

益害比及花粉存在对江原钝绥螨和柑橘全爪螨种群动态的影响

赵文娟[#], 夏爽[#], 郑薇薇^{*}, 张宏宇^{*}

(华中农业大学植物科技学院, 园艺植物生物学教育部重点实验室, 城市与园艺昆虫学研究所, 武汉 430070)

摘要 研究了在以不同益害比释放江原钝绥螨的情况下, 益害比及花粉存在对江原钝绥螨捕食效果的影响。结果表明, 当柑橘全爪螨平均每片叶低于5头时, 按益害比1:10和1:20的比例释放江原钝绥螨, 当平均每片叶柑橘全爪螨多于5头时, 按益害比1:5释放江原钝绥螨, 可将柑橘全爪螨数量控制在经济阈值以下。花粉的存在能减缓猎物密度下降对江原钝绥螨生长发育的抑制, 当主要猎物缺乏时, 花粉作为江原钝绥螨的替代食物, 对其维持种群数量有着重要作用。

关键词 江原钝绥螨; 柑橘全爪螨; 益害比; 花粉; 生物防治

中图分类号: S 476 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019574

Effects of predatory mite-pest mite ratio and pollen presence on population dynamics of *Amblyseius eharai* and *Panonychus citri*

ZHAO Wenjuan[#], XIA Shuang[#], ZHENG Weiwei^{*}, ZHANG Hongyu^{*}

(Institute of Urban and Horticultural Entomology, college of Plant Science & Technology, Key Laboratory of Horticultural Plant Biology (MOE), Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract The effects of predatory mite-pest mite ratio and pollen on the predation effect of *Amblyseius eharai* Amitai on *Panonychus citri* McGregor were studied by using different ratios of *A. eharai* to *P. citri*. The results showed that, when the average number of *P. citri* was less than five per leaf, the ratio of predatory mites to pest mites was 1:10 and 1:20. In contrast, when the average number of *P. citri* per leaf was more than five, the number of *P. citri* could be kept below the economic threshold at a release ratio of 1:5. The presence of pollen could slow down the inhibition of the growth and development of *A. eharai* when the prey density declined. Additionally, pollen is a critical alternative food for *A. eharai* when there is a lack of the main prey, which plays an important role in maintaining the population of *A. eharai*.

Key words *Amblyseius eharai*; *Panonychus citri*; predatory mite-pest mite ratio; pollen; biological control

柑橘全爪螨 *Panonychus citri* McGregor 是世界性的柑橘害螨^[1-4], 广泛分布于我国各柑橘种植区, 是我国柑橘园最重要的害虫之一, 生产上造成的损失可达30%^[5]。随着近年来化学农药的广泛使用, 尤其是对高毒化学农药的不合理使用, 害虫的抗药性不断提高, 导致原本是次要害虫的柑橘全爪螨上升为主要害虫^[6]。

生物防治作为一种安全、无污染的防治手段日益受到重视^[7]。利用捕食螨控制害螨成为近年来柑

橘害螨绿色防控的重要措施^[8-9]。在10年生结果树上, 当柑橘全爪螨平均每叶2头左右时, 每株释放200~300头德氏钝绥螨 *Amblyseius deleoni* Muma et Denmark, 10 d内柑橘全爪螨密度下降^[10]。有研究发现巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* Hyghes 在28℃时对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 卵的日取食量高达20.811 4粒^[11]。同时, 有研究结果显示加州新小绥螨 *N. californicus* McGregor 对朱砂叶螨 *T. cinnabarinus* Boisduval 卵、幼螨、若螨的日

收稿日期: 2019-10-23 修订日期: 2020-02-03

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2017YFD0201000, 2017YFD0202003); 国家现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项(CARS-26)

* 通信作者 E-mail: 郑薇薇 wwzheng@mail.hzau.edu.cn; 张宏宇 hongyu.zhang@mail.hzau.edu.cn

为并列第一作者

取食量分别为 27.0 粒、18.9 头以及 18.5 头,针对害螨防治具有重要研究应用价值^[12]。江原钝绥螨 *Amblyseius eharai* Amitai et Swirski 是我国柑橘产区捕食螨优势种,被认为是柑橘全爪螨的重要天敌,但目前国内外对江原钝绥螨的研究报道较少^[13]。

任何一种捕食螨都可通过捕食自然猎物进行繁殖,在繁殖过程中,以花粉作为补充食物,繁殖效果会更好^[14-17]。以蓖麻花粉及茶花花粉为饲料人工大量繁殖德氏钝绥螨,将其释放于柑橘园防治柑橘全爪螨,效果显著^[10]。另外,有研究表明花粉在黄瓜新小绥螨 *N. cucumeris* Oudemans 控制西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 过程中起到积极作用^[15]。本试验主要研究了以不同益害比释放江原钝绥螨对于柑橘全爪螨种群的控制效果,以及花粉对江原钝绥螨和柑橘全爪螨种群数量变化的影响,以期在保证防治效果的同时降低捕食螨释放量,从而降低防治成本。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用江原钝绥螨采自湖北省宜昌市当阳农户的柑橘树上,置于 25℃,相对湿度 85%,光周期 L//D=16 h//8 h 条件下以柑橘全爪螨为食物饲养纯化 3 代以上而得。

柑橘全爪螨采自华中农业大学柑橘园,饲养纯化 3 代以上并建立实验种群,作为供试材料。

柑橘苗由华中农业大学园艺与林学学院提供,种植于直径 20 cm 的花盆中,置于 25℃,相对湿度 85%,光周期 L//D=16 h//8 h 条件下培养 2 年,选取长势比较一致的橘苗作为试验材料。

1.2 方法

1.2.1 益害比对江原钝绥螨控制柑橘全爪螨的影响

选取 30 株长势较为一致的盆栽柑橘苗,摘除新梢,保留大约 20 片完全展开的叶片,清洗后待用。花盆置于盛水的塑料盆内,以防止螨在植株之间移动,并且阻止蚂蚁、蜘蛛等从地面爬上植株捕食柑橘全爪螨对试验产生干扰。

每株橘苗接 30 头柑橘全爪螨雌成螨。7 d 后开始记录每株苗上柑橘全爪螨数量(此时记作第 0 周)。将柑橘苗分为 6 组,每组 5 株。然后按江原钝绥螨:柑橘全爪螨(益害比)1:2、1:5、1:10、1:20、1:40 的比率接江原钝绥螨雌成螨,不接江原钝绥螨

的一组橘苗设为对照组。

每周 1 次观察捕食螨和猎物的种群动态,记录每片叶上江原钝绥螨和柑橘全爪螨的数量,连续 8 周。

1.2.2 花粉对江原钝绥螨控制柑橘全爪螨的影响

从花盆中生长 2 年的柑橘苗中选取 30 株长势较为一致的植株,将新梢摘除,保留大约 20 片完全展开的叶片,清洗后待用。花盆置于盛水的塑料盆内。设置 3 个试验组:柑橘全爪螨、柑橘全爪螨+江原钝绥螨和柑橘全爪螨+江原钝绥螨+花粉。根据统计的猎物密度按 1:5、1:10、1:40 益害比接种江原钝绥螨,花粉为茶花花粉,共 7 个处理。每处理 5 个重复。

每株橘苗接 30 头柑橘全爪螨雌成螨。7 d 后记录每株苗上柑橘全爪螨的数量。并按照益害比为 1:5、1:10、1:40 接入江原钝绥螨雌成螨,有花粉的处理在接入江原钝绥螨后每处理植株叶片上喷洒 10 mg 茶花花粉。每 3 d 观察捕食螨和猎物的种群动态,记录每片叶上江原钝绥螨和柑橘全爪螨的数量。

1.3 数据统计与分析

利用 SPSS 19.0 统计软件对数据进行统计分析。

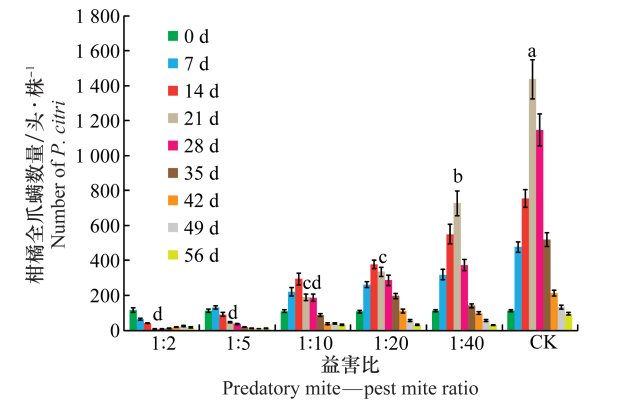
2 结果与分析

2.1 益害比对江原钝绥螨控制柑橘全爪螨的影响

以不同益害比释放江原钝绥螨,8 周内柑橘全爪螨的种群动态见图 1。可以看出,随着捕食螨的释放比例增大,柑橘全爪螨的种群数量增长减缓,并在一定时间后下降。以接种捕食螨第 3 周的柑橘全爪螨数量进行分析,益害比为 1:5 和 1:2 的处理对控制柑橘全爪螨增长没有显著差异,柑橘全爪螨的种群数量随着时间延长逐渐降低,没有出现高峰期(图 1)。该结果表明,当按某一益害比释放捕食螨已经能够控制叶螨种群到低水平时,不需要再提高捕食螨释放数量,避免了防治费用的增加。按益害比为 1:10 和 1:20 的比例释放江原钝绥螨也能有效地防治柑橘全爪螨的发生。

当以益害比 1:5 和 1:2 释放捕食螨时,可以在 7 d 之内将柑橘全爪螨控制在较低水平,但随后捕食螨由于缺乏食物而大量死亡,使得捕食螨的数量在 7 d 之后也处于一个较低水平(图 2)。当益害比为 1:10、1:20 和 1:40 时,由于有充足的食物,捕食螨的数量持续增多,从而消耗更多的柑橘全爪螨。直

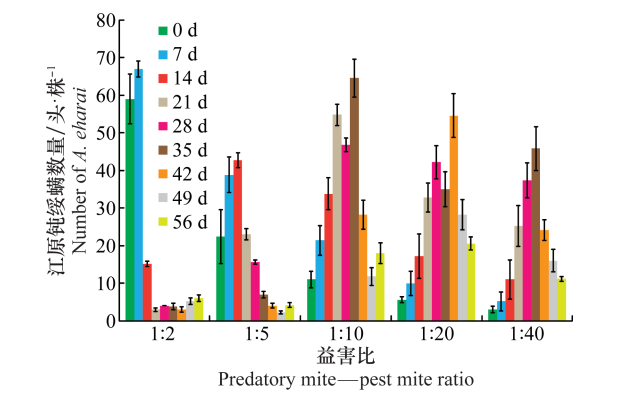
到 5 周以后,柑橘全爪螨的数量达到较低水平,捕食螨由于缺乏食物,数量开始下降(图 2)。



图中数据为平均值±标准误。柱上不同字母表示 21 d 时不同处理间差异显著
Data in the chart are mean ± SE. Different lowercase letters on the columns represent significant difference among different treatments at 21 d after inoculation

图 1 不同江原钝绥螨释放比例下柑橘全爪螨的种群动态(8 周内)

Fig. 1 Population dynamics of *Panonychus citri* at different predator—prey ratios on citrus (in 8 weeks)



图中数据为平均值±标准误, 下同
Data in the chart are mean ± SE, the same below

图 2 不同益害比释放条件下江原钝绥螨的种群动态(8 周内)

Fig. 2 Population dynamics of *Amblyseius eharai* at different predator—prey ratios on citrus (in 8 weeks)

2.2 花粉对江原钝绥螨控制柑橘全爪螨的影响

不同益害比释放捕食螨情况下花粉对柑橘全爪螨种群动态的影响见图 3, 可以看出,有花粉存在的处理整体上比没有花粉的处理柑橘全爪螨数量少。当益害比较高时(1:5),柑橘全爪螨的数量很快得到控制,花粉的存在与否对柑橘全爪螨种群的影响在试验期间没有表现出明显差异。当益害比较低时(1:40),柑橘全爪螨的数量在试验的第 21~24 天达到高峰,然后数量逐渐下降,花粉对柑橘全爪螨种群

的影响在试验期间也没有表现出明显差异,可能的原因是柑橘全爪螨的数量足够捕食螨的生长繁殖。当益害比为 1:10 时,花粉的存在对柑橘全爪螨的种群产生明显的抑制作用。

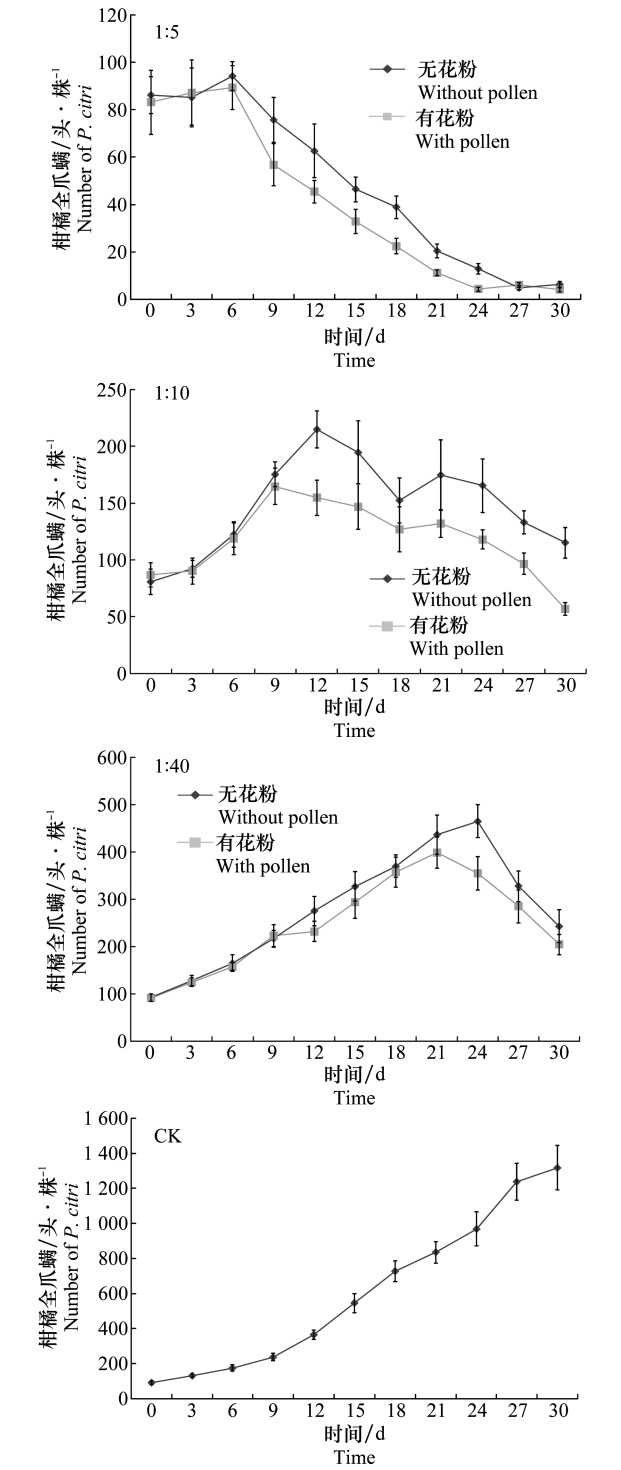


图 3 不同江原钝绥螨释放比例下花粉对柑橘全爪螨种群消长的影响
Fig. 3 Population dynamics of *Panonychus citri* at different predator—prey ratios on citrus seedlings with and without pollen supply

花粉对江原钝绥螨种群动态的影响见图 4。可以看出,有花粉存在的处理整体上比没有花粉处理的江原钝绥螨的数量多。尤其捕食螨释放比率较高时(1:5)时,江原钝绥螨的种群数量在有花粉的处理中明显大于无花粉的处理。当捕食螨释放比率较低时(1:40),花粉对江原钝绥螨种群的影响在试验期间没有表现出明显差异,可能的原因是柑橘全爪螨的数量足够捕食螨的生长繁殖。当捕食螨释放率为 1:10 时,在试验的第 18 天以后,花粉作为补充食物,可减缓猎物数量对捕食者数量的调控。

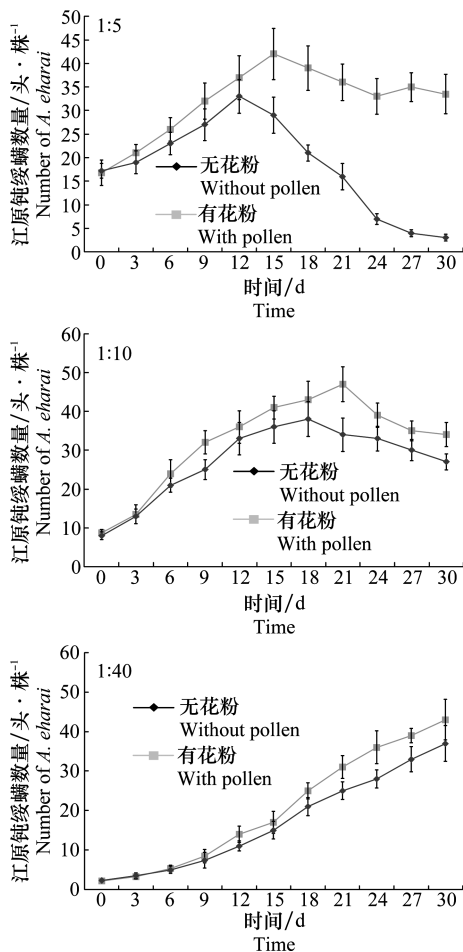


图 4 不同释放比例下花粉对江原钝绥螨种群动态的影响

Fig. 4 Population dynamics of *Amblyseius eharai* at different predator—prey ratios on citrus seedlings with and without pollen supply

3 讨论

捕食者-猎物关系是一个较为复杂的问题,捕食者的捕食受到许多因素的制约,包括捕食者密度、捕食特性、猎物密度以及环境因素等^[18]。本文试验结果表明:益害比为 1:40 时,柑橘全爪螨在第 3 周时

有一个较明显的发生高峰,可能会对叶片造成一定的危害。因此,1:5、1:10 和 1:20 是较理想的捕食螨释放率。当柑橘全爪螨密度较大时可以按 1:5 释放;而当柑橘全爪螨发生不是很严重时,按益害比 1:10 和 1:20 的比例释放,即可将柑橘全爪螨数量控制在经济阈值以下。在有花粉存在时,江原钝绥螨的数量因益害比的不同而有一定的消长,但后期便会保持在一个相对稳定的水平。在没有花粉作为补充食物的处理中,柑橘全爪螨种群数量被控制在较低水平,由于食物的缺乏,一段时间后会致捕食螨种群数量相应下降,捕食螨种群数量相对猎物种群数量变化存在一定的反应延迟时间,因此较低的江原钝绥螨密度无法及时控制柑橘全爪螨的暴发。有研究结果显示,当二斑叶螨密度不变时,巴氏新小绥螨对二斑叶螨的平均捕食量随其自身密度增加而逐渐降低^[12]。这与本研究结果一致,在捕食螨密度能够控制猎物的情况下,捕食螨的捕食量随其自身密度增高而降低。

江原钝绥螨是多食性的植绥螨种类,除捕食叶螨外,微小的昆虫幼体、植物花粉也可以作为其交替食料或补充食料,因此花粉的存在能显著影响江原钝绥螨的种群动态,尤其当主要猎物(叶螨)缺乏时,花粉作为江原钝绥螨的替代食物,对维持其种群数量有重要作用。在利用巴氏新小绥螨(曾用名巴氏钝绥螨)控制番木瓜皮氏叶螨 *Tetranychus piercei* McGregor 的研究中,以茶花花粉作为食物的巴氏新小绥螨与以皮氏叶螨饲养的巴氏新小绥螨在发育时间、日产卵量及存活时间上均无显著差异^[16]。因此,当捕食螨释放比率较高时,可采取措施例如田间留草或田间生草(选取花粉可作为替代食物的生草种类)以保证在猎物缺乏时捕食螨能够正常生存繁殖^[19]。

有研究显示,黄瓜新小绥螨(胡瓜钝绥螨)及巴氏新小绥螨(巴氏钝绥螨)在释放 15 d 后均能很好地控制中心虫株上的柑橘红蜘蛛和柑橘黄蜘蛛向其他植株上扩散蔓延为害;相比之下,化防园柑橘红蜘蛛和柑橘黄蜘蛛呈波浪式消长;对照园这两种害螨数量持续增加,且居高不下;并且,释放捕食螨的生防园对害螨持续控制时间长,而化防园控制时间较短(15 d 左右),如不继续喷施化学农药防治,害螨数量回升很快^[20]。随着农药污染问题的日益严重和害螨抗性的增强,植绥螨科的捕食螨在害螨的综合治理中将发挥越来越大的作用,显示出极为广阔的应用前景。江原钝绥螨是我国柑橘园害螨的优势天

敌之一,其分布范围广,栖息植物多,田间数量大,捕食效能高,能取食替代食物维持生存,是柑橘园有效的生防因子,应加以保护和利用。

参考文献

- [1] 雷慧德,胡军华,李鸿筠,等. 不同柑桔品种上桔全爪螨的生长和种群动态差异[J]. 昆虫学报, 2004, 47(5): 607-611.
- [2] OSAKABE M, GOKA K, TODA S, et al. Significance of habitat type for the genetic population structure of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 2005, 36(1/2): 25-40.
- [3] VASSILIOU V A, PAPADOULIS G. First record of the citrus red mite *Panonychus citri* in Cyprus [J]. Phytoparasitica, 2009, 37(1): 99-100.
- [4] KASAP I. Biological control of the citrus red mite *Panonychus citri* by the predator mite *Typhlodromus athiasae* on two citrus cultivars under greenhouse conditions [J]. Biocontrol, 2011, 56(3): 327-332.
- [5] 朱志民,郑本春. 柑桔害螨及其防治[J]. 江西植保, 1985, 24(3): 33-37.
- [6] GRAFTON-CARDWELL E E, OUYANG Y, BUGG R L. Leguminous cover crops to enhance population development of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae) in citrus [J]. Biocontrol, 1999, 16(1): 73-80.
- [7] MCMURTRY J A. The use of phytoseiids for biological control: progress and future prospects [M]//HOY M A. Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae. University of California. Division of Agricultural Sciences, Berkeley, 1982: 23-28.
- [8] GERSON U. Acarine pest of citrus: overview and non-chemical control [J]. Systematic and Applied Acarology, 2003, 8: 3-12.

- [9] ABAD-MOYANO R, PINA T, DEMBILIO O, et al. Survey of natural enemies of spider mites (Acari: Tetranychidae) in citrus orchards in Eastern of Spain [J]. Experimental and Applied Acarology, 2009, 47(1): 49-61.
- [10] 陈守坚,周芬薇,庄胜概,等. 德氏钝绥螨的生物学和利用[J]. 昆虫学报, 1982, 25(1): 49-55.
- [11] 尚素琴,郑开福,张新虎. 巴氏钝绥螨对二斑叶螨的捕食功能反应[J]. 植物保护学报, 2015, 42(3): 316-320.
- [12] 蒋洪丽,王恩东,吕佳乐,等. 加州新小绥螨对朱砂叶螨不同螨态的捕食选择性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.
- [13] JI J, ZHANG Y X, WANG J S, et al. Can the predatory mites *Amblyseius swirskii* and *Amblyseius eharai* reproduce by feeding solely upon conspecific or heterospecific eggs (Acari: Phytoseiidae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 2015, 50(2): 149-154.
- [14] 张宝鑫,李敦松,冯莉,等. 捕食螨的大量繁殖及其应用技术的研究进展[J]. 中国生物防治, 2007, 23(3): 279-283.
- [15] 孙月华,邹军锐,李景柱,等. 花粉在胡瓜钝绥螨控制西花蓟马中的作用[J]. 山地农业生物学报, 2009, 28(3): 260-263.
- [16] 吴伟南,方小端,刘慧,等. 利用巴氏钝绥螨控制番木瓜皮氏叶螨的研究[J]. 中国南方果树, 2008, 37(1): 50-52.
- [17] 张贝. 江原钝绥螨 *Amblyseius eharai* 繁育和捕食能力研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2013.
- [18] 尚玉昌. 捕食者-猎物关系的理论和应用研究[J]. 应用生态学报, 1990, 1(2): 177-185.
- [19] 徐学农,吕佳乐,王恩东. 捕食螨在中国的研究与应用[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(10): 26-34.
- [20] 贾勇. 巴氏钝绥螨和胡瓜钝绥螨控制柑桔害螨对比试验[J]. 四川农业科技, 2018, 48(4): 33-34.

(责任编辑:田 喆)

(上接 127 页)

- [16] WHITEHEAD S R, TURCOTTE M M, POVEDA K D. Domestication impacts on plant-herbivore interactions: a meta-analysis [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 2017, 372(1712): 1-9.
- [17] HALITSCHKE R, STENBERG J A, KESSLER D, et al. Shared signals-‘alarm calls’ from plants increase apparency to herbivores and their enemies in nature [J]. Ecology Letters, 2008, 11(1): 24-34.
- [18] 杨莹. 中国野生大豆与地方品种群体对斜纹夜蛾抗生性的评价和遗传解析[D]. 南京:南京农业大学, 2016.
- [19] PASHALIDOU F G, EYMAN L, SIMS J, et al. Plant volatiles induced by herbivore eggs prime defences and mediate shifts in the reproductive strategy of receiving plants [J]. Ecology Letters, 2020, 13(7): 1097-1106.
- [20] LI X, PAN H, LIU B, et al. Perception of and behavioral responses to host plant volatiles for three adelphocoris species [J]. Journal of Chemical Ecology, 2019, 45(9): 779-788.
- [21] ROWEN E, KAPLAN I. Eco-evolutionary factors drive induced plant volatiles: a meta-analysis [J]. New Phytologist, 2016, 210(1): 284-294.

- [22] PAUDEL S, LIN P A, FOOLAD M R, et al. Induced plant defenses against herbivory in cultivated and wild tomato [J]. Journal of Chemical Ecology, 2019, 45(8): 693-707.
- [23] DE LANGE E S, FARNIER K, GAUDILLAT B, et al. Comparing the attraction of two parasitoids to herbivore-induced volatiles of maize and its wild ancestors, the teosintes [J]. Chemoecology, 2016, 26(1): 33-44.
- [24] DICKE M. Herbivore-induced plant volatiles as a rich source of information for arthropod predators: fundamental and applied aspects [J]. Journal of the Indian Institute of Science, 2015, 95(1): 35-42.
- [25] DICKE M, BALDWIN I T. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the ‘cry for help’ [J]. Trends of Plant Science, 2010, 15(3): 167-175.
- [26] ZHENG X, LU Y, ZHU P, et al. Use of banker plant system for sustainable management of the most important insect pest in rice fields in China [J/OL]. Scientific Reports, 2017, 7: 45581. DOI:10.1038/srep45581.

(责任编辑:田 喆)