

# 植物挥发物对小菜蛾行为的调节研究综述

王诗琪, 张 啦, 王占娣, 仲一卉

(玉溪师范学院化学生物与环境学院, 云南 玉溪 653100)

**摘要:** 小菜蛾是一种世界范围内主要危害十字花科植物害虫。长久以来小菜蛾的防治以化学防治为主, 导致农药残留大、环境污染和昆虫抗性增加等问题。通过挥发性气味调控昆虫行为, 是控制害虫危害是较生态、绿色的方法。综述了植物源挥发物质及信息素对小菜蛾行为调节方面的研究, 为小菜蛾绿色防治提供借鉴。

**关键词:** 小菜蛾; 植物源性; 挥发物; 信息素

**中图分类号:** S433 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)04-0082-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.04.020

## Research Progress in the Regulation of Plant Volatiles on the Behavior of *Plutella xylostella*(L.)

WANG Shiqi, ZHANG La, WANG Zhandi, ZHONG Yihui

(College of Chemistry Biology and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi, Yunnan 653100)

**Abstract:** *Plutella xylostella*(L.) is a kind of pest that is mainly harmful to cruciferous plants in the world. For a long time, chemical control has been the main control method of *P. xylostella*, which leads to the problems of large pesticide residues, environmental pollution and increased insect resistance. Controlling insect behavior by volatile odors is a more ecological and green method to control insect pests. In this paper, the study on the behavior regulation of plant-derived volatiles and pheromones was reviewed to provide reference for the study of green control of *P. xylostella*.

**Key words:** *Plutella xylostella*(L.); Plant-derived; Volatile; Pheromone

小菜蛾 [*Plutella xylostella* (L.)]又名小青虫、两头尖, 鳞翅目菜蛾科昆虫, 以幼虫取食植物叶肉、嫩茎、幼荚和籽粒, 可危害甘蓝、花椰菜、球茎甘蓝、白菜、萝卜和油菜等 40 余种蔬菜<sup>[1]</sup>, 为十字花科蔬菜毁灭性害虫。小菜蛾在全球十字花科蔬菜种植区均有发生危害, 是世界分布最为广泛的鳞翅目农业害虫, 每年因小菜蛾危害造成的经济损失高达 40 亿~50 亿美元<sup>[1]</sup>。在我国, 小

菜蛾遍布所有省份, 2014 年发生面积高达 213.33 万  $\text{hm}^2$ <sup>[2]</sup>, 其危害时间随气候条件而定, 在北方地区一般从 5 月中旬一直持续到 10 月下旬, 而在热带和亚热带地区周年发生。特别是在云南省, 由于其特殊的气候条件和蔬菜种植结构, 小菜蛾的发生常年处于高峰期, 且发生规律呈多样化<sup>[3]</sup>。

目前, 小菜蛾的防治以化学防治为主, 导致农药残留大、环境污染和昆虫抗性增加

收稿日期: 2019-12-10

基金项目: 2018年云南省大学生创新创业训练计划项目(重点项目)“小菜蛾绿色防控技术的推广”(2018A08); 2019年玉溪师范学院大学生创新创业训练计划项目“植物挥发物和信息素调节小菜蛾雌虫行为的研究”(2019B61)。

作者简介: 王诗琪(1998—), 女, 满族, 辽宁抚顺人, 本科在读, 研究方向为生物科学。

通信作者: 仲一卉(1974—), 女, 江苏江阴人, 讲师, 博士, 主要从事昆虫化学生态学、资源昆虫的开发与利用研究。Email: 821021262@qq.com。

等问题,降低了食品安全性,并对绿色蔬菜食品品牌的打造造成第2次危害。随着人们对食品安全的需求及国家对“绿色食品品牌”的倡导,急需一种防效高、安全、对环境友好的小菜蛾绿色防治技术和产品。植物产生并释放的挥发性气味物质和昆虫自身释放的信息素,在昆虫觅食、交配和产卵过程中发挥重要的作用<sup>[4]</sup>,近年来信息素和植物源性挥发物在小菜蛾绿色防治的研究和应用中备受关注。我们从植物源性挥发物和信息素的来源、种类和研究方法3个方面综述其在小菜蛾防治中的研究进展,以期对小菜蛾绿色防治技术研究提供借鉴。

## 1 植物源性挥发物对小菜蛾行为调节作用

### 1.1 调节小菜蛾行为的植物

在植物与植食性昆虫的协调进化过程中,植物与植食性昆虫间逐渐形成了独特的通讯系统,利用这个通讯系统,植食性昆虫可以选择取食和产卵场所,也可以躲避和远离对自身生长和发育不利的因素。研究发现,植物释放的挥发性或低挥发性化学物质在这个通讯系统中发挥主要的作用,引诱昆虫取食和产卵的挥发性物质主要来源于寄主植物,而使昆虫躲避和远离的挥发性物质主要来源于非寄主植物。小菜蛾的寄主植物主要是十字花科植物,也包含一些近缘的白花菜科和木樨草科植物<sup>[5]</sup>,约为9科16属23种<sup>[5]</sup>。这些植物中的甘蓝、花椰菜、球茎甘蓝、白菜、萝卜和油菜等对小菜蛾具产卵引诱作用<sup>[6]</sup>。而对小菜蛾具有趋避作用的非寄主植物主要有八角茴香、万寿菊<sup>[7]</sup>、辣

蓼<sup>[8]</sup>、黄杜鹃<sup>[9]</sup>、黄荆<sup>[10]</sup>等中草药,以及香泽兰<sup>[11]</sup>、飞机草<sup>[12]</sup>、坡柳<sup>[13]</sup>等外来入侵杂草和番茄<sup>[14-15]</sup>。

### 1.2 调节小菜蛾行为的植物源性物质

1.2.1 对小菜蛾具有引诱作用的植物源性物质 研究发现,来源于寄主植物、对小菜蛾具有引诱作用的气味主要有萜烯类<sup>[16]</sup>、绿叶气味<sup>[4]</sup>和含6个碳的醛、醇及其酯类化合物<sup>[17]</sup>。植物挥发物质根据其合成和释放时间的不同,可分为一般性气味组分和特异性气味组分。一般性气味组分大多是含6个碳原子的醇类、醛类或酯类化合物,也可能是萜类化合物或一些不饱和脂肪酸等。特异性气味组分大多是酚类化合物、部分萜类化合物,以及吡啶、腈类等杂环化合物<sup>[18]</sup>。田厚军等<sup>[4]</sup>的试验发现,来源于寄主植物的苯甲醛、桉树脑、反-2-己烯醛、顺-3-己烯醇、顺-3-己烯乙酸酯、正己醇和正己醛等7种化学成分对小菜蛾雌、雄成虫均具有一定的诱集作用。王香萍等<sup>[19]</sup>报道,乙酸顺-3-己烯酯、青叶醇和异硫氰酸丙烯酯3种植物挥发物对小菜蛾雄虫具有引诱效果。芥蓝中的异硫氰酸丙烯酯、硫代葡萄糖苷等非挥发性特征化合物也可刺激小菜蛾幼虫取食或成虫产卵(表1)。

1.2.2 对小菜蛾具有趋避效果的植物源性物质 非寄主植物释放的挥发性物质对小菜蛾的趋避作用主要表现为产卵趋避和取食抑制作用。这些物质主要为菊酯类、萜类等物质。如侯华民等<sup>[20]</sup>报道,来源于八角茴香的反式茴香脑对小菜蛾具有产卵趋避作用。

表1 调节小菜蛾行为的植物源性物质

植物种类	作用效果	成分
甘蓝	引诱雌蛾	乙酸顺-3-己烯酯 <sup>[22]</sup> 、青叶醇 <sup>[23]</sup> 、D-柠檬烯 <sup>[4]</sup>
白菜	引诱雄蛾	反-2-己烯醛 <sup>[23]</sup>
芥蓝	引诱雌蛾	异硫氰酸丙烯酯 <sup>[23]</sup>
黄杜鹃	产卵忌避和杀卵作用	闹羊花素-III(简称R-III) <sup>[9]</sup> 、黄杜鹃花乙酸乙酯(EtOAc)萃取物 <sup>[9]</sup>
八角茴香	产卵忌避作用	反式茴香脑 <sup>[20]</sup>
人参茎叶	抑制取食作用	总皂苷 <sup>[21]</sup>

奚广生等<sup>[21]</sup>发现来源于人参茎叶的总皂苷能抑制小菜蛾取食(表1)。

### 1.3 植物源性挥发物的提取

从植物中提取挥发物当前常采用的方法有蒸气蒸馏法、固相微萃取法、顶空采集法和气囊采集法<sup>[24]</sup>,此外还有萃取、蒸馏、吸附剂吸附、电子鼻<sup>[25]</sup>等方法。其中,水蒸气蒸馏法适用于不与水互溶的物质的提取,收集到的挥发性物质纯度高,但收率低<sup>[26]</sup>;固相微萃取法适用于分离萃取挥发性物质,具有不需要有机溶剂、样品使用量少、操作简单便捷、操作时间短等优点<sup>[27]</sup>;电子鼻法可用于气味的快速鉴别,其在食品质量和安全检测方面都有广泛的应用<sup>[28]</sup>。植物源性挥发物提取最常用的方法为蒸馏法,其对大分子量、高沸点的醇类、酸类提取效果较好,对酯类物质提取效果较差。

## 2 信息素对小菜蛾的行为调节

信息素主要来源于昆虫自身,是同种昆虫进行交配、聚集、警告等行为的交流载体。其释放的信息素种类有性信息素、报警信息素、示踪信息素、聚集信息素<sup>[29]</sup>等多种信号物质。关于小菜蛾信息素研究最多的为性信息素,其主要成分为乙酸顺-3-己烯酯、顺-11-十六碳烯醛和顺-11-十六碳烯乙酸酯<sup>[30-32]</sup>。目前,小菜蛾性信息素已经在农业上有所应用,但由于成本高、防效低等原因,其推广受到限制,需进一步研究。

## 3 调控小菜蛾行为的研究方法

小菜蛾行为的研究方法包括叶碟、诱捕法、风洞试验、触角电位(EAG)和触角电位-气相色谱联用仪(GC-EAD)法,主要研究小菜蛾幼虫的取食行为和成虫的产卵行为,一般采用叶碟法研究幼虫的诱食和拒食<sup>[33]</sup>,采用诱捕法、风洞试验、触角电位(EAG)和触角电位-气相色谱联用仪(GC-EAD)研究成虫的产卵和交配行为。叶碟法主要包括非选择性拒食作用和选择性拒食作用,是测定鳞翅目幼虫取食选择行为和取食选择行为可

塑性常用的方法。但是,采用叶碟法测定昆虫取食选择行为时往往受到诸多客观和主观因素的影响而使测定结果出现误差。叶碟法因装置内通风性能不好,不适用于测试昆虫的嗅觉反应,也不适用于刺吸式口器的昆虫<sup>[34]</sup>。诱捕法包括灯光诱捕法、色板诱捕和性诱剂诱捕法<sup>[35]</sup>等多种方法,这些方法均为物理方法。其中杀虫灯的使用可有效地降低农药使用量,大大降低投入成本;色板诱杀不仅可以有效控制种群发生数量,也可用于田间虫情监测,诱捕效果较好。风洞试验法是在一个有流动空气的矩形空间中观察活体虫子对气味物质行为反应的试验,是目前最常用的检测方法,被广泛用于测定昆虫受信息素或寄主气味诱导而产生的飞行行为及其飞行控制机理。相对于其他方法,风洞试验具有灵敏度高、试验条件可控、不受季节限制、可通过录制影像资料推测其定向机制等优点<sup>[36]</sup>。

## 4 前景与展望

20世纪以来,广谱杀虫剂的大量不规范使用使小菜蛾抗性增强,危害程度加重,给我国蔬菜产业构成严重威胁<sup>[37]</sup>。化学杀虫剂的使用也会给经济、社会和生态带来问题,因此开发可以取代化学杀虫剂的方法是十分重要的。植物源性挥发物质和信息素对于小菜蛾的行为具有明显的调节作用,且这些物质具有高效、低毒、专一性强、使用安全、对环境压力小等优点<sup>[38]</sup>,在“绿色食品牌”的打造中具有很好的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 黄剑,吴文君.小菜蛾抗药性研究进展[J].贵州大学学报(自然科学版),2003(1):97-104.
- [2] 常晓丽,袁永达,张天澍,等.小菜蛾生物学特性及防治研究进展[J].上海农业学报,2017,33(5):145-150.
- [3] 尹艳琼,湛爱东,李向永,等.云南小菜蛾的研究现状与展望[J].云南农业科技,2018(S1):17-20.

- [4] 田厚军, 林 硕, 陈 勇, 等. 氰戊菊酯抗性小菜蛾雌成虫对 15 种植物挥发物的行为反应[J]. 西北农业学报, 2018, 27(4): 595-601.
- [5] 黄 剑, 吴文君. 小菜蛾抗药性研究进展[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2003(1): 97-104.
- [6] 胡珍娣, 冯 夏, 李振宇, 等. 小菜蛾产卵行为与寄主植物次生物质关系研究进展[J]. 广东农业科学, 2010, 37(4): 114-118.
- [7] 崔德君, 赵善欢, 刘新清. 万寿菊粗提物对小菜蛾产卵忌避作用的研究[J]. 农药, 1998, 37(6): 31-35.
- [8] 李 强, 吴莉宇, 苍 涛. 辣蓼挥发油对小菜蛾的熏蒸及忌避活性测定[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(21): 5596; 5598.
- [9] 钟国华, 胡美英, 章玉苹, 等. 黄杜鹃提取物对小菜蛾的产卵忌避和杀卵作用[J]. 华南农业大学学报, 2000, 21(3): 40-43.
- [10] 袁 林, 薛 明, 刘雨晴, 等. 黄荆提取物对小菜蛾幼虫毒力及对成虫的产卵忌避作用[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 695-698.
- [11] 劳传忠, 曾 玲, 章玉苹, 等. 香泽兰提取物微胶囊剂对小菜蛾产卵驱避作用研究[J]. 植物保护, 2007, 33(2): 58-61.
- [12] 彭跃峰, 庞雄飞. 飞机草提取物对小菜蛾产卵驱避活性的研究[J]. 资源开发与市场, 2004, 20(5): 325-327.
- [13] 秦小萍, 赵红艳, 杨美林. 坡柳种子提取物对小菜蛾的拒食活性[J]. 昆虫知识, 2008, 45(4): 577-579.
- [14] 祝树德, 刘海涛, 陆自强. 番茄抽提物对小菜蛾的忌避、拒食及抑制产卵作用[J]. 华东昆虫学报, 2000(1): 33-37.
- [15] 谢俊昕, 柳熹男, 吴兰军, 等. 番茄茎、叶乙醇提取物对小菜蛾幼虫取食的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2017, 37(3): 169-172.
- [16] METCALF R L. Benefit/risk considerations in the use of pesticides[J]. Agriculture and human values(USA), 1987, 4(4): 15-25.
- [17] VISSER J H, STRATEN S, MAARSE H. Isolation and identification of volatiles in the foliage of potato, *Solanum tuberosum*, a host plant of the colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*[J]. Journal of Chemical Ecology, 1979, 5(1): 13-25.
- [18] 杨 真, 张宏瑞, 李正跃. 植物挥发物对蛾类昆虫行为影响的研究进展[J]. 南方农业学报, 2015, 46(3): 441-446.
- [19] 王香萍, 赵 露, 鲍 意. 合成植物挥发物对小菜蛾性诱剂诱捕效果影响的研究[J]. 湖南农业科学, 2008(5): 101-102; 103.
- [20] 侯华民, 张 兴. 植物精油对三种鳞翅目害虫的杀虫活性[J]. 植物保护学报, 2002, 29(3): 223-228.
- [21] 奚广生, 王二欢, 杨 鹤. 人参茎叶总皂苷对小菜蛾取食、解毒酶及乙酰胆碱酯酶的影响[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(8): 97-100.
- [22] 王香萍, 方宇凌, 张钟宁. 小菜蛾对合成植物挥发物的活性反应[J]. 昆虫学报, 2005(4): 503-508.
- [23] 魏 辉, 田厚军, 陈艺欣, 等. 小菜蛾成虫对性信息素与寄主挥发性物质的触角电位反应[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2013, 42(5): 471-476.
- [24] 丁嘉文, 陈易彤, 谢 晓, 等. 四种不同方法提取沙枣花挥发物的成分分析[J]. 植物科学学报, 2015, 33(1): 116-125.
- [25] 程 彬, 付晓霞, 谢 朋, 等. 植物挥发物的收集方法[J]. 吉林林业科技, 2009, 38(4): 32-35.
- [26] 于 敏, 周海峰, 夏俊维, 等. 一种高纯吡啶的制备方法[J]. 广东化工, 2019(6): 92-95.
- [27] 蒋雅君, 张 翀, 吕旭聪, 等. 固相微萃取条件优化及福建红曲醋特征挥发性风味物质分析[J]. 现代食品科技, 2019, 35(3): 154-160.
- [28] 田连起, 乐智勇, 曹 晖, 等. 基于电子鼻技术的中药蕲蛇饮片炮制矫味物质基础研究[J]. 中医学报, 2019(4): 785-789.
- [29] 汪诗凯, 张俊华, 周 萍, 等. 光、声和信息素在昆虫监测中的应用[J]. 植物检疫, 2018, 32(4): 10-17.

# 祁连山生态环境现状及其保护对策

俞力元

(西北师范大学外国语学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在综合剖析祁连山生态环境现状问题的基础上, 分析了造成祁连山生态环境恶化的原因, 提出了实施生态环境综合监测预警评估; 生态移民与精准扶贫有效结合; 建立健全生态环境补偿机制, 实现生态生计双赢的绿色发展; 发展生态经济, 构建绿色产业; 落实最严格的生态保护制度; 践行绿色发展理念等科学合理的生态保护对策。

**关键词:** 生态环境; 现状; 问题; 保护对策; 祁连山

**中图分类号:** X171 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)04-0086-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.04.021

祁连山地处内蒙古高原、青藏高原和黄土高原的交汇处, 位于疏勒河、黑河、石羊河三大内陆河流域的源头, 分布有丰富的雪山、冰川、森林、草地和湿地, 被誉为河西走廊的“生命线”、“母亲山”, 为我国西部重要的生态安全屏障<sup>[1]</sup>, 是内陆河流域核心

水源涵养区和生物多样性优先保护区域, 承载着水源涵养、冰川保护和野生动物保护、调节气候与供水等重要的生态功能; 同时, 祁连山也是我国重要的野生动物迁徙廊道<sup>[2]</sup>。然而, 近 30 年来, 由于人为破坏、投入不足、综合治理措施缺位以及全球气候变暖等

**收稿日期:** 2020-02-10

**作者简介:** 俞力元(2000—), 女, 甘肃平凉人, 在读本科, 主要从事英语语言文学学习和生态保护宣传传工作。联系电话: (0)18219854309。Email: 1156477248@qq.com。

- [30] PIVNICK K A, JARVIS B J, SLATER G P. Identification of olfactory cues used in host-plant finding by diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1994, 20(7): 1407-1427.
- [31] REDDY G V P, GUERRERO A. Behavioral response of the diamondback moth, *Plutella maculipennis*, to green leaf volatiles of *Brassica oleracea* subsp. *capitata* [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48(12): 6025-6029.
- [32] 王香萍, 方宇凌, 张钟宁. 小菜蛾性信息素研究及应用进展[J]. *植物保护*, 2003(5): 5-9.
- [33] 俞瑞鲜, 胡秀卿, 吴声敢. 几种植物精油对小菜蛾的趋避活性及其增效作用[J]. *浙江农业科学*, 2018, 59(5): 767-771.
- [34] 汤清波, 王琛柱. 一种测定鳞翅目幼虫取食选择的方法-叶碟法及其改进和注意事项[J]. *昆虫知识*, 2007, 44(6): 912-915.
- [35] 蔡岳宏, 何珊, 张志林, 等. 小菜蛾发生因素及绿色防控技术研究[J]. *湖北工程学院学报*, 2018, 38(6): 35-39.
- [36] 周弘春, 杜家纬. 风洞技术在昆虫化学通讯研究中的应用[J]. *昆虫知识*, 2001, 38(4): 267-272.
- [37] 赵怀玲, 尤民生. 小菜蛾抗药性及其治理对策的研究进展[J]. *华东昆虫学报*, 2001, 10(1): 82-88.
- [38] 徐汉虹, 赖多, 张志祥. 植物源农药印楝素的研究与应用[J]. *华南农业大学学报*, 2017, 38(4): 1-11.

(本文责编: 郑丹丹)