

西花蓟马对 4 种花卉寄主的偏好性研究

王 春,曹 宇*,刘 燕,熊正利,覃晓禹

(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,贵州 贵阳 550005)

摘要: 通过研究黄花美人蕉、黄花槐、凤尾兰和夹竹桃 4 种花卉寄主对西花蓟马生长发育、存活率的影响,及西花蓟马对 4 种寄主的颜色选择、自由选择行为,探讨了西花蓟马对 4 种寄主的偏好性。结果表明,西花蓟马在 4 种寄主上的生长发育速率为黄花美人蕉>黄花槐>凤尾兰>夹竹桃,存活率为凤尾兰>黄花美人蕉>黄花槐>夹竹桃。西花蓟马对寄主颜色的选择趋性为黄花美人蕉=黄花槐>凤尾兰>夹竹桃,对寄主自由选择的趋性为黄花槐>黄花美人蕉>凤尾兰>夹竹桃。综上,西花蓟马对黄花美人蕉和黄花槐的偏好性强于凤尾兰和夹竹桃。

关键词: 西花蓟马; 花卉寄主; 生长发育; 颜色; 寄主偏好性

中图分类号: S436.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)03-0083-05

The Preference of *Frankliniella occidentalis* to Different Horticultural Host

WANG Chun, CAO Yu, LIU Yan, XIONG Zhengli, QIN Xiaoyu

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

Abstract: The host preference of *Frankliniella occidentalis* was explored by researching the effect of different hosts on the development and survival of the insects, as well as the colour choice and the free choice behaviors of insects to the hosts. The results showed that the preference level decreased in *Cannaceae indica*, *Sophora xanthantha*, *Yucca gloriosa* and *Nerium indicum*, according to the development period of *F. occidentalis* on the four hosts. *F. occidentalis* showed different preference according to the survival rate versus development period, the highest was on *Y. gloriosa*, followed by *C. indica* and *S. xanthantha*, and the lowest was on *N. indicum*. The preference level decreased in *C. indica*, *S. xanthantha*, *Y. gloriosa* and *N. indicum*, according to the colour choice of *F. occidentalis* to the hosts, while there was no significant difference between *C. indica* and *S. xanthantha*. Similar to the colour choice, the preference level decreased in *S. xanthantha*, *C. indica*, *Y. gloriosa* and *N. indicum*, according to the free choice of *F. occidentalis* to the hosts. From these results, we could conclude that *F. occidentalis* prefers *C. indica* and *S. xanthantha* to *Y. gloriosa* and *N. indicum*.

Key words: *Frankliniella occidentalis*; horticultural host; development; color; host preference

西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)) 是世界范围内重要的农、林业害虫^[1], 也是我国极为重视的一种入侵害虫。西花蓟马寄主广泛, 且对寄主的芽、叶、花、果实等部位均可造成不同程度的危害^[2-3]。为探讨西花蓟马对不同寄主、不同

部位等产生不同危害的原因, 许多学者研究了不同寄主叶片对西花蓟马生长发育、存活、繁殖等生物学、生态学特性影响的差异^[4-6], 通过行为选择探讨其对不同寄主的偏好性^[7-8]。寄主的花对西花蓟马访问寄主的行为有很大的影响^[9], 且西花蓟马对不

收稿日期: 2014-09-15
基金项目: 贵州省联合基金项目(黔科合 LH[2014]7178 号); 贵州省教育厅特色重点实验室平台建设项目(黔教合 KY 字[2011]001); 贵州省教育厅重点学科(生态学)项目(黔学位合字 ZDXK[2013]08)
作者简介: 王 春(1984-), 男, 贵州贵阳人, 实验师, 硕士, 主要从事园林害虫防治研究。
* 通讯作者: 曹 宇(1984-), 男, 四川自贡人, 实验师, 硕士, 主要从事有害生物控制与资源利用研究。
E-mail: yucaosuccess@126.com

同的花具有不同的偏好性^[10]。还有研究指出,在食料中加入植物花粉,对西花蓟马的生长发育、繁殖等有显著的促进作用^[11-13]。为进一步了解西花蓟马在不同寄主花上生物学、生态学等方面的差异,以黄花美人蕉(*Cannaceae indica* var. *flava*)、黄花槐(*Sophora xanthantha*)、凤尾兰(*Yucca gloriosa*)、夹竹桃(*Nerium indicum*) 4 种贵阳学院校园内常见的景观植物的花为食料,研究西花蓟马的生长发育、存活及选择行为等,在一定程度上了解西花蓟马对 4 种花的偏好性,以期经济花卉植物及景观绿化植物上西花蓟马的治理以及西花蓟马抗性品种的培育等提供基础数据和理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源 西花蓟马采自贵州省贵阳市贵阳学院校园内,带回实验室在人工气候室以四季豆豆荚饲养多代后备用。饲养条件为温度(25 ± 1)℃,湿度(70 ± 5)%,光照(L:D = 14:10)。

1.1.2 供试寄主 以黄花美人蕉、黄花槐、凤尾兰、夹竹桃 4 种寄主的花瓣(不含花粉)为食料饲养西花蓟马,花瓣采自贵阳学院园林专业苗圃,寄主未喷洒农药,试验时镜检除卵。

1.2 西花蓟马在不同寄主上的生长发育情况调查

将若干西花蓟马雌、雄成虫分别置于食料为黄花美人蕉、黄花槐、凤尾兰、夹竹桃花瓣的养虫盒内,任其产卵,12 h 后移去成虫,每日 8:00、20:00 在镜下观察养虫盒内花瓣上卵的孵化情况。记录从产卵至孵出若虫的时间,作为卵的发育历期。另将初孵若虫单头挑取在 2.5 mL 的玻璃管中,作为西花蓟马若虫的饲养小室。玻璃管中事先放入寄主花瓣,每种寄主供试若虫为 100 头。每日 8:00、20:00 观察西花蓟马生长发育情况并更换新鲜花瓣,记录西花蓟马在每种寄主上各龄期的发育时间及存活情况。试验条件为温度(25 ± 1)℃,湿度(70 ± 5)%,光照(L:D = 14:10)。

1.3 西花蓟马对不同寄主颜色的选择试验

采用叶碟法^[14]。将黄花美人蕉、黄花槐、凤尾

兰、夹竹桃 4 种寄主花瓣(各 1 片)切成边长约为 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花瓣的湿滤纸上覆盖严密,以确保花瓣挥发性物质不散发到外界,最后将带有花瓣的滤纸放入直径 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,分别在 10 min、20 min 和 30 min 后观察不同寄主花瓣上西花蓟马成虫数量。重复 5 次,成虫供试前饥饿 3 h 左右。试验在明亮安静的房间内进行,试验过程中无人干扰,温度(25 ± 1)℃。

1.4 西花蓟马对不同寄主的自由选择试验

同样采取 1.3 中的叶碟法,不同之处在于放有花瓣的滤纸上下未用保鲜膜密封,目的在于探讨西花蓟马在寄主颜色、挥发物等多因素干扰下对寄主的选择行为。

1.5 数据统计与分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行数据统计和分析,采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同寄主对西花蓟马生长发育的影响

西花蓟马取食 4 种寄主后均能顺利发育成成虫,但不同寄主对其不同发育阶段具有不同的影响(表 1)。西花蓟马卵、一龄若虫、二龄若虫的发育时间在不同寄主之间差异显著,快慢顺序基本上为黄花美人蕉 > 黄花槐 > 凤尾兰 > 夹竹桃。卵、一龄若虫、二龄若虫均在黄花美人蕉上发育最快,分别为 2.93、2.05、2.60 d;在夹竹桃上发育最慢,分别为 3.63、3.48、3.28 d。由于西花蓟马在预蛹、蛹期处于不食不动状态,因此寄主对其发育不会存在影响,但可能由于寄主在其前期发育的累计影响效应,导致西花蓟马在夹竹桃上的预蛹期显著长于黄花美人蕉、黄花槐和凤尾兰,而后三者之间不存在显著性差异。随着时间的推移,寄主累计影响效应减弱,西花蓟马蛹期在 4 种寄主之间不存在显著性差异。整个未成熟期,西花蓟马在黄花美人蕉上发育最快,为 11.03 d;在夹竹桃上发育最慢,为 14.13 d。从西花

表 1 西花蓟马在不同寄主上的发育历期 d

寄主	卵	一龄若虫	二龄若虫	预蛹	蛹	未成熟期
黄花美人蕉	2.93 ± 0.75c	2.05 ± 0.44d	2.60 ± 0.56c	1.48 ± 0.47b	1.95 ± 0.30a	11.03 ± 0.66d
黄花槐	3.23 ± 0.35b	2.65 ± 0.73c	2.73 ± 0.70bc	1.50 ± 0.56b	2.02 ± 0.33a	12.18 ± 0.86c
凤尾兰	3.13 ± 0.65b	3.07 ± 0.49b	2.97 ± 0.57b	1.42 ± 0.31b	2.05 ± 0.33a	12.57 ± 0.57b
夹竹桃	3.63 ± 0.56a	3.48 ± 0.59a	3.28 ± 0.62a	1.73 ± 0.54a	1.98 ± 0.38a	14.13 ± 0.57a

注:同列中小写字母不同表示不同寄主之间在 0.05 水平差异显著,下同。

蓟马在不同寄主上的发育历期来看,西花蓟马对 4 种寄主的偏好性程度依次为黄花美人蕉 > 黄花槐 > 凤尾兰 > 夹竹桃。

2.2 不同寄主对西花蓟马存活率的影响

不同寄主对西花蓟马不同虫态的存活率具有影响(图 1)。寄主对西花蓟马一龄若虫、二龄若虫的影响较大,其中一龄若虫、二龄若虫均在黄花美人蕉上存活率最高,分别为 95.00% 和 92.63%;在夹竹桃上最低,分别为 88.00% 和 81.82%。预蛹、蛹期存活率均较高,其中预蛹期在黄花美人蕉上最高,为 100%,其余均在 95% 以上;蛹期在凤尾兰上最高,为 100%,其余基本在 90% 以上。未成熟期在凤尾兰上的存活率最高,为 81.00%;在夹竹桃上最低,为 66.00%。因此,从未成熟期的存活率来看,西花蓟马对凤尾兰的偏好性最强,其次为黄花美人蕉和黄花槐,最弱为夹竹桃。

由图 2 可知,西花蓟马在 4 种寄主上,从一龄若虫到成虫整个世代存活曲线总体上都呈凹形,即在若虫阶段死亡率较大。但西花蓟马在黄花槐和夹竹桃上的存活曲线,陡峭程度明显强于黄花美人蕉和凤尾兰,即西花蓟马在前两者上的死亡速率大于后两者。因此,西花蓟马对黄花美人蕉和凤尾兰的偏好性强于黄花槐和夹竹桃。

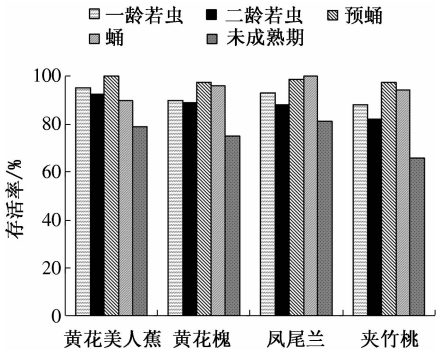


图 1 西花蓟马在不同寄主上的存活率

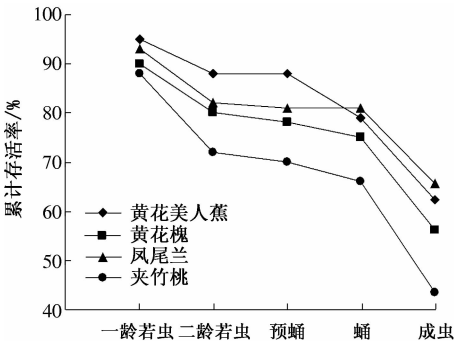


图 2 西花蓟马在不同寄主上的世代累计存活曲线

2.3 西花蓟马对寄主颜色的选择行为

4 种寄主花瓣在颜色上存在巨大差异,有黄色、

白色、粉红色等,西花蓟马对 4 种寄主颜色存在不同的趋性。10 min 内,西花蓟马在黄花美人蕉、黄花槐上的数量相当,分别为 10.60、10.20 头,约相当于凤尾兰的 2 倍,夹竹桃的 4 倍;随着时间的推移,西花蓟马在不同寄主上的数量略有变动,20 min 时,在黄花美人蕉、黄花槐上的数量仍显著高于凤尾兰、夹竹桃;30 min 时,西花蓟马在黄花槐上的数量接近夹竹桃的 6 倍(表 2)。另外,在试验过程中,有极少数西花蓟马游弋在培养皿中央,对寄主未做出选择,因此这极少数西花蓟马未计入试验结果。

表 2 西花蓟马对不同寄主颜色的选择

寄主	成虫数量/头		
	10 min	20 min	30 min
黄花美人蕉	10.60 ± 1.14a	8.60 ± 1.14a	9.80 ± 0.84a
黄花槐	10.20 ± 1.16a	9.40 ± 1.67a	10.00 ± 1.22a
凤尾兰	4.60 ± 1.14b	5.40 ± 0.89b	4.60 ± 1.14b
夹竹桃	2.40 ± 0.89c	3.00 ± 0.71c	1.80 ± 1.09c

由表 2 可见,虽然在 10、20、30 min 时,西花蓟马在 4 种寄主上的数量有所变化,但在 2 种黄色的寄主黄花美人蕉、黄花槐之间,始终无显著性差异,且显著高于其他 2 种寄主。30 min 内,西花蓟马对 4 种寄主保持着稳定的趋性,即黄花美人蕉 = 黄花槐 > 凤尾兰 > 夹竹桃,说明西花蓟马对寄主的颜色有明显的偏好性,且对黄色的趋性最高。

2.4 西花蓟马对不同寄主的自由选择行为

由表 3 可见,西花蓟马对 4 种寄主的自由选择呈现出与颜色选择不同的数量变化,且在 10、20、30 min 时,西花蓟马在 4 种寄主上的数量变化也不同。10 min 内,西花蓟马对夹竹桃的趋性最高(9.60 头),约为凤尾兰的 2 倍,黄花美人蕉与黄花槐上数量相当,两者之间不具有显著差异,西花蓟马对 4 种寄主的偏好性为夹竹桃 > 黄花槐 > 黄花美人蕉 > 凤尾兰;20 min 时,夹竹桃上的西花蓟马数量急剧减少,约为原先的 1/4,此时趋向于黄花美人蕉、黄花槐的西花蓟马数量增多,其对寄主的偏好性顺序为黄花槐 > 黄花美人蕉 > 凤尾兰 > 夹竹桃;30 min 时,西花蓟马在 4 种寄主上的数量虽有变动,但保持着与 20 min 时一致的寄主偏好性,即黄花槐 > 黄花美人蕉 > 凤尾兰 > 夹竹桃。

表 3 西花蓟马对不同寄主的自由选择

寄主	成虫数量/头		
	10 min	20 min	30 min
黄花美人蕉	6.40 ± 1.14bc	8.20 ± 1.30b	7.80 ± 0.84b
黄花槐	6.60 ± 0.89b	10.60 ± 1.14a	11.60 ± 1.14a
凤尾兰	5.20 ± 0.84c	5.60 ± 0.55c	4.20 ± 1.10c
夹竹桃	9.60 ± 0.89a	2.60 ± 0.55d	1.80 ± 0.84d

通过表 2、表 3 的对比发现,在单一的颜色选择中,西花蓟马一开始即表现出明显的偏好性,且在 30 min 内保持着稳定一致的趋性;而在自由选择中,由于受寄主颜色、挥发物及寄主表面物理性状等多因素的影响,西花蓟马对寄主的趋性随着时间的推移,表现出较大的差异。2 种选择,结果有相似之处也有差异,相似点在于西花蓟马对黄花槐、黄花美人蕉的偏好性强于凤尾兰、夹竹桃;差异在于颜色选择中西花蓟马的偏好性在黄花美人蕉与黄花槐之间无显著差异,而自由选择中其对于黄花槐的偏好性显著强于黄花美人蕉,且前者中西花蓟马始终表现出一致的偏好性选择,而后者中西花蓟马在逐步选择中形成一致的寄主偏好性。

3 结论与讨论

昆虫在不同寄主上的发育历期、存活率、产卵量等,可以从不同侧面反映昆虫对寄主的适应性^[15-16]。根据本试验对西花蓟马在 4 种寄主上的研究结果,从发育历期来看,西花蓟马对黄花美人蕉的偏好性最强;从存活率来看,西花蓟马对凤尾兰的偏好性最强;从对寄主颜色的趋性来看,西花蓟马对黄花美人蕉和黄花槐的偏好性最强;从对寄主的自由选择来看,西花蓟马对黄花槐的偏好性最强。因此,从不同侧面探讨西花蓟马对寄主的偏好性,得出了不同的结论,如何综合不同角度系统探讨其对寄主的偏好性,需要进一步研究。

西花蓟马对寄主的偏好性,是西花蓟马长期适应过程中对寄主选择的一种结果。通常认为寄主的挥发物、颜色、形状等对昆虫的寄主定位有很大的影响^[17]。关于颜色对昆虫寄主选择的影响,研究发现美洲斑潜蝇^[18]、烟粉虱^[14]等昆虫对寄主叶的颜色有不同的趋性;而对于西花蓟马,研究发现其对寄主叶及花的颜色都具有不同的偏好性^[8, 19]。本研究显示,西花蓟马对于 4 种花卉寄主花的颜色有着不同的偏好性,且在试验时间内的不同阶段始终保持一致的偏好性,黄花美人蕉(黄色) = 黄花槐(黄色) > 凤尾兰(白色) > 夹竹桃(粉红色),这与吴青君等^[20]采用不同颜色粘虫板田间测试西花蓟马对颜色的趋性结果基本一致,进而通过室内和室外试验证明,颜色对西花蓟马的寄主选择有重要影响,也为从颜色角度防治西花蓟马乃至其他害虫提供了有力的理论与实践支撑。

另有研究表明,寄主气味能影响西花蓟马对寄主的选择^[19, 21-22],本研究中西花蓟马在自由选择时未能很快做出一致的偏好性选择,主要是由于自由

选择中,西花蓟马受寄主挥发物、颜色等多因素的干扰,不能立刻正确选择出偏好的寄主,相似的研究发现在烟粉虱上也有报道^[14, 23]。挥发物对昆虫的最初寄主定位影响最明显^[24-26],但即便有挥发物的干扰,给予昆虫一定时间,昆虫可以根据寄主其他因素对寄主做出选择,如豚草甲虫在仅有非寄主释放挥发物的情况下,可根据寄主颜色找到寄主^[27]。也如本研究自由选择中,西花蓟马在 10 min 时,对寄主的偏好性与 20 min、30 min 及颜色选择明显不同,而后三者一致,说明在前 10 min 时,由于挥发物等因素影响,西花蓟马不能立刻选择出偏好寄主,20 min、30 min 时,西花蓟马通过颜色等因素对寄主做出了稳定一致的偏好性选择,且此时西花蓟马对黄花槐的偏好性显著强于黄花美人蕉,而颜色反应中西花蓟马对此两者的偏好性并无显著差异,这可能是在自由选择中西花蓟马通过寄主物理表面性状等因素对寄主进一步选择的结果。颜色选择与自由选择的过程与结果说明,寄主的多方面因素可影响西花蓟马的偏好性,西花蓟马对寄主的选择是一个涉及嗅觉、视觉、触觉等多方面的复杂反应,但其具体如何运用及运用的先后顺序有待进一步研究,这也是昆虫寄主选择性研究中的重点与难点^[28-29]。

在众多植物群落中,昆虫要找到自己喜欢的寄主,理论上首先需要通过远距离的寄主定位,此阶段主要涉及寄主的挥发物、颜色等因素,昆虫则主要利用嗅觉、视觉等方式寻找寄主^[17, 28, 30];其次,需要昆虫近距离的接触适应^[29, 31-32],此阶段主要涉及昆虫对寄主体表和内部化学成分组成的评估,昆虫可通过接触、取食、产卵等方式来考量寄主此类性状是否适于其最优化生存;最后,昆虫对寄主是否适于栖居做出评判。此 3 个阶段为昆虫选择寄主的基本过程,也是昆虫偏好性寄主筛选的过程^[33]。但实际中,在讨论昆虫寄主偏好性时,往往从昆虫在寄主上的停留、取食、生长存活、产卵等某些固定结果评判,而昆虫是如何通过寄主各种因素、运用各种方式找出偏好寄主的整个过程,是困扰人们的最大难题。因此,从昆虫的各方面行为及其与寄主各方面因素的关系,制定综合性的昆虫寄主偏好指标,是今后研究昆虫—植物之间关系的重要手段。

致谢:贵州大学昆虫研究所邵军锐教授对本文的写作及试验分析给予了宝贵意见,在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] Kirk W D J, Terry L I. The spread of the western flower

- thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande)[J]. Agricultural and Forest Entomology, 2003, 5(4): 301-310.
- [2] Yudin L S, Cho J J, Mitcheu W C. Host range of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special reference to *Leucaena glauca* [J]. Environ Entomol, 1986, 15(6): 1292-1295.
- [3] Chau A, Heinz K M. Influences of fertilization on population abundance, distribution, and control of *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum[J]. Entomol Exp Appl, 2005, 117(1): 27-39.
- [4] 裴昌莹, 郑长英. 西花蓟马在不同寄主植物上的发育历期[J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2010, 27(1): 48-53.
- [5] 袁成明, 邹军锐, 曹宇, 等. 西花蓟马对蔬菜寄主的选择性[J]. 生态学报, 2011, 31(6): 1720-1726.
- [6] 曹宇, 邹军锐, 孔译贤. 西花蓟马在6种蔬菜寄主上的实验种群生命表[J]. 生态学报, 2012, 32(4): 1249-1256.
- [7] 裴昌莹, 郑长英. 西花蓟马对不同蔬菜寄主的选择性研究[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(2): 383-387.
- [8] 曹宇, 邹军锐, 孔译贤, 等. 西花蓟马寄主选择性与寄主物理性状及次生物质的关系[J]. 植物保护, 2012, 38(4): 27-32.
- [9] Bailey S F. The biology of the bean thrips[J]. Hilgardia, 1933, 7: 467-522.
- [10] Pearsall I A. Flower preference behavior of western flower thrips in the Simikameen valley, British Columbia, Canada[J]. Entomol Exp Appl, 2000, 95(3): 303-313.
- [11] van Rijn P C J, Sabelis M W. Does alternative food always enhance biological control? The effect of pollen on the interaction between western flower thrips and its predators[J]. IOBC/WPRS Bulletin, 1993, 16(8): 123-125.
- [12] Hulshof J, Ketoja E, Vanninen I. Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food[J]. Entomol Exp Appl, 2003, 108(1): 19-32.
- [13] Zhi J R, Fitch G K, Margolies D C, et al. Apple pollen as a supplemental food for the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*: Response of individuals and populations[J]. Entomol Exp Appl, 2005, 117(3): 185-192.
- [14] 周福才, 黄振, 王勇. 烟粉虱(*Bemisia tabaci*)的寄主选择性[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3825-3831.
- [15] van Lenteren J C, Noldue L P J J. Whitefly-plant relationships: Behavioral and ecological aspects[M]//Gerling D. Whiteflies: Their hionomics, pest status and management. Andover, UK: Intercept Ltd., 1990: 47-49.
- [16] 庞淑婷, 王树芹, 郭玉玲, 等. 不同番茄品种对B型烟粉虱适应性的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(4): 423-430.
- [17] 庞保平, 程家安. 植物体表与昆虫的关系[J]. 生态学杂志, 1998, 17(4): 52-58.
- [18] 庞保平, 鲍祖胜, 周晓榕, 等. 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[J]. 生态学报, 2004, 24(3): 548-551.
- [19] Mainali B P, Lim U T. Behavioral response of western flower thrips to visual and olfactory cues[J]. J Insect Behav, 2011, 11: 1007-1016.
- [20] 吴青君, 徐宝云, 张友军, 等. 西花蓟马对不同颜色的趋性及蓝色粘板的田间效果评价[J]. 植物保护, 2007, 21(3): 155-157.
- [21] 李景柱, 邹军锐, 郑姗姗. 西花蓟马对不同豆科蔬菜寄主的选择性[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(8): 103-105.
- [22] 钟锋, 何余容, 高燕, 等. 西花蓟马对3种茄科植物的选择行为[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(3): 472-478.
- [23] 张永军, 梁革梅, 倪云霞, 等. 烟粉虱成虫对不同寄主植物的选择性[J]. 植物保护, 2003, 29(2): 20-21.
- [24] Bernays E A, Chapman R F. Host-plant selection by phytophagous insects[M]. New York: Chapman and Hall, 1994: 312.
- [25] Dobson H E M. Relationship between floral fragrance composition and type of pollinator[M]//Dudareva N, Pichersky E. Biology of floral scent. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006: 147-198.
- [26] Yoneya K, Kugimiya S, Takabayashi J. Do adult leaf beetles (*Plagioderma versicolora*) discriminate between odors from intact and leaf-beetle-infested willow shoots? [J]. J Plant Inter, 2009, 4: 125-130.
- [27] Stuart A C, John H B. Additive and synergistic integration of multimodal cues of both hosts and non-hosts during host selection by woodboring insects[J]. Oikos, 2009, 118(4): 553-563.
- [28] Kotl V. Physical and chemical factors landing and oviposition by the cabbage root fly on host-plant models[J]. Entomol Exp Appl, 1993, 66: 109-118.
- [29] 钦俊德, 王琛柱. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系[J]. 昆虫学报, 2001, 44(3): 361-365.
- [30] Prokopy R J, Owens E D. Visual detection of plants by herbivorous insects[J]. Annual Review of Entomology, 1983, 28: 337-364.
- [31] 李典谟, 周立阳. 协同进化——昆虫与植物的关系[J]. 昆虫知识, 1997, 34(1): 45-49.
- [32] Du Y J, Poppy G M, Powell W. Relative importance of semiochemicals from first and second trophic levels in host foraging behavior of *Aphidius ervi* [J]. J Chem Ecol, 1996, 22(9): 1591-1605.
- [33] Vinson S B. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species[J]. Biol Control, 1998, 11: 79-96.