

數種棟樹成分對蘋果果實蠅之產卵忌避效果

陳健忠^{1*} 董耀仁¹ Eric B. Jang² John D. Stark³

¹ 臺中縣霧峰鄉行政院農業委員會農業試驗所應用動物系

² Tropical Fruit, Vegetable & Ornamental Crop Research Laboratory,
Agricultural Research Service, US Department of Agriculture,
Hilo, Hawaii, USA

³ Puyallup Research and Extension Center, Washington State University,
Puyallup, Washington, USA

(接受日期:中華民國 88 年 10 月 27 日)

陳健忠、董耀仁、Eric B. Jang、John D. Stark 1999 數種棟樹成分對蘋果果實蠅之產卵忌避效果 植保會刊 41: 293 - 300

果實蠅屬雙翅目果實蠅科，該科目前之紀錄約有 4500 種，其為害果實者常造成作物極大之損失^(2, 3, 27)。果實蠅的經濟重要性除了嚴重為害作物外，疫區的瓜果常被拒絕進口或是必須經過檢疫處理；檢疫處理增加生產成本且易影響產品品質而降低外銷競爭力。果實蠅防治成功與否，已是國際間關切的問題。

蘋果果實蠅 (*Rhagoletis pomonella* (Walsh)) 分布在美國、加拿大和墨西哥^(5, 27) 為重要蘋果害蟲，也為害桃、李、梨等溫帶水果⁽⁶⁾。成蟲以產卵管刺入未成熟的果實中產卵，每產卵孔只產一粒卵⁽¹⁶⁾。幼蟲蛀食果肉，並引起落果，於落果內快速成熟然後鑽出果實外，進入土中化蛹。少數成蟲即可造成嚴重為害。目前在美國咸認為地區性的滅絕計畫已不可行，主要是未管理的寄主植物遍佈各處。故以果園行藥劑防治，州內、州間及鄰國間之檢疫圍堵為重點策略^(4, 9, 19)。

蘋果果實蠅為我國公告之植物檢疫害蟲⁽¹⁾，台灣目前並無此蟲，但其一且入侵，預估每年將造成上億元之損失（陳健忠、董耀仁未發表資料）。防治蘋果果實蠅的方法除了全園噴施藥劑外，尚可懸掛沾有藥劑的紅木球等誘殺器^(10, 11, 18)，及點噴水解蛋白和噴佈產卵忌避費洛蒙防止果實蠅產卵⁽⁷⁾。

棟科植物 (Meliaceae) 中，印度棟 (*Azadirachta indica* A. Juss)、苦棟

*通訊作者。E-mail: chiencc@wufeng.tari.gov.tw

(*Melia azedarach* L.) 和川楝 (*M. toosendan* Sieb. et. Zucc.) 之葉片、種子和樹皮等之萃取物均對許多害蟲具有抑制取食、干擾變態、影響生殖和產卵行為之作用，其中以印度楝的作用對象最為廣泛^(12, 13, 20, 24)。印度楝成分中第一個被分離出來並證實具有忌食性的化合物為印楝素 (Azadirachtin)⁽¹³⁾，目前已有多種以印楝素為主成分的殺蟲劑上市。有關楝樹成分對果實蠅的作用的文獻並不多。Steffens 及 Schmutterer⁽²³⁾ 報告地中海果實蠅 (*Ceratitis capitata* (Wiedemann)) 的幼蟲飼養在含印度楝萃取物的培養基時，幼蟲發育期會延長，蛹較小，成蟲羽化率降低。在含有 14 ppm 印楝素的沙中接入東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) 或地中海果實蠅三齡末期幼蟲和蛹，完全抑制成蟲羽化；瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett) 則在處理濃度 10 ppm 時完全無法羽化⁽²²⁾。Singh 及 Srivastava⁽²¹⁾ 以濃度 2.5% 的印度楝乙醇萃取物處理苦瓜 (*Momordica charantia* L.)，發現其對瓜實蠅有產卵忌避作用；以濃度 20% 之萃取物處理番石榴 (*Psidium guajava* L.)，對東方果實蠅亦有相同之作用。Chen 等人⁽⁸⁾ 發現東方果實蠅降低其在印度楝種仁萃取物處理之番石榴上之產卵偏好，在濃度 0.2-4.0% 的處理中，產卵數減少 87.5-99.2%。

楝樹成分可做為果實蠅產卵忌避劑，當與誘引劑合用時，可同時提高兩者之效果，未來在果實蠅的防治上甚具利用價值⁽⁸⁾。本研究旨在探討數種楝樹成分對蘋果果實蠅之忌避效應，以開發果實蠅嗅覺化學傳訊物質 (Olfactory semiochemicals)，用於果實蠅之綜合防治。試驗地點為美國華盛頓州立大學 Puyallup 研究及推廣中心。

供試蘋果果實蠅由 University of Massachusetts 的 Dr. Ronald J. Prokopy 提供。他於 1997 年 11 月 6 日在麻薩諸賽州，收集田間被害蘋果中的老熟幼蟲，待其化蛹後儲存在 4°C 冰箱中。蛹在冰箱中完成冬眠後，以低溫保存運送至研究中心備用。於 1998 年 4 月至 8 月試驗期間，蛹自冰箱取出後約 30 天開始羽化，羽化 14 天後達性成熟，產卵情形良好，成蟲壽命可達二個月以上。供試蘋果採自研究中心園區的未施藥蘋果樹，洗淨擦乾後使用。試驗期間使用的蘋果直徑約 3.5-5.0 cm，但每次試驗使用的蘋果大小儘量一致。

本試驗使用的化合物成分為：(1) Nimbin (純度 > 95%，萃自印度楝)，(2) Salannin (純度 > 95%，萃自印度楝)，(3) 6-desacetylnimbin (純度 > 95%，萃自印度楝)，(4) Toosendanin (純度 > 98%，萃自苦楝和川楝)，以上供試化合物由加拿大 University of British Columbia 的 Dr. Murray B. Isman 提供；(5) Neem limonoids I (desacetylnimbin + nimbin + epoxyazadiradione，組成比例未定量，萃自印度楝)，(6) Neem limonoids II (nimbin + salannin + desacetylsalannin，組成比例未定量，萃自印度楝)，以上兩種混合物由美國 Fortune Biotech 公司 Dr. John A. Immaraju 提供。1、2、3、4 藥劑以 95% methanol 溶解稀釋；5、6 藥劑以 acetone 稀釋。

各項生物檢定試驗均在走入式植物生長箱中進行，溫度 25°C 恆溫，70% RH，光照 16 小時。試驗用蟲箱為透明壓克力製，長寬高為 30×30×50 cm，有一 22×41 cm 開口，開口活貼尼龍網，供置入試材。

試驗時將 10 μ l 的供試藥劑以微量滴管均勻塗抹於直徑 1.5 cm 之圓形蘋果表皮上，施藥處做上記號（因溶劑揮發極快，處理處乾後即不易辨識），然後用鋁箔紙包覆蘋果，僅露出處理部份。如先包覆蘋果再施藥會因毛細作用使藥劑滲入鋁箔包覆部份，減少處理部份的藥量。供試果（藥劑處理和無處理之對照蘋果）以三行五列間距約 2.5 cm，隨機排列於壓克力箱內。每處理為一個蘋果，每試驗處理均為三重複。將總數約 140 隻的雌、雄果實蠅接入箱內，任其在蘋果上產卵，經一定時間後，檢查蘋果上的產卵孔數，並於試驗結束時解剖蘋果計數卵數，及計算兩者之比值。試驗時，箱內置有沾水棉條和糖與酵母抽出物混合物（重量比 3:1），供果實蠅取食。

由於取得的藥劑數量有限，為節省藥劑僅處理蘋果上直徑約 1.5 cm 的表皮，此種處理方式亦便於觀察及檢查產卵孔和產卵數。曾試過處理部位之開口直徑為 0.6-0.7 cm，可能是因為開口太小影響果實蠅產卵行為，因此果實蠅並不產卵。處理蘋果曾以 parafilm 伸縮膜包覆，僅露出處理部份，但果實蠅會刺穿伸縮膜產卵，乃改以鋁箔紙包覆，可避免其產卵在處理區外產卵，影響試驗結果。經修正試驗方法後，得到以下結果：

藥劑處理濃度為 5300 ppm 時，Nimbin、Salannin、6-desacetylnimbin 和

表一、四種苦楝成分對蘋果果實蠅之產卵忌避效果¹⁾

Table 1. Detering effects of four neem compounds on the oviposition of apple maggot¹⁾

Treatment	Concentration (ppm)	Mean no. ovipositional punctures	Mean no. eggs laid	Mean of no. eggs/puncture
Nimbin	5300	11.7 a ²⁾	11.7 a	1.03
Salannin	5300	13.3 a	13.0 a	0.98
6-desacetylnimbin	5300	13.7 a	17.0 a	1.36
Toosendanin	5300	7.3 a	6.3 a	0.89
Control (methanol)	-	27.3 b	35.0 b	1.34
Nimbin	530	24.3 a	21.3 a	0.88
Salannin	530	27.0 a	25.3 a	0.94
6-desacetylnimbin	530	24.0 a	24.3 a	1.06
Toosendanin	530	24.7 a	22.3 a	0.99
Control (methanol)	-	29.3 a	27.7 a	0.95

¹⁾ In 5300 ppm treatment: $F = 4.91$, $p = 0.0189$ for ovipositional punctures; $F = 18.7$, $p = 0.0001$ for eggs laid. 61 female and 78 male flies were used in the experiment. Apple size was 3.5 cm in diameter. Experiment duration was 6 days. In 530 ppm treatment: $F = 0.18$, $p = 0.9452$ for ovipositional punctures; $F = 0.35$, $p = 0.8414$ for eggs laid. 58 female and 63 male flies were used in the experiment. Apple size was 3.5 cm in diameter. Experiment duration was 6 days.

²⁾ Means followed by the same letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$; DMRT.

Toosendanin 四處理產卵孔數和產卵數均減少，與對照組比較呈顯著差異，但四藥劑間無顯著差異（表一）。藥劑濃度為 530 ppm 時，各處理組與對照組之產卵孔數和產卵數無顯著差異。平均每產卵孔之產卵數於二種處理濃度分別為 0.89-1.34 和 0.88-1.06。

以濃度 40000 和 4000 ppm 的 Neem limonoids I 和 Neem limonoids II 處理蘋果後供果實蠅產卵。接蟲後二、四、六天記錄產卵孔數，並在第六天解剖蘋果檢查產卵數。結果顯示此二混合藥劑在濃度 40000 ppm 時，產卵孔數和產卵數與對照組相比顯著減少，但兩者間無顯著差異（表二）。4000 ppm 濃度處理之產卵孔數和產卵數則與對照組無顯著差異。4000 ppm 濃度處理組和對照組在試驗期間產卵孔數有逐漸增加之情形，但在 40000 ppm 濃度處理組則較不明顯。各處理中平均每產卵孔之卵數介於 1.30-2.50。

以 40000、28000、12000、4000 ppm 四種濃度的 Neem limonoids I 處理蘋果，進一步檢定藥劑濃度變化對蘋果果實蠅產卵之影響，並以丙酮為對照。結果顯示隨濃度降低，產卵孔數和產卵數有顯著增加之趨勢，但 40000、28000 和 12000 ppm 三處理間仍維持無顯著差異至接蟲 10 天後試驗結束止（表三）。40000 和 28000 ppm 處理組在 10 天試驗期內均無產卵孔，亦無產卵。隨試驗時間增長，後三濃度處理產卵孔數和產卵數有逐漸增加的趨勢，但處理六天後增加

表二、二種苦楝成分混合物對蘋果果實蠅之產卵忌避效果¹⁾

Table 2. Detering effects of two neem limonoid mixtures on the oviposition of apple maggot¹⁾

Treatment ²⁾	Concentration (ppm)	Mean cumulative no. ovipositional punctures ³⁾			Mean no. eggs laid ⁴⁾	Mean of no. eggs/puncture at day 6
		2 day	4 day	6 day		
Neem limonoids I	40000	0.3 a ⁵⁾	1.0 a	1.0 a	1.3 a	1.50
Neem limonoids I	4000	12.7 c	21.0 b	26.3 b	33.3 b	1.33
Neem limonoids II	40000	0.0 a	0.0 a	0.7 a	1.7 a	2.50
Neem limonoids II	4000	5.7 b	15.0 b	24.7 b	31.3 b	1.30
Control (acetone)	-	7.3 b	16.0 b	21.7 b	35.3 b	1.73

¹⁾ 110 female and 43 male flies were used in the experiment. Apple size was 4.5 cm in diameter. Experiment duration was 6 days.

²⁾ Neem limonoids I: desacetylnimbin + nimbin + epoxyzadiradione. Neem limonoids II: nimbin + salannin + desacetylsalannin.

³⁾ 2 day: $F = 18.68$, $p = 0.0001$. 4 day: $F = 7.97$, $p = 0.0037$. 6 day: $F = 9.30$, $p = 0.0021$. Apple size was 4.5 cm in diameter

⁴⁾ $F = 16.01$, $p = 0.0002$.

⁵⁾ Means followed by the same letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$; DMRT.

表三、不同濃度 Neem limonoids I 對蘋果果實蠅之產卵忌避效果¹⁾

Table 3. Deterring effects of different concentrations of Neem limonoids I on the oviposition of apple maggot¹⁾

Concentration (ppm)	Mean cumulative no. ovipositional punctures at day ²⁾					Mean no. eggs laid ³⁾	Mean of no. eggs / puncture at day 10
	2	4	6	8	10		
40000	0.0 a ⁴⁾	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	-
28000	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	-
12000	0.3 a	0.7 a	1.3 a	2.7 a	2.7 a	7.3 a	2.75
4000	6.3 b	9.0 b	9.7 b	10.7 b	11.7 b	42.3 b	5.46
Control (acetone)	7.7 b	9.0 b	10.7 b	14.3 b	14.3 b	55.0 b	4.06

¹⁾ 108 female and 35 male flies were used in the experiment. Apple size was 5.0 cm in diameter. Experiment duration was 10 days.

²⁾ Day 2: $F = 9.05, p = 0.0023$; day 4: $F = 6.25, p = 0.0075$; day 6: $F = 7.57, p = 0.0045$; day 8: $F = 10.48, p = 0.0013$; day 10: $F = 10.47, p = 0.0013$.

³⁾ $F = 20.19, p = 0.0001$.

⁴⁾ Means followed by the same letters within a column are not significantly different at $p < 0.05$; DMRT.

情形漸緩。平均每產卵孔之卵數介於 2.75-5.46。處理後十天，蘋果表面因刺孔、脫水和果內卵孵化已漸不適合果實蠅產卵，乃終止試驗。

蘋果果實蠅在田間通常為單粒產卵，即於每一產卵孔內產一粒卵⁽¹⁶⁾。在本研究中因可供產卵的範圍受到限制，在同一孔中會有多粒卵的情形（表三），這些卵的發育程度有時會有不同，顯示同一果實蠅可能一次產下數粒卵，或由不同的果實蠅利用現成的產卵孔產卵。同時亦發現有些產卵孔內無卵，此在藥劑處理組中較普遍，應為果實蠅嚐試產卵時感覺到藥劑而未產卵之故。在本試驗中，蘋果果實蠅在可供產卵的範圍較小的情形下，當試驗時間加長時，果實蠅利用現存的產卵孔的情形明顯增加。

蘋果果實蠅在產卵後常會在蘋果表面遺留產卵忌避費洛蒙，其作用是避免其他造訪的蘋果果實蠅再產卵，以保障其子代在最有利的環境下繁衍⁽⁷⁾。蘋果果實蠅單粒產卵和產卵後遺留費洛蒙的習性，常使田間出現少數的族群即可造成多量蘋果被害的情形。在試驗進行中觀察到對照組蘋果上遺留的產卵忌避費洛蒙最多，忌避效果較差之處理組費洛蒙次之，忌避效果佳者費洛蒙最少。如前述此費洛蒙可阻礙蘋果果實蠅的產卵行為，功用上與棟樹成分之忌避性類似，因此兩者對果實蠅產卵之交感作用值得研究。由對照組的費洛蒙量、產卵孔數和產卵數顯示，當可供產卵的處所太小且果實蠅密度又高時，費洛蒙的作用降低。

Nimbin、Salannin 和 6-desacetylnimbin 會阻礙脫皮固醇的合成⁽¹⁷⁾，而影響昆蟲變態。Salannin 已被證實對多種害蟲具有抗取食作用^(15, 25, 26, 28)。綜合本試

驗結果可知，供試之 Nimbin、Salannin、6-desacetylnimbin、Toosendanin 以及含有 Desacetylnimbin、Nimbin、Epoxyazadiradione 的 Neem limonoids I 和含有 Nimbin、Salannin、Desacetylsalannin 的 Neem limonoids II 亦對蘋果果實蠅具有產卵忌避作用，且有濃度越高忌避效果越佳之趨勢。Nimbin 和 Salannin 在有紫外線和氧氣的環境中會起光氧化作用 (Photooxidation)，但產生的 Nimbinolide、Isonimbinolide 和 Salanninolide 對昆蟲仍具抗取食作用⁽¹⁴⁾。本試驗中 Nimbin 和 Salannin 可能也有光氧化的情形，其產物是否參與對蘋果果實蠅的忌避作用，無法確實得知。苦楝中 (特別是印度楝) 尚有其他成分對昆蟲亦有忌避作用，值得進一步探討。作物害蟲的忌避劑由於只能驅蟲無法直接殺蟲，實際應用上有困難，因此過去的研發一直受限。目前已證實忌避物質與誘引劑合用可以獲得兩者之加成效果⁽⁸⁾，增加未來兩者在田間同時使用之可行性，預期對果實蠅的綜合防治將有很大的助益。

謝 辭

本研究承美國 University of Massachusetts 的 Dr. Ronald J. Prokopy 提供蘋果果實蠅，Fortune Biotech 公司 Dr. John A. Immaraju 和加拿大 University of British Columbia 的 Dr. Murray B. Isman 提供試劑，兩位審稿專家指正，以及行政院國家科學委員會補助經費 (編號 36031F)，謹此致謝。

引用文獻

1. 未具名。1999。中華民國輸入植物或植物產品檢疫規定。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。69 頁。
2. 曾義雄、張弘毅。1999。寡毛果實蠅亞科世界種類之目錄及其檢索表。經濟部標準檢驗局高雄分局。193 頁。
3. 曾義雄、陳秋男。1996。植物檢疫診斷 (二)：果實蠅、潛蠅、倉庫害蟲、小蠹蟲、白蟻、蝸牛。經濟部商品檢驗局新竹分局。901 頁。
4. Aliniazee, M. T. 1988. Apple maggot management in the western United States. Oregon State University, Agricultural

Experiment Station, Special report 830: 73-81.

5. AliNiazee, M. T., and Westcott, R. L. 1986. Distribution of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). J. Entomol. Soc. Brit. Colum. 83: 54-56.
6. Anonymous. 1993. Apple maggot, pp. 100-104. In: E. H. Beers, J. F. Brunner, M. J. Willett, and G. M. Warner [eds.], Orchard Pest Management: a resource book for the Pacific Northwest. Good Fruit Grower, Yakima, Washington.
7. Averill, A. L., and Prokopy, R. J. 1987. Residual activity of oviposition-deterrent pheromone in *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) and female response to infested fruit. J. Chem. Ecol. 13: 167-177.
8. Chen, C. C., Dong, Y. J., Cheng, L. L., and Hou, R. F. 1996. Deterrent effect of neem seed kernel extract on oviposition of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in guava. J. Econ. Entomol. 89: 462-466.
9. Dowell, R. V. 1990. History of apple maggot in the western United States, pp.

- 1-22. In: R. V. Dowell, L. T. Wilson, and V. P. Jones [eds.], *Apple maggot in the west: history, biology, and control*. Div. Agric. and Natur. Res., Univ. of Calif.
10. Duan, J. J., and Prokopy, R. J. 1995. Control of apple maggot flies (Diptera: Tephritidae) with pesticide-treated red spheres. *J. Econ. Entomol.* 88: 700-707.
11. Economopoulos, A. P. 1989. Use of traps based on color and/or shape, pp. 315-327. In: A. S. Robinson, and G. Hooper [eds.], *Fruit flies: their biology, natural enemies and control*. Vol. 3B. Elsevier, Amsterdam.
12. Grainge, M., and Ahmed, S. 1988. *Handbook of plants with pest-control properties*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
13. Jacobson, M. 1989. Focus on phytochemical pesticides. Vol. I, the neem tree. CRC Press, Inc., Boca Raton. 178 pp.
14. Jarvis, A. P., Johnson, S., Morgan, E. D., Simmonds, M. S. J., and Blaney, W. M. 1997. Photooxidation of nimbin and salannin, tetranortriterpenoids from the neem tree (*Azadirachta indica*). *J. Chem. Ecol.* 23: 2841-2860.
15. Meisner, J., Ascher, K. R. S., Aly, R., and Warthen, J. D., Jr. 1981. Response of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) and *Earias insulana* (Boisd.) larvae to azadirachtin and salannin. *Phytoparasitica* 9: 27-32.
16. Metcalf, R. L., and Metcalf, R. A. 1993. *Destructive and useful insects*, 5th ed. McGraw-Hill, Inc., New York.
17. Mitchell, M. J., Smith, S. L., Johnson, S., and Morgan, E. D. 1997. Effect of the neem tree compounds azadirachtin, salannin, nimbin, and 6-desacetylnimbin on ecdysone 20-monooxygenase activity. *Arch. Ins. Biochem. Physiol.* 35: 199-229.
18. Prokopy, R. J. 1977. Attraction of *Rhagoletis* flies (Diptera: Tephritidae) to red spheres of different sizes. *Can. Entomol.* 109: 593-596.
19. Ressig, W. H. 1990. An IPM perspective: apple maggot in the eastern United States and Canada, pp. 23-36. In: R. V. Dowell, L. T. Wilson, and V. P. Jones [eds.], *Apple maggot in the west*. Div. Agric. and Natur. Res., Univ. of Calif.
20. Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annu. Rew. Entomol.* 35: 271-297.
21. Singh, R. P., and Srivastava, B. G. 1983. Alcohol extract of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) seed oil as oviposition deterrent for *Dacus cucurbitae* (Coq.). *Indian J. Entomol.* 45: 497-498.
22. Stark, J. D., Vargas, R. I., and Thalman, R. K. 1990. Azadirachtin: effects on metamorphosis, longevity, and reproduction of three tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 2168-2174.
23. Steffens, R. J., and Schmutterer, H. 1982. The effect of a crude methanolic neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extract on metamorphosis and quality of adults of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae). *Z. Angew. Entomol.* 94: 98-103.
24. Subrahmanyam, B. 1990. Azadirachtin -

- a naturally occurring insect growth regulator. Proc. Indian Acad. Sci. 99: 277-288.
25. Warthen, J. D., Jr. 1979. *Azadirachta indica*: a source of insect feeding inhibitors and growth regulators. USDA Science Education Administration, Agriculture Research Review, Manual ARM-NE-4, USDA. Washington D. C.
26. Warthen, J. D., Jr., Uebel, E. C., Dutky, S. R., Lusby, W. R., and Finegold, H. 1979. Adult house fly feeding deterrent from neem seeds. USDA Agriculture Research Review, Manual ARR-NE-2, USDA. Washington D. C.
27. White, I. M., and Elson-Harris, M. M. 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB International, Wallingford. 601 pp.
28. Yamasaki, R. B., and Klocke, J. A. 1989. Structure-bioactivity relationships of salannin as an antifeedant against the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). J. Agric. Food Chem. 37: 1118-1124.

ABSTRACT

Chen, C. C.^{1*}, Dong, Y. J.¹, Jang, E. B.², and Stark, J. D.³ 1999. Deterrent effects of several compounds from neem on oviposition of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh). Plant Prot. Bull. 41: 293-300. (¹Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, Taiwan, ROC; ²Tropical Fruit, Vegetable & Ornamental Crop Research Laboratory, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Hilo, Hawaii, USA; ³Puyallup Research and Extension Center, Washington State University, Puyallup, Washington, USA)

Four compounds (nimbin, salannin, 6-desacetylnimbin and toosendanin) and two limonoid mixtures (Limonoids I: desacetylnimbin, nimbin and epoxyazadiradione; Limonoids II: nimbin, salannin and desacetylsalannin) isolated from neem were tested for their deterring effects on oviposition of the apple maggot. The results showed that nimbin, salannin, 6-desacetylnimbin, and toosendanin significantly reduced the number of eggs laid by the flies and ovipositional punctures made on the apples treated at the concentration of 5300 ppm. The number of eggs and ovipositional punctures were also reduced by the treatments of Neem limonoids I and II at the concentration of 40000 ppm when compared with the control, however, no significant difference was found between these two neem compound mixtures. The apple maggot laid more eggs and made more ovipositional punctures on treated apples as the concentrations of neem limonoids I decreased.

(Key words: neem compound, apple maggot, ovipositional deterrence)

* Corresponding author. E-mail: chiencc@wufeng.tari.gov.tw