

634.1199

L2932

V.2

최 종
연구보고서

제초제를 이용한 사과 점박이응애와 사과원 잡초
동시방제에 의한 생력화에 관한 연구

Control Effect of Glufosinate Ammonium(Basta^R) against
Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch.)
and Weeds on Apple Orchards

연구기관

서울대학교

농림부

최 종 보 고 서

1997년도 농림수산특정연구사업에 의하여 완료한 '제조제를 이용한 사과 점박이용애와 사과원 잡초 동시방제에 의한 생력화에 관한 연구' 과제의 최종 보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

- 첨부 : 1. 최종보고서 8부
2. 최종보고서 디스켓 1매

1997. 11.

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 안 용 준

주관연구기관장 : 서울대학교 총장 직인



농림부장관 귀하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “除草劑를 이용한 사과 점박이응애와 사과원 雜草 同時防除에 의한 省力化에 관한 研究” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 11.

주관연구기관명 : 서울대학교
총괄연구책임자 : 안 용 준
연 구 원 : 유 재 기
연 구 원 : 조 형 찬
연 구 원 : 이 성 은
연 구 원 : 이 회 선
연 구 원 : 안 희 성

要 約 文

I. 題 目

除草劑를 이용한 사과 점박이응애와 사과원 雜草 同時 防除에 의한 省力化에 관한 研究

II. 研究開發의 目的 및 重要性

사과는 輸出 有望 作物의 하나로 高附加 價値性 品質向上을 통한 國際 競爭力 강화가 絶실히 요망되고 있는데, 國內 사과 栽培面積은 1985년 37,698ha에서 1991년 51,000ha, 1993년 53,000ha로 증가추세에 있으나, 사과 생산을 위한 總勞動力 投資時間은 300坪當 375시간으로 日本의 306시간, 美國의 43시간에 비하여 월등히 높으며, 그중 病, 害蟲 및 雜草의 방제를 위한 작업시간은 64시간으로 총 소요 노동력의 17%를 점하고 있을 뿐 아니라, 農村人口의 減少와 勞動力의 老齡化·婦女化 및 人件費 상승등으로 병, 해충, 잡초의 適期防除가 대단히 어려운 실정에 있어, 防除 作業의 省力化가 시급한 실정에 있다.

현재 우리나라 사과원에서의 사과점박이응애 (*Tetranychus urticae* Koch) 및 雜草 防除는 주로 殺蟬劑 및 除草劑에 의한 化學的 防除에 의존하고 있다. 이들 약제들은 방제에 의한 收量增加에는 크게 기여하였으나, 이들 약제의 連用과 濫用 (殺痺劑의 경우 5-6回/年, 除草劑의 경우 2-4回/年 撒布)은 人畜에 대한 毒性, 環境汚染, 사과의 品質低下, 抵抗性 害蟲의 출현, 害蟲의 異狀激發現象, 天敵에 대한 惡影響, 有用昆蟲의 殺害 등 심각한 副作用을 초래하여 새로운 低毒性 代替藥劑의 선발 또는 有機合成農

藥의 사용을 줄이면서 合理的으로 해충을 방제할 수 있는 새로운 害蟲防除法의 개발이 필요한 시점에 있다.

또한 Green Round 및 WTO 성립 등으로 農産物 및 農藥에 의한 環境汚染에 대한 관심이 국제적으로 고조되고 있을 뿐 아니라, 輸出入 農産物중의 殘留農藥 規制가 강화되고 있는 현 상황에서 生産費 節減에 의한 高附加 價値性 無公害 사과 생산을 통한 國際 競爭力 強化가 시급한 실정이다.

따라서 本 研究은 農藥 사용을 최대한도로 줄이면서 害蟲과 雜草를 同時防除하여 環境 保存 및 維持를 위한 害蟲綜合管理體系 (Integrated Pest Management)를 개발하여 農家에 보급함으로써 省力化에 의한 防除費 節減效果 및 殘留가 없는 高附加 價値 사과 재배에 의한 국제경쟁력 강화로 輸出增大 및 國內消費 增加에 의한 農家所得 增大를 꾀하고자 수행되었다.

III. 研究開發 內容 및 範圍

응애 및 雜草를 방제하기 위하여 合成農藥에 의한 化學的 防除 위주의 管理體系에 따른 防除費의 증가, 人件費 상승 및 環境汚染 등 제반 副作用을 최대한 줄이면서 응애 및 雜草를 同時 防除하여 合理的인 防除 體系를 확립하는 것이 本 研究의 目的로서 그 內容 및 範圍는 ① 사과원 점박이응애의 殺蟬劑 抵抗性 모니터링, ② Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統의 殺蟬劑 交差抵抗性, ③ 除草劑의 殺蟬效果, ④ 除草劑 Glufosinate ammonium과 수종 殺蟬劑가 天敵類에 미치는 影響, ⑤ Glufosinate ammonium이 점박이응애의 生物學的 特性에 미치는 影響, ⑥ Glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除效果, ⑦ 사과원에서의 점박이응애 省力防除體系, ⑧ 사과원 土壤 및 사과에 있어서의 農藥 殘留로 되어 있으며, 상세한 내용은 다음과 같다.

1. 사과원 점박이응애의 殺蟬劑 抵抗性 모니터링

國內 주요 사과 산지인 안동, 충주, 나주, 김제, 군위, 수원, 연기 및 예산에 소재한 사과원에서 채집한 점박이응애 (*Tetranychus urticae* Koch) 와 日本 千葉縣소재 千葉大學 本山直樹 박사로부터 分讓받은 室內 感受性 系統의 점박이응애에 4종 殺蟬劑 azocyclotin, fenpyroximate, propargite 및 pyridaben을 噴霧法 (leaf-disk spray method)으로 처리하고 나서 48시간 후에 半數致死濃度值 (LC₅₀ 값)와 抵抗性比를 산출하여 지역에 따른 殺蟬劑 抵抗性 발달 정도를 조사하였다.

2. Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統의 殺蟬劑 交差抵抗性

8개 지역 사과원 중에서 높은 抵抗性을 보인 예산지역 個體群을 실내에서 dicofol, fenpyroximate, pyridaben LC₃₀ 정도로 懸濁된 藥液으로 20일간격으로 20회 淘汰시키고 나서 abamectin을 비롯한 6종 殺蟬劑의 dicofol, fenpyroximate, pyridaben 抵抗性 系統에 대한 交差抵抗性을 噴霧法으로 조사하여 이들 약제에 대한 저항성 pattern을 추정하였다.

3. 除草劑의 殺蟬效果

非選擇性 果園 除草劑인 glyphosate 液劑, fluoxypyr·glyphosate 液劑, glufosinate ammonium 液劑, paraquat dichloride 液劑, bromacil 水和劑, sulfosate 液劑, oxyfluorfen 乳劑, tebuthylazine 水和劑 및 oryzalin 水和劑의 감수성 사과점박이응애의 發育態 (알, 幼蟲, 若蟲 및 成蟲)에 따른 殺蟬活性을 조사하였다.

Dicofol, fenpyroximate 및 pyridaben으로 25世代 淘汰시킨 抵抗性 사과점박이응애와 가평, 김천, 안동 및 옥산지역 사과원에서 채집한 사과점박이응애 및 glufosinate ammonium 으로 15世代 淘汰시킨 抵抗性 점박이응

에系統을 噴霧法을 이용하여 glufosinate ammonium을 처리하고 나서 48시간 후의 살비효과를 조사하였다.

感受性 系統의 사과점박이응애에 噴霧法으로 glufosinate ammonium을 처리하고 나서 10, 13, 18, 22, 25 및 32℃의 항온기에 48시간 동안 보관한 후 半數致死濃度值를 산출하여, 溫度와 glufosinate ammonium의 살비활성간의 관계를 조사하였다.

4. 除草劑 Glufosinate ammonium과 수종 殺蟬劑가 天敵類에 미치는 影響

본 실험에 사용된 天敵은 무당벌레 (*Harmonia axyridis*), 칠성플잠자리붙이 (*Chryopa cognata*), 포식성 총채벌레 (*Scolothrips takahashi*), 애꽃노린재 (*Orius sauteri*) 및 긴털이리응애 (*Amblyseius womersleyi*)이었다.

室內 檢定の 경우, 蟲體浸漬法 (insect dipping method)을 이용하여 생물검정을 하였다. 公試天敵을 15초간 炭酸가스로 癡醉시킨 후 망사로 만든 자루에 담아 glufosinate ammonium, chlorfenapyr, flufenoxuron, tebufenpyrad 용액에 30초간 浸漬한 후 死蟲率을 조사하여 이들 약제들이 天敵에 미치는 영향을 평가하였다.

野外 檢定の 경우, chlorfenapyr, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, chlorfenapyr + flufenoxuron, flufenoxuron, tebufenpyrad을 勸獎濃度로 사과나무에 처리하고나서 시기별로 公試天敵의 密度를 조사하여 이들 약제들이 天敵에 미치는 영향을 평가하였다.

5. Glufosinate ammonium이 점박이응애의 生物學的 特性에 미치는 影響

감수성 계통과 glufosinate ammonium으로 15세대 淘汰시킨 抵抗性 系統 (抵抗性比, 4.5)에 각각 LC₁, LC₁₀ 농도로 glufosinate ammonium을 처리한

후 産卵數, 孵化率, 性比 및 壽命을 조사하여 除草劑 glufosinate ammonium이 점박이응애의 生物學的 特性에 미치는 영향을 평가하였다. 이때 LC_1 , LC_{10} 은 감수성 계통의 경우 각각 2.21 ppm, 8.57 ppm이었으며 glufosinate ammonium 저항성 계통에서는 각각 2.97 ppm과 15.04 ppm이었다.

6. Glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除效果

경기도 수원시 및 화성군 정남면 소재 사과원과 경상북도 군위 소재 사과원에 glufosinate ammonium 液劑와 對照藥劑로서 glyphosate 液劑 및 paraquat dichloride 液劑를 300 ml/300평의 약량으로 5월에 처리하였으며 除草效果는 처리 20일 후에 조사하였다.

7. 사과원에서의 점박이응애 省力防除體系

점박이응애와 雜草의 同時 防除에 의한 省力防除體系를 確立하기 위하여 1995년, 1996년 및 1997년 3년간에 걸쳐 室內 조건과 野外 조건하에서 실험을 수행하였으며, 주된 내용은 室內 實驗에 의한 代替藥劑의 開發 및 사과원에서의 사과점박이응애의 省力防除體系의 確立이었다.

우리나라 사과원의 사과점박이응애는 既存 殺蟬劑에 대한 抵抗性의 발달로 이들 殺蟬劑로는 방제가 거의 불가능한 것으로 알려져 있어 새로운 代替藥劑를 선별하기 위하여 室內 조건하에서 fenpyroximate + propargite 3 + 10% 水和劑, fenpyroximate + bifenthrin 2 + 1.5% 水和劑, chlorfenapyr + fenbutatin oxide 2.5 + 2.5% 液劑, tebufenpyrad + diafenthiuron 2.5 + 20 % 水和劑, amitraz + bifenthrin 1.5 + 1.5% 乳劑, azocyclotin, fenazaquin 20% 液劑, tebufenpyrad 10% 水和劑의 감수성 점박이응애에 대한 살비효과를 噴霧法으로 조사하였다.

殺蟬劑의 野外 效果 實驗은 10년생 '후지'가 세로 6 m, 가로 3 m 간격으로 심어진 경기도 수원 및 화성군 정남 소재 사과원에서 실시하였다. liter당 fenpyroximate + propargite 20 + 67 mg (AI), fenpyroximate + bifenthrin 20 + 15 mg (AI), chlorfenapyr + fenbutatin oxide 25 + 150 mg (AI), tebufenpyrad + diafenthiuron 25 + 200 mg (AI), amitraz + bifenthrin 150 + 15 mg (AI), azocyclotin 63 mg (AI), fenazaquin 67 mg (AI), tebufenpyrad 50 mg (AI), chlorofenapyr 50 mg (AI), chlorofenapyr + flufenoxron 30 + 40 mg (AI), flufenoxron 50 mg (AI)의 藥量으로 사과나무에 처리하고 나서 5일 간격으로 密度를 조사하였으며 처리 20일 째에 防除價 (protective value)를 산출하여 選擇性 殺蟬劑를 선발하였다.

점박이응애의 省力防除體系를 確立하기 위하여 上記 實驗과 동일한 圃場에서 실시하였는데 glufosinate ammonium은 5월초와 8월초 2회 처리하였으며 殺蟬劑는 응애 密度가 사과잎당 3-4 마리에 달하는 시기에 1회 및 2회 處理하여, 處理回數에 따른 방제효과를 검정하였다. Glufosinate ammonium과 殺蟬劑는 liter당 glufosinate ammonium 540 mg (AI), fenpyroximate + propargite 20 + 67 mg (AI), tebufenpyrad + diafenthiuron 25 + 200 mg (AI), azocyclotin 63 mg (AI), abamectin 6 mg (AI), chlorfenapyr 50 mg (AI), tebufenpyrad 500 mg (AI), fenazaquin 67 mg (AI)로 사과나무에 처리하였으며, 점박이응애의 密度는 각 처리후 1주일 간격으로 알을 제외한 發育 段階 (幼蟲, 若蟲 및 成蟲)의 生蟲數를 조사하였다.

公試藥劑가 사과에 미치는 영향을 조사하기 위하여 5월 중순경 新梢에, 5월 하순경 어린 果實에 공시약제를 基準量과 倍量 처리하여 3일 간격으로 藥害 유무를 조사하였다.

8. 사과원 土壤 및 사과에 있어서의 農藥 殘留

土壤中에 있어서의 農藥 分解를 조사하기 위하여 본 시험에서 天敵에 毒性이 낮으면서 우수한 除草效果 및 殺蟎效果를 보인 除草劑 glufosinate ammonium과 탁월한 응애 방제효과를 보인 選擇性 殺蟎劑 chlorfenapyr를 공시하였다. 경기도 수원 소재 사과원 및 경북 안동과 군위 소재 사과원에 10 x 10 m로 區劃을 정한 후, glufosinate ammonium은 수원 사과원의 경우 5월 19일에, 안동과 군위 사과원의 경우 5월 23일에 勸獎濃度인 300坪當 100 liter (54 g AI/300坪)의 약량을 살포하였으며, chlorfenapyr는 실제로 점박이응애가 발생하는 시기를 택하여 처리하였는데 수원 사과원의 경우 7월 10일, 8월 5일과 8월 25일에 처리하였으며, 안동과 군위 사과원의 경우 7월 12일, 8월 7과 8월 27에 권장농도인 300坪當 500 liter (50 g AI/300坪)의 약량을 살포하여 處理回數別 및 時期別로 土壤 및 사과를 채취한 후 토양 및 사과에 있어서의 glufosinate ammonium과 chlorfenapyr의 分解를 gas chromatography로 分析하였다.

IV. 研究開發結果 및 活用に 대한 建議

가. 研究開發結果

1. 사과원 점박이응애의 殺蟎劑 抵抗性 모니터링

8개 地域의 사과원에서 채집한 점박이응애의 4종 殺蟎劑에 대한 感受性을 조사한 결과 地域 및 藥劑이 종류에 따라서 藥劑 感受性에 커다란 차이를 보이고 있는데, fenpyroximate의 경우 抵抗性比 (RR)는 18~237배로서 대부분 지역에서 높은 抵抗性이 발달되고 있는 것으로 나타났으나 특히 예

산 (RR, 237배), 안동 (RR, 108배), 김제 (RR, 89배)에서 현저하였다. Pyridaben에 대해서는 예산 (RR, 78), 김제 (RR, 51) 지역에서 높은 저항성을 보였으며, azocyclotin의 경우에는 조사된 지역 대부분에서 저항성 발달이 낮은 수준이었다 (RR, 1.3~5.8). Propargite는 안동지역 계통에서는 抵抗性比가 39.4로 높은 수준이었지만 수원지역 계통은 0.3정도의 RR을 보여 지역간 저항성 발달 정도의 變異가 심하여 地域別로 적절한 약제를 선택한다면 效率的인 點박이응애의 防除가 가능하리라고 판단되었다.

8개 지역계통에서 藥劑 相互間의 抵抗性 發達의 關聯性을 조사해 본 결과 각 지역계통들의 propargite와 azocyclotin의 저항성 간의 相關係數는 0.82였으며, pyridaben과 fenpyroximate에 대한 저항성 간의 相關係數는 0.78이었다.

2. Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統의 殺蟬劑 交差抵抗性

抵抗性 發達이 가장 현저하였던 예산지역의 點박이응애 (YF)를 dicofol, fenpyroximate, pyridaben로 淘汰한 DR₂₀, FR₂₀, PR₂₀ 계통의 7종 殺蟬劑들에 대한 저항성을 조사한 결과, abamectin에 대해서는 이들 도태 계통 모두 저항성이 감소하였다. Azocyclotin의 경우, 세 도태 계통중 PR₂₀만이 1.4로 저항성의 증가를 보였으며, dicofol에 대해서는 PR₂₀과 FR₂₀이 강한 逆相關 交差抵抗性이 관찰되었다. DR₂₀은 fenpropathrin에 대해 저항성의 증가를 보였지만, PR₂₀, FR₂₀은 저항성 증가를 보이지 않았다. Fenpyroximate의 경우에 있어서는 PR₂₀은 YF의 1.6배의 감수성 저하를 보였으며, propargite에 대해서는 FR₂₀과 DR₂₀이 강한 交差抵抗性을 보였으나 PR₂₀은 propargite에 대한 저항성은 오히려 YF보다 낮고 그 感受性 정도가 室內系統과 차이가 없는 것으로 나타나 pyridaben은 propargite와 逆相關 交差抵抗性 관계에 있었다. Pyridaben에 대해서는 PR₂₀을 제외한 다른 淘

汰 系統 모두 저항성의 증가를 보이지 않았다.

3. 除草劑의 殺蟬效果

10種 果園 除草劑의 사과점박이응애의 蟲態 (알, 幼蟲, 若蟲, 成蟲)에 대한 살비효과는 glufosinate ammonium의 경우 1.185 mg (AI) 처리에서 幼蟲과 若蟲에 대하여 100% 살비력을 보였으며, 成蟲의 경우에도 2.370 mg (AI) 처리에서 95% 이상의 살비력을 나타내어 사과원 점박이응애 방제를 위하여 많이 사용되고 있는 azocyclotin 水和劑와 비슷한 살비효과를 보였으나, 모든 처리농도에서 殺卵效果 (ovicidal activity)는 없었다. 기타 果園 除草劑들의 경우 살비활성을 보이지 않았다.

Glufosinate ammonium은 dicofol (抵抗性比 [RR], 161.0), fenpyroximate (RR, 252.2) 및 pyridaben (RR, 239.7) 각각의 淘汰 系統과 가평, 김천, 안동 및 옥산 지역 野外 個體群에 대해 비교적 낮은 抵抗性比를 나타내어 (pyridaben 도태계통의 경우 13.4), 국내 사과원의 점박이응애의 방제에 유효할 것으로 판단되었다.

溫度는 殺蟬劑의 活性에 영향을 미치는 가장 중요한 要因중의 하나이기 때문에 glufosinate ammonium의 온도에 따른 살비효과를 조사한 결과, 이 제초제의 살비력은 陽의 相關關係 (positive temperature coefficient)를 나타내고 있으나, 18℃ 이하에서는 살비효과가 낮았으며, 22℃이상에서 살비력이 높아 22℃, 25℃, 32℃에서의 glufosinate ammonium의 살비효과는 10℃에 비해 각각 10배, 17배, 20배로서 사과원 除草劑 撒布時期를 고려할 때 5월에 사용하여도 점박이응애 防除에 충분히 이용될 수 있을 것으로 사료되었다.

感受性 사과점박이응애를 glufosinate ammonium으로 噴霧法으로 15世代 淘汰하였을 때 약 4배의 抵抗性을 나타내어 타 약제에 비하여 저항성 발달

이 미미하여 상당 기간 응애 방제에 사용이 가능할 것으로 생각되었다.

Glufosinate ammonium과 6종 殺蟬劑에 대한 glufosinate ammonium 淘汰점박이용애의 交差抵抗性を 조사한 결과 fenazaquin (抵抗性比 0.4), fenpyroximate (抵抗性比 0.4)와 pyridaben (抵抗性比 0.3)의 경우 逆相關交差抵抗性を 보였으며, propargite와 azocyclotin, tebufenpyrad의 경우에도 각각 1.4, 0.9, 0.7정도의 抵抗性比를 나타내어 이들 약제는 glufosinate ammonium 抵抗性 系統에 效果的 이었다.

4. 除草劑 Glufosinate ammonium과 수종 殺蟬劑가 天敵類에 미치는 影響

칠성플잠자리붙이의 幼蟲과 번데기에 대한 glufosinate ammonium의 毒性을 噴霧法을 이용하여 실내에서 검정한 결과 결과, glufosinate ammonium은 1080 ppm과 같은 높은 농도에서도 칠성플잠자리붙이 3齡 幼蟲에는 毒性을 나타내지 않았다. 번데기의 경우, 1080 ppm에서는 16.6%, 勸獎濃度인 540 ppm 에서는 14.2%의 사충률을 보여 이 약제는 칠성플잠자리붙이에는 毒性이 매우 낮음을 알 수 있었다.

애꽃노린재의 각 蟲態에 따른 glufosinate ammonium의 毒性을 실내에서 검정한 결과 알, 3齡 幼蟲과 成蟲의 경우, 勸獎濃度인 540 ppm 처리에서 71.4%, 65%, 57.8%의 死蟲率을 보였으며, 67.5 ppm과 같은 낮은 농도에서도 각각 42.9%, 65%, 57.8%의 死蟲率을 나타내어 이 天敵에는 毒性이 높았다.

무당벌레의 각 蟲態에 따른 glufosinate ammonium의 毒性을 室內 조건에서 검정한 결과, 孵化幼蟲을 제외한 모든 發育段階 (알, 老熟 幼蟲 및 成蟲)에서 glufosinate ammonium에 강한 耐性を 나타내어 540 ppm에서 50% 미만의 死蟲率을 보였다. 키틴합성저해제 flufenoxuron의 毒性은 무당벌레의 알, 末齡 幼蟲, 번데기, 成蟲에 1000 ppm 이상의 LC₅₀을 보여 毒性이

대단히 낮음을 알 수 있었다. 또한, 低毒性 殺蟬劑인 chlorfenapyr의 경우 무당벌레의 알, 末齡 幼蟲, 번데기, 成蟲에 1000 ppm 이상의 LC₅₀을 보여 毒性이 낮았다.

사과 점박이용애의 가장 중요한 天敵으로 알려진 긴털이리응애의 蟲態에 따른 tebufenpyrad의 毒性을 室內에서 검정한 결과, 알의 경우에 있어서 100 ppm 처리에서 9.1% 이라는 낮은 살충효과를 보였으나, 幼蟲과 成蟲의 경우 25 ppm 처리에서 각각 81.8%와 45.6%의 殺蟲效果를 보여 이들 蟲態에는 毒性이 높음을 알 수 있었다. 또한 glufosinate ammonium의 경우 勸獎濃度인 540 ppm을 처리하였을 때 긴털이리응애의 幼蟲과 成蟲에 100%의 死蟲率을 보였으며, 저농도인 135 ppm 에서는 幼蟲의 경우 67%, 成蟲의 경우 46%의 死蟲率을 나타내었으나, 알에 대해서는 毒性을 보이지 않았다.

Tebufenpyrad, chlorfenapyr, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, chlorfenapyr + flufenoxuron, flufenoxuron을 각각 liter당 勸獎濃度인 50 mg (AI), 50 mg (AI), 25 + 125 mg (AI), 30 + 40 mg (AI), 50 mg (AI)로 사과에 처리하였을 때 사과원 棲息 天敵類 (칠성플잠자리붙이, 애꽃노린재, 捕食性 총채벌레, 긴털이리응애)에 미치는 영향을 조사한 결과 flufenoxuron의 경우 다른 藥劑들 보다 天敵에 미치는 영향이 낮음을 알 수 있었다. 기타 약제의 경우에 있어서는 處理區와 無處理區 간에 이들 公試天敵의 密度에 현저한 차이를 보여 이들 藥劑를 사용할 경우에는 天敵에 영향을 미치지 않는 時期의 選擇이 중요할 것으로 판단되었다.

5. Glufosinate ammonium이 점박이용애의 生物學的 特性에 미치는 影響

感受性 系統과 glufosinate ammonium 淘汰 系統의 점박이용애에 대한 glufosinate ammonium 亞致死濃度 (LC₁, LC₁₀)의 영향을 각각 조사하였는데 감수성 점박이 응애의 경우 LC₁₀ (6.57 ppm)에서 産卵數의 減少가 관찰되

있을 뿐 壽命, 孵化率 및 性比는 무처리구와 커다란 차이를 보이지 않았으며 glufosinate ammonium 淘汰 점박이응애의 경우에 있어서도 産卵數, 壽命, 孵化率 및 性比에 있어서 有意性 있는 차이가 관찰되지 않았다.

6. Glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除效果

Glufosinate ammonium은 처리 20일째 조사에서 바랭이에 대해서는 85% 정도로 낮은 防除價를 나타내었으나 쑥, 별꽃, 냉이, 망초, 독새풀에 대해 95% 이상의 防除價를 보여 果園 除草劑로서 많이 이용되고 있는 glyphosate나 paraquat dichloride에 필적할 만한 除草效果를 보였다.

7. 사과원에서의 점박이응애 省力防除體系

公試除草劑중에서 glufosinate ammonium의 殺蟬效果 및 除草效果가 탁월하였기 때문에 실제 野外 圃場에서 사과점박이응애와 사과원 雜草의 同時 防除에 의한 省力體系를 확립하고자 1995년, 1996년과 1997년 3년간에 걸쳐 實驗을 수행하였다.

국내 사과원 점박이응애의 경우, 각종 殺蟬劑에 대한 抵抗性의 발달로 代替藥劑의 선발이 시급한 실정에 있어 tebufenpyrad와 fenazaquin을 공시하여 感受性 및 dicofol 抵抗性 DR₂₀ 系統, fenpyroximate 抵抗性 FR₂₀ 系統, pyridaben 抵抗性 PR₂₀ 系統의 점박이응애에 대한 살비효과를 室內에서 검정한 결과, tebufenpyrad는 25 ppm 에서도 알, 幼蟲, 若蟲, 成蟲 모두에 100%의 殺蟬效果를 보였으며, 그 효과는 가장 널리 이용되고 있는 azocyclotin에 匹敵하였다. 또한, tebufenpyrad는 저항성 DR₂₀, FR₂₀ 및 PR₂₀ 계통 모두에 대하여 각각 15배, 24배, 33배의 抵抗性을 나타내어 dicofol, fenpyroximate, pyridaben을 많이 사용한 사과원에서의 사용은 주의를 요하였다. Fenazaquin의 경우에 있어서는 알, 幼蟲, 若蟲에는 강한

살비효과를 보였으나 成蟲에 대해서는 살비효과가 낮았다. 또한, tebufenpyrad는 感受性 및 殺蟬劑 抵抗性 응애에 대하여 忌避效果를 나타내지 않았다.

抵抗性 사과점박이응애에 효과적인 藥劑를 선발하고자 混合劑 및 單劑 7 약제의 殺蟬效果를 사과원에서 검정한 결과, chlorfenapyr, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, chlorfenapyr + flufenoxuron, flufenoxuron, tebufenpyrad, fenazaquin, fenpyroximate + propargite, fenpyroximate + bifenthrin, tebufenpyrad + diafenthiuron, amitraz + bifenthrin, azocyclotin 및 fenazaquin가 90%이상의 우수한 防除價를 보여 새로운 代替藥劑로서의 이용 가능성이 높았으나, 응애의 효과적 密度抑制을 위해서는 2회의 公試藥劑 처리를 요하였다. 또한 chlorfenapyr은 사과응애에 대해서는 방제효과가 낮았으나 chlorfenapyr + fenbutatin oxide는 對照藥劑인 tebufenpyrad와 對等한 정도의 防除效果를 보였다.

Glufosinate ammonium을 사과원 雜草에 처리하고나서 수종 殺蟬劑를 처리하였을때 점박이응애에 대한 密度 抑制效果는 약 20-40일 동안 持續되었다. 그러나, 처리 75일 후에는 점박이응애의 密度가 glufosinate ammonium 처리구와 무처리구 간에 차이가 없었으며 그 후에도 대조구와 비슷한 密度 增加를 보여 glufosinate ammonium 처리구에 本 實驗에서 選拔된 abamectin, tebufenpyrad, chlorfenapyr, fenazaquin, fenpyroximate + propargite, tebufenpyrad + diafenthiuron, azocyclotin을 처리한 후 점박이응애에 대한 密度 抑制效果를 조사한 결과 3종 殺蟬劑 모두 처리 20일째까지 30엽당 2~4마리의 응애밀도를 보였다. 그러나, glufosinate ammonium 1回 處理區와 2回 處理區에 있어서의 점박이응애 密度 抑制效果에는 커다란 차이를 보이지 않았다.

野外實驗에 공시된 약제들을 基準量과 倍量으로 '후지'와 '쓰가루' 사

과 新梢 및 어린 果實에 처리하였을 때 사과잎에 斑點이라든가 葉燒 등의 藥害를 유발하지 않아 실제 사과원에서의 사용이 가능하였다.

8. 사과원 土壤 및 사과에 있어서의 農藥 殘留

土壤중의 農藥 分解를 조사하기 위하여 수원, 안동과 군위 소재 사과원에 glufosinate ammonium을 각각 300坪當 100 liter (54 g AI/300坪)의 藥량을 1회와 2회 撒布하였을 때의 半減期는 1회 處理時 수원, 안동 및 군위 사과원 토양의 경우, 각각 7.9日, 8.5日, 8.1日 이었으며, 2회 處理의 경우 각각 8.4日, 9.2日, 8.7日 이었다. Chlorfenapyr는 실제로 점박이응애가 발생하는 시기를 택하여 300坪當 500 liter (50 g AI/300坪)의 약량을 2회 처리하였을 때의 半減期는 수원, 안동 및 군위의 경우 1회 處理時 각각 21日, 31日, 27日 이었으며, 2회 處理時 각각 30日, 45日, 41日 이었다.

사과중의 農藥 殘留를 조사하기 위하여 상기 사과원의 사과나무에 glufosinate ammonium은 각각 300坪當 100 liter (54 g AI/300坪)의 藥량을 1회 및 2회 처리하였을 때의 사과중 殘留量은 모든 처리구에서 거의 검출이 되지 않아 殘留許容基準值 (推定值 0.3 ppm) 미만이었다. Chlorfenapyr의 경우에는 300坪當 500 liter (50 g AI/300坪)의 약량을 3회 처리하였을 때의 사과중 殘留量은 處理回數別 및 時期別에 따라 달라 나타났으나 모든 처리구에서 0.10-0.21 ppm을 나타내어 殘留許容基準值 (推定值 1 ppm) 미만이었다.

나. 活用に 대한 建議

國內 사과 生産을 위한 總勞動力 投資時間은 300坪當 375시간으로 日本의 306시간, 美國의 43시간에 비하여 월등히 높으며, 그중 病, 害蟲 및 雜

草의 防除를 위한 作業時間은 64시간으로 總 所要 勞動力의 17%를 점하고 있을 뿐 아니라, 農村人口의 減少와 勞動力의 老齡化·婦女化 및 人件費 上昇등으로 病, 害蟲, 雜草의 適期防除가 대단히 어려운 실정에 있어, 防除 作業의 省力化가 시급한 실정에 있다. 또한, 우리나라 사과원에서의 사과점박이용에 및 雜草防除는 주로 殺蟬劑 및 除草劑에 의한 化學的 防除에 의존하고 있어 이들 약제의 連用과 濫用 (殺비劑의 경우 5-6回/年, 除草劑의 경우 2-4回/年 撒布)은 人畜에 대한 毒性, 環境汚染, 사과의 品質低下, 抵抗性 害蟲의 出現, 天敵에 대한 惡影響 등 심각한 副作用을 초래하여 새로운 低毒性 代替藥劑의 選拔 또는 有機合成 農藥의 使用을 줄이면서 合理的으로 害蟲 및 雜草를 同時에 防除함으로써 人件費·防除費의 節減 및 環境汚染을 최대한 줄일 수 있는 새로운 害蟲防除法의 開發에 의한 高附加 價值性 無公害 사과를 생산함으로써 國際 競爭力을 提高할 시급한 시점에 있다.

本 研究의 結果로부터, 除草劑 glufosinate ammonium은 사과점박이용에의 幼蟲과 若蟲 및 成蟲에 대하여 세계적으로 널리 이용되고 있는 殺蟬劑 azocyclotin 보다 卓越한 殺蟬效果를 보였을 뿐만 아니라 사과점박이용에의 天敵類 (칠성잠자리붙이, 애꽃노린재, 무당벌레, 긴털이리응애)에 대해서도 選擇毒性을 보였으며 점박이용애에 대해서는 忌避活性을 나타내지 않았는데 glufosinate ammonium의 이러한 特性은 실제 사과원에서의 점박이용애를 效率적으로 防除하는데 있어서 커다란 長點이 될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, glufosinate ammonium은 사과원 주요 雜草인 쑥, 벌꽃, 냉이, 망초, 독새풀 등에 대해서는 95% 이상의 우수한 除草效果를 보였으나 바랭이에 대해서는 85% 정도의 防除價를 나타내어 이에 대해서는 새로운 防除法의 開發이 요구된다. 한편, glufosinate ammonium을 300坪當 100 liter (54 g AI/300坪)의 藥量을 2回 撒布하였을 때 土壤중 半減期 및 사

과중 殘留量은 處理回數別 및 時期別에 따라 달리 나타났으나 土壤中에 있어서의 半減期는 7.9~9.2日 이었으며 사과중 殘留量은 모든 처리구에서 거의 검출이 되지 않아 殘留許容基準值 (推定值 0.3 ppm) 미만이었다. 반면, chlorfenapyr의 경우는 300坪當 500 liter (50 g AI/300坪)의 藥量을 토양 및 사과나무에 3회 처리하였을 때 土壤中에 있어서의 半減期 및 사과중 殘留量은 處理回數別 및 時期別에 따라 달리 나타났으나 모든 처리구에서 土壤에 있어서의 半減期는 21~45日 이었으며 사과중 殘留量은 모든 처리구에서 0.10~0.21 ppm을 보여 殘留許容基準值 (推定值 1 ppm) 미만이었다.

따라서 5월 초에 glufosinate ammonium을 처리한 후, 7월 중순 경에 本 研究에서 選拔된 防除效果가 높으면서 사과점박이응애의 天敵類에 대하여 毒性이 낮은 chlorfenapyr, flufenoxuron 單劑 또는 이들 殺蟬劑의 混合劑 등의 選擇性 殺蟬劑를 처리한다면 雜草 및 응애를 同時 防除하여 省力化에 의한 人件費·防除費 節減效果와 汚染源의 減少에 의한 環境保存 및 維持를 기대할 수 있을 뿐 아니라 良質의 사과를 收穫함으로써 사과의 國內 消費增加 및 國際競爭力 提高에 의한 輸出增大로 農家所得 增大 등의 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되어, 本 研究에서 確立된 防除法은 害蟲 綜合管理 (Integrated Pest Management)에 있어서 하나의 주요 要素로 活用할 수 있을 것으로 판단된다.

SUMMARY

Control Effect of Glufosinate Ammonium against the Two-Spotted Spider Mite and Weeds on Apple Orchards

Apples are one of the major fruit crops in Korea where their cultivation area was approximately 52,098 ha in 1994, and is increasing every year due to their economic significance. Among six species of spider mite pests of apple in Korea, the most important is the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). If not managed properly from the early growth-stage of this fruit crop, this mite species adversely affects quantity and quality such as weight, sugar content, hardness and acidity of fruits when adults and immature stages feed excessively on leaves. Current control of *T. urticae* populations in Korea is primarily dependent upon repeated applications of acaricides or acaricide groups. Between 1990~1994, an average of nearly 0.23 million (AI) kg per year of acaricides was used in Korea for controlling this spider mite species. Although they have effectively controlled this spider mite, their continued use on apple orchards for several decades has disrupted biological control by natural enemies and led to resurgences in this spider mite populations, and the development of widespread resistance to various types of acaricides. Many of the 36 acaricides registered for use on

apple have failed to provide adequate control of this spider mite after two or three years of use in the field. Besides these problems, factors such as higher labour costs, pesticide application costs, safety, and adverse effects on environment make apples difficult to cultivate. This economic consideration, and the decreasing efficacy and increasing concern over adverse environmental effects of the earlier types of acaricides have brought about the need for the development of new types of selective control alternatives or alternative control methods with reduced use of synthetic pesticides. In the laboratory and field studies described herein, we assessed the effectiveness against *T. urticae* and weeds of the widely used herbicides (glufosinate ammonium, paraquat dichloride, and glyphosate) and several acaricides, to avoid unnecessary pesticide applications. The effect of temperature on the acaricidal activity of glufosinate ammonium was also investigated in relation to practical use in apple orchards.

Eight field-collected populations of *T. urticae* from apple orchards of different geographical areas were tested for resistance to four acaricides by spray method in comparison with a susceptible strain (SS). Marked regional variations of susceptibility were observed. Only low to moderate resistance to azocyclotin and propargite was obtained. However, high resistance to fenpyroximate and pyridaben was produced. Resistance between azocyclotin and propargite ($R^2 = 0.81$) and between fenpyroximate and pyridaben ($R^2 = 0.77$) in field-collected populations of *T. urticae* showed positive

correlation. All of the strains tested were susceptible to one or more of the acaricides used. These results indicate that careful selection of the chemical used against any population of *T. urticae* might result in satisfactory control.

The toxicities of various groups of acaricide to *T. urticae* were evaluated in laboratory and field studies. In a laboratory study with the susceptible *T. urticae*, tebufenpyrad was highly effective against egg, immature (larvae and protonymphs) and adult stages at 25 ppm (100% mortality). Moderate levels of resistance to tebufenpyrad were observed in dicofol resistant (R) DR₂₀ (resistance ratio, 15-fold), fenpyroximate resistant FR₂₀ (24-fold) and pyridaben resistant PR₂₀ strains (33-fold), indicating a careful usage of this acaricide on apple orchards. Additionally, tebufenpyrad had no repellent activity against both the S and R adults. In 1995, 1996 and 1997 field studies of a population of *T. urticae*, efficacy of tebufenpyrad, expressed as a protective value at 15 or 20 d in each treated plot relative to untreated plot, was similar to that of the commonly used azocyclotin and fenazaquin. No phytotoxicity was observed with this acaricide in 17-yr-old 'Fuji' and 11-yr-old 'Tsugaru' apple trees. Results similar to those produced by tebufenpyrad were obtained in treatment with abamectin, chlorfenapyr, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, chlorfenapyr + flufenoxuron, flufenoxuron, tebufenpyrad, fenazaquin, fenpyroximate + propargite, fenpyroximate + bifenthrin, tebufenpyrad + diafenthiuron, amitraz + bifenthrin, azocyclotin and fenazaquin. Based upon laboratory and field data, these acaricides may be used to

prevent damage by *T. urticae* and in alteration with the earlier types of acaricides in a resistance management program if a properly timed treatment is done.

The toxicities of 10 herbicides widely used in apple orchards to *T. urticae* were evaluated in laboratory and field studies. In a laboratory study with all stages of the susceptible *T. urticae*, glufosinate ammonium was highly effective against larvae, protonymphs and adults, but nontoxic to eggs. Its efficacy was much greater than that of the commonly used acaricide azocyclotin. The immatures died within 24 hr after treatment, suggesting that the nymphicidal action may be attributable to a direct effect rather than an inhibitory action of chitin synthesis. Glufosinate ammonium showed a positive temperature coefficient of toxicity against *T. urticae* adults at six temperatures from 10 to 32°C, being more toxic at higher temperatures. Very low levels (approximately 2- to 13-fold) of resistance to the herbicide were observed in the seven field-collected *T. urticae* populations resistant to various acaricides and three acaricide-resistant strains of *T. urticae* (DR₂₀, FR₂₀ and PR₂₀). Additionally, Cross resistance of the glufosinate ammonium-selected strain to azocyclotin, fenazaquin, fenpyroximate propargite, pyridaben and tebufenpyrad was not observed. These results indicate that glufosinate ammonium against any population of *T. urticae* might result in satisfactory control. Treatment with glufosinate ammonium did not cause a repellent response from either adults or immature stages of *T. urticae*.

However, no acaricidal activity against all stages of *T. urticae* was produced from the treatment with paraquat dichloride, glyphosate, fluoxypyr · glyphosate, bromacil, sulfosate, oxyfluorfen, terbuthylazine, and oryzalin. In a field study of a population of *T. urticae*, glufosinate ammonium when sprayed to weeds caused significant decrease in *T. urticae* population densities in apple trees for three to nine weeks after treatment, as compared with control. Thereafter, a single application of standard acaricides to apple foliage greatly reduced population densities, although there was no difference in the densities between the glufosinate ammonium-treated and control plots. Based upon laboratory and field data, two single treatments with glufosinate ammonium to weeds in May and a selective acaricide to apple trees in July may be used to prevent damage by *T. urticae*.

The effects of sublethal doses of glufosinate ammonium on the biology of the susceptible and glufosinate ammonium-resistant strains of *T. urticae* were investigated in laboratory. There were no significant differences in the number of eggs laid, adult longevity, hatchability and sex ratio of either the susceptible or resistant strains of *T. urticae* at a concentration of LC₁₀.

The toxicities of herbicide glufosinate ammonium and various acaricides to the five natural enemy species were evaluated in laboratory and field studies. In the laboratory study, glufosinate ammonium was highly selective to *Chryopa cognata* and *Harmonia axyridis* and was moderately selective to *Orius sauteri*. Similar

results were also obtained from the treatment with acaricide chlorfenapyr and flufenoxuron. In case of *Amblyseius womersleyi*, glufosinate ammonium was very toxic to larvae and adults, but nontoxic to eggs. Tebufenpyrad exhibited adverse effect on *A. womersleyi*, but this predatory mite species was much more tolerant than *T. urticae*: this compound exhibited 2.8, 82.2 and 46.6% mortality against egg, immature and adult stages at 25 ppm, respectively. In the field studies, flufenoxuron among test acaricides was highly low toxic to these natural enemies. Based upon our laboratory and field data, flufenoxuron and tebufenpyrad may be used to prevent damage by *T. urticae* and in alteration with the earlier types of acaricides in a resistance management program if a properly timed treatment with these acaricides is done.

The residue analysis of glufosinate ammonium or chlorfenapyr in soils of apple orchards was determined under field conditions in 1997, using gas chromatography. When a single application of glufosinate ammonium 18% soluble concentrate at a rate of 54 g AI/10a was done to soils of apple orchards in Suwon, Andong and Gunwi, the half-life of this compound was 7.9, 8.5 and 8.1 days, respectively whereas the half-life of this compound treated with two applications was 8.4, 9.2 and 8.7 days, respectively. When chlorfenapyr 10% wettable powder at a rate of 50 g AI/10a was applied to soils of apple orchards in Suwon, Andong and Gunwi, the half-life of this compound was 21, 31 and 27 days, respectively whereas the half-life of this compound treated with two applications was 30, 45 and 41

days, respectively.

The residue analysis of glufosinate ammonium or chlorfenapyr in apples was determined under field conditions in 1997, using gas chromatography. Glufosinate ammonium 18% Soluble Concentrate at a rate of 54 g AI/10a or chlorfenapyr 10% Wettable Powder at a rate of 50 g AI/10a was applied two or three times to apple trees in apple orchards in Suwon, Andong and Gunwi. The residue amounts of glufosinate ammonium (trace) or chlorfenapyr (0.11~0.21 ppm) in apples were below tolerance limit in all treatment plots, regardless of number of applications.

In conclusion, glufosinate ammonium may be a key component of integrated pest management for controlling *T. urticae* and weeds in apple orchards because this herbicide revealed potent acaricidal activity at a low application rate, excellent herbicidal activity to various weeds and little or no toxicity against natural enemies such as predatory mite species, lacewings and ladybeetles under laboratory and field conditions. Additional benefits such as savings in labor costs, pesticide application costs and lowering of the possibility of environmental contamination would be also expected.

CONTENTS

Chapter I. Introduction	28
Chapter II. Materials and Methods	36
Section 1. Monitoring of resistance to acaricides in field-collected populations of <i>Tetranychus urticae</i> on apple orchards	36
Section 2. Cross resistance of dicofol-, fenpyroximate-, and pyridaben- selected <i>T. urticae</i> to various acaricides	37
Section 3. Acaricidal activity of various herbicides to <i>T. urticae</i> ...	39
Section 4. Effects of herbicide glufosinate ammonium and several acaricides on natural enemies	41
Section 5. Effect of glufosinate ammonium on biological characteristics of <i>T. urticae</i>	43
Section 6. Herbicidal activity of glufosinate ammonium to various weeds on apple orchards	44
Section 7. Establishment of biorational <i>T. urticae</i> control system on apple orchards	45
Section 8. Residues of pesticides in soils and apples	51
Chapter III. Results	56
Section 1. Monitoring of resistance to acaricides in field-collected populations of <i>Tetranychus urticae</i> on apple orchards	56
Section 2. Cross resistance of dicofol-, fenpyroximate-, and pyridabe n-selected <i>T. urticae</i> to various acaricides	58
Section 3. Acaricidal activity of various herbicides to <i>T. urticae</i> ...	62
Section 4. Effects of herbicide glufosinate ammonium and several	

acaricides on natural enemies	68
Section 5. Effect of glufosinate ammonium on biological characteristics of <i>T. urticae</i>	78
Section 6. Herbicidal activity of glufosinate ammonium to various weeds on apple orchards	79
Section 7. Establishment of biorational <i>T. urticae</i> control system on apple orchards	82
Section 8. Residues of pesticides in soils and apples	95
Chapter IV. Discussion	98
References	115

目 次

第 1 章 序 論	28
第 2 章 材 料 및 方 法	36
第1節 사과원 점박이응애의 殺蟬劑 抵抗性 모니터링	36
第2節 Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統의 殺蟬劑 交差抵抗性	37
第3節 除草劑의 殺蟬效果	39
第4節 除草劑 glufosinate ammonium과 數種 殺蟬劑가 天敵類에 미치는 影響	41
第5節 Glufosinate ammonium이 점박이응애의 生物學的 特性에 미치는 影響	43
第6節 Glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除效果	44
第7節 사과원에서의 점박이응애 省力防除體系	45
第8節 사과원 土壤 및 사과에 있어서의 農藥 殘留	51
第 3 章 結 果	56
第1節 사과원 점박이응애의 殺蟬劑 抵抗性 모니터링	56
第2節 Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統의 殺蟬劑 交差抵抗性	58
第3節 除草劑의 殺蟬效果	62
第4節 除草劑 glufosinate ammonium과 수종 殺蟬劑가 天敵類에 미치는 影響	68
第5節 Glufosinate ammonium이 점박이응애의 生物學的 特性에 미치는 影響	78
第6節 Glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除效果	79
第7節 사과원에서의 점박이응애 省力防除體系	82
第8節 사과원 土壤 및 사과에 있어서의 農藥 殘留	95
第 4 章 考 察	98
引用文獻	115

第 1 章 序 論

우리나라의 사과는 그 栽培 面積에 있어서 1995년 현재 50,103 ha로 전체 果樹 재배 면적의 29%를 점유하고 있을 뿐 아니라 전체 과일 生産量의 31%를 차지하고 있어 經濟적으로 매우 중요하다 (園藝研究所, 1996). 그러나 國內 사과의 經營 規模는 외국에 비해 매우 零細하고 害蟲管理體系도 農藥의 慣行的 撒布에만 依存하는 등 많은 문제점을 지니고 있어 合理的 害蟲管理體系의 樹立이 시급한 실정에 있다.

사과를 加害하는 것으로 보고된 312종의 害蟲중 가장 심각한 被害를 주는 것으로는 응애과 (Tetranychidae)에 속하는 점박이응애 (*Tetranychus urticae* Koch)와 사과응애 (*Panonychus ulmi* Koch)를 들 수 있다 (韓國植物保護學會, 1986; 李, 1990). 점박이응애는 1960년대까지는 2次害蟲으로서 果樹 및 果樹園 주위의 雜草나 園藝作物 등에서 발생하여 피해를 줄 만 큼의 밀도 증가를 보이지 않았으나 有機合成農藥의 連用과 濫用으로 이들의 발생을 억제하고 있던 天敵類의 減少 및 除去로 인한 먹이사슬의 破壞와 이들 점박이응애의 빠른 抵抗性 發達 능력으로 인해 오늘날 問題害蟲으로 등장하게 되었다 (李, 1990). 특히 이들은 發育期間이 짧아, 年間 發生 世代數가 많으므로 殺蟬劑에 의한 淘汰의 기회가 많을 뿐 아니라 移動性이 낮아 외부로부터 感受性 遺傳子를 가진 개체의 침입이 적어 近親交配가 일어나기 쉬운 특성을 지니고 있다 (Asada, 1978). 이러한 점박이응애의 특성은 殺蟬劑에 대한 높은 抵抗性 발달을 초래해 國內에서는 果樹의 慢性的 主要 害虫일 뿐 아니라 菜蔬類와 花卉類등에도 큰 피해를 주고 있는 실정이다. 이러한 응애류의 防除를 위해서 지금까지 주로 化學 殺蟬劑에 의존해 왔기 때문에 天敵類의 減少, 害蟲의 抵抗性 發達, 人畜에 대한 毒性 및

環境汚染과 같은 副作用으로 사과 재배에 있어서 큰 문제가 되고 있다 (Croft 등, 1987). 실제로 우리나라의 경우 응애류의 방제를 위해 사용된 殺蟬劑는 1995년에는 有效成分 (active ingredient, AI)으로 환산하면 약 400톤 규모에 달했고 그 撒布回數만도 년 7~8회 이었다 (농약공업협회, 1996).

응애류의 防除藥劑 중에서 fenbutatin oxide, azocyclotin, cyhexatin 과 같은 有機朱錫系 殺蟬劑는 탁월한 殺蟬效果, 타 殺蟬劑군에 대한 非交叉抵抗性 및 天敵에 대한 選擇毒性的의 장점으로 인하여 (Croft 등, 1987) 세계 각국에서 널리 사용되어 왔으나, 이들 화합물은 人畜에 毒性을 가지며 環境汚染을 야기시켜 가까운 장래에 사용이 規制될 것으로 알려져 있으며 실제로 cyhexatin은 1990년 이후 國內에서 사용이 금지되었다 (官報, 1989). 이러한 기존 殺蟬劑의 效果減少와 副作用의 증대는 최근 農村人口의 減少와 老齡化·婦女化로 農村勞質의 上昇 (일반노임의 1.5~3倍)과 함께 효율적 사과원 해충 방제 전략으로 省力防除의 필요성을 증대시키고 있다. 따라서 점박이응애의 효과적 抵抗性 管理를 위해서는 混合劑나 殺蟬劑의 交互使用과 같은 害蟲群 管理戰略의 시급한 개발이 절실한 실정에 있다 (Leeper 등, 1986).

藥劑 抵抗性이란 用語는 1945년 Wigglesworth에 의해 처음으로 언급되었는데 抵抗性이란 1958년 世界保健機構 (WHO)가 제창한 정의에 따르면 "the developed ability in a strain of insects to tolerate doses of toxicants which would prove lethal to the majority of individuals in a normal population of the same species"로 正常的 集團 대다수를 죽일 수 있는 藥量에 견디어 낼 수 있는 能力이다 (Anonymous, 1957). 藥劑 感受性은 대상 생물의 종류에 따라 달리 나타나고 있는데, 同一種 중에서 系統간에 약제 감수성에 차이가 있을 때는 抵抗性 (resistance)이라고 하

고, 異種간에 차이가 있을 때는 無反應成 (refractoriness), 또는 選擇毒性 (selective toxicity)이라고 한다. 遺傳學的으로는 抵抗性은 子孫에 遺傳되는 특성으로, 正常 遺傳子로부터 突然變異한 抵抗性 遺傳子の 작용에 의해 先天的으로 약제 감수성이 낮은 상태를 의미하지만, 이에 반해 環境條件이 곤충의 발육상태에 양호하게 작용하여 蟲體의 크기 증가나 殺蟲劑의 접촉 혹은 寄主植物의 成分에 의한 곤충의 일시적인 解毒酵素의 誘導 등 物理·化學的 스트레스 등에 의해 약제 감수성이 2-4倍 정도 저하한 상태는 耐性 (tolerance)으로 불리고 있어 抵抗性과는 구별된다. 集團 遺傳學的으로는 抵抗性的의 발달은 곤충 집단내에 존재하는 抵抗性 遺傳子が 殺蟲劑의 淘汰壓에 의해 집단내에서 그 頻度가 증가하는 현상이라고 생각되고 있는데, 이 抵抗性 遺傳子の 起源에 대해서는 前適應說 (pre-adaptation hypothesis)과 後適應說 (post-adaptation hypothesis)이 알려져 있으나, 前者의 경우 많은 실험에 의해 입증되고 있는 반면, 後者의 경우 실험적 입증은 적다 (Crow, 1957). 따라서 抵抗性 遺傳子是 殺蟲劑와는 관계없이 야기되는 突然變異에 의해 존재하는데 이러한 저항성 유전자의 自然突然變異의 빈도는 1遺傳子座에 대해 1세대당 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ 로 추정되고 있다 (Crow, 1957; 正野, 1983). 또한 살충제 저항성을 나타내는 단위로는 抵抗性比 (resistance ratio, 抵抗性 系統의 LC_{50} 값/感受性 系統의 LC_{50} 값)가 많이 사용되는데 抵抗性比가 10倍 이하인 경우는 low, 10 ~ 40倍의 경우는 moderate, 40 ~ 60倍는 high, 60倍 이상은 extremely high로 구별하기도 한다 (林, 1983).

殺蟲劑 抵抗性에 관한 최초의 보고는 1908년 미국에서 石灰硫黃合劑에 대한 산호제깍지벌레 (*Quadraspidiotus perniciosus*)의 감수성 저하였지만 실제로는 제 2차 세계대전 이후 많은 有機合成殺蟲劑가 개발되어 해충방제에 도입되면서 본격적으로 논의되었다. 1945년 최초의 有機合成殺蟲劑인

DDT가 도입된 이래 1949 ~ 1957년에는 62종, 1968 ~ 1978년에는 148종, 1979 ~ 1988년에는 90여종의 곤충이나 응애에서 새로이 저항성이 보고되고 있어 1988년의 경우 하나 이상의 약제에 저항성을 지니는 곤충이나 응애는 무려 504종에 이른다 (Georghiou, 1990). 저항성 발달이 보고된 종들 중에서 農業害蟲으로 중요한 것들은 56.1%, 衛生害蟲으로 중요한 것들은 39.3%로 抵抗性 種의 대부분을 차지하고 있으며, 花粉媒介나 寄生, 捕食子 등 有用昆蟲이 저항성을 보이는 경우는 전체의 4.1%에 지나지 않는다는 사실은 현재 곤충 및 응애의 저항성 발달이 매우 심각하다는 것을 입증하고 있다 (Georghiou, 1990).

응애의 殺蟬劑 抵抗性에 대한 최초의 보고는 Compton과 Kearns(1937)에 의한 seloside $[(\text{KNH}_4\text{S})\text{Se}]$ 이지만, 실제적으로 殺蟬劑 저항성은 제2차 세계대전이후에 많은 有機合成殺蟬劑가 개발되어 해충방제에 도입되면서 본격적으로 논의되었다. 美國의 경우에 있어서 1946 ~ 1948년에 hexaethyl tetraphosphate와 parathion이 장미의 응애 방제에 사용되면서 1948년에 이들 약제에 대한 점박이응애의 저항성 발달이 보고 되었고 (Smith와 Fulton, 1951), 日本에서는 1958년 schradan 저항성 굴응애의 출현이 보고 되었다 (Seiki와 Matsuo, 1959). 우리나라에서는 李(1969)가 parathion과 kelthane에 대한 점박이응애와 사과응애의 지역별 저항성을 처음 보고한 이후 dicofol, fenpyroximate, pyridaben, acrinathrin, amitraz 등에 대한 광범위한 지역적 저항성 발달이 趙 등(1995)과 宋 등(1995)에 의해 보고된 바 있다.

高橋(1979)에 따르면 現象學的으로는 하나의 殺蟲劑로 곤충을 累代處理하였을 때 2종 이상의 살충제에 대해 동시에 抵抗性이 생기는 것을 交差 抵抗性(cross resistance) 이라고 하며, 이때 특정 종류의 약제에는 저항성을 나타내나 타약제에 대해서는 오히려 감수성이 증가하는 경우를 逆相

關交差抵抗性(negatively correlated cross resistance) 이라고 한다. 또한 2종 이상의 살충제를 처리하였을 때 생기는 비슷한 현상을 複合抵抗性(multiple resistance) 이라고 한다. 한편 單一 遺傳子가 複數의 抵抗性 메커니즘을 지배하는 것에 의해 타약제에도 저항성을 나타내는 경우를 交差抵抗性이라고 하며, 동시에 존재하는 다른 遺傳子에 의해 타 살충제에도 저항성을 나타내는 경우 複合抵抗性이라고 한다. 交差抵抗性에 관한 연구는 저항성 연구에 있어서, 이미 알려진 저항성 메커니즘을 확인하는데 필요할 뿐 아니라 새로이 밝혀진 저항성 메커니즘의 특성을 규정하는데 중요하다 (Scott, 1990). 특히 새로운 代替藥劑 선발을 위해서는 既存 殺蟬劑들의 交差抵抗性 pattern 分析이 반드시 선행되어야 하는데, 지금까지는 有機磷系를 제외한 기타 殺蟬劑群에 대한 交差抵抗性 연구가 매우 부족한 실정에 있다. 그러나 dicofol 抵抗性 점박이용애는 여러 계통의 殺蟬劑와 교차저항성을 나타내는 것으로 많은 연구자들에 의해 보고된바 있는데, Kono(1985)는 dicofol과 유사한 구조를 가진 diallylcarbinol계 약제인 BCPE, BPPS, bromopropylate, chloropropylate, proclono 그리고 PPPS와 有機磷系 藥劑인 acephate, dialifos 그리고 ESP에 대해, Fergusson-Kolmes(1991)는 amitraz, bromopropylate 및 chlorobenzilate에 대해서, 그리고 김 등(1994)은 amitraz와 acrinathrin에 대해 비교적 큰 交差抵抗性을 보고한 바 있다. 따라서 殺蟬劑 저항성 점박이용애의 출현에 효율적으로 대처하기 위해서는 타 殺蟬劑와의 交差關係를 살핀후 綜合的인 防除對策이 검토되는 것이 바람직 하다.

殺蟲·殺비劑의 藥效 評價에 있어서 溫·濕度, 藥劑의 使用法, 昆蟲의 種類, 發育 段階 등에 따른 효과를 확인하는 것은 필수적인데 발육 단계에 따른 곤충의 약제 감수성 변화에 관해서는 Harris와 Svec(1968)이 검거세미나방 (*Rhyacia ypsilon* Ret)과 dark-sided cutworm (*Euxon messoria*

Harr.)의 유충에 있어서 齡期가 진행됨에 따라 DDT, aldrin, dursban, galectron과 같은 살충제에 대하여 耐性이 현저히 증가한다는 보고한 바 있다. 이는 발육 단계가 진행됨에 따라 昆蟲體의 크기가 증대할 뿐 아니라 表皮層이 두터워져 殺蟲劑의 透過度가 감소한 때문으로 보이나, 昆蟲 자체의 生理學的 또는 生化學的인 變化가 살충제에 대한 耐性을 증대시킬 가능성도 배제할 수 없는 것으로 보인다. 또한 安 등(1980)과 趙 등(1996)은 수종의 약제를 담배거세미나방의 幼蟲에, Kim 등(1992)은 diflubenzuron을 톱다리개미허리노린재에 微量局所處理法으로 처리하였을 때 齡期가 증가함에 따라 살충력이 감소하는 것은 체중 증가 뿐 아니라 곤충 자체의 생리·생화학적인 변화에 기인한다고 하였다.

殺蟲·殺蟬劑는 처리후, 光線, 溫度, 濕度, 降雨, 기타 원인에 의하여 分解되고 流失되어 결국은 致死量 이하의 농도에서 害蟲의 生殖力이나 生存力에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 低濃度에 접한 해충 개체군들의 生殖力增大로 인한 害蟲의 異狀激發現象 (resurgence)이 果樹의 응애류에서 보고된 바 있으나 (Croft와 Brown, 1975), 실제 응애 방제에 있어서, 이들에 관한 문제는 고려되지 않고 있다.

雜草는 水分 및 營養分 등에 대해 사과나무와 競爭하여 사과의 收量과 質의인 면에 직접적 영향을 미칠뿐 아니라 (Altieri 등, 1977; Altieri와 Whitcomb, 1979a,b; Way, 1977), 점박이응애의 越冬場所 및 天敵의 生活場所로 제공되어 殺蟲劑나 殺蟬劑 처리시 약제로부터 回避하기위한 避難處가 되기 때문에 사과원 害蟲 및 天敵의 生態에 있어서 이들 雜草의 역할은 대단히 중요하다고 알려져 있다 (Ahn 등, 1993; Oloumi-Sadeghi 등, 1989).

현재 응애는 대부분의 有機合成殺蟬劑에 抵抗性を 보이고 있다고 알려지고 있는데 (Croft, 1990; Dennehy 등, 1987), 이러한 저항성 문제를 해결하기 위해서 최근에 害蟲 個體群의 저항성 발달을 피하면서, 저항성의

발달 속도를 늦추며 抵抗性 個體群을 感受性 水準으로 전환하여 저항성을 限界値 以下에서 管理함과 더불어 有用天敵을 합리적으로 사용함을 목적으로 하는 藥劑抵抗性管理(Pesticide Resistance Management, PRM)를 害蟲綜合管理 (Integrated Pest Management, IPM)의 일부분으로 인식하기 시작하였으며 (Croft, 1990), 이에 의한 成功 事例가 점박이응애의 경우에서도 보고되고 있다 (Croft 등, 1987; Edge와 Janes, 1986). 또한 사과나무에 기생하는 응애류에 대한 害蟲綜合管理에 있어서 가장 중요한 요소로 天敵을 죽이지 않는 選擇性이 강한 殺蟬劑의 개발을 들 수 있는데, 이러한 의미에서 pyrrole과 benzoylphenyl urea (BPU)系 殺蟬劑들은 낮은 人畜毒性, 넓은 殺蟲 스펙트럼 및 低濃度에서도 탁월한 효과를 지니는 뛰어난 化合物로 그 대표적인 약제들로서는 pyrrole의 경우 chlorfenapyr가, BPU의 경우에는 flufenoxuron, flucyclohexuron 등이 최근 점박이응애 防除에 導入되었다 (Ahn 등, 1993; Ahn 등, 1996). 또한 混合劑의 사용은 殺蟬力의 增大 및 殺蟬劑 抵抗性의 發達을 遲延시킬 수 있을 뿐 아니라, 既存 殺蟬劑에 抵抗性을 보이는 응애류의 방제에도 효과적이라는 것이 알려져 있는데, Ahn 등(1993)은 flufenoxuron과 수종의 flufenoxuron 혼합제를 사과원에 처리하였을 때 점박이응애와 사과응애를 효과적으로 방제할 수 있음을 보고한 바 있다.

本山(1981)는 抵抗性 害蟲의 合理的인 防除를 위하여 4段階 연구 방향을 제시한 바 있는데 그 첫번째는 現象論的 段階로 野外 및 室內實驗을 통해 대상 해충의 저항성 발달 정도를 조사하는 것이다. 두번째 實體論的 段階는 生理, 生化學的 또는 遺傳學的手法 등에 의해 抵抗性 메카니즘을 구명하는 要因分析 段階이며, 세번째는 두번째 段階에서 얻어진 저항성 메카니즘을 살아 있는 昆蟲에 적용해서 그 役割을 평가하여 個體群 動態學的인 면에서의 모든 要因을 종합하는 단계이며, 네번째 단계인 目的論的 段階에

서는 이상의 과정에서 얻어진 지식을 기초로 抵抗性 害蟲에 대한 對策을 수립한다는 것이다. 그러나 점박이용애의 경우 國內에서는 지금까지 이러한 일련의 작업이 체계적으로 수행되지 않아 이들 抵抗性 害蟲의 效果的 防除 對策을 수립에 어려움이 많았던 것이 사실이다.

따라서 本 研究에서는 사과원 점박이용애의 藥劑 抵抗性 管理를 다음의 4가지 단계로 수행하였다. 첫번째 段階로서는 전국 주요 사과원에서의 점박이용애에 대한 藥劑抵抗性 모니터링을 수행함으로써 실제 사과원에서 점박이용애의 抵抗性 發達 정도를 파악하였다. 두번째 段階로서는 주요 藥劑들에 대한 점박이용애의 交差抵抗性을 室內에서 조사하여 효과적인 代替藥劑를 선발하였으며, 세번째 段階로는 점박이용애와 雜草를 同時에 防除할 수 있는 除草劑를 선발해 사과원에서 점박이용애와 잡초를 同時防除하는 방법을 개발하였으며 最終적으로 상기 단계들에서 얻어진 결과를 바탕으로 효과적인 抵抗性 점박이용애 管理對策을 確立하고자 하였다.

第 2 章 材料 및 方法

第1節 사과원 점박이응애의 殺蟬劑 抵抗性 모니터 링

1. 供試蟲

國內 주요 사과 產地인 안동, 충주, 나주, 김제, 군위, 수원, 연기 및 예산지역에 소재한 사과원에서 채집한 점박이응애 (*Tetranychus urticae* Koch)를 실험실내에서 增殖시켜 生物檢定에 이용하였다. 感受性 系統 (SS)은 1993년에 日本의 千葉縣 소재의 千葉大學 環境園藝學部の 本山樹直 博士로부터 分讓 받아 실험에 사용하였다. 점박이응애의 飼育은 發芽 後 3주 가 경과된 강남콩 (*Phaseolus vulgaris* var. *humilis* Alefeld)을 이용하여 明暗 16L : 8D, 室內溫度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相對濕度 40~60%의 조건하에서 이루어 졌다.

2. 供試藥劑

실험에 사용한 殺蟬劑는 有機朱錫系 azocyclotin 25% 水和劑 [1-(tricyclohexyl stannyl)-1H-1,2,4-triazole], 페녹시피라졸系 fenpyroximate 5% 液狀水和劑 [*tert*-butyl (E)- α -(1,3-*d*-imethyl-5-phenoxy-pyrazol-4-yl methylene amino-oxy)-*p*-toluate], 아유산에스테르系 propargite 30% 水和劑 [2-(4-*tert* butylphenoxy)-cyclohexyl pro-2-ynyl sulphite], 피리다진系 pyridaben 20% 水和劑 [2-*tert*-butyl-5-(4-*tert*-butylbenzylthio)-4-chloropyridazin-3(2H)-one] 이었다.

3. 生物檢定

본 실험에 사용된 生物檢定法은 噴霧法 (leaf-disk spray method)을 사용하였다. 發芽後 3週된 강남콩 잎을 穿孔機로 오려낸 切斷葉 (ϕ 3 cm)을, 사례 (5 x 2 cm)에 물을 적신 솜위에 얹고 나서 30 마리의 암컷 成蟲을 接種하였다. 24 시간 후 死蟲과 未熟蟲을 현미경하에서 제거하고 手動式 噴霧器로 撒布하였다. 처리된 試料들은 明暗 16L : 8D, 室內溫度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相對濕度 40~60%의 조건하에서 保管하여 처리 48시간 후에 死蟲率을 조사하였으며, 응애를 부드러운 붓으로 건드렸을 때 附屬肢가 2개 이상 움직이지 않으면 죽은 것으로 간주하였다. 無處理 對照區에 죽은 개체가 있을 경우 Abbott (1925)의 식에 따라 補正死蟲率을 구하였다.

半數致死濃度值 LC_{50} (50% lethal concentration) 값은 Raymond (1985)의 Probit analysis에 따라 산출하였으며, 抵抗性比 resistance ratio (RR)는 $RR = \text{野外 採集 個體群의 半數致死濃度值} / \text{感受性 系統의 半數致死濃度值}$ 에 따라 算出하였다.

第2節 Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統의 殺蟬劑 交差抵抗性

1. 供試蟲

Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統은 第 2 章 第1節에서 기술한 바와 같이 각종 藥劑에 대하여 높은 抵抗性을 보인 예산지역 個體群 YF를 實驗室內에서 dicofol, fenpyroximate, pyridaben으로 20일 간격으로 20회 淘汰시킨 것으로서 이하 각각 DR_{20} , FR_{20} , PR_{20} 으로 표기하였다. 藥劑

의 淘汰는 LC₃₀ 값 정도로 懸濁된 약액을 접박이응애를 飼育하고 있는 강남콩에 手動式 噴霧器로 藥液이 흐르지 않을 정도로 충분히 처리하고 나서, 후드에서 陰乾한 후 하룻동안 放置하였다가 藥劑가 처리된 잎을 처리되지 않은 새 강남콩 잎에 다시 하룻동안 얹어 놓고 살아남은 응애들을 增殖시켜 次世代 淘汰에 사용하였다.

2. 供試藥劑

실험에 사용한 殺蟬劑는 抗生劑 abamectin 0.6% 乳劑 {avermectin B1 [mixture of avermectins containing ≥80% avermectin B1a (5-*O*-dimethyl avermectin A1a) and ≤20% avermectin B1b (5-*O*-dimethyl-2,5-(methylpropyl)-2,5-(1-methylethyl) avermectin A1a)}, 有機朱錫系 azocyclotin 25% 水和劑, 有機鹽素系 dicofol 42% 乳劑 [2,2,2-trichloro-1,1-bis (4-chlorophenyl) ethanol], 피레스로이드系 fenpropathrin 5% 乳劑 [(*RS*)- α -cyano-3-phenoxybenzyl-2,2,3,3-tetramethyl-cyclopropane carboxylate], fenpyroximate 5% 液狀水和劑, propargite 30% 水和劑, pyridaben 20% 水和劑, 피라졸系 tebufenpyrad 10% 水和劑 [*N*-(4-*tert*-butyl-benzyl)-4-chloro-3-ethyl-1-methyl-pyrazole-5-carboxamide]이었다.

3. 生物檢定

본 실험에의 생물검정법은 앞에서 언급한 噴霧法을 사용하였다. 發芽後 3週가 지난 강남콩 切斷葉 (\varnothing 3 cm)을 샐레 (5 x 2 cm)에 물을 적신 솜위에 얹은 후 30마리의 암컷 成蟲을 접종하였으며, 24시간후 死蟲과 未熟蟲을 현미경하에서 제거하고 수동식 분무기로 살포하였다. 처리된 試料들은 明暗 16L : 8D, 室內溫度 25 ± 1℃, 相對濕度 40~60%의 조건하에서 보관하여 처리 48시간후에 死蟲率을 조사하였으며, 알의 경우는 약제 처리후 6

일찍 알의 孵化 유무를 조사하여 死蟲率을 계산하였다. 幼蟲과 若蟲의 경우는 成蟲과 같이 응애를 부드러운 붓으로 건드렸을 때 附屬肢가 2개 이상 움직이지 않으면 죽은 것으로 간주하였다. 무처리 대조구에 죽은 개체가 있을 경우 Abbott (1925)의 식에 따라 補正死蟲率을 구하였다. 半數致死濃度値와 抵抗性比는 上記 公式에 따라 산출하였다.

第3節 除草劑의 殺蟬效果

1. 供試蟲

본 실험에 사용된 점박이응애는 感受性 SS 系統, 7개 野外地域 個體群, glufosinate ammonium 淘汰 系統 (GaR₁₅) 및 앞절에서 언급한 殺蟬劑 抵抗性 3 系統 (DR₂₀, FR₂₀, PR₂₀)이었다. GaR₁₅ 系統은 感受性 系統을 glufosinate ammonium으로 噴霧法을 이용하여 LC₃₀의 淘汰壓으로 20일 간격으로 15世代 동안 淘汰하였다. 野外系統중에서 수원, 군위 그리고 예산 지역 個體群은 1996년 이들 지역의 사과원에서 채집하였으며, 안동, 가평, 옥산 그리고 김천지역 個體群은 農村振興廳 農業科學技術院 昆蟲科에서 分讓받아 실험에 사용하였다.

2. 供試藥劑

본 실험에서는 非選擇性 果園 除草劑인 glufosinate ammonium 18% 液劑 (ammonium 4-[hydroxy-9-methyl) phosphinoyl]-DL-homoalanine), glyphosate 41% 液劑 [isopropylamine salt of *N*-(phosphonomethyl) glycine], paraquat dichloride 24.5% 液劑, (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridyldiylidium dichloride), fluoxypyr + glyphosate 6 + 20% 液劑 [1-methyl heptyl ester of 4-amino-

3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridyloxyacetic acid + isopropylamine salt of *N*-(phosphonomethyl) glycine], bromacil 80% 水和劑 (5-bromo-3-sec-butyl-6-methyl uracil), sulfosate 40% 液劑 (*N*-phosphonomethyl glycine trimethyl sulphonium salt), oxyfluorfen 23.5% 乳劑 (2-chloro-*α, α, α*-trifluoro-*p*-tolyl 3-ethoxy-4-nitrophenyl ether), terbuthylazine 80% 水和劑 (*N*²-*tert*-buthyl-6-chloro-*N*⁴-ethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine), oryzalin 40% 液狀水和劑 (3,5-dinitro-*N*⁴,*N*⁴-dipropyl-sulfanilamide)를 공시하였다.

3. 生物檢定

점박이응애의 각 蟲態에 따른 glufosinate ammonium의 殺蟬效果 검정에 사용된 생물검정법은 앞에서 언급한 噴霧法을 사용하였다. 殺卵活性 (ovicidal activity)은 直徑 1.5 cm의 강남콩 葉片에 점박이응애 암컷 성충을 50마리씩 접종하여 4시간 동안 産卵시키고 나서 成蟲을 제거한 후 알이 付着되어 있는 강남콩 잎에 약제를 처리하였으며, 幼蟲 및 若蟲도 알을 孵化시킨 후 원하는 발육단계가 되었을 때 未熟蟲 및 死蟲을 현미경하에서 제거한 후 약제를 처리하였다. 알의 경우는 약제 처리후 6일째 알의 孵化 유무를 조사하여 死蟲率을 계산하였으며, 幼蟲과 若蟲의 경우는 成蟲과 같이 48시간후에 사충률을 조사하였다.

溫度와 glufosinate ammonium의 殺蟬活性과의 관계는 感受性 SS 系統을 이용하여 수행되었는데, 사용된 생물검정법은 앞에서 언급한 噴霧法을 사용하였으며 glufosinate ammonium이 처리된 시료들을 10, 13, 18, 22, 25 및 32℃ 에 맞춰진 恒溫器에 48시간 동안 보관하여 실험을 실시하였다. 半數致死濃度値는 Raymond (1985)의 Probit 분석법에 따라 산출하였다.

4. 統計分析

供試藥劑의 점박이응애 死蟲率에 대한 有意性 檢定은 Sheffes' Test ($P = 0.05$)로 실시 하였으며 死蟲率은 分散分析 전에 arcsign square root 값으로 變換시킨 후 실시하였다 (SAS, 1989).

第4節 除草劑 Glufosinate ammonium과 數種 殺蟬劑 가 天敵類에 미치는 影響

1. 供試蟲

본 실험에 사용된 天敵은 무당벌레 (*Harmonia axyridis*), 칠성플잠자리붙이 (*Chryopa cognata*), 애꽃노린재 (*Orius sauteri*), 捕食性 총채벌레의 일종인 *Scolothrips takahashii* 및 긴털이리응애 (*Amblyseius womersleyi*)를 이용하였다. 무당벌레는 1996년 수원 소재의 無窮花 群落地에서 채집하였으며, 칠성플잠자리붙이는 서울대 農業生命科學大學 昆蟲生理學研究室에서 분양받아 복숭아혹진딧물 (*Myzus persicae* Sulzer)을 먹이로 累代飼育하였으며, 애꽃노린재는 1996년 水原 近郊에 있는 사과원에서 채집하여 점박이응애를 먹이로 累代飼育 하면서 실험에 사용하였다. 긴털이리응애를 제외한 天敵의 飼育은 明暗 16L : 8D, 室內溫度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相對濕度 40~60%의 조건하에서 이루어 졌다. 긴털이리응애의 경우, 1996년 水原 近郊에 있는 사과원에서 채집하여 感受性 系統의 점박이응애를 먹이로 累代飼育하였으며, 明暗 16L : 8D, 室內溫度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相對濕度 60~70%의 조건하에서 飼育하였다.

2. 供試藥劑

본 실험의 경우에는는 除草劑인 glufosinate ammonium 18% 液劑 및 殺蟬劑인 pyrrole系 chlorfenapyr 10% 液狀水和劑 [4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-tri-fluoromethyl-1H-pyrrole-3-carbonitrile]과 키틴合成 沮害劑 flufenoxuron 5% 分散性液劑 {1-[4-(2-chloro- α, α, α -tri-fluoro-P-tolyloxy)-2-fluorophenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea}, 피라졸系 tebufenpyrad 10% 水和劑를 供試藥劑로 사용하였다.

3. 室內檢定

供試藥劑의 天敵에 대한 영향은 蟲體浸漬法 (Insect dipping method)을 사용하여 실내에서 생물검정 하였다. 供試蟲들을 15초간 炭酸가스로 麻酔시킨 후 망사로 만든 자루에 담아 藥液에 30초간 浸漬처리 한 후 濾過紙가 깔린 容器로 옮긴후 死蟲率을 조사하였다. 무당벌레와 칠성플잠자리붙이의 경우, 移動성이 없는 알, 번데기는 약제 처리후 샐레 (ϕ 10 × 3 cm)에, 移動성이 큰 幼蟲 및 成蟲은 ϕ 10 × 15cm 크기의 容器에서 실험하였으며 먹이로 복숭아흑진딧물을 충분히 공급하였다. 애꽃노린재와 긴털이리응애 幼蟲은 점박이응애가 接種된 發芽後 3주된 강남콩 葉片 (ϕ 3 cm)에 접종 후 잎과 함께 浸漬하여 물에 적신 솜위에 얹어두었다.

生死 判定의 경우 이들 天敵의 幼蟲 및 成蟲은 처리 48시간후에 死蟲率을 조사하였으며 蟲體를 부드러운 붓으로 건드렸을 때 附屬肢가 움직이지 않으면 죽은 것으로 간주하였다. 무당벌레 알은 처리후 매일 孵化된 幼蟲을 제거하며 5일째 까지 孵化되지 않은 것을 死蟲으로 하였고, 애꽃노린재 알의 경우 알이 産卵된 강남콩 줄기를 처리 72시간 후에 해부현미경으로 관찰하여 卵殼의 開封 여부로 致死 유무를 결정하였다. 또한 번데기의 경우는 대조구가 모두 羽化할 때 까지 羽化되지 않은 것을 死蟲으로 하였다.

半數致死濃度値는 Raymond (1985)의 Probit 分析法에 따라 산출하였다.

4. 野外實驗

서울대학교 農業生命科學大學 附屬 사과원 ('후지' 品種)에서 실험을 실시하였으며, 殺蟎劑는 1996년 7월 19일에 처리되었는데 각 藥劑別 處理 濃度는 liter당 abamectin 6 mg (AI), chlorfenapyr 50 mg (AI), tebufenpyrad 500 mg (AI), fenazaquin 67 mg (AI) 이었다. 이들 藥劑에 대한 사과원 天敵類의 密度는 약제 처리 후 25일까지 5일 간격으로 조사되었으며 각 처리구의 나무당 20잎을 채취하여 해부 현미경하에서 알을 제외한 모든 發育 段階 (幼蟲, 若蟲 및 成蟲)의 生蟲數를 조사하였다. 이들 天敵類는 부드러운 붓으로 건드렸을 때 附屬肢가 움직이지 않으면 죽은 것으로 간주하였다.

5. 統計分析

死蟲率에 대한 有意性은 Sheffe's Test ($P = 0.05$)로 검정하였는데, 分散分析 전에 arcsign square root 값으로 變換시킨 후 실시하였다 (SAS, 1989).

第5節 Glufosinate ammonium이 점박이응애의 生物學的 特性에 미치는 影響

1. 供試蟲

본 실험에서는 標準 感受性 SS 系統과 感受性 系統을 'glufosinate

ammonium으로 LC₃₀의 淘汰壓으로 20일 간격으로 15世代 동안 淘汰시킨 GaR₁₅ 系統을 공시하였다.

2. 生物檢定

점박이응애 感受性 SS 系統과 glufosinate ammonium 抵抗性 GaR₁₅ 系統의 암컷 若蟲에 噴霧法을 이용하여 glufosinate ammonium를 각각의 계통에 亞致死濃度 (sublethal concentration)인 LC₁과 LC₁₀의 藥量으로 처리한 후 48시간 후 살아남은 個體만 숫컷 成蟲과 함께 藥劑가 처리되지 않은 강남콩 葉片 (Ø 2 cm)에 接種하여 2일 간격으로 産卵數, 壽命, 産卵된 알의 孵化率 및 性比를 조사하였다.

3. 統計分析

Glufosinate ammonium의 점박이응애의 생물학적 특성에 미치는 영향은 Sheffe's Test ($P = 0.05$)로 有意性を 검정하였다 (SAS, 1989).

第6節 Glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除效 果

1. 供試藥劑

본 실험에서는 非選擇性 果園 除草劑인 glufosinate ammonium 18% 液劑, glyphosate 41% 液劑, paraquat dichloride 24.5% 液劑를 공시하였다.

2. 試驗方法

경기도 수원과 화성군 정남면 및 경북 군위 소재 과수원에 glufosinate ammonium과 對照藥劑로서는 glyphosate 및 paraquat dichloride를 각각 勸獎濃度인 300坪當 300 ml의 藥量으로 처리하였다. 處理時期는 사과 후지品種의 梢長이 20~30 cm 전후한 5월 20일 이었으며, 除草效果는 처리 20일 후인 6월 9일에 조사하였다. 실험은 3反復으로 실시하였으며, 處理區當面積은 20 m²이었다. 이들 사과원에 있어서의 雜草의 발생 상황은 바랭이 (henri crabgrass), 쑥 (mugwort), 별꽃 (common chickweed) 등이 優點種을 이루었으며, 독새풀 (water foxtail), 냉이 (shepherdspurse), 망초 (horseweed), 기타 草種 등이 발생한 상태였다.

第7節 사과원에서의 점박이응애 省力防除 體系

1. 1995年 實驗

가. 代替藥劑 選拔

본 실험에 있어서의 公試藥劑는 tebufenpyrad 10% 水和劑, fenazaquin 20% 液狀水和劑 (4-*tert*-butylphenethyl quinazolin-4-yl ether), azo-cyclotin 25% 水和劑, fenpyroximate + propargite 3 + 10% 水和劑 [*tert*-butyl (*E*)- α -(1,3-dimethyl-5-phenoxy-pyrazol-4-yl methylene amino-oxy)-*p*-toluate + 2-(4-*tert*-butylphenoxy)-cyclohexyl pro-2-ynyl sulphite], tebufenpyrad + diafenthiuron 2.5 + 20 % 水和劑 {*N*-(4-*tert*-butylbenzyl)-4-chloro-3-ethyl-1-methyl-pyrazole-5-carboxamide + {*N*-[2,6-bis(1-methylethyl)-4-phenoxyphenyl]-*N'*-(1,1-methylethyl) thiourea} 이었다.

代替藥劑 選拔을 위하여 本 研究陣에 의하여 이미 效果가 立證된 바 있는 tebufenpyrad와 fenazaquin의 感受性 점박이응애의 알, 幼蟲, 若蟲 및 成蟲에 대한 室內에 있어서의 살비효과는 上記 噴霧法을 이용하여 널리

이용되고 있는 azocyclotin의 살비효과와 비교하였다.

Dicofol 抵抗性 DR₂₀ 系統, fenpyroximate 抵抗性 FR₂₀ 系統 및 pyridaben 抵抗性 PR₂₀ 系統의 점박이응애 成蟲에 대한 glufosinate ammonium의 室内에서의 殺蟬效果는 앞에서 언급한 噴霧法을 사용하여 검정하였다. 알의 경우에 있어서는 약제 처리후 6일째에 알의 孵化 유무를 조사하여 死蟲率을 계산하였으며 幼蟲과 若蟲의 경우는 成蟲과 마찬가지로 처리 48시간 후에 死蟲率을 조사하였다. 半數致死濃度值 LC₅₀ (50% lethal concentration) 값은 Raymond (1985)의 Probit analysis에 따라 산출하였다.

殺蟬劑의 점박이응애에 대한 野外 防除效果 實驗은 10年生 '후지'가 세로 6 m, 가로 3 m 간격으로 심어진 경기도 화성군 정남면에 소재한 사과원에서 실시하였으며, 나무의 높이는 2-2.5 m 이었다. 殺蟬劑 처리는 2,200 liter/ha 수동식 분사기 (JPS-64-A, 중앙공업사)를 사용하여 liter 당 fenpyroximate + propargite 20 + 67 mg (AI), terbufenpyrad + diafenthiuron 25 + 200 mg (AI), azocyclotin 63 mg (AI), fenazaquin 67 mg (AI), terbufenpyrad 50 mg (AI)로 藥量으로 처리하였다. 公試藥劑의 처리 시기는 응애 密度가 잎당 3~4 마리에 달했을 때인 1995년 7월 25일 이었다. 점박이응애 個體群 密度는 각 처리구의 樹冠 높이 1.5~2 m 에서 나무당 30잎을 藥劑 처리후 5일 간격으로 채취하여 해부 현미경으로 알을 제외한 모든 發育 段階의 점박이응애의 生蟲數를 조사하였으며, 응애를 부드러운 붓으로 건드렸을 때 附屬肢가 2개 이상 움직이지 않으면 죽은 것으로 간주하였다. 사과나무는 處理區當 5株 이었으며 실험은 3反復으로 실시하였다. 防除價 (protective value, PV)는 處理 20일 째에 다음과 같은 식에 따라 산출하였다.

$$PV = (1 - Ta/Tb \times Ub/Ua) \times 100 \times Ub$$

Ta = 처리전 무처리구의 응애 밀도

Tb = 처리전 처리구의 응애 밀도

Ua = 처리 20일 후 무처리구의 응애 밀도

Ub = 처리 20일 후 처리구의 응애 밀도

나. 점박이응애의 省力防除

상기 실험과 同一한 圃場에서 실시하였는데 glufosinate ammonium의 처리는 1995년 5월 4일에, 殺蟬劑 처리는 응애 密度가 葉當 3~4마리에 달했을 때인 1995년 7월 25일에 수행되었다. Glufosinate ammonium과 殺蟬劑는 liter당 glufosinate ammonium 540 mg (AI), fenpyroximate + propargite 20 + 67 mg (AI), tebufenpyrad + diafenthiuron 25 + 200 mg (AI), azocyclotin 63 mg (AI) 으로 처리하였다. 점박이응애의 密度는 각 처리후 1週 간격으로 높이 1.5~2 m 에서 나무당 30잎을 채취하여 해부 현미경으로 알을 제외한 모든 發育段階의 生蟲數를 조사하였다.

다. 藥害

公試藥劑가 사과에 미치는 영향을 조사하기 위하여 5월 중순경 新梢에, 5월 하순경 어린 果實에 基準量과 倍量 처리하였다.

라. 統計分析

公試藥劑 처리에 의한 점박이응애의 密度는 직접 分散分析을 하였으며, 生蟲率은 arcsine square root 값으로 變換한 후 分散分析을 하여 Scheffe's Test (SAS, 1989)로 처리간 有意性 ($P = 0.05$)을 檢定하였다.

2. 1996年 實驗

가. 代替藥劑 選拔

公試藥劑로는 chlorofenapyr 10% 液狀水和劑, chlorofenapyr + fenbutatin oxide 2.5 + 2.5% 液狀水和劑, chlorofenapyr + flufenoxron 2.5% + 2.5% 分散性液劑, flufenoxron 5% 分散性液劑, tebufenpyrad 10% 水和劑 및 fenazaquin 20% 液狀水和劑를 공시하였으며, 이들 약제들은 勸獎藥量 (company recommendation)인 liter당 chlorofenapyr 50 mg (AI), chlorofenapyr + fenbutatin oxide 25 + 150 mg (AI), chlorofenapyr + flufenoxron 30 + 40 mg (AI), flufenoxron 50 mg (AI), tebufenpyrad 50 mg (AI), fenazaquin 50 mg (AI)로 처리하였다.

1995년 室內實驗에서 우수한 藥效力을 보인 tebufenpyrad와 fenazaquin의 실제 사과원에서의 防除 效果를 조사하기 위해서 경기도 화성군 정남면 소재 과수원에서 응애 密度가 잎당 3~4마리에 달한 1996년 7월 19일에 수행되었는데, 5일 간격으로 15일 동안 각 처리구의 나무당 30잎을 채취하여 알을 제외한 모든 發育段階의 점박이응애 生蟲數를 조사하였다. 處理區當 5株 이었으며 실험은 3反復으로 실시하였다. 防除價는 처리 20일째에 1995년과 같은 방법으로 산출하였다.

점박이응애와 사과응애의 效率的인 防除 藥劑 選拔을 위하여, 사과 '후지' 品種이 植栽된 서울大學校 農業生命科學大學 附屬 사과원에서 응애 密度가 잎당 3~4마리에 달한 1996년 7월 19일과 8월 2일에 公試藥劑를 撒布하였었는데, chlorofenapyr, chlorofenapyr + flufenoxron, flufenoxron의 경우 2回 처리하였으며, chlorofenapyr + fenbutatin oxide와 tebufenpyrad는 7월에 1回만 처리하였다. 점박이응애와 사과응애의 密度는 처리 후 25일까지 5일 간격으로 각 처리구의 나무당 20잎을 채취하여 알을 제외한 모든 發育段階의 점박이응애 및 사과응애의 生蟲數를 조사하였다.

실험은 處理區當 5株 이었으며 3反復으로 실시하였다. 防除價는 처리 15일째와 25일째에 1995년과 같은 방법으로 산출하였다.

나. 점박이응애의 省力防除

서울大學校 農業生命科學大學 附屬 사과원 ('후지'品種)에서 실험을 실시하였으며, glufosinate ammonium은 1996년 5월 20일과 7월 19일에 각각 540 mg (AI)/liter의 농도로 처리하여 處理回數에 따른 glufosinate ammonium의 점박이응애와 사과응애 (*Panonychus ulmi* Koch)에 대한 防除效果를 조사하였다. 殺蟬劑는 1996년 7월 19일과 8월 2일에 처리되었는데 각 약제별 처리농도는 liter당 abamectin 6 mg (AI), chlorfenapyr 50 mg (AI), tebufenpyrad 500 mg (AI), fenazaquin 67 mg (AI) 이었다.

Glufosinate ammonium 處理回數에 따른 殺蟬劑들의 組合은 glufosinate ammonium 무처리구의 경우 abamectin과 chlorfenapyr이 7월 19일에 처리되었으며 tebufenpyrad과 fenazaquin은 8월 2일에 처리되었다. Glufosinate ammonium 1回 및 2回 處理區의 경우 abamectin, chlorfenapyr, tebufenpyrad, fenazaquin 은 7월 19일에 1回만 처리되었다. 점박이응애와 사과응애의 個體群 密度는 1次 藥劑 處理 후 30일째까지 5일 간격으로 조사하였으며 각 處理區의 나무당 15잎을 채취하여 해부 현미경하에서 알을 제외한 모든 發育 段階의 生蟲數를 조사하였다. 실험은 處理區當 5株 이었으며 3反復으로 실시하였다.

다. 藥害

공시약제가 사과에 미치는 영향을 조사하기 위하여 5월 중순경 어린 잎에, 5월 하순경 어린 과일에 基準量과 倍量 처리하였다.

라. 統計分析

공시약제 처리에 의한 점박이응애 密度는 직접 分散分析을 하였으며, 生蟲率은 arcsine square root 값으로 變換한 후 分散分析을 하고 나서 Scheffe's Test (SAS, 1989)로 처리간 有意性 ($P = 0.05$)을 검정하였다.

3. 1997年 實驗

가. 代替藥劑 選拔

본 실험에 있어서의 公試藥劑는 fenpyroximate + propargite 3 + 10% 水和劑, fenpyroximate + bifenthrin 2 + 1.5% 水和劑 [*tert*-butyl (*E*)- α -(1,3-dimethyl-5-phenoxy-pyrazol-4-yl methylene amino-oxy)-*p*-toluate + 3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylate], chlorfenapyr + fenbutatin oxide 2.5 + 2.5% 液狀水和劑 {4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-trifluoro-methyl-1H-pyrrole-3-carbonitrile + bis [tris (2-methyl-2-phenylpropyl) tin] oxyd}, tebufenpyrad + diafenthiuron 2.5 + 20 % 水和劑, amitraz + bifenthrin 1.5 + 1.5% 乳劑, azocyclotin 25% 水和劑, fenazaquin 20% 液狀水和劑, tebufenpyrad 10% 水和劑 이었다.

公試藥劑의 점박이응애에 대한 野外 防除效果 實驗은 10年生 '후지'가 세로 6 m, 가로 3 m 간격으로 심어진 경기도 화성군 정남면에 소재한 사과원에서 실시하였으며, 나무의 높이는 2~2.5 m 이었다. 公試藥劑 처리는 2,200 liter/ha 手動式 噴射器 (JPS-64-A, 중앙공업사)를 사용하여 liter 당 fenpyroximate + propargite 20 + 67 mg (AI), fenpyroximate + bifenthrin 20 + 15 mg (AI), chlorfenapyr + fenbutatin oxide 25 + 150 mg (AI), tebufenpyrad + diafenthiuron 25 + 200 mg (AI), amitraz + bifenthrin 150 + 15 mg (AI), azocyclotin 63 mg (AI), fenazaquin 67 mg

(AI), terbufenpyrad 50 mg (AI)로 사과나무에 葉面撒布 하였다. 公試藥劑의 처리 시기는 응애 密度가 잎당 3~4 마리에 달했을 때인 1997년 7월 10일 이었다. 점박이응애의 密度는 각 처리구의 樹冠 높이 1.5~2 m 에서 나무당 30잎을 藥劑 처리후 5일 간격으로 채취하여 해부 현미경으로 알을 제외한 모든 發育 段階의 점박이응애의 生蟲數를 조사하였다. 사과나무는 處理區當 5株 이었으며 실험은 3反復으로 실시하였다. 防除價는 處理 15일 후에 1995년과 같은 方法에 따라 산출하였다.

나. 藥害

公試藥劑가 사과에 미치는 영향을 조사하기 위하여 5월 중순경 新梢에, 5월 하순경 어린 果實에 基準量과 倍量 처리하였다.

다. 統計分析

公試藥劑 처리에 의한 점박이응애의 個體群 增加率은 arcsine square root 값으로 變換한 후 分散分析을 하여 Scheffe's Test (SAS, 1989)로 처리간에 있어서의 有意性 ($P = 0.05$)을 檢定하였다.

第8節 사과원 土壤 및 사과에 있어서의 農藥 殘留

1. 供試藥劑

본 실험의 결과 우수한 除草效果와 殺蟬效果를 보이면서 점박이응애에 대하여 忌避活性을 나타내지 않으며 天敵類 (칠성잠자리붙이, 애꽃노린재 및 무당벌레)에 독성이 낮은 除草劑 glufosinate ammonium 18% 液劑와, 점

박이응애에 대해서는 탁월한 살비효과를 나타내면서 天敵類에 영향이 적은 pyrrole系 殺蟬劑 chlorfenapyr 10% 液狀水和劑를 공시하였다.

2. 土壤殘留

경기도 수원 소재 사과원 및 경북 안동과 군위 소재 사과원에 10 x 10 m로 區劃을 정한 후, glufosinate ammonium은 사과원에서 실제로 雜草를 방제하는 시기를 택하여 撒布하였는데, 수원 사과원의 경우 5월 19일과 8월 9일에, 안동과 군위 사과원의 경우 5월 23일과 8월 13일에 각각 300坪當 100 liter (54 g AI/300坪)의 藥量을 撒布하였다. Chlorfenapyr의 경우에는 실제로 점박이응애가 發生하는 시기를 택하여 처리하였는데 수원 사과원의 경우 7월 10일과 8월 5일에, 안동과 군위 사과원의 경우 7월 12일과 8월 7일에 각각 300坪當 500 liter (50 g AI/300坪)의 藥量을 살포하여 處理回數別 및 時期別로 土壤을 채취한 후 土壤中에 있어서의 glufosinate ammonium과 chlorfenapyr의 잔류 분석을 행하였다. 土壤 殘留分析은 常法에 따라 분석하였다. Sample core (3.5 x 10 cm)를 이용하여 각 시험구에서 任意로 土壤을 채취하고 나서 sieve로 거른 후 분석에 이용하였다.

Glufosinate ammonium의 경우, 토양 시료 20 g을 물 150 ml로 30분간 振盪한 후 여과지로 減壓濾過 하였다. 陰이온交換樹脂 (AG 1-X2, Cl⁻형, 50 - 100 mesh) 20 ml를 물로 충전시킨 후 上記 外膜의 抽出物을 5 ml/分로 流入, 10% acetic acid 50 ml로 樹脂를 세척한 후 同液 150 ml를 3 ml/分로 glufosinate ammonium을 溶出시켰다. 이 溶出液을 濃縮 乾固시킨 후, 濃縮 殘渣를 acetic acid 1 ml에 용해시키고 나서 trimethyl ortho acetic acid 4 ml를 가하여 空冷管을 부착, 100℃에서 2시간 加熱 冷却한 후 40℃ 이하에서 濃縮乾固시켜 가스크로마토그래피 (Shimadzu GC - 14A)로 분석하였다. 標準品の 檢量線은 glufosinate ammonium을 에틸아세테이트로 희석

하여 100 ppm의 貯藏溶液을 조제하고 나서 이 溶液으로부터 0.1~5 ppm의 標準溶液을 調製하고 gas chromatography로 分析하여 標準溶液의 濃度와 chromatogram상에서 얻어진 peak height를 기준으로 檢量線을 작성하였다. 標準品の 檢量線은 常法에 따라 調製하였다. 操作條件은 column 溫度는 220℃, 注入口 溫度는 280℃, 檢出器 溫度는 280℃로 하여 glufosinate ammonium을 定量 分析하였다.

Chlorfenapyr의 경우에는 土壤 試料 20 g을 acetinitrile/water (9/1, v/v) 100 ml로 30분간 振湯한 후 濾過紙로 減壓濾過 하였다. 殘渣는 추가로 acetinitrile 50 ml로 세척하여 앞의 濾液과 합하였다. 濾過液을 5% NaCl 용액 100 ml로 희석하고 나서 헥산으로 2회 추출한 후 합하였다. 헥산 抽出物은 無水 sodium sulfate로 水分을 제거하여 減壓濃縮하고 나서 窒素가스를 이용하여 乾固시켰다. 이것을 헥산에 녹여 gas chromatography (Shimadzu GC - 14A equipped with ECD)로 分析하였다. 標準品の 檢量線은 97%의 chlorfenapyr를 헥산으로 희석하여 100 ppm의 貯藏溶液을 조제하고 나서 이 溶液으로부터 0.05~5 ppm의 標準溶液을 조제하고 gas chromatography로 分析하여 標準溶液의 濃度와 chromatogram상에서 얻어진 peak height를 기준으로 檢量線을 작성하였다. 操作條件은 fused silica capillary column을 이용하였으며, column 溫度는 255℃, 注入口 溫度는 270℃, 檢出器 溫度는 300℃로 하였고 carrier gas로서 窒素가스를 2 ml/min의 流速으로 하여 chlorfenapyr를 定量分析하였다.

3. 사과 殘留

상기 사과원에 區劃을 정한 후, glufosinate ammonium은 雜草의 발생이 왕성한 시기를 택하여 처리하였는데, 수원 사과원의 경우 5월 19일과 8월 9일에, 안동과 군위 사과원의 경우 5월 23일과 8월 13일에 각각 300坪當

100 liter (54 g AI/300坪)의 藥量을 撒布하였으며, chlorfenapyr는 실제로 점박이응애가 발생하는 시기를 택하여 처리하였는데 수원 사과원의 경우 7월 10일, 8월 5일과 8월 25일에, 안동과 군위 사과원의 경우 7월 12일, 8월 7과 8월 27에 각각 300坪當 500 liter (50 g AI/300坪)의 藥量을 撒布하여 處理回數別로 사과를 채취한 후 사과에 있어서의 殘留 分析을 행하였다.

Glufosinate ammonium의 사과에 있어서의 殘留 分析은 常法에 따라 분석하였다. 透析膜 튜브 (平面幅 43 mm, 直徑 27 mm, 膜 두께 0.0203 mm, 孔徑 240 mm)를 40 cm로 切斷하고 나서 한쪽을 실로 묶고 나서 물 50 ml를 넣은 후 여기에 사과 試料 20 g을 넣었다. 上部를 묶고 나서 물 250 ml가 들어 있는 시린더에 넣어 하룻밤 室溫에서 방치하였다. 陰이온交換樹脂 (AG 1-X2, Cl⁻형, 50 ~ 100 mesh) 20 ml를 물로 충전시킨 후 上記 外膜의 抽出物을 5 ml/分로 流入, 10% acetic acid 50 ml로 樹脂를 세척한 후 同液 150 ml를 3 ml/分로 glufosinate ammonium을 溶出시켰다. 이 溶出液을 濃縮 乾固시킨 후, 濃縮 殘渣를 acetic acid 1 ml에 용해시키고 나서 trimethyl ortho acetic acid 4 ml를 가하여 空冷管을 부착, 100℃ 에서 2 시간 加熱 冷却한 후 40℃ 이하에서 濃縮乾固시켜 gas chromatography (Shimadzu GC - 14A)로 분석하였다. 標準品の 檢量線은 glufosinate ammonium을 에틸아세테이트로 희석하여 100 ppm의 貯藏溶液을 조제하고 나서 이 溶液으로부터 0.1~5 ppm의 標準溶液을 調製하고 gas chromatography로 分析하여 標準溶液의 濃도와 chromatogram상에서 얻어진 peak height를 기준으로 檢量線을 작성하였다. 標準品の 檢量線은 常法에 따라 調製하였다. 操作條件은 column 溫度는 220℃, 注入口 溫度는 280℃, 檢出器 온도는 280℃로 하여 glufosinate ammonium을 定量 分析하였다.

Chlorfenapyr의 사과에 있어서의 殘留 分析은 常法에 따라 分析하였다. 사과 試料 50 g을 아세톤 100 ml와 celite 545 5g을 가하여 磨碎器로 磨碎 하고나서 여과지로 減壓 濾過 하였다. 殘渣는 추가로 아세톤 50 ml로 제척 하여 앞의 濾液과 합하였다. 濾過液을 分劃 여두로 헥산 100 ml, 飽和 NaCl 용액 20 ml, 물 100 ml를 가하고 5분간 振盪하여 헥산 劃分을 취하고 다시 헥산 50 ml를 가해 振盪한 후 헥산 劃分을 취하여 앞의 헥산 劃分과 합하였다. 헥산 劃分은 無水 sodium sulfate로 水分을 제거하여 減壓 濃縮 하고 나서 窒素가스를 이용하여 乾固시켰다. 濃縮 殘渣에 헥산 5 ml에 다시 녹인 후, 헥산 5 ml로 活性化 시킨 Sep-Pak silica cartridge에 통과시키고 나서 헥산 5 ml와 hexane-dichloromethane (6/4, v/v) 2 ml로 順次 세척한 후 hexane-dichloromethane (6/4, v/v) 5 ml로 回收하여 減壓 濃縮 하고 나서 窒素가스를 이용하여 乾固시켜 Gas chromatography (Shimadzu GC - 14A equipped with ECD)로 분석하였다. 標準品の 檢量線은 97%의 chlorfenapyr를 헥산으로 稀釋하여 100 ppm의 貯藏溶液을 조제하고 나서 이 溶液으로부터 0.1-5 ppm의 標準溶液을 調製하고 gas chromatography로 分析하여 標準溶液의 濃度와 chromatogram상에서 얻어진 peak height를 기준으로 檢量線을 작성하였다. 操作條件은 fused silica capillary column을 이용하였으며, column 溫度는 255℃, 注入口 溫度는 270℃, 檢出器 溫度는 300℃로 하였고 carrier gas로서 窒素가스를 2 ml/min의 流速으로 하여 chlorfenapyr를 定量 分析하였다.

第 3 章 結 果

第1節 사과원 점박이응애의 殺蟬劑 抵抗性 모니터 링

感受性 및 8개 地域의 사과원에서 採集한 사과점박이응애의 4종 殺蟬劑 (fenpyroximate, propargite, pyridaben, azocyclotin)에 대한 感受性을 조사한 결과 地域 및 藥劑의 種類에 따라 약제에 대한 感受性에 커다란 差異가 있었다 (그림 1). 地域別로는 예산, 김제, 안동, 충주 지역 個體群에서 현저한 感受性의 低下가 관찰되었으나 군위, 연기, 수원 및 나주지역 個體群은 비교적 낮은 抵抗性을 나타내었다. 이러한 藥劑 感受性 低下의 수준은 藥劑別로도 다양하게 나타났는데, fenpyroximate의 경우, 抵抗性比 (RR)는 18~237倍로서 대부분의 지역 個體群에서 높은 抵抗性이 발달되고 있는 것으로 나타났으나 특히 예산 個體群 (RR, 237倍), 안동 個體群 (RR, 108倍), 김제 個體群 (RR, 89倍)에서 현저히 저항성이 발달하였다. Pyridaben에 대해서는 예산 個體群 (RR, 78倍), 김제 個體群 (RR, 51倍)에서 높은 抵抗性이 발달되고 있는 것으로 나타났으나, 기타 지역 個體群에서는 6~11倍로 비교적 낮은 수준의 抵抗性 발달을 보였다. Azocyclotin의 경우에는 조사된 지역 대부분의 個體群에서 저항성 발달이 낮은 수준이었다 (RR, 1.3~5.8倍). 이밖에 propargite는 안동지역 個體群에서는 抵抗性比가 39.4倍로 높은 수준이었지만 수원지역 個體群은 0.3倍 정도의 抵抗性比를 보여 地域間 저항성 발달 정도의 變異가 심하였다.

8개 地域 個體群에서 藥劑 相互間的 저항성 발달의 相關성을 조사해 본 결과, 각 地域 個體群들의 propargite에 대한 抵抗性比와 azocyclotin

의 抵抗性比 사이에, 그리고 pyridaben에 대한 抵抗性比와 fenpyroximate에 대한 抵抗性比 사이에 陽의 相關關係를 보여주었고 이들의 相關係數 (R^2)는 前者의 경우 0.82였으며 後者는 0.78이었다 (그림 1).

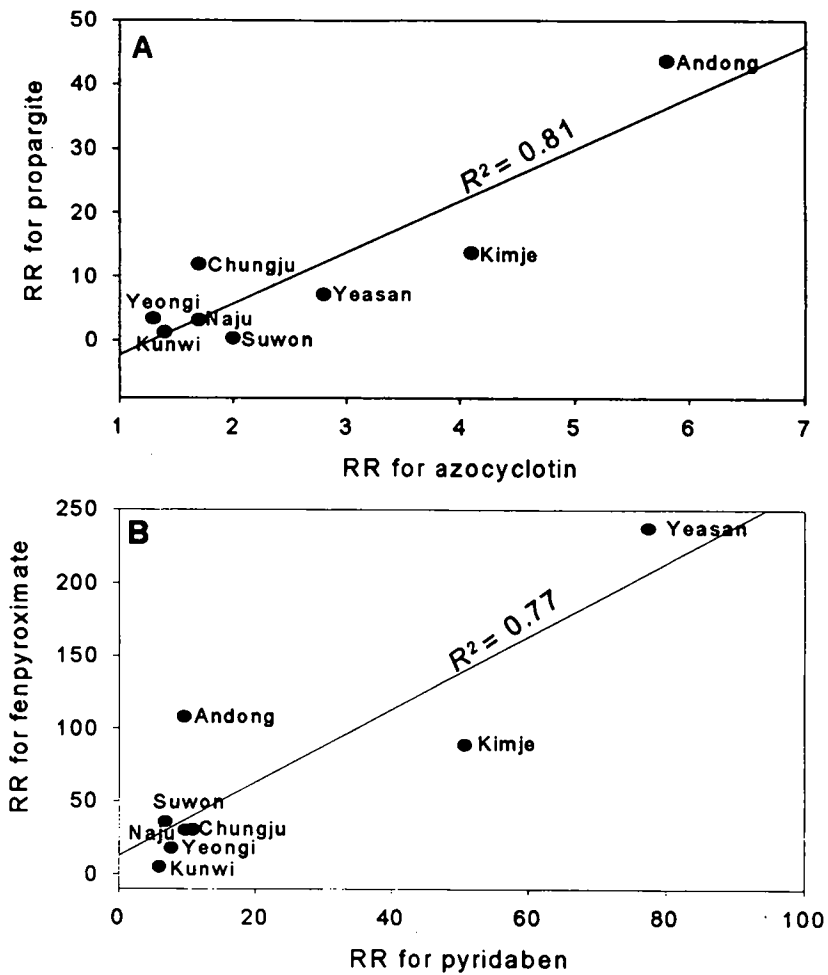
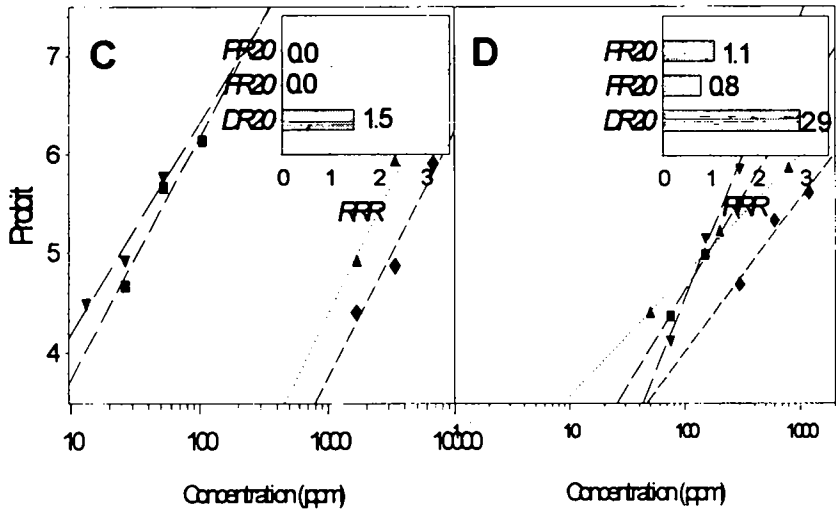
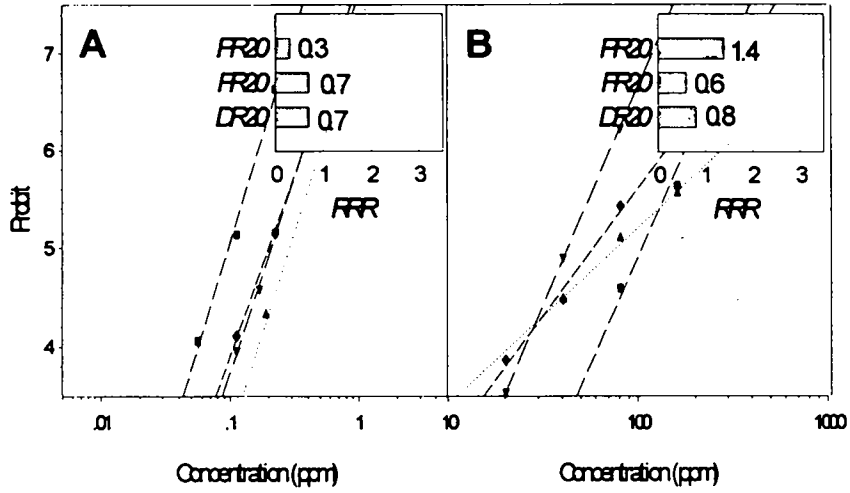


Figure 1. Relationships of resistance between azocyclotin and propargite (A) and between fenpyroximate and pyridaben (B) in field-collected populations of *Tetranychus urticae*.

第2節 Dicofol, fenpyroximate, pyridaben 淘汰系統의 殺蟬劑 交差抵抗性

抵抗性 발달정도가 가장 顯著하였던 예산지역의 사과점박이응애를 dicofol, fenpyroximate, pyridaben으로 淘汰한 DR₂₀, FR₂₀, PR₂₀가 계통의 7種 殺蟬劑들에 대한 抵抗性 발달에 미치는 영향을 그림 2에 나타내었다. Abamectin에 대해서는 세 淘汰系統 모두 抵抗性이 감소하였는데, 그 중 PR₂₀은 0.3의 相對的 抵抗性比 (relative resistance ratio = 淘汰系統의 LC₅₀/母系統의 LC₅₀, RRR)를 보여 淘汰系統들 중 가장 큰 抵抗性 저하를 보였으나 濃度-死蟲率 曲線의 기울기(slope)에 있어서는 모든 계통이 변화를 보이지 않았다 (그림 2A). Azocyclotin의 경우 (그림 2B), 세 淘汰系統중 PR₂₀만이 1.4의 RRR로 저항성의 증가를 보였으며 DR₂₀은 0.6, FR₂₀은 0.8의 RRR를 보였다. 이때 DR₂₀과 母系統인 예산지역 個體群 (YF)의 LC₅₀값 사이에는 有意性이 認定되지 않았으나, 기울기에 있어서는 세 系統 모두 변화를 보였다. Dicofol에 대해서는 PR₂₀과 FR₂₀이 모두 0의 RRR를 가져 강한 逆相關交差抵抗性이 관찰되었으나, 濃度-死蟲率 曲線의 기울기는 조사된 모든 계통에 있어서 유의한 변화가 관찰되지 않았다 (그림 2C). DR₂₀은 fenpropathrin에 대해 저항성의 증가를 보였지만 PR₂₀, FR₂₀은 유의한 저항성 증가를 보이지 않았다 (그림 2D). Fenpyroximate의 경우에 있어서는 PR₂₀은 YF의 1.6배 RRR를 보였으며 기울기에 있어서는 DR₂₀과 FR₂₀이 변화되었음을 알 수 있었다 (그림 2E). Propargite에 대해서는 FR₂₀이 8.9 그리고 DR₂₀이 3.3의 RRR를 보여 강한 交差抵抗性을 보였으나 PR₂₀은 propargite에 대한 저항성은 오히려 YF보다 낮고 그 감수성 정도가 SS와 차이가 없는 것으로 나타나 pyridaben은 propargite와 逆相關交差抵抗性

관계에 있었으며, 기올기에 있어도 교차저항성이 발달한 FR₂₀과 DR₂₀가 유사했는데 반해 저항성이 발달하지 않은 PR₂₀과 YF가 유사해 propargite 저항성 발달에 기올기의 변화가 수반됨을 알 수 있었다 (그림 2F). Pyridaben에 대해서는 PR₂₀을 제외한 다른 淘汰 系統 모두 抵抗性 增加를 보이지 않았으나 조사된 모든 계통의 기올기가 변화된 상태였다 (그림 2G).



(Continued)

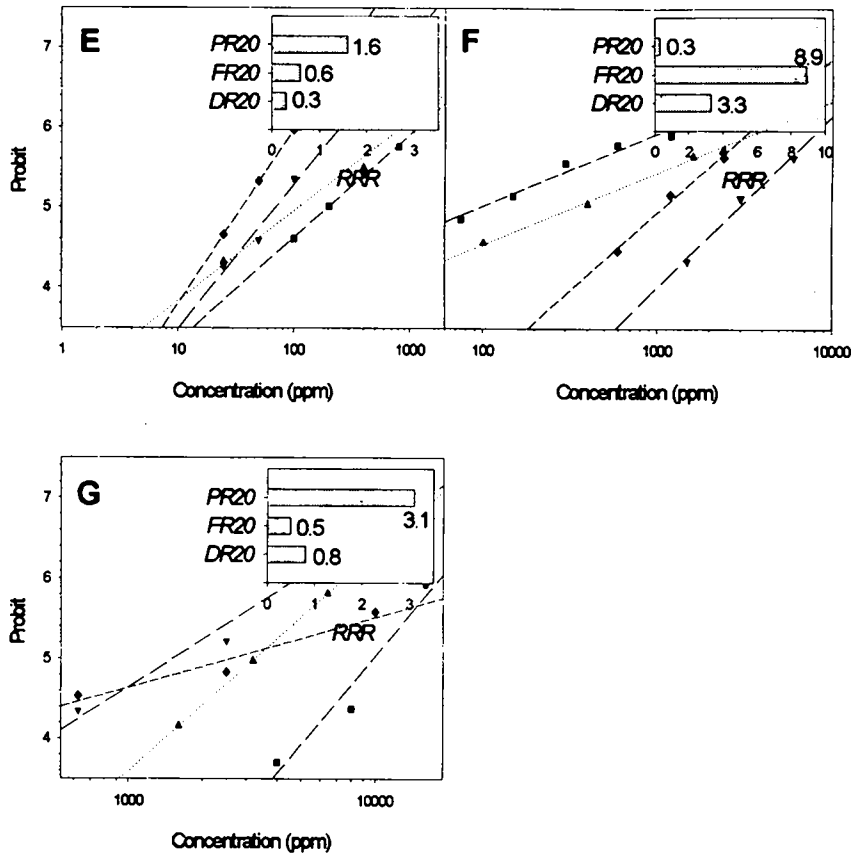


Figure 2. Concentration-mortality relationships in Yeasan-field collected population (YF, ▲), pyridaben-resistant PR₂₀ (■) strain, dicofol-resistant DR₂₀ (◆) strain and fenpyroximate-resistant FR₂₀ (▼) strain. Figures A, B, C, D, E, F and G represent concentration-mortality relationship of *T. urticae* against abamectin, azocyclotin, dicofol, fenpropathrin, fenpyroximate, propargite and pyridaben, respectively.

第3節 除草劑의 殺蟬效果

Glufosinate ammonium의 9種의 非選擇性 果園 除草劑를 勸獎濃度로 實驗室內에서 噴霧法으로 처리하였을 때 感受性 점박이용애의 蟲態 (알, 幼蟲, 成蟲)에 따른 殺蟬效果를 檢證하여 그 結果를 表 1에 나타내었다. Glufosinate ammonium을 60 ml/20 liter의 濃度로 처리하였을 때, 感受性 系統의 點박이용애 幼蟲과 成蟲에 대하여 100%의 강한 殺蟬效果를 보였으나, 알에 대해서는 전혀 殺卵效果(ovicidal activity)를 나타내지 않았다. 그러나 glyphosate, paraquat dichloride를 비롯한 7種의 單劑와 Fluoxypyr + glyphosate 混合劑는 勸獎濃度 처리에서 감수성 點박이용애의 알, 幼蟲, 成蟲 모두에 대해서 전혀 殺蟬活性을 보이지 않았다.

Table 1. Toxicity of various herbicides to different developmental stages in susceptible *Tetranychus urticae*

Chemical	Rate ^a	Mortality, % ($\bar{x} \pm SE$)			
		n	Egg	n	Adult (♀)
	60 ml	100	0	60	100
Glufosinate	75 ml	100	0	60	0
Glyphosate	50 ml	100	0	60	0
Paraquat	30 g	100	0	60	0
Bromacil Sulfosate	50 ml	100	0	60	0
Oxyfluorfen	84 ml	100	0	60	0
Terbuthylazine	133 g	100	0	60	0
Oryzalin	100 ml	100	0	60	0
Fluoxypyr + glyphosate	50 ml	100	0	60	0

^a 20 liter 당의 약량

除草劑 glufosinate ammonium을 勸奨濃度로 처리하였을 때 感受性 系統의 점박이응애의 成蟲에 대하여 강한 殺蟬效果를 보였기 때문에 果園 除草劑로서 널리 이용되고 있는 glufosinate ammonium, paraquate dichloride, glyphosate가 점박이응애의 각 蟲態 (알, 幼蟲, 若蟲 및 成蟲)에 대하여 이들 약제의 농도에 따른 殺蟬效果를, 사과원에서 점박이응애 防除를 위하여 널리 이용되고 있는 有機朱錫系 殺蟬劑 azocyclotin과 비교하였다 (表 2). Glufosinate ammonium은 1.185 mg (AI)/leaf와 같은 낮은 농도에서도 幼蟲과 若蟲의 경우 각각 100%와 98%의 높은 살비효과를 보였으나 成蟲에 대해서는 82%로 다소 낮은 살비효과를 보였다. 그러나, 2.370 mg (AI)/leaf의 濃度에서는 점박이응애의 幼蟲, 若蟲 및 成蟲 모두에 탁월한 殺蟬效果를 보였으며 그 효과는 對照藥劑인 azocyclotin 보다 우수하였으나 알에 대해서는 4.740 mg (AI)/leaf와 같은 높은 濃度에서도 殺卵效果효과를 나타내지 않았다. 그러나 azocyclotin은 알에 대하여 2.370 mg (AI)/leaf 처리에서 56%, 4.740 mg (AI)/leaf 처리에서는 100%의 殺卵效果를 나타내었다. 반면, paraquate dichloride와 glyphosate는 4.740 mg (AI)/leaf와 같은 높은 濃度에서도 점박이응애의 모든 發育 段階에 대해서도 전혀 殺蟬活性을 보이지 않았다.

그림 1과 그림 2에 나타난 바와 같이 化學 構造上 相異한 殺蟬劑들에 抵抗性を 보이고 있는 것으로 나타난 全國 7개 地域 사과원에서 채집한 점박이응애 個體群과 제2절에서 나타난 바와 같은 dicofol 抵抗性 DR₂₀ 系統, fenpyroximate 抵抗性 FR₂₀ 系統, pyridaben 抵抗性 PR₂₀ 系統의 glufosinate ammonium에 대한 感受性を 조사하여 그 결과를 表 3에 나타내었다. 藥劑에 대한 反應은 다양하게 나타났다. 수원, 군위, 예산, 안동, 가평, 옥산지역 채집 個體群과 DR₂₀ 및 FR₂₀ 系統은 感受性 系統과 비교하였을 때 抵抗性比가 10 미만 으로 비교적 낮은 감수성의 저하를 보였으나,

김천 個體群과 PR₂₀ 系統은 각각 10.5, 13.4 으로 다른 계통보다는 다소 높은 抵抗性比를 나타내었다. 이상의 결과로 부터 glufosinate ammonium은 國內 主要 사과원의 점박이응애 뿐만 아니라 fenpyroximate, dicofol, pyridaben을 많이 사용하고 있는 사과원의 점박이응애에 대해서도 效果的인 防除 手段으로 판단되었다.

Table 2. Toxicity of herbicides to different developmental stages in susceptible *Tetranychus urticae*

Chemical	Rate ^a	Mortality ^b , % ($\bar{x} \pm SE$)							
		n	Egg	n	Larva	n	Protonymph	n	Adult (♀)
Glufosinate ammonium	0.593	400	0d	125	65.8±7.2d	138	52.6±5.2d	89	66.0±3.6de
	1.185	400	0d	398	100a	216	97.7±0.5b	151	82.0±0.8cd
	2.370	336	0d	207	100a	161	100a	183	97.8±1.6b
	4.740	355	0d	242	100a	147	100a	143	100a
Paraquat dichloride	0.593	321	0d	203	0e	155	0e	108	0g
	1.185	359	0d	197	0e	167	0e	94	0g
	2.370	400	0d	225	0e	244	0e	147	0g
	4.740	400	0d	198	0e	179	0e	183	0g
Glyphosate	0.593	355	0d	167	0e	161	0e	179	0g
	1.185	385	0d	191	0e	179	0e	91	0g
	2.370	420	0d	268	0e	191	0e	136	0g
	4.740	390	0d	166	0e	206	0e	186	0g
Azocyclotin	0.593	174	17.7±4.6c	234	66.7±4.0c	145	45.7±5.9d	105	49.7±7.0e
	1.185	152	30.3±0.2c	179	80.0±3.7b	190	59.0±5.1d	119	78.0±0.8cd
	2.370	146	56.0±0.2b	293	92.0±2.2a	166	73.7±3.4c	116	91.0±2.9bc
	4.740	332	100a	179	100a	161	100a	134	100a

^a Unit, mg [AI]/leaf

^b Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Sheffe's Test). Mortalities were transformed to arcsine square root before ANOVA. Means ($\pm SE$) of untransformed data were reported.

Table 3. Toxicity of glufosinate ammonium to field collected populations, acaricide-selected and susceptible strains of *Tetranychus urticae*

Strain	n	Slope (\pm SE)	LC ₅₀ , ppm [AI] (95% FL)	RR ^a
Suwon	129	1.63 (0.18)	57.26 (45.26 ~ 71.79)	2.3
Kunwi	148	1.87 (0.19)	74.35 (60.61 ~ 91.52)	3.0
Yeasan	152	1.37 (0.17)	103.65 (78.13 ~ 134.46)	4.2
Andong	443	1.71 (0.34)	118.75 (70.07 ~ 156.16)	4.8
Kapyung	550	2.15 (0.22)	178.24 (146.87 ~ 216.85)	7.3
Oksan	527	2.20 (0.25)	194.21 (164.69 ~ 227.44)	7.9
Kimcheon	559	2.92 (0.36)	258.44 (225.14 ~ 294.52)	10.5
DR ₂₀	702	2.31 (0.23)	125.32 (104.27 ~ 149.99)	5.09
FR ₂₀	581	2.38 (0.35)	212.07 (173.76 ~ 248.76)	8.62
PR ₂₀	604	3.55 (0.37)	329.51 (296.36 ~ 369.66)	13.40
SS	821	2.14 (0.20)	24.60 (20.11 ~ 28.96)	-

^a Resistance ratio = LC₅₀ value of resistant strain/LC₅₀ value of susceptible strain.

溫度는 殺蟎劑의 活性에 영향을 미치는 가장 중요한 要因중의 하나로서 실제 野外에서의 효과적인 害蟲 防除 뿐 만 아니라 殺蟎劑의 作用 메카니즘의 解明에도 크게 기여하고 있기 때문에, glufosinate ammonium의 溫度에 따른 殺蟎效果를 조사하여 溫度에 따른 기울기, 半數致死濃度 (LC₅₀) 및 相對的 毒性을 表 4에 나타내었다. Glufosinate ammonium의 殺蟎力은 溫度에 따라 커다란 차이를 보이고 있는데, 이 除草劑의 殺蟎力은 陽의 相關關係 (positive temperature coefficient)를 나타내었다. 10℃에서의 半數致死濃度는 424.08 ppm 이었으며, 13℃에서는 380.81 ppm으로 13℃ 이하에서는 살비효과가 낮았으나, 18℃에서의 半數致死濃度는 82.78 ppm으로 살비력이 높아지면서 25℃ 이상에서 급격한 殺蟎力의 증가를 보이고 있는데, glufosinate ammonium의 10℃에서의 살비효과를 1로 하였을 때 18℃, 22℃, 25℃, 32℃에서의 살비효과는 각각 5배, 10배, 17배, 20배 이었다 (表 4).

Table 4. Temperature-toxicity relationships of glufosinate ammonium on susceptible strain of *Tetranychus urticae*

Temp. (°C)	n	Slope(± SEM)	LC ₅₀ ppm (95% FL)	χ^2	RT ^a
10	120	2.56(0.61)	424.08 (248.44 ~ 571.18)	0.88	1.0
13	134	2.11(0.43)	380.81 (241.30 ~ 504.54)	1.83	1.1
18	127	2.29(0.41)	82.78 (55.37 ~ 106.49)	1.53	5.1
22	182	1.62(0.25)	41.43 (29.86 ~ 53.95)	0.16	10.2
25	124	2.21(0.24)	24.94 (20.48 ~ 29.21)	1.34	17.0
32	128	2.98(0.37)	21.29 (17.96 ~ 24.31)	0.02	20.0

^a Toxicity factor relative to 10°C.

6種의 殺蟎劑에 대한 glufosinate ammonium 抵抗性 系統 (GaR₁₅)의 점박이응애에 대한 각종 殺蟎劑의 交差抵抗性を 앞절에서 나타낸 感受性 系統의 LC₅₀ 값과 비교하여 그 결과를 表 5에 나타내었다. Glufosinate ammonium으로 감수성 계통을 15世代 淘汰한 후 glufosinate ammonium에 대한 抵抗性を 조사한 결과 LC₅₀값은 109.96 ppm 으로서 感受性 系統에 비하여 약 4.4배의 비교적 낮은 抵抗性比를 나타내었다. 그러나 GaR₁₅ 系統에 대한 fenazaquin, fenpyroximate와 pyridaben의 LC₅₀ 값은 각각 14.89 ppm, 2.01 ppm, 96.56 ppm 이었으며 抵抗性比는 각각 0.4, 0.4, 0.3 정도로서 逆相關交差抵抗性を 나타내었다. 그러나, propargite와 azocyclotin, tebufenpyrad의 경우에 있어서도 GaR₁₅ 系統에 대하여 각각 1.4, 0.9, 0.7 정도의 抵抗性比를 나타내어 交差抵抗性を 보이지 않았다. 이상의 결과로부터 상기 公試藥劑들은 glufosinate ammonium 抵抗性 点박이응애의 防除에도 효과적이라고 판단되었다.

Table 5. Toxicity of acaricides to the glufosinate ammonium-selected strain of *Tetranychus urticae*

Chemical	n	Slope (±SE)	LC ₅₀ , ppm [AI] (95% FL)	RR ^a
Azocyclotin	223	1.41 (0.27)	23.21 (16.08 ~ 30.56)	0.85
Fenazaquin	239	1.11 (0.21)	14.89 (7.52 ~ 22.84)	0.44
Fenpyroximate	237	1.90 (0.41)	2.01 (1.30 ~ 2.57)	0.39
Glufosinate	230	1.48 (0.34)	109.96 (59.74 ~156.84)	4.41
Propargite	190	3.11 (0.39)	63.08 (52.44 ~ 73.44)	1.39
Pyridaben	243	1.60 (0.27)	96.56 (67.83 ~124.08)	0.34
Tebufenpyrad	224	2.58 (0.34)	4.54 (3.54 ~ 5.46)	0.72

^a For explanation, see Table 3.

第4節 除草劑 Glufosinate ammonium과 數種 殺蟬劑 가 天敵類에 미치는 影響

1. 室內實驗

철성풀잠자리붙이 (*Chryopa cognata*)의 알, 幼蟲 및 번데기에 대한 除草劑 glufosinate ammonium의 毒性을 噴霧法을 이용하여 室內에서 檢定하여 그 결과를 表 6에 나타내었다. Glufosinate ammonium은 勸獎濃度인 540 ppm 뿐만 아니라 4倍量 濃度인 2160 ppm 처리에서도 철성풀잠자리붙이의 알과 3齡 幼蟲에 대해서는 전혀 毒性을 나타내지 않았다. 번데기의 경우에 있어서도 4320 ppm과 2160 ppm 같은 대단히 높은 농도에서도 40%의 死蟲率을 나타내었으며 1080 ppm 처리에서는 16.6%의 死蟲率을, 勸獎濃度인 540 ppm 처리에서는 14.2%의 낮은 死蟲率을 보여 glufosinate ammonium은 철성풀잠자리붙이의 모든 蟲態에 대하여 毒性이 매우 낮음을 알 수 있었다.

Table 6. Toxicity of glufosinate ammonium for different developmental stages of *Chryopa cognata*

Conc. (ppm)	Mortality, %			
	n	3rd larva	n	Pupa
4320	60	-	100	40
2160	60	0	100	40
1080	60	0	60	16.6
540	60	0	60	14.2
270	60	0	60	0
135	60	0	60	0
67.5	60	0	60	0

애꽃노린재 (*Orius sauteri*)의 각 蟲態 (알, 幼蟲, 成蟲)에 따른 glufosinate ammonium의 毒性을 噴霧法을 이용하여 室內에서 檢定한 결과를 表 7에 나타내었다. 알의 경우에 있어서, 勸獎濃度인 540 ppm을 처리하였을 때 71.4%의 死蟲率을 보였으며, 67.5 ppm과 같은 낮은 농도에서도 42.9%의 死蟲率을 나타내어 이 除草劑는 알에 대하여 毒性이 높음을 알수 있었다. 3齡 幼蟲의 경우에 있어서는, 540 ppm 처리시 65%의 死蟲率을 나타내었으며 倍量濃度인 1080 ppm 처리시에는 90%의 사충율을 보였고, 67.5 ppm 에서는 35%의 死蟲率을 보여 幼蟲에 대해서도 높은 毒性을 나타내었다. 成蟲의 경우, 540 ppm 처리시 57.8%의 死蟲率을, 倍量濃度인 1080 ppm 에서는 71.4%의 死蟲率을, 67.5 ppm과 같은 낮은 농도에서도 33.3%의 死蟲率을 보여 成蟲에 대해서도 毒性이 높았다. 前節에서 언급한 바와 같이 glufosinate ammonium은 점박이용애의 알에 대해서는 효과가 없으며, 幼蟲·若蟲·成蟲에 대해서는 135 ppm 처리에서 100%의 死蟲率을 보인다는 사실을 고려하면 이 除草劑는 점박이용애에 비하여 애꽃노린재에 독성이 낮다고 할 수 있으나, glufosinate ammonium을 실제 사과원의 용애 防除에 이용하고자 할 때에는 適切한 防除 時期의 선택이 중요하였다.

Table 7. Toxicity of glufosinate ammonium for different developmental stages of *Orius sauteri*

Conc. (ppm)	Mortality, %		
	Egg	3rd larva	Adult
4320	-	100	100
2160	-	100	95.0
1080	-	90.0	71.4
540	71.4	65.0	57.8
270	60.7	54.5	40.0
135	63.6	-	-
67.5	42.9	35.0	33.3

무당벌레 (*Harmonia axyridis*)의 각 蟲態 (알, 1齡 幼蟲, 末齡 幼蟲, 번데기, 成蟲)에 따른 glufosinate ammonium의 毒性은 表 8에 나타낸 바와 같다. Glufosinate ammonium의 알과 成蟲에 대한 半數致死濃度 (LC₅₀)는 >2160 ppm 이었으며, 1齡 幼蟲에 대한 半數致死濃度は 99.79 ppm 이었다. 末齡 幼蟲과 번데기의 경우에 있어서의 半數致死濃度は 각각 742.03 ppm과 700.46 ppm 으로서 대단히 낮은 毒性을 나타내었다. 第3節에서 언급한 바와 같이 glufosinate ammonium은 점박이용애의 알에 대해서는 효과가 없으나, 幼蟲에 대한 半數致死濃度は <10 ppm 이며, 成蟲에 대한 半數致死濃度は 24.60 ppm 이라는 사실로 부터 glufosinate ammonium은 무당벌레의 알, 末齡 幼蟲, 번데기 및 成蟲에 대해서는 毒性이 대단히 낮은 반면, 1齡 幼蟲의 경우에는 다소 毒性이 높기는 하나 점박이용애에 대한 毒性和 비교하면 실제 野外에서 사용할 경우 무당벌레에 대해서는 惡影響이 없으면서 점박이용애를 效率적으로 防除할 수 있는 害蟲綜合管理의 한 手段으로서 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 8. Toxicity of glufosinate ammonium for different developmental stages of *Harmonia axyridis*

Stage ^a	n	slope(±SE)	LC ₅₀ , ppm [AI] (95% FL) ^p
Egg	724	- ^c	> 2160
1st larva	176	3.17 (0.42)	99.79 (83.96 ~ 114.55)
Last larva	200	1.45 (0.15)	742.03 (614.73 ~ 913.92)
Pupa	225	1.63 (0.18)	700.46 (558.95 ~ 890.40)
Adult	130	-	> 2160

^a 24h-old larva and larva of wet-weight 36.5 ± 5.6 mg were used as 1st larva and last larva, respectively.

^b Fiducial limit.

^c Not determined.

Chlorfenapyr는 最近에 開發된 pyrrole系 殺蟲 및 殺蟬劑로서 특히 점박이응애에 대한 殺蟬力이 탁월하다는 것이 本 研究障 (Ahn 등, 1996)에 의하여 보고된 바 있으며 人畜에 대한 毒性이 낮을 뿐 아니라 많은 종류의 害蟲에 대하여 低濃度에서도 그 효과가 우수하다는 것이 밝혀져 (Lovell 등, 1990; Miller 등, 1990) 害蟲 防除라는 면에서 크게 주목을 받고 있으나, 점박이응애의 天敵類에 미치는 影響에 대해서는 별로 알려진 바가 없기 때문에 chlorfenapyr의 무당벌레 각 蟲態에 대한 毒性을 조사하였다 (表 9). 이 약제의 알과 번데기에 대한 半數致死濃度는 >2160 ppm 이었으며, 末齡 幼蟲과 成蟲의 경우 半數致死濃度는 각각 939.85 ppm과 1128 ppm 이었다. 本 研究障의 실험 결과에 의하면 chlorfenapyr의 점박이응애 알에 대한 半數致死濃度는 <1 ppm, 幼蟲에 대한 半數致死濃度는 <0.1 ppm, 成蟲에 대한 半數致死濃度는 0.51 ppm 으로서 점박이응애에 대해서는 毒性이 강하나, 무당벌레의 각 蟲態에 대해서는 毒性이 낮다는 점을 고려하면 실제 野外에서 사용할 경우 天敵類에는 惡影響이 없으면서 점박이응애를 效率的으로 防除할 수 있는 害蟲綜合管理의 한 手段으로서 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 9. Toxicity of chlorfenapyr for different developmental stages of *Harmonia axyridis*

Stage ^a	n	slope(±SE)	LC ₅₀ , ppm [AI] (95% FL)
Egg	701	- ^b	> 2160
1st larva	-	-	-
Last larva	112	369 (0.38)	939.85 (843.42 ~ 1041.63)
Pupa	60	-	>2160
Adult	122	2.15 (0.32)	1128.00 (957.31 ~ 1337.68)

^a 24h-old larva and larva of wet-weight 36.5 ± 5.6 mg were used as 1st larva and last larva, respectively.

^b Not determined.

Flufenoxuron은 最近에 開發된 benzoylphenyl urea계 殺蟲 및 殺蟬劑로서 점박이응애에 대한 殺蟬力이 탁월하다는 것이 本 研究陣 (Ahn 등, 1993)에 의하여 보고된 바 있으며 人畜에 대한 毒性이 낮을 뿐 아니라 많은 종류의 害蟲에 대하여 低濃度에서도 그 효과가 우수하다는 것이 밝혀져 (Anderson 등, 1986; Perugia 등, 1990) 害蟲 防除라는 면에서 크게 주목을 받고 있으나, 점박이응애의 天敵類에 미치는 影響에 대해서는 별로 알려진 바 없어 flufenoxuron의 무당벌레 각 蟲態에 대한 毒性을 조사하였다 (表 10). 이 약제의 알, 末齡 幼蟲, 번데기과 成蟲에 대한 半數致死濃度는 각각 1176.68 ppm, 1876.32 ppm, 1080 ppm 과 >2160 ppm 이었다. 本 研究陣의 실험 결과에 의하면 flufenoxuron의 점박이응애 알에 대한 효과는 거의 없으나, 幼蟲과 若蟲에 대한 半數致死濃度는 <50 ppm, 成蟲에 대한 半數致死濃度는 77.79 ppm 으로서 점박이응애에 대해서는 毒性이 강하나, 무당벌레의 각 蟲態에 대해서는 毒性이 낮다는 점을 고려하면 실제 野外에서 사용할 경우 무당벌레에는 惡影響이 없으면서 점박이응애를 효율적으로 防除할 수 있는 害蟲綜合管理의 한 手段으로서 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 10. Toxicity of flufenoxuron for different developmental stages of *Harmonia axyridis*

Stage ^a	n	slope(±SE)	LC ₅₀ , ppm [AI] (95% FL)
Egg	1028	3.72 (0.56)	1176.68 (1003.96 ~ 1347.77)
1st larva		- ^b	-
Last larva	132	3.28 (0.36)	1876.32 (1664.03 ~ 2099.59)
Pupa	60	4.26 (0.40)	1080.00 (983.12 ~ 1186.43)
Adult	84	-	> 2160

^a 24h-old larva and larva of wet-weight 36.5 ± 5.6 mg were used as 1st larva and last larva respectively.

^b Not determined.

사과점박이응애의 가장 중요한 天敵으로 알려진 긴털이리응애의 각종 蟲態에 따른 glufosinate ammonium의 毒性을 噴霧法을 이용하여 室內에서 검정한 결과 發育態에 따라 현저한 독성의 차이를 보였다 (表 11). 알의 경우에 있어서 glufosinate ammonium은 1080 ppm과 같은 高濃度에서도 긴털이리응애의 알에 대하여 전혀 독성을 보이지 않았다. 幼蟲과 成蟲의 경우, 勸獎濃度인 540 ppm과 270 ppm을 처리하였을 때 이들 蟲態에 모두 100%의 殺蟲效果를 보였으며, 135 ppm 처리에서 幼蟲에 대해서는 67%, 成蟲에 대해서는 46%의 殺蟲效果를 나타내었다. 第3節에서 기술한 바와 같이 glufosinate ammonium은 勸獎濃度인 540 ppm과 270 ppm 처리에서 점박이응애의 알에 대해서는 毒性이 없으나, 幼蟲과 成蟲에 대해서는 毒性이 높다는 결과는 glufosinate ammonium의 긴털이리응애의 각 蟲態에 대한 毒性和 비슷하며 기타의 天敵 昆蟲類에는 毒性이 낮다는 결과로 부터 glufosinate ammonium은 응애류에 공통적인 살비 메커니즘을 나타내는 것으로 추정되었다.

Table 11. Toxicity of glufosinate ammonium to developmental stages of *Amblyseius womersleyi* in laboratory

Conc. (ppm)	n	Mortality ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) ^a , %				
		Egg	n	larva	n	Adult (♀)
1080	96	0	56	100	76	100a
540	120	0	54	100	64	100a
270	96	0	52	100	64	100
135	115	0	58	67	73	46
Control	120	0	50	2.1	72	5.1

^a Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]). Mortalities were transformed to arcsine square root of mortalities before ANOVA. Means ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) of untransformed data are reported.

긴털이리응애의 蟲態에 따른 tebufenpyrad의 毒性을 噴霧法을 이용하여 室內에서 검정한 결과 發育態에 따라 현저한 毒性의 차이를 보였다 (表 12). 알의 경우에 있어서 tebufenpyrad는 100 ppm 處理에서 9.1% 이라는 낮은 殺卵效果를 보였으나, 幼蟲과 成蟲의 경우 25 ppm 처리에서 각각 81.8%와 45.6%의 殺蟲效果를 보여 이들 蟲態에는 독성이 높음을 알 수 있었다. 後述 (第7節)한 바와 같이 tebufenpyrad는 점박이응애에 대하여 12.5 ppm 농도에서 알, 幼蟲 및 若蟲에 대해 100%의 死蟲率을 보이고 있으나, 成蟲에 대해서는 60.4%의 死蟲率을 나타내고 있다는 사실로 부터 tebufenpyrad는 긴털이리응애의 알에 대해서는 毒性이 대단히 낮은 반면, 幼蟲과 成蟲의 경우에는 상당히 毒性이 높아 점박이응애에 대한 毒性和 비교하면 실제 野外에서 tebufenpyrad를 사용할 경우 天敵類에는 커다란 惡影響을 미칠 수 있기 때문에 tebufenpyrad의 경우에 있어서는 긴털이리응애에는 영향이 낮으면서 점박이응애만을 효율적으로 防除하면서 할 수 있는 適切な 時期의 選擇이 중요할 것으로 판단된다.

Table 12. Toxicity of tebufenpyrad to developmental stages of *Amblyseius womersleyi* in laboratory

Conc. (ppm)	n	Mortality ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) ^a , %					
		Egg		larva		Adult (♀)	
100	167	9.1 ± 2.2a	54	100a	63	81.9 ± 5.4a	
50	106	2.3 ± 1.2ab	44	97.4 ± 2.6a	52	52.3 ± 2.5b	
25	108	1.2 ± 1.2ab	39	81.8 ± 1.9b	60	45.6 ± 4.3bc	
12.5	120	0.5 ± 0.5b	58	48.5 ± 3.5c	73	27.4 ± 2.4c	

^a Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]). Mortalities were transformed to arcsine square root of mortalities before ANOVA. Means ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) of untransformed data are reported.

2. 野外實驗

Tebufenpyrad를 勸獎濃度인 50 mg (AI)/liter로 사과나무에 葉面 撒布 하였을 때 긴털이리응애의 個體群 密度에 미치는 영향을 時期別로 조사하여 그 결과를 表 13에 나타내었다. Tebufenpyrad 處理區와 無處理 對照區 간에 긴털이리응애의 個體群 密度에 현저한 차이를 보였는데, 藥劑 處理 5 일 후의 밀도는 對照區의 284마리인데 비하여 tebufenpyrad 處理區의 경우 81.9마리 이었으며, 날씨가 經過할수록 그 密度는 낮아져 처리 10일 후에는 對照區 22.7마리에 비하여 tebufenpyrad 處理區는 113.6마리 이었으며, 처리 20일후의 tebufenpyrad 處理區에서의 긴털이리응애의 個體群 密度는 29.2 마리이었으나, 對照區에서는 134.3마리 이었다. 이러한 결과로 부터 tebufenpyrad는 野外 긴털이리응애 個體群에 대해서는 毒性이 높음을 알 수 있었는데 表 12의 室內實驗의 결과에 있어서도 tebufenpyrad는 긴털이리응애의 알에는 毒性이 없으나 幼蟲과 成蟲에는 毒性이 높다는 事實과 잘 一致하고 있다. 따라서, tebufenpyrad를 사과원에 사용할 경우 긴털이리응애의 密度에 영향을 미치지 않는 時期의 選擇이 중요할 것으로 판단되었다.

Table 13. Influence of tebufenpyrad as foliar application on apples on the field population growth rate of *Amblyseius womersleyi*

Treatment	Rate (ppm)	Population growth rate ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) ^a , %			
		5d	10d	15d	20d
Tebufenpyrad	50	81.9 ± 4.7b	22.7 ± 1.3b	31.6 ± 6.1b	29.2 ± 5.4b
Untreated	-	284.0 ± 39.0a	113.6 ± 10.5a	59.5 ± 5.4a	134.3 ± 10.9a

^a Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]). Population growth rate were transformed to arcsine square root before ANOVA. Means ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) of untransformed data are presented.

Chlorfenapyr, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, chlorfenapyr + flufenoxuron 및 flufenoxuron을 1996년 7월 19일에 각각 liter當 勸獎濃度인 50 mg (AI), 25 + 125 mg (AI), 30 + 40 mg (AI), 50 mg (AI)로 사과 나무에 葉面 撒布하였을 때 사과원 棲息 天敵類 (긴털이리응애, 애꽃노린재, 捕食性 총채벌레, 칠성풀잠자리붙이)의 個體群 密度에 미치는 영향을 조사한 결과, 藥劑의 種類 및 天敵의 種類에 따라 각기 반응이 달리 나타났다 (그림 3). 긴털이리응애 (*Amblyseius womersleyi*)의 경우 (그림 3A)에 있어서, 4種의 公試藥劑를 처리하였을 때의 密度는 對照區에 비하여 처리 20일후 까지 상대적으로 낮은 密度를 유지하였다.

捕食性 총채벌레 (*Scolothrips takahashii*)의 경우 (그림 3B), 10일째에 對照區에서 密度가 상당히 激減하였으나 그 이후에는 密度가 增加하였다. Flufenoxuron을 처리하였을 때 처리 15일째까지는 密度가 낮아 졌으나 처리 20일째에는 密度가 增加한 반면 chlorfenapyr, chlorfenapyr + flufenoxuron, chlorfenapyr + fenbutatin oxide 및 tebufenpyrad의 경우 처리 20일째 까지도 낮은 密度 水準을 유지하고 있었다.

그림 3C는 公試藥劑가 칠성풀잠자리붙이 (*Chryopa cognata*)의 密度에 미치는 영향을 나타낸 것으로 칠성풀잠자리붙이는 對照區에서 20일째까지 個體群 密度가 감소하는 경향이었으나, chlorfenapyr, chlorfenapyr + flufenoxuron, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, tebufenpyrad의 경우 처리 15일째부터 對照區에 비하여 높은 密度를 유지하고 있는 반면 flufenoxuron 처리구에서는 처리 20일째까지 密度가 낮았다.

애꽃노린재 (*Orius sauteri*)의 密度에 미치는 公試藥劑의 영향을 그림 3D에 나타내었다. Flufenoxuron은 對照區에 비하여 처리 20일째까지 높은 密度를 유지하여 毒性이 낮았으며, chlorfenapyr의 경우에는 處理 初期에는 密度가 낮았으나 15일째부터 密度가 증가하여 對照區와 비슷하였다. 그

러나, chlorfenapyr + flufenoxuron과 chlorfenapyr + fenbutatin oxide
 處理區의 애꽃노린재의 密度는 對照區에 비하여 낮았다.

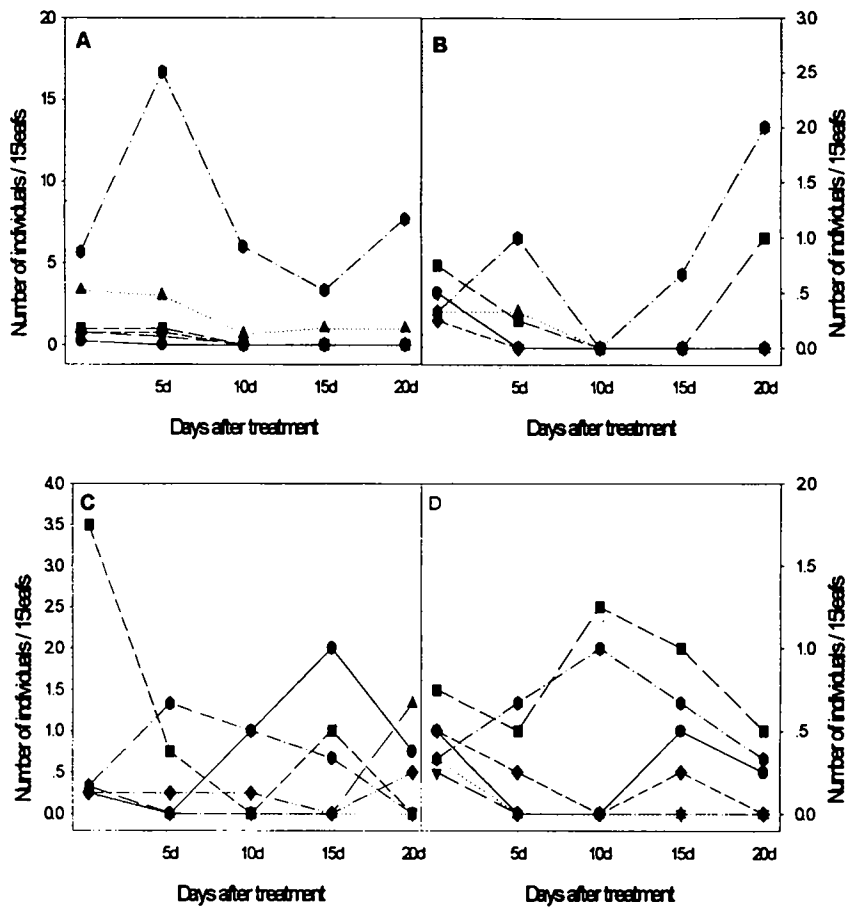


Figure 3. Influence of chlorfenapyr (●), chlorfenapyr + fenbutatin oxide (▼), flufenoxuron (■), chlorfenapyr + flufenoxuron (◆) and tebufenpyrad (▲) on the field population densities of *Amblyseius womersleyi* (A), *Scolothrips takahashii* (B), *Chryopa cognata*(C) and *Orius sauteri*(D). Control is presented by ●.

第5節 Glufosinate ammonium이 점박이응애의 生物學 的 特性에 미치는 影響

感受性和 glufosinate ammonium 抵抗性 점박이응애 (GaR-15)에 대한 glufosinate ammonium 亞致死量 處理가 이 두系統의 응애의 生物學的 特性에 미치는 影響을 조사하였다 (表 14). 感受性 및 抵抗性 점박이응애 모두 glufosinate ammonium을 LC₁₀ 濃度 水準으로 처리하였을 때 産卵數의 감소가 관찰되었을 뿐 孵化率, 性比, 成蟲 壽命에 有意性 있는 影響이 관찰되지 않았으며, LC₁ 濃度 처리시에도 生物學的 特性은 대조구와 차이가 없었다.

Table 14. Effect of sublethal doses of glufosinate ammonium on the biology of the susceptible SS and glufosinate ammonium-selected GaR₁₅ strains of *Tetranychus urticae*

Conc. ^a (ppm)	No. eggs laid for 9d ($\bar{x} \pm SE$) ^b	Hatchability, % ($\bar{x} \pm SE$) ^b	Sex ratio (♂ : ♀) ^b	Longevity, d ($\bar{x} \pm SE$) ^b
<u>SS</u>				
LC ₁	108.7 ± 5.0a	99.7 ± 0.3a	34.5 : 65.5a	11.69 ± 1.00a
LC ₁₀	85.0 ± 9.8a	89.9 ± 5.3a	20.7 : 79.3b	11.25 ± 1.38a
Control	108.7 ± 9.3a	93.2 ± 2.7a	20.2 : 79.8ab	12.67 ± 0.27a
<u>GaR₁₅</u>				
LC ₁	105.7 ± 6.6a	89.2 ± 1.0a	21.1 : 78.9a	12.14 ± 1.21a
LC ₁₀	94.0 ± 2.6a	85.7 ± 4.8a	35.1 : 64.9a	11.33 ± 1.28a
Control	84.6 ± 10.2a	91.4 ± 5.3a	23.1 : 76.9a	11.13 ± 1.43a

^a LC₁ and LC₁₀ for susceptible strain (SS) and GluA-selected strain (GaR₁₅) are 2.21 and 6.57, 2.21 and 6.57 ppm, respectively.

^b Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test [SAS, 1989]).

第6節 Glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除 效果

사과원의 雜草는 사과나무와 生態的 營養的인 면에서 상호 競爭關係에 있어 사과의 生育에 커다란 장애물일 뿐 아니라 점박이응애의 越冬處 및 避難處로 제공될 수 있기 때문에 그 除去가 불가피하다. 따라서 본시험에서는 glufosinate ammonium의 除草效果를 果園 除草劑로서 널리 이용되고 있는 glyphosate, paraquat dichloride와 비교하였다.

表 15와 表 16은 각각 1995년과 1996년 경기도 정남 소재 사과원에서 의 glufosinate ammonium, glyphosate 및 paraquat dichloride의 除草效果를 나타낸 것으로 이 사과원의 경우 국화과의 쑥 (*Artemisia princeps* var. *orientalis*)과 망초 (*Erigeron canadensis*), 석죽과의 별꽃 (*Stellaria media*), 십자화과의 냉이 (*Capsella bursa-pastoris*), 벼과의 독새풀 (*Alopecurus aequalis* var. *amurensis*)과 바랭이 (*Digitaria sanguinalis*) 등이 優點 雜草였으며 시험결과 glufosinate ammonium의 除草效果는 약제처리 20일 후 조사에서 쑥, 별꽃, 냉이, 망초, 독새풀에 대해서는 95% 이상의 높은 防除價를 보였으나, 바랭이에 대해서는 81~83%로서 타 草種에 비하여 다소 낮은 防除價를 나타내었다. Glufosinate ammonium의 全草種에 대한 除草效果는 92-93% 이었으며, glyphosate나 paraquat dichloride의 全草種에 대한 除草效果는 각각 91~92%와 86~90%를 나타내어 glufosinate ammonium의 防除效果는 glyphosate나 paraquat dichloride에 匹敵하거나 약간 우수하였다.

1995년과 1996년 경기도 수원 소재 사과원에서의 果園 除草劑인 glufosinate ammonium, glyphosate, paraquat dichloride의 雜草 防除效果

를 조사하여 그 결과를 평균하여 表 17에 나타내었다. Glufosinate ammonium의 除草效果는 약제처리 20일 후 조사에서 쑥, 냉이, 망초, 독새플에 대해서는 100%의 높은 防除價를 보였으나, 바랭이에 대해서는 90% 이하의 防除價를 나타내었다. 수원 소재 사과원에 있어서의 glufosinate ammonium의 全草種에 대한 除草效果는 93% 이었으며, glyphosate나 paraquat dichloride의 全草種에 대한 除草效果는 각각 93%와 92%를 나타내어 glufosinate ammonium의 防除效果는 glyphosate나 paraquat dichloride에 匹敵하였다.

表 18은 1996년과 1997년 경상북도 군위 소재 사과원에서의 公試藥劑의 除草效果를 평균하여 나타낸 것으로 glufosinate ammonium의 除草效果는 약제처리 20일 후 조사에서 바랭이 및 기타 雜草를 제외한 雜草에 대해서는 100%의 높은 防除價를 보여, glufosinate ammonium은 바랭이에 대해서는 효과가 낮았다. 군위지역 사과원에 있어서의 glufosinate ammonium의 除草效果는 경기도 정남과 수원에서의 실험결과와 마찬가지로 glyphosate나 paraquat dichloride의 除草效果에 匹敵하였다.

이상의 결과로부터 glufosinate ammonium의 사과원 雜草 防除效果는 쑥, 별꽃, 냉이, 망초 및 독새플 등의 雜草에 대해서는 卓越하였으나 바랭이를 비롯한 기타의 雜草 防除를 위해서는 새로운 방제법의 개발이 요구되었다.

Table 15. Herbicidal activity of test herbicides to various weeds
(1995 Experiment, Jungnam, Kyunggi Province)

Herbicide ^a	Protective value at 20 d							Avg.
	AP ^b	DS	SM	CB	EC	AA	OS	
Glufosinate	100	83	100	100	95	100	70	92.6
Glyphosate	93	87	100	100	97	100	60	91.0
Paraquat	95	90	100	100	80	100	40	86.4

^a Treated with company recommendations (300 ml/10a).

^b AP, *Artemisia princeps* var. *orientalis*; DS, *Digitaria sanguinalis*; SM, *Stellaria media*; CB, *Capsella bursa-pastoris*; EC, *Erigeron canadensis*; AA, *Alopecurus aequalis* var. *amurensis*; and OS, others.

Table 16. Herbicidal activity of test herbicides to various weeds
(1996 Experiment, Jungnam, Kyunggi Province)

Herbicide ^a	Protective value at 20 d							Avg.
	AP ^b	DS	SM	CB	EC	AA	OS	
Glufosinate	100	81	100	100	92	100	70	91.8
Glyphosate	95	85	100	100	95	100	66	91.6
Paraquat	95	90	100	100	84	100	64	90.4

^a For explanation, see Table 15.

^b For explanation, see Table 15.

Table 17. Herbicidal activity of test herbicides to various weeds
(Suwon, Kyunggi Province)

Herbicide ^a	Protective value at 20 d						
	AP ^b	DS	CB	EC	AA	OS	Avg.
Glufosinate	98	85	100	95	100	80	93.0
Glyphosate	98	85	100	95	100	80	93.0
Paraquat	97	92	100	84	100	76	91.5

^a For explanation, see Table 15.

^b For explanation, see Table 15.

Table 18. Herbicidal activity of test herbicides to various weeds
(Gunwi, Kyungbuk Province)

Herbicide ^a	Protective value at 20 d							
	AP ^b	DS	SM	CB	EC	AA	OS	Avg.
Glufosinate	100	85	100	100	95	100	70	92.9
Glyphosate	95	87	100	100	95	100	65	91.7
Paraquat	95	91	100	100	85	100	66	91.0

^a For explanation, see Table 15.

^b For explanation, see Table 15.

第7節 사과원에서의 점박이응애 省力防除體系

1. 1995年 實驗

Cho 등 (1995)의 점박이응애의 殺蟬劑 抵抗性 모니터랑의 결과 및 本研究의 第1節의 결과에 의하면 國內의 경우, 각종 殺蟬劑에 대한 저항성

발달로 인하여 代替藥劑의 選拔이 시급한 실정에 있어 tebufenpyrad와 fenazaquin을 공시하여 感受性 點박이응애의 蟲態에 따른 殺蟬效果를 室內에서 檢定하였다 (表 19). 對照藥劑인 azocyclotin의 경우 勸獎濃度인 163 ppm 에서 알, 幼蟲, 若蟲, 成蟲 모두에 대하여 100%의 살비효과를 보였다. 반면, tebufenpyrad는 12.5 ppm과 같은 낮은 농도에서 알, 幼蟲, 若蟲에게는 100%의 살비효과를 보였으나 成蟲의 경우 60.4%의 살비효과를 나타내었으며, 25 ppm 에서는 알, 幼蟲, 若蟲, 成蟲 모두에 대해서는 100%의 살비효과를 보여, 그 효과는 가장 널리 이용되고 있는 azocyclotin에 匹敵하였다. 그러나, fenazaquin의 경우 勸獎濃度인 67 ppm 에서 알, 幼蟲, 若蟲에 대해서는 강한 살비효과를 보였으나 成蟲의 경우에는 71.6%의 살비효과를 나타내어 tebufenpyrad 보다 효과가 劣等하였다.

國內 사과원에서의 點박이응애를 防除하기 위하여 dicofol, fenpyroximate, pyridaben 등의 殺蟬劑를 많이 이용하고 있어 第1節에서 보는 바와 같이 이들 藥劑에 대하여 抵抗性이 발달하여 새로운 代替藥劑의 選拔이 시급한 실정에 있어 dicofol 抵抗性 DR₂₀ 系統, fenpyroximate 抵抗性 FR₂₀ 系統, pyridaben 抵抗性 PR₂₀ 系統 에 대한 tebufenpyrad의 살비효과를 室內에서 檢정한 결과 (表 20), tebufenpyrad는 DR₂₀, FR₂₀ 및 PR₂₀ 계통에 대하여 각각 15倍, 24倍, 33倍의 抵抗性을 나타내어 이들 抵抗性 系統에 대해서는 防除하기가 쉽지 않을 것으로 생각된다.

또한, tebufenpyrad는 이들 感受性 및 抵抗性 系統의 點박이응애에 대하여 忌避效果를 나타내지 않았다. 이는 tebufenpyrad를 撒布하였을 때 타의 사과나무나 雜草에로의 逃避를 誘發하지 않기 때문에 點박이응애의 大發生을 抑制할 수 있을 것으로 기대된다.

Table 19. Toxicity of test acaricides to developmental stages of susceptible *Tetranychus urticae*

Acaricides	Conc. [AI],		Mortality ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) ^a , %						
	ppm	n	Egg	n	Larva	n	Protonymph	n	Adult
Tebufenpyrad	12.5	284	100a	153	100a	145	100a	121	60.4 ± 6.7c
	25	289	100a	158	100a	150	100a	105	100a
	50	416	100a	145	100a	144	100a	98	100a
	100	376	100a	150	100a	159	100a	105	100a
Azocyclotin	163	127	100a	177	100a	133	100a	90	100a
Fenazaquin	67	310	100a	132	100a	157	96.8 ± 2.4a	127	71.6 ± 2.5b

^a Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]).

Table 20. Toxicity of tebufenpyrad to susceptible S strain, dicofol-resistant DR₂₀ strain, fenpyroximate-resistant FR₂₀ strain and pyridaben-resistant PR₂₀ strain of *Tetranychus urticae*

Strain	n	Slopes (±SE)	LC ₅₀ , ppm [AI] (95% FL)	RR ^a
S	220	6.66 (1.04)	6.32 (5.63 ~ 6.92)	-
DR-20	174	1.86 (0.21)	91.69 (70.48 ~ 114.43)	15
FR-20	330	1.69 (0.17)	154.33 (129.72 ~ 187.06)	24
PR-20	683	2.12 (0.18)	208.37 (180.26 ~ 240.50)	33

^a Resistance ratio = LC₅₀ value of resistant strain/LC₅₀ value of susceptible strain.

Tebufenpyrad와 fenazaquin을 勸獎濃度로 사과나무에 葉面 撒布하였을 때 점박이응애 個體群 密度의 변화를 5일 간격으로 조사한 결과 (表 21), 個體群 密度의 增加는 藥劑의 종류에 따라 현저한 차이를 보였다. 처리 10 일째에 있어서의 個體群 增加率은 tebufenpyrad을 처리하였을 때 6.9% 이었으며, azocyclotin의 경우 8.3%, fenazaquin의 경우 7.3%, 無處理 對照區의 경우 156.4% 이었다. 처리 20일째에 있어서의 個體群 增加率은 tebufenpyrad의 경우 6.6%, azocyclotin의 경우 23.8%, fenazaquin의 경우 10.3%, 無處理 對照區의 경우 300.3%이었다. 처리 20일째에 있어서의 防除 價를 산출한 결과, tebufenpyrad와 fenazaquin의 防除價는 각각 97.1%와 96.8% 로서 azocyclotin의 防除價인 90.7% 보다 높았다.

Table 21. Influence of test acaricides as foliar application on apples on the field population growth rate of *Tetranychus urticae* (1995 Experiment)

Acaricide	Rate, mg (AI) liter ⁻¹	Popultion growth rate ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) ^a , %				PV ^b (%)
		5 d	10 d	15 d	20 d	
Tebufenpyrad	50	8.7±0.1b	6.9±0.4b	7.6±0.4b	6.6±0.6b	97.1
Azocyclotin	163	6.5±0.7b	8.3±0.6b	12.4±1.0b	23.8±0.2b	90.7
Fenazaquin	67	11.9±0.4b	7.3±0.2b	7.4±0.7b	10.3±1.0b	96.8
Untreated	-	126.5±7.6a	156.4±5.9a	191.5±8.6a	300.3±8.0a	-

^a Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]). Population growth rate were transformed to arcsine square root before ANOVA. Means ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) of untransformed data are presented.

^b Protective values at 20 d.

Glufosinate ammonium을 사과원 雜草에 처리하고나서 數種 殺蟬劑를 사과에葉面 撒布하였을때 점박이응애의 個體群 密度 抑制 效果를 表 22에 나타내었다. 5월 17일에 glufosinate ammonium을 사과원 雜草에 地面 撒布하였을 때 處理區에서는 처리 48일 후인 7월 4일까지 사과잎에서 점박이응애가 관찰되지 않았으나, 無處理區에서는 防除를 요하는 經濟的 被害 許容 水準을 훨씬 웃도는 사과 30잎당 111.3 마리의 점박이응애가 관찰되어 glufosinate ammonium의 密度 抑制 效果는 약 40일 동안 持續되었다. 그러나 처리 75일 후인 8월 1일 경에는 점박이응애의 密度가 glufosinate ammonium 처리구와 무처리구 각각 30잎당 424.4와 454.6마리로 무처리구와 처리구간에 커다란 차이가 없었으며 그 후에도 對照區와 비슷한 密度 增加를 보여 일정 기간이 경과하면 選擇性 殺蟬劑에 의한 防除가 필요하였다.

따라서 위의 glufosinate ammonium 처리구에 本 研究陣에 의하여 室内 및 野外實驗에서 우수한 殺蟬力이 입증된 fenpyroximate + propargite, tebufenpyrad + diafenthiuron 및 azocyclotin을 처리한 후 점박이응애에 대한 密度 抑制 效果를 조사한 결과 3種 殺蟬劑 모두 藥劑 處理 20일째 까지 30잎당 2-4마리의 個體群 密度를 나타내었으나, 無處理 對照區의 경우 葉當 662.8 마리의 個體群 密度를 보였다 (表 22). 따라서, 5월 초에 glufosinate ammonium을 처리하고 나서 7월 中旬頃에 上記 藥劑 등의 選擇性 殺蟬劑를 처리한다면 사과응애 및 점박이응애 뿐만 아니라 第6節에 나타난 바와 같이 數種의 雜草도 同時에防除할 수 있어 省力化에 의한 防除 費 節減效果와 汚染源의 減少에 의한 環境 保存 및 維持를 기대할 수 있어, 本 研究에서 確立한 防除法은 害蟲綜合管理 (Integrated Pest Management)에 있어서 하나의 主要 要素로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

1995년도 野外 實驗에 공시된 單劑 및 混合劑들을 勸獎濃度와 倍量으

로 10年生 사과品種 '후지'와 '쓰가루' 품종의 新梢 및 어린 果實에 처리하였을 때 사과잎에 斑點이라든가 葉燒 등의 藥害를 誘發하지 않아 실제 사과원에서의 사용이 가능하였다.

Table 22. Effect of glufosinate ammonium on field population densities of *Tetranychus urticae*

Treatment ^a	Rate ^b	Population density (\pm SE) ^a					
		July			August		
		4	11	18	1	15	
GA ^c only	540	ob	21.9 \pm 2.9b	43.3 \pm 3.0b	424.4 \pm 12.3a	581.9 \pm 32.0b	
FM + PG ^c	87	ob	19.1 \pm 1.2b	64.1 \pm 2.7b	9.6 \pm 2.3c	0c	
TP + DT ^c	225	ob	18.2 \pm 2.2b	66.5 \pm 4.1b	92.6 \pm 7.2b	4.3 \pm 1.2c	
AT ^c	162.5	ob	25.3 \pm 2.4b	76.0 \pm 2.6b	81.6 \pm 5.2b	2.7 \pm 0.3c	
Control			111.3 \pm 8.5a	222.1 \pm 6.1a	393.1 \pm 19.2a	454.6 \pm 7.1a	662.8 \pm 9.2a

^a Applications of glufosinate ammonium to weeds and the test acaricides to apple foliage were done on 17 May and 25 July 1995, respectively.

^b Unit, mg (AI) liter⁻¹.

^c GA, glufosinate ammonium; FM + PG, fenpyroximate + propargite; TP + DT, tebufenpyrad + diafenthiuron; and azocyclotin.

^d Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test).

2. 1996年 實驗

1995년도의 野外 實驗 結果 tebufenpyrad와 fenazaquin의 殺蟎效果가 우수하였기 때문에, tebufenpyrad와 fenazaquin의 防除效果를 再確認 하기 위하여 1996년에 實驗을 行하였다. 이들 藥劑를 勸獎濃度로 사과나무에 葉

面 撒布하였을 때 점박이응애 個體群 密度의 變化를 時期別로 조사하여 처리 15일째에 防除價를 算出한 결과 (表 23), tebufenpyrad와 fenazaquin의 防除價는 각각 96.7%와 98.4% 로서 azocyclotin의 防除價 (82.6%)보다 높아, 2年間の 實驗 結果로부터 tebufenpyrad와 fenazaquin의 사과원에서의 사용이 가능하였다.

Table 23. Influence of test acaricides as foliar application on apples on the field population growth rate of *Tetranychus urticae* (1996 Experiment)

Acaricide	Rate, mg (AI) liter ⁻¹	Population growth rate ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) ^a , %			PV ^b (%)
		5 d	10 d	15 d	
Tebufenpyrad	50	3.4 ± 0.7b	4.5 ± 1.3b	2.3 ± 1.1b	96.7
Azocyclotin	163	15.7 ± 3.0b	14.4 ± 2.1b	12.2 ± 4.1b	82.6
Fenazaquin	67	6.6 ± 4.3b	4.8 ± 2.8b	1.1 ± 0.3b	98.4
Untreated	-	103.8 ± 34.3a	76.2 ± 14.3a	70.2 ± 15.4a	-

^a Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]). Population growth rate were transformed to arcsine square root before ANOVA. Means ($\bar{x} \pm \text{SEM}$) of untransformed data are presented.

^b Protective value at 15 d in 1996 experiments.

Chlorfenapyr, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, chlorfenapyr + flufenoxuron, flufenoxuron의 處理回數에 따른 점박이용애의 防除效果를 사과원에서 조사하여 그 결과를 表 24에 나타내었다. 이들 약제의 처리는 實驗區의 점박이용애 密度에 근거하여 처리되었는데 용애의 밀도를 효과적으로 抑制하기 위해서는 chlorfenapyr와 flufenoxuron 모두 1回 處理보다는 2回 處理를 요하였다. 또한 藥劑의 單獨 處理보다는 混合 處理가 효과적으로 용애의 密度를 抑制하였는데, chlorfenapyr + fenbutatin oxide는 1回 處理로서 15일째와 처리 25일째 모두 95% 이상의 防除價를 보였다. 또한 chlorfenapyr는 사과원의 또 다른 主要害蟲인 사과응애에는 그 效果가 낮았지만, chlorfenapyr + fenbutatin oxide는 對照藥劑인 tebufenpyrad와 對等한 정도의 效果를 보였다.

Table 24. Influence of chlorfenapyr alone, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, chlorfenapyr + flufenoxuron, flufenoxuron alone and tebufenpyrad as foliar application on apples on the field population growth rate of *Tetranychus urticae*

Acaricide ^a	Rate (mg [AI] liter ⁻¹)	No. of treatment ^b	Population growth rate ^c ($\bar{x} \pm SE$), %				PV (%) at 15d	PV (%) at 25d
			5d	10d	15d	25d		
CF	50	1	1.8±0.2d	25.7±1.1cd	51.8±0.9bc	2.6±0.6d	79.8	97.7
	50	2	2.3±0.5cd	25.9±0.3cd	50.5±1.1bc	28.2±2.6bc	80.3	74.1
CF + FO	25 + 150	1	5.9±0.6cd	0.9±0.2e	1.3±0.2d	4.5±0.2d	99.5	95.9
CF + FX	30 + 40	1	32.7±1.5b	40.4±0.8c	49.3±4.4bc	38.9±3.9b	80.8	64.3
	30 + 40	2	26.6±1.1b	34.9±1.8c	43.5±1.4cd	6.4±0.4d	83.0	94.1
FX	50	1	18.1±2.4bcd	60.8±3.5b	72.2±0.8b	13.2±0.1cd	71.9	87.9
	50	2	22.2±0.5bc	64.0±2.2b	83.3±1.5b	5.3±1.5d	67.5	95.1
TP	50	1	17.4±1.7bcd	14.5±2.3de	6.3±1.1d	4.5±1.0d	97.5	95.9
Con	-	-	134.9±8.7a	157.9±6.9a	256.7±10.0a	109.1±8.1a	-	-

^a CF, chlorfenapyr; CF + FO, chlorfenapyr + fenbutatin oxide; CF + FX, chlorfenapyr + flufenoxuron; TP, tebufenpyrad; and Con, Control.

^b First and second application of test acaricides to apple foliage were done on 19 July and 2 August 1996, respectively.

^c Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]).

Glufosinate ammonium과 抗生劑인 abamectin을 비롯한 5種의 公試藥劑를 이용하여 사과원 점박이응애를 효과적으로 방제하고자 1996년 野外 實驗을 행하여 그 결과를 그림 4에 나타낸 바와 같다. 1996년 실험의 경우, 1995년과는 달리 4월 중 glufosinate ammonium 처리구에서는 무처리구에 비해 약 20일 정도의 점박이응애 密度 極上을 遲延시키는 것으로 나타났다. 따라서 glufosinate ammonium 무처리구의 경우 점박이응애의 密度 抑制를 위해서는 7월과 8월중에 적어도 2회의 殺蟬劑를 撒布할 필요가 있었으나, glufosinate ammonium 처리구에서는 1회의 殺蟬劑 撒布로도 충분히 점박이응애의 밀도를 억제할 수 있었다.

또한 glufosinate ammonium 1回 處理와 장마후 7월 중순경 한번 더 처리한 glufosinate ammonium 2回 處理區를 비교해 본 결과 8월 이후의 glufosinate ammonium 處理는 점박이응애 密度 抑制 效果를 보이지 않았다 (그림 4). 그러나 glufosinate ammonium 2回 處理區에 비해 1回 處理區는 雜草가 쉽게 繁盛하여 사과의 건전한 生育에 支障을 줄 정도로 繁盛하였다.

3. 1997년 실험

사과점박이응애의 野外 個體群에 대하여 효과적인 藥劑를 選拔하고자 數種混合劑 및 單劑를 葉面 撒布하였을 때의 殺蟬效果를 검정하여 그 결과를 表 25에 나타내었다. 公試藥劑인 tebufenpyrad, fenpyroximate + propargite, fenpyroximate + bifenthrin, chlorfenapyr + fenbutatin oxide, tebufenpyrad + diafenthiuron, amitraz + bifenthrin 및 fenazaquin가 90% 이상의 우수한 防除價를 보였으며 이중 tebufenpyrad, fenpyroximate + propargite, fenpyroximate + bifenthrin, chlorfenapyr

+ fenbutatin oxide 그리고 fenazaquin 등이 96% 이상의 防除價를 보였다.
이상의 결과로부터 본 실험에 공시된 藥劑들은 실제 사과원에서의 점박이
응애의 合理的인 防除 手段으로서 그 利用性이 대단히 높다고 할 수 있다.

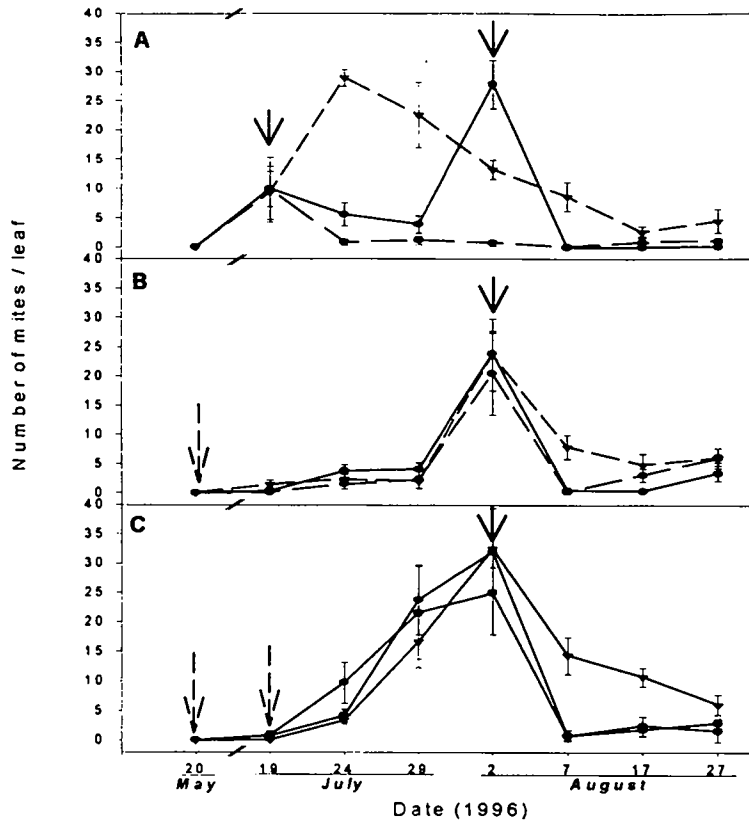


Figure 4. Changes of population density of *T. urticae* when treated with glufosinate ammonium (GluA) and acaricides in apple orchard (1996 Experiment). A, B, C present no application, single application, and two applications of GluA, respectively. Solid and broken arrow indicate treatment of acaricides and herbicide, respectively. In Fig A, ●● and ▼ represent population densities of abamectin (19 July) and tebufenpyrad (2 August) treated trees, chlorfenapyr (19 July) and fenazaquin (2 August) treated trees and control, respectively. In Figs. B and C, ●, ● and ▼ represent population densities abamectin (19 July) treated, chlorfenapyr (19 July) treated trees and control, respectively.

Table 25. Influence of test acaricides as foliar application on apples on the field population growth rate of *Tetranychus urticae*

Acaricide ^a	Rate ^b , mg [AI] liter ⁻¹	Population growth rate ($\bar{x} \pm SE$) ^c , %			PV ^d (%)
		5 d	10 d	15 d	
Tebufenpyrad	50	3.4 ± 0.7b	4.5 ± 1.3b	2.3 ± 1.1b	96.7
AT + BT	150 + 15	2.4 ± 1.2b	3.0 ± 1.2b	3.4 ± 1.8b	95.2
CF + FO	25 + 150	1.3 ± 0.7b	2.7 ± 1.5b	1.1 ± 0.3b	98.4
FM + BT	20 + 15	5.0 ± 1.3b	5.6 ± 2.3b	3.4 ± 0.5b	95.2
FM + PG	20 + 67	4.8 ± 1.5b	7.2 ± 1.9b	7.0 ± 0.8b	90.0
TP + DT	25 + 200	5.2 ± 0.8b	3.7 ± 0.5b	3.4 ± 1.3b	95.2
Azocyclotin	163	15.7 ± 3.0b	14.4 ± 2.1b	12.2 ± 4.1b	82.6
Fenazaquin	67	6.6 ± 4.3b	4.8 ± 2.8b	1.1 ± 0.3b	98.4
Untreated	-	103.8 ± 34.3a	76.2 ± 14.3a	70.2 ± 15.4a	-

^a AT + BT, amitraz + bifenthrin; CF + FO, chlorfenapyr + fenbutatin oxide; FM + BT, fenpyroximate + bifenthrin; FM + PG, fenpyroximate + propargite; and TP + DT, tebufenpyrad + diafenthiuron.

^b Applications of test acaricides to apple foliage were done on 25 July 1995.

^c Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$, Scheffe's test [SAS Institute 1989]). Population growth rate were transformed to arcsine square root before ANOVA. Means ($\bar{x} \pm SE$) of untransformed data are presented.

^d Protective value, at 15d.

第8節. 사과원 土壤 및 사과에 있어서의 農藥 殘留

1. 土壤 殘留

수원, 안동 및 군위 소재 사과원의 土壤을 분석하여 그 결과를 表 26에 나타내었다. 이들 지역에 있어서의 土壤은 sand가 11~17% 이었으며, silt가 66~69%, clay가 16~20% 정도를 나타내어 silty loam 이었다.

Table 26. Mechanical analysis of soils in apple orchards

Site	Mechanical Analysis			
	Sand %	Silt %	Clay %	Texture
Suwon	11.1	69.3	19.6	SiL
Andong	16.6	67.2	16.2	SiL
Gunwi	15.8	65.6	18.6	SiL

表 27은 수원, 안동 및 군위 소재 사과원에 glufosinate ammonium을 처리하였을 때의 土壤中에서의 半減期를 나타내 것으로, glufosinate ammonium은 실제 사과원에서 雜草 防除을 위하여 처리하는 時期를 고려하여 地面 撒布하였다. Glufosinate ammonium 1回 處理時 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 半減期는 각각 7.9日, 8.5日, 8.1日이었으며, glufosinate ammonium 2回 處理의 경우, 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 半減期는 각각 8.4日, 9.2日, 8.7日 로서 glufosinate ammonium은 土壤中에서의 半減期는 매우 짧았다.

Chlorfenapyr를 수원, 안동 및 군위 소재 사과원에 처리하였을 때의 土壤中에서의 半減期를 表 28에 나타내었으며, chlorfenapyr는 실제 사과

원에서 雜草 防除를 위하여 처리하는 시기를 고려하여 처리하였다. Chlorfenapyr 1回 處理時 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 半減期는 각각 21日, 31日, 27日이었으며, chlorfenapyr 2回 處理의 경우, 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 半減期는 각각 30日, 45日, 41日이었다.

Table 27. Half life of glufosinate ammonium in soils under the field condition

Site	LT ₅₀ (days)	
	1 Application	2 Application
Suwon ^a	7.9	8.4
Andong ^b	8.5	9.2
Gunwi ^c	8.1	8.7

^a 1st and 2nd applications were treated in May 19 and August 9, 1997, respectively.

^b 1st and 2nd applications were treated in May 23 and August 13, 1997, respectively.

^c 1st and 2nd applications were treated in May 23 and August 13, 1997, respectively.

Table 28. Residue of chlorfenapyr in soils under the field condition

Site	LT ₅₀ (days)	
	1 Application	2 Application
Suwon ^a	21	30
Andong ^b	31	45
Gunwi ^c	27	41

^a 1st and 2nd applications were treated in July 10 and August 5, 1997, respectively.

^b 1st and 2nd applications were treated in July 12 and August 7, 1997, respectively.

^c 1st and 2nd applications were treated in July 12 and August 7, 1997, respectively.

수원, 안동 및 군위 소재 사과원에 glufosinate ammonium을 처리하였을 때의 사과내의 glufosinate ammonium 殘留量을 조사하기 위하여 실제 사과원에서 雜草 防除를 위하여 처리하는 시기를 고려하여 地面 撒布하였다. Glufosinate ammonium 1회 및 2회와 處理時 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 사과내 殘留量은 극히 微量으로서 殘留許容基準値인 0.3 ppm 미만이었다.

Chlorfenapyr를 수원, 안동 및 군위 소재 사과원에 처리하였을 때의 사과내의 殘留量을 表 29에 나타내었으며, chlorfenapyr는 실제 사과원에서 雜草 防除를 위하여 처리하는 시기를 고려하여 처리하였다. Chlorfenapyr 1회 處理時 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 chlorfenapyr 殘留量은 각각 0.10 ppm, 0.11 ppm, 0.11 ppm 이었으며, chlorfenapyr 2회 處理의 경우, 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 chlorfenapyr 殘留量은 각각 0.15 ppm, 0.15 ppm, 0.14 ppm이었다. Chlorfenapyr 3회 處理時 수원, 안동 및 군위 사과원에 있어서의 殘留量은 각각 0.18 ppm, 0.21 ppm, 0.20 ppm 으로서 모든 처리구에서 殘留許容基準値인 1 ppm 미만이었다.

Table 29. Residue of chlorfenapyr in apples under the field condition

Site	Residue (ppm)		
	1 Application	2 Application	3 Application
Suwon ^a	0.10	0.15	0.18
Andong ^b	0.11	0.15	0.21
Gunwi ^c	0.11	0.14	0.20

^a 1st, 2nd and 3rd applications were treated in July 10, August 5, and August 25, 1997, respectively.

^b 1st, 2nd and 3rd applications were treated in July 12, August 7, and August 27, 1997, respectively.

^c 1st, 2nd and 3rd applications were treated in July 12, August 7, and August 27, 1997, respectively.

第 4 章 考 察

殺蟬劑 抵抗性에 관한 연구는 害蟲 防除라는 실제적인 면 뿐 아니라 殺蟬劑의 作用 메카니즘 연구 및 新藥劑 開發 研究와 관련해 生理·生化學的, 形態學的, 遺傳學的 側面에서 많은 연구가 수행되어 왔다. 抵抗性에 관한 연구는 1960-1970년대에 걸쳐 활발히 진행되었으나, 그후 農藥의 副作用이 강조됨과 아울러 綜合防除에 대한 기대감으로 인하여 점차 관심도가 낮아졌으나, 최근에 들어 抵抗性 害蟲種의 급속한 증가와 더불어 새로운 藥劑開發의 부담으로 사용할 수 있는 殺蟬劑의 감소로 인하여 다시금 抵抗性에 관한 연구가 점차로 증가하고 있는 실정에 있다 (Ahn 1986). 따라서 本 研究에서는 사과원 抵抗性 害蟲 管理對策을 綜合的 害蟲防除라고 하는 측면에서 검토하였다.

Glufosinate ammonium은 1981년 西獨에서 개발한 天然物 誘導型의 非選擇性 莖葉處理 除草劑로 벼과식물, 廣葉 1년생 및 多年生 雜草 그리고 속 등 비농경지 多年生 雜草 등에 효과가 뛰어나며 식물에서 glutathion 合成酵素의 活性을 阻害함으로써 植物을 枯死케 하는 作用 메카니즘을 가진 除草劑로 (Tomlin, 1994), 本 研究 結果 點박이응애에 효과적임이 밝혀졌으며 이를 이용한 點박이응애와 雜草의 同時 防除 戰略에 관한 연구는 本 研究에서 처음 시도되었다.

國內 주요 사과 산지로 알려진 안동, 군위, 예산 외 5개 지역 사과원 채집 點박이응애 個體群의 주요 殺蟬劑 4종에 대한 抵抗性을 모니터링한 결과 대부분 지역에서 azocyclotin과 propargite은 낮은 抵抗性 ($RR < 10$)을 보였으나, dicofol과 fenpyroximate에 대한 抵抗性 發達 水準은 全國的 이어서 군위 지역을 제외한 대부분의 지역에서 이들 약제에 대한 抵抗性이 중간 이상 ($RR > 10$)으로 나타났다. Dicofol은 1960년 國內에 도입된 이후

1968년 처음 抵抗性이 보고되어 1995년 현재 거의 생산이 중단된 상태에 있지만 도입시기가 각각 1991년, 1993년인 fenpyroximate와 abamectin이 광범위한 지역에서 높은 수준의 抵抗性을 보이고 있다는 사실은 우려할 만하다.

藥劑간 地域系統의 抵抗性發達程度의 相關關係를 조사한 결과, azocyclotin과 propargite 그리고 fenpyroximate와 pyridaben에 대한 7개 지역 야외계통 점박이응애의 感受性 低下가 서로 陽의 相關을 보였으나, 金 등(1994)과 宋 등(1995)이 보고한 모니터링 결과에서는 이러한 相關關係가 관찰되지 않았다. 또한 본 연구에서 수행된 交差抵抗性 實驗 結果 fenpyroximate가 propargite에 交差抵抗性을 일으킬 수 있었지만 地域 個體群들에 대한 모니터링 결과에서는 이들 약제간에 相關 關係를 발견할 수 없다는 사실에 비추어 azocyclotin과 propargite가 서로 交差抵抗性 관계에 있다는 결론에 도달하기 위해서는 보다 많은 증거가 필요하리라 생각된다. Propargite의 경우 高溫에서 藥害를 일으킬 수 있다고 알려져 실제로 농가에서 사용이 忌避되고 있음에도 불구하고 안동, 충주, 김제지역 개체군이 중간 수준 이상의 抵抗性을 보이는 것은 흥미롭다.

Pyridaben과 fenpyroximate에 대한 점박이응애의 抵抗性 發達이 陽의 相關을 보인다는 것은 交差抵抗性 조사결과 PR₂₀이 FR₂₀보다 더 fenpyroximate에 대해 抵抗性이 높다는 점, pyridaben의 國內 市長 導入時期가 fenpyroximate보다 1년 앞선다는 점, pyridaben이 fenpyroximate보다 供給 價格面에서 보다 選好된다는 점과 함께 우리나라에 있어서 fenpyroximate 抵抗性이 pyridaben 抵抗性에 의한 結果라는 假說을 제기할 수 있는 根據가 될 수 있다. 그러나 이러한 假說을 확정할 만한 결과가 상당히 부족한 실정에 있어 뚜렷한 결론을 내리기는 어렵다.

本 研究에서 수행된 모니터링 결과 地域別로 조사된 8개 지역 野外 個

體群 모두에서 1종 이상 數種 殺蟬劑에 대한 抵抗性이 發達하고 있었으며 이러한 抵抗性 발달 정도 또한 뚜렷한 地域的 偏差를 보이고 있었다. 따라서 향후 모니터링에 따른 적절한 藥劑 選抜이 선행된다는 전제로 殺蟬劑의 混合使用 및 交互 使用 方法을 이용한 防除가 수행된다면 短期的으로는 이들 抵抗性 점박이용애의 防除에는 문제가 없을 것으로 생각된다.

野外系統을 淘汰시켜 交差抵抗性을 연구하는데 있어 중요한 것은 多樣한 藥劑에 대해 淘汰된 經歷이 있는 野外 系統에서 실제로 실험실내 도태의 영향으로 발생한 交差抵抗性을 분리해 내는 것인데, 本 研究에서는 地域別 抵抗性 모니터링에서 가장 높은 저항성을 보였던 예산 지역계통 점박이용애를 dicofol, fenpyroximate, pyridaben으로 각각 20回 淘汰한 후, 이들 약제의 淘汰가 이미 YF에서 조사된 바 있는 7종 殺蟬劑들에 대한 점박이용애의 감수성 변화에 미치는 영향을 분석하면 表 30에서 보는 바와 같이 交差抵抗性의 구분은 母系統인 예산지역 계통의 각 약제에 대한 LC_{50} (95%FL)을 기준으로 YF의 LC_{50} 보다 크면 交差抵抗性 (positively correlated cross resistance), 작으면 逆相關交差抵抗性(negatively correlated cross resistance)으로 한 결과, DR_{20} 은 dicofol, fenprothrin과 propargite에 대해서 交差抵抗性을 보였으나, abamectin, azocyclotin과 fenpyroximate에 대해서는 逆相關交差抵抗性을 보였다. FR_{20} 은 propargite에 대해 높은 交差抵抗性 (YF의 9倍)을 보였으나 abamectin, azocyclotin, dicofol 그리고 pyridaben에 대해서는 감수성이 YF 보다 증가하였다. PR_{20} 은 fenpyroximate에 대해 FR_{20} 보다 큰 저항성을 보였는데 이는 地域別 殺蟬劑 모니터링 결과 fenpyroximate와 pyridaben에 대한 抵抗性이 陽의 相關을 가진다는 사실과 FR_{20} 이 pyridaben에 대한 感受性 低下를 보이지 않는다는 사실과 함께 실제 圃場에서의 fenpyroximate에 대한 抵抗性이 pyridaben에 의한 淘汰 결과 발생한 交差抵抗性일 수 있

다는 가능성을 강력하게 시사하고 있다. PR₂₀은 abamectin, azocyclotin 그리고 dicofol에 대해 逆相關交差抵抗性を 보였다. Dicofol에 대한 FR₂₀, PR₂₀의 감수성 저하는 단순한 逆相關交差抵抗性の 결과로 해석하기엔 많은 주의를 요한다. 특히 근래에 들어 dicofol 抵抗性이 劣性으로 遺傳된다는 주장 (Inoue, 1980; Dennehy 등, 1988)이 힘을 얻고 있고 本研究 遂行 過程에서 도태에 소요된 기간 (1년)이 점박이응애의 生活史로 봐서 결코 짧지 않은 기간이라는 점은 逆相關交差抵抗性이라는 결론을 내리기에는 성급한 것으로 생각된다. 그러나 本研究에서 수행된 抵抗性 메카니즘 연구에서 dicofol이 fenpyroximate와 pyridaben의 抵抗性 메카니즘과는 相異한 抵抗性 메카니즘을 가지고 있다는 점은 앞으로 보다 정밀한 연구를 요구하고 있으며 이에 대한 자세한 연구가 수행 되기 전에는 dicofol을 代替 藥劑로 사용하는 것은 무리라고 생각된다.

이밖에도 母系統인 YF에 대한 모니터링 결과가 없어 확실히 단정지을 수는 없지만 나머지 두 淘汰 系統과 비교하였을 때 交差抵抗性 관계에 있다고 추정되는 경우를 살펴보면, DR₂₀의 경우 acrinathrin, benzoximate, bromopropylate 그리고 fenbutatin oxide가, FR₂₀의 경우 tebufenpyrad가, PR₂₀의 경우 acrinathrin, tebufenpyrad가 있다. 역시 위와 같은 맥락에서 逆相關交差抵抗性の 관계에 있다고 추정되는 것으로는 FR₂₀의 경우 bromopropylate, fenazaquin과 milbemectin이 있으며 PR₂₀의 경우 bromopropylate와 milbemectin이 있다. 이러한 추정의 근거로는 이들 약제에 대한 타 系統間의 感受性 크기(magnitude)와 앞에서 交差抵抗性이나 逆相關交差抵抗性이 확인된 약제들과의 藥劑 系列上的 類似性 즉 dicofol과 bromopropylate, fenpropathrin과 acrinathrin, fenpyrooximate와 tebufenpyrad, fenazaquin을 들 수 있지만 이러한 論據는 실제로 확인하는 데에는 희박하다고 생각된다. 특히 dicofol의 경우 수행된 몇몇 연구에서

acrinathrin과 bromopropylate가 dicofol과 交差抵抗性 관계에 있다는 보고(Kono, 1985; Fergusson-Kilmes, 1991; 김 등, 1994)들은 추정이 확인된 경우에 속하는 데, 향후 이러한 分野에 대해서 보다 많은 實驗的 證據가 蓄積된다면 본 연구에서 추정된 사실들에 대한 확인이 가능하리라고 생각 된다.

Table 30. Cross resistances of acaricide-selected strains of *T. urticae*

Cross resistance	DR ₂₀	FR ₂₀	PR ₂₀
Positively correlated cross resistance	dicofol fenpropathrin propargite	propargite	fenpyroximate pyridaben
Negatively correlated cross resistance	abamectin azocyclotin fenpyroximate	abamectin azocyclotin dicofol pyridaben	abamectin azocyclotin dicofol

Abamectin에 대한 DR₂₀, FR₂₀, PR₂₀ 및 YF의 濃度-死蟲率 曲線을 살펴보면 0.04 ppm에서 계통간 차이를 뚜렷하게 구분할 수 있는 決定 藥量 (discriminating dose)을 찾을 수 있는 데 이러한 현상은 dicofol의 경우와 유사하다 (그림 2). 실제로 抵抗性 管理를 위해서는 야외 지역 개체군의 저항성 정도를 迅速하고 正確하게 모니터링하는 것이 매우 중요한데 특히 dicofol의 경우 그 抵抗性 정도가 심각함에도 불구하고 美國등지에서 현재까지 點박이웅애의 綜合的 管理에 중요한 化學的 防除 要素로 이용될

수 있는 까닭은 이 藥劑에 대한 抵抗力이 劣性으로 遺傳하는 까닭에 저항성이 不安定하며 이를 효과적으로 활용할 수 있게 해 주는 신속한 모니터링이 가능한 약제의 특성 즉 決定 藥量을 가지고 있기 때문이다. 이러한 決定藥量은 生物檢定 方法에 따라 달라지는 경우도 있는데, 본 연구에서는 噴霧法을 이용하여 생물검정을 실시하였는데 abamectin의 경우 0.04 ppm이 결정 약량으로 사용될 수 있음을 알 수 있었으나 이를 실제로 抵抗力 豫察 등에 適用하기 위해서는 보다 많은 지역의 個體群에 대한 실험을 수행하여 확인하는 작업이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

濃度-死蟲率 曲線에서 주목되어야 할 또하나의 特性은 기율기로서 濃度-死蟲率 曲線의 기율기는 藥劑의 種類 및 實驗에 사용된 生物의 遺傳의 特性에 의해 결정되는 데 理論的으로는 이러한 기율기의 분석을 통해 抵抗力에 작용하는 메카니즘의 遺傳의 特性 즉 單純遺傳子에 의해 지배되는 특성 (monogenic factor)인지 多重遺傳子에 의한 지배 (polygenic factor)되는 지를 알아 볼 수 있을 뿐 아니라 (ffrench-Constant & Roush, 1990) 계통간의 약제에 대한 반응양식의 類似性 및 差異點을 확인하여 抵抗力 메카니즘을 추측할 수 있으나 실제로는 이에 관한 연구 결과의 축적이 매우 미약해 本 研究에서 수행된 기율기를 이용한 推論은 매우 한정된 경우에 사용할 수밖에 없었으며 그 推論에 의한 결과 역시 解析에 상당한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

淘汰에 사용된 약제별로 DR₂₀, FR₂₀, PR₂₀ 및 YF의 濃度-死蟲率 曲線을 살펴본 결과 DR₂₀과 PR₂₀의 경우 각각의 淘汰 藥劑인 dicofol과 pyridaben에 대한 濃度-死蟲率 曲線上에서 母系統인 YF와 기율기에서 차이를 보이지 않아 이미 야외에서의 이들 약제를 포함할 가능성도 있는 다양한 약제들에 대한 노출로 인해 이미 발달된 각각의 약제에 대한 저항성 메카니즘이 실 내에서의 累代淘汰를 통해 增幅되고 特化되었음을 알 수 있었다. 그러나

FR₂₀의 경우에는 해당 약제에 대한 濃度-死蟲率 曲線의 기울기와 YF가 달랐는데, 이러한 결과는 fenpyroximate를 이용한 室內 淘汰가 YF에서 발달된 fenpyroximate 抵抗性 메카니즘과는 다른 抵抗性 메카니즘을 발달시켰음을 보여주는 것이다. 이는 앞에서 언급한 바 있는 여러 가지 결과 즉 pyridaben과 fenpyroximate에 대한 점박이응애의 저항성 발달이 陽의 相關을 보인다는 점, 交差抵抗性 실험 결과 pyridaben 淘汰 系統이 fenpyroximate 도태 계통보다 fenpyroximate에 대해 저항성이 더 높다는 점, pyridaben의 國內 市長 導入 時期가 fenpyroximate보다 1년 앞선다는 점, pyridaben이 fenpyroximate보다 供給 價格面에서 보다 選好된다는 점은 등이우리나라에 있어서 fenpyroximate 저항성이 pyridaben 저항성에 의한 결과라는 假說을 뒷받침 할 수 있다.

Propargite에 대한 DR₂₀, FR₂₀, PR₂₀ 및 YF의 濃度-死蟲率 曲線을 살펴 보면 交差抵抗性을 보인 DR₂₀ 과 FR₂₀ 의 기울기가 동일하고 逆相關交差抵抗性을 보인 PR₂₀ 과 母系統인 YF의 기울기가 同一하다는 사실을 알 수 있는데 前者는 dicofol과 fenpyroximate의 抵抗性 메카니즘이 어느 정도 연관성이 있을 뿐 아니라 propargite의 抵抗性에 효과적으로 작용하고 있음 보여주고 있으며, 後者는 PR₂₀에서 확인된 逆相關交差抵抗性이 pyridaben 淘汰에 의해 增幅된 抵抗性 메카니즘 propargite 抵抗性에 전혀 관여하고 있지 않음을 보여주는 것이다.

交差抵抗性에 관한 연구는 藥劑 抵抗性 메커니즘에 대한 證據를 제공할 뿐만 아니라 많은 경우 이들 약제에 이용 가능한 代替 藥劑의 選拔에 중요한데 本 研究에서도 交差抵抗性 연구에 數種의 殺蟬劑 淘汰 점박이응애에 대한 公試藥劑의 殺蟬力을 조사한 결과 이미 登錄된 약제로는 abamectin, azocyclotin, milbemectin이, 新規 藥劑로는 chlorfenapyr과 그와 혼합된 약제들이 3종의 殺蟬劑 淘汰 점박이응애에 대해 우수한 효과

를 보여 저항성 점박이응애에 효과적인 對替 藥劑이었다. 또한 野外 個體 群을 모니터링한 결과 殺蟬劑의 類型에 따라 交差抵抗性을 보이지 않았는데 이들 약제를 選擇的으로 사용한다면 금후 抵抗性 점박이응애의 防除에 있어서 대단히 긍정적으로 작용 할 것으로 기대된다.

Glufosinate ammonium은 알을 제외한 모든 발육 단계의 점박이응애에 대해 우수한 殺蟬效果를 보였는데, 幼蟲 및 若蟲들은 약제 처리후 24시간 안에 죽는 것으로 보아 이 약제의 살비활성은 키틴합성의 阻害나 生長抑制效果보다는 직접적인 살충작용에 기인하는 것으로 생각된다. 또한 glufosinate ammonium에 대한 점박이응애의 感受性은 發育 段階에 따라 현저한 차이를 보였다. 점박이응애의 發育 段階別 살비제에 대한 감수성 차이는 趙 등(1993)와 安 등(1993)에 의해 보고된 바 있는데 이들에 의하면 dicofol, hexythiazox, flufenoxuron에 대해서는 감수성 차이가 보였으나 cyhexatin, fenbutatin oxide, fenpyroximate에 대해서는 감수성 차이가 없었다. 이와 같은 發育 段階別 藥劑에 대한 感受性 差異는 검거세미나방 (*Rhyacia ypsilon*), European chafer(*Amphimallon majalis*), 담배거세미나방 등 점박이응애 이외의 곤충에서 보고된 바 있다 (Harris와 Sec, 1968; McDonald와 Jacobson, 1958; 趙 등, 1996). 특히 安 등(1980)은 수종의 약제를 거세미나방 幼蟲에, Kim 등(1992)은 diflubenzuron을 톱다리개미허리 노린재의 齡期에 따른 殺蟲力의 減少는 體重의 증가에 따른 것이 아니라 昆蟲 자체의 生理生化學的인 變化에 기인한다고 하였다. 이와 같이 점박이응애에서 蟲態에 따른 除草劑에 대한 感受性 差異는 발육이 진행됨에 따라 昆蟲體의 크기가 증대하고 表皮층이 두터워짐에 따라 藥劑의 투과가 감소한 때문으로 보이나, 발육 단계에 따른 곤충 자체의 生理學的 또는 生化學的인 差異가 除草劑에 대한 耐性을 증대시킬 가능성도 있다. 이상에서 考察한 바와 같이 蟲態에 따라 殺蟬 效果의 차이는 실제 圃場에 있어서 사과

점박이응애 방제를 요하는 시기에 同一蟲態 또는 同一 齡蟲이 있는 것이 아니라 여러 蟲態가 重疊되어 나타나므로 실제 圃場에 있어서 이를 고려하는 일은 대단히 중요하다.

위에서 언급한 發育 段階외에도 藥劑의 殺蟬力 發現에는 溫度·濕度 외에 각종 環境 條件등 여러가지 要因이 複合적으로 작용하고 있는데, 이 중 溫度는 農藥의 活性에 영향을 미치는 가장 중요한 要因중의 하나로서 실제 야외에서의 害蟲 防除에 영향을 미칠 뿐 아니라, 농약의 작용 메카니즘의 해명에 크게 기여하고 있다. Glufosinate ammonium은 浸漬法으로 처리하였을 때 溫度가 높을수록 殺蟬 活性이 증가하였는데 이러한 positively temperature coefficient는 有機磷劑에서 보고된 바 있다 (Norment & Chambers, 1970). 우리나라의 경우 5월의 年平均 氣溫인 16.6°C (4.6~28.3°C)에서의 LC₅₀이 glufosinate ammonium의 勸獎 濃度인 540 ppm보다 낮다는 점을 감안 한다면 越冬蟲은 물론 이미 越冬處에서 樹上으로 이동하는 점박이응애도 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 생각되며 뿐만 아니라 한여름에 雜草가 무성할 때에도 사과원 雜草上에 있는 점박이응애는 물론 雜草도 同時에 防除가 가능할 것으로 생각된다. 그러나 同一 藥劑라 할 지라도 약제의 處理方法에 따라 溫度와 殺蟲 活性과의 相關 關係가 달라진다는 horn fly에서의 보고 (Schmidt & Robertson, 1986)를 고려할 때 glufosinate ammonium의 溫度와 殺蟬 活性과 관계에 관해서는 보다 정밀한 연구가 필요하리라 생각된다.

Glufosinate ammonium에 대한 실험실내 殺蟬劑 淘汰 系統인 DR₂₀, FR₂₀, PR₂₀ 저항성 계통의 抵抗性比는 5.1, 8.6, 13.4로 이들 系統이 실제로 많은 약제들에 대해 높은 抵抗性을 보이고 있는데 비해 glufosinate ammonium에 대해 낮은 抵抗性을 나타내었으며, 다양한 약제들에 대해 抵抗性을 가지고 있는 것으로 보고된 수원외 6개 지역에서 채집한 野外 個體群

들 또한 glufosinate ammonium 에 대한 抵抗力比가 2~10 정도로 감수성이 높았다. 그러나 이들 淘汰 系統 및 野外 系統들이 전혀 抵抗力을 보이지 않는 것은 아니어서 향후 저항성이 발달할 수 있다는 사실을 고려해 glufosinate ammonium을 綜合的 害蟲群管理에 도입하여야 할 것으로 생각된다. 특히 glufosinate ammonium에 대한 抵抗力이 殺蟬劑 처리 결과 생긴 複合抵抗力에 의한 것인지 아니면, 雜草 防除를 위해 처리한 glufosinate ammonium에 露出되어 생긴 것인지에 대해서는 불분명하므로 이에 대해서는 추후 연구에서 충분히 검토되어야 할 것으로 생각된다.

우리나라에서 많이 사용되고 있는 6종의 殺蟬劑에 대한 glufosinate ammonium 抵抗力 점박이응애의 交差抵抗力을 조사한 결과, 실험에 사용된 6종의 殺蟬劑 모두가 交差抵抗力을 보이지 않아 glufosinate ammonium 抵抗力 메카니즘이 실험에 사용된 살비제들의 抵抗力 메카니즘과 다를 수 있었다. 또한 GaR15는 glufosinate ammonium에 대해서도 약 4배 정도의 抵抗力을 보였는데 실험에 사용된 淘汰 系統이 感受性 系統을 15세대 동안 glufosinate ammonium으로 淘汰된 계통이라는 것을 고려했을 때 glufosinate ammonium은 저항성 발달이 상당히 늦다고 할 수 있다.

우리나라에서 보고된 3 종류의 捕食性 응애와 7 종류의 捕食性 昆蟲 중에서 捕食性 응애인 *Amblysieus womersleyi*와 *Agistimus terminalis*는 사과응애와 점박이응애의 주요 天敵으로 알려져 있기 때문에 (李 등, 1990), Ujiye와 Sugawara(1970)는 응애류의 관리에 있어서 적절한 藥劑 處理 時期와 選擇性 藥劑 選定の 중요성을 강조한 바 있다. 또한 農藥 撒布 후, 害蟲의 異常激發現象 (resurgence)이 생기는 원인으로서 天敵의 減少, 害蟲 또는 植物의 生理的 變化에 의한 害蟲의 生殖力 增大, 殺蟲·殺蟬劑에 의한 淘汰, 競爭種의 除去 및 寄主植物의 生長 促進 등으로 해석되고 있는데 (Ripper, 1956), 이들 요인중 해충의 異常激發現象에 가장 크게

작용하는 것은 殺蟲·살비제 撒布에 의한 天敵의 감소에 있다고 보는 것이 일반적인 견해이다. 그러나, 아직까지 이러한 天敵에 대한 살비제 및 除草劑의 영향에 대한 정량적인 평가가 전무한 실정에 있어 本 研究에서는 glufosinate ammonium과 chlorfenapyr 및 키틴합성 저해제 flufenoxuron의 수종 사과원 天敵에 미치는 영향을 室内 및 圃場에서 조사한 결과, glufosinate ammonium은 勸獎 濃度인 540 ppm에서 칠성풀잠자리붙이 3齡 幼蟲과 번데기에 10%내외의 낮은 死蟲率을 보였으나 점박이응애, 온실가루이 및 진딧물의 天敵으로 알려진 애꽃노린재에 대해서는 알, 3齡 幼蟲, 成蟲에 모두 50%이상의 사충률을 나타내었다. 무당벌레에 경우, 실험에 사용된 모든 發育態에서 glufosinate ammonium에 대하여 耐性을 보였다. 또한 flufenoxuron과 chlorfenapyr의 무당벌레의 각 發育 段階에 대한 毒性을 조사한 결과 이들 약제들이 勸獎 濃度에서 무당벌레에 안전함을 알 수 있었다. 네델란드의 Koppert사에서 商品化한 捕食性 응애류인 Spidex[®]는 알의 경우 glufosinate ammonium, chlorfenapyr, flufenoxuron에 1080 ppm에서도 0%의 사충률을 보여 강한 耐性을 보였으나 成蟲은 glufosinate ammonium에는 <60 ppm, chlorfenapyr에는 <10 ppm의 LC₅₀로 낮은 농도의 약량에서도 민감하게 반응하였다. 긴털이리응애의 경우에 있어서도 이와 비슷한 경향을 관찰할 수 있었는데, 이러한 결과들은 점박이응애에서 관찰된 현상과 비슷하다. 이는 이들 捕食性 응애류들이 이번 연구에서 조사된 天敵 중에서 가장 점박이응애와 進化的 類緣關係가 크기 때문이라고 해석될 뿐 아니라 glufosinate ammonium의 殺蟬 메카니즘이 昆蟲보다는 응애류에 보다 選擇적으로 작용하고 있음도 나타내고 있다. 상기 실내실험에 사용된 약제가 사과원 天敵類에 미치는 영향을 圃場 實驗을 통해 확인해 본 결과 3약제 모두 조사된 4종의 天敵類의 사과원에서의 密度의 영향을 미치는 것으로 나타나 실내 실험 결과와 달랐다. 따라서 이들 藥劑들을 실제로

圃場에 適用할 때에는 많은 주의가 필요할 것이라고 생각되지만 이러한 현상이 약제들이 직접적으로 天敵類에 毒性 效果를 나타낸 결과인지 아니면 殺蟬劑 處理로 인한 點박이응애등의 天敵類의 먹이 감소의 영향인지는 뚜렷하지 않다.

殺蟲·殺蟬劑는 처리 후 光線, 溫度, 濕度, 降雨 및 기타 원인에 의하여 分解되고 流失되어 결국은 致死量 이하의 농도에서 害蟲의 生殖力이나 生存力에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 이와 같은 低濃度에 접한 害蟲 個體群들의 生殖力 增大로 인한 해충의 異常激發現象이 果樹의 응애류에서 보고되고 있으나(Saini & Cutkomp, 1966; Steiner 등, 1946), 실제 응애방제에 있어서, 이들에 관한 문제는 고려되지 않고 있다.

本 研究에서는 glufosinate ammonium 처리에 의한 응애의 異常激發現象의 발생 가능성을 밝히기 위해 glufosinate ammonium 亞致死量을 사과 點박이응애에 처리한 결과, 感受性 點박이응애의 경우 LC_{10} 濃度 處理에서 産卵數의 감소가 관찰되었을 뿐 孵化率, 性比, 成蟲 壽命에는 대조구와 비교했을 때 유의한 차이를 보이지 않았을 뿐 아니라 抵抗性 系統에 있어서는 무처리구와 어떤 항목에서도 차이를 보이지 않았다. 이러한 産卵數의 변화 원인은 여러 각도에서 考察될 수 있는데, 增加의 原因으로서는 壽命의 增加, 酵素에 의한 代謝率의 增加를 들고 있으며 減少의 原因으로는 壽命의 減少, 生殖器의 癱痺, 호르몬 代謝의 攪亂, 交尾에 불리한 영향, 卵巢의 發育 異常 (Ripper, 1956; 永田, 1981) 등을 들 수 있다. 본 연구에서 glufosinate ammonium 亞致死量은 點박이응애의 産卵數 減少만 초래할 뿐 타 要因에는 영향이 나타나지 않았으며 産卵數 減少 현상 역시 代謝 生理에 대한 영향 또는 生殖器에 대한 직접적인 영향 등에서 그 원인을 찾을 수 있으나 처리된 약제의 영향에 의한 活力減少의 結果일 수도 있다.

우리나라에서 點박이응애는 9월부터 11월에 걸쳐 사과원 雜草로 이동,

成蟲으로 越冬에 들어가며 越冬 成蟲은 3월이나 4월부터 활발히 활동을 하는데, 成蟲은 6월까지의 낮은 密度 水準을 유지하다가 7월 이후에 급격히 密度가 증가한다 (李, 1990). 本 研究 結果 5월경 glufosinate ammonium의 雜草에 대한 처리는 점박이응애의 사과 樹上에서의 初期 密度 形成을 억제해 極盛期를 4~9주 동안 늦출 수 있었으나 장마 이후 (8월 초)의 처리는 아무런 효과도 보이지 않았다. 따라서 5월 (平均 溫度 16.6℃ [4.6~28.3℃])에 雜草에 glufosinate ammonium을 처리하여 雜草와 雜草上에서 越冬한 점박이응애를 防除하고 6월 중순에 효과가 우수한 것으로 밝혀진 chlorfenapyr 등의 殺蟬劑를 처리함으로써 사과원의 점박이응애를 효과적으로 管理할 수 있음을 알 수 있었다.

사과원의 雜草는 사과나무와 生態的 營養的인 면에서 상호 競爭關係에 있어 사과의 生育에 커다란 障礙物일 뿐 아니라 점박이응애의 越冬處 및 避難處로 제공될 수 있기 때문에 그 除去가 불가피한데, glufosinate ammonium의 제초 효과는 썩, 벌꽃, 냉이, 망초, 독새풀에 대해서는 100%의 높은 防除價를 보였으나, 바랭이 및 기타 雜草에 대해서는 90% 이하의 다소 낮은 防除價를 나타내었으며 그 除草 效果는 glyphosate나 paraquat dichloride의 제초효과에 匹敵하였다. Glufosinate ammonium의 제초 효과는 Langeluddecke 등(1983)과 Engel(1992)에 의해서 보고된 바 있다.

농약의 잔류성을 지배하는 요인으로서는 화학구조, 농도, 제형, 토양형, 유기질, 토양 pH, 무기이온, 토양 수분, 통기성, 기후조건, 표층식생 및 분해 토양미생물 등을 들 수 있는데, 본 연구에 있어서 glufosinate ammonium의 土壤중 半減期 및 사과중 殘留量은 處理回數別 및 時期別에 따라 달리 나타났으나 土壤에 있어서의 半減期는 10일 이하로 대단히 짧았으며 사과중 殘留量은 극히 미량으로서 殘留許容基準值인 推定值 0.3 ppm 미만이었다. Chlorfenapyr의 경우는 土壤中 半減期는 약 40일 정도이었으

며 사과중 殘留量은 0.2 ppm 미만으로서 殘留許容基準值 (推定值 1 ppm) 미만이었다.

本山 (1981)는 抵抗性 害蟲의 合理的인 防除를 위하여 4단계적인 研究의 필요성을 강조한 바 있는데 그 첫번째는 現狀論的 段階로 야외 및 실내 실험을 통해 對象 害蟲의 抵抗性 發達 程度를 조사하는 것이다. 이는 대상 해충의 藥劑에 대한 生物學的 反應을 파악하는 단계로 本 研究에서 8지역 야외지역 개체군에 대한 모니터링을 수행한 결과 殺蟬劑 抵抗性的 發達이 全國的으로 多樣的 形態로 발달하고 있었다.

두번째 實體論的 段階는 生理, 生化學的 또는 遺傳學的手法 등에 의해 抵抗性 메카니즘을 구명하는 要因 分析의 段階인데 本 研究陣은 點박이 응애의 dicofol, fenpyroximate, pyridaben 抵抗性 메카니즘에는 酸化酵素 (mixed function oxidases)와 加水分解酵素 (hydrolases)가 중요한 역할을 하고 있음을 밝힌 바 있다.

세번째 단계는 두번째 단계에서 얻어진 抵抗性 메카니즘을 살아 있는 昆蟲에 적용해서 그 役割을 평가, 個體群 動態學的인 면에서의 모든 要因을 綜合하는 것으로 이를 위해서 향후 點박이응애의 藥劑 抵抗性 메카니즘에 관한 보다 많은 情報가 축적되어야 하는데 지금까지는 이를 위한 자료가 많이 부족하다.

네번째 단계인 目的論的 段階는 이상의 과정에서 얻어진 知識을 기초로 抵抗性 害蟲에 대한 對策을 수립하는 最終的인 段階이다. 특히 野外에 있어서는 많은 要因이 相互 複合的으로 작용하고 있기 때문에 防除가 어려운데 이에 대한 지금까지 알려진 대책을 종합하면 1) 새로운 殺蟲·殺蟬劑의 開發, 2) 既存 殺蟬劑의 構造 改善, 3) 다른 代替 殺蟲·殺蟬劑의 選拔, 4) 效果的 混合劑 開發, 5) 協力劑 開發 및 6) 綜合防除를 들 수 있다.

우선, 1)의 방법은 일반적이긴 하지만 새로운 化合物의 開發에 드는 費用的인 부담 및 근래에 더욱 엄격해지고 있는 環境 및 人畜에 대한 安全性을 고려하면 그 가능성이 적은 편이라 할 수 있다.

2)의 방법은 代謝와 作用點을 고려한 農藥의 構造改善이다. 解毒酵素에 의한 代謝 活性의 增大는 抵抗性 메카니즘으로서 중요한 역할을 하고 있기 때문에 既存 殺蟎劑의 構造 改善도 이러한 代謝 活性을 回避하는 방향으로 이루어 져야 할 것이다. 本 研究陣은 實驗室 淘汰 系統의 抵抗性 메카니즘으로서 酸化酵素, 轉移酵素 및 加水分解酵素의 작용이 관여하고 있음을 증명한 바 있는데, 抵抗性 메카니즘인 경우 構造 改善에 의해 抵抗性的의 防除가 가능할 것으로 생각된다. 특히 活性이 증대된 解毒酵素들은 前驅體의 형태로 사용되는 藥劑들의 活性化 (activation)에 필수적이므로 이를 이용한 農藥의 構造 改善도 고려해 볼 만 하다고 사료된다. 모든 淘汰 系統에 뛰어난 살비 활성을 지닌 것으로 알려진 chlorfenapyr도 酸化酵素에 의해 殺蟎力을 지닌 物質로 活性化되는데 (Wiseman, 1995), 淘汰系統에 대한 이 약제의 높은 활성은 도태계통의 강한 酸化酵素 活性과 관련이 있으리라 추측되고 있다. 이밖에 作用點에 의거해서 農藥의 構造를 改善하는 경우가 그 예는 적지만 끝동매미충에서 알려져 있는데 카바메이트계 殺蟲劑의 構造중에서 methyl기나, ethyl기를 propyl기로 變換하면 카바메이트 抵抗性 끝동매미충에 효과적이다 (Yamamoto 등, 1977).

3)의 방법은 抵抗性 系統에 대한 代替藥劑를 選拔하는 것으로, 本 研究에서 數種의 殺蟎劑 淘汰 점박이응애에 대한 公試藥劑의 殺蟎力을 조사한 결과 이미 등록된 약제로는 abamectin, azocyclotin, milbemectin이, 新規 藥劑로는 chlorfenapyr과 그와 混合劑들이 3종의 殺蟎劑 淘汰 점박이응애에 대해 우수한 효과를 보여 저항성 점박이응애에 효과적인 代替藥劑로 選拔하였다.

4)의 방법은 어떤 殺蟬劑에 抵抗性을 나타내었을 때 이 殺蟬劑에 타약제를 적당한 비율로 混合 處理함으로서 저항성 蟲애를 방제하고자 하는 방법이다. 本 研究에서도 細胞 呼吸 阻害劑로 알려진 chlorfenapyr과 fenpyroximate, 키틴 합성 阻害劑로 알려진 flufenoxuron 과 diafenthiuron 등을 중심으로 既存의 殺蟬劑인 fenbutatin oxide, propargite와 혼합사용하면 우수한 효과를 얻을 수 있었다.

5)의 방법은 殺蟬力을 가지지 않는 協力劑를 殺蟬劑에 混合 處理해서 抵抗性을 回避하고자 하는 방법이다. 本 研究陣도 piperonyl butoxide가 fenpyroximate와 pyridaben 淘汰 系統에 강한 協力效果를 보여 이들 抵抗性 管理에 methylene dioxyphenyl系의 化合物을 協力劑로 사용할 가능성을 보고한 바 있으나, 실제 野外에서의 이용에는 많은 제한이 따른다 (Scott, 1990).

6)의 방법은 일반적인 害蟲 防除 方法으로, 殺蟬劑 일변도의 방제에서 가능한 모든 防除 手段을 總動員하여 相互 矛盾되지 않게 有效 적절히 사용하여 蟲애의 密度를 管理하는 방식이며 이는 環境的, 經濟的, 生物的 次元에서 매우 중요하다.

本 研究의 結果를 綜合하면, glufosinate ammonium은 사과점박이응애의 幼·若蟲 및 成蟲에 대하여 세계적으로 널리 이용되고 있는 殺蟬劑 azocyclotin 보다 卓越한 殺蟬效果를 보였을 뿐 아니라 사과점박이응애의 天敵類에 대해서도 選擇毒性을 보였으며 사과원 주요 雜草인 쑥, 별꽃, 냉이, 망초, 독새플 등에 대해서도 우수한 除草效果를 보였다. 또한, glufosinate ammonium의 土壤중 半減期 및 사과중 殘留量은 處理回數別 및 時期別에 따라 달리 나타났으나 土壤에 있어서의 半減期는 10일 이하이었으며 사과중 殘留量은 殘留許容基準值 (推定值 0.3 ppm) 미만 이었다.

Chlorfenapyr의 경우는 土壤中 半減期는 약 40일 정도 이었으며 사과중 殘留量은 殘留許容基準值 (推定值 0.1 ppm) 미만이었다.

따라서 5월 초에 glufosinate ammonium을 처리한 후 7월 중순 경에 本 研究에서 選拔된 chlorfenapyr, flufenoxuron 單劑 또는 이들 殺蟎劑와 他 殺蟎劑間의 混合劑 등의 選擇性 殺蟎劑를 처리한다면 雜草 및 鶯애를 同時 防除하여 省力化에 의한 防除費 節減效果와 汚染源의 減少에 의한 環境保存 및 維持를 기대할 수 있을 뿐 아니라 良質의 사과를 收穫함으로써 사과의 國內 消費增加 및 國際競爭力 提高에 의한 輸出增大로 農家所得 增大 등의 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되어, 本 研究에서 確立한 防除法은 害蟲綜合管理 (Integrated Pest Management)에 있어서 하나의 주요 要素로 活用할 수 있을 것으로 판단되었다.

引用文獻

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

Agricultural Sciences Institute. 1989. Ecology and Control of Insect Pests of Fruit Trees. Rural Development Administration, Suwon, Republic of Korea.

Ahn Y. J. 1986. Studies on the pyrethroid-resistance mechanisms in the housefly, *Musca domestica* L. PHD thesis. The University of Tokyo. Japan

Ahn, Y. J., M. Kwon, J. K. Yoo & S. J. Byun. 1993. Toxicity of flufenoxuron alone and in mixture with alphacypermethrin or fenbutatin oxide to *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 86: 1334-1338.

Ahn, Y. J., J. R. Cho, J. K. Yoo & J. W. Lee. 1996. Evaluation of AC303,630 and flucyclohexuron mixture to *Tetranychus urticae*(Acari: Tetranychidae) under laboratory and field condition. Appl. Entomol. Zool. 31: 67-73.

Ahn, Y. J., T. Shono and J. Fukami. 1987. Effect of temperature on pyrethroid action to *kdr*-type house fly adults. Pestic. Biochem. Physiol. 28: 301-307.

안용준·김요태·김홍진·최승윤. 1980. 거세미나방유충의 영기에 따른 몇가지 토양살충제의 독성의 차이에 관한 연구. 한국식물보호학회지 19: 79-83.

안용준·박형만·이승찬. 1991. 해충의 살충제 저항성. 응용곤충총론 pp 430-461. 천풍인쇄소, 서울.

Altieri, M. A. & W. H. Whitcomb. 1979a. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *Hortic. Sci.* 14: 12-18.

Altieri, M. A. & W. H. Whitcomb. 1979b. Weed manipulations for insect pest management in corn. *Environ. Manage.* 4: 483-489.

Altieri, M. A., A. van Schoonhoven & J. Doll. 1977. The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated by bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. *PANS* 23: 195-205.

Anderson, M., J. P. Fisher, J. Robinson & P. H. Debray. 1986. Flufenoxuron : an acylurea acaricide/insecticide with novel properties, pp. 89-96. *In Proceedings, 1986 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases.* British Crop Protection Council, Brighton, England.

Anonymous. 1957. Seventh report of WHO Expert Committee of Insecticides, WHO Tech. Rept. Ser. No.125. pp.88.

Asada, M. 1978. Genetic & biochemical mechanisms of acaricide resistance in phytophagous mites. *J. Pestic. Sci.* 3: 61-68.

Brown, A. W. A. 1978. *Ecology of Pesticides.* John Wiley & Sons. New York.

Cho, J.R., Y. J. Kim, Y. J. Ahn, J. K. Yoo & J. O. Lee. 1995. Monitoring of acaricide resistance in field-collected populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 34: 40-45.

조점래·송원래·황선영·김홍선·이정운. 1996. 담배거세미나방 유충의 영기별 약제 감수성. *한응곤지.* 35: 249-253.

조점래·최용호·박노중·조광연. 1993. 스크리닝체계 확립을 위한 점박이응애에 대한 몇가지 살비제의 약효비교. 한용곤지. 32: 123-128.

Croft, B. A. 1990. Developing a philosophy and program of pesticide resistance management, pp. 277-296. In Pesticide Resistance in Arthropods, eds. by R. T. Roush & B. E. Tabashnik, Chapman and Hall, New York.

Croft, B. A. & A. W. A. Brown. 1975. Responses of arthropod natural enemies to insecticide. Ann. Rev. Entomol. 20: 285-332.

Croft, B. A., S. C. Hoyt & P. H. Westigard. 1987. Spider mite on fruits, revised : organotin and acaricide resistance management. J. Econ. Entomol. 80: 304-311.

Crow, J. F. 1957. Genetics of insect resistance to chemicals. Ann. Rev. Entomol. 2: 227-246.

DeVries, D. H. & G. P. Georghiou. 1979. Influence of temperature on the toxicity of insecticides to susceptible and resistant houseflies. J. Econ. Entomol. 72: 48-50.

Dennehy, T. J., J. P. Nyrop, W. H. Reissig & R. W. Weires. 1988. Characterization of resistance to dicofu in spider mites (Acari: Tetranychidae) from New York apple orchards. J. Econ. Entomol. 81: 1551-1561.

Edge, V. E. & D. G. James. 1986. Organotin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Australia. J. Econ. Entomol. 79: 1477-1483.

Engel, G. 1992. Comparison of integrated weed control and herbicide

treatment in fruit crops, pp. 505-511. *In* Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 16th German Conference on Weed Biology and Control. Stuttgart-Hohenheim, Germany.

Fergusson-Kolmes, L. A., J. G. Scott & T. J. Dennehy. 1991. Dicofol resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and pharmacokinetics. *J. Econ. Entomol.* 84: 41-48.

French-Constant, R. H. & R. H. Roush. 1990. Resistance detection and documentation: The Relative role of pesticidal and biochemical assays, pp. 4-38. *In* Pesticide Resistance in Arthropods, eds. by R. T. Roush & B. E. Tabashnik. Chapman and Hall, New York.

Georghiou, G. P. 1990. Overview of insecticide, pp.18-41. *In* Managing Resistance to Agrochemicals: from Fundamental Research to Practical Strategies, eds. by M. B. Green, H. M. LeBaron & W. K. Moberg. ACS Symp. Ser. No. 421, Am. Chem. Soc., Washington, D.C.

한국식물보호학회. 1986. 한국의 식물 병·해충·잡초 명감. 한국식물보호학회, pp 633.

Harris, C.R. & H.J. Svec. 1968. Toxicological studies on cutworms. I. Laboratory studies on the toxicity of insecticides to the dark-sided cutworm. *J. Econ. Entomol.* 61: 788-973.

林光史. 1983. 殺蟲劑抵抗性の歴史, 現況および對策 (衛生昆蟲), pp 31-53. '藥劑抵抗性' 深見順一・上杉康彦・石塚皓造編. ソフトサイエンス, 東京.

Inoue, K. 1980. Relationship between dicofol resistance and fitness in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McG). *J. Pestic. Sci.* 5: 165-175.

Kim, G. H., Y. J. Ahn & K. Y. Cho. 1992. Effects of diflubenzuron on longevity and reproduction of *Riptortus clavatus*(Hemiptera: Alydidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 664-667.

김길하·송 철·박노중·조광연. 1994. Dicofol 저항성 점박이용애의 저항성 유전과 교차저항성. *한농근지*. 33: 230-236.

Kono, S. 1985. Susceptibility of dicofol resistant two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch against various pesticides and their control effects. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 29: 150-157.

관보. 1989. 관보(4월) No. 11,200.

Langeluddeke, P., R. Purusotman, M. Sallehuddin & H. Kassebeer. 1983. Glufosinate ammonium (Hoe 39866) - a new herbicide for *Imperata cylindrica* (L.) Beauv, and for general weed control in tropical plantation crops, pp. 413-423. *In Proc. 9th Conference of the Asia Pacific Weed Sci. Soc.*

Leeper, J. R., R. T. Roush & H. T. Reynolds. 1986. Preventing or managing resistance in arthropods, pp. 335-346. *In Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management*, chmn. by E. H. Glass. National Academy Press, Washington, D.C.

이순원. 1990. 사과원 해충상과 응애류 종합관리에 관한 연구. 서울대학교 농학박사 학위논문.

이승찬. 1969. 응애류의 약제저항성에 관한 연구. *농시연보*. 12: 91-96.

Lovell, J. B., D. P. Wright, Jr., I. E. Gard, T. P. Miller, M. F. Treacy, R. W. Addor & V. M. Kamhi. 1990. AC 303,630 - an insecticide/acaricide from a novel class of chemistry, pp. 37-42. *In*

Proceedings, 1990 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases. British Crop Protection Council, Brighton, England.

McDonald, S. & L.A. Jacobson. 1958. The toxicities of some chlorinated hydrocarbons to various larval instars of the army cutworm in the laboratory. J. Econ. Entomol. 51: 726-729.

Miller, R. W., B. A. Croft & R. D. Nelson. 1985. Effects of early season immigration on cyhexatin and formametan resistance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry in central California. J. Econ. Entomol. 78: 1379-1388.

本山直樹. 1981. 殺蟲劑抵抗性の生化学, pp 553-569. '昆蟲學最近の進歩' 石井象二郎編. 東大出版會, 東京.

本山直樹. 1983. 殺蟲劑抵抗性の生化学 一代謝, pp 54-85. '薬劑抵抗性' 深見順一・上杉康彦・石塚皓造編. ソフトサイエンス, 東京.

永田 徹. 1981. 害虫の化学的防除, pp 265-278. '昆蟲學最新の進歩' 石井象二郎編. 東大出版會, 東京.

농약공업협회. 1996. 농약연보. 농약공업협회, 서울.

Norment, B. R. & H. W. Chambers. 1970. Temperature relationships in organophosphorus poisoning in boll weevil. J. Econ. Entomol. 63: 502-504

Oloumi-Sadeghi, H., L. R. Zavaleta, G. Kapusta, W. O. Lamp & E. J. Armbrust. 1989. Effects of potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) and weed control on alfalfa yield and quality. J. Econ. Entomol. 82: 923-931.

Perugia, G., C. Ingelsfield & J. D. Tipton. 1986. The evaluation of a novel acylurea (flufenoxuron) on top fruit and citrus in Italy, pp. 315-322. *In Proceedings, 1986 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*. British Crop Protection Council, Brighton, England.

Piemental D., J. E. Dowy & H. H. Schwardt. 1951. An increase if the duration of the life cycle of DDT-resistant strains of the house fly. *J. Econ. Entomol.* 63: 477-481.

Raymond

Ripper, W. E. 1956. Effect of pesticides on balance of arthropod populations. *Ann. Rev. Entomol.* 1: 403-438.

SAS. 1989. SAS user's guide: statistics. SAS Insitute, Cary, NC.

Saini, K. S. & L. K. Cutkomp. 1966. The effects of DDT and sublethal doeses of dicofol of reproduction of the two spotted spider mite. *J. Econ. Entomol.* 59: 249-253.

Schmidt, C. D. & J. L. Robertson. 1986. Effects of treatment technique on response of hornflies (Diptera: Muscidae) to permethrin at the different temperatures. *J. Econ. Entomol.* 79: 684.

Scott, J. S. 1990. Investigating mechanisms of insecticide resistance: Methods, strategies and pitfalls, pp. 39-57. *In Pesticide Resistance in Arthropods*, eds. by R. T. Roush & B. E. Tabashnik. Chapman and Hall, New York.

Seiki, M. & Y. Matsuo. 1959. Test record of acaricide resistance in orchard mites, p29, Japan Plant Prot. Assoc., Tokyo.

正野俊夫. 1983. 殺蟲劑抵抗性の遺傳, pp. 121-141. '藥劑抵抗性' 深見順一·上杉康彦·石塚結造編. ソフトサイエンス, 東京.

Smith, F. F. & R. A. Fulton. 1951. Two-spotted spider mite resistant to aerosols. J. Econ. Entomol. 44: 229-233.

송 철·김길하·안수정·박노중·조광연. 1995. 사과원에서 채집된 점박이응애의 지역별 살비제 감수성. 한용곤지. 34: 328-333.

Sparks, T. C., M. H. Shour & E. G. Wellemeier. 1982. Temperature-toxicity relationships of pyrethroids on three lepidopterans. J. Econ. Entomol. 75: 643-646.

Steiner, L. F., S. A. Summerland & J. E. Fahley. 1946. Experiments in 1945 with DDT for control codling moth. Proc. Ohio State. Hort. Soc. 79: 105-130.

高橋洋治. 1979. 殺蟲劑抵抗性, pp 663-692. '農藥-デザインと開發指針' 山本出·深見順一編. ソフトサイエンス, 東京.

Tomlin, C. 1994. The Pesticide Manual, 10th Ed. British Crop protection Council & The Royal Society of Chemistry, U. K.

Ujiye, T. & H. Sugawara. 1970. Studies on the arthropod fauna in apple orchards. II. Mites and their predators. Bull. Hort. Res. Stn. (Minist. Agric. For.) Ser. C (Morioka) 6: 21-38.

Way, M. J. 1977. Integrated control-practical realities. Outlook Agric. 9: 127-135.

Wiseman, S. 1995. New Horizons in Pest Control. PJB Publications Ltd. U. K. 135pp.

원예연구소. 1996. 원예작물재배현황. 농촌진흥청 원예연구소.

Yamamoto, I., N. Kyomura & Y. Takahasi. 1977. Aryl *N*-propylcarbamates, a potent inhibitor of acetylcholinesterase from the resistant green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps*. J. Pesticide Sci. 2: 463-466.