

桃蚜嗅觉行为反应在辣椒抗蚜筛选中的应用

万秀娟, 琚志君, 申爱民

(郑州市蔬菜研究所 郑州 450015)

摘要: 为了明确桃蚜(*Myzus persicae*)嗅觉行为反应在辣椒抗蚜材料筛选中的作用, 利用昆虫嗅觉行为装置和蚜量比值法, 研究了桃蚜对 18 种辣椒材料的选择行为。昆虫嗅觉行为反应测定结果表明, 线椒 33 对桃蚜具有显著的引诱效果, BZ15016-1、皱皮牛角椒、S23-1-1、超大甜椒 2 号对桃蚜具有显著的驱避效果。田间调查计算蚜量比值的结果表明, 线椒 33、薄皮羊角椒、超大甜椒 1 号和线螺为高感材料, 皱皮牛角椒、S23-1-1、超大甜椒 2 号为高抗辣椒材料。两种方法的研究结果较为一致, 为辣椒抗蚜育种材料或辣椒抗蚜品种筛选提供了新的研究思路。

关键词: 辣椒; 桃蚜; 抗蚜; 行为反应

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)10-042-05

Application of olfactory behavioral response with resistant to *Myzus persicae* in the pepper

WAN Xiujian, JU Zhijun, SHEN Aimin

(Zhengzhou City Vegetable Research Institute, Zhengzhou 450015, Henan, China)

Abstract: To clarify the role of olfactory behavioral response with resistance to *Myzus persicae* in the pepper, 18 pepper parent materials were researched by using aphid ratio method and the devices of the olfactory behavioral response. According to the study of determination which used the olfactory behavioral response devices, the parent material Xianjiao 33 of the pepper had significant attraction, BZ15016-1, Zhoupiniujiaojiao, S23-1-1 and Chaodatianjiao 2 had significant repellent from the others. According to the field investigation and the calculation of the aphid ratio, the parent materials Xianjiao 33, Baopiyangjiaojiao, Chaodatianjiao 1 and Xianluo of the pepper were also highly susceptible to *M. persicae*, Zhoupiniujiaojiao, S23-1-1 and Chaodatianjiao 2 were highly resistant to *M. persicae*. The results showed that both results were high consistently. This study provided a new research approach in aphid-resistant screening of pepper parent materials and pepper varieties.

Key words: Pepper; *Myzus persicae*; Resistance to aphid; Behavioral response

桃蚜(*Myzus persicae*)属半翅目 Homoptera 蚜科 Aphididae, 其寄主广泛, 生活周期短, 繁殖速度快, 世代重叠严重, 生活史复杂, 短时间内即可形成庞大的种群^[1]。桃蚜对植物的危害主要通过 3 种途径: (1)通过吸食植物汁液, 造成叶片卷缩, 影响植物的光合作用, 通过此方式可危害 50 多个科 400 多种植物^[2-4]。(2)分泌的蜜露会改变寄主的新陈代谢, 干扰植物的生理功能, 招引蚂蚁、诱发植物感染真菌性病害等^[5-6]。(3)桃蚜是传播病毒病的主要媒介之一^[7], 它可以携带 100 多种植物病毒, 是世界上传播病毒种类最多的一种昆虫, 也是世界农作

物主要害虫之一^[8]。目前, 桃蚜的防治以拟除虫菊酯、新烟碱类等为代表的化学防治为主^[9-10]。但随着桃蚜抗药性的不断增强、杀虫剂的过度施用, 消费者对绿色、有机食品的需求越来越大, 安全、环保、生态、友好、有效的桃蚜防治措施受到了越来越多人的关注。

培育和应用抗蚜品种是有效防控桃蚜危害最经济、最环保的手段之一。目前, 有关抗蚜材料和品种筛选的研究已有报道。陈青等^[11]通过室内和田间 2 种方法对 32 个参试辣椒品种进行抗性评价, 以期获得优异的抗蚜辣椒品种。潘磊等^[12]以桃树抗

收稿日期: 2022-02-28; 修回日期: 2022-06-14

基金项目: 财政部和农业部: 国家现代农业产业技术体系(CARS-23-G18); 河南省科技攻关项目(212102110427); 郑州市重大科技创新专项“主要设施蔬菜新品种选育及绿色高效生产技术集成研究”(2019CX0087)

作者简介: 万秀娟, 女, 助理研究员, 主要从事蔬菜育种与栽培工作。E-mail: hnwanxiujuan@163.com

蚜材料 09 南 3-30 为试材,通过抗性表型观察,结合系谱分析、遗传分析和集群分离分析定位的方法对其进行评价,表明 09 南 3-30 为一类来自于桃栽培种的新型抗蚜资源。潘凡等^[13]通过抗蚜株率、感蚜指数和改进的感蚜指数 3 种方法,对 14 种苜蓿品种进行了抗蚜品种的分级。植物抗蚜品种的筛选已有报道,但大多是通过传统的田间调查评价的方法,易受环境条件的制约。植物挥发性物质是植物体内的次生物质,有研究表明,植物挥发性物质通过影响昆虫的嗅觉行为反应来影响昆虫的取食行为,对昆虫具有驱避或引诱作用。陈泓渝等^[14]用笼罩法观察了西花蓟马对 8 种不同蔬菜寄主植物的选择性,发现西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)在不同蔬菜上的着虫数存在显著差异。王雪娇等^[15]研究了不同蔬菜对桃蚜的选择行为,发现白菜气味对桃蚜有明显的引诱作用,韭菜气味对桃蚜无明显的引诱作用。白蝴蝶挥发油对萝卜蚜(*Lipaphis erysimi*)和瓜蚜(*Aphis gossypii*)具有显著的驱避效果^[16]。但利用昆虫的嗅觉行为反应筛选辣椒抗蚜材料的研究鲜见报道,笔者通过桃蚜嗅觉行为反应测定和田间调查 2 种方法相结合,揭示了桃蚜对不同辣椒材料的选择和不同辣椒材料对桃蚜田间抗性表现之间的关系,为辣椒抗蚜育种材料的筛选提供新的研究思路,同时为辣椒抗蚜机制研究奠定基础。

1 材料和方法

1.1 材料

供试辣椒材料由郑州市蔬菜研究所辣椒课题组提供(表 1)。营养液配方采用园试通用配方(表 2),营养液配方肥料购自上海永通生态工程股份有限公司,微量元素采用通用配方(表 3),购自天津凯通化学试剂有限公司。育苗光源采用湖南绿米科技有限公司茄果类育苗 LED 专用灯。育苗基质为鲁青基质。桃蚜对不同辣椒材料嗅觉行为反应的测定采用“一种检测昆虫取食行为特性的装置”(图 1)^[17],此

表 1 18 种辣椒材料名称

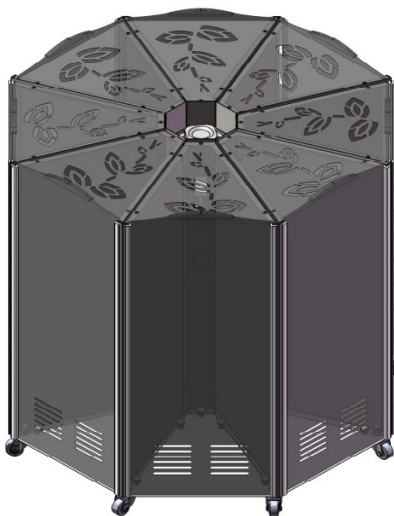
编号	材料名称	编号	材料名称
材料 1	线椒 33	材料 10	水果甜椒
材料 2	黄绿羊角椒	材料 11	超大甜椒 1 号
材料 3	亮黄羊角椒	材料 12	墨绿小羊角椒
材料 4	薄皮羊角椒	材料 13	BZ15016-1(螺丝椒,绿色)
材料 5	薄皮牛角椒	材料 14	皱皮牛角椒
材料 6	L17-1-2-1-3-2(螺丝椒)	材料 15	线螺(螺丝椒,长细羊角椒)
材料 7	BZ15005-2(长羊角椒,绿色)	材料 16	皱皮小椒
材料 8	黄绿小牛角椒	材料 17	S23-1-1(小皱皮甜椒)
材料 9	181-1(皱皮甜椒)	材料 18	超大甜椒 2 号

表 2 园试通用配方

试剂	硝酸钙	硝酸钾	磷酸二氢铵	硫酸镁	$\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
数值	945	809	153	494	

表 3 微量元素通用配方

试剂	螯合铁	硫酸锰	硼酸	硫酸锌	硫酸铜	钼酸铵	$\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
数值	30	2.13	2.86	0.22	0.08	0.02	



注:左为示意图,右为实物图。

图 1 昆虫嗅觉行为反应测定装置

装置为正八面体,高 100.00 cm,直径 106.50 cm,中间 3/4 处设置虫槽,置虫槽连接 8 个趋向管,分别伸向每个置物槽,置虫槽直径为 19.50 cm,趋向管直径为 2.00 cm、长 12.00 cm,趋向管连接 80 目的储虫纱网袋。正八面体外围的 8 个面下方和 8 个置物槽顶部设通风口,便于空气的流动,带动挥发物的向上散发。8 个置物槽将正八面体平均分成 8 份,且每一个置物槽即为一个独立的与其他置物槽互不干扰的槽体,置物槽可根据试验需求,封住置虫槽和趋向管的连接口。供试桃蚜采自郑州市蔬菜研究发展中心连栋温室罩网内饲养的芥蓝植株上。

1.2 方法

1.2.1 桃蚜对辣椒材料嗅觉行为反应测定 将 18 个辣椒材料种子进行常规消毒和催芽后,于 2021 年 2 月 26 日分别播种于内径为 17 cm、盛有鲁青基质的花盆中。每个辣椒材料播种 6 盆,每盆播 10 粒同一辣椒材料种子,置于郑州市蔬菜研究发展中心植物工厂内,植物工厂内温度为(27±1) °C,光暗时间比为 12 h:12 h。子叶展开后,每隔 3 d 浇水 1 次,以花盆底部溢水为准。每隔 6 d 浇园试通用配方营养液 1 次,每盆 60 mL。

2021 年 4 月 21 日,天气晴好,连栋温室内温度(25±2) °C。将昆虫嗅觉行为反应测定装置(图 1)置于玻璃连栋温室内,装置趋向管套上 80 目的纱网袋。将花盆及辣椒根部用锡箔纸包裹后,每个置物槽中放置 1 盆,1 个装置中设 6 个处理和 1 个空白对照,6 种不同的辣椒材料为 6 个处理,随后用软毛刷挑选饲养在芥蓝上的大小一致的桃蚜,饥饿 0.5 h 后,每个置虫槽中放置 150 头桃蚜,15 min 后,以桃蚜停留在超过 1/2 趋向管为准,认定为桃蚜对该种材料有嗅觉行为反应,反之则认定为无嗅觉行为反应,统计超过 1/2 趋向管和储虫袋中的桃蚜数量。试验设置 7 个重复,随机区组排列。由于该装置可放置的辣椒材料数量有限,18 种辣椒材料分 3 次完成。

1.2.2 辣椒材料田间抗蚜性鉴定 将 2021 年 4 月 21 日试验完毕的辣椒苗从花盆中取出,去除多余基质假植于营养液水槽中。2021 年 4 月 22 日定植于郑州市蔬菜研究所研究发展中心连栋温室深夜流营养液栽培槽中,每个处理定植 30 棵,株行距 60 cm×60 cm,试验设置 3 次重复,品种间隔行定植,敞开防虫网,让其自然感染桃蚜,随后进行田间常规管理。5 月 27 日,调查辣椒材料感染桃蚜的情况,每个处理随机选择 10 棵植株调查。对 18 种辣

椒植株上自然感染的桃蚜进行调查计数。田间抗蚜指标采用蚜量比值法,以每个辣椒材料品种的平均蚜量除以全部观察材料的平均蚜量计算蚜量比值,并根据辣椒抗蚜鉴定评价标准^[8](表 4),确定桃蚜对不同辣椒材料的抗性。

表 4 辣椒抗蚜虫鉴定评价标准

抗性级别	高抗(HR)	抗(R)	中抗(MR)	感(S)	高感(HS)
蚜量比值	0.00~0.25	0.26~0.50	0.51~0.75	0.76~1.25	> 1.25

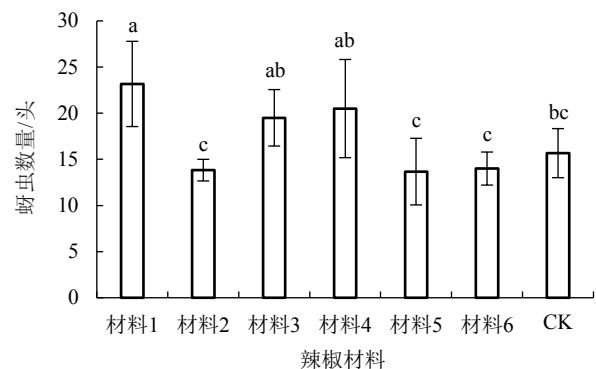
1.3 数据分析

采用 SPSS17.0 软件进行数据分析,结合 Student-Newman-Keuls 检验对数据进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 桃蚜对辣椒材料的嗅觉行为反应

由图 2~4 可以看出,在 BZ15016-1、皱皮牛角椒、S23-1-1、超大甜椒 2 号上分别收集到桃蚜数量为 13.83 头、10.33 头、13.83 头、15.00 头,与对照相比,对桃蚜具有驱避作用且差异显著。在线椒 33 上收集到桃蚜数量为 23.17 头,与对照相比,对桃蚜具有引诱作用且差异显著。在黄绿羊角椒、薄皮牛角椒、L17-1-2-1-3-2、水果甜椒、BZ15005-2、黄绿小



注:不同小写字母表示不同辣椒材料在 0.05 水平差异显著。下同。

图 2 桃蚜对 6 种辣椒材料的嗅觉行为反应

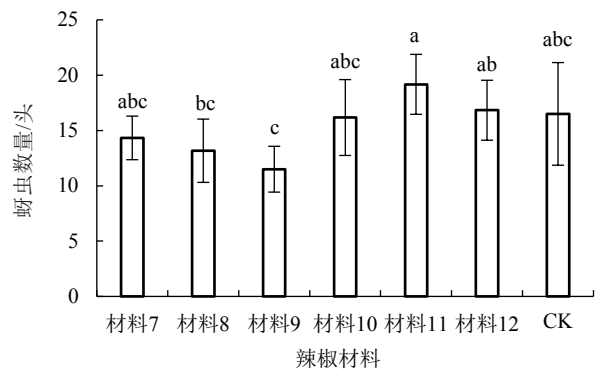


图 3 桃蚜对 6 种辣椒材料的嗅觉行为反应

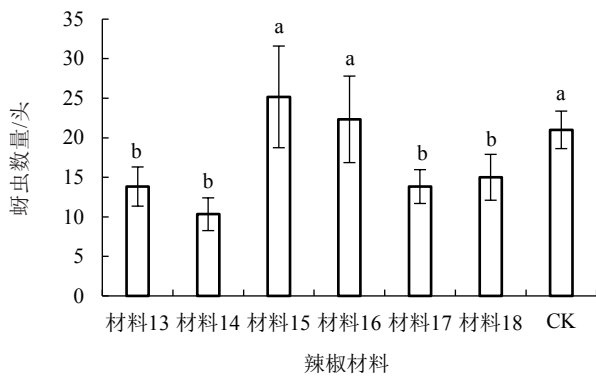


图4 桃蚜对6种辣椒材料的嗅觉行为反应

牛角椒、181-1上收集到的桃蚜头数均小于对照,说明其对桃蚜有驱避作用,但与对照差异不显著;在亮黄羊角椒、薄皮羊角椒、超大甜椒1号、墨绿小羊角椒、线螺、皱皮小椒上收集到的桃蚜头数均大于对照,说明其对桃蚜具有引诱作用,但差异不显著。

2.2 辣椒材料的抗蚜鉴定

由表5可以看出,在18种辣椒材料的田间抗蚜试验中,皱皮牛角椒、S23-1-1、超大甜椒2号3种辣椒材料蚜量比值分别为0.15、0.11、0.17,通过比对辣椒抗蚜鉴定评价标准表明,以上3种材料为高抗辣椒材料(HR)。薄皮牛角椒、L17-1-2-1-3-2、BZ15005-2等3种辣椒材料蚜量比值分别为0.42、0.47、0.30,为抗性辣椒材料(R)。黄绿羊角椒、黄绿小牛角椒、181-1、BZ15016-1等4种辣椒材料蚜量比值分别为0.67、0.75、0.53、0.67,为中抗辣椒材料

表5 辣椒田间抗蚜鉴定结果

材料编号	平均蚜量/头·株 ⁻¹	蚜量比值	抗性级别
材料1	36.30	1.58	HS
材料2	15.30	0.67	MR
材料3	26.60	1.16	S
材料4	38.20	1.66	HS
材料5	9.60	0.42	R
材料6	10.90	0.47	R
材料7	6.90	0.30	R
材料8	17.20	0.75	MR
材料9	12.20	0.53	MR
材料10	18.60	0.80	S
材料11	79.80	3.47	HS
材料12	24.00	1.00	S
材料13	15.40	0.67	MR
材料14	26.50	0.15	HR
材料15	49.80	2.17	HS
材料16	19.60	0.85	S
材料17	2.50	0.11	HR
材料18	4.10	0.17	HR

(MR)。亮黄羊角椒、水果甜椒、墨绿小羊角椒、皱皮小椒等4个辣椒材料蚜量比值分别为1.16、0.80、1.00、0.85,为感病辣椒材料(S)。线椒33、薄皮羊角椒、超大甜椒1号、线螺等4个辣椒材料蚜量比值分别为1.58、1.66、3.47、2.17,为高感辣椒材料(HS)。

3 讨论与结论

陈青等^[7]系统地开展了适于海南种植的抗蚜辣椒品种的鉴定与评价,结果显示不同辣椒品种对蚜虫的抗性不同。笔者通过田间调查评价结果表明,将18种辣椒材料对桃蚜的抗性分为高抗、中抗、抗、感病和高感5个抗性等级,与陈青等^[7]的研究结果一致,均表明不同辣椒材料或品种对桃蚜的抗性不同。

田间评价结果表明,线椒33、薄皮羊角椒、超大甜椒1号、线螺为高感桃蚜辣椒材料,皱皮牛角椒、S23-1-1、超大甜椒2号为高抗桃蚜辣椒材料。通过昆虫嗅觉行为反应装置测定的结果表明,线椒33对桃蚜具有显著的引诱效果,BZ15016-1、皱皮牛角椒、S23-1-1、超大甜椒2号对桃蚜具有显著的驱避效果。2种方法的研究结果较为一致,其中通过桃蚜嗅觉行为反应测定出的具有显著引诱效果的辣椒品种线椒33,同样田间评价为高感辣椒材料;对桃蚜具有显著趋避效果的皱皮牛角椒、S23-1-1和超大甜椒2号,同样田间评价为高抗辣椒材料。但2种评价方法进行评价的结果也有不同之处,通过田间评价得到的高感辣椒材料薄皮羊角椒和线螺在嗅觉行为反应测定中没有表现出显著的引诱效果;通过嗅觉行为反应测定表现出对桃蚜具有显著驱避作用的辣椒品种材料BZ15016-1,在田间评价中也没有表现出高抗桃蚜的效果,这可能与昆虫的其他取食行为有关。有研究表明,昆虫的取食行为不仅与植物的挥发物有关系,还与植物的物理抗性、扩展抗性等有关系^[19]。也有研究表明,植物的物理性状与昆虫取食行为之间存在着密切的联系,不同辣椒叶片茸毛密度、主维管束埋深、叶片蜡质含量对烟粉虱(*Bemisia tabaci*)寄主的选择性影响差异显著^[20]。但昆虫在选择寄主时,对植物挥发性化学物质的识别及短程的寄主定位均依赖于灵敏的嗅觉,再由视觉降落在绿色植物上,最后通过触觉多次选择确定合适的寄主,植物挥发物在昆虫选择寄主时,确实起着至关重要的作用^[21]。

通过试验结果得出以下结论:利用昆虫嗅觉行

为反应装置,对桃蚜有显著引诱效果的辣椒材料线椒33,通过田间调查计算蚜量比值同样为高感材料;利用昆虫趋向行为装置,对桃蚜有显著驱避效果的辣椒材料皱皮牛角椒、S23-1-1、超大甜椒2号,通过田间调查计算蚜量比值同样为高抗材料。利用昆虫嗅觉行为反应来判断桃蚜对辣椒材料或品种的选择,可以作为辣椒抗蚜育种材料或辣椒抗蚜品种筛选的新的研究思路。

参考文献

- [1] 张莉娅,阮长春,侯志广,等.3种杀虫剂亚致死浓度胁迫对桃蚜扩散行为的影响[J].农药,2021,60(2):107-110.
- [2] NALAM V, LOUIS J, SHAH J. Plant defense against aphids, the pest extraordinaire[J]. Plant Science, 2019, 279 (S1): 96-107.
- [3] 孙大平,路茜,王鹏,等.4种病原真菌对桃蚜和温室白粉虱的致病力[J].吉林农业大学学报,2021,43(6):664-672.
- [4] 周明祥.作物抗虫性原理及应用[M].北京:农业出版社,1992:5-98.
- [5] GIORDANENGO P, BRUNISSEN L, RUSTERUCCI C, et al. Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses[J]. Comptes Rendus Biologies, 2010, 333(6/7): 516-523.
- [6] GUERRIERI E, DIGILIO M C. Aphid-plant interactions: a review[J]. Journal of Plant Interactions, 2008, 3(4):223-32.
- [7] 张艳静,李丹阳,郭慧娟,等.蚜虫传播非持久性病毒的取食行为调控机制[J].植物保护学报,2020,47(5):949-961.
- [8] 汤秋玲.我国桃蚜田间种群抗药性和遗传变异[D].北京:中国农业大学,2015.
- [9] 范元兰,陈敏,王其刚,等.植物蚜虫及其抗性研究进展[J].江苏农业科学,2020,48(14):33-44.
- [10] 唐平华,陈国平,朱明库,等.蚜虫防治技术研究进展[J].植物保护,2013,39(2):5-12.
- [11] 陈青,梁晓,伍春玲,等.抗蚜高产辣椒品种鉴定评价[J].热带作物学报,2022,43(2):285-293.
- [12] 潘磊,闫乐乐,鲁振华,等.一类桃树桃蚜抗性新种质09南3-30[J].果树学报,2021,38(6):895-900.
- [13] 潘凡,杜桂林,赵莉,等.不同方法对14个苜蓿品种抗蚜评价分析[J].植物保护,2021,47(1):153-159.
- [14] 陈泓淦,王映山,李伦,等.西花蓟马对不同寄主植物的选择及嗅觉行为反应[J].植物保护,2021,47(3):122-126.
- [15] 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(自然科学版),2012,27(2):165-169.
- [16] 周琼,梁广文,孔垂华,等.白蝴蝶挥发油对蚜虫的驱避作用及其化学成分[J].应用生态学报,2004,15(5):856-858.
- [17] 田朝辉,万秀娟,李建欣,等.一种检测昆虫取食行为特性的装置:ZL201610277870.2[P].2019-3-26.
- [18] 曹如槐,粟克恭,王晓玲.农作物抗病虫性鉴定方法[M].北京:中国农业出版社,1992:64-65.
- [19] 马金荣.黄瓜蚜虫材料筛选及其抗蚜机理的研究[D].山东泰安:山东农业大学,2015.
- [20] 何菁,周福才,苏宏华,等.辣椒品种对烟粉虱的抗性研究[D].江苏扬州:扬州大学,2017.
- [21] FINCH S, COLLIER R H. Host-plant selection by insects: A theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2000, 96(2):91-102.