



## Mortality and Repellency Effects of Essential Oils from Citrus against the Housefly and German Cockroach 【Research report】

### 柑桔果皮精油對家蠅和德國蜚蠊之致死及忌避效應【研究報告】

Sin-Chung Liao  
廖信昌

\*通訊作者E-mail:

Received: 1998/5/4 Accepted: 1999/4/28 Available online: 1999/06/01

#### Abstract

There are an abundance of essential oils in citrus, of which d-limonene · α - pinene, and myrcene are the principal components. Our studies showed that the effects of quick knockdown, mortality, and repellency of citrus essential oils against the housefly and German cockroach were significant. A dose of 0.5 g of citrus essential oils showed the effect of quick knockdown (KT50) on houseflies in 10-20 s. The same dose of oils killed all treated flies within 24 h. The KT50 of 1 g oils against German cockroaches was within 3 to 4 min, and 80-90% of treated cockroaches died within 24 h. In addition, citrus essential oil impeded metamorphosis in housefly pupae. The inhibited emergence rate of housefly pupae increased with the increased dipping time. The retention time repellency of essential oils against the German cockroach was about 1 to 2 d.

#### 摘要

柑桔類(luicheng)果皮皮質含有相當量的植物精油，其主要成分包括苧烯、松油烯及月桂烯等單烯類。實驗結果證實柑桔精油對家蠅(*Musca domestica* L.)及德國蜚蠊(*Blattella germanica* L.)成蟲具速效之擊昏、毒殺及忌避效應。柑桔精油0.5 g約10-20秒(KT50)可擊昏(knockdown) 50%家蠅成蟲，24小時後之致死率為100%。精油1.0 g對德國蜚蠊成蟲之KT50為3-4分鐘，致死率為80-90%。單烯類可抑制家蠅蛹之羽化，且羽化抑制率隨浸漬時間5、10、30、60、90及120秒之增加而增高。在忌避方面單烯類對德國蜚蠊約有1-2天之忌避作用。

**Key words:** housefly, German cockroach, citrus essential oil, mortality

**關鍵詞:** 家蠅、德國蜚蠊、柑桔精油、致死、忌避性。

Full Text:  [PDF\(1.32 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

## 柑桔果皮精油對家蠅和德國蜚蠊之致死及忌避效應

廖信昌 高雄區農業改良場 屏東市民生路農事巷 1 號

### 摘要

柑桔類(liucheng)果皮皮質含有相當量的植物精油，其主要成分包括葎烯、松油烯及月桂烯等單烯類。實驗結果證實柑桔精油對家蠅(*Musca domestica L.*)及德國蜚蠊(*Blattella germanica L.*)成蟲具速效之擊昏、毒殺及忌避效應。柑桔精油 0.5 g 約 10-20 秒( $KT_{50}$ )可擊昏(knockdown) 50% 家蠅成蟲，24 小時後之致死率為 100%。精油 1.0 g 對德國蜚蠊成蟲之  $KT_{50}$  為 3-4 分鐘，致死率為 80-90%。單烯類可抑制家蠅蛹之羽化，且羽化抑制率隨浸漬時間 5、10、30、60、90 及 120 秒之增加而增高。在忌避方面單烯類對德國蜚蠊約有 1-2 天之忌避作用。

關鍵詞：家蠅、德國蜚蠊、柑桔精油、致死、忌避性。

### 前 言

植物組織含有多種化合物(Seigler and Price, 1970)如植物鹼(alkaloid)、類松烯(terpenoid)、黃酮類(flavonoids)、酚類(phenolics)和氰化合物(cyanogenic compounds)等，其中某些成分可做為毒劑(Rani and Osmani, 1984)、忌避劑(Osman *et al.*, 1972)、抗食劑(Alford and Bentley, 1986)、似青春荷爾蒙劑(Jamil *et al.*, 1984)及殺卵劑(Tanaka *et al.*, 1985)等應用以防治害蟲。如已開發應用的菸鹼(nicotine)、除蟲菊精(pyrethrin)及魚藤精(rotenone)等殺蟲劑均源自植物組織，因此利用植物組織成分以防治害蟲，為害蟲防治策略中另一值得探討的研究方向。

植物中精油(essential oils)含量豐富且

化合物種類繁多，而單烯類(monoterpenoid)為植物精油中之最主要成份。柑桔精油主要由易揮發具 10 個碳之 monoterpenoids 及不易揮發具 15 個碳之 sesquiterpenoids 之物質所組成(Shaw, 1977)。柑桔屬之葉及果實部分均含有相當量之精油(Cheng and Chou, 1984)，果實部分主要成分為葎烯(d-limonene)達 69.55-96.53% 不等；其它為松油烯( $\alpha$ -pinene)及月桂烯(myrcene)等成分。本文研究柑桔精油對家蠅及德國蜚蠊之擊昏及毒效作用，另外更進一步探究柑桔精油之主要化學成分(d-limonene,  $\alpha$ -pinene, myrcene, ethyl butyrate)對家蠅之毒效及對德國蜚蠊之忌避效應，最後討論柑桔精油應用於害蟲防治之可行性。

\* 抽印本索取及論文聯繫之負責人

## 材料與方法

### 一、供試昆蟲：

(一) 感性品系家蠅 (*Musca domestica* L.) 係由 Dr. J. R. Busvine 在英國倫敦熱帶醫學衛生研究院 (London School of Hygiene and Topical Medicine) 所建立之感性品系，由前臺灣省傳染病研究所連日清博士引進本省。本試驗所使用實驗蟲於 1990 年 9 月自臺灣省農業試驗所應用動物系鄭允博士研究室引進繁殖，飼育方法如 Maa and Terriere 所述 (1983)。

(二) 德國蜚蠊 (*Blattella germanica* L.) 於實驗室內供給粒狀狗飼料及水飼養逾 10 代以上。

### 二、供試精油及其成份：

柑桔精油直接擠自柳丁皮 (liucheng)，並加以稱量。萼烯 (d-limonene) 97.0% 購自 Sigma 公司。松油烯 ( $\alpha$ -pinene) 98.0%、月桂烯 (myrcene) 90.0% 及 丁酸乙酯 (ethyl butyrate) 99.0% 購自 Aldrich 公司，以上成份均為試藥級。

### 三、試驗方法：

(一) 噴灑塔法 (Spraying tower method)：將供試蟲麻醉後置於噴灑臺上，藥量及壓力皆能控制 (Hsu and Yang, 1985)。分別將柑桔精油約 0.5 g，以直接噴灑於內置有供試家蠅，及柑桔精油約 1.0 g 直接噴灑內有德國蜚蠊之玻璃筒 (直徑 14×高 15 cm)，雌雄蟲分開處理，每處理 20 隻三日齡之成蟲，三重複。計算擊昏半數試驗蟲 (KT<sub>50</sub>) 所需之時間及觀察記錄 24 小時後之死亡率。

(二) 塗抹法 (Smearing method)：將柑桔精油 0.46 g 以玻棒塗抹於玻璃筒 (直徑 14×高 15 cm) 之內壁再將家蠅接入，及精油 1.0 g 均

勻塗抹於玻璃筒之內壁再接入德國蜚蠊，雌雄蟲分開處理，每處理 20 隻成蟲，三重複，同樣如上述方法計算 KT<sub>50</sub> 及其死亡率。

(三) 沈霧法 (Nagasawa method)：將 2 ml 單烯類試藥以抽氣馬達吸入噴出為霧狀 (Hsu and Yang, 1985)，落入玻璃筒內有試驗蟲之蟲體上以測定單烯類對家蠅之毒效，每處理為三日齡之雌雄家蠅成蟲各 10 隻，三重複。計算擊昏半數試驗蟲之 KT<sub>50</sub> 及 24 小時後之死亡率。

(四) 浸漬法 (Dipping method)：將家蠅蛹浸於 5 ml 之 d-limonene,  $\alpha$ -pinene, myrcene, ethyl butyrate 及對照之蒸餾水、正己烷 (n-hexane) 及丙酮 (acetone) 等液中；浸漬處理 5, 10, 30, 60、90 及 120 秒鐘，每處理 30 個蛹，三重複，觀察上列溶劑對家蠅蛹之羽化抑制作用。

(五) 忌避行為之測定：德國蜚蠊性喜暗及易隱身之縫隙，故針對德國蜚蠊之習性，吾人參考 Sighamony et al. (1984) 之實驗，設計一個長、寬、高各為 60、20 及 15 cm 之透明壓克力箱，於箱子內之兩端分別置放一紅色之壓克力板，在此壓克力板之板下置放有 10×10 cm 之濾紙，濾紙上吸附 0.5 ml 之各種供試藥劑，將經二氧化碳昏迷之雌雄蜚蠊成蟲各 10 隻置放於箱子中央並供給食物和水，每處理三重複，其後每隔 10 分鐘及 12 小時觀察記錄箱子兩端壓克力板下之蟲數，所得之數據以 Sighamony et al. (1984) 之公式分析，並比較柑桔主要單烯類對德國蜚蠊之忌避等級。

$$\text{忌避百分比} = \frac{\text{對照組蟲數} - \text{處理組蟲數}}{\text{對照組蟲數}}$$

忌避等級區分：

0 級：負趨避性，1 級：0-20%，2 級：20.1-40%，3 級：40.1-60%，4 級：60.1-80%，5 級：

80.1-100%。

## 結 果

一、噴灑塔法：柳丁果皮之擠出液以噴灑塔法處理，精油 0.50-0.56 g 經 13.4-17.3 秒可擊昏 50% 家蠅試驗蟲；24 小時後有 100% 之死亡率。精油 0.98-1.04 g 對德國蜚蠊之  $KT_{50}$  為 3.08-4.51 分鐘，24 小時後之死亡率為 81.7-83.3%（表一）。

二、塗抹法：柳丁果皮之擠出液先塗抹於容器內壁再將試驗蟲接入，精油 0.46 g 經過 7.6-11.3 秒可擊昏 50% 之家蠅成蟲，且 24 小時後死亡率為 100%。精油 1.01-1.03 g 對德國蜚蠊之  $KT_{50}$  為 12.1-27.7 秒，24 小時後有 88.3-90.0% 之死亡率（表一）。

實驗結果顯示柳丁果皮精油對家蠅及德國蜚蠊具速效之擊昏和毒殺作用，且發現塗抹法比噴灑塔法有較佳之藥效，如以塗抹法處理對德國蜚蠊之  $KT_{50}$  為 12.1-27.7 秒；但以噴灑塔法為 3.08-4.51 分。另外雌雄成蟲對精油之感受性亦有所差異，實驗發現家蠅及德國蜚蠊之雌蟲均較雄蟲有較高之耐受力；即

雌蟲之  $KT_{50}$  遠高於雄蟲。實驗中觀察試驗蟲對精油之中毒症狀具有痙攣、麻痺及脫水等現象；然有些已被精油擊昏之試驗蟲經一段時間後可恢復正常。

三、沉霧法：以未經稀釋之單烯類萼烯、松油烯、月桂烯及丁酸乙酯處理家蠅，發現萼烯及月桂烯對家蠅之  $KT_{50}$  分別為 18.2 及 16.9 秒。松油烯約 32.4 秒，丁酸乙酯約 68.2 秒，其  $KT_{95}$  則需 90.9-223.7 秒不等（表二），顯示單烯類中之各種成份對家蠅之擊昏效應亦存著差異，然一般而言單烯類之原體對家蠅具有速效之擊昏作用。

四、浸漬法：以不同日齡家蠅成蟲（1-4 日齡）和不同浸漬時間（5、10、15、30、60、90 及 120 秒）處理家蠅之蛹，結果發現單烯類對家蠅化蛹日齡之差異所造成之羽化抑制反應並無差別（未發表資料），家蠅蛹之不羽化率會隨浸漬時間之增加而增高（表三）。如正己烷至浸漬 60 秒對家蠅蛹有 50% 抑制羽化作用，在萼烯及松油烯浸漬 10 秒對家蠅蛹分別有 90% 及 78% 之抑制羽化效用，而在月桂烯及丁酸乙酯浸漬 30 秒分別約有 54.33% 及 82.33% 之抑制作用。明顯的萼烯及松油烯對家

表一 柑桔精油以噴藥箱法及塗抹法對家蠅及德國蜚蠊之擊昏及致死效果

Table 1. Knockdown times ( $KT_{50}$ ) and mortality of houseflies and German cockroaches for citrus essential oils with spraying tower and smearing methods

Method	Insect	Dose (g/glass vial)	$KT_{50}$	95% Confidence limits	Mortality (%)
Spraying tower	Cockroach				
	male	1.04±0.17	3.08 min	2.5-3.6	83.3
	female	0.98±0.21	4.51 min	3.9-5.2	81.7
	Housefly				
	male	0.50±0.01	13.4 s	11.5-15.3	100.0
	female	0.56±0.06	17.3 s	15.1-19.6	100.0
Smearing	Cockroach				
	male	1.03±0.17	12.1 s	8.7-16.1	88.3
	female	1.01±0.14	27.7 s	22.3-33.6	90.0
	Housefly				
	male	0.46±0.06	7.6 s	4.5-11.2	100.0
	female	0.46±0.02	11.3 s	7.2-16.0	100.0

表二 沈霧法測試單烯類對家蠅之擊昏效應

Table 2. Knockdown times ( $KT_{50}$ ) of monoterpenes against housefly by the Nagasawa method

Compounds	Conc. (g/ml)	$KT_{50}$ (s)	95% Confidence limits	$KT_{50}$ (s)
d-Limonene	2	18.2	9.3–25.2	124.3
$\alpha$ -Pinene	2	32.4	22.6–42.1	165.7
Myrcene	2	16.9	10.3–22.6	90.9
Ethyl butyrate	2	68.2	57.8–79.0	223.7

表三 不同浸漬時間之單烯類對家蠅蛹之羽化抑制效應

Table 3. Inhibited emergence effects of monoterpenes on housefly pupae for different dipping times

Dipping time (s)	% of pupae not emerged						
	Control	n-Hexane	Acetone	d-Limonene	$\alpha$ -Pinene	Myrcene	Ethyl butyrate
5	–	10.00±3.00 de	–	74.67±6.81 c	62.33±5.03 b	60.00±7.00 bc	44.33±5.13 d
10	–	5.76±2.31 e	–	90.00±8.89 ab	78.00±8.54 ab	45.67±10.26 d	47.67±5.03 d
30	–	20.00±8.89 d	–	87.67±6.81 b	77.67±15.70 a	54.33±7.51 cd	82.33±5.03 bc
60	–	50.00±10.00 c	–	94.33±2.31 ab	84.67±6.81 a	60.00±3.00 bc	74.33±10.26 c
90	4.33±2.31 a	70.00±7.00 b	–	95.33±4.04 ab	85.67±8.08 a	70.00±8.89 b	92.33±10.79 ab
120	5.67±2.31 a	90.00±3.00 a	13.33±9.0	100.0±0.00 a	100.0±0.00 a	99.00±1.73 a	100.00±0.009 a

All values are the mean±SD of three replicates. Means within a column followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ; Duncan's multiple range test).

蠅蛹之抑制羽化作用較月桂烯及丁酸乙酯為高，亦高於正己烷，而對照組浸漬於水達 120 秒只有 5.67% 之抑制羽化作用。

另發現若以正己烷浸漬家蠅蛹 120 秒可達 90% 之抑制羽化作用，單烯類之苧烯、松油烯，月桂烯及丁酸乙酯在同樣情形更可造成家蠅蛹 99-100% 不羽化之作用，顯示有機化合物之某些成份如正己烷及單烯類可抑制家蠅蛹之羽化而丙酮則無此效應，且浸漬時間之長短亦影響家蠅蛹之羽化作用。

五、忌避行爲之測定：德國蜚蠊之行動受周圍週期性燈光明暗的控制，一般較喜好黑暗及可躲藏之環境，現利用此一習性以 d-limonene、 $\alpha$ -pinene、myrcene 及 ethyl butyrate 來檢驗德國蜚蠊對其忌避效應(表四)。

實驗結果發現 d-limonene、 $\alpha$ -pinene 及 myrcene 在三小時內對德國蜚蠊可維持 5 級之忌避等級。d-limonene、 $\alpha$ -pinene 及 myrcene

經 1 日後保有 63.2-90.7% 之忌避作用；但經 2 日後即下降至 24.7-60.1% 之忌避效應，而 ethyl butyrate 則一直維持在 2-3 級之忌避等級，顯示這幾種單烯類對德國蜚蠊約可維持一至二天之忌避作用，且隨時間之增加，忌避等級由五級降為二級。

本實驗結果證實柑桔精油之某些主要成份對家蠅及德國蜚蠊成蟲具毒效，國外學者亦指出苧烯及松油烯等單烯類對家蠅及金花蟲(Chrysomelidae)等具毒殺作用(Rani and Osmani, 1984; Karr and Coats, 1988; Rice and Coats, 1994)，對擬穀盜(*Tribolium castaneum* Herbst)及蜚蠊具忌避及抑制卵孵化作用(Sighamony *et al.*, 1984; Raffa *et al.*, 1985; Karr and Coats, 1992)，因此極適合做為環境衛生用藥及低毒性藥劑之開發應用。有關單烯類對生物之毒殺作用機制，Karr *et al.* (1990)曾指出單烯類對蚯蚓(*Ei-*

表四 單烯類對德國蜚蠊之忌避效應

Table 4. Effects of repellency by monoterpenes against German cockroaches

Compounds	Repellency (%)					Repellency class
	(h)	0.5	1.0	2.0	2.5	
d-Limonene		93.5	100.0	98.1	96.5	91.2
$\alpha$ -Pinene		96.7	97.2	98.1	98.2	5
Myrcene		80.6	81.1	82.5	94.7	5
Ethyl butyrate		29.0	40.5	45.3	43.9	2-3
(d)		1	2	3	4	5
	d-Limonene	63.2	29.4	30.3	37.2	37.3
$\alpha$ -Pinene		96.1	24.7	15.7	16.3	3.60
Myrcene		90.7	60.1	55.1	46.5	47.0
Ethyl butyrate		21.1	29.4	50.6	45.3	32.5

*senia fetida* Savigny)具神經毒作用，在我們另一實驗研究單烯類對小白鼠活體外肝臟粒線體之呼吸及線脲吟核苷三磷酸酵素(ATPase)之作用，發現單烯類對粒線體具非偶合作用(未發表資料)，以致抑制氧氣之消耗；也就是說可抑制呼吸作用，然而對家蠅之毒效作用機制仍不甚清楚，尚有待進一步之研究。

## 討 論

根據本實驗之數據結果發現柑桔精油的確對家蠅及德國蜚蠊成蟲具擊昏、致死、抑制羽化及忌避作用，然而隨處理方式、藥劑稀釋濃度及試驗蟲種類及性別之不同，柑桔精油殺蟲效果呈現極大差異；當以精油塗抹於試驗容器內壁較噴灑塔法有較佳之毒效，究其原因為當以直接噴灑處理，精油之劑量甚難均勻分布於各個角落，因此每隻供試蟲接受的劑量不同，而若以塗抹法處理，精油之蒸氣具燻蒸作用可快速擊昏家蠅及德國蜚蠊，然經稀釋處理後其毒殺效用即為大減(未發表資料)，因此可考慮添加其它佐劑以延長其藥效。雌雄試驗蟲對藥劑之感受性有差異，一般而言雌蟲有較大之耐受性。

國外學者 Lee *et al.* (1997)研究單烯類對二點葉蠅 (*Tetranychus urticae* Koch) 及家蠅之毒效，發現薑烯、松油烯及月桂烯對家蠅之 LD<sub>50</sub> 分別為 68、112 及 167 μg/fly，指出薑烯對家蠅具極佳之毒效，且在極低濃度對二點葉蠅即有良好毒殺作用。Rani and Osman (1984) 將某些精油以體表滴定及燻蒸處理家蠅發現具極佳毒殺作用。類似於此之報告如 Karr and Coats (1988) 及 Rice and Coats (1994) 的研究發現單烯類對家蠅具表皮急性毒殺作用。Raffa *et al.* (1985) 發現薑烯及松油烯之氣體對蠹蟲 (*Scolytus rentals* Leconte) 具毒性，薑烯對貓狗身上之貓蚤 (*Ctenocephalides felis* Bonche) 具毒效，因此被美國環保單位登記為貓蚤防治藥劑。Karr and Coats (1992) 指出高劑量之薑烯對德國蜚蠊之卵鞘具抑制孵化作用。Singhamony *et al.* (1984) 指出某些精油及松烯類可降低幾種倉庫害蟲母蟲之生殖力及具忌避作用。另外本研究發現單烯類可阻止家蠅蛹羽化，且羽化抑制率會隨浸漬時間之增加而增高，而 Karr and Coats (1992) 則發現薑烯在高濃度可抑制德國蜚蠊卵孵化及阻止若蟲成熟，可降低其羽化率但不造成母蟲死亡。Harwood *et al.* (1990) 指出薄荷油之單烯類

可為切根蟲抗食劑及具有抑制蛹羽化之作用。

在忌避作用方面柑桔精油成分之松油烯、苧烯及月桂烯對德國蟑螂具相當程度之忌避效用。Inazuka (1982)從92種植物精油篩選出對德國蟑螂有忌避效用之種類，他發現日本和蘇格蘭屬之薄荷油(mint oil)及桉樹油(eucalyptus oil)的主要成份為d-limonene、menthol及carvone等化合物有極佳之忌避效用。

植物精油廣泛分佈於各類植物中且含量豐富，有多種成分可做為植物病蟲害防治之用，一般而言，單烯類在可使昆蟲致死之高濃度時，對人畜之毒性遠低於傳統合成殺蟲劑，因此許多學者均致力於此天然物化學治蟲方面的研究。取自大自然用於大自然不僅讓我們的農作物得到保護免於病蟲害之為害，亦可減少我們對環境的污染，這也應該是今後害蟲防治應努力的方向。

## 誌謝

本文呈蒙中央研究院動物所馬堪津博士及Mr. Daniel Chamberlin 提供寶貴意見及文稿之修飾指正，在此一併致由衷之謝意。

## 引用文獻

- Alford, A. R., and M. D. Bentley.** 1986. Citrus limonids as potential antifeedants for the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 79: 35-38.
- Cheng, Y. S., and C. T. Chou.** 1984. Composition of peel essential oils from eight citrus species. *J. Chin. Chem. Soc.* 31: 93-96.

- Harwood, S. H., A. F. Moldenke, and R. E. Berry.** 1990. Toxicity of peppermint monoterpenes to the variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 1761-1767.
- Hsu, E. L., and C. K. Yang.** 1985. Discussion of experimental model for pesticides on public health. pp. 271-285. in: Y. S. Chow, F. J. Lin, W. C. J. Maa, and T. C. Wang, eds. *Proceedings of a symposium on toxicity of pesticides.* Bull. Inst. Zool. Academia Sinica (in Chinese).
- Inazuka, S. I.** 1982. Cockroach repellents contained in oils of Japanese mint and Scotch spearmint. *J. Pestic. Sci.* 7: 145-154.
- Jamil K., U. Rani, and G. Thyagarajan.** 1984. Water hyacinth-a potential new juvenile hormone mimic. *Int. Pest Control* 26: 106-108.
- Karr, L. L., and J. R. Coats.** 1988. Insecticidal properties of d-limonene. *J. Pestic. Sci.* 13: 287-290.
- Karr, L. L., C. D. Drewes, and J. R. Coats.** 1990. Toxic effects of d-limonene in the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny). *Pestic. Biochem. Physiol.* 36: 175-186.
- Karr, L. L., and J. R. Coats.** 1992. Effects of four monoterpenes on growth and reproduction of the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 424-429.
- Lee, S., R Tsao, C. Peterson, and J. R. Coats.** 1997. Insecticide activity of monoterpenoids to western corn root-

- tworm (Coleoptera: Chrysomelidae), twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae), and housefly (Diptera: Muscidae). J. Econ. Entomol. 90(4): 883-892.
- Maa, W. C. J., and L. C. Terriere.** 1983. Age-dependent variation in enzymatic and electropheretic properties of housefly (*Musca domestica* L.) carboxylesterase. Comp. Biochem. Physiol. 74: 461-467.
- Osmani, Z., I. Anees, and M. B. Naidu.** 1972. Insect repellent creams from essential oils. Pesticides 6: 19-21.
- Raffa, K. F., A. A. Berryman, J. Simasko, W. Teal., and B. L. Wong.** 1985. Effects of grand fir monoterpenes on the fir engraver, *Scolytus ventralis* (Coleoptera: Scolytidae), and its symbiotic fungus. Environ. Entomol. 14: 552-556.
- Rani, P. U., Z. Osmani.** 1984. Comparative assessment of topical application and fumigation treatments with certain essential oils for toxicity against *Musca domestica* nebulo (L.). Int. Pest Control 26: 44-45,47.
- Rice, P. J., and J. R. Coats.** 1994. Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flower beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 87: 1172-1179.
- Seigler, D., and P. W. Price.** 1970. Secondary compounds in plants: primary function. Am. Natur. 11C: 101-105.
- Shaw, P. E.** 1977. Essential oils. Citrus Sci. and Technol. Vol.1: 427-462.
- Sighamony, S., I. Anees, T. S. Chandrakala, and E. Osmani.** 1984. Natural products as repellent for *Tribolium castaneum* Herbst. Int. Pest Control 26: 157-157.
- Tanaka, H. A., J. W. Katayama, M. Wada, K. S. Marumo, and Y. Osaka.** 1985. Isolation of two ovicidal substances against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, from *Skimmia repens* Nakai. Agric. Biol. Chem. 49: 2189-2190.

收件日期：1998年5月4日

接受日期：1999年4月28日

# Mortality and Repellency Effects of Essential Oils from Citrus against the Housefly and German Cockroach

Sin-Chung Liao Kaohsiung District Agricultural Improvement Station, 1 Longshu Lane, Mingshen Road, Pingtung 900, Taiwan, R.O.C.

## ABSTRACT

There are an abundance of essential oils in citrus, of which d-limonene,  $\alpha$ -pinene, and myrcene are the principal components. Our studies showed that the effects of quick knockdown, mortality, and repellency of citrus essential oils against the housefly and German cockroach were significant. A dose of 0.5 g of citrus essential oils showed the effect of quick knockdown ( $KT_{50}$ ) on houseflies in 10-20 s. The same dose of oils killed all treated flies within 24 h. The  $KT_{50}$  of 1 g oils against German cockroaches was within 3 to 4 min, and 80-90% of treated cockroaches died within 24 h. In addition, citrus essential oil impeded metamorphosis in housefly pupae. The inhibited emergence rate of housefly pupae increased with the increased dipping time. The retention time repellency of essential oils against the German cockroach was about 1 to 2 d.

**Key words:** housefly, German cockroach, citrus essential oil, mortality, repellency.