

张杰, 黄鹏, 侯翔宇, 等. 蜜柚花期蓟马为害特征、种群动态及寄主选择性 [J]. 福建农业学报, 2024, 39 (10): 1198–1204.

ZHANG J, HUANG P, HOU X Y, et al. Infestation, Population Dynamics, and Host Preference of Thrips on Flowering Pummelo Plants [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2024, 39 (10): 1198–1204.

蜜柚花期蓟马为害特征、种群动态及寄主选择性

张杰¹, 黄鹏¹, 侯翔宇², 潘育芳³, 姚锦爱¹, 余德亿^{1*}

(1. 福建省农业科学院植物保护研究所/福建省作物有害生物监测与治理重点实验室/福建省作物有害生物绿色防控工程研究中心, 福建 福州 350013; 2. 福州理工学院, 福建 福州 350506; 3. 武夷学院茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

摘要:【目的】明确福建蜜柚花期蓟马的为害特征、种类组成、种群时空动态及寄主选择性, 为针对性制定防控措施提供科学依据。【方法】选取漳州市平和县传统蜜柚果园为调查地点, 以红肉蜜柚、白肉蜜柚和葡萄柚等蜜柚果树为对象, 采集蜜柚花上的蓟马及被为害幼果, 利用形态学特征对蓟马进行鉴定, 记录不同采样时间、海拔高度、蜜柚品种的蓟马种类及数量, 检测幼果营养品质。【结果】蜜柚花期蓟马为害导致果蒂周围形成环状疤痕, 而且影响幼果果皮及果实的营养成分, 果皮的水分和干基蛋白质含量显著降低, 灰分和总糖含量显著升高, 而果肉仅有干基蛋白质显著降低。蜜柚花期蓟马属混合种群, 由黄胸蓟马 (*Thrips hawaiiensis*)、花蓟马 (*Frankliniella intonsa*)、茶黄蓟马 (*Scirtothrips dorsalis*)、杜鹃蓟马 (*Thrips anderwsi*) 等组成, 其优势种为黄胸蓟马, 占比为 70.8%~92.0%。蜜柚花期蓟马种群数量随时间及海拔高度而改变, 3月下旬至4月上旬种群数量达高峰期, 为 20 头·株⁻¹ 以上, 且高海拔种植园蜜柚蓟马发生数量显著高于中低海拔种植园。蜜柚花期蓟马对不同品种蜜柚的嗜好选择存在显著差异, 传统品种红肉蜜柚、白肉蜜柚上蓟马发生数量显著高于葡萄柚等新引进品种。【结论】蜜柚花期蓟马不仅影响柚子的外观品质, 也影响其内在营养品质。花期蓟马群落中优势种为黄胸蓟马, 需重点防控, 在针对性防控措施制定时应考虑开花时期、海拔高度及蜜柚品种对蓟马种群数量的影响。

关键词: 蜜柚; 蓟马; 为害; 时空动态; 寄主选择性

中图分类号: S435

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2024) 10-1198-07

Infestation, Population Dynamics, and Host Preference of Thrips on Flowering Pummelo Plants

ZHANG Jie¹, HUANG Peng¹, HOU Xiangyu², PAN Yufang³, YAO Jinai¹, YU Deyi^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences/Fujian Key Laboratory for Monitoring and Integrated Management of Crop Pests/Fujian Engineering Research Center for Green Pest Management, Fuzhou, Fujian 350013, China; 2. Fuzhou Institute of Technology, Fuzhou, Fujian 350506, China; 3. College of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300, China)

Abstract: 【Objective】 Infestation, population dynamics, and host preferences of thrips on pummelo plants during flowering period were studied for an effective pest control. 【Method】 Traditionally managed pummelo orchards in Pinghe County, Zhangzhou City, Fujian that grew varieties including the conventional red and white pummelos and the newly introduced grapefruit were surveyed under this study. On sampling dates during pummelo flowering season, varieties of the infested pummelo plants and altitude of the plantation site as well as population of the invading thrips were recorded. Young pummelo fruits damaged by the pests were collected for nutritional quality determination. 【Results】 Thrip infestation on pummelos was generally manifested with circular scars around the fruit stem and reduced nutrients in the peel and pulp of the affected young fruits. The moisture and protein contents in the peels were significantly decreased, but the ash and total sugar contents increased, while the protein in the pulp slightly declined. In the pummelo flowering stage, the thrip population was mainly comprised of *Thrips hawaiiensis*, *Frankliniella intonsa*, *Scirtothrips dorsalis*, and *T. anderwsi* with *T. hawaiiensis* being the

收稿日期: 2024-07-04 修回日期: 2024-09-20

作者简介: 张杰 (1989—), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事农业害虫生物防控研究, E-mail: jkwalker@163.com

* 通信作者: 余德亿 (1972—), 男, 研究员, 主要从事病虫害生物防治研究, E-mail: yudy_2004@126.com

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32202401); 福建省科技计划公益类专项 (2021R1024001、2022R1024001); 福建省农业科学院自由探索项目 (ZYTS202212); 福建省农业高质量发展超越“5511”协同创新工程项目 (XTCXGC2021011)

dominant species that contributed 70.8%–92.0% of total. The population peaked in early April and significantly affected by both plant variety and plantation elevation. For instance, the pummelo orchards located in high altitude encountered significantly greater numbers of thrips, and the traditional red and white pummelos tended to attract significantly more thrips than the newly introduced varieties, such as grapefruits. 【Conclusion】 The flowering pummelo plants infested by thrips produced unappealing fruits with inferior nutritional quality. Being the dominant infestation species, *T. hawaiiensis* should be prioritized in the prevention and control programs at the orchards. It would also be prudent to include pesticide application time, altitude of plantation location, and species of pummelo involved into consideration for the implementation.

Key words: Pummelo; thrips; damage by infestation; population dynamics; host preference

0 引言

【研究意义】蜜柚 (*Citrus maxima*) 是一种营养丰富、口感独特的水果，被广泛种植于世界各地。我国蜜柚种植历史悠久，区域分布广泛，在福建、广东、广西、江西、浙江、四川等地均有栽植，主要品种有琯溪蜜柚、沙田柚、文旦柚、护国柚、梁平柚等^[1]。蓟马虫体微小细长，一般为 1~2 mm，常隐藏在植物的花部或嫩叶中锉吸为害。我国记录为害的有 360 余种，其中为害柑橘类水果的蓟马有 27 种^[2-3]。蓟马的危害主要包括：一是为害幼果子房，果实成熟后会在表面呈现不规则疤痕，直接影响其外观质量，降低其经济价值^[4-6]；二是为害花蕾和花柱，导致花蕾提前脱落，柱头干枯不能正常授粉，脱落或造成畸形果，影响坐果率^[7]；三是诱发其他病害，如传播病毒^[8]。近年来，随着气候变化，蓟马为害日益严重，已严重影响到柑橘类水果的产量和品质。因此，亟需明确蜜柚上蓟马的为害特征、种类组成、种群动态及寄主选择性，这将对针对性制定防控措施有重要意义。【前人研究进展】对于蓟马造成的危害，目前大多认为其会导致表面疤痕的形成^[4-6]，降低果实的经济价值。但是，也有少量研究关注到对其内在营养品质的影响，如蓟马危害严重的脐橙可溶性固体果粒含量增加、糖酸比升高、可滴定酸度变小等^[9]。先前已有研究调查了不同地区为害柑橘类水果的蓟马种类组成。例如，在云南红河州地区，调查发现西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis*) 是脐橙和椪柑的共有优势种类，占比分别达 46.28% 和 48.46%，其次是黄胸蓟马 (*Thrips hawaiiensis*)、杜鹃蓟马 (*Thrips anderwsi*) 和棕榈蓟马 (*Thrips palmi*)^[10]。在江西赣州，脐橙园内花期蓟马的主要种类有八节黄蓟马 (*Thrips flavidulus*)、棕榈蓟马 (*T. palmi*) 和茶黄蓟马 (*Scirtothrips dorsalis*)，分别占 53.25%、18.46% 和 15.46%^[4]。在宜昌地区，柑橘上优势种类为八节黄蓟马 (*T. flavidulus*)、茶黄蓟马 (*S. dorsalis*) 和棕榈蓟马 (*T. palmi*)，分别占 30.77%、28.21% 和 23.08%^[11]。可见，不同地区为害柑橘类水果的蓟马种类组成是不同的。此外，在国外柑橘园

中蓟马组成的调查发现，美国优势种群是柑橘蓟马 (*Scirtothrips citri*)，日本是茶黄蓟马 (*S. dorsalis*)，澳大利亚是黄绿蓟马 (*Pezothrips kellyanus*)，突尼斯则是西花蓟马 (*F. occidentalis*)^[12-14]，表明不同地区种植园中为害蓟马的优势种存在差异。蓟马已是热带重要经济作物柑橘、香蕉、芒果上的重要害虫，有进一步扩散为害趋势^[15]。不同品种芒果上蓟马种群动态和选择性的调查发现品种会影响蓟马的发生^[16]。【本研究切入点】蜜柚为福建平和特色农产品，既有传统的白肉蜜柚、红肉蜜柚种植，也有近年来引入的葡萄柚、橘柚、西柚等新品种种植，面临蜜柚品种影响蓟马种群而爆发的潜在威胁。近年来，平和地区蜜柚蓟马的危害日益严重，但人们大都认为蓟马取食造成的柚果表面疤痕仅导致柚果的经济价值降低，而忽略了对柚果的内在营养品质变化的评价。此外，在平和地区蜜柚的蓟马种类组成、优势种蓟马种群变化规律、引入新品种后其选择性变化等均有待进一步探究。【拟解决的关键问题】通过对平和县传统蜜柚种植区不同花期阶段、海拔和品种的蜜柚上蓟马种群进行调查，并分析其为害对幼果营养成分的影响，明确蜜柚花期蓟马的具体为害特征、种类组成、种群时空动态及对不同品种的选择性，为针对性地进行防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点

福建省漳州市平和县 (24°02'~24°35'N、116°54'~117°31'E) 安厚镇径内村、国强乡乾岭村、霞寨镇联荣村、霞寨镇三合村、坂仔乡山边村的蜜柚果园。5 个村的蜜柚果园地势以山地丘陵为主，平均海拔高度 250 m，选取的蜜柚果园种植品种有红肉蜜柚、白肉蜜柚和葡萄柚，均为传统的常规管理模式。

1.2 蓟马对蜜柚的为害调查

1.2.1 蓟马对蜜柚花和果实外观品质的为害调查

2022 年 3~5 月，在乾岭村的蜜柚园中于花期即开始调查。选择蓟马为害的柚花，进行记录并标记，在幼果成熟前选择标记果再次进行调查记录，

并参照 Grafton-Cardwell 等^[17]的蓟马为害果识别标准比对为害状,并记录。

1.2.2 蓟马对蜜柚营养品质的为害调查

2022 年 7 月,在乾岭村的蜜柚园中选取成熟前的绿色幼果进行营养品质分析,因为其更便于比较疤痕导致的差异。调查随机选择红肉蜜柚果树 3 棵,每一棵树上选取带疤痕的被害果和正常果各一颗,被害果的选择标准同 1.2.1。在蓟马为害导致的疤痕和正常果实的相应部位选取样本,用液氮带回实验室,在福建农业科学院农业质量标准与检测技术研究所测定其营养品质变化,指标包括水分、灰分、总糖、蛋白质、维生素 C 和脂肪含量。

1.3 蜜柚花期蓟马的种群动态

1.3.1 蜜柚花期蓟马种类组成调查

2021—2022 年,选取径内村、乾岭村、联荣村 3 个村蜜柚果园为调查点,对蜜柚花期蓟马种类组成进行调查,连续调查两年。在每个调查点随机选取红肉蜜柚果树 3 棵,按照东南西北中 5 个方位取样,每个方位随机采取 3 朵花,重复采样 3 次。采后及时将花保存在装有 75% 乙醇的试管中带回实验室,参考张宏瑞等^[18]的方法制作玻片,在体式显微镜下进行镜检,参考徐淑娟等^[10]的分类方法进行蓟马种类鉴定,记录镜检蓟马的种类及其数量。

1.3.2 蜜柚花期优势种蓟马时空动态调查

2021 年蜜柚花期,在径内村的蜜柚果园内对蓟马种群数量时间动态进行调查。在果园中随机选取 5 棵红肉蜜柚果树进行采样,间隔 15 d,采样 4 次,采样当天均未降雨,且最高温不超过 32 ℃,最低温度不低于 14 ℃。采样方法同 1.3.1,记录采集到的蓟马数量。同一时期,对蓟马种群数量空间动态进行调查,选取不同海拔高度的径内村(海拔 159 m)、乾岭村(海拔 255 m)、联荣村(海拔 415 m)蜜柚果园进行采样,各个调查点随机选取 5 棵红肉蜜柚果树进行采样,采样 3 次。采样方法同 1.3.1,将采集的蓟马带回实验室进行清理并记录数量。

1.4 蜜柚花期优势种蓟马寄主选择性调查

调查寄主涉及传统品种红肉蜜柚、白肉蜜柚和新引进品种葡萄柚。2023 年在三合村和山边村蜜柚园进行调查,分别选取红肉蜜柚、白肉蜜柚和葡萄柚等 3 个品种,花期调查优势种蓟马种群数量;每个品种随机选取 5 棵柚树进行采样,两树之间至少相隔 20 m,采样方法同 1.3.1,采样 3 次,分析优势种蓟马对不同蜜柚品种的选择性。

1.5 统计分析

对每棵树上 5 个方位花上蓟马数量求和得出每棵果树的蓟马数量。利用数据分析软件 R4.4.0 进行

数据整理与分析,首先用 Shapiro-Wilk test 对数据正态性分布进行检测。对营养品质在不同处理间的差异显著性分析,若数据符合正态分布,用独立样本 *t*-test 检验柚子营养品质在不同处理间的差异显著性;若不符合正态分布则用 Wilcoxon test 检验其差异显著性;对蓟马种群数量在寄主选择和海拔间的差异分析,若数据符合正态分布,用单因素方差分析(ANOVA)检验,若不符合正态分布则用非参数 Kruskal-Wallis test 检验其差异显著性,显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 蓟马对蜜柚的为害特征

2.1.1 蓟马对蜜柚花和幼果的为害状

蓟马在蜜柚花期开始为害(图 1A、B),主要为害花蕾和花柱,可导致花蕾提前脱落,柱头干枯不能正常授粉,造成畸形果或者落果。也会在萼片附近锉吸破坏幼果表皮细胞,随幼果长大被损害表皮组织转移到果实表面,最终在果蒂周围形成环状疤痕(图 1C),影响果皮外观品质。

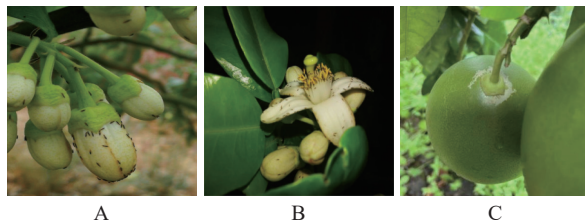


图 1 蓟马在蜜柚花(A、B)和果实(C)上的为害状

Fig.1 Flower (A and B) and fruit (C) of pummelo plants infested by thrips

2.1.2 蓟马对蜜柚营养品质的影响

结果见图 2,蓟马为害导致的疤痕对表皮部分营养物质含量影响大于对果肉影响。蓟马为害果的果皮中水分含量显著降低($t = -9.4753$, $df = 2.0115$, $P = 0.01075 < 0.05$),果肉中的水分含量无显著变化($t = 1.7566$, $df = 3.1202$, $P = 0.1737 > 0.05$);为害果的果皮中灰分含量显著升高($t = 4.5629$, $df = 2.8819$, $P = 0.02152 < 0.05$),但果肉中灰分含量无显著变化($w = 9$, $P = 0.1 > 0.05$);为害果的果皮中总糖含量显著升高($t = 5.4205$, $df = 2.9908$, $P = 0.01242 < 0.05$),但果肉中总糖含量无显著变化($w = 0$, $P = 0.1 > 0.05$);为害果的干基蛋白质含量在果皮和果肉中均显著降低(果皮: $t = -3.429$, $df = 3.0238$, $P = 0.04107 < 0.05$;果肉: $t = -6.6321$, $df = 3.9366$, $P = 0.002837 < 0.05$);为害果的维生素 C 含量在果皮和果肉中均无显著变化(果皮: $w = 9$, $P = 0.1 > 0.05$;果肉: $w = 9$, $P = 0.1 > 0.05$);为害果的脂肪含量在果皮和果肉中均无显著变化(果皮: $t = -0.4617$, $df = 3.3826$,

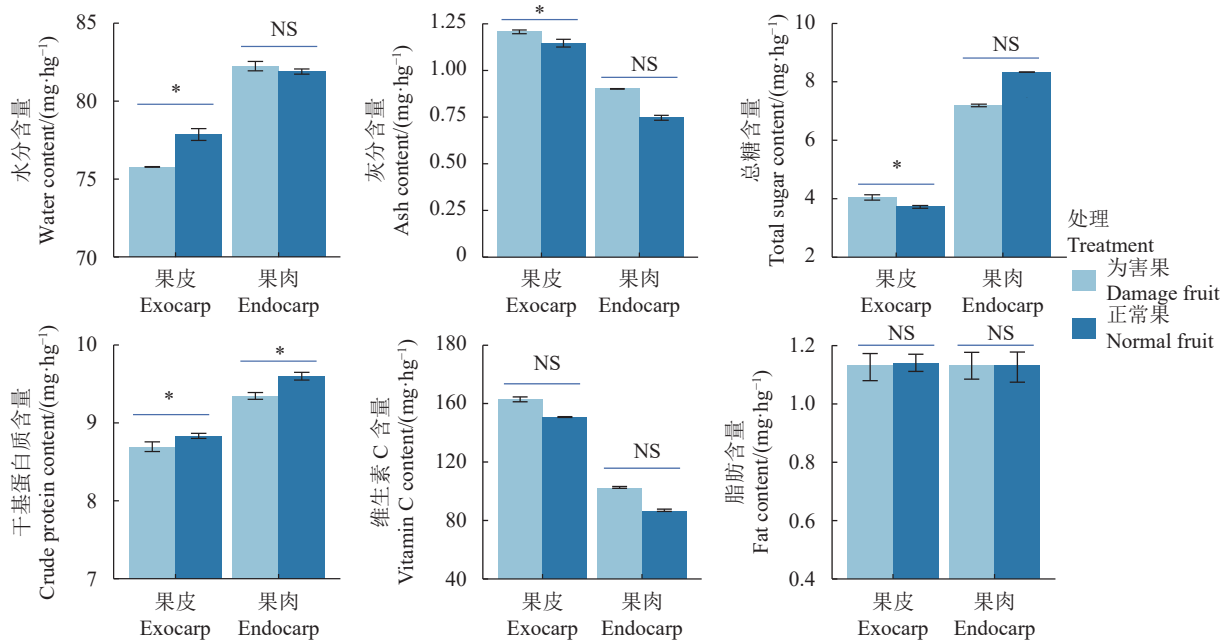
$P=0.6724>0.05$ ；果肉： $t=0.11685$ ， $df=3.9461$ ， $P=0.9127>0.05$ ）。

2.2 蜜柚花期蓟马种群动态

2.2.1 蜜柚花期蓟马种类组成

结果见图 3，蜜柚花期蓟马主要危害花蕊及初期幼果，在径内村、联荣村、乾岭村的红肉蜜柚果树

花上，共采集到蓟马 1250 头，涉及种类有黄胸蓟马（*Thrips hawaiiensis*）、花蓟马（*Frankliniella intonsa*）、茶黄蓟马（*Scirtothrips dorsalis*）、杜鹃蓟马（*Thrips anderwsi*）等，属典型的混合种群为害。径内村（2021 年）采集到蓟马 472 头，其中黄胸蓟马占比 88.2%；联荣村（2021 年）采集到蓟马 249



“*”表示差异显著 ($P<0.05$)，“NS”表示无显著差异 ($P>0.05$)。

* indicates significant difference at $P<0.05$; NS indicates no significant difference at $P>0.05$.

图 2 不同部位的蓟马为害果的营养品质变化

Fig. 2 Change on nutrients in pummelo fruit parts due to thrip infestation

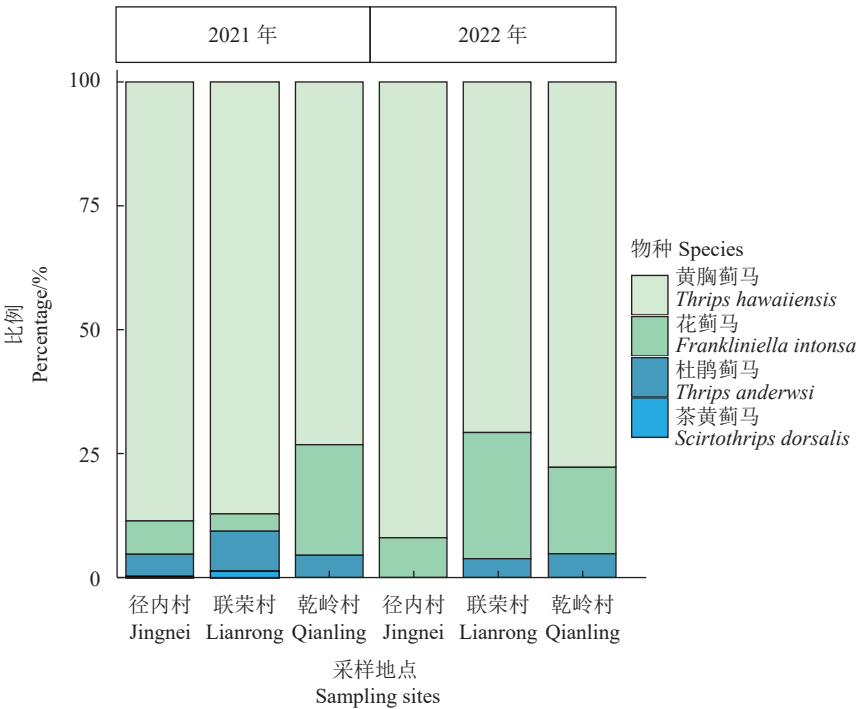


图 3 蜜柚蓟马种类组成

Fig. 3 Thrip species infesting pummelo plants

头,其中黄胸蓟马占比 87.1%;乾岭村(2021 年)采集到蓟马 82 头,其中黄胸蓟马占比 73.2%;径内村(2022 年)采集到蓟马 23 头,其中黄胸蓟马占比 92.0%;联荣村(2022 年)采集到蓟马 75 头,其中黄胸蓟马占比 70.8%;乾岭村(2022 年)采集到蓟马 49 头,其中黄胸蓟马占比 77.8%。优势种均指向为黄胸蓟马。

2.2.2 蜜柚花期优势种蓟马种群时空动态

结果见图 4A,在花期不同阶段,蓟马种群数量随

时间存在显著变化($H = 18.55$, $df = 3$, $P = 0.0009648 < 0.05$),在 3 月上旬和中旬,两次采样蓟马数量仍处于较低水平,分别为 (3.62 ± 2.25) 头·株⁻¹和 (6.53 ± 5.34) 头·株⁻¹,而在 3 月下旬和 4 月上旬种群数量达高峰区,达 20 头·株⁻¹以上,在 4 月 1 日达调查期的最高值 $[(21.9 \pm 7.55)$ 头·株⁻¹],而后 4 月中旬回落至 (5.0 ± 2.28) 头·株⁻¹,种群数量显著降低。

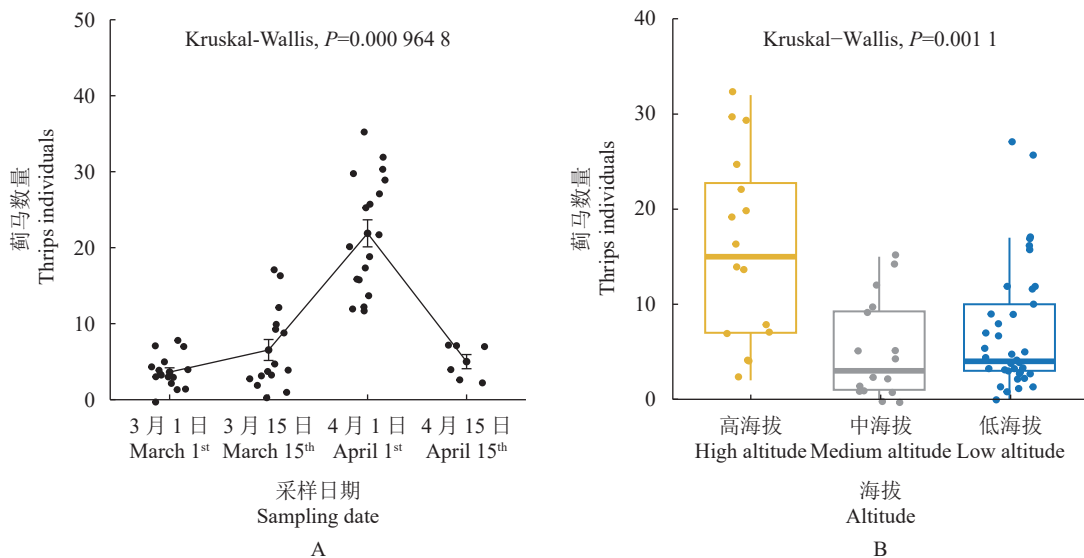


图 4 蜜柚上优势蓟马种群数量在时间(A)和空间(B)上的动态

Fig. 4 Temporal (A) and spatial (B) dynamics of dominant thrip population on pummelo plants

结果见图 4B,在不同海拔上,蓟马种群数量随海拔存在显著变化($H = 13.679$, $df = 2$, $P = 0.001071 < 0.05$),高海拔种植园蜜柚蓟马发生数量显著高于中低海拔种植园,发生量为:高海拔 (15.8 ± 9.93) 头·株⁻¹>低海拔 (7.24 ± 6.73) 头·株⁻¹>中海拔 (5.12 ± 5.19) 头·株⁻¹。

2.3 蜜柚花期优势种蓟马的寄主选择性

结果见图 5,在不同品种蜜柚上,优势蓟马种群数量随蜜柚品种变化表现出显著差异($H = 25.963$, $df = 2$, $P = 0.0000023 < 0.05$),优势蓟马发生量在传统品种红肉蜜柚上最高,达 (17.2 ± 10.2) 头·株⁻¹,白肉次之,为 (9.43 ± 6.48) 头·株⁻¹,新引入品种葡萄柚最低,仅 (3.26 ± 3.35) 头·株⁻¹(图 5)。

3 讨论与结论

福建蜜柚种植面积、产量和产值均居全国第一,然而集约化种植和气候变暖等原因导致蓟马的威胁日益加重。田间调查表明蓟马为害蜜柚可导致果蒂周围形成环状疤痕,与蓟马为害柑橘的症状一致^[17],会影响柚子外观品质,降低其经济价值;此

外,蓟马为害还会影响到蜜柚的营养品质。结果表明,在为害果的果皮中,水分和干基蛋白质含量均

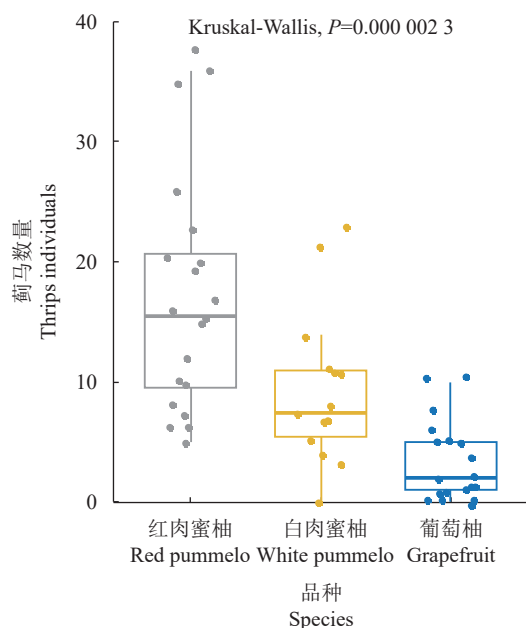


图 5 不同品种蜜柚上花期优势蓟马数量

Fig. 5 Abundance of dominant thrips on varieties of pummelo plants

显著降低，而灰分和总糖含量显著升高；而果肉受到影响相对较小，仅干基蛋白质显著降低。这与前人研究蓟马为害脐橙（*Citrus sinensis*）导致其营养发生变化的结果类似^[9]。可见，相对于脐橙和蜜柑，蜜柚受到蓟马的为害主要集中在表皮，而对果肉的影响较小，这可能与蜜柚果皮较厚相关。

本研究明确了在平和蜜柚花期为害的蓟马优势种为黄胸蓟马，这与在广西柑橘和云南柠檬上调查发现黄胸蓟马为优势种害虫的结果一致^[15,19]，这就为针对性制定控制措施明确了目标。此外，相较于西花蓟马、烟蓟马和瓜蓟马，黄胸蓟马具有更强的扩散能力、适生性和繁殖力^[12]。因此，在进行害虫防控时需要黄胸蓟马引起足够重视。然而，也有调查发现柚子园中蓟马的组成与本结果不一致，如在赣南地区脐橙园和鄂西柑橘园中，调查发现为害的蓟马优势种为八节黄蓟马^[4,11]。在国外柑橘园中，美国主要是柑橘蓟马，日本是茶黄蓟马，澳大利亚是黄绿蓟马，突尼斯则是西花蓟马^[12-14]，表明不同地区种植园中为害蓟马的优势种存在差异。另一方面，果园中为害的蓟马种类数也不同，平和仅发现 4 种蓟马，广西南宁柑橘园种发现 7 种蓟马^[15]，而在云南建水、德宏的柑橘园中调查发现达 12 种蓟马^[10,19]。可见，柑橘类水果上蓟马种群的优势种和种类数存在地区差异，其原因可能是：一是各地区主栽品种不同，不同蓟马选择性不同^[15,16]；二是地理位置和气候条件不同，蓟马群落组成存在差异^[20-21]。

对种群时空动态的调查发现，蓟马的种群数量呈现先上升后下降的趋势，且发生高峰期为三月底至四月初，这与前人在平和的观察结果一致^[22]。这可能是因为此时间处于蜜柚的盛花期，为蓟马繁殖提供了充足的食物和场所^[23]，而后是谢花期，蓟马种群数量逐渐减少。同时，适宜的温度也为其种群达到高峰提供了有利条件，这与前人发现一定范围内温度与洋葱上蓟马（*Thrips tabaci*）种群数量呈正相关一致^[21]。此外，平和地区山地较多，柚园分布在不同的海拔高度，而随海拔梯度变化，山地柚园中的光照、温度、湿度、降水等环境因素也会变化^[24]，从而可能影响山地生态系统内蓟马等昆虫的种群动态^[20,25-26]。但是，通过对不同海拔红肉蜜柚上蓟马种群调查发现，在高海拔地区蓟马的发生量最高，这与柯胜兵等^[27]发现高海拔地区茶园中茶黄蓟马数量要显著低于中海拔和低海拔地区的结果相反。可能柚园受到人为干扰严重，人为干扰大于海拔梯度变化引起环境因素的影响^[28]。可见，对蓟马的防控应在三月上中旬的花蕾期和始花期选用低毒低残留的

内吸性杀虫剂介入防治，同时要关注海拔梯度变化开展防治，在化学防治的基础上，积极引入物理防治、生物防治等措施进行综合防控。

蜜柚种植正经历从传统蜜柚品种向引入新品种混种的阶段，种植柚类品种数量不断增加，因此，有必要明确不同品种对优势蓟马种群数量的影响。调查结果表明，传统蜜柚品种（红肉蜜柚和白肉蜜柚）采集的蓟马数量要显著高于新引入品种（葡萄柚），可见，新引入品种对蓟马表现出较好的抗性，这与先前研究发现部分芒果品种表现出对蓟马的抗性是一致的^[19]。这可能与不同品种柚类水果具有的营养物质、挥发物组成和外观形态密切相关^[29]。根据蓟马对引入新品种表现出的较弱嗜好性，可通过在传统蜜柚品种种植区间作新品种来控制蓟马种群数量^[30-31]，达到减少农药使用、降低环境污染的作用。因此，建议在未来引入更多新的抗虫品种，通过合理的田间布局起到生态防控的作用。

参考文献：

- [1] 施清. 福建柑橘产业现状与发展方向 [J]. 东南园艺, 2014, 2 (5): 36-38.
SHI Q. Status and development direction of citrus industry in Fujian Province [J]. *Southeast Horticulture*, 2014, 2(5): 36-38. (in Chinese)
- [2] 毛加梅, 岳建强, 高俊燕. 我国果树蓟马研究进展 [J]. 江西农业学报, 2013, 25 (12): 69-74.
MAO J M, YUE J Q, GAO J Y. Research progress in thrips of fruit trees in China [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2013, 25(12): 69-74. (in Chinese)
- [3] 张小亚, 陈国庆, 黄振东, 等. 为害柑橘的蓟马种类及其防控技术 [J]. 浙江柑橘, 2014, 31 (3): 27-30.
ZHANG X Y, CHEN G Q, HUANG Z D, et al. Species of thrips harming citrus and their control techniques [J]. *Zhejiang Ganju*, 2014, 31(3): 27-30. (in Chinese)
- [4] WEBSTER K W, COOPER P, MOUND L A. Studies on Kelly's citrus thrips, *Pezothrips kellyanus* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae): Sex attractants, host associations and country of origin [J]. *Australian Journal of Entomology*, 2006, 45(1): 67-74.
- [5] 于法辉, 夏长秀, 方贻文, 等. 引起柑橘果面伤痕的蓟马种类及其发生规律 [J]. 华中农业大学学报, 2014, 33 (3): 38-41.
YU F H, XIA C X, FANG Y W, et al. Species of thrips causing citrus fruit surface scars and its occurrence regularity [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2014, 33(3): 38-41. (in Chinese)
- [6] VONO G, BONSIGNORE C P, MARULLO R. A comprehensive thrips species assessment for eco-consistent management of infestations in Mediterranean citrus crops [J]. *Horticulturae*, 2022, 8(2): 137.
- [7] 赖跃先. 平和琯溪蜜柚蓟马的发生规律与防治措施 [J]. 福建热作科技, 2018, 43 (2): 31-33.
LAI Y X. Thrips occurrence rule and preventative measurement on Pinghe Guanxi pomelo [J]. *Fujian Science & Technology of Tropical Crops*, 2018, 43(2): 31-33. (in Chinese)

- [8] 谢永辉, 张宏瑞, 刘佳, 等. 传毒蓟马种类研究进展 (缨翅目, 蓟马科) [J]. *应用昆虫学报*, 2013, 50 (6): 1726–1736.
XIE Y H, ZHANG H R, LIU J, et al. Advances in research on vector thrips species (Thysanoptera, Thripidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50(6): 1726–1736. (in Chinese)
- [9] ARPAIA M L, MORSE J G. *Citrus thrips Scirtothrips citri* (Moulton) (Thys., Thripidae) scarring and navel orange fruit quality in California [J]. *Journal of Applied Entomology*, 1991, 111(1/2/3/4/5): 28–32.
- [10] 徐淑娟, 张宏瑞, 谢永辉, 等. 柑橘蓟马种类和种群季节动态 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2012, 27 (2): 170–175, 182.
XU S J, ZHANG H R, XIE Y H, et al. Species and seasonal population fluctuation of thrips on citrus [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2012, 27(2): 170–175, 182. (in Chinese)
- [11] 秦元霞. 柑橘访花昆虫种类及橘园蓟马的种类、为害、发生规律与防治研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
QIN Y X. Study on the species of flower-visiting insects in Citrus and the species, damage, occurrence and control of thrips in citrus orchard [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- [12] MURAI T. Development and reproductive capacity of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) and its potential as a major pest [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2001, 91(3): 193–198.
- [13] MASUI S. Synchronism of immigration of adult yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) to citrus orchards with reference to their occurrence on surrounding host plants [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2007, 42(4): 517–523.
- [14] BELAAM-KORT I, MANSOUR R, ATTIA S, et al. *Thrips* (Thysanoptera: Thripidae) in northern Tunisian *Citrus* orchards: Population density, damage and insecticide trial for sustainable pest management [J]. *Phytoparasitica*, 2021, 49(4): 527–538.
- [15] 姜建军, 黄立飞, 陈红松, 等. 广西 4 种果树花期主要蓟马种类调查 [J]. 中国南方果树, 2018, 47 (2): 75–78.
JIANG J J, HUANG L F, CHEN H S, et al. Investigation of the species of *Thrips* at florescence of four fruit plants in Guangxi [J]. *South China Fruits*, 2018, 47(2): 75–78. (in Chinese)
- [16] 丁春霞, 史梦竹, 李建宇, 等. 蓟马类害虫在不同品种芒果上的种群动态及寄主选择性 [J]. 福建农业学报, 2019, 34 (8): 947–951.
DING C X, SHI M Z, LI J Y, et al. Population dynamics of *Thrips* infesting variety of mango cultivars [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 34(8): 947–951. (in Chinese)
- [17] GRAFTON-CARDWELL E E, O'CONNELL N V, KALLSEN C E, et al. *Photographic Guide to Citrus Fruit Scarring* [M]. University of California, Agriculture and Natural Resources, 2003.
- [18] 张宏瑞, Okajim ShŪji, Laurence A. Mound. 蓟马采集和玻片标本的制作 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (5): 725–728.
ZHANG H R, SHŪ JI O, MOUND L. Collecting and slide preparation methods of thrips [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43(5): 725–728. (in Chinese)
- [19] 杨建东, 王自然, 郭俊, 等. 柠檬园蓟马种群动态调查 [J]. 热带农业科学, 2019, 39 (3): 51–55.
YANG J D, WANG Z R, GUO J, et al. Survey of the population dynamics of *Thrips* in lemon orchards [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2019, 39(3): 51–55. (in Chinese)
- [20] 高瑞贺, 范世明, 董江海, 等. 关帝山不同海拔昆虫功能群特征及分布格局 [J]. *生物多样性*, 2023, 31 (10): 109–119.
GAO R H, FAN S M, DONG J H, et al. Characteristics and vertical distribution of insect functional groups along an altitude gradient in Guandi Mountains [J]. *Biodiversity Science*, 2023, 31(10): 109–119. (in Chinese)
- [21] RAUT A M, PAL S, WAHENGAM J, et al. Population dynamics of onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman, Thysanoptera; Thripidae) and varietal response of onion cultivars against onion thrips [J]. *Journal of Entomological Research*, 2020, 44(4): 547–554.
- [22] 武英, 张天翔, 史国强, 等. 琯溪蜜柚蓟马发生为害规律及药剂防效研究 [J]. 中国植保导刊, 2024, 44 (1): 56–61.
WU Y, ZHANG T X, SHI G Q, et al. Study on the occurrence and control of thrips in Guanxi pomelo in southern Fujian [J]. *China Plant Protection*, 2024, 44(1): 56–61. (in Chinese)
- [23] GRANADA R M, CEBALLO F A, JAVIER P A. Identity and population density of *Thrips hawaiiensis* (Insecta: Thysanoptera) in conventional "Magallanes" pummelo orchard in Carmen, Davao del Norte, Philippines [J]. *The Philippine Agricultural Scientist*, 2021, 104(3): 238–247.
- [24] KÖRNER C. The use of 'altitude' in ecological research [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2007, 22(11): 569–574.
- [25] ZHAO L J, GAO R H, LIU J Q, et al. Effects of environmental factors on the spatial distribution pattern and diversity of insect communities along altitude gradients in guandi mountain, China [J]. *Insects*, 2023, 14(3): 224.
- [26] FAROOQ M A, ATTA B, ARIF M J, et al. Effect of population dynamics of thrips on blemishes in relation to abiotic factors on Fruiter Early cultivar of citrus [J]. *Pakistan Entomologist*, 2019, 41(2): 179–186.
- [27] 柯胜兵, 党凤花, 毕守东, 等. 不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异 [J]. 生态学报, 2011, 31 (14): 4161–4168.
KE S B, DANG F H, BI S D, et al. Differences among population quantities and community structures of pests and their natural enemies in tea gardens of different altitudes [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(14): 4161–4168. (in Chinese)
- [28] ATAKAN E. Factors affecting fruit damage caused by *Thrips hawaiiensis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae) in *Citrus* lemon groves in Turkey [J]. *Phytoparasitica*, 2024, 52(1): 25.
- [29] 李胜, 刘奎, 付步礼, 等. 不同食料对黄胸蓟马生物学特性的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (1): 136–143.
LI Q, LIU K, FU B L, et al. Effects of different diets on the biological characteristics of the *Thrips hawaiiensis* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40(1): 136–143. (in Chinese)
- [30] HORGAN F G, GARCIA C P F, HAVERKORT F, et al. Changes in insecticide resistance and host range performance of planthoppers artificially selected to feed on resistant rice [J]. *Crop Protection*, 2020, 127: 104963.
- [31] CAO Y, WANG L J, YANG S Y, et al. Population performance of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) on different vegetable host plants [J]. *Neotropical Entomology*, 2021, 50(6): 923–928.

(责任编辑: 林海清)