

孟氏隐唇瓢虫对 4 种粉蚧的捕食作用研究

杨书美^{1,2}, 王春燕¹, 张月青^{1,2}, 叶政培², 陈俊谕², 王建赞², 朱俊洪^{1*},
张方平^{2*}

1. 海南大学热带农林学院/热带农林生物灾害绿色防控教育部重点实验室, 海南海口 570228; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所/海南省热带作物病虫害生物防治工程技术研究中心/农业农村部热带作物有害生物综合治理重点实验室/天敌昆虫繁育与产业化海南省工程研究中心/海南省热带农业有害生物监测与控制重点实验室, 海南海口 571101

摘要: 为了明确孟氏隐唇瓢虫 [*Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant)] 对木瓜秀粉蚧 [*Paracoccus marginatus* (Williams & Granara de Willink)]、大洋臀纹粉蚧 [*Planococcus minor* (Maskell)]、柑橘臀纹粉蚧 [*Planococcus citri* (Risso)] 及新菠萝灰粉蚧 [*Dysmicoccus neobrevipes* (Beardsley)] 等 4 种重要热带作物粉蚧的控害能力, 在室内观察了孟氏隐唇瓢虫 1~4 龄幼虫及成虫分别对 4 种粉蚧的 1~3 龄若虫及成虫的日捕食量。结果表明: 孟氏隐唇瓢虫成虫及高龄幼虫对 4 种粉蚧的低龄若虫均有较高的捕食量, 其中, 对大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧的捕食量显著高于新菠萝灰粉蚧、柑橘臀纹粉蚧; 孟氏隐唇瓢虫 1 龄虫不捕食上述 4 种粉蚧的成虫和 3 龄若虫, 2 龄虫不能捕食 4 种粉蚧成虫; 孟氏隐唇瓢虫捕食的能力为: 成虫 > 4 龄幼虫 > 3 龄幼虫 > 2 龄幼虫 > 1 龄幼虫; 同一龄期瓢虫对不同龄期粉蚧的捕食量为: 1 龄若虫 > 2 龄若虫 > 3 龄若虫 > 成虫。综上, 孟氏隐唇瓢虫对 4 种重要热带作物粉蚧有较强的控害能力。

关键词: 孟氏隐唇瓢虫; 木瓜秀粉蚧; 大洋臀纹粉蚧; 柑橘臀纹粉蚧; 新菠萝灰粉蚧; 捕食能力

中图分类号: S476.2

文献标志码: A

Predation Research of *Cryptolaemus montrouzieri* on Four Species of Mealybugs

YANG Shumei^{1,2}, WANG Chunyan¹, ZHANG Yueqing^{1,2}, YE Zhengpei², CHEN Junyu², WANG Jianyun²,
ZHU Junhong^{1*}, ZHANG Fangping^{2*}

1. College of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University / Key Laboratory of Green Prevention and Control of Tropical Agricultural and Forestry Biological Disasters, Ministry of Education, Haikou, Hainan 570228, China; 2. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Hainan Provincial Engineering and Technology Research Center for Biological Control of Tropical Crop Pests / Key Laboratory of Integrated Pest Management for Tropical Crops, Agricultural and Rural Affairs Ministry / Provincial Engineering Research Center for the Breeding and Industrialization of Natural Enemies, Hainan / Provincial Key Laboratory for Monitoring and Control of Harmful Organisms in Tropical Agriculture, Haikou, Hainan 571101, China

Abstract: The present study assessed the control efficiency of a predator, *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant), on four mealybugs damaging tropical crops, including *Paracoccus marginatus* (Williams & Granara de Willink), *Planococcus minor* (Maskell), *Planococcus citri* (Risso), and *Dysmicoccus neobrevipes* (Beardsley). The daily predation of the 1st-4th instar larvae and adult *C. montrouzieri* on the 1st-3rd instar nymphs and adults of the four mealybug species, was observed indoors. The adult and high-age larvae of *C. montrouzieri* exhibited a high predation rate on the early instar nymphs of the four mealybug species. Notably, the predation rates were significantly higher on *P. minor* and *P. marginatus* compared to *P. citri* and *D. neobrevipes*. The first instar nymphs of *C. montrouzieri* did not prey on the adult and third instar nymphs of the

收稿日期 2023-12-12; 修回日期 2024-01-26

基金项目 海南省重点研发计划项目 (No. ZDYF2022XDNY085); 国家现代农业产业技术体系项目 (No. CARS-33-GW-BC2); 中国热带农业科学院科技“揭榜挂帅”项目 (No. 1630042022006)。

作者简介 杨书美 (1998—), 女, 硕士, 研究方向: 农业昆虫与害虫防治。*通信作者 (Corresponding author): 张方平 (ZHANG Fangping), E-mail: fangpingz97@163.com; 朱俊洪 (ZHU Junhong), E-mail: junhongz@163.com。

four mealybug species, while the second instar nymphs lacked the ability to prey on mealybug adults. The predation ability of *C. montrouzieri* was ranked as follows: adults>fourth instar larvae>third instar larvae>second instar larvae>first instar larvae. Correspondingly, for the same instar of the ladybird, the predation rate on mealybugs of different instars followed the order: first instar nymphs>second instar nymphs>third instar nymphs>adults. In conclusion, *C. montrouzieri* demonstrates strong control capabilities on the four mealybugs damaging tropical crops.

Keywords: *Cryptolaemus montrouzieri*; *Paracoccus marginatus*; *Pseudococcus minor*; *Planococcus citri*; *Dysmicoccus neobrevipes*; predatory ability

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.09.016

粉蚧是农作物的一类重要害虫。该类害虫不仅能以成虫、若虫吸食危害植物造成作物减产,还会分泌蜜露诱发煤烟病,影响果品外观品质^[1]。木瓜秀粉蚧[*Paracoccus marginatus* (Williams & Granara de Willink)]、柑橘臀纹粉蚧[*Planococcus citri* (Risso)]及新菠萝灰粉蚧[*Planococcus minor* (Maskell)]等3种粉蚧是目前国际上重要的热带作物害虫,已造成木薯^[2-3]、剑麻^[4-6]、柑桔、芒果、香蕉、番荔枝、木瓜等作物不同程度的减产^[7];大洋臀纹粉蚧(*Pseudococcus minor*)是我国的检疫性害虫^[8],已在国内多地发现,潜在危害大,一旦传播扩散,将会对我国的热带经济作物造成严重影响^[9-10]。近年来,对粉蚧的防控主要是以化学药剂为主,但是由于粉蚧体被较厚的蜡分泌物,应用化学药剂难以达到理想效果。同时,随着对粉蚧防效较好的杀扑磷、速扑杀、氧化乐果、乐果、毒死蜱等有机磷农药的限用或禁用,导致防治粉蚧时供选药剂种类少、防治效果差。因此,寻求化学防治以外的措施已成为必然的选择。

利用天敌昆虫进行粉蚧治理是一个值得研究的方向。据报道,粉蚧防治的天敌种类较多,包括寄生蜂、草蛉、瓢虫等重要天敌类群^[11-14]。孟氏隐唇瓢虫(*Cryptolaemus montrouzieri*)是防治粉蚧的一种重要天敌,原产于澳大利亚,至今已经被引进到中国、美国、印度尼西亚、意大利、泰国、印度、肯尼亚、菲律宾等热带和亚热带地区,进行湿地松粉蚧(*Oracella acuta*)、双条拂粉蚧[*Ferrisia virgata* (Cockerell)]、扶桑绵粉蚧(*Phenacoccus solenopsis* Tinsley)等蚧虫的防治,并取得明显的防治成效^[15-16]。尽管如此,但针对孟氏隐唇瓢虫对大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧、柑橘臀纹粉蚧、新菠萝灰粉蚧等4种热带作物粉蚧的捕食能力研究鲜少报道,该瓢虫的各龄幼虫及成虫对上述4种粉蚧的若虫及成虫的捕食能力尚未明确。本研究在室内观察孟氏隐唇瓢虫的1~4

龄幼虫及成虫分别对4种粉蚧的1~3龄若虫及成虫的日捕食量,以期明确孟氏隐唇瓢虫对上述粉蚧的捕食能力,为后期应用孟氏隐唇瓢虫防治4种粉蚧提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

(1) 柑橘臀纹粉蚧: 在中国热带农业科学院环境与植物保护研究所儋州试验基地内用老南瓜品种(蜜本)[*Cucurbita moschata* (Duch. ex Lam.) Duch.]进行室内隔离饲养,连续繁殖数代备用。

(2) 新菠萝灰粉蚧: 采集于海南省儋州市洋浦地区,在中国热带农业科学院儋州试验基地内用蜜本老南瓜进行室内隔离饲养,连续繁殖数代备用。

(3) 大洋臀纹粉蚧及木瓜秀粉蚧: 分别采集于中国热带农业科学院环境与植物保护研究所儋州试验基地橡胶苗和木薯苗上,用蜜本老南瓜进行室内隔离饲养,连续繁殖数代备用。(4) 孟氏隐唇瓢虫: 从中山大学引进,在中国热带农业科学院环境与植物保护研究所儋州试验基地室内用柑橘臀纹粉蚧连续饲养数代备用。

1.2 方法

挑取大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧、柑橘臀纹粉蚧、新菠萝灰粉蚧的不同龄期若虫和成虫放至单个培养皿中(表1),用保鲜膜密封,每皿放置1头1日龄的1~4龄瓢虫幼虫或3日龄瓢虫雌成虫,均饥饿处理24 h,24 h后记录粉蚧存活数与被捕食量(如果虫体完整,则用细毛笔轻轻触动虫体不动且色泽灰暗判定为死亡,如果体色鲜活,虫体有细微活动则判定为活虫),各处理设置5个重复。

1.3 数据处理

采用Office 2019软件进行数据处理和图表绘制,使用DPS 7.5软件对数据进行统计学分析,采用Duncan's法进行差异显著性分析。

表 1 孟氏隐唇瓢虫各虫态饥饿时间及粉蚧各龄期密度(头)

Tab. 1 *C. montrouzieri* hunger time and density of various instar of mealybugs (individual)

龄期 Instar	各龄期密度 Density at various instar			成虫 Adult
	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	
1 龄幼虫	250	15	3	2
2 龄幼虫	250	50	10	2
3 龄幼虫	700	80	40	3
4 龄幼虫	1000	110	40	6
成虫	1000	140	50	8

2 结果与分析

2.1 孟氏隐唇瓢虫雌成虫对不同粉蚧的日均捕食量

孟氏隐唇瓢虫成虫对同一粉蚧的捕食量由高到低为: 1 龄若虫>2 龄若虫>3 龄若虫>成虫(表

2); 其成虫对大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧、柑橘臀纹粉蚧、新菠萝灰粉蚧的成虫与 3 龄若虫的捕食量无显著差异, 但均显著低于对同种粉蚧 1 龄若虫和 2 龄若虫 ($P<0.05$)。孟氏隐唇瓢虫成虫在捕食同一虫态的不同粉蚧时日均捕食量存在显著差异 ($P<0.05$), 粉蚧为 1 龄若虫时, 捕食量以大洋臀纹粉蚧最高 (804.2 头), 其次为木瓜秀粉蚧 (732.0 头), 均显著高于柑橘臀纹粉蚧 (617.8 头) 和新菠萝灰粉蚧 (542.2 头) ($P<0.05$); 粉蚧为 2 龄若虫时, 捕食量以木瓜秀粉蚧的最高 (108.2 头), 显著高于其他 3 种粉蚧 ($P<0.05$); 粉蚧为 3 龄若虫时, 孟氏隐唇瓢虫雌成虫对 4 种粉蚧的捕食量为 27.2~31.8 头, 对木瓜秀粉蚧的捕食量显著低于其他 3 种粉蚧; 粉蚧为成虫时, 孟氏隐唇瓢虫对木瓜秀粉蚧及柑橘臀纹粉蚧的捕食量分别为 4.8 头和 4.4 头, 均显著高于对大洋臀纹粉蚧、新菠萝灰粉蚧的捕食量 ($P<0.05$)。

表 2 孟氏隐唇瓢虫雌成虫对不同粉蚧的日均捕食量(头)

Tab. 2 Average daily preyed number of *C. montrouzieri* (female adults) on different mealybugs (individual)

种类 Species	发育阶段 Developmental stage			
	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	成虫 Adult
大洋臀纹粉蚧	804.2±24.5 ^{aA}	84.0±2.4 ^{bB}	30.4±1.4 ^{cA}	2.4±0.2 ^{cB}
木瓜秀粉蚧	732.0±29.7 ^{aA}	108.2±4.2 ^{bA}	27.2±1.6 ^{cB}	4.8±0.2 ^{cA}
柑橘臀纹粉蚧	617.8±21.3 ^{aB}	56.0±2.5 ^{bC}	30.6±1.2 ^{bcA}	4.4±0.5 ^{cA}
新菠萝灰粉蚧	542.2±32.1 ^{aB}	78.4±4.4 ^{bB}	31.8±1.6 ^{bcA}	2.2±0.2 ^{cB}

注: 同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$), 同列数据后不同大写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters after the same row of data indicate significant difference between treatments ($P<0.05$), different uppercase letters after the same column indicate significant difference between treatments ($P<0.05$).

2.2 孟氏隐唇瓢虫 4 龄幼虫对不同粉蚧的日均捕食量

孟氏隐唇瓢虫 4 龄幼虫对 4 种粉蚧的日平均捕食量如表 3 所示。孟氏隐唇瓢虫 4 龄幼虫对同种粉蚧的捕食量由高到低为: 1 龄若虫>2 龄若虫>3 龄若虫>成虫, 其 4 龄幼虫除对木瓜秀粉蚧的 3 龄若虫与成虫的捕食量无显著差异外, 对其余 3 种粉蚧的各龄若虫之间的捕食量差异显著 ($P<0.05$)。孟氏隐唇瓢虫 4 龄幼虫在捕食不同粉蚧的同一虫态时日均捕食量也存显著差异 ($P<0.05$), 粉蚧为 1 龄若虫时, 捕食量以大洋臀纹粉蚧最高 (759.6 头); 粉蚧为 2 龄若虫时, 其对柑橘臀纹粉蚧、大洋臀纹粉蚧、新菠萝灰粉蚧的捕食量无显著差异, 但均高于木瓜秀粉蚧; 粉蚧为 3 龄若虫时, 其对大洋臀纹粉蚧捕食量的最

高, 除对木瓜秀粉蚧 (21.0 头) 和柑橘臀纹粉蚧 (19.8 头) 的捕食量无显著差异外, 各处理间存在显著差异 ($P<0.05$); 粉蚧为成虫时, 其对木瓜秀粉蚧 (4.0 头) 的捕食量显著高于对其他 3 种粉蚧 ($P<0.05$)。

2.3 孟氏隐唇瓢虫 3 龄幼虫对 4 种粉蚧的日均捕食量

孟氏隐唇瓢虫 3 龄幼虫在捕食同种粉蚧的不同虫态时, 捕食量由高到低为: 1 龄若虫>2 龄若虫>3 龄若虫>成虫; 孟氏隐唇瓢虫 3 龄幼虫对 4 种粉蚧 1 龄若虫捕食量均显著高于对同种粉蚧其他龄虫态的捕食量 ($P<0.05$), 但均对同种粉蚧 3 龄若虫与成虫的捕食量均无明显差异。孟氏隐唇瓢虫在捕食不同粉蚧同一虫态时捕食量存在明显差异 ($P<0.05$), 粉蚧为 1 龄若虫时, 大洋臀纹粉

表 3 孟氏隐唇瓢虫 4 龄幼虫对不同粉蚧的日均捕食量（头）
Tab. 3 Average daily preyed number of *C. montrouzieri* 4th instar larvae on different mealybugs (individual)

种类 Species	发育阶段 Developmental stage			
	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	成虫 Adult
大洋臀纹粉蚧	759.6±11.5 ^{aA}	67.2±1.0 ^{bAB}	28.2±1.2 ^{cA}	2.4±0.4 ^{dB}
木瓜秀粉蚧	700.0±14.1 ^{aB}	55.6±3.3 ^{bB}	21.0±0.5 ^{cB}	4.0±0.3 ^{cA}
柑橘臀纹粉蚧	614.4±10.0 ^{aC}	72.0±3.4 ^{bA}	19.8±1.5 ^{cB}	2.4±0.4 ^{dB}
新菠萝灰粉蚧	519.8±13.5 ^{aD}	65.2±3.8 ^{bAB}	12.8±1.1 ^{cC}	1.0±0.0 ^{dC}

注：同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ），同列数据后不同大写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Different lowercase letters after the same row of data indicate significant difference between treatments ($P<0.05$), different uppercase letters after the same column indicate significant difference between treatments ($P<0.05$).

蚧、木瓜秀粉蚧显著高于柑橘臀纹粉蚧、新菠萝灰粉蚧（ $P<0.05$ ）；粉蚧为 2 龄若虫时，大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧、柑橘臀纹粉蚧均显著高于新菠萝灰粉蚧（ $P<0.05$ ）；粉蚧为 3 龄若虫时，捕食量以柑橘臀纹粉蚧的最高（20.6 头），显著高于新菠萝灰粉蚧及大洋臀纹粉蚧（ $P<0.05$ ）；粉蚧为成虫时，孟氏隐唇瓢虫对 4 种粉蚧的捕食量无显著差异（表 4）。

表 4 孟氏隐唇瓢虫 3 龄幼虫对不同粉蚧的日均捕食量（头）
Tab. 4 Average daily preyed number of *C. montrouzieri* 3th instar larvae on different mealybugs (individual)

种类 Species	发育阶段 Developmental stage			
	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	成虫 Adult
大洋臀纹粉蚧	509.6±13.1 ^{aA}	28.6±2.5 ^{bA}	14.0±1.7 ^{bcB}	0.4±0.2 ^{cA}
木瓜秀粉蚧	458.6±11.6 ^{aA}	33.0±1.6 ^{bA}	16.6±1.4 ^{bcAB}	0.4±0.2 ^{cA}
柑橘臀纹粉蚧	326.0±18.8 ^{aB}	27.2±3.2 ^{bA}	20.6±1.2 ^{bA}	0.8±0.4 ^{bA}
新菠萝灰粉蚧	343.2±25.8 ^{aB}	19.4±1.0 ^{bB}	5.4±0.2 ^{bc}	1.0±0.0 ^{bA}

注：同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ），同列数据后不同大写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Different lowercase letters after the same row of data indicate significant difference between treatments ($P<0.05$), different uppercase letters after the same column indicate significant difference between treatments ($P<0.05$).

2.4 孟氏隐唇瓢虫 2 龄幼虫对不同粉蚧的日均捕食量

孟氏隐唇瓢虫的 2 龄幼虫对同一粉蚧的捕食量由高到低为：1 龄若虫>2 龄若虫>3 龄若虫>成虫（不捕食 4 种粉蚧的成虫）；孟氏隐唇瓢虫 2 龄幼虫在捕食不同粉蚧的同一虫态时，日均捕食量差异显著（ $P<0.05$ ），粉蚧为 1 龄若虫时，瓢虫对洋臀纹粉蚧的捕食量为 134.8 头，显著高于柑橘臀纹粉蚧（104.4 头）；粉蚧为 2 龄若虫时，捕食量以大洋臀纹粉蚧最高（26.8 头），其次为柑橘臀纹粉蚧（23.6 头），二者均显著高于木瓜秀粉蚧（16.6 头）和新菠萝灰粉蚧（12.4 头）；粉蚧为 3 龄若虫时，孟氏隐唇瓢虫对大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧、柑橘臀纹粉蚧的捕食量之间无显著差异，但均显著高于新菠萝灰粉蚧（ $P<0.05$ ）（表 5）。

2.5 孟氏隐唇瓢虫 1 龄幼虫对不同粉蚧的日均捕食量

由表 6 可知，孟氏隐唇瓢虫 1 龄幼虫不捕食

4 种粉蚧的 3 龄若虫和成虫，在捕食同一粉蚧的不同虫态时，对 4 种粉蚧 1 龄若虫的捕食量均显著高于同种粉蚧的其他龄期（ $P<0.05$ ）。孟氏隐唇瓢虫 1 龄幼虫对木瓜秀粉蚧、柑橘臀纹粉蚧、新菠萝灰粉蚧、大洋臀纹粉蚧等 4 种粉蚧的 1 龄若虫捕食量分别为 112.4、105.2、103.4、100.8 头，四者之间无显著差异（ $P<0.05$ ）；粉蚧为 2 龄若虫时，捕食量以大洋臀纹粉蚧最高（5.4 头），显著高于柑橘臀纹粉蚧（4.0 头）、木瓜秀粉蚧和新菠萝灰粉蚧（3.6 头）（ $P<0.05$ ）。

3 讨论

国内外对捕食性天敌生防潜能的评价多是采用功能反应、捕食量、捕食时间等指标进行^[17-18]。前期试验发现孟氏隐唇瓢虫对粉蚧低龄若虫的捕食量较大，粉蚧试虫准备的耗费时间较长，期间低龄粉蚧的死亡率较高，瓢虫虫态或具体龄期的捕食量也有差异，导致结果准确度低。因此本研

表 5 孟氏隐唇瓢虫 2 龄幼虫对不同粉蚧的日均捕食量 (头)
Tab. 5 Average daily preyed number of *C. montrouzieri* 2th instar larvae on different mealybugs (individual)

种类 Species	发育阶段 Developmental stage			
	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	成虫 Adult
大洋臀纹粉蚧	134.8±2.9 ^{aA}	26.8±1.7 ^{bA}	2.8±0.4 ^{cA}	0.0±0.0 ^{cA}
木瓜秀粉蚧	120.8±8.6 ^{aAB}	16.6±0.9 ^{bB}	2.4±0.2 ^{cA}	0.0±0.0 ^{cA}
柑橘臀纹粉蚧	104.4±1.9 ^{aB}	23.6±1.5 ^{bA}	2.6±0.2 ^{cA}	0.0±0.0 ^{cA}
新菠萝灰粉蚧	121.4±5.2 ^{aAB}	12.4±0.5 ^{bB}	1.0±0.0 ^{cB}	0.0±0.0 ^{cA}

注：同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)，同列数据后不同大写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters after the same row of data indicate significant difference between treatments ($P<0.05$), different uppercase letters after the same column indicate significant difference between treatments ($P<0.05$).

表 6 孟氏隐唇瓢虫 1 龄幼虫对不同粉蚧的日均捕食量 (头)
Tab. 6 Average daily preyed number of *C. montrouzieri* 1th instar larvae on different mealybugs (individual)

种类 Species	发育阶段 Developmental stage			
	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	成虫 Adult
大洋臀纹粉蚧	100.8±3.6 ^{aA}	5.4±0.5 ^{bA}	0.0±0.0 ^{bA}	0.0±0.0 ^{bA}
木瓜秀粉蚧	112.4±7.9 ^{aA}	3.6±0.2 ^{bB}	0.0±0.0 ^{bA}	0.0±0.0 ^{bA}
柑橘臀纹粉蚧	105.2±5.9 ^{aA}	4.0±0.3 ^{bB}	0.0±0.0 ^{bA}	0.0±0.0 ^{bA}
新菠萝灰粉蚧	103.4±6.3 ^{aA}	3.6±0.2 ^{bB}	0.0±0.0 ^{bA}	0.0±0.0 ^{bA}

注：同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)，同列数据后不同大写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters after the same row of data indicate significant difference between treatments ($P<0.05$), different uppercase letters after the same column indicate significant difference between treatments ($P<0.05$).

究仅采用日捕食量作为指标来进行捕食能力的初筛，并严格规定了瓢虫试虫的具体日龄。

一些捕食性或寄生性天敌经转寄主(或猎物)后，对其发育、存活、繁殖、寄生量(捕食量)均有明显影响。例如，张昌容等^[19]用西花蓟马 [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)]、蚕豆蚜 [*Aphis craccivora* (Koch)] 分别饲喂南方小花蝽 (*Orius similis* Zheng) 后，对西花蓟马和蚕豆蚜表现出正喜好性；李磊等^[20]的研究表明，以瓜实蝇 [*Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett)] 和南瓜实蝇 (*Bactrocera tau*) 的蛹为寄主饲养蝇蛹捕小蜂 (*Spalangia endius*)，该蜂的成蜂更容易适应南瓜实蝇和瓜实蝇蛹。在本试验中，用柑橘臀纹粉蚧饲养的瓢虫对柑橘臀纹粉蚧的捕食量没有明显高于供试的其他新粉蚧。有研究表明，猎物和寄主植物的利它素对捕食性昆虫有刺激作用，刘波^[21]发现七星瓢虫 (*Coccinella septempunctata*) 的成虫对利它素响应作用比幼虫强；SALJOQUI 等^[22]和 HEIDARI 等^[23]研究表明孟氏隐唇瓢虫成虫依靠嗅觉感应猎物分泌的利它素和视觉观察来搜索猎物，孟氏隐唇瓢虫对原来猎物的捕食量少于部分新猎物的捕食量，这是否由于 4 种粉蚧释放利它素的种类及含量差异导致对其追踪效率不

同还需要进一步探讨。

孟氏隐唇瓢虫的捕食能力因粉蚧种类及龄期的不同而存在差异，通常对低龄的猎物捕食能力强于高龄猎物^[24-25]。孟氏隐唇瓢虫各龄虫对 4 种粉蚧的捕食量均表现为随着粉蚧龄期增加，瓢虫捕食量逐步减少，结果与孟氏隐唇瓢虫对柑橘臀纹粉蚧^[26]、长尾粉蚧^[27]、木瓜秀粉蚧^[28]的捕食率结果相似，生产上应用该虫防治粉蚧时，应选择粉蚧低龄若虫较多时释放孟氏隐唇瓢虫。本研究中，孟氏隐唇瓢虫对 4 种粉蚧捕食能力总体表现为：瓢虫成虫>4 龄幼虫>3 龄幼虫>2 龄幼虫>1 龄幼虫，这与孟氏隐唇瓢虫成虫对扶桑绵粉蚧 (*Phenacoccus solenopsis*) 的捕食量高于瓢虫高龄幼虫的结果相似^[29]；孟氏隐唇瓢虫 1 龄虫不捕食供试粉蚧的 3 龄若虫及成虫，2 龄幼虫不捕食 4 种粉蚧的成虫，这可能是由于瓢虫低龄幼虫个体太小，而高龄的粉蚧体壁及蜡层较厚导致其无法取食，因此在室内繁育瓢虫时，低龄瓢虫幼虫应饲喂粉蚧的低龄若虫以提高存活率，在田间应用中，大量粉蚧处于 3 龄若虫及以下时释放瓢虫会取得更好的防治效果。另外，孟氏隐唇瓢虫雌成虫对蔗茎红粉蚧 [*Saccharicoccus sacchari* (Cockerell)] 及扶桑绵粉蚧的日捕食量显著高于雄

虫^[29-30], 本研究中供试的瓢虫成虫均为雌成虫, 因此, 是否会出现相似趋势还需进一步试验。

综上, 孟氏隐唇瓢虫高龄幼虫及成虫对大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧、新菠萝灰粉蚧、柑橘臀纹粉蚧均有较高的捕食量, 尤其对大洋臀纹粉蚧、木瓜秀粉蚧2种入侵害虫控害潜能高于其余2种粉蚧。因此, 生产上可应用该瓢虫对上述4种粉蚧进行生物治理。

参考文献

- [1] 龚治, 马光昌, 温海波, 彭正强. 我国热带地区外来入侵昆虫发生与分布[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(1): 27-48.
- GONG Z, MA G C, WEN H B, PENG Z Q. Occurrence and distribution of exotic invasive insects in tropical regions of China[J]. Journal of Applied Entomology, 2021, 58(1): 27-48. (in Chinese)
- [2] 卢辉, 卢芙蓉, 梁晓, 伍春玲, 陈青. 木瓜秀粉蚧在海南的适生性及空间分布型研究[J]. 热带作物学报, 2016, 37(10): 1962-1968.
- LU H, LU F P, LIANG X, WU C L, CHEN Q. Study on the adaptability and spatial distribution pattern of *Paracoccus marginatus* in Hainan[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2016, 37(10): 1962-1968. (in Chinese)
- [3] 张江涛, 武三安. 中国大陆一新入侵种: 木瓜秀粉蚧[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(2): 441-447.
- ZHANG J T, WU S A. A new invasive species in Chinese mainland: *Paracoccus marginatus*[J]. Journal of Environmental Entomology, 2015, 37(2): 441-447. (in Chinese)
- [4] 胡钟予. 新菠萝灰粉蚧生物学和生态学特性研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
- HU Z Y. Study on the biology and ecology of *Dysmicoccus neobrevipes*[D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2017. (in Chinese)
- [5] 黄标, 赵家流, 夏李虹, 杨荣, 李江平, 兀彦龙, 文尚华, 陈士伟, 陈植基, 戚强. 新菠萝灰粉蚧综合防治技术与示范推广[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(32): 274-278.
- HUANG B, ZHAO J L, XIA L H, YANG R, LI J P, WU Y L, WEN S H, CHEN S W, CHEN Z J, QI Q. Research and demonstration of comprehensive control techniques for *Dysmicoccus neobrevipes*[J]. Anhui Agricultural Science, 2015, 43(32): 274-278. (in Chinese)
- [6] SETHI D M, HU J S. *Closterovirus* infection and mealybug exposure are necessary for the development of mealybug wilt of pineapple disease[J]. Phytopathology, 2002, 92(9): 928.
- [7] SAMIK C, SONTAKKE P P. Biological control of mealybugs on important horticultural crops at Chittoor district in Andhra Pradesh, India[J]. Journal of Entomological Research, 2015, 39(4): 327-331.
- [8] 卢乃会, 蔡波, 马新华, 徐森锋, 龙阳, 孟瑞, 吴福中, 林伟, 徐卫, 袁俊杰, 杨卓瑜. 警惕检疫性害虫大洋臀纹粉蚧在中国大陆扩散[J]. 植物检疫, 2021, 35(1): 65-69.
- LU N H, CAI B, MA X H, XU M F, LONG Y, MENG R, WU F Z, LIN W, XU W, YUAN J J, YANG Z Y. Be vigilant about the spread of the quarantine pest *Pseudococcus calceolariae* in Chinese mainland[J]. Plant Quarantine, 2021, 35(1): 65-69. (in Chinese)
- [9] 邵炜冬. 大洋臀纹粉蚧生物学特性研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015.
- SHAO W D. Biological characteristics study of *Planococcus minor* (Maskell)[D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2015. (in Chinese)
- [10] 邵炜冬, 徐志宏. 大洋臀纹粉蚧研究进展[J]. 浙江林业科技, 2014, 34(1): 70-74.
- SHAO W D, XU Z H. Research progress on *Planococcus minor* (Maskell)[J]. Forestry Science and Technology of Zhejiang, 2014, 34(1): 70-74. (in Chinese)
- [11] 方天松, 余海滨, 潘志萍, 徐家雄. 湿地松粉蚧引进天敌在广东林间定居情况的调查[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(2): 271-275.
- FANG T S, YU H B, PAN Z P, XU J X. Investigation on the establishment of *Oracella acuta* introduced natural enemies in the forests of Guangdong[J]. Journal of Environmental Entomology, 2014, 36(2): 271-275. (in Chinese)
- [12] 陈华燕, 何娜芬, 郑春红, 李盼, 易晴辉, 许再福. 广东和海南扶桑绵粉蚧的天敌调查[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(2): 269-272.
- CHEN H Y, HE L F, ZHENG C H, LI P, YI Q H, XU Z F. Investigation of natural enemies of *Phenacoccus solenopsis* in Guangdong and Hainan[J]. Journal of Environmental Entomology, 2011, 33(2): 269-272. (in Chinese)
- [13] 汤才, 田明义, 任顺祥, 庞雄飞, 庞虹. 湿地松粉蚧天敌的研究[J]. 昆虫天敌, 1995, 17(4): 167-171.
- TANG C, TIAN M Y, REN S X, PANG X F, PANG H. Research on the natural enemy *Oracella acuta*[J]. Insect Enemies, 1995, 17(4): 167-171. (in Chinese)
- [14] 严珍, 徐雪莲, 张妮, 任梅英, 李志飞, 陈泽坦. 入侵害虫新菠萝灰粉蚧天敌: 丽草蛉研究初报[J]. 农业科技通讯, 2011(5): 78-79.
- YAN Z, XU X L, ZHANG N, REN M Y, LI Z F, CHEN Z T. Preliminary report on the research of the predator *Chrysopa formosa* on the invasive pest *Dysmicoccus neobrevipes*[J]. Agricultural Science and Technology Communication, 2011(5): 78-79. (in Chinese)
- [15] 蒋瑞鑫, 李姝, 郭泽平, 庞虹. 孟氏隐唇瓢虫研究现状及

- 其种质资源描述规范的建立[J]. 环境昆虫学报, 2009, 31(3): 238-247.
- JIANG R X, LI S, GUO Z P, PANG H. Current research status of *Cryptolaemus montrouzieri* and the establishment of standardized description of its germplasm resources[J]. Journal of Environmental Entomology, 2009, 31(3): 238-247. (in Chinese)
- [16] 曾涛, 庞虹. 中国食蚜瓢虫名录[J]. 昆虫天敌, 2000(2): 59-67.
- ZENG T, PANG H. Catalogue of Chinese ladybird beetles[J]. Insect Predators, 2000(2): 59-67. (in Chinese)
- [17] 杜一民, 陈晗馨, 程高祺, 欧阳智刚, 余海中, 卢占军. 丽草蛉对柑橘木虱成虫的捕食功能反应及捕食偏好[J]. 植物保护学报, 2023, 50(4): 1025-1032.
- DU Y M, CHEN H X, CHENG G Q, OUYANG Z G, YU H Z, LU Z J. *Chrysopa formosa* predatory response and prey preference to *Diaphorina citri* Kuwayama adults[J]. Journal of Plant Protection, 2023, 50(4): 1025-1032. (in Chinese)
- [18] KHAN M A Z. 烟蚜茧蜂对甜椒桃蚜的功能反应研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.
- KHAN M A Z. Study on the functional response of *Aphidius gifuensis* to *Myzus persicae* on sweet pepper[D]. Xianyang: Northwest A&F University, 2016. (in Chinese)
- [19] 张昌容, 鄧军锐, 莫利锋. 不同猎物饲喂对南方小花蝽捕食量和喜好性的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(9): 2728-2733.
- ZHANG C R, ZHI J R, MO L F. Impact of different prey feeding on the predation and preference of *Orius similis*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(9): 2728-2733. (in Chinese)
- [20] 李磊, 韩冬银, 张方平, 陈俊谕, 王建赞, 叶征培, 符悦冠. 多寄主型寄生蜂蝇蛹小蜂对新寄主的选择与适应性[J]. 昆虫学报, 2022, 65(9): 1177-1184.
- LI L, HAN D Y, ZHANG F P, CHEN J Y, WANG J Y, YE Z P, FU Y G. Host selection and adaptability of the polyphagous parasitic wasp *Spalangia endius* to a new host[J]. Acta Entomologica Sinica, 2022, 65(9): 1177-1184. (in Chinese)
- [21] 刘波. 七星瓢虫对甜菜蚜及其寄主植物蚕豆利它素的反应[J]. 福建省农科院学报, 1994(3): 56-60.
- LIU B. The response of *Coccinella septempunctata* to the *Aphis fabae* and its host plant broad bean Kairomone[J]. Journal of Fujian Academy of Agricultural Sciences, 1994(3): 56-60. (in Chinese)
- [22] SALJOQI A U R, NASIR M, KHAN J, HAP E U, SALIM M, NADEEM M, HUMA Z, SAEED H G, AHMAD B, ZADA H, REHMAN S. Functional response study of *Cryptolaemus Montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) fed on cotton mealy bug, *Phenacoccus Solenopsis* Tinsley under laboratory conditions[J]. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2015, 3(3): 411-415.
- [23] HEIDARI M, COPLAND M J W. Host finding by *Cryptolaemus montrouzieri* (Col Coccinellidae) a predator of mealybugs (Hom., Pseudococcidae)[J]. Entomophaga, 1992, 37(4): 621-625.
- [24] 蒋学建, 李德伟, 常明山, 何锦华, 何容焕. 日本方头甲对松突圆蚧的捕食功能反应研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(21): 10886-10887, 1004.
- JIANG X J, LI D W, CHANG M S, HE J H, HE R H. Study on the predation functional response of *Cybocephalus nipponicus* to *Hemiberlesia pitysophila*[J]. Anhui Agricultural Science, 2012, 40(21): 10886-10887, 1004. (in Chinese)
- [25] ONCUER C, BAYHAN N. An investigation into the feeding capacity and diet of *Cryptolaemus montrouzieri* (Muls.)[J]. Türkiye Bitki Koruma Dergisi, 1982: 85-90.
- [26] BIBI R, AHMAD M, GULZAR A, TARIQ M, AHMAD M. Consumption of Citrus mealybug, *Planococcus citri* by two predators, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant and *Chrysoperla carnea* (Stephen), under controlled conditions[J]. International Journal of Tropical Insect Science, 2023, 43(1): 83-91.
- [27] ADEDIPE F E. Investigation of ecological behavior of two Coccinellidae beetle adults for biological control[M]. West Virginia: West Virginia University, 2009.
- [28] MANEESHA A, RAO S K, KRISHNA T M, SUDHAKAR P. Predatory potential of Australian lady bird beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant on papaya mealybug[J]. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2018, 6(6): 837-840.
- [29] QIN Z Q, QIU B L, WU J H, CUTHBERTSON A G S, REN S X. Effects of three mealybug species on the development, survivorship and reproduction of the predatory lady beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant[J]. Biocontrol Science & Technology, 2014, 24(8): 891-900.
- [30] QIN Z Q, WEI J J, SONG X P, LUO W Y, LIU L, DENG Z Y. Efficacy of the ladybird beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant for control of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell)[J]. Sugar Tech, 2017, 19(6): 599-603.