

4 种单体化合物对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

周开艳¹, 杨发忠², 杨 斌^{1*}, 孙佑赫¹

(1. 西南林业大学 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224;

2. 西南林业大学 理学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 利用 Y 型嗅觉仪测定方法, 研究了己酸、壬酸、己醇和壬醛 4 种单体化合物对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响, 并对 4 种化合物的有效剂量进行了筛选。结果表明, 4 种供试化合物均对甜菜夜蛾雌虫表现出明显的驱避作用。己酸的驱避活性剂量范围为稀释 200~1 200 倍, 壬酸的有效剂量范围为稀释 10~1 000 倍, 己醇在稀释 300 倍和 500 倍时表现出显著的驱避活性, 而壬醛在稀释 800~1 200 倍时对甜菜夜蛾雌虫有显著的驱避作用。己酸、壬酸、己醇和壬醛驱避效果最佳的稀释倍数分别为 1 000 倍、500 倍(和 800 倍)、500 倍、1 000 倍, 驱避率依次为 96%、82%、76%、82%。因此, 这 4 种对甜菜夜蛾具有明显抑制作用的单体化合物在甜菜夜蛾的防治方面有潜在的应用前景。

关键词: 甜菜夜蛾; 嗅觉行为; 驱避活性; 单体化合物; 己酸; 壬酸; 己醇; 壬醛

中图分类号: TQ453 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)02-0093-04

Olfactory Responses of Beet Armyworm to Four Mono-chemicals

ZHOU Kai-yan¹, YANG Fa-zhong², YANG Bin^{1*}, SUN You-he¹

(1. Yunnan Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. Science College, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: In this study, the olfactory responses of beet armyworm (*Spodoptera exigua*) females to four volatiles (hexanoic acid, nonanoic acid, hexanol and nonaldehyde) were determined using Y type olfactometer, and the optimal concentrations of four mono-chemicals were screened. The results showed that all of the four compounds detrimentally affected the olfactory behavior and had significantly repellent effects on the females. Hexanoic acid, nonanoic acid, hexanol and nonaldehyde displayed obvious repellent effects on *S. exigua* at a concentration of 200—1 200 fold dilution, 10—1 000 fold dilution, 300—500 fold dilution and 800—1 200 fold dilution, respectively. They showed the strongest repellent effects on *S. exigua*, 96%, 82%, 76% and 82%, respectively, when diluted by 1 000 times, 500 and 800 times, 500 times, and 1 000 times. Therefore, the four mono-chemicals have potential applications in control of *S. exigua*.

Key words: beet armyworm; olfactory response; repellent effects; mono-chemicals; hexanoic acid; nonanoic acid; hexanol; nonaldehyde

已有的研究显示, 植物和昆虫之间普遍存在着通过寄主植物次生代谢产物介导的化学作用关系^[1-4]。昆虫依赖寄主植物散发的气味物质寻找寄主, 植物生理和代谢的变化对昆虫搜寻寄主、取食和产卵有重要影响。气候变化、微生物侵染等生物和

非生物因子的变化都会引起植物代谢变化。研究生物和非生物因子通过植物介导而影响昆虫的机制, 对深入理解昆虫和植物的互作关系、探索植物抗虫和感虫的机制及对植物虫害的控制有积极意义。

甜菜夜蛾 [*Spodoptera exigua* (Hübner)]^[5] 属

收稿日期: 2011-09-05

基金项目: 云南省科技厅项目(2008CD140); 云南省教育厅项目(08z0027)

作者简介: 周开艳(1986-), 女, 云南丽江人, 在读硕士研究生, 研究方向: 森林保护。E-mail: zhoulaiyan165@163.com

* 通讯作者: 杨 斌(1971-), 男, 四川仁寿人, 教授, 博士, 主要从事森林保护方面的研究。E-mail: yangbin48053@yahoo.com

鳞翅目夜蛾科灰翅夜蛾属,是世界性分布的多发性农业害虫,具有分布广、寄主多、迁飞扩散能力强等特性^[6],是治理难度较大的农业害虫之一。月季白粉菌[*Podosphaera pannosa* (Wallr. : Fr.) de Bary] [同名: *Sphaerotheca pannosa* (Wallr. : Ex Fr.) Lev.]^[7]是中国月季(*Rosa chinensis* Jacq. cv. Movie star, 俗称玫瑰)大棚种植中最重要的真菌病害^[8],在我国各地均可周年发生,对中国月季的危害较大,给其生产带来巨大损失。甜菜夜蛾和白粉菌同时危害中国月季,且危害部位基本相同。过去的研究多只关注白粉菌与寄主中国月季或甜菜夜蛾与寄主两者的关系,而针对寄主植物上同时发生的病害、虫害与寄主三者关系的研究较少。将病原菌—寄主—昆虫三者联系在一起,探讨病虫之间的互作关系是目前研究的一个新方向。李艳等^[3]的研究证实,在感染了白粉菌的中国月季植株上,甜菜夜蛾幼虫死亡率明显增加。用感染白粉菌的中国月季叶片测试甜菜夜蛾的趋性反应,结果显示,感病植物对甜菜夜蛾雌成虫的寄主选择和产卵地选择有明显的抑制作用^[4]。通过 GC-MS 分析表明,健康中国月季植株与感染白粉菌的中国月季植株在挥发物成分方面有明显差异,与健康叶片相比,感病植株挥发物中辛烷、壬醛、壬酸、己酸等变化较大^[3]。但是,目前尚未明确中国月季感病后哪些物质是影响甜菜夜蛾行为的主要因子。基于此,本研究选择中国月季植株感染白粉菌后发生明显变化的挥发性成分,用于测定甜菜夜蛾的嗅觉行为反应,以期深入阐明植物病原微生物通过植物介导而影响植食性昆虫的机制奠定基础,并为有害昆虫的控制提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 供试昆虫 甜菜夜蛾老熟幼虫采自云南省斗南月季大棚种植基地。

1.1.2 主要仪器 Y 型嗅觉仪内径为 5 cm,底部主枝为 22 cm,上部两侧枝均为 17 cm,两侧枝夹角为 75°。

1.1.3 主要试剂 供试化合物的名称、纯度和来源见表 1。

表 1 用于测定甜菜夜蛾嗅觉行为反应的化合物

编号	化合物	纯度/%	来源
1	己酸	99	百灵威科技有限公司
2	壬酸	97	百灵威科技有限公司
3	己醇	98	百灵威科技有限公司
4	壬醛	95	百灵威科技有限公司

1.2 方法

1.2.1 供试昆虫饲养 将田间采集的甜菜夜蛾幼虫在 27℃、70%RH、12 h 光周期条件下,用中国月季叶片饲养。待化蛹后,取蛹在体视镜下区分雌雄,雌蛹单独饲养,羽化后,用 10% 的蜂蜜水供给营养,取雌蛾用于生物测试。

1.2.2 试剂配制 用正己烷将 4 种化合物分别系列稀释:1:10、1:200、1:300、1:500、1:800、1:1 000、1:1 200(V/V)。

1.2.3 甜菜夜蛾雌蛾的嗅觉行为测试 按化合物稀释倍数由大到小顺序依次进行测试,每次取 1 种溶液 0.1 mL 滴加在滤纸上,置入其中一支味源瓶中,将 0.1 mL 正己烷滴加在相同大小的滤纸上,放入另一味源瓶作为对照。将 Y 型嗅觉仪按空气泵、活性炭、蒸馏水、玻璃转子流量计(LZB-II)、2 支味源瓶、Y 型管顺序用医用硅胶管连接,水平放置,黑布遮光。气流交汇于 Y 型管主枝,从基部口流出。在空气洁净的实验室中进行测试^[9],室内温度在 25℃左右,测定时间选择在成虫活动能力较强的 18:00—23:00。测试时,应使嗅觉仪两边的气流速度相当,通过流量计调节气流速度,均为 600~800 mL/min。测试前先通气 5 min,待气体充满 Y 型管后,将待测雌虫放入主枝口,测试时间 20 min,记录 Y 型管两侧枝中和仍处于主枝内未做出反应的虫数。雌蛾进入某侧枝 3 cm 或超过,并持续 2 min 以上记作反应(即选择),否则记为无反应。供试雌蛾为同一天羽化,且大小基本一致。用过的成虫不再重复使用,每次测试成虫 10 只,每种稀释度的溶液重复测试 5 次,每次测试调换 Y 型管两侧枝及味源的位置。进行完一种溶液的测试后,将 Y 型管和味源瓶取下,用 95%乙醇清洗 Y 型管,烘干后再进行下一种溶液的测试。

1.2.4 数据分析 使用 SPSS 13.0 软件的卡方检验(Chi-square test)法对甜菜夜蛾嗅觉行为的测试结果进行分析。当 $P \leq 0.05$ 时差异显著, $P \leq 0.01$ 时差异极显著。

2 结果与分析

2.1 己酸对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

从图 1 可知,甜菜夜蛾雌虫对稀释过的 7 种己酸溶液的选择率均小于正己烷对照。其中稀释 500 倍、800 倍和 1 000 倍时差异均达到极显著水平($P \leq 0.01$)。随着稀释倍数增加,己酸对雌蛾的驱避作用增强,在稀释 200~1 000 倍的范围内,其驱避作用强烈($P \leq 0.05$),稀释 1 200 倍后,其驱避活性

有所下降。当稀释1 000倍时,己酸对甜菜夜蛾成虫的驱避率最高,达到96%。而当剂量很大时(稀释10倍),己酸对甜菜夜蛾成虫表现出的驱避活性很弱,差异不显著。以上结果表明,己酸对甜菜夜蛾有驱避作用,并且需在合适的剂量范围内使用。

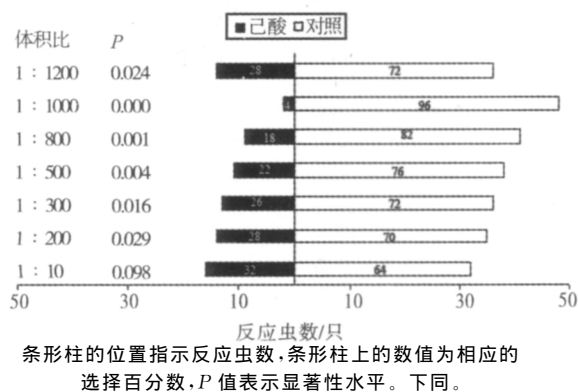


图1 己酸对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

2.2 壬酸对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

壬酸对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响如图2所示。从稀释10倍到稀释1 200倍,雌蛾对壬酸的选择率都明显小于对照,稀释倍数小于1 200倍时,差异显著($P \leq 0.05$),其中稀释500倍、800倍和1 000倍时差异均达到极显著水平($P \leq 0.01$)。稀释500倍和800倍时,壬酸对甜菜夜蛾成虫的驱避活性最高,驱避率达到82%。稀释倍数大于1 000倍后,甜菜夜蛾选择正己烷对照一侧的百分数变小,溶液的驱避活性有所下降。表明壬酸对甜菜夜蛾有驱避作用,且作用强弱与剂量有关。

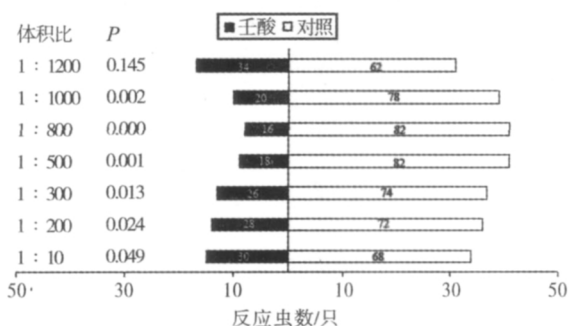


图2 壬酸对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

2.3 己醇对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

与正己烷对照相比,稀释300倍到1 200倍范围内己醇一侧的反应虫数都少于对照,己醇都表现出驱避活性,但仅稀释300倍和500倍时差异显著($P \leq 0.05$),最佳驱避活性出现在稀释500倍,驱避率为76%(图3)。稀释200倍时,未表现出明显驱避活性。表明己醇对甜菜夜蛾有一定的驱避活性,但这种活性仅表现在一个很小的稀释倍数范围内。

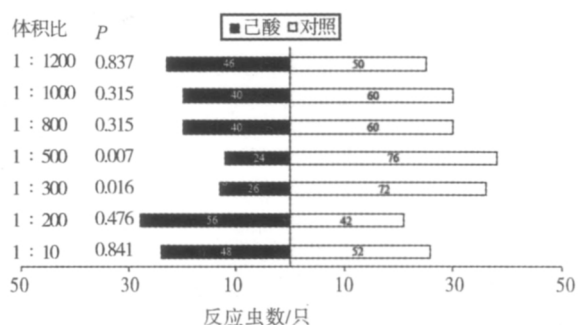


图3 己醇对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

2.4 壬醛对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

从图4可以看出,甜菜夜蛾雌蛾对稀释的壬醛的选择率都小于正己烷对照,表明壬醛对甜菜夜蛾雌虫有驱避作用。其中稀释800~1 200倍时,壬醛的驱避作用达到极显著水平($P \leq 0.01$),稀释200~1 000倍范围内随稀释倍数的增加,对照一侧的选择率增大,说明壬醛的驱避活性增强,稀释1 000倍时活性最强,驱避率达82%,而稀释1 200倍后驱避活性有所下降。

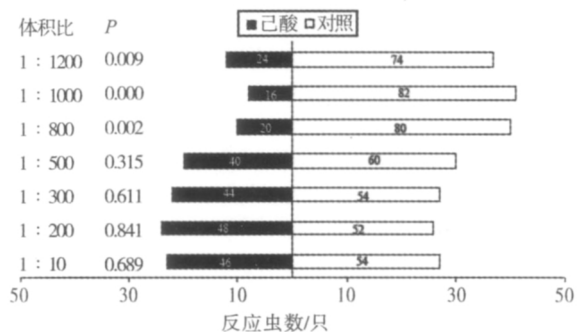


图4 壬醛对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响

3 讨论

许多昆虫利用寄主植物释放的特殊气味物质来寻找产卵场所。中国月季挥发性成分在甜菜夜蛾成虫产卵地选择过程中起着十分重要的作用,雌蛾能根据其寄主植物中国月季产生的挥发性成分对植株进行识别、定位和搜寻^[2-4],并据此寻找到合适的产卵寄主,这在其他植物与昆虫关系的研究文献中有类似报道^[10-11]。受到病原菌侵染后,由于病原菌的诱导作用,植物体内的各种代谢途径以及由此产生的各种代谢产物发生相应的变化,从而对具有共同寄主的昆虫产生有利或不利的影。之前的研究初步证实,感染白粉病的中国月季叶片的挥发性成分及其他小分子次生代谢产物发生了变化,充分证明了感染白粉病前后中国月季植株代谢及代谢产物的差异,但是尚未明确何种化合物是影响甜菜夜蛾进

行寄主选择的物质。本研究结果表明,中国月季感染白粉病后植株体内种类或数量发生明显变化的 4 种化合物均对甜菜夜蛾成虫表现出明显的驱避活性,且驱避活性强弱与剂量有关。该结果进一步从单体化合物角度阐明感病植物如何影响昆虫行为,同时这 4 种来源于感病植物体内的化合物将有可能直接应用于中国月季生产中甜菜夜蛾的防治。

李艳等^[3]的研究结果表明,中国月季感病后众多挥发性物质在种类和含量上发生变化,本试验只研究了感病中国月季挥发性成分中变化较大的 4 种单体化合物对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响,而其他在种类和含量上也有较大变化的化学物质能否影响甜菜夜蛾的嗅觉行为尚需深入研究。此外,不同单体化合物以不同比例混合后使用,是否存在协同增效作用或其他作用也还需深入研究。进一步的研究有可能从感病植物体内获得更多或更有效的能影响甜菜夜蛾寄主选择的单体化合物以及单体化合物组合。

参考文献:

- [1] 杜永均,严福顺. 植物挥发性次生物质在植食性昆虫、寄生植物和昆虫天敌关系中的作用机理[J]. 昆虫学报,1994,37(2):233-250.
- [2] 杨发忠,杨斌,张丽芳,等. 中国月季感染白粉菌后挥发性成分对甜菜夜蛾嗅觉行为的影响[J]. 河南农业科学,2011,40(1):85-89.
- [3] 李艳,杨发忠,杨斌. 感染白粉菌玫瑰对甜菜夜蛾幼虫取食与发育的影响[J]. 西南林学院学报,2010,30(2):44-46.
- [4] 苏艳梅,罗恒飞,杨斌,等. 甜菜夜蛾对白粉菌侵染的中国月季的嗅觉行为研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(8):4567-4569.
- [5] Merks-jacques M, Despland E, Bede J C. Nutrient utilization by caterpillars of the generalist beet armyworm, *Spodoptera exigua* [J]. *Physiol Entomol*, 2008, 33: 51-61.
- [6] Shimadai K, Natsuhara K, Oomori Y, et al. Permethrin resistance mechanisms in the beet armyworm (*Spodoptera exigua* (Hübner)) [J]. *J Pestic Sci*, 2005, 30: 214-219.
- [7] Leus L, Dewtfeel A, Van Huylenbroeck J, et al. *Podosphaera pannosa* (syn. *Sphaerotheca pannosa*) on rose and *Prunus* spp.: Characterization of pathotypes by differential plant reactions and ITS sequences [J]. *J Phytopathol*, 2006, 154: 23-28.
- [8] Yan Z, Dolstra O, Theo W, et al. Assessment of partial resistance to powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in a tetraploid rose population: Using a spore-suspension inoculation method [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2006, 114: 301-308.
- [9] 曲爱军,孙绪良,卢西平,等. 异色瓢虫显现变种对寄主的寻找行为研究[J]. 昆虫天敌,2004,26(1):12-17.
- [10] Szendrei Z, Rodriguez-saona C. A meta-analysis of insect pest behavioral manipulation with plant volatiles [J]. *Entomol Exp Appl*, 2010, 134: 201-210.
- [11] Hammack L. Volatile semiochemical impact on trapping and distribution in maize of northern and western corn rootworm beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) [J]. *Agr Forest Entomol*, 2003, 5: 113-122.

撤稿声明

经投稿人要求,以下文章已被正式撤稿:《基因枪介导转玉米 C4 型 *pepc* 基因小麦的遗传研究》,河南农业科学:2012,41(1):25-27,31。撤稿原因:该文投稿时未及时与其他作者进行沟通,请勿再以任保方式引用此文。