

蔬菜花期蓟马的种群动态与空间分布研究^{*}

蒋兴川^{1**} 李志华^{1**} 曹志勇² 和淑琪¹ 李正跃¹ 刘建业¹ 桂富荣^{1***}

(1. 云南农业大学 植物保护学院 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室 昆明 650201;

2. 云南农业大学 基础与信息工程学院 昆明 650201)

摘要 西花蓟马是近年来在我国局部地区暴发成灾的重要外来入侵害虫,有关西花蓟马入侵对本地蓟马种群动态、空间分布及优势种影响的报道较少。对云南省昆明市近郊蔬菜花期的蓟马种群动态和空间分布研究表明,蔬菜上的蓟马种类主要是西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande)、花蓟马 *F. intonsa* (Trybom)、棕榈蓟马 *T. palmi* (Karny) 和端大蓟马 *Megalurothrips distalis* (Karny);不同蔬菜上的蓟马优势种存在一定差异,其中辣椒和茼蒿上的蓟马优势种为西花蓟马;韭菜、茄子和四季豆上的蓟马优势种分别为花蓟马、棕榈蓟马和端大蓟马。各蔬菜上的蓟马种群数量以花期最多,盛花期达最大值,其中茄子花上的蓟马成虫平均虫口密度最高,为 14.93 头/朵。利用聚集度指标进行空间分布检测表明,不同蔬菜上蓟马成虫的空间分布型均为聚集分布,且聚集程度随密度的增加而增大。本研究可为深入探讨西花蓟马对本地蓟马的竞争取代机制积累资料,同时为西花蓟马的综合治理奠定理论基础。

关键词 蓟马, 种群动态, 空间分布, 聚集分布型, 优势种

Population dynamics and spatial distribution of thrips on vegetables flowers

JIANG Xing-Chuan^{1**} LI Zhi-Hua^{1**} CAO Zhi-Yong² HE Shu-Qi¹ LI Zheng-Yue¹
LIU Jian-Ye¹ GUI Fu-Rong^{1***}

(1. Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management of Ministry of Education, College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. College of Basic Science and Information Engineering, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract The western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), is an invasive insect pest that currently occurs in several Chinese provinces where it causes serious economic loss. There have been only few studies on the population dynamics, spatial distribution and dominant species of thrips after invasion by *F. occidentalis*. We investigated the population dynamics and spatial distribution of thrips on vegetable flowers in the suburbs of Kunming in 2012. Our results show that four species of thrips, *F. occidentalis*, *F. intonsa* (Trybom), *Thrips palmi* (Karny) and *Megalurothrips distalis* (Karny) were the main thrip species on vegetable flowers. The dominant species differed on different vegetables. The dominant thrip species on pepper and crown daisy chrysanthemum was *F. occidentalis*, whereas *F. intonsa*, *T. palmi*, *M. distalis* were dominant on fragrant-flowered garlic, eggplant and kidney beans, respectively. Thrip populations increased rapidly when the plant flowering period started, peaking during the blooming stage. The highest density of thrip adults was found on eggplant flowers (14.93 individuals/flower). Spatial distribution was tested with an aggregation index, the results of which show that adult thrips on vegetable flowers became progressively more aggregated with increasing density. Results of the present study may provide information for the study of competitive mechanisms between local thrips and the invasive *F. occidentalis*, and lay a foundation for the integrated pest management of *F. occidentalis*.

Key words thrips, population dynamics, spatial distribution, aggregating distribution, dominant species

^{*} 资助项目:国家自然科学基金项目(31260450,30860069);云南省科技创新团队计划(2011HC005)和云南省高校植物检疫学创新团队支持计划。

^{**} 同等贡献作者,为并列第一作者, E-mail: jiangxingchuan@yahoo.com.cn; plant2011zhishua@163.com

^{**} 通讯作者, E-mail: guifr@ynau.edu.cn

收稿日期:2013-05-22,接受日期:2013-07-20

蓟马是缨翅目(Thysanoptera)昆虫的统称,目前全世界已记述的蓟马达 5 500 余种,其中我国有 566 种(Morse and Hoddle, 2006; Majid *et al.*, 2011)。除以其成虫和若虫的锉吸式口器取食植物幼嫩组织汁液外,还可传播植物病毒(Riley and Pappu, 2004; 吴青君等, 2005),在我国许多地区均有蓟马严重为害的报道,受害作物涉及蔬菜(唐国文等, 2002)、花卉(梁贵红等, 2007)和果树(刘凌等, 2010)等多种作物。

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 隶属缨翅目,蓟马科,花蓟马属,是一种世界性检疫害虫(吴青君等, 2005),也是我国第一批重点管理的外来入侵物种。该虫起源于美国和加拿大西部地区(Gerin *et al.*, 1994),现已传播至欧洲、亚洲、非洲、大洋洲、中美和南美洲的 69 个国家和地区(Kirk and Terry, 2003)。我国于 2003 年在北京郊区发现该虫(张友军等, 2003)以来,北京、云南、浙江、山东等多地均有西花蓟马危害农作物的报道(吴青君等, 2007a);因其具有个体小、易隐藏、繁殖快、寄主植物广等特点,常常造成作物减产甚至绝收,花卉完全失去观赏价值,严重影响花卉和农作物的出口贸易(吕要斌等, 2011),且对多种杀虫剂均产生了抗药性(陈雪林等, 2011)。

国内外不少学者对蓟马在农田及果园等经济作物上的种群动态进行过研究(Jarošík *et al.*, 1997; Hoddle *et al.*, 2002; Steiner and Goodwin, 2005; 梁贵红等, 2007),调查发现云南省石榴园和蔬菜地辣椒上的蓟马以西花蓟马为优势种(刘凌等, 2010; 蒋兴川等, 2011),但有关西花蓟马入侵对不同蔬菜上本地蓟马种类组成及时空动态影响的研究较少。本文调查了 5 种蔬菜上的蓟马种群动态,明确了不同蔬菜上的蓟马组成和优势种,为深入探讨西花蓟马对本地蓟马的竞争取代机制提供了理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查样地

试验地设在云南省昆明市呈贡县斗南镇上可乐村,以当地 5 种常见蔬菜(辣椒、韭菜、茄子、四季豆和茼蒿)为调查寄主植物,每种寄主植物选取 4 块田,每块调查田的面积均大于 30 m × 6 m,试验期间不喷洒任何农药,各种植物长势良好。

1.2 调查方法

2012 年 5 月 26 日至 2012 年 8 月 24 日,每隔 15 d 调查一次上述蔬菜花朵上的蓟马种类和数量,蔬菜花期分为蕾期、始花期、盛花期和末花期进行分别调查,调查方法如下:单块田地内调查时采用 5 点取样,每点随机选取 10 株同一花期的寄主植物,每株选择 4 朵花。采样时将花朵剪下,单朵放入一个自封袋,贴上标签,注明采集时间和编号后带回实验室;用毛刷将自封袋中的蓟马全部扫入盛有酒精的培养皿中,将成虫挑出,并按照汪世泽(1993)的方法制成临时标本后,在显微镜下鉴定种类并计数虫量(韩运发, 1997; 刘宁等, 2005)。

1.3 西花蓟马空间分布图式的测定

根据徐汝梅和成新跃(2005)及戈峰(2008)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)的回归关系,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。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件进行分析,利用 Duncan's 新复极差法对显著性进行检验。

2 结果与分析

2.1 不同蔬菜上蓟马的种群动态

田间调查结果表明,5 种蔬菜上的蓟马成虫数量均呈现先增加后减少的趋势;不同蔬菜上蓟马成虫数量达到最大值的时间稍有差异,辣椒和四

季豆上蓟马的高峰期出现在 6 月 25 日(第 3 次调查),而韭菜、茄子和茼蒿上的蓟马高峰期出现在 7 月 10 日(第 4 次调查),但蓟马高峰期均出现在 5 种蔬菜的盛花期,其中在茄子花上蓟马成虫平均虫口密度最高,为 14.93 头/花朵(图 1)。这可能是由于茄子的花朵较大,营养成分较多的缘故。

蓟马种类主要有西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande)、花蓟马 *F. intonsa* (Trybom)、棕榈蓟马 *T. palmi* (Karny) 和端大蓟马 *Megalurothrips distalis*(Karny),不同蔬菜上的蓟马优势种存在一定差异。

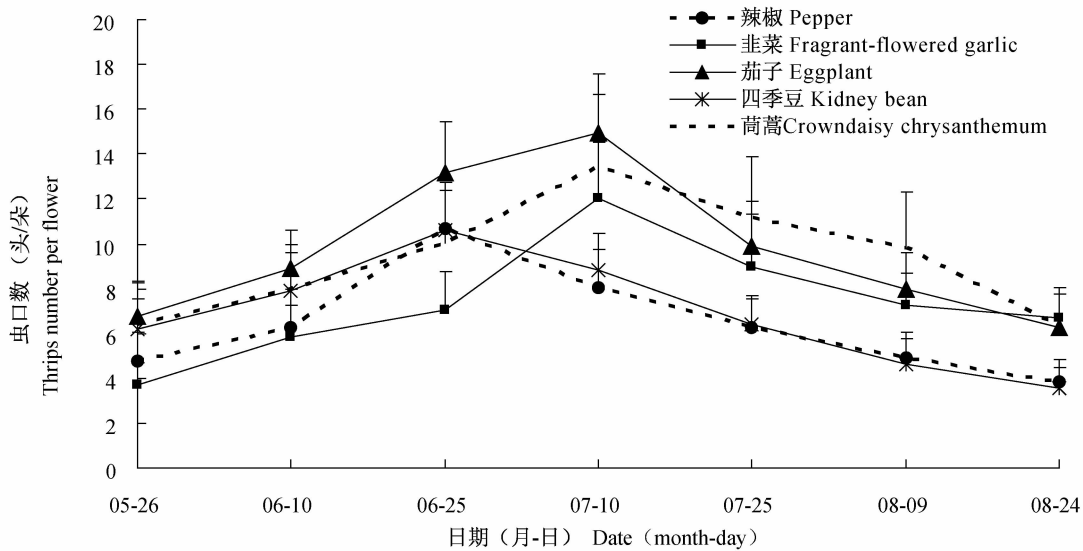


图 1 5 种蔬菜花期蓟马成虫种群动态

Fig.1 Population dynamics of thrips adults on the five vegetable flowers

2.2 不同蔬菜上蓟马的空间分布型

蓟马的危害主要集中在蔬菜开花期,其中盛花期的蔬菜花中蓟马成虫的种群数量均达最高(图 1),其原因可能是花朵中的花粉对蓟马具有引诱作用。5 种蔬菜不同花期蓟马成虫的聚集度指标见表 1。空间分布检测结果表明,5 种蔬菜花上蓟马成虫的空间分布型在不同时期均为聚集分布,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 $M^*/m > 1$ 。

将蓟马的平均密度 (m) 和方差 (V) 按照 Taylor 幂法则进行线性回归,得到蓟马的回归式如表 2 所示。在回归式中, $\lg a > 0$, $b > 1$,表明不同植物花朵上蓟马的空间分布型在各种密度下均为聚集分布,且具密度依赖性,聚集程度随密度升高而增大。

2.3 蔬菜不同花期的蓟马种类及比例

2.3.1 蔬菜蕾期蓟马种类及比例 不同种类蓟

马在蔬菜蕾期的种群密度存在差异 ($F = 18.152$, $P = 0.037$,图 2)。同一植物花上不同蓟马所占比例各异,且同一种蓟马在不同蔬菜花上所占比例也不同(图 2)。在辣椒花蕾上,西花蓟马所占比例最高(63.45%),分别是花蓟马、端大蓟马和棕榈蓟马的 5.60、6.29 和 11.19 倍,为辣椒花蕾上的优势种。在茼蒿花蕾上,不同蓟马所占比例从高到低依次为西花蓟马(37.79%)、花蓟马(28.15%)、棕榈蓟马(19.13%)、端大蓟马(7.62%),西花蓟马为茼蒿花蕾上的优势种。在韭菜花蕾上,不同蓟马所占比例从高到低依次为花蓟马、西花蓟马、棕榈蓟马、端大蓟马,其中花蓟马为韭菜花蕾上的优势种。在茄子花蕾上,棕榈蓟马的比例最高(54.64%),分别是花蓟马、西花蓟马和端大蓟马的 2.88、3.99 和 19.58 倍,为茄子花蕾上的优势种。在四季豆花蕾上,优势种端大蓟马所占比例最高(43.73%),其余任一种蓟马的比例均小于 20.00%。

表 1 5 种蔬菜花上蓟马成虫的聚集度指标

Table 1 The aggregate index of thrips adults on the five vegetable flowers

植物 Plants	花 期 Flores-cence	扩散系数 C Diffusion coefficient C	Ca 指标 Ca index	负二项分布 K K index	丛生指标 I I index	聚块指标 M^*/m index	分布型 Distribution pattern
辣椒 Pepper	A	1.9556	0.2008	4.9809	0.9556	1.2008	聚集 Aggregation
	B	2.7612	0.2827	3.5374	1.7612	1.2827	聚集 Aggregation
	C	2.8228	0.1708	5.8538	1.8228	1.1708	聚集 Aggregation
	D	1.6748	0.1748	5.7199	0.6748	1.1748	聚集 Aggregation
韭菜 Fragrant -flowered garlic	A	1.5896	0.1581	6.3265	0.5896	1.1581	聚集 Aggregation
	B	2.3555	0.2313	4.3233	1.3555	1.2313	聚集 Aggregation
	C	2.9119	0.1588	6.2974	1.9119	1.1588	聚集 Aggregation
	D	1.9888	0.1471	6.7958	0.9888	1.1471	聚集 Aggregation
茄子 Eggplant	A	1.8809	0.1297	7.7077	0.8809	1.1297	聚集 Aggregation
	B	2.1399	0.1277	7.8337	1.1399	1.1277	聚集 Aggregation
	C	3.2596	0.1513	6.6074	2.2596	1.1513	聚集 Aggregation
	D	1.9359	0.1497	6.6781	0.9359	1.1497	聚集 Aggregation
四季豆 Kidney bean	A	1.8812	0.1417	7.0587	0.8812	1.1417	聚集 Aggregation
	B	2.1783	0.1493	6.6962	1.1783	1.1493	聚集 Aggregation
	C	2.7373	0.1636	6.1128	1.7373	1.1636	聚集 Aggregation
	D	1.6196	0.1755	5.6974	0.6196	1.1755	聚集 Aggregation
茼蒿 Crowndaisy chrysanthemum	A	2.2111	0.1884	5.309	1.2111	1.1884	聚集 Aggregation
	B	2.0601	0.1330	7.5182	1.0601	1.1330	聚集 Aggregation
	C	3.0404	0.1516	6.5966	2.0404	1.1516	聚集 Aggregation
	D	1.8662	0.1366	7.3196	0.8662	1.1366	聚集 Aggregation

注:花期中的 A、B、C、D 分别为蕾期、始花期、盛花期和末花期。
The A, B, C, D were budding florescence, early florescence, full florescence and end florescence successively.

表 2 不同植物花朵上蓟马的空间分布 Taylor 回归模型

Table 2 The Taylor models of thrips in the flowers of different plants

植物 Plants	回归方程 Regression equation	相关系数 Relative coefficient
辣椒 Pepper	$\lg(v) = 0.2301 + 1.3725 \lg(m)$	$r = 0.9843$
韭菜 Fragrant-flowered garlic	$\lg(v) = 0.1016 + 1.2669 \lg(m)$	$r = 0.9907$
茄子 Eggplant	$\lg(v) = 0.3142 + 1.2963 \lg(m)$	$r = 0.9894$
四季豆 Kidney bean	$\lg(v) = 0.1794 + 1.2017 \lg(m)$	$r = 0.9906$
茼蒿 Crowndaisy chrysanthemum	$\lg(v) = 0.1439 + 1.0934 \lg(m)$	$r = 0.9924$

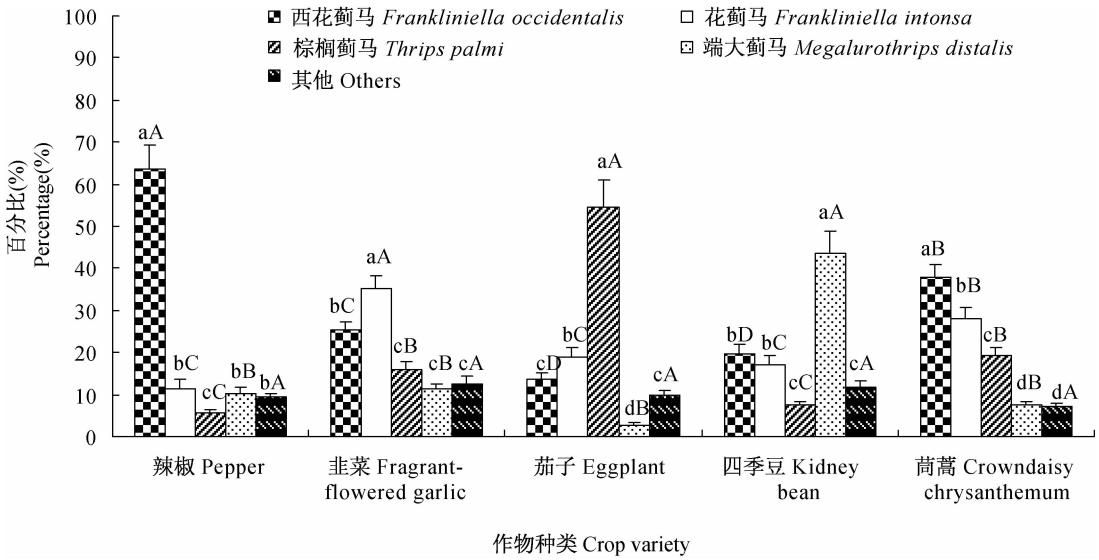


图 2 蔬菜蕾期不同蓟马的比例动态

Fig. 2 Percent trends of different thrips on vegetable budding florescence

注:各参数为平均值±标准误,柱上标有不同小写字母表示同一寄主植物上不同蓟马所占比例间差异显著,不同大写字母表示同一种蓟马在不同寄主植物上所占比例差异显著($P<0.05$),下同。

Parameters in the figure are mean ± SE. Histograms with different lower case letters indicate that there exists difference for the ratio of distinct thrips on the same host plant, while with different capital case letters indicate that there exists difference for the ratio of the same thrips on the different host plants ($P<0.05$). The same below.

2.3.2 蔬菜始花期蓟马种类及比例 不同种类蓟马在蔬菜始花期的种群密度也各不相同($F=15.634, P=0.021$,图3)。在始花期的辣椒花上,优势种西花蓟马所占比例最高(64.53%),分别是花蓟马、端大蓟马和棕榈蓟马的5.29、6.95和12.96倍。在始花期的茼蒿花上,不同蓟马所占比例从高到低依次为西花蓟马、花蓟马、棕榈蓟马、端大蓟马,西花蓟马为茼蒿花上的优势种。在始花期的韭菜花上,花蓟马属的花蓟马和西花蓟马所占比例较高,且两者差异不显著,花蓟马属蓟马为韭菜花上的优势种类。在始花期的茄子花上,优势种棕榈蓟马的比例最高(51.85%),其余蓟马所占比例从高到低依次为花蓟马(19.93%)、西花蓟马(14.45%)、端大蓟马(4.14%)。在始花期的四季豆花上,优势种端大蓟马所占比例最高(39.67%),与其余任一种蓟马的比例差异均达显著水平($P<0.05$,图3)。

2.3.3 蔬菜盛花期蓟马种类及比例 由图4可知,不同种类蓟马在蔬菜盛花期的种群密度各异($F=17.365, P=0.034$)。在盛花期的辣椒花上,优势种西花蓟马成虫的平均虫口密度最高(7.41

头/花朵),其所占比例高达69.45%,显著高于其余任一种蓟马的比例。在盛花期的茼蒿花上,不同蓟马成虫平均虫口密度从高到低依次为西花蓟马(5.76头/花朵)、花蓟马(4.12头/花朵)、棕榈蓟马(1.86头/花朵)、端大蓟马(0.73头/花朵);西花蓟马为茼蒿花上的优势种。在盛花期的韭菜花上,不同蓟马所占比例从高到低依次为花蓟马(34.72%)、西花蓟马(30.56%)、棕榈蓟马(13.46%)、端大蓟马(10.38%);花蓟马属的花蓟马和西花蓟马差异不显著,为韭菜花上的优势种类。在盛花期的茄子花上,棕榈蓟马为优势种,其所占比例高达50.70%,分别是花蓟马、西花蓟马和端大蓟马的2.69、3.09和9.96倍。在盛花期的四季豆花上,优势种端大蓟马所占比例最高(36.91%)。方差分析结果表明,盛花期的优势蓟马种类所占比例与其余任一蓟马的比例差异均达显著水平($P<0.05$,图4)。

2.3.4 蔬菜末花期蓟马种类及比例 在末花期的辣椒花上,西花蓟马所占比例为67.88%,分别是棕榈蓟马、端大蓟马和花蓟马的5.35、11.39和14.57倍,为辣椒花上的优势种($F=14.982, P=$

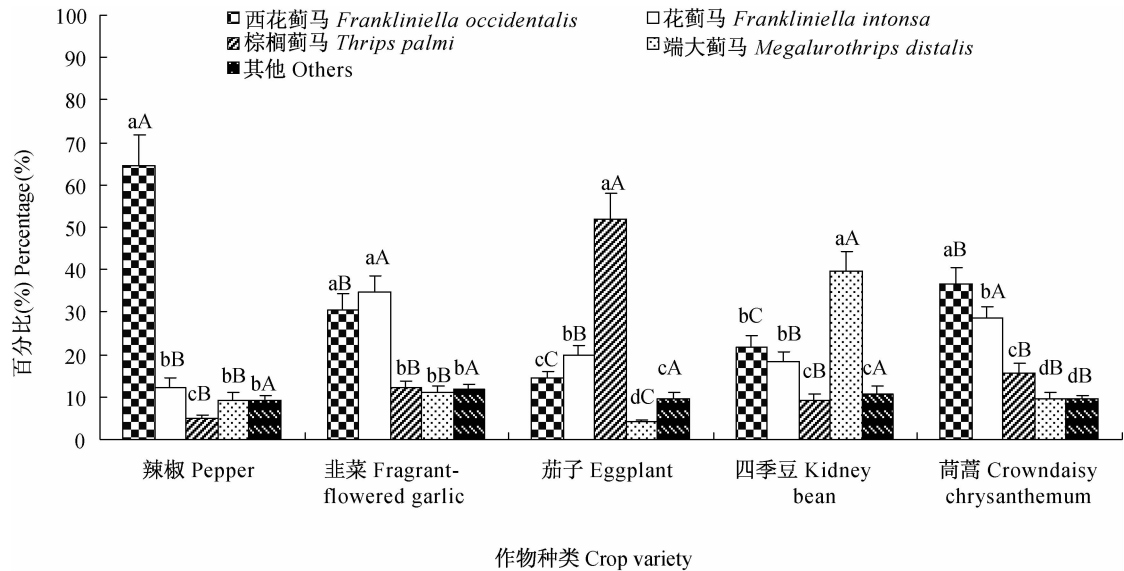


图 3 蔬菜始花期不同蓟马的比例动态

Fig. 3 Percent trends of different thrips on vegetable early florescence

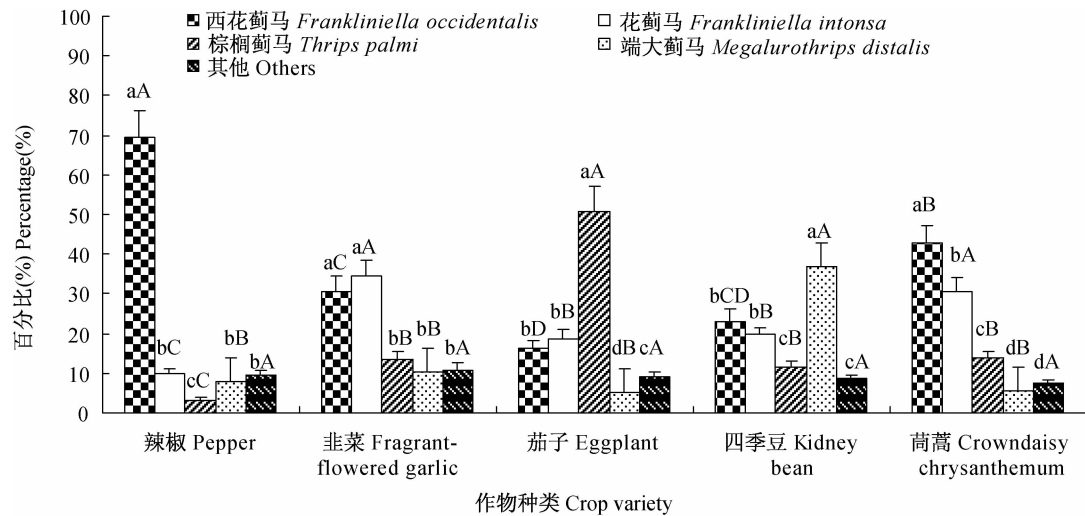


图 4 蔬菜盛花期不同蓟马的比例动态

Fig. 4 Percent trends of different thrips on vegetable full florescence

0.036, 图 5)。在茼蒿末花期的花上,不同蓟马所占比例从高到低依次为西花蓟马(37.38%)、花蓟马(30.76%)、棕榈蓟马(11.83%)、端大蓟马(8.83%);西花蓟马为优势种。在末花期的韭菜花上,花蓟马属的花蓟马和西花蓟马所占比例较高,且两者差异不显著,为韭菜花上的优势种类。在末花期的茄子花上,优势种棕榈蓟马所占比例最高(58.72%),与其余任一种蓟马的比例差异显著($P < 0.05$, 图 5)。在四季豆末花期的花上,优势种端大蓟马所占比例高达 43.91%,而其余任一

种蓟马的比例均小于 17.00%。

3 讨论

影响昆虫与寄主之间相互适应的因素很多,植物的颜色、次生物质、营养成分都是决定昆虫适应性的重要因素(李典谟和周立阳,1997;钦俊德和王琛柱,2001);昆虫对寄主植物的选择过程中,通常利用视觉、嗅觉、触觉和味觉不断收集来自植物的信息(赵国强等,2006)。Gerin 等(1999)发现寄主植物的花期对蓟马种群动态影响很大,在寄

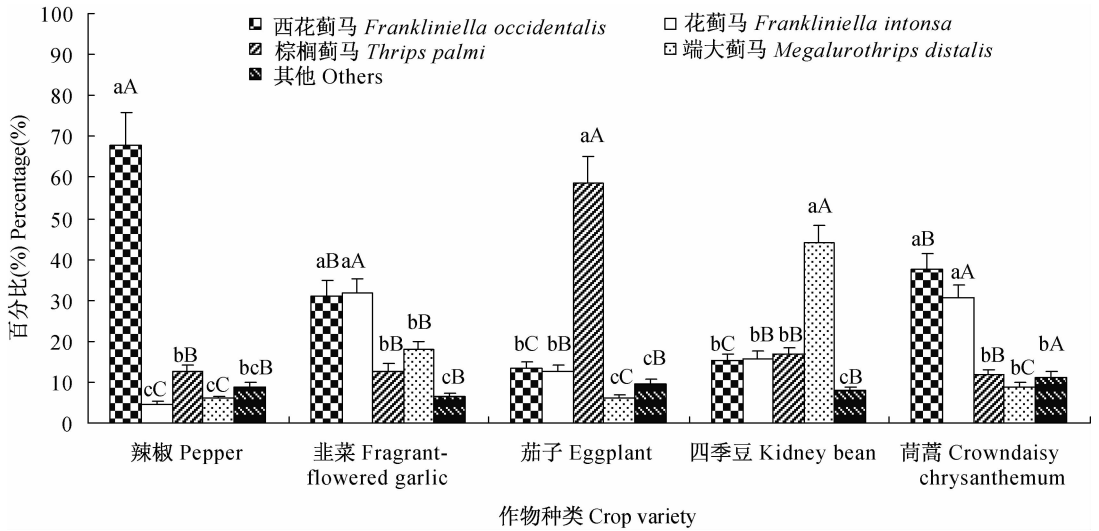


图 5 蔬菜末花期不同蓟马的比例动态

Fig. 5 Percent trends of different thrips on vegetable end florescence

主植物开花后蓟马的种群几乎成几何等级增长。本研究发现,在 5 种蔬菜盛花期蓟马数量最多,与蒋兴川等(2011)关于西花蓟马在辣椒上时空动态的研究结果一致;这可能是由于盛花期花朵释放的挥发物对蓟马具有引诱作用(Whitman and Eller, 1990);同时西花蓟马为栖花昆虫,它不是仅对一种特定的花香有正趋性,而是趋向于大批具有花香的植物(Teerling *et al.*, 1993)。有关研究表明,花朵中花粉数量多、营养成分高、维生素含量高及含氮量高(Brodbeck *et al.*, 2001),而蓟马的锉吸式口器能够迅速处理花粉颗粒,取食花粉中的营养(De-Jager and Butot, 1993)。

本研究通过几种聚集度指标(Beall 扩散系数 C 、Cassie 和 Kunor 的 Ca 指标、Water 负二项分布 K 值、丛生指标 I 、聚块指标 M^*/m)测出蓟马成虫均为聚集分布,与蒋兴川等(2011)在辣椒上及路虹等(2007)在黄瓜和架豆上的研究结果一致。有关研究表明,蓟马雄虫产生的性信息素不仅有引诱异性以完成交配的功能,也有聚集两性成虫的功效率(Kirk and Hamilton, 2004; Hamilton *et al.*, 2005; 祝晓云等,2012),蓟马聚集分布可能是由于雄虫释放的聚集信息素所起的作用。本研究结果表明,5 种蔬菜花上蓟马的优势种存在差异,其中辣椒和茼蒿花上的蓟马优势种均为西花蓟马。由于 5 种蔬菜花朵存在着不同的物理结构、化学物质成分及含量、可溶性蛋白质和可溶性糖,而这些物质可以影响蓟马的定向和取食,可能是导致不

同种类蓟马对蔬菜花朵选择偏好性存在差异的原因之一。研究还发现,西花蓟马和花蓟马在除辣椒外的其他蔬菜上所占比例差异较小,可能是由于它们都隶属于花蓟马属,生活习性相似且成虫释放的聚集信息素也相同的缘故(祝晓云等, 2012)。

外来入侵昆虫西花蓟马在 5 种蔬菜花朵上均有发生,但所占比例存在差异。可见西花蓟马入侵云南后,与本地蓟马竞争资源,造成本地蓟马的种类组成和时空动态均发生变化,有关西花蓟马对本地蓟马的竞争取代机制还需进一步深入研究。Papadaki 等(2008)在温室中调查结果显示,辣椒花上西花蓟马的数量多于茄子,这与本文的结果一致。有关西花蓟马对颜色选择性的研究较多,李江涛等(2008)的研究表明西花蓟马对黄色的趋性大于紫色,吴青君等(2007b)的研究得出西花蓟马对不同颜色的趋性顺序依次为黄色、白色、紫色。笔者调查中发现茼蒿花朵为黄色,辣椒、韭菜花朵为白色,四季豆和茄子花朵为紫色;而结果也表明西花蓟马在茼蒿、辣椒及韭菜花上所占比例较高。单从颜色这一角度考虑的话,作者与李江涛等(2008)和吴青君等(2007b)的研究结果一致。在开展西花蓟马在不同寄主上对本地蓟马竞争取代研究时,不仅要考虑寄主的颜色、物理结构、营养物质和寄主次生物质的影响,还要进一步研究温度、光照、天敌等综合因素对竞争的影响,为进一步解析西花蓟马的成功入侵和成灾机理奠

定理论基础。

在室内繁殖不同种类蓟马时,可以选择其最适的寄主植物作为饲料。本文研究结果表明西花蓟马在辣椒花上所占比例最高,说明 5 种植物中辣椒是西花蓟马的适宜寄主,可作为西花蓟马的诱集植物;而花蓟马在韭菜和茼蒿花上所占比例显著高于其他植物,韭菜和茼蒿是其最适寄主;棕榈蓟马在茄子花上所占比例显著高于其他植物,茄子为其最适寄主;端大蓟马在四季豆花上所占比例显著高于其他植物,推测其最适寄主为四季豆。由于西花蓟马具有个体小、易隐藏、繁殖快、寄主植物广、对农药抗性强等特点,随着其进一步入侵和扩散,很可能会成为云南省蔬菜上主要的害虫,并对蔬菜产量造成极大的影响,所以有效防治西花蓟马将成为提高蔬菜产量的主要途径之一。倘若能通过试验找出最适寄主辣椒的挥发物组分中对西花蓟马有引诱作用的单组分或者混合组分,可为西花蓟马引诱剂的开发提供理论依据。

参考文献 (References)

- Brodbeck BV, Stavisky J, Funderburk JE, Andersen PC, Olson SM, 2001. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99 (2):165 – 172.
- De-Jager CM, Butot RPT, 1993. Thrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)) resistance in chrysanthemum; the importance of pollen as nutrition. *Bulletin OILB SROP*, 16 (8):113 – 118.
- Gerin C, Hance T, Van Impe G, 1994. Demographic parameters of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 118(2):370 – 377.
- Gerin C, Hance T, Van-Impe G, 1999. Impact of flowers on the demography of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 123(9):569 – 574.
- Hamilton JGC, Hall DR, Kirk WDJ, 2005. Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 31(6):1369 – 1379.
- Hoddle MS, Robinson L, Morgan D, 2002. Attraction of thrips (Thysanoptera: Thripidae and Aeolothripidae) to colored sticky cards in a California avocado orchard. *Crop Protection*, 21(5):383 – 388.
- Jarošík V, Koliáš M, Rochat L, Dixon AFG, 1997. Seasonal trends in the rate of population increase of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. *Bulletin of Entomological Research*, 87(5):487 – 495.
- Kirk WDJ, Hamilton JGC, 2004. Evidence for a male-produced sex pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 30 (1):168 – 174.
- Kirk WDJ, Terry LI, 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(4):301 – 310.
- Majid MB, Tong XL, Feng JN, Chen XX, 2011. Thrips (Insecta: Thysanoptera) of China. *Journal of Species Lists and Distribution*, 7(6):720 – 744.
- Morse JG, Hoddle MS, 2006. Invasion biology of thrips. *Annual Review of Entomology*, 51:67 – 89.
- Papadaki M, Harizanova V, Bournazakis A, 2008. Influence of host plant on the population density of *Frankliniella occidentalis* pergande (Thysanoptera: thripidae) on different vegetable cultures in greenhouses. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14(5):454 – 459.
- Riley DG, Pappu HR, 2004. Tactics for management of thrips (Thysanoptera: Thripidae) and tomato spotted wilt virus in tomato. *Journal of Economic Entomology*, 97(5):1648 – 1658.
- Steiner MY, Goodwin S, 2005. Management of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), in hydroponic strawberry crops; using yellow sticky traps to determine action thresholds. *Australian Journal Entomology*, 44 (3):288 – 292.
- Teerling CR, Pierce JHD, Borden JH, Gillespie DR, 1993. Identification and bioactivity of alarm pheromone in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 19(4):681 – 697.
- Whitman DW, Eller FJ, 1990. Parasitic wasps orient to green leaf volatiles. *Chemoecology*, 1(2):69 – 75.
- 陈雪林, 杜予州, 王建军, 2011. 西花蓟马抗药性研究进展. *植物保护*, 37(5):34 – 38.
- 戈峰, 2008. 昆虫生态学原理与方法. 北京: 高等教育出版社. 176 – 184.
- 韩运发, 1997. 中国经济昆虫志 (第 55 册: 缨翅目). 北京: 科学出版社. 45 – 287.
- 蒋兴川, 张勇, 桂富荣, 李正跃, 李隽, 高飞, 2011. 辣椒植株上西花蓟马的种群动态和空间分布. *云南农业大学学报 (自然科学版)*, 26 (4):465 – 471.
- 李典谟, 周立阳, 1997. 协同进化——昆虫与植物的关系.

- 昆虫知识, 34(1):45-49.
- 路虹, 宫亚军, 石宝才, 宋婧祎, 2007. 西花蓟马在黄瓜和架豆上的空间分布型及理论抽样数. 昆虫学报, 50(11):1187-1193.
- 梁贵红, 张宏瑞, 李自命, 刘滔, 2007. 斗南花卉蓟马种类及发生研究. 西南农业学报, 20(6):1291-1295.
- 李江涛, 邓建华, 刘忠善, 段登晓, 丁元明, 刘国琴, 肖春, 2008. 不同颜色色板对西花蓟马的诱集效果比较. 植物检疫, 22(6):360-363.
- 刘凌, 陈斌, 张宏瑞, 李正跃, 杨仕生, 陆进, 朱文禄, 2010. 云南石榴蓟马种类组成及其种群动态. 植物保护, 36(4):130-133.
- 刘宁, 任立, 张润志, 郑建秋, 王福祥, 2005. 西花蓟马的鉴别及其与近缘种的区别. 昆虫知识, 42(3):345-347.
- 吕要斌, 张治军, 吴青君, 杜予州, 张宏瑞, 于毅, 王恩东, 王鸣华, 王满囤, 童晓立, 吕利华, 谭新球, 付卫东, 2011. 外来入侵害虫西花蓟马防控技术与示范. 应用昆虫学报, 48(3):488-496.
- 钦俊德, 王琛柱, 2001. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系. 昆虫学报, 44(3):361-365.
- 唐国文, 龚信文, 孟国玲, 2002. 武汉地区蔬菜蓟马种类研究. 华中农业大学学报, 21(1):5-9.
- 吴青君, 徐宝云, 张治军, 张友军, 朱国仁, 2007a. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及其分布调查. 中国植保导刊, 27(1):32-34.
- 吴青君, 徐宝云, 张友军, 张治军, 朱国仁, 2007b. 西花蓟马对不同颜色的趋性及蓝色粘板的田间效果评价. 植物保护, 33(4):103-105.
- 吴青君, 张友军, 徐宝云, 朱国仁, 2005. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术. 昆虫知识, 42(1):11-14.
- 汪世泽, 1993. 昆虫研究法. 北京: 农业出版社. 18-21.
- 徐汝梅, 成新跃, 2005. 昆虫种群生态学: 基础与前沿. 北京: 科学出版社. 3-13.
- 赵国强, 刘晓光, 罗梅浩, 2006. 昆虫对寄主植物选择的化学感受机理. 河南科技大学学报(自然科学版), 27(4):80-83.
- 祝晓云, 张蓬军, 吕要斌, 2012. 花蓟马雄虫释放的聚集信息素的分离和鉴定. 昆虫学报, 55(4):376-385.
- 张友军, 吴青君, 徐宝云, 朱国仁, 2003. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害. 植物保护, 29(4):58-59.