应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(1): 55–63. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2016.007

从捕食者、猎物的生物学分析胡瓜新小绥螨对针叶小爪螨的控制作用*

张艳璇[1,2**] 林公羽[1] 魏 辉[1***] 林坚贞[1] 田瑞冬[3] 陈 霞[1]
孙 莉[1] 曾 宜[1]

（1. 福建省农业科学院植物保护研究所，福州 350013；2. 福建省农作物害虫天敌资源工程技术研究中心，福州 350013；
3. 北京市密云县园林绿化局，密云县 101500）

摘 要 **【目的】** 为了研究胡瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris*（Oudemans）对针叶小爪螨 *Oligonychus ununguis*（Jacobi）的控制能力，为大田防治提供依据。**【方法】** 应用胡瓜新小绥螨和针叶小爪螨的生物学与实验种群生命表的数据进行比较分析。**【结果】** 研究表明：①在（20±1）～（32±1）℃温度条件下，取食针叶小爪螨的胡瓜新小绥螨幼螨、若螨、成螨均能正常生长和繁殖，发育历期随着温度升高而缩短；②在（20±1）、（25±1）、（30±1）、（32±1）℃温度条件下，以针叶小爪螨为食物的胡瓜新小绥螨的产卵量分别为（37.8±5.15）、（52.9±1.92）、（49.5±6.50）、（42.0±6.34）粒，而在同等温度条件下，取食板栗叶片的针叶小爪螨的产卵量分别高出胡瓜新小绥螨的 141%、169%、194%和 149%；③在（20±1）、（25±1）、（30±1）和（32±1）℃温度条件下，针叶小爪螨的净增殖率（R_0）分别为 36.5453、66.9788、66.2848、45.4846，比胡瓜新小绥螨高出 72.88%、118.36%、92.12%、93.55%，说明针叶小爪螨的生殖潜能与产雌率高于胡瓜新小绥螨，而胡瓜新小绥螨每一世代周期（T）为 29.6337、24.2193、20.2165、22.2009 d，分别短于针叶小爪螨 46.75%、42.03%、39.13%、29.63%；④在（20±1）、（25±1）、（30±1）℃温度条件下，胡瓜新小绥螨的内禀增长率（r_m）为 0.1030、0.1413、0.1699，分别高于针叶小爪螨的 127%、105%、106%，而在（32±1）℃条件下针叶小爪螨的内禀增长率（r_m=0.1636）高于胡瓜新小绥螨的 115%，说明高温有利于针叶小爪螨的种群增长。**【结论】** 在针叶小爪螨初发生期释放胡瓜新小绥螨能有效地控制其种群增长。

关键词 胡瓜新小绥螨，针叶小爪螨，实验种群生命表，生物防治

Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) as a biological control for *Oligonychus ununguis* (Jacobi) (Acari: Tetranychidae)

ZHANG Yan-Xuan[1,2**] LIN Gong-Yu[1] WEI Hui[1***] LIN Jian-Zhen[1,2]
TIAN Rui-Dong[3] CHEN Xia[1] SUN Li[1] ZENG Yi[1]

(1. Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China;
2. Research Center of Engineering and Technology of Natural Enemy Resource of Crop Pest in Fujian, Fuzhou 350013, China;
3. Beijing Miyun Gardens Bureau, Miyun County, 101500, China)

Abstract **[Objectives]** To study the effectiveness of using *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) as a biological control for *Oligonychus ununguis* (Jacobi) in the field. [**Methods**] The biological and life table parameters of *N. cucumeris* and *O. ununguis* were analyzed. **[Results]** ① The developmental period of *N. cucumeris* feeding on *O. ununguis* shortened as temperature increased from 21 to 33℃; ② The average female fecundity of *N. cucumeris* at temperatures of (20±1), (25±1),

* 资助项目 Supported projects：农业部公益性行业科研专项（201103020）；福建省自然科学基金（2014J1108）；福建省农科院创新团队项目（CXTD-2-1313）；国家 863 计划（2011AA10A201）；国家外专千人计划项目（WQ20123500080）
**第一作者 First author，E-mail：xuan7616@sina.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail： weihui@faas.cn
收稿日期 Received：2016-01-06，接受日期 Accepted：2016-01-15

(30±1) and (32±1)℃ was (37.8±5.15), (52.9±1.92), (49.5±6.50) and (42.0±6.34) lower, respectively, than those of their prey. At the same temperatures, the fecundity of *O. ununguis* feeding on chestnut leaves were 141%, 169%, 194% and 149% higher than those of *N. cucumeris*; ③ The net reproductive rate (R_0) of *O. ununguis* at the four temperatures tested were 36.5453, 66.9788, 66.284 and 45.4846; which were 72.88%, 118.36%, 92.12% and 93.55% higher, respectively, than those of *N. cucumeris*. The mean generation time *T* (days) of *N.cucumeris* were 29.6337, 24.219, 20.2165, 22.2009, which were 46.75%, 42.03%, 39.13% and 29.63%, lower than those of *O. ununguis*; ④ The intrinsic rate of natural increase (r_m) of *N.cucumeris* at (20±1)℃, (25±1)℃, and (30±1)℃, were 0.1030, 0.1413 and 0.1699, which were 127%, 105%, and 106% higher than those of *O. ununguis* at these temperatures but lower than those of *O. ununguis* at (32±1)℃. **[Conclusion]** The results indicate that *N. cucumeris* is a desirable bio-control agent to suppress *O. ununguis* population density in orchards.

Key words *Neoseiulus cucumeris*, *Oligonychus ununguis*, experiment population life table, bio-control

针叶小爪螨 *Oligonychus ununguis*（Jacobi）是危害板栗，麻栎、槲树等壳斗科树木的重要害螨(金大勇，2006)。该螨以幼螨、若螨、成螨寄生于叶片正面，吐丝拉网刺吸汁液。该螨为害时由主脉两侧向侧脉和其他部位扩散。因此，叶脉两侧较其它部位受害严重，被害叶片呈灰白色小斑点，严重时全叶褐色、硬化甚至焦枯，致使树势衰弱，严重影响栗树生长、发育和果实的产量（孙绪艮等，1994）。在我国板栗产区针叶小爪螨综合防治措施主要有：①栽培管理措施；②植物检疫；③天敌保护利用；④化学防治（孙绪艮等，1994）。尹淑艳等（2000）在调查针叶小爪螨的天敌中发现芬兰钝绥螨 *Euseius finlandicus* 是优势种天敌。关秀敏等（2002）研究表明：芬兰真绥螨 *Euseius finlandicus* (Oudemans)对针叶小爪螨雌成螨捕食量较大，对卵的取食较少并且不成规律。利用有益螨类控制有害螨类即“以螨治螨”是近年来防治害螨的有效途径，具有无公害、持续控制、保护生态、减轻劳动强度、降低防治成本、提高农产品品质等特点（余德亿等，2008；张艳璇等，2009）。李志明等（2012）研究发现，1.8%阿维菌素 EC1500 倍液+300 头捕食螨（胡瓜新小绥螨）组合防治针叶小爪螨防治效果最好（98.9%），其次是 50%硫磺 AS200 倍液+300 头捕食螨（胡瓜新小绥螨）组合和 80%硫磺 WP200 倍液+300 头捕食螨（胡瓜新小绥螨）的组合，防治效果分别是 95.7%和 92.6%。

作者于 1997 年率先引进胡瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris*（Oudemans），目前已广泛地应用在我国福建、广西、广东、新疆等 30 个省、2 000 多个县市，用以防治柑橘、茶叶、棉花、苹果等 20 多种作物上柑橘全爪螨 *Panonychus citri* McGregor、山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* Zacher、截形叶螨 *T. truncatus* Ehara、土耳其斯坦叶螨 *T. turkestani* Ugarov et Nikolski、二斑叶螨 *T. urticae* Koch、朱砂叶螨 *T. cinnabarinus* (Boisduval)、南京裂爪螨 *Stigmaeopsis nanjinensis* (Ma *et* Yuan)、竹裂爪螨 *S. bambusae* Reck 等 20 多种害螨取得显著成效（张艳璇等，2004a，2004b，2004c，2006；Zhang *et al*., 2005；陈霞等，2008）。为了扩大胡瓜新小绥螨的应用范围，探明胡瓜新小绥螨对针叶小爪螨的控制能力。我们采用生物学、种群生命表等方法，分析胡瓜新小绥螨对针叶小爪螨的控制作用，评价田间应用效果，研究结果可为板栗产区推广“以螨治螨”生物防治技术提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

针叶小爪螨来自密云县石城镇板栗园，胡瓜新小绥螨来自福建艳璇生物防治技术有限公司。

1.2 胡瓜新小绥螨生活史研究

采用直径 12 cm 培养皿，内置直径为 10 cm、厚度为 1 cm 的海绵块，每块海绵上放置一张直径 10 cm 滤纸，然后将含有针叶小爪螨（混合螨态）的板栗叶剪成直径 6 cm 放在滤纸上，培养皿注入适量清水，叶片边缘用棉花细细缠绕一圈以防螨外逃或内侵。每张叶片上引入 1 只怀卵的

雌成螨，待其产下卵后，移开雌成螨，留下卵，每皿一叶，每叶一卵。试虫放置在 80%～85%RH、14L∶10D 光照培养箱内饲养。(20±1)℃处理组每 7 d 换 1 次叶，(25±1)℃和(30±1)℃处理组每 5 d 换 1 次叶，(32±1)℃处理组每 3 d 换一次叶。当卵发育到雌成螨后引入一只雄螨，记录每天产卵量。卵采用单独饲养，待其发育成熟后记录它的性别。每种温度梯度处理 20 重复。每天早上 8∶30、下午 17∶30 两次观察，记录生长、发育、产卵、寿命、死亡和存活数量。

1.3　针叶小爪螨生物学特性研究

采用直径 12 cm 培养皿，内置 5 片直径为 3 cm，厚度 1 cm 的海绵块（相互独立）。每块海绵上放置一张直径 3 cm 的滤纸。将干净无螨板栗叶片剪成直径 2.8 cm 放在滤纸上，培养皿注入适量清水，叶片边缘用棉花细细缠绕一圈，以防螨外逃或内侵。每张叶片上放入一只怀卵的针叶小爪螨雌成螨，待其产卵后移开雌成螨，留下卵。每个海绵块上留一粒卵，每皿 5 粒卵。试验温度 4 个处理，即(20±1)、(25±1)、(30±1)和(32±1)℃，试虫置于 80%～85%RH、14L∶10D 光照培养箱内饲养。各处理每 5 d 换一次叶片。当卵发育到雌螨或雄螨时进行各自配对。每个温度梯度处理 20 重复。每天早上 8:30 和下午 17∶30 观察记录针叶小爪螨生长、发育、产卵、寿命、死亡和存活数量。

1.4　益螨和害螨实验种群生命表研究

1.4.1　实验种群生命表调查方法　胡瓜新小绥螨实验室种群生命表的调查方法同 1.2; 针叶小爪螨实验种群生命表的调查方法同 1.3。

1.4.2　实验种群生命表参数计算方法

净增殖率 $R_0=\Sigma l_x \cdot m_x$，

种群经历一个世代的生长周期 T

$= \Sigma l_x \cdot m_x \cdot x / \Sigma l_x \cdot m_x$，

内禀增长率 $r_m=l_n R_0 \cdot T^{-1}$，

周限增长率 $\lambda=e^{rm}$，

种群倍增所需时间 $t= l_n 2 \cdot r_m^{-1}$。

公式中，x：按年龄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。

1.5　板栗园释放天敌试验

1.5.1　试验区划分　试验区设在密云县石城镇西湾子村板栗园。生防区共 15 hm^2 （仅释放胡瓜新小绥螨），于 6 月 18 日释放捕食螨，每株一袋，每袋 1 500 只。常规化防区（化防区）10 hm^2，共打两次农药。空白对照区 0.2 hm^2（不释放捕食螨、不喷农药，其他农事管理同生防区、化防区)。

1.5.2　调查方法　在上述各试验区各选择 5 株板栗树为固定调查的标准株，在每株树的同一水平东、西、南、北、中随机选 10 片叶片，每株 50 片，每处理每次观察 250 张叶片，记录叶片上针叶小爪螨各螨态数量，每 3 d 调查一次。

1.6　数据分析

按下列公式求出防治效果（南京农学院主编，1985）

$$\text{虫口减退率（\%）} = \frac{\text{防治前活虫数} - \text{防治后活虫数}}{\text{防治前活虫数}} \times 100,$$

$$\text{校正虫口减退率（\%）} = \frac{\text{防治区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{1 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100。$$

2　结果与分析

2.1　胡瓜新小绥螨的发育历期

在 4 种处理温度下，以针叶小爪螨（混合螨态）为猎物的胡瓜新小绥螨各虫态均能正常地生长发育并完成世代（表 1)。在 20～32℃范围内随着温度的升高，各虫态的生育历期明显缩短（表 1)。温度（Y）与发育历期（X）呈负相关关系，其回归方程见表 2。观察中还发现胡瓜新小绥螨喜欢捕食针叶小爪螨的幼螨、若螨、成螨，日捕食针叶小爪螨的幼螨 9～12 只或雌螨 3～4 只，但不喜欢取食针叶小爪螨的卵。这可能是由于针叶小爪螨的卵呈饼状、扁平地黏贴在叶片上，影响胡瓜新小绥螨的搜捕与取食。在胡瓜新

表 1 在不同温度条件下以针叶小爪螨为猎物的胡瓜新小绥螨的发育历期

Table 1 The developmental duration of *Neoseiulus cucumeris* feeding on the *Oligonychus ununguis* at different temperatures

温度(℃) Temperature	样本量（头） Sample	卵期 Egg (d)	幼螨期 Larva (d)	若螨 1 期 Protonymph (d)	若螨Ⅱ期 Deutonymph (d)	产卵前期 Preoviposition (d)	世代历期 Generation (d)
20±1	雌 Female=20	3.30±0.54	1.85±0.41	2.85±0.34	3.95±0.37	4.45±0.44	16.40±0.42
	雄 Male=16	2.86±0.24	2.14±0.24	2.17±0.19	3.86±0.63	—	10.93±0.32
25±1	雌 Female=20	2.20±0.35	1.40±0.21	2.10±0.46	2.70±0.42	2.70±0.26	11.10±0.34
	雄 Male=16	2.43±0.45	1.07±0.19	2.07±0.19	2.21±0.27	—	7.78±0.27
30±1	雌 Female=20	1.80±0.26	0.85±0.26	1.20±0.26	1.75±0.26	2.80±0.26	8.40±0.26
	雄 Male=16	1.49±0.27	0.86±0.22	1.14±0.35	1.70±0.39	—	5.19±0.31
32±1	雌 Female=20	1.50±0.33	0.75±0.26	1.14±0.26	1.75±0.26	2.60±0.39	7.74±0.30
	雄 Male=16	1.21±0.27	0.71±0.27	1.12±0.24	1.79±0.27	—	4.83±0.27

表 2 以针叶小爪螨为猎物的胡瓜钝绥螨的发育历期与温度关系

Table 2 The relationship between treatment temperatures and developmental period of *Neoseiulus cucumeris* feeding on the *Oligonychus ununguis*

发育历期 Developmental period (d)	雌螨 Female	雄螨 Male
卵期 Egg stage	$Y=-0.58X+3.650$（R^2=0.9043）	$Y=-0.589X+3.47$（R^2=0.959）
幼螨期 Larva stage	$Y=-0.385X+2.175$（R^2=0.9419）	$Y=-4.5X+2.32$（R^2=0.8061）
若螨Ⅰ期Ⅰ Protonymph stage	$Y=-1.13X+7.950$（R^2=0.9612）	$Y=-0.408X+2.645$（R^2=0.8447）
若螨Ⅱ期Ⅱ Deutonymph stage	$Y=-0.805X+4.425$（R^2=0.7647）	$Y=-0.755X+4.425$（R^2=0.8738）
产卵前期 Pre-oviposition stage	$Y=-0.545X+4.500$（R^2=0.641）	----------
世代 Generation	$Y=-2.868X+18.08$（R^2=0.884）	$Y=-2.089X+12.405$（R^2=0.9128）

小绥螨捕食过程中，幼螨、若螨、成螨生长、发育良好，存活率达 95%~100%。

2.2 胡瓜新小绥螨和针叶小爪螨的主要生物学参数

从表 3 可以看出，（1）在（20±1）、（25±1）、（30±1）、（32±1）℃温度梯度范围内，针叶小爪螨雌螨的世代周期在同等温度条件下分别是胡瓜新小绥螨雌螨的 1.87 倍、1.72 倍、1.64 倍、1.42 倍。因此，在田间针叶小爪螨发生低密度时释放胡瓜新小绥螨能够有效地增殖，短期内抑制针叶小爪螨的种群增长；(2) 在 (20±1) ～ (32±1) 温度条件下，胡瓜新小绥螨取食针叶小爪螨能够正常产卵，说明捕食针叶小爪螨能够充分满足胡瓜新小绥螨生长发育与孕卵过程对营养的需求。在(20±1)、(25±1)、(30±1)、(32±1)℃温度梯度范围内，针叶小爪螨雌螨的总产卵量分别(54.20±6.23)、(96.10±6.94)、(90.80±18.00)、(65.70± 6.60) 粒，在同等温度条件下分别高于胡瓜新小绥螨雌螨产卵量的 141%、169%、194% 和 149%；（3）在（20±1）～（32±1）℃温度条件下，针叶小爪螨螨产雌率 67.42%～69.69%，胡瓜新小绥螨产雌率为 55.55%～57.98%。

2.3 胡瓜新小绥螨和针叶小爪螨的生命表参数

从表 4 可见，在(20±1)℃时针叶小爪螨净增殖率（R_0=36.5453），比胡瓜新小绥螨（R_0=21.1391）高 1.73 倍，这是因为针叶小爪螨平均产卵量为 54.2 粒/雌，比胡瓜新小绥螨（37.8 粒/雌）高出 43.3%。针叶小爪螨产雌率为 67.42%，高出胡瓜新小绥螨 18.9%，表明早春针叶小爪螨出蛰后如果田间不及时采取防控措施，特别是缺乏天敌自然控制情况下易短期爆发危害。针叶小爪螨内禀增长率为 r_m=0.0807, 而胡瓜新小绥螨内禀增长率为 r_m=0.1030，比针叶小爪螨高出 1.27 倍，说明在(20±1)℃条件下胡瓜新小绥螨取食针叶小爪螨种群最大瞬时增长率高于针叶小绥螨捕食针叶小爪螨，可以在早春针叶小爪螨出

表 3　不同处理温度下胡瓜新小绥螨和针叶小爪螨的主要生物学参数

Table 3　Comparison of biological parameters of *Neoseiulus cucumeris* and *Oligonychus ununguis* treated with different temperatures

参数 Parameters	(20±1)℃		(25±1)℃		(30±1)℃		(32±1)℃	
	O.u	N.c	O.u	N.c	O.u	N.c	O.u	N.c
世代周期 Generation duration (d)	30.80±1.32	16.40±0.42	19.15±1.20	11.10±0.34	13.80±1.96	8.40±0.26	11.00±0.58	7.74±0.30
总产卵量（粒） Total egg numbers	54.20±6.23	37.8±5.15	96.10±6.94	52.90±1.92	90.80±18.00	49.5 ±6.50	65.70±6.60	42.00±6.34
产卵历期 Oviposition duration (d)	24.90±2.81	24.90±1.46	26.00±2.26	27.00±1.32	30.80±1.32	30.80±1.32	30.80±1.32	30.80±1.32
雌螨寿命 Female longevity (d)	63.5±1.18	50.0±1.89	54.0±1 25	44.2±1.62	48.8±2.10	40.4±1.58	43.7±1.95	40.7±1.70
雌雄性比 Sex ratio	2.07∶1	1.31∶1	2.31∶1	1.38∶1	2.30∶1	1.35∶1	2.25∶1	1.25∶1

O.u：针叶小爪螨 *Oligonychus ununguis*；N.c：胡瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris*. 下表同。The same as below.

表 4　在不同处理温度下胡瓜新小绥螨和针叶小爪螨的实验室种群生命表参数比较

Table 4　Comparison on life parameters of *Neoseiulus cucumeris* and *Oligonychus ununguis* at different temperatures

参数 Parameters	(20±1)℃		(25±1)℃		(30±1)℃		(32±1)℃	
	O.u	N.c	O.u	N.c	O.u	N.c	O.u	N.c
净增殖率（R_0） Net reproductive rate R_0 per generation	36.5453	21.1391	66.9788	30.6731	66.2848	34.5000	45.4846	23.5000
内禀增长率（r_m） Intrisic rate of natural increase (r_m)	0.0807	0.1030	0.1345	0.1413	0.1608	0.1699	0.1636	0.1422
世代平均周期（T） Mean generation time T (days)	40.3385	29.6337	31.2471	24.2193	25.7985	20.2165	23.3394	22.2009
周限增长率（λ） Finite rate of increase (λ)	2.0700	1.1084	1.1439	1.1518	1.1744	1.1851	1.1777	1.1528
种群倍增时间（t） Population increase double times (t)	8.5929	6.7321	5.1541	4.9038	4.3114	4.0807	4.2379	4.8744

爪螨取食板栗叶片，证明(20±1)℃适宜胡瓜新小蛰时释放胡瓜新小绥螨，达到早期预防和控制针叶小爪螨种群增长的目的。胡瓜新小绥螨世代平均周期（T=29.6337）比针叶小爪螨（T=40.3385）短，种群倍增时间（t=6.7321）也短于针叶小爪螨（t= 8.5929），说明胡瓜新小绥螨释放到田间后能短时间内稳定下来建立种群。周限增长率是生物体在一定的时间内种群总的增长率，在(20±1)℃时针叶小爪螨周限增长率（λ=2.07）比胡瓜新小绥螨周限增长率（λ=1.1084）高出 1.86 倍。由图 1、图 2 比较表明，在(20±1)℃条件下，天敌与猎物的存活率均较高，产卵后期死亡的个体主要是自然死亡的个体。综上分析，在(20±1)℃时，应在针叶小爪螨刚出蛰、处于低密度时释放胡瓜新小绥螨，可以有效地阻击针叶小爪螨从地面、树皮向树冠迁移扩散。

从表 4 可见，(25±1)℃适合针叶小爪螨的种群增长，其净增殖率（R_0=66.9788）比胡瓜新小绥螨（R_0=30.6731）高 2.18 倍，这是因为针叶小爪螨平均产卵量（96.10 粒/雌）比胡瓜新小绥螨

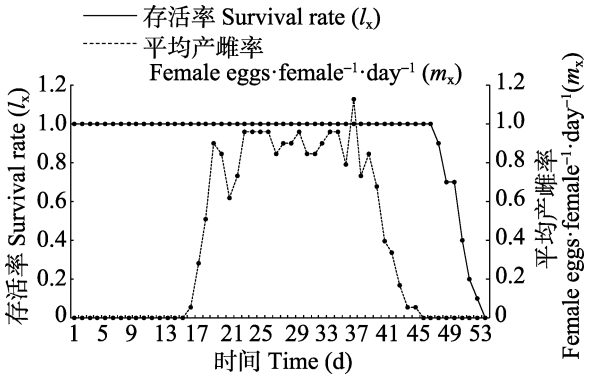

图 1　（20±1）℃胡瓜新小绥螨生命曲线

Fig. 1　Age-specific survival rate and oviposition rate of *Neoseiulus cucumeris* at (20±1)℃

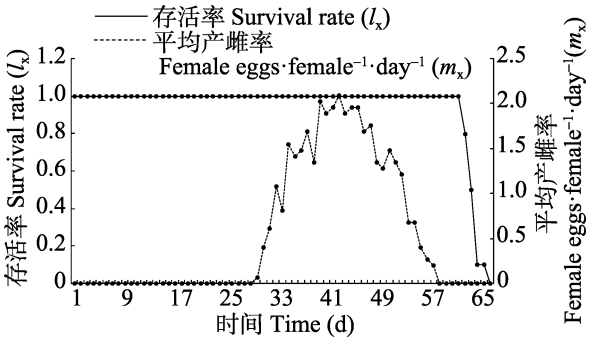

图 2 （20±1）℃针叶小爪螨生命曲线

Fig. 2 Age-specific survival rate and oviposition rate of *Oligonychus ununguis* at (20±1)℃

（52.90 粒/雌）高出 81.66%。胡瓜新小绥螨为内禀增长率为 r_m=0.1413，针叶小爪螨内禀增长率为 r_m=0.1314，说明胡瓜新小绥螨种群最大瞬时增长率略高于针叶小爪螨，胡瓜新小绥螨周限增长率（λ=1.1518）略高于针叶小爪螨（λ=1.1439）。胡瓜新小绥螨世代平均周期（T=24.2193）短于针叶小爪螨（T=31.2471）22.49%。胡瓜新小绥螨种群增长 1 倍时间（t=4.90038）也短于针叶小爪螨（t=5.1541）。以上分析说明，胡瓜新小绥螨世代周期、种群倍增时间短于针叶小爪螨，而内禀增长率、周限增长率高于针叶小爪螨，因此，在(25±1)℃条件下胡瓜新小绥螨能够有效控制针叶小爪螨的种群增长。但是由于在(25±1)℃条件下针叶小爪螨净生殖率明显高于胡瓜新小绥螨，因此在这温度条件下释放胡瓜新小绥螨要特别注意害螨的基数。如果害螨基数高于每叶 5 只（成螨）则应先用高效低毒的农药清园一次，7 d 后在释放胡瓜新小绥螨。由图 3、图 4 比较表明，在(25±1)℃时胡瓜新小绥螨和针叶小爪螨存活率均较高，产卵后期死亡的主要是自然死亡个体。

在(30±1)℃条件下，针叶小爪螨内禀增长率 r_m=0.1608，比在(20±1)℃和(25±1)℃条件下分别增长了 19.55%和 99.25%，种群倍增时间（t=4.3114）比在(25±1)℃、(20±1)℃条件下分别缩短了 49.82%和 16.35%，因此，在(30±1)℃温度条件下，田间如果没有做好防控措施，针叶小爪螨易在短时间内爆发成灾。在(30±1)℃条件下，针叶小爪螨净生殖率（R_0=66.2848）比胡瓜新小绥螨净增殖率高出 1.92 倍，这是因为在这一温度条件

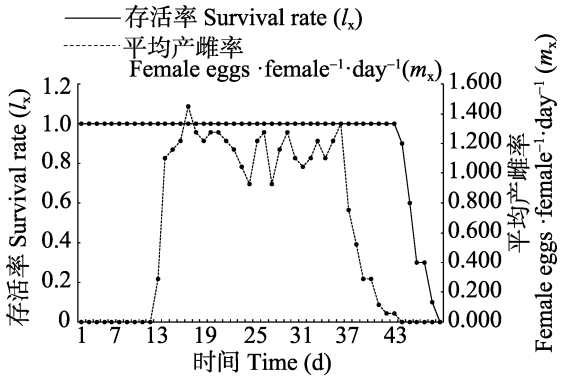

图 3 （25±1）℃胡瓜新小绥螨生命曲线

Fig. 3 Age-specific survival rate and oviposition rate of *Neoseiulus cucumer* is at (25±1)℃

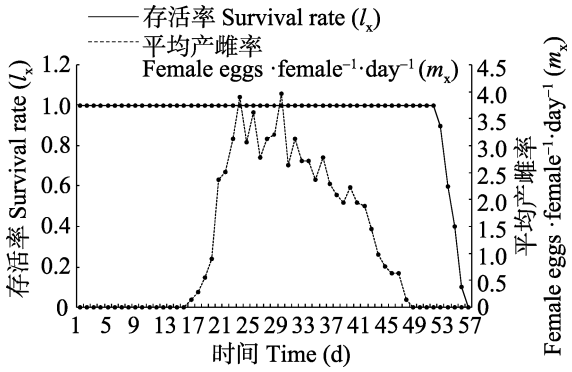

图 4 （25±1）℃针叶小爪螨生命曲线

Fig. 4 Age-specific survival rate and oviposition rate of *Oligonychus ununguis* at (25±1)℃

下针叶小爪螨产雌率为 69.69%，高出胡瓜新小绥螨 1.83 倍。因此，在（30±1）℃条件下释放胡瓜新小绥螨应充分考虑田间益、害螨比例和温度因素。同样还要特别注意害螨的基数，如果害螨基数高于每叶 5 只（成螨），则应该先用高效低毒的农药清园一次，7 d 后再释放胡瓜新小绥螨。由图 5、图 6 比较表明，在(30±1)℃时胡瓜新小绥螨以针叶小爪螨为猎物时其存活率高，产卵后期死亡的主要是自然死亡个体。

在（32±1）℃条件下，针叶小爪螨净增殖率（R_0= 45.4866）比（25±1）℃和（30±1）℃分别下降 30.59%和 31.38%，说明高温对针叶小爪螨种群增殖能力有一定的抑制。同样在（32±1）℃条件下，胡瓜新小绥螨净增殖率（R_0=23.5000）比（25±1）℃、（30±1）℃分别下降 23.38%和 31.88%，说明高温对胡瓜新小绥螨的种群增长有一定的抑制作用。从内禀增长率参数分析，在

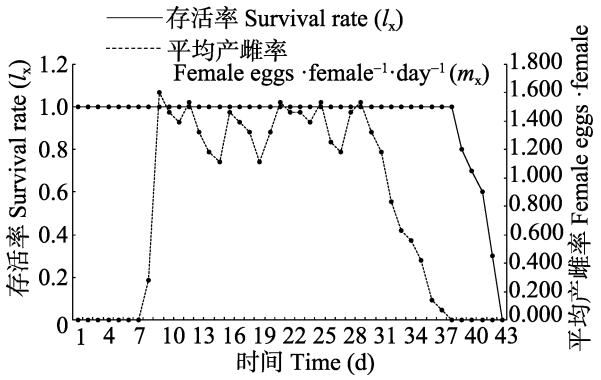

图 5　（30±1）℃胡瓜新小绥螨生命曲线

Fig. 5　Age-specific survival rate and oviposition rate of *Neoseiulus cucumeris* at (30±1)℃

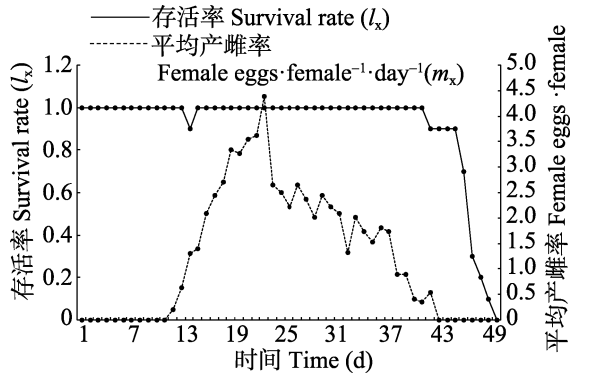

图 6　(30±1)℃针叶小爪螨生命曲线

Fig. 6　Age-specific survival rate and oviposition rate of *Oligonychus ununguis* at （30±1）℃

（32±1）℃温度下，针叶小爪螨内禀增长率比（25±1）℃和（30±1）℃条件下分别提高了 21.63% 和 1.74%，说明在高温条件下针叶小爪螨种群最大瞬时增长率有一定的提高，但在（32±1）℃温度下胡瓜新小绥螨的内禀增长率比（30±1）℃时降低 16.3%，与（25±1）℃接近。比较针叶小爪螨和胡瓜新小绥螨在（32±1）℃条件下净增殖率和内禀增长率两个重要生命表参数，发现在（32±1）℃条件下释放胡瓜新小绥螨控制针叶小爪螨的控害效果可能不如在（25±1）℃和（30±1）℃条件下，特别是当田间针叶小爪螨种群密度比较高时，控制难度增大。由图 7，图 8 比较表明，在（32±1）℃时胡瓜新小绥螨以针叶小爪螨为猎物时其存活率高，产卵后期死亡的主要是自然死亡个体。

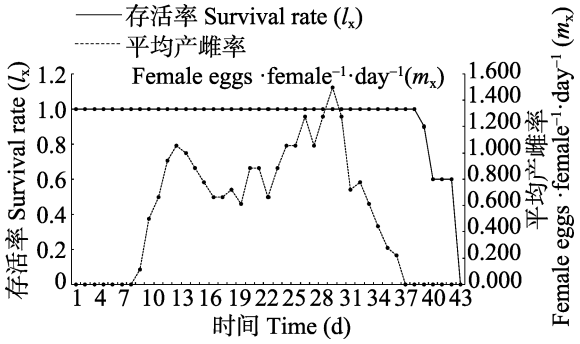

图 7　（32±1）℃胡瓜新小绥螨生命曲线

Fig. 7　Age-specific survival rate and oviposition rate of *Neoseiulus cucumeris* at (32±1)℃

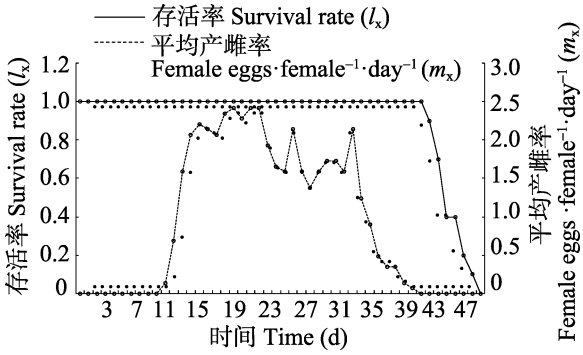

图 8　（32±1）℃针叶小爪螨生命曲线

Fig.8　Age-specific survival rate and oviposition rate of *Oligonychus ununguis* at (32±1)℃

2.4　胡瓜新小绥螨对针叶小爪螨的控制效果

从表 5 中可见，在生防区，释放胡瓜新小绥

表 5　不同处理对板栗园针叶小爪螨的防治效果（密云县，2014）

Table 5　Control efficiency on the *Oligonychus ununguis* in orchards with different control methods (Miyun county, 2014)

处理 Treatment	防治前害螨数量（只/100 叶） Mite numbers before control (mite/100 leave)	防效 Efficiency (%)										
		2 d	5 d	8 d	11 d	14 d	17 d	20 d	23 d	26 d	29 d	60 d
生防园 Bio-control	350	2.3	1.1	26.3	50.5	65.4	87.0	87.0	89.3	92.7	95.3	62.9
化防园 Chemical control	378	82.1	93.4	96.1	97.4	97.4	97.1	97.1	96.0	95.8	95.8	29.8
对照园 Control	340	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

螨控制针叶小爪螨的效果逐步提高，到第 17 天后可达到 87%，29 d 后达到 95.3%，60 天后可稳定在 62,9%。在化防区，两次化学防治效果可达 82.1%～97.1%，但是第 60 天后防治效果仅为 29.8%。

3 讨论

在害虫生物防治中需要客观地评估天敌的控制作用。针叶小爪螨既能进行孤雌产雄生殖也能两性生殖，而其天敌胡瓜新小绥螨必须经过交配后才能繁殖。从实验种群生命表参数可见，在（20±1）、（25±1）、（30±1）、（32±1）℃温度条件下，针叶小爪螨的净增殖率（R_0）分别比胡瓜新小绥螨高出 72.88%、118.36%、92.12%、93.55%，说明针叶小爪螨的生殖潜能高于胡瓜新小绥螨。所以在田间释放胡瓜新小绥螨时一定要考虑针叶小爪螨的密度和防治时期。在（19±1）、（25±1）、（30±1）、（33±1）℃温度范围内，胡瓜新小绥螨每一世代周期短于针叶小爪螨 46.75%、42.03%、39.13%、29.63%。因此胡瓜新小绥螨能够在短时间内建立种群。

针叶小瓜螨在华北栗区月发生 4～9 代，以卵在 1～4 年生的板栗枝条的叶痕粗皮缝隙及分枝处越冬。在河北中南部越冬即 4 月下旬开始孵化，5 月上旬，中旬为孵化盛期；5 月下旬由第一代卵孵化的幼螨爬上新梢基部小叶片正面为害，以后各代随新梢生长和种群数量的增加，为害部位逐渐上移，各代重叠为害；6 月份后数量逐渐增加，7 月份形成全年的发生高峰，8 月中旬为越冬卵盛发期（关秀敏等，2002）。根据针叶小瓜螨的发生规律，以及胡瓜新小绥螨喜欢取食针叶小爪螨成螨、若螨、幼螨的特点，同时，基于板栗园的温、湿度条件，每年 5 月下旬—6 月中旬是释放新小绥螨控制针叶小爪螨的最佳适期。

北京密云县是我国重要的板栗产区，板栗面积 2 万 hm^2，年产量 1 万吨。为了保护密云水库的水质，严禁在周边农田、果园使用化学农药。2004—2014 年密云县已累计释放胡瓜新小绥螨 160～180 亿只，面积 1.33 万公顷次。田间调查结果显示，采用释放捕食螨控制害螨，配合诱虫灯、糖醋液诱杀鳞翅目害虫，释放赤眼蜂防治桃蛀螟，结合施用有机肥等措施，可在板栗园逐步取代化学农药使用，满足有机板栗的生产需求。

参考文件(References)

Chen X, Zhang YX, Lin JZ, Ji J, 2008. Attraction response of the predatory mite *Amblyseius cucumeris* Oudemans to *Tetranychus vienensis* Zacher. *Journal of Environmental Entomology*, 30(1): 50–54. [陈霞, 张艳璇, 林坚贞, 季洁, 2008. 山楂叶螨对胡瓜钝绥螨的吸引作用研究. 环境昆虫学报, 30(1): 50–54.]

Geng JG, Zhang JX, 1991. Prediction Insect Ecology and Experimental Guidance. Beijing: Beijing Agricultural Press. 90–94. [耿济国, 张建新. 1991. 昆虫生态学及预测预报实验指导. 北京: 北京农业出版社. 90–94.]

Guan XM, Sun XG, 2002. A study on predation of *Euseius finlandicus*. *Journal of Shandong Agricultural University*, 33(3): 297–301. [关秀敏, 孙绪艮, 2002. 芬兰真绥螨捕食功能的研究. 山东农业大学学报, 33(3): 297–301.]

Ji J, Zhang YX, 2000. Occurrence and prevention of pest mites on the tea in our country. *Fujian Agricultural Sciences*, 2: 25–26. [季洁, 张艳璇, 2000. 我国茶树害螨发生与防治 (1). 福建农业学报, 2: 25–26.]

Jin DY, 2006. Biological characteristics of *Oligonychus ununguis*. *Journal of Northeast Forestry University*, 34(6): 52–53. [金大勇, 2006. 针叶小爪螨的生物学特性. 东北林业大学学报, 34(6): 52–53.]

Li M, Fu YG, 2006. Advances in study of *Amblyseius cucumeris* (Oudemans). *Journal of South China University of Tropical Agriculture*, 12(4): 32–38. [李美, 符悦冠, 2006. 胡瓜钝绥螨的研究进展. 华南热带农业大学学报, 12(4): 32–38.]

Li ZP, Xu H, Huang Y, 2012. Research on the use of predatory mites and chemical control of *Oligonychus ununguis* (Jacobi). *China Plant Protection*, 32(6): 29–31. [李志朋, 徐鸿, 黄勇, 2012. 利用捕食螨和药剂防治板栗针叶小爪螨的研究. 中国植保导刊, 32(6): 29–31.]

Lin XY, Li ZQ, 2003. Discussion on the control effect of *Neoseiulus cucumeris* againstcitrus mite. *Jiangxi Plant Protection*, 26(3): 99–102. [林雄毅, 李自强, 2003. 胡瓜钝绥螨对柑橘害螨的控制效果探讨. 江西植保, 26(3）99–102.]

Nanjing Agricultural College, 1985. Insect Ecology and Prediction. Beijing: Beijing Agricultural Press. 342–393. [南京农学院. 1985. 昆虫生态学及预测预报. 北京: 北京农业出版社. 342–393.]

Sun XG Zhou CG, Zhang XD, Liu YM, Lu FQ, Zhen JH, Wang QJ,

Wang JL, 1994. Preliminary studies on damage of *Oligonychus ununguis* (Jacobi) on Chinese chestnut and its control index. *Journal of Shandong Agricultural University*, 25(2): 202–206. [孙绪艮, 周成刚, 张小娣, 刘玉美, 陆逢庆, 郑家海, 王全进, 王家亮, 1994. 针叶小爪螨对板栗的危害及防治指标的初步研究. 山东农业大学学报, 25(2): 202–206.]

Sun XG, Xu CQ, Zhou CG, Yin SY, Zhen WQ, 2000. Performances and reproductive isolation of different populations of *Oligonychus ununguis* (Jacobi) on conifer and broadleaf trees. *Acta Entomologica Sinica*, 43(1): 52–57. [孙绪艮, 徐常青, 周成刚, 尹淑艳, 甄文全, 2000. 针叶小爪螨不同种群在针叶树和阔叶树上的生长发育和繁殖及其生殖隔离. 昆虫学报, 43(1): 52–57.]

Yin SY, Sun XG, Li B, 2000. A Study on predatory process of *Amblyseius finlandius* (Oudemans) to *Oligonychus ununguis* (Jacobi). *Journal of Shandong Forestry Science and Technology*, (2): 22–24. [尹淑艳, 孙绪艮, 李波, 2000. 芬兰钝绥螨对针叶小爪螨的捕食作用研究. 山东林业科技, (2): 22–24.]

Yu DY, Zhang YX, Tang JY, Ji J, 2008. The application of predatory mites in biological control of agro-forest spider mites in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 537–541. [余德亿, 张艳璇, 唐建阳, 季洁, 2008. 捕食螨在我国农林害螨生物防治中的应用. 昆虫知识, 45(4): 537–541.]

Zhang YX, Zhang ZQ, Lin JZ, JI J, Hou A, 2001. Observation on life history of *Schizotetranychus bambusae* Reek (Acari: Tetranychidae) infecting bamboo leaves in Fujian, China. *Systematic and Applied Acarology*, 6(1): 3–20.

Zhang YX, Ji J, Lin Ji J, 2003. From parameters experiment population life table to analyze the causes of the outbreak of the pest mites in moso bamboo. *Journal of Bamboo Research*, 22(3): 23–29. [张艳璇, 季洁, 林坚贞, 2003. 从实验种群生命表的参数分析毛竹害螨爆发成灾的成因. 竹子研究汇刊, 22(3): 23–29.]

Zhang YX, Ji J, Lin JZ, Song MG, Tong LX, Liu QY, 2004a. Release of *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) to control pest mites of moso bamboo. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 19(2): 73–77. [张艳璇, 季洁, 林坚贞, 宋美官, 童如行, 刘巧云, 2004a. 释放胡瓜钝绥螨控制毛竹害螨的研究. 福建农业学报, 19(2): 73–77.]

Zhang YX, Lin JZ, Ji J, Kang YM, Chen X, 2004b. Analysis of numerical responses and main life parameters for determining the suppression of *Amblyseius cucumeris* on *Panonychus citri*. *Scientia Agricultura Sinica*, 37(12): 1866–1873. [张艳璇, 林坚贞, 季洁, 康玉妹, 陈霞, 2004b. 数值反应和实验种群生命表分析胡瓜钝绥螨对柑橘全爪螨的控制. 中国农业科学, 37(12): 1866–1873.]

Zhang YX, Lin JZ, Ji J, Yutaka S, Zhang ZQ, 2004c. Studies on the potential of *Typhlodromus bambusae* (natural) and *Amblyseius cucumeris* (introduced) (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent against pest mites of moso bamboo. *Scientia Silvae Sinicae*, 40(5): 122–137. [张艳璇, 林坚贞, 季洁, 齊藤裕, 张智强, 2004c. 竹盲走螨、胡瓜钝绥螨对毛竹害螨的控制作用研究. 林业科学, 40(5): 122–137.]

Zhang YX, Lin JZ, Ji J, Chen X, 2005. Analyses of numerical responses and main life parameters for determining the suppression of *Amblyseius cucumeris* on *Panonychus citri*. *Agricultural Sciences in China*, 4(5): 368–375.

Zhang YX, Wang FT, Ji J, Chen F, Yi ZB, Weng XM, Chen X, 2006. Evaluation of *Amblyseius cucumeris* Oudemans for control of pest mites of koerle pear and strategy for its practical application. *Scientia Agricultura Sinica*, 39(3): 518–524. [张艳璇, 王福堂, 季洁, 陈芳, 易正炳, 翁晓梅, 陈霞, 2006. 胡瓜钝绥螨对香梨害螨控制作用的评价及其应用策略. 中国农业科学, 39(3): 518–524.]

Zhang YX, Lin JZ, Song XG, Ji J, Chen X, 2008. Using *Neoseiulus cucumeris* to control *Oligonychus biharen* in orchard. *China Southern Fruit Science,* 37(3): 57–60. [张艳璇, 林坚贞, 宋秀高, 季洁, 陈霞, 2008. 利用胡瓜钝绥螨控制枇杷重要害螨一比哈小爪螨. 中国南方果树, 37(3): 57–60.]

Zhang YX, Lin JZ, Ji J, Chen X, 2009. Studies on the killing effect of predatory of *Neoseiulus cucumeris* on *Oligonychus biharen*. *Journal of Fruit Science*, 26(5): 683–686. [张艳璇, 林坚贞, 季洁, 陈霞, 2009. 胡瓜钝绥螨对比哈小爪螨的捕食作用. 果树学报, 26(5): 683–686.]

Zhang YX, Lin JZ, Ji J, 2009. Results and prospects using *amblyseius cucumeris* to control pest mites in China//Li DM (ed.). Innovation and Practice of Biological Control. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 1084–1085. [张艳璇, 林坚贞, 季洁, 2009. 中国大陆利用胡瓜钝绥螨控制害螨的成效与展望//李典模主编. 生物防治创新与实践. 北京: 中国农业科学技术出版社. 1084–1085.]

Zhang YX, Zhang GQ, Ji J, Chen X, Lin JZ, Sun L, 2011. Application of the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) to control *Bemisia tabaci* (Gennadius) on eggplant in plastic greenhouses. *Journal of Biosafety*, 20(2): 132–140. [张艳璇, 张公前, 季洁, 陈霞, 林坚贞, 孙莉, 2011. 胡瓜钝绥螨对日光大棚茄子上烟粉虱的控制作用. 生物安全学报, 20(2): 132–140.]