

DOI:10.13718/j.cnki.sxxb.2020.10.008

4 种萝卜品种作为烟蚜茧蜂载体植物的研究^①

李太美, 赵如娜, 郭峰, 罗优, 覃韧, 陈文龙

贵州大学昆虫研究所/贵州省山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025

摘要: 为筛选适宜的萝卜品种作为载体植物扩繁烟蚜茧蜂以防控烟蚜, 通过刺吸电位技术(electrical penetration graph, EPG)研究了萝卜蚜在春白玉、满堂红、白天使、满身红 4 个萝卜品种嫩叶上的取食行为, 同时, 比较了烟蚜茧蜂上萝卜蚜的寄生率、羽化率以及雌雄比。结果表明: 萝卜蚜的 C 波平均持续时间由多到少依次为白天使、满身红、满堂红、春白玉, G 波平均持续时间在春白玉品种上最长, E2 波平均持续时间在白天使上最长, 为 274.82 min, 在春白玉上次之, 为 128.05 min; 烟蚜茧蜂对春白玉上萝卜蚜的寄生率最高(19.22%), 与白天使品种间差异有统计学意义; 僵蚜羽化率从大到小依次为满堂红(71.81%)、白天使(68.60%)、春白玉(68.40%)、满身红(66.47%); 烟蚜茧蜂雌雄比为春白玉(76.67%)最高, 与满堂红品种间差异有统计学意义。实验得出相同条件下, 萝卜蚜更喜欢取食春白玉品种, 春白玉品种可作为载体植物大量扩繁萝卜蚜和烟蚜茧蜂。

关键词: 刺吸电位技术; 载体植物; 烟蚜茧蜂; 萝卜蚜; 萝卜品种

中图分类号: S432

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)10-0042-07

生物防治是害虫可持续治理的手段之一^[1]。Stary 最早提出和应用的天敌载体植物系统(Banker plant system)能使生物防治变得更加经济、高效^[2]。天敌载体植物系统是利用非目标作物来饲养天敌的寄主, 再利用天敌的寄主繁殖天敌。载体植物系统由 3 个基本的要素组成, 即载体植物(banker plant)、替代寄主(alternative food)、有益生物(beneficial organisms)^[3]。目前, 美国、加拿大和欧洲已经研究出了多种载体植物, 如烟草、大豆、木瓜、玉米和辣椒等。其中, 美国佛罗里达大学利用木瓜-天敌(浅黄恩蚜小蜂 *Encarsia sophia*)系统防治大棚蔬菜番茄的重要害虫烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)取得了显著的效果。该系统已经在美国温室蔬菜上应用推广^[4-5]。近年来载体植物系统在我国研究较多, 王丽在 2015 年利用小麦为载体植物, 麦长管蚜 *Macrosiphum avenae* (Fabricius)为替代寄主饲养烟蚜茧蜂, 研究表明释放载体植物系统应该在烟蚜数量较低时, 必要时可以结合一些低毒高效的农药一起使用^[6], 之后 Wang 等人利用小麦-麦长管蚜-短翅蚜小蜂载体植物系统防治温室蔬菜上的烟蚜^[7]。利用替代寄主或载体植物繁殖天敌的优势在于可以在作物地里原位繁殖天敌而不会导致害虫危害靶标作物, 也能筛选出更容易饲养的替代寄主繁殖天敌, 从而有效地降低防治成本使得生物防治变得经济、高效。

烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* (Ashmead), 是多种蚜虫的寄生性天敌^[8-9], 对烟蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)的防治效果显著^[10]。目前的生物防治大多是用靶标害虫饲养天敌, 再用天敌防治害虫, 这种防治弊端在于靶标害虫会危害目标作物^[11]。萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)全世界均广泛分布, 常发生于十

① 收稿日期: 2019-10-16

基金项目: 贵州省科技支撑计划项目(20182362)。

作者简介: 李太美(1995-), 女, 硕士研究生, 主要从事生物防治与害虫综合治理的研究。

通信作者: 陈文龙, 教授。

字花科蔬菜和油菜田中^[12-13]。蔬菜上的萝卜蚜和烟蚜接种到烟草上, 其结果是萝卜蚜不能存活, 而烟蚜经过短期适应取食后, 仍可生长繁殖建立种群^[14]。在筛选最佳繁殖烟蚜茧蜂载体植物方面, 前人较多用萝卜苗饲养烟蚜繁殖烟蚜茧蜂, 操作比较简单, 室内繁蜂用萝卜苗饲养烟蚜繁殖烟蚜茧蜂取得较为理想的结果^[15-16]。

刺吸电位技术(electrical penetration graph, EPG)常用作检测作物抗蚜性的辅助手段, 可以快速地解析品种之间抗性差异^[17]。本研究选用 4 种萝卜品种为实验材料, 用 EPG 技术筛选出萝卜蚜偏爱取食的品种, 同时, 以不同萝卜品种为载体植物繁殖烟蚜茧蜂, 筛选出在烟蚜茧蜂规模化繁殖中最适宜的寄主植物品种。为以萝卜作为载体植物、萝卜蚜为替代寄主、烟蚜茧蜂作为烟蚜天敌建立载体植物系统持续释放天敌提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试 4 种萝卜品种于贵州省贵阳市花溪区(106°40'E, 26°25'N)购买, 即北京满堂红(青县纯丰蔬菜良种繁育场)、满身红萝卜(贵州德邦农资有限公司)、白天使樱桃萝卜(北京东升种业有限公司)、春白玉萝卜(山东寿光县种业有限公司)。在温室用育苗盘育苗, 待其长至 3~4 片真叶后移栽至营养钵(直径 12 cm, 高 10 cm)中备用。

供试虫源烟蚜茧蜂为贵州大学昆虫研究所长期饲养种群, 并在温室大棚内饲养建立种群备用。萝卜蚜采自贵阳市花溪区近郊菜田, 并于多功能人工气候箱中以 4 种萝卜苗分别饲养, 人工气候箱条件: 温度为(25±2)℃, 湿度为(65±10)%, 光周期 16:8 h(L:D)。

试剂及仪器: Giga-8 型直流刺吸电位仪, 直径 12.5 μm 金丝, 荷兰瓦赫宁根大学昆虫实验室研制; DI-158U 电信号转换器, 美国 DATAQ Instruments 公司; 90 cm×60 cm×120 cm 法拉第金属屏蔽罩, 网孔 60 目, 自制养虫笼(30 cm×30 cm×30 cm)。

1.2 研究方法

1.2.1 萝卜蚜在 4 种萝卜苗嫩叶上取食行为的 EPG 检测

萝卜蚜在室内人工气候箱内繁殖 2 代后, 选取生长一致的无翅成蚜用于 EPG 实验。实验前将萝卜蚜用软毛笔轻轻取出饥饿处理 1 h, 用一段长约 3 cm, 直径 12.5 μm 金丝作为昆虫电极, 将其一端蘸取密封胶连在无翅成蚜中胸背板上, 放置在萝卜苗叶背面幼嫩部分待其取食, 另一端用铜钉固定, 昆虫电极铜钉端插入放大器输入探头, 植物电极插入供试萝卜苗营养钵土壤内。当蚜虫口针接触植物组织时, 则形成闭合回路, 电信号经 Giga-8 型直流放大器的 AD 转换器和 Probe 3.5 软件处理后, 生成可视波形图谱存于电脑中, 用于分析萝卜蚜对 4 种萝卜苗刺吸行为的差异。将 Giga-8 型直流刺吸电位仪放置在法拉第金属罩内以屏蔽外界产生的电磁波。参照 Jiang 等^[18]与赵如娜等^[19]方法进行 EPG 波形识别, 其中 N_p 波表示蚜虫未进行刺探; C 波表示口针处于表皮与维管束之间, 是胞外电势水平的反应结果, 反映了口针刺破细胞膜时所测膜内外两侧的电位差; E 波表示蚜虫口针在韧皮部筛管刺探的过程, 与其吸食营养物质有关, 分为 E1 波(主动分泌水溶性唾液到筛管中)和 E2 波(筛管中被动吸收汁液的波形); G 波是与维持蚜虫体内水分平衡相关的波形, 表示其主动在寄主木质部吸食汁液; F 波是与寄主植株抗性密切相关的波形, 表示蚜虫口针在细胞膜外胞间或细胞壁内的机械穿刺时受到阻碍。利用 EPG-Calc 4.8 软件统计 EPG 波形的各个参数, 参照祝愿等^[17]的 16 个参数进行统计分析。在白天室温(25±1)℃法拉第笼内连续记录 6 h, 每头成蚜和每株植物仅用 1 次, 每个处理有效重复 19 次。

1.2.2 不同萝卜品种对烟蚜茧蜂适应性的影响实验

野外采集的萝卜蚜在实验室内 4 种萝卜品种上持续饲养纯化 2 代后用于实验, 从烟草 K326 上单头收集被烟蚜茧蜂寄生的僵蚜于 1.5 mL 的离心管中, 选择羽化 24 h 内的烟蚜茧蜂雌性比 1:1 放入 1.5 mL 的

离心管内观察选取已交配的雌蜂用于实验. 待萝卜苗长到 7~8 片真叶时, 选择长势基本一致的 4 种萝卜苗各接入 100 头 2~3 龄的萝卜蚜, 然后单独置于养虫笼内. 待蚜虫在萝卜上固着后, 每个罩子内接入 1 头 2~4 日龄已交配的雌性寄生蜂. 24 h 后移出寄生蜂, 蚜虫继续在相同的条件下饲养, 6 d 后统计每个罩子内僵化的蚜虫数, 待僵蚜羽化后统计羽化数及雌虫数, 每个处理重复 8 次.

寄生率 = 寄生的烟蚜数量 / 总蚜虫数量 $\times 100\%$

羽化率 = 羽化的僵蚜数量 / (羽化的僵蚜数量 + 未羽化的僵蚜数量) $\times 100\%$

雌性比 = 雌蜂数量 / (雌蜂数量 + 雄蜂数量) $\times 100\%$

1.3 数据分析

用 Excel 2010 和 SPSS 21.0 等软件进行数据处理, 由于 EPG 的数据不符合正态分布, 采用非参数检验法(Mann-Whitney U-test)对取食行为参数进行差异显著性检验. 烟蚜茧蜂对萝卜蚜的寄生率、羽化率及雌性比数据转化后采用单因素方差进行分析, Duncan's multiple-range test 方法进行多重比较.

2 结果与分析

2.1 萝卜蚜在 4 个萝卜品种上的取食行为

实验结果表明(表 1), 萝卜蚜在不同萝卜品种上的总刺探次数白天使品种上最高, 为 499.59 次, 满身红品种上最低, 为 320.84 次, 非刺探 Np 波表示蚜虫处于爬行或停息状态, 萝卜蚜在 4 个品种上的 Np 波差异无统计学意义; 萝卜蚜在白天使品种上的 C 波平均持续时间为 22.15 min, 显著高于其他 3 个品种, E1 波平均持续时间和 E2 波平均持续时间都是白天使品种最长, 分别是 0.75 min 和 274.82 min, 在春白玉品种上次之, 两种波在不同品种间差异无统计学意义; Pd 波能准确记录蚜虫口针穿刺过程, 蚜虫口针在定位韧皮部筛管分子时会刺入活细胞并识别细胞汁液, 其在满堂红品种上 Pd 波平均持续时间为 5.31 s, 显著小于在满身红品种上的 7.66 s.

C 波总持续时间, 萝卜蚜刺吸春白玉品种显著低于满堂红品种; E1 波总持续时间在春白玉品种上最短(1.19 min), 说明蚜虫在春白玉品种上取食时分泌唾液时间最短. 在春白玉品种上 G 波总持续时间(33.20 min), 显著高于满堂红品种(4.53 min). 萝卜蚜在白天使品种和春白玉品种上第一个 E1 波出现时间分别为 127.69 min 和 120.82 min, 在满堂红品种和满身红品种上为 115.34 min 和 113.90 min, 高于满堂红品种和满身红品种, 但差异无统计学意义.

表 1 萝卜蚜取食 4 种萝卜品种的 EPG 参数

EPG 参数	白天使	春白玉	满身红	满堂红
总刺探次数/次	499.59 \pm 171.94a	338.13 \pm 26.65a	320.84 \pm 39.66a	326.94 \pm 25.78a
第 1 次刺探出现时间/s	101.60 \pm 47.70a	83.42 \pm 74.33a	61.68 \pm 44.97a	6.00 \pm 4.33a
第 1 次刺探历时时间/s	2 490.67 \pm 1 524.92a	1 813.92 \pm 1 267.59a	675.36 \pm 525.84a	512.75 \pm 139.70a
Np 波平均持续时间/min	6.24 \pm 2.59a	2.76 \pm 0.83a	11.47 \pm 9.00a	1.79 \pm 0.17a
C 波平均持续时间/min	22.15 \pm 4.76a	11.46 \pm 1.70b	13.27 \pm 2.05b	11.52 \pm 1.62b
G 波平均持续时间/min	15.91 \pm 6.36a	19.25 \pm 7.06a	16.63 \pm 5.93a	4.53 \pm 3.07a
E1 波平均持续时间/min	0.75 \pm 0.26a	0.65 \pm 0.08a	0.60 \pm 0.08a	0.67 \pm 0.07a
E2 波平均持续时间/min	274.82 \pm 179.33a	128.05 \pm 20.38a	89.58 \pm 15.49a	95.23 \pm 17.70a
Pd 波平均持续时间/s	5.12 \pm 0.56a	6.23 \pm 0.73a	7.66 \pm 0.71a	5.31 \pm 0.11b
C 波总持续时间/min	141.47 \pm 13.86ab	132.48 \pm 12.21b	141.52 \pm 13.93ab	176.90 \pm 64.88a
E1 波总持续时间/min	2.10 \pm 1.10a	1.19 \pm 0.24a	1.34 \pm 0.18a	3.20 \pm 1.99a
E2 波总持续时间/min	333.49 \pm 176.11a	167.67 \pm 14.79a	155.64 \pm 17.69a	147.61 \pm 17.89a
G 波总持续时间/min	16.97 \pm 6.40ab	33.20 \pm 10.93a	22.34 \pm 7.58ab	4.53 \pm 3.07b
Pd 波总持续时间/min	14.59 \pm 1.28a	36.56 \pm 2.14a	44.83 \pm 3.13a	12.49 \pm 1.66a
第 1 个 E1 波出现时间/min	127.69 \pm 17.47a	120.82 \pm 19.80a	113.90 \pm 23.62a	115.34 \pm 21.53a
第 1 个 E2 波出现时间/min	134.75 \pm 20.64a	121.53 \pm 19.78a	114.52 \pm 23.58a	115.96 \pm 21.53a

注: 表中数据为 $M \pm SD$, 同行数据后的小写字母不同表示 $P < 0.05$, 差异有统计学意义.

2.2 4 种萝卜品种上萝卜蚜被寄生后的寄生率的比较

由图 1 可知, 不同萝卜品种寄主植物对烟蚜茧蜂的寄生率存在显著影响. 在春白玉品种上寄生率(19.22%)显著高于白天使品种(14.50%), 但与满堂红品种(15.98%)和满身红品种(17.79%)差异无统计学意义.

2.3 4 种萝卜品种上萝卜蚜被寄生后形成僵蚜羽化率的比较

烟蚜茧蜂在满堂红品种上的羽化率最高, 为 71.81%, 白天使和春白玉品种上的羽化率分别为 68.60%, 68.40%, 满身红品种为 66.47%, 但 4 个品种上烟蚜茧蜂寄生萝卜蚜形成僵蚜的羽化率差异无统计学意义.

2.4 4 种萝卜品种上萝卜蚜被寄生后子代蜂雌性比的比较

不同萝卜品种寄主植物繁育出的子代蜂雌性比差异有统计学意义, 春白玉品种雌性比(76.67%)显著高于满堂红品种(61.65%), 白天使品种雌性比(73.65%)比满身红品种高.

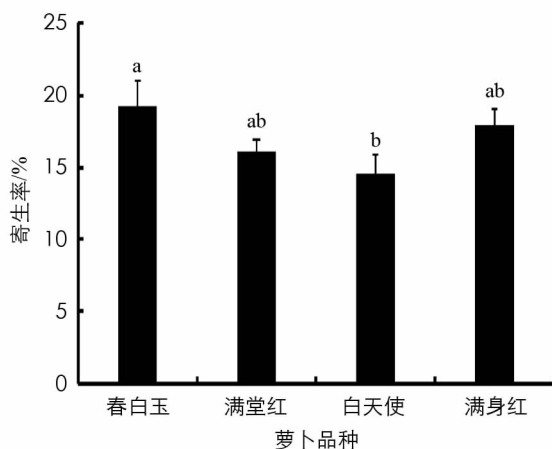


图 1 不同萝卜品种上烟蚜茧蜂寄生萝卜蚜的寄生率

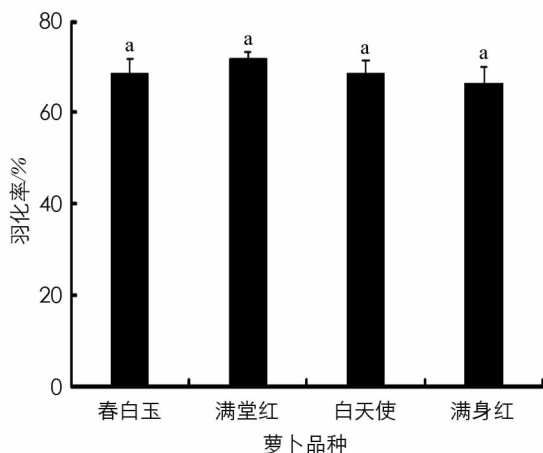


图 2 不同萝卜品种上烟蚜茧蜂寄生萝卜蚜后形成僵蚜的羽化率

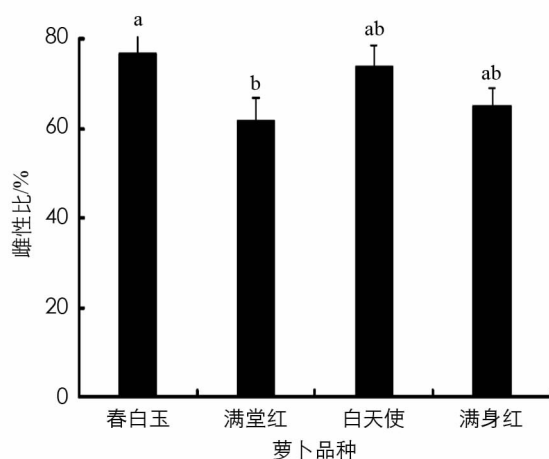


图 3 不同萝卜品种上烟蚜茧蜂寄生萝卜蚜后子代蜂的雌性比

3 讨 论

载体植物系统构建中, 首先要确定载体植物、有益生物和替代寄主^[20-21]. 本研究所选载体植物为十字花科蔬菜萝卜, 萝卜生长周期短且成本低, 有作为载体植物的潜力. 调查发现烟蚜和萝卜蚜都是十字花科蔬菜上的主要害虫^[22], 说明萝卜蚜和烟蚜都能同时在萝卜上生存繁殖. 柏天琦用十字花科植物扩繁烟蚜和烟蚜茧蜂, 结果表明白菜和萝卜都适宜作为繁蚜和繁蜂寄主^[23]. 然而, 在选择载体植物时, 植物品种也尤为重要, 植物品种显著影响天敌的适应性^[24]. 本实验替代寄主为萝卜蚜, 烟蚜茧蜂较喜欢寄生烟蚜, 郑登峰等人研究结果表明烟蚜茧蜂对烟蚜的寄生作用强于萝卜蚜^[25-27], 寄生率可达 63.2%, 对萝卜蚜也有寄生, 寄生率为 24.2%. 田间运用载体植物系统, 在烟蚜数量较低时烟蚜茧蜂会寄生萝卜蚜以保持种群数量, 烟蚜数量较高时烟蚜茧蜂则会优先寄生烟蚜从而达到生物防治和持续释放天敌的效果.

本实验基于 EPG 刺吸电位技术筛选出萝卜蚜偏爱取食的萝卜品种,通常将蚜虫等刺吸式昆虫口针在植物韧皮部取食波 E1 和 E2 波持续时间、刺探次数等作为抗性指标^[28]. C 波总持续时间满堂红品种显著高于春白玉品种,表明满堂红品种叶肉组织中存在某种抗性因子^[29];萝卜蚜在白天使上的 E2 波总持续时间最高,春白玉次之,表明萝卜蚜更喜欢在白天使品种和春白玉品种韧皮部上取食^[19]. G 波总持续时间越高表明蚜虫在该种植物木质部主动取食的时间越长,本研究中萝卜蚜在春白玉品种上的 G 波总持续时间显著高于满堂红品种,说明萝卜蚜较喜主动吸食春白玉.萝卜蚜在萝卜上的取食过程中均无 F 波产生,这与何应琴等^[30]对柑橘上 3 种蚜虫取食行为研究,以及魏淑花等^[31]研究豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* 在 6 个不同抗性苜蓿品种上取食行为结果一致.

实验研究倾向于将寄生蜂的生物学特性如寄生率、羽化率、雌性比、成虫寿命、体型等作为评价寄主植物适合性的重要指标^[32]. 本研究表明烟蚜茧蜂对 4 种萝卜上的萝卜蚜的寄生率最高在春白玉品种上,为 19.22%,与李忠环等和夏鹏亮等结果相比寄生率偏低,原因可能是实验方法和实验条件不一致所致^[15,25]. 夏鹏亮实验是在温度为(22±2)℃,湿度为(65±15)%的条件下进行,本实验条件温度为(25±2)℃,湿度为(65±10)%. 李忠环等用烟蚜茧蜂寄生萝卜蚜过程中未移除寄生蜂,本研究是在烟蚜茧蜂寄生萝卜蚜 24 h 后将烟蚜茧蜂移除,因此结果存在偏差.烟蚜茧蜂对萝卜蚜寄生后僵蚜羽化率在 60%~80%之间,这与伍绍龙等研究烟蚜茧蜂对不同龄期烟蚜的寄生选择的结果基本一致^[33]. 在实验中发现,春白玉品种长势较快,一般 2~3 d 出芽,且叶片多而粗大,载蚜量略大于其他 3 个萝卜品种^[34],综合考量推荐春白玉萝卜品种作为繁蜂寄主植物.

在利用载体植物繁殖烟蚜茧蜂的过程中,重寄生蜂是限制烟蚜茧蜂大量繁殖的一个重要因素.烟蚜的重寄生蜂主要有蚜虫宽缘金小蜂 *Pachyneuron aphidis* (Bouche)、宽肩阿莎金小蜂 *Asaphes suspensus* (Nees)、蚜虫跳小蜂 *Aphidencyr-tus aphidivorus* (Mayr)、细脊细蜂 *Dendrocerus lati-ceps* (Hedicke) 等^[35],为避免重寄生蜂的威胁,烟蚜茧蜂接种时应该严格杜绝重寄生蜂,尽量缩短繁蜂周期,目前,该研究仅限于室内,田间应用还有待进一步研究.

参考文献:

- [1] 万方浩,王 韧,叶正楚,等. 我国天敌昆虫产品产业化的前景分析 [J]. 中国生物防治学报, 1999, 15(3): 135-138.
- [2] STARY P. Parasitoids and Biocontrol of Russian Wheat Aphid, *Diuraphis Noxia* (Kurdj.) Expanding in Central Europe [J]. Journal of Applied Entomology, 1999, 123(5): 273-280.
- [3] PRATT P, CROFT B A. Banker Plants; Evaluation of Release Strategies for Predatory Mites [J]. Journal of Environmental Horticulture, 2000(18): 211-217.
- [4] STARY P. Biology of Aphid Parasites (Hymenoptera: Aphidiidae) with Respect to Integrated control [J]. Series Entomologica, 1970, 6(2): 643-641.
- [5] XIAO Y, MAO R, SHEN G, et al. Banker Plant System; a New Approach for Biological Control of Arthropod Pests [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2012, 25(9): 1157-1170.
- [6] 王 丽. 利用‘小麦—蚜虫—烟蚜茧蜂’载体植物系统防治蔬菜蚜虫的研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [7] WANG S Y, CHI H, LIU T X. Demography and Parasitic Effectiveness of *Aphelinus Asychis* Reared from *Sitobion Avenae* as a Biological Control Agent of *Myzus Persicae* Reared on Chili Pepper and Cabbage [J]. Biological Control, 2016, 92: 111-119.
- [8] 李玉艳,张礼生,陈红印,等. 烟蚜茧蜂滞育诱导的温光周期反应 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(3): 718-726.
- [9] 季正端,郑明义,杨树森,等. 河北省中南部地区的小麦蚜虫寄生蜂 [J]. 河北农业大学学报, 1985, 8(3): 61-71.
- [10] 邓勇强. 我国烟蚜生物防治的研究概况 [J]. 广西植保, 2007, 20(3): 19-21.
- [11] 潘明真. 利用小麦—蚜虫—烟蚜茧蜂载体植物系统防治蔬菜蚜虫的研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.

- [12] 刘树生, 孟学多. 桃蚜、萝卜蚜发育速率与温度的关系 [J]. 植物保护学报, 1990, 17(2): 169-175.
- [13] 胡玲玲, 刘 勇, 徐洪富, 等. 桃蚜、萝卜蚜的种内密度和种间竞争效应 [J]. 华东昆虫学报, 2004, 13(1): 77-80.
- [14] 屈天祥, 陈其瑚, 冯剑虹, 等. 蚜虫生活习性观察及防治试验 [J]. 浙江农业大学学报, 1980, 6(2): 67-75.
- [15] 李忠环, 高福宏, 施晓群, 等. 烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* 对五种蚜虫的寄生性研究 [C]. 中国植物保护学会学术年会, 2011.
- [16] 忻亦芬, 李学荣, 王洪平, 等. 用萝卜苗作桃蚜植物寄主繁殖烟蚜茧蜂 [J]. 中国生物防治学报, 2001, 17(2): 49-52.
- [17] 祝 愿, 王梦馨, 崔 林, 等. 基于 EPG 技术分析杭菊两主栽品种对三种菊蚜抗性及其相关抗性物质 [J]. 植物保护学报, 2019, 46(2): 425-433.
- [18] JIANG Y X, WALKER G P. Pathway Phase Waveform Characteristics Correlated with Length and Rate of Stylet Advancement and Partial Stylet Withdrawal in AC Electrical Penetration Graphs of Adult Whiteflies [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, 101(3): 233-246.
- [19] 赵如娜, 何应琴, 鲁卓越, 等. 基于 EPG 分析无翅型和有翅型柑橘蚜虫的取食行为 [J]. 植物保护学报, 2018, 45(2): 223-227.
- [20] 沈嘉炜, 蔡尤俊, 张文庆. 菜蚜茧蜂载体植物系统的构建及其控害效果 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(2): 334-342.
- [21] 邓从双, 李 姝, 王 甦, 等. 小麦-玉米蚜-龟纹瓢虫载体植物系统的构建初探. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 867-873.
- [22] 纪祥龙, 刘长庆, 胡玲玲, 等. 桃蚜与萝卜蚜交互为害对寄主氮营养及蚜虫种间竞争的调节 [J]. 中国农学通报, 2019, 35(4): 97-101.
- [23] 柏天琦, 张立猛, 谷星慧, 等. 十字花科作物繁殖烟蚜和扩繁烟蚜茧蜂 [J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2015(4): 541-546.
- [24] HUANG N X, ENKEGAARD A, OSBORNE L S, et al. The Banker Plant Method in Biological Control [J]. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2011, 30(3): 259-278.
- [25] 夏鹏亮, 王 瑞, 王昌军, 等. 恩施烟区无翅桃蚜在烤烟田空间动态的地统计学分析 [J]. 生态学报, 2014, 34(5): 1198-1204.
- [26] 舒建超, 何应琴, 赵如娜, 等. 烟蚜茧蜂规模扩繁冬寄主筛选研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(7): 66-72.
- [27] 郑登峰, 文 静, 喻会平, 等. 烟蚜茧蜂对桃蚜和萝卜蚜的寄生选择性 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(1): 60-66.
- [28] 张文平, 刘佰明, 张 珊, 等. 基于 EPG 技术的烟粉虱两个品系取食行为的比较 [J]. 中国农业科学, 2016, 49(13): 2544-2552.
- [29] 郭建国, 袁伟宁, 周天旺, 等. E 型麦二叉蚜在不同抗性表型燕麦上的取食行为 [J]. 昆虫学报, 2017, 60(11): 1315-1323.
- [30] 何应琴, 陈文龙, 鲁卓越, 等. 柑橘三种蚜虫取食行为的 EPG 分析 [J]. 植物保护学报, 2015, 42(2): 217-222.
- [31] 魏淑花, 曹春婧, 朱小芳, 等. 豌豆蚜在 6 个不同抗性苜蓿品种上取食行为的 EPG 分析 [J]. 草业科学, 2017, 34(12): 2569-2574.
- [32] SHUKER D M, WEST S A. Information Constraints and the Precision of Adaptation: Sex Ratio Manipulation in Wasps [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(28): 10363-10367.
- [33] 伍绍龙, 周志成, 彭曙光, 等. 烟蚜茧蜂对不同龄期烟蚜的寄生选择及其子代发育表现 [J]. 河南农业科学, 2017, 46(6): 84-88.
- [34] 陈 菲, 樊 琴, 周永兰. 6 个早秋白萝卜品种的比较 [J]. 农技服务, 2009, 26(10): 22.
- [35] 孔 博, 张宏瑞, 王红梅, 等. 烟蚜茧蜂繁殖蜂棚重寄生蜂控制技术 [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2017, 48(4): 653-657.

On Four Radish Varieties as Banker Plants for *Aphidius Gifuensis* Ashmead

LI Tai-mei, ZHAO Ru-na, GUO Feng,
LUO You, QIN Ren, CHEN Wen-long

*Institute of Entomology, Guizhou University/ Guizhou Key Laboratory of Plant Diseases and
Pest Management for Mountainous Agriculture, Guiyang 550025, China*

Abstract: To evaluate radish varieties as a banker plant for *Aphidius gifuensis* Ashmead to potentially control *Lipaphis erysimi*. The electrical penetration graph has been carried out to determine feeding behavior of *L. erysimi* on the Chunbaiyu, Mantanghong, Baitianshi, Manshenhong. The parasitic rate, the emergence rate and sex ratio of *A. gifuensis* Ashmead on *L. erysimi*, were compared among four radish varieties. Results show that the mean duration of C waves for *L. erysimi* on the four radish varieties was Baitianshi>Manshenhong>Mantanghong>Chunbaiyu. The average duration of G wave is the highest in Chunbaiyu varieties, The average duration of E2 wave was the longest in Baitianshi (274.82 min), followed by Chunbaiyu (128.05 min). The parasitic rate of *A. gifuensis* on *L. erysimi* on Chunbaiyu was the highest (19.22%), and there was significant difference between Chunbaiyu and Baitianshi. The emergence rates of mummified aphids was Mantanghong (71.81%), Baitianshi (68.60%), Chunbaiyu (68.40%), Manshenhong (66.47%). The sex ratio of *A. gifuensis* to *L. erysimi* on Chunbaiyu was the highest (76.67%), significantly different with Mantanghong. These experiments indicated that *L. erysimi* preferred Chunbaiyu under the same conditions, Chunbaiyu could be used as banker plants to expand the propagation of *L. erysimi* and *A. gifuensis*.

Key words: electrical penetration graph; banker plants; *Aphidius gifuensis* Ashmead; *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach); radish varieties

责任编辑 周仁惠