

东莨菪内酯对朱砂叶螨的驱避和产卵抑制活性^{*}

雍小菊 张永强 丁 伟^{**}

(西南大学植物保护学院 重庆 400716)

摘 要 本研究采用叶碟浸渍法测定了东莨菪内酯对朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Biosduvals) 雌成螨的触杀活性,采用选择性的半叶法测定了驱避活性,同时采用非选择性的全叶法测定了产卵抑制活性。结果表明,东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨具有较好的触杀活性,采用叶碟浸渍法处理 48 h 后的 LC_{50} 为 $0.297 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, LC_{30} 为 $0.105 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, LC_{10} 为 $0.023 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。采用 LC_{50} 、 LC_{30} 和 LC_{10} 3 个浓度的东莨菪内酯处理雌成螨后,发现东莨菪内酯对雌成螨没有表现出明显的驱避活性,处理区和对照区 24 h 和 48 h 的着螨率均为 50% 左右;采用 LC_{50} 和 LC_{10} 2 个浓度处理雌成螨后表现出了一定的产卵抑制活性,平均产卵抑制率分别为 23.02% 和 13.23%,而 LC_{30} 对雌成螨的产卵量表现出了促进作用,平均产卵抑制率为 -8.25%,这可能是由于毒物兴奋效应所致。本研究旨在为东莨菪内酯的进一步开发和应用奠定理论基础。

关键词 东莨菪内酯,朱砂叶螨,驱避,产卵抑制

Repellent and oviposition deterrent properties of scopoletin to *Tetranychus cinnabarinus*

YONG Xiao-Ju ZHANG Yong-Qiang DING Wei^{**}

(College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract The leaf disc bioassay method was used to study acaricidal activity of scopoletin, and choice and non-choice experiments to evaluate the repellent and oviposition inhibition properties of this compound against adult female *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduvals) (Acari: Tetranychidae). The results indicate that the median lethal concentration (LC_{50}) and sublethal concentrations (LC_{30} and LC_{10}) at 48 h were 0.297, 0.105 and 0.023 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, respectively. At LC_{50} , LC_{30} and LC_{10} , scopoletin had no obvious repellent activity against adult female *T. cinnabarinus*; the ratio of mites in the treatment and control was about 50%. However, at LC_{50} and LC_{10} , scopoletin had a deterrent effect on oviposition; average oviposition inhibition rates were 23.02% and 13.23%. Interestingly, at LC_{30} the rate of oviposition inhibition was -8.25%, suggesting stimulation of oviposition which may be caused by acaricide hormesis.

Key words scopoletin, *Tetranychus cinnabarinus*, repellent, oviposition deterrent

朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Biosduvals) 是一种重要的植食性害螨,危害全世界范围内的 100 多种经济作物、粮食作物以及观赏植物等。多年来对于螨类的控制主要是依靠化学农药,然而化学农药的频繁使用使得“3R”问题日益突出,因此迫切需要能够取代这些化学农药,并且安全、高效、对环境友好的螨类控制剂。植物源杀螨剂恰恰符合了这些特点,因此引起了国内外学者的广泛关注。

东莨菪内酯(scopoletin)是一种重要的植物次生代谢物质,属于香豆素类化合物,多种植物中都曾报道含有此物质,如黄花蒿(*Artemisia annua* L.) (杨岚等,2006)、丁公藤(*Erycibe obtusifolia* Benth.) (李梅和陆敏仪,1999;陈玉敏等,2005)、搭棚藤(*Prana discifera* Schneid) (喻蓉等,2003)、金钟藤(*Merremia boissiana* Gagnep.) (高广春等,2006)、诺丽青果(*Morinda citrifolia*) (汤建国等,2009)、瑞香狼毒(*Stellera chamaejasme* L.) (梁冉,

^{*} 资助项目:科技部农业科技成果转化基金(2010GB2F100388)、教育部博士点新教师基金(20100182120021)。

^{**}通讯作者, E-mail: dding818@yahoo.com.cn

收稿日期:2012-01-17,接受日期:2012-02-28

2005)、紫花地丁(*Viola yedoensis* Makino)(李定刚 2006)等。东莨菪内酯具有重要的药用价值,它能够调节血压,对多种细菌都有抑菌活性,同时,还具有镇痛和抗炎的活性,能够用于治疗支气管炎和气喘,有助于调节激素平衡,减少焦虑和忧郁。

东莨菪内酯已被证实对朱砂叶螨具有触杀和内吸活性(张永强 2008; 梁为等 2010),而针对朱砂叶螨的驱避和产卵抑制活性还没有相关的报道。本研究进一步验证了东莨菪内酯对朱砂叶螨的触杀活性,在此基础上,采用不同的浓度评价了东莨菪内酯对朱砂叶螨的驱避和产卵抑制活性,从而为其进一步开发应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试样品

东莨菪内酯 Scopoletin, 含量 $\geq 99\%$, 购买自上海顺勃生物工程有限公司。实验时加 5% 的丙酮和 1% 的吐温 80 使其溶解,加水定容后供试。

1.2 供试叶螨

朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Biosduvals) 最初采自重庆市北碚区田间的豇豆苗上,在人工气候室内(26 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、(60~80)% RH、光照 L:D = 14:10 条件下用盆栽豇豆苗饲养多年所获得的品系。

1.3 试验方法

1.3.1 毒力测定 采用叶碟浸渍法(陈丽丽等, 2005; 黄素青等, 2005) 并加以改进: 选取直径为 7.0 cm, 高为 0.9 cm 带有紧盖的塑料培养皿,在培养皿内铺一层薄薄的脱脂棉,加水直至饱和而不滴水,在棉花上放一张滤纸。将新鲜的豇豆苗叶剪成直径约 5 cm 的叶碟放入培养皿内,叶背朝上放置,叶片紧贴滤纸。往培养皿内加浅水形成孤岛状,以防叶螨外逃和叶片干枯。每张叶片接 30 头左右 3~5 日龄的雌成螨,置于养虫室中 30~60 min 后,在双目解剖镜下剔除死亡或不活泼的个体,记载实际的螨头数,作为供试基数。将供试药剂配成 5 个浓度梯度(1、0.5、0.25、0.125、0.0625 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$),并采用相同溶剂配比的水溶液作为对照。将粘有雌成螨的叶片浸入事先配置好的药剂中,轻轻摇动 5 s 后取出,用吸水纸迅速吸干螨体

及其周围多余的药液,叶片平放在培养皿中。在同饲养条件下分别放置 24、48、72 h 后,记录螨的死亡数,每个浓度重复 3 次,处理约 90 头螨。

校正死亡率(%) = $[(\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}) / (1 - \text{对照组死亡率})] \times 100$ 。

1.3.2 驱避活性 采用半叶法(岑伊静等, 2004): 选取新鲜的豇豆苗叶,放入铺有滤纸与脱脂棉的塑料培养皿内,以叶片中脉为界,一半叶的表面用棉签小心涂上处理药剂,另一半叶涂上相同溶剂配比的水溶液作为对照。待药液干后,每张叶片接 20 头左右 3~5 日龄的雌成螨,每个处理重复 10 次,处理约 200 头螨。每隔 24 h 在双目解剖镜下观察一次处理区及对照区的着螨量,连续观察 7 d。实验完毕,计算各螨态的驱避率。

驱避率(%) = $[(\text{对照区螨数} - \text{处理区螨数}) / \text{对照区螨数}] \times 100$ 。

1.3.3 产卵抑制活性 采用全叶法(徐迪等, 2008): 分别选取新鲜的豇豆苗叶,放入铺有滤纸与脱脂棉的塑料培养皿内。用棉签在叶背面分别涂上不同浓度的处理药剂,另设相同溶剂配比的水溶液作为对照。待药液干后,每张叶片接 20 头雌成螨,每个处理重复 5 次。每隔 24 h 在双目解剖镜下观察一次各处理的产卵量,连续观察 6 d。实验完毕,计算产卵抑制率。

产卵抑制率(%) = $[(\text{对照组产卵量} - \text{处理组产卵量}) / \text{对照组产卵量}] \times 100$ 。

1.3.4 统计分析 采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件对数据进行处理,采用 Duncan 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的触杀毒力

从表 1 可以看出,东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨具有很好的触杀活性。东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨处理 48 h 后的毒力回归方程为 $y = -2.8572 + 1.1551x$, $r = 0.9523$ 。计算 LC_{50} 为 0.2975 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, 95% 的置信区间为 0.1550 ~ 0.6730 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。同时计算得到的不同处理时间的 LC_{50} 、 LC_{30} 和 LC_{10} 的结果如表 2 所示。其中处理后 48 h 的 LC_{50} 、 LC_{30} 和 LC_{10} 分别为 0.297、0.105 和 0.023 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, 并采用这 3 个浓度测定了东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的驱避和产卵抑制活性。

表 1 东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的触杀毒力

Table 1 The toxicity of scopoletin against *Tetranychus cinnabarinus* female adults

处理时间(h) Treatment time	回归直线斜率 ± SE Slope ± SE	致死中浓度 LC ₅₀ (95% 置信限) Median lethal concentration (95% CI) (mg•mL ⁻¹)	χ^2	df	P
24	1. 2579 ± 0. 1641	0. 6284(0. 4808—0. 9110)	2. 080	3	0. 556
48	1. 1551 ± 0. 1568	0. 2974(0. 1550—0. 6730)	5. 912	3	0. 116
72	1. 1838 ± 0. 1584	0. 1893(0. 0695—0. 3717)	6. 962	3	0. 073

表 2 东莨菪内酯对朱砂叶螨的各致死浓度

Table 2 The lethal concentrations of scopoletin against *Tetranychus cinnabarinus* female adults

处理时间(h) Treatment time	LC ₅₀ (mg•mL ⁻¹)	LC ₃₀ (mg•mL ⁻¹)	LC ₁₀ (mg•mL ⁻¹)
24	0. 628 (0. 481—0. 911)	0. 241 (0. 184—0. 306)	0. 062 (0. 033—0. 089)
48	0. 297 (0. 155—0. 673)	0. 105 (0. 020—0. 191)	0. 023 (0. 001—0. 064)
72	0. 189 (0. 069—0. 371)	0. 068 (0. 006—0. 137)	0. 016 (0. 001—0. 051)

2.2 东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的驱避活性

采用 LC₅₀、LC₃₀和 LC₁₀ 3 个浓度的东莨菪内酯处理朱砂叶螨雌成螨后,得到对其的驱避活性,结果如图 1。从图 1 可以看出,分别处理 24 和 48 h 后,浓度为 LC₅₀、LC₃₀和 LC₁₀的东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨没有表现出显著的驱避活性。LC₅₀、LC₃₀和 LC₁₀ 3 个浓度的东莨菪内酯分别处理 24 和 48 h 后,对照区和处理区的着螨率都在 50% 左右,

均没有显著性差异 (LC₅₀: $F_{1,4} = 2.976, P = 0.160$ (24 h), $F_{1,4} = 0.423, P = 0.551$ (48 h); LC₃₀: $F_{1,4} = 7.411, P = 0.053$ (24 h), $F_{1,4} = 3.965, P = 0.117$ (48 h); LC₁₀: $F_{1,4} = 0.458, P = 0.536$ (24 h), $F_{1,4} = 0.238, P = 0.651$ (48 h))。此结果说明浓度与驱避率之间没有相关关系,处理时间和驱避率之间也没有相关关系。表明东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨无驱避活性。

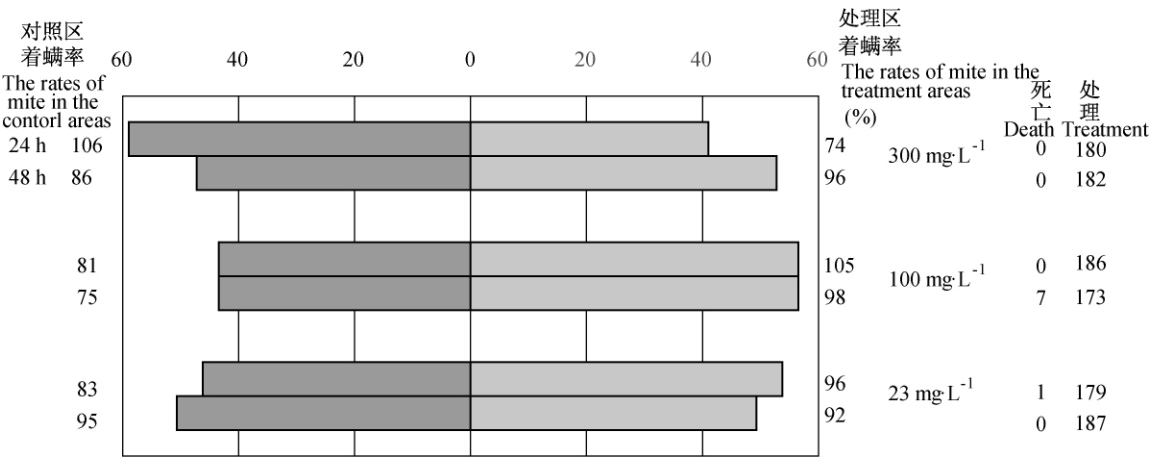


图 1 东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的驱避活性

Fig. 1 The repellent activity of scopoletin against *Tetranychus cinnabarinus* female adults

2.3 东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性

采用 LC_{50} 、 LC_{30} 和 LC_{10} 3 个浓度的东莨菪内酯测定得到对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性, 结果如图 2 所示。从图 2 可以看出, LC_{50} 、 LC_{30} 和 LC_{10} 3 个浓度的产卵抑制率随处理时间的不同出现了较大幅度的波动。 LC_{50} 和 LC_{10} 处理后 6 d 内的平均产卵抑制率为 23.02% 和 13.23%, 而 LC_{30} 为 -8.25%, 说明 LC_{50} 和 LC_{10} 2 个浓度处理后出现了一定的产卵抑制活性, 但是活性较低, 而 LC_{30} 处理后出现了促进雌成螨产卵的现象, 其中 LC_{50}

和 LC_{30} 2 个处理之间存在显著性差异 ($F_{1,10} = 6.778$, $P = 0.026$)。分析各处理时间不同浓度的产卵抑制率时还发现, 72 h 时 LC_{50} 与 LC_{30} 之间和 LC_{10} 与 LC_{30} 之间存在显著性差异 ($F_{1,18} = 15.691$, $P = 0.001$; $F_{1,18} = 4.755$, $P = 0.043$), 120 h 时 LC_{50} 与 LC_{30} 之间和 LC_{10} 与 LC_{30} 之间也存在显著性差异 ($F_{1,18} = 15.803$, $P = 0.001$; $F_{1,18} = 14.447$, $P = 0.001$)。其余相同处理时间各浓度之间均无明显差异。说明东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨不具有明显的产卵抑制活性。

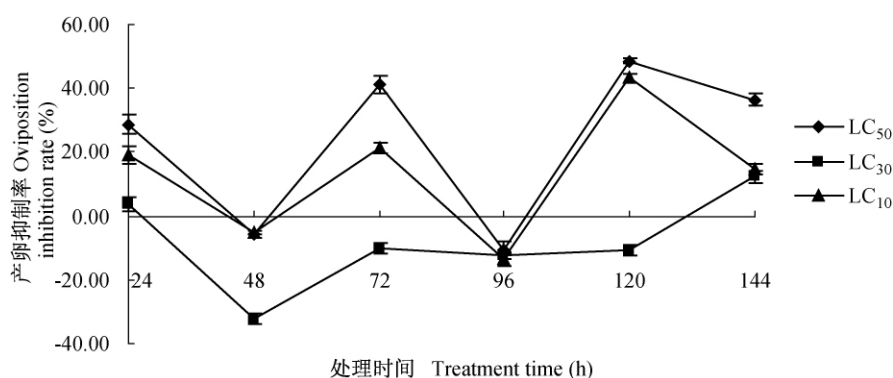


图 2 东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的产卵抑制活性

Fig. 2 The oviposition inhibition activity of scopoletin against *Tetranychus cinnabarinus* female adults

3 讨论

从已报道的研究中可知, 东莨菪内酯对朱砂叶螨具有良好的触杀作用, 而得到的结果却不尽相同。如张永强等 (2011) 采用玻片浸渍法测得东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨处理 48 h 后的 LC_{50} 值为 $0.4829 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。梁为等 (2010) 采用玻片浸渍法测得处理 24 h 后的 LC_{50} 值为 $1.267 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。张永强 (2008) 采用玻片毛细管法测得处理后 48 h 的 LC_{50} 值为 $0.095 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。而本实验采用叶碟浸渍法测得处理后 24 和 48 h 的 LC_{50} 值分别为 0.628 和 $0.297 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。由于农药的生物测定受到多种因素的影响, 如螨类的生理状况、环境温度、药剂的活性、药剂的溶解性等等。从这些数据的比较中我们推断, 结果的差异主要是由朱砂叶螨地理种群的不同, 生物活性测定的时间不同, 以及所采用的方法不同等因素造成的。张永强 (2008) 比较了玻片浸渍法、玻片毛细管法和

叶碟浸渍法 3 种方法的差异, 结果证实玻片浸渍法和玻片毛细管法之间无显著差异, 而 2 种方法测定的结果均优于叶碟浸渍法。但玻片浸渍法与田间防效相关性差, 近年来国外在害螨抗药性研究中已很少应用 (薛银根等, 1994; 赵建周和剧正理, 1994; 赵卫东等, 2004), 玻片毛细管法不易操作, 而叶碟浸渍法更接近于田间实际情况, 获得的数据更具有指导意义, 因此本文采用了叶碟浸渍法。

本实验的结果表明东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨具有良好的触杀活性, 而没有表现出明显的驱避活性, 处理区和对照区着螨率均为 50% 左右; 仅 LC_{50} 和 LC_{10} 处理后表现出了一定的产卵抑制活性, 平均产卵抑制率分别为 23.02% 和 13.23%, 而 LC_{30} 对雌成螨的产卵量表现出了刺激作用, 平均产卵抑制率为 -8.25%, 说明 LC_{30} 有助于提高雌成螨的产卵量。王允场 (2009) 研究哒螨灵对巴氏钝绥螨 *Amblyseius barkeri* 的亚致死效应时, 发现 LC_{40}

和 LC_{20} 处理雌成螨后,日平均产卵量与对照相比差异不显著,而 LC_{30} 处理后,日平均产卵量与对照相比差异显著,增加了 23.93%。吴咚咚(2009)在研究吡虫啉对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的亚致死效应时,也发现吡虫啉 LC_{20} 剂量处理后烟粉虱成虫平均单雌产卵量高达 332.23 粒,显著高于未处理的平均单雌产卵量(182.86 粒),而 LC_{40} 处理后差异不显著。说明采用低浓度的药剂对昆虫或者螨类进行处理,容易产生刺激雌性个体产卵的作用。

在筛选植物源杀螨活性物质时,如果仅以毒杀作用作为评价的指标,那么会将很大一部分具有发展潜力的植物材料舍弃掉,而随着“生物多样性和可持续发展观”的提出,驱避作用在害虫综合管理中的作用日趋突出。现在对杀螨剂作用的研究已不是原来的“毒杀→拒食→驱避”,而是以驱避作用为主的“驱避→拒食→毒杀”的植物免害工程,并且以驱避作用为基础的植物保护剂能够为克服化学杀螨剂带来的“3R”问题提供新的解决途径(杨会芝等 2007)。

植物是生物活性化学物质的天然宝库,其产生的次生代谢产物超过 40 万种,据曾报道约有 2 400 种植物具有控制有害生物的活性,而在化学性质上做过调查研究的植物仅占全世界现有植物总数的 10%。在植物次生代谢物质众多的生物活性中,驱避和产卵抑制 2 种活性也越来越受到人们的关注,如 George 等(2009)测定了 7 种对害虫具有毒性的植物精油对鸡皮刺螨 *Dermanyssus gallinae* 的驱避活性,结果发现 7 种精油在处理后的前 2 d 对鸡皮刺螨均有驱避活性,其中百里香精油的效果最好,驱避活性一直持续到实验结束(13 d)。岑伊静等(2004)发现薇甘菊(*Mikania micrantha* H. B. K.) 不同溶剂的提取物处理桔全爪螨后 1 d 都有显著的产卵驱避效果,其中极性最强的甲醇提取物效果最好,柱层析分离得到的 6 个组分中有 3 个对桔全爪螨 *Panonychus citri* McGregor 有显著的产卵驱避作用。Kumral 等(2010)也报道了曼陀罗 *Datura stramonium* L. 叶和种子的乙醇提取物对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 成螨的驱避和产卵抑制活性。

东莨菪内酯不仅具有杀螨活性,同时还具有多种生物活性,如杀虫活性(Tripathi *et al.* 2011),抑菌活性和生长调节作用(Peterson *et al.* 2003),

还能诱导植物的抗性(Leszczynski *et al.* 1995)。本研究发现东莨菪内酯对朱砂叶螨仅有较好的触杀活性,而没有显著的驱避和产卵抑制活性,因此,作者认为东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨主要产生的是致死作用,而不是驱避和抑制产卵。在今后的工作中,我们应该对东莨菪内酯的毒杀作用进行更加深入的研究,例如研究东莨菪内酯对朱砂叶螨卵、幼螨和若螨的触杀作用,以及东莨菪内酯对其它农林业重要害虫的触杀活性等,同时还可以对其它的作用方式,如拒食、熏蒸、内吸、抑制生长和抑制繁殖等活性进行研究。

参考文献(References)

- George DR, Sparagano OAE, Port G, Okello E, Shiel RS, Guy JH, 2009. Repellence of plant essential oils to *Dermanyssus gallinae* and toxicity to the non-target invertebrate *Tenebrio molitor*. *Vet. Parasitol.*, 162: 129—134.
- Kumral NA, Çobanoğlu S, Yalcin C, 2010. Acaricidal, repellent and oviposition deterrent activities of *Datura stramonium* L. against adult *Tetranychus urticae* (Koch). *J. Pest Sci.*, 83(2): 173—180.
- Leszczynski B, Tjallingii WE, Dixon AFG, Swiderski R, 1995. Effect of methoxyphenols on grain aphid feeding behaviour. *Entomol. Exp. Appl.*, 76: 157—162.
- Peterson JK, Harrison HF, Jackson DM, 2003. Biological activities and contents of scopolin and scopoletin in sweetpotato clones. *Hort. Sci.*, 38(6): 1129—1133.
- Tripathi AK, Bhakuni RS, Upadhyay S, Gaur R, 2011. Insect feeding deterrent and growth inhibitory activities of scopoletin isolated from *Artemisia annua* against *Spilarctia obliqua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insect Sci.*, 18(2): 189—194.
- 岑伊静, 庞雄飞, 凌冰, 孔垂华, 2004. 薇甘菊提取物对桔全爪螨的产卵驱避作用及有效组分分析. *生态学报*, 24(11): 2542—2547.
- 陈丽丽, 肖湘黔, 曾东强, 2005. 害螨的生物测定方法. *江西植保*, 28(2): 70—72.
- 陈玉敏, 曹红, 周苏萍, 2005. 高效液相色谱法测定丁公藤中东莨菪内酯的含量. *中成药*, 27(12): 1461—1462.
- 高广春, 吴萍, 曹洪麟, 林立东, 魏孝义, 2006. 金钟藤中酚类化合物的研究. *热带亚热带植物学报*, 14(3): 233—237.
- 黄素青, 徐汉虹, 曾东强, 李新芳, 2005. 农田害螨的几种生物测定方法. *植物保护*, 30(1): 79—81.

- 李定刚, 2006. 紫花地丁对奶牛乳房炎病原菌的抑菌活性成分研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 李梅, 陆敏仪, 1999. HPLC 法测定丁公藤中总东莨菪内酯含量. 中国中药杂志, 24(1): 41—43.
- 梁冉, 2005. 瑞香狼毒中香豆素类化学成分研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 梁为, 成军, 师光禄, 王有年, 白雪娜, 2010. 东莨菪内酯的杀螨活性及其作用机理. 园艺学报, 37(增刊): 2200.
- 汤建国, 任福才, 刘吉开, 2009. 诺丽青果化学成分研究. 天然产物研究与开发, 21(5): 779—781.
- 王允场, 2009. 几种杀虫(螨)剂对巴氏钝绥螨的毒力及亚致死效应研究. 博士学位论文. 重庆: 西南大学.
- 吴咚咚, 2009. 吡虫啉对烟粉虱实验种群的亚致死影响. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学.
- 徐迪, 钟耀垣, 曾玲, 岑伊静, Beattie GAC, 2008. 紫背金盘 *Ajuga nipponensis* 次生物质对桔全爪螨 *Panonychus citri* 的驱避作用. 生态学报, 28(8): 3839—3847.
- 薛银根, 范志金, 陈年春, 1994. 螨类抗药性的室内测定法简介. 农药科学与管理, 2: 25—26.
- 杨会芝, 李庆, 雷慧德, 胡军华, 王春华, 2007. 植物源杀螨剂研究与应用前景. 农药, 46(2): 81—85.
- 杨岚, 王满元, 张东, 屠呦呦, 2006. 青蒿药材中东莨菪内酯的含量测定. 中国实验方剂学杂志, 12(10): 10—11.
- 喻蓉, 许庆, 李伯刚, 张国林, 2003. 搭棚藤的化学成分研究. 天然产物研究与开发, 15(5): 405—407.
- 张永强, 2008. 黄花蒿杀螨物质活性追踪及杀螨作用机理研究. 博士学位论文. 重庆: 西南大学.
- 张永强, 丁伟, 王丁祯, 2011. 朱砂叶螨对天然杀螨活性物质东莨菪内酯的抗性评价. 农药, 50(3): 226—228.
- 赵建周, 剧正理, 1994. 杀螨剂生物测定的三种新方法. 植物保护, 20(4): 44—45.
- 赵卫东, 王开运, 姜兴印, 仪美芹, 2004. 微量浸渍生测法—药剂对螨类毒力测定的新方法. 世界农药, 26(1): 29—32.