果 树 学 报 2020，37（2）：264-271
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20190422

等钳蠊螨联苯肼酯抗敏品系对柑橘全爪螨的捕食作用

周浩楠，潘 琦，侯栋元，杨娟生，于士将，成禄艳，雷 双，王 莉，丛 林，冉 春*

（西南大学柑桔研究所，重庆 400712）

摘 要：【目的】探究不同温度下等钳蠊螨（*Blattisocius dentriticus* Berlese）联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨（*Panonychus citri* McGregor）的捕食能力差异。**【方法】**采用室内生物测定的方法，研究了在 16、20、24、28、32 ℃条件下等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的捕食作用。**【结果】**等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的捕食量没有显著差异。**【结论】**联苯肼酯抗性获得并未影响等钳蠊螨对柑橘全爪螨的捕食功能，因此，等钳蠊螨有发展成为生防天敌的潜力。

关键词：等钳蠊螨；柑橘全爪螨；联苯肼酯；捕食功能反应；生物防治

中图分类号：S666 **文献标志码：**A **文章编号：**1009-9980（2020）02-0264-08

Predatory function of bifenazate-resistant strain of *Blattisocius dentriticus* Berlese

ZHOU Haonan, PAN Qi, HOU Dongyuan, YANG Juansheng, YU Shijiang, CHENG Luyan, LEI Shuang, WANG Li, CONG Lin, RAN Chun*

(*Citrus Research Institute, Southwest University, Chongqing 400712, China*)

Abstract:【Objective】The objective of this research was to clarify the predatory functional response of the bifenazate-resistant strain of *Blattisocius dentriticus* to *Panonychus citri* and evaluate whether it was possible to use the "alternative prey method" to raise *B. dentriticus* and whether it had the potential to become a natural enemy of citrus, which aimed to better coordinate the use of predatory mites and miticides, and to guide the effective combination of field chemical and biological control.【Methods】Resistance was evaluated using biological assays conducted in a laboratory. The predatory effect of the equal clamp on the elliptic meal was determined by the method of Mcmurtry and Scriven. Round citrus leaves with a diameter of 0.70 cm were placed in each groove of a six-concave slide with a diameter of 1.50 cm and a depth of 0.22 cm, respectively. *Aleuroglyphus ovatus* at the density of 3, 6, 9, 12, 15, and 18 heads was placed in each of the grooves, and the *B. dentriticus* was placed into a drop of sputum, each of which was placed in a tongs (hungry after 24 h). It was covered with a cover slip to prevent cockroaches from escaping, and covered with a wet brush. A circle of water film was applied around the film as isolation (4 h once), and the samples were put into the artificial climate chamber. Five temperature treatments was set separately and the predation effects were observed at 16, 20, 24, 28, 32 ℃ after 24 hours. The relative humidity was (80 ± 5)%, the photoperiod was 14L: 10D, and each treatment was repeated for three times. The predatory functional response model of the *B. dentriticus* was fitted to the Holling disc equation,i.e., $N_a=\alpha TN/(1+\alpha T_h N)$. Where N_a was the number of prey; α was the instantaneous attack rate; T was the total test time; N was the prey density, which was the initial access to the

收稿日期：2019-09-21 接受日期：2019-11-26

基金项目：国家重点研发计划（2018YFD0201508）；中国农业科学院科技创新工程协同创新任务（CAAS-XTCX-2016013）；重庆市科技创新领军人才支持计划（cstc2018kjcxljrc0040）；西南大学博士基金（SWU116061）

作者简介：周浩楠，女，在读硕士研究生，研究方向为农业昆虫与害虫防治。Tel：18883370644, E-mail：1124371223@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel：13908360787，E-mail：ranchun@cric.cn

prey density; and T_h was the time taken by the predator to process each prey. The test time was one day. The α/T_h value was used to evaluate the predation ability of the equal clamp.【Results】Holling Ⅱ functional response equation could be obtained by linear regression. When the density of elliptic meal was 3, 6, 9, 15, 18 per leaf at 16-28 ℃, the predation of elliptic meal increased with the increase of temperature. In the density, the predation reached a maximum at 28 ℃ and decreased slightly at 32 ℃. *B. dentriticus* had strong predation ability for elliptic meal in the range of 16-32 ℃. In the range of 16-28 ℃, the predation ability, attack coefficient and average predation increased with the increase of temperature, reached the highest at 28 ℃, and began to decrease at 32 ℃. The time to process the prey also decreased with increasing temperature, with the least at 28 ℃ and a slight increase at 32 ℃. The predation capacity and daily average predation at 28 ℃ were the highest, 24.40 and 21.98 respectively, and the predation ability and daily average predation at 16 ℃ were the smallest, being 5.49 and 8.41, respectively. Under different temperature conditions, the bifenazate-resistant strain and sensitive strain of *B. dentriticus* were different in predation of eggs and female of *P. citri*. The overall trend was that the predation increased with the increase of the number of prey, before the number of prey reached a certain level. The predation tended to be flat. In the range of 3, 6, 9, 12, 15, and 18 heads per leaf density, the predation reached a maximum at 28 ℃, and then decreased slightly with increasing temperature. The difference in predation at the same temperature was not significant. The *B. dentriticus* had strong predation ability for *P. citri*. The changes in the average predation, predation ability and attack coefficient of *B. dentriticus* predation of eggs and female of *P. citri* were the same as those of the sensitive strains. There was no significant differences in the predation of female mites and eggs between resistant and sensitive strains.【Conclusion】Resistance of bifenazate did not affect the predation function of the *B. dentriticus* to *P. citri*. Therefore, *B. dentriticus* had the potential to develop into a natural enemy. The results of this test showed that *B. dentriticus* had good predation ability for elliptic meal, so it was recommended to use *B. dentriticus* to produce large-scale production and other clamps. The use of bifenazate for resistance screening did not affect the predation function of the *B. dentriticus* on *P. citri*, and the resistance of the scorpion bismuth phthalate was better applied to the *B. dentriticus* population.

Key words: *Blattisocius dentriticus* Berlese; *Panonychus citri* McGregor; Bifenazate; Predatory functional responses; Biological control

等钳镰螨（*Blattisocius dentriticus* Berlese）隶属蛛形纲，蜱螨亚纲（Acari），寄螨目（Parasitiformes），革螨亚目（Gamasida），囊螨科（Ascidae），镰螨属（*Blattisocius*）[1]。等钳镰螨是世界性广布种，主要分布于欧洲、亚洲、美洲的一些国家。在我国上海、四川、浙江、广东等地均有报道[2-3]。等钳蠊螨是储粮害虫的重要天敌，常出现在燕麦片上、燕麦片的缝隙间以及薄膜边缘近水的地方。同时它还可以捕食田间多种害虫（螨），偶见于柑橘树和茶树。Mashaya[4]测定等钳镰螨对嗜虫书虱的捕食功能时发现，等钳镰螨可以控制嗜虫书虱，具有成为其天敌的潜力。郑大睿[5]分别利用腐食酪螨、柑橘全爪螨和茶短须螨作为等钳镰螨食物进行饲养，发现等钳镰螨均能正常生长发育。

联苯肼酯（bifenazate）是由美国科聚亚公司研制的肼基甲酸酯类（联苯肼类）杀螨剂，该产品1999年进入美国市场用于观赏植物上害螨防治，2009年美国科聚亚公司在中国获得该品种原药登记。联苯肼酯杀虫谱广，持效时间长，对二斑叶螨、山楂叶螨、苹果全爪螨和柑橘全爪螨等害螨均有效果[6]。它作为电子传递链复合物III的抑制剂[7-11]，通过阻断电子传递来杀死害螨。目前，关于联苯肼酯对捕食螨的毒力研究较少。范潇[12]利用叶片残毒法测定了联苯肼酯对巴氏新小绥螨的 LC_{50} 为 23 030 mg·L^{-1}。宫亚军等[13]报道 143 mg·L^{-1} 联苯肼酯对智利小植绥螨的生存和繁殖没有显著影响。

近年来，随着杀螨剂的大量不合理使用，害螨的抗药性问题日益突出，天敌对害螨的控制作用日

益受到重视。“以螨治螨”是目前公认治理害螨抗药性的最佳策略[14-15]。已有研究表明，加州新小绥螨对截形叶螨、朱砂叶螨等害螨均有良好的捕食作用[16-17]。郝建强等[18]利用智利小植绥螨控制温室草莓上的二斑叶螨，结果显示虫口减退率及防效均超过80%，并且随释放量的增加，防治效果也越显著。尚素琴等[19]研究发现，巴氏新小绥螨对二斑叶螨种群表现出良好的控制能力。据报道，应用较多的捕食螨有加州新小绥螨、巴氏新小绥螨、胡瓜新小绥螨、智利小植绥螨和西方盲走螨等，而对等钳蠊螨的研究较少。联苯肼酯是田间最常用的杀螨剂之一，可以用来防治二斑叶螨和柑橘全爪螨，且防效较好，对其他天敌相对安全[20]。笔者通过测定不同温度下等钳蠊螨敏感品系对椭圆食粉螨（*Aleuroglyphus ovatus* Troupeau）的捕食功能，评价是否可以运用“替代猎物法”以椭圆食粉螨来大规模饲养等钳蠊螨；通过测定等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨的捕食功能，评价其是否具有成为柑橘全爪螨天敌的潜力，旨在更好地协调捕食螨和药剂的使用，指导田间用药和生物防治有效结合。

1 材料和方法

1.1 供试螨源

等钳蠊螨敏感品系：采集于西南大学柑桔研究所试验室，用麦麸-椭圆食粉螨-捕食螨体系大规模繁殖并保证连续多代不接触杀螨剂的等钳蠊螨品系。

等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系：采集于室内由敏感品系经过多代筛选的联苯肼酯抗性品系，其对联苯肼酯的 LC_{50} 由 19 315.54 mg·L^{-1} 提高到了 116 746.50 mg·L^{-1}，抗性倍数是敏感品系的 6.04 倍。

柑橘全爪螨：采集于室内多年饲养并连续多代不接触药剂的敏感品系。

椭圆食粉螨：采用室内用麦麸饲养的椭圆食粉螨。

1.2 试验方法

等钳蠊螨的捕食功能反应：参照 Mcmurtry 等[21]的方法，测定等钳蠊螨对椭圆食粉螨（柑橘全爪螨）的捕食作用。在直径为 1.50 cm、深度为 0.22 cm 的六凹载玻片的每个凹槽中分别放入直径为 0.70 cm 的圆形柑橘叶片，按 3、6、9、12、15、18 头·叶$^{-1}$ 的密度分别在每个凹槽中放入椭圆食粉螨成螨（柑橘全爪螨），各放入 1 头等钳蠊螨（经 24 h 饥饿处理），盖上盖玻片防止螨逃逸，并用湿毛笔在盖玻片周围涂上一圈水膜做为隔离（4 h 涂 1 次），将其放入人工气候室，分别设置 5 个温度处理，24 h 后观察等钳蠊螨在 16、20、24、28、32 ℃温度下的捕食情况。相对湿度为(80±5)%，光周期为 14L∶10D，每处理设 3 次重复。

1.3 分析方法

等钳蠊螨捕食猎物的功能反应模型拟合。试验数据用 Holling 圆盘方程进行功能反应数学模型的拟合[22]，即 $N_a=\alpha TN/(1+\alpha T_hN)$。式中 N_a 为被捕食猎物数量；α 为瞬间攻击率；T 为试验总时间；N 为猎物密度，即初始接入猎物密度；T_h 为捕食者处理每头猎物所用的时间。本试验时间 T=1 d。用 α/T_h 值来评价等钳蠊螨的捕食能力。

2 结果与分析

2.1 等钳蠊螨敏感品系对椭圆食粉螨的捕食功能反应

由图 1 可看出，椭圆食粉螨密度为 3、6、9、15、18 头·叶$^{-1}$ 时，在 16~28 ℃范围内，等钳蠊螨对椭圆食粉螨捕食量随着温度的升高而增加；在所有密度中，捕食量均在 28 ℃时达到最大值，32 ℃时又稍有下降。

由表 1 可知，等钳蠊螨在 16~32 ℃范围内对椭圆食粉螨均有较强的捕食能力。在 16~28 ℃范围内，随着温度的上升，捕食能力、攻击系数和最大捕食量均呈现上升趋势，28 ℃时达到最高，32 ℃时开始下降。处理猎物的时间也随着温度的升高而减少，28 ℃时最少，32 ℃时又稍有增加。其中 28 ℃的捕食能力和日最大捕食量最大，分别为 24.40 和 21.98，16 ℃的捕食能力和日最大捕食量最小，分别为 5.49 和 8.41。

2.2 等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的捕食量

由表 2~表 5 可以看出，在不同温度条件下，等钳蠊螨抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的捕食量不同，总体趋势为随着猎物数量的增加捕食量也增加，当猎物数量达到一定程度时，捕食量趋于平缓。在 3、6、9、12、15、18 头·叶$^{-1}$ 密度范围内，捕食量均在 28 ℃时达到最大值，之后随着温度的增加稍有下降。等钳蠊螨抗性品系和敏感品系在相同温度下的捕食量差异不显著。

2.3 等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的功能反应

由表 6 可看出，等钳蠊螨对柑橘全爪螨均有较

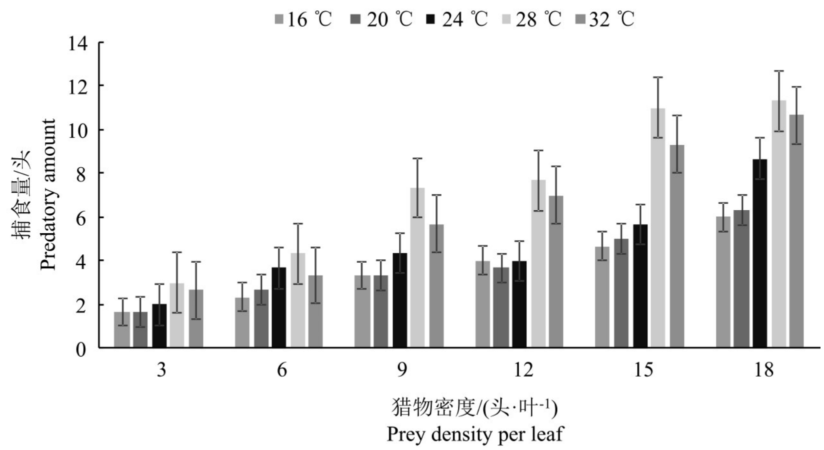

图1　不同温度下等钳螊螨对椭圆食粉螨捕食量的影响

Fig. 1　Predatory numbers of *B. dentriticus* fed on *A. ovatus* with different temperature

表1　等钳螊螨对椭圆食粉螨捕食功能反应

Table 1　Predatory function response of *B. detriticus* fed on *A. ovatus*

温度 Temperature/℃	攻击系数 Attack rate，α	处理时间 Handing time，T_h/d	捕食能力 Predation capacity，α/T_h	最大捕食量 Predation number，$1/T_h$	$N_a=\alpha TN/(1+\alpha T_hN)$	R^2
16	0.65	0.12	5.49	8.41	$N_a=0.65N/(1+0.08N)$	0.96**
20	0.66	0.11	5.87	8.85	$N_a=0.66N/(1+0.07N)$	0.97**
24	0.81	0.09	8.98	11.07	$N_a=0.81N/(1+0.07N)$	0.93**
28	1.11	0.05	24.40	21.98	$N_a=1.11N/(1+0.05N)$	0.96**
32	0.96	0.06	16.67	17.42	$N_a=0.96N/(1+0.05N)$	0.90*

注：*$p\leq0.05$，** $p\leq0.01$。下同。

Note：*$p\leq0.05$，** $p\leq0.01$。The same below.

表2　不同温度下等钳螊螨敏感品系对柑橘全爪螨卵捕食量的影响

Table 2　Effects of different *B. dentriticus* of sensitive strains on the predation of eggs

温度 Temperature/℃	猎物密度/(头•叶-1) Prey density					
	3	6	9	12	15	18
16	2.00±0.00 b	2.67±0.33 c	4.00±0.58 c	6.00±0.58 c	6.67±0.33 d	7.33±0.88 c
20	2.00±0.00 b	3.33±0.33 bc	4.67±0.33 bc	6.00±0.00 c	6.33±0.67 d	7.67±0.88 c
24	2.67±0.33 ab	4.00±0.00 abc	6.00±0.58 ab	7.00±0.58 bc	9.00±0.58 bc	9.67±0.88 bc
28	3.00±0.00 a	5.33±0.67 a	7.33±0.67 a	8.67±0.33 a	10.00±0.58 ab	12.00±0.58 a
32	2.33±0.33 ab	4.00±0.58 abc	5.33±0.33 bc	6.33±0.67 c	7.33±0.33 cd	8.67±0.33 c

注：表中数据为平均数±标准误，同一列数据后不同小写字母表示相同密度下不同温度间在0.05水平上差异显著。下同。

Note：Data are mean±SE，and followed by the different small letters in the same column indicate significant difference at the 0.05 level. The same below.

表3　不同温度下等钳螊螨抗性品系对柑橘全爪螨卵捕食量的影响

Table 3　Effects of different *B. dentriticus* of resistant strains on the predation of eggs

温度 Temperature/℃	猎物密度/(头•叶-1) Prey density					
	3	6	9	12	15	18
16	2.00±0.00 b	2.67±0.33 c	4.33±0.67 bc	5.67±0.33 c	7.00±0.58 d	8.00±0.58 c
20	2.33±0.33 ab	3.67±0.67 bc	5.00±0.58 bc	6.33±0.33 c	7.00±0.58 d	9.00±0.58 c
24	2.67±0.33 ab	4.67±0.33 ab	5.67±0.67 abc	7.00±0.58 bc	9.33±0.33 ab	11.33±0.33 ab
28	3.00±0.00 a	4.67±0.33 ab	7.33±0.67 a	8.33±0.33 a	11.00±1.00 a	13.33±1.20 a
32	2.00±0.58 b	4.67±0.33 ab	5.33±0.33 bc	7.00±0.58 bc	7.00±0.58 d	9.67±0.33 bc

表4 不同温度下等钳蠊螨敏感品系对柑橘全爪螨雌成螨捕食量的影响

Table 4 Effects of *B. dentriticus* of sensitive strains on the predation of female of *P. citri*

温度 Temperature/℃	猎物密度/(头•叶$^{-1}$) Prey density					
	3	6	9	12	15	18
16	0.67±0.33 a	1.00±0.00 c	1.00±0.00 a	1.67±0.67 ab	2.00±0.58 a	2.67±0.88 a
20	1.00±0.00 a	1.33±0.33 bc	1.67±0.67 a	2.67±0.67 ab	3.00±0.58 a	3.33±0.88 a
24	1.33±0.88 a	1.67±0.67 abc	2.67±0.33 a	3.33±0.33 ab	3.33±0.88 a	4.00±0.58 a
28	2.00±0.58 a	3.00±0.00 ab	4.00±0.58 a	4.33±1.33 ab	5.33±0.33 a	6.00±1.00 a
32	1.67±0.67 a	2.33±0.88 abc	3.00±1.53 a	3.33±0.33 ab	4.00±1.00 a	5.33±1.20 a

表5 不同温度下等钳蠊螨抗性品系对柑橘全爪螨雌成螨捕食量的影响

Table 5 Effects of *B. dentriticus* of resistant strains on the predation of female of *P. citri*

温度 Temperature/℃	猎物密度/(头•叶$^{-1}$) Prey density					
	3	6	9	12	15	18
16	0.67±0.33 a	1.00±0.00 c	1.33±0.67 a	1.33±0.33 b	2.00±0.00 a	2.67±0.33 a
20	1.00±0.00 a	1.33±0.67 bc	2.00±0.58 a	2.33±1.33 ab	3.00±1.15 a	3.33±0.67 a
24	1.33±0.33 a	2.00±0.58 abc	2.33±0.88 a	3.67±0.33 ab	4.00±1.53 a	4.00±1.15 a
28	2.00±0.58 a	3.33±0.67 a	3.67±0.88 a	4.67±1.76 a	5.33±1.76 a	6.33±1.20 a
32	1.67±0.33 a	2.67±0.88 abc	3.00±1.53 a	3.67±0.67 ab	4.00±0.58 a	5.33±2.33 a

表6 等钳蠊螨联苯肼酯敏感品系对柑橘全爪螨雌成螨和卵的捕食功能反应

Table 6 Predatory functional response of the *B. dentriticus* bifenazate sensitive strains to female and eggs of *P. citri*

温度 Temperature/℃	螨态 Stage	攻击系数 Attack rate, α	处理时间 Handing time, T_h/d	捕食能力 Predation capacity, α/T_h	最大捕食量 Predation number, $1/T_h$	$N_a=\alpha TN/(1+\alpha T_h N)$	R^2
16	雌成螨 Female	0.26	0.31	0.83	3.19	$N_a=0.26N/(1+0.08N)$	0.88*
	卵 Egg	0.73	0.08	9.46	12.95	$N_a=0.73N/(1+0.06N)$	0.93**
20	雌成螨 Female	0.39	0.21	1.85	4.75	$N_a=0.39N/(1+0.08N)$	0.91*
	卵 Egg	0.75	0.06	11.84	15.87	$N_a=0.75N/(1+0.05N)$	0.99**
24	雌成螨 Female	0.54	0.18	3.04	5.66	$N_a=0.54N/(1+0.10N)$	0.92**
	卵 Egg	1.00	0.06	18.01	18.05	$N_a=1.00N/(1+0.06N)$	0.98**
28	雌成螨 Female	0.84	0.12	7.22	8.55	$N_a=0.84N/(1+0.10N)$	0.99**
	卵 Egg	1.12	0.04	29.53	26.46	$N_a=1.12N/(1+0.04N)$	0.99**
32	雌成螨 Female	0.72	0.16	4.47	6.22	$N_a=0.72N/(1+0.12N)$	0.95**
	卵 Egg	0.89	0.06	14.77	16.58	$N_a=0.89N/(1+0.05N)$	0.99**

强的捕食能力。在16~28 ℃范围内，等钳蠊螨敏感品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的最大捕食量、捕食能力和攻击系数随着温度的升高而增加，均在28 ℃时达到最大值，处理猎物的时间则随着温度的升高而减少，在28 ℃时达到最小值。当32 ℃时，最大捕食量、捕食能力和攻击系数又开始减少，但处理猎物的时间增加。在同一温度处理下，等钳蠊螨敏感品系对卵和雌成螨的最大捕食量、捕食能力和攻击系数均为卵多于雌成螨，而处理猎物时间则为雌成螨大于卵。

由表7可知，在16~32 ℃范围内，等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的最大捕食量、捕食能力和攻击系数的变化同敏感品系(表6)的变化趋势一致。

等钳蠊螨抗性品系对柑橘全爪螨雌成螨和卵在16、20、24、28、32 ℃温度条件下的最大捕食量依

表7　等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系对柑橘全爪螨雌成螨和卵的捕食功能反应

Table 7　Predatory functional response of the *B. dentriticus* bifenazate resistant strains to female and eggs of *P. citri*

温度 Temperature/℃	螨态 Stage	攻击系数 Attack rate，α	处理时间 Handing time，T_h/d	捕食能力 Predation capacity，α/T_h	最大捕食量 Predation number，$1/T_h$	$N_a=\alpha TN/(1+\alpha T_h N)$	R^2
16	雌成螨 Female	0.27	0.30	0.88	3.32	N_a=0.27N/(1+0.08N)	0.94**
	卵 Egg	0.72	0.07	10.36	14.45	N_a=0.72N/(1+0.05N)	0.94**
20	雌成螨 Female	0.39	0.20	1.93	4.98	N_a=0.39N/(1+0.08N)	0.94**
	卵 Egg	0.89	0.07	13.43	15.15	N_a=0.89N/(1+0.06N)	0.99**
24	雌成螨 Female	0.54	0.16	3.45	6.45	N_a=0.54N/(1+0.08N)	0.96**
	卵 Egg	1.00	0.05	20.76	20.79	N_a=1.00N/(1+0.05N)	0.99**
28	雌成螨 Female	0.84	0.11	7.59	9.00	N_a=0.84N/(1+0.09N)	0.98**
	卵 Egg	1.09	0.04	30.03	27.62	N_a=1.09N/(1+0.04N)	0.98**
32	雌成螨 Female	0.72	0.15	4.88	6.78	N_a=0.72N/(1+0.12N)	0.98**
	卵 Egg	0.75	0.04	16.98	22.57	N_a=0.75N/(1+0.03N)	0.95**

次为3.32、4.98、6.45、9.00、6.78（雌成螨）；14.45、15.15、20.79、27.62、22.57（卵），敏感品系的捕食能力依次为3.19、4.75、5.66、8.55、6.22（雌成螨）；12.95、15.87、18.05、26.46、16.58（卵）。其中抗性品系对雌成螨的最大捕食量略大于敏感品系的捕食能力，对卵的捕食能力除了20 ℃条件下，其他也都大于敏感品系。

3　讨　论

等钳蠊螨对椭圆食粉螨捕食能力、瞬时攻击率、最大捕食量强，所以可以运用“替代猎物法”以椭圆食粉螨来大规模饲养等钳蠊螨，同时等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨捕食能力、瞬时攻击率、最大捕食量也较强，因此其作为捕食性天敌和药剂联合防治柑橘全爪螨也有较好的应用前景。

国内外很多学者对等钳蠊螨做过一些研究。笔者测定了等钳蠊螨敏感品系对椭圆食粉螨的捕食功能，也测定了等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨卵和雌成螨的功能反应。结果表明捕食功能反应均为Holling Ⅱ型，在16~28 ℃范围内随着温度的升高，其捕食能力也升高。这与已经开发利用的其他捕食螨相一致，例如加州新小绥螨对侧多食跗线螨和东方真叶螨的捕食作用以及胡瓜钝绥螨对比哈小爪螨的捕食功能[23-25]。这也与等钳蠊螨对腐食酪螨的捕食功能的研究结果一致，例如郑大睿[5]测定等钳蠊螨对腐食酪螨的捕食功能，结果表明等钳蠊螨对腐食酪螨的捕食功能反应为Holling Ⅱ型，在17~29 ℃范围内随着温度的升高，其捕食能力也升高。本试验结果表明等钳蠊螨联苯肼酯抗性品系和敏感品系对柑橘全爪螨的捕食量没有显著变化，在功能反应的各个参数中也没有较大改变。由此说明利用联苯肼酯进行抗性筛选并未影响等钳蠊螨对柑橘全爪螨的捕食功能。

4　结　论

本试验结果综合表明，等钳蠊螨对椭圆食粉螨有良好的捕食能力，因此建议用椭圆食粉螨来大规模生产繁殖等钳蠊螨。利用联苯肼酯进行抗性筛选并未影响等钳蠊螨对柑橘全爪螨的捕食功能，等钳蠊螨联苯肼酯抗性的获得使等钳蠊螨种群更好地应用于生物防治，达到“以螨治螨”与药剂防治有效结合的效果，为化学防治与生物防治的有效结合提供参考。

致谢：感谢中国农业科学院植物保护研究所徐学农老师协助鉴定螨种类。

参考文献 References：

[1] 刘晓东，杜山. 中国常见仓贮螨类分类综述[J]. 植物检疫，2000，14(5)：301- 304.
LIU Xiaodong，DU Shan. Classification review of common storage mites in China[J]. Plant Quarantine，2000，14(5)：301-304.

[2] 沈兆鹏. 中国储粮螨类研究 50 年[J]. 仓储科技，2007，3(19)：38-40.
SHEN Zhaopeng. Research on stored grain mites in China for 50 years[J]. Storage Technology，2007，3(19)：38-40.

[3] 吴泽文，莫少坚，李小青，谢少远，文新，陈开生. 出口中药材螨类调查[J]. 植物检疫，2000，1(4)：8-10.
WU Zewen，MO Shaojian，LI Xiaoqing，XIE Shaoyuan，WEN Xin，CHEN Kaisheng. Investigation on export of Chinese herbal medicine mites[J]. Plant Quarantine，2000，1(4)：8-10.

[4] MASHAYA N. Predation of the booklouse *Liposcelis entomophila* (Enderlein) by *Blattisocius dentriticus* (Berlese) and their susceptibility to deltamethrin and fenitrothion[J]. International Journal of Tropical Insect Science，2002，22(1)：5.

[5] 郑大睿. 等钳蠊螨的生物学，生态学及其应用研究[D]. 广州：中山大学，2011.
ZHENG Darui. Studies on biology and ecology of *Blattisocius dentriticus* (Berlese) and its application[D]. Guangzhou：Sun Yat-sen University，2011.

[6] HIRAGAKI S，KOBAYASHI T，OCHIAI N，TOSHIMAB k，DEKEYSERC M，MATSUDAB K，TAKEDA M. A novel action of highly specific acaricide; bifenazate as a synergist for a GABA- gated chloride channel of *Tetranychus urticae* (Acari：Tetranychidae) [J]. Neurotoxicology，2012，33(3)：307- 313.

[7] THOMAS V L，TIRRY L，NAUEN R. Complete maternal inheritance of bifenazate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari：Tetranychidae) and its implications in mode of action considerations[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology，2006，36(11)：869- 877.

[8] THOMAS V L，VANHOLME B，POTTELBERGE V S，NIEUWENHUSE V P，NAUEN R，TIRRY L，DENHOLM L. Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance：non- mendelian inheritance in action [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences，2008，105(16)：5980-5985.

[9] THOMAS V L，NIEUWENHUYSE P V，VANHOLME B，DERMAUW W，NAUEN R，TIRRY L. Parallel evolution of cytochrome b mediated bifenazate resistance in the citrus red mite *Panonychus citri*[J]. Insect Molecular Biology，2011，20(1)：135-140.

[10] NIEUWENHUYSE P V，THOMAS V L，KHAJEHALI J，VANHOLME B，TIRRY L. Mutations in the mitochondrial cytochrome b of *Tetranychus urticae* Koch (Acari：Tetranychidae) confer cross- resistance between bifenazate and acequinocyl[J]. Pest Management Science，2009，65(4)：404-412.

[11] NIEUWENHUYSE P V，DEMAEGHT P，DERMAUW W，KHALIGHI M，STEVENS C V，VANHOLME B，TIRRY L，LVMMEN P，LEEUWEN T V. On the mode of action of bifenazate：new evidence for a mitochondrial target site[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology，2012，104(2)：88-95.

[12] 范潇. 联苯肼酯和乙螨唑对二斑叶螨和巴氏新小绥螨亚致死效应研究[D]. 重庆：西南大学，2015.
FAN Xiao. Sublethal effects of bifenazate and etoxazole on *Tetranychus urticae* (Koch) and *Neoseiulus barkeri* (Hughes) [D]. Chongqing：Southwest University，2015.

[13] 宫亚军，金桂华，崔宝秀，王泽华，朱亮，康总江，魏书军. 联苯肼酯对智利小植绥螨的安全性及二者对二斑叶螨的联合控制作用[J]. 应用昆虫学报，2015，52(6)：1459-1465.
GONG Yajun，JIN Guihua，CUI Baoxiu，WANG Zehua，ZHU Liang，KANG Zongjiang，WEI Shujun. Toxicity of the acaricide bifenazate to the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari：Phytoseiidae) and the feasibility of using bifenazate in conjunction with *P. persimilis* to control the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari：Tetranychidae) [J]. Chinese Journal of Applied Entomology，2015，52(6)：1459-1465.

[14] GERSON U，WEINTRAUB P G. Mites for the control of pests in protected cultivation[J]. Pest Management Science，2007，63(7)：658-676.

[15] THOMAS V L，VONTAS J，TSAGKARAKOU A，DERMAUW W，LUC T. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important acari[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology，2010，40(8)：563-572.

[16] 陈莉，李庆，蒋春先，杨群芳，王海建. 加州新小绥螨对猕猴桃卢氏叶螨的捕食作用[J]. 中国生物防治学报，2016，32(5)：569-574.
CHEN Li，LI Qing，JIANG Chunxian，YANG Qunfang，WANG Haijian. Predation of *Neoseiulus californicus* (Acari：Phytoseiidae) on *Tetranychus ludeni* of kiwi fruit[J] . Chinese Journal of Biological Control，2016，32(5)：569-574.

[17] 蒋洪丽，王恩东，吕佳乐，王伯明，徐学农. 加州新小绥螨对朱砂叶螨不同螨态的捕食选择性及与拟长毛钝绥螨功能反应比较[J]. 中国生物防治学报，2015，31(1)：8-13.
JIANG Hongli，WANG Endong，LÜ Jiale，WANG Boming，XU Xuenong. Preference of *Neoseiulus californicus* (Acari：Phytoseiidae) and functional responses of *N. californicus* and *Amblyseius pseudolongispinosus* to prey developmental stages of *Tetranychus cinnabarinus*[J]. Chinese Journal of Biological Control，2015，31(1)：8-13.

[18] 郝建强，姜晓环，庞博，王恩东，张乐，王伯明，徐学农. 释放智利小植绥螨防治设施栽培草莓上二斑叶螨[J]. 植物保护，2015，41(4)：196-198.
HAO Jianqiang，JIANG Xiaohuan，PANG Bo，WANG Endong，ZHANG Le，WANG Boming，XU Xuenong. Control of two-spotted spider mite in protected strawberry by releasing *Phytoseiulus persimilis*[J]. Journal of Plant Protection，2015，41(4)：

196-198.

[19] 尚素琴，刘平，陈耀年，张新虎．巴氏新小绥螨对二斑叶螨的捕食功能及控制潜力研究[J]. 植物保护，2017，43(3)：118-121.
SHANG Suqin，LIU Ping，CHEN Yaonian，ZHANG Xinhu. Functional response and control potential of *Neoseiulus barkeri* to *Tetranychus urticae*[J]. Journal of Plant Protection，2017，43(3)：118-121.

[20] 杨振国，谢道燕，倪婧，苏振国，罗雁婕．联苯肼酯对朱砂叶螨致死剂量效应[J]. 农药，2017，56(6)：453-456.
YANG Zhenguo，XIE Daoyan，NI Jing，SU Zhenguo，LUO Yanjie. Lethal dose response of bifenazate on *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari：Tetranychidae) [J]. Agrochemicals，2017，56(6)：453-456.

[21] MCMURTRY J A，SCRIVEN G T. Studies on the feeding，reproduction，and development of *Amblyseius hibisci* (Acarina：Phytoseiidae) on various food substances 1 [J]. Annals of the Entomological Society of America，1964，57(5)：649-655.

[22] 吴坤君，盛承发，龚佩瑜．捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算[J]. 应用昆虫学报，2004，41(3)：267-269.
WU Kunjun，SHENG Chengfa，LONG Peiyu. Equation of predator functional response and estimation of the parameters in it[J]. Chinese Journal of Applied Entomology，2004，41(3)：267-269.

[23] 贾静静，符悦冠，张方平，梁敏，陈俊谕．温度对加州新小绥螨捕食东方真叶螨功能反应的影响[J]. 中国生物防治学报，2019，35(3)：382-389.
JIA Jingjing，FU Yueguan，ZHANG Fangping，LIANG Min，CHEN Junyu. Effects of temperature on predatory functional responses of *Neoseiuius californicus* to *Eutetranychus orientalis* [J]. Chinese Journal of Biological Control，2019，35(3)：382-389.

[24] 朱睿，郭建军，乙天慈，肖榕，金道超．加州新小绥螨对侧多食跗线螨的捕食潜能[J]. 植物保护学报，2019，46(2)：465-471.
ZHU Rui，GUO Jianjun，YI Tianci，XIAO Rong，JIN Daochao. Preying potential of predatory mite *Neoseiulus californicus* to broad mite *Polyphagotarsonemus latus*[J]. Journal of Plant Protection，2019，46(2)：465-471.

[25] 张艳璇，林坚贞，季洁，陈霞．胡瓜钝绥螨对比哈小爪螨捕食作用的研究[J]. 果树学报，2009，26(5)：683-686.
ZHANG Yanxuan，LIN Jianzhen，JI Jie，CHEN Xia. Studies on the killing effect of predatory of *Neoseiulus cucumeris* on *Oligonychus biharen*[J]. Journal of Fruit Science，2009，26(5)：683-686.