军, 2010. 外来入侵害虫——西花蓟马在新疆的发生为害. 新疆农业科学, 47(11): 2252–2253.]
- Yin XC, 1984. Grasshoppers and Locusts from Qingzang Altiplano. Beijing: Science Press. 252–259. [印象初, 1984. 青藏高原的蝗虫. 北京: 科学出版社. 252–259.]
- Zhang B, Zheng CY, 2015. Life tables of laboratory population of *Frankliniella occidentalis* on different peanut varieties. *Guangdong Agricultural Sciences*, 42(13): 80–83. [张彬, 郑长英, 2015. 西花蓟马在不同花生品种间的实验种群生命表. 广东农业科学, 42(13): 80–83.]
- Zhang JL, 2013. Study on the vegetable industry model of Lhasa. Master thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [张君丽, 2013. 拉萨市蔬菜产业模式研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Zhang YJ, Wu QJ, Xu BY, Zhu GR, 2003. The occurrence of a dangerous alien invasive pest, western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), in Beijing. *Plant Protection*, 29(4): 58–59. [张友军, 吴青君, 徐宝云, 朱国仁, 2003. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害. 植物保护, 29(4): 58–59.]
- Zhang ZJ, Zhang YJ, Xu BY, Zhu GR, Wu QJ, 2012. Effects of temperature on development, reproduction and population growth of *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): 1168–1177.]
- Zhang ZK, Zhang Y, Wu SY, 2016. The occurrence and characteristics of invaded insect pest *Frankliniella occidentalis* in Ningxia. *Plant Quarantine*, 30(4): 75–77. [张治科, 张烨, 吴圣勇, 2016. 西花蓟马在宁夏的发生及防控措施. 植物检疫, 30(4): 75–77.]
- Zheng CY, Liu YH, Zhang NQ, Zhao XL, 2007. Invaded insect pest *Frankliniella occidentalis* first reported in Shandong Province. *Journal of Qingdao Agricultural University*, 24(3): 172–174. [郑长英, 刘云虹, 张乃芹, 赵希丽, 2007. 山东省发现外来入侵有害生物-西花蓟马. 青岛农业大学学报, 24(3): 172–174.]
- Zhi JR, Li JZ, Gai HT, 2010. Life table for experimental population of *Frankliniella occidentalis* feeding on leguminous vegetables. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(2): 313–317. [郅军锐, 李景柱, 盖海, 2010. 西花蓟马取食不同豆科蔬菜的实验种群生命表. 昆虫知识, 47(2): 313–317.]