

双尾新小绥螨对五种寄主植物不同 受害后挥发物的趋性*

董 芳^{1**} 张燕南^{1,2**} 陈 静¹ 张建萍^{1***}

(1. 新疆绿洲农业病虫害治理与植保资源利用自治区高校重点实验室/新疆建设兵团绿洲生态农业省部共建
国家重点实验室培训基地/石河子大学农学院, 石河子 832000; 2. 绵阳师范学院生命科学与技术学院, 绵阳 621006)

摘 要 【目的】为明确不同寄主植物挥发物对双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein 的影响。【方法】采用 Y-型嗅觉仪, 观测双尾新小绥螨对不同处理 (健康植株、机械损伤植株、去叶螨受害植株、带叶螨受害植株) 的 5 种寄主植物 (大豆、棉花、番茄、茄子、黄瓜) 的趋性差异。【结果】双尾新小绥螨对不同处理的 5 种寄主植物的趋性强弱依次为: 带叶螨受害叶>去叶螨受害叶>机械损伤叶>健康植株叶>洁净空气。5 种螨害植株间比较时, 每组均为螨害大豆的引诱率最高, 且显著高于茄子, 极显著高于番茄和黄瓜, 但与棉花无显著性差异。【结论】双尾新小绥螨在搜寻猎物过程中, 不同寄主植物的挥发物对其选择寄主的过程起到重要作用。

关键词 双尾新小绥螨, 挥发物, 寄主选择, 嗅觉反应

Preferences of *Neoseiulus bicaudus* Wainstein for five host plants odours

DONG Fang^{1**} ZHANG Yan-Nan^{1, 2**} CHEN Jing¹ ZHANG Jian-Ping^{1***}

(1. Key Laboratory at Universities of Xinjiang Uygur Autonomous Region for Oasis Agricultural Pest Management and Plant Protection Resource Utilization/The Key Laboratory of Oasis Eco-agriculture, Xinjiang Production and Construction Group/College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832000, China;
2. College of Life Sciences, Mianyang Normal University, Mianyang 621006, China)

Abstract 【Objectives】To investigate the preferences of *Neoseiulus bicaudus* Wainstein for different host plants and their volatiles. 【Methods】The relative preferences of *N. bicaudus* for volatiles of five host plants (bean, cotton, tomato, eggplant, cucumber) subject to different treatments (healthy plants, mechanically damaged plants, infested with spider mites and infested with other mites) were investigated in a Y-tube olfactometer. 【Results】Preferences of *Neoseiulus bicaudus* for volatiles of the five host plants can be ranked as follows: infested with spider mites > infested with other mites > mechanically damaged leaves > healthy leaves > clean air. Volatiles from mite-infested bean and cotton plants were significantly more attractive than those of eggplant, tomato and cucumber. 【Conclusion】The volatiles of different host plants play an important role in the process of host species identification and the selection of individual host plants.

Key words *Neoseiulus bicaudus*, volatiles, plants selectivity, olfactory response

双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein
隶属于植绥螨科 (Phytoseiidae) 新小绥螨属
(*Neoseiulus* Hughes), 是中国的新纪录捕食螨

(Wang *et al.*, 2015)。王振辉等 (2015) 描述了
该螨的形态特征及捕食功能, Li 等 (2015) 和张
燕南等 (2016) 研究了温度及光照时间对其生长

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划项目 (2017YFD0201900); 兵团杰出青年基金 (2014CD004)

**共同第一作者 Co-first authors, E-mail: 759695789@qq.com; 1074379346@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhjp_agr@shzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2018-01-18, 接受日期 Accepted: 2018-05-02

发育及种群发展的影响。作为新疆本地的重要自然天敌, 该螨对新疆主要害螨土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* Ugarov et Nikolskii、截形叶螨 *Tetranychus truncatus* Ehara 和重要害虫烟蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 等均有一定的控制作用, 是一种十分有利用价值的生防防治物种(王振辉等, 2015; Zhang *et al.*, 2017)。

利用有益生物进行害虫生物防治时, 主要考虑寄主植物-植食性昆虫(螨)-捕食性天敌三者之间的关系及互作机理, 以此达到天敌的最优自然控制能力(尹淑艳等, 2000)。近年来, 植物与天敌间的关系已越发受到国内外学者们的重视。植物不仅对植食性昆虫有影响, 还对天敌有直接或间接的影响。植物可通过花粉、花蜜等直接为天敌提供食物, 还可通过其自身的营养成分及次生代谢物影响植食性昆虫的行为、生长发育和生殖(钦俊德, 1980)间接影响天敌的捕食情况及攻击效率。某些植物的挥发性气味也被天敌作为引诱剂, 首先发现害虫的寄主植物继而发现害虫, 也可在植物受到昆虫危害后被其挥发物吸引, 解救受害植物(张瑛等, 1998; 秦秋菊和高希武, 2005)。

捕食螨无复眼, 主要通过嗅觉器官对猎物进行定位(徐学农等, 2013)。植物和植食性昆虫的种类变化都将引起植物挥发物成分的改变, 在捕食螨的搜索及扩散过程中, 尤其是进行农田间扩散时, 寄主植物的差异都将影响捕食螨的释放效果, 这都要求捕食螨能识别, 通过嗅觉去准确定位猎物。本文通过 Y-型嗅觉仪, 测定了双尾新小绥螨对不同处理的 5 种寄主植物的选择性, 分析了该螨对健康、机械损伤、叶螨为害的植株的挥发物的趋性选择, 研究双尾新小绥螨对不同寄主植物的选择性差异, 可以初步揭示其与寄主植物间的互作机理, 为捕食螨在不同的大田释放提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

双尾新小绥螨: 于 2013 年采自新疆伊犁的

杏树叶片上。在实验室内, 将带有土耳其斯坦叶螨的大豆叶置于水隔离饲养台的塑料薄膜上作为双尾新小绥螨的饲料, 将该捕食螨连续饲养, 建立试验种群。

土耳其斯坦叶螨: 采自石河子大学试验站, 经盆栽双季豆豆苗连续饲养 120 代以上。豆苗饲养于 Eyela FLI-2000H 光照培养箱内, 温度 (26 ± 1), 相对湿度 60%, 光周期 16L: 8D。

1.2 供试寄主植物

选取大豆 *Phaseolus vulgaris* (双季豆)、番茄 *Solanum lycopersicum* (红玛瑙 140)、茄子 *Solanum melongena* (紫长茄)、黄瓜 *Cucumis sativus* (水果黄瓜)、棉花 *Gossypium hirsutum* (海高 49 号)。5 种寄主植物的种子均采购于石河子种子经营店内, 在实验室内, 每种寄主植物均播种 30 盆钵 (口径 10 cm, 高 9.5 cm), 每盆钵播种 5 粒种子, 后置于不同的 Eyela FLI-2000H 光照培养箱内饲养, 待其长出 2 片真叶时, 分别选取 5 种寄主植物的干净叶片作为实验材料。

1.3 试验材料处理

本试验对 5 种寄主植物的叶片, 将采用健康植株叶、机械损伤叶、去叶螨受害叶、带叶螨受害叶 4 种处理方式 (每处理均定量称取 100 g 植物叶片), 以洁净空气 (经活性炭过滤) 作为对照, 各实验材料处理方式如下:

(1) 健康植株叶: 完整的健康叶片且无虫害和螨害。

(2) 机械损伤叶: 对于 5 种寄主植物均在称量好的每个植物叶片背面用不锈钢拨针划 2-10 个小孔, 共计 80 个小孔。

(3) 去叶螨受害叶: 将每种寄主植物未受害的健康植株置入纱笼中, 并往叶片接 200 头土耳其斯坦叶螨雌成螨, 24 h 后用毛笔将各螨态的害螨剔除。

(4) 带叶螨受害叶: 将每种寄主植物未受害的健康植株置入纱笼中, 并往叶片接 200 头土耳其斯坦叶螨雌成螨, 让其危害 24 h。

1.4 寄主选择试验方法

试验选用 Y-型嗅觉仪进行生物测试 (Zhang *et al.*, 2011)。Y-型嗅觉仪是一个用玻璃制成的 Y 形管。其两臂等长, 两臂夹角约 75° , 内置 Y 形铁丝, 铁丝端部穿过纱网。Y-型嗅觉仪从左至右依次为 Y 型玻璃管; 气体流量计 (控制气流速度, 本实验设定为 0.3 L/min); 装有植物叶片 (或空气) 的广口瓶; 装有蒸馏水的广口瓶 (保持一定湿度); 装有活性炭的广口瓶 (净化空气); 大气采样仪。

在生测前, 将供试双尾新小绥螨雌成螨饥饿 24 h 备用, 将 100 g 的植物样品气味源放入广口瓶中进行密封。打开大气采样仪通气 2 min, 使气体充满整个管道, 以减少实验误差。在 Y 型玻璃管的柄端挑入事前饥饿的捕食螨, 当该螨处于管长 $2/3$ 处开始计时, 观察记录 3 min 内该螨的行为反应。反应标准如下: 供试雌成螨爬至越过 A 或 B 臂 $2/3$ 处且在此区域内停留 5 s 以上时, 就记录为对该气味源做出选择; 如果在规定时间内没有做出明确选择, 则记为该螨无反应, 并结束对该螨的行为观察。为避免试验误差, 每测试 10 头捕食螨需交换一次气味源进气管, 并用无水酒精擦拭 Y-型管壁。每组处理测试 10 头捕食螨, 8 个重复, 共观测 80 头捕食螨。此外, 在进行双尾新小绥螨对不同螨害寄主植物的嗅觉反应时, 均采用带叶螨受害叶作为嗅味源。

1.5 数据处理与分析

本试验中将采用反应率、引诱率等指标进行双尾新小绥螨对寄主植物气味的选择性分析, 引诱率及反应率计算公式 (丁红建, 1996) 如下:

反应率=

$$\frac{\text{两臂管内测试捕食螨的数量之和}}{\text{总的测试捕食螨数量}} \times 100\%,$$

引诱率=

$$\frac{\text{A臂管或B臂管内测试捕食螨的数量}}{\text{总的测试捕食螨数量}} \times 100\%。$$

本试验所得数据均采用 SPSS 19.0 数据处理系统, 以 χ^2 检验对相关实验数据进行差异分析。

2 结果与分析

2.1 双尾新小绥螨对不同处理的寄主植物挥发物的行为反应

2.1.1 双尾新小绥螨对不同处理的大豆叶片挥发物的趋性反应 不同处理的大豆叶片挥发物对双尾新小绥螨的引诱效果见图 1(A)。健康大豆叶对双尾新小绥螨的引诱率显著高于空气 ($P < 0.05$), 但显著低于机械损伤叶的引诱率 ($P < 0.05$)。在机械损伤叶和去叶螨受害叶的比较中, 去叶螨受害叶的引诱率极显著高于机械损伤叶的引诱率 ($P < 0.01$)。两种螨害叶相比较时, 带螨受害叶的引诱率显著高于去叶螨受害叶 ($P < 0.05$), 由此可见, 不同处理的大豆叶片挥发物对双尾新小绥螨均有引诱作用。

2.1.2 双尾新小绥螨对不同处理的棉花叶片挥发物的趋性反应 由图 1(B) 可知, 不同处理的棉花挥发物对双尾新小绥螨具有不同程度的引诱效果。双尾新小绥螨雌成螨对健康棉花叶的趋性显著高于空气 ($P < 0.05$), 对机械损伤棉花叶的趋性显著高于健康棉花叶 ($P < 0.05$), 当棉花叶片有螨害发生时, 无论螨害叶上是否有害螨均显著高于机械损伤叶的引诱率 ($P < 0.05$), 其中带螨受害叶的引诱率又显著高于去叶螨受害叶 ($P < 0.05$)。

2.1.3 双尾新小绥螨对不同处理的茄子叶片挥发物的趋性反应 不同处理的茄子叶片挥发物对双尾新小绥螨的引诱作用结果于图 1(C) 表明: 健康茄子叶的挥发物对双尾新小绥螨雌成螨的引诱率显著高于洁净空气处理 ($P < 0.05$), 却显著低于机械损伤叶处理 ($P < 0.05$)。机械损伤叶与去叶螨受害叶相比较时发现, 茄子的去叶螨受害叶对捕食螨的引诱率虽然高于机械损伤叶, 但与大豆和棉花的相同处理试验相比, 其仅呈显著差异 ($P < 0.05$)。捕食螨在有无叶螨的螨害茄子叶之间, 依然对带叶螨的受害叶趋性更强。

2.1.4 双尾新小绥螨对不同处理的黄瓜叶片挥发物的趋性反应 由图 1(D) 可知, 与空气作对比时, 虽然健康黄瓜叶对双尾新小绥螨的引诱率高于洁净空气, 但二者之间无显著差异 ($P > 0.05$)。双尾新小绥螨对机械损伤叶的趋性显著

高于健康黄瓜叶 ($P<0.05$), 却极显著低于去叶螨受害叶 ($P<0.01$)。两种螨害叶相比较时, 带螨受害叶的引诱率显著高于去螨受害叶 ($P<0.05$)。因此, 健康黄瓜叶的挥发物对双尾新小绥螨没有引诱作用, 而机械损伤黄瓜叶及两种螨害黄瓜叶的挥发物对该螨均有引诱作用。

2.1.5 双尾新小绥螨对不同处理的番茄叶片挥发物的趋性反应 由图 1 (E) 可知, 双尾新小绥螨对健康番茄叶的趋性与洁净空气及机械损伤叶处理间均无显著差异 ($P>0.05$)。但是, 一旦茄子叶片有螨害发生时, 捕食螨就对其有显著趋性, 且对带叶螨的受害叶趋性更强, 显著高于去叶螨受害叶 ($P<0.05$)。因此, 健康番茄叶及机械损伤番茄叶对双尾新小绥螨均无引诱作用, 只有叶螨为害过的番茄叶片对其有引诱作用。

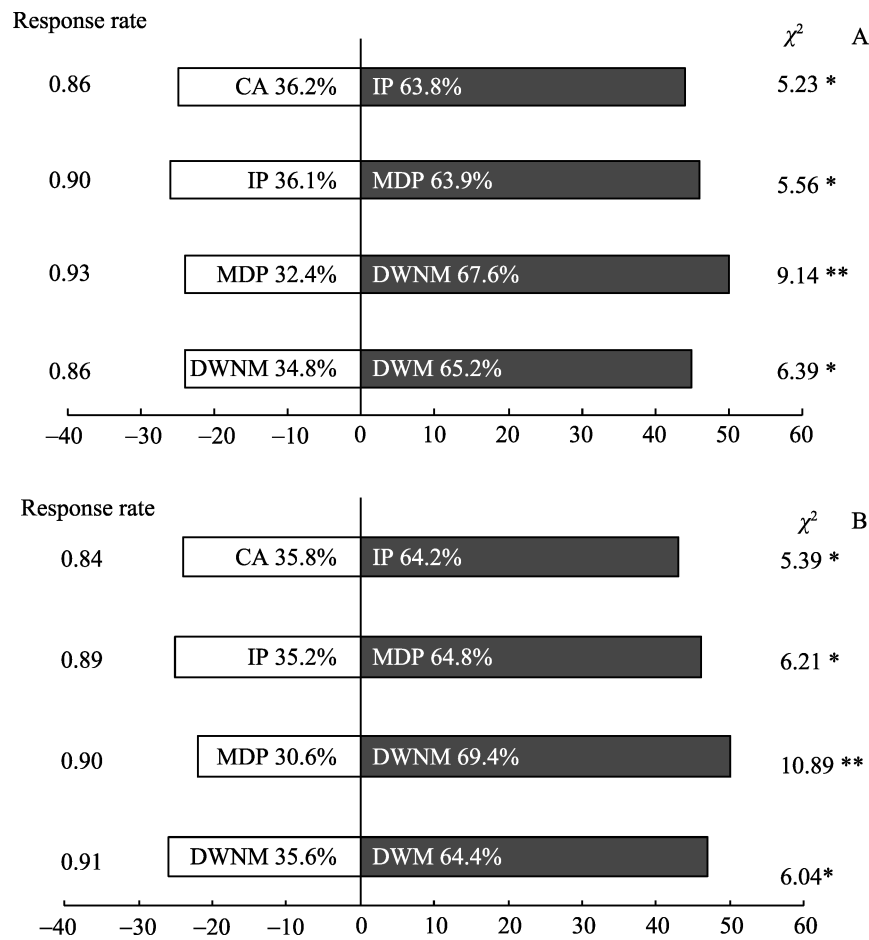
2.2 双尾新小绥螨对不同寄主植物螨害叶片的趋性比较

双尾新小绥螨对不同寄主植物间螨害叶的

嗅觉反应结果见图 2。由图 2 可知: 与螨害大豆相比时, 螨害大豆叶引诱的双尾新小绥螨数量比螨害棉花叶略多, 但是未达到显著水平 ($P>0.05$), 螨害番茄叶、螨害黄瓜叶、螨害茄子叶对双尾新小绥螨的引诱率分别为 32.5%、32.5%、33.8%, 三者均与螨害大豆叶有差异 ($P<0.05$), 其中螨害番茄叶、螨害黄瓜叶与螨害大豆叶存在极显著关系 ($P<0.01$)。上述结果表明 5 种寄主植物在受叶螨危害后, 双尾新小绥螨对大豆的趋性更强, 且显著高于番茄、黄瓜、茄子, 但是其与棉花之间无显著差异。

3 讨论

植物的形态及物理性状、营养及健康状况、次生化学物质及物种间的变异等都会影响天敌的繁殖力、寄生或捕食效率、控害能力等, 这间接影响了生物防治的最终效果。相对于植食性昆虫自身所产生的少量信息素和气味, 其寄主植物



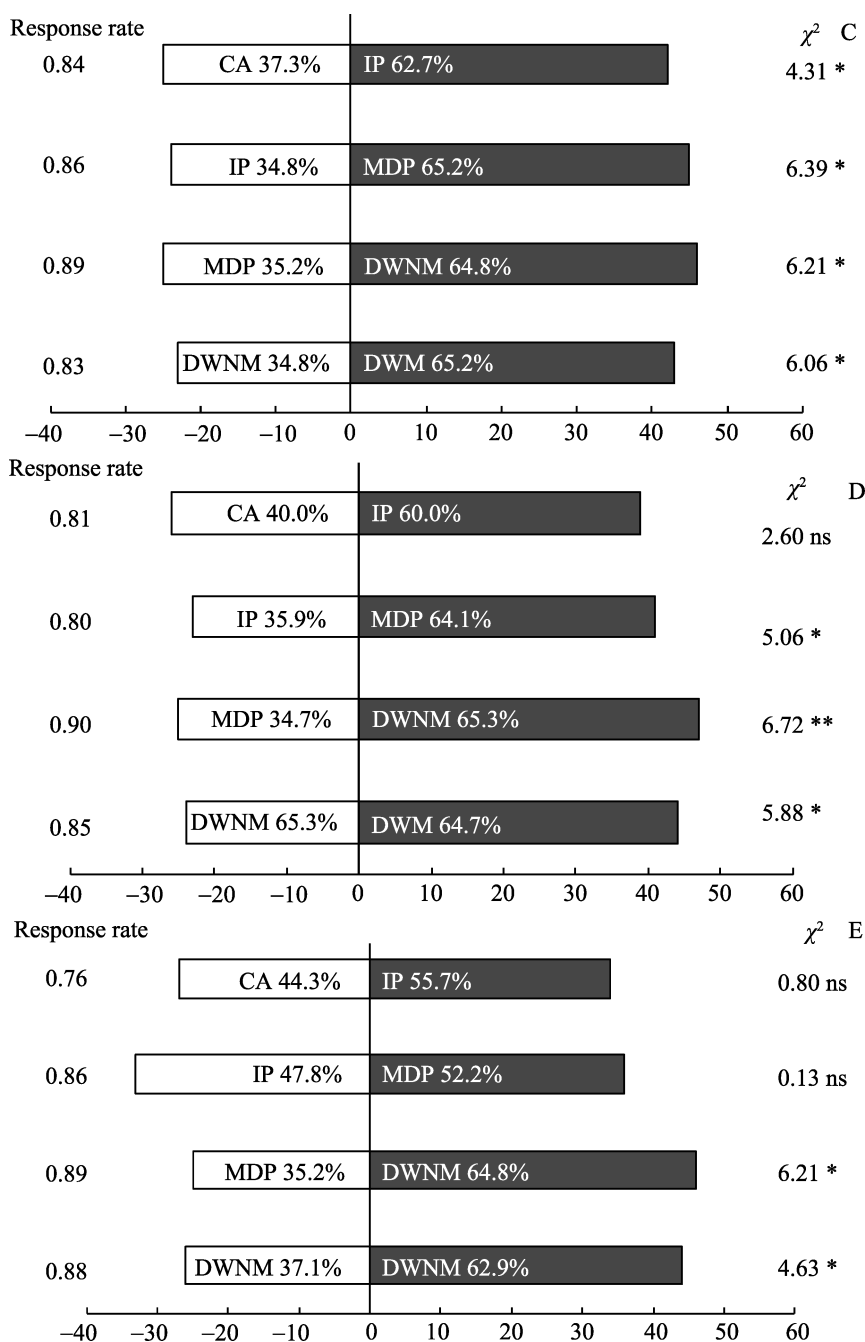


图 1 双尾新小绥螨对 5 种寄主植物不同处理后挥发物的趋性

Fig. 1 Response of *Neoseiulus bicaudus* to the different pair of odour sources from different treatments of five host plants in a Y-tube olfactometer

A. 大豆 ; B. 棉花 ; C. 茄子 ; D. 黄瓜 ; E. 番茄。CA : 洁净空气 ; HP : 健康植株叶 ; MDL : 机械损伤叶 ; DLNM: 去叶螨受害叶 ; DLM: 带叶螨受害叶 ; Response rate : 反应率。横坐标轴上的数字代表捕食螨向着气味源移动的数量 ; 条形框内的百分数是该味源对捕食螨的引诱率。 **表示差异极显著 ($P < 0.01$),

*表示差异显著 ($P < 0.05$), ns 表示没有差异。下图同。

A: Bean; B: Cotton; C: Eggplant; D: Cucumber; E: Tomato; CA: Clear air; HP: Healthy leaves; MDL: Mechanically damaged leaves, DLM: Mite-damaged leaves with spider mites, DLNM: Mite- damaged leaves without spider mites.

Number in axis represents individual number of *N. bicaudus* that moved toward the volatiles; The percentage within the bar is the attractant rate of the volatiles to predatory mites. ** indicates extremely significant difference at 0.01 level, * indicates significant difference at 0.05 level, ns indicates no significant difference. The same below.

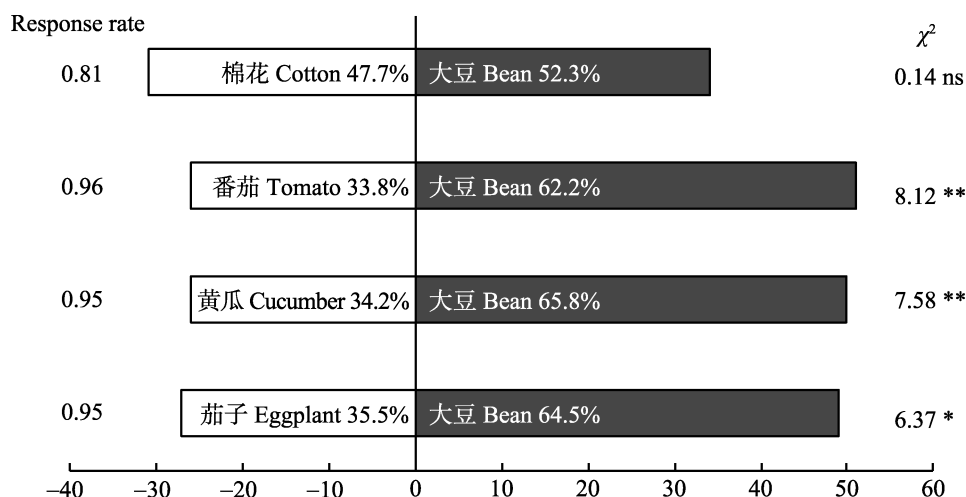


图 2 双尾新小绥螨对不同寄主植物螨害叶片挥发物的趋性反应

Fig. 2 Response of *Neoseiulus bicaudus* to the different pair of odour sources from different mite-damaged host plants leaves in a Y-tube olfactometer

所产生的信息物质就多很多,使得捕食性天敌更容易在远距离范围内定位害虫的寄主植物继而捕食害虫 (Vet and Dicke, 1992; 杜永均和严福顺, 1994)。本研究表明,双尾新小绥螨在搜寻猎物过程中,对健康的大豆、棉花、茄子有一定的趋性,但对健康的黄瓜和番茄没有趋性。寄主植物在受到机械损伤后,除番茄外其余 4 种寄主植物均能引诱该捕食螨。王雪娇等 (2012) 也得到了类似结果,健康的白菜对桃蚜有引诱作用,而健康的韭菜对其无引诱作用,韭菜仅在受到机械损伤后对桃蚜有一定的引诱作用。

天敌除受寄主植物的次生化合物和昆虫源信息素的引诱外,植物与害虫互作时虫害诱导被害植物释放的挥发性次生化合物也可使天敌对其定位 (Dicke *et al.*, 1990, 1998)。此结论在研究捕食性天敌对植食性昆虫危害的寄主植物的行为反应中,孙绪良等 (2002)、郑雪 (2008)、孙月华和郅军锐 (2011)、尹淑艳和孙绪良 (2002) 都得以验证,本试验也显示当 5 种寄主植物受到害螨取食危害后,无论受害叶上是否有害螨均能对双尾新小绥螨产生引诱作用。且相较于未受害的植株,捕食性天敌对受害植株表现出更明显的趋性或更长的逗留时间 (Mayland *et al.*, 2000; Melo *et al.*, 2011)。这也与本文实验结果也相吻合,5 组不同处理的寄主植物对双尾新小绥螨的

引诱效果从强到弱依次为:带螨受害叶>去螨受害叶>机械损伤叶>健康植株叶>洁净空气。而在受害植株间,双尾新小绥螨对不同寄主植物的趋性强弱依次为:大豆、棉花>茄子>黄瓜>番茄。这说明双尾新小绥螨在搜寻猎物过程中,不同寄主植物的挥发物对其选择寄主的过程起到重要作用,在利用双尾新小绥螨在不同大田进行生物防治时,要考虑到不同寄主植物对该捕食螨的引诱作用,需设计不同的释放方案,以期达到该螨的最佳释放效果。

本次试验是通过常规嗅觉测定法,观察分析双尾新小绥螨对寄主植物挥发物的选择反应。本实验测试虫源的猎物叶螨采用大豆饲养,不同寄主植物对土耳其斯坦叶螨趋性以及食物选择有一定影响 (郭燕兰, 2013),取食不同寄主植物的叶螨是否对双尾新小绥螨的趋性有影响仍需进一步的研究。另外,双尾新小绥螨对植物的选择机理及具体的挥发物成分需要进一步通过 GC-MS, 大田试验等方法进行分析和研究。

参考文献 (References)

- Dicke M, Beek TAV, Posthumus MA, Dom NB, Bokhoven HV, 1990. Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions Involvement of host plant in its production. *Journal of Chemical Ecology*, 16 (2): 381–396.
- Dicke M, Takabayashi J, Posthumus MA, Schütte C, Krips OE, 1998.

- Plant-phytoseiid interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: variation in production of cues and in responses of predatory mites. *Experimental and Applied Acarology*, 22(6): 311–333.
- Din HJ, Guo YY, Wu CH, 1996. Design, fabrication and application of four-arm olfactometer for the study of insect olfactory behavior. *Entomological Knowledge*, 42(4): 241–243. [丁红建, 郭予元, 吴才宏, 1996. 用于昆虫嗅觉行为研究的四臂嗅觉仪的设计、制作和应用. 昆虫知识, 42(4): 241–243.]
- Du YJ, Yan FS, 1994. The mechanism of plant volatile secondary biomass in the relationship among plant insects, host plants and insect natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*, 45(2): 233–250. [杜永均, 严福顺, 1994. 植物挥发性次生物质在植性昆虫、寄主植物和昆虫天敌关系中的作用机理. 昆虫学报, 45(2): 233–250.]
- Guo YN, Jiao XD, Yang S, Li GY, Xia W, Zhang JP, 2013. Effect of host plants on the population dynamics and host selection of *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncatus*. *Journal of Environmental Entomology*, 35(2): 140–147. [郭艳兰, 焦旭东, 杨帅, 李广云, 夏伟, 张建萍, 2013. 土耳其斯坦叶螨和截形叶螨在不同寄主植物上的种群动态及寄主选择性. 环境昆虫学报, 35(2): 140–147.]
- Li YT, Jiang JYQ, Huang YQ, Wang ZH, Zhang JP, 2015. Effects of temperature on development and reproduction of *Neoseiulus bicaudus* (Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus turkestanii* (Tetranychidae). *Systematic and Applied Acarology*, 20(5): 478–490.
- Mayland H, Margolies DC, Charlton RE, 2000. Local and distant prey-related cues influence when an acarine predator leaves a prey patch. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 96(3): 245–252.
- Melo JWS, Lima DB, Pallini A, Oliveira JEM, 2011. Olfactory response of predatory mites to vegetative and reproductive parts of coconut palm infested by *Aceria guerreronis*. *Experimental and Applied Acarology*, 55(4): 191–202.
- Qin J, 1980. Physiological basis of phytopathetic insect feeding. *Acta Entomologica Sinica*, 31(1): 106–122. [钦俊德, 1980. 植食性昆虫食性的生理基础. 昆虫学报, 31(1): 106–122.]
- Qin QJ, Gao XW, 2005. Plant defense responses induced by insect herbivory. *Acta Entomologica Sinica*, 56(1): 125–134. [秦秋菊, 高希武, 2005. 昆虫取食诱导的植物防御反应. 昆虫学报, 56(1): 125–134.]
- Sun XG, Yin SY, Li B, 2002. Studies on the interrelationship among *Oligonychus ununguis* host plants and *Amblyseius finlandicus*. *Scientia Silvae Sinicae*, (1): 76–81. [孙绪良, 尹淑艳, 李波, 2002. 针叶小爪螨-寄主植物-芬兰钝绥螨相互关系的研究. 针叶小爪螨对寄主植物和芬兰钝绥螨对猎物的嗅觉反应. 林业科学, (1): 76–81.]
- Sun YH, Zhi JY, 2011. Studies on the interactions among *Phaseolus vulgaris*, *Tetranychus urticae* and *Amblyseius fallacis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(4): 1002–1010. [孙月华, 邹军锐, 2011. 菜豆-二斑叶螨-伪钝绥螨相互关系的研究. 应用昆虫学报, 48(4): 1002–1010.]
- Vet LEM, Dicke M, 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology*, 37(1): 141–172.
- Wang BM, Wang ZH, Jiang XH, Zhang JP, Xu XN, 2015. Re-description of *Neoseiulus bicaudus* (Acari: Phytoseiidae) newly recorded from Xinjiang, China. *Systematic and Applied Acarology*, 20(4): 455–461.
- Wang XJ, Zha YG, Xiao C, Ye M, 2012. Study on the preference selectivity of *Myzus persicae* to different plant odour sources. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science Edition)*, 27(2): 165–169. [王雪娇, 查友贵, 肖春, 叶敏, 2012. 桃蚜对不同植物挥发物的趋性选择研究. 云南农业大学学报(自然科学), 27(2): 165–169.]
- Wang ZH, Li YT, Li T, Lu YH, Zhang JP, Xu XN, 2015. The morphology and predatory behavior of the mite *Neoseiulus bicaudus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 580–586. [王振辉, 李永涛, 李婷, 陆宴辉, 张建萍, 徐学农, 2015. 双尾新小绥螨的形态特征及捕食性功能. 应用昆虫学报, 52(3): 580–586.]
- Xu XN, Lv JL, Wang ED, 2013. Hot spots in international predatory mite studies and lessons to us. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2): 163–174. [徐学农, 吕佳乐, 王恩东, 2013. 国际捕食螨研发与应用的热点问题及启示. 中国生物防治学报, 29(2): 163–174.]
- Yin SY, Sun XG, 2000. Effects of semiochemicals on the correlation of plants-phytophagous insects (mites) and its-natural enemies. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 46(4): 441–445. [尹淑艳, 孙绪良, 2000. 化学信息素在植物-植食性昆虫(螨类)-天敌相互关系中的作用. 山东农业大学学报(自然科学版), 46(4): 441–445.]
- Zhang Y, Yan FS, 1998. Pest-induced plant volatile secondary biomass and its role in plant defense. *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 93–103. [张瑛, 严福顺, 1998. 虫害诱导的植物挥发性次生物质及其在植物防御中的作用. 昆虫学报, 49(2): 93–103.]
- Zhang YN, Jiang JY, Zhang YJ, Qiu Y, Zhang JP, 2017. Functional response and prey preference of *Neoseiulus bicaudus* (Mesostigmata: Phytoseiidae) to three important pests in Xinjiang, China. *Environ. Entomol.*, 46(3): 538–543.
- Zhang YN, Li YT, Jiang JYQ, Su J, Guo DD, Zhang JP, 2016. Effects of different photoperiods on the development and population parameters of *Neoseiulus bicaudus* Wainstein. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(1): 48–54. [张燕南, 李永涛, 蒋珏瑛, 苏杰, 郭丹丹, 张建萍, 2016. 光照时间对双尾新小绥螨生长发育及种群参数的影响. 应用昆虫学报, 53(1): 48–54.]
- Zhang, Jun P, Zhu, Yun X, Lu, Bin Y, 2011. Behavioural and chemical evidence of a male-produced aggregation pheromone in the flower thrips. *Physiological Entomology*, 36(4): 317–320.
- Zheng X, 2008. Studies on population biology of *Euseius nicholsi* (Ehara et Lee) and its relationships with host plants (Acari: Phytoseiidae). Master degree dissertation. Guiyang: Guizhou University. [郑雪, 2008. 尼氏真绥螨种群生物学及其与害螨寄主植物相互关系的研究. 硕士学位论文. 贵阳: 贵州大学.]