

苹果单叶片山楂叶螨实验种群的建立与消亡

林晓丽¹,汪成平²,李 鑫¹,柳 颖¹,孟 芳¹,许 玲¹,
张京理¹,林 萍³,王 勇³

(1 西北农林科技大学 植物保护学院,陕西 杨凌 712100;2 安康市汉滨区蔬菜技术推广中心,陕西 安康 725000;

3 山东省寿光市林业局森保站,山东 寿光 262700)

【摘 要】 【目的】研究山楂叶螨种群在苹果幼苗单叶片上建立、扩展的过程,以期明确山楂叶螨由个体到种群的发展机理和整体趋势。【方法】选择 3 年生盆栽矮化红富士苹果幼苗,分别单叶接螨 1、3 和 5 头,观察单叶山楂叶螨种群繁殖和扩散情况及叶片的变化,记录 35 d 该螨由个体发展为种群,导致叶片焦灼的整个过程。【结果】山楂叶螨在室内,6 月份 15~17 d 可完成 1 代,35 d 内完全发生 2 个世代。在苹果单叶片上,卵占种群优势数量,其在不同位置叶片分布为中部>上部>下部,雌成螨的数量分布表现为上部>下部>中部。初始接螨量越大,叶片上种群数量越多,其种群扩张速度越快,为害越严重,叶片提前干枯。当单叶接螨量达 5 头,接种(6.6±1.5) d 后向其他叶片扩散,(14.6±2.5) d 后全株布满蛛丝及叶螨,仅(20.4±1.1) d 达 4 级为害状,叶片全株焦灼。【结论】山楂叶螨应在叶片害斑不明显时及早防治,关键控制初始螨量,当单叶虫源基数达 5 头时应密切关注其繁殖动态。

【关键词】 山楂叶螨;苹果单叶片;实验种群;为害级

【中图分类号】 S436.611.2⁺9

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)11-0193-08

Establishment and die-out of hawthorn spider mite experimental population in single apple leaf

LIN Xiao-li¹, WANG Cheng-ping², LI Xin¹, LIU Ying¹, MENG Fang¹, XU Ling¹,
ZHANG Jing-li¹, LIN Ping³, WANG Yong³

(1 College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Vegetable Technology Promotion Center of Hanbin District Ankang City, Ankang, Shaanxi 725000, China;

3 Forestry Bureau of Shouguang City, Shouguang, Shandong 262700, China)

Abstract: 【Objective】The research studied the process of hawthorn spider mite population establishment in single apple leaf to clear the mites from the individual to the population and the overall trend of development mechanism. 【Method】In laboratory conditions, through designing different initial mite numbers in single apple leaf for 1 mite/leaf, 3 mites/leaf, 5 mites/leaf, then leaves change, mites reproduction and population diffusion process were observed, finally the development from individual to population and the process which lead whole apple leaves to dry were recorded. 【Result】Under indoor conditions, hawthorn spider mites occurred one generation within 15—17 days in June, and occurred two full generations within 35 days. Ovum number was the highest of the population in single apple leaf, the distribution on apple seedlings of the female adults was upper>lower>middle, the distribution of ovum was central>upper>lower. The more initial mites number was taken in single leaf, the faster population expanded, and more serious

* [收稿日期] 2010-03-26

[基金项目] 陕西省农业攻关项目(2008K01-04);世界银行资助项目(Y/SHYL/XY/050)

[作者简介] 林晓丽(1985—),女,山东寿光人,在读硕士,主要从事有害生物综合治理研究。E-mail:lily850323@163.com

[通信作者] 李 鑫(1957—),男,陕西岐山人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事果树害虫管理与农业标准化研究。

E-mail:lixin57@hotmail.com

damage appeared on apple seedlings. It just took (6.6 ± 1.5) days that the population spread to other leaves, the whole apple seedling was covered by hawthorn spider mites and mites silk after (14.6 ± 2.5) days, and (20.4 ± 1.1) days to destroy the plant when inoculated 5 mites in single leaf. 【Conclusion】 The key of prevention was low initial number and early control before obvious spot appeared in leaves. People should pay close attention to the propagation dynamic when 5 mites appeared in single leaf.

Key words: hawthorn spider mite; single apple leaf; experimental population; damage level

山楂叶螨(*Tetranychus vianensis* Zacher, 蛛形纲、蜱螨目、叶螨科)是苹果园优势害螨,主要为害苹果叶片、嫩梢和花萼,群集于叶片背阴面吸食汁液,受害叶片易干枯,并导致果树提早落叶、落花和落果^[1]。目前,对山楂叶螨的生物学研究较为深入,其在叶片上以各种螨态存在,世代重叠现象严重^[2],年增长动态为一单峰曲线^[3],在树冠的数量分布多为中上部居多,且树膛内冠大于外冠^[4]。但是山楂叶螨数量增长极快,虽然目前在生物防治方面取得了一定的成效^[5-6],但实际生产中仍以化学控制为主,而近几年农药的滥用导致其抗药性不断增强^[7],致使防治效果较差,短时期内螨量常常反复爆发。已有研究表明,果树的被害程度与山楂叶螨数量密切相关,并且提出了多种防治指标^[8],但从系统学角度分析其种群建立过程的研究尚未见报道。

本研究在试验控制条件下,从叶片上山楂叶螨种群建立的过程机制角度,探索了山楂叶螨种群的扩张力度,以及随着种群数量的增加对叶片造成的伤害程度,以期明确在自然状态下山楂叶螨由个体到种群的整体趋势,观测在遭受不同种群数量的山楂叶螨取食后,苹果叶片的生物耐害能力,为研究害螨在微观环境条件下的变化规律奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试螨源

1.1.1 螨源 2009 年 4 月中旬,在山楂叶螨越冬代雌成螨出蛰期,于乾县乾陵附近(阳坡,海拔 1 271 m)10 年生红富士苹果园内采集带螨叶片,置养虫盒内带回实验室,接于室内盆栽矮化富士苹果幼苗上,使其产卵繁殖。

1.1.2 供试螨 室温条件下,从繁殖苹果幼苗上挑取第 3 静止期的后若螨,接于干净新鲜苹果叶片,置于培养皿内,解剖镜下连续观察其变化,待蜕皮后接于试验植株。

1.2 试验寄主

选 3 年生盆栽矮化红富士苹果幼苗 4 株,大小及形状相似,植株长势、叶片及分枝数相近,50~60

片叶,株高约 60 cm,叶片用蒸馏水喷刷清洗干净,晾干备用。

1.3 试验方法

1.3.1 叶片标记 将清洗干净的苹果幼苗置于实验室通风光照处,每株幼苗分为上、中、下 3 部分,每部分选取 2 片长势和大小相近、成熟度一致、位置相对的叶片编号标记。3 株苹果幼苗共标记 18 片叶,1 株为对照。

1.3.2 接螨方法 2009-05-30 选取培养皿内供试螨脱皮后身体尚未变红(未开始产卵)的山楂叶螨,用扁口针在其周围切取 $0.5\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$ 叶片组织方块,用小镊子将带螨方块移至标记接螨叶片背面近叶基部主脉一侧,干扰叶组织方块,目标螨移动至叶背,之后连续观察,48 h 内若出现螨缺失或死亡情况,立即补充,以保证其在标记叶片上的定居产卵。3 株苹果幼苗的标记叶片分别按单叶接螨 1,3 和 5 头处理。

1.3.3 观察方法 2009-06-01 开始,每日 09:00 观察记数。整个试验记载延续到叶螨种群大量繁殖、取食至全株叶片焦灼止。具体观察方法:先轻轻拉动枝条侧垂到适当位置,再捏住叶柄轻转至观察最佳位置;用手持 20 倍放大镜往复横扫观察记录各种可见叶螨量(雌成螨、卵、若螨)。同时记录观察时的温度、相对湿度等数据。依接螨量 1,3,5 头/叶的次序和每枝由下至上进行观察。记录至 07-05,共 35 d。

1.3.4 山楂叶螨发生量与为害度分级指标 密切观察接螨后苹果叶片以及整株的变化,在手持 20 倍放大镜协助下,记录叶片始现白色斑点、叶柄和叶片出现蛛丝及叶螨外迁、山楂叶螨为害后期整株苹果幼苗叶片全部焦灼的时间,根据实验叶螨发生量与为害程度,以害斑面积为主要指标,对为害度划分级别(表 1)^[9]。

1.4 数据分析

采用 DPS 8.0 软件处理试验数据,利用 Excel 2003 软件分析作图。

表 1 山楂叶螨发生量及为害级分级指标

Table 1 Grade index of mites number and hazard rating of hawthorn spider wite

为害级 Damage level	害斑面积(占叶面积)/% Harmful spot area		成螨量(a) Adults number	若螨量(b) Nymphs number	卵量(c) Ovum number
	叶背面 Back(x)	叶正面 Front(y)			
0	不见害斑 No spot	不见害斑 No spot	0	0	0
1	叶片可见白斑 $x<5$ White spot	不见害斑 No spot	$a\leq 5$	$b\leq 5$	$c\leq 15$
2	叶片白斑连片 $5\leq x<20$ Contiguous white spot	可见黄白斑 $y<5$ Yellow-white spot	$5<a\leq 10$	$5<b\leq 50$	$15<c\leq 100$
3	大面积白斑 $20\leq x<80$ Large white spot area	黄白斑连成片 $5\leq y<50$ Contiguous spot	$10<a\leq 100$	$50<b\leq 100$	$100<c\leq 200$
4	整个叶片焦灼 $x\geq 80$ Whole dry	$y\geq 50$	$a\leq 10$	$b\leq 50$	$c\leq 50$

2 结果与分析

2.1 山楂叶螨种群数量的动态变化

2.1.1 不同初始接螨量对苹果单叶片种群数量的影响 图 1 结果表明,在苹果单叶片上接螨,其种群整体数量持续增加,呈单峰曲线,其中伴有数次波动。接螨初期,营养条件充足,种群数量平缓上升;06-14 开始,螨量略有下降,这主要是由于此时属于卵量下降期,所接雌成螨产卵过程接近尾声,新 1 代

的雌成螨还未开始产卵;接螨 19 d 后,种群整体数量稍下降后又急速攀升至最高点,表明 06-19 左右的阴雨天气对螨量有影响,抑制了螨量的上升趋势。接螨量为 1 头/叶的处理,于 06-28 单叶总螨量最高,达 215.3 头/叶;接螨量为 5 头/叶的处理,单叶总螨量最高达 294.2 头/叶。在种群繁殖前期,初始接种量越大,单叶片上种群数量越多,其到达顶峰的时间越短,但后期种群衰落加剧。

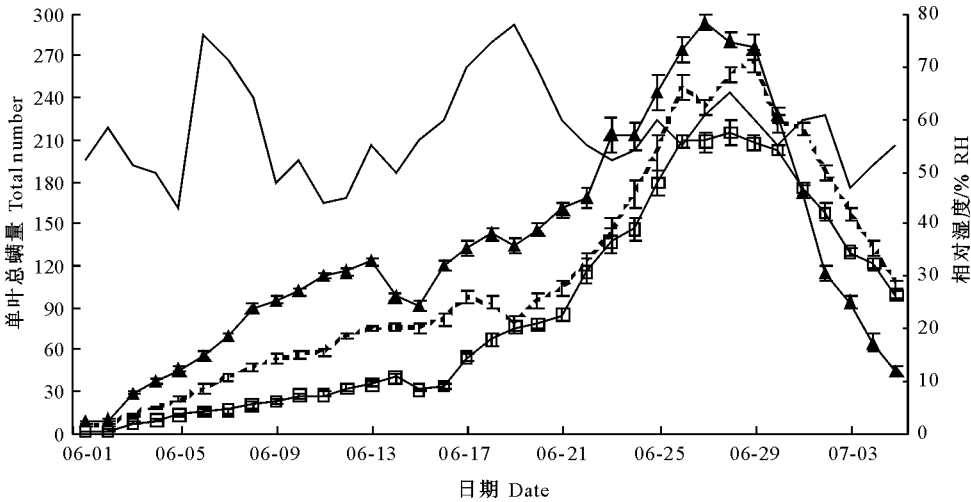


图 1 不同初始接螨量下苹果单叶片山楂叶螨种群数量的增长动态

—□—, 单叶接 1 头; ----, 单叶接 3 头; —▲—, 单叶接 5 头; —, 相对湿度

Fig. 1 Dynamic growth map of hawthorn spider mite population in different treatments

—□—. 1 mite in sigle leaf; ----, 3 mites in sigle leaf; —▲—. 5 mites in sigle leaf; —, HR

2.1.2 不同初始接螨量对苹果单叶片山楂叶螨各螨态数量的影响 由图 2 可见,在苹果单叶片山楂叶螨种群中,卵的数量占优势地位,其次是雌成螨和若螨。卵、雌成螨和若螨的数量动态趋势相近,单叶接螨 1,3,5 头,其平均卵量分别高至 121.7,159.7,187.3 粒/叶。单叶接螨 1 头,卵量于接螨后 12 d 出现一峰值,第 30 天达到顶峰;雌成螨分别在接种后 17,28 d 出现波峰;若螨的种群数量波动幅度于第 26 天达到峰值。单叶接螨 5 头,卵量第 1 次峰值出现于第 10 天,第 29 天到达最高值。不同初始接螨

量处理的卵量均于 06-16 左右出现第 1 个波谷,但此时雌成螨的数量上升,这可能是由于卵大量孵化,第 1 代雌成螨已经出现,但还没有开始产卵,所以卵量开始下降;之后雌成螨数量基数加大,卵量开始持续攀升直至顶峰,波动较小。雌成螨前期数量增长缓慢,随卵的孵化,于 06-17 左右达到第 1 个波峰,之后,雌成螨的数量迅速攀升,大量产卵。表明在室内,6 月份山楂叶螨 15~17 d 可完成 1 个世代,其在叶片上生存的 35 d 中经历了 2 个完全世代。

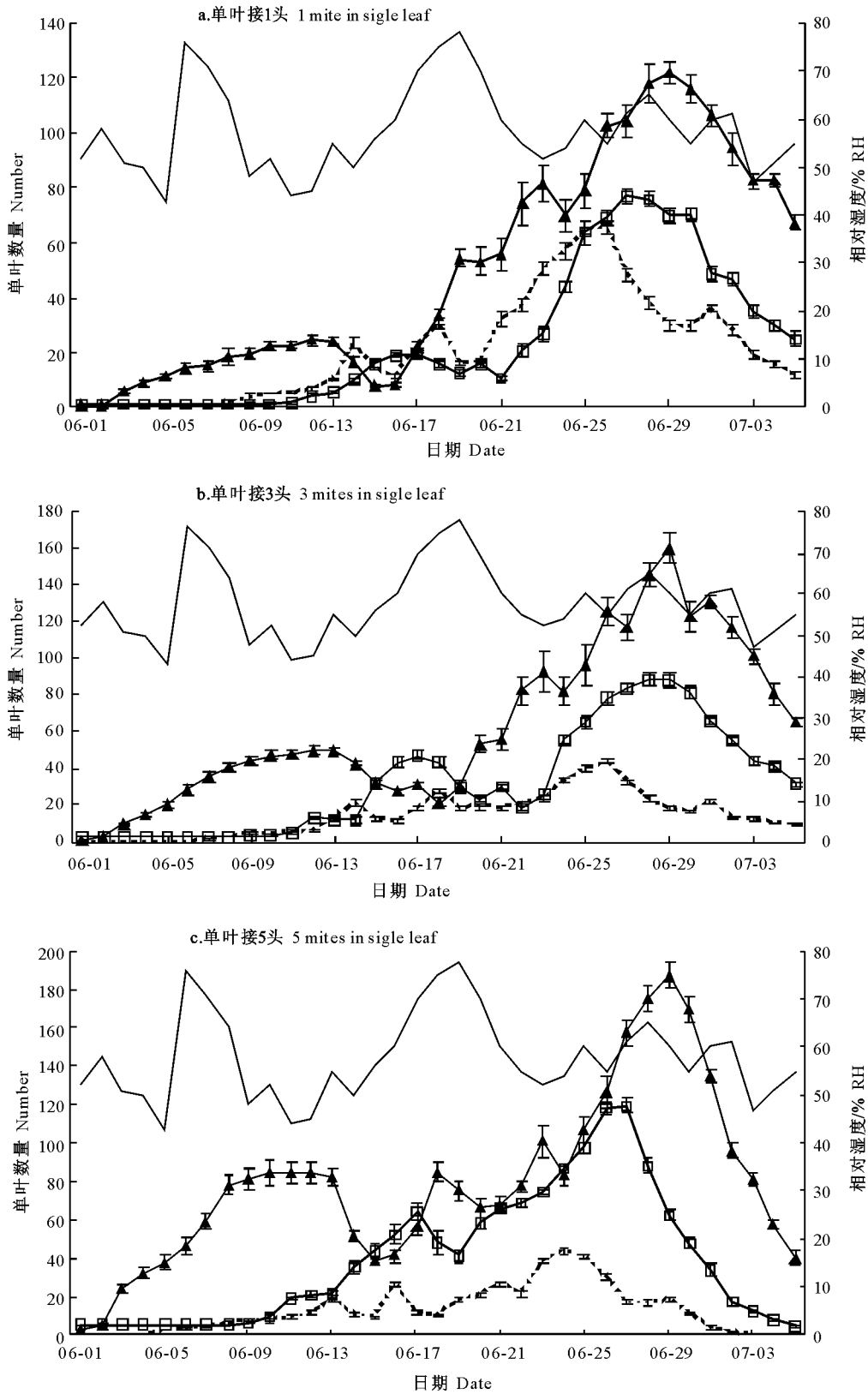


Fig. 2 Dynamic growth map of every type of mite in single leaf in different treatments

—□—, Adult; —▲—, Ova; ----, Nymph; —, RH

由图 2 可知,山楂叶螨种群衰落最先由若螨开始迅速消亡,其次雌成螨数量急剧下降,随后卵的孵

化亦不能正常进行。试验进行过程中,山楂叶螨种群增长前期遇 3 d 阴雨天气,卵量上升速度缓慢,06-19 开始的阴雨天气,各螨态的数量都出现了下降。所以,室内条件虽未有雨水冲刷对其数量的影

响,但相对湿度的升高以及空气流通加剧,导致各螨态螨量明显下降,特别是若螨和雌成螨的数量。

2.1.3 不同初始接螨量对各螨态数量的影响 不同初始接螨量下各螨态的数量变化见图 3。

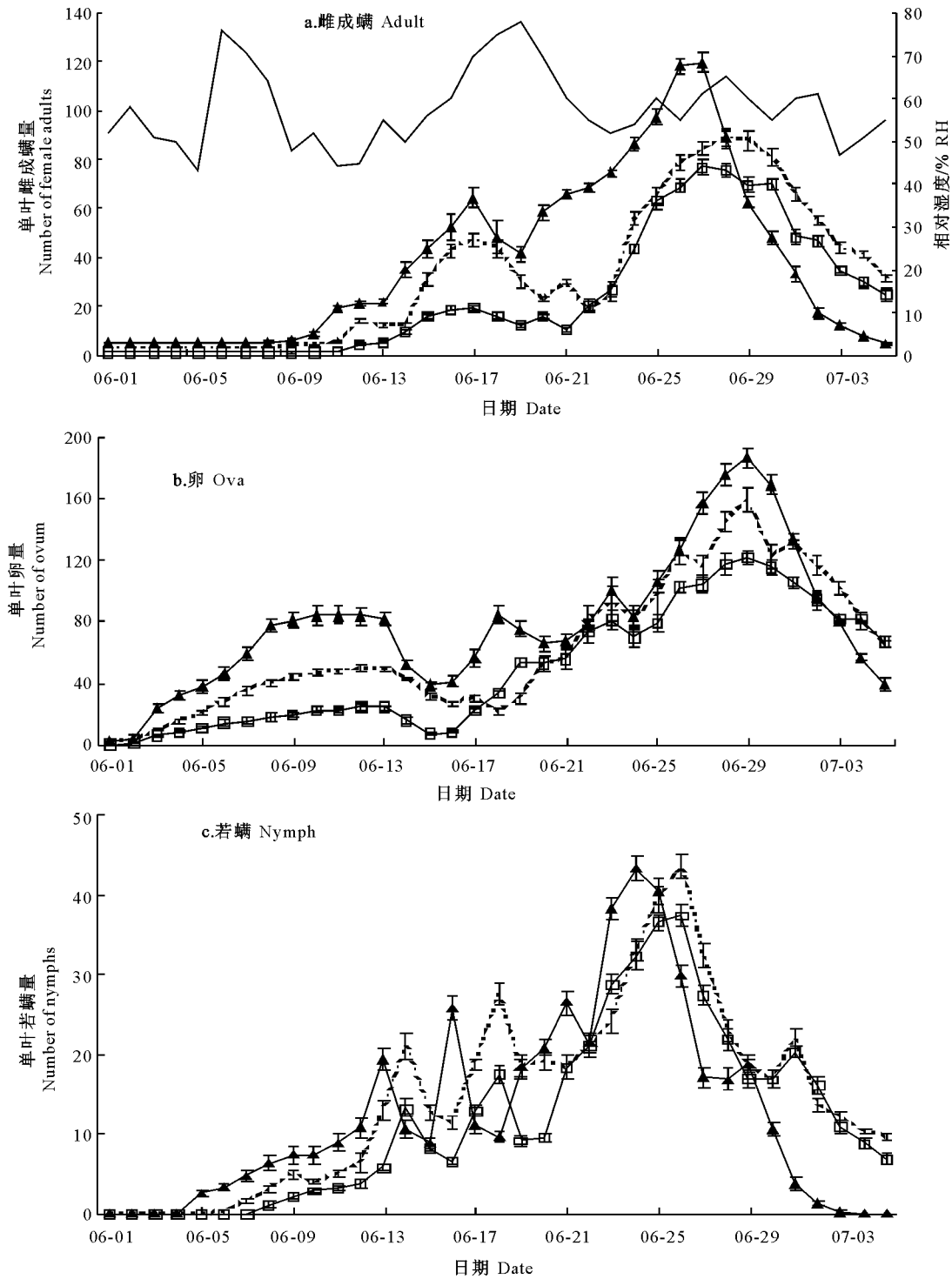


图 3 不同初始接螨量下各螨态的数量动态

—□—, 单叶接 1 头; ----, 单叶接 3 头; —▲—, 单叶接 5 头; —, 相对湿度

Fig. 3 Dynamic map of each type in different treatments

—□—, 1 mite in sigle leaf; ----, 3 mites in sigle leaf; —▲—, 5 mites in sigle leaf; —, RH

由图 3 可见,接螨量 1,3 头/叶的处理,其雌成螨及卵数量的动态变化较 5 头/叶的缓慢,趋势平缓且有相似性;接螨量达 5 头/叶,雌成螨和卵量曲线峰值相对尖锐,数量变化急剧。其中雌成螨数量对比差异最大,图 3a 显示,单叶片上初始接螨量越大,后期雌成螨种群数量越高,单叶接螨量达 5 头的叶片雌成螨数量扩增最为迅速,其峰值早于其他 2 个处理,但到达顶峰后雌成螨数量衰落也提前。从图 3c 可以明显看出,不同初始接螨量对若螨数量变化影响不大,其整体数量随时间变化而上升,但 3 个处理最高若螨量接近,均未超过 50 头/叶,说明叶片对其承载能力相近,且若螨量处于频繁波动的状态。观察发现,若螨活动性强,移动频繁且迅速,时刻寻找更合适的生存场所。

表 2 苹果幼苗不同接螨部位与螨量的关系
Table 2 Relationship between different parts in apple tree and mites number

单叶接 螨量/头 Mites number in single leaf	单叶最高量(日期) Maximum in single leaf (Date)								
	上部 Upper			中部 Central			下部 Lower		
	雌成螨 Adult	卵 Ova	若螨 Nymph	雌成螨 Adult	卵 Ova	若螨 Nymph	雌成螨 Adult	卵 Ova	若螨 Nymph
1	86.1 (06-27) a	129.3 (06-28) b	41.3 (06-26) a	81.7 (06-28) b	143.5 (06-28) a	39.4 (06-25) c	82.5 (06-30) b	120.3 (06-29) a	40.4 (06-30) a
3	99.4 (06-26) a	185.4 (06-28) b	45.3 (06-25) c	94.6 (06-29) b	191.5 (06-28) a	48.2 (06-25) b	98.9 (06-27) c	163.5 (06-29) a	49.1 (06-26) b
5	129.3 (06-26) b	196.7 (06-28) c	48.5 (06-24) c	122.5 (06-27) c	205.0 (06-27) b	42.5 (06-25) b	124.5 (06-26) c	190.8 (06-29) c	46.6 (06-24) c

注:同列不同小写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note:The data followed by small letters within a column indicated extremely significant difference ($P<0.01$),the same below.

2.3 山楂叶螨种群数量增长对苹果幼苗的影响

斑及叶片焦灼的时间历期缩短,出现较高为害级别

由表 3 可知,随单叶接螨量的增加,叶片出现白

提早,扩散趋势越明显,叶片焦灼速度加快。

表 3 不同接螨量山楂叶螨对苹果叶片的为害级别及扩散程度
Table 3 Hazard rating and diffusion degree in apple leaf

单叶接螨量/头 Mites number in single leap	历期/d Duration	叶片达为害级别 Hazard rating	历期/d Duration	扩散情况 Diffusion condition
1	6.8±2.1 c	1	10.4±2.2 c	叶柄始现蛛丝 Around
	10.9±2.5 c	2	20.5±2.8 a	全株布满蛛丝 Whole
	14.1±3.7 c	3		
	30.2±1.8 a	4		
3	6.0±1.2 c	1	8.9±3.2 c	叶柄始现蛛丝 Around
	9.4±1.3 b	2	18.7±1.6 c	全株布满蛛丝 Whole
	10.5±2.4 a	3		
	27.2±2.6 a	4		
5	5.4±2.3 c	1	6.6±1.5 b	叶柄始现蛛丝 Around
	8.2±2.0 c	2	14.6±2.5 a	全株布满蛛丝 Whole
	9.5±1.9 b	3		
	20.4±1.1 a	4		

由表 3 可见,不同接螨量出现 1 级受害状的时间相近,差异不显著;接螨量增加,达到 2 级为害的时间提前,差异达极显著水平;接螨量越大,各处理达到 3 级为害的时间越短,差异极显著;之后叶螨继

续取食繁殖,叶片为害级别最终达到 4 级,3 组处理之间差异不显著。单叶接螨 1 头,在(10.4±2.2) d 接螨叶片叶柄处发现蛛丝,说明叶螨开始从原叶片向其他叶片迁移,在(20.5±2.8) d 时整个苹果幼苗

布满了蛛丝;单叶接螨 5 头的苹果幼苗,在 (6.6 ± 1.5) d 时便发现接螨叶片的叶柄处有蛛丝出现,从接螨开始仅 (14.6 ± 2.5) d,整株苹果幼苗布满蛛丝, (20.4 ± 1.1) d 叶片全部焦灼干枯。3 组处理的扩散情况表明,苹果叶片的叶柄出现蛛丝时,所有叶片都已达到 2 级灾变,此时叶正面可见小面积黄白色害斑。当种群开始从接螨叶片的叶柄向全株扩散以后,短时间内便可使全株挂满蛛丝,山楂叶螨外迁寻找新的食物源,叶片为害级别加重,最后导致全株叶片枯灼。叶片达 1,2 级为害状的时间较长,此时螨量较少,取食导致的叶片斑点面积较小,原叶片能够为叶螨提供充足的食物;随山楂叶螨种群数量的扩增,其取食量急剧增加,害斑面积迅速扩大,很快便达到 3,4 级为害状,叶片毁灭加剧。

3 结论与讨论

在室内条件下,6 月份有限的食物资源内山楂叶螨 15~17 d 可完成 1 个世代,35 d 内发生 2 个完整世代,这与前人的研究结果相符^[10-11],说明室内条件下活体苹果幼苗上山楂叶螨繁殖生存良好。山楂叶螨作为极微小型动物种群,受环境因素影响大。赵立群等^[12]的研究表明,在室内自然变温条件下,山楂叶螨各虫态的发育起点温度较低,卵期为 11.30°C ,幼、若螨期为 14.82°C ,成螨期为 7.25°C ,夏季高温促进叶螨的发育,完成 1 个世代的时间较短。李卫伟等^[13]研究认为,6—7 月上旬的气温及降雨量是影响果园山楂叶螨为害的主要因素。本研究结果表明,室内条件下,阴雨天气对山楂叶螨生长前期的种群扩增稍有抑制,但到种群大量繁殖期,空气流通频繁的高湿风雨天气能够导致种群数量明显下降,特别是对雌成螨和若螨的数量影响较大。已有研究表明,6—7 月为山楂叶螨第 1 代种群数量急速攀升和衰亡的时期^[14-16],但这些均是在大田条件下成熟苹果树上进行的调查结果。本研究在室内条件下调查发现,苹果幼苗叶片上若螨量处于频繁波动状态,且在单叶片上最高数量维持一定水平,若螨的行动活泼,能利用蛛丝远距离外迁。

本研究结果表明,在苹果幼苗不同部位,雌成螨的数量分布表现为上部>下部>中部,雌成螨喜在较幼嫩的上部叶片取食,而对较成熟的苹果幼苗中、下部叶片,则选择下部叶片取食,这主要是由于下部叶片较为茂密,空气流通缓慢,生境相对安全。卵量分布为中部>上部>下部,说明山楂叶螨繁殖后代偏向产卵于中部叶片,这与刘奇志^[17]的果园中活动

螨中下层密度大于上层的研究结果不一致,可能是试验条件不同所致。

本研究对叶片灾变过程调查发现,单叶接螨 1 头、3 头,分别于 (30.2 ± 1.8) d、 (27.2 ± 2.6) d 达 4 级为害,叶片全部焦灼;单叶接螨 5 头,仅 (20.4 ± 1.1) d 达 4 级为害状,叶片焦灼,种群变化过程急剧。说明山楂叶螨单叶虫源基数越大,危害越大,当达到 5 头时应密切关注其繁殖动态,抓紧防治。山楂叶螨种群数量上升,大量取食之后,叶片营养流失严重,且在螨量有增无减的情况下,叶片无法再制造营养,导致苹果幼苗受害而枯,后期叶螨数量急剧下降,最终种群消亡。因而在山楂叶螨发生期,当叶片初现微小白斑时,为最佳防治时期,此时螨量小,繁殖量少且对叶片造成的危害小。若不适时防治,短时期内叶螨数量激增,则无法控制。

[参考文献]

- [1] 仵均祥. 农业昆虫学(北方本) [M]. 北京:中国农业出版社, 2002:174-177.
Wu J X. Agricultural entomology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002:174-177. (in Chinese)
- [2] 赵立群,顾才东,田 真,等. 宁夏山楂叶螨生物学和发生规律的研究 [J]. 昆虫知识, 1998, 35(4): 218-220.
Zhao L Q, Gu C D, Tian Z, et al. The population dynamics of *Tetranychus viennensis* Zacher on apple tree in Ningxia [J]. Entomological Knowledge, 1998, 35(4): 218-220. (in Chinese)
- [3] 闫文涛,周玉书. 苹果园 3 种害螨田间生态位和种间竞争研究 [J]. 中国果树, 2007(3): 33-36.
Yan W T, Zhou Y S. Reserch on niche and competition between three mites species in apple orchard [J]. China Fruits, 2007 (3): 33-36. (in Chinese)
- [4] 赵微微,马 丽,刘玉玉,等. 苹果树冠山楂叶螨 7—10 月空间动态分析 [J]. 西北林学院学报, 2009, 24(4): 135-139.
Zhao W W, Ma L, Liu Y Y, et al. The spatial dynamic analysis of apple crown of *Tetranychus viennensis* Zacher with July—October [J]. The Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4): 135-139. (in Chinese)
- [5] 张乃鑫. 西方盲走螨防治苹果树叶螨的研究 [J]. 生物防治通报, 1987, 3(3): 97-101.
Zhang N X. Biological control of apple spider mites by *Meta-seiulus occidentalis* Nesbitt [J]. Chinese Journal of Biological Control, 1987, 3(3): 97-101. (in Chinese)
- [6] 刘长仲,张新虎. 苏氏盲走螨对山楂叶螨捕食作用的研究 [J]. 甘肃林业科技, 1998(3): 39-40.
Liu C Z, Zhang X H. Reserch on predation between *Typhlodromus soleiger* Ptitichatd et Baker and *Tetranychus viennensis* Zacher [J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 1998(3): 39-40. (in Chinese)
- [7] 李保国,秦立者,毛富玲,等. 无公害苹果园山楂红蜘蛛发生规

律及防治措施研究 [J]. 河北林果研究, 2005, 20(3): 268-272.

Li B G, Qin L Z, Mao F L, et al. The research of distribution patterns and control measures of hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher) in pollutant-free apple orchards [J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2005, 20(3): 268-272. (in Chinese)

[8] 鄧军锐. 农业害螨的生态控制研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(3): 260-265.

Zhi J R. Ecological control of agricultural spider mites [J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2004, 23(3): 260-265. (in Chinese)

[9] 赵微微. 山楂叶螨种群扩散为害与交配行为初探 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2009: 12.

Zhao W W. Preliminary study on population diffusion and behavior of *Tetranychus viennensis* Zacher [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2009: 12. (in Chinese)

[10] 刘会梅, 孙绪良, 王向军, 等. 山楂叶螨滞育的初步研究 [J]. 昆虫学报, 2003, 46(4): 500-504.

Liu H M, Sun X G, Wang X J, et al. Diapause of the hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(4): 500-504. (in Chinese)

[11] 韩世平, 吕印谱, 蔡 聪, 等. 温度对山楂叶螨发育速率的影响 [J]. 河南农业科学, 2000, 28(11): 17-19.

Han S P, Lü Y P, Cai C, et al. Temperature impact on the hawthorn spider mite developmental rate [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2000, 28(11): 17-19. (in Chinese)

[12] 赵立群, 洪 波, 顾才东, 等. 室内自然变温下山楂叶螨发育起点温度和有效积温的研究 [J]. 宁夏农学院学报, 1998, 19(1): 18-20.

Zhao L Q, Hong B, Gu C D, et al. Studies on the development threshold temperature and the effective accumulated temperature of *Tetranychus viennensis* Zacher under natural temperature [J]. Journal of Ningxia Agricultural Sciences, 1998, 19(1): 18-20. (in Chinese)

[13] 李卫伟, 越书文, 薛明喜. 影响山楂叶螨发生相关因子分析 [J]. 科学之友, 2007, 12(B): 153-154.

Li W W, Yue S W, Xue M X. Study on occurring condition of hawthorn spider mite [J]. Friend of Science Amateurs, 2007, 12(B): 153-154. (in Chinese)

[14] 李大乱, 张翠瞳, 徐国良. 山楂叶螨种群动态及其危害研究 [J]. 林业科学研究, 1998, 11(3): 335-338.

Li D L, Zhang C T, Xu G L. A study on the population dynamics and damage of red spider mite (*Tetranychus viennensis*) [J]. Forest Research, 1998, 11(3): 335-338. (in Chinese)

[15] 王振平, 孟瑞霞, 邱全喜, 等. 苹果梨树上山楂叶螨种群动态分析 [J]. 内蒙古农牧学院学报, 1999, 20(3): 65-67.

Wang Z P, Meng R X, Qiu Q X, et al. The population dynamics of *Tetranychus viennensis* Zacher on apple-pear trees [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 1999, 20(3): 65-67. (in Chinese)

[16] 吕文彦, 秦雪峰, 张育平, 等. 山楂叶螨种群数量动态和空间格局研究 [J]. 河南科技学院学报, 2008, 36(2): 44-46.

Lü W Y, Qin X F, Zhang Y P, et al. Study on the population dynamics and spatial pattern of *Tetranychus viennensis* Zacher [J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology, 2008, 36(2): 44-46. (in Chinese)

[17] 刘奇志. 山楂叶螨活动螨空间格局及空间动态研究 [J]. 华北农学报, 1994, 9(1): 108-113.

Liu Q Z. A preliminary study on the spatial patterns and spatial dynamics of the hawthorn spider mite [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1994, 9(1): 108-113. (in Chinese)

(上接第 192 页)

[77] Xu P, Atkinson R, Jones D, et al. *Drosophila* OBP LUSH is required for activity of pheromone-sensitive neurons [J]. Neuron, 2005, 45(2): 193-200.

[78] Syed Z, Ishida Y, Taylor K, et al. Pheromone reception in fruit flies expressing a moth's odorant receptor [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2006, 103(44): 16538-16543.

[79] Benton R, Sachse S, Michnick S W, et al. Atypical membrane topology and heteromeric function of *Drosophila* odorant receptors *in vivo* [J]. PLoS Biology, 2006, 4(2): e20.

[80] Smart R, Kiely A, Beale M, et al. *Drosophila* odorant receptors are novel seven transmembrane domain proteins that can signal independently of heterotrimeric G proteins [J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2008, 38(8): 770-780.

[81] Larsson M C, Domingos A I, Jones W D, et al. Or83b encodes a broadly expressed odorant receptor essential for *Drosophila* olfaction [J]. Neuron, 2004, 43(5): 703-714.

[82] 乔 奇, 原国辉, 李海超, 等. 昆虫气味受体研究进展 [J]. 昆虫学报, 2008, 51(1): 75-80.

Qiao Q, Yuan G H, Li H C, et al. Research advances in odorant receptors in insects [J]. Acta Entomologica Sinica, 2008, 51(1): 75-80. (in Chinese)

[83] Sato K, Pellegrino M, Nakagawa T, et al. Insect olfactory receptors are heteromeric ligand-gated ion channels [J]. Nature, 2008, 452(7190): 1002-1006.

[84] Wicher D, Schafer R, Bauernfeind R, et al. *Drosophila* odorant receptors are both ligand-gated and cyclic-nucleotide-activated cation channels [J]. Nature, 2008, 452(7190): 1007-1010.