

菜豆—二斑叶螨—伪钝绥螨相互关系的研究^{*}

孙月华^{1,2} 鄧军锐^{1**}

(1. 贵州大学昆虫研究所 贵州山地农业病虫害重点实验室 贵阳 550025; 2. 安顺学院 安顺 561000)

摘 要 本文利用 Y-型嗅觉仪和叶碟法测定了伪钝绥螨 *Amblyseius fallacis* (Garman) 对不同处理菜豆植株的选择性,并用气相色谱-质谱联用仪分别对菜豆健康植株、被机械损伤过的菜豆植株和被二斑叶螨 *Tetranychus urticae* (Koch) 危害过的植株挥发性物质的成分进行了分析,并对其相对含量进行了比较。结果表明:伪钝绥螨对二斑叶螨为害过的带虫带粪、去虫带粪和去虫去粪 3 类虫害植株表现出很强的趋性,对机械损伤、添加了二斑叶螨虫粪的健康虫害植株虽然也有趋性,但趋向程度远不如 3 类虫害植物强。菜豆在不同状态下挥发物的种类和成分差异显著,植株受到二斑叶螨为害后,挥发性物质的种类显著增加且大多数为分子量大的物质。在各状态菜豆植株中,甲氧基苯基肟、2,4-二叔丁基苯酚、 α -法尼烯、桉烯和烷类均占较大的比例。

关键词 伪钝绥螨,二斑叶螨,菜豆,选择性,挥发性物质

Studies on the interactions among *Phaseolous vulgaris*, *Tetranychus urticae* and *Amblyseius fallacis*

SUN Yue-Hua^{1,2} ZHI Jun-Rui^{1**}

(1. Institute of Entomology, Guizhou University; The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Guiyang 550025, China; 2. Anshun College, Anshun 561000, China)

Abstract The relative preferences of *Amblyseius fallacis* (Garman) for healthy host plants, mechanically injured host plants and host plants infested with the spider mite *Tetranychus urticae* (Koch) were determined using a Y-tube olfactometer and leaf disc test. The composition and relative contents of the volatiles of healthy, mechanically injured and mite infested *Phaseolous vulgaris* host plants were analyzed and identified by gas chromatography-mass spectra (GC/MS). The results showed that odors from the leaves plants that had, or were, infested with *T. urticae*, which included plants with mites and their feces, plants without mites but with their feces and plants without mites or their feces, were significantly more attractive to *A. fallacis* than either mechanically injured or healthy plants. *A. fallacis* could be attracted by the odors from mechanically injured plants and healthy plants to which *T. urticae* feces had been added, but showed a greater preference for odors from mite-infested plants. The composition and content of volatiles differed significantly between healthy, mechanically injured and mite-infested plants. The volatiles of plants infested with *T. urticae* had more components than those from mechanically injured or healthy plants, and were of higher molecular weight. Methoxy-phenyl-oxime, 2,4-di-tert-butylphenol, (E,E)- α -farnesene, junipene and alkyl comprised the greater proportion of the volatiles collected from all three kinds of plants.

Key words *Amblyseius fallacis*, *Tetranychus urticae*, *Phaseolous vulgaris*, selectivity, volatile substance

二斑叶螨 *Tetranychus urticae* (Koch) 是世界性害螨,给各国的农业生产带来了极大的威胁 (Park and Lee, 2005)。在贵州省贵阳地区二斑叶螨对豆类蔬菜造成了严重的危害,调查发现伪钝绥螨

Amblyseius fallacis (Garman) 是其优势种天敌,对二斑叶螨有很好的控制作用 (陈春丽等, 2009; 孙月华等, 2009)。如何更好的利用天敌进行害螨的防治是值得深入探讨的问题。

* 资助项目: 贵州省自然科学基金 (黔科合 J 字 (2006) 2047)。

** 通讯作者: E-mail: jrzhi@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-12-13, 接受日期: 2011-04-25

在害虫防治中,植物—植食性昆虫—天敌三级营养系统的研究一直是国际上的热点问题,但是三者之间的物质、能量和信息的传递,还需要人们进行深入的探索和研究。在化学生态领域中,对生物间相互关系的形成进行了广泛的研究,发现一些化学信息素在这种关系中起着重要的作用(Vinson, 1976)。这些化学信息素有的来自寄主植物(Vet and Dicke, 1992; Blaakweert *et al.*, 1994; 姜永根和程家安, 2000); 有的来自植食性昆虫(Eller *et al.*, 1988; Budenberg, 1990; Eller and Heeath, 1990); 有的来自昆虫与植物的互作(Dicke *et al.*, 1990; Tumlinson *et al.*, 1992; 史刚荣, 1994), 在植物—昆虫(螨类)—天敌关系中所起的作用也各不相同(Dicke *et al.*, 1990; 钦俊德, 1995; 姜永根和程家安, 1997)。研究植物—害虫—天敌之间的关系及挥发性化学物质在三者中的作用对制定害虫生物防治的新策略及研究生物间的协同进化等具有重要意义。本文在测定了伪钝绥螨对不同处理菜豆植株的选择性基础上,分析了健康植株、机械损伤、二斑叶螨为害的菜豆植株的挥发性物质的种类、含量及其异同,以期对二斑叶螨的绿色治理奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

伪钝绥螨、二斑叶螨均采自贵州省贵阳市花溪区(东经 $106^{\circ}27'$ ~ $106^{\circ}52'$, 北纬 $26^{\circ}11'$ ~ $26^{\circ}34'$) 平桥菜地茄子及菜豆植株上,先在人工气候室内用菜豆繁殖二斑叶螨(温度: $(25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度: $75\% \pm 5\%$ 、光周期: L:D = 14:10), 后以二斑叶螨为食料饲养伪钝绥螨 3 代以上时,选取自卵孵出后 6 日龄的、发育健康且大小一致的伪钝绥螨雌成螨进行生物测试。

菜豆植株均在纱笼内盆栽至长出两片真叶后待用。设定了 6 种处理菜豆植株: 健康植株、添加了二斑叶螨丝网和虫粪的健康植株(每株添加量约等于被二斑叶螨自然危害 5 d 后植株上的丝网和虫粪量)、机械损伤植株、未去除叶螨及其残留物的虫害植株(简称带虫带粪虫害植株)、用小毛笔去除叶螨但保留其残留物的虫害植株(简称去虫带粪虫害植株)、去除叶螨并去除其残留物的虫害植株(简称去虫去粪虫害植株)。其中机械损伤植株是于测试前 20 min 用消毒镊子划伤健康植株

所得,虫害植株是指受二斑叶螨危害 5 d 后的菜豆植株。

1.2 实验方法

1.2.1 伪钝绥螨对不同寄主植物的嗅觉反应(Y-型嗅觉仪法) 实验在温度 $(25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(75 \pm 5\%)$ 、空气洁净、光线均匀、相对封闭的实验室内进行,利用自制 Y-型嗅觉仪(孙绪良和尹淑艳, 2002) 进行用不同处理植株与干净空气组合、不同处理植株两两组合 2 种方式测定伪钝绥螨对寄主植物的选择性。

在 Y-型嗅觉仪玻璃管的柄端引入伪钝绥螨雌成螨,然后观察记录 5 min 内伪钝绥螨的行为反应。反应标准如下: 当供试雌成螨爬至超过管内于 2/3 处设置的铁丝网并持续 3 s 以上,就记录为对该气味源做出正选择; 如果在规定时间内没有做出明确选择,则记为该螨无反应。每测试 10 头用无水酒精擦拭 Y-型管壁,并交换一次气味源进气管。每次测试 10 头,每头只测试一次,每组测试 5 个重复。测试时间安排在 08:00—18:00 进行,观察并记录每次做出选择的伪钝绥螨雌成螨数量。

1.2.2 伪钝绥螨对菜豆不同处理叶片的选择(叶碟法) 取 6 种不同处理的菜豆叶片用打孔器打出直径为 2 cm 的圆形叶碟,在直径 15 cm 的培养皿沿皿壁贴放湿润的约 1 cm 厚的脱脂棉圈,以防止伪钝绥螨逃出血外。取处理好的 6 种叶碟各一片,叶背朝上,随机交替排列围成一圈,直径约 13 cm 左右。挑取预先饥饿 2 h 的供试雌成螨于该圆圈中央,观察其行为反应。在接虫 2 h 后记录各叶碟上的着虫数量。为了防止光线影响,每隔 0.5 h 顺时针旋转培养皿 90° 。每个培养皿设置密度为 50 头/次,6 次重复。

1.2.3 挥发性物质的收集和鉴定 挥发性物质的收集用顶空吸附法,样品分析使用气相色谱/质谱(GC/MS)联用仪。把待测植株连根从花盆中取出,清水洗净根部所带泥土后用脱脂棉吸饱水裹住根须,外面再包保鲜膜数层以保证植株水分供应。把处理好的植株约 200 g 放入容量为 2 L 的样品瓶内,样品瓶一头接通经活性炭过滤的空气,另一头接装有 PPQ (Parapack Q) 吸附剂的小管,小管再接真空泵抽气。样品瓶密封时间 30 h,泵工作时间 20 h,气体流量 0.2 L/min ,测定温度 20°C ,光照强度 200 ~ 250 lx,经二氯甲烷(1 mL)

洗脱吸附剂后保存于 -20°C 冰箱内,待作分析鉴定。

GC/MS 分析条件为: 色谱柱为 HP-5MS 5% Phenyl Methyl Siloxane ($30\text{ m} \times 0.25\text{ mm}$, $0.25\text{ }\mu\text{m}$) 弹性石英毛细管柱, 初始温度 50°C (保留 1 min), 以 $5^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升温至 280°C , 保持 1 min; 汽化室温度 250°C ; 载气为高纯 He (99.999%); 柱前压 7.62 psi, 载气流量 $1.0\text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$; 进样量 $1\text{ }\mu\text{L}$ (用二氯甲烷将菜豆挥发物稀释的溶液); 分流比 20:1。离子源为 EI 源; 离子源温度 230°C ; 四极杆温度 150°C ; 电子能量 70 eV; 发射电流 34.6 μA ; 倍增器电压 1756 V; 接口温度 280°C ; 溶剂延迟 5 min; 质量范围 10 ~ 550 amu。

1.3 数据处理

试验数据均采用 Excel 2007 和 SPSS 11.5 软件进行, 利用 Duncan's 新复极差测验法和 t 检验法对二斑叶螨不同处理菜豆植物的选择性进行显著性检验 ($P = 0.05$)。百分率在 t 检验前进行反正弦数据转换。

2 结果与分析

2.1 伪钝绥螨对不同处理菜豆植株的嗅觉定向

伪钝绥螨雌成螨被接入出气口端部时, 首先在出气口端部有 10 s 左右的停留, 前足相互触动, 沿着管中央的铁丝, 作试探性地螺旋式逆气流前进, 运动过程中有停顿, 在两臂交叉处略作停顿, 随后进入其中一臂。测试结果见表 1。通过伪钝绥螨对各处理菜豆植株和干净空气的嗅觉反应发现, 伪钝绥螨对健康植株与干净空气的选择率没有明显区别, 对机械损伤植物和干净空气之间及添加虫粪的健康植株和干净空气之间的选择率差异达到了显著水平, 伪钝绥螨对 3 类不同处理的虫害植株 (带虫带粪虫害植株、去虫带粪虫害植株和去虫去粪虫害植株) 和干净空气之间的选择率差异均达到了极显著水平, 说明伪钝绥螨不论对哪种虫害植株均表现出非常强的趋性。同时也表明二斑叶螨的虫粪、虫害损伤的植株皆对伪钝绥螨有招引性, 亦说明了伪钝绥螨在寻找猎物过程

表 1 伪钝绥螨对菜豆不同处理植株的嗅觉反应

Table 1 Olfactory response of *Amblyseius fallacis* to various treatment plants of *Phaseolous vulgaris*

编号 No.	气味源 Odor sources	选择百分率 Selection percentage	对照 Comparison	选择百分率 Selection percentage	t 检验 t -test
1	健康植株 Healthy plant	54.00 ± 2.45	干净空气 Dry pure air	46.00 ± 2.45	—
2	添加虫粪的健康植株 Healthy plant with feces of spider mites	68.00 ± 3.74	干净空气 Dry pure air	32.00 ± 3.74	*
3	机械损伤植株 Artificial damaged plant	60.00 ± 3.16	干净空气 Dry pure air	40.00 ± 3.16	*
4	带虫带粪虫害植株 Infested plant with spider mites and their feces	78.00 ± 3.74	干净空气 Dry pure air	22.00 ± 3.74	**
5	去虫带粪虫害植株 Infested plant without spider mites but with their feces	74.00 ± 2.45	干净空气 Dry pure air	26.00 ± 2.45	**
6	去虫去粪虫害植株 Infested plant without spider mites and their feces	72.00 ± 3.74	干净空气 Dry pure air	28.00 ± 3.74	**

注: 表中数字为平均值 $\pm$ 标准误, 同一行数据后 — 表示无显著差异 ($P > 0.05$), * 表示不同处理间差异显著 ($0.01 < P < 0.05$), ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$), t 检验。表 2 同。

The data in the table are mean $\pm$ SE. — indicate the difference was not significant at 0.05 level. * indicate significant difference at 0.05 level; ** indicate extremely significant difference at 0.01 level by t -test. The same for Table 2.

中,嗅觉参与并影响其行为反应,菜豆受二斑叶螨危害后所挥发的物质对伪钝绥螨起了重要的作用。

2.2 伪钝绥螨对不同处理菜豆植株组合的嗅觉定向

伪钝绥螨对不同寄主气味源组合间的嗅觉反应结果见表2。由表2可知:与健康植株相比,伪钝绥螨对3类不同处理的虫害植株都表现出明显趋性,选择率达到了极显著的水平。伪钝绥螨对健康植株和添加虫粪的健康植株之间的选择性达到显著水平,但对健康植株和机械损伤植株两者之间的选择差异性不显著。添加虫粪的健康植株、机械损伤植株分别和3种不同处理的虫害植株组合测定,发现3种不同处理的虫害植株对伪钝绥螨的招引性远远大于前两者,而伪钝绥螨对添加虫粪的健康植株和机械损伤植株的选择性差别不大;当测定伪钝绥螨对不同处理虫害植株(带虫带粪虫害植株、去虫带粪虫害植株、无虫无粪虫害植株)两两组合的选择性时,发现对它们的选择差异性不显著。上述结果表明,相对于干净健康植株,二斑叶螨的残留物(丝网、虫粪等)对于伪钝绥螨有一定的招引性,但虫害菜豆植株对伪钝绥螨的招引性更为强烈。

2.3 利用叶碟法测试伪钝绥螨对菜豆不同处理叶片的选择性

在同时提供6种不同处理菜豆叶片的条件下,伪钝绥螨对其的选择性见表3。从表3中可以看出:伪钝绥螨在带虫带粪虫害叶片上着虫量最多,选择百分率最高,与其他几个处理叶片有显著性差异;其次是去虫带粪虫害叶片;在机械损伤、去虫去粪虫害叶片、带虫粪的健康叶片和干净健康叶片上的着虫量很少,选择百分率很低,四者之间无显著性差异。另外,还有一定比例的伪钝绥螨不着落在叶碟上而游荡于叶碟之间的空隙里,这大概与螨在不同寄主之间的转移及搜索有关。

2.4 不同处理植株挥发物成分的差异

菜豆健康植株、机械损伤植株以及受二斑叶螨危害植株的挥发性物质的气相色谱分析结果见表4。从表4可以看出:不同处理的菜豆植株释放出的挥发性信息化合物种类和组成都发生了明显的变化。受二斑叶螨危害的植株挥发性物质种类

最多,其次是机械损伤植株,健康植株检测到的挥发性物质种类最少。在健康植株、机械损伤植株以及受二斑叶螨危害的植株中,甲氧基苯基肼、2,4-二叔丁基苯酚、(*E,E*)- α -法尼烯、桉烯和烷类均占较大的比例,是菜豆挥发性物质的主要成分。棕榈酸、油酸、硬脂酸、肉豆蔻酸在健康植株中含量很高,但在机械损伤植株及受二斑叶螨危害的植株中都未检测到,而后两类植株中醛酮类物质的种类和含量却大大增加,这说明健康植株中储存的脂肪酸在植株受到损伤后转化成Z-3-己醛、环己酮、甲基庚烯酮、辛醛、乙酸叶醇酯、2-乙基己醇、3-乙基苯甲醛、对乙基苯乙酮等绿叶性气味物质;菜豆在受到虫害损伤后,除了挥发绿叶性气味的物质 β -蒎烯以外,还挥发出E-2-己醛、(3反)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯、3-乙基苯乙酮、1-十二烯、1,6-二甲基萘、邻苯二甲酸二异丁酯、7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6-9-diene-2,8-dione等物质,其中(3反)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯、邻苯二甲酸二异丁酯、7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6-9-diene-2,8-dione、1,6-二甲基萘含量较高,可能是对伪钝绥螨起吸引作用的主要挥发物。

较之健康植株,二斑叶螨危害后植株的挥发物中萜类化合物有了很大变化,有3种萜类(β -蒎烯、1-十二烯、(3反)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯)的化合物被诱导出来,而机械损伤诱导出的萜类挥发物只有1种(β -蒎烯);且二斑叶螨危害后的植株挥发物中的3种萜类化合物(香芹烯、(*E,E*)- α -法尼烯、桉烯)的相对含量比在未受虫害植株中明显提高。

菜豆植株受害前后同种类挥发物相对含量也有很大的改变,如受到机械损伤和虫害损伤时,甲氧基苯基肼、桉烯、1,2-二乙基苯、对二乙苯相对含量皆上升,说明菜豆叶片被损伤后促进了该物质的释放;而2,4-二叔丁基苯酚、对二甲苯、 α -蒎烯的相对含量则降低,说明菜豆叶片被损伤后抑制了该物质的释放;且虫害损伤比机械损伤时同种挥发物相对含量上升或下降的幅度皆增大,说明虫害对菜豆叶片挥发物相对含量的影响远远大于机械损伤。

表 2 伪钝绥螨对不同处理菜豆植株气味源组合的嗅觉反应

Table 2 Olfactory response of *Amblyseius fallacis* to the volatiles from various treatment plants of *Phaseolous vulgaris*

编号 No.	气味源 1 The first odor source	选择百分率 Selection percentage	气味源 2 The second odor source	选择百分率 Selection percentage	<i>t</i> 检验 <i>t</i> -test
1	健康植株 Healthy plant	40.00 ± 3.16	添加虫粪的健康植株 Healthy plant with feces of spider mites	60.00 ± 3.16	*
2	健康植株 Healthy plant	46.00 ± 4.00	机械损伤植株 Artificial damaged plant	54.00 ± 4.00	—
3	健康植株 Healthy plant	28.00 ± 2.00	去虫去粪虫害植株 Infested plant without spider mites and their feces	72.00 ± 2.00	**
4	健康植株 Healthy plant	20.00 ± 3.16	带虫带粪虫害植株 Infested plant with spider mites and their feces	80.00 ± 3.16	**
5	健康植株 Healthy plant	26.00 ± 2.45	去虫带粪虫害植株 Infested plant without spider mites but with their feces	74.00 ± 2.45	**
6	添加虫粪的健康植株 Healthy plant with feces of spider mites	56.00 ± 2.45	机械损伤植株 Artificial damaged plant	44.00 ± 2.45	—
7	添加虫粪的健康植株 Healthy plant with feces of spider mites	38.00 ± 3.74	去虫去粪虫害植株 Infested plant without spider mites and their feces	62.00 ± 3.74	*
8	添加虫粪的健康植株 Healthy plant with feces of spider mites	28.00 ± 2.00	带虫带粪虫害植株 Infested plant with spider mites and their feces	72.00 ± 2.00	**
9	添加虫粪的健康植株 Healthy plant with feces of spider mites	32.00 ± 3.74	去虫带粪虫害植株 Infested plant without spider mites but with their feces	68.00 ± 3.74	**
10	机械损伤植株 Artificial damaged plant	34.00 ± 2.45	去虫去粪虫害植株 Infested plant without spider mites and their feces	66.00 ± 2.45	**
11	机械损伤植株 Artificial damaged plant	22.00 ± 2.00	带虫带粪虫害植株 Infested plant with spider mites and their feces	78.00 ± 2.00	**
12	机械损伤植株 Artificial damaged plant	24.00 ± 2.45	去虫带粪虫害植株 Infested plant without spider mites but with their feces	76.00 ± 0.24	**
13	去虫去粪虫害植株 Infested plant without spider mites and their feces	46.00 ± 4.00	去虫带粪虫害植株 Infested plant without spider mites but with their feces	54.00 ± 4.00	—
14	去虫去粪虫害植株 Infested plant without spider mites and their feces	44.00 ± 2.45	带虫带粪虫害植株 Infested plant with spider mites and their feces	56.00 ± 2.45	—
15	带虫带粪虫害植株 Infested plant with spider mites and their feces	52.00 ± 3.74	去虫带粪虫害植株 Infested plant without spider mites but with their feces	48.00 ± 3.74	—

表 3 伪钝绥螨在不同处理叶片上的着虫数

Table 3 The amount of *Amblyseius fallacis* on different treatments leaves of *Phaseolous vulgaris*

不同处理叶片 Different treatment leave	着虫数(头) The amount of insects/leaf	选择百分率 Selection percentage
健康叶片 Healthy leave	5. 00 ± 0. 52 dc	0. 10 ± 0. 01
添加了虫粪的健康叶片 Healthy leave with feces of spider mites	7. 50 ± 1. 20 bc	0. 15 ± 0. 02
机械损伤叶片 Artificial damaged leave	4. 33 ± 0. 92 dc	0. 09 ± 0. 02
去虫去粪虫害叶片 Infested leave without spider mites and their feces	5. 17 ± 1. 58 dc	0. 10 ± 0. 03
去虫带粪虫害叶片 Infested leave without spider mites but with their feces	9. 17 ± 0. 75 b	0. 18 ± 0. 01
带虫带粪虫害叶片 Infested leave with spider mites and their feces	15. 67 ± 1. 91 a	0. 31 ± 0. 04
游荡 Wandering	3. 17 ± 0. 54 d	0. 06 ± 0. 01

注: 表中数字为平均值 ± 标准误。同一列中凡小写字母不同表示差异显著($P < 0. 05$, Duncan 氏新复极差测验法) , 否则不显著。

The data in the table are mean ± SE. Means followed by different letters within a column are significant difference at 0. 05 level by Duncan ’ s multiple-range test.

表 4 不同处理菜豆植株挥发性物质的成分与含量

Table 4 Composition and relative contents of the volatiles from various treatment plants of *Phaseolous vulgaris*

挥发性物质 Volatile	挥发物成分 Volatile component		健康植株 Healthy plant	机械损伤植株 Artificial damaged plant	虫害植株 Infested plant
	英文名 English name	中文名 Chinese name			
脂肪酸 Fatty acids	Palmitic acid	棕榈酸	12. 942	ND	ND
	Oleic acid	油酸	3. 563	ND	ND
	Stearic acid	硬脂酸	3. 481	ND	ND
	Myristic acid	肉豆蔻酸	5. 443	ND	ND
绿叶性气体 Green leaf volatile	7, 9 - Di-tert-butyl-1-oxaspiro (4, 5) deca-6, 9-diene-2, 8-dione	7, 9-二叔丁基-1-呋喃螺(4, 5) 环己-6, 9-二烯-2, 8-二酮	1. 171	ND	2. 055
	Z-3-hexenyl acetate	乙酸叶醇酯	ND	0. 2	3. 679
	Nonanal	壬醛	ND	0. 874	1. 415
	Camphor	樟脑	ND	0. 195	0. 349
	Z-3-Hexanal	Z-3-己醛	ND	0. 374	7. 146
	Decanal	癸醛	ND	0. 951	0. 715
	Octanal	辛醛	ND	0. 194	0. 395
	4-Ethylacetophenone	对乙基苯乙酮	ND	2. 102	2. 618
	6-Methyl-5-hepten-2-one	甲基庚烯酮	ND	0. 162	0. 367
	2-Ethylhexanol	2-乙基己醇	ND	0. 42	0. 865
	3-Ethyl-Benzaldehyde	3-乙基苯甲醛	ND	0. 637	0. 249
	Cyclohexanone	环己酮	ND	0. 204	ND
	Di-isobutyl phthalate	邻苯二甲酸二异丁酯	ND	ND	1. 000

续表 4

挥发性物质 Volatile	挥发物成分 Volatile component		健康植株 Healthy plant	机械损伤植株 Artificial damaged plant	虫害植株 Infested plant
	英文名 English name	中文名 Chinese name			
	E-2-Hexanal	E-2-己醛	ND	ND	0.349
	3-Ethylacetophenone	3-乙基苯乙酮	ND	ND	0.637
含氮化合物 Nitrogenous compound	Methoxy-phenyl-oxime	甲氧基苯基肟	2.903	5.078	5.073
萜烯类化合物 Terpenes	α-Pinene	α-蒎烯	0.687	0.307	0.358
	Limonene	香芹烯	0.307	0.309	0.383
	(E,E)-α-Farnesene	(E,E)-α-法尼烯	3.336	5.652	5.046
	Junipene	桉烯	3.257	6.727	9.034
	β-Pinene	β-蒎烯	ND	0.162	0.191
	Adacene	1-十二烯	ND	ND	0.248
	E-4,8-Dimethyl-1,3,7-(3反)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯	三烯	ND	ND	0.693
	Alkanes	烷类	29.672	28.933	17.309
其他挥发物 Other volatiles	O-Diethylbenzene	1,2-二乙基苯	1.961	3.949	5.236
	P-Diethylbenzene	对二乙苯	1.595	3.246	5.706
	Ethylbenzene	乙苯	1.470	0.195	ND
	O-Xylene	邻二甲苯	1.214	ND	0.410
	2,4-Di-tert-butylphenol	2,4-二叔丁基苯酚	9.828	7.858	8.980
	P-Xylene	对二甲苯	3.568	0.278	0.641
	Naphthalene	萘	ND	0.31	0.675
	Styrene	乙烯基苯	ND	0.165	0.217
	1,6-Dimethyl-naphthalene	1,6-二甲基萘	ND	ND	1.547
	Unknown	未知	ND	27.519	ND

注: ND 表示未检测到。ND means not be detected in this test.

3 讨论

从 Y-型嗅觉仪法实验测试结果来看,伪钝绥螨对 3 类不同处理的虫害菜豆植株皆表现出了很强的选择趋性,对添加了虫粪的健康菜豆也表现出比健康叶片更强的趋性;叶碟法测定结果发现伪钝绥螨对带有二斑叶螨和其残留物的虫害植株表现出很强的选择性,其次是去虫带粪虫害叶片和添加了虫粪的健康叶片。这个结论与国内外研究结果是一致的(Dicke *et al.* ,1993; 孙绪良和尹淑艳 2002) ,这说明植食性昆虫取食刺激寄主植物释放的挥发物对捕食者的招引性是肯定的,同时也证明虫粪所释放的挥发性物质也对伪钝绥螨有一定的招引性。

叶碟法测试中发现去虫去粪虫害叶片上的着螨量比添加了虫粪的健康叶片、机械损伤叶片少,

这与 Y-型嗅觉仪测试的结果不相一致。这大概是因为 Y-型嗅觉仪测试时间是 5 min ,只能测定短时间内伪钝绥螨的嗅觉定向,而叶碟法实验的时间是 2 h ,伪钝绥螨不仅有更多的识别时间,还能利用嗅觉、触觉、视觉等对寄主植物进行综合分析。叶碟法测试中还发现有一定数量的伪钝绥螨不着落在叶碟上,这可能与该螨在不同寄主之间的转移及搜索有关。

已有研究表明(3 反)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯对捕食性智利小植绥螨有引诱作用(Dicke *et al.* ,1990) ,说明此物质是植物吸引植绥螨的互益素,而菜豆受到二斑叶螨危害后除释放出(3 反)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯之外,还释放出较大含量的邻苯二甲酸二异丁酯、7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6-9-diene-2,8-dione、1,6-二甲基萘。含量相对较

低的 E-2-己醛、3-乙基苯乙酮、1-十二烯也是健康植株和机械损伤植株没有检测到的, 这几种物质能否有效的吸引伪钝绥螨还有待证明; 在机械损伤植株挥发物质中检测出的一种含量极高的未知物(27.519%), 但在健康植株、虫害损伤植株中并未检测到, 此种物质被何因素刺激挥发、是何种化合物, 是否植物只有受到机械损伤才能产生, 还有需进一步的试验。

对不同处理植株挥发物成分的测定中发现, 在受害和未受害植株中, 烷类均占较大的比例, 这个结论与国内一些研究结果有所不同(魏明等, 2005; 顾丁等 2008), 这可能是采用的提取系统不同的原因, 亦可能是种植的豆类品种不同或者实验环境差异所造成的, 这还需要进一步研究才能确定。

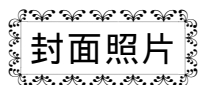
本文只是通过对菜豆健康植株、机械损伤植株、虫害损伤植株的挥发物鉴定的方式初探了伪钝绥螨的选择机理, 得知了植株受损伤后挥发性物质的种类和含量发生了变化, 改变了原来寄主植物气味的化学指纹图, 但究竟是哪些挥发物质对伪钝绥螨产生了重要的引诱作用, 还需要对这些分析到的挥发物进行单一的和综合的回测验试, 以证明某些物质有无引诱或忌避作用。试验结果表明二斑叶螨的残留物(包括丝网、虫粪等)对伪钝绥螨也有一定的吸引作用, 这是否和二斑叶螨残留物挥发的一些物质有关, 还需进一步对二斑叶螨的残留物挥发物进行分析鉴定, 并对这些挥发物进行单一的和综合的测试。

参考文献(References)

- Blaakweert A, Geervliet JBF, Vanloon JJA, 1994. Comparative headspace analysis of cabbage plants damaged by two species of *Pieris* caterpillars: Consequences for in-flight host location by *Cotesia* parasitoids. *Entomol. Exp. Appl.*, 73 (2): 175—182.
- Budenberg WJ, 1990. Honeydew as a contact kairomone for aphid parasitoids. *Entomol. Exp. Appl.*, 55 (2): 139—148.
- 陈春丽, 鄧军锐, 孙月华, 2009. 迎春花粉对伪钝绥螨生长发育和繁殖的影响. *昆虫知识* 46(4): 609—612.
- Dicke M, Sabelis MW, Takabayashi J, Bruin J, Posthumus MA, 1990. Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. *J. Chem. Ecol.*, 16: 3091—3118.
- Dicke M, Van Beek TA, Posthumus MA, Ben Doom N, Van Bokhoven H, De Groot AE, 1990. Isolation and identification of a volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions: Involvement of host plant in its production. *J. Chem. Ecol.*, 16: 381—396.
- Dicke M, Van Baarlen P, Wessels R, Dijkman H, 1993. Herbivory induces systemic production of plant volatiles that attract predator of the herbivore: extraction of endogenous elicitor. *J. Chem. Ecol.*, 19: 581—599.
- Eller FJ, Heeath RR, 1990. Factors affecting oviposition by the parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) in an artificial substrate. *J. Chem. Ecol.*, 83: 398—404.
- Eller FJ, Tumlinson JH, Lewis WJ, 1988. Beneficial arthropod behavior mediated by airborne semiochemicals. Source of volatiles mediating the host-location flight behavior of *Microplitis croceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.*, 17 (4): 745—753.
- 顾丁, 陈文龙, 高光澜, 2008. 南美斑潜蝇取食对蚕豆挥发物的影响//卓成明主编. 植物保护科技创新与发展. 北京: 中国环境科学出版社. 437—444.
- 姜永根, 程家安, 1997. 植物-植食性昆虫-天敌三营养层次的相互作用及其研究方法. *应用生态学报*, 8(3): 325—331.
- 姜永根, 程家安, 2000. 虫害诱导的植物挥发物: 基本特性、生态学功能及释放机制. *生态学报*, 20(6): 1097—1106.
- Park YL, Lee JH, 2005. Impact of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on growth and productivity of glasshouse cucumbers. *J. Econ. Entomol.*, 98: 457—463.
- 钦俊德, 1995. 昆虫与植物关系的研究进展和前景. *动物学报*, 41(1): 12—18.
- 史刚荣, 1994. 次生物质在植物与昆虫协同进化中的意义. *生物学杂志*, (4): 11—13.
- 孙绪良, 尹淑艳, 2002. 针叶小爪螨-寄主植物-芬兰钝绥螨相互关系的研究 I. 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*, 38(1): 76—81.
- 孙月华, 鄧军锐, 王清, 2009. 伪钝绥螨对二斑叶螨的捕食作用研究. *中国生物防治*, 25(3): 196—199.
- Tumlinson JH, Turlingste J, Lewis WJ, 1992. The semiochemical complexes that mediate insect parasitoid foraging. *Agri. Zool. Rev.*, 5: 221—252.
- Vet LEM, Dicke M, 1992. Ecology of infochemicals used by

- natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.*, 37: 141—172. 魏明, 邓晓军, 杜家纬, 2005. 豇豆与菜豆挥发物中美洲斑潜蝇引诱成分的分析与鉴定. *应用生态学报*, 16(5): 907—910.
- Vinson SB, 1976. Host selection by insect parasitoid. *Annu. Rev. Entomol.*, 21: 109—133.

* * * * *



庆网蛱蝶 *Melitaea cinxia* L.

庆网蛱蝶 *Melitaea cinxia* L. 英文俗名: the Glanville Fritillary butterfly, 为古北界广布种, 从西欧到南西伯利亚草原均有分布, 在北非摩洛哥也有分布。庆网蛱蝶在中国仅分布在新疆天山和阿尔泰山的少数几个地区。在天山, 庆网蛱蝶成虫的飞行期是从每年 5 月底到 7 月初, 雌蝶通常交配一次, 雄蝶可多次交配。交配后, 雌蝶在宿主植物穗花婆婆纳 (*Veronica spicata*) 的叶片背面产下卵块, 卵块大小从几十粒到两三百粒不等。幼虫孵化后集群结网生活, 以穗花婆婆纳为食。幼虫共 7 个龄期, 5 龄之前集群生活。8 月底 5 龄幼虫进入滞育。次年 3 月底到 4 月初, 幼虫从滞育中复苏, 发育到 7 龄。5 月初幼虫化蛹, 蛹期约为 4 周。封面照片拍摄地点: 新疆天山乌鲁木齐南台子。

(北京大学生命科学学院 王戎疆)