

网络出版时间:2017-12-27 09:55

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2018.03.018

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20171227.0954.036.html>

宁夏辣椒花期西花蓟马的空间分布特征研究

张治科¹, 吴圣勇², 雷仲仁^{2,3}, 康萍芝¹, 杜玉宁¹, 张丽荣¹

(1 宁夏农林科学院 植物保护研究所 宁夏植物病虫害防治重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2 中国农业科学院 植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; 3 闽台特色作物病虫害生态防控协同创新中心, 福建 福州 350002)

【摘要】【目的】研究西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期的空间分布特征, 为进一步了解该虫的发生、危害、扩散行为及探讨西花蓟马的监测、诱杀和综合防治奠定基础。【方法】采用空间分布型适合度卡方拟合、聚集度指标检验等方法, 对宁夏设施蔬菜辣椒花期西花蓟马的空间分布特征进行统计分析。【结果】频次分布统计结果表明, 西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期的分布数量为 0~7 头/朵, 其中 0 和 1 头/朵的频次较高, 随着虫口密度的增加, 频次明显递减。空间分布型适合度卡方拟合结果表明, 西花蓟马在设施蔬菜辣椒花期的空间分布符合奈曼分布和负二项分布, 进一步分析表明更符合奈曼分布。聚集度指标检验结果表明, 西花蓟马在设施蔬菜辣椒花期属于聚集分布, 聚集度较大, 聚集原因是环境异质性所致。【结论】明确了西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期的空间分布特征, 为研发更有效的西花蓟马防控技术提供了理论依据。

【关键词】 辣椒; 西花蓟马; 空间分布; 聚集度指标

【中图分类号】 S433

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2018)03-0142-06

Spatial distribution pattern of *Frankliniella occidentalis* during pepper flowering stage in Ningxia

ZHANG Zhike¹, WU Shengyong², LEI Zhongren^{2,3}, KANG Pingzhi¹,
DU Yuning¹, ZHANG Lirong¹

(1 Ningxia Key Laboratory of Plant Diseases and Pests Control, Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China; 2 State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 3 Fujian-Taiwan Joint Centre for Ecological Control of Crop Pests, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract:【Objective】Invasive species western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) is one kind of vital pests to greenhouse vegetables in Ningxia. This study investigated the spatial distribution pattern of *Frankliniella occidentalis* during pepper flowering stage in Ningxia to provide basis for understanding the occurrence, harm and diffusion behavior, monitoring and integrated control of *Frankliniella occidentalis*.

【Method】The spatial distribution pattern of *F. occidentalis* on greenhouse pepper flowers in Ningxia was studied using fitness chi-square fitting, aggregation indexes and linear regression equation tests. 【Result】The frequency distribution indicated that the population density of *Frankliniella occidentalis* on greenhouse pepper flowers was 0 to 7 each flower, with the highest frequencies of 0 and 1 per flower. The frequency declined significantly with the increase of population density. The spatial distribution pattern of *F.*

【收稿日期】 2017-01-24

【基金项目】 宁夏农林科学院科技创新先导资金项目(NKYJ-17-05); 宁夏自然科学基金项目(NZ15128); 国家自然科学基金项目(31660621); 宁夏“十三五”重大科技项目(2016BZ0904); 一二三产业融合发展科技创新示范项目(YES-16-03); 国家重点研发计划项目(2016YFC1201200)

【作者简介】 张治科(1980—), 男, 宁夏同心人, 副研究员, 博士, 主要从事昆虫害生态与综合防治研究。
E-mail: zhangzhike98@163.com

occidentalis followed the negative binomial distribution and Neyman pattern and further analysis showed that they followed the Neyman pattern better. The aggregation indexes test indicated aggregative distribution caused by environmental heterogeneity. 【Conclusion】 This study clarified the spatial distribution pattern of *F. occidentalis* on greenhouse pepper flowers in Ningxia, which provides basis for developing effective control technology.

Key words: pepper; *Frankliniella occidentalis*; spatial distribution pattern; aggregation index

宁夏设施蔬菜大棚中的蓟马种群大多混合发生,其中外来入侵生物西花蓟马(*Frankliniella occidentalis* (Pergande))自 2012 年被发现以来,在宁夏银川已成功定殖,并成为优势种群^[1]。西花蓟马隶属缨翅目蓟马科花蓟马属,原产于北美洲,1870 年前,西花蓟马只分布于美国西部,上世纪 70 年代后期,随着频繁的国际贸易,西花蓟马扩散至欧洲、非洲、亚洲、美洲、大洋洲等多个国家和地区^[2],成为世界性的入侵害虫。1996 年我国农业部将西花蓟马列为进境植物检疫潜在的危险性害虫^[3]。2000 年在首届中国昆明国际花卉节参展的缅甸盆景上首次发现西花蓟马^[4],随后在北京^[5]、云南^[6]、山东^[7]、新疆^[8]、浙江^[9]、贵州^[10]、江苏^[11]、西藏^[12]、吉林^[13]、宁夏^[1]等省份陆续发现。西花蓟马在我国具有广泛的适生区^[14-15],再加上该虫个体微小,危害隐蔽,使检疫、预防以及防治难度增大。

西花蓟马是一种多食性害虫,其寄主范围极为广泛,几乎涉及所有的开花植物^[16],而且具有明显的寄主谱扩张现象^[17]。西花蓟马成虫、若虫均采用锉吸式口器穿刺并挫伤花、叶组织,吸食汁液,导致花蕊畸变、花朵凋落、叶片干枯、果实表面伤痕,严重影响蔬菜、花卉等植物的产量和品质,同时还可作为载体传播花生环斑病毒^[18]、番茄斑萎病毒^[19]、菊花茎坏死病毒^[20]等,致使园艺作物受损严重。

昆虫在自然界中以种群为基本单位而存在,种群由个体组成,具有特定的空间分布形式,这种特定的空间分布形式是昆虫种群的重要属性之一,是种群在特定时期对其生存环境条件适应和选择的结果。目前,国内外对西花蓟马的研究比较多,如在发生、危害、生物学特性^[3,9,21-22]以及嗅觉相关蛋白^[23-26]等方面均有研究报道。有关西花蓟马的空间分布特征,在白三叶草^[27]、月季^[28]、辣椒^[29]、石榴^[30]、黄瓜^[31]等植物上已有研究报道,但西花蓟马入侵后在宁夏设施蔬菜辣椒上的分布特征尚未见报道。为此,本研究对西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期的空间分布特征进行了研究,以期揭示西花蓟马种群的空间结构及分布形式等种群属性^[32-34],为

进一步了解西花蓟马在宁夏的发生、扩散以及生产上的有效控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 取 样

2016 年 10—11 月,在宁夏银川西夏区农牧场设施蔬菜基地进行西花蓟马空间分布调查,选取 5 个盛花期的辣椒大棚样地,每个大棚采用 10 点取样(1 畦为 1 点)法,每点随机选取 16 朵辣椒花,采用小毛笔将蓟马轻轻拨入盛有体积分数 70%酒精的离心管中,贴上标签,带回实验室制作玻片标本,鉴定并统计辣椒花上西花蓟马的数量。

1.2 分析方法

将调查统计的数据采用 Microsoft office excel 2003 和生物统计软件 DPS 进行整理,并分析西花蓟马在设施蔬菜辣椒上的空间分布特征。

1.2.1 空间分布型适合度卡方(χ^2)检验 将调查、鉴定得到的各棚辣椒花上西花蓟马虫口数量整理成频次分布表,计算样本均数(m)和样本方差(s^2),根据理论频次分布公式求出潘松分布、奈曼分布、负二项分布、二项分布型等各分布型的理论概率和理论频次,再与各棚实测频次进行比较,用卡方(χ^2)检验分析各种分布型理论频次和实测频次间的吻合程度,判断实测样方西花蓟马分布是否符合某种理论分布型。

1.2.2 聚集度指标的检验 采用聚集度指标对各棚辣椒花上西花蓟马的空间分布特征进行分析。

(1)Moore I 指标: $I = s^2/m - 1$,其中 s^2 为样本方差, m 为样本均数。当 $I < 0$ 时为均匀分布, $I = 0$ 时为随机分布, $I > 0$ 时为聚集分布。

(2)Lloyd m^*/m 指标:当 $m^*/m < 1$ 时为均匀分布(m^* 为平均拥挤度), $m^*/m = 1$ 时为随机分布, $m^*/m > 1$ 时为聚集分布。

(3)Kuno Ca 指标: $Ca = (s^2 - m)/m^2$ 。当 $Ca < 0$ 时为均匀分布, $Ca = 0$ 时为随机分布, $Ca > 0$ 时为聚集分布。

(4)扩散系数 C : $C = s^2/m$ 。当 $C < 1$ 时为均匀

分布, $C=1$ 时为随机分布, $C>1$ 时为聚集分布。

(5)负二项分布中的 K 指标: $K=m^2/(s^2-m)$ 。当 $K<0$ 时为均匀分布, $0<K<8$ 时为聚集分布, K 值趋于无穷大时为潘松分布。

(6)Bliackth 聚集均数(λ): $(\lambda) = \frac{m}{2K}r$ 。式中 $K = m^2/(s^2-m)$, r 为自由度等于 $2K$ 、概率值为 0.5 时的 χ^2 分布函数, 由于 $2K$ 自由度常有小数, 因此精确的 χ^2 可用比例内插法估计值来计算。当 $(\lambda)<2$, 聚集由环境条件引起; 当 $(\lambda)>2$, 聚集由昆虫行为或环境条件引起。

2 结果与分析

2.1 辣椒花期西花蓟马的空间分布型适合度卡方(χ^2)检验

将调查所得的各棚辣椒花上西花蓟马虫口数量整理成频次分布统计表, 结果如表 1 所示。由表 1 可知, 西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花朵上的分布数量为 $0\sim7$ 头/朵, 其中分布数量为 0 和 1 头/朵的频次较高; 其次是 2 和 3 头/朵, 频次明显降低, $4\sim7$ 头/朵的频次更低。

表 1 宁夏设施蔬菜辣椒花期西花蓟马的频次分布

Table 1 Frequency distribution of *Frankliniella occidentalis* on flowers of Ningxia greenhouse pepper

虫口密度(x)/ (头·朵 ⁻¹) Population density	样地 1 Site No. 1			样地 2 Site No. 2			样地 3 Site No. 3			样地 4 Site No. 4			样地 5 Site No. 5		
	f	fx	fx^2	f	fx	fx^2	f	fx	fx^2	f	fx	fx^2	f	fx	fx^2
0	72	0	0	64	0	0	106	0	0	76	0	0	72	0	0
1	38	38	38	39	39	39	29	29	29	37	37	37	45	45	45
2	19	38	76	23	46	92	12	24	48	22	44	88	19	38	76
3	11	33	99	13	39	117	5	15	45	12	36	108	9	27	81
4	10	40	160	9	36	144	4	16	64	8	32	128	6	24	96
5	6	30	150	6	30	150	1	5	25	3	15	75	5	25	125
6	2	12	72	4	24	144	3	18	108	1	6	36	3	18	108
7	2	14	98	2	14	98	0	0	0	1	7	49	1	7	49

注: f 为实测频次。Note: f represent measured frequency.

统计各样地西花蓟马总量, 求得平均每朵花上 分布的西花蓟马的样本均数以及样本方差(表 2)。

表 2 宁夏设施蔬菜辣椒花期西花蓟马的样方均值及样本方差

Table 2 Mean and variance of *Frankliniella occidentalis* on flowers of Ningxia greenhouse pepper

样地号 Site No.	花朵数 Flower	虫口头数 Number of insect	样本均数 Mean of samples	样本方差 Variance of samples
1	160	205	1.281 3	2.706 6
2	160	228	1.425 0	2.887 4
3	160	107	0.668 7	1.556 3
4	160	177	1.106 3	2.045 2
5	160	184	1.150 0	2.317 0

经理论频次与实测频次比较后得出上述 4 种分 判断其是否符合该分布型, 结果见表 3。
布型的卡方值, 与相应自由度下的 $\chi^2_{0.05}$ 值进行比较,

表 3 宁夏设施蔬菜辣椒花期西花蓟马的空间分布型拟合与卡方(χ^2)测定

Table 3 Spatial distribution of *Frankliniella occidentalis* and χ^2 test on flowers of Ningxia greenhouse pepper

样地号 Site No.	二项分布 Binomial distribution			潘松分布 Poisson pattern			负二项分布 Negative binomial distribution						奈曼分布 Neyman pattern		
	χ^2	df	$\chi^2_{0.05}$	χ^2	df	$\chi^2_{0.05}$	矩法估计参数 K Moment method to estimate the parameter K			最大或然法估计参数 K Most probable method to estimate the parameter K			χ^2	df	$\chi^2_{0.05}$
1	115.76	1	3.84	60.32	3	7.82	χ^2	df	$\chi^2_{0.05}$	χ^2	df	$\chi^2_{0.05}$	χ^2	df	$\chi^2_{0.05}$
2	90.63	2	5.99	45.53	3	7.82	4.10	3	7.82	3.21	3	7.82	2.91	3	7.82
3	54.12	1	3.84	34.95	1	3.84	1.75	3	7.82	2.01	3	7.82	1.16	3	7.82
4	42.19	1	3.84	39.82	1	3.84	0.74	2	5.99	0.50	2	5.99	1.25	2	5.99
5	34.81	1	3.84	41.68	1	3.84	2.09	3	7.82	1.48	2	5.99	0.62	3	7.82
整体 Whole	531.05	2	5.99	415.46	1	3.84	2.65	3	7.82	2.55	3	7.82	3.92	3	7.82
							11.19	5	11.07	8.26	5	11.07	8.15	5	11.07

表3表明,二项分布和潘松分布检验各样地 χ^2 值均大于相应自由度下的 $\chi_{0.05}^2$ 值,表明西花蓟马在设施蔬菜辣椒花期的空间分布型不符合二项分布和潘松分布;奈曼分布和负二项分布(矩法、最大或然法估计参数 K)检验5个样地卡方值均小于相应自由度下的 $\chi_{0.05}^2$ 值,表明西花蓟马在设施蔬菜辣椒花期的空间分布符合奈曼分布和负二项分布。将5个样地的数据作为一个整体进行分析后,发现检验结果与5个样地分别检验的结果一致,但奈曼分布检验的 χ^2 值更小, P 值更大,因此认为西花蓟马在设施蔬菜辣椒花期的空间分布更符合奈曼分布。

表4 宁夏设施蔬菜辣椒花期西花蓟马分布的聚集度指标检验

Table 4 Aggregation indexes test of *Frankliniella occidentalis* on flowers of Ningxia greenhouse pepper

样地号 Site No.	平均拥挤度(m^*) Crowding degree	I 指标 I item	m^*/m 指标 m^*/m item	Ca 指标 Ca item	扩散系数(C) Diffusive coefficient	K 指标 K item	聚集均数(λ) Aggregation mean
1	2.393 7	1.112 4	1.868 2	0.868 2	2.112 4	1.151 8	0.933 7
2	2.451 2	1.026 2	1.720 2	0.720 2	2.026 2	1.388 6	1.107 2
3	1.996 1	1.327 4	2.985 0	1.985 0	2.327 4	0.503 8	0.243 5
4	1.955 0	0.848 7	1.767 1	0.767 1	1.848 7	1.303 5	0.842 6
5	2.164 8	1.014 8	1.882 4	0.882 4	2.014 8	1.133 2	0.832 6

3 讨论

本研究发现,宁夏设施蔬菜辣椒花上的西花蓟马空间分布属于奈曼分布和负二项分布,其中负二项分布参数 K 的估计采用矩法和最大或然法,零频率法不适合用于估计参数 K (由于样本中零频率较小)。将所有样地的数据作为一个整体样本分析后,发现检验结果与各样地分别检验的结果一致,即属于奈曼分布和负二项分布,说明西花蓟马种群可能正处于这2种类型空间分布过渡阶段。害虫分布同时符合两种分布型并非首次报道,张治科等^[32]研究发现,甘草萤叶甲成虫空间分布型既符合核心分布又符合负二项分布;郑伯平等^[27]报道,西花蓟马在白三叶草大部分生长期内的分布型为负二项分布,小部分生长期内的分布型也符合核心分布,这与本研究结果不完全一致,本研究是在辣椒同一生长期(花期)内西花蓟马同时属于两种分布型,这可能与作物不同或调查取样方法的差异有关。

聚集度指标检验发现,西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期属于聚集分布。有研究报道,西花蓟马在白三叶草^[27]、月季^[28]、石榴^[30]、非洲菊^[35]、黄瓜和架豆^[31]上的空间分布均为聚集分布,与本研究结果一致,并且在月季、非洲菊上聚集度随种群密度的升高而增加。西花蓟马在这些作物上聚集分布的原因

2.2 宁夏设施蔬菜辣椒花期西花蓟马分布的聚集度指标检验

经 Moore I 指标、Lloyd m^*/m 指标、Kuno Ca 指标、扩散系数 C 、负二项分布中的 K 指标以及 Bli-ackth 聚集均数(λ)对西花蓟马在宁夏辣椒花期的分布进行聚集度检验。结果(表4)表明,西花蓟马各聚集度指标分别为 $I > 0, m^*/m > 1, Ca > 0, C > 1, K > 0$, 据此可判定西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期的分布属于聚集分布,且各样地 K 值均较小,说明聚集度较大;各样地聚集均数(λ)值均小于2,说明西花蓟马聚集原因是由环境异质性引起的。

不尽相同,在白三叶草上的聚集程度与虫口密度有关,其空间分布不会因为一些人为干扰而改变^[27];在月季上聚集行为主要由环境因子造成^[28];在石榴上的聚集是由生物学特性和环境因素引起的^[30];在非洲菊上成虫的聚集原因主要是环境因素和自身的习性,若虫的聚集原因主要是环境因素^[35];在黄瓜和架豆上西花蓟马的空间分布型不受种群密度的影响,也不随取样时间的变化而变化^[31]。本研究发现,西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期聚集度较大,聚集原因是由环境异质性所致。

关于西花蓟马在寄主植物上的垂直分布方面,有研究报道成虫在辣椒上部叶的种群密度明显高于中、下部叶,若虫数量以中部叶片最多^[29];成虫和若虫在黄瓜植株的中部叶片分布较多,未展开的叶片、嫩叶和下部老叶危害较轻^[31];成虫在石榴上的垂直空间分布差异不显著,而若虫在石榴植株上层花朵与中、下层花朵之间差异极显著^[30]。本研究不涉及西花蓟马在辣椒不同部位的分布情况,这在今后的研究中可深入探讨。

本试验主要研究了西花蓟马在宁夏设施蔬菜辣椒花期的分布情况,今后还可针对其在辣椒整个生育期的分布情况进行跟踪调查,以进一步系统掌握该害虫在设施蔬菜辣椒上的分布情况,为有效控制其传播扩散提供理论依据。

[参考文献]

- [1] 张治科,张 焱,吴圣勇. 西花蓟马在宁夏的发生及防控措施[J]. 植物检疫,2016,30(4):75-77.
Zhang Z K,Zhang Y,Wu S Y. The occurrence and characteristics of invaded insect pest *Frankliniella occidentalis* in Ningxia [J]. Plant Quarantine,2016,30(4):75-77.
- [2] Kirk W D J,Terry L I. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) [J]. Agr Forest Entomol,2003,5:301-310.
- [3] 吴青君,张友军,徐宝云,等. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术 [J]. 昆虫知识,2005,42(1):11-14.
Wu Q J,Zhang Y J,Xu B Y, et al. The biological character, damage and management of an invasive insect pest, *Frankliniella occidentalis* [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2005,42(1):11-14.
- [4] 蒋小龙,白 松,肖 枢,等. 为中国昆明国际花卉节把关服务 [J]. 植物检疫,2001,15(2):115-117.
Jiang X L,Bai S,Xiao S, et al. Service for international flower festival in Kunming of China [J]. Plant Quarantine, 2001,15 (2):115-117.
- [5] 张友军,吴青君,徐宝云,等. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害 [J]. 植物保护,2003,29(4):58-59.
Zhang Y J,Wu Q J,Xu B Y, et al. Risk of alien invasive species—the damage of western flower thrips in Beijing [J]. Plant Protection,2003,29(4):58-59.
- [6] 徐家菊,韦丽莉. 临沧市新发现外来有害生物:西花蓟马 [J]. 植物检疫,2005,19(5):294-295.
Xu J J,Wei L L. New exotic pest western flower thrips in Lincang [J]. Plant Quarantine,2005,19(5):294-295.
- [7] 郑长英,刘云虹,张乃芹,等. 山东省发现外来入侵有害生物:西花蓟马 [J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2007,24(3):172-174.
Zheng C Y,Liu Y H,Zhang N Q, et al. Invaded insect pest: *Frankliniella occidentalis* first reported in Shandong province [J]. Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science),2007,24(3):172-174.
- [8] 杨 华,崔元珏,张 升,等. 外来入侵害虫——西花蓟马在新疆的发生为害 [J]. 新疆农业科学,2010,47(11):2252-2253.
Yang H,Cui Y Y,Zhang S, et al. The occurrence and damage of the exotic invasive pest: western flower thrip (*Frankliniella occidentalis*) in Xinjiang [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010,47(11):2252-2253.
- [9] 吴青君,徐宝云,张治军,等. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及分布调查 [J]. 植物保护导刊,2007,27(1):32-34.
Wu Q J,Xu B Y,Zhang Z J, et al. Investigation of Beijing,Zhejiang,Yunnan area plant thrips species and its distribution [J]. China Plant Protection,2007,27(1):32-34.
- [10] 李景柱,鄧军锐,袁成明,等. 西花蓟马在不同豆科蔬菜上的繁殖力 [J]. 贵州农业科学,2009,37(6):114-115.
Li J Z,Zhi J R,Yuan C M, et al. The fecundity of *Frankliniella occidentalis* on different leguminous vegetables [J]. Guizhou Agricultural Sciences,2009,37(6):114-115.
- [11] 严丹侃,汤云霞,贺子义,等. 南京地区西花蓟马发生调查及其分子检测 [J]. 南京农业大学学报,2010,33(4):59-63.
Yan D K,Tang Y X,He Z Y, et al. Survey in Nanjing and the PCR diagnosis of *Frankliniella occidentalis* [J]. Journal of Nanjing Agricultural University,2010,33(4):59-63.
- [12] 王海鸿,雷仲仁,李 雪,等. 西藏发现重要外来入侵害虫:西花蓟马 [J]. 植物保护,2013,39(1):181-183.
Wang H H,Lei Z R,Li X, et al. An important invasive pest, *Frankliniella occidentalis*, inspected in Tibe [J]. Plant Protection,2013,39(1):181-183.
- [13] 刘若思,刘 燕,王 军,等. 重要外来入侵害虫西花蓟马在吉林省部分地区的首次发现 [J]. 北京农学院学报,2015,30(2):24-27.
Liu R S,Liu Y,Wang J, et al. First record of invasive pest *Frankliniella occidentalis* in Jilin province [J]. Journal of Beijing University of Agriculture,2015,30(2):24-27.
- [14] 戴 林,杜予州,张刘伟,等. 西花蓟马在中国的适生性分布研究初报 [J]. 植物保护,2004,30(6):48-51.
Dai L,Du Y Z,Zhang L W, et al. A preliminary study on the suitable establishment areas of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in China [J]. Plant Protection,2004,30(6):48-51.
- [15] 程俊峰,万方浩,郭建英. 入侵昆虫西花蓟马的潜在适生区分析 [J]. 昆虫学报,2006,49(3):438-446.
Cheng J F,Wan F H,Guo J Y. Analysis of potential distribution of the invaded insect *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in China [J]. Acta Entomologica Sinica,2006,49(3):438-446.
- [16] 雷仲仁,问锦曾,王 音. 危险性外来入侵害虫——西花蓟马的鉴别、危害及防治 [J]. 植物保护,2004,30(3):63-66.
Lei Z R,Wen J Z,Wang Y. Invasive risk pest——identification, harm and control of *Frankliniella occidentalis* [J]. Plant Protection,2004,30(3):63-66.
- [17] Yudin L S, Cho J J, Mitchell W C. Host range of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special references to *Leucaena glauca* [J]. Environmental Entomology,1986,15(6):1292-1295.
- [18] Wijkamp I, Almarza N, Goldbach R, et al. Distinct levels of specificity in thrips transmission of tospoviruses [J]. Phytopathology,1995,85:1069-1074.
- [19] Gardener M C, Tompkins C M, Whipple O C. Spotted wilt of truck crops and ornamental plants [J]. Phytopathology,1935, 25:17.
- [20] Bezerra I C, De Resende R O, Pozzer L, et al. Increase of tospoviral diversity in Brazil with the identification of two new tospovirus species, one from chrysanthemum and one from zucchini [J]. Phytopathology,1999,89:823-830.
- [21] 刘 宁,任 立,张润志,等. 西花蓟马的鉴别及其与近缘种的区别人 [J]. 昆虫知识,2005,42(3):345-347.
Liu N,Ren L,Zhang R Z, et al. Identification of the western flower thrip (*Frankliniella occidentalis*) and its related species [J]. Chinese Bulletin of Entomology,2005,42(3):345-

- 347.
- [22] 盖海涛, 鄧军锐, 李肇星, 等. 西花蓟马和花蓟马在温度逆境下的存活率比较 [J]. 生态学杂志, 2010, 29(8): 1533-1537.
Gai H T, Zhi J R, Li Z X, et al. Survival rates of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella intonsa* after exposure to adverse temperature conditions [J]. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(8): 1533-1537.
- [23] 张治科. 西花蓟马嗅觉相关蛋白鉴定及功能研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
Zhang Z K. Identification and function analysis of olfactory relative protein in *Frankliniella occidentalis* [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2015.
- [24] Zhang Z K, Lei Z R. Identification, expression profiling and fluorescence-based binding assays of a chemosensory protein gene from the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* [J]. PLoS ONE, 2015, 10(1): e0117726.
- [25] 张治科, 吴圣勇, 雷仲仁. 西花蓟马化学感受蛋白的 cDNA 克隆、时空表达分析及组织定位 [J]. 昆虫学报, 2015, 58(1): 1-14.
Zhang Z K, Wu S Y, Lei Z R. cDNA cloning, expression profiling and immunolocalization of a chemosensory protein in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera; Thripidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2015, 58(1): 1-14.
- [26] 张治科, 吴圣勇, 雷仲仁. 西花蓟马气味结合蛋白的 cDNA 克隆、序列分析及时空表达 [J]. 中国农业科学, 2016, 49(6): 1106-1116.
Zhang Z K, Wu S Y, Lei Z R. Cloning, sequence analysis and expression profile of an odorant binding protein gene in western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(6): 1106-1116.
- [27] 郑伯平, 郑长英, 顾松东, 等. 白三叶草生长期西花蓟马的空间分布型变化 [J]. 环境昆虫学报, 2010, 32(1): 1-5.
Zheng B P, Zheng C Y, Gu S D, et al. The changes of spatial distribution of *Frankliniella occidentalis* during the *Trifolium repens* growing season [J]. Journal of Environmental Entomology, 2010, 32(1): 1-5.
- [28] 李志敏, 杨 珺, 陈艳秋, 等. 昆明大棚月季上西花蓟马种群动态与空间分布 [J]. 西南农业学报, 2009, 22(4): 966-971.
Li Z M, Yang J, Chen Y Q, et al. Population dynamics and spatial distribution of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) of rosein Kunming [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2009, 22(4): 966-971.
- [29] 蒋兴川, 张 勇, 桂富荣, 等. 辣椒植株上西花蓟马的种群动态和空间分布 [J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2011, 26(4): 465-471.
Jiang X C, Zhang Y, Gui F R, et al. Population dynamic and spatial distribution of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in different period of pepper [J]. Journal of Yunnan Agricultural University(Natural Science), 2011, 26(4): 465-471.
- [30] 刘 凌, 陈 斌, 李正跃, 等. 石榴西花蓟马的空间分布格局及理论抽样数 [J]. 西南农业学报, 2014, 27(4): 1672-1677.
Liu L, Chen B, Li Z Y, et al. Spatial distribution pattern and theoretical sampling of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera; Thripidae) on pomegranate [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2014, 27(4): 1672-1677.
- [31] 路 虹, 宫亚军, 石宝才, 等. 西花蓟马在黄瓜和架豆上的空间分布型及理论抽样数 [J]. 昆虫学报, 2007, 50(11): 1187-1193.
Lu H, Gong Y J, Shi B C, et al. Spatial distribution pattern and sampling of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera; Thripidae), on cucumber and green bean [J]. Acta Entomologica Sinica, 2007, 50(11): 1187-1193.
- [32] 张治科, 杨彩霞, 高立原. 甘草萤叶甲空间分布型初步研究 [J]. 西北农业学报, 2005, 14(2): 74-77.
Zhang Z K, Yang C X, Gao L Y. Preliminary study on spatial distribution pattern of *Diorhbdia tarsalis* Weise [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2005, 14(2): 74-77.
- [33] 张治科. 甘草萤叶甲生物学、生态学特性及综合防治的研究 [D]. 银川: 宁夏大学, 2005.
Zhang Z K. Studies on biological and ecological characteristics and integrated control of *Diorhbdia tarsalis* Weise [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2005.
- [34] 张治科, 杨彩霞, 高立原. 沙蒿金叶甲空间分布型及抽样技术研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(4): 99-104.
Zhang Z K, Yang C X, Gao L Y. Study on the spatial distribution pattern of *Chrysolina aeruginosa* fald and its sampling technique [J]. Journal of Northwest A&F University(Nat Sci Ed), 2007, 35(4): 99-104.
- [35] 陈雪娇, 字秋艳, 刘雅婷, 等. 温室非洲菊上西花蓟马种群动态和空间分布 [J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2012, 27(2): 176-182.
Chen X J, Zi Q Y, Liu Y T, et al. Population dynamics and spatial distribution of western flower thrip on flowers of *Gerbera jamesonii* in greenhouse [J]. Journal of Yunnan Agricultural University(Natural Science), 2012, 27(2): 176-182.