

西花蓟马对花卉寄主颜色和挥发物的选择性*

曹宇** 刘燕 王春 熊正利 李灿***

(贵阳学院生物与环境工程学院, 有害生物控制与资源利用贵州省教育厅特色重点实验室, 贵阳 550005)

摘要 【目的】探究寄主颜色、挥发物在西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 寄主选择中的作用。【方法】采用叶碟法和 Y 型嗅觉仪法, 测定了西花蓟马对 4 种寄主 (黄花美人蕉、黄花槐、凤尾兰和夹竹桃) 的颜色和挥发物的选择性。【结果】颜色选择中, 西花蓟马最偏好夹竹桃的叶, 黄花槐和黄花美人蕉的花; 对叶、花总的偏好性次序为黄花美人蕉 (花) > 黄花槐 (花) > 凤尾兰 (花) > 黄花美人蕉 (叶) > 夹竹桃 (叶) > 黄花槐 (叶) > 凤尾兰 (叶) > 夹竹桃 (花)。挥发物选择中, 与空气对照时, 西花蓟马都显著偏好寄主的叶和花; 叶相互对照中, 最为偏好黄花美人蕉和黄花槐; 花相互对照中, 最为偏好黄花美人蕉; 叶与花对照时, 西花蓟马对花的偏好性显著强于叶, 其对寄主叶、花挥发物总的偏好性为黄花美人蕉 (花) > 黄花槐 (花) > 凤尾兰 (花) > 夹竹桃 (花) > 黄花美人蕉 (叶) > 黄花槐 (叶) > 夹竹桃 (叶) > 凤尾兰 (叶), 与其对颜色的偏好性并不完全一致。【结论】寄主颜色和挥发物对西花蓟马的寄主选择有着重要影响, 西花蓟马不仅对不同寄主的颜色和挥发物有不同偏好性, 对寄主不同器官的颜色和挥发物也具有不同的偏好性。

关键词 西花蓟马, 寄主选择性, 颜色, 挥发物, Y 型嗅觉仪

The selectivity of *Frankliniella occidentalis* for the color and volatiles of four host plants

CAO Yu** LIU Yan WANG Chun XIONG Zheng-Li LI Can***

(Key & Special Laboratory of Guizhou Education Department for Pest Control and Resource Utilization, College of Biology and Engineering of Environment, Guiyang University, Guiyang 550005, China)

Abstract [Objectives] To explore the role of host color and volatiles on the host selectivity of *Frankliniella occidentalis*(Pergande). [Methods] The selectivity of *F. occidentalis* for the color and volatiles of four hosts, *Cannaceae indica* var. *flava*, *Sophora xanthantha*, *Yucca gloriosa* and *Nerium indicum*, was tested. Color choices were conducted by observation in petri-dishes and olfactory responses were measured in a Y-tube olfactometer. [Results] Of the four host plants tested, *F. occidentalis* preferred the leaf color of *N. indicum*, but preferred the flower color of *S. xanthantha* and *C. indica* var. *flava*. The general order of color preference was *C. indica* var. *flava* (flower) > *S. xanthantha* (flower) > *Y. gloriosa* (flower) > *C. indica* var. *flava* (leaf), *N. indicum* (leaf) > *S. xanthantha* (leaf), *Y. gloriosa* (leaf), *N. indicum* (flower). In the olfaction tests, *F. occidentalis* preferred host leaves and flowers to clean air. With respect to host leaves, *F. occidentalis* mostly preferred *C. indica* var. *flava* and *S. xanthantha*, whereas with respect to host flowers it preferred to *C. indica* var. *flava*. *F. occidentalis* preferred flower volatiles of to leaf volatiles from any of 4 host plants. The general order of volatile preference was *C. indica* var. *flava* (flower) > *S. xanthantha* (flower) > *Y. gloriosa* (flower) > *N. indicum* (flower) > *C. indica* var. *flava* (leaf) ≥ *S. xanthantha* (leaf), *N. indicum* (leaf) > *Y. gloriosa* (leaf), which is not completely consistent with the order of color preference. [Conclusion] Host color and volatiles have significant influence in the selectivity of *F.*

* 资助项目 Supported projects: 贵州省高校特色重点实验室平台建设项目 (黔教合 KY 字[2011]001, 黔教合 KY 字[2012]013); 贵州省普通高校创新人才团队建设项目 (黔教合人才团队字[2012]05 号); 贵州省教育厅生态学重点学科 (黔学位合字 ZDXK[2013]08); 贵州省科技厅联合基金 (黔科合 LH[2014]7178 号); 贵阳学院教改项目

**第一作者 First author, E-mail: yucaosuccess@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: lican790108@163.com

收稿日期 Received: 2014-03-27, 接受日期 Accepted: 2014-06-18

occidentalis. Not only did *F. occidentalis* have different preferences with respect to the color and volatiles of different hosts, but also to those of different host organs.

Key words *Frankliniella occidentalis*, host selectivity, color, volatiles, Y-tube olfactometer

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 属缨翅目 Thysanoptera, 蓟马科 Thripidae, 是世界范围内重要的一种农林经济害虫(吕要斌等, 2004; Morse and Hoddle, 2006), 其对寄主植物的叶、花、果实等都能造成不同程度的危害, 且危害寄主广泛(Kirk, 1997)。由于西花蓟马个体小, 危害具有很强的隐蔽性, 在造成经济损失前很难发现, 因此, 及早发现是及时制定其防治措施的关键, 研究西花蓟马的寄主选择行为有助于西花蓟马早期监测策略的制定(Mainali and Lim, 2011)。

寄主植物的颜色被认为是西花蓟马寻找寄主的重要线索(Chu *et al.*, 2005; 曹宇等, 2012), 因此, 不同颜色的粘虫板可用于西花蓟马的种群监测和防治(Vernon and Gillespie, 1995; Mainali and Lim, 2010; Pizzol *et al.*, 2010)。寄主植物挥发物是影响西花蓟马寄主选择的另一重要因素(Teulon *et al.*, 1999; Koschier *et al.*, 2000), 如西花蓟马通过花香找到寄主(Teulon *et al.*, 1993; Terry, 1997), 非芳香的烟酸乙酯(Ethyl nicotinate)对西花蓟马也有吸引力(Koschier *et al.*, 2000)。因此, 寄主颜色和气味都影响着西花蓟马对寄主的选择, 但对于大多数属于开花的寄主植物来说, 西花蓟马对于花器官及花卉植物的危害尤为严重(Terry, 1997; Pearsall, 2000), 所以有学者认为寄主花器官在西花蓟马寄主定位中起着更为重要的作用(Pearsall, 2000; Mainali and Lim, 2011)。但目前相关寄主颜色、挥发物对西花蓟马寄主选择的影响多数集中在蔬菜寄主的研究(李景柱等, 2010; 钟锋等, 2010; Zhong *et al.*, 2011; 曹宇等, 2012; Cao *et al.*, 2014), 鲜有涉及花卉寄主的报道。黄花美人蕉 *Cannaceae indica* var. *flava*、黄花槐 *Sophora xanthantha*、凤尾兰 *Yucca gloriosa* 和夹竹桃 *Nerium indicum* 是我国城市绿化中常用到的 4 种花卉植物, 通过调查, 笔者发现西花蓟马对其有

不同的危害。因此, 为探讨花卉寄主颜色、挥发物等对西花蓟马寄主选择的影响, 本文选取黄花美人蕉、黄花槐、凤尾兰和夹竹桃 4 种景观花卉寄主(叶和花)为研究对象, 研究西花蓟马对寄主花、叶的颜色及气味的偏好性, 为阐明西花蓟马对花卉寄主的选择机制、城市化进程中景观花卉植物上西花蓟马的防治奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

西花蓟马采自贵阳学院各类植物上, 带回实验室在人工气候室以四季豆饲养 3 代后作为实验虫源。实验在人工气候箱(RXZ 系列多段可编程智能人工气候箱, RTOP-Y 系列)中进行, 试验条件为温度(25 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 湿度 $70\% \pm 5\%$, 光周期 14L:10D。

1.2 实验寄主

黄花美人蕉、黄花槐、凤尾兰和夹竹桃 4 种寄主的花和叶片, 采自贵阳学院生物与环境工程学院苗圃, 寄主生长期间不喷洒农药。

1.3 西花蓟马对寄主颜色的选择

采用叶碟法(周福才等, 2008; 曹宇等, 2012)。取黄花美人蕉(黄色)、黄花槐(黄色)、凤尾兰(白色)、夹竹桃(粉红色)4 种寄主完全开放的花瓣, 切成边长为 2 cm 的正方形, 在一张湿滤纸上随机排列一圈, 然后用透明度较好的保鲜膜将放有寄主植物的湿滤纸上下覆盖严密, 以确保叶片中挥发性物质不挥发到外界, 最后将带有叶片的滤纸放入直径 15 cm 的培养皿中。在培养皿中间引入西花蓟马成虫 30 头, 盖上培养皿上盖, 30 min 后观察不同寄主花瓣上西花蓟马成虫数量, 实验重复 5 次。实验在明亮安静的房间内进行, 实验过程中无人干扰, 温度(25 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 。

同时取寄主上部叶片,进行西花蓟马对寄主叶片选择性试验,方法同上。西花蓟马对寄主叶、花同时存在时颜色的选择方法同上,培养皿直径改为 20 cm,实验昆虫数量增加到 60 头。以选择昆虫的数量作为评价指标。

1.4 西花蓟马对寄主挥发物的嗅觉反应

1.4.1 Y 型仪嗅觉实验测定 Y 型仪内径 1.5 cm,两测试臂为 8 cm,夹角为 60°,主臂长 10 cm,气味源分别与两测试臂相连 (Colazza *et al.*, 1997)。此装置以海利 ACO-5504 空气泵 (广东海利有限公司) 为动力,空气流经活性炭和蒸馏水被过滤与加湿后,洁净、湿润的空气被分为流速 (300 mL/min) 相同的两股气流分别流经待测气味源后,两股气流汇集于主臂后进入大气中。为了避免由于周围光强不均匀影响西花蓟马的定向行为,在 Y 型管正上方放置 1 个荧光灯管 (12 W) 使两测试臂的光强一致,室内温度 (25±1) °C。

各称取 40 g 寄主叶 (花) 放入带塞的玻璃瓶 (高 20 cm, 内径 8 cm) 作为气味源,与嗅觉仪用硅胶管连接好后开启气泵,1 头西花蓟马成虫放入 Y 形管主臂,观察其对气味源的选择情况。每头成虫观察 5 min。选择性标准如下:当西花蓟马成虫爬至超过某测试臂 2/3 处,并保持 1 min 以上者,记为该成虫对该臂味源有选择;如成虫 5 min 内未作选择,则记为无反应。每测定 10 头成虫交换气味源,且更换新的同种气味源,换用另一只 Y 型管,并用 95%乙醇清洗刚用过的 Y 型管,吹风机吹干待用。每个处理重复不少于 60 次。每头西花蓟马成虫只使用 1 次,测定顺序随机。

1.4.2 味源处理 同样选取寄主花瓣完全开放时的叶、花作为气味源,味源设置:(1) 4 种寄主叶与干净空气的对照;(2) 4 种寄主花与干净空气的对照;(3) 4 种寄主叶之间相互对照;(4) 4 种寄主花之间的相互对照;(5) 同种或异种寄主之间叶与花之间的相互对照。具体实验操作见 1.4.1。

1.5 数据统计与分析

实验数据用 SPSS18.0 程序进行统计分析,颜色选择采用 Duncan's 新复极差检测法比较不同寄主的差异显著性,嗅觉反应采用 χ^2 检验比较差异显著性。

2 结果与分析

2.1 西花蓟马对寄主颜色的选择

当西花蓟马分别对 4 种寄主的叶、花选择时,均表现出了不同的偏好性 (表 1)。虽然 4 种寄主的叶同为绿色,但西花蓟马仍表现出不同趋性,其对夹竹桃的趋性最高 (10.60 头),明显高于黄花美人蕉 (8.8 头)、黄花槐 (4.80 头) 和凤尾兰 (3.60 头),对黄花槐和凤尾兰两者之间选择性没有明显的差异。对于花,西花蓟马对黄色的黄花槐 (10.00 头) 和黄花美人蕉 (9.80 头) 的花趋性最高,两者之间差异不显著,对凤尾兰白色的花 (4.6 头) 和夹竹桃粉红色的花趋性较低 (1.80 头)。结果显示,西花蓟马对寄主叶、花的颜色的趋性存在明显差异,因此,寄主不同器官的颜色都影响着西花蓟马对寄主的选择。

当寄主叶和花同时存在时,除夹竹桃的花外,西花蓟马对花的选择性显著高于叶 (表 2),且对花的选择与表 1 中单纯花器官的选择顺序一致,黄花美人蕉 (花, 15.40 头)、黄花槐 (花,

表 1 西花蓟马对 4 种寄主同种器官颜色的选择
Table 1 The selectivity of *Frankliniella occidentalis* to the color of the same organ in different hosts

寄主 Host	叶 Leaf	花 Flower
黄花美人蕉 <i>C. indica</i> var. <i>flava</i>	8.80 ± 0.37 b	9.80 ± 0.84 a
黄花槐 <i>S. xanthantha</i>	4.80 ± 0.37 c	10.00 ± 1.22 a
凤尾兰 <i>Y. gloriosa</i>	3.60 ± 0.51 c	4.60 ± 1.14 b
夹竹桃 <i>N. indicum</i>	10.60 ± 0.68 a	1.80 ± 1.09 c

表中数据为平均数±标准误,同一列数据后小写字母不同表示西花蓟马对不同寄主颜色的选择差异性达到显著水平 ($P < 0.05$, Duncan's 新复极差测验法),表 2 同。
Data are mean ± SE, and followed by different letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same with Table 2.

表 2 西花蓟马对寄主不同器官颜色的选择
Table 2 The selectivity of *Frankliniella occidentalis* to the color of the different organs in different hosts

寄主 Host	着虫数 Number of insect
黄花美人蕉 (花) <i>C. indica</i> var. <i>flava</i> (flower)	15.40 ± 0.93 a
黄花槐 (花) <i>S. xanthantha</i> (flower)	14.80 ± 0.73 a
凤尾兰 (花) <i>Y. gloriosa</i> (flower)	9.40 ± 0.51 b
黄花美人蕉 (叶) <i>C. indica</i> var. <i>flava</i> (leaf)	6.40 ± 0.40 c
夹竹桃 (叶) <i>N. indicum</i> (leaf)	6.00 ± 0.55 c
黄花槐 (叶) <i>S. xanthantha</i> (leaf)	2.20 ± 0.37 d
凤尾兰 (叶) <i>Y. gloriosa</i> (leaf)	2.00 ± 0.32 d
夹竹桃 (花) <i>N. indicum</i> (flower)	0.60 ± 0.24 e

14.80 头) > 凤尾兰 (花, 9.40 头) > 夹竹桃 (花, 0.60 头); 西花蓟马对叶的颜色选择和单独的叶色选择趋性基本一致, 不同的是, 黄花美人蕉 (叶, 6.40 头) 与夹竹桃 (叶, 6.00 头) 之间无显著差异。综合表 1 和表 2, 西花蓟马对寄主颜色具有稳定一致的趋性, 对花、叶颜色总的偏好性为黄花美人蕉 (花) > 黄花槐 (花) > 凤尾兰 (花) > 黄花美人蕉 (叶) > 夹竹桃 (叶) > 黄花槐 (叶) > 凤尾兰 (叶) > 夹竹桃 (花), 西花蓟马对颜色的趋性依次为黄色 > 白色 > 绿色 > 粉红色。

2.2 西花蓟马对寄主挥发物的嗅觉反应

相对于对照, 西花蓟马对寄主挥发物有强烈的反应, 对 4 种寄主叶、花的气味有显著的趋性 (表 3)。

对于 4 种寄主叶片的两两选择性测定中, 在黄花美人蕉与黄花槐、黄花槐与夹竹桃的组合中, 西花蓟马均没表现出明显的偏好性 (表 4)。在黄花槐与凤尾兰组合时, 西花蓟马显著偏好黄花槐 ($\chi^2 = 15.077, P < 0.01$), 在其他组合之间, 西花蓟马也都表现出了显著偏好性。根据表 3 和表 4 结果, 西花蓟马对 4 种寄主叶的偏好性依次为黄花美人蕉 > 黄花槐、夹竹桃 > 凤尾兰。

在 4 种寄主花器官的两两选择性测定的实验中, 西花蓟马都做出了显著的偏好性选择。其中在黄花美人蕉分别与凤尾兰、夹竹桃, 黄花槐分别与凤尾兰、夹竹桃组合时, 都显著偏好于黄花美人蕉 ($\chi^2 = 14.878, \chi^2 = 12.519, P < 0.01$) 和黄花槐 ($\chi^2 = 7.143, \chi^2 = 12.519, P < 0.01$), 显著性分析表明西花蓟马对 4 种寄主花气味的趋性为黄花美人蕉 > 黄花槐 > 凤尾兰 > 夹竹桃, 与其对此 4 种寄主叶气味的选择趋性有所不同。在寄主花与叶的选择性实验中, 西花蓟马也有显著性的偏好, 其差异如表 5 所示, 从总体看, 西花蓟马对于花的偏好性显著强于叶。在同种植物花与叶的选择中, 均表现出对花极显著的偏好 (黄

表 3 西花蓟马对寄主挥发物与空气的选择性
Table 3 The selectivity of *Frankliniella occidentalis* to the host volatiles versus clean air

处 理 Treatment	叶 Leaf				花 Flower			
	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant	无选择 NC	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant	无选择 NC
黄花美人蕉 vs 空气 <i>C. indica</i> var. <i>flava</i> vs CA	39 : 12	14.294	**	9	44 : 11	19.800	**	5
黄花槐 vs 空气 <i>S. xanthantha</i> vs CA	43 : 11	18.963	**	6	40 : 14	12.519	**	6
凤尾兰 vs 空气 <i>Y. gloriosa</i> vs CA	35 : 17	6.231	*	8	39 : 16	9.618	**	5
夹竹桃 vs 空气 <i>N. indicum</i> vs CA	40 : 15	11.361	**	5	39 : 18	7.737	**	3

vs : 对比; CA : 干净空气; * $0.01 < P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, N : 无显著性 ($P > 0.05$); NC : 无选择。下表同。
vs: Versus; CA: Clean air; * $0.01 < P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, N: Not significant ($P > 0.05$); NC: No choice. The same below.

表 4 西花蓟马对寄主同种器官挥发物两两对照的选择
Table 4 The selectivity of *Frankliniella occidentalis* to the host volatiles versus each other

处理 Treatment	叶 Leaf				花 Flower			
	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant	无选择 NC	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant	无选择 NC
黄花美人蕉 vs 黄花槐 <i>C. indica</i> var. <i>flava</i> vs <i>S. xanthantha</i>	23 : 27	0.320	N	10	34 : 19	4.245	*	7
黄花美人蕉 vs 凤尾兰 <i>C. indica</i> var. <i>flava</i> vs <i>Y. gloriosa</i>	34 : 18	4.923	*	8	38 : 11	14.878	**	11
黄花美人蕉 vs 夹竹桃 <i>C. indica</i> var. <i>flava</i> vs <i>N. indicum</i>	32 : 17	4.592	*	11	40 : 14	12.519	**	6
黄花槐 vs 凤尾兰 <i>S. xanthantha</i> vs <i>Y. gloriosa</i>	40 : 12	15.077	**	8	38 : 18	7.143	**	4
黄花槐 vs 夹竹桃 <i>S. xanthantha</i> vs <i>N. indicum</i>	29 : 25	0.296	N	6	42 : 10	19.692	**	8
凤尾兰 vs 夹竹桃 <i>Y. gloriosa</i> vs <i>N. indicum</i>	20 : 35	4.091	*	5	35 : 18	5.453	*	7

表 5 西花蓟马对寄主叶与花挥发物对照的选择
Table 5 The selectivity of *Frankliniella occidentalis* to the host leaf volatiles versus flower

花 Flower	黄花美人蕉 <i>C. indica</i> var. <i>flava</i>			黄花槐 <i>S. xanthantha</i>			凤尾兰 <i>Y. gloriosa</i>			夹竹桃 <i>N. indicum</i>		
叶 Leaf	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant	比例 Ratio	卡方值 χ^2	显著性 Significant
黄花美人蕉 <i>C. indica</i> var. <i>flava</i>	16 : 41	10.965	**	17 : 35	6.231	*	19 : 36	5.255	*	20 : 37	5.070	*
黄花槐 <i>S. xanthantha</i>	12 : 39	14.294	**	13 : 37	11.520	**	17 : 35	6.231	*	18 : 35	5.453	*
凤尾兰 <i>Y. gloriosa</i>	10 : 36	14.696	**	17 : 33	5.120	*	15 : 40	11.364	**	16 : 30	4.261	*
夹竹桃 <i>N. indicum</i>	13 : 38	12.255	**	14 : 36	9.680	**	16 : 33	5.898	*	10 : 40	18.000	**

花美人蕉 $\chi^2=10.965$, $P < 0.01$;黄花槐 $\chi^2=11.520$, $P < 0.01$; 凤尾兰 $\chi^2=11.364$, $P < 0.01$; 夹竹桃 $\chi^2=18.000$, $P < 0.01$)。在与其他寄主叶的选择中, 西花蓟马对黄花美人蕉花的偏好性也达到显著程度, 说明西花蓟马对黄花美人蕉的花最为喜好。另外, 对黄花槐花与夹竹桃叶 ($\chi^2=9.680$, $P < 0.01$) 的选择时, 西花蓟马也表现出对黄花槐的极显著偏好, 其他不同寄主之间, 花与叶的组合中, 西花蓟马虽都显著偏好花, 但未达到极显著程度。

结合表 4 和表 5, 可得出西花蓟马对 4 种寄主花、叶的偏好性选择为黄花美人蕉 (花) > 黄花槐 (花) > 凤尾兰 (花) > 夹竹桃 (花) > 黄花美人蕉 (叶) > 黄花槐 (叶) > 夹竹桃 (叶) > 凤尾兰 (叶)。

3 讨论

昆虫的视觉能够感知寄主的形状、运动状态以及颜色, 并能够将这些物理信号与寄主以及寄主相关的化学刺激联系起来, 形成对不同寄主

的不同印象(Finch and Collier ,2000 ;Ninkovic *et al.* , 2011), 因此, 视觉在昆虫的寄主选择和定位过程中有着重要作用。寄主颜色是刺激昆虫视觉系统的重要因素之一, 影响烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) (周福才等, 2008)、松墨天牛 *Monochamus alternatus* (Hope) (Morewood *et al.* , 2012)、美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* (Blanchard)(庞保平等, 2004 ;Martin *et al.* ,2005)等多种昆虫对寄主的寻找及选择。本文中颜色选择实验表明, 寄主颜色对西花蓟马选择性的影响, 既体现在不同寄主间, 也表现在同种寄主不同器官间。根据西花蓟马对寄主叶、花器官颜色的综合选择结果, 其对寄主颜色的偏好性为黄色 > 白色 > 绿色 > 粉红色, 这一结果与吴青君等 (2007)利用不同颜色的粘虫板在田间诱集西花蓟马的结果一致, 与西花蓟马对室内不同光谱波长的趋性也基本一致 (范凡等, 2012), 说明西花蓟马对寄主颜色具有相对稳定的偏好。Mainali 和 Lim (2011)发现, 西花蓟马对六片花瓣的人造黄色花的趋性也很高, 进一步说明寄主的颜色、形状等都会影响西花蓟马的寄主选择, 但目前关于西花蓟马对寄主视觉识别机制尚不清楚。

昆虫对寄主的选择性是对寄主视觉、嗅觉、触觉等多方面的综合反映 (钦俊德, 2001), 并不由某单因素决定。本文中除颜色外, 寄主挥发物是影响西花蓟马寄主选择的又一因素, 这与许多学者关于西花蓟马对寄主偏好性的研究结论一致 (李景柱等, 2010 ;钟锋等, 2010 ; Mainali and Lim , 2011 ; Cao *et al.* , 2014), 且本文进一步发现其对寄主不同部位的挥发物同样有着不同的偏好, 但目前并不确定挥发物的刺激及西花蓟马对挥发物的识别机制。另外, 相对于颜色选择, 西花蓟马对寄主花的颜色偏好并不都强于叶, 而挥发物选择中, 其对花的偏好性都显著强于叶, 说明寄主花的挥发物对西花蓟马有更强的吸引力, 这与田间西花蓟马对寄主花的危害更严重、访问频率较高的田间行为一致 (Terry ,1997 ; Pearsall , 2000)。同时也说明, 花期寄主挥发物的影响强于颜色, 田间对西花蓟马的防治重点应在花上。但寄主非花期或其他情况下的偏好性,

两者何者占主导地位, 有待于进一步研究。从昆虫角度来看, 研究结果表明西花蓟马的视觉与嗅觉功能对寄主的感知不同。因此, 在自然界同种、异种都存在的植物群落中, 寄主形状、大小、表面粗糙程度等都影响昆虫寄主选择的情况下 (钦俊德, 2001 ; 庞保平等, 2004), 西花蓟马如何利用视觉、嗅觉、触觉等功能, 根据寄主的各种因素最终选出自己的适宜寄主, 是研究其寄主选择行为、选择机理的关键。

目前, 寄主颜色、挥发物在西花蓟马寄主定位的作用机制尚不完全清楚, 但实践中根据西花蓟马的相关趋避性, 采取相应措施, 如通过粘虫板及其他陷阱设置用于田间监控、防治西花蓟马 (Frey *et al.* ,1994 ;吴青君等, 2007 ,Mainali and Lim , 2010)。此外, 研究表明受西花蓟马危害后的寄主所释放的挥发物对西花蓟马及其天敌胡瓜钝绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 有更强的吸引力 (钟锋等, 2010 ; Zhong *et al.* , 2011), 结合寄主本身挥发物的吸引, 为开发多种类型的引诱剂用于西花蓟马的生物防治提供了理论支持, 但需对诱剂成分及最佳施用浓度进行进一步研究 (Koschier *et al.* ,2000 ;Suckling *et al.* ,2001), 如苯类、烯类、醛类及更为明确的苯甲醛、2-甲氧基苯甲醛都被证明是对西花蓟马有吸引力的化学物质 (Koschier *et al.* , 2000 ; 王晶玲, 2012)。因此, 利用寄主颜色、挥发物等探索西花蓟马生物防治及综合防治的措施, 需进一步实践摸索。

致谢 :感谢贵州大学昆虫研究所鄧军锐教授对本文写作及实验数据分析的指导, 感谢河南农业大学闫凤鸣教授对本文英文摘要的修改及写作指导。

参考文献 (References)

- Cao Y, Zhi JR, Cong CL, Margolies DC, 2014. Olfactory cues used in host selection by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in relation to host suitability. *J. Insect Behav.*, 27(1): 41–56.

- Cao Y, Zhi JR, Kong YX, Song QZ, 2012. Relationships between host plant selection of *Frankliniella occidentalis* and physical characteristics and secondary plant compounds of host foliage. *Plant Protection*, 38(4): 27–32. [曹宇, 鄧军锐, 孔译贤, 宋琼章, 2012. 西花蓟马寄主选择性与寄主物理性状及次生物质的关系. 植物保护, 38(4): 27–32.]
- Chu CC, Chen TY, Natwick ET, Fitzgerald G, Tuck S, Alexander P, Henneberry TJ, 2005. Light response by *Frankliniella occidentalis* to white fluorescent light filtered through color films and ultraviolet-and blue light-emitting diodes. *Southwest. Entomol.*, 30(3): 149–154.
- Colazza S, Cristiana RM, Clemente A, 1997. Response of egg parasitoid *Telenomus busseolae* to sex pheromone of *Sesamia nonagrioides*. *J. Chem. Ecol.*, 23(11): 2437–2444.
- Fan F, Ren HM, Zhang LP, Wei GS, 2012. Effect of spectral sensitivity and intensity response on the phototaxis of *Frankliniella Occidentalis* (Pergande). *Acta Ecologica Sinica*, 32(6): 1790–1795. [范凡, 任红敏, 吕利华, 张莉萍, 魏国树, 2012. 光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响. 生态学报, 32(6): 1790–1795.]
- Finch S, Collier RH, 2000. Host-plant selection by insects—a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. *Entomol. Exp. Appl.*, 96(2): 91–102.
- Frey JE, Cortada RV, Helbling H, 1994. The potential of flower odours for use in population monitoring of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Perg.) (Thysanoptera: Thripidae). *Biocontrol Sci. Technol.*, 4(2): 177–186.
- Kirk WDJ, 1997. Feeding. //Lewis T (ed.). Thrips as Crop Pests. Oxon: CAB International. 119–174.
- Koschier EH, de Kogel WJ, Visser JH, 2000. Assessing the attractiveness of volatile plant compounds to western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *J. Chem. Ecol.*, 26(12): 2643–2655.
- Li JZ, Zhi JR, Zheng SS, 2010. Host Selectivity of *Frankliniella occidentalis* to different leguminous vegetables. *Guizhou Agricultural Sciences*, 38: 103–105. [李景柱, 鄧军锐, 郑珊珊, 2010. 西花蓟马对不同豆科蔬菜寄主的选择性. 贵州农业科学, 38: 103–105.]
- Lv YB, Bei YW, Lin WC, Zhang JM, 2004. The biology, host and damage of western flower thrips. *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 16(5): 317–320. [吕要斌, 贝亚维, 林文彩, 章金明, 2004. 西花蓟马的生物学特性、寄主范围及危害特点. 浙江农业学报, 16(5): 317–320.]
- Mainali BP, Lim UT, 2010. Circular yellow sticky trap with black background enhances attraction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 45(1): 207–213.
- Mainali BP, Lim UT, 2011. Behavioral response of western flower thrips to visual and olfactory cues. *J. Insect Behav.*, 24(6): 436–446.
- Martin AD, Stanley-Horn D, Hallett RH, 2005. Adult host preference and larval performance of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on selected hosts. *Environ. Entomol.*, 34(5): 1170–1177.
- Morewood WD, Hein KE, Katinic PJ, Borden JH, 2002. An improved trap for large wood-boring insects, with special reference to *Monochamus scutellatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Can. J. Forest Res.*, 32(3): 519–525.
- Morse JC, Hoddle MS, 2006. Invasion of biology of the thrips. *Annu. Rev. Entomol.*, 51: 67–89.
- Ninkovic V, Al Abassi S, Ahmed E, Glinwood R, Pettersson J, 2011. Effect of within-species plant genotype mixing on habitat preference of a polyphagous insect predator. *Oecologia*, 166(2): 391–400.
- Pang BP, Bao ZS, Zhou XR, Cheng JA, 2004. Effects of host volatiles, leaf color, and cuticular trichomes on host selection by *Liriomyza sativae* Blanchard. *Acta Ecologica Sinica*, 24(3): 548–551. [庞保平, 鲍祖胜, 周晓榕, 程家安, 2004. 寄主挥发物、叶色和表皮毛在美洲斑潜蝇寄主选择中的作用. 生态学报, 24(3): 548–551.]
- Pearsall IA, 2000. Flower preference behavior of western flower thrips in the Simikameen valley, British Columbia, Canada. *Entomol. Exp. Appl.*, 95(3): 303–313.
- Pizzol J, Nammour D, Hervouet JP, Bout A, Desneux N, Mailleret L, 2010. Comparison of two methods of monitoring thrips populations in a greenhouse rose crop. *J. Pest Sci.*, 83(2): 191–196.
- Qin JD, Wang CZ, 2001. The relation of interaction between insects and plants to evolution. *Acta Entomologica Sinica*, 44(3) : 361–365. [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.]
- Suckling DM, Gibb AR, Daly JM, Chen X, Brockerhoff EG, 2001. Behavioral and electrophysiological responses of *Arhopalus tristis* to burnt pine and other stimuli. *J. Chem. Ecol.*, 27(6): 1091–1104.
- Terry I, 1997. Host selection communication and reproductive behaviour //Lewis T (ed.). Thrips as Crop Pests. Oxon: CAB International. 65–118.
- Teulon DAJ, Hollister B, Butler RC, Cameron EA, 1999. Colour and

- odour responses of flying western flower thrips: wind tunnel and greenhouse experiments. *Entomol. Exp. Appl.*, 93(1): 9–19.
- Teulon DAJ, Penman DR, Ramakers PMJ, 1993. Volatile chemical for thrips (Thysanoptera: Thripidae) host-finding and applications for thrips pest management. *J. Ecol. Entomol.*, 86(5): 1405–1415.
- Vernon RS, Gillespie DR, 1995. Influence of trap shape, size, and background color on captures of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in a cucumber greenhouse. *J. Ecol. Entomol.*, 88(2): 288–293.
- Wang JL, 2012. The preliminary study on the behavioral responses of *Frankliniella occidentalis* to plant volatiles. Master Degree Dissertation. Xian: Shanxi Normal University. [王晶玲, 2012. 西花蓟马对植物挥发物的行为反应初步研究. 硕士学位论文. 西安: 陕西师范大学.]
- 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*, 21(3): 155–157. [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板的田间效果评价. 植物保护, 21(3): 155–157.]
- Zhong F, He YR, Gao Y, Qi GJ, Zhao CY, Lu LH, 2011. Olfactory responses of *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) to odors of host plants and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)-plant complexes. *Arthropod-Plant Interact.*, 5(4): 315–317.
- Zhong F, He YR, Gao Y, Zhao CY, Li SM, Shao XY, Lv LH, 2010. Host preference of *Frankliniella occidentalis* to three species of Solanaceae Family. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 32(3): 472–478. [钟锋, 何余容, 高燕, 赵成银, 李世茂, 邵晓迎, 吕利华, 2010. 西花蓟马对 3 种茄科植物的选择行为. 江西农业大学学报, 32(3): 472–478.]
- Zhou FC, Huang Z, Wang Y, Li CM, Zhu SD, 2008. Host plant selection of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Ecologica Sinica*, 28(8): 3825–3831. [周福才, 黄振, 王勇, 李传明, 祝树德, 2008. 烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 的寄主选择性. 生态学报, 28(8): 3825–3831.]