

不同花色菊花品种上西花蓟马种群密度及雌雄性比

张晓明¹ 姚茹瑜² 张宏瑞¹ 桂富荣¹ 李正跃^{1*}

(1. 云南农业大学植物保护学院, 云南生物资源保护与利用国家重点实验室, 昆明 650201;

2. 云南农业职业技术学院园林园艺学院, 昆明 650212)

摘要: 为明确不同花色菊花品种上西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 发生情况及种群变化规律, 利用蓝色粘虫板调查了大棚种植的7种单色(黄色、橙色、白色、绿色、粉色、紫色、红色)以及4种双色(黄绿、黄红、白绿、黄白)菊花品种上不同时期西花蓟马的种群密度及雌雄性比。结果表明, 根据四分位法得到西花蓟马的发生早期与菊花苗期重合, 主要发生期与菊花开花期重合, 发生晚期为切花后生长期。在所有单色菊花品种中, 西花蓟马在黄色菊花品种上的种群密度最高, 主要发生期虫口密度达19.98头/板; 且雌雄性比最大, 为5.85, 显著高于其它单色菊花品种上的雌雄性比。在所有双色菊花品种中, 黄绿菊花品种上的西花蓟马种群密度最高, 主要发生期虫口密度达26.89头/板, 显著高于其它双色菊花品种上数量, 且雌雄性比也最大, 为6.87。菊花开花是导致西花蓟马种群迅速上升和种群中雌虫比例迅速增加的主要原因, 且西花蓟马偏好为害与黄色花色相关的菊花品种。
关键词: 颜色; 菊花; 西花蓟马; 种群密度; 性比

Population density and sex ratio of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum cultivars of different flower colors

Zhang Xiaoming¹ Yao Ruyue² Zhang Hongrui¹ Gui Furong¹ Li Zhengyue^{1*}

(1. State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Biological Resources in Yunnan, College of Plant

Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan Province, China; 2. Garden

Horticulture College, Yunnan Vocational and Technical College of Agriculture,

Kunming 650212, Yunnan Province, China)

Abstract: The aim of this study is to describe population densities and population dynamics of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum cultivars with different flower colors under greenhouse conditions. Seven different chrysanthemum cultivars with single-color (yellow, orange, white, green, pink, purple, red), and four cultivars with bicolored flowers (yellow-green, yellow-red, white-green, yellow-white) were investigated using blue sticky boards. The results showed that, according to the quartile method, the early occurrence stage of *F. occidentalis* coincided with the chrysanthemum seedling stage; the main occurrence stage was overlapped with the flowering period of chrysanthemum, and the late stage of *F. occidentalis* followed cut flower growth period. The chrysanthemum cultivar with yellow colored flowers hosted the highest population and its density reached to 19.98 thrips per sticky board during the main active season of *F. occidentalis*, and also had the significantly highest female : male ratio 5.85 among all of the single-colored cultivars during flowering. Densities on mixed-color chrysanthemum cultivars were generally higher, with the yellow-green flowers hosting the signifi-

基金项目: 云南农业大学自然科学基金青年科研基金(2016ZR18), 云南省教育厅科学研究基金(2014Y202), 国家公益性行业(农业)科研专项(20110326)

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: kmlizhengyue@163.com

收稿日期: 2016-11-11

cantly highest population density and its density reached to 26.89 thrips per sticky board during the main active season, and the highest female : male ratio was 6.87, also on yellow-green flowers. Yellow-green flowers hosted the significantly highest population densities and female : male ratio on all of them. Flowering was the main reason for the rapid increase in *F. occidentalis* population densities and female-skewed sex ratios. *Frankliniella occidentalis* preferred to settle on chrysanthemum with yellow flower color, even when mixed with other colors.

Key words: color; chrysanthemum; *Frankliniella occidentalis*; population density; sex ratio

菊花起源于中国,是我国十大传统名花之一,在世界鲜切花消费中为仅次于月季的第2大品种(陆继亮,2012)。据统计,目前世界上菊花鲜切花的产销量达50多亿支,主要集中在日本、韩国和欧美国。中国切花菊年消费量约5亿支,总销售额约为700万美元;其中日本是切花菊最大消费国,年消费量超过20亿支、总销售额约为10亿美元,另有菊花种苗年需求量约13亿株(陆继亮,2012)。云南省具有光照充足、雨量充沛的气候条件,适合菊花生产。

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 隶属于缨翅目锯尾亚目蓟马科花蓟马属,是一种重要的世界性蔬菜、花卉等园艺植物害虫,具有很强的单雌生殖能力,迁移能力比较差,但可借助苗木和花卉的调运等活动向世界各地扩散(van Rijn et al., 1995; Kirk & Terry, 2003; 左太强等, 2015);该虫除了直接为害寄主植物外,还可传播番茄斑萎病毒(*Tomato spotted wilt virus*, TSWV)和凤仙花坏死斑病毒(*Impatiens necrotic spot virus*, INSV)(Kritzman et al., 2002; Jones, 2005)。该虫原产于北美洲,最早记载于1895年采集自美国的杏树叶片、马铃薯叶片及杂草上(Beshear, 1983)。1997年,西花蓟马列入我国《潜在的进境植物检疫危险性病、虫、杂草名单》;2003年在我国北京市首次被报道,现已在云南、浙江、山东等省均有发生(张友军等, 2003; 吕要斌等, 2011)。

西花蓟马主要以锉吸式口器取食菊花的茎、叶及花,为害后导致茎上形成伤疤、叶片皱缩、花瓣退色,最终可使植株枯萎,同时还能传播多种病毒病,严重影响了菊花的外观品质与商品价值(王慧等, 2014)。明确菊花上西花蓟马种群动态是提高预测预报准确率及防治的基础,目前有关不同花色品种上西花蓟马的为害情况尚未见报道。因此,为了摸清现有菊花主要花色品种上西花蓟马的种群动态及为害情况,确定不同花色菊花品种上西花蓟马的最佳防治时期,本研究在昆明市嵩明县花卉示范园区菊花种植基地,对主要菊花花色品种上西花蓟马的种群动态及雌雄种群发生情况进行系统调查,以期

为菊花抗虫品种的培育及大棚菊花上西花蓟马的防控提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菊花品种:根据云南省昆明市嵩明县小街镇云南省花卉示范园区内的菊花种苗及鲜切花植场大棚内种植的菊花品种情况,选择调查的菊花品种有:虹之澜依(黄色花朵,单色系),为了便于区分,文中该品种简称为黄色;虹之静娴(橙色花朵,单色系),简称为橙色;虹之白露(白色花朵,单色系),简称为白色;兰茂绿茵(绿色花朵,单色系),简称为绿色;虹之芳若(粉红色花朵,单色系),简称为粉色;虹之紫塞(紫色花朵,单色系),简称为紫色;虹之长袖(红色花朵,单色系),简称为红色;虹之流朱(黄绿色花朵,双色系),简称为黄绿;虹之绘春(黄红色花朵,双色系),简称黄红;虹之玲珑(白绿色花朵,双色系),简称为白绿;虹之玉兔(黄白色花朵,双色系),简称为黄白。每个大棚面积为8 000 m²,大棚内菊花为斑块式种植,每个小区(斑块)的面积约80 m²(20 m×4 m),小区之间的距离约2 m,每个小区种植1种菊花品种,小区在大棚内随机分布。大棚内菊花于5月28—31日种植,9月15日切割。

供试粘虫板:依据《中国颜色名称》命名分类原则(尹泳龙, 1997),从成都比昂科技有限公司定做对西花蓟马诱集效果最好的海蓝色粘虫板(吴青君等, 2007),规格为15 cm×20 cm。

药剂及仪器:70%吡虫啉(imidacloprid)可湿性粉剂,江苏克胜集团股份有限公司。深邦高压手动充电背负式20 L喷雾器,台州市深邦园艺用品有限公司;SZ51奥林巴斯解剖镜,日本奥林巴斯株式会社。

1.2 方法

1.2.1 西花蓟马调查时期的划分

将西花蓟马的发生时期分成3个时期:发生早期、主要发生期和发生晚期,并且利用这3个发生时期的3个时间节点即西花蓟马发生虫头数占到整个

发生期调查总虫头数的25%、50%和75%时将发生时段分成4部分,即四分位法。将各发生时期西花蓟马种群发生数量占整个发生期调查总虫头数量的比例设为 R ,那么当 $R<25\%$ 时为第1分位, $25\%\leq R<50\%$ 为第2分位, $50\%\leq R<75\%$ 为第3分位, $75\%\leq R\leq 100\%$ 为第4分位。调查得到的西花蓟马种群数在 $R<25\%$ 时的时期定义为发生早期, $25\%\leq R<75\%$ 之间的时期定义为主要发生期, $75\%\leq R\leq 100\%$ 的时期定义为发生晚期,将 $R=50\%$ 时的日期定义为整个发生期中的种群最高峰(Fazekas et al., 1997; Zhang et al., 2014)。

1.2.2 西花蓟马的调查方法

在采集不同菊花品种上西花蓟马种群时,为了避免盘拍法带来的人为误差,或者直接采集花朵无法调查菊花在非开花期的西花蓟马种群数量带来的缺点,本试验选择粘虫板来监测不同菊花品种上的西花蓟马种群数量。调查共选取4个大棚,每个大棚内每一菊花品种随机选择4个小区进行调查,每个小区菊花品种上面随机悬挂5块粘虫板,分别将粘虫板用专门制成的铁丝架悬挂在超过菊花顶部5 cm的位置,所有粘虫板均按照南北朝向悬挂,粘虫板之间的距离大于3 m,小区中种植的菊花品种株高及生长期基本一致。调查的西花蓟马为大棚内自然暴发种群,调查期从菊花种植后大约45 d菊花苗长至约30 cm高、隐约观察到菊花花蕾时开始,直至菊花开花切割后20 d止,每10 d调查1次,共调查9次,每次调查时将粘虫板从铁丝架拆下更换新的粘虫板,拆下来的粘虫板用塑料保鲜膜双面封住,标记后带回室内,在解剖镜下检查西花蓟马的数量及性别。调查期间菊花苗常规水肥管理,大约每隔6~15 d施用1次农药,施药时间分别为7月14日、7月26日、8月5日、8月11日、8月21日、8月29日、9月1日、9月10日、9月16日、9月22日,共施用10次,所用农药为吡虫啉。

1.3 数据分析

试验数据采用SAS 8.0软件进行统计分析,采用单因素方差分析法比较不同花色菊花品种上西花蓟马的种群数量及雌雄性比,应用Tukey's HSD法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同花色菊花品种上西花蓟马的发生情况

2.1.1 种群数量

根据四分位法得到西花蓟马的发生期:发生早

期与菊花苗期重合,主要发生期与菊花开花期重合,发生晚期为切花后生长期。不同单色菊花品种间的西花蓟马种群动态变化规律基本一致,即均在9月初菊花盛开期达到最高峰,之后随着花势逐渐衰弱而开始下降,至9月中旬大棚中的菊花被全部切割后,西花蓟马的种群数量急剧下降。在整个调查过程中,黄色菊花品种上的西花蓟马种群数量均最高,在最高峰时达26.75头/板,其它单色品种上的西花蓟马数量为:橙色:22.67头/板,绿色:20.00头/板,紫色:16.00头/板,粉红:15.50头/板,白色:13.33头/板,红色:12.33头/板(图1-A)。在发生早期($F_{6,21}=1.17$, $P=0.6833$)和发生晚期($F_{6,21}=2.047$, $P=0.0833$),7种单色菊花品种上的西花蓟马种群数量无显著差异;在主要发生期,黄色菊花品种上的西花蓟马种群数量显著高于白色、粉红和红色菊花品种($F_{6,21}=7.18$, $P=0.0013$)。在整个调查期,黄色和橙色菊花品种上的西花蓟马种群数量显著高于红色和白色菊花品种,但黄色和橙色菊花品种间无显著差异($F_{6,56}=5.17$, $P=0.0003$)。

不同双色菊花品种上的西花蓟马种群数量变化规律与单色品种上的规律相似,在菊花开花前即发生早期,所有双色品种上的西花蓟马种群数量处于较低值,均低于10头/板;随着菊花开花,西花蓟马种群数量迅速上升,到花朵盛开期9月4日,种群数量达最高值,此时各双色品种上的西花蓟马数量为:黄绿:38.83头/板,黄红:29.11头/板,黄白:19.00头/板,白绿:13.80头/板(图1-B)。在发生早期,4种双色菊花品种上的西花蓟马种群数量无显著差异($F_{3,12}=1.22$, $P=0.5433$);在主要发生期,黄绿菊花品种上的西花蓟马种群数量显著高于白绿、黄红和黄白菊花品种,黄红菊花品种上的种群数量显著高于白绿和黄白品种,白绿和黄白菊花品种之间种群数量无显著差异($F_{3,12}=20.48$, $P<0.0001$);在发生晚期,黄绿菊花品种上的西花蓟马种群数量显著高于其余3种双色菊花品种,且后三者之间无显著差异($F_{3,12}=6.48$, $P=0.0004$)(表1)。

单色系和双色系菊花品种上的西花蓟马种群数量在发生早期($df=9$, $T=0.63$, $P=0.5418$)和主要发生期($df=9$, $T=0.18$, $P=0.8586$)无显著差异;在发生晚期,双色系上的西花蓟马种群数量显著高于单色系上的数量($df=9$, $T=0.98$, $P=0.0386$)。

2.1.2 雌雄性比

在发生早期,不同单色菊花品种上的西花蓟马雌性种群数量均高于雄性种群数量,但各单色品种

间的雌雄性比无显著差异($F_{6,21}=1.08, P=0.7811$);在主要发生期,黄色菊花品种上的西花蓟马种群雌雄性比最高($F_{6,21}=8.65, P=0.0002$);在发生晚期,黄色菊花品种上的雌雄性比最高,橙色上最低,其余5种单色品种上的雌雄性比无显著差异($F_{6,21}=4.46, P=0.0033$)(表1)。在整个调查期,雌性种群数量均高于雄性种群数量,在主要发生期,大部分单色菊花品种上的雌雄性比均达到最高值;在菊花切割后,雌雄性比下降,但大部分品种上的西花蓟马雌性种群数量是雄性种群数量的2倍以上。

在发生早期,4种双色菊花品种上的西花蓟马雌性种群数量均大于雄性种群数量,但雌雄性比无显著差异($F_{3,12}=1.48, P=0.4004$);在主要发生期,西花蓟马雌性种群数量迅速升高,在黄绿品种上的雌雄性比达到6.87,显著高于其余3种双色品种,黄白品种上的雌雄性比显著高于黄红和白绿品种上的雌雄性比,黄红和白绿品种间的雌雄性比无显著差异($F_{3,12}=5.33, P=0.0084$);在发生晚期,黄绿品种上的雌雄性比显著高于黄红和黄白品种上的雌雄性比($F_{3,12}=3.32, P=0.0122$)(表1)。

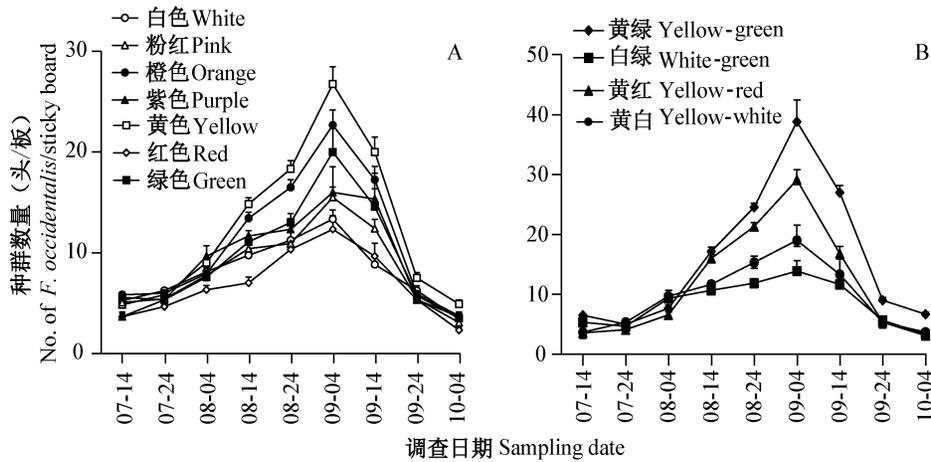


图1 不同单色(A)和双色(B)菊花品种上的西花蓟马种群动态

Fig. 1 Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* on single-colored (A) or bicolored (B) chrysanthemum cultivars 图中数据为平均数±标准误。Data in the figure are mean±SE.

表1 不同单色和双色花朵菊花品种上不同发生期的西花蓟马种群数量和雌雄性比

Table 1 The population quantity and sex ratio of *Frankliniella occidentalis* on different single-colored and bicolored flowers of chrysanthemum cultivars occurring in different seasons

色系 Color type	花朵颜色 Flower color	种群数量 Population quantity (头/板)			雌雄性比 Sex ratio		
		发生早期 Early season	主要发生期 Main season	发生晚期 Late season	发生早期 Early season	主要发生期 Main season	发生晚期 Late season
单色 Single color	黄色 Yellow	6.56±0.35 a	19.98±1.17 a	6.21±0.46 a	1.84±0.40 a	5.85±0.81 a	4.07±0.62 a
	橙色 Orange	6.58±0.33 a	17.46±1.04 ab	4.83±0.36 a	1.76±0.27 a	4.65±0.67 b	1.80±0.42 c
	白色 White	6.54±0.32 a	10.79±0.78 c	4.83±0.36 a	2.24±0.36 a	3.29±0.47 c	3.69±0.28 b
	绿色 Green	6.17±0.26 a	14.67±1.42 b	4.63±0.32 a	1.86±0.25 a	4.50±0.61 bc	3.74±0.46 b
	粉红 Pink	6.08±0.29 a	12.31±0.70 c	4.25±0.27 a	1.85±0.29 a	3.38±0.42 c	3.45±0.46 bc
	紫色 Purple	6.22±0.68 a	13.83±1.68 b	4.50±0.68 a	2.08±0.47 a	4.00±0.68 bc	3.32±0.39 bc
	红色 Red	4.89±0.32 a	9.83±1.01 c	3.83±0.33 a	1.85±0.37 a	3.30±0.37 c	3.45±0.37 bc
双色 Bicolor	黄绿 Yellow-green	6.39±0.34 a	26.89±1.03 a	7.83±0.40 a	1.80±0.35 a	6.87±0.89 a	4.25±0.64 a
	黄红 Yellow-red	4.74±0.33 a	20.81±1.07 b	4.22±0.29 b	2.08±0.34 a	3.82±0.68 c	2.26±0.41 b
	白绿 White-green	6.44±0.30 a	12.02±1.08 c	4.50±0.30 b	1.69±0.25 a	3.56±0.73 c	3.68±0.49 ab
	黄白 Yellow-white	6.22±0.68 a	14.83±1.68 c	4.50±0.68 b	1.94±0.55 a	5.20±0.82 b	2.08±0.30 b

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母分别表示经 Tukey's HSD 法检验在不同单色系菊花品种间和不同双色系菊花品种间差异显著($P<0.05$)。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among different single-color or bicolor flower types of chrysanthemum cultivars by Tukey's HSD test ($P<0.05$).

在整个调查期,单色系和双色系菊花品种上西花蓟马的雌雄性比无显著差异(发生早期: $df=9, T=0.45, P=0.6625$; 主要发生期: $df=9, T=-0.98, P=0.3536$; 发生晚期: $df=9, T=0.54, P=0.7008$)。

2.2 不同色系菊花品种上西花蓟马的发生情况

2.2.1 种群数量

黄色及其混合花色品种之间比较:黄绿和黄红2个品种上的西花蓟马种群数量在9月初菊花盛开期均高于黄色菊花品种上的种群数量(图 2-A)。在发生早期,黄色菊花品种上的西花蓟马种群数量与黄色混合色各品种间均无显著差异($F_{3,12}=2.73, P=0.0603$);在主要发生期,黄绿菊花品种上的西花蓟马种群数量显著高于黄色、黄红及黄白3个品种,黄色和黄红菊花品种上的种群数量显著高于黄白菊花品种,黄色和黄红2个品种间种群数量无显著差异($F_{3,12}=43.19, P<0.0001$);在发生晚期,黄绿品种上的西花蓟马种群数量显著高于黄红和黄白2个品种($F_{3,12}=7.41, P=0.0045$)(表2)。

绿色及其混合花色品种之间比较:黄绿品种上的西花蓟马种群数量从菊花产生花蕾的8月中旬开始显著上升,到菊花盛开期9月初时接近40头/板,而绿色和白绿品种上均低于20头/板(图 2-B)。在

发生早期,绿色、黄绿和白绿品种间的西花蓟马种群数量无显著差异($F_{2,9}=1.73, P=0.2319$);在主要发生期($F_{2,9}=48.37, P<0.0001$)和发生晚期($F_{2,9}=30.68, P<0.0001$),黄绿品种上的西花蓟马种群数量显著高于绿色和白绿品种,分别是后二者的1.83倍和2.24倍(表2)。

白色及其混合花色品种之间比较:白色、白绿和黄白品种上的西花蓟马种群数量除主要发生期外都相对较低,全年最高峰时均低于20头/板(图 2-C)。在发生早期($F_{2,9}=1.28, P=0.4656$)和发生晚期($F_{1,12}=0.78, P=0.6621$),三者之间的西花蓟马种群数量无显著差异;在主要发生期,黄白品种上的种群数量显著高于白色和白绿品种($F_{2,9}=8.65, P=0.0032$),分别是后二者的1.37倍和1.23倍(表2)。

红色与黄红品种之间比较:红色菊花品种上西花蓟马的种群数量相对较低,波动较平稳,黄红菊花品种上的西花蓟马种群数量于菊花花蕾期时开始升高,到菊花盛开期时达到最高值(图 2-D)。在发生早期($F_{1,6}=1.38, P=0.3435$)和发生晚期($F_{1,6}=1.41, P=0.2875$),黄红与红色2个品种上的西花蓟马种群数量无显著差异;在主要发生期,黄红品种上的种群数量显著高于红色品种($F_{1,6}=63.44, P<0.0001$)(表2)。

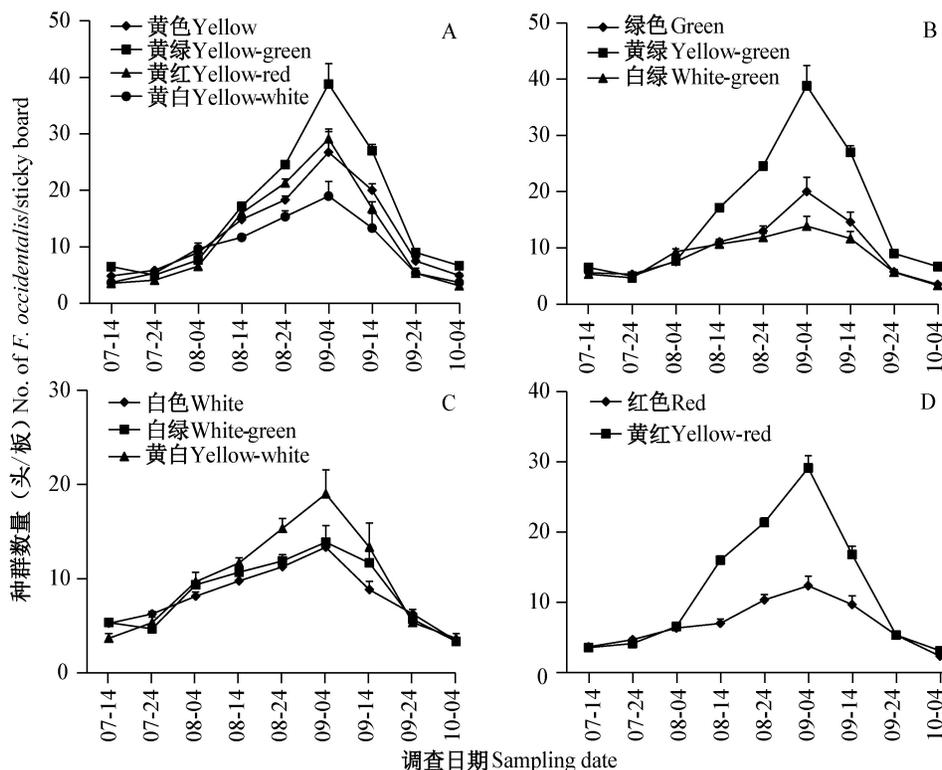


图2 不同单色及其混合花色菊花品种上西花蓟马的种群动态

Fig. 2 Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum cultivars with different single-color and bicolor flowers
图中数据为平均数±标准误。Data in the figure are mean±SE.

2.2.2 雌雄性比

黄色及其混合花色品种之间比较:在发生早期,黄色品种及其混合色各品种间的西花蓟马雌雄性比均无显著差异($F_{3,12}=1.11, P=0.7613$);在主要发生期,黄绿品种上的西花蓟马雌雄性比显著高于黄红品种($F_{3,12}=9.86, P<0.0001$);在发生晚期,黄色和黄绿2个品种上的雌雄性比显著高于黄红和黄白2个品种($F_{3,12}=8.66, P<0.0001$)(表2)。

绿色及其混合花色品种之间比较:在发生早期($F_{2,9}=1.25, P=0.3995$)和晚期($F_{2,9}=1.03, P=0.5322$),绿色品种及其混合花色各品种间的西花蓟马雌雄性比均无显著差异;在主要发生期,黄绿品种上的西花蓟马雌雄性比显著高于绿色和白绿品种($F_{2,9}=6.98,$

$P=0.0048$)(表2)。

白色及其混合花色品种之间比较:在发生早期,白色品种上的雌雄性比显著高于白绿品种($F_{2,9}=10.88, P<0.0001$);在主要发生期,黄白品种上的雌雄性比显著高于白色和白绿品种($F_{2,9}=3.69, P=0.0201$);在发生晚期,白色和白绿品种上的雌雄性比显著高于黄白品种($F_{2,9}=4.90, P=0.0060$)(表2)。

红色与黄红品种之间比较:在发生早期($F_{1,6}=1.44, P=0.5561$)和主要发生期($F_{1,6}=0.94, P=0.8006$),红色与黄红品种上的西花蓟马雌雄性比间无显著差异;在发生晚期,红色品种上的雌雄性比显著高于黄红品种($F_{1,6}=5.66, P=0.0075$)(表2)。

表2 不同单色及其混合花色菊花品种上不同发生期西花蓟马种群数量与雌雄性比

Table 2 The population quantity and sex ratio of *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum cultivars with different single-color and its bicolor flowers occurring in different seasons

颜色组合 Color combination	花朵颜色 Flower color	种群数量 Population quantity (头/板)			雌雄性比 Sex ratio		
		发生早期 Early season	主要发生期 Main season	发生晚期 Late season	发生早期 Early season	主要发生期 Main season	发生晚期 Late season
黄色及其 混合花色 Yellow and its bicolor	黄色 Yellow	6.56±0.35 a	19.98±1.17 b	6.21±0.46 ab	1.84±0.40 a	5.85±0.81 ab	4.07±0.62 a
	黄绿 Yellow-green	6.39±0.34 a	26.89±1.03 a	7.83±0.40 a	1.80±0.35 a	6.87±0.89 a	4.25±0.64 a
	黄红 Yellow-red	4.74±0.33 a	20.81±1.07 b	4.22±0.29 b	2.08±0.34 a	3.82±0.68 b	2.26±0.41 b
	黄白 Yellow-white	6.22±0.68 a	14.83±1.68 c	4.50±0.68 b	1.94±0.55 a	5.20±0.82 ab	2.08±0.30 b
绿色及其 混合花色 Green and its bicolor	绿色 Green	6.17±0.26 a	14.67±1.42 b	4.63±0.32 b	1.86±0.25 a	4.50±0.61 b	3.74±0.46 a
	黄绿 Yellow-green	6.39±0.34 a	26.89±1.03 a	7.83±0.40 a	1.80±0.35 a	6.87±0.89 a	4.25±0.64 a
	白绿 White-green	6.44±0.30 a	12.02±1.08 b	4.50±0.30 b	1.69±0.25 a	3.56±0.73 c	3.68±0.49 a
白色及其 混合花色 White and its bicolor	白色 White	6.54±0.32 a	10.79±0.78 b	4.83±0.36 a	2.24±0.36 a	3.29±0.47 b	3.69±0.28 a
	白绿 White-green	6.44±0.30 a	12.02±1.08 b	4.50±0.30 a	1.69±0.25 b	3.56±0.73 b	3.68±0.49 a
	黄白 Yellow-white	6.22±0.68 a	14.83±1.68 a	4.50±0.68 a	1.94±0.55 ab	5.20±0.82 a	2.08±0.30 b
	红色及其 混合花色 Red and its bicolor	红色 Red	4.89±0.32 a	9.83±1.01 b	3.83±0.33 a	1.85±0.37 a	3.30±0.37 a
	黄红 Yellow-red	4.74±0.33 a	20.81±1.07 a	4.22±0.29 a	2.08±0.34 a	3.82±0.68 a	2.26±0.41 b

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母分别表示经 Tukey's HSD 法检验在同一颜色组合内不同单色及其混合花色菊花品种间差异显著($P<0.05$)。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among different single-color and its bicolor flower types of chrysanthemum cultivars by Tukey's HSD test ($P<0.05$).

3 讨论

西花蓟马对不同单色和不同双色菊花品种的趋性不一致,无论是在整个发生期还是在主要发生期(菊花盛开期),黄色与黄绿花色菊花品种上诱集到的西花蓟马种群数量均最高,且在主要发生期以黄绿花色品种上的西花蓟马种群数量为最高。这与李江涛等(2008)用不同颜色比例色板诱集西花蓟马种群数量得到的结果相类似,认为合适的2种颜色比例配制出来的粘虫板上诱集量较单一颜色色板上诱集量大。本研究结果表明,黄色或与黄色混合花色菊花品种上的西花蓟马种群数量高于相应的单色品种,表明菊花花朵颜色的差别是导致不同菊花品种对西花蓟马吸引能力差别的主要因素。本研究中,黄绿菊花品种上的西花蓟马种群数量在所有颜色中最多,黄色菊花品种诱集到的西花蓟马种群数量在所有单色品种中最大。这与 Matteson & Terry (1992)报道的淡紫色对西花蓟马的诱集能力好于黄色的结果不一致,可能是由于寄主植物不同和环境差异造成的,在本研究中,单色菊花品种上西花蓟马的种群数量相对较低,可能除了花朵颜色之外,植物的类型也会对西花蓟马为害情况有较大影响。本研究结果显示了寄主植物菊花的花色类型是决定西花蓟马为害程度的重要指标,亦从颜色的角度证明了西花蓟马对不同颜色的趋向性有较大差别。

在西花蓟马种群的主要发生期即菊花的开花期,黄色品种上的雌雄性比在所有单色品种中最高;而黄绿品种上的雌雄性比在所有双色品种中最高。本试验结果显示,在西花蓟马的主要发生期,种群数量较高的花色品种上其雌雄性比也相应较高,特别是菊花盛开期9月初,所有菊花品种中雌虫在整个种群中的比例均迅速上升,达到整个发生期的最高值。西花蓟马有较强的孤雌生殖能力,所以西花蓟马雌虫种群在整个种群中比例的上升意味着对菊花的潜在为害程度加重。Smits et al.(2000)在室内利用Y型管研究了西花蓟马性别对颜色的趋性,发现与雄虫相比,雌虫更趋向于黄色和蓝色粘虫板。这与本研究中不同菊花颜色对西花蓟马的趋性影响有较大差异的结果相一致,本研究从寄主植物花色的角度验证了西花蓟马雌虫更趋向于为害黄色或者黄色混合花色菊花品种,由此导致雌雄种群性比升高,种群数量增加。西花蓟马在选择开花植物时,花色是一个主导因素(Smits et al., 2000)。Teulon et al. (1999)在风洞中的研究表明,寄主植物的颜色

是主导西花蓟马飞行的主要因素,而不是气味。本研究也显示出相似的结果,菊花开花期不同花色是吸引西花蓟马为害的主要因素,不同花色菊花品种上的西花蓟马种群数量在主要发生期即开花期出现了明显的升高,且不同的颜色升高程度不一致,在黄红混合色系品种上升高最快,而在菊花未开花时段各品种间的西花蓟马种群数量无显著差异,也证明花期对西花蓟马种群数量有较大影响。

在本研究调查过程中,大棚中不定期的根据实际情况施用吡虫啉控制西花蓟马等害虫,但害虫的种群没有因为吡虫啉的施用得到有效控制,在施药后的1~3 d内西花蓟马种群数量有所下降,但没有得到明显控制,这可能是由于本研究种植区调查的大棚内主要是生产菊花种苗,而种苗的生产过程中西花蓟马的直接影响较小,因此管理相对较为粗放。另一个原因就是长期在大棚内施用同一种农药吡虫啉,可能导致了该园区的西花蓟马种群产生了较强的抗性。王泽华等(2011)和王圣印等(2012; 2014)的研究表明寿光、青岛、北京和昆明等市的西花蓟马种群对吡虫啉均产生了不同程度的抗性或交互抗性。随着同一种农药施用频次的增加,农药对天敌的影响导致大棚内的天敌种群锐减,失去了对西花蓟马的控制能力,在本研究调查过程中发现西花蓟马的天敌如小花蝽类、草蛉类的种群数量极少,而其中的东亚小花蝽 *Orius sauteri* 和中华草蛉 *Chrysopa sinica* 是控制西花蓟马的重要天敌,因此也导致了西花蓟马种群数量的持续上升(张安盛等, 2007; 2008)。

本研究中的混合花色并非是整个花朵均匀有规律的混合色,如整个花朵以黄色为主色调时,其外围花瓣黄色比较明显,在花心处会出现其它颜色,这种黄色及其它颜色混合色系菊花品种中西花蓟马种群密度与其它色系上的西花蓟马种群密度相比均不同程度的增加。说明了黄色和绿色混合色对西花蓟马种群吸引力具有一定的增效作用,且这种增效作用对西花蓟马雌性种群的吸引力较雄虫大。曹宇等(2015a, b)室内测定了西花蓟马对花卉寄主颜色的选择性,与其它颜色相比,趋向于黄色的美人蕉花和槐花;吴青君等(2007)测定了18种颜色对西花蓟马的诱集效果,发现波长为438.2~506.6 nm的海蓝色诱集效果最好;孙猛等(2010)研究结果显示不同颜色粘虫板对不同颜色切花月季上西花蓟马成虫的诱集效果不同;蓝色是对西花蓟马成虫最有诱集力的颜色(Matteson & Terry, 1992; Brødsgaard, 1994; 李

江涛等, 2008); Cho et al. (1995)报道在西红柿上利用黄色粘板诱捕的西花蓟马数量明显多于蓝色粘板。这些结果说明了西花蓟马对颜色的趋性跟颜色的波长有密切联系。本研究结果表明, 黄色及其混合色系菊花上西花蓟马种群数量较大, 推测这种增效作用的规律在于2种花色混合之后的波长接近于西花蓟马的较喜好波长范围438.2~506.6 nm时, 西花蓟马趋于选择为害。黄色波长为530~610 nm, 绿色波长为492~577 nm, 2种颜色混配后的波长与西花蓟马喜好的波长范围有较大重叠, 说明了西花蓟马趋向于黄绿花色菊花品种上为害的主要原因是该花色最接近西花蓟马的喜好波长。这将为菊花上西花蓟马的物理控制技术提供更多的选择, 在利用西花蓟马对颜色的趋性进行粘虫板诱集时, 黄绿色具有更好的诱集效果。但在防治大棚中菊花鲜切花上的西花蓟马时, 若所种植的菊花花色波长接近438.2~506.6 nm时, 所使用的化学防治或者物理防治的标准与其它品种相比应更高, 不能一概而论, 这也为菊花品种的选育提出了一个新的思考。

菊花的鲜切花在满足内需的同时, 大部分产品面向日韩等国外市场, 出口过程中, 西花蓟马是严重阻碍菊花鲜切花出口的重要因素, 所以在针对满足市场需求的同时, 尽可能培育或者种植西花蓟马喜好程度较小的花色品种, 或者为害程度不一致的品种尽量不要混种在一起, 以免交叉为害。本研究是以花卉公司生产基地作为调查点, 调查过程中大量高频次施用农药, 是否也在较大程度上影响了西花蓟马对菊花花色品种的选择和雌虫种群的迅速增加, 以及西花蓟马大棚种群在该环境下的体内生理代谢机制等内容有待于进一步研究。

致谢: 丹麦奥胡斯大学 Gábor L. Lövei 教授及云南农业大学杜云龙教授帮忙修改润色本文的英文标题及摘要部分, 特此致谢。

参 考 文 献 (References)

- Beshear RJ. 1983. New records of thrips in Georgia (Thysanoptera: Terebrantia: Tubulifera). *Journal of the Georgia Entomological Society*, 18(3): 342-344
- Brødsgaard DHF. 1994. Effect of photoperiod on the bionomics of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 117(1/5): 498-507
- Cao Y, Liu Y, Wang C, Xiong ZL, Li C. 2015a. The selectivity of *Frankliniella occidentalis* for the color and volatiles of four host plants. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(2): 446-453 (in Chinese) [曹宇, 刘燕, 王春, 熊正利, 李灿. 2015a. 西花蓟马对花卉寄主颜色和挥发物的选择性. *应用昆虫学报*, 52(2): 446-453]
- Cao Y, Liu Y, Xiong ZL, Wang C, Li C. 2015b. Oviposition preference of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* to different horticultural host plants. *Journal of Plant Protection*, 42(5): 741-748 (in Chinese) [曹宇, 刘燕, 熊正利, 王春, 李灿. 2015b. 西花蓟马对不同花卉寄主的产卵选择性. *植物保护学报*, 42(5): 741-748]
- Cho K, Eckel CS, Walgenbach JF, Kennedy GG. 1995. Comparison of colored sticky traps for monitoring thrips populations (Thysanoptera: Thripidae) in staked tomato fields. *Journal of Entomological Science*, 30(2): 176-190
- Fazekas J, Kadar F, Sarospataki M, Lovei GL. 1997. Seasonal activity, age structure and egg production of the ground beetle *Anisodactylus signatus* (Coleoptera: Carabidae) in Hungary. *European Journal of Entomology*, 94(4): 473-484
- Jones DR. 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *European Journal of Plant Pathology*, 113(2): 119-157
- Kirk WDJ, Terry LI. 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(4): 301-310
- Kritzman A, Gera A, Raccach B, van Lent JWM, Peters D. 2002. The route of tomato spotted wilt virus inside the thrips body in relation to transmission efficiency. *Archives of Virology*, 147(11): 2143-2156
- Li JT, Deng JH, Liu ZS, Duan DX, Ding YM, Liu GQ, Xiao C. 2008. The attractiveness of different colors to *Frankliniella occidentalis*. *Plant Quarantine*, 22(6): 360-363 (in Chinese) [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]
- Lu JL. 2012. China has become the largest supplier of chrysanthemum seedlings in Japan. *China Green Times*, 2012-6-19 (B01) (in Chinese) [陆继亮. 2012. 我国成为日本最大菊花苗供应国. *中国绿色时报*, 2012-6-19 (B01)]
- Lü YB, Zhang ZJ, Wu QJ, Du YZ, Zhang HR, Yu Y, Wang ED, Wang MH, Wang MQ, Tong XL, et al. 2011. Research progress of the monitoring, forecast and sustainable management of invasive alien pest *Frankliniella occidentalis* in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 488-496 (in Chinese) [吕要斌, 张治军, 吴青君, 杜予州, 张宏瑞, 于毅, 王恩东, 王鸣华, 王满困, 童晓立, 等. 2011. 外来入侵害虫西花蓟马防控技术研究及示范. *应用昆虫学报*, 48(3): 488-496]
- Matteson NA, Terry LI. 1992. Response to color by male and female *Frankliniella occidentalis* during swarming and non-swarming behavior. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63(2): 187-201
- Smits PH, van Deventer P, de Kogel WJ. 2000. Western flower thrips: reactions to odours and colours. *Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society*, 11: 175-180
- Sun M, Zhi JR, Yao JJ, Ma C. 2010. Taxis of *Frankliniella occidentalis* to different sticky colored cards on cut rose. *Northern Horticulture*, (10): 186-188 (in Chinese) [孙猛, 郅军锐, 姚加加, 马纯. 2010. 不同颜色粘虫板对切花月季上西花蓟马诱集效果. *北方*

- 园艺, (10): 186-188]
- Teulon DAJ, Hollister B, Butler RC, Cameron EA. 1999. Colour and odour responses of flying western flower thrips: wind tunnel and greenhouse experiments. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93(1): 9-19
- van Rijn PCJ, Mollema C, Steenhuis-Broers GM. 1995. Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. *Bulletin of Entomological Research*, 85(2): 285-297
- Wang H, Xue JP, Liu L, Chen ZX, Li ZY, Zhang HR. 2014. Species of thrips and seasonal population dynamics of western flower thrips on chrysanthemum seedling. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 29(4): 494-499 (in Chinese) [王慧, 薛建平, 刘浪, 陈志星, 李正跃, 张宏瑞. 2014. 菊花种苗蓟马种类和西花蓟马种群季节动态. 云南农业大学学报, 29(4): 494-499]
- Wang SY, Yu Y, Liu YJ. 2012. Cross-resistance and biochemical resistance mechanisms of emamectin-benzoate resistant population of *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Plant Protection*, 39(2): 159-165 (in Chinese) [王圣印, 于毅, 刘永杰. 2012. 西花蓟马抗甲氨基阿维菌素苯甲酸盐种群的交互抗性 with 生化抗性机制. 植物保护学报, 39(2): 159-165]
- Wang SY, Zhang AS, Li LL, Men XY, Zhou XH, Zhai YF, Liu YJ, Wei SJ, Yu Y. 2014. Insecticide resistance status of field populations of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in China and its control strategies. *Acta Entomologica Sinica*, 57(5): 621-630 (in Chinese) [王圣印, 张安盛, 李丽莉, 门兴元, 周仙红, 翟一凡, 刘永杰, 魏书军, 于毅. 2014. 西花蓟马田间种群对常用杀虫剂的抗性现状及防治对策. 昆虫学报, 57(5): 621-630]
- Wang ZH, Hou WJ, Hao CY, Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ. 2011. Monitoring the insecticide resistance of the field populations of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in Beijing area. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 542-547 (in Chinese) [王泽华, 侯文杰, 郝晨彦, 吴青君, 徐宝云, 张友军. 2011. 北京地区西花蓟马田间种群的抗药性监测. 应用昆虫学报, 48(3): 542-547]
- Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ, Zhang ZJ, Zhu GR. 2007. Taxis of western flower thrips to different colors and field efficacy of the blue sticky cards. *Plant Protection*, 33(4): 103-105 (in Chinese) [吴青君, 徐宝云, 张友军, 张治军, 朱国仁. 2007. 西花蓟马对不同颜色的趋性及蓝色粘虫板的田间效果评价. 植物保护, 33(4): 103-105]
- Yin YL. 1997. China color name. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese) [尹泳龙. 1997. 中国颜色名称. 北京: 地质出版社]
- Zhang AS, Li LL, Yu Y, Men XY. 2007. Functional response and searching rate of *Chrysopa sinica* larvae on *Frankliniella occidentalis* nymphs. *Journal of Plant Protection*, 34(3): 247-251 (in Chinese) [张安盛, 李丽莉, 于毅, 门兴元. 2007. 中华草蛉幼虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应与搜寻效应. 植物保护学报, 34(3): 247-251]
- Zhang AS, Yu Y, Men XY, Li LL. 2008. Predation of *Orius sauteri* nymphs on *Frankliniella occidentalis* nymphs. *Journal of Plant Protection*, 35(1): 7-11 (in Chinese) [张安盛, 于毅, 门兴元, 李丽莉. 2008. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食作用. 植物保护学报, 35(1): 7-11]
- Zhang XM, Yang NW, Wan FH, Lövei GL. 2014. Density and seasonal dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) Mediterranean on common crops and weeds around cotton fields in northern China. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(10): 2211-2220
- Zhang YJ, Wu QJ, Xu BY, Zhu GR. 2003. Invasive alien species - western flower thrips damage occurred in Beijing. *Plant Protection*, 29(4): 58-59 (in Chinese) [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]
- Zuo TQ, Zhang B, Zhang ST, Zheng CY, Wan FH. 2015. Combined effects of high temperature and acetamiprid on life table parameters of the F₁ offspring of the treated *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(7): 767-775 (in Chinese) [左太强, 张彬, 张绍婷, 郑长英, 万方浩. 2015. 高温和啮虫脒处理西花蓟马对其 F₁ 代生命表参数的联合作用. 昆虫学报, 58(7): 767-775]

(责任编辑: 李美娟)