

螺旋粉虱产卵蜡分泌物对香蕉网蝽的拒食活性*

丁茜¹ 廖永林^{1,2} 吴伟坚^{1,*} 符悦冠^{1,3}

(¹华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642; ²广东农业科学院植物保护研究所, 广州 510640; ³中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南儋州 571737)

摘要 螺旋粉虱产卵分泌物所圈定的叶片范围可阻碍一些植食性昆虫如香蕉网蝽的取食。本文采用叶碟法测定了螺旋粉虱产卵分泌物中的芳香酯类、酚类和烷烃类物质对香蕉网蝽 5 龄若虫的拒食活性。结果表明:在 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 质量浓度下, 邻苯二甲酸二丁酯表现出较强的拒食活性, 其次为 3,5-二(1,1-二甲基乙基)-4-羟基苯丙酸甲酯、邻苯二甲酸正辛酯和正十六烷, 4,4'-亚甲基双(2,6-二叔丁基苯酚)则没有拒食活性; 浓度梯度试验显示, 邻苯二甲酸二丁酯对香蕉网蝽若虫的拒食活性随浓度增大而增强, 拒食中浓度为 $0.929 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$; 表明螺旋粉虱产卵分泌物中的芳香酯对一些植食性昆虫有很强的拒食活性, 同时为植食性昆虫种间竞争关系提供了理论依据。

关键词 螺旋粉虱; 产卵分泌物; 香蕉网蝽; 拒食活性; 种间竞争

中图分类号 Q968.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2012)5-1221-04

Antifeedant activities of female *Aleurodicus disperses*-secreted waxes against *Stephanitis typica*. DING Qian¹, LIAO Yong-lin^{1,2}, WU Wei-jian^{1,*}, FU Yue-guan^{1,3} (¹Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ²Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; ³Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou 571737, Hainan, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, **31**(5): 1221–1224.

Abstract: The waxy spirals produced by female *Aleurodicus dispersus* during oviposition could be a chemical barrier against some herbivorous insects such as *Stephanitis typica*. In this paper, a laboratory leaf disc bioassay was conducted to study the antifeedant activities of aromatic esters, phenol, and hydrocarbon in the female *A. disperse*-secreted waxes against 5th-instar *S. typica* nymph. At concentration $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, the dibutyl phthalate in the secreted waxes had strong antifeedant activity, followed by 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-benzenepropanoic acid methyl ester, di-n-octyl phthalate, and hexadecane, while 4,4'-methylenebis[2,6-bis(1,1-dimethylethyl)] phenol had no antifeedant activity. The antifeedant activity of dibutyl phthalate increased with its increasing concentrations, and the median antifeedant concentration against the *S. typica* was $0.929 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. The results implied that the aromatic esters from the waxy spirals exhibited significant antifeedant activity. These findings provided a new evidence for the interspecific interactions in phytophagous insects.

Key words: *Aleurodicus dispersus*; oviposition secretion; *Stephanitis typica*; antifeedant activity; interspecific competition.

许多昆虫产卵时会以一些排泄物、体毛、鳞片或生殖腺分泌物覆盖其卵, 这些覆盖物通常是卵的天敌和病原菌的物理或化学屏障(Hilker & Meiners, 2002)。大菜粉蝶(*Pieris brassicae*)生殖腺分泌到卵

的生物碱 miramides, 因与抗真菌的生物碱 avenanthramides 结构相似而可能具抗真菌作用(Blaakmeer *et al.*, 1994)。地中海果实蝇(*Ceratitis capitata*)雌成虫产卵时会分泌一种水溶性多肽(ceratotoxin peptides)的抗菌物质, 使卵及幼虫免受微生物的侵染(Marchini *et al.*, 1997)。草蛉(*Ceraeochrysa smithi* Navás)产卵分泌物形成卵柄将卵悬挂于叶片, 卵柄

* 公益性行业(农业)科研专项(201103026-04、200803023-02)和科技部国际合作项目(2011DFB30040)资助。

* * 通讯作者 E-mail: weijwu@scau.edu.cn

收稿日期: 2011-10-30 接受日期: 2012-02-23

中的乙醛和脂肪酸可阻止蚂蚁的捕食 (Eisner *et al.*, 1996)。目前有关昆虫产卵分泌物对植食性昆虫拒食作用的研究还未见报道。

螺旋粉虱 (*Aleurodicus dispersus*) 属于半翅目 (Hemiptera) (梁爱萍, 2005), 粉虱科 (Aleyrodidae), 复孔粉虱属 (*Aleurodicus*) (Neuenschwander, 1994), 是一种重要的入侵性害虫, 该虫起源于中美洲和加勒比地区 (Russell, 1965), 2006 年在中国海南陵水发现该虫 (虞国跃等, 2007)。螺旋粉虱的寄主植物在海南达 47 科 120 种, 其中印度紫檀 (*Pterocarpus indicus*)、大叶榄仁 (*Terminalia catappa*)、番石榴 (*Psidium guajava*)、香蕉 (*Musa sapientum*) 等植物受害严重 (韩冬银等, 2008)。螺旋粉虱产卵时会分泌白色的蜡质物质, 危害严重时, 蜡分泌物可分布整个叶片。产卵蜡分泌物主要是一些饱和烃 (66.21%) 和芳香酯类 (26%), 其中含量最大的是邻苯二甲酸二丁酯 (21.19%) (廖永林等, 2010)。香蕉网蝽 (*Stephanitis tyrica*) 是香蕉的一种常见害虫, 成虫和若虫群栖于香蕉叶片背面, 通过刺吸式口器吸食汁液, 被害部位呈浓密的褐黑色小斑点, 叶片正面呈现花白色斑点, 影响光合作用, 导致叶片早衰枯萎 (林明光等, 2009)。香蕉网蝽常与螺旋粉虱在香蕉叶片上同时发生, 是同资源集团内 (intra-guild) 的植食者, 但香蕉网蝽不会在有螺旋粉虱蜡分泌物覆盖的叶片上取食。

本文拟研究螺旋粉虱产卵分泌物中对香蕉网蝽具拒食活性的化学成分, 以期在理论上为同资源集团内植食性昆虫的竞争关系提供证据, 在实践上为开发新的害虫拒食剂奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

香蕉网蝽若虫采自海南大学园艺学院试验基地, 所有虫源采集地生长期均未使用任何农药。采集后的虫在室内饲养备用。饲养温度为温度 (25 ± 2) °C, 相对湿度 (70 ± 5) %。

1.2 化合物标准品及其来源

根据廖永林等 (2010) 的报道, 本研究选择了螺旋粉虱产卵蜡分泌物中含量较高的 5 种化合物, 这 5 种化合物分别为: 邻苯二甲酸二丁酯 (dibutyl phthalate) (99%)、3,5-二(1,1-二甲基乙基)-4-羟基苯丙酸甲酯 (3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-benzenepropanoic acid methyl ester) (98%)、邻苯二

甲酸正辛酯 (di-n-octyl phthalate) ($\geq 98\%$)、4,4'-亚甲基双(2,6-二叔丁基苯酚) (4,4'-methylenebis[2,6-bis(1,1-dimethylethyl)] (99%)、正十六烷 (hexadecane), 这些化合物均购自德国 Sigma-Aldrich 公司。溶剂丙酮为市售分析纯。

1.3 化合物配制

所有化合物均以纯丙酮配制成质量浓度为 $100 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的原液, 然后再用纯丙酮试剂将各个化合物稀释成所需要的浓度进行测试。

1.4 产卵蜡分泌物对香蕉网蝽的拒食行为

在室内剪下边长为 4 cm 带完整蜡圈的香蕉叶片, 放置培养皿中保湿, 在每个皿中放入 6 头香蕉网蝽。取食 48 h 后, 记录蜡圈内外每平方厘米刺吸痕数, 试验设 5 个重复。

1.5 产卵蜡分泌物对香蕉网蝽的拒食作用测定

将供试标准品母液用丙酮溶液配制成 0.10000、0.15625、0.31250、0.62500、1.25000、2.5000、5.00000 和 10.00000 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 8 个浓度, 待用。选取洁净、未打药的香蕉叶片, 洗净晾干后, 将其剪成边长为 4 cm 的叶碟, 以叶碟中间叶脉为界, 用毛笔将供试药剂涂于叶片一侧, 另一侧涂丙酮作对照, 两面都涂, 每面涂药剂约 100 μL , 待自然晾干后, 置于垫有保湿滤纸的 9 cm 培养皿中并接入已饥饿 6 h 的香蕉网蝽 5 龄若虫 5 头, 每个处理设 10 个重复。参照朱麟 (朱麟等, 2002) 方法, 48 h 后记录叶片上的取食痕数, 计算拒食率 (凌冰等, 2009)。

1.6 数据处理

螺旋粉虱产卵蜡分泌物的主要化学成分对香蕉网蝽的拒食活性以拒食率评价。拒食率 = (对照组取食痕 - 处理组取食痕) / (对照组取食痕 + 处理组取食痕) $\times 100\%$ 。不同标准品对香蕉网蝽拒食率的差异采用 SPSS 10.0 软件中的广义线性模型 (General Linear Mode) 进行方差分析并以邓肯氏 (Duncan) 复极差法作多重比较。方差分析前数据经反正弦变换, 以拒食率的机率值为 y 值, 浓度对数为 x 值, 建立毒力回归方程, 计算拒食中浓度 AFC_{50} 及其 95% 的置信区间 (胡珊等, 2007)。

2 结果与分析

2.1 产卵蜡分泌物对香蕉网蝽的拒食作用

香蕉网蝽在蜡圈外的平均刺吸痕数 (5.13 ± 0.53) cm^2 显著大于蜡圈内的平均刺吸痕数 (0.38 ± 0.75) cm^2 (曼-惠特尼检验, $P < 0.05$), 说明产卵蜡

表 1 邻苯二甲酸二丁酯对香蕉网蝽的拒食活性
Table 1 Antifeeding activity of dibutyl phthalate against *Stephanitis typica*

浓度 (mg · mL ⁻¹)	拒食率 (%)	回归方程	相关系数 <i>R</i>	AFC ₅₀ (mg · mL ⁻¹)	95% 置信区间	
					LCL	UCL
0.10000	12.1±0.2					
0.15625	18.6±0.2					
0.31250	29.5±0.3					
0.62500	47.7±0.3					
1.25000	60.6±0.2					
2.50000	70.3±0.2	$y = 1.724 + 1.104x$	0.991	0.929	0.762	1.134
5.00000	77.7±0.2					
10.00000	84.6±0.2					

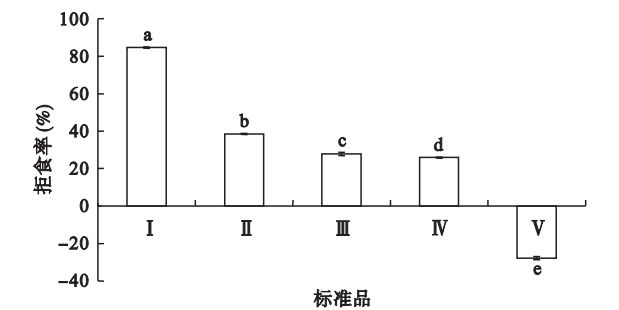


图 1 螺旋粉虱产卵蜡泌物化学成分标准品对香蕉网蝽的选择性拒食率

Fig. 1 Antifeeding rate of banana disks lined with chemical standards (treatment) or solvent (control) by *Stephanitis typica* in a choice test during the 48 h feeding period

数值为平均值±标准误;图柱上具相同字母表示差异不显著; I. 邻苯二甲酸二丁酯, II. 3,5-二(1,1-二甲基乙基)-4-羟基苯丙酸甲酯, III. 邻苯二甲酸正辛酯, IV. 正十六烷, V. 4,4'-亚甲基双(2,6-二叔丁基苯酚)。

泌物对香蕉网蝽具有拒食作用。

2.2 蜡泌物化学成分对香蕉网蝽若虫的拒食作用

5 种螺旋粉虱产卵蜡泌物化学成分标准品对香蕉网蝽 5 龄若虫选择性拒食活性测定结果见图 1。结果表明,在 10 mg · mL⁻¹ 质量浓度下,有 4 种供试标准品对香蕉网蝽若虫表现出一定的拒食活性,处理 48 h 后,邻苯二甲酸二丁酯对香蕉网蝽若虫的选择性拒食活性最好,拒食率达 84.6%;3,5-二(1,1-二甲基乙基)-4-羟基苯丙酸甲酯、邻苯二甲酸正辛酯和正十六烷对香蕉网蝽若虫的拒食活性相对较弱,拒食率分别为 38.5%、27.8% 和 25.9%;4,4'-亚甲基双(2,6-二叔丁基苯酚)则没有拒食活性,拒食率为-27.8%。

选择对香蕉网蝽若虫拒食活性最高的标准物邻苯二甲酸二丁酯进行浓度梯度实验。从表 1 可以看出,处理浓度对数和拒食率呈线性正相关,且相关系数高达 0.991。AFC₅₀ 为 0.929 mg · mL⁻¹,证明了邻苯二甲酸二丁酯具有较高的拒食活性。

3 讨 论

螺旋粉虱以其产卵时分泌规则或不规则的螺旋状蜡泌物而得名,本研究表明,螺旋粉虱产卵分泌物可阻止一些小型植食性节肢动物如香蕉网蝽进入蜡泌物圈定的范围内取食,但同种其他个体可进入产卵和取食(廖永林等,2010),其作用可能与同种动物的领域行为(territorial behavior)类似。产卵分泌物中主要的挥发性化合物为芳香酯类、烷类和酚类等(廖永林等,2010),而其中的芳香酯类如邻苯二甲酸二丁酯对香蕉网蝽 5 龄若虫有很高的拒食活性,是阻止香蕉网蝽进入其领地并取食的主要化合物。

同资源集团内(intra-guild)物种间的竞争一直是生态学研究热点,相互干涉性竞争(interference competition)多发生于同资源集团内大型肉食者之间,而资源利用性竞争(exploitation competition)主要是小型肉食者之间和植食者之间的竞争(Harrison & Karban 1986; Karban, 1989; Denno *et al.*, 1995)。当两种植食性昆虫同时取食同一植物时,种间竞争加剧(Kaplan & Denno, 2007)。竞争的结果将导致植食者通过取食寄主植物的不同部位,在不同季节发生进行资源分割(resource partitioning),虽营养生态位重叠,但空间生态位和时间生态位分离(Schoener, 1974; Connell, 1980; 吴伟坚, 2003)。本研究结果支持螺旋粉虱与其他植食者如香蕉网蝽因资源利用性竞争引致空间生态位分离的观点,但以产卵分泌物的方式实现与竞争者进行资源分割的现象则未见报道,这种产卵策略(oviposition strategy)的进化历程有待进一步研究。

植食性昆虫取食寄主植物的主要障碍有叶面化合物和植物次生物质(朱麟和古德祥, 2000),目前国内外有关昆虫拒食剂的研究工作大多是对植物提取物质拒食活性的研究(张钟宁等, 1993; 张翼翹,

2003; Diaz Napal *et al.*, 2009), 关于昆虫分泌物的研究主要是进行腺体分泌物的化学成分分析和其生物活性研究 (Corbet, 1971; Doumbia *et al.*, 1998; 慕莉莉和李国清, 2007), 而很少有关于昆虫分泌物拒食活性的研究。确定螺旋粉虱产卵分泌物中的拒食活性成分, 可为开发新的生物源农药提供依据。

参考文献

- 韩冬银, 刘奎, 陈伟, 等. 2008. 螺旋粉虱在海南的分布与寄主植物种类调查. 昆虫知识, **45**(5): 765–769.
- 胡珊, 程东美, 徐汉虹, 等. 2007. 昆虫拒食中浓度和抑食中浓度的统计基础分析. 广东农业科学, (4): 60–62.
- 梁爱萍. 2005. 关于停止使用“同翅目 Homoptera” 目名的建议. 昆虫知识, **42**(3): 332–337.
- 凌冰, 向亚林, 王国才, 等. 2009. 苦瓜叶提取物对美洲斑潜蝇取食和产卵行为的抑制作用. 应用生态学报, **20**(4): 836–842.
- 林明光, 刘福秀, 彭正强, 等. 2009. 海南省香蕉作物害虫调查与鉴定. 西南农业学报, **22**(6): 1619–1622.
- 廖永林, 林党恩, 吴伟坚, 等. 2010. 螺旋粉虱产卵行为及产卵分泌物的形态和化学成分. 昆虫学报, **53**(7): 786–793.
- 慕莉莉, 李国清. 2007. 捕食性昆虫的信息标记素研究进展. 植物保护学报, **34**(1): 96–102.
- 吴伟坚. 2003. 几种十字花科蔬菜害虫生态位的研究. 昆虫知识, **40**(1): 42–44.
- 虞国跃, 张国良, 彭正强, 等. 2007. 螺旋粉虱入侵我国海南. 昆虫知识, **44**(3): 428–431.
- 张翼翮. 2003. 昆虫拒食剂. 世界农药, **25**(2): 36–38.
- 张钟宁, 刘殉, 姜造祥. 1993. 蓼二醛对蚜虫的拒食活性. 昆虫学报, **36**(2): 172–176.
- 朱麟, 古德祥. 2000. 昆虫对植物次生性物质的适应策略. 生态学杂志, **19**(3): 36–45.
- 朱麟, 古德祥, 张古忍. 2002. 褐飞虱和白背飞虱在抗褐飞虱水稻品种上的行为反应. 植物保护学报, **29**(2): 145–152.
- Blaakmeer A, Stork A, van Veldhuizen A, *et al.* 1994. Isolation, identification and synthesis of miramides, new host-markers from eggs of *Pieris brassicae*. *Journal of Natural Products*, **57**: 90–99.
- Connel JH. 1980. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos*, **35**: 131–138.
- Corbet SA. 1971. Mandibular effects of larvae of the flour moth,

- Anagasta kuehniella*, contains its oviposition movements in a Hymenoptera parasite. *Nature*, **232**: 481–488.
- Denno RF, McClure MS, Ott JR. 1995. Interspecific interactions in phytophagous insects: Competition reexamined and resurrected. *Annual Review of Entomology*, **40**: 297–331.
- Doumbia M, Hemptinne JL, Dixon AFG. 1998. Assessment of patch quality by ladybirds: Role of larval tracks. *Oecologia*, **113**: 197–202.
- Diaz Napal GN, Carpinella MC, Palacios SM. 2009. Antifeedant activity of ethanolic extract from *Flourensia oolepis* and isolation of pinocembrin as its active principle compound. *Bioresource Technology*, **100**: 3669–3673.
- Eisner T, Attygalle AB, Conner WE, *et al.* 1996. Chemical egg defense in a green lacewing (*Ceraeochrysa smithi*). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **93**: 3280–3283.
- Harrison S, Karban R. 1986. Effects of an early-season folivorous moth on the success of a later-season species, mediated by a change in the quality of the shared host, *Lupinus arboreus*. *Oecologia*, **69**: 354–359.
- Hilker M, Meiners T. 2002. Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition. Berlin: Blackwell Publishing.
- Karban R. 1989. Community organization of *Erigeron glaucus* folivores: Effects of competition, predation, and host plant. *Ecology*, **70**: 1028–1039.
- Kaplan I, Denno RF. 2007. Interspecific interactions in phytophagous insects revisited: A quantitative assessment of competition theory. *Ecology Letters*, **10**: 977–994.
- Marchini D, Marri L, Rosetto M, *et al.* 1997. Presence of antibacterial peptides on the laid egg chorion of the medfly *Ceratitis capitata*. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **240**: 657–663.
- Neuenschwander P. 1994. The viruses and virus diseases of cassava in Africa. *African Crop Science Journal*, **2**: 419–421.
- Russell LM. 1965. A new species of *Aleurodicus* Douglas and two close relatives (Homoptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist*, **48**: 47–55.
- Schoener TW. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, **185**: 27–39.

作者简介 丁茜, 女, 1987年生, 硕士研究生, 主要从事昆虫生态学研究. E-mail: dingxi512@yahoo.com.cn

责任编辑 刘丽娟