

DOI: 10.5846/stxb201806231387

付步礼, 夏西亚, 邱海燕, 李强, 唐良德, 张欣, 曾东强, 刘奎. 香蕉园黄胸蓟马成虫种群的活动节律、消长规律与空间分布. 生态学报, 2019, 39(13):

Fu B L, Xia X Y, Qiu H Y, Li Q, Tang L D, Zhang X, Zeng D Q, Liu K. Population activities, occurrence dynamics, and spatial distribution pattern of *Thrips hawaiiensis* in banana orchards. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(13):

香蕉园黄胸蓟马成虫种群的活动节律、消长规律与空间分布

付步礼¹, 夏西亚^{1,2}, 邱海燕¹, 李强¹, 唐良德¹, 张欣¹, 曾东强³, 刘奎^{1,*}

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101

2 湖北省武穴市农业局, 武穴 435400

3 广西大学农业环境与农产品安全重点实验室培育基地, 南宁 530005

摘要:为系统明确黄胸蓟马在香蕉园的活动节律、消长规律与空间分布。采用蓝色诱虫板诱集法和田间踏查法, 在 2016—2018 年期间调查了香蕉园黄胸蓟马成虫的活动高度情况、日间节律、以及不同香蕉品种(南天黄、巴西蕉与皇帝蕉)与不同地区(海南澄迈、广西玉林与云南景洪)的种群消长规律, 同时分析了其空间分布格局与性比。结果显示: 高度与蓟马种群数量密切相关, 2—6 m 是香蕉园黄胸蓟马的主要活动高度范围; 蓟马种群的活动节律在晴、阴与雨天基本一致, 日活动高峰时段为 12:00—16:00 时, 夜间和阴雨天均活动少; 黄胸蓟马的种群动态不受香蕉作物品种和地理区域的影响, 但与香蕉作物的生长期密切相关; 年度消长规律呈现单峰型, 香蕉进入花蕾期时, 蓟马种群数量快速增长, 盛花期时达到高峰, 其余时期少有发生。聚集指标与 Taylor 回归法分析共同表明黄胸蓟马成虫在香蕉园的空间分布型为聚集式分布。性比调查发现黄胸蓟马在香蕉花蕾内的雌虫比例约为 70%, 表明该虫是一个雌性为主的种群。本研究为揭示黄胸蓟马的灾变规律提供了基础数据, 同时可为香蕉蓟马的适时与精准化监测预报及防治提供指导依据。

关键词:黄胸蓟马; 香蕉; 活动节律; 种群动态; 空间分布; 害虫防治

Population activities, occurrence dynamics, and spatial distribution pattern of *Thrips hawaiiensis* in banana orchards

FU Buli¹, XIA Xiya^{1,2}, QIU Haiyan¹, LI Qiang¹, TANG Liangde¹, ZHANG Xin¹, ZENG Dongqiang³, LIU Kui^{1,*}

1 Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China

2 Wuxue Agricultural bureau of Hubei Province, Wuxue 435400, China

3 Key Laboratory of Agricultural Environment and Agricultural Products Safety, Guangxi University, Nanning 530005, China

Abstract: *Thrips hawaiiensis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae), which originates in Oriental and Pacific regions, is one of the economically critical thrips pest. As *T. hawaiiensis* has a marked thigmokinetic behavior, invasive capacity, high fecundity, and a short life-cycle, it is a potential worldwide pest of numerous plants, such as mango, banana, citrus, tea, coffee, and many horticultural plants. At present, *T. hawaiiensis* is known to cause serious damages to all species of banana crops cultivated in China. In particular, the thrips has been a key pest of the banana crops at the flowering stage, leading to large annual economic losses because of yield reductions and management costs. Understanding the population dynamics of a particular pest is important to monitor and predict the occurrence of the pest, and then proposing a cost-effective and eco-

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0202100); 中央级科研院所基本业务费(2016hzs1J007); 中国热带农业科学院院级创新团队(1630042017010)

收稿日期: 2018-06-23; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lk0750@163.com

friendly integrated pest management (IPM) strategy. To date, however, the life history characteristics of the field *T. hawaiiensis* population remain largely unknown. In the present study, field-based experiments were conducted to investigate the population activity, rhythm, dynamics, spatial distribution pattern, and sex ratio of *T. hawaiiensis*. Moreover, 3 major banana planting areas, Chengmai of Hainan, Yulin of Guangxi, and Jinghong of Yunnan and 3 species of banana plants, *Musa cavendish* AAA, *Musa acuminata* Lour, and *Musa paradisiaca* AA were selected for the experiments. The blue-sticky cards and field survey were used for the experiments. All of these works were carried out from 2016 to 2018. Our results revealed that the adult *T. hawaiiensis* were active in the heights from 0.5 m to 15 m and most of the thrips were captured in the heights from 2 m to 6 m, indicating that the thrips population could be significantly correlated with the height. The field survey also revealed that *T. hawaiiensis* had a similar trend of daily activity rhythm in sunny-, cloudy-, and rainy-day, showing that the peak period was from 12:00 am to 16:00 pm. The thrips were not active at night and in the cloudy-, and rainy-day. The population dynamics of *T. hawaiiensis* was not influenced by the banana species and planting areas, with a similar pattern of population dynamics in the banana orchards tested. Importantly, it seemed that the banana growing season played a key role in the growth and declining rhythm of the thrips population, showing that *T. hawaiiensis* exhibited a single-peaked preference. A rapid population increase was observed during the flower-bud stage, and the peak time was in the flowering stage, while few of the thrips occurred in the other crop season. Aggregation index and Taylor regression analysis revealed that *T. hawaiiensis* had an aggregating distribution in the banana orchards. Finally, sex ratio analysis demonstrated that *T. hawaiiensis* was a female-dominant species, with approximately 70% female rate. Overall, the current study helps in understanding the population activity rhythm, dynamics, and spatial distribution pattern of adult *T. hawaiiensis* in banana orchards. These results would expand the basic knowledge of the ecological characteristics of *T. hawaiiensis*, providing useful information for implementing better forecast system and integrated pest management strategies for *T. hawaiiensis* control programs.

Key Words: *Thrips hawaiiensis*; banana; activity rhythm; population dynamics; spatial distribution; pest control

香蕉是世界第四大主栽食物作物^[1],也是我国热带地区支柱性产业作物,在推动区域性经济发展中起着至关重要的作用。近年蓟马在我国各地香蕉种植区,包括:海南、云南、广西、广东、福建和台湾等省区均有发生,并呈扩散暴发的趋势^[2],蓟马为害常增加防治成本,若严重发生时迫使生产防治面临困难,影响我国香蕉产业健康发展。为害我国香蕉作物的蓟马为黄胸蓟马(*Thrips hawaiiensis*),该虫能危害几乎所有的香蕉品种,是我国香蕉园花蕾期的重要害虫^[3]。

蓟马是缨翅目(Thysanoptera)昆虫类群的统称,可严重危害诸多园艺花卉、果蔬及粮食作物^[4]。蓟马类害虫因体型微小而著称,同时兼具繁殖力高、世代周期短和隐蔽性强等特点^[5-6],生产防治时常面临困难,被业界公认为“小虫子,大危害”。黄胸蓟马是一种常见的蓟马类害虫,该虫起源于环太平洋地区,目前已扩散至世界许多国家与地区^[7-8]。黄胸蓟马的寄主植物范围十分广泛,能危害香蕉、芒果、柑橘、茶叶等多种农作物,以及众多的花卉植物^[9-10]。该虫主要以雌虫产卵于花蕾和幼嫩的果实内为害,受害的果实后期呈突起黑点,严重影响果实外观品质,从而降低果品的经济价值^[2-3]。目前国内外主要针对黄胸蓟马的分类特征^[11-12]、生物学特性^[3,7,13-14]、抗药性^[15-17]、化学防治技术^[18-19]和行为趋性^[20]等方面开展了相关研究。

明确害虫在田间的活动规律与种群动态,对其精准化监测预报与科学防治具有重要的现实意义,但是目前有关黄胸蓟马在香蕉园的活动节律、消长规律与空间分布尚未见报道。鉴于此,本研究系统调查了香蕉园黄胸蓟马成虫的活动高度、日间节律、以及不同香蕉品种与不同香蕉种植区的种群消长规律,同时分析了其空间分布格局与性比。研究结果可为黄胸蓟马的种群监测预报与防治提供基础数据与科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于海南澄迈(110.00°E, 19.75°N)与临高(109.69°E, 19.91°N)、广西玉林(110.17°E, 22.63°N)和云南景洪(100.80°E, 22.02°N),并选择当地具代表性的香蕉园开展试验。海南澄迈蕉园供试品种为“巴西

蕉”(*Musa acuminata* Lour) 和“皇帝蕉”(*Musa paradisiaca* AA), 临高的供试品种为“南天黄”(*Musa cavendish* AAA), 广西玉林和云南景洪的供试品种为“巴西蕉”。试验时选取长 60 m 宽 50 m 的核心区域进行试验。整个试验期间, 所有供试蕉园内水药肥均正常管理。

1.2 供试材料

蓝色诱虫板: 购自于河南佳多科工贸有限公司, 色板长 25 cm 宽 20 cm, 双面涂蕉, 波长范围为 435—492 nm(参数由公司提供)。

1.3 香蕉园黄胸蓟马的活动高度规律观测

为明确黄胸蓟马在香蕉园内的垂直高度分布情况和集中活动高度范围, 设计开展本试验。试验于 2017 年 4 月 15—17 日在海南省澄迈县的巴西蕉蕉园内进行, 试验时香蕉作物处于盛花期。试验共设计 16 个高度处理, 即诱虫板离地高度分别为: 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0、10.0、11.0、12.0、13.0、14.0 m 和 15.0 m, 挂板监测其活动高度情况。选取竹竿以铁丝缠绕固定, 组成一根长度约为 15—16 m 的竹竿, 随即从 0.5 m 处起始, 分别在所设定的高度以铁丝固定 1 片色板, 然后将竹竿垂直放置于蕉园预先设置的支柱上, 并用铁丝缠绕固定。试验采用区组设计, 在 3 个区域进行, 每区域放置 5 根竹竿, 竹竿间距约 10.0 m。3 d 后(4 月 17 日) 调查统计诱虫板上的蓟马数量, 求出单一高度处理下每块色板上的蓟马平均数。

1.4 香蕉园黄胸蓟马的日间节律研究

本试验主要参考候茂林等^[21]研究烟粉虱的日活动节律的方法。分别于晴天、阴天和雨天观察蓟马在香蕉园内的日间节律。试验于 2017 年 4 月在海南省澄迈县的巴西蕉蕉园内进行, 香蕉作物处于盛花期。试验时将试验核心区域平分为 3 块小区, 每小区悬挂 5 片蓝色诱虫板。每小区诱虫板成直线排列, 悬挂于同一塑料绳上, 诱虫板间距约 8.0 m, 色板离地高度约 2.0 m。随后从 06:00—20:00 时每间隔 2 h 调查并记录诱虫板上的黄胸蓟马数量, 共调查 8 次, 求出每个调查时间段上蓟马的平均数量。

1.5 不同品种香蕉园黄胸蓟马年度消长规律研究

为明确黄胸蓟马在不同品种香蕉园的种群年度消长规律, 设计开展本试验。试验分别在海南澄迈的“巴西蕉”蕉园(调查时间: 2016 年 11 月—2017 年 11 月) 和“皇帝蕉”蕉园(2017 年 2 月—2018 年 2 月), 以及临高的“南天黄”蕉园(2016 年 3 月—2017 年 3 月), 研究不同品种香蕉园内蓟马种群动态。采用蓝色诱虫板诱集法和定点定期的调查方式, 分别从东、南、西、北和中选择 5 个小区, 每小区悬挂 3 片蓝色诱虫板, 悬挂方法同 1.4, 每间隔 15 d 调查一次上述 3 个品种蕉园内诱虫板上的蓟马数量, 每次调查时并更换新的诱虫板。并详细记录供试品种香蕉作物的各生长期。

1.6 不同地区香蕉园黄胸蓟马年度种群动态变化

为明确不同生态区域或不同地理环境下香蕉园黄胸蓟马的种群动态变化是否具有差异性, 设计开展本试验。试验于 2017 年 3 月—2018 年 3 月分别在海南澄迈、广西玉林与云南景洪巴西蕉园内调查黄胸蓟马的年度种群动态变化。试验方法与调查方法同 1.5。

1.7 香蕉花蕾期蓟马的空间分布和性比研究

本试验在海南澄迈“巴西蕉”和“皇帝蕉”蕉园, 以及临高“南天黄”蕉园的花期开展调查, 每间隔 20 d 调查一次, 共调查 5 次。调查方法如下: 采用五点取样法, 每个品种香蕉园的核心试验区域选择 5 点, 每点调查 4 株香蕉花蕾, 每个香蕉花蕾记录最外层苞片内 5 个花瓣的蓟马雌虫与雄虫数, 从而计算出性比(雌虫比率)。

采用徐汝梅和成新跃^[22]及戈峰^[23]的方法, 以方差 (V) 与平均密度 (m) 为基础, 测定蓟马种群空间分布的各项指标。Beall 扩散系数 C ($C = V/m$)、Cassie 和 Kunor 的 Ca 指标 [$Ca = (V - m)/m^2$]、Water 负二项分布 K 值 [$K = m/(V/m - 1)$]、David 和 Moore 丛生指标 I ($I = V/m - 1$)、平均拥挤度 M^* ($M^* = m + V/m - 1$) 和聚块指标 M^*/m 。当 $C < 1, I < 0, Ca < 0, M^*/m < 1$ 时为均匀分布; 当 $C = 1, I = 0, Ca = 0, M^*/m = 1$ 时为随机分布; 当 $C > 1, I > 0, Ca > 0, M^*/m > 1$ 时为聚集分布。

同时采用 Taylor 方法: $\lg(V) = \lg a + b \lg(m)$, 求出平均密度 (m) 与方差 (V) 的线性回归方程, 式中 a 表示抽

样因素, b 则为聚集特征指数。当 $\lg a < 0, b < 1$ 时密度越高种群分布越均匀; 当 $\lg a > 0, b > 1$ 时种群在一切密度下均为聚集分布, 且具密度依赖性; 当 $\lg a > 0, b = 1$ 时种群在一切密度下均是聚集的, 但不具密度依赖性; $\lg a = 0, b = 1$ 时种群在一切密度下随机分布。

1.8 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2010 和 SPSS 21.0 软件进行分析, 利用 Duncan's 新复极差法对差异显著性进行检验。

2 结果与分析

2.1 香蕉园黄胸蓟马的活动高度

高度对香蕉黄胸蓟马的活动具有明显的影响作用(图 1)。在设定的 0.5—15 m 的高度下均有蓟马活动, 不同高度下诱集的蓟马数量不同。其中以 4 m 诱集的虫量最高, 与 2、3、5、6 m 高度的平均诱虫量间差异不显著($P > 0.05$), 但以上高度(2 m—6 m)的平均诱集虫数显著高于其余高度处理($P < 0.05$), 同时其余高度处理间诱集虫数差异不显著($P > 0.05$)。以上结果表明: 香蕉园黄胸蓟马集中在 2 m—6 m 的高度范围内活动。诱虫板诱集蓟马虫量与高度密切相关, 在 0.5 m—4 m 内随着高度的增加诱集虫量逐步增加, 6 m 以后随着高度的增加诱集虫数递减。将每个高度的平均诱虫量(Y)与挂板高度(X)进行多项式曲线回归分析, 获得方程: $Y = 0.1684X^4 - 3.7794X^3 + 26.7425X^2 - 62.2652X + 48.2063$ ($R = 0.96$)。

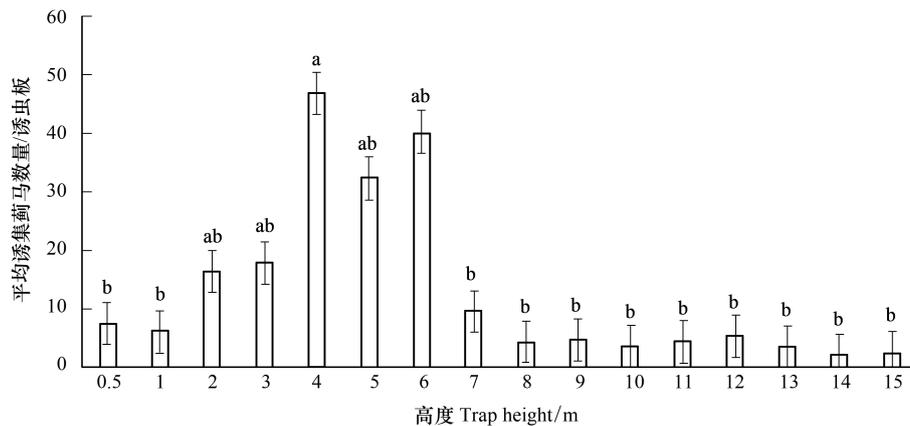


图 1 诱虫板不同高度诱集的香蕉黄胸蓟马数量(平均值±标准误)

Fig.1 The number (mean±SE) of *Thrips hawaiiensis* captured with different trap heights in banana orchards

2.2 香蕉园黄胸蓟马的日间活动节律

香蕉园黄胸蓟马在晴天、阴天与雨天的活动具有规律性(图 2)。由图 2 可知, 不同天气条件下, 其日间活动节律变化基本一致, 夜间少有活动。在一天中, 香蕉园黄胸蓟马的活动高峰时段为 12.00—16.00。香蕉黄胸蓟马活动受天气影响较大, 晴天时蓟马比较活跃, 而在阴雨天时蓟马少活动。

2.3 不同品种香蕉园黄胸蓟马年度消长规律

香蕉园黄胸蓟马的年度消长情况与物候期密切相关(图 3)。黄胸蓟马在“南天蕉”、“巴西蕉”与“皇帝蕉”蕉园的年度消长规律基本一致, 均呈现单峰型。由图 3 看出: 在同一品种香蕉生产周期内, 从香蕉蕾期开始, 蓟马种群诱捕量明显增加, 至盛花期时, 诱捕量保持一个高峰水平, 随后末花期时, 诱捕量开始急剧下降, 蓟马种群诱捕量在其余香蕉物候期均很少。香蕉抽蕾期时蓟马迁入香蕉园, 随后种群数量快速增长, 至香蕉盛花期时蓟马种群达至高峰期, 随着香蕉花期的结束, 蓟马逐步迁出蕉园。结果表明, 香蕉抽蕾开花是导致黄胸蓟马种群迅速上升的重要因素。

2.4 不同地区香蕉园黄胸蓟马年度种群动态变化

香蕉黄胸蓟马在海南澄迈、广西玉林与云南景洪地区的年度种群动态变化类似, 均呈现单峰型, 各地区种

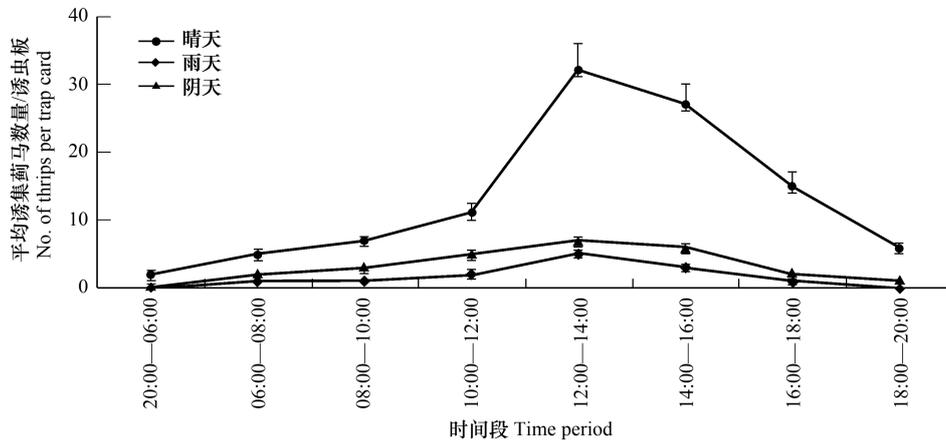


图2 香蕉园黄胸蓟马在不同气象条件下的日活动节律(平均值±标准误)

Fig.2 The daily activity rhythm (mean±SE) of *T. hawaiiensis* under different weather conditions

群诱捕量均表现出一个明显上升的过程,达至高峰后随即下降(图4)。各地区香蕉园黄胸蓟马种群主要发生期依次为:海南澄迈(4月—6月)、广西玉林(6月—8月)和云南景洪(7月—9月),在一年中的其余月份各地种群数量均少有发生。

2.5 香蕉花蕾期蓟马的空间分布和性比

不同品种香蕉园花蕾期蓟马的空间分布指标见表1,结果显示:其扩散系数 $C > 1$ 、扩散指数 $Ca > 0$ 、负二项分布参数 $0 < K < 8$ 、丛生指标 $I > 0$ 、聚块指标 $M^* / m > 1$,表明供试3个品种蕉园内蓟马成虫的空间分布型在不同花蕾期均为聚集分布(表1)。

表1 黄胸蓟马成虫在不同品种蕉园的聚集度指标与性比(雌虫比例)

Table 1 The aggregation indexes and sex ratio (female rate) of adult *T. hawaiiensis* in different varieties of banana orchards

植物 Plants	时期 Date	平均密度 <i>m</i>	方差 <i>V</i>	扩散系数 <i>C</i>	扩散指数 <i>Ca</i>	负二项 分布值 <i>K</i>	丛生指标 <i>I</i>	聚块指标 <i>M*</i> / <i>m</i>	性比 F%
南天黄 <i>Musa cavendish</i>	5.10	10.90±2.05ab	29.9271	2.7456	0.1611	3.6058	3.0229	1.1611	74.43±4.24a
	5.30	16.46±2.84a	71.7079	4.3565	0.2039	3.5487	4.6383	1.2039	70.05±3.50a
	6.20	9.58±2.00b	18.9750	1.9807	0.1024	4.3319	2.2115	1.1024	72.32±3.67a
	7.10	7.64±1.86b	19.5920	2.5644	0.2048	2.5893	2.9506	1.2048	71.84±2.95a
	7.30	3.74±0.79b	7.5485	2.0240	0.2745	1.3576	2.7549	1.2745	69.90±2.52a
巴西蕉 <i>Musa acumi-nata</i>	6.10	4.55±0.20b	8.9016	1.9564	0.2102	1.8146	2.5075	1.2102	70.01±2.98a
	6.30	9.04±1.58a	25.2261	2.7905	0.1981	2.8812	3.1376	1.1981	68.89±2.05a
	7.20	10.60±2.03a	26.3516	2.4860	0.1401	3.8617	2.7449	1.1401	72.25±3.32a
	8.10	4.75±0.34b	9.0174	1.8984	0.1891	1.9754	2.4046	1.1891	70.09±3.04a
皇帝蕉 <i>Musa paradisiaca</i>	8.30	3.28±0.20b	6.3967	1.9502	0.2897	1.1691	2.8056	1.2897	72.46±3.85a
	6.10	6.52±1.01a	13.2017	2.0248	0.1572	2.7262	2.3916	1.1572	71.55±3.36a
	6.30	4.57±0.80ab	9.0788	1.9866	0.2159	1.7970	2.5431	1.2159	68.90±2.55a
	7.20	3.68±0.75b	9.0719	2.4652	0.3981	1.0871	3.3850	1.3981	70.42±2.86a
	8.10	2.54±0.20b	5.9701	2.3540	0.5317	0.6552	3.8767	1.5317	71.56±2.95a
8.30	2.20±0.21b	3.9747	1.8067	0.3667	0.6642	3.3122	1.3667	69.09±2.44a	

m 平均密度(虫数/花蕾) mean density (thrips/plant), *V* 方差 Variance, *C* 扩散系数 diffusion coefficient, *Ca* 扩散指数 diffusion index, *K* 负二项分布值 Negative binomial distribution, *I* 丛生指标 Index of clumping, *M** 平均拥挤度 Mean crowded degree, *M** / *m* 聚块指标 aggregating index, F% 雌虫比例 female rate

将平均密度(*m*) 和方差(*V*) 按照 Taylor 幂法按照 $\lg(V) = \lg a + b \lg(m)$ 进行线性回归,得到黄胸蓟马成虫

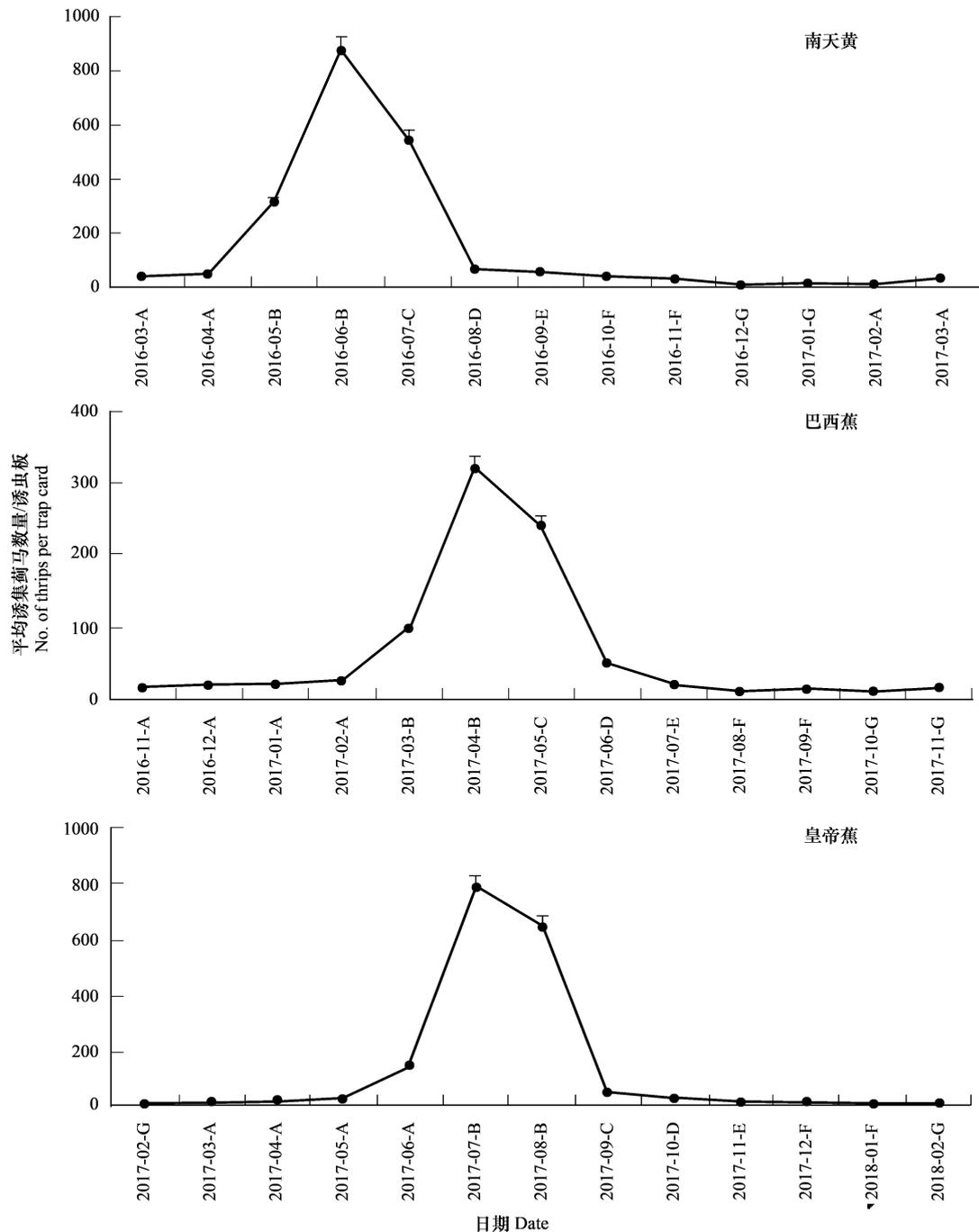


图3 南天黄(A)、巴西蕉(B)与皇帝蕉(C)蕉园内黄胸蓟马成虫的年度消长动态(平均值±标准误)

Fig.3 Annual changes in population dynamic (mean±SE) of *T. hawaiiensis* in banana orchards of *Musa cavendish* (A), *Musa acuminata* (B) and *Musa paradisiaca* (C)

A 生长期 Vegetative stage, B 花蕾期 Flowering stage, C 幼果期 Young fruit stage, D 果实膨大期 Fruit growth stage, E 果实成熟期 Ripe stage, F 采收期 Harvest stage, G 苗期 Seeding stage

在不同品种蕉园的空间分布 Taylor 回归模型方程(图 5)。在各回归方程中: $\lg a > 0, b > 1$, 表明供试 3 个品种蕉园内蓟马成虫的空间分布型在不同花蕾期均为聚集分布。

通过香蕉花蕾期不同时间观察统计蓟马雌、雄虫数量, 获得不同品种蕉园蓟马雌虫比例(表 1)。结果显示, 黄胸蓟马的雌虫在香蕉园花蕾期比例在 70% 左右(表 1), 表明黄胸蓟马在香蕉园内是一个以雌虫为主的种群。

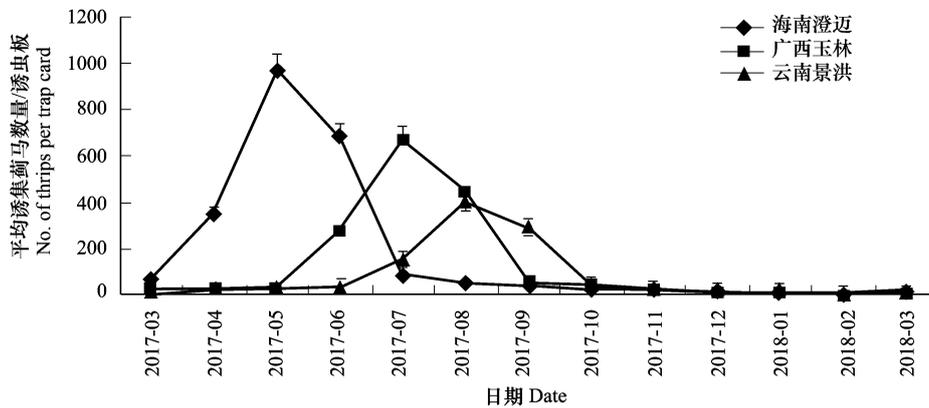


图 4 香蕉黄胸蓟马不同地区种群的年度种群动态变化(平均值±标准误)

Fig.4 Annual changes in population dynamic of *T. hawaiiensis* in banana orchards in different regions

CM 海南澄迈 Chengmai of Hainan, YL 广西玉林 Yulin of Guangxi, JH 云南景洪 Jinghong of Yunnan

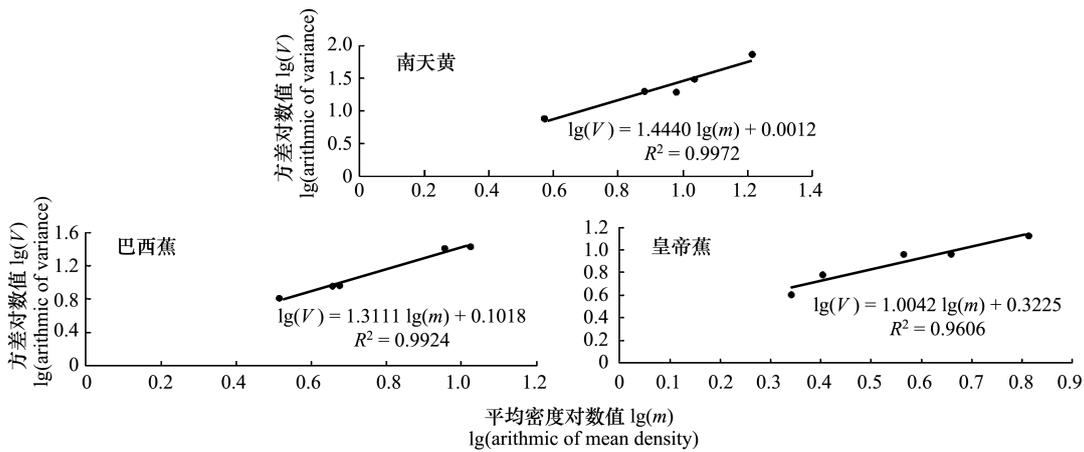


图 5 黄胸蓟马成虫在南天黄(A)、巴西蕉(B)与皇帝蕉(C)蕉园的空间分布 Taylor 回归模型方程

Fig.5 The Taylor models of adult *T. hawaiiensis* in banana orchards of *Musa cavendish* (A), *Musa acuminata* (B) and *Musa paradisiaca* (C)

3 结论与讨论

本研究结果表明,香蕉园黄胸蓟马种群在 15 m 高度范围内均有活动,主要集中在活动高度为 2—6 m。由此可见,香蕉园蓟马的种群活动与高度密切相关,这主要是由于黄胸蓟马具有强烈的趋花趋嫩习性^[7,17]。香蕉属高大果树,嫩梢与花蕾多处于 2—4 m,从而引诱黄胸蓟马在 2—6 m 的高度内集中活动。对此,先前研究表明芒果园蓟马^[24]、西花蓟马^[25]、蔬菜花期蓟马^[26]与豇豆蓟马^[27]的种群活动均与植物的花瓣和嫩梢的高度显著相关。因此,为精准监测与防治香蕉园黄胸蓟马,建议重点针对香蕉嫩梢与花蕾进行处理。

香蕉园黄胸蓟马种群的日间节律具有明显的规律性,在晴、阴与雨天条件下,蓟马种群的活动节律基本一致,日活动高峰时段为 12:00—16:00 时,夜间活动少,这与西花蓟马、烟蓟马与芒果蓟马的活动节律基本相同^[24-25]。香蕉园黄胸蓟马种群在阴雨天少活动,韩冬银等研究也表明芒果园蓟马复合种群在雨天几乎不活动^[24],有研究称西花蓟马与烟蓟马在相对湿度较高时,其种群数量明显下降^[25]。以上研究说明高湿条件不利于蓟马种群的活动,而干旱天气利于蓟马种群增长,因此应加强香蕉园蓟马在干旱天气下的种群监测预报与防治工作。有研究对部分蓟马类昆虫与气象因素间关系进行了研究,表明温度、湿度和降雨量综合影响蓟马的种群活动动态^[28-29],同时蓟马的活动还受其他非气象因素的影响,如:天敌的捕食作用与农事管理

等^[24,28]。因此,未来研究需进一步分析黄胸蓟马种群动态与气象因子的关系。

黄胸蓟马的年度种群动态变化结果显示:在不同品种香蕉园(南天黄、巴西蕉与皇帝蕉),或在不同地区香蕉园内(海南澄迈、云南景洪与广西玉林),香蕉蓟马种群动态变化一致,均呈单峰型,这从侧面反映出黄胸蓟马的种群动态不受香蕉品种和地理区域的影响作用。但是,黄胸蓟马的年度消长规律与香蕉作物生长期密切相关:香蕉进入花蕾期时,蓟马种群数量快速增长,在盛花期时种群达到高峰,随着香蕉花蕾断蕾结束后,蓟马种群数量下降,在香蕉作物其余时期蓟马均少有发生。对此,有研究表明芒果蓟马^[24]、西花蓟马^[25]、蔬菜花期蓟马^[26]与豇豆蓟马^[27]的种群动态与植物生长期也表现出高度一致性,花期是上述蓟马类害虫发生的高峰期。以上研究共同表明,植物花期显著影响蓟马的种群动态,这主要包括两方面的影响作用:其一,植物花朵的颜色、释放的挥发性物质或包含的花粉对蓟马具有吸引作用^[30];其二,部分蓟马类昆虫能成功摄取植物花朵所包含的花粉与蜜源物质,从而利于其种群生长^[31-32]。对于黄胸蓟马,Murai^[7]研究说明该虫能取食花粉物质,我们近期研究也表明花粉和蜂蜜水作为补充食物可显著提高该虫的寿命与繁殖力^[14]。因此,推测黄胸蓟马的栖花和取食花粉的习性使得其成为多种植物花期害虫的重要原因。另外本研究结果显示:黄胸蓟马在香蕉抽蕾期至盛花期有一个种群快速增长的过程,为抑制蓟马种群的暴发成灾,建议在香蕉现蕾前期或抽蕾初期立即开展蓟马的预防与防治工作。

蓟马类害虫多属于植食性昆虫,在自然条件下普遍存在寄主转移现象。对此,韩冬银等研究指出芒果花果期的蓟马种群增长主要是由于蓟马从其他植物向芒果园转移造成的^[10],另外陈锐芬研究表明西花蓟马在寄主转移下其生物学特性、生理酶系与遗传结构均发生了变化^[33]。因此,蓟马类害虫的寄主转移现象可对其种群生命特征具有意义深远的影响效应。黄胸蓟马的寄主植物多达 100 余种^[2,9],可随植物花期在不同寄主植物间发生寄主植物转移。在本研究中发现,黄胸蓟马在香蕉抽蕾开花时由外界迁入蕉园花苞,短期内种群数量扩增,随着香蕉断蕾的结束,蓟马随之转移出蕉园。据此,我们猜测黄胸蓟马的寄主植物转移是导致其在蕉园内暴发成灾的一个重要因素。但是,黄胸蓟马响应寄主植物转移的适应性特性与深层次机制仍需进一步研究。

本研究首次分析了黄胸蓟马在香蕉园花期的聚集指标,表明黄胸蓟马成虫在蕉园的空间分布均为聚集分布,这与西花蓟马、花蓟马和普通大蓟马等蓟马类害虫的空间分布型结果一致^[27-29]。同时通过 Taylor 回归分析, $\lg a > 0, b > 1$,也说明黄胸蓟马种群在香蕉园为聚集分布。黄胸蓟马在香蕉园的分布现象也充分说明此结论,蓟马成虫多在香蕉花蕾中聚集^[16-17]。另外,先前研究已明确蓟马雄虫能产生的聚集信息素,不仅可以引诱异性完成交配繁殖,还能起到聚集两性成虫的作用^[34-35]。由此可见,蓟马雄虫释放的聚集信息素可能是导致其聚集分布的一个重要原因。本研究发现黄胸蓟马在香蕉花蕾内的雌虫比例约为 70%,这与 Reynaud 调查结果相近^[36],表明黄胸蓟马成虫在香蕉园内是一个雌性为主的种群。有研究表明多样化的生殖模式是导致西花蓟马种群增长与暴发成灾的重要内在因素^[37]。黄胸蓟马与西花蓟马具有相似的生物习性^[13,17],均可进行两性生殖与孤雌生殖^[2,9],加之黄胸蓟马种群以雌虫为主,这将有利于其种群的繁殖与增长。但有关黄胸蓟马在不同生殖模式下的种群生物学效应仍需进一步验证研究。

参考文献 (References):

- [1] 邝瑞彬,魏岳荣,邓贵明,李春雨,左存武,胡春华,易干军. 香蕉高效组培快繁技术的研究. 果树学报, 2016, 33(10): 1315-1320.
- [2] 曾鑫年,林进添. 黄胸蓟马对香蕉的危害及其防治. 植物保护, 1998, 24(6): 15-17.
- [3] 张帆,付步礼,刘奎,邱海燕,伍祎. 温度对香蕉花蓟马发育和存活的影响. 生态学报, 2014, 34(14): 3895-3899.
- [4] Mound L A. Fifty years of thrips biological diversity-progress and prognosis//Antenna: Bulletin of the Royal Entomological Society (Special Edition). London: Royal Entomological Society, 2015: 95-96.
- [5] Morse J G, Hoddle M S. Invasion biology of thrips. Annual Review of Entomology, 2006, 51: 67-89.
- [6] 张维球. 农业昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 1990: 556-561.
- [7] Murai T. Development and reproductive capacity of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) and its potential as a major pest. Bulletin of Entomological Research, 2001, 91(3): 193-198.
- [8] Golarazena A. First record of *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae), an Asian pest thrips in Spain. Bulletin OEPP/

- EPP0 Bulletin, 2011, 41(2): 170-173.
- [9] 付步礼. 香蕉花蓟马的抗药性监测及其生化机理初步研究[D]. 南宁: 广西大学, 2014.
- [10] 韩冬银, 邢楚明, 李磊, 牛黎明, 陈俊谕, 张方平, 符悦冠. 芒果花果期蓟马寄主植物间迁移对其种群数量增长的影响. 昆虫学报, 2017, 60(6): 723-730.
- [11] Wu Y, Liu K, Qiu H Y, Li F J, Cao Y. Polymorphic microsatellite markers in *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae). Applied Entomology and Zoology, 2014, 49(4): 619-622.
- [12] Atakan E, Olculu M, Pehlivan S, Satar S. A new thrips species recorded in Turkey: *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae). Türkiye Entomoloji Bülteni, 2015, 5(2): 77-84.
- [13] Cao Y, Zhi J R, Zhang R Z, Li C, Liu Y, Lv Z Y, Gao Y L. Different population performances of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips hawaiiensis* on flowers of two horticultural plants. Journal of Pest Science, 2018, 91(1): 79-91.
- [14] 李强, 刘奎, 付步礼, 曾东强, 夏西亚, 邱海燕, 唐良德. 不同食料对黄胸蓟马生物学特性的影响. 环境昆虫学报, 2018, 40(1): 136-143.
- [15] 付步礼, 刘俊峰, 邱海燕, 唐良德, 林军, 曾东强, 谢艺贤, 刘奎. 海南省香蕉黄胸蓟马田间种群的抗药性监测. 应用昆虫学报, 2016, 53(2): 403-410.
- [16] 付步礼, 李强, 夏西亚, 唐良德, 邱海燕, 谢艺贤, 曾东强, 刘奎. 对乙基多杀菌素中度抗性降低黄胸蓟马的适合度. 昆虫学报, 2017, 60(2): 180-188.
- [17] Fu B L, Li Q, Qiu H Y, Tang L D, Zeng D Q, Liu K, Gao Y L. Resistance development, stability, cross-resistance potential, biological fitness and biochemical mechanisms of spinetoram resistance in *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae). Pest Management Science, 2018, 74(7): 1564-1574.
- [18] 付步礼, 唐良德, 邱海燕, 刘俊峰, 张瑞敏, 曾东强, 谢艺贤, 刘奎. 黄胸蓟马高效低毒防治新型药剂的筛选. 果树学报, 2016, 33(4): 473-481.
- [19] 尹可锁, 杨韶松, 郑泗军, 郭志祥, 曾莉, 徐盛涛, 白亭亭, 番华彩, 段玉云, 李迅东. 吡虫啉不同施药方式防控香蕉蓟马的研究. 中国南方果树, 2017, 46(2): 111-113.
- [20] 夏西亚, 付步礼, 邱海燕, 唐良德, 李强, 刘奎. 黄胸蓟马对颜色的趋性反应. 应用昆虫学报, 2017, 54(2): 230-236.
- [21] 侯茂林, 文吉辉, 卢伟. 烟粉虱成虫在日光温室内的分布和日活动规律. 生态学报, 2006, 26(5): 1431-1437.
- [22] 徐汝梅, 成新跃. 昆虫种群生态学: 基础与前沿. 北京: 科学出版社, 2005: 3-13.
- [23] 戈峰. 昆虫生态学原理与方法. 北京: 高等教育出版社, 2008: 176-184.
- [24] 韩冬银, 邢楚明, 李磊, 张方平, 牛黎明, 陈俊谕, 符悦冠. 海南芒果蓟马种群的活动及消长规律. 热带作物学报, 2015, 36(7): 1297-1301.
- [25] 梁兴慧. 两种蓟马的日活动规律及其对植物挥发物的趋性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [26] 蒋兴川, 李志华, 曹志勇, 和淑琪, 李正跃, 刘建业, 桂富荣. 蔬菜花期蓟马的种群动态与空间分布研究. 应用昆虫学报, 2013, 50(6): 1628-1636.
- [27] 范咏梅, 童晓立, 高良举, 王萌, 柳志强, 张宇, 杨叶. 普通大蓟马在海南豇豆上的空间分布型. 环境昆虫学报, 2013, 35(6): 737-743.
- [28] Funderburk J. Ecology of thrips//Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera. Italy: Reggio Calabria, 2001: 121-128.
- [29] 刘凌, 陈斌, 李正跃, 杨仕生, 孙文. 石榴园西花蓟马种群动态及其与气象因素的关系. 生态学报, 2011, 31(5): 1356-1363.
- [30] Teerling C R, Pierce J H D, Borden J H, Gillespie D R. Identification and bioactivity of alarm pheromone in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Journal of Chemical Ecology, 1993, 19(4): 681-697.
- [31] Hulshof J, Ketoja E, Vänninen L. Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2003, 108(1): 19-32.
- [32] Zhi J R, Fitch G K, Margolies D C, Nechols J R. Apple pollen as a supplemental food for the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*: response of individuals and populations. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2005, 117(3): 185-192.
- [33] 陈锐芬. 西花蓟马对寄主植物的适应特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [34] Hamilton J G C, Hall D R, Kirk W D J. Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Journal of Chemical Ecology, 2005, 31(6): 1369-1379.
- [35] Li X, Geng S, Zhang Z, Zhang J, Li W, Huang J, Lin W, Bei Y, Lu Y. Species-specific aggregation pheromones contribute to coexistence in two closely related thrips species. Bulletin of Entomological Research, 2018, doi: 10.1017/S0007485318000366.
- [36] Reynaud P, Balmès V, Pizzo J. *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae), an Asian pest thrips now established in Europe. Bulletin OEPP/EPP0 Bulletin, 2008, 38(1): 155-160.
- [37] Ding T B, Chi H, Gökçe A, Gao Y L, Zhang B. Demographic analysis of arrhenotokous parthenogenesis and bisexual reproduction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). Scientific Reports, 2018, 8(1): 3346.