

网络出版日期:2018-01-12
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20180112.0934.030.html

似土维螨对西洋参的经济危害水平和经济阈值

赵利敏

(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 为了提高西洋参苗期病虫害治理效果,采用播前化防技术(吡虫啉和咯菌腈混合液拌种+辛硫磷颗粒剂处理土壤)、种植2种农产品、保留2级参苗密度等4项组合为条件,测算并确定西洋参新害虫似土维螨的经济危害水平(EIL)和经济阈值(ET)。因培育2a生种苗和4a生鲜根而采用这种播前化防技术,以成虫当量(AE)表示,似土维螨的EIL值为3314和4726 AE/m²或20.7和52.5 AE/株;为阻止似土维螨密度达其EIL值而提前1代施药防治其越冬种群,以雌螨当量(AFE)表示,相应的ET值为96和137 AFE/m²或0.6和1.5 AFE/粒催芽籽。上述EIL和ET值反映经济危害水平,将其应用于似土维螨化防领域的结果用于指导生产实践,将有助于优化其防治策略、促进西洋参种植业蓬勃发展。

关键词 似土维螨;西洋参;化学防治;经济危害水平;经济阈值

中图分类号 S435.675 **文献标志码** A **文章编号** 1004-1389(2018)01-0108-06

作为西洋参(*Panax quinquefolium* L.)在中国西北部的主产区,陕西省留坝县自1978年引种这一药用植物^[1],面积由逐步扩大转为相对持平^[2],但近年来有所下降,缘于病虫害问题比较严重^[3]。早年记载的病虫害种类,如锈腐病、疫病、根腐病、黑斑病、蝼蛄、蛴螬、金针虫、地老虎等^[4-5],在当地仍然发生。近年来还发现一些新害虫在西洋参芦头和根部滋生,主要包括似土维螨(*Schwiebia similis* Manson)^[6-10]、球囊线蚓(*Enchytraeus bulbosus* Nielsen & Christensen)^[3, 11-14]、迟眼蕈蚊(*Bradysia* sp.)等。新发现的害虫与原有病虫害混合发生,已对当地西洋参种植业造成巨大威胁。

针对西洋参新害虫及其主要病害的发生和治理难题,笔者设计、实施室内与田间试验,提出播种前以农药拌催芽籽并处理土壤的化学防治技术(简称播前化防技术)^[3],应用效果良好。本文旨在估算以播前化防技术防治似土维螨时需要确定的经济危害水平和经济阈值,促使本项经济学研究与生物学研究相结合的测算结果在西洋参种植业发展进程中发挥科学指导作用。

1 材料与方法

根据经济危害水平(economic-injury level,

EIL)概念公式^[15-18],实施本项研究前确定下列变量:单位面积上的病虫害治理成本(C);农产品(这里指西洋参2a生种苗和4a生鲜根)市场单价(V);虫均损失量(b)。另外,为估算西洋参单株虫数,尚需检测其幼苗或植株在参棚内苗畦中的种植密度(planting density, PD);为估算提前1代施药防治似土维螨的经济阈值(economic threshold, ET),尚需检测目标螨虫的世代繁殖效率(reproductive efficiency in a generation, REG)。项目组分头开展市场调查、苗情调查和试验研究,逐一搜寻这些变量的分布范围,计算均值,并将各变量均值当作基本参数代入下列应用公式进行计算。

1.1 确定参数C

在陕西省留坝县西洋参种植区治理苗期病虫害,目前以病虫害兼治的播前化防技术效果为佳。这种技术的步骤为用质量分数为25%吡虫啉可湿性粉剂和体积分数为2.5%咯菌腈种衣剂混合液拌种(催芽籽),配以质量分数为5%辛硫磷颗粒剂处理土壤^[3]。通过走访当地农药市场和参农,了解近年内农药价格、人工施药费、器械折旧费等,按比例折算西洋参苗期病虫害的施药防治成本。

1.2 确定参数V和PD

查询留坝县西洋参产品交易市场,了解近年

2 a 生种苗和 4 a 生鲜根的买卖市价。

深入留坝县西洋参种植区,主要在枣木栏村、闸口石村、营盘村、月九村等调查苗情与病虫害疫情。田间 2 a 生种苗密度以面积 0.1 m^2 的铁丝方框(边长 0.32 m)和随机取样法实测。把测框置于待测参棚内的长条形苗畦中,使对角线与某一幼苗行重合,统计测框内苗数;每块参田(参棚群)内随机取样 30~50 个。每村如此调查 3~5 块参田,并将原始数据折算为 1 m^2 实种面积内的幼苗密度。秋末查苗时随机抽取 2 a 生种苗宿根样本,携回室内称其质量。

田间 3 a 或 4 a 生植株的留苗密度以长 0.5 m 的测杆按随机取样法实测。把测杆放在苗畦地面,贴近待测植株行基部,统计 0.5 m 行长内的株数;每块参田内随机取样 20~40 个。每村如此调查 3 块参田。参考植株行距而将 0.5 m 行长内的株数折算为 1 m^2 实种面积密度。

1.3 确定参数 b 和 REG

从留坝县西洋参种植区采集遭受病虫害危害的西洋参残根,带回汉中室内。从残根上挑取似土维螨活体标本,接种于内含湿沙和西洋参根粉的培养皿中,在 21°C 分离、提纯并继代培养以便建立其室内原种群。从中挑取新近蜕皮且较活跃的雌成螨,用于下列专项试验。旨在测定似土维螨的取食量和繁殖潜势,专项试验采取二因素试验设计^[9](论文已单独发表;现仅摘引其最重要的信息)。因素 A 为雌螨接种量,设 7 级:每塑环内接种 1、2、3、4、5、6 或 7 ♀。因素 B 为培养温度,据实际培养过程所测螨虫活动和取食温度范围及田间土温模型^[14]而设 5 级(实测值): 15.6 、 18.5 、 21.2 、 24.5 和 27.2°C 。本试验共含 35 项组合,每项组合重复 21 次,分别投食(已灭菌的西洋参根粉)4 mg,全面实施。

将同温阶下同级接种量处理的螨虫培养始日至其理论高峰日间的天数定为螨虫安居期 D (螨虫聚集取食、繁殖并稳定生活的时期);将理论高峰日螨虫数记为峰螨数 N_p (峰期密度);培养温度 t 和亲代雌螨接种量 N_0 (初始密度或初螨数)为本试验固有自变量。由 N_p 除以 N_0 算得雌均殖数 PCR (仅含幼螨、若螨和成螨数而不含卵数);由 N_p 除以 $2W$ 得成虫当量 AE [其中 $W(\text{weight})$ = 幼螨期与若螨期之和在世代期中所占比率,简称权重;由同一温阶下螨虫培养始日至各环幼螨孵化始日计算卵期均值。 AE = 成虫当量(adult

equivalent),依据亲代雌螨繁殖 1 代期末时处于不同虫态的子代螨虫发育进度折算而得的即将进入繁殖期的新生成虫数]。以 $4 \text{ mg} \times 3.5 = 14 \text{ mg}$ 算式将定量的西洋参根粉转为参根鲜活组织质量,再除以 AE 即得均食量 FA ,意指 1 头似土维螨自卵发育至成螨时需要消耗的西洋参根鲜质量均值^[9]。

因越冬代似土维螨种群密度在早春相对较小,且新生代所处生境土温高峰均值为 17.8°C (闸口石)~ 20.3°C (枣木栏)^[14],所以对参数 b 和 REG 都以文内表 1 中与初始 1 头雌螨和 $15.6 \sim 21.2^\circ\text{C}$ 对应的 PCR 、 AE 和 FA 值为基础进行估算^[9]。

1.4 计算经济危害水平 EIL

本文引用由 Stern 等^[15-16]提出并由 Pedigo^[17]和 Higley 等^[18]发展的经济危害水平概念公式。结合陕西省留坝县西洋参种植实践及苗期病虫害的播前化防技术,选用略去变量 K 的 EIL 原式。单位面积统一按实际种植 1 m^2 折算;另将田间幼苗或植株密度设为变量 PD 并代入原式分母。因此,原式变为如下 2 个应用公式:用于计算实际种植 1 m^2 面积虫数之 EIL 值的式①;用于计算西洋参单株虫数之 EIL 值的式②。

$$EIL_{1 \text{ m}^2 \text{ 面积虫数}} = C_{1 \text{ m}^2 \text{ 面积防治成本}} / (V \cdot b) \quad (1)$$

$$EIL_{\text{单株虫数}} = C_{1 \text{ m}^2 \text{ 面积防治成本}} / (V \cdot b \cdot PD_{1 \text{ m}^2 \text{ 面积株数}}) \quad (2)$$

1.5 计算经济阈值 ET

基于式①和式②,分别向其分母代入似土维螨的世代繁殖效率 REG ^[9],从而构成计算目标螨虫经济阈值 ET 的应用公式:式③和式④。其结果含义为:提前似土维螨的 1 个世代,即在播种伊始,采用播前化防技术防治其越冬种群时需要设定的 ET 值。因仅有雌螨产卵,数值量纲以雌虫当量(adult female equivalent, AFE)表达,分作 2 种: 1 m^2 面积雌虫数;催芽籽单籽雌虫数。

$$ET_{1 \text{ m}^2 \text{ 面积雌虫数}} = C / (V \cdot b \cdot REG) = EIL_{1 \text{ m}^2 \text{ 面积虫数}} / REG \quad (3)$$

$$ET_{\text{单籽雌虫数}} = C / (V \cdot b \cdot PD \cdot REG) = EIL_{\text{单株虫数}} / REG \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 参数 C 的值

西洋参属于喜阴多年生名贵药用植物,人工栽培时需种植在局部遮阳的参棚内。常见参棚横

断面为屋脊形^[19-20]；催芽籽播于参棚内的苗畦中，幼苗或植株在参棚内的实种面积约占 0.6。

播前化防技术的应用成本，包括农药费(80 元/667 m²)、人工施药费(40 元/667 m²)和器械折旧费(4 元/667 m²)，合计 124 元/667 m²；平摊在参棚内实种面积上的均值为 0.31 元/m²(=124 元/667 m²/0.6)。将此值定为播前化防技术的成本参数 C。

2.2 参数 V 和 PD 的值

西洋参催芽籽于头年早春播种，幼苗长至翌年深秋时成为 2 a 生种苗；田间留苗密度均值为 160 株/m²，范围 130~190 株/m²。种苗宿根鲜质量均值可达 5.26 g/株，范围 4.7~5.82 g/株^[21](近年调查结果与此范围近似)。此时至翌春，有些参农将种苗宿根挖出并转大田移栽或卖至外地种植，销售单价 1.2 元/株。将上述 2 a 生种苗单价指定为价格参数 V₁，并将相应的种苗密度均值指定为密度参数 PD₁。

西洋参 3 a 或 4 a 生植株的田间留苗密度均值为 90 株/m²，范围 80~100 株/m²。4 a 生鲜根在 2013—2016 年的市场均价约为 160 元/kg。将 4 a 生鲜根单价指定为价格参数 V₂，并将相应的留苗密度均值指定为密度参数 PD₂。

2.3 参数 b 和 REG 的值

专项试验结果表明，培养于含有西洋参根粉的湿沙皿内，在 15.6~21.2 ℃生活 1 代，初始密度为 1 头雌螨的处理平均繁殖子代个体(PCR, $\bar{x} \pm s$)45.8±1.7 头/♀，折合其世代繁殖效率 REG=34.5±0.7 AE/♀^[9]。同时测得 1 头子代个体

自卵发育至新生成螨时消耗的参根粉鲜质量值 FA=0.41±0.01 mg/AE^[9]；将这一虫均食量指定为虫均损失量参数 b。

2.4 似士维螨对 2 a 生种苗和 4 a 生鲜根的经济危害水平危害水平

正如上述，由 1 种防治技术×2 种农产品单价×2 级种植密度形成 4 种组合。将参数 C、V₁、V₂、b、PD₁、PD₂ 代入式①和/或式②，算出似士维螨在 4 种组合条件下的 EIL 值(表 1)。结果表明，采用播前化防技术时，似士维螨在 2 a 生种苗上的 EIL 值为 3 314 AE/m²，而在 4 a 生鲜根上的 EIL 值为 4 726 AE/m²；细化至单株虫数，其 EIL 值分别为 20.7 AE/株和 52.5 AE/株(表 1 列 8)。

2.5 似士维螨对 2 a 生种苗和 4 a 生鲜根的经济阈值

将参数 REG 代入式③和式④，算得相应的似士维螨 ET 值(表 1 列 10)。结果表明，按 1 m² 实种面积测算，当提前 1 代应用播前化防技术时，似士维螨在 2 a 生种苗和 4 a 生鲜根上的 ET 值分别为 96 AFE/m² 和 137 AFE/m²；如以催芽籽单籽虫数测算，ET 值分别为 0.6 AFE/籽和 1.5 AFE/籽(表 2 列 10)。表 1 中 ET 值比 EIL 值大幅度降低，缘于似士维螨的 REG 值较大。

3 讨论与结论

3.1 为似士维螨设定 EIL 和 ET 的意义

依据来自现场调查和试验研究的 7 个参数及上述 4 个应用公式，本文估算了似士维螨在西洋参幼苗、植株、催芽籽上或根际土壤中的 EIL 和

表 1 应用播前化防技术后似士维螨对西洋参 2 a 生种苗和 4 a 生鲜根的经济危害水平 (EIL)和经济阈值(ET)(以成虫当量 AE 或雌虫当量 AFE 计)

Table 1 Theoretical estimation of economic-injury levels (EIL) and economic thresholds (ET) of the root mite *Schwiebea similis*, in terms of adult equivalent (AE) or adult female equivalent (AFE), on 2-year-old seedlings (2YOS) and 4-year-old fresh roots (4YOFR) of American ginseng *Panax quinquefolium* when applying the chemical control technique before sowing

农产品 Produce	防治成本(C)/(元/m ²) Cost/(yuan/m ²)		农产品单价 Unit price of the produce		虫均 损失量(b)/(mg/AE) Yield loss per AE	种植密度/(株/m ²) Planting density/(plant/m ²)		经济危害水平 EIL	世代繁殖效率/(AE/♀) REG	经济阈值 ET
			V ₁	V ₂		PD ₁	PD ₂			
2 a 生种苗 2YOS	0.31	1.2 元/5.26 g	—	—	0.41	(160)	—	3 314 AE/m ²	34.5	96 AFE/m ²
	0.31	1.2 元/5.26 g	—	—	0.41	160	—	20.7 AE/株 plant	34.5	0.6 AFE/籽 Seed
4 a 生鲜根 4YOFR	0.31	—	160 元/kg	—	0.41	—	(90)	4 726 AE/m ²	34.5	137 AFE/m ²
	0.31	—	160 元/kg	—	0.41	—	90	52.5 AE/株 plant	34.5	1.5 AFE/籽 Seed

注：参数(变量均值)来自上述正文指定；括号中的参数不参与本行内 EIL 值和 ET 值的计算。
Note: Parameters (means of the variables) come from the designations in the text; those in brackets were not used to calculate both the EIL and the ET in the same row.

ET。所得 *EIL* 值表示能对西洋参幼苗造成经济损害的似士维螨种群最低虫数,而 *ET* 值则显示在似士维螨越冬代于田间早春条件下出蛰、繁殖前(即西洋参催芽籽播种前)采用播前化防技术时可供参比的种群密度。文内以 1 m^2 实种面积、单株、单籽上的 *AE* 或 *AFE* 为量纲进行测算,利于专业人员调查虫情时把握尺度,并将调查结果与量化指标进行比较。

似士维螨经由西洋参催芽籽和土壤传播;切断这 2 条途径,当然要以种子处理与土壤处理相结合为上策^[3]。在西洋参催芽籽播种伊始就以吡虫啉和咯菌腈混合液拌种并将辛硫磷颗粒剂施于苗畦土内,只有这样才能将对症农药施放到位,实现既有效治理苗期病虫害又保护幼苗正常生长之目的。2014 年以来的田间小区试验和大田示范验证了这种播前化防技术的优点;良好的治害保苗效果证明理论与实践趋于统一,同时也为 *EIL* 和 *ET* 的成功应用提供了范例。

3.2 与 *EIL* 值对应的时间原点

由上述应用公式可见,似士维螨的 *EIL* 值与参数 *C*、*V*、*b*、*PD* 密切关联;*EIL* 与 *C* 成正比,并与 *V*、*b*、*PD* 成反比,处于动态平衡。*EIL* 值的应用依赖于田间虫情调查结果;虫情随时间变化,因此,*EIL* 还与其应用时间关联,通常表现为早应用早受益。本文把与似士维螨 *EIL* 值对应的时间原点(即 *EIL* 值在寄主生长季内的首次应用期)设在当年生幼苗展叶至齐苗期内,因为似士维螨越冬代和子一代如果发生的话,此时已侵入幼苗、聚集危害,致使虫害症状显露出来。田间苗情(包括病情和虫情)调查计划理应于此时启动,且会查有所获。此时的似士维螨种群密度如果已超其 *EIL* 值,那就预示经济损害已经形成,势必迅速加重,导致幼苗夭折及更大损失。反之,如果提前变换防治策略,立足播前施药防治,则可避免那些损失。

田间实际观测结果表明,西洋参当年生幼苗展叶期,在留坝县枣木栏村(海拔 $1\,236\text{ m}$)发生于 4 月中旬,而在闸口石村(海拔 $1\,722\text{ m}$)发生于 4 月末至 5 月上旬。基于当地参棚内 10 cm 深处土温模型^[14]和幼苗早期发育的生理学时间测定结果^[22],以有效积温法进行测算,当年生幼苗展叶期分别为 4 月 16 日(枣木栏)和 5 月 5 日(闸口石)。这种理论估算值与实测值吻合的事实,证明所建数学模型都是可靠的。似士维螨的世代发育

起点为 $8.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,有效积温为 $184.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (待发表资料);将此 2 值纳入当地土温模型^[14]并以同法测算,结果为越冬代在当地繁殖的子一代成螨发生期是 5 月 7 日(枣木栏)和 5 月 30 日(闸口石)。由此可知,似士维螨子一代成虫期比幼苗展叶期晚发生 $21\sim 25\text{ d}$,且与田间幼苗的齐苗期吻合。这就是把与似士维螨 *EIL* 值对应的时间原点设在幼苗展叶至齐苗期内的客观依据。此期前参棚内无苗或苗未出齐,不便查苗,尚无数据与本文设定的 *EIL* 值相比。

3.3 *ET* 值的应用条件

ET 值与 *EIL* 值在应用时间上存在差异,*ET* 值适合专业人员提前采取行动以防止日益增长的害虫种群达其 *EIL* 值^[15-18]。鉴于似士维螨种群增长特性,向 *EIL* 公式引入其世代繁殖效率 *REG*^[9],于是构成了与提前 1 代采用播前化防技术相适应的 *ET* 值计算公式。

表 1 表明,似士维螨的 *ET* 值为 $0.6\sim 1.5\text{ AFE/籽}$ (雌雄螨在田间混合发生,可按 *AFE* 的 1.9 倍估算 *AE*)。此值要求专业人员在播种前对所有待播的西洋参催芽籽进行抽样解剖与镜检。如果受检的催芽籽已经遭受螨虫侵袭且雌螨密度超过上述 *ET* 值,说明催芽籽已经普遍带虫。这时应从实际出发,不论生产何种农产品,凡是从播种催芽籽起步者都应采纳较低的 *ET* 值。鉴于现行 *ET* 值很低,建议对发现似士维螨踪迹的所有催芽籽和待播农田(特别是西洋参重茬田)一律应用播前化防技术,全面遏制目标螨虫以及同时发生的其他种传、土传病虫害。

似士维螨喜在西洋参芦头和根部上段蛀食,群集危害。芦头受害的参根往往难以再度发芽、生长;根部受害组织及其周边易被虫粪或其他代谢产物污染,很易遭受病菌侵袭而罹病腐烂;受害的残根即使不被完全消耗却也难以人为利用,潜在损失很大。似士维螨一旦潜入催芽籽、参根并立足于田间,便有机会大量繁衍,待形成较大种群后迅速向其他幼苗和植株蔓延、造成灾祸。这些特点增强了它对西洋参种植业的潜在威胁。为此,建议专业人员和参农保持高度警惕,遵循“治早、治小、治了”的植保原则,早日行动,治害保苗,确保西洋参种植业稳产与丰收。

参考文献 Reference:

[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 SH X, WANG G Y, ZHOU ZH Q, *et al.* Study on cultural techniques of American ginseng grown in Qinba mountainous areas [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 1992, 15(12): 3-6.
- [2] 王启明. 加快陕西秦岭山区西洋参产业发展的思考与建议[J]. 人参研究, 2008(3): 45-46.
- WANG Q M. Consideration and suggestion quickening development of American ginseng productions in Qinba mountainous areas in Shaanxi province [J]. *Ginseng Research*, 2008(3): 45-46.
- [3] 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.
- [4] 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 Qinba mountainous areas [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 1989(2): 45.
- [5] 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 Qinba mountainous areas [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 1993, 16(4): 3-5.
- [6] 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.
- [7] KARG W. Zur kenntnis der gattung *Schwiebea* Oudemans, 1916 (Acarina, Sarcoptiformes) [J]. *Deutsche Entomologische Zeitschrift Neue Folge*, 1987, 34(1/3): 141-148.
- [8] 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 ZH 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] NIELSEN C O, CHRISTENSEN B. The Enchytraeidae, critical revision and taxonomy of European species [J]. *Natura Jutlandica*, 1963, 10(S2): 1-19.
- [12] 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* (Enchytraeidae) [J]. *Agrochemicals*, 2014, 53(12): 927-928, 936.
- [13] 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: Enchytraeidae) [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2015, 24(2): 151-155.
- [14] 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.
- [15] STERN V M, SMITH R F, van den BOSCH R, *et al.* The integrated control concept [J]. *Hilgardia*, 1959, 22: 81-101.
- [16] STERN V M. Economic thresholds [J]. *Annual Review Entomology*, 1973, 18: 259-280.
- [17] PEDIGO L P. Economic Decision Levels for Pest Populations (Chapter 7) // *Entomology and Pest Management* [M]. New York: Macmillan Publishing Company, 1989: 243-270.
- [18] HIGLEY L G, PEDIGO L P. Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1993, 46: 233-243.
- [19] 江 野. 参棚小气候特征与西洋参生长的最适棚式选择[J]. 中国农业气象, 1990, 11(4): 45-48.
- JIANG Y. Microclimatic properties within plastic greenhouses for American ginseng growth and optimal selection for their types [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 1990, 11(4): 45-48.
- [20] 孙志学, 陶新贵. 不同荫棚型式农业气候效应与西洋参生长发育及产量关系的研究[J]. 特产研究, 1991(4): 12-13, 17.
- SUN ZH X, TAO X G. Study on the relationship between agroclimatic effects in different types of plastic greenhouses and growth, development and yield of American ginseng [J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 1991(4): 12-13, 17.
- [21] 孙志学, 陶新贵. 西洋参剪蕾和疏花增产效益研究[J]. 特产研究, 1993(3): 57-58.
- SUN ZH X, TAO X G. Study on yield benefit of American

ginseng by bud and flower thinning [J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 1993(3):57-58.

[22] 赵利敏,陈 锐,郭素芬. 温度对西洋参幼苗早期生长和发育的影响[J]. 北方园艺, 2018, 42(1):140-144.

ZHAO L M, CHEN R, GUO S F. Impacts of temperature on growth and development of American ginseng in its early seedling stage [J]. *Northern Horticulture*, 2018, 42(1): 140-144.

Economic-injury Level and Economic Threshold of
Schwiebea similis (Acari: Acaridae) on American Ginseng

ZHAO Limin

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

Abstract In order to improve effects of pest management on American ginseng in seedling stage, the author estimated and determined economic-injury levels (*EIL*) and economic thresholds(*ET*) for the root mite *Schwiebea similis* Manson (Acari: Acaridae), a new pest of the medicinal plant, under the condition of 4 combinations such as applying the chemical control technique before sowing (that is, dressing seeds with mixed liquids of imdacloprid and fludioxonil plus treating soils with phoxim granules), growing 2 kinds of produces, and reserving 2 densities of seedlings. To grow both 2-year-old seedlings and 4-year-old fresh roots, when applying the technique and expressed in adult equivalent (AE), the *EIL* for the mite were estimated at 3 314 and 4 726 AE/m² or 20.7 and 52.5 AE per plant; when applying the pesticides one generation in advance to control of overwintered population so as to prevent its density from reaching the *EIL*, expressed in adult female equivalent (AFE), corresponding *ET* were 96 and 137 AFE/m² or 0.6 and 1.5 AFE per geminating seed. The mean values of *EIL* and *ET* mentioned above reflect the results of the *EIL* concept’s application in the field of chemical control of the mite. Directing productive practices with them will be helpful to optimize control strategy of the mite, and promote development of American ginseng plantations.

Key words *Schwiebea similis*; American ginseng; Chemical control; Economic-injury level; Economic threshold

Received 2017-05-03

Returned 2017-07-06

Foundation item Shaanxi Funds for Natural Sciences, Key Project(No. 2009JZ006).

About author ZHAO Limin, male, Ph. D, Professor. Research areas: entomology, plant protection, and integrated pest management. E-mail: lm_zhao@hotmail.com

(责任编辑:潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)