

以实验种群生命表评价六种植绥螨对 西花蓟马的控制潜力*

韩玉华¹ 孟瑞霞^{1**} 董 喆² 魏春光¹ 伊卫东¹ 张青文³

(1. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010019; 2. 赤峰市农牧科学研究所, 赤峰 024000; 3. 中国农业大学, 北京 100010)

摘 要 【目的】植绥螨是蓟马等害虫(螨)的重要捕食性天敌,在当前生物防治中应用广泛,本研究旨在为本地植绥螨资源的开发利用及筛选出控制西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 最有效的植绥螨天敌提供依据。【方法】以西花蓟马为猎物,在室内温度(25±1)℃、光照 16L:8D、相对湿度 80%±5%的条件下,比较了内蒙古本地植绥螨种类有益真绥螨 *Euseius utilis* Liang et Ke、苏氏副伦绥螨 *Paraseiulus soleiger* Ribaga 和巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* Hughes 及目前应用的植绥螨斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot、东方钝绥螨 *A. orientalis* Ehara 和黄瓜新小绥螨 *N. cucumeris* Oudemans 取食西花蓟马后的发育历期和生殖潜力,并组建了实验种群生命表以评价各类植绥螨的捕食潜能。【结果】有益真绥螨的日均产卵量(1.67±0.02)粒和黄瓜新小绥螨的日均产卵量(1.58±0.06)粒相近且无显著差异,仅次于斯氏钝绥螨(1.69±0.07)粒;有益真绥螨其子代雌雄性比与黄瓜新小绥螨的性比也相同(1.63:1),低于斯氏钝绥螨(1.77:1)和巴氏新小绥螨(1.64:1);有益真绥螨的世代平均周期最短($T=19.36$ d),内禀增长率($r_m=0.16$)和周限增长率($\lambda=1.17$)均最大,种群倍增时间最短($t=4.33$ d)。【结论】有益真绥螨以西花蓟马为食后种群数量增长的潜力强于其他 5 种植绥螨,是本地防治西花蓟马较有潜力的植绥螨种类。

关键词 本地植绥螨, 西花蓟马, 生命参数, 内禀增长率, 生物防治

Evaluation of the potential of six phytoseiid predators as biological control agents of the western flower thrip *Frankliniella occidentalis*

HAN Yu-Hua¹ MENG Rui-Xia^{1**} DONG Zhe² WEI Chong-Guang¹
YI Wei-Dong¹ ZHANG Qing-Wen³

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China; 2. Chifeng Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Chifeng 024000, China; 3. China Agricultural University, Beijing 100010, China)

Abstract 【Objectives】To determine the potential for using locally dominant phytoseiid species, important biological control agents of small phytophagous herbivores such as thrips, as biological control agents of the western flower thrip, *Frankliniella occidentalis*. 【Methods】The development and reproduction of six phytoseiid species, including three local Inner Mongolian species; *Euseius utilis* Liang et Ke, *Paraseiulus soleiger* Ribaga and *Neoseiulus barkeri*, and three commonly used biological control agents; *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, *A. orientalis* Ehara and *N. cucumeris* Oudemans, were determined and compared. All phytoseiids were kept in a laboratory at (25±1)℃, 16L:8D, and RH80%±5%, and fed on 1st instar *F. occidentalis* larvae. Life tables of the six species were compiled to evaluate their potential as biological control agents for *F. occidentalis*. 【Results】There was no significant difference between the average daily oviposition rates of *E. utilis* (1.67±0.02)eggs and *N. cucumeris* (1.58±0.06)eggs, both of which were lower than that of *A. swirskii* (1.69±0.07)eggs. *E. utilis* had the same sex ratio as *N. cucumeris* (1.63:1), which was lower than that of *A. swirskii* (1.77:1) and *N. barkeri*

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金项目(31560529); 国家公益性行业(农业)科研专项项目(200903032)

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: mengrx@hotmail.com

收稿日期 Received: 2016-08-23, 接受日期 Accepted: 2016-09-14

(1.64 : 1). *E. utilis* had the shortest mean generation time ($T=19.36$ d), highest intrinsic rate of natural increase ($r_m=0.16$) and the highest finite rate of increase ($\lambda=1.17$), resulting in the shortest population doubling time ($t=4.33$ d). 【Conclusion】 *E. utilis* had the highest capacity for population growth among the six phytoseiid species examined, and therefore the greatest potential to be an effective indigenous biological control agent for the western flower thrip.

Key words indigenous predatory mite, *Frankliniella occidentalis*, life table parameters, intrinsic rate of increase, biological control

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 属缨翅目 Thysanoptera, 蓟马科 Thripidae, 花蓟马属 *Frankliniella*。2003 年 7 月, 我国大陆首次在北京郊区发现西花蓟马对部分保护地辣椒和黄瓜上的严重危害 (张友军等, 2003), 并在全国呈迅速蔓延趋势, 不仅直接取食植株茎、叶、花、果的汁液致使植株萎蔫, 而且还传播包括番茄斑萎病毒在内的多种病毒, 是蔬菜、花卉等多种农作物上具有毁灭性危害的世界性入侵害虫 (万方浩等, 2002; 张友军等, 2003; 吕要斌等, 2011)。

植绥螨是目前已知控制蓟马、叶螨及烟粉虱等最有效的天敌之一 (孟瑞霞等, 2007; 吴伟南等, 2009; 徐学农等, 2013), 并在农业生产中有很多成功应用的实例, 如用黄瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* Oudemans 防治温室中的蓟马 (Ramakers, 1980; Gillespie, 1989; van Houten and van Stratum 1993), 均取得巨大成功。Messelink 等 (2008) 研究发现两种植绥螨斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot 和卵圆真绥螨 *Euseius ovalis* Evans 均可有效控制温室黄瓜上的西花蓟马种群, 并且斯氏钝绥螨的防控效果更明显。Shipp 和 Whitfield (1991) 研究了黄瓜新小绥螨对蓟马的功能反应, 表明其对蓟马有很强的搜索能力和攻击能力。我国吴圣勇等 (2009) 发现北方地区的一个广布种栗真绥螨 *E. castaneau* Wang & Xu 对西花蓟马初孵若虫也有较强的捕食能力。张金平等 (2008) 的研究表明在 24℃ 时巴氏新小绥螨的瞬间种群增长率 ($r_m=0.15$) 大于西花蓟马的瞬间种群增长率 ($r_m=0.14$), 表明巴氏新小绥螨具有控制西花蓟马种群数量的潜力。

近年来, 人们更加重视食物链中植绥螨持续将害螨及害虫种群调节至低密度平衡水平潜力的研究, 如交替食物的应用 (Nomikou *et al.*, 2002; van Rijn *et al.*, 2002), 猎物的反捕食行为 (Anti-predation) (Meng *et al.*, 2006, 2012) 及捕食螨之间集团内捕食 (Intraguild predation) (郭建晗等, 2016; 彭勇强等, 2013) 等问题的研究。

在植绥螨的应用途径中, 挖掘利用本地植绥螨种类仍是最为经济有效的生物防治的手段。在调查鉴定内蒙古地区捕食螨资源的基础上, 新发现植绥螨 4 属 5 种, 其中有益真绥螨 *Euseius utilis* Liang *et Ke* 和巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* Hughes 为本地主要优势种 (张鹏飞等, 2012)。有益真绥螨也是我国北方地区广泛分布的植绥螨优势种 (张金平, 2008; 吴伟南等, 2009; 张鹏飞等, 2012; 张亚玲, 2012), 而巴氏新小绥螨是我国生产量最大且得以广泛应用的一种本土多食性植绥螨 (吴伟南等, 2009; 徐学农等, 2013; 张东旭等, 2013)。

生命表是评价天敌控害效果的有效方法, 生命表参数能较好反映种群消长机制并判断出种群间的差异。本文以西花蓟马为猎物, 在室内比较了采自内蒙古呼和浩特市本地的 3 种植绥螨有益真绥螨、苏氏副伦绥螨 *Paraseiulus soleiger* Ribaga 和巴氏新小绥螨及目前已经应用的 3 种植绥螨斯氏钝绥螨、东方钝绥螨 *A. orientalis* Ehara 和黄瓜新小绥螨取食西花蓟马后的发育历期及生殖潜力, 并组建了实验种群生命表以评价各类植绥螨的捕食潜能, 以期为本地区植绥螨资源的开发利用及筛选出控制西花蓟马最有效的植绥螨天敌提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

斯氏钝绥螨、黄瓜新小绥螨、东方钝绥螨取自中国农业科学院植物保护研究所天敌组,有益真绥螨、巴氏新小绥螨、苏氏副绥伦螨分别采自内蒙古呼和浩特市树木园(吴伟南鉴定)。巴氏新小绥螨、黄瓜新小绥螨、苏氏副绥伦螨均以腐蚀酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* 饲养建立实验种群,斯氏钝绥螨和东方钝绥螨以甜果螨 *Carpoglyphus lactis* 饲养纯化建立实验种群,有益真绥螨在黄瓜叶片上以蒲棒花粉建立种群。植绥螨装于养虫盒内(20 cm×30 cm),盒内用海绵、滤纸、黑塑料纸分别由下到上依次铺开,且上一层比下一层小,盒内加水,以防止植绥螨逃逸。所有植绥螨均放在温度为(25±2)℃、相对湿度为50%~70%的养虫室内饲养,待用。为消除饲料食物的影响,在实验前1 d,把各植绥螨从饲养料中分离,选择活动性较强的雌成螨饥饿饲养备用。

西花蓟马采自内蒙古农业大学职业技术学院科技园区(包头莎拉齐)的甜椒上(于2010年由中国农业科学院植物保护研究所高玉林、雷仲仁主要根据西方花蓟马单眼间鬃和复眼后鬃长度接近的特征进行鉴定),采回放入圆形饲养盒中(D=8 cm,高1.5 cm),盒顶部用细沙布罩住以防蓟马逃跑并可以透气,每盒接入30~40头蓟马并用涂有蜂蜜的豆角进行饲养,饲养盒置于人工智能光照培养箱(型号:PGX-250B,宁波海曙赛福实验仪器厂)内[温度(25±2)℃,光照16L:8D,相对湿度65%±5%]。由于植绥螨只能有效攻击蓟马的1龄幼虫(Bakker and Sabelis, 1989; van der Hoeven and van Rijn, 1990),所以本实验只选取蓟马的1龄若虫作为猎物进行实验。

1.2 供试植物

精选供试黄瓜品种(津研4号)无病、饱满的种子,浸种催芽后直播于花盆中;每次播种10盆,每盆播种1~2粒。待植株长到4~5片真

叶时,放入人工光照培养箱内,摘取叶片供植绥螨捕食实验之用。

1.3 捕食螨发育和繁殖实验方法

参照 Lee 和 Gillespie (2011) 的叶片隔水法饲养植绥螨,在25℃、光照16L:8D、相对湿度80%~85%的人工气候箱中进行实验。在培养皿(D=7 cm)内放一块海绵(D=4 cm),海绵边不与培养皿接触,在海绵上放一片圆形的新鲜黄瓜叶片(D=2 cm),用棉花沿叶缘围一圈,在培养皿内加入适量的水,用来保湿和防止植绥螨的逃逸。在培养皿内的黄瓜叶片上各挑入20只抱卵的一种植绥螨雌成螨(腹部膨大的个体),让其产卵,将4 h内产下的卵作为实验备用卵。

用小号毛笔将1粒植绥螨的卵挑入黄瓜叶盘上,每天上午8:00和下午18:00观察并记录植绥螨的发育情况,若有新的蜕皮壳即可确认进入新的螨态,当植绥螨发育至雌成螨后,引入雄螨使其交配,实验过程中发现雄螨死亡或丢失立即补充1头雄螨,记录产卵前期的历期和日产卵量,每天更换叶片,同时加入足量的西花蓟马1龄若虫,并记录植绥螨雌成螨的存活情况。单独饲养植绥螨每天产下的每粒卵,待进入若螨期后以蓟马1龄若虫(或其他食物)为食,并记录其性别。本实验共研究6种植绥螨即6个处理,每处理30个重复。

1.4 数据统计与分析

1.4.1 生命表参数统计 通过观察6种植绥螨个体的生长发育、存活率和繁殖率,组建了室内实验种群生命表,生命表参数参照 Andrewartha 和 Birch (1954) 描述的方法计算得出。

净增殖率 $R_0 = \sum (l_x \cdot m_x)$,

种群世代平均周期 $T = \sum (l_x \cdot m_x \cdot x) / \sum (l_x \cdot m_x)$,

内禀增长率 $r_m = (\ln R_0) / T$,

周限增长率 $\lambda = e^{r_m}$,

种群倍增时间 $t = (\ln 2) / r_m$ 。

x :按天划分的单位时间间距; l_x :在 x 期内雌成螨的存活率; m_x :在 x 期内平均每头雌成螨产下的雌性后代数; e :为自然常数。

1.4.2 数据分析 采用 SPSS 19.0 软件,利用单

因素方差分析 (ANOVA) 比较不同植绥螨以西花蓟马 1 龄若虫为猎物时发育和繁殖的差异, 分析其取食后存活时间、产卵量各自的显著差异性, 并用 LSD 测验进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 6 种植绥螨以西花蓟马为猎物的发育历期

在 25℃ 时 6 种植绥螨以西花蓟马 1 龄若虫为猎物均能从卵发育至成螨, 死亡率较低, 且能正常产卵。

由表 1 可见, 在温度 25℃、光照 16L: 8D、相对湿度 80% 的条件下, 6 种植绥螨以蓟马 1 龄若虫为猎物时各发育历期差异显著 ($P < 0.05$)。

黄瓜新小绥螨雌螨卵期最长 (2.95 ± 0.12) d, 与巴氏新小绥螨、东方钝绥螨雌螨卵期差异不显著 ($P > 0.05$); 东方钝绥螨雌螨卵期比苏氏副绥伦螨的卵期长, 但二者之间差异不显著 ($P = 0.728$); 斯氏钝绥螨与有益真绥螨雌螨的卵期最短 [(2.55 ± 0.05) d, (2.55 ± 0.12) d]。

苏氏副绥伦螨雌螨幼期最长, 其次为巴氏钝绥螨, 二者之间差异不显著 ($P = 0.187$); 斯氏钝

绥螨雌螨幼期比巴氏钝绥螨的短, 二者之间差异不显著 ($P = 0.187$); 黄瓜新小绥螨与有益真绥螨雌螨幼期最短。

黄瓜新小绥螨雌螨前若螨期虽最长, 但 6 种植绥螨雌螨前若螨期差异不显著 ($P > 0.05$)。

斯氏钝绥螨雌螨、东方钝绥螨雌螨后若螨期最长, 巴氏新小绥螨次之, 三者之间无显著差异 ($P > 0.05$); 苏氏副绥伦螨雌螨后若螨期最短。

巴氏新小绥螨产卵前期最长, 斯氏钝绥螨、东方钝绥螨、黄瓜新小绥螨产卵前期次之, 但 4 种植绥螨之间均无显著性差异 ($P > 0.05$); 有益真绥螨产卵前期最短。

巴氏新小绥螨 (11.45 ± 0.34) d、东方钝绥螨 (11.45 ± 0.36) d 雌螨全世代历期最长, 斯氏钝绥螨次之 (11.10 ± 0.32) d, 三者之间差异不显著 ($P > 0.05$); 苏氏副绥伦螨雌螨全世代历期比斯氏钝绥螨短, 二者之间差异不显著 ($P > 0.05$); 有益真绥螨雌螨全世代历期最短 (9.85 ± 0.19) d。

黄瓜新小绥螨雄螨全世代历期最长 (9.25 ± 0.21) d, 东方钝绥螨雄螨次之, 二者之间差异不显著 ($P = 0.369$); 东方钝绥螨雄螨全世代历期

表 1 6 种植绥螨以西花蓟马为猎物的发育历期

Table 1 The developmental duration of six species of phytoseiid predators fed on *Frankliniella occidentalis*

螨种 Species	性别 Sex	卵期 (d) Egg (d)	幼螨期 (d) Larva (d)	前若螨期 (d) Protonymph (d)	后若螨期 (d) Deutonymph (d)	产卵前期 (d) Preoviposition (d)	世代历期 (d) Generation (d)
有益真绥螨 <i>E. utilis</i>	♀	2.55 ± 0.05 b	1.15 ± 0.07 c	1.45 ± 0.09 a	2.65 ± 0.08 ab	2.05 ± 0.14 b	9.85 ± 0.19 b
	♂	2.75 ± 0.11 ABC	1.33 ± 0.16 AB	1.50 ± 0.18 A	3.08 ± 0.15 AB		8.67 ± 0.25 ABC
苏氏副绥伦螨 <i>P. soleiger</i>	♀	2.70 ± 0.11 ab	1.60 ± 0.07 a	1.70 ± 0.10 a	2.40 ± 0.12 b	2.45 ± 0.23 ab	10.85 ± 0.33 a
	♂	2.50 ± 0.13 BC	1.58 ± 0.08 A	1.50 ± 0.18 A	3.00 ± 0.18 B		8.58 ± 0.24 ABC
巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>	♀	2.75 ± 0.08 ab	1.45 ± 0.10 ab	1.45 ± 0.08 a	2.85 ± 0.11 a	2.95 ± 0.14 a	11.45 ± 0.34 a
	♂	2.58 ± 0.10 ABC	1.33 ± 0.11 AB	1.42 ± 0.08 A	3.08 ± 0.20 AB		8.42 ± 0.37 BC
斯氏钝绥螨 <i>A. swirskii</i>	♀	2.55 ± 0.12 b	1.30 ± 0.08 bc	1.45 ± 0.14 a	2.95 ± 0.11 a	2.85 ± 0.15 a	11.10 ± 0.32 a
	♂	2.42 ± 0.08 C	1.17 ± 0.11 B	1.58 ± 0.08 A	2.92 ± 0.15 B		8.08 ± 0.23 C
黄瓜新小绥螨 <i>N. cucumeris</i>	♀	2.95 ± 0.12 a	1.15 ± 0.08 c	1.75 ± 0.11 a	2.69 ± 0.21 ab	2.70 ± 0.20 a	10.70 ± 0.49 a
	♂	2.92 ± 0.15 A	1.50 ± 0.13 AB	1.42 ± 0.15 A	3.42 ± 0.15 AB		9.25 ± 0.21 A
东方钝绥螨 <i>A. orientalis</i>	♀	2.75 ± 0.11 ab	1.25 ± 0.08 bc	1.65 ± 0.13 a	2.95 ± 0.14 a	2.85 ± 0.26 a	11.45 ± 0.36 a
	♂	2.83 ± 0.10 AB	1.25 ± 0.11 AB	1.25 ± 0.17 A	3.58 ± 0.15 A		8.92 ± 0.20 AB

表中数据为平均值±标准误, 同一列数据后标有不同小写字母表示雌螨之间的差异显著性, 不同大写字母表示雄螨之间的差异显著性 ($P < 0.05$, LSD 检验)。

Data are mean±SE, and followed by the different small letters in the same column indicate significantly different for the female phytoseiid mites, while followed by the different capital letters in the same column indicate significantly different for the male phytoseiid mites at 0.05 level by LSD test.

长于有益真绥螨,二者之间差异不显著($P=0.500$);斯氏钝绥螨雄螨全世代历期最短(8.08 ± 0.23)d。

2.2 6 种植绥螨以西花蓟马为猎物的产卵量及寿命

由表 2 可见,斯氏钝绥螨产卵历期最长(25.50 ± 0.50)d,黄瓜新小绥螨、东方钝绥螨、巴氏新小绥螨依次减小,四者之间差异不显著($P>0.05$);苏氏副绥伦螨产卵历期比巴氏新小绥螨短,二者之间差异显著($P=0.011$);有益真绥螨产卵历期比苏氏副绥伦螨短,二者之间差异显著($P=0.028$)。

斯氏钝绥螨产卵总量最多(43.20 ± 1.98)粒,黄瓜新小绥螨次之,二者之间差异极显著($P=$

0.010);黄瓜新小绥螨产卵总量比东方钝绥螨多,二者之间差异不显著($P=0.288$);东方钝绥螨产卵总量比有益真绥螨多,二者之间差异显著($P=0.048$)。

斯氏钝绥螨日均产卵量最多,有益真绥螨次之,二者之间差异不显著($P=0.684$);

斯氏钝绥螨雌成螨寿命最长,黄瓜新小绥螨次之,二者之间差异不显著($P=0.112$);巴氏新小绥螨比黄瓜新小绥螨寿命短,二者之间差异不显著($P=0.402$);有益真绥螨寿命最短。

斯氏钝绥螨的寿命与另 5 种植绥螨的差异极显著($P<0.001$);巴氏新小绥螨寿命与有益真绥螨差异极显著($P<0.001$),与苏氏副绥伦螨差异极显著($P=0.001$)。

表 2 6 种植绥螨以蓟马为猎物的产卵量及寿命

Table 2 The longevity and oviposition of six species of predatory mites fed on *Frankliniella occidentalis*

螨类 Species	有益真绥螨 <i>E. utilis</i>	苏氏副绥伦螨 <i>P. soleiger</i>	巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>	斯氏钝绥螨 <i>A. swirskii</i>	黄瓜新小绥螨 <i>N. cucumeris</i>	东方钝绥螨 <i>A. orientalis</i>
产卵历期(d) Mean oviposition duration (d)	20.50±0.34c	22.30±0.58b	24.40±0.78a	25.50±0.50a	24.80±0.65a	24.30±0.42a
产卵总量(粒) Average oviposition (eggs)	34.10±0.41c	29.90±0.62d	37.10±1.25bc	43.20±1.98a	39.00±0.87b	37.30±0.86bc
日均产卵量(粒) Average oviposition daily (eggs)	1.67±0.02ab	1.35±0.04c	1.52±0.05b	1.69±0.07a	1.58±0.06ab	1.54±0.03b
雌成螨寿命(d) Average longevity (d)	31.65±0.45d	33.85±0.83c	37.75±0.79b	43.80±0.66a	37.8±1.00b	37.15±0.70b

表中数据为平均值±标准误,数据后标有不同字母表示 6 种植绥螨各生物学参数差异显著性($P<0.05$, LSD 检验)。Date are mean±SE, and followed by the different small letters indicate significantly different at 0.05 level by LSD test.

表 3 6 种植绥螨以蓟马为猎物的实验种群生命表参数

Table 3 The life table parameters of six species of predatory mites fed on *Frankliniella occidentalis*

螨类 Species	有益真绥螨 <i>E. utilis</i>	苏氏副绥伦螨 <i>P. soleiger</i>	巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>	斯氏钝绥螨 <i>A. swirskii</i>	黄瓜新小绥螨 <i>N. cucumeris</i>	东方钝绥螨 <i>A. orientalis</i>
性比 Sex ratio (female/male)	1.63 : 1	1.53 : 1	1.64 : 1	1.77 : 1	1.63 : 1	1.51 : 1
净生殖率(R_0) Net reproductive rate	22.16	20.67	26.19	33.15	26.39	23.95
全世代平均周期(T) Mean generation time (d)	19.36	20.52	23.42	24.97	22.14	22.26
内禀增长率(r_m) Intrinsic rate of natural increase	0.16	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14
种群倍增时间(t) Doubling time for Population (d)	4.33	4.70	4.97	4.94	4.69	4.85
周限增长率(λ) Finite rate of increase	1.17	1.16	1.15	1.15	1.16	1.15

2.3 6种植绥螨以蓟马为猎物的实验种群生命表

由表 3 可见,不同植绥螨的生物学特性有所不同,斯氏钝绥螨的性比最高(1.77:1),其次为巴氏新小绥螨(1.64:1),有益真绥螨与黄瓜新小绥螨的性比相同(1.63:1),再次为苏氏副绥伦螨(1.53:1),东方钝绥螨的性比最低(1.51:1)。斯氏钝绥螨的净生殖率最高($R_0=33.15$),其次为黄瓜新小绥螨($R_0=26.39$)、巴氏新小绥螨($R_0=26.19$),苏氏副绥伦螨最低($R_0=20.67$)。有益真绥螨的全世代平均周期最短($T=19.36$ d),内禀增长率($r_m=0.16$)和周限增长率($\lambda=1.17$)均最大,种群倍增时间则最短($t=4.33$ d)。

2.4 6种植绥螨以西花蓟马为猎物其存活率与平均产雌率的关系

6种植绥螨雌螨以西花蓟马为猎物的存活率

曲线均属于 I 型(图 1),即大多数个体均能完成平均寿命,死亡主要发生在年老的个体。苏氏副绥伦螨、有益真绥螨雌成螨的死亡发生在第 32 天,第 33 天,早于其他植绥螨,而斯氏钝绥螨雌成螨开始死亡的时间最晚,发生在第 41 天。6种植绥螨在 25℃ 条件下取食西花蓟马后所产卵的孵化率均达到 100%。从平均产雌率曲线可见,有益真绥螨、巴氏新小绥螨、斯氏钝绥螨整个产卵期的平均产雌率变化较为平稳,在产卵前期随着时间逐渐增高,在产卵期的中期达到顶峰,在产卵期的后期又随着时间逐渐降低,只是斯氏钝绥螨在停止前还有短暂产生雌性后代高峰的现象;苏氏副绥伦螨、黄瓜新小绥螨、东方钝绥螨均在产卵期的前期产生较多的雌性后代,随着年龄的增加,雌性后代也随之缓慢减少,东方钝绥螨在停止前也有短暂产生雌性后代高峰的现象。

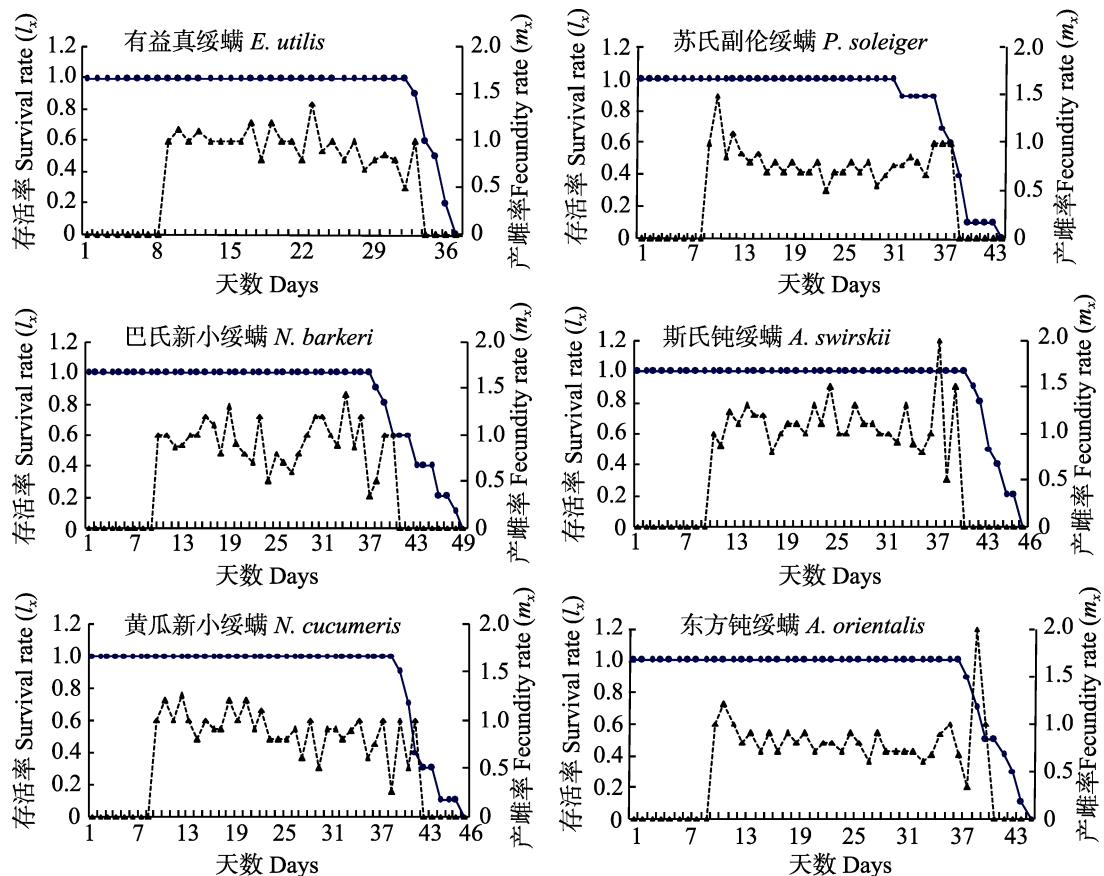


图 1 6种植绥螨以蓟马为猎物的存活率和平均产雌率曲线

Fig. 1 The curves of age-specific survival rate (l_x) and age-specific fecundity rate (m_x) for six species of phytoseiid predators fed on *Frankliniella occidentalis*

...▼...存活率 Age-specific survival rate (l_x); -●-平均产雌率 Age-specific fecundity rate (m_x).

3 结论与讨论

西花蓟马为渐变态昆虫,生活史可分卵、若虫、蛹和成虫 4 个阶段,卵主要产在植物组织内,主要以 1 龄、2 龄若虫进行取食而称为幼虫阶段,3 龄、4 龄若虫不取食称为蛹阶段(Liu *et al.*, 2005)。文献表明植绥螨只能对西花蓟马 1 龄幼虫进行攻击并捕食(Bakker and Sabelis, 1989; van der Hoeven and van Rijn, 1990; Shipp and Whitfield, 1991),当西花蓟马达到 2 龄以后,西花蓟马反而会对植绥螨造成威胁,可用其尾部的强烈摆动去攻击植绥螨(Bakker and Sabelis, 1989; de Bruijn *et al.*, 2005),并且还会从肛门分泌液体排泄物充当防御工具(Bakker and Sabelis, 1989)。因此,西花蓟马只有 1 龄若虫最易受捕食螨的攻击。本实验主要选取西花蓟马 1 龄若虫作为猎物进行了研究。

在光照 16L:8D、温度 25℃、相对湿度 80% 的条件下,西花蓟马能够满足 6 种植绥螨的生长发育,6 种植绥螨所产卵的孵化率达到 100%。

6 种植绥螨取食西花蓟马后,斯氏钝绥螨产卵总量最多(43.20±1.98)粒,黄瓜新小绥螨次之;斯氏钝绥螨和有益真绥螨的日均产卵量最多,分别为(1.69±0.07)粒、(1.67±0.02)粒;斯氏钝绥螨的雌雄性比最高(1.77:1),其次为巴氏新小绥螨(1.64:1),有益真绥螨与黄瓜新小绥螨的性比相同(1.63:1);净增殖率 R_0 由雌成螨在全世代周期内所繁殖的雌性后代决定,斯氏钝绥螨的净生殖率最高($R_0=33.15$),其次为黄瓜新小绥螨($R_0=26.39$)和巴氏新小绥螨($R_0=26.19$);斯氏钝绥螨、黄瓜新小绥螨、巴氏新小绥螨的雌成螨寿命相对较长,分别为 43.8、37.8、37.75 d。因此,斯氏钝绥螨、黄瓜新小绥螨和巴氏新小绥螨以西花蓟马为猎物具有很好的发育和繁殖潜力,与实践中这几种植绥螨得以广泛应用于控制西花蓟马是一致的(Ramakers, 1980; Gillespie, 1989; van Houten and van Stratum, 1993; Bolckmans *et al.*, 2005; Messelink *et al.*, 2008; 张东旭等, 2013)。

有益真绥螨的全世代平均周期最短($T=$

19.36 d),内禀增长率($r_m=0.16$)和周限增长率($\lambda=1.17$)均最大,种群倍增时间则最短($t=4.33$ d)。有益真绥螨虽然日均产卵量较高,但因其寿命相对较短,导致其总产卵量降低,这可能是由于在实验室内有益真绥螨仅靠花粉在黄瓜叶片上饲养还不能够建立持久稳定的种群,有待今后进一步的研究。

张金平(2008)在温度(24±1)℃、相对湿度 90%±5%的条件下,以西花蓟马 1 龄若虫为猎物组建了巴氏新小绥螨的实验种群生命表,获得巴氏新小绥螨全世代平均历期($T=22.17$ d)和种群倍增时间($t=4.64$ d)都略短于本实验中的结果($T=23.42$ d, $t=4.97$ d),而净增殖率($R_0=27.37$)、内禀增长率($r_m=0.15$)和周限增长率($\lambda=1.16$)均略高于本实验中的结果($R_0=26.19$, $r_m=0.14$, $\lambda=1.15$)。造成这样差异的原因可能是实验条件、西花蓟马地理种群和寄主植物的不同所致。

已知西花蓟马的种群增长参数净生殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)在 25℃时达到最高值,分别为 20.1、0.178,并且在黄瓜上的内禀增长率最高,达到 0.208(张治军等, 2012);Hulshof 等(2003)在同样条件下获得西花蓟马取食黄瓜的内禀增长率为 0.163。将获得的植绥螨的参数值与猎物的相关参数值进行比较,可知本研究中 6 种植绥螨的净生殖率均大于西花蓟马的净生殖率,但内禀增长率均小于西花蓟马的内禀增长率,说明 6 种植绥螨以西花蓟马为食时的瞬时种群增长率低于西花蓟马的瞬时种群增长率。在这种情形下,植绥螨是否还能有效抑制蓟马种群数量的增长?已有的研究证明,植绥螨如黄瓜新小绥螨只能有效攻击蓟马的 1 龄幼虫和早期 2 龄幼虫(Bakker and Sabelis, 1989; van der Hoeven and van Rijn, 1990),而且该捕食螨以蓟马为食时的捕食率和产卵率都相对较低(van Houten *et al.*, 1995),然而,温室实验结果显示在交替食物如花粉出现时可提高捕食螨的种群增长率,从而导致蓟马种群数量降低(van Rijn *et al.*, 2002)。同时,“捕食螨-蓟马”体系和“捕食螨-其他猎物”体系不同,因为捕食螨和蓟马可以同时取食

花粉, 因此, 即使在这样的情形下, 捕食螨仍然能够通过替代食物有效抑制商业温室中的蓟马 (Ramakers, 1980; Gillespie, 1989; van Houten and van Stratum, 1993)。

我们这里研究的植绥螨都有着略低于猎物的种群增长率, 但若能以替代食物如花粉为食, 便可在一定程度上增加植绥螨的生殖力和促进捕食螨幼期存活率, 从而对捕食螨的数量有着积极的作用, 因此有待今后进一步研究替代食物在植绥螨控制西花蓟马种群数量的作用。

本地植绥螨有益真绥螨取食西花蓟马后具有较高的内禀增长率而表现突出, 而且其来自以花粉饲养的种群, 今后可在低猎物水平下存活, 从而有利于其对西花蓟马长期地保持较稳定的控制作用, 是本地防治西花蓟马较有潜力的多食性植绥螨。

参考文献 (References)

- Andrewartha HG, Birch LC, 1954. The Distribution and Abundance of Animals. Chicago: University of Chicago Press. 1–506.
- Bakker FM, Sabelis MW, 1989. How larvae of *Thrips tabaci* reduce the attack success of phytoseiid predators. *Entomol. Exp. Appl.*, 50(13): 47–51.
- Bolckmans K, van Houten Y, Hoogerbrugge H, 2005. Biological control of whiteflies and western flower thrips in greenhouse sweet peppers with the phytoseiid predatory mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Davos, Switzerland: Proceedings 2nd International Symposium on Biological Control of Arthropods. 555–565.
- Zhang ZJ, Zhang YJ, Xu BY, Zhu GR, Wu QJ, 2012. The impact of temperature on the growth and development, breeding and the population growth to the western flower thrips. *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.]
- de Bruijn PJA, Egas M, Janssen A, Sabelis MW, 2005. Pheromone-induced priming of a defensive response in western flower thrips. *Chem. Ecol.*, 32(7): 1599–1603.
- Gillespie DR, 1989. Biological control of thrips (Thysanoptera: thripidae) on greenhouse cucumber by *Amblyseius cucumeris*. *Entomophaga*, 34(2): 185–192.
- Guo JH, Meng RX, Zhang DX, Yin YF, Jia YH, Liu WM, 2016. Intraguild predation and cannibalism in the phytoseiid mites *Euseius utilis* and *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(5): 560–567. [郭建晗, 孟瑞霞, 张东旭, 尹云飞, 贾永红, 刘文明, 2016. 有益真绥螨与巴氏新小绥螨的集团内捕食和同类相残作用. *昆虫学报*, 59(5): 560–567.]
- Hulshof J, Ketoja E, Vanninen L, 2003. Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 108(1): 19–32.
- Lee HS, Gillespie DR, 2011. Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. *Exp. Appl. Acarol.*, 53(1): 17–27.
- Liu ZS, Yang XX, Ding YM, 2005. Bionomics of *Frankliniella occidentalis*. *Plant Quarantine*, 19(3): 138–141.
- Lv YB, Zhang ZJ, Wu QJ, 2011. The western flower thrips invasive pests prevention and control technology research and demonstration. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 488–496. [吕要斌, 张治军, 吴青君, 等, 2011. 外来入侵害虫西花蓟马防控技术与示范. *应用昆虫学报*, 48(3): 488–496.]
- Meng RX, Janssen A, Nomiko M, Zhang QW, Sabelis MW, 2006. Previous and present diets of mite predators affect antipredator behaviour of whitefly prey. *Exp. Appl. Acarol.*, 38: 113–124.
- Meng RX, Sabelis MW, Janssen A, 2012. Limited predator-induced dispersal in whiteflies. *PLoS ONE*, 7(9): 1–6.
- Meng RX, Zhang QW, Liu XX, 2007. Recent progress in biological control of *Bemisia tabaci* with 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进展. *昆虫知识*, 44(6): 798–803.]
- Messelink GJ, van Maanen R, van Steenpaal SEF, Janssen A, 2008. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: two pests are better than one. *Biological Control*, 44(3): 372–379.
- Nomikou M, Janssen A, Schraag R, Sabelis MW, 2002. Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. *Exp. Appl. Acarol.*, 27(1/2): 57–68.
- Peng YQ, Meng RX, Zhang DX, Zhang PF, Han YH, 2013. Cannibalism and intraguild predation of phytoseiid mites *Neoseiulus barkeri* and *Neoseiulus cucumeris*. *Chinese Journal of Ecology*, 32(7): 1825–1831. [彭永强, 孟瑞霞, 张东旭, 张鹏飞, 韩玉花, 2013. 两种植绥螨同类相残和集团内捕食作用. *生态学杂志*, 32(7): 1825–1831.]
- Ramaker PMJ, 1980. Biological control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) with *Amblyseius* spp. (Acari: Phytoseiidae). *Bull. SROP/WPRS*, 3(3): 203–207.

- Shipp JL, Whitfield GH, 1991. Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*, 20(2): 694–699.
- van der Hoeven WAD, van Rijn PCJ, 1990. Factors affecting the attack success of predatory mites on thrips larvae. *Proc. Exp. Appl. Entomol.*, 1: 25–30.
- van Houten YM, van Rijn PCJ, Tanigoshi LK, van Stratum P, Bruin J, 1995. Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. *Entomol. Exp. Appl.*, 74(3): 225–234.
- van Houten YM, van Stratum P, 1993. Biological control of western flower thrips in greenhouse sweet peppers using non-diapausing predatory mites. *Proc. Exp. Appl. Entomol.*, 4: 229–234.
- van Rijn PCJ, van Houten YM, Sabelis MW, 2002. How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. *Ecology*, 83(10): 2664–2679.
- Wan FH, Guo JY, Wang DH, 2002. Invasive biological hazards and management countermeasures in China. *Biodiversity Science*, 10(1): 119–125. [万方浩, 郭建英, 王德辉, 2002. 中国外来入侵生物的危害与管理对策. 生物多样性, 10(1): 119–125.]
- Wu WN, Ou JF, Huang JL, 2009. Fauna Sinica, Invertebrata, Vol. 47. Arachnida, Acari, Phytoseiidae. Beijing: Science Press. [吴伟南, 欧剑峰, 黄静玲, 2009. 中国动物志, 无脊椎动物, 第 47 卷. 蛛形纲, 蜱螨亚纲, 植绥螨科. 北京: 科学出版社. 1–511.]
- Wu SY, Xu XN, Wang ED, 2009. Comparison of chestnut response and cucumber new small cucumeris on western flower thrips nymph functional response. *Chinese Journal of Biological Control*, 25(4): 295–298. [吴圣勇, 徐学农, 王恩东, 2009. 栗真绥螨和黄瓜新小绥螨对西方花蓟马初孵若虫功能反应的比较. 中国生物防治学报, 25(4): 295–298.]
- Xu XN, Lv JL, Wang ED, 2013. Review of research on predatory mites and its applications in China. *China Plant Protection*, 33(10): 26–34. [徐学农, 吕佳乐, 王恩东, 2013. 捕食螨在中国的研究与应用. 中国植保导刊, 33(10): 26–34.]
- Zhang DX, Meng RX, Zhang PF, Jia YH, Peng YQ, Han YH, 2013. Study on the foraging ability of the predatory mite *Neoseiulus barkeri*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(1): 203–209. [张东旭, 孟瑞霞, 张鹏飞, 贾永红, 彭勇强, 韩玉花, 2013. 巴氏新小绥螨对猎物搜寻能力的研究. 应用昆虫学报, 50(1): 203–209.]
- Zhang JP, Fan QH, Zhang F, 2008. Evaluation of the potential biocontrol capability of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera, Thripidae) based on life table. *Journal of Environmental Entomology*, 30(3): 229–232. [张金平, 范青海, 张帆, 2008. 应用实验种群生命表评价巴氏新小绥螨对西花蓟马的控制能力. 环境昆虫学报, 30(3): 229–232.]
- Zhang PF, Meng RX, Zhang DX, Jia YH, Peng YQ, Han YH, 2012. Newly recorded species of phytoseiid predators in Inner Mongolia. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 33(3): 16–19. [张鹏飞, 孟瑞霞, 张东旭, 贾永红, 彭勇强, 韩玉花, 2012. 内蒙古地区植绥螨的新记录种. 内蒙古农业大学学报, 33(3): 16–19.]
- Zhang YJ, Wu QJ, Xu BY, Zhu GR, 2003. Dangerous invasive creatures-The western flower thrips occurred in Beijing. *Journal of 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 YL, 2012. An investigation of predatory mites in Gansu Province and ontogenetic study on *Euseius utilis* Liang *et* Ke. Master thesis. Lanzhou: Gansu Agricultural University. [张亚玲, 2012. 甘肃省捕食螨资源调查及有益真绥螨个体发育形态学研究. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学.]