

# 几种植物精油对桔小实蝇的产卵忌避作用

王玉赞, 凌冰, 陆永跃, 曾玲, 许益镛

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广东广州510642)

**摘要:**比较了6种植物精油对桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 的产卵忌避效果. 结果表明:辣椒油、樟脑油、冬青油和香茅油的产卵忌避效果明显, 其中香茅油的产卵忌避作用最强, 而肉桂油和香紫苏油的效果较弱. 不同质量浓度的植物精油处理间的产卵忌避效果存在显著差异. 香茅油和冬青油的产卵忌避作用随质量浓度的升高而增强, 当质量浓度为7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  时, 忌避率最高; 辣椒油和樟脑油则是5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的质量浓度产卵忌避效果最好. 4种植物精油产卵忌避作用的持效期存在差异, 与对照相比, 辣椒油持效期最长, 可维持6 d; 香茅油持效期最短, 仅1 d; 冬青油和樟脑油可维持4 d. 大空间下的试验表明, 辣椒油、樟脑油和冬青油处理过的杨桃上的着卵量均显著低于对照, 但3种精油之间无显著差异.

**关键词:**桔小实蝇; 植物精油; 产卵忌避; 持效期

中图分类号: S436.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)02-0022-06

## Oviposition Deterrent Effects of Several Plant Essential Oils on *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)

WANG Yu-zan, LING Bing, LU Yong-yue, ZENG Ling, XU Yi-juan

(Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** The oviposition deterrent effects of six kinds of plant essential oils on *Bactrocera dorsalis* were evaluated. The results showed that oviposition deterrent rates of *Mangi feraindica* and *Psidium guajava* which dipped in the oil of *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum camphora*, *Ilex yuiana*, *Capsicum annuum* were all above 50% and their puncture numbers were significantly lower than the control and the other oils included *Salvia sclarea* and *Cinnamomum cassia*. The oviposition deterrents were more efficiency for *C. nardus* and *I. yuiana* as the concentration increased. It was confirmed that 7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  was the best concentration used as oviposition deterrents, while the best concentration for *C. annuum* and *C. camphora* oils were 5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . The persistent period of *C. annuum* oil lasting 6 days was the longest, while the persistent period of *C. camphora* and *I. yuiana* oils lasted 4 days and only 1 day for *C. nardus* oil. The number of eggs that oriental fruit fly laid on *Averrhoa carambola* dipped in the oils of *C. annuum*, *C. camphora* and *I. yuiana* were significantly lower than the control in the large space.

**Key words:** *Bactrocera dorsalis*; plant essential oil; oviposition deterrent; persistent period

植物可利用次生代谢物质来抵御其他生物的为害, 这是植物与植食性动物长期协同进化的结果<sup>[1-2]</sup>. 植物精油是存在于植物不同组织中的一类重要的次生代谢物质, 是多成分组成的混合物. 与一般化学农药相比, 植物精油对人畜安全、对多数天敌没

有毒性, 且在环境中可以被完全降解、不会产生残留, 是环境友好型农药的来源之一. 大量研究表明, 植物精油除对昆虫具有驱避、引诱、拒食、熏蒸、触杀和抑制害虫生长发育的作用外<sup>[3]</sup>, 还具有杀菌活性<sup>[4-5]</sup>.

收稿日期: 2009-02-17

作者简介: 王玉赞(1982—), 女, 硕士; 通信作者: 曾玲(1949—), 女, 教授, E-mail: Zengling@scau.edu.cn

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903047); 国家科技支撑计划项目(2006BAD08A14)

桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 又名东方果实蝇,属双翅目实蝇科果实蝇属。桔小实蝇寄主范围广泛,可为害 46 科 250 多种水果、蔬菜,是一种重要的害虫。其成虫产卵于果实皮下,孵化后的幼虫蛀食果肉,造成烂果、落果。目前对桔小实蝇的防治还是以化学农药为主,辅以引诱剂和水果套袋等技术,侧重化学防治使得该虫抗药性水平不断上升<sup>[6-7]</sup>,因此寻找更为有效、不同于化学杀虫剂作用机制的新型植物保护剂来防治桔小实蝇已迫在眉睫。庞雄飞<sup>[8]</sup>指出,把非寄主植物的次生化合物喷洒在寄主植物上,可以阻止原来的害虫趋近、产卵和取食,起着保护寄主植物免受为害的作用。到目前为止已在许多植物中提取得到能抑制昆虫产卵的化学组分<sup>[9]</sup>。有关植物次生化合物对桔小实蝇的作用,多集中在引诱物质的研究上<sup>[10-20]</sup>,对驱避物质的报道也有一些<sup>[21-24]</sup>。本文选用 6 种植物精油,在室内测定其对桔小实蝇的产卵忌避作用,并应用到大空间条件下,以期找到能显著忌避桔小实蝇产卵的精油,这对于减少化学农药的使用,保护生态环境以及蔬菜和水果的安全生产具有重要意义。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试虫源:于广州市杨桃公园采集受害水果带回室内,待果中的桔小实蝇幼虫老熟后将其挑出,放入含水量适宜的沙土中化蛹,待其羽化后放入笼中并加入人工饲料( $m_{\text{酵母粉}}:m_{\text{蔗糖}}=1:3$ )供补充营养。将香蕉放入养虫笼中供成虫产卵,继续饲养。选已交配并处于产卵高峰期的 20~25 日龄健康成虫供试。

供试水果:芒果 *Mangifera indica*、番石榴 *Psidium guajava*、杨桃 *Averrhoa carambola* 和三华李 *Prunus salicina*,购买于水果市场。

供试植物精油:香紫苏 *Salvia sclarea* 油、香茅 *Cymbopogon nardus* 油、肉桂 *Cinnamomum cassia* 油、樟脑 *Cinnamomum camphora* 油、冬青 *Ilex yuiana* 油和辣椒 *Capsicum annuum* 油,均购于广州大漠化工有限公司。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 不同植物精油对桔小实蝇的产卵忌避作用

取上述 6 种精油,用丙酮稀释至 4 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。取成熟、表面光滑、无刻痕的芒果和番石榴,投入精油溶液中浸泡 5 s 后取出,晾干供试,对照为丙酮处理。

非选择性试验:挑选附肢齐全、行为活泼的桔小实蝇雌、雄虫各 10 头,置于 30 cm  $\times$  30 cm  $\times$  30 cm 养虫笼中,并放入蜜糖水补充营养。每个笼中悬挂 1 个

经处理的芒果或番石榴,设 3 个重复。

选择性试验:在 50 cm  $\times$  40 cm  $\times$  50 cm 养虫笼中对角线位置悬挂精油溶液处理和丙酮处理的芒果各 1 个,放入桔小实蝇雌、雄虫各 20 头,蜜糖水补充营养,设 3 个重复。24 h 后取出果实,调查着卵量。试验在温度(25  $\pm$  2)  $^{\circ}\text{C}$ 、光周期 14 h 光:10 h 暗、相对湿度 75%~90% 的室内进行。

1.2.2 不同质量浓度的植物精油对桔小实蝇产卵的忌避作用 将 1.2.1 中筛选出的忌避效果较好的 4 种精油香茅油、冬青油、辣椒油和樟脑油,用丙酮稀释至 1 000、3 000、5 000 和 7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  4 个不同质量浓度。将芒果在不同质量浓度的精油溶液中浸泡 5 s 后取出,晾干供试。试验分为选择性试验和非选择性试验,操作同 1.2.1。24 h 后调查芒果着卵量。

1.2.3 植物精油对桔小实蝇产卵忌避的持效期研究 将三华李浸泡在丙酮或用丙酮稀释好的 7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  香茅油、7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  冬青油、5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  辣椒油、5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  樟脑油溶液中,5 s 后取出,晾干放置在敞开的保鲜盒中。分别在浸药后第 0、1、2、3、4、5、6 d 取精油溶液和丙酮处理的三华李各 1 个进行选择性试验。试验条件同 1.2.1。24 h 后调查其产卵孔数。

1.2.4 大空间下植物精油对桔小实蝇的产卵忌避作用 在 3 个 3 m  $\times$  4 m  $\times$  4 m 的空房间内各拉 3 根绳子,绳子之间间隔 0.8 m,每根绳子上随机悬挂经 7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  冬青油、5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  辣椒油、5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  樟脑油溶液和丙酮浸泡 5 s 处理并晾干的杨桃各 1 个,每个杨桃之间间隔 0.5 m。每个房间放入 100 对桔小实蝇成虫。3 d 后将杨桃摘下,放在做好标记的保鲜盒中,待卵孵化长成老熟幼虫后调查幼虫数。参照林进添等<sup>[25]</sup>的研究结果,杨桃上卵及 3 个龄期幼虫的存活率分别为 71.0%、62.1%、74.1% 和 80.2%,校正后得到:卵的初始值(粒) = 老熟幼虫头数 / (0.710  $\times$  0.621  $\times$  0.741  $\times$  0.802)。

### 1.3 产卵忌避效果的评价方法及数据分析

采用产卵忌避率(Oviposition deterrent rates, ODR)评价植物精油对昆虫产卵的忌避作用。计算公式为:非选择性产卵忌避率( $\text{ODR}_n$ ) =  $[(C - T) / C] \times 100\%$ ,选择性产卵忌避率( $\text{ODR}_s$ ) =  $[(C - T) / (C + T)] \times 100\%$ 。式中, $C$  为对照组卵量, $T$  为处理组卵量。

利用 Excel 和 SAS 8.0 软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物精油对桔小实蝇的产卵忌避作用

番石榴和芒果经植物精油处理后均对桔小实蝇

具有产卵忌避作用,且在番石榴上效果较好(表1).番石榴上各处理着卵量均显著低于对照,着卵量最多的肉桂油产卵忌避率都高达44.07%.对芒果来说,在非选择性试验中,辣椒油、樟脑油、冬青油和香茅油的忌避作用显著,而肉桂油和香紫苏油作用较小,产卵忌避率不到10%(表1).这可能与寄主表面不同的理化结构或寄主水果挥发气味的强弱有关.在芒果的选择性试验中,樟脑油、辣椒油、香茅油和冬青油的产卵忌避率分别达到72.77%、100%、59.48%和35.72%,都高于肉桂油和香紫苏油(表2).

表1 非选择性试验中植物精油对桔小实蝇产卵的影响<sup>1)</sup>

Tab.1 Influence of several essential oils on oviposition of the oriental fruit fly in no-choice test

植物精油	芒果		番石榴	
	着卵量/ (粒·果 <sup>-1</sup> )	产卵忌避 率/%	着卵量/ (粒·果 <sup>-1</sup> )	产卵忌避 率/%
樟脑油	42.33 ± 8.29b	59.43	36.00 ± 5.03cd	75.84
冬青油	45.33 ± 5.84b	56.55	52.00 ± 8.19bc	65.10
肉桂油	94.33 ± 6.98a	9.58	83.33 ± 5.93b	44.07
香紫苏油	96.67 ± 18.41a	7.34	54.33 ± 9.96bc	63.54
辣椒油	26.00 ± 3.21bc	75.08	38.33 ± 6.94cd	74.28
香茅油	19.67 ± 3.84c	81.15	9.33 ± 2.03d	93.74
丙酮(对照)	104.33 ± 4.18a		149.00 ± 18.36a	

1)  $\rho(\text{精油}) = 4\,000\ \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 同列数据后凡有一个相同字母者,表示经 DMRT 检验在 0.05 水平上差异不显著.

表3 不同质量浓度的植物精油对桔小实蝇产卵的影响

Tab.3 Influence of different concentration of essential oils on oviposition of the oriental fruit fly

植物精油	$\rho/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	非选择性试验 <sup>1)</sup>		选择性试验	
		着卵量/(粒·果 <sup>-1</sup> )	产卵忌避率/%	着卵量 <sup>2)</sup> /(粒·果 <sup>-1</sup> )	产卵忌避率/%
樟脑油	1 000	33.33 ± 6.89b	36.72	10.33 ± 2.40(18.67 ± 4.67)	28.76
	3 000	24.33 ± 4.06bc	53.81	11.00 ± 0.58(17.33 ± 3.71)	22.34
	5 000	3.00 ± 1.53d	94.30	0** (34.67 ± 3.18)	100.00
	7 000	15.33 ± 3.18c	70.89	9.00 ± 1.00** (16.33 ± 1.20)	28.94
	对照	52.67 ± 2.40a			
冬青油	1 000	47.33 ± 0.88b	37.17	47.33 ± 4.33* (80.67 ± 5.49)	26.05
	3 000	31.67 ± 3.38c	57.96	37.00 ± 4.36* (90.33 ± 14.81)	41.88
	5 000	27.67 ± 1.86c	63.27	27.00 ± 3.00* (115.33 ± 13.87)	62.06
	7 000	8.33 ± 1.86d	88.94	11.33 ± 2.67* (85.33 ± 6.49)	76.56
	对照	75.33 ± 7.80a			
辣椒油	1 000	53.67 ± 4.81b	31.78	58.67 ± 7.84(71.33 ± 10.73)	9.74
	3 000	44.33 ± 2.60bc	43.65	44.33 ± 5.78(81.33 ± 6.84)	29.45
	5 000	18.00 ± 5.51d	77.12	55.33 ± 3.76* (120.00 ± 14.74)	36.88
	7 000	32.67 ± 6.49cd	58.47	60.67 ± 4.91(123.67 ± 19.54)	34.18
	对照	78.67 ± 10.84a			
香茅油	1 000	32.00 ± 4.16ab	14.29	86.33 ± 6.84(88.00 ± 8.02)	0.96
	3 000	23.33 ± 0.88abc	37.50	32.67 ± 5.04(47.33 ± 5.24)	18.33
	5 000	19.67 ± 5.17bc	47.32	32.00 ± 6.66* (64.67 ± 6.98)	33.80
	7 000	11.67 ± 1.20c	68.75	50.67 ± 9.96* (121.33 ± 13.53)	41.08
	对照	37.33 ± 6.69a			

1) 每种精油同列数据后凡有一个相同字母者,表示在 0.05 水平差异不显著(DMRT 检验);2) 括号内为对照的着卵量,\*、\*\* 分别表示对照和处理的着卵量在 0.05、0.01 水平上差异显著( $t$  检验).

表2 选择性试验中植物精油对桔小实蝇在芒果上产卵的影响  
Tab.2 Influence of several essential oils on oviposition of the oriental fruit fly on *Mangifera indica* in choice test

植物精油	$\rho/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	着卵量 <sup>1)</sup> /(粒·果 <sup>-1</sup> )	产卵忌避率/%
樟脑油	4 000	8.67 ± 7.21*	72.77
	对照	55.00 ± 15.70	
冬青油	4 000	24.00 ± 3.06*	35.72
	对照	50.67 ± 6.36	
肉桂油	4 000	31.67 ± 17.40	10.37
	对照	39.00 ± 20.11	
香紫苏油	4 000	28.67 ± 17.37*	33.07
	对照	57.00 ± 15.72	
辣椒油	4 000	0*	100.00
	对照	40.33 ± 4.63	
香茅油	4 000	10.67 ± 6.36**	59.48
	对照	42.00 ± 5.69	

1) \* 表示处理与对照经  $t$  检验在 0.05 水平上差异显著.

## 2.2 不同质量浓度的植物精油对桔小实蝇在芒果上产卵的忌避作用

香茅油和冬青油对桔小实蝇的产卵忌避效果随质量浓度的升高而增强(表3).当香茅油的质量浓度为 7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  时,选择性试验中产卵忌避率为 41.08%,是 1 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  时的 41 倍;非选择性试验中产卵忌避率为 68.75%.7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  冬青油选择性试验中产卵忌避率为 76.56%;非选择性试验中产卵忌避率为 88.94%.

着卵量为 8.33 粒/果,显著低于其他处理和对照.辣椒油和樟脑油的产卵忌避效果并未随质量浓度的提高而一直增强(表 3),5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  植物精油的产卵忌避效果好于 7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ .这说明植物精油的忌避效果除与精油的质量浓度有关外,还与具体的挥发成分有关.5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的辣椒油非选择性试验中产卵忌避率为 77.12%,高于其他处理和对照.5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  樟脑油选择性试验中产卵忌避率达到 100%,明显高于其他处理;非选择性试验中产卵忌避率为 94.30%.

### 2.3 植物精油对桔小实蝇产卵忌避的持效期

与各自的对照相比,不同植物精油产卵忌避作

用的持效期存在较大差异(表 4).其中浸泡辣椒油的三华李持效期最长,在 1~6 d 内处理的产卵孔数均显著低于对照.浸泡冬青油和樟脑油的三华李在 1~7 d 内处理的产卵孔数均低于对照,且 1~4 d 内处理与对照相比存在显著差异.浸泡香茅油的三华李持效期最短,仅在第 1 d 产卵孔数显著低于对照,从第 4 d 开始多于对照.从 7 d 总的产卵孔数来看,虽然香茅油处理的三华李与对照差异不显著,但累计产卵孔数最少,这可能与香茅油在挥发过程中形成了一个大的忌避环境有关.

表 4 植物精油对桔小实蝇产卵忌避作用的持效期<sup>1)</sup>

Tab.4 Deterrent period of essential oils to oviposition of the oriental fruit fly

t/d	樟脑油		冬青油		辣椒油		香茅油	
	处理	对照	处理	对照	处理	对照	处理	对照
1	5.00 ± 0.58 **	15.00 ± 1.15	10.67 ± 1.86 **	18.67 ± 1.45	13.00 ± 0.58 **	21.67 ± 0.88	6.00 ± 0.58 *	12.67 ± 1.20
2	8.00 ± 0.58 **	13.33 ± 0.33	8.33 ± 1.20 *	19.67 ± 0.88	13.33 ± 0.88 **	20.33 ± 1.20	8.67 ± 0.88	11.00 ± 1.53
3	7.33 ± 1.20 *	16.67 ± 0.67	6.67 ± 0.88 *	15.67 ± 0.67	12.33 ± 0.33 *	18.00 ± 0.58	5.67 ± 0.33	7.33 ± 1.45
4	7.33 ± 0.33 *	11.33 ± 0.88	12.33 ± 0.88 *	20.00 ± 0.58	13.67 ± 0.67 *	18.33 ± 1.45	4.00 ± 0.58	0.67 ± 0.33
5	8.67 ± 0.88	10.00 ± 1.15	10.00 ± 1.73	11.33 ± 1.76	12.33 ± 1.45 **	19.67 ± 0.88	7.00 ± 1.53 *	1.67 ± 0.33
6	8.33 ± 1.45	8.67 ± 0.88	8.67 ± 0.67	13.67 ± 1.20	14.67 ± 1.45 *	20.00 ± 1.15	5.33 ± 0.88	4.33 ± 0.67
7	13.33 ± 0.67	14.00 ± 0.58	10.33 ± 0.88	11.33 ± 1.45	13.67 ± 0.67	15.33 ± 0.88	7.33 ± 1.20	3.67 ± 0.67
总计	57.99 ± 4.13 **	89.00 ± 4.55	67.00 ± 3.85 **	110.34 ± 6.09	93.00 ± 2.45 **	133.33 ± 3.71	44.00 ± 3.01	41.34 ± 6.93

1) 表中数据为产卵孔数/个; \*、\*\* 分别表示对照和处理的产卵孔数在 0.05、0.01 水平上差异显著(*t* 检验).

### 2.4 大空间下植物精油对桔小实蝇的产卵忌避作用

浸泡冬青油、辣椒油和樟脑油的杨桃在大空间条件下的着卵量分别为(105.59 ± 1.27)、(108.14 ± 19.25)和(97.96 ± 4.59)粒/果,均显著低于对照(166.66 ± 29.26)粒/果,且不同精油处理之间无显著差异.3种精油的产卵忌避率分别为 22.43%、21.31%和 25.96%.

## 3 讨论

研究表明,非寄主植物精油对桔小实蝇的产卵具有明显的忌避作用,且精油的种类和浓度对产卵忌避效果影响很大.在室内条件下,冬青油、辣椒油、樟脑油和香茅油忌避效果显著.在所选的浓度范围内,随着浓度的增高,香茅油和冬青油对桔小实蝇的产卵忌避效果增强,这与林永丽等<sup>[26]</sup>和劳传忠等<sup>[27]</sup>研究结果相一致.精油的产卵忌避效果除与浓度有关外,可能还与具体的挥发物质有关,故浓度并非越高越好,辣椒油和樟脑油的最佳质量浓度是 5 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ .预试验发现,当精油浓度达到 10 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,果实有红色灼烧的斑点出现,为防止药害发生,

本试验的质量浓度上线设为 7 000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,效果好又不至于发生药害.试验还发现非选择性试验中不同质量浓度的植物精油产卵忌避率普遍高于选择性试验.黎作伟等<sup>[28]</sup>和杨长龙等<sup>[29]</sup>在研究植物精油对荔枝蒂蛀虫的产卵驱避作用时也得到类似结果.模拟田间条件下各种精油的忌避率虽不及室内条件,但着卵量仍显著低于对照,推测这可能与植物精油的挥发速度,或房间内空气的流动有关.可以通过研发稳定性较高的微胶囊制剂或将植物精油作为增效剂与其他机油乳剂或杀虫剂混合后使用,来减缓精油挥发速度,提高对桔小实蝇的防治效果.植物精油与化学农药混配后具有增效作用<sup>[30-34]</sup>.从环保角度出发,应多考虑植物精油之间、植物精油与其他植物源农药、微生物农药以及昆虫信息素的混配使用,以期提高防治效果、扩大防治范围和延缓害虫抗性.

有报道指出香茅油具有引诱桔小实蝇的作用,本试验发现香茅油对桔小实蝇的产卵有忌避作用,这可能与不同的评价标准有关.香茅油只能诱捕雄虫,而本试验是以雌虫的产卵孔数和产卵量来衡量其忌避活性的,此外,精油的活性可能因使用剂量的

不同而显著不同. 杨群芳等<sup>[35]</sup>研究发现石菖蒲油经丙酮稀释 10 和 40 倍后对云南松纵坑切梢小蠹成虫有驱避作用, 而 160 和 320 倍液却有引诱作用.

植物精油对桔小实蝇除具有产卵忌避活性外, 还有其他活性. 因而调查植物精油的防治效果, 势必要对多种害虫防治指标综合考虑. 同时, 应进一步加强植物精油在使用环境中对昆虫化学生态学的研究, 对完善利用植物精油作为害虫综合治理的作用模式提供科学依据.

#### 参考文献:

- [1] 钦俊德. 昆虫与植物的关系: 论昆虫与植物的相互作用及其演化[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 38-61.
- [2] HARTMANN T. Plant-derived secondary metabolites as defensive chemicals in herbivorous insects: A case study in chemical ecology[J]. *Planta*, 2004, 219(1): 1-4.
- [3] 杨念婉, 李艾莲. 植物精油应用于害虫防治研究进展[J]. *植物保护*, 2007, 33(6): 16-21.
- [4] MURRAY B. Plant essential oils for pest and disease management[J]. *Crop Protection*, 2000, 19: 603-608.
- [5] WILSON C L, SOLAR J M, GHAOTH A, et al. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*[J]. *Plant Disease*, 1997, 81: 204-210.
- [6] 章玉萍, 曾玲, 陆永跃, 等. 华南地区桔小实蝇抗药性动态监测[J]. *华南农业大学学报*, 2007, 28(3): 20-23.
- [7] 潘志萍, 曾玲, 陆永跃, 等. 华南地区桔小实蝇对几种农药的抗药性研究[J]. *华南农业大学学报*, 2005, 26(4): 23-26.
- [8] 庞雄飞. 植物保护剂与植物免害工程: 异源次生化合物在害虫防治中的应用[J]. *世界科技研究与发展*, 1999, 21(2): 24-28.
- [9] 张茂新, 凌冰, 庞雄飞. 非嗜食植物中的昆虫产卵忌避物及其利用[J]. *昆虫天敌*, 2003, 25(1): 28-36.
- [10] SHOREY H H, JOHN J M. Chemical control of insect behavior: Theory and Application[M]. New York: Wiley, John & Sons, 1997: 327-344.
- [11] CUNNINGHAM R T. Parapheromones[M] // ROBINSON A S, HOOPER G. Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier, 1989, 3A: 221-230.
- [12] NISHIDA R, SHELLY T E, KANESHIRO K Y. Acquisition of female-attracting fragrance by male of oriental fruit fly from Hawaiian Lei flower, *Fragraea berteriana*, by males of the oriental fruit fly[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, 23(10): 2275-2285.
- [13] 陈健忠, 董耀仁. 五种植物叶片萃取物对东方果实蝇 *Bactrocera dorsalis*(双翅目: 果实蝇科)之诱引效果[J]. *中华昆虫*, 2000, 20(1): 37-44.
- [14] CHIU H T. Bioassay of ovipositional attraction for *Dacus dorsalis* Hendel[J]. *Chinese Journal of Entomology*, 1990, 10: 343-352.
- [15] CHIU H T. Ethyl benzoate: an impact ovipositional attractant of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel[J]. *Chinese Journal of Entomology*, 1990, 10: 375-387.
- [16] JACOBSON M, KEISER I, MIYASHITA D H, et al. Indian calamus root oil: Attractiveness of the constituents to oriental fruit flies, melon flies and mediterranean fruit flies[J]. *Lloydia*, 1976, 39: 412-415.
- [17] JANG E B, CARVALHO L A, STARK J D. Attraction of female oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, to volatile semiochemicals from leaves and extracts of a nonhost plant, panax (*Polyscias guilfoylei*) in laboratory and olfactometer assays[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, 23(5): 1389-1401.
- [18] MARY L C, JIAN J D, RUSSELL H M. Volatile host fruit odors as attractants for the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae)[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2000, 93(1): 93-100.
- [19] 刘玉章, 黄任豪. 果实成分对东方果实蝇引诱效果之初探[J]. *植物保护学会会刊*, 2000, 42(3): 147-158.
- [20] VAGUS R I, CHANG H B. Evaluation of oviposition stimulants for mass production of melon fruit fly, oriental fruit fly and Mediterranean fruit fly[J]. *Journal of Economic Entomology*, 1991, 84(4): 1695-1698.
- [21] AREEKUL S, SINCHASRI P, TIGVATAN A S. Effects of Thai plant extracts on the oriental fruit fly: II: Repellency test[J]. *Kasetsart Journal: Natural Science*, 1988, 22(1): 56-61.
- [22] SHIVENDRA S, SINGH R P. Neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts and azadirachtin as oviposition deterrents against the melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) and the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*)[J]. *Phytoparasitica*, 1998, 26(3): 1-7.
- [23] 欧剑峰, 黄鸿, 徐洁莲, 等. 薇甘菊对桔小实蝇的驱避试验初报[J]. *昆虫天敌*, 2005, 27(4): 183-187.
- [24] 欧阳革成, 杨悦屏, 钟桂林, 等. 矿物油乳剂作用下桔小实蝇的产卵拒避及触角电位反应[J]. *昆虫学报*, 2008, 51(04): 390-394.
- [25] 林进添, 曾玲, 宾淑英, 等. 桔小实蝇自然种群生命表的组建与分析[J]. *华中农业大学学报*, 2005, 24(2): 138-142.
- [26] 林永丽, 郝蕙玲, 孙锦程. 四种植物精油对德国小蠊的驱避效果[J]. *昆虫知识*, 2008, 45(3): 477-479.
- [27] 劳传忠, 曾玲, 章玉萍, 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.
- [28] 黎卓维,曾鑫年,罗诗,等. 植物精油对荔枝蒂蛀虫的产卵驱避效果[J]. 昆虫天敌,2007,29(3):97-103.
- [29] 杨长龙,江世宏,陈晓琴,等. 芸香科及樟科8种植物提取物对荔枝蒂蛀虫的产卵驱避作用[J]. 植物保护,2007,33(6):57-59.
- [30] FUHREMANN T W, LICHTENSTEIN E P. Insecticide toxicity and degradation in houseflies as affected by naturally occurring food plant components[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,1979,27(1):87-91.
- [31] LICHTENSTEIN E P, LIANG T T, SCHULZ K R, et al. Insecticidal and synergistic components isolated from dill plants[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,1974,22(4):658-664.
- [32] MARCUS C, LICHTENSTEIN E P. Biologically active components of anise: Toxicity and interactions with insecticides in insects [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,1979,27(6):1217-1223.
- [33] 方才君,胡仕林. 植物精油对朱砂叶螨的毒性试验[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,1997,22(4):470-472.
- [34] KHAN Z R, CHILISWA P, AMPONG N K, et al. Utilisation of wild gramineous plants for management of cereal stem borers in Africa [J]. Insect Science and its Application,1997,17:143-150.
- [35] 杨群芳,周祖基,李庆. 植物精油对云南松纵坑切梢小蠹的驱避活性研究[J]. 西南农业大学学报,2003,25(4):357-359.

【责任编辑 周志红】

(上接第14页)

#### 参考文献:

- [1] 李玉影. 马铃薯需钾特性及钾肥效应[J]. 马铃薯杂志,1999,13(1):9-12.
- [2] 门福义,刘梦云. 马铃薯栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [3] 李军,刘淑艳. 追施钾肥对马铃薯产量的影响[J]. 中国蔬菜,1997(4):35-37.
- [4] 郭志平. 增施钾肥对高淀粉马铃薯产量贡献的研究[J]. 江西农业大学学报,2008,30(2):211-214.
- [5] PANIQUE E, KELLING K A, SCHULTE E E, et al. Potassium rate and source effects on potato yield quality, and disease interaction [J]. American Journal of Potato Research,1997,74(6):379-398.
- [6] 陈惠宗. 冬种马铃薯高产栽培技术[J]. 福建农业科技,2008(4):13-14.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [8] 张永成,田丰. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- [9] 焦德志. 马铃薯追施硝酸钾增产效果的研究[J]. 安徽农业科学,2005,33(9):1642.
- [10] MUSSADDAK J. Efficiency of nitrogen fertilizer for potato under fertigation utilizing a nitrogen tracer technique [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis,2007,38:2401-2422.
- [11] 陈修斌,秦嘉海,陈广泉,等. 河西走廊盐化潮土钾肥对马铃薯增产效应的研究[J]. 土壤,2005,37(4):451-454.
- [12] WESTERMANN D T, TINDALL T A, JAMES D W, et al. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: Yield and specific gravity [J]. American Potato Journal,1994,71:417-431.
- [13] AWAD E A M, ATIAT E M N, MOUSA I A I, et al. Effect of potassium fertilization and gypsum application on potato (*Solanum Tuberosum* L.) in newly cultivated sand soil [J]. Zagazig Journal of Agricultural Research,2006,33(1):83-98.
- [14] PANIQUE E, KELLING C A, SCHULTE E E, et al. Potassium rate and source effects on potato yield, quality and disease interaction [J]. American Potato Journal,1997,74:379-398.
- [15] 刘汝亮,李友宏,王芳,等. 两种钾源对马铃薯养分累积和产量的影响[J]. 西北农业学报,2009,18(1):143-146.
- [16] 朱红. 氯化钾不同施用量对马铃薯产量的影响[J]. 中国马铃薯,2004,18(1):28-29.
- [17] ITTERSUM VAN M K, SCHOLTE K. Shortening dormancy of seed potatoes by a haulm application of gibberellic acid and storage temperature regimes [J]. American Potato Journal,1993,70:7-19.
- [18] 郭熙盛,吴礼树,朱宏斌,等. 不同钾肥品种和用量对花椰菜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(3):464-470.

【责任编辑 周志红】