

江原钝绥螨低温贮藏技术

张栩浩[#], 张 贝[#], 郑薇薇^{*}, 张宏宇^{*}

(华中农业大学植物科学技术学院, 园艺与城市昆虫研究所, 武汉 430070)

摘要 柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 是湖北省柑橘园中常见害螨, 可造成柑橘树落花、落叶、落果。在生产无公害水果时利用生物防治技术来控制果园中的害虫是一项重要技术。江原钝绥螨 *Amblyseius eharai* 在湖北省柑橘园中是柑橘全爪螨的优势捕食螨。利用江原钝绥螨控制柑橘全爪螨的技术中需要考虑到江原钝绥螨的低温贮藏问题。本试验研究了低温贮藏过程中的温度和冷藏时间对江原钝绥螨的影响。结果表明, 江原钝绥螨在 5、7、9℃ 这 3 种冷藏温度下存活率和 7 d 内产卵数量不同。冷藏 5~15 d 内, 不同温度冷藏后存活率无显著性差异, 但用 7℃ 冷藏可使该螨有较高的产卵量, 产卵量在 17.1~18.1 粒之间; 冷藏 20~60 d 内用 5℃ 冷藏可使该螨有较高的存活率和较高的产卵量, 其存活率在 26.7%~66.7% 之间, 产卵量在 13.3~17.1 粒之间; 由此可见, 冷藏时间在 15 d 内用 7℃ 冷藏效果最佳; 冷藏时间为 20~60 d, 用 5℃ 冷藏会使该螨的存活率和冷藏后产卵量都最佳。本研究可为江原钝绥螨低温贮藏技术奠定理论基础, 对害螨生物防治具有重要的实践指导价值。

关键词 江原钝绥螨; 低温贮藏; 存活率; 产卵量

中图分类号: S 476.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019535

Cold storage technology of *Amblyseius eharai*

ZHANG Xuhao[#], ZHANG Bei[#], ZHENG Weiwei^{*}, ZHANG Hongyu^{*}

(College of Plant Science & Technology, Institute of Urban and Horticultural Entomology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract *Panonychus citri* is a common pest mite in citrus orchards in Hubei province, causing blossom loss, fallen leaves and fallen fruits in citrus. The use of biocontrol techniques to manage pests in orchards plays an important role in the production of pollution-free fruits. *Amblyseius eharai* is a dominant predator mite of *P. citri* in citrus orchards in Hubei. The cold storage of *A. eharai* needs to be considered in applying *A. eharai* to control of *P. citri*. This study was aimed to investigate the effects of temperature and cold storage time on *A. eharai* in the cold storage process. The results showed that *A. eharai* exhibited different survival rates and amounts of oviposition in seven days under three cold temperatures (5, 7℃ and 9℃). There was no significant difference in the survival rate of the mite after 5–15 d of cold storage at different temperatures, but the mites had a higher egg-laying capacity when stored at 7℃. The number of eggs was approximately 17.1–18.1. Refrigeration at 5℃ for 20–60 d gave rise to higher survival rates (26.7% to 66.7%) and more egg deposition (13.3 to 17.1). Therefore, 7℃ is the best choice within 15 d of cold storage, but 5℃ can result in the best survival rate and the most egg deposition if stored for 20–60 d. This study lays a theoretical foundation for the cold storage technology of *A. eharai*, and provides an important practical guidance for biological control of pest mites.

Key words *Amblyseius eharai*; refrigeration; survival rate; amount of oviposition

柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 是一种广泛分布于我国南方各地的常见害螨。近年来随着全球气候变暖, 柑橘全爪螨的为害期变长, 发育速度加快, 一年可发生 15~18 代。柑橘全爪螨的幼螨、若螨、成螨都

能吸食柑橘叶片、嫩枝、幼果等部位的汁液。使受害部位由绿转白, 更可导致落叶、落花、落果^[1]。柑橘全爪螨的传统防治方法大多使用化学药剂。然而传统化学药剂高毒性、高残留, 容易在水果上产生农药污

收稿日期: 2019-10-08

修订日期: 2020-03-25

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(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

染,不利于生产无公害食品。而且近年来由于农药的不合理使用,柑橘全爪螨出现了不可忽视的抗药性^[2]。而绿色防控技术可以在减轻害虫为害的同时生产出健康无公害的水果。近年来常见的绿色防控技术之一就是利用天敌生物来控制害虫。

天敌生物可分为捕食性天敌和寄生性天敌,目前防控中常使用捕食螨控制害螨为害。植绥螨科 Phytoseiidae 有许多捕食性天敌。例如在水杉上释放黄瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 控制刘氏短须螨 *Brevipalpus lewisi*, 3 个月后防效可达 75.28%^[3]。利用黄瓜新小绥螨在柑橘园中防治柑橘全爪螨,释放 20 d 后具有明显效果,而且具有较长的防效持续期^[4]。在温室草莓种植中,利用黄瓜新小绥螨防治二斑叶螨 *Tetranychus urticae*, 最高防效可达 90% 以上^[5]。由此可见,捕食螨具有重要的实用价值。

在使用天敌生物防治害虫时,理想情况是生产出天敌生物后立刻在田间释放,此时控制害虫的效果是最好的。但实际上生产和应用往往不同步,此时,就需要考虑天敌生物的贮藏问题。天敌生物的贮藏技术以冷藏贮藏最为常见。前人的研究多数关注寄生蜂、瓢虫等天敌昆虫,例如异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 在冷藏后产卵量提高,同时捕食能力没有变化^[6]。白蛾周氏啮小蜂 *Chouioia cunea* 的蛹在诱导进入滞育后进行冷藏,可以极高地提高其出蜂率,在 3℃ 贮藏 45 d,出蜂率从 40% 提高到 95% 左右^[7]。而冷藏对稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* 的产卵量、寿命、种群趋势等性状产生了负面影响^[8]。二化螟盘绒茧蜂 *Cotesia chilonis* 在冷藏后也受到了相似的负面影响^[9]。在一些针对捕食螨的低温贮藏技术的研究中发现,有良好保湿作用的冷藏基质可以提高智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* 冷藏后的存活率^[10]。在研究加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* 的低温贮藏技术时发现,以叶片和叶螨作为贮藏基质比花粉为贮藏基质更有利于该螨的存活,并且发现温度控制在 4~7℃,贮藏时间不长于 20~25 d 时存活率最高可达 95.56%^[11]。考虑到具有应用价值的捕食螨种类较多^[12-15],而且螨的种群延续与生态环境关系较大,不同地区具有不同的优势种群,因此,开发与本地气候相适宜的捕食螨相关技术非常必要。

江原钝绥螨 *Amblyseius eharai* 是湖北省天然存在的一种捕食螨,也是柑橘园中柑橘全爪螨的优势捕食螨。该螨在低温贮藏中的表现研究较少。本试验对江原钝绥螨在低温冷藏后群体产卵量、存活率的变化研究将为低温贮藏江原钝绥螨提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试螨源

试验所用江原钝绥螨来源于华中农业大学园艺与城市昆虫研究所,采自湖北省宜昌市当阳农户的柑橘树上,在室内以柑橘全爪螨为食进一步饲养纯化而得。使用实验室前人优化过的饲养方法进行饲养,人工饲料配方为麦麸 80%、蒸馏水 10%、酵母 6%、茶树花粉 4%(购自武汉康思农蜂业华中农业大学店)。捕食螨置于 (24±1)℃,相对湿度 (90±5)%,光周期 L//D=16 h//8 h 智能人工气候培养箱中饲养。在实验室内采用上述方法和条件培养多代作为供试材料。

1.2 试验方法

试验设 3 个低温梯度,分别为 5、7、9℃。每个温度梯度设不同的冷藏时间,从 0~60 d,每隔 5 d 设置 1 个冷藏时间,冷藏时间为 0 d 即正常饲养作为对照。按 1.1 节的方法饲养,每个处理设 3 次重复。

冷藏处理:每个温度准备 36 个小饲养盒(3 次重复×12 个冷藏时间),对照组准备 3 个小饲养盒(即 3 次重复)。每个盒内装 40 g 饲料,用毛笔小心地挑取 100 头粉螨放到饲养盒内。再用毛笔小心挑取 10 头 24 h 内交配过的江原钝绥螨雌成螨,每盒 10 头。将放入江原钝绥螨的饲养盒扣紧,并在饲养盒上贴上标签,用记号笔标明处理温度、存放日期。然后置于对应温度、全黑暗的智能人工气候箱中。

每个冷藏时间结束后在室温(25℃)条件下检查江原钝绥螨的存活情况。将盒内饲料倒在大培养皿里,放在显微镜下观察,5 min 内能够活动的江原钝绥螨数量视为存活数量。然后对存活的江原钝绥螨怀卵雌成螨进行产卵量的调查。每个处理随机取 15 头存活怀卵雌成螨进行测试,(在冷藏后期存活率较低时每个处理随机取 3 头)。每个处理 3 个重复。对每头处理过的江原钝绥螨雌成螨产卵量连续追踪记录 7 d。在此期间,使用正常饲养的方法饲养存活的雌成螨。

1.3 数据统计与分析

数据采用 SPSS 23 软件进行单因素方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 冷藏温度和冷藏时间对江原钝绥螨存活率的影响

江原钝绥螨在不同冷藏温度 and 不同冷藏时间下存活率见表 1,由表中数据得出,3 种冷藏温度条件

下,江原钝绥螨的存活率都随着冷藏时间的延长而降低。其中,在 5℃条件下,冷藏 25 d 时该螨的存活率为 63.3%,相比于对照组(0 d)96.7%的存活率显著降低;5~20 d,该螨的存活率在 66.7%~86.7%,无显著差异;25~40 d,该螨的存活率在 50.0%~63.3%,无显著差异;45~55 d,该螨的存活率在 33.3%~46.7%,无显著差异;60 d 时,江原钝绥螨的存活率降低至 26.7%。

表 1 不同冷藏温度和冷藏时间对江原钝绥螨存活率的影响¹⁾

Table 1 The effects of different refrigeration temperatures and durations on the survival rate of *Amblyseius eharai*

冷藏时间/d Refrigeration time	平均存活率/% Average survival rate		
	5℃	7℃	9℃
0	(96.7±3.3)aA	(96.7±3.3)aA	(96.7±3.3)aA
5	(86.7±3.0)abA	(90.0±5.8)aA	(96.7±3.3)aA
10	(80.0±5.8)abcA	(86.7±3.3)aA	(90.0±5.8)abA
15	(76.7±3.3)abcdA	(83.3±3.3)abA	(80.0±5.8)abcA
20	(66.7±8.8)abcdeA	(73.3±6.7)abcA	(70.0±5.8)bcdA
25	(63.3±6.7)bedefA	(60.0±5.8)bcdA	(56.7±6.7)cdeA
30	(56.7±8.8)bcdefgA	(56.7±3.3)cdA	(53.3±3.3)deA
35	(53.3±6.7)cdefgA	(50.0±5.8)cdeA	(46.7±6.7)defA
40	(50.0±5.8)cdefgA	(40.0±5.8)defA	(36.7±3.3)efgA
45	(46.7±3.3)defgA	(26.7±3.3)efB	(23.3±3.3)fghB
50	(40.0±5.8)efgA	(23.3±3.3)fB	(20.0±5.8)ghC
55	(33.3±3.3)fgA	(20.0±5.8)fB	(13.3±3.3)ghC
60	(26.7±5.7)gA	(16.7±3.3)fA	(10.0±5.8)hA

1) 表中数据为平均值±标准误。同列数据后不同小写字母表示在同一冷藏温度、不同冷藏时间下江原钝绥螨存活率在 0.05 水平差异显著 (Tukey 法)。同行数据后不同大写字母表示在同一冷藏时间、不同冷藏温度下江原钝绥螨存活率在 0.05 水平差异显著 (Tukey 法)。
Data are mean±standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference in the survival rate at the same refrigeration temperature for different refrigeration periods at 0.05 level (Tukey method). Different uppercase letters in the same row indicate significant difference in the survival rate at different refrigeration temperatures for the same refrigeration period at 0.05 level (Tukey method).

在 7℃条件下,冷藏 25 d 时该螨的存活率为 60.0%,显著低于对照组(0 d)96.7%的存活率;5~20 d 该螨的存活率在 73.3%~90.0%,无显著差异;25~35 d 内该螨的存活率在 50.0%~60.0%,无显著差异;40~45 d 该螨的存活率在 26.7%~40.0%,无显著差异;50~60 d 该螨的存活率在 16.7%~23.3%,无显著差异。

在 9℃条件下,冷藏 20 d 时该螨的存活率为 70.0%,显著低于对照组(0 d)96.7%的存活率;5~15 d该螨的存活率在 80.0%~96.7%,无显著差异;

20 d 与 25 d 该螨的存活率分别为 70.0%和 56.7%,两者无显著差异;30~40 d 该螨的存活率在 36.7%~53.3%,无显著差异;45~55 d 该螨的存活率在 13.3%~23.3%,无显著差异;60 d 时该螨的存活率减少至 10.0%。

同一贮藏时间不同贮藏温度江原钝绥螨存活率对比可以发现,整体趋势是温度越低,存活率下降越慢。5~10 d 时,9℃贮藏存活率最高,15~20 d 时,7℃贮藏存活率最高,25~60 d 时,5℃贮藏存活率最高。

2.2 冷藏温度和冷藏时间对江原钝绥螨冷藏后产卵量的影响

2.2.1 5℃下不同冷藏时间对江原钝绥螨冷藏后产卵高峰期的影响

在 5℃冷藏条件下,江原钝绥螨经历不同冷藏时间后单头雌虫 7 d 内产卵量结果见表 2。其结果显示,冷藏 0、20、40 d 后,在第 3 天产卵量最多,分别为 2.2、3.3、3.0 粒。冷藏 5 d 后,在第 3、4 天产卵量最多,均为 3.3 粒。冷藏 10、25、30 d 后,在第

5 天产卵量最多,分别为 3.1、3.3、3.5 粒。冷藏 15 d 后,在第 6 天产卵量最多,为 2.7 粒。冷藏 35、45、50、55 d 后,在第 4 天产卵量最多,分别为 3.3、3.3、3.7、3.7 粒。冷藏 60 d 后,在第 2 天产卵量最多,为 3.3 粒。综上,在 5℃条件下,冷藏时间对江原钝绥螨冷藏后产卵量的影响较大,总体来讲,有 8 个处理在第 3 天或第 4 天出现 1 次最大产卵量,可认为产卵高峰在 5℃冷藏后第 3 天或第 4 天出现。

表 2 5℃下江原钝绥螨在不同冷藏时间后的每雌平均产卵量¹⁾

冷藏时间/d		每雌产卵量/粒 Oviposition number per female					
Refrigeration time	第 1 天 First day	第 2 天 Second day	第 3 天 Third day	第 4 天 Fourth day	第 5 天 Fifth day	第 6 天 Sixth day	第 7 天 Seventh day
0	(1.0±0.1)abC	(1.2±0.1)aBC	(2.2±0.2)aA	(1.9±0.2)aAB	(1.7±0.1)cdABC	(1.2±0.1)bBC	(1.1±0.1)aC
5	(2.3±0.2)aA	(2.9±0.2)aA	(3.3±0.3)aA	(3.3±0.2)aA	(2.8±0.2)abcdA	(2.7±0.2)abA	(2.5±0.3)aA
10	(1.4±0.4)abBC	(1.7±0.2)aBC	(2.1±0.3)aABC	(2.4±0.2)aAB	(3.1±0.2)abcA	(2.1±0.2)abABC	(1.1±0.2)aC
15	(0.4±0.1)bC	(1.6±0.4)aABC	(1.9±0.2)aAB	(1.1±0.3)abc	(1.7±0.3)bcdAB	(2.7±0.2)abA	(2.3±0.3)aAB
20	(1.7±0.2)abBC	(2.9±0.3)aA	(3.3±0.2)aA	(2.7±0.3)aAB	(2.3±0.2)abcdABC	(2.5±0.2)abABC	(1.6±0.2)aC
25	(1.8±0.4)abB	(1.9±0.2)aB	(2.5±0.3)aAB	(2.7±0.2)aAB	(3.3±0.2)abA	(2.9±0.2)abAB	(1.8±0.2)aB
30	(1.1±0.2)abC	(1.1±0.3)aC	(2.3±0.3)aABC	(3.0±0.4)aAB	(3.5±0.2)aA	(3.1±0.2)aAB	(2.1±0.2)abC
35	(1.3±0.3)abA	(2.3±0.3)aA	(2.3±0.9)aA	(3.3±0.9)aA	(2.7±0.7)abcdA	(2.3±0.3)abA	(1.3±0.3)aA
40	(0.7±0.3)bA	(1.7±0.7)aA	(3.0±0.6)aA	(2.7±0.3)aA	(2.3±0.3)abcdA	(2.7±0.9)abA	(1.7±0.7)aA
45	(1.0±0.0)abA	(1.7±0.7)aA	(2.0±0.6)aA	(3.3±0.9)aA	(2.7±0.3)abcdA	(1.7±0.3)abA	(2.0±0.6)aA
50	(0.7±0.3)bb	(1.7±0.3)aAB	(2.3±0.3)aAB	(3.7±0.9)aA	(1.3±0.3)dAB	(2.0±0.6)abAB	(1.7±0.7)aAB
55	(1.0±0.6)abB	(2.3±0.3)aAB	(2.0±0.6)aAB	(3.7±0.9)aA	(2.3±0.3)abcdAB	(1.7±0.3)abAB	(1.3±0.3)aAB
60	(1.3±0.3)abA	(3.3±0.9)aA	(2.3±0.3)aA	(2.0±0.6)aA	(2.3±0.3)abcdA	(1.3±0.3)abA	(1.3±0.3)aA

1) 表中数据为平均值±标准误。同列的不同小写字母为表示在冷藏后同一天、不同冷藏时间下产卵量在 0.05 水平差异显著(Tukey 法)。同行的不同大写字母为同一冷藏时间、冷藏后不同天数下产卵量在 0.05 水平差异显著(Tukey 法)。下同。

Data are mean±standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference in the amounts of oviposition in the same day for different refrigeration periods at 0.05 level (Tukey method). Different uppercase letters in same row indicate significant difference in the amounts of oviposition in different days for same refrigeration periods at 0.05 level (Tukey method). The same applies below.

2.2.2 7℃下不同冷藏时间对江原钝绥螨冷藏后产卵高峰期的影响

在 7℃冷藏条件下,江原钝绥螨经历不同冷藏时间后单头雌虫 7 d 内产卵量结果见表 3。其结果显示,冷藏 0、30 d 后,在第 3 天产卵量最多,分别为 2.2 粒,2.9 粒。冷藏 5、15、20、45、50、60 d 后,在第 4 天产卵量最多,分别为 3.2、3.3、2.5、3.0、3.7、3.0 粒。冷藏 10 d 后,在第 4、5 天产卵量最多,均为 3.3

粒。冷藏 25 d 后,在第 6 天产卵量最多,为 2.9 粒。冷藏 35、55 d 后,在第 5 天产卵量最多,分别为 3.3、3.0 粒。冷藏 40 d 后,在第 3、4、6 天产卵量最多,均为 2.7 粒。综上,可以发现在 7℃下,冷藏时间差异对江原钝绥螨冷藏后产卵量的影响较大,总体来讲,有 10 个处理在第 3 天或第 4 天出现 1 次最大产卵量,可认为产卵高峰在 7℃冷藏后第 3 天或第 4 天出现。

表 3 7℃ 下江原钝绥螨在不同冷藏时间后的每雌平均产卵量

Table 3 The effects of different refrigeration durations on the amounts of oviposition per female *Amblyseius eharai* at 7℃

冷藏时间/d Refrigeration time	每雌产卵量/粒 Oviposition number per female						
	第 1 天 First day	第 2 天 Second day	第 3 天 Third day	第 4 天 Fourth day	第 5 天 Fifth day	第 6 天 Sixth day	第 7 天 Seventh day
0	(1.0±0.1)aC	(1.2±0.1)aBC	(2.2±0.2)aA	(1.9±0.2)aAB	(1.7±0.1)aABC	(1.2±0.1)aBC	(1.0±0.1)aC
5	(0.7±0.2)aB	(2.8±0.2)aA	(2.1±0.2)aA	(3.2±0.2)aA	(3.1±0.2)aA	(2.9±0.2)aA	(2.3±0.2)aA
10	(0.9±0.2)aC	(1.6±0.3)aBC	(2.8±0.4)aAB	(3.3±0.2)aA	(3.3±0.2)aA	(2.9±0.2)aA	(2.4±0.1)aAB
15	(1.6±0.2)aB	(2.5±0.2)aAB	(3.0±0.2)aA	(3.3±0.2)aA	(2.8±0.2)aA	(2.8±0.2)aA	(2.2±0.2)aAB
20	(0.9±0.2)aB	(2.2±0.2)aAB	(2.3±0.4)aAB	(2.5±0.6)aA	(2.3±0.2)aAB	(0.9±0.2)aB	(1.5±0.2)aAB
25	(1.2±0.1)aD	(1.7±0.2)aCD	(2.8±0.2)aAB	(2.6±0.2)aABC	(2.2±0.3)aABCD	(2.9±0.3)aA	(1.7±0.2)aCD
30	(0.9±0.2)aB	(1.1±0.2)aB	(2.9±0.2)aA	(2.4±0.2)aA	(2.6±0.2)aA	(2.5±0.2)aA	(2.3±0.2)aA
35	(0.7±0.3)aB	(2.0±0.6)aAB	(2.3±0.3)aAB	(1.3±0.3)aAB	(3.3±0.3)aA	(1.7±0.7)aAB	(2.3±0.9)aAB
40	(1.3±0.3)aA	(2.3±0.3)aA	(2.7±1.2)aA	(2.7±0.3)aA	(2.3±0.7)aA	(2.7±0.9)aA	(1.3±0.3)aA
45	(0.7±0.3)aA	(1.3±0.3)aA	(2.3±0.3)aA	(3.0±1.2)aA	(2.3±0.9)aA	(2.0±0.6)aA	(1.7±0.7)aA
50	(1.0±0.0)aA	(1.7±0.7)aA	(2.7±0.9)aA	(3.7±0.7)aA	(2.0±0.6)aA	(1.3±0.3)aA	(2.0±0.6)aA
55	(1.0±0.0)aB	(1.7±0.3)aAB	(2.0±0.6)aAB	(2.7±0.3)aAB	(3.0±0.6)aA	(2.3±0.3)aAB	(1.3±0.3)aAB
60	(1.0±0.6)aA	(2.0±0.6)aA	(2.7±0.3)aA	(3.0±0.6)aA	(2.3±0.3)aA	(2.0±0.6)aA	(1.7±0.3)aA

2.2.3 9℃下不同冷藏时间对江原钝绥螨冷藏后产卵高峰期的影响

在 9℃冷藏条件下,江原钝绥螨经历不同冷藏时间后单头雌虫 7 d 内产卵量结果见表 4。其结果显示,冷藏 0 d 后,在第 3 天产卵量最多,为 2.2 粒。冷藏 5、10、35 d 后,在第 5 天产卵量最多,分别为 3.3、3.1、3.3 粒。冷藏 15 d 后,在第 3、4 天产卵量最多,

均为 2.9 粒。冷藏 20、25、30、40、45、50、55、60 d 后,在第 4 天产卵量最多,分别是 2.8、2.8、3.1、3.3、3.7、3.7、3.0、3.3 粒。综上,可以发现在 9℃下,冷藏时间差异对江原钝绥螨冷藏后产卵量的影响较大,总体来讲,有 10 个处理在第 3 天或第 4 天出现 1 次最大产卵量,可认为产卵高峰在 9℃冷藏后第 3 天或第 4 天出现。

表 4 9℃ 下江原钝绥螨在不同冷藏时间后的每雌平均产卵量

Table 4 The effects of different refrigeration durations on the amounts of oviposition per female *Amblyseius eharai* at 9℃

冷藏时间/d Refrigeration time	每雌产卵量/粒 Oviposition number per female						
	第 1 天 First day	第 2 天 Second day	第 3 天 Third day	第 4 天 Fourth day	第 5 天 Fifth day	第 6 天 Sixth day	第 7 天 Seventh day
0	(1.0±0.1)aC	(1.2±0.1)aBC	(2.2±0.2)aA	(1.9±0.2)aAB	(1.7±0.1)aABC	(1.2±0.1)aBC	(1.1±0.1)aBC
5	(0.7±0.1)aB	(2.5±0.3)aA	(2.6±0.2)aA	(2.8±0.2)aA	(3.3±0.2)aA	(2.7±0.2)aA	(2.3±0.2)aA
10	(1.1±0.2)aC	(1.8±0.2)aBC	(2.6±0.2)aAB	(2.6±0.2)aAB	(3.1±0.2)aA	(2.4±0.3)aAB	(2.3±0.2)aAB
15	(1.4±0.4)aB	(2.7±0.2)aAB	(2.9±0.4)aA	(2.9±0.2)aA	(2.5±0.3)aAB	(2.3±0.2)aAB	(2.1±0.2)aAB
20	(0.9±0.1)aC	(2.1±0.4)aAB	(2.3±0.2)aAB	(2.8±0.2)aA	(2.5±0.2)aAB	(1.8±0.1)aABC	(1.5±0.2)abBC
25	(1.2±0.2)aB	(1.9±0.2)aAB	(2.7±0.2)aA	(2.8±0.2)aA	(2.5±0.2)aA	(2.3±0.2)aA	(2.1±0.2)aAB
30	(0.7±0.1)aC	(1.6±0.2)aBC	(2.7±0.2)aA	(3.1±0.2)aA	(2.5±0.3)aAB	(2.2±0.1)aAB	(2.1±0.2)aAB
35	(1.0±0.6)aA	(1.7±0.3)aA	(2.7±0.3)aA	(2.0±0.6)aA	(3.3±0.9)aA	(2.3±0.3)aA	(1.3±0.3)abA
40	(1.0±0.6)aA	(2.3±0.3)aA	(2.7±0.9)aA	(3.3±0.3)aA	(3.0±0.6)aA	(2.0±0.6)aA	(1.3±0.3)abA
45	(1.0±0.6)aA	(2.0±0.6)aA	(3.3±0.3)aA	(3.7±0.9)aA	(1.7±0.3)aA	(1.7±0.7)aA	(1.3±0.3)abA
50	(1.3±0.3)aAB	(1.7±0.3)aAB	(2.0±0.6)aAB	(3.7±0.9)aA	(2.3±0.7)aAB	(2.7±0.3)aAB	(0.7±0.3)bB
55	(1.0±0.6)aA	(1.7±0.3)aA	(2.3±0.3)aA	(3.0±0.6)aA	(2.7±0.3)aA	(2.0±0.6)aA	(1.3±0.3)abA
60	(1.3±0.3)aB	(1.7±0.3)aAB	(2.3±0.3)aAB	(3.3±0.3)aA	(3.0±0.6)aAB	(3.0±0.6)aAB	(2.0±0.6)aAB

2.2.4 不同冷藏时间和冷藏温度对江原钝绥螨冷藏后 7 d 内产卵总数的影响

江原钝绥螨雌成虫在不同冷藏温度和冷藏时间后 7 d 内总产卵量见表 5。结果表明,3 种冷藏温度下,冷藏后单雌 7 d 内总产卵量在数值上均高于对照组(0 d)雌成虫。

5℃冷藏温度下,冷藏 5 d 处理的单雌 7 d 内总产卵量最多,为 19.8 粒,显著高于对照组(0 d)、冷藏 10、15、45、50、55、60 d 的总产卵量。7℃冷藏温度下,冷藏 15 d 处理的单雌 7 d 内总产卵量最多,为 18.1 粒。在数值上比冷藏时间 5、10 d 的产卵量分别高出 1.0、0.9 粒,相比于其他冷藏时间高出 3.0

粒以上。在统计学上显著高于对照组(0 d)的总产卵量。9℃冷藏温度下,冷藏 5、15 d 处理的单雌 7 d 内总产卵量最多,分别为 16.9 粒和 16.8 粒,显著高于对照组(0 d)的总产卵量。

该结果表明,冷藏温度和冷藏时间的差异对

江原钝绥螨冷藏后单雌 7 d 内总产卵量的影响较大。总体来讲,该螨在 5、7℃和 9℃下冷藏后,产卵量相比于未冷藏有显著增加。但是暂未发现产卵量增长规律与冷藏时间、冷藏温度存在明显关系。

表 5 江原钝绥螨在不同冷藏时间后每雌 7 d 平均总产卵量¹⁾

Table 5 The effects of different refrigeration durations and different refrigeration temperatures on the amounts of oviposition per female *Amblyseius eharai* in seven days

冷藏时间/d Refrigeration time	单雌产卵量/粒 Oviposition amount per female		
	5℃	7℃	9℃
0	(10.2±0.2)dA	(10.2±0.2)bA	(10.2±0.2)bA
5	(19.8±0.7)aA	(17.1±1.0)aA	(16.9±0.8)aA
10	(13.9±1.0)bcdA	(17.2±1.0)aA	(15.9±0.7)aA
15	(11.6±0.6)c dB	(18.1±0.6)aA	(16.8±0.9)aA
20	(17.1±0.8)abA	(12.5±1.2)abB	(13.9±0.8)abAB
25	(16.9±1.2)abA	(15.1±1.2)abA	(15.3±0.6)abA
30	(16.3±1.1)abcA	(14.5±0.3)abA	(15.0±0.2)abA
35	(15.7±1.5)abcA	(13.7±0.9)abA	(14.3±1.2)abA
40	(14.7±1.5)abcdA	(15.3±0.3)abA	(15.7±1.2)abA
45	(14.3±1.9)bcdA	(13.3±2.0)abA	(15.0±1.5)abA
50	(13.3±0.3)bcdA	(14.3±2.0)abA	(15.6±1.2)abA
55	(14.3±0.3)bcdA	(14.0±1.2)abA	(14.0±2.7)abA
60	(14.0±0.6)bcdA	(14.7±1.9)abA	(16.3±0.3)aA

1) 表中数据为平均值±标准误。同列不同小写字母表示在同一冷藏温度、不同冷藏时间下产卵量在 0.05 水平差异显著 (Tukey 法)。同行不同大写字母表示同一冷藏时间、不同冷藏温度产卵量在 0.05 水平差异显著 (Tukey 法)。
Data are mean±standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference in the amounts of oviposition at the same refrigeration temperature for different refrigeration durations at 0.05 level (Tukey method). Different uppercase letters in the same row indicate significant difference in the amounts of oviposition for the same refrigeration duration at different refrigeration temperatures at 0.05 level (Tukey method).

3 讨论

本试验结果表明,不同的冷藏温度和冷藏时间均能对江原钝绥螨的存活率和冷藏后的产卵量产生较大影响。简单来说,短期冷藏可以增强江原钝绥螨的产卵能力,但是冷藏时间过长也会降低其存活率。因此在生产实践中应该根据实际情况灵活调整冷藏时间。在不同冷藏温度和冷藏时间对江原钝绥螨存活率的影响试验中,随着冷藏时间从 0 d 延长到 60 d,该螨的存活率从 96.7%降低至 10.0%~26.7%。存活率随着冷藏时间的延长而降低,所以应尽量做到生产之后立即使用。不得不冷藏时,应该根据需要冷藏的时间合理地选择冷藏温度,将冷藏损失尽可能降低。例如,从产地运输到使用地的时间一般不会大于 5 d,在冷链运输时可使用 9℃进行冷藏,既节省冷藏费用,又能保持与对照组相近的

存活率。销售时,预期货架期在 5~15 d 内用 7℃冷藏可使该螨有较高的存活率和较高的 7 d 产卵量;预期货架期在 20~35 d 内,5℃冷藏可使该螨有较高的存活率和较高的 7 d 产卵量。3 个温度下冷藏 40~60 d,存活率较低,所以不推荐冷藏超过 35 d。
前人研究发现,捕食螨在低温贮藏过程中的主要死亡原因为脱水、饥饿、冻伤。为此,前人采用低气压、高湿度贮藏的方法处理加州新小绥螨,在冷藏 30 d 时仍有近 96%的存活率^[16-20]。应对饥饿死亡的方法通常是改变贮藏基质。一般来说有两种方法,一种是在基质中添加捕食螨可以食用的花粉,但是效果并不理想。另一种是添加捕食螨的捕食猎物如螨、蓟马等。Morewood 通过这种方式处理的智利小植绥螨在 7.5℃冷藏 28 d 后具有 97%的存活率^[21]。针对冻伤死亡,可在基质中喷洒冷冻保护剂来保护捕食螨。例如 Riddick 等在冷藏智利小植绥

螨时用 5%~20% (V/V) 的甘油作为保护剂, 冷藏 88 d 后, 喷洒 20% 甘油的捕食螨仍有 22% 的存活率, 同时喷洒水的捕食螨仅有 2% 的存活率^[22]。在冷藏前通过对捕食螨低温驯化也可以提高其存活率, 例如 Jensen 等将 *Gaeolaelaps aculeifer* 在 10℃ 下驯化 4 d 后再于 -2℃ 冷藏 24 h, 发现仍有 80% 的存活率, 同等条件下, 在 20℃ 驯化的捕食螨仅有 20% 的存活率^[23]。本试验中在冷藏时为江原钝绥螨提供了猎物 and 花粉, 但是冷藏时间超过 35 d 后存活率小于 50%, 说明江原钝绥螨冷藏期间死亡的主要原因可能不是饥饿, 而是脱水死亡或者冻伤, 具体原因需要进一步试验来验证。

在江原钝绥螨 7 d 产卵量的试验中, 经过 3 种温度冷藏后, 第 1 天产卵量在多数情况下都低于其他几天的产卵量。产卵的高峰大多集中在结束冷藏后的第 3 天、第 4 天。前人在加州新小绥螨的冷藏技术研究中, 也发现了类似的情况, 冷藏结束后的雌性成虫需要 1~2 d 才能恢复产卵。这段恢复所需的时间与冷藏时间有关。10℃ 下冷藏 10 d 需要 1 d 恢复产卵, 冷藏 20 d 时需要 2 d^[24]。综合 7 d 的数据来看, 冷藏 5~10 d 后的 7 d 总产卵量都高于对照组的产卵量。其原因可能是低温环境更接近该螨越冬的生活环境, 从而使其在经过冷藏以后进入了快速繁殖的模式。其他冷藏时间例如在 5、7、9℃ 冷藏 60 d 后, 7 d 内产卵总数分别为 14.0、14.7、16.3 粒。其产卵总数相对于对照组的 10.2 粒来说还是比较高的。由此可见, 限制江原钝绥螨贮藏技术的瓶颈主要在存活率。因此, 改良江原钝绥螨冷藏技术的方向应该集中于研究如何提高该螨冷藏后的存活率。

根据本试验结果, 江原钝绥螨在 7、9℃ 冷藏 15 d 内, 其存活率与对照组无显著差异。同时, 其 7 d 内产卵总数比对照组显著增加。也就是说经过 15 d 内的 7、9℃ 冷藏后, 江原钝绥螨的产卵能力出现显著提高。说明在应用中根据实际情况, 可以适当低温处理江原钝绥螨一段时间, 从而提升一定的产卵能力。

参考文献

[1] 罗守进. 柑橘几种主要病虫害的识别与防治[J]. 农业灾害研究, 2014(10):28-33.

[2] 刘永华, 蒋红波, 袁明龙, 等. 柑橘全爪螨对 4 种杀螨剂的抗性监测及增效作用[J]. 果树学报, 2010, 27(4):570-574.

[3] 樊斌琦. 利用胡瓜钝绥螨防治刘氏短须螨的防治试验[J]. 中国森林病虫, 2016, 35(6):47-48.

[4] 欧阳传禄. 夏季柑橘园释放胡瓜钝绥螨防治红蜘蛛的田间防效评价[J]. 基层农技推广, 2017, 5(11):50-51.

[5] 邱晓红, 熊凯凡, 陈雅婷, 等. 胡瓜钝绥螨防治二斑叶螨的效果和对草莓品质的影响[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(8):51-54.

[6] 杜文梅, 孙光芝, 臧连生, 等. 长期冷藏对越冬代异色瓢虫繁殖及子代生长发育和捕食能力的影响[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(2):286-292.

[7] 孙守慧, 赵利伟, 祁金玉, 等. 白蛾周氏啮小蜂成虫补充营养及低温贮藏虫期的研究[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(3):320-325.

[8] 杜文梅, 曲淑贤, 胡晓暄, 等. 冷藏温度及时间对稻螟赤眼蜂品质的影响[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(6):1247-1251.

[9] 滕子文, 吴顺凡, 李秀花, 等. 二化螟盘绒茧蜂的室内种群饲养和保种[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(12):2074-2077.

[10] 刘佰明, 张君明, 郭晓军, 等. 冷藏温度、基质和时间对智利小植绥螨存活和生殖的影响[J]. 植物保护, 2012, 38(6):54-58.

[11] 税玲, 蒲颇, 李庆, 等. 低温贮藏对加州新小绥螨生物学特性和捕食能力的影响[J]. 植物保护学报, 2016, 43(5):759-767.

[12] 郝慧华, 李国寅, 崔志富, 等. 海南橡胶园捕食螨种类调查及优势种评价[J]. 热带作物学报, 2020, 41(1):141-147.

[13] 张东旭, 孟瑞霞, 张鹏飞, 等. 巴氏新小绥螨对猎物搜寻能力的研究[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(1):203-209.

[14] 李茂海, 刘丽玲, 张金花, 等. 胡瓜新小绥螨对 B 型烟粉虱的控制能力[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(3):356-363.

[15] 黄建华, 陈洪凡, 王丽思, 等. 应用捕食螨防治蓟马研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(1):119-124.

[16] HE Limin, LI Litao, YU Lichen, et al. Optimizing cold storage of the ectoparasitic mite *Pyemotes zhonghuajia* (Acari: Pyemotidae), an efficient biological control agent of stem borers [J]. Experimental and Applied Acarology, 2019, 78(3):327-342.

[17] GHAZY N A, OHYAMA K, AMANO H, et al. Cold storage of the predatory mite *Neoseiulus californicus* is improved by pre-storage feeding on the diapausing spider mite *Tetranychus urticae* [J]. BioControl, 2014, 59(2):185-194.

[18] GHAZY N A, SUZUKI T, AMANO H, et al. Effects of air temperature and water vapor pressure deficit on storage of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 2012, 58(2):111-120.

[19] NICOLI G, GALAZZI D. Quality control of cold stored *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) [J]. Bollettino dell 'Istituto di Entomologia' Guido Grandi della Università degli Studi di Bologna, 1998, 52:61-73.

[20] GHAZY N A, SUZUKI T, SHAH M, et al. Using high relative humidity and low air temperature as a long-term storage strategy for the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Gamasida: Phytoseiidae) [J]. Biological Control, 2012, 60(3):241-246.

[21] MOREWOOD W D. Cold storage of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae) [J]. Experimental & Applied Acarology, 1992, 13(3):231-236.

- [3] LUGINBILL P. The fall army worm [R]. USDA Technology Bulletin, 1928, 34: 91.
- [4] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GÓMEZ D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286–301.
- [5] WESTBROOK J K, NAGOSHI R N, MEAGHER R L, et al. Modeling seasonal migration of fall armyworm moths [J]. International Journal of Biometeorology, 2015, 60(2): 255–267.
- [6] ROGER D, PHIL A, MELANIE B, et al. Fall armyworm: impacts and implications for Africa [J]. Outlooks on Pest Management, 2017, 28(5): 196–201.
- [7] 刘刚. 全国农技中心通报我国及周边国家草地贪夜蛾发生为害情况[J]. 农药市场信息, 2019(9): 59.
- [8] 姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 等. 2019 年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 10–19.
- [9] 湖南省植保植检站. 2020 年草地贪夜蛾防控技术[J]. 湖南农业, 2020(5): 14.
- [10] 全国农技推广中心. 今春草地贪夜蛾发生动态[J]. 农药市场信息, 2020(8): 63.
- [11] 吴孔明, 杨现明, 赵胜园, 等. 草地贪夜蛾防控手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2020.
- [12] BALE J S. Insect cold hardiness: freezing and supercooling—an ecophysiological perspective [J]. Journal of Insect Physiology, 1987, 33(12): 899–908.
- [13] CHEN Bing, KANG Le. Implication of pupal cold tolerance for the northern over-wintering range limit of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) in China [J]. Applied Entomology and Zoology, 2005, 40(3): 437–446.
- [14] LEE R E. Insect cold-hardiness: to freeze or not to freeze [J]. Bioscience, 1989, 39: 308–313.
- [15] MME L S. The history of cold hardiness research in terrestrial arthropods [J]. Cryo Letters, 2000, 21(5): 289–296.
- [16] 景晓红, 康乐. 昆虫耐寒性研究[J]. 生态学报, 2002(12): 2202–2207.
- [17] BALE J S. Insect cold hardiness: A matter of life and death [J]. European Journal of Entomology, 1996, 93: 369–382.
- [18] NEDVED O. Chill tolerance in the tropical beetle *Stenotarsus rotundus* [J]. Cryo letters, 2000, 21(1): 25–30.
- [19] 江幸福, 罗礼智, 李克斌, 等. 甜菜夜蛾抗寒与越冬能力研究[J]. 生态学报, 2001(10): 1575–1582.
- [20] 谢殿杰, 张蕾, 程云霞, 等. 不同饲养温度对草地贪夜蛾过冷却点和体液冰点的影响[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 62–71.
- [21] 张智, 郑乔, 张云慧, 等. 草地贪夜蛾室内种群抗寒能力测定[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 43–49.
- [22] EGER J E, WITZ J A, HARTSTACK A W, et al. Survival of pupae of *Heliothis virescens* and *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) at low temperatures [J]. Canadian Entomologist, 1982, 114(4): 289–301.
- [23] CASAGRANDE R A, HAYNES D L. A predictive model for cereal leaf beetle mortality from sub-freezing temperatures [J]. Environmental Entomology, 1976, 5(4): 761–769.
- [24] WILLMER P G. Water relations of terrestrial arthropods [J]. Trends in Ecology & Evolution, 1995, 10(4): 173.
- [25] NEDVED O, LAVY D, VERHOEF H A. Modelling time-temperature relationship in cold injury and effect of high temperature interruptions on survival in chill sensitive collembolan [J]. Functional Ecology, 2002, 12(5): 816–824.
- [26] SALT R W. Relation between time of freezing and temperature in supercooled larvae *Cephus cinctus* Nort [J]. Revue Canadienne de Zoologie, 1966, 44(5): 947–952.
- [27] 马继芳, 王玉强, 李立涛, 等. 二点委夜蛾过冷却点测定及越冬虫态分析[J]. 河北农业科学, 2011, 15(9): 1–3.
- [28] 韩兰芝, 翟保平, 张孝羲, 等. 甜菜夜蛾的抗寒力研究[J]. 植物保护学报, 2005, 32(2): 169–173.
- [29] 郭婷婷, 于志浩, 门兴元, 等. 双委夜蛾不同虫态耐寒性及体内生化物质含量变化[J]. 昆虫学报, 2016, 59(12): 1291–1297.
- [30] 章士美, 章志英. 夜蛾科昆虫的越冬虫态及其场所[J]. 江西农业大学学报, 1986(S3): 38–41.
- [31] 张悦, 邓晓悦, 张雪艳, 等. 取食不同食物的草地贪夜蛾的过冷却点和结冰点[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 72–77.
- [32] 罗举, 俞俊杰, 周明好, 等. 草地贪夜蛾过冷却点和结冰点的测定[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(3): 428–432.
- [33] 齐国君, 黄德超, 王磊, 等. 广东省草地贪夜蛾冬季发生特征及周年繁殖区域研究[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(3): 573–582.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 175 页)

- [22] RIDDICK E W, WU Zhixin. Potential long-term storage of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* [J]. BioControl, 2010, 55(5): 639–644.
- [23] JENSEN K, KRISTENSEN T N, OVERGAARD J, et al. Cold acclimation reduces predation rate and reproduction but increases cold- and starvation tolerance in the predatory mite *Gaeolaelaps aculeifer* Canestrini [J]. Biological Control, 2017, 114: 150–157.
- [24] GHAZY N A, SUZUKI T, AMANO H, et al. Air temperature optimisation for humidity-controlled cold storage of the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) [J]. Pest Management Science, 2014, 70(3): 483–487.

(责任编辑: 杨明丽)