

殺蟎劑對二點葉蟎 *Tetranychus urticae* Koch 及加州捕植蟎 *Amblyseius californicus* (McGregor) 之選擇性¹

吳子淦 林香如 羅幹成²

摘要 殺蟎劑對二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* (Koch))，加州捕植蟎 (*Amblyseius californicus* (McGregor)) 的毒性依藥劑種類不同而有差異。合成除蟲菊類 (synthetic pyrethroids)，有機磷劑 (organophosphates) 及氨基甲酸鹽類 (carbamates) 藥劑對這二種蟎類有較高的選擇性比值 (selective ratio)。其餘類型殺蟎劑對捕植蟎、葉蟎毒性接近。Bromopropylate, binapacryl, dinobuton, propargite, oxythioquinox, smite 及 azocyclotin 七種藥劑對葉蟎、捕植蟎之 LC_{50} 選擇比更小於 1，是綜合防治時可考慮使用的殺蟎劑。

Formetanate, dinobuton 是本文內所用殺蟎劑中對二點葉蟎最有效之藥劑。以 formetanate, dinobuton 之 LC_{50} 濃度分別各經 15、16 次篩選，結果和原始濃度相比，二點葉蟎對 formetanate 產生 11.8 倍，對 dinobuton 產生 2.5 倍的抗藥性。二點葉蟎對 formetanate 具有快速產生抗藥性的能力，因此，該藥劑在田間長期使用時需注意可能發生之抗性問題。

Azocyclotin 的化學結構類似 cyclohexatin，尚未在田間正式使用。二點葉蟎對 azocyclotin 已經有了 3.5 倍的抗性，可能是對 cyclohexatin 的交互抗性所致。

二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* (Koch)) 是世界性分佈的害蟎，為害作物種類繁多，對新環境適應力強，繁殖迅速。一世代時間可增殖 94.3 倍個體⁽³⁾。加以極易對藥劑產生抗藥性，因此，近年來已成爲本省重要害蟎之一。

加州捕植蟎 (*Amblyseius californicus* (McGregor)) 曾被用以防治草莓二點葉蟎⁽¹³⁾，效果優於 *Typhlodromus occidentalis* (Nesbitt) 是一種相當有潛力的葉蟎天敵。可以配合藥劑使用，進行對葉蟎的綜合防治。

單純的使用藥劑防治葉蟎，常會導致害蟎產生抗藥性，使防治藥劑失去效果。故爲了維持藥效，常提高藥劑使用濃度，此舉更大量毒殺原本比較敏感的天敵。甚或藥劑直接刺激、改變害蟎的生理作用，引起害蟎再猖獗⁽¹⁾。爲避免上述不良現象發生，進行害蟎綜合防治時，應以對天敵毒性低的藥劑配合使用。本實驗的目的即在於找出合乎上述條件的藥劑。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1249 號。本研究爲行政院農委會補助計畫草莓葉蟎綜合防治示範 (74 農建—2—2 產植—144 號) 之一部份。

2. 本所應用動物系助理，計畫助理及研究員兼系主任。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

材料與方法

1. 供試蟲源：

二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* (Koch)):

TARI 品系：1978年自臺北市臺灣大學採回，迄1985年未接觸任何藥劑。

TAHU 品系：1984年11月由大湖地區草莓園採回。

二點葉蟎飼育方法依何及羅 (1979) 報告⁽²⁾。

加州捕植蟎 (*Amblyseius californicus* (McGregor)):

1983年6月自美國夏威夷州農部引進本省。在室內飼育於25×18公分黑色硬紙板上。紙板四周圍以濕棉花，置於28×20公分之淺盤中。盤內加水以維持棉花潮濕，防止捕植蟎逃逸。每日放入有二點葉蟎之大豆葉片飼育捕植蟎。

表1. 殺蟎劑的普通名稱及劑型

Table 1. List of common name and formulation of acaricides tested in this paper.

Common Name	Formulation
Organophosphates	
Ethion	46.5% EC
Prothoate	40% EC
Dialifor	47% EC
Dimethoate	44% EC
Omethoate	50% SC
Organochlorine Compounds	
Dicofol	35% WP
Benzomate	25% EC
Chloropropylate	22% EC
Dinitro and Nitrogen-containing Compounds	
Binapacryl	50% WP
Formetanate	50% WP
Dinobuton	30% EC
Organofluorine Compound	
Nissol	25% EC
Organic Sulfurs and Heterocyclic Compounds	
Smite	55% EC
Propargite	57% EC
Oxythioquinox	25% WP
Organobromine Compound	
Bromopropylate	22% EC
Organotin Compounds	
Cyclohexatin	50% WP
Azocyclotin	25% WP
Fenbutatin-oxide	50% WP
Carbamates	
Oxamyl	24% SC
Carbaryl	85% WP
Synthetic Pyrethroids	
Permethrin	10% EC
Decamethrin	2.8% EC
Cypermethrin	5% EC
Flucythrinate	31.6% EC
Fenvalerate	20% EC
Danitol	10% EC

2. 供試藥劑：

本實驗共使用 9 類 27 種殺蟎劑，列於表 1。所有藥劑皆以水稀釋。

3. 藥劑處理：

培養皿內裝 0.3% 洋茶膠，膠上放置十石品種大豆初葉 (primary leaf) 一片。葉背朝上，將捕植蟎或葉蟎之雌成蟎移置豆葉上，使用 Burkard Spray Tower 噴洒 1ml 藥劑稀釋液。5 種濃度，4 重覆，24 小時後記錄死亡情形，並以統計方法分析 LC_{50} 值⁽⁹⁾。

4. 抗性二點葉蟎篩選：

將 TARI 品系二點葉蟎飼育於十石大豆植株上，篩選之前先測出其對 formetanate, dinobuton 之 LC_{50} 值，再以 LC_{50} 濃度作為選汰壓力，使用手持噴霧器將藥劑噴洒在葉蟎及大豆植株上。殘

表 2. 殺蟎劑對二點葉蟎，加州捕植蟎的 LC_{50} 選擇性比值Table 2. LC_{50} Selective ratio of acaricides to *Tetranychus urticae* (TAHU strain) and *Amblyseius californicus*.

Acaricides	LC_{50} (mg/ml)		LC_{50} Selective ratio*
	<i>T. urticae</i>	<i>A. californicus</i>	
Organophosphates			
Ethion	>16	0.012	> 1,333
Prothoate	≅10	0.006	≅ 1,667
Dialifor	>16	0.068	> 235
Dimethoate	2.7	0.014	193
Omethoate	0.41	0.0017	241
Organochlorine Compounds			
Dicofol	1.33	0.4	3.3
Benzomate	4.93	3.57	1.4
Chloropropylate	0.38	0.19	2.0
Dinitro and Nitrogen-containing Compounds			
Binapacryl	0.22	0.38	0.58
Formetanate	0.068	0.019	3.6
Dinobuton	0.059	0.23	0.26
Organofluorine Compound			
Nissol	1.02	0.27	3.8
Organic Sulfurs and Heterocyclic Compounds			
Smite	2.0	5.82	0.34
Propargite	2.27	5.57	0.41
Oxythioquinox	1.01	1.31	0.77
Organobromine Compound			
Bromopropylate	0.26	0.33	0.79
Organotin Compounds			
Cyclohexatin	>16	6.12	> 2.6
Azocyclotin	1.63	2.03	0.8
Fenbutatin-oxide	>10	>10	—
Carbamates			
Oxamyl	0.32	0.03	10.7
Carbaryl	>16	0.13	> 123
Synthetic Pyrethroids			
Permethrin	0.54	0.15×10^{-3}	3,600
Decamethrin	0.31	≅ 0.01×10^{-3}	≅ 31,000
Cypermethrin	0.26	0.34×10^{-3}	764
Danitol	0.025	0.098×10^{-3}	255
Flucythrinate	1.99	1.9×10^{-3}	1,047
Fenvalerate	0.35	0.19×10^{-3}	1,842

* LC_{50} of *T. urticae*/ LC_{50} of *A. californicus*.

表3. 殺蟎劑對二點葉蟎，加州捕植蟎的 LC₉₀ 選擇性比值Table 3. LC₉₀ Selective ratio of acaricides to *Tetranychus urticae* (TAHU strain) and *Amblyseius californicus*.

Acaricides	LC ₉₀ (mg/ml)		LC ₉₀ Selective ratio*
	<i>T. urticae</i>	<i>A. californicus</i>	
Organophosphates			
Ethion	—	0.035	—
Prothoate	—	0.025	—
Dialifor	—	0.23	—
Dimethoate	19	0.053	358
Omethoate	1.36	0.0072	189
Organochlorine Compounds			
Dicofol	4.4	1.54	2.9
Benzomate	22.48	10.69	2.1
Chloropropylate	1.14	0.53	2.2
Dinitro and Nitrogen-containing Compounds			
Binapacryl	1.06	1.51	0.7
Formetanate	0.26	0.056	4.6
Dinobuton	0.091	0.38	0.2
Organofluorine Compound			
Nissol	9.42	0.66	14.3
Organic Sulfurs and Heterocyclic Compounds			
Smite	13.1	14.4	0.9
Propargite	6.81	39.41	0.2
Oxythioquinox	10.44	5.69	1.8
Organobromine Compound			
Bromopropylate	0.59	1.28	0.5
Organotin Compounds			
Cyclohexatin	—	91.92	—
Azocyclotin	8.67	8.04	1.1
Fenbutatin-oxide	—	—	—
Carbamates			
Oxamyl	1.17	0.098	11.9
Carbaryl	—	0.35	—
Synthetic Pyrethroids			
Permethrin	4.42	0.68 × 10 ⁻³	6,500
Decamethrin	2.23	—	—
Cypermethrin	0.88	1.41 × 10 ⁻³	624
Danitol	0.19	0.78 × 10 ⁻³	243
Flucythrinate	6.32	6.03 × 10 ⁻³	1,048
Fenvalerate	4.17	1.05 × 10 ⁻³	3,971

*LC₉₀ of *T. urticae*/LC₉₀ of *A. californicus*.

存子代亦以同樣方法飼育及篩選。

結 果

殺蟎劑對二點葉蟎及捕植蟎之毒性如表 2、表 3。不同類型殺蟎劑對兩種蟎類毒性差異很大。有機磷劑 (organophosphates) 對二點葉蟎已失去效果，對天敵卻有很高的毒性。LC₅₀ 選擇比 (LC₅₀ selectivte ratio) 從 193 倍至 1,667 倍。氨基甲酸鹽類 (carbamates) 的 oxamyl 選擇比只有 10.7 倍，屬於同類的 carbaryl 卻高達 123 倍以上。合成除蟲菊類藥劑 (synthetic pyrethroids) 對二點葉蟎藥效以 danitol 最好。除了 flucythrinate 之外，其餘除蟲菊類藥劑 LC₅₀ 值在 0.26mg/ml 至 0.5mg/ml 之間。此類藥劑與有機磷劑相似，對捕植蟎毒性極高。

其餘 6 類殺蟎劑對二點葉蟎毒效彼此差異很大。如 cyclohexatin, fenbutatin-oxide LC_{50} 值超過 10mg/ml，而 formetanate 及 dinobuton LC_{50} 值只有 0.068mg/ml 及 0.059mg/ml (表 2)。這 6 類殺蟎劑對二點葉蟎及捕植蟎的 LC_{50} 選擇比都在 4 倍以下。甚至如 bromopropylate, binapacryl, dinobuton, propargite, oxythioquinox, smite 及 azocyclotin 等 7 種殺蟎劑對捕植蟎之成蟎反比對二點葉蟎安全。以 LC_{90} 值比較藥劑對二點葉蟎及捕植蟎之毒性 (表 3)，可以發現，binapacryl, dinobuton, smite, propargite 及 bromopropylate 五種藥劑之 LC_{90} 選擇比小於 1。此五種殺蟎劑在緊急防治二點葉蟎，提高使用濃度時，不致於將捕植蟎全數毒殺。

和 TARI 品系二點葉蟎相比，TAHU 品系二點葉蟎對殺蟎劑都有不同程度的抗藥性產生 (表 4)。對 cyclohexatin, fenbutatin-oxide, formetanate 抗性程度最高。儘管 formetanate,

表 4. 大湖品系二點葉蟎對殺蟎劑的抗性程度

Table 4. Resistant ratio of two strains of twospotted spider mite to acaricides.

Acaricide	LC_{50} (mg/ml)		Resistant ratio*
	TARI	TAHU	
Dicofol	0.24	1.33	5.5
Benzomate	1.16	4.93	4.3
Chloropropylate	0.21	0.33	1.8
Binapacryl	0.041	0.22	5.4
Formetanate	0.0062	0.068	11
Dinobuton	0.023	0.059	2.6
Nissol	0.71	1.02	1.4
Smite	0.29	2.0	6.9
Propargite	0.35	2.27	6.5
Oxythioquinox	0.58	1.01	1.7
Bromopropylate	0.21	0.26	1.2
Cyclohexatin	0.89	>16	>18
Azocyclotin	0.47	1.63	3.5
Fenbutatin-oxide	0.56	>10	>17.9

* LC_{50} of TAHU strain/ LC_{50} of TARI strain.

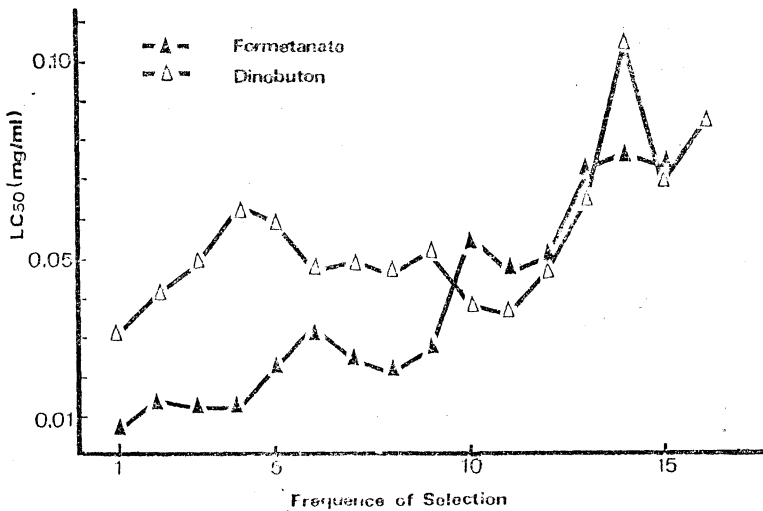


Fig. 1. Development of resistance to formetanate and dinobuton in two-spotted spider mites (TARI strain).

圖 1. TARI 品系二點葉蟎對 formetanate 和 dinobuton 抗藥性產生情形

dinobuton 仍是最有效的殺蟎劑，TAHU 品系二點葉蟎對其已有相當程度的抗性。室內篩選二點葉蟎的結果（圖 1）亦指出二點葉蟎很容易對 formetanate 產生抗藥性，對 dinobuton 則較不易誘發出抗性。此結果和 TAHU 品系葉蟎抗性產生情形相符。

討 論

合成除蟲菊類藥劑 (synthetic pyrethroids) 對於落葉果樹葉蟎之天敵具有極高毒性，相反的，在相同濃度之下卻不見得對害蟎有效⁽⁷⁾。Hoyt et al. 指出施用 permethrin 的濃度和二點葉蟎密度升高有關。更由於施用這類藥劑使西方捕植蟎 (*Typhlodromus occidentalis*) 密度急劇降低，無法有效控制葉蟎，引起葉蟎大發生⁽¹²⁾。此外，使用 fenvalerate 也會改變二點葉蟎取食行為，形成忌避現象⁽¹⁰⁾。

表 2 與表 3 所列合成除蟲菊類藥劑，對二點葉蟎和加州捕植蟎選擇比在所用各類型藥劑中最高，達 31,000 倍 (decamethrin) (表 2)，其餘也高至千倍，最低者 (danitol) 亦有 255 及 243 倍。顯示所選用的除蟲菊類藥劑，由綜合防治的觀點來看，並不適用於防治二點葉蟎。Permethrin 與 cypermethrin 化學結構近似，對二點葉蟎 LC_{50} 值相近，但對天敵 LC_{50} 選擇比由 3600 倍劇降至 764 倍。Hall 的報告也指出 fenpropanate, fenvalerate 對歐洲葉蟎 (*Panonychus ulmi* (Koch)) 藥效差異甚大⁽¹⁰⁾。Plummer et al. 將除蟲菊類藥劑結構稍加改變，證明能提高對二點葉蟎的毒性⁽¹⁴⁾。有機磷劑的 dimethoate, omethoate 化學結構只是 $s=P<$ 和 $o=P<$ 的差異，對葉蟎藥效差異也很大 (表 2)。這些結果說明一些對天敵毒性強或對葉蟎無效的殺蟎劑可以經由化學結構上的些許改變以增加對葉蟎毒效、降低對天敵毒性。

二點葉蟎對有機磷殺蟎劑如 ethion, prothoate, dialifor 已經有很強的抗藥性，導致二點葉蟎及加州捕植蟎之間有百倍以上的選擇比值 (表 2、表 3)。羅及趙報告指出二點葉蟎對有機磷劑產生抗藥性以及有機磷劑對天敵強烈毒殺作用，是二點葉蟎猖獗的可能原因⁽⁴⁾。

氨基甲酸鹽類中 oxamyl LC_{50} 選擇比只有 10.7 倍。carbaryl 的選擇比却高達 123 倍以上，且對二點葉蟎沒有防治效果。由於有機磷類，氨基甲酸鹽類藥劑是防治害蟲的主要藥劑類型，大量使用的結果，很容易因葉蟎產生抗藥性，造成亞致死效果 (sublethal effect)⁽⁷⁾，因而改變葉蟎繁殖潛能⁽⁵⁾及毒殺天敵的雙重影響，使葉蟎常有再猖起 (resurgence) 的現象。

除了上述三類藥劑，其餘類型殺蟎劑對二點葉蟎及加州捕植蟎毒性接近。顯示若在適當的使用之下，將較能把葉蟎及其天敵棲羣調整至適當的比例。

Cyclohexatin 在世界各地用於防治害蟎，具有對害蟎毒性高對天敵低毒的性質。Croft et al. 指出 cyclohexatin 自 1970 年代使用至今，並未產生抗藥性問題，部份的原因是配合綜合防治限制 cyclohexatin 的施用次數及濃度⁽⁸⁾。若未能配合綜合防治方法將很容易使葉蟎對 cyclohexatin 產生抗藥性⁽¹¹⁾。大湖地區二點葉蟎對 cyclohexatin 突出的抗性程度 (表 4)，顯示以往該地區曾長期而大量地使用 cyclohexatin 防治二點葉蟎。

azocyclotin, cyclohexatin 是化學結構類似的有機錫劑 (organotin), azocyclotin 尚未在本省田間使用。TAHU 品系葉蟎對其有近 4 倍的耐藥性產生，明顯是由於對 cyclohexatin 的交互抗性所致 (表 4)。

室內篩選結果如圖一。若和原始濃度相比，二點葉蟎分別產生 11.8 倍 (對 formetanate)、2.5 倍 (對 dinobuton) 抗性，證明二點葉蟎對 formetanate 抗性產生速度較快，和田間結果一致。TARI 品系對 formetanate LC_{50} 值為 0.0062 mg/ml (表 3) 和加州捕植蟎選擇比只有 0.3 倍，然而由於 TAHU 品系二點葉蟎對 formetanate 產生抗藥性，使二者選擇比躍升為 3.6 倍 (表 2)，遂不利於天敵的生存。dinobuton 較不易誘發出二點葉蟎抗藥性，且對天敵毒性亦低，可以作為基本防治藥劑之一，配合其它方法以防治二點葉蟎。formetanate 雖然在目前對二點葉蟎有最

好的藥效，但長遠看却不是可以信賴的理想藥劑。Croft et al. 也由抗性遺傳證據指出 formetanate 不能取代 cyclohexatin 及其它殺蟎劑⁽⁸⁾。除非能建立一套合理防治方法，否則 formetanate 無法長期有效的防治二點葉蟎。

運用天敵及殺蟎劑進行葉蟎綜合防治是很可行的防治方法，可以有效減少因用藥引起的各種不良影響，又可維持作物不受蟎害確保產量。天敵對藥劑的忍受能力一般不如二點葉蟎，同時天敵對藥劑抗性產生能力也因食餌的限制，不易發展出抗藥性⁽⁶⁾。因此在選用藥劑時，須以對天敵毒性低者為優先。此外，尚須考慮葉蟎對殺蟎劑抗性產生的速度，避免為了維持殺蟎效果，不斷提高用藥濃度，使天敵遭受毒害或使害蟎產生亞致死反應而引起再猖獗現象發生。

誌 謝

本實驗所用加州捕植蟎係獲賴博永博士之助，由美國夏威夷州農部引進本省，謹此申謝。

參考文獻

1. 何坤耀，1984，農藥引起柑桔葉蟎再崛起現象之觀察。植保會刊26：99—108。
2. 何琦琛、羅幹成，1979，溫度對二點葉蟎 *Tetranychus urticae* 生活史及繁殖力之影響。中華農業研究28：261—271。
3. 施劍鑿、謝忠能，1977，溫度對二點葉蟎 (Two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch) 之生物特性，生命表及棲羣增殖率之影響。植保會刊19：324—325。
4. 羅幹成、趙若素，1975，一般農藥對兩種紅蟎重要天敵毒性之初步試驗。中華農學會報新92：81—86。
5. Boykin, L. S., and W. V. Campbell. 1982. Rate of population increase of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on peanut leaves treated with pesticides. J. Econ. Entomol. 75: 966-971.
6. Croft, B. A., and K. Strickler. 1983. Natural enemy resistance to pesticides: Documentation, Characterization, Theory and Application. in: Pest Resistance to Pesticides (G. P. Georgiou and T. Saito, eds) pp. 669-702. Plenum Press, New York.
7. Croft, B. A., and M. E. Whalon. 1982. Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. Entomophaga 27: 3-21.
8. Croft, B. A., R. W. Miller, R. D. Nelson, and P. H. Westigard. 1984. Inheritance of early-stage resistance to Formetanate and Cyhexatin in *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 77: 574-578.
9. Finney, D. J. 1971. Probit analysis. 3rd Edition. pp. 20-49.
10. Hall, F. R. 1979. Effect of synthetic pyrethroids on major insect and mite pest of apple. J. Econ. Entomol. 72: 441-446.
11. Mansour, F. A. and H. N. Plant. 1979. The effectiveness of various acaricides against resistant and susceptible carmine spider mites. Phytoparasitica 7: 185-193.
12. Hoyt, S. C., P. H. Westigard, and E. C. Burts. 1978. Effect of two synthetic pyrethroids on the codling moth, Pear Psylla, and various mite species in northwest apple and pear orchards. J. Econ. Entomol. 71: 431-434.
13. Oatman, E. R., J. A. McMurtry, F. E. Gilstrap, and V. Voth. 1977. Effect of releases of *Amblyseius californicus*; *Phytoseiulus persimilis*; and *Typhlodromus occidentalis* on the two-spotted spider mite on strawberry in southern California. J. Econ. Entomol. 70: 45-47.
14. Plummer, E. L., A. B. Cardis, A. J. Martinez, W. A. Vansaun, R. M. Palmere, D. S. Pincus, and R. R. Steward. 1983. Pyrethroid insecticides derived from substituted Biphenyl-3-ylmethanols. Pestic. Sci. 14: 560-570.

Selectivity of Acaricides to Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch and the Predatory Mite, *Amblyseius californicus* (McGregor)¹

Tze-kann Wu, Shiang-ru Lin and Kang-chen Lo²

Summary

The responses of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch) and their predator, *Amblyseius californicus* (McGregor) to acaricides tested were different. The selective ratio between the spider mite and predatory mite was depended on the chemical structure of acaricides. Generally, synthetic pyrethroids, organophosphates and carbamates are more toxic to the predatory mite than to two-spotted spider mite, and resulted high selective ratios. Other groups of acaricides stated safer to the predatory mite, usually, the LC_{50} selective ratios were less than 4.

Six acaricides i. e. bromopropylate, binapacryl, dinobuton, propargite, oxythioquinox and smite showed effective control to the two-spotted spider mite, and less harmful to the predatory mite, the LC_{50} selective ratio were less than 1. These acaricides can be used as agents for the integrated control of mite pests.

Formetanate and dinobuton are the two most effective acaricides that we used in this treatment for the two-spotted spider mite control. While after 15 and 16 generation of selections, two-spotted spider mite developed 11.8 and 2.5 folds of resistance to formetanate and dinobuton, respectively. Two-spotted spider mite showed ability in rapidly developing resistance to formetanate, so this acaricide should be carefully used in the field.

The chemical structure of azocyclotin is similar to cyhexatin. Field two-spotted spider mite have showed 3.5 folds of resistance to the former, although azocyclotin has not been used in Taiwan before. The insensitivity may due to the cross-resistance from cyhexatin, since azocyclotin and cyhexatin are very similar in their chemical structure.

-
1. Contribution No. 1249 from the Taiwan Agricultural Research Institute. This project was granted by council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.
 2. Junior Entomologist, Project employee and Senior Entomologist and Head, respectively. Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China