

网络出版时间:2018-09-06 17:30

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.03.007

网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20180906.1723.014.html

似士维螨实验种群的生殖力、性比率和世代期

赵利敏,郭素芬,王琦,马桂兰

(陕西理工大学 生物科学与工程学院/陕西省资源生物重点实验室,陕西 汉中 723001)

【摘要】【目的】研究产卵时段和培养温度对似士维螨(*Schwiebea similis* Manson (蜱螨目:粉螨科))亲代雌螨生殖力、子代性比率和世代期的影响,为防治西洋参新害虫提供理论依据。【方法】采用二因素试验设计,因素 A 为亲代雌螨群产卵时段,设 3 个水平,分别为每批 34 头亲代雌螨在夜间产卵 12 h (N12h)、白天产卵 12 h (D12h)、昼夜产卵 24 h (DN24h);因素 B 为培养温度(T),设 9 个水平,分别为 11.0、12.0、14.9、17.7、21.0、23.7、27.1、30.0 和 33.0 $^{\circ}\text{C}$ 。将子代卵、幼螨和若螨用群体培养法培养,统计各有效组合内子代雌、雄螨数及世代期,计算亲代雌螨均殖数(PCR)、子代性比率和世代期均值(N),并使均值服从方差分析;计算世代发育起点温度(C)和有效积温(K),并组建 N 与 T 间的倒数模型。【结果】亲代雌螨昼夜产卵,由此 2 时段内所产卵粒育活的子代成螨数近似,PCR 均值间差异不显著($P>0.05$)。在 11.0~27.1 $^{\circ}\text{C}$,子代全螨 PCR 均值达 13.9 头/d,而在 23.7 $^{\circ}\text{C}$ 最高为 16.2 头/d。产卵时段和培养温度对子代雌雄性比率都无显著影响($P>0.05$),均值 1.10,有波动但无定向偏差。培养温度对子代成螨世代期的影响极显著($P<0.01$),世代期随温度的上升而骤降。子代全螨世代期 N 与温度 T 间的倒数模型为: $N=K/(T-C)=(184.3\pm 4.55)/[T-(8.43\pm 0.28)]$;估算此螨在当地发生 6~9 代/年。【结论】昼夜节律不影响似士维螨的产卵习性,亲代雌螨均殖数显示其有高产特例,子代雌雄性比率反映其种群结构,而倒数模型揭示其生理学时期,并为估算其田间种群增长趋势提供基本参数。

【关键词】似士维螨;西洋参;群体培养;倒数模型

【中图分类号】Q968.1;S435.675

【文献标志码】A

【文章编号】1671-9387(2019)03-0044-08

Fecundity, sex ratio and generation time of laboratory populations of *Schwiebea similis* (Acari: Acaridae)

ZHAO Limin, GUO Sufen, WANG Qi, MA Guilan

(College of Bioscience and Engineering/Shaanxi Key Laboratory of Bioresources,
Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723001, China)

Abstract: 【Objective】Impacts of both ovipositional period and rearing temperature on fecundity of parental females, filial sex ratio and generation time of the root mite *Schwiebea similis* Manson (Acari: Acaridae) were studied to provide theoretical basis for control of the new pest on American ginseng *Panax quinquefolium* L. 【Method】A two-factor experiment design was adopted, factor A was ovipositional period of parental females with 3 levels, in that a batch of 34 parental females was allowed to lay eggs at night for 12 hours (N12h), in daytime for 12 hrs (D12h), and in a whole day for 24 hrs (DN24h), respectively; Factor B was rearing temperature (T) with 9 gradients, at 11.0, 12.0, 14.9, 17.7, 21.0, 23.7, 27.1, 30.0 and 33.0 $^{\circ}\text{C}$ respectively. Filial eggs, larvae and nymphs were reared colonially. Numbers of filial females and males were counted and their generation time from egg to adult was measured in each valid combination. Per capi-

【收稿日期】2017-12-08

【基金项目】陕西省自然科学基金重点项目(2009JZ006)

【作者简介】赵利敏(1954—),男,陕西汉中人,教授,博士,主要从事昆虫学、植物保护学及有害生物综合治理(IPM)研究。

E-mail: zhaolm168@aliyun.com

ta reproduction (PCR) of parental females, filial sex ratio of female to male, and filial mean generation time (N) were calculated, and means were subjected to an ANOVA. Threshold temperature (C) and thermal constant (K) of filial adult mites were calculated, and 3 reciprocal models between N and T were then established. 【Result】 Parental females laid eggs day and night, and their fecundities in the 2 periods were similar, without significant difference at $P > 0.05$. PCR averaged as high as 13.9 filial mites a whole day in the range from 11.0 to 27.1 °C, and their peak was 16.2 filial mites at 23.7 °C. Both ovipositional period and rearing temperature had no significant impact on filial sex ratios, and the mean was 1.10, fluctuating slightly without directional drift. Rearing temperature influenced generation time of the filial adults significantly at $P < 0.01$, and N decreased sharply with T . The reciprocal model for N of all the filial adult mites on T was ($m \pm SE$): $N = K / (T - C) = (184.3 \pm 4.55) / [T - (8.43 \pm 0.28)]$, and theoretical generations of the mite were estimated 6 to 9 a year when occurring in local areas. 【Conclusion】 The rhythm of day and night does not influence ovipositional behavior of *S. similis*. The PCR values indicate a special example for higher reproduction by the parental females tested. The sex ratios reflect the mode of its populations. The reciprocal models built herein reveal physiological time of the mite, and have provided some basic parameters for estimation of its population growth trends in the field.

Key words: *Schwiebea similis*; *Panax quinquefolium*; colonial rearing; reciprocal model

西洋参(*Panax quinquefolium* L.)自1978年引种陕西省汉中地区,随后在留坝县得以扩大种植^[1]。为了护苗保收,当地科技部门注重西洋参田病虫害的调查及防治,已记载病虫20余种^[2-3]。然而,近10年来的田间调查结果显示,一些新害虫正在西洋参种植区内频繁发生,并与原有病虫混合危害,已造成严重损失^[4-6]。新害虫包括根螨类和其他物种,其中当地新记录种似土维螨(*Schwiebea similis* Manson)^[7-9]在田间根螨类种群数量中占优势,它蛀食西洋参幼苗芦头和宿根上段,使其寄主加速死亡,亟待研究治理^[10]。

Manson^[7]以学名 *Schwiebea similis* 记述了采自澳大利亚大丁草属(*Gerbera*)根部和中国香港芋属(*Colocasia*)根部的螨虫新种。Karg^[8]提供了土维螨属内30个种的检索表。江镇涛^[9]在江西南昌采得1头雌性 *S. similis*,并为它指定了中文名“似土维螨”。Okabe等^[11]采用主成分分析法(PCA)和典型判别分析法(CAD),并根据雌螨受精囊形态学的相容性差异,确认似土维螨等3种螨虫为不同的形态学物种。Nishimura等^[12]鉴定了似土维螨的雌性信息素。Okabe等^[13]确认似土维螨营有性生殖,此行为使雌螨与雄螨的分别观测获得意义。郭素芬等^[14]检测了似土维螨对9种作物的取食选择性。赵利敏等^[10,15-17]报道了似土维螨对西洋参根的取食量及其繁殖潜势,介绍了似土维螨和其他新害虫的播前化防技术,确定了此螨对西洋参的经济危害水平和经济阈值,并描述了此螨的形态分类学特征。

但迄今尚未见有关似土维螨种群结构、世代期、发育起点温度、有效积温以及昼夜节律对产卵习性影响的研究报道。

昆虫、螨虫等变温动物发育起点温度和有效积温的测算,常以活体单头培养法为基础,再按有效积温法则计算^[18-23],但是单头培养法对根螨类并不适用。为测算刺足根螨的发育起点温度和有效积温,胡英华等^[24]设置5阶恒温予以培养,对其子代进行了群体培养。李全平等^[25]设置6阶恒温培养罗宾根螨,同样应用了群体培养法。似土维螨活动虫态随机乱爬,不像叶螨类那样可被(叶盘)周边的水界阻止外逃^[22,26-27],难以单头培养;笔者尝试以湿沙皿法进行群体培养,从而解决了它的定量培养与观测难题^[10]。预试验结果显示,似土维螨活动虫态在9 °C以下趋于蛰伏,在9 °C以上转入爬行、取食和繁殖,而在30 °C以上又转入蛰伏或死亡,这种信息为在正式试验中设置供试温度范围提供了参考;似土维螨卵粒色淡,长约120 μm,极易与湿润且呈淡黄色的参根粉混合,常使卵粒的精确计数和定量接转成为难题,这种现象提醒作者尝试以限定雌螨产卵时段法控制供试卵量,同时亦可与检测昼夜节律效应相联系。螨虫样本的随机误差相对较大^[28],因而需要扩大似土维螨样本量以提高试验精度。

为了确定温度对似土维螨生长和发育的影响,探索雌螨产卵习性,参考上述预试结果和经验,本研究设计、实施亲代雌螨群产卵时段与子代个体完成世代发育期间所处培养温度互作的二因素试验,以

群体培养法培养子代螨虫群,观测并分析子代成螨数、性比率和世代期均值,根据有效积温法则计算世代发育起点温度和有效积温,建立似土维螨世代期随培养温度定量变化的倒数模型,为估算其田间种群增长趋势、最终为防治这种新害虫提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试螨虫

似土维螨的活体标本采自陕西省留坝县西洋参种植区。从遭受病虫危害的西洋参残根上挑取活螨,置于数个含有湿润细沙和西洋参根粉的培养皿内,在 21 ℃ 分离并继代培养,获得供试螨虫的室内原种群。

1.2 试验设计与处理

本试验采用二因素混合水平试验设计^[29-30]。因素 A 为亲代雌螨群产卵时段,设 3 个水平(处理):N12h,每批 34 头雌螨在夜间产卵 12 h;D12h,每批 34 头雌螨在白天产卵 12 h;DN24h,每批 34 头雌螨昼夜产卵 24 h。这 3 项处理以先后顺序实施,产卵时段总长 48 h。因素 B 为子代个体完成世代发育期间所处的培养温度,设 9 个水平(处理),分别为 11.0,12.0,14.9,17.7,21.0,23.7,27.1,30.0 和 33.0 ℃,利用 9 台恒温培养箱(250D 型 5 台,金坛市杰瑞尔电器有限公司;PQX-280A-12HM 型 4 台,宁波莱福科技有限公司)实施。试验共含 27 个组合,重复观测次数等于试验结束时育出的子代成螨数:在 11.0 ~ 27.1 ℃ 的 21 个有效组合内共育出子代成螨 6 597 头,各组合内螨虫数为 124~544 头。

1.3 接种、培养与观测

具体接种步骤为:取 27 个聚乙烯塑料培养皿(直径 9 cm),向每皿内加入 20 g 灭菌细沙土(过孔径 0.30 mm 筛),滴入灭菌水并振动使细沙匀平,吸出余水;向湿沙土表面撒入约 0.2 g 灭菌西洋参根粉(过孔径 0.36 mm 筛),制成专用湿沙皿。借助连续变倍体视显微镜(XTS2021 型,北京泰克仪器有限公司)和毛发移虫针,从 3 个原种群培养皿内挑出活跃且健壮的亲代雌螨,每皿 3 批,每批 34 头(共 9 批 306 头),分别接入首轮 9 个专用湿沙皿内,转入 21 ℃ 恒温培养箱使其在夜间产卵 12 h (N12h 处理);待亲代雌螨群产卵时段结束,予以逐皿逐头挑出,分别接转于第 2 轮的 9 个专用湿沙皿内,放入 21 ℃ 箱使其在白天产卵 12 h (D12h 处理);待亲代雌螨群产卵时段结束,予以逐皿逐头挑出,分别接转于第 3 轮的 9 个专用湿沙皿内,再放入 21 ℃ 箱使其

昼夜产卵 24 h (DN24h 处理)。及时将已挑出亲代雌螨群的每轮 9 个载卵湿沙皿按序分别转入 9 台恒温箱内,后将后一轮的载卵湿沙皿按序放入温度高一阶的恒温箱内;此时末皿则被转入最低温阶的恒温箱内。如此成批准备、转移、安排并培养供试螨虫卵,可使曝露于各阶温度的卵粒总数大体一致。

在试验、培养期内随机镜检各恒温培养箱中各专用湿沙皿内的子代卵、幼螨和若螨的发育进度;同时酌情向各皿内加水和参根粉,维持子代螨虫群正常生活。待子代第 2 若螨蜕皮后变为新成螨之日,立即将其从各皿内逐一挑出,记载成熟日期和子代雌、雄螨数,直至皿内无活螨时为止。试验于 2014 年在陕西理工大学内完成。

1.4 数据统计与分析

1.4.1 数组及其构成 鉴于本试验在 30.0 和 33.0 ℃ 未育出子代成螨,因而舍去这 2 个温度处理的数据;其余 7 项温度处理的 21 个组合中均育出了子代成螨,称为有效组合。

以承载每个有效组合的湿沙皿为统计单元,对同皿内育出的子代雌、雄螨数分别求和,从而得到雌螨和值与雄螨和值,再对这 2 个和值求和而得全螨和值(即出自同皿的全体子代成螨数)。对 21 个有效组合的这 3 类和值分别除以 34 (接种时所用亲代雌螨数)而得其商,简称亲代雌螨均殖数(per capita reproduction by parental females, PCR)^[10,31]。这 3 类 PCR 值分别组成雌、雄、全螨数组,都呈二维结构,各含 21 个均值。将同一温度下各组合内 N12h 与 D12h 处理的 PCR 值相加,派生出 1 项产卵时长 24 h 的新处理,命名为“N12h + D12h”,以便与 DN24h 处理相比。

根据各皿内子代雌、雄螨数之和计算性比率,构成雌雄性比率组,也呈二维结构。

分别统计各皿内每头子代个体由卵发育至新成螨的历期,简称世代期(D)。按雌、雄、全螨属性将所有 D 值分为 3 组,即雌、雄、全螨世代期组,都呈三维结构(每个有效组合内含 124~544 个 D 值)。在每个有效组合内,以每日子代雌、雄、全螨数为频数(f),将 f 值和 D 值代入公式 $N = 1/n \cdot \sum_{i=1}^m f_i D_i$,计算子代成螨在相应组合内的世代期均值(N)^[29-30]。同理,将这些 N 值分为 3 组,称为雌、雄、全螨世代期均值组,都呈二维结构,各含 21 个均值。

1.4.2 各数组的方差分析 首先检测因素 A 与 B

的交互作用,分别将雌、雄、全螨世代期组内的所有 D 值纳入 F 检验^[30]。结果显示,所得交互项 F 值都很小,且都不显著($F=0.003\sim0.007,P>0.99$),因此不予考虑因素 A 与 B 的交互作用。于是直接以每项有效组合的世代期均值 N 代替原值 D 入算,通过降维法大幅度简化分析步骤。

采用与二因素试验相匹配的二维数组方差分析法,分别对上述 7 个二维数组进行分析^[29-30]。先对各数组做 Bartlett 方差齐性检验和 Tukey 可加性检验^[29],对未通过检验之数组的值进行平方根变换以使此数组通过这两项检验,然后进行 F 检验;同时分别对因素 A 或 B 内的不同处理进行 q 法多重比较(Student-Newman-Keuls' multiple range test),且酌情反转表达分析结果^[29-30]。

1.4.3 世代期与培养温度的相关性 & 回归分析
依据有效积温法则^[18-20],分别将雌、雄、全螨世代期均值 N 转为其倒数 V 得发育速率,并将对应的培养温度设为变量 T 。经由最小二乘法计算各数组内 V 与 T 间的直线相关系数 r ,查验其显著性;拟合二者间的直线回归方程 $T=a+bV$,直接获得截距 a (其生物学意义为发育起点温度 C)和斜率 b (有效积温 K);计算 C 和 K (即 a 和 b)的标准误 s_C 和 s_K 。再

将变量 V 反转为 N 并移项,以 K 代 b ,以 C 代 a ,从而获得倒数方程 $N=K/(T-C)$ ^[5,19-21]。由新建的倒数方程分别估算子代雌、雄、全螨世代期理论值,对实际观测值做 χ^2 检验,以获得新建方程的适合概率^[29-30]。

2 结果与分析

培养结果显示,在 30.0℃ 培养的子代卵仅有少数孵化为幼螨,但均在幼螨和第 1 若螨期死亡;在 33.0℃ 培养的子代卵皆未孵化,这两项温度处理的数据在方差分析过程中被舍弃,导致培养温度由原来实施的 9 阶降为实际生效的 7 阶,故本研究结果都以这 7 阶有效温度处理数据为基础进行分析。

2.1 亲代雌螨产卵时段对亲代雌螨均殖数、子代性比率和世代期的影响

由表 1 的 F 检验结果可见,以产卵时段为处理时,亲代雌螨均殖数 PCR 栏下关于子代雌、雄和全螨数的 F 值均达极显著水平($P<0.01$),表明亲代雌螨产卵时段对 PCR 影响极大;而子代成螨雌雄性比率及子代雌、雄、全螨世代期的 F 值均不显著($P>0.05$),表明不同的亲代雌螨产卵时段仅对子代性比率和世代期均值引起随机误差。

表 1 亲代雌螨产卵时段对似土维螨亲代雌螨均殖数、子代性比率和世代期的影响(以子代成螨计, $m\pm SE$)
Table 1 Influences of ovipositional period of parental females on per capita reproduction (PCR) by parental females of *Schwiebea similis*, filial sex ratio and generation time (in terms of filial adult mites, $m\pm SE$)

产卵时段 Ovipositional period	亲代雌螨均殖数 PCR			雌雄性比率 Sex ratio of female to male	世代期均值 N/d Mean generation time		
	子代雌螨 Filial females	子代雄螨 Filial males	子代全螨 Both sexes		子代雌螨 Filial females	子代雄螨 Filial males	子代全螨 Both sexes
F 值 F value	29.7**	22.4**	27.5**	1.80 ns	0.77 ns	1.14 ns	0.98 ns
N12h	3.8±0.4 b	3.8±0.4 b	7.6±0.8 b	1.01±0.05 a	28.3±7.5 a	27.8±7.4 a	28.1±7.5 a
D12h	3.8±0.4 b	3.3±0.4 b	7.2±0.7 b	1.18±0.10 a	29.2±7.9 a	28.5±7.6 a	28.9±7.8 a
DN24h	6.8±0.5 a	6.2±0.5 a	13.0±1.0 a	1.10±0.06 a	29.1±7.8 a	28.5±7.6 a	28.8±7.7 a
N12h+D12h	7.6±0.4 a	7.1±0.4 a	14.7±0.7 a				

注: ** 表示差异极显著($P<0.01$, F 检验); ns 表示差异不显著($P>0.05$, F 检验)。同列数据后标不同大写或小写字母表示差异极显著($P<0.01$)或差异显著($P<0.05$, q 检验)。表 2 同。
Note: ** indicates extremely significant difference at $P<0.01$ by F -test. ns indicates insignificant difference at $P>0.05$ by F -test. Different uppercase and lowercase letters indicate extremely significant difference at $P<0.01$, and significant difference at $P<0.05$ by q -test. The same for Table 2.

表 1 中的 q 检验结果表明, N12h 与 D12h 处理的 PCR 均值间无显著差异($P>0.05$),但二者都较 DN24h 处理的 PCR 均值显著下降($P<0.05$),说明亲代雌螨在白天和夜间时段内所产卵数近似,且半日所产卵数远低于全日所产卵数,前者约占后者的 1/2; DN24h 处理的 PCR 均值比内插的“N12h+D12h”处理值略小,但二者间无显著差异($P>0.05$)。不同产卵时段处理的子代雌雄性比率及子

代雌、雄、全螨世代期均值 N 间差异均不显著($P>0.05$),说明这些差异都属于随机误差。

2.2 培养温度对亲代雌螨均殖数、子代性比率和世代期的影响

由表 2 的 F 检验结果可见,以培养温度为处理时,亲代雌螨均殖数 PCR 栏下关于子代雌、雄和全螨数以及子代雌雄性比率的 F 值都不显著($P>0.05$),表明在 11.0~27.1℃, 培养温度仅对 PCR

以及子代雌雄性比率产生随机影响;子代雌、雄、全螨世代期均值的 F 值均达极显著水平($P<0.01$),表明培养温度对世代期影响极大。

表 2 中的 q 检验结果表明,PCR 在培养温度为 17.7、23.7 和 27.1℃时均较高,但与其他温度处理相比差异不显著。子代雌雄性比率均值间差异不显著($P>0.05$),但其均值大于 1,说明雌螨数量较多。子代雌、雄、全螨世代期均值间差异极显著($P<$

0.01);随着培养温度升高,雌、雄、全螨世代期迅速缩短($P<0.01$)。

表 2 中的 PCR 值是各阶温度下 N12h、D12h 和 DN24h 这 3 项处理值的平均值,表示由亲代雌螨在 16 h 内所产卵粒育活的子代成螨数均值,须分别乘以 1.5 才能转换为整日均值。以子代全螨数为例,转换后的 PCR 均值在 11.0~27.1℃达 13.9 头/d,而在 23.7℃为最高 16.2 头/d。

表 2 培养温度对似土维螨亲代雌螨均殖数、子代性比率和世代期的影响(以子代成螨计, $m\pm SE$)

Table 2 Influences of rearing temperatures on per capita reproduction (PCR) by parental females of *Schwiebea similis*, filial sex ratio and generation time (in terms of filial adult mites, $m\pm SE$)

培养温度/℃ Rearing temperature	亲代雌螨均殖数 PCR			雌雄性比率 Sex ratio of female to male	世代期均值 N/d Mean generation time		
	子代雌螨 Filial females	子代雄螨 Filial males	子代全螨 Both sexes		子代雌螨 Filial females	子代雄螨 Filial males	子代全螨 Both sexes
F 值 F value	1.00 ns	0.86 ns	0.86 ns	1.49 ns	813.1**	1901**	1192**
11.0	4.1±1.3 a	3.9±1.3 a	8.0±2.6 a	1.08±0.08 a	63.6±1.7 A	62.5±0.9 A	63.0±1.3 A
12.0	4.4±1.1 a	3.6±1.1 a	8.0±2.2 a	1.29±0.18 a	47.6±1.0 B	46.6±0.6 B	47.2±0.8 B
14.9	4.6±0.4 a	4.2±0.6 a	8.8±0.9 a	1.13±0.14 a	34.2±1.0 C	33.0±0.7 C	33.6±0.9 C
17.7	5.6±1.5 a	4.5±0.9 a	10.1±2.4 a	1.22±0.12 a	20.5±0.5 D	20.0±0.4 D	20.2±0.5 D
21.0	4.2±0.5 a	4.4±0.7 a	8.6±1.3 a	0.97±0.06 a	14.1±0.1 E	14.0±0.1 E	14.0±0.1 E
23.7	5.5±1.4 a	5.3±1.2 a	10.8±2.6 a	1.04±0.05 a	11.8±0.1 F	11.7±0.1 F	11.8±0.1 F
27.1	5.2±1.4 a	5.3±1.4 a	10.4±2.8 a	0.98±0.01 a	10.2±0.2 F	10.2±0.2 G	10.2±0.2 G

注:PCR 值表示亲代雌螨在 16 h 内所产卵粒育活的子代成螨数均值 [(N12h+D12h+DN24h)/3]。

Note:These PCR values indicate mean numbers of filial adult mites developed from eggs laid by parental females in 16 hours [(12 h+12 h+24 h)/3].

2.3 子代成螨世代期与培养温度间的倒数模型

由表 3 可见,子代雌、雄、全螨世代发育速率 V 与培养温度 T 间的直线相关系数 r 达极显著水平($P<0.001$),说明二者间关系十分密切;似土维螨的世代发育起点温度 C 为 8.36~8.49℃,其中雌螨 C 值比雄螨略高,而全螨 C 值居中;世代有效积温 K 为 184.3~184.4(℃·d),其中雌螨 K 值与雄螨相等,全螨 K 值略低。 χ^2 检验表明,新建的子代成螨世代期倒数方程对实际观测值的适合概率为

0.979~0.998,说明理论值与实际观测值高度吻合。

将表 3 中的 C 、 K 及 s_C 、 s_K 代入倒数方程 $N=K/(T-C)$,可得到似土维螨世代期随培养温度定量变化的倒数模型:雌螨, $N=(184.4\pm4.67)/[T-(8.49\pm0.28)]$;雄螨, $N=(184.4\pm4.40)/[T-(8.36\pm0.27)]$;全螨, $N=(184.3\pm4.55)/[T-(8.43\pm0.28)]$ 。鉴于这 3 个倒数模型十分相似,在实际应用时可用全螨模型而不必区分螨虫的性别。

表 3 似土维螨世代发育速率对培养温度的直线相关系数、发育起点温度和有效积温及其标准误

Table 3 Linear correlation coefficients (r) between developmental rates (V) of *Schwiebea similis* in one generation and rearing temperatures (T),threshold temperatures (C) and thermal constants (K) and their standard errors (s_C and s_K)

螨虫性别 Sex of the mite	样本量(n) Sample size	V 对 T 的线性相关系数(r) Linear correlation coefficient of V vs. T	发育起点温度/℃ Threshold temperature		有效积温/(℃·d) Thermal constant		卡方检验 Chi-square test	
			C	s_C	K	s_K	χ^2	$P\geq$
雌螨 Female	21	0.994***	8.49	0.28	184.4	4.67	9.34	0.979
雄螨 Male	21	0.995***	8.36	0.27	184.4	4.40	6.25	0.998
全螨 Both sexes	21	0.994***	8.43	0.28	184.3	4.55	7.85	0.993

注:***表示相关系数达极显著水平($P<0.001$)。

Note:*** indicates correlation coefficient is significant at $P<0.001$.

图 1 显示,子代全螨世代期倒数模型曲线呈左高右低中凹型;世代期理论估算值与实际观测值在

相对低温区(11.0~14.9℃)存在少许偏差,而在相对高温区(17.7~27.1℃)的拟合效果优良。

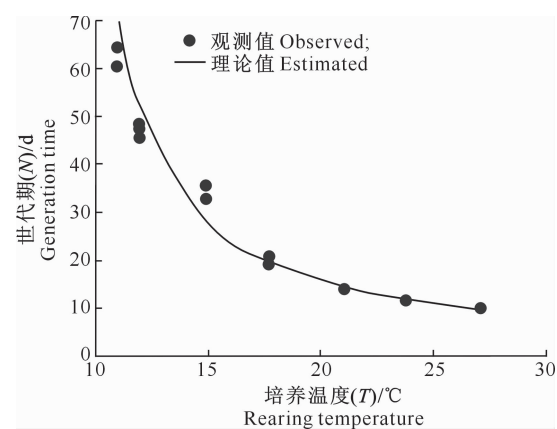


图1 似士维螨子代全螨世代期(N)与培养温度(T)间的倒数模型曲线

Fig.1 Curve of the reciprocal model between mean generation time (N) of all filial *Schwiebea similis* and rearing temperature (T)

3 讨论与结论

鉴于似士维螨滋生与繁殖的诸多习性,笔者利用湿沙皿培养法和群体培养法予以培养,从而实现了似士维螨的定量培养与观测。虽然来自室内原种群的9批306头似士维螨亲代雌螨经优选而得,但每批雌螨的组成及其产卵时段均是随机的,同批雌螨所产卵粒又被置于不同温度培养,这使得曝露于每阶温度的卵数差异变小、趋于均匀,符合定量置卵规则。在子代成螨出现之日彻查成活的雌、雄螨数共6597头,可知所得样本量较大,故所得数据相对丰富且稳定。

判断某种螨虫能否在某一温度正常存活,应以供试螨虫在相应温度保持较高的存活率且至少完成一代发育为标准。因此,在本试验中设30.0和33.0℃这2阶高温处理有助于确定供试螨虫对较高温度的耐受程度,同时还能加快研究进程。30.0和33.0℃处理中虽无子代个体成活,但它们提供了似士维螨的致死温度,表明似士维螨的发育上限温度介于27.1~30.0℃。即使舍弃这2项温度处理,利用剩余7阶有效温度处理数据,仍然满足方差分析与建模需要。

基于产卵时段3项处理结果,本研究获得以下结论:(1) N12h和D12h处理的PCR均值间差异不显著,证明亲代雌螨产卵行为不受昼夜节律变化的影响;(2) N12h、D12h和DN24h处理的子代雌雄性比率为1.01~1.18,差异不显著,平均值1.10;(3) N12h、D12h和DN24h处理的子代雌、雄、全螨世代期近似,证明世代期与产卵时段及其长短无关。

基于培养温度7项有效处理结果,本研究获得以下结论:(1)在11.0~27.1℃,温度对亲代雌螨均殖数PCR和子代性比率均无显著影响,子代螨虫能完成世代发育;(2)供试期间,亲代雌螨均殖数PCR为13.9头/d,发生于23.7℃的PCR最高,为16.2头/d,已成为高产特例;(3)子代雌雄性比率为0.97~1.29,平均为1.10;(4)子代雌、雄、全螨世代期随培养温度的上升而显著下降,证明温度对供试螨虫发育过程影响极大。

似士维螨世代期随培养温度定量变化,二者之间的关系可以用倒数模型表达。参考似士维螨发生、危害区的地温,可用该模型测报此螨完成一代发育所需的理论天数,为估算其田间种群增长趋势提供基本参数,进而有助于遏制此害螨、保护西洋参种植业,因为对有害生物侵袭的时期和程度发出预警能够改良防治措施的效率^[32-33]。与昆虫和叶螨类的单头培养法相比,本试验所用群体培养法虽然不能细分似士维螨各虫态的发育历期,但它仍能对其世代期进行较精确的测量,因而具备实用价值,并能在建模和测报系统中发挥作用。

据赵利敏等^[34]估算,陕西留坝县枣木栏村(海拔1236m)和闸口石村(海拔1722m)西洋参棚内苗畦土层10cm深处全年≥8.4℃积温分别为1698和1189(℃·d),由此积温值除以新算的似士维螨世代发育有效积温值(184.3(℃·d))可得其商9.21或6.45,意指此害螨在当地西洋参根际年均发生9~6代。以雌虫当量(FAE)表示,似士维螨的世代繁殖潜势估算值约为16♀/♀^[10]。假定似士维螨田间种群服从指数增长,以其世代繁殖潜势估算值(16♀/♀)为底数,并以年发世代数(9~6代)为指数计算,此螨在每年生长季末的种群潜在数量巨大,预示其危害程度严重。建议专业技术人员和参农充分重视似士维螨的危害,并且利用播前化防技术^[6,15-16]、轮作倒茬^[14]、叶面喷雾等适宜的有害生物综合治理(IPM)技术遏制其害,积极促进西洋参种植业持续发展。

[参考文献]

[1] 傅世贤,王桂郁,周志强,等. 秦巴山区西洋参栽培技术的研究[J]. 中药材,1992,15(12):3-6.
Fu S X, Wang G Y, Zhou Z Q, et al. Study on cultural techniques of American ginseng grown in Qin-Ba Mountainous areas [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 1992, 15(12): 3-6.
[2] 张天宇,钱学聪. 秦巴山区西洋参病虫综合防治技术要点 [J].

- 陕西农业科学, 1989(2):45.
- Zhang T Y, Qian X C. Key points of integrated control techniques of pests on American ginseng grown in Qin-Ba Mountainous areas [J]. Shaanxi Agrosiences, 1989(2):45.
- [3] 钱学聪, 张天宇, 陈嘉孚. 秦巴山区西洋参病害的发生及其防治 [J]. 中药材, 1993, 16(4):3-5.
- Qian X C, Zhang T Y, Chen J F. Occurrence and control of diseases on American ginseng in Qin-Ba Mountainous areas [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 1993, 16(4):3-5.
- [4] 赵利敏, 马桂兰. 7 种农药对球囊线蚓(近孔目:线蚓科)的毒力测定 [J]. 农药, 2014, 53(12):927-928, 936.
- Zhao L M, Ma G L. Evaluation of toxicity of seven pesticides on *Enchytraeus bulbosus* (Plesiopora: Enchytraeidae) [J]. Agrochemicals, 2014, 53(12):927-928, 936.
- [5] 马桂兰, 赵利敏. 球囊线蚓的发育起点温度和有效积温(环带纲:近孔目:线蚓科) [J]. 西北农业学报, 2015, 24(2):151-155.
- Ma G L, Zhao L M. Threshold temperature and thermal constant for development of *Enchytraeus bulbosus* (Clitellata: Plesiopora: Enchytraeidae) [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2015, 24(2):151-155.
- [6] 赵利敏, 王启明, 张东东, 等. 吡虫啉、咯菌腈和辛硫磷对西洋参幼苗的协同保护 [J]. 中药材, 2015, 38(7):1349-1354.
- Zhao L M, Wang Q M, Zhang D D, et al. Cooperative protection of American ginseng seedlings by applying imidacloprid, fludioxonil and phoxim [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2015, 38(7):1349-1354.
- [7] Manson D C M. Three new species, and a redescription of mites of the genus *Schwiebea* (Acarina: Tyroglyphidae) [J]. Acarologia, 1972, 14(1):71-75.
- [8] Karg W. Zur kenntnis der gattung *Schwiebea* Oudemans, 1916 (Acarina, Sarcoptiformes) [J]. Deutsche Entomologische Zeitschrift, Neue Folge, 1987, 34(1/2/3):141-148.
- [9] 江镇涛. 中国粉螨一新记录属三新记录种及一新种记述(真螨目:粉螨总科) [J]. 江西科学, 1991, 9(4):240-244.
- Jiang Z T. Descriptions of one new record genus, three new record species and one new species of the family Acaridae from China (Acariforms: Acaroidea) [J]. Jiangxi Science, 1991, 9(4):240-244.
- [10] 赵利敏, 陈浩. 似士维螨对西洋参根的取食量及其繁殖潜势 [J]. 昆虫学报, 2016, 59(2):219-226.
- Zhao L M, Chen H. Feeding amount of American ginseng root by *Schwiebea similis* (Acari: Acaridae) and its reproductive potential [J]. Acta Entomologica Sinica, 2016, 59(2):219-226.
- [11] Okabe K, OConnor B M. Morphometric and systematic analyses of populations of the *Schwiebea barbei*-group (Acari: Acaridae) with particular reference to populations from North America and Japan [J]. Internat J Acarol, 2000, 26(2):115-126.
- [12] Nishimura K, Mori N, Okabe K, et al. Chemical ecology of astigmatid mites LXXVI identification of α -acaridial as the female sex pheromone of *Schwiebea similis* (Acari: Acaridae) [J]. Jpn J Environ Entomol Zool, 2004, 15(2):107-117.
- [13] Okabe K, Hinomoto N, OConnor B M. Ecological and morphological attributes of parthenogenetic Japanese *Schwiebea* species (Acari: Acaridae) [J]. Exp Appl Acarol, 2008, 44(2):77-88.
- [14] 郭素芬, 赵利敏, 兰阿峰. 似士维螨(*Schwiebea similis*)在 9 种作物上的取食与繁殖选择 [J]. 农学学报, 2016, 6(8):23-28.
- Guo S F, Zhao L M, Lan A F. Feeding and reproductive choices of *Schwiebea similis* (Acari: Acaridae) on nine crops [J]. Journal of Agriculture, 2016, 6(8):23-28.
- [15] 赵利敏, 陈荣信, 张斌, 等. 种植西洋参的经济效益及相应的保护措施 [J]. 人参研究, 2017, 29(5):27-32.
- Zhao L M, Chen R X, Zhang B, et al. Economic benefits of growing American ginseng (*Panax quinquefolium*) and corresponding protective measures [J]. Ginseng Research, 2017, 29(5):27-32.
- [16] 赵利敏. 似士维螨对西洋参的经济危害水平和经济阈值 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(1):108-113.
- Zhao L M. Economic-injury level and economic threshold of *Schwiebea similis* (Acari: Acaridae) on American ginseng [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2018, 27(1):108-113.
- [17] 赵利敏. 似士维螨形态分类学特征的显微观测 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(5):757-762.
- Zhao L M. Microscopic observation on morphotaxonomic characteristics of *Schwiebea similis* (Acari: Acaridae) [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2018, 27(5):757-762.
- [18] 林昌善, 郑臻良. 有效温度法则在我国粘虫发生地理学上的检验 [J]. 昆虫学报, 1958, 8(1):41-56.
- Lin C S, Zheng Z L. Testing the numbers of generations of the armyworm (*Cirphis unipuncta* Haw.) occurring in various geographical regions in China by the method of "Thermal Sums" [J]. Acta Entomologica Sinica, 1958, 8(1):41-56.
- [19] 张孝羲, 程遐年, 耿济国. 害虫测报原理和方法 [M]. 北京: 农业出版社, 1979.
- Zhang X X, Cheng X N, Geng J G. Principle and methodology on insect pest forecast [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1979.
- [20] 南开大学, 中山大学, 北京大学, 等. 昆虫学: 下册 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1980:184-188.
- Nankai University, Zhongshan University, Beijing University, et al. Entomology: part 2 [M]. Beijing: People's Education Press, 1980:184-188.
- [21] 赵利敏, 王爱玲, 杜晓莉, 等. 青海省黄曲条跳甲生物学特性研究 [J]. 高原生物学集刊, 1991, 10(12):63-70.
- Zhao L M, Wang A L, Du X L, et al. A study on the bionomics of *Phyllotreta vittata* Fabr. in Qinghai Province (Coleoptera: Chrysomelidae) [J]. Acta Biologica Plateau Sinica, 1991, 10(12):63-70.
- [22] 孙绪良, 周成刚, 刘玉美, 等. 杨始叶螨生物学和有效积温研究 [J]. 昆虫学报, 1996, 39(2):166-172.

- Sun X G, Zhou C G, Liu Y M, et al. Studies on bionomics and effective accumulated temperature of *Eotetranychus populi* (Koch) (Acariformes: Tetranychidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 1996, 39(2): 166-172.
- [23] 张国安, 赵惠燕. 昆虫生态学和害虫预测预报 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 29-33.
- Zhang G A, Zhao H Y. Insect ecology and forecast of insect pests [M]. Beijing: Science Press, 2012: 29-33.
- [24] 胡英华, 苏加岱, 左秀峰. 刺足根螨发育起点温度及有效积温探讨 [J]. 中国植保导刊, 2007, 27(12): 30-31.
- Hu Y H, Su J D, Zuo X F. Inquiring into threshold temperature and thermal constant of *Rhizoglyphus echinopus* [J]. China Plant Protection, 2007, 27(12): 30-31.
- [25] 李全平, 白慧强, 罗佑珍. 罗宾根螨发育起点温度和有效积温的研究 [J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2008, 29(2): 91-94.
- Li Q P, Bai H Q, Luo Y Z. Threshold of developmental and effective thermal sum of *Rhizoglyphus robini* Clapareda [J]. Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition), 2008, 29(2): 91-94.
- [26] Helle W, Sabelis M W. World crop pests spider mites: their biology, natural enemies and control [M]. Amsterdam: Elsevier, 1985, v. 1B: 119-120.
- [27] 赵利敏, 高旭刚, 罗纪虎. 6种杀螨剂对石榴小爪螨的毒力测定 [J]. 农药, 2012, 51(8): 605-607, 610.
- Zhao L M, Gao X G, Luo J H. Evaluation of toxicity of six acaricides on the avocado brown mite [J]. Agrochemicals, 2012, 51(8): 605-607, 610.
- [28] 赵利敏. 螨虫样本变异系数、均值及由此组建的幂函数关系和抽样模型 [J]. 四川动物, 2012, 31(3): 411-415.
- Zhao L M. Coefficient of variation and mean of mite samples, and the power relation and sampling model established wherefrom [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2012, 31(3): 411-415.
- [29] Little T M, Hills F J. Agricultural experimentation: design and analysis [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1978.
- [30] 李春喜, 邵云, 姜丽娜. 生物统计学 [M]. 4版. 北京: 科学出版社, 2008.
- Li C X, Shao Y, Jiang L N. Biostatistics [M]. 4th ed. Beijing: Science Press, 2008.
- [31] Elkinton J S. Insect population ecology: an African perspective [M]. Nairobi: The International Center of Insect Physiology and Ecology Science Press, 1993: 33-40.
- [32] Dent D. Insect pest management [M]. 2nd ed. Ascot: CABI Bioscience, 2000.
- [33] 赵利敏, 贾豪, 杨荣科. 灰翅麦茎蜂(膜翅目: 茎蜂科)成虫发生期及其机率值模型 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(5): 1397-1404.
- Zhao L M, Jia H, Yang R K. Occurrence periods and probit models of adult *Cephus fumipennis* (Hymenoptera: Cephidae) [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2013, 50(5): 1397-1404.
- [34] 赵利敏, 张斌. 陕西留坝西洋参种植棚内的温度特征 [J]. 中国农业气象, 2015, 36(5): 544-552.
- Zhao L M, Zhang B. Temperature properties within plastic greenhouses for American ginseng growth in Liuba County, Shaanxi, China [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2015, 36(5): 544-552.

(上接第43页)

- [14] 黄显德, 王玉, 闫志勇, 等. 番木瓜环斑病毒山东分离物的全基因组序列分析 [J]. 植物病理学报, 2018, 48(2): 285-288.
- Huang X D, Wang Y, Yan Z Y, et al. Complete genomic sequence analysis of a *Papaya ringspot virus* isolate from Shandong province of China [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2018, 48(2): 285-288.
- [15] Inoue-Nagata A K, Franco C D M, Martin D P, et al. Genome analysis of a severe and a mild isolate of *Papaya ringspot virus*-type W found in Brazil [J]. Virus Genes, 2007, 35(1): 119-127.
- [16] Maina S, Coutts B A, Edwards O, et al. *Papaya ringspot virus* populations from East Timorese and northern Australian cucurbit crops: biological and molecular properties, and absence of genetic connectivity [J]. Plant Disease, 2017, 101(6): 985-993.
- [17] Ali A. First complete genome sequence of *Papaya ringspot virus*-W isolated from a gourd in the United States [J]. Genome Announcements, 2017, 5(2): e01434-16.
- [18] Noa-Carrazana J C, González-De-León D, Silva-Rosales L. Molecular characterization of a severe isolate of *Papaya ringspot virus* in Mexico and its relationship with other isolates [J]. Virus Genes, 2007, 35(1): 109.
- [19] Romay G, Lecoq H, Desbiez C. *Zucchini tigre mosaic virus* is a distinct potyvirus in the *Papaya ringspot virus* cluster: molecular and biological insights. [J]. Archives of Virology, 2014, 159(2): 277-289.
- [20] Ortiz-Rojas L Y, Chaves-Bedoya G. Molecular characterization of two *Papaya ringspot virus* isolates that cause devastating symptoms in Norte de Santander, Colombia [J]. European Journal of Plant Pathology, 2017, 148(4): 1-12.
- [21] 陈涵. 葫芦科作物种子中番木瓜环斑病毒的分子检测 [D]. 福州: 福建农林大学, 2006.
- Chen H. Molecular detection of *Papaya ringspot virus* in seeds of cucurbitaceae plant [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2006.