

4种芳香气味植物对有翅桃蚜的驱避效果分析

王 宁, 蔺元秀, 吴志涛, 田卓雅, 赵志国, 张利军

(山西农业大学 植物保护学院, 山西 太谷 030801)

摘 要:桃蚜是十字花科植物及水果生产管理中的一种重要害虫,分布范围广、危害严重且具有很强的抗药性。为减少农药使用及绿色防控植物上桃蚜为害,为利用芳香气味植物驱避菜田有翅桃蚜提供数据参考,采用驱避活性测定、触角电位反应(EAG)、嗅觉行为反应的方法,选用薄荷、芹菜、芫荽和小葱4种常见的芳香气味植物提取物、活体和损伤体,对有翅桃蚜进行驱避效果研究。结果表明,供试4种植物对有翅桃蚜均具有明显的驱避效果,且植株损伤体较植株活体对桃蚜的驱避效果更为显著。芳香气味植物提取物的驱避活性大小表现为薄荷>芹菜>芫荽>小葱;EAG反应值大小表现为薄荷>芹菜>芫荽>小葱;芳香气味植物损伤体和活体的驱避率大小表现为薄荷>芹菜>芫荽>小葱。由此可见,薄荷对有翅桃蚜的驱避效果均强于其他3种植物,其提取物的驱避率最高为57.2%,触角电位反应值为8.64 mV,嗅觉行为活体的驱避率为83.33%;小葱的驱避效果最弱。建议在植物生产中,将十字花科植物与薄荷等芳香气味植物间作套作;在有翅蚜发生高峰期,对芳香气味植物的叶片经常进行切割,可有效减少菜田有翅桃蚜的发生危害。

关键词:有翅桃蚜;趋避活性;触角电位反应;嗅觉行为反应;芳香气味植物

中图分类号:S436.621.2⁺1

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2024)01-0124-07

Repellent Effect of Four Aromatic Plants on *Myzus persicae* with Wings

WANG Ning, LIN Yuanxiu, WU Zhitao, TIAN Zhuoya, ZHAO Zhiguo, ZHANG Lijun

(College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: *Myzus persicae* is an important pest in production of cruciferous plants and fruits. It has wide distribution, serious damage, and strong drug resistance. In order to reduce the use of pesticides and ecologically control the damage of *Myzus persicae* in plants, and to provide a references for the use of aromatic plants to ward off *Myzus persicae* with wings in the vegetable field, in this study, the extract, living and damage body of four common aromatic odor plants including mint, celery, coriander, and shallot, were selected to research the repellent effects on *Myzus persicae* with wings by repellent activity measurement, antennal potential response(EAG), and olfactory behavior response. The results showed that the four supplied experimental plants had obvious repellent effect on the *Myzus persicae* with wings and the repellent effect of damage body on peach aphids was more significant than that of living body. Among them, repellent activity size of extracts of aromatic odor plants was mint > celery > coriander > scallion; the size of EAG reaction value was mint > celery > coriander > scallion; repelling rate size of living and damage body of four aromatic odor plants was mint > celery > coriander > scallion. It could be seen that the repellent effect of the mint on *Myzus persicae* with wings was stronger than that of the other three plants. The highest repelling rate of the mint extracts was 57.2%, the value of antennal potential response was 8.64 mV, the repelling rate of the olfactory behavior living body was 83.33%, and the repellent effect of scallion was the weakest. During plant production, it was suggested that cruciferous plants should intercropped with aromatic plants such as mint, and during the peak period of *Myzus persicae* with wings occurrence, frequent cutting of aromatic plant leaves could effectively reduce the damage of *Myzus yzus persicae* with wings in vegetable fields.

Key words: *Myzus persicae* with wings; repellent activity; antennal potential response; olfactory behavior response; aromatic plants

桃蚜 (*Myzus persicae* (Sulzer)) 属半翅目 (Hemiptera) 蚜科 (Aphidoidae), 也被称为烟蚜、菜

蚜、腻虫。桃蚜危害十字花科植物多达50科300种, 其不仅取食植物汁液, 还会传播100多种病毒病,

收稿日期: 2023-03-15

基金项目: 山西省重点研发计划项目(201903D211001-1)

作者简介: 王 宁(1996-), 女, 山西灵石人, 在读硕士; 研究方向: 有害生物综合治理。

通信作者: 张利军(1974-), 女, 山西大同人, 教授, 主要从事有害生物综合治理研究工作。

能转主危害^[1]。桃蚜的发育历期短、繁殖能力极强、短时间即可形成庞大种群,常造成蔷薇科果树、十字花科植物等严重减产^[2-3],是十分重要的农业害虫。当前,防治桃蚜最主要的手段为化学药剂防治。化学农药成本低,见效快,但由于长期大量使用,桃蚜成为抗药性历史最久、范围最广、影响最深的3种蚜虫之一^[4-5]。因此,寻找新型环保、高效的防治手段成为了目前众多学者的研究课题。

芳香植物是一类有着特殊芳香性挥发气味的植物,研究表明,芳香物质中含有的大量次生代谢产物,能影响昆虫的寄主定位和取食^[6-7],可以驱避害虫、排斥外来杂草、抗菌防腐、抵御病虫害的侵扰^[8-9]。王英慧等^[10]选取30种芳香植物材料,研究其对有翅桃蚜的驱避活性,结果发现,有翅桃蚜对芳香植物山奈(*Kaempferia galanga*)、祁白芷(*Angelica dahurica*)和广陈皮(*Citrus reticulata*)的驱避率较高;罗丽林等^[11]筛选了30种芳香植物,结果发现,大蒜(*Allium sativum*)、姜(*Zingiber officinale*)及香叶天竺葵(*Pelargonium graveolens*)对黑腹果蝇有显著的趋避作用。叶珺琳等^[12]、孙梅梅等^[13]研究表明,间种芳香植物对植物生长及虫害具有显著影响,能减少植物田间害虫的发生量,是生态防控植物害虫的有效措施。

薄荷(*Mentha haplocalyx*)、芹菜(*Apium graveolens*)、芫荽(*Coriandrum sativum*)和小葱(*Allium fistulosum*)是常见的栽培芳香植物,广泛种植于庭院、菜田等地。何祝清等^[14]研究表明,薄荷对蟋蟀(*Acheta domestica*)有趋避作用。邬亚红等^[15]研究发现,芹菜植株提取液对植物烟粉虱(*Bemisia tabaci*)具有较为良好的趋避效果,同时将芹菜与茄果类植物间作,也能够有效降低主栽植物植株上的烟粉虱数量。张熠场^[16]通过固相微萃取法与GC-MS分析和鉴定发现,香菜挥发物中的 α -Pinene对烟粉虱有明显的驱避作用;番茄与香菜间作能够有效控制烟粉虱种群数量。范锦胜等^[17]则研究发现,小葱对玉米蚜(*Rhopalosiphum maidis*)有一定的驱避作用。

桃蚜的为害十分严重,长期使用化学农药防治桃蚜导致农药残留量成为许多绿色蔬菜出口的一大障碍,甚至会降低蔬菜的口感和营养效果,对人体健康产生不利影响。因此,寻找一种对人畜无害、对环境友好的防治方法迫在眉睫。芳香气味植物具药用属性和挥发性气味,很多国家把芳香气味植物制成植物精油;精油类农药的作用位点是昆虫神经系统,脊椎动物不存在该受体,对人类与其他

脊椎动物安全^[18]。

本试验选用薄荷、芹菜、芫荽、小葱4种常见的芳香气味植物,通过对有翅桃蚜进行驱避活性测定、触角电位反应(EAG)和嗅觉行为反应测定,检测其对有翅桃蚜的驱避效果,旨在为常规蔬菜寻找可以间作的防虫芳香气味植物种类及利用途径提供帮助。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验虫源 试验所用桃蚜为山西农业大学昆虫重点实验室甘蓝上长期饲养的有翅桃蚜。

1.1.2 试验植物 供试植物均种植于太谷区山西农业大学农作站。选择生长周期相近、长势、鲜嫩程度一致的薄荷、芫荽、芹菜、小葱开展试验。

1.2 主要仪器

触角电位仪 Syntech EAG+GC7900(荷兰 Syntech)和Y型嗅觉仪(山西柏奥科学器材有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 植物提取液的制备 植物提取液提取方法参考MESERET等^[19]的方法并进行改进。采集长势基本一致的薄荷、芫荽、芹菜、小葱的新鲜叶片,分别将其洗净、晾干后放入温度为40℃恒温烘箱内,由鼓风机吹干至脆断,经粉碎机粉碎后称质量。将上述植物材料粉末置于广口瓶中,与95%乙醇以1:2(w/v)的比例充分混合均匀,静置24 h后用真空抽滤机进行抽滤,滤液放入旋转蒸发仪在40℃条件下去除乙醇,将所得膏状物与95%乙醇配制成质量浓度为200 mg/mL的溶液,密封保存在4℃冰箱,备用。

1.3.2 芳香气味植物提取液对桃蚜的驱避活性测定 滤纸药膜法参考韩晓莉等^[20]的方法并进行改进。将直径为60 mm的培养皿洗净烘干备用,将直径为60 mm的滤纸裁剪成两半,用移液管将待测1 mL植物提取液(200 mg/mL)均匀涂抹在其中一半滤纸上,另一半滤纸涂抹蒸馏水,将2片滤纸对接,用胶纸固定于同直径的培养皿中,每个培养皿中接入20只有翅桃蚜,加盖保鲜膜,防止桃蚜飞出以及气味挥发。将其放置在25℃左右的温度中,每种待测植物设置5个重复,记录10、20、30 min内处理区和对照区的虫数。

1.3.3 芳香气味植物提取液对桃蚜触角电位反应(EAG) 触角电位测定参考李秀岚等^[21]的方法。用

移液枪吸取 10 μL 待测植物提取液 (200 mg/mL), 将其滴加在修剪成 V 形的滤纸上, 然后立即塞进巴斯德试管内, 将试管两端用保鲜膜封住备用。使用单面刀片在体视镜下将有翅桃蚜的触角沿基部取下, 而后用导电胶将触角两端分别固定在金属电极上, 并插入 EAG 探针。将巴斯德试管插入送气管外侧直径 2 mm 的小孔内。送气管管口与触角的距离为 10 mm 左右, 且与触角纵向垂直。刺激气流速为 60 mL/s。每次刺激时间间隔为 1 s, 2 次刺激之间时间间隔为 30 s, 以确保触角的反应完全恢复。每次试验测定 5 头虫子, 每头虫子的触角分别进行 5 次刺激。

1.3.4 芳香气味植物挥发性气味对桃蚜的嗅觉行为 使用 Y 型嗅觉仪对有翅桃蚜进行嗅觉行为测定^[22]。Y 型嗅觉反应仪的基管长为 50 cm, 试验臂与对照臂的臂长均为 30 cm, 内部直径 7 cm, 两臂之间的夹角为 78°。在两臂距基部 5 cm 处连接 2 个样品室, 空气流量为 300 mL/min, 气体通过活性炭瓶进行过滤。Y 型嗅觉仪生物测定装置结构示意图如图 1 所示。

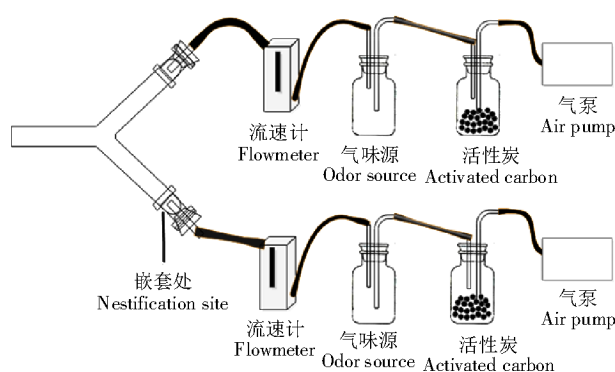


图 1 Y 型嗅觉仪生物测定装置结构示意图
Fig.1 Structure diagram of Y-tube olfactometer-based biometric device

试验设置 2 种气味源组合: 4 种待测植物活体与空气对照; 4 种待测植物活体与损伤体对照。测定时间为 10:00—15:00, 测定温度在 25 $^{\circ}\text{C}$ 左右。在 Y 型管一侧臂连接的样品室中放入待测植物, 将一头有翅桃蚜放于 Y 管管口处观察试虫的选择行为。试虫爬至超过其选择的管臂 5 cm, 并超过 1 min 以上的行为记作该虫对该臂的气息做出了选择; 观测开始后 5 min 内不做选择便可结束观察, 记为无反应。每 5 头有翅桃蚜为一组, 每头测试 1 次, 共 12 组。测试过程中用硬纸板遮挡装置水平两侧的光源, 并每测试完一组就调整 Y 管两臂的位置, 以消除周围环境光源、管臂位置对桃蚜的行为选择

造成影响。每组测试结束后, 用酒精对仪器进行清洗, 用吹风机吹干后再进行下一组试验。

1.4 数据分析

试验数据采用统计软件 SPSS Statistics 24.0 进行单因素方差分析 (ANOVA); 采用 Duncan's 新复极差法比较不同处理间的差异显著性 ($P < 0.05$); 用卡方检验比较有翅桃蚜对不同挥发物行为反应的差异性。

分级标准为 0 级, 无驱避作用; I 级, 0.01%~20% 驱避率; II 级, 20.01%~40.00% 驱避率; III 级, 40.01%~60.00% 驱避率; IV 级, 60.01%~80.00% 驱避率; V 级, 80.01%~100% 驱避率。

$$Ri = \frac{CK - Tr}{CK + Tr} \quad (1)$$

$$Rp = \frac{CK - Tr}{CK + Tr} \times 100\% \quad (2)$$

式中, Ri 表示反应指数; Rp 表示驱避率; CK 为对照区的有翅桃蚜数量; Tr 表示处理区的有翅桃蚜数量。

$$\text{EAG 反应的相对值}^{[23]} = 2 \times \frac{a}{b_1 + b_2} \times 100\% \quad (3)$$

式中, a 表示测试样品的触角电位反应值; b_1 表示样品测试前空白对照的触角电位反应值, b_2 表示样品测试后空白对照的触角电位反应值。

$$\text{驱避率}^{[24]} = \frac{\text{选择对照臂的虫数}}{\text{测试总虫数}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{选择率} = \frac{\text{选择气味臂的虫数}}{\text{测试总虫数}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{反应率} = \frac{(\text{气味臂内总虫数} + \text{对照臂内总虫数})}{\text{测试总虫数}} \times 100\% \quad (6)$$

2 结果与分析

2.1 芳香气味植物提取液对有翅桃蚜的驱避活性分析

芳香气味植物提取液对有翅桃蚜的驱避活性如表 1 所示, 4 种植物提取液均对有翅桃蚜表现出驱避作用, 驱避活性大小表现为薄荷 > 芹菜 > 芫荽 > 小葱。试验初始阶段试虫在培养皿内无规则地频繁运动, 一段时间后聚集在对照区, 活动减少。4 种芳香气味植物中薄荷在 10 min 内的驱避率最高, 达到 51.67%, 驱避等级达到 III 级, 显著高于其他植物 ($P < 0.05$); 20 min 内, 芹菜对有翅桃蚜的驱避效果有所增加, 时间延长至 30 min 后驱避率显著减弱 ($P < 0.05$)。可见, 驱避效果最显著的为薄荷, 小葱的驱避效果最弱。

表 1 4 种芳香气味植物对有翅桃蚜的驱避活性
Tab.1 The repellent activities of 4 aromatic plants
against *Myzus persicae* with wings %

植物提取液 Plant extract	驱避率 Repelling rate		
	10 min	20 min	30 min
薄荷 Mint	51.67±0.03aA	57.20±0.04aA	46.62±3.04bA
芹菜 Celery	43.33±3.27bB	48.46±1.58aA	43.33±3.34bA
芫荽 Coriander	42.80±0.05aB	44.97±2.14aB	31.67±0.05bB
小葱 Scallion	24.29±7.49aC	27.53±4.66aC	21.42±5.21bC

注:表中数据为平均值±标准误差;不同大写字母代表同列在 0.05 水平差异显著,不同小写字母代表同行在 0.05 水平差异显著。
Note: The data were shown as mean ± standard errors; Different capital letters represented significant differences of the same column at the 0.05 level, and different lowercase letters represented significant differences of the same line at the 0.05 level.

2.2 芳香气味植物提取液对有翅桃蚜的触角电位反应

有翅桃蚜对芳香气味蔬菜提取液的 EAG 反应如表 2 所示。由表 2 可知,有翅桃蚜对 4 种提取液的 EAG 反应值存在一定的差异,EAG 反应值大小表现为薄荷>芹菜>芫荽>小葱。其中,有翅桃蚜对薄荷的 EAG 反应值最高,为 8.64 mV,显著高于其他 3 种植物的 EAG 反应值($P<0.05$);小葱反应值

最低,为 1.60 mV。

表 2 有翅桃蚜对 4 种芳香气味植物提取液的触角电位反应
Tab.2 The antennal potential responses of *Myzus persicae* with wings to 4 aromatic plant extracts mV

植物提取液 Plant extract	EAG 反应相对值 Relative EAG response
薄荷 Mint	8.64±0.07a
芹菜 Celery	5.29±0.52b
芫荽 Coriander	4.32±0.09c
小葱 Scallion	1.60±0.12d

注:表中数据为平均值±标准误差;不同小写字母代表同列在 0.05 水平下差异显著。表 3、4 同。
Note: The data were shown as mean ± standard error; Different lowercase letters represented significant differences of the same column at the 0.05 level. The same as Tab.3 and Tab. 4.

2.3 芳香气味植物挥发物对有翅桃蚜的嗅觉行为

2.3.1 芳香气味植物挥发性气味与空气对照下有翅桃蚜的嗅觉行为 从表 3、图 2 可以看出,有翅桃蚜对 4 种芳香气味植物挥发物的反应率均大于 50%,其中薄荷挥发物的嗅觉行为反应率最高,达到 95%。以空气为对照时,驱避率大小表现为薄荷>芹菜>芫荽>小葱。

表 3 不同植物活体挥发物对有翅桃蚜的嗅觉行为
Tab.3 Effects of volatile compounds of aromatic odors of different living body plants on
olfactory behavior of *Myzus persicae* with wings

挥发物品种 Volatile matter	有翅桃蚜数量/头 Number of <i>Myzus persicae</i> with wings			驱避率/% Repelling rate	χ^2 值 χ^2 value	反应率/% Reaction rate
	气味臂 Odor arm	对照臂 Control arm	无反应 Nonreactive			
薄荷 Mint	7	50	3	83.33±1.02a	32.44	95.00±3.28a
芹菜 Celery	10	39	11	65.00±0.31b	17.16	81.67±2.51b
芫荽 Coriander	13	32	15	53.33±0.23c	8.02	75.00±3.84c
小葱 Scallion	15	25	20	41.67±1.28d	2.50	66.67±4.33d

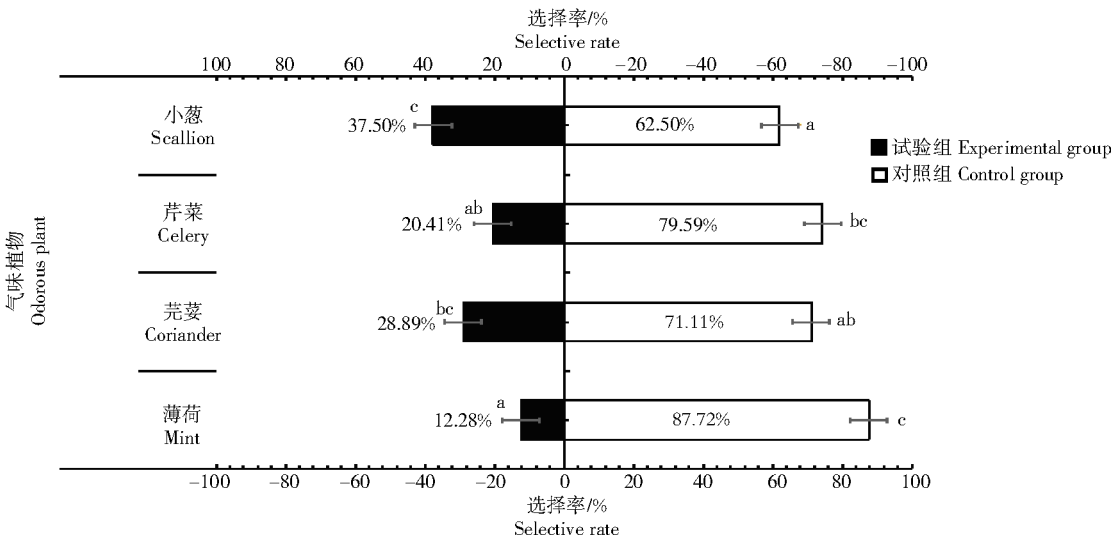


图 2 有翅桃蚜对 4 种芳香气味植物挥发物质的嗅觉行为
Fig.2 Olfactory behavior of the *Myzus persicae* with wings to volatile compounds of 4 aromatic plants

薄荷挥发物和空气对照的选择数分别为 7 头和 50 头,选择率分别为 12.28% 和 87.72%,驱避率为 83.33%,有显著的驱避作用($P<0.05$);芹菜挥发物和空气对照的选择数分别为 10 头和 39 头,选择率分别为 20.41% 和 74.29%,驱避率为 65%,说明芹菜对有翅桃蚜有选择驱避作用;有翅桃蚜对芫荽挥发物和空气对照的选择率分别为 28.89% 和 71.11%,驱避率为 53.33%,显著低于芹菜($P<0.05$),具有选择驱避作用,但效果稍逊于芹菜;葱挥发物的嗅觉行为反应率最低,为 66.67%,与空气对照的选择数分别为 15 头和 25 头,选择率分别为 37.5% 和 62.5%,驱避率为 41.67%,具有驱避作用,但显著低于其他 3 种植物($P<0.05$)。

2.3.2 芳香气味植物挥发物活体和损伤体对照下桃蚜的嗅觉行为 由表 4 可知,4 种供试芳香气味植物损伤体中,有翅桃蚜对薄荷损伤体排斥力最强,对小葱损伤体排斥力最弱。有翅桃蚜对损伤体驱避率大小依次为薄荷>芹菜>芫荽>小葱,薄荷损伤体的驱避率为 60%,显著高于其他植物($P<0.05$);其他 3 种损伤体的驱避率都在 30% 以上。说明损伤体薄荷比活体薄荷有更明显的驱避效果,其他 3 种损伤植物比各自的活体植物均有驱避增效作用。有翅桃蚜对 4 种芳香植物损伤体气味挥发物的反应率均大于 50%,其中对小葱的挥发物的反应率最大,为 81.67%,显著高于其他 3 种植物损伤体($P<0.05$)。

表 4 4 种芳香气味植物损伤体挥发物对有翅桃蚜嗅觉行为的影响
Tab.4 Effects of volatile compounds of damage body of 4 aromatic plants on olfactory behavior of *Myzus persicae* with wings

挥发物品种 Volatile matter	有翅桃蚜数量/头 Number of <i>Myzus persicae</i> with wings			驱避率/% Repelling rate	反应率/% Reaction rate
	活体 Living body	损伤体 Damage body	无反应 Nonreactive		
薄荷 Mint	24	6	30	60.00±2.31a	50.00±3.61c
芹菜 Celery	26	9	25	48.57±0.49b	58.33±3.19b
芫荽 Coriander	23	10	27	39.39±1.87c	55.00±4.54d
小葱 Scallion	32	17	11	30.61±1.37d	81.67±3.86a

3 结论与讨论

近年来,随着气候变化和农业生产力的提高,植物害虫的危害呈上升趋势。多种害虫连年暴发,给农业生产管理带来了极大的威胁和安全隐患^[25-26]。面对农业可持续发展的需求以及由化学农药滥用引起的多种问题,害虫的生态调控成为可持续发展农业领域中研究的焦点^[27-28]。如何通过调整农业种植环境来减少虫害的发生,在害虫生态调控、减少农药使用中有着重要的应用前景^[29]。

植食性昆虫在迁飞扩散过程中,通过识别植物发出的化学信号可准确识别、定位寄主^[30-31],进而降落取食。昆虫对寄主植物挥发物表现出明显的趋向性,而对非寄主植物挥发物表现为不选择性或驱避^[32]。根据昆虫对寄主与非寄主植物挥发物的反应差异,可以实现多样性植物种植对害虫的生态调控^[33]。芳香植物作为一类能够散发着强烈挥发性物质的植物,影响着昆虫对寄主的定位和取食。魏巍等^[34]通过在梨园间作薄荷(*Mentha canadensis*)、孔雀草(*Tagetes patula*)和罗勒(*Ocimum basilicum*)等芳香植物,发现芳香植物的存在改变了梨园中

蚜虫及其天敌的数量和组成,害虫数量明显减少;BASEDOW 等^[35]在蚕豆园里间作罗勒(*Ocimum basilicum*)与夏季香薄荷(*Satureja hortensis*),结果发现,甜菜蚜(*Aphis fabae*)的侵入量明显减少;叶珺琳等^[12]研究也发现,通过将迷迭香(*Rosmarinus officinatis*)等 3 种芳香植物与蕹菜(*Ipomoea aquatica*)间作,蕹菜(*Ipomoea aquatica*)的虫害明显减少。由此可见,筛选适合的、具有趋避效果的芳香植物,与主栽植物进行间作套种,可有效降低虫害。

本研究在驱避活性测定、嗅觉行为反应测定结果中显示,4 种芳香气味植物对有翅桃蚜均有一定的驱避活性,大小依次为薄荷>芹菜>芫荽>小葱,且薄荷的驱避活性最高、EAG 反应最显著;小葱的驱避活性最低、EAG 反应最弱。可见,4 种供试芳香气味植物均可以作为趋避植物与易感桃蚜的十字花科植物等间作,尤其以薄荷效果最佳。孙梅梅等^[13]研究发现,在甘蓝大棚的入口处种植薄荷,甘蓝上蚜虫数量减少了 56.17%,小菜蛾数量减少了 40.52%。由此可见,种植薄荷不仅对蚜虫有明显的驱避效果,对小菜蛾也有较明显的驱避效果。郑雨维等^[36]研究认为,当芫荽和芹菜共存时,

桃蚜更排斥芫荽。本研究发现,芹菜对桃蚜的趋避率优于芫荽,可能与不同地区桃蚜的嗅觉感觉器中相关蛋白与被测植株提取液中活性成分的结合程度有关,也可能与供试植物不同的品种及生育期有关。

本研究中,所有供试损伤体植物的驱避活性均明显高于各自活体植物,这可能是由于破损植物的伤口会释放更多挥发性物质,影响蚜虫对寄主的选择和定位。由此可知,在桃蚜有翅蚜发生期,在栽培过程中对间作的芳香气味植物的叶片经常性进行切割,或将切割后的组织打碎后置于田间,可有效减少有翅蚜虫的定位和降落,减少菜田桃蚜的发生危害。本研究结果将对植物生产中桃蚜的生态调控具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 万秀娟, 据志君, 申爱民. 桃蚜嗅觉行为反应在辣椒抗蚜筛选中的应用[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(10): 42-46.
WAN X J, JU Z J, SHEN A M. Application of olfactory behavioral response with resistant to *Myzus persicae* in the pepper[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2022, 35(10): 42-46.
- [2] 张利军, 李丫丫, 马瑞燕, 等. 3种寄主上桃蚜的选择性及形态分化[J]. 生态学报, 2015, 35(5): 1547-1553.
ZHANG L J, LI Y Y, MA R Y, et al. Performance and morphological differentiation of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on three types of host plants[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(5): 1547-1553.
- [3] 刘艳红, 张权义, 贾栋. 桃蚜种群消长规律预测模型的建立与应用[J]. 山西农业科学, 2019, 47(7): 1246-1249.
LIU Y H, ZHANG Q Y, JIA D. Establishment and application of prediction model of *Myzus persicae* population fluctuation[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2019, 47(7): 1246-1249.
- [4] 宫亚军, 王泽华, 石宝才, 等. 北京地区不同桃蚜种群的抗性研究[J]. 中国农业科学, 2011, 44(21): 4385-4394.
GONG Y J, WANG Z H, SHI B C, et al. Resistance status of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) populations to pesticide in Beijing[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(21): 4385-4394.
- [5] 顾春波, 王刚, 王开运, 等. 我国西南烟区桃蚜 *Myzus persicae* (sulzer) 的抗药性水平[J]. 植物保护学报, 2006, 33(1): 77-80.
GU C B, WANG G, WANG K Y, et al. Studies on the resistance level of *Myzus persicae* (Sulzer) in main tobacco regions of southwestern China[J]. Journal of Plant Protection, 2006, 33(1): 77-80.
- [6] 吕金言, 孟昭军. 植食性昆虫嗅觉识别植物挥发物机制的研究进展[J]. 中国农学通报, 2022, 38(15): 122-129.
LV J Y, MENG Z J. The olfactory recognition mechanism of herbivore insects on plant volatiles: a review[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(15): 122-129.
- [7] 张正群, 孙晓玲, 罗宗秀, 等. 芳香植物气味及提取液对茶尺蠖行为的影响[J]. 植物保护学报, 2012, 39(6): 541-548.
ZHANG Z Q, SUN X L, LUO Z X, et al. Effect of odors from different aromatic plants and extracts on the behavior of the tea geometrid, *Ectropis obliqua* (Prout)[J]. Journal of Plant Protection, 2012, 39(6): 541-548.
- [8] 付国需, 李为争, 刘珂, 等. 不同科芳香植物特征挥发物的生源及其对昆虫行为的影响[C]//华中三省(湖北、湖南、河南)昆虫学会2008年学术年会. 咸宁: 中国昆虫学会, 2008.
FU G X, LI W Z, LIU K, et al. The origin of characteristic volatiles of aromatic plants of different families and their effects on insect behavior[C]//The 2008 academic annual conference of the Insect Society in the three provinces of central China (Hubei, Hunan, Henan). Xianning: Chinese Society of Entomology, 2008.
- [9] 贾志飞, 仇延鑫, 赵永超, 等. 植物挥发物对昆虫的驱避和引诱作用研究进展[J]. 山东农业科学, 2022, 54(7): 164-172.
JIA Z F, QIU Y X, ZHAO Y C, et al. Advances of research on repellency and attraction of plant volatiles to insects[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2022, 54(7): 164-172.
- [10] 王英慧, 李为争, 游秀峰, 等. 30种芳香植物材料对有翅桃蚜的驱避活性测定[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(4): 568-574.
WANG Y H, LI W Z, YOU X F, et al. Bioassay on the repellent effects of 30 aroma plant materials on alate *Myzus persicae* (sulzer)[J]. Natural Product Research and Development, 2010, 22(4): 568-574.
- [11] 罗丽林, 黄振兴, 杨广明, 等. 30种非寄主植物对黑腹果蝇的趋避效果研究[J]. 中国南方果树, 2022, 51(4): 171-176.
LUO L L, HUANG Z X, YANG G M, et al. Study on the repellent effect of 30 non-host plants on *Drosophila melanogaster* [J]. South China Fruits, 2022, 51(4): 171-176.
- [12] 叶珺琳, 郭国保, 潘春香, 等. 间种芳香植物对蔬菜生长及虫害的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(8): 143-145.
YE J L, GUO G B, PAN C X, et al. Effects of intercropping aromatic plants on vegetable growth and insect pests[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(8): 143-145.
- [13] 孙梅梅, 湛江华, 姚红燕, 等. 七种非寄主植物对甘蓝主要害虫的田间驱避作用[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(8): 1374-1380.
SUN M M, CHEN J H, YAO H Y, et al. Repellent effect of 7 non-host plants on main cabbage insect pests[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2016, 28(8): 1374-1380.
- [14] 何祝清, 范丽芳, 李亦蕾. 蟋蟀对碰碰香、薄荷和香妃草三种植物的趋避性实验[J]. 生物学教学, 2018, 43(2): 59-60.
HE Z Q, FAN L F, LI Y L. Experiment on the repellency of crickets to three plants: touch-touch incense, mint and vanilla [J]. Biology Teaching, 2018, 43(2): 59-60.
- [15] 邹亚红, 衡森, 周福才, 等. 芹菜植株挥发物对蔬菜烟粉虱的驱避作用[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(4): 900-907.
WU Y H, HENG S, ZHOU F C, et al. Repellent effect of celery volatiles on *Bemisia tabaci*[J]. Journal of Environmental Entomology, 2019, 41(4): 900-907.
- [16] 张熠瑒. 不同香菜品种对烟粉虱驱避作用的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
ZHANG Y. The repellent of different coriander varieties on *B. tabaci*[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2021.
- [17] 范锦胜, 张李香. 植物提取物对玉米蚜忌避效果研究[J]. 北方园艺, 2009(11): 23-25.

- FAN J S, ZHANG L X. Repellent effect of plant extracts on cornleaf aphid[J]. Northern Horticulture, 2009(11):23-25.
- [18] 郑雨维. 香菜、桔皮挥发物及精油对桃蚜行为的影响及趋避作用[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2014.
- ZHENG Y W. Effects of coriander and orange peel and essential oils on the behavior[D]. Huhehot: Inner Mongolia Agricultural University, 2014.
- [19] EGIGU M C, IBRAHIM M A, YAHYA A, et al. *Cordeauxia edulis* and *Rhododendron tomentosum* extracts disturb orientation and feeding behavior of *Hylobius abietis* and *Phyllodecta laticollis*[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2011, 138(2):162-174.
- [20] 韩晓莉, 黄钢, 高文, 等. 滤纸药膜快速检测家蝇抗性方法的研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2018, 24(3):227-230.
- HAN X L, HUANG G, GAO W, et al. Study on rapid detection of *Musca domestica* resistance to insecticides by filter paper residual film method[J]. Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments, 2018, 24(3):227-230.
- [21] 李秀岚, 李友莲. 红蓼提取物对桃蚜拒食活性及触角电位的研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2005, 25(3):228-230.
- LI X L, LI Y L. A study on antifeedant activity and EAG *Polygnum orientale* L. against *Myzus persicae*(Sulzer)[J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2005, 25(3):228-230.
- [22] 王雪娇, 查友贵, 肖春, 等. 桃蚜对不同植物挥发物的趋性选择研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2012, 27(2):165-169.
- WANG X J, ZHA Y G, XIAO C, et al. Study on the preference selectivity of *Myzus persicae* to different plant odour sources[J]. Journal of Yunnan Agricultural University(Natural Science), 2012, 27(2):165-169.
- [23] 郇博蕊, 刘强, 李敏, 等. 槐绿虎天牛对国槐 6 种挥发物的 EAG 及行为反应[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2016, 36(3):59-63.
- QIE B R, LIU Q, LI M, et al. EAG and behavioral responses of *Chlorophorus diadema* (Motschulsky) to six volatiles from *Sophora japonica*[J]. Journal of Tianjin Normal University (Natural Science Edition), 2016, 36(3):59-63.
- [24] 吴利民, 吕文彦, 原国辉, 等. 非寄主蔬菜及其提取物对菜粉蝶的驱避作用[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(6):1311-1316.
- WU L M, LU W Y, YUAN G H, et al. Repellent effect of non-host vegetables and their extracts on *Pieris rapae* L.[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(6):1311-1316.
- [25] BREWER M J, GOODELL P B. Approaches and incentives to implement integrated pest management that addresses regional and environmental issues[J]. Annual Review of Entomology, 2012, 57:41-59.
- [26] 张友军, 吴青君, 王少丽, 等. 我国蔬菜重要害虫研究现状与展望[J]. 植物保护, 2013, 39(5):38-45.
- ZHANG Y J, WU Q J, WANG S L, et al. Current status and prospects of the important insect pests on the vegetable crops in China[J]. Plant Protection, 2013, 39(5):38-45.
- [27] 戈峰, 李典谟. 可持续农业中的害虫管理问题[J]. 昆虫知识, 1997, 34(1):39-45.
- GE F, LI D M. Pest management in sustainable agriculture[J]. Entomological Knowledge, 1997, 34(1):39-45.
- [28] 赵紫华. 从害虫“综合治理”到“生态调控”[J]. 科学通报, 2016, 61(18):2027-2034.
- ZHAO Z H. From "integrated pest management" to "ecologically based pest management"[J]. Chinese Science Bulletin, 2016, 61(18):2027-2034.
- [29] PRICE P W. Insect ecology[M]. New York: Wiley Press, 1981:1-108.
- [30] 王琛柱, 钦俊德. 昆虫与植物的协同进化:寄主植物-铃夜蛾-寄生蜂相互作用[J]. 昆虫知识, 2007, 44(3):311-319.
- WANG C Z, QIN J D. Insect-plant co-evolution: multitrophic interactions concerning *Helicoverpa* species[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2007, 44(3):311-319.
- [31] 梁薇, 麻亚辉, 陈丽慧, 等. 寄主植物对植食性昆虫选择行为影响的研究进展[J]. 生物灾害科学, 2022, 45(3):299-304.
- LIANG W, MA Y H, CHEN L H, et al. Research progress in the influence of host plants on the selection behaviors of herbivorous insects[J]. Biological Disaster Science, 2022, 45(3):299-304.
- [32] 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):5113-5122.
- LU Y H, ZHANG Y J, WU K M. Host-plant selection mechanisms and behavioural manipulation strategies of phytophagous insects[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10):5113-5122.
- [33] 周海波, 陈巨莲, 程登发, 等. 植物挥发性次生物质在害虫生态调控中的机理及应用[M]//成卓敏. 中国植物保护学会学术年会论文集. 北京:中国农业科学技术出版社, 2008.
- ZHOU H B, CHEN J L, CHENG D F, et al. Mechanism and application of plant volatile secondary substances in the ecological regulation of insect pests [M]//CHENG Z M. Proceedings of the annual meeting of the Chinese Society for plant protection. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2008.
- [34] 魏巍, 孔云, 张玉萍, 等. 梨园芳香植物间作区蚜虫与天敌类群的相互关系[J]. 生态学报, 2010, 30(11):2899-2908.
- WEI W, KONG Y, ZHANG Y P, et al. The relationship among aphids and natural enemies in the different aromatic plants intercropping plots of pear orchard[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(11):2899-2908.
- [35] BASEDOW T, HUA L, AGGARWAL N. The infestation of *Vicia faba* L. (Fabaceae) by *Aphis fabae*(Scop.) (Homoptera: Aphididae) under the influence of Lamiaceae (*Ocimum basilicum* L. and *Satureja hortensis* L.)[J]. Journal of Pest Science, 2006, 79(3):149-154.
- [36] 郑雨维, 陈新华. 香菜对桃蚜寄主植物选择行为的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(25):317-320.
- ZHENG Y W, CHEN X H. Effects of coriander in host plants selection of *Myzus persicae*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(25):317-320.