

茶翅蝽成虫对不同植物种类的选择偏好性

徐元^{1,2}, 潘洪生³, 修春丽², 杨益众^{1*}, 陆宴辉^{2*}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009; 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. 新疆农业科学院植物保护研究所, 农业农村部库尔勒作物有害生物科学观测实验站, 乌鲁木齐 830091)

摘要 茶翅蝽是一种重要的农林害虫,近年来在我国的发生为害程度呈现加重趋势。本文通过田间小区试验和室内行为研究,评价了茶翅蝽成虫对不同植物种类的选择偏好程度。在田间 25 科 115 种植物中,84 种植物上调查到茶翅蝽成虫,种群发生密度整体较低,但寒麻、芝麻、红麻、籽粒苋、向日葵、大豆、白花菜等植物上成虫密度相对偏高。在室内 Y 型嗅觉仪测试中,与空白对照相比,茶翅蝽雌雄成虫对苗期和花期的向日葵、大豆、白花菜植株气味均表现出了明显的趋好行为。上述研究结果为深入解析我国茶翅蝽区域分布与发生消长规律提供了科学依据。

关键词 茶翅蝽; 成虫密度; 寄主偏好; 行为选择; 植物挥发物

中图分类号: Q968.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021162

Preference of *Halyomorpha halys* adults to different plant species

XU Yuan^{1,2}, PAN Hongsheng³, XIU Chunli², YANG Yizhong^{1*}, LU Yanhui^{2*}

(1. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, 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. Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Korla, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract *Halyomorpha halys* (Stål) is an important pest in agriculture and forestry, and its occurrence and damage have been increasing in recent years. In this paper, we evaluated the host preference of *H. halys* adults to different plant species by field-plot trial and laboratory behavioral bioassay. Among 115 plant species from 25 families in field plots in 2014 and 2016, *H. halys* adults were found on 84 host plants, and the population densities of *H. halys* adults were generally low, but the population abundance of *H. halys* adults on *Cannabis sativa* was the highest, followed by *Sesamum indicum*, *Hibiscus cannabinus*, *Amaranthus hypochondriacus*, *Helianthus annuus*, *Glycine max*, and *Cleome gynandra*. Meanwhile, the adults showed obvious preference to three host plants (i.e., *H. annuus*, *G. max* and *C. gynandra*) at both seedling and flowering stages when compared with the blank control in Y-tube bioassay. These results provide scientific basis for further analysis of the regional distribution and occurrence pattern of *H. halys* in China.

Key words *Halyomorpha halys*; adult density; host preference; behavioral choice; plant volatile

茶翅蝽 *Halyomorpha halys* (Stål) 属半翅目蝽科,是一种世界性多食性害虫,可为害果树、蔬菜、粮油作物、林木等^[1-3]。茶翅蝽成虫和若虫均可取食为害,以其刺吸式口器刺入果实、植物枝条和嫩叶吸取汁液。在果园,果实被害后轻则会呈现部分凹陷斑,重则可造成果实畸形,严重影响水果的品质和质

量^[4-5]。严重发生时,梨果被害率可达 30%~100%,桃果被害率在 50%以上,苹果在 10%~40%^[6]。2010 年,茶翅蝽在美国为害导致苹果产业损失高达 3 700 万美元^[7]。

茶翅蝽在中国、朝鲜、韩国和日本属于原发性种类^[8],除了在新疆和青海没有报道外,茶翅蝽在我国

收稿日期: 2021-03-17 修订日期: 2021-03-27

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201900);国家棉花产业技术体系(CARS-15-19);天山创新团队计划(2020D14004)

* 通信作者 E-mail: 杨益众 yzyang@yzu.edu.cn;陆宴辉 luyanhui@caas.cn

其他地区均有发生^[1,9]。20 世纪 90 年代以来,茶翅蜡相继传入美国、加拿大和欧洲多国,并有继续扩散成为世界性害虫的趋势^[2,10]。因此,茶翅蜡在国际上引起了广泛关注,研究人员在该害虫的分类、分布、为害、生物学、生态学习性及生物防治等方面开展了大量工作^[2,11-14]。作为一种多食性害虫,茶翅蜡的寄主选择行为、寄主适应能力是研究重点^[8,15-17],为茶翅蜡发生防治提供了重要的基础信息。Bergmann 等^[18]在美国马里兰州通过连续 3 年试验系统调查了 254 种木本植物上茶翅蜡发生情况,从中确认了 88 种寄主植物,并发现被子植物上卵、若虫、成虫密度均显著高于裸子植物上。

本研究通过田间小区试验和室内行为测定,分析了茶翅蜡成虫对我国农田生态系统中常见植物(以草本植物为主)的选择偏好程度,以期为进一步解析我国茶翅蜡区域性发生规律提供重要信息。

1 材料与方法

1.1 田间小区试验

小区试验于 2014 年、2016 年在河北省廊坊市中国农业科学院植物保护研究所廊坊科研中试基地(39.53°N, 116.70°E)开展,共种植 25 科 115 种植物(表 1),植物种类、小区布置、调查方法同吴月坤等^[19]。每种植物每年种植 3 个小区,小区面积为 16 m²(4 m × 4 m),相邻小区间隔 1 m,所有种植小区随机排列。每年 5 月中旬播种,整个试验过程中不施用任何化学农药。6 月下旬至 9 月中旬,利用目测法对各小区不同植物上茶翅蜡成虫的种群数量进行系统调查。每 5 d(2014 年)或 7 d(2016 年)调查一次,每个小区每次随机调查 4 点,每点调查 1 m × 1 m。2014 年、2016 年分别调查 14 次、13 次。茶翅蜡成虫的种类鉴定参考何振昌等^[20]和张金平等^[1]。

1.2 室内行为测定

茶翅蜡成虫从中国农业科学院植物保护研究所廊坊科研中试基地的农田采集。饲养于边长为 20 cm 的养虫盒中,用玉米和四季豆混合进行继代饲养。养虫室温度为(25 ± 2)℃、相对湿度(60 ± 5)%、光照周期 L//D=14 h//10 h。饲养 1~3 代后,2~5 日龄茶翅蜡成虫用于选择行为反应试验。

向日葵 *Helianthus annuus*、大豆 *Glycine max*、

白花菜 *Cleome gynandra* 均为田间小区种植,采用常规的农事管理措施,整个生育期不施用任何化学农药。供试植株用 80 目的防虫网罩住,以防止茶翅蜡等昆虫为害。

应用 Y 型嗅觉仪测试茶翅蜡成虫对 3 种寄主植物的选择行为反应。对于每种植物,苗期处理设置为植物枝条 vs. 空白,花期处理设置为植物枝条 + 花 vs. 空白,选取 2~5 日龄成虫并饥饿 4 h 后用于试验,雌雄成虫各测试 60 头。茶翅蜡成虫寄主选择行为反应测试的 Y 型嗅觉仪组装及测试方法参照 Pan 等^[21]。试验前,先用清水清洗寄主植物枝条或带花枝条,剪取适宜长度后(鲜重 15 g ± 0.5 g),伤口处用湿润的脱脂棉包裹,然后放入锥形瓶内作为气味源,纯净空气为空白对照。Y 型嗅觉仪的气流流速设定为 0.4 L/min。将茶翅蜡成虫放入 Y 形管的主管端,当茶翅蜡成虫越过主管的 1/2 处开始计时。当茶翅蜡成虫越过两个侧臂的 1/3 处及以上,记为有反应,若 5 min 后该成虫仍停留在主管内或未越过侧管的 1/3 处,则记为无反应。每头成虫只测试 1 次,每测试 2 头交换侧管方向及气体方向,每测试 4 头更换 Y 形管。每次测试完用无水乙醇清洗 Y 形管、样品瓶及连接胶管并晾干,以消除装置中残留气味的影响。此试验在温度为(25 ± 2)℃、相对湿度为(60 ± 5)%的实验室内进行,Y 型嗅觉仪放置在 100 cm × 100 cm × 60 cm 的暗室中,嗅觉仪上方 40 cm 处挂有 1 盏 40 W 的日光灯。每次试验开始前,用手持照度计(型号 LX1010B,上海均达仪器公司生产)测量嗅觉仪上方的光照强度,确保两臂光照强度相同,避免光照差异对成虫选择行为产生影响。

1.3 数据统计分析

根据 2014 年、2016 年调查次数,分别统计各年度茶翅蜡成虫整个生长季节在不同植物上的发生密度(单位面积上虫量)平均值,采用二因素重复方差分析法(PROC, GLM)比较不同植物种类上的茶翅蜡成虫密度差异。其中,植物种类、年度及其交互作用为固定效应(fixed effects),小区数(即重复数)为随机效应(random effect),多重比较用 SNK(Student-Newman-Keuls)法。所有统计分析均采用 SAS 9.3 软件进行^[22]。

行为反应测试中,首先用选择某一方向的茶翅

蛾成虫个体数除以测试中做出选择的昆虫个体总数,即得其对这一方向挥发性气味的选择率。然后利用卡方(χ^2)测验法检验茶翅蛾成虫在两个味源间是否呈 H_0 为 50:50 的理论分布,计算 χ^2 值和相应的显著性水平 P 值。未做出选择反应的茶翅蛾成虫不列入统计分析。所有数据均采用 SPSS 25.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同植物上茶翅蛾成虫发生密度

在供试的 115 种植物中,两年中发现有茶翅蛾成虫的植物达 84 种,其余 31 种未调查到茶翅蛾成虫。2014 年、2016 年,田间茶翅蛾发生数量较低,分别调查到成虫 289 头和 107 头。广义线性模型(GLM)分析表明,茶翅蛾成虫密度在不同植物种类

上($F = 11.17, df = 114\ 430, P < 0.000\ 1$)、不同年度间($F = 95.14, df = 1\ 430, P < 0.000\ 1$)均存在显著差异,同时植物种类与年度的交互作用也有显著差异($F = 8.31, df = 99\ 430, P < 0.000\ 1$)。

2014 年,寒麻 *Cannabis sativa* 上茶翅蛾成虫平均密度最高,为 0.74 头/ m^2 ,显著高于其他植物种类。其后,依次为红麻 *Hibiscus cannabinus*、籽粒苋 *Amaranthus hypochondriacus*、向日葵、大豆、白花菜、玉米 *Zea mays*、含羞草 *Mimosa pudica*、醉蝶花 *Tarenaya hassleriana*、芝麻 *Sesamum indicum*、蓖麻 *Ricinus communis*,密度为 0.26~0.10 头/ m^2 。2016 年,芝麻上茶翅蛾成虫密度(0.32 头/ m^2)显著高于其他作物,随后依次为大豆、醉蝶花、玉米、寒麻、陆地棉 *Gossypium hirsutum*、红麻,密度范围为 0.08~0.03 头/ m^2 (表 1)。

表 1 田间小区不同植物上茶翅蛾成虫发生密度¹⁾

Table 1 Population densities of *Halyomorpha halys* adults on different plant species in field plots

科 Family	种 Species	成虫密度/头·m ⁻² Adult density	
		2014 年 Year 2014	2016 年 Year 2016
苋科 Amaranthaceae	鸡冠花 <i>Celosia cristata</i>	(0.04±0.03)efg	(0.01±0.01)c
	牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	尾穗苋 <i>Amaranthus caudatus</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	苋菜 <i>Amaranthus tricolor</i>	(0.04±0.00)efg	(0.02±0.01)c
	籽粒苋 <i>Amaranthus hypochondriacus</i>	(0.20±0.08)bc	(0.00±0.00)c
	菠菜 <i>Spinacia oleracea</i>	(0.00±0.00)g	(0.02±0.02)c
	地肤 <i>Kochia scoparia</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	红柄藜菜 <i>Beta vulgaris</i>	(0.01±0.01)g	NP
	藜 <i>Chenopodium album</i>	(0.01±0.01)g	NP
	猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	(0.04±0.03)efg	NP
伞形科 Apiaceae	胡萝卜 <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	香菜 <i>Coriandrum sativum</i>	(0.00±0.00)g	(0.02±0.01)c
萝藦科 Asclepiadaceae	夜来香 <i>Telosma cordata</i>	(0.02±0.02)g	(0.00±0.00)c
菊科 Asteraceae	白晶菊 <i>Chrysanthemum paludosum</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	百日草 <i>Zinnia elegans</i>	(0.02±0.02)g	(0.01±0.01)c
	波斯菊 <i>Cosmos bipinnatus</i>	(0.02±0.02)g	(0.00±0.00)c
	苍耳 <i>Xanthium strumarium</i>	(0.07±0.01)defg	(0.01±0.01)c
	除虫菊 <i>Tanacetum cinerarii folium</i>	NP	(0.00±0.00)c
	黑心菊 <i>Rudbeckia hirta</i>	(0.04±0.01)fg	(0.01±0.01)c
	红花 <i>Carthamus tinctorius</i>	(0.03±0.02)fg	NP
	藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	金盏菊 <i>Calendula officinalis</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	硫华菊 <i>Cosmos sulphureus</i>	(0.03±0.03)fg	(0.00±0.00)c
	木耳菜 <i>Basella alba</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	泥胡菜 <i>Hemisteptia lyrata</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	千叶蓍 <i>Achillea millefolium</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	茼蒿 <i>Glebionis coronaria</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c

续表 1 Table 1(Continued)

科 Family	种 Species	成虫密度/头·m ⁻² Adult density	
		2014 年 Year 2014	2016 年 Year 2016
菊科 Asteraceae	万寿菊 <i>Tagetes erecta</i>	(0.03±0.02)fg	(0.00±0.00)c
	莴苣 <i>Lactuca sativa</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	向日葵 <i>Helianthus annuus</i>	(0.20±0.10)bc	(0.01±0.01)c
	旋覆花 <i>Inula japonica</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
凤仙花科 Balsaminaceae	凤仙花 <i>Impatiens balsamina</i>	(0.07±0.05)defg	(0.02±0.00)c
十字花科 Brassicaceae	白萝卜 <i>Raphanus sativus</i>	(0.03±0.01)g	(0.01±0.01)c
	大白菜 <i>Brassica pekinensis</i>	(0.02±0.02)g	(0.01±0.01)c
	甘蓝 <i>Brassica oleracea</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	芥菜 <i>Brassica juncea</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	小白菜 <i>Brassica chinensis</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	油菜 <i>Brassica campestris</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
大麻科 Cannabaceae	寒麻 <i>Cannabis sativa</i>	(0.74±0.11)a	(0.03±0.02)c
	葎草 <i>Humulus scandens</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
白花菜科 Cleomaceae	白花菜 <i>Cleome gynandra</i>	(0.19±0.11)bcd	NP
	醉蝶花 <i>Tarenaya hassleriana</i>	(0.14±0.00)cdefg	(0.07±0.06)bc
旋花科 Convolvulaceae	红薯 <i>Ipomoea batatas</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	空心菜 <i>Ipomoea aquatica</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	三色旋花 <i>Convolvulus tricolor</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
葫芦科 Cucurbitaceae	地梢瓜 <i>Cynanchum thesioides</i>	(0.00±0.00)g	NP
	冬瓜 <i>Benincasa hispida</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	苦瓜 <i>Momordica charantia</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	南瓜 <i>Cucurbita moschata</i>	(0.00±0.00)g	(0.01±0.01)c
	丝瓜 <i>Luffa aegyptiaca</i>	(0.00±0.00)g	(0.01±0.01)c
	西瓜 <i>Citrullus lanatus</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	西葫芦 <i>Cucurbita pepo</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	香瓜 <i>Cucumis melo</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
大戟科 Euphorbiaceae	蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	(0.10±0.05)cdefg	(0.01±0.01)c
	银边翠 <i>Euphorbia marginata</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
禾本科 Gramineae	大麦 <i>Hordeum vulgare</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	高丹草 <i>Sorghum sudanense</i>	(0.07±0.02)defg	(0.01±0.01)c
	高粱 <i>Sorghum bicolor</i>	(0.08±0.05)defg	(0.02±0.02)c
	小麦 <i>Triticum aestivum</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	谷子 <i>Setaria italica</i>	NP	(0.00±0.00)c
	玉米 <i>Zea mays</i>	(0.18±0.05)bcde	(0.05±0.04)bc
唇形科 Lamiaceae	薄荷 <i>Mentha canadensis</i>	(0.00±0.00)g	NP
	美黄芩 <i>Scutellaria lateriflora</i>	(0.03±0.01)g	NP
	黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i>	NP	(0.00±0.00)c
	藿香 <i>Agastache rugosa</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	罗勒 <i>Ocimum basilicum</i>	(0.04±0.00)efg	(0.00±0.00)c
	荆芥 <i>Nepeta tenuifolia</i>	(0.03±0.01)fg	(0.01±0.01)c
	蓝花鼠尾草 <i>Salvia farinacea</i>	NP	(0.00±0.00)c
	神香草 <i>Hyssopus officinalis</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	撒尔维亚 <i>Salvia officinalis</i>	NP	(0.00±0.00)c
	一串红 <i>Salvia splendens</i>	(0.02±0.01)g	(0.00±0.00)c
	益母草 <i>Leonurus japonicus</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c

续表 1 Table 1(Continued)

科 Family	种 Species	成虫密度/头·m ⁻² Adult density	
		2014 年 Year 2014	2016 年 Year 2016
豆科 Leguminosae	白三叶 <i>Trifolium repens</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	扁豆 <i>Lablab purpureus</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	蚕豆 <i>Vicia faba</i>	(0.05±0.05)efg	(0.00±0.00)c
	草木樨 <i>Melilotus officinalis</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	赤豆 <i>Vigna angularis</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	大豆 <i>Glycine max</i>	(0.19±0.03)bcd	(0.08±0.03)b
	含羞草 <i>Mimosa pudica</i>	(0.17±0.02)bcdef	(0.00±0.00)c
	红豆草 <i>Onobrychis viciifolia</i>	(0.01±0.01)g	NP
	红花菜豆 <i>Phaseolus coccineus</i>	(0.00±0.00)g	(0.01±0.01)c
	红三叶 <i>Trifolium pratense</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	花生 <i>Arachis hypogaea</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	豇豆 <i>Vigna unguiculata</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	绿豆 <i>Vigna radiata</i>	(0.07±0.04)defg	(0.01±0.01)c
	沙打旺 <i>Astragalus laxmannii</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	沙苑子 <i>Phyllolobium chinense</i>	(0.00±0.00)g	NP
	四季豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	苕子 <i>Vicia villosa</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	豌豆 <i>Pisum sativum</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	小冠花 <i>Coronilla varia</i>	(0.01±0.01)g	(0.01±0.01)c
	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
	紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	(0.01±0.01)g	NP
亚麻科 Linaceae	亚麻 <i>Linum usitatissimum</i>	(0.06±0.02)efg	(0.00±0.00)c
锦葵科 Malvaceae	红麻 <i>Hibiscus cannabinus</i>	(0.26±0.08)b	(0.03±0.02)c
	黄秋葵 <i>Abelmoschus esculentus</i>	(0.05±0.03)efg	(0.01±0.01)c
	锦葵 <i>Malva cathayensis</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	陆地棉 <i>Gossypium hirsutum</i>	(0.05±0.03)efg	(0.03±0.01)c
	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	蜀葵 <i>Alcea rosea</i>	(0.05±0.02)efg	(0.01±0.01)c
紫茉莉科 Nyctaginaceae	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
柳叶菜科 Onagraceae	待宵草 <i>Oenothera odorata</i>	NP	(0.00±0.00)c
胡麻科 Pedaliaceae	芝麻 <i>Sesamum indicum</i>	(0.13±0.02)cdefg	(0.32±0.07)a
花荵科 Polemoniaceae	福禄考 <i>Phlox drummondii</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
马齿苋科 Portulacaceae	松叶牡丹 <i>Portulaca grandiflora</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
蓼科 Polygonaceae	红蓼 <i>Polygonum orientale</i>	(0.03±0.02)fg	(0.01±0.01)c
	荞麦 <i>Fagopyrum esculentum</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
毛茛科 Ranunculaceae	黑种草 <i>Nigella damascena</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
茄科 Solanaceae	番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	辣椒 <i>Capsicum annum</i>	NP	(0.00±0.00)c
	龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	(0.07±0.05)defg	(0.00±0.00)c
	马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i>	(0.00±0.00)g	(0.00±0.00)c
	茄子 <i>Solanum melongena</i>	(0.01±0.01)g	(0.00±0.00)c
椴树科 Tiliaceae	黄麻 <i>Corchorus capsularis</i>	(0.01±0.01)g	NP

1) 表中数据为平均值±标准误;不同字母显示同一年度不同植物间差异显著。NP;该年度未种植或未调查这种植物。
Data are presented as mean ± SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference between different plant species within the same year. NP; This plant species was not planted or surveyed this year.

2.2 茶翅蟥成虫对植物挥发物的行为反应

与空白对照相比,茶翅蟥雌、雄成虫对向日葵、大豆、白花菜苗期植株的枝条均表现出明显的选择偏好性($P < 0.05$),且雌、雄成虫对同种植物的选择行为反应无显著差异($P > 0.05$)(图

1a)。花期的结果与苗期一致,茶翅蟥雌、雄成虫对向日葵、大豆、白花菜的带花枝条均表现出明显的选择偏好性($P < 0.05$),且雌、雄成虫对同种植物的选择行为反应间无显著差异($P > 0.05$)(图 1b)。

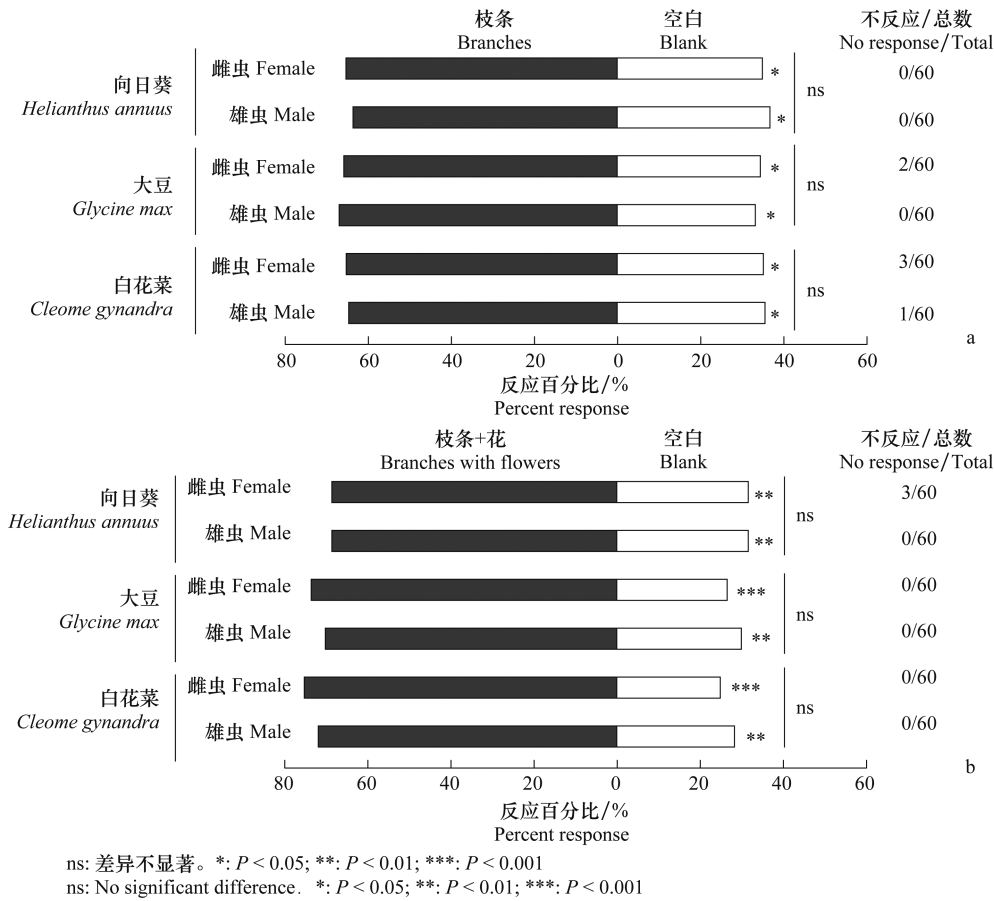


图 1 茶翅蟥成虫对苗期(a)和花期(b)不同植物的选择行为反应

Fig. 1 Behavioral responses of *Halyomorpha halys* adults to different plant species at both seedling (a) and flowering stages (b)

3 讨论

茶翅蟥的寄主植物范围广泛,因此在农田生态系统中有着比较复杂的虫源关系。我国之前主要报道茶翅蟥对一些果树等多年生植物的取食为害^[3,8],本研究首次记载了多种一年生植物上茶翅蟥的成虫发生,其中很多植物在各地广泛存在,可能在茶翅蟥区域性种群发生中发挥着重要作用。茶翅蟥成虫具有飞行扩散能力,因此发现有成虫存在不足以证明该种植物就是茶翅蟥的寄主植物,但成虫数量多少、密度高低能有效反映茶翅蟥对不同植物的喜好性差异。本研究将有助于对我国茶翅蟥区域性虫源关系与发生规律的深入认识。

诱集植物是一种重要的害虫防治技术,主要是

利用害虫成虫对个别寄主植物的偏好性,通过合理种植这些植物吸引害虫来保护主栽作物免受为害^[23-25]。例如,绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 成虫偏好选择绿豆植株,棉田周边种植绿豆诱集带可明显降低棉花上绿盲蝽种群发生数量^[26]。本研究发现茶翅蟥成虫在不同种类植物上的种群数量不同、偏好性各异,其中寒麻、芝麻、红麻、籽粒苋、向日葵、白花菜等植物上茶翅蟥成虫密度较高,是否可作为不同作物田茶翅蟥诱集植物,有待进一步系统评估。目前,向日葵已被用作茶翅蟥诱集植物,在辣椒田周围种植来诱捕茶翅蟥成虫^[27]。Nielsen 等^[28]研究发现,高粱和向日葵组成的诱集植物对包括茶翅蟥在内的多种蝽具有很好的诱捕作用。

嗅觉在植食性昆虫寻找、定位和选择寄主植物

过程中常发挥着重要作用。李鑫等^[29]研究发现,饥饿后的茶翅蝽对食物反应敏感,触角是其嗅食、确定食物方位的主要器官。李秋霖等^[30]对茶翅蝽非典型气味受体基因进行了克隆,对其生物信息学特征和组织特异性表达进行了相应分析。本研究在田间调查发现向日葵、大豆、白花菜植株上均有着相对较高的茶翅蝽成虫密度,同时室内行为测定表明嗅觉在茶翅蝽成虫对这三种植物选择行为中具有重要作用,两部分结果高度一致并相互印证。后续有待进一步利用电生理学、行为学等化学生态学研究技术与方法,从茶翅蝽成虫高密度发生的植物种类中分析鉴定引起茶翅蝽成虫触角电生理反应、行为偏好的挥发性物质活性组分,这将对茶翅蝽成虫的植物源引诱剂以及行为调控措施的创新研发具有重要意义^[2]。

参考文献

- [1] 张金平, 张峰, 钟永志, 等. 茶翅蝽及其生物防治研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(2): 166–175.
- [2] LESKEY T, NIELSEN A L. Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: History, biology, ecology, and management [J]. Annual of Review Entomology, 2018, 63: 599–618.
- [3] 徐庆宣, 王甦, 郭晓军, 等. 桃园茶翅蝽的发生危害与防治研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(4): 877–883.
- [4] 余春林, 金新富. 茶翅蝽和斑须蝽对梨树的危害及防治研究[J]. 中国果树, 2002 (2): 5–7.
- [5] MAISTRELLO L, VACCARI G, CARUSO S, et al. Monitoring of the invasive *Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy [J]. Journal of Pest Science, 2017, 90(4): 1231–1244.
- [6] 李鑫, 龚建宁, 李海林. 茶翅蝽取食行为研究初探[J]. 河北林学院学报, 1996, 11(S1): 230–234.
- [7] LESKEY T C, SHORT B D, BUTLER B R, et al. Impact of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: case studies of commercial management [J/OL]. Psyche: A Journal of Entomology, 2012; 535062. DOI: 10/1155/2013/535062.
- [8] LEE D H, SHORT B D, JOSEPH S V, et al. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea [J]. Environmental Entomology, 2013, 42(4): 627–641.
- [9] 王浩建, 刘国卿. 秦岭西段及甘南地区昆虫[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 279–292.
- [10] BARISELLI M, BUGIANI R, MAISTRELLO L. Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy [J]. EPPO Bulletin, 2016, 46(2): 332–334.
- [11] LEE D H, LESKEY T C. Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 2015, 105(5): 566–573.
- [12] KRITICOS D J, KEAN J M, PHILLIPS C B, et al. The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity [J]. Journal of Pest Science, 2017, 90(4): 1033–1043.
- [13] KUHAR T P, KAMMINGA K. Review of the chemical control research on *Halyomorpha halys* in the USA [J]. Journal of Pest Science, 2017, 90(4): 1021–1031.
- [14] 陈菊红, 米倩倩, 陈立玲, 等. 基于文献计量学的茶翅蝽国内外研究现状分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(12): 28–36.
- [15] ACEBES-DORIA A L, LESKEY T C, BERGH J C. Development and comparison of trunk traps to monitor movement of *Halyomorpha halys* nymphs on host trees [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2016, 158(1): 44–53.
- [16] BOSCO L, NARDELLI M, TAVELLA L. First insights on early host plants and dispersal behavior of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) from overwintering to crop colonization [J/OL]. Insects, 2020, 11: 866. DOI: 10.3390/insects11120866.
- [17] HOLTHOUSE M C, SPEARS L R, ALSTON D G. Urban host plant utilisation by the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) in northern Utah [J]. Neo-Biota, 2021, 64: 87–101.
- [18] BERGMANN E J, VENUGOPAL P D, MARTINSON H M, et al. Host plant use by the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) on woody ornamental trees and shrubs [J/OL]. PLoS ONE, 2016, 11 (2): e0149975. DOI: 10.1371/journal.pone.0149975.
- [19] 吴月坤, 刘冰, 潘洪生, 等. 小花蝽在不同植物上的种群密度[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(4): 527–535.
- [20] 何振昌, 张治良, 黄峰, 等. 中国北方农业害虫原色图鉴[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1997.
- [21] PAN Hongsheng, LU Yanhui, XIU Chunli, et al. Volatile fragrances associated with flowers mediate host plant alternation of a polyphagous mirid bug [J/OL]. Scientific Reports, 2015, 5: 14805. DOI: 10.1038/srep14805.
- [22] SAS Institute. SAS/STAT® 9.3 user's guide [M]. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc, 2011.
- [23] FOSTER S P, HARRIS M O. Behavioral manipulation methods for insect pest-management [J]. Annual Review of Entomology, 1997, 42: 123–146.
- [24] SHELTON A M, BADENES-PEREZ F R. Concepts and applications of trap cropping in pest management [J]. Annual Review of Entomology, 2006, 51: 285–308.
- [25] 陆宴辉, 张永军, 吴孔明. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 5113–5120.
- [26] LU Yanhui, WU Kongming, WYCKHUYS K A G, et al. Potential of mungbean, *Vigna radiatus* as a trap crop for managing *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton [J]. Crop Protection, 2009, 28(1): 77–81.

参考文献

[1] 张玉发,王庆锁,苏家楷. 试论中国苜蓿产业[J]. 中国草地, 2000(1): 64-69.

[2] 贾慎修. 草地学[M]. 2 版. 北京: 农业出版社, 1995: 81-144.

[3] 折帅帅,冯平,王梅. 2 种除草剂对紫花苜蓿蛋白质含量的影响[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(9): 45-47.

[4] 董振起. 8 种除草剂对直播稻田杂草的防效及安全性评价[J]. 天津农林科技, 2019(3): 22-23.

[5] 刘韶光,赵夏童,宋喜娥,等. 膜间喷施芽前除草剂对谷子安全性及对杂草防效的影响[J]. 作物杂志, 2019(2): 173-178.

[6] 吴仁海,职倩倩,魏子云,等. 红花苗前除草剂筛选及安全性评价[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 204-210.

[7] 史鹏飞,杨光,张丽霞,等. 6 种芽后除草剂对黄麻田杂草的防除效果及安全性[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(33): 136-138.

[8] 于雨生. 除草剂产生药害的原因和防治技术[J]. 天津农业科学, 2009, 15(2): 89-90.

[9] 李华光,王红霞. 除草剂药害与预防[J]. 山西农业科学, 2009, 37(5): 94-95.

[10] 张素霞. 化学除草剂药害避免方法与补救措施[J]. 现代农业科技, 2010(2): 207.

[11] 李德宏. 除草剂药害症状及其挽救措施[J]. 河南农业科学, 2006(7): 69.

[12] 王熹. 作物化控原理[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.

[13] 赵毓橘,陈季楚. 植物生长调节剂生理基础与检测方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

[14] FLORE J A, LAKSO A N. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops [J]. Horticultural Reviews, 1989, 11(2): 111-146.

[15] OOKAWA T, NARUOKA Y, SAYAMA A, et al. Cytokinin effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase and nitrogen partitioning in rice during ripening [J]. Crop Science, 2004, 44(6): 2107-2115.

[16] 董学会,何钟佩,关彩虹. 根系导入生长素和玉米素对玉米光合产物输出及分配的影响[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(3): 21-25.

[17] 宁海龙,胡国华,李文滨. 氮磷钾底肥对大豆蛋白质含量的效应[J]. 大豆科学, 2006, 25(3): 288-293.

[18] 王险峰,关成宏. 常见除草剂药害症状诊断与补救[J]. 农药, 1998, 37(4): 35-40.

[19] 王恒亮,葛玉红,苏旺苍,等. 不同缓解处理对氟磺胺草醚大豆药害的缓解效果研究[J]. 大豆科学, 2013, 32(5): 676-679.

[20] 王恒亮,葛玉红,苏旺苍,等. 不同缓解处理对玉米烟嘧磺隆药害的缓解效果研究[J]. 河南农业科学, 2013, 42(11): 81-85.

[21] 苏旺苍,燕照玲,葛玉红,等. 不同缓解方式对小麦炔草酯药害的补救效果[J]. 河南农业科学, 2014, 44(9): 58-63.

[22] 穆杰,吴松兰,姚刚,等. 超高效除草剂——甲咪唑烟酸应用情况分析[J]. 吉林农业, 2010(10): 71.

[23] 高兴祥,李美,杨向黎,等. 18 种茎叶处理除草剂紫花苜蓿田应用效果测定[J]. 杂草学报, 2018, 36(3): 35-40.

[24] 李松子. 水稻田除草剂的应用及杂草抗性现状[J]. 农业开发与装备, 2018(2): 29-30.

[25] 杨彩宏,田兴山,岳茂峰,等. 农田杂草抗性概述[J]. 中国农学通报, 2009, 25(22): 236-240.

[26] 邵振润,郭永旺. 我国施药机械与施药技术现状及对策[J]. 植物保护, 2006, 32(2): 5-8.

[27] 张丽英. 饲草分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 67-96.

[28] 彭旭丹. 几种除草剂对白菜、萝卜的药害及缓解剂对其缓解作用研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2016.

[29] 方丽,李建波. 赤霉素、芸苔素对小麦上甲咪唑烟酸的解毒作用[J]. 农业科技通讯, 2020(11): 87-91.

[30] 苏一诺,苗阳阳,彭芳华,等. 芸苔素内酯对连作及非连作紫花苜蓿生产调控初探[J]. 草地学报, 2019, 27(4): 874-881.

[31] 黄允才,张格成,胡光华. 天然芸苔素缓解除草剂药害的作用[J]. 农药, 2000, 39(6): 40-42.

[32] ANDRZEJ B. Metabolism of brassinosteroids in plants [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2007, 45(2): 95-107.

[33] 周小毛,黄雄英,柏连阳,等. 芸苔素内酯保护玉米免受胺苯磺伤害的作用及其机理[J]. 植物保护学报, 2005, 32(2): 189-194.

[34] 张兴华,李捷. 氯吡脲和芸苔素内酯对棉花田草甘膦药害的解毒效果[J]. 农药, 2008, 47(11): 834-835.

[35] 袁柱,孙彦,任逸,等. 叶面喷施芸苔素内酯对紫花苜蓿生长发育和种子产量的影响[J]. 草地学报, 2016, 24(4): 879-885.

[36] 彭玉林. 植物生长调节剂——碧护[J]. 农村百事通, 2012(14): 38.

[37] 谢丽芳,钟秋璇,申昌优,等. 花生除草剂药害解毒试验研究[J]. 杂草学报, 2018, 36(2): 53-56.

[38] 张宏军,刘学,倪汉文,等. 硝磺草酮对玉米药害的早期诊断和缓解方法[J]. 杂草科学, 2009(4): 19-22.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 269 页)

[27] SOERGEL D C, OSTIGUY N, FLEISCHER S J, et al. Sunflower as a potential trap crop of *Halymorpha halys* (Hemiptera, Pentatomidae) in pepper fields [J]. Environmental Entomology, 2015, 44(6): 1581-1589.

[28] NIELSEN A L, DIVELEY G, POTE J M, et al. Identifying a potential trap crop for a novel insect pest, *Halymorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in organic farms [J]. Environ-

mental Entomology, 2016, 45(2): 472-478.

[29] 李鑫,尹翔宇,马丽,等. 茶翅蟥的行为与控制利用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(10): 139-145.

[30] 李秋霖,赵吉兰,田嘉慧,等. 茶翅蟥非典型气味受体基因的克隆及其生物信息学特征和组织特异性表达分析[J]. 植物保护学报, 2020, 47(6): 1219-1227.

(责任编辑: 田 喆)