

최 종
연구보고서

장미 주요 해충의 발생생태 및
방제기술 개발

Development of Control Method on the
Major Insect Pest of Rose Greenhouses

연구기관

충북대학교 농과대학
충청북도 농업기술원

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “ 장미 주요 해충의 발생생태 및 방제기술 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 7월 26일

주관연구기관명: 충북대학교

총괄연구책임자: 김 길 하

세부과제책임자: 김 길 하

연 구 원: 이 영 수

연 구 원: 유 정 수

연 구 원: 최 미 현

연 구 원: 송 명 희

연 구 원: 김 주 일

연 구 원: 이 소 영

연 구 원: 김 주 섭

협동연구기관명: 충북농업기술원

협동연구책임자: 이 기 열

선 임 연 구 원: 안 기 수

연 구 원: 민 대 홍

요 약 문

I. 제 목

장미 주요 해충의 발생생태 및 방제기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

장미는 세계에서 가장 인기 있는 원예식물로서 가정이나 건물의 정원에서 많이 가꾸고 있다. 또한 절화용 및 선물용으로도 수요가 많아서 비교적 산업화가 잘 된 식물로 알려져 있다. 양질의 장미꽃 생산에 제일 큰 제한 요인의 하나는 해충에 의한 피해이다. 특히 몇 가지 해충은 다수확과 질 좋은 꽃 생산에 제한 요인이다. 이들 해충 방제를 위해 농가의 무계획적인 약제 살포는 환경오염과 약효 저하의 원인이 되므로 과학적인 방제 체계 확립 및 농약 살포횟수 경감법 개발에 의한 주요 해충의 방제력 작성이 시급한 실정이다. 그러므로 주요 해충인 담배가루이, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애 등 조기 발생 예찰법 확립 및 우수 방제약제선발과 방제효율을 높이는 것이 과다한 농약 사용에 따른 환경보호라는 측면에서 가장 중요하게 선결되어야 할 과제이다.

해충에 의한 장미의 피해를 최소화하기 위한 전략으로 발생생태 및 밀도변동을 통해 방제적기 구명에 따른 합리적인 방제가 중요할 것으로 생각된다. 또한 신속 정확한 이들 해충에 대하여 활성을 지닌 살충제의 선별, 스크리닝 방법 및 살포횟수 확립이 필요하다. 이러한 기술의 확립은 이들 해충방제를 위한 살충제 사용의 올바른 방법을 제시하는 기초자료를 제공하는 동시에 살충제 저항성해충의 출현을 억제할 수 있는 전략 확립에 유용한 자료를 제공할 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 과제 연구 내용의 세부항목으로 다음과 같은 기술을 개발하고자 한다.

제 1 절 장미 해충의 발생생태 및 밀도변동

1. 장미 해충의 분포조사
 - 장미 해충의 종류조사
 - 장미 주요 해충의 발생현황
2. 장미 주요 해충별 밀도변동
 - 담배가루이
 - 점박이용애
 - 꽃노랑총채벌레
3. 해충의 번식능력조사
 - 담배가루이
 - 점박이용애
4. 장미재배농가의 농약사용실태조사

제 2 절 우수 살충제의 선발

1. 담배가루이
 - 발육단계별 약제감수성
 - 우수약제에 대한 침투이행성 효과
 - 잔효성 및 방제효과
2. 점박이용애
 - 점박이용애 감수성계통과 야외계통의 살비제 감수성 비교
3. 꽃노랑총채벌레
 - 성충에 대한 약제감수성

제 3 절 약제 저항성 모니터링

1. 담배가루이
2. 점박이용애
3. 꽃노랑총채벌레
4. 효소활성을 이용한 저항성 모니터링
 - 점박이용애
 - 꽃노랑총채벌레

제 4 절 천적에 대한 저독성 살충제 선발 및 천적을 이용한 장미 주요해충 방제체계

1. 온실가루이좀벌의 발육기간 및 선택독성
 - 온실가루이좀벌의 발생소장 및 발육기간
 - 온실가루이좀벌에 영향이 적은 선택독성 약제선발
2. 장미에 등록된 농약중 칠레이리응애에 대한 독성
 - 살비제에 대한 약제감수성
 - 살충제에 대한 약제감수성
 - 살균제에 대한 약제감수성
 - 농약보조제에 대한 약제감수성
 - Bifenazate와 acequinocyl의 점박이응애와 칠레이리응애의 약제감수성 비교
3. 칠레이리응애에 의한 점박이응애의 방제
 - 천적에 안전한 살충제·살균제 처리시 점박이응애와 칠레이리응애의 밀도변화
 - 농약보조제 혼용처리시 점박이응애와 칠레이리응애의 밀도변화
 - 선택독성 약제 살포시 점박이응애와 칠레이리응애의 밀도변화
4. 무당벌레에 대한 살충제의 선택독성
 - 진딧물과 무당벌레 성충에 대한 살충제의 선택독성검정
 - 선택성 살충제가 무당벌레의 생물학적 특성에 미치는 영향

제 5 절 장미 주요해충에 대한 종합적 방제체계

1. 담배가루이의 방제체계
 - Pyriproxyfen과 thiamethoxam의 효과
 - 담배가루이와 장미의 주요해충 동시 발생시 약제선택
 - 밀도에 따른 방제횟수
2. 점박이응애의 방제체계
 - 밀도에 따른 방제횟수
 - 농가별 점박이응애의 밀도에 따른 방제체계
 - 칠레이리응애를 이용한 점박이응애의 방제체계
3. 꽃노랑총채벌레의 방제체계
 - 밀도에 따른 방제횟수
 - 양액재배에서의 방제체계

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 과제 의 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 장미해충의 발생생태 및 밀도변동

가. 해충의 분포조사

장미의 주요해충인 점박이용애, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이등 25종이 조사되었다. 주요해충 이외에 장미에 피해가 심한 해충으로는, 굴가루각지벌레로 전북 익산지역과 충북 진천등에서 발생되었다.

나. 장미 주요 해충별 밀도변동

담배가루이의 높은 밀도수준은 7월부터 10월초로 나타났고, 밀도가 높은 농가에서 겨울철 난방을 하지 않고 휴면을 실시하여 근본적으로 해결하고자 노력하는 농가도 있었다. 특히 담배가루이는 농가에 따라 큰 수준차를 보여 사전 초기 방제가 매우 중요하였다. 점박이용애는 대부분의 농가에서 가장 경계하는 해충으로 주기적 방제와 더불어 약간의 밀도 수준이 보이면 방제에 들어가기 때문에, 2000년까지 본 조사 포장에서는 큰 밀도수준을 보이지는 않았다. 그러나 2001년부터 점박이용애 밀도가 높아져 잎당 50마리 정도의 밀도를 보였고, 2002년도에는 잎당 200마리 정도까지 높은 밀도를 보였다. 꽃노랑총채벌레는 양액재배 농가에서는 낮은 발생을 보여, 장미에 피해를 주지 않았으나, 토경재배 포장에서는 송이당 25마리 정도의 높은 밀도를 보였다.

다. 해충별 번식 능력 조사

1) 담배가루이

알에서 성충까지의 발육기간은 25℃에서 21.3일 이었고, 발육영점온도는 11.1℃이었으며, 유효적산온도는 317.3일도였다. 성충수명은 25℃에서 15.6일이었고, 암컷한마리당 평균 총 산란수는 103.3개이었다. 1세대당 순증식율 25℃에서 97.33로 가장 높았고, 내적자연증가율은 30℃에서 0.196으로

가장 높았다. 암컷 한마리당 평균 산란수는 토마토와 가지에서 많았다.

2) 점박이응애

감수성계통과 농가포장 야외계통간의 성충수명은 각 온도별로 차이가 없었으나 산란수는 감수성계통이 야외계통보다 많았다. 특히 고온(30℃)에서는 현저한 차이를 나타내었다.

라. 장미재배농가의 농약사용실태 조사

장미재배농가의 농약사용실태 조사 결과, 살충제와 살균제를 혼용하는 농가는 23%이고, 살충제나 살균제를 단제로 사용하는 농가는 77%로 대부분 농가가 단제로 사용하고 있다. 살충제 사용횟수는 11~20회가 38%로 가장 많고, 40회 이상 살포한다고 응답한 농가도 8%를 차지했다.

2. 우수 살충제의 선발

가. 담배가루이

온실조건하에서는 담배가루이의 효과적인 방제를 위해서는 알, 약충, 성충 중 적어도 2가지 충태에 대해서 효과가 있어야 경제적인 방제가 가능하며, 이러한 조건을 갖추고 있는 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox는 담배가루이 방제에 효율적으로 이용될 수 있다. 또한 이 약제들은 침투이행성과 잔효성이 높은 것으로 조사되었다.

나. 점박이응애

점박이응애 성충에 대하여 abamectin, milbemectin, emamectin-benzoate, bifenazate, acequinocyl의 5약제에서는 감수성계통과 야외계통(A농가) 모두 100%의 살충율을 보여 우수약제로 선발되었다.

다. 꽃노랑총채벌레

꽃노랑총채벌레 성충에 대해 80%이상의 살충율을 보인 약제는 유기인계의 chlorpyrifos-methyl, phenthoate, fenthion, 향생제의 emamectin-benzoate, 혼합제의 chlorpyrifos + diflubenzuron, furathiocarb + diflubenzuron, 그리고 그 외의 fipronil, spinosad, chlorfenapyr이었다.

3. 약제 저항성 모니터링

가. 담배가루이

감수성 계통에서 담배가루이 성충의 LC₅₀값은 acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam이 각각 1.6, 1.0, 0.6 ppm 이었고, 약충에서는 각각 6.2, 6.1, 5.8 ppm 이었다. 성충은 각 농가별 약제에 대한 차이가 없었고, 약충의 LC₅₀ 값은 acetamiprid와 imidacloprid는 2배 정도의 낮은 저항성을 보였으나, thiamethoxam은 한 농가에서 저항성비가 7.1배로 높게 나타났다. 장미시설 하우스에서 담배가루이 적용약제가 대부분 neonicotinoid 계통으로 약제 저항성 발달이 빠를 것으로 생각되며, 다른 계통의 약제 선발이 요구된다.

나. 점박이응애

abamectin은 칠곡계통이 감수성계통에 비해 19.5배로 가장 높은 저항성을 보였지만 지역에 관계없이 모두 20배이하의 저항성비를 나타내었고, emamectin-benzoate의 경우 김해지역의 점박이응애에서만 79.7배의 높은 저항성비를 나타내었으나 이외의 지역에서는 저항성비가 10이하로 비교적 낮은 저항성을 나타내었다. Milbemectin과 bifenazate의 경우는 전지역의 점박이응애와 실내 감수성계통에 큰 차이가 없었다. Acequinocyl은 다른 지역에 비해 김해지역이 높은 저항성을 보였으며, etoxazole은 부여지역에서만 저항성이 두드러지게 발달되었다.

다. 꽃노랑총채벌레

고양집단에 대해서는 emamectin-benzoate, fipronil, spinosad, chlorpyrifos + diflubenzuron가 낮은 LC₅₀(ppm)값을 나타내었고, 김해집단에 대해서는 emamectin-benzoate, fipronil, spinosad가 낮은 LC₅₀(ppm)값을 보였으며, 임실집단에 대해서는 모든 약제가 대부분 낮은 LC₅₀(ppm)값을 보였다. 진천집단에 대해서는 chlorfenapyr, emamectin-benzoate, fipronil, spinosad, chlorpyrifos + diflubenzuron이 낮게 나타났고, 칠량집단에 대해서는 LC₅₀(ppm)값이 phenthoate를 제외하고 모두 낮게 나타났다. 모든 지역에 대해 LC₅₀(ppm)값이 낮게 나타난 약제는 emamectin-benzoate, fipronil, spinosad였다. 또한 김해집단의 꽃노랑총채벌레는 시험한 9종의 약제 중 많은 약제에 대해 다른 집단의 LC₅₀(ppm)값과 비교하여 다소 높게 나타났다. 특히 chlorfenapyr, phenthoate는 다른 지역과 비교하여 높은 LC₅₀(ppm)값 (1000ppm>)을 나타냈다.

라. 효소활성을 이용한 저항성 모니터링

1) 점박이응애

Fenpropathrin 저항성 점박이응애의 저항성 기작을 구명하고자 본 시험을 수행한 결과 점박이응애는 무독화효소의 활성을 증가시킴으로써 저항성을 나타낸 것으로 여겨지며, 특히 에너지대사에 관여하는 미토콘드리아 ATPase와 산화효소인 mixed function oxidase 및 신경전달 과정에 중요한 역할을 하는 acetylcholinesterase의 활성을 복합적으로 증가시킴으로써 저항성을 획득한 것으로 생각된다.

2) 꽃노랑총채벌레

Acetylcholinesterase (AChE) 활성은 김해집단이 진천집단에 비하여 1.14배 높은 활성을 나타내었다. General esterase 활성은 김해집단이 0.473 진천집단이 0.343으로 김해집단이 진천집단에 비하여 1.38배 높게 나타났다.

4. 천적에 대한 저독성 살충제 선발 및 천적을 이용한 장미 주요해충의 방제체계

가. 온실가루이좀벌의 발육기간 및 선택독성

25℃에서는 담배가루이가 21.3일인 반면, 온실가루이좀벌은 15.0일로 두충간의 차이는 6.2일이었고, 30℃에서는 담배가루이가 17.0일인 반면, 온실가루이좀벌은 12.8일로 두충간의 차이는 4.2일이었다. 온도가 높아질수록 두충간의 발육기간 차이는 짧아졌다. 온실가루이좀벌의 알에 대한 효과는 피리프록시펜 유제에서 20%정도의 부화율로 가장 좋았으나 천적에 안전한 약제로 보기에는 어려웠다. 온실가루이좀벌 성충에 대한 약효검정에서는 모든 약제에서 100%의 사충율을 보여 선택독성이 없었다.

나. 장미에 등록된 농약중 칠레이리응애에 대한 독성

살비제에 대한 칠레이리응애의 독성은 대부분이 매우 높았으나 bifenazate, acequinocyl, fenbutatin oxide, spirodiclofen은 독성이 매우 낮았고, 살충제에 대한 칠레이리응애의 약제감수성 결과, imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam에 대한 성충의 살충율은 각각 0, 20.6, 2.2, 0%로 독성이 매우 낮았다. 장미시설하우스에서 흰가루병과 노균병의 발병은 매우 심하며, 이때의 약제로 azoxystrobin, kresoxim-methyl, triflumizole, nuarimol, thiophanate-methyl + triflumizole, oxadixyl + mancozeb,

triadimefon의 선택은 칠레이리응애에 대해 독성이 매우 적기 때문에 흰가루병과 노균병의 방제시에도 칠레이리응애에 의한 점박이응애의 방제가 가능할 것으로 생각된다.

장미시설하우스에서 병·해충 발생시 대부분의 농가에서 농약보조제를 첨가하여 살포한다. 천적에 독성이 낮은 약제에 독성이 높은 농약보조제가 첨가되어 약제가 살포되면 천적에 안전한 약제가 아니라 천적에 독성이 높은 약제를 살포하는 것이나 다름없다. 즉 실록세인과 카바는 칠레이리응애 약충에 대하여 독성이 매우 높기 때문에 천적인 칠레이리응애로 점박이응애를 방제할 때, 칠레이리응애에 독성이 낮은 살비제, 살충제, 살균제라도 독성이 높은 농약보조제인 이들이 농약에 첨가되면 칠레이리응애에 독성이 매우 높아져 방제효율을 떨어뜨릴 가능성이 높다. 또한 농약과 농약보조제의 혼합으로 칠레이리응애에 대한 독성이 높아질 가능성도 있다.

다. 칠레이리응애에 의한 점박이응애의 방제

농가포장시험은 점박이응애의 밀도(65.3마리/잎)가 높은 상태에서 칠레이리응애를 주당 20~25마리를 접종하한 후, 7일 후 조사에서는 점박이응애의 밀도가 증가하는 경향을 보였으나 칠레이리응애의 밀도(4.3마리/잎)도 높은 경향을 보였으며, 칠레이리응애의 알이 많이 관찰되었고, 점박이응애 성충의 밀도가 크게 감소하였으며, 칠레이리응애 접종 10일 후에는 칠레이리응애가 잎당 13.6마리의 매우 높은 밀도를 보였으며, 상대적으로 점박이응애의 밀도는 급격히 감소하였다.

라. 무당벌레에 대한 살충제의 선택독성

Pirimicarb는 진딧물 포식성 천적인 무당벌레의 발육단계, 생식력, 수명 및 차세대의 부화율에 영향을 미치지 않아, 진딧물 종합적 방제에 이 약제의 이용이 가능하리라 판단된다.

5. 장미 주요해충에 대한 종합적 방제체계

가. 담배가루이 방제체계

담배가루이는 충북 진천군 장미재배단지에서는 월동을 못하기 때문에 장미 휴면시기에 근본적으로 방제가 가능하다. 그러나 모든 농가에서 휴면하지 않고 있기 때문에 완전한 박멸은 어려우며, 5월경부터 밀도가 높아지기

시작한다. 이때에 집중적인 방제에 들어가면 효율적이다. 그러나 이 시기는 2~3종의 병해충이 동시에 발생하는 경우가 많다. 이때의 약제로는, 점박이응애와 담배가루이가 동시에 발생되었을 경우 아바멕틴유제, 밀베노크유제, 테디온+피리포유제를 선택하고, 꽃노랑총채벌레와 담배가루이가 동시에 발생되었을 때 방제약제는 스피노사이드액상수화제를 선택한다. 각지벌레와 담배가루이가 동시에 발생되면 부프로페진.아미트라즈(히어로)유제를 살포하고, 찔레수염진딧물과 담배가루이가 동시에 발생되었을 때 방제약제는 이미다클로프리드, 아세타미프리드, 치아멕톡삼, 알파스린유제, 펜프로유제, 테디온+피리포유제를 선택하다. 또한 성충의 밀도를 조사하여 방제횟수를 결정하면, 1마리 이하의 성충밀도에서는 적용약제로 7일간격 2회 방제, 잎당 3마리 이하는 3회 방제 그리고 잎당 5마리 이상은 7일간격 5회 방제를 하여야 담배가루이를 효율적으로 방제할 수 있다. 담배가루이 우수약제인 pyriproxyfen은 담배가루이의 알과 약충에 대하여 thiamethoxam은 약충과 성충에 대하여 높은 살충활성을 나타내며 또한, 담배가루이의 성충수명 및 산란수를 감소시킴으로 이들 약제의 작용특성을 조화롭게 이용한다면 담배가루이를 보다 효율적으로 방제할 수 있을 것으로 생각된다.

나. 점박이응애의 방제체계

장미 시설하우스에서 점박이응애는 연중 발생되므로 점박이응애 예찰을 통하여 방제시기를 결정하여야 한다. 점박이응애 주 방제시기는 주기적 관찰로 밀도가 낮은 시기이다. 즉 점박이응애 초기에 방제하는 것이 효율적이나 이는 현실적으로 장미 재배 모든 농가에 적용 할 수 없기 때문에 점박이응애 밀도를 조사한 후 밀도에 따라 방제횟수를 달리하면 1회 방제는 잎당 10마리 이하, 2회 방제는 잎당 50마리 이하, 3회 방제는 50마리 이상일 경우 처리하면, 점박이응애 밀도를 발생초기 수준 이하로 떨어뜨리는 결과가 되어 점박이응애 관리에 효율을 기할 수 있다. 그러나 점박이응애는 약제에 대한 저항성이 쉽게 유발되고, 양액재배에서는 장미가 연중 재배되므로 점박이응애의 약제저항성이 매우 높다. 이때에 약제방제만으로는 완벽한 방제가 되지 못하고 약제저항성만 높일 가능성이 있기 때문에 천적을 활용한 생물적 방제가 필수적이다. 점박이응애 밀도가 높을 경우, 아바멕틴, 밀베멕틴등의 살비제로 밀도를 낮춘 후 천적인 칠레이리응애를 방사하고, 선택독성이 높은 아크라마이트를 살포하면 점박이응애를 완벽히 방제할 수 있었다.

다. 꽃노랑총채벌레의 방제체계

꽃노랑총채벌레 유·성충의 밀도가 꽃당 5마리 이하면 적용약제 1회 방제, 6마리 이상 15마리 이하면 2회 방제, 16마리 이상이면 3회 방제하여야 방제가 가능하며, 이때 방제약제로는 적용약제인 아바멕틴, 스피노사드, 에마멕틴벤조에이트를 7일간격 연속 방제를 실시하여야 한다. 꽃노랑총채벌레는 낮은 밀도에서의 조기 예찰이 다른 어떤 해충보다도 중요하다. 낮은 밀도는 1회 처리로 쉽게 방제가 가능하나, 밀도가 높아지면 방제효율이 크게 떨어진다. 양액재배 농가에서 꽃노랑총채벌레는 발견되지 않았다. 토경재배는 겨울철 휴면기간이 시작되는 시기와 가온을 시작하는 시기에 꽃노랑총채벌레의 전용약제로 2회정도 방제하고, 5월 초순경에 1회 방제가 들어가면 꽃노랑총채벌레 피해를 최소화 할 수 있다.

SUMMARY

I. Title

Development of Control Method on the Major Insect Pest of Rose Greenhouses

II. Contents and the scope of the research

1. Insect pest occurrence and density fluctuation of rose greenhouse
 - 1) Distribution of rose insect pest
 - 2) Occurrence and density fluctuation of rose insect pest in greenhouse
 - 3) Reproductivity of insect pest
 - 4) Current state of pesticide application

2. Selection of pesticides for controlling rose insect pest
 - 1) Sweetpotato whitefly
 - 2) Twospotted spider mite
 - 3) Western flower thrips

3. Monitoring of pesticide resistance
 - 1) Sweetpotato whitefly
 - 2) Twospotted spider mite
 - 3) Western flower thrips
 - 4) Monitoring of pesticide resistance using an enzyme activity

4. Selection of low toxicity for natural enemy and integrated control system using a natural enemy
 - 1) Developmental period and elective toxicity of *Encarsia formosa*
 - 2) Selective toxicity of *Phytoseiulus persimilis* against registered pesticides in rose
 - 3) Control of twospotted spider mite using a *P. persimilis*
 - 4) Selective toxicity of insecticide for *Harmonia axyridis*

5. Integrated control system for rose insect pest in greenhouse
 - 1) Control system of sweetpotato whitefly
 - 2) Control system of twospotted spider mite
 - 3) Control system of Western flower thrips

III. Results and their applications

1. Insect pest occurrence and density fluctuation of rose greenhouse

- 1) Distribution of rose insect pest

As the rose insect pest, twenty-five species were investigated from Jeju, Chilgok, Gimhae, Jincheon, Imsil, Chillyang in Korea. Sweetpotato whitefly, Western flower thrips and twospotted spider mite caused severe damage to rose in greenhouse in Chungbuk Jincheon.

- 2) Biotic potential

- (1) Twospotted spider mite

Biological fitnesses of three strains of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, were investigated under different temperature regimes using life table analysis. Acaricide susceptible (S) and strains has been maintained in laboratory. Field dicofol resistant strain (R_F) was collected from rose greenhouse of jincheon area. In developmental period from egg to deutonymph, S strain was longer than R_F strains at 25°C. However, the opposite was true at 20 and 30°C. Longevities of adult females showed no difference between strains at 25°C. The average fecundity per female of S strain was less than R_F strains at 25°C, but it was greater at 20 and 30°C. The intrinsic rate of natural increase(r_m) of S strain was lower than R_F strain at 25°C, but higher than at 20 and 30°C. These results indicate the acaricide resistant strain (R_F) have poor fitness than the susceptible strain, especially at low (20°C) and high (30°C) temperatures.

(2) Sweetpotato whitefly

Development and reproduction of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, (B biotype) were investigated under different temperatures and host plants. Durations of the development from egg to pre-adult of the whiteflies were measured under four temperature ranges and it was 86.2 days at 15°C and 17.0 days at 30°C (5 times shorter growth period compared with that at 15°C). Developmental zero point and total effective temperature for the development of egg and nymph, and for the complete development (egg to emergence) were 10.1, 11.6, 11.1°C and 110.3, 204.7, 317.3 degree days, respectively. The hatching and emergence rates were higher 87.0% at 25°C and 76.7% at 20°C compared with other temperature. The adult longevity was 23.6 days at 20°C and 14.0 days at 30°C, respectively. The highest average fecundity per female was 103.3 at 25°C. But there were not significantly different among the temperatures. The highest intrinsic rate of natural increase (r_m) and the highest net reproduction rate (R_o) were 0.196 at 30°C and 97.33 at 25°C, respectively. Durations of the development from egg to pre-adult of the whiteflies were 21.2 on tomato, 28.1 on red pepper, 22.2 on eggplant and 25.5 days on poinsettia. The hatching and emergence rates were highest 90.3% on red paper and 89.6% on eggplant, respectively. The longest longevities of the adult female were 26.5 days on eggplant, and the average fecundity per female was greater at tomato and eggplant than other host plant. The intrinsic rate of natural increase (r_m) was the highest at tomato as 0.165 and the net reproduction rate (R_o) was the highest at eggplant as 106.1. As a result, the optimum range of temperature for the growth of *B. tabaci* was between 25°C and 30°C, and the optimum host plants were tomato and eggplant.

(3) Current state of pesticide application

Current status of pesticide applications in rose greenhouse was investigated. 11-20 times of insecticide application a year was highest among farms with 38%. Over 40 times of insecticide applications a year was 8%.

2. Selection of pesticides for controlling rose insect pest

1) Sweetpotato whitefly

These studies were carried out to investigate the toxicities of 43 registered insecticides to the sweetpotato whitefly (*Bemisia tabaci*, B biotype). Insecticide activities were evaluated by testing systemic action and residual effect in the laboratory, and control efficacy in the greenhouse. All experiments were tested at the recommended concentration (ppm) of each insecticides. Insect growth regulators (IGRs), pyriproxyfen and teflubenzuron showed >95% ovicidal effect. The insecticides that showed >95% larvicidal activity on 3rd nymphal instars were abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, and acetamiprid + ethofenprox. Insecticides with >95% adulticidal activity were abamectin, acetamiprid, diazinon, endosulfan, fenitrothion, imidacloprid, methidathion, pirimiphos-methyl, pymetrozine, spinosad, acetamiprid + ethofenprox, cartap hydrochloride + buprofezin, and fenpropathrin + fenitrothion. Abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, and acetamiprid + ethofenprox showed both residual effect and systemic activity. In the control efficacy test on *B. tabaci*, 90% control values were obtained at 1st day after treatment of the insecticides including abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen and acetamiprid + ethofenprox but in pyriproxyfen, 90% control value was reached at 7th day after treatment. These results indicate that abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen and acetamiprid + ethofenprox can be used in control for *B. tabaci* in field.

2) Western flower thrips

These studies were carried out to investigate the status of the insecticidal susceptibility and search useful insecticides on Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Insecticides shown the susceptibility over 80% about 41 insecticides by using the petal-dipping method were chlorfenapyr, chlorpyrifos-methyl, emamectin-benzoate, fenthion, fipronil, phenthoate, spinosad, chlorpyrifos+diflubenzuron, furathiocarb+diflubenzuron.

3) Twospotted spider mite

These studies were carried out to investigate the toxicities of 17 registered acaricide to the Twospotted spider mite. The acaricides that showed 100% adult activity were abamectin, milbemectin, emamectin benzoate, bifenazate, acequinocyl.

3. Monitoring of pesticide resistance

1) Twospotted spider mite

Laboratory studies were conducted to determine the effects of six acaricides on the eight field populations of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, collected from rose greenhouse. There were considerable differences in susceptibility depending on the acaricide treated and the region from which the population was collected. The resistance ratio of eggs was lower than those of female adults. The population showing resistance ratio of more than 10 with respect to certain acaricide was regarded as a resistant population to the acaricide. The resistant population in terms of female adult were as follows: Buyo and Chilgok populations to abamectin; Buyo and Gimhae populations to acequinocyl; Buyo and Jeju populations to bifenazate; Gimhae population to emamectin benzoate. All populations to milbemectin showed very low resistance (RR <10). The resistant populations in terms of eggs were: five populations except for Koyang and Gumi populations to abamectin; all populations to acequinocyl and etoxazole; the other seven populations except for Buyo population to bifenazate; the other seven populations except for Gimhae population to emamectin benzoate; Jeju, Chilgok and Gimhae populations to milbemectin. However, Jincheon and Buyo populations were more susceptible to milbemectin and bifenazate than susceptible strain, respectively. The eggs and adults of all field populations showed low resistance to milbemectin among acaricides tested.

2) Western flower thrips

These studies were carried out to investigate the status of the insecticidal susceptibility and search useful insecticides on Western flower thrips(WFT), *Frankliniella occidentalis*. Comparison of LC₅₀(ppm) values on WFT adult showed the difference among each local populations collected from Goyang Kyonggy, Gimhae, Gyeongnam, Imsil Jeolbuk, Chungbuk Jincheon, Jeollam Chillyang. However, emamectin-benzoate, fipronil, spinosad were shown low LC₅₀(ppm) values on all the local populations.

3) Monitoring of pesticide resistance using an enzyme activity

(1) Two-spotted spider mite

Resistance mechanisms in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, resistance to fenpropathrin were investigated. The resistance ratios of the eggs and adults of R strain were >2,732 and >10,416 to fenpropathrin respectively, compared to S strain. The fenpropathrin-selected strain was cross-resistant to bifenthrin, but showed the negative cross-resistance to bifenazate. Fenpropathrin resistance in *T. urticae* was dramatically decreased to about 11.4-fold when mites were pretreated with cytochrome P450 inhibitor piperonyl butoxide (PBO), but did not show the synergy effect with the carboxylesterase inhibitor triphenyl phosphate (TPP). The esterase activity of *T. urticae* with β -naphthyl acetate as a substrate was higher than α -naphthyl acetate. Enzyme activities of acetylcholinesterase, mitochondrial ATPase, esterase (β -NA hydrolysis) and glutathione S-transferase of R strain showed the difference with S strain as 1.4, 1.7, 1.3, 1.4-fold respectively. However, fenpropathrin resistance of mites showed no consistent relationship with esterase and glutathione S-transferase (DCNB conjugation) in inhibition study. However, The acetylcholinesterase, P450 monooxygenase and mtATPase activity of R strain was more insensitive to fenpropathrin than R strain 1.9, 3.7 and 2.7-fold respectively.

(2) Western flower thrips

The effects of enzyme activities of acetylcholinesterase and esterase were evaluated to insecticide resistance level of local population.. Enzyme activities of acetylcholinesterase and esterase of jincheon population showed the difference with cheongju population as 1.14, 1.38-fold respectively.

4. Selection of low toxicity for natural enemy and integrated control system using a natural enemy

1) Developmental period and elective toxicity of *Encarsia formosa*

Selection of low toxic pesticides to parasitic wasp, *Encarsia formosa* adult, and dipping method for egg were investigated. Vial coating for evaluating direct contact toxicity to *E. formosa* adult was used. All of tested insecticides to *E. formosa* were harm to them. Among 8 insecticide frequency used in the greenhouse in korea, pyriproxyfen were low toxic (mortality was 20%) to *E. formosa* egg.

2) Selective toxicity of *Phytoseiulus persimilis* against registered pesticides in rose

41 pesticides (13 acaricides, 13 insecticides, 12 fungicides and 3 spreader) were selected as low toxic to *Phytoseiulus persimilis* adult females. 4 acaricides (bifenazate, acequinocyl, etoxazole, spiroadiclofen), 3 insecticides (imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam), 8 fungicides (azoxystrobin, kresoxim-methyl, triflumizole, nuarimol, thiophanate-methyl+triflumizole, oxadixyl+mancozeb, triadimefon) were low toxic to *Phytoseiulus persimilis* adult females. It may be suggested from these results that these low toxic pesticides described could be incorporated into the integrated twospotted spider mite management system with *P. persimilis* on roses.

3) Selective toxicity of insecticide for *Harmonia axyridis*

This experiment was conducted to select the selective aphicides to *Myzus persicae* adults and its predator, *Harmonia axyridis* adults. The

effects of the selective aphicides on the longevity, fecundity and hatchability of predator were examined. All experiments were tested at the recommended concentration of aphicides. Mortalities of adult *H. axyridis* to pirimicarb (162.5 ppm), fenvalerate (50 ppm) and endosulfan (577.5ppm) were shown 0, 20 and 22.5%, respectively. Endosulfan and fenvalerate showed the mortality above 48% to eggs and larvae *H. axyridis*, but pirimicarb was not toxic to those stages. Pirimicarb did not affect to the longevity, fecundity and hatchability of *H. axyridis*, but endosulfan and fenvalerate severely affected to them. From these results, pirimicarb can be used in biological controls for *M. persicae*.

5. Integrated control system for rose insect pest in greenhouse

1) Management Strategy of *Bemisia tabaci*

Sweetpotato whitefly can control fundamentally in a period of rose dormancy, because they can't passing the winter at Jincheon rose cultivation area in Chungbuk province. However, all of farm don't allow rose dormancy. For that reason, eradication of sweetpotato whitefly is really difficult. On late May is effective period if you pay attention to control, because at that time, population growing up. But usually in this period, 2~3 different kind of pests are occur in a same time. In that situation, recommend some insecticides in different cases. First instance, two-spotted spider mites and sweetpotato whiteflies are develop together, abamectin EC or milbermectin EC or tetradifon · pirimiphos-methyl EC. Second instance, western flower thrips and sweetpotato white flies are develop together, spinosad SC, Third instance, scale insects and sweetpotato whiteflies are occur, buprofezin · amitraz(Hero). Last instance, *Macrosiphum ibarae* and sweetpotato whiteflies are develop together, imidacloprid EC, tetradifon · primifos-thiamethoxam EC, α -cypermethrin EC, fenpropathrin EC, tetradifon · primifos-methyl EC are effective insecticides to control of them. In addition, if you determine control frequency according to the adult population of sweetpotato white fly, under a adult per leaf, in that case you'd better spread recommended insecticide on two times of 7

days term. Under three adults per leaf, three times, and over five adults per leaf, five times of 7 days term. One of the most effective insecticide, pyriproxyfen is efficacious against egg and nymph. Another one, thiamethoxam has insecticidal activity on nymph and adult. Moreover it can reduce adult life and number of oviposition. As a result, we can control the sweetpotato whitefly more effectively with using insecticidal characters of both of them.

2) Management Strategy of *Tetranychus urticae*

Twospotted spider mite develop throughout the year so, you have to determine control frequency through early diagnosis. As a result, you can determine effective control point when low population. This strategy efficient to control mite but, application is almost impossible on all rose cultivation farm. If you determine control frequency, after investigated of two-spotted spider mite, you can achieve the effective management, if you spread recommended insecticides serially like this, first control at under 10 mites per leaf, second control at under 50 mites per leaf, third control at over 50 mites per leaf, than as a result population will be reduce. On the other hand, two-spotted spider mite can develop the insecticide resistance so easily. Besides, insecticide resistance level is so high at the rose growing aqua form. Because rose cultivated all though the year at hydroponic farm. In this situation, only using the chemical control can't be a perfect control, moreover it can develop the insecticide resistance. So, biological control is essential to use predator. When high population of the twospotted spider mite, first of all, spread acaricide to reduce the population such as abamectin, milbermectin after than, pasture the *Phytoseiulus perismilis* as a predator, and if you spread the bifenazate that has high selectivity toxicity, you can control the twospotted spider mite perfectly. After these treatment, twospotted spider mite didn't observed over one month.

3) Management Strategy of *Frankliniella occidentalis*

When you decided control frequency according to the larva and adult population, under 5 thrips per leaf, just one time, over 6 thrips per leaf,

two times, over 16 thrips, three times. In that situation, you have to control continuously on 7 days term by recommended insecticides such as abamectin, spirosad, emamectin-benzoate. western flower thrips is one of the most important pest on early diagnosis at low population or low population, it so easy to control just one time. But on high population, control efficiency will be down. Western flower thrips can't find in a hydroponic farm. On land cultivation, controled two times by recommended insecticides. On land cultivation if you controled two times at the starting point of winter dormancy and the beginning point of heating and than, control just one time at early may by recommended insecticides, you'll minimized from western flower thrips damage.

CONTENTS

Chapter 1. General introduction	26
Section 1. The objectives and importances of research	26
Chapter 2. Current developmental status	29
Chapter 3. Research contents and scope	30
Section 1. Insect pest occurrence and density fluctuation of rose greenhouse	30
1. Distribution of rose insect pest	30
2. Occurrence and density fluctuation of rose insect pest in greenhouse	33
3. Reproductivity of insect pest	42
4. Current state of pesticide application	58
Section 2. Selection of pesticides for controlling rose insect pest	62
1. Sweetpotato whitefly	62
2. Twospotted spider mite	72
3. Western flower thrips	76
Section 3. Monitoring of pesticide resistance	81
1. Sweetpotato whitefly	81
2. Twospotted spider mite	85
3. Western flower thrips	90

4. Monitoring of pesticide resistance using a enzyme activity	93
가. Twospotted spider mite	93
나. Western flower thrips	100
Section 4. Selection of low toxicity for natural enemy and integrated control system using a natural enemy	104
1. Developmental period and selective toxicity of <i>Encarsia</i> <i>formosa</i>	104
2. Selective toxicity of <i>Phytoseiulus persimilis</i> against registered pesticides in rose	110
3. Control of twospotted spider mite using a <i>Phytoseiulus</i> <i>persimilis</i>	121
4. Selective toxicity of insecticide for <i>Harmonia axyridis</i>	126
Section 5. Integrated control system for rose insect pest in greenhouse	133
1. Control system of sweetpotato whitefly	133
2. Control system of twospotted spider mite	146
3. Control system of Western flower thrips	150
Chapter 4. Achivement of the result of the research	155
Chapter 5. Application of the result of the research	159
Chapter 6. Reference	160

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	26
제 1 절	연구개발의 필요성	26
제 2 장	국내·외 관련기술의 현황과 문제	29
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	30
제 1 절	장미 해충의 발생생태 및 밀도변동	30
1.	장미 해충의 분포조사	30
2.	장미 주요 해충별 밀도변동	33
가.	담배가루이	34
나.	점박이용애	38
다.	꽃노랑총채벌레	40
3.	해충의 번식능력조사	42
가.	담배가루이	42
나.	점박이용애	54
4.	장미재배농가 농약사용실태조사	58
제 2 절	우수 살충제의 선발	62
1.	담배가루이	62
2.	점박이용애	72
3.	꽃노랑총채벌레	76
제 3 절	약제 저항성 모니터링	81
1.	담배가루이	81
2.	점박이용애	85

3. 꽃노랑총채벌레	90
4. 효소활성을 이용한 저항성 모니터링	93
가. 점박이용애	93
나. 꽃노랑총채벌레	100

제 4 절 천적에 대한 저독성 살충제 선발 및

천적을 이용한 장미 주요해충 방제체계

1. 온실가루이좀벌의 발육기간 및 선택독성	104
2. 장미에 등록된 농약중 칠레이리온애에 대한 독성	110
가. 살비제에 대한 약제감수성	113
나. 살충제에 대한 약제감수성	114
다. 살균제에 대한 약제감수성	116
라. 농약보조제에 대한 약제감수성	117
마. Bifenazate와 acequinocyl의 점박이용애와 칠레이리온애의 약제감수성 비교	119
3. 칠레이리온애에 의한 점박이용애의 방제	121
가. 천적에 안전한 살충제·살균제 처리시 점박이용애와 칠레이리온애의 밀도변화	122
나. 농약보조제 혼용처리시 점박이용애와 칠레이리온애의 밀도변화	123
다. 선택독성 약제 살포시 칠레이리온애와 점박이용애 밀도변화	125
4. 무당벌레에 대한 살충제의 선택독성	126
가. 진딧물과 무당벌레 성충에 대한 살충제의 선택독성	128
나. 선택성 살충제가 무당벌레의 생물학적 특성에 미치는 영향	130

제 5 절 장미 주요해충에 대한 종합적 방제체계

1. 담배가루이의 방제체계	133
가. Pyriproxyfen과 thiamethoxam의 효과	134
나. 담배가루이와 장미의 주요해충 동시 발생시 약제선택	141
다. 밀도에 따른 방제횟수	143
2. 점박이용애의 방제체계	146
가. 밀도에 따른 방제횟수	146
나. 농가별 점박이용애 밀도에 따른 방제체계	148
다. 칠레이리온애를 이용한 점박이용애의 방제체계	148

3. 꽃노랑총채벌레의 방제체계	150
가. 밀도에 따른 방제횟수	151
나. 양액재배에서의 방제체계	152
다. 토경재배(휴면)에서의 방제체계	153

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	155
-------------------------------	-----

제 5 장 연구개발결과의 활용계획	159
--------------------------	-----

제 6 장 참고문헌	160
------------------	-----

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

장미는 농가 고소득 작물인 동시에 수출유망 화훼류이다. 양질의 장미 꽃 생산에 제일 큰 제한 요인의 하나는 해충에 의한 피해이다. 특히 몇 가지 해충은 다수확과 질 좋은 꽃 생산에 제한 요인이다. 이들 해충 방제를 위해 농가의 무계획적인 약제 살포는 환경오염과 약효 저하의 원인이 되므로 과학적인 방제체계확립 및 농약 살포횟수 경감법 개발에 의한 주요 해충의 방제력 작성이 시급한 실정이다. 그러므로 주요 해충인 담배가루이, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애 등 조기 발생 예찰법 확립 및 우수 방제약제 선발과 방제효율을 높이는 것이 과다한 농약 사용에 따른 환경보호라는 측면에서 가장 중요하게 선결되어야 할 과제이다.

장미재배시 양질의 꽃 생산을 제한하는 여러 요인 중 해충에 의한 피해로는 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*)의 피해가 가장 크며, 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 최근 발생이 증가하고 있는 해충이다.

가. 담배가루이

국내에서는 1998년 충북진천군 장미재배지에서 처음으로 발생이 확인되었고 B biotype으로 보고되었다. 기주범위가 넓어 약 74과의 420종을 가해한다. 약충과 성충은 잎을 흡즙하여 생산량을 감소시킨다. 보다 중요한 피해는 감로분비로 인한 그을음병 피해이다. 담배가루이는 최근에 침입한 해충으로 외국에서는 중요한 해충으로 많은 연구가 이루어 졌으나, 국내에서는 생태 및 방제에 관한 연구가 거의 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

나. 점박이응애

장미에서 가장 중요한 해충으로서 성충은 0.3-0.4mm의 소형이며, 25℃에서 알에서 성충까지 10일정도 소요되므로 연간발생 세대수가 20세대 이상이다. 따라서 농약에 의한 저항성 발달속도가 빠르기 때문에 방제에 어려움을 겪고 있다. 피해증상은 잎을 가해하여 잎 표면에 하얀 점이 생기며

심하면 변색하고 말라죽는다. 또 꽃봉오리를 가해하여 품질저하의 직접적인 원인이 되고 있다.

따라서 이들 시설해충에 의한 피해를 최소화하기 위한 전략으로 발생생태 및 밀도변동을 통해 방제적기 구명에 따른 합리적인 방제가 중요할 것으로 생각된다. 또한 신속 정확한 이들 해충에 대하여 활성을 지닌 살충제의 선발, 스크리닝 방법 및 살포횟수 확립이 필요하다. 이러한 기술의 확립은 이들 해충방제를 위한 살충제 사용의 올바른 방법을 제시하는 기초 자료를 제공하는 동시에 살충제 저항성해충의 출현을 억제할 수 있는 전략 확립에 유용한 자료를 제공할 것이다.

다. 꽃노랑총채벌레

1993년 제주도와 김해 화훼단지에서 발견된 후 전국적으로 확산된 해충이다. 성충의 몸길이가 1.0-1.5mm의 미소곤충으로 주로 꽃잎사이에 서식함으로 방제가 어렵다. 시설채소류나 화훼류를 포함한 많은 기주범위를 가지고 있으며 특히 장미꽃봉오리를 가해하여 수량이나 품질면에서 피해를 주고 있다. 연중발생횟수가 많고 잎속이나 꽃잎속에서 저작구로 피해를 주어 특히 화훼류에서는 품질저하를 초래한다. 체계적으로 연구된 방제력이 없어 무계획적인 살충제의 살포에 의존하고 있을 뿐이다. 그러므로 정확한 발생예찰과 효과적인 살충제 선발, 약제 살포횟수 구명과 살포적기, 방제체계 개발등 과학적 연구의 미흡으로 약제의 남용에 의한 생산비 증가와 환경오염 문제를 야기 시키고 있는 실정이다.

2. 경제·산업적 측면

장미는 세계에서 가장 인기 있는 원예작물이다. 최근 소비 증가에 따라 재배면적이 증가하고 있다. 우리나라의 장미시장 규모는 연간 5억2000만본 생산으로 약 1,600억원대이며 매우 중요한 화훼류의 하나가 되었다. 적은 량이지만 최근 일본, 싱가포르 등에 수출하고 있다. 1994년에 우리나라의 절화 장미 소량은 1인당 5송이었으나, 2004년에 8송이로 늘어날 것으로 예상된다.

장미는 꽃이 우아하고 향기롭기 때문에 국민소득향상과 더불어 매년 그 소비가 증가하고 있으며 농가의 고소득 화훼로 부상되어 재배면적과 생산량이 매년 증가하고 있다. 재배면적의 확대에 따른 안정적 생산을 위한 필수적인 해충피해와 방제에 관한 연구는 병행되어 오지 못한 실정이다. 그

러므로 양질의 장미꽃 생산을 위한 주요 해충의 방제를 위하여 타 작목의 방제력에 의존하거나 모방하여 사용하고 있다. 그 결과 약제 살포의 비효율성, 약효저하, 불필요한 노동력 투입 등의 재산성 악화를 초래하여 재배자에게 이중의 경제적 손실을 초래시키고 있다. 약제살포의 효율성, 약효증진, 불필요한 노동력 투입 감소 등의 재산성 강화를 위한 주요 해충인 담배가루이, 꽃노랑총채벌레 및 점박이용애의 방제를 위해서는 각 해충의 조기 발생 예찰 및 생태적 연구, 효율적 방제를 위한 우수 살충제의 선발, 살포횟수 및 살포적기구멍을 위한 발생생태 및 밀도변동연구가 시급하다.

3. 사회·문화적 측면

장미꽃은 다른 화훼류에 비하여 우아하고 향기롭기 때문에 경제, 문화의 발달로 수요가 증대되면서 수익성이 높아 재배면적이 점차 확대되고 있다. 그러나 주요 해충의 방제를 위한 약제가 선발되지 못하였을 뿐만 아니라 보다 과학적이고 체계적인 방제력의 미흡으로 효율적인 방제가 되지 못하고 있는 실정이다.

장미 수요가 증대되면서 재배면적이 증가하여 우리나라에서는 가장 큰 화훼시장을 점하고 있다. 담배가루이, 꽃노랑총채벌레 및 점박이용애에 의한 피해가 심각하며, 적기 방제실패는 수확량에 직접적인 영향을 미치고, 이 경우 재배자는 안정적 수확을 위하여 무분별한 약제를 살포할 것으로 생각된다.

환경안전에 대한 소비자의 관심이 높아지면서 생산물의 농약 잔류에 민감한 반응을 보이고 있다. 안전한 꽃 생산을 위해 무분별한 약제의 살포는 심각한 문제인 동시에 환경오염 등의 문제점을 갖는다. 안전한 화훼류의 공급은 공급자와 수요자 사이의 신뢰성을 높여 소비를 촉진하여 결과적으로 농가 소득에 크게 기여할 것이다.

제 2 장 국내 · 외 관련기술의 현황과 문제

1. 국내외 기술현황

장미는 세계에서 가장 인기있는 원예식물로서 가정이나 건물의 정원에서 많이 가꾸고 있다. 또한 절화용 및 선물용으로도 수요가 많아서 비교적 산업화가 잘된 식물로 알려져 있다. 따라서 장미는 화훼농가들에게는 중요한 소득작목이다. 화훼 산업이 활발해지면서 외국으로부터 우리나라에 없는 해충 침입이 늘어나고 있으며, 이로 인한 각종 해충의 방제에 대한 구체적인 연구가 미흡하기 때문에, 양질의 꽃 생산에 어려움을 겪고 있다. 특히 담배가루이는 1998년에 침입이 확인되어 생태 및 방제에 관한 연구는 본 연구과제팀에 의해서 수행되었다.

꽃노랑총채벌레와 점박이응애도 다른 경제작물의 연구상황과 비교하면 생태 및 방제에 관한 연구가 미진하다. 장미 재배시 이들 해충의 발생이 재배의 제한 요인으로 중요하다는 사실에 비추어 방제체계의 확립이 미흡한 것으로 생각된다. 담배가루이는 1998년 충북진천군 장미재배지에서 처음으로 침입이 확인되었고, 420종의 기주를 가해하며 바이러스병을 매개한다. 본 연구과제팀은 기주선호성, 온도별 발육생태 및 40여종의 살충제에 대한 발육단계별 약제감수성을 조사 비교하고 우수약제에 대한 방제효과 결과의 일부를 학회에 발표하였다. 꽃노랑총채벌레는 1993년 화훼단지에서 발견된 후 전국적으로 확산된 해충이다. 사육과 취급이 어렵기 때문에 생태 및 방제에 관한 연구가 미진한 실정이다. 점박이응애는 장미에서 가장 문제되는 해충으로서 장미의 잎, 꽃봉오리에서 흡즙하여 생육을 저해한다. 농작물이나 과수를 가해하는 응애에 대해서는 많은 연구가 있으나, 장미를 가해하는 응애에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

2. 앞으로의 전망

수요증가와 고소득 보장이라는 잇점에서 앞으로 장미재배면적은 계속하여 확대될 것으로 생각되며 지금까지의 연구결과가 제시하듯 주요 해충의 방제는 쉽게 해결될 문제로 생각되지 않는다. 장미에 심각한 피해를 주는 이들 세가지 해충의 신속하고 정확한 발생예찰기술이 개발 확립될 경우, 조기에 해충 발생 능력을 평가하여 예방을 위한 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 장미 해충의 발생생태 및 밀도변동

1. 해충의 분포조사

장미의 해충으로는 찻잎수염진딧물 등 123종이 등록되어 있으나 장미의 주요해충인 점박이용애, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이 등은 아직 등재되어 있지 않을 정도로 문제점을 안고 있다('한국 식물병·해충·잡초명감, 1986). 특히 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 1998년 6월 충북 진천군 시설장미 단지과 경기도 고양시에서 처음 발견된 외래 해충으로, 기주범위가 넓어 약 74과 420여종 이상의 식물을 가해하는 해충으로 장미에서 큰 피해를 주고 있다. 현재 국내 장미재배지에 발생되어 피해를 주고 있는 해충의 종류와 시설장미에서 가장 문제시되는 해충의 발생현황을 조사하였다.

재료 및 방법

가. 장미 해충의 종류조사

충북 진천 장미단지를 중심으로 경기 고양, 전북 익산, 전남 강진, 경북 칠곡, 경남 김해, 제주 등의 시설장미 하우스에서 장미에 피해를 주는 해충을 대상으로 발생밀도를 조사하였다. 그리고 노지재배를 하는 장미 재배지에서도 조사하였다.

나. 장미 주요해충의 발생현황

충북 진천군 장미 재배단지 10농가에서 주요 해충을 대상으로 2002년 4월 초순에 조사하였다. 담배가루이와 온실가루이는 약충과 성충의 밀도를 조사하였고, 점박이용애는 장미의 하위 잎을 중심으로 잎당 마리수로 조사하였으며, 꽃노랑총채벌레는 송이당 마리수로 조사하였다.

결과 및 고찰

가. 장미해충 종류조사

표 1. 장미포장에서 해충 종류조사

해충명	조사시기	조사장소	발생태	발생부위	발생정도
차응애	'00.12.22~'01.3.25	진천 이월	약,성충	잎	3~ 21마리/1잎
	'00.12.7	제주 남제주	약,성충	잎	0~2마리/1잎
	'01.2.20~22	경남 김해	약,성충	잎	11~32마리/1잎
점박이응애	'00.7.18~'01.5.2	진천 이월	약,성충	잎	0~37.5마리/1잎
	'00.10.21	전남 강진	약,성충	잎	2~15마리/1잎
	'00.12.7	제주 남제주	약,성충	잎	5~12마리/1잎
	'01.1.4	전북 익산	약,성충	잎	0~5마리/1잎
	'01.5.11~13	경기 고양	약,성충	잎	2~12마리/1잎
	'02.1.28~30	경북 칠곡	약,성충	잎	0~4마리/1잎
	'01.2.20~22	경남 김해	약,성충	잎	15~42마리/1잎
민달팽이	'01.5.2	진천 이월	성충	잎	1마리/10주
섬서구메뚜기	'00.7.31	진천 이월	성충	잎	0~1마리/10주
		옥천 옥천	성충	잎	0~1마리/10주
대만총채벌레	'00.8.18~'01.5.2	진천 이월	약,성충	꽃	0~12마리/1꽃
꽃노랑총채벌레	'00.8.18~'01.5.2	진천 이월,덕산	약,성충	꽃	1~17마리/1꽃
	'00.12.7	제주 남제주	약,성충	꽃	1~8마리/1꽃
	'01.1.4	전북 익산	약,성충	꽃	1~12마리/1꽃
	'01.2.20~22	경남 김해	약,성충	꽃	1마리/1꽃
	'01.5.11~13	경기 고양	약,성충	꽃	1마리/1꽃
	'00.10.21	전남 강진	약,성충	꽃	2.6마리/1꽃
온실가루이	'00.8.18~'01.5.2	진천 이월	약,성충	잎	0~3마리/1잎
	'00.10.21	전남 강진	모든태	잎	10~20마리/1잎
	'01.2.20~22	경남 김해	모든태	잎	1~10마리/1잎
담배가루이	'00.7.18~02.12.31	진천 이월,덕산	약,성충	잎	20~100마리/1잎
	'01.2.20~22	경남 김해	약,성충	잎	0마리/1잎
	'01.1.4	전북 익산	약,성충	잎	0마리/1잎
	'00.12.7	제주 남제주	약,성충	잎	0마리/1잎
	'01.5.11~13	경기 고양	약,성충	잎	0마리/1잎
	'02.1.28~30	경북 칠곡	약,성충	잎	0마리/1잎
	'00.10.21	전남 강진	약,성충	잎	0마리/1잎
굴가루깍지벌레	'01.1.4	전북 익산	약,성충	줄기	3.9마리/1주
	'03.4.22~6.30	충북 진천	약,성충	줄기	12.5마리/1주
톱무늬애매미충	'00.8.18	진천 진천	약,성충	잎	1~5마리/10잎

해충명	조사시기	조사장소	발생태	발생부위	발생정도
절레수염진딧물	'00.7.18~8.1	진천 이월	약,성충	꽃	0~2마리/100꽃
	'00.10.21	전남 강진	약,성충	잎,꽃	5~10마리/50엽
	'01.1.4	전북 익산	약,성충	잎,꽃	10~30마리/1봉우리
다색풍뎡이	'00.7.7	옥천 옥천	성충	잎	1마리/10주
애풍뎡이	'00.8.18	진천 이월	성충	잎	1마리/10주
연다색풍뎡이	'00.7.7	진천 덕산	성충	잎	1마리/10주
장미등에잎벌	'00.8.18	진천 이월	유충	꽃	3.5마리/1주
대벌레	'00.7.7	옥천 옥천	유충	잎	1마리/10주
통마디알락명나방	'00.9.8	진천 이월	유충	잎,줄기	1마리/10주
몸큰가지나방	'00.8.31	진천 이월	유충	줄기,잎	1마리/10주
췌기나방	'00.8.31	옥천 옥천	유충	잎	0~1마리/10주
독나방	'00.8.31	옥천 옥천	유충	잎	0~1마리/10주
애기잎말이나방	'00.8.18~9.8	진천 이월	유충	잎	1~3마리/100잎
담배거세미나방	'00.8.10~9.8	진천 이월	유충	잎,꽃	0~2마리/1주
담배나방	'00.8.10~9.8	진천 이월	유충	잎,꽃	0~2마리/1주
도둑나방	'00.8.10~9.8	진천 이월	유충	잎,꽃	0~2마리/10주
과밤나방	'00.8.10~9.8	진천 이월	유충	잎,꽃	0~2마리/10주

장미를 가해하는 해충으로 123종이 등록되어 있다. 그러나 대부분이 일반 노지포장의 장미에서 조사되어진 종이며, 현재 장미에서 피해를 주고 있는 해충은 주요해충인 점박이용애, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이 등 25종이 조사되었다(표 1). 점박이용애는 전국 장미재배단지의 모든 곳에서 조사되었다. 최근에 침입한 담배가루이는 진천 이월 지역에서만 조사되었고, 경기 고양 등 타 지역에서는 조사되지 않았다. 또한 몸큰가지나방, 췌기나방 그리고 독나방 등은 노지 장미단지에서 조사되었다. 귤가루깍지벌레는 전북 익산지역의 시설하우스 양액재배에서 광합성 작용을 돕기 위하여 가지를 밑으로 깎은 부위에서 발생되어 피해를 주고 있었고, 진천지역 비닐하우스 토경재배에서도 많은 발생을 보이고 있다.

나. 장미 주요해충의 발생현황

충북 진천군 장미 재배단지 10농가에서 주요 해충을 조사한 결과(그림 1), 담배가루이는 10농가 중에서 8농가에서 발생하였고, 꽃노랑총채벌레는 2농가, 점박이응애는 7농가에서 발생하여, 점박이응애와 담배가루이가 가장 문제시되었다.

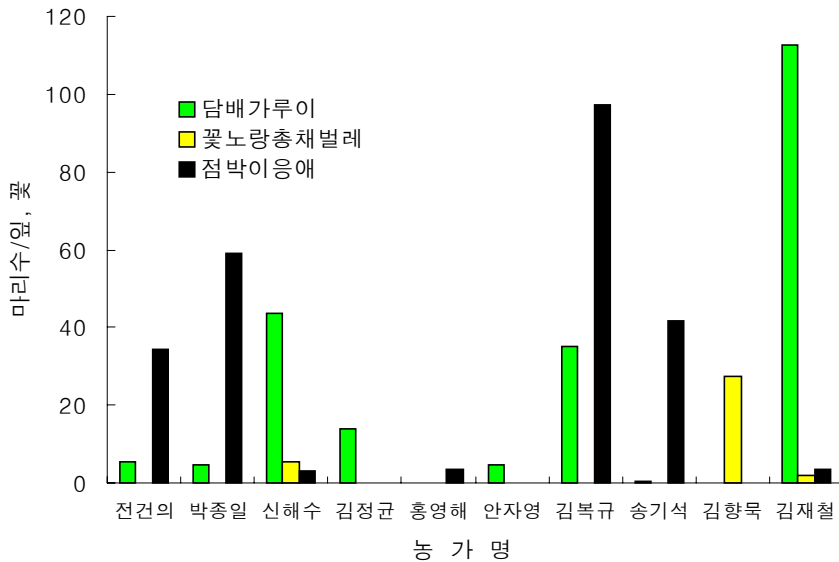


그림 1. 농가별 장미 주요 해충의 발생현황.

2. 장미 주요 해충별 밀도변동

재료 및 방법

장미 주요해충에 대한 밀도변동은 담배가루이, 점박이응애, 꽃노랑총채벌레를 대상으로 충북 진천 이월의 장미재배온실에서 조사하였다. 담배가루이 밀도변동 조사는 양액유리온실 1농가, 유리온실 토경재배 1농가 그리고 연동비닐하우스 토경재배 1농가등 총 3농가를 대상으로 2000년 7월부터 2001년 4월말까지 조사하였다. 그리고 양액유리온실 1농가에서 2001년 5월부터 2002년 9월까지 조사하였다. 담배가루이 조사는 10일 간격으로 성충은 육안조사, 약충은 해부현미경하에서 조사하였다. 담배가루이 성충은 1일

당 마리 수로 20반복을 상위 있을 대상으로 조사하였고, 약충은 1일 당 마리 수로 10반복으로 조사하였다. 황색끈끈이트랩(8×12cm) 조사는 1농가(750평)를 4등분하여, 각 2개지점씩 총 8개 지점에서 담배가루이 성충을 조사하였다. 점박이용애는 2001년 5월부터 2002년 9월까지 10일 간격으로 육안조사 하였고, 양액재배 2농가를 대상으로 1일 당 약.성충의 밀도를 10반복으로 조사하였다. 꽃노랑총채벌레는 2001년 5월부터 2002년 5월까지 10일 간격으로 육안조사 하였고, 양액재배 2농가, 토경재배 2농가에서 1송이 당 마리 수를 10반복으로 조사하였다. 꽃노랑총채벌레 황색끈끈이트랩(8×12cm) 조사는 양액재배 농가(750평)를 4등분하여, 각 2개지점씩 총 8개 지점에서 성충수를 조사하였다.

결과 및 고찰

가. 담배가루이

시설 장미하우스에서 주요 해충의 밀도 변화는 재배환경 뿐만 아니라 농가의 해충관리에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 2000년 7월부터 양액재배 1농가, 토경재배 2농가를 대상으로 담배가루이를 조사한 결과(그림 2), 연동비닐하우스 토경재배인 A농가는 매우 높은 밀도를 보였고, 유리온실 토경재배 농가(B농가)와 양액유리온실 재배 농가(C농가)는 낮은 밀도를 보였다.

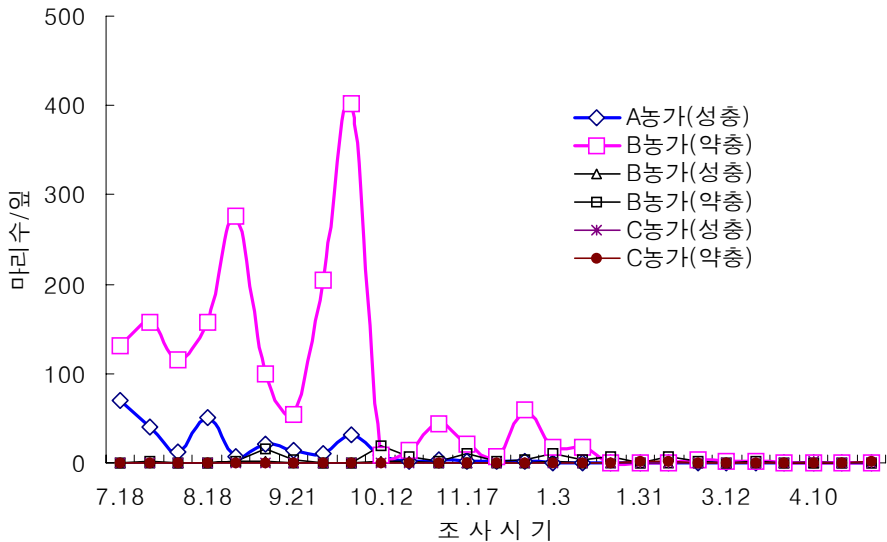


그림 2. 담배가루이 시기별 밀도변동(3농가, 2000~2001).

A농가(비닐하우스 토경재배)의 경우에 10월초까지 매우 높은 밀도를 보여 약충이 1일당 400마리 정도의 밀도를 보였다. 이때에는 담배가루이 감로로 인한 그을음병 발생과 약·성충의 흡즙으로 인한 묘목의 생육부진으로 인해 장미 묘목과 꽃의 상품에 매우 큰 영향을 미쳤다. 담배가루이 적용약제로 집중적인 방제를 실시하였으나 12월말까지 약충수가 일당 50마리 정도의 밀도를 보여 12월말부터 난방을 하지 않고 겨울철에 휴면기간으로 보내 근본적으로 담배가루이를 방제하였다(그림 3). 따라서 담배가루이는 충북 진천지역 노지상태에서 월동하지 못하는 것으로 판단된다.

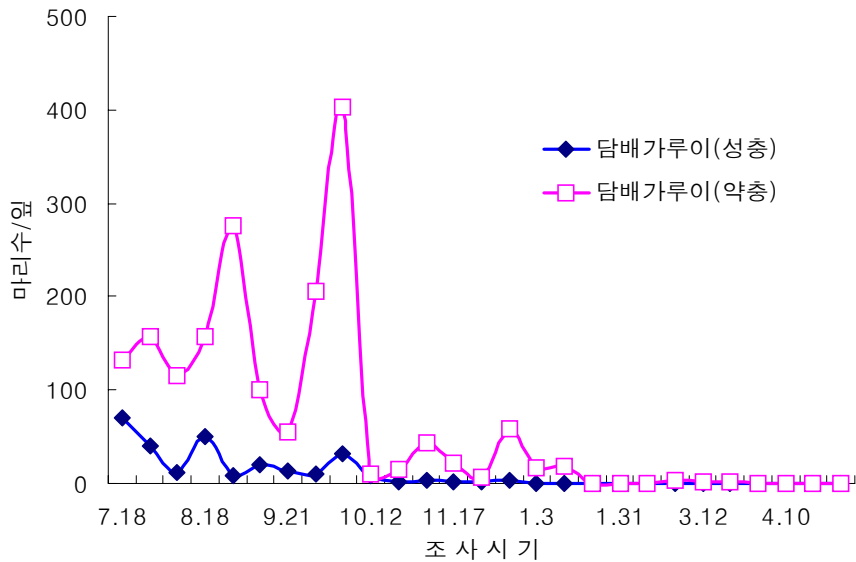


그림 3. 담배가루이 시기별 밀도변동(A농가, 2000~2001).

B농가(유리온실 토경재배)의 경우 담배가루이 약충의 밀도가 1일당 5마리 이상의 밀도를 보이면 방제를 실시하였으나 근본적인 방제는 되지 않았다. 약제 처리 후 밀도는 낮아졌으나 바로 회복되는 양상을 보였다. 최고 밀도는 1일당 20마리를 보인 10월 초순이었다(그림 4).

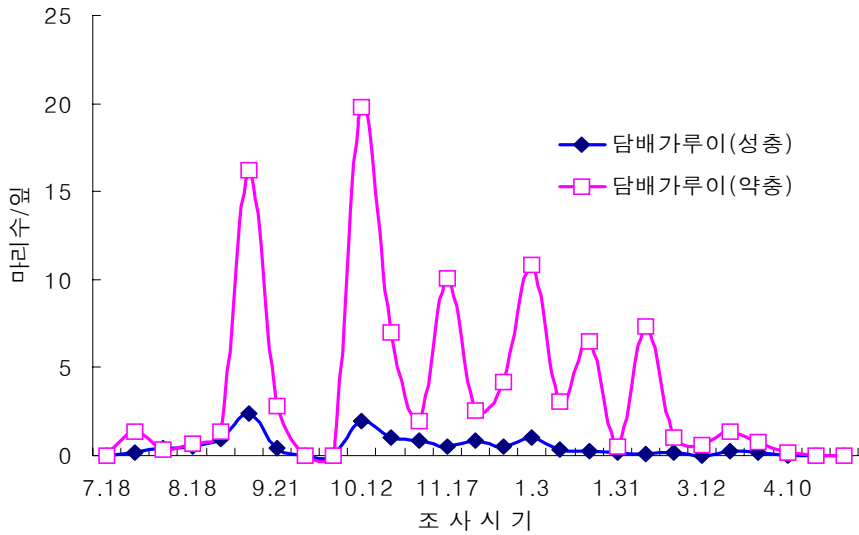


그림 4. 담배가루이 시기별 밀도변동(B농가, 2000~2001).

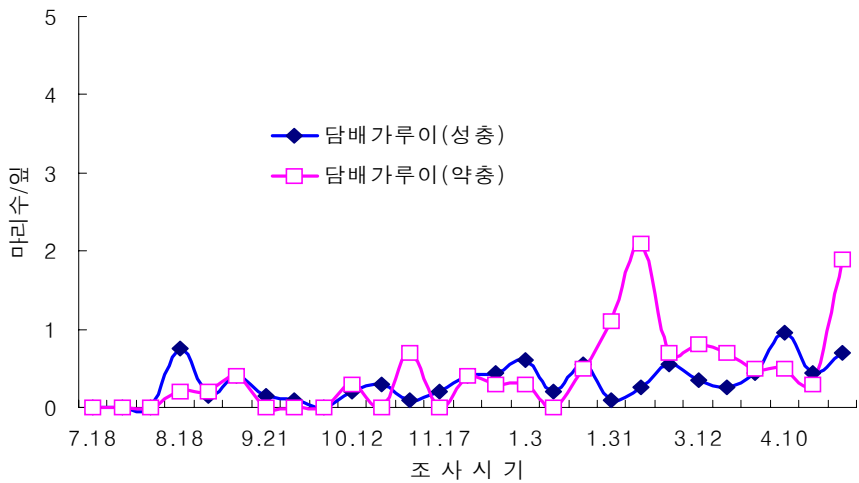


그림 5. 담배가루이 시기별 밀도변동(C농가, 2000~2001).

C농가(유리온실 양액재배 농가)는 1잎당 약충의 밀도가 0.5마리 이상이 되면 방제를 실시하였다. 2001년도 1월까지의 1잎당 밀도가 1마리 이내의 낮은 밀도를 보였지만 1월 중순경부터 밀도가 증가하여 2월 초순에는 2마리 이상의 밀도를 보였고, 5월 초순에도 1.8마리의 밀도를 보였다. 또한 성

총의 밀도는 4월 10일경에 1일당 0.9마리의 발생피크를 보였다(그림 5). 이 농가는 낮은 밀도에서 방제를 실시하였기 때문에 담배가루이로 인한 피해는 발생되지 않았다.

C농가의 황색끈끈이트랩을 이용하여 조사한 결과(그림 6), 3월 30일에는 트랩1개당 100마리 정도의 수준을 보였으나 4월 10일에는 600마리 이상을 보인 트랩도 2개였으며, 전반적으로 높은 밀도를 보였다. 4월 18일에는 200마리 이하의 밀도를 보였고, 5월 2일에 조사한 트랩에서는 1트랩에서 800마리 정도를 보였으나 전반적으로 300마리 이하의 수준을 보였다. 담배가루이 성충 육안 조사 수준과 비교해 보면 성충밀도가 4월 10일경에 1일당 1마리 정도의 수준을 보였고, 4월 18일에는 1일당 0.5마리 정도의 수준을 보였다. 5월 2일에는 1일당 0.7마리 정도를 보여 황색끈끈이트랩에서 조사한 결과치와 유의한 관계를 나타내었다.

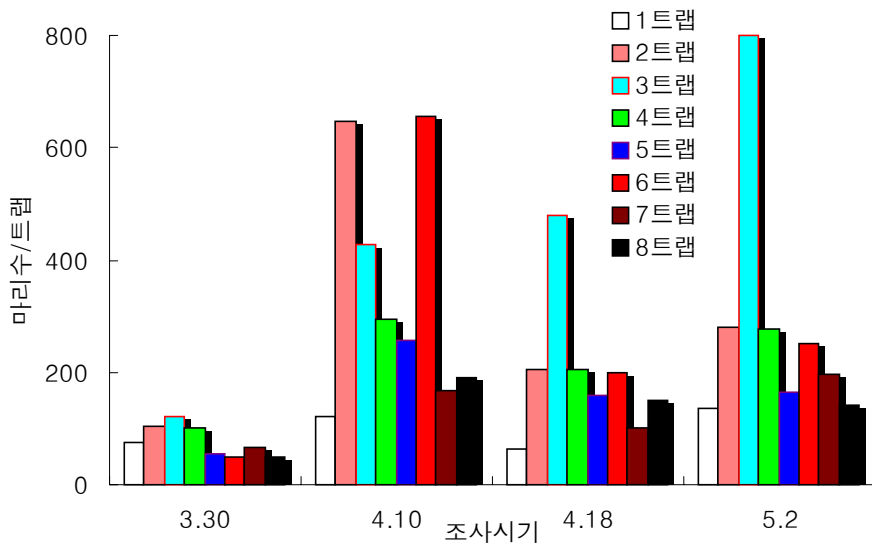


그림 6. 끈끈이트랩에 의한 담배가루이 시기별 밀도변동(C농가, 2000~2001).

2001년도에 C농가는 1일당 약충의 밀도가 0.5마리 이상이 되면 방제를 실시하였다. 7월초에는 1일당 밀도가 7마리의 높은 밀도를 보였지만 8월부터는 밀도가 감소하였다. 2002년도 2월 초순에는 2마리 이상의 밀도를 보였고, 5월 초순까지 1마리의 정도의 밀도를 보였으나 그 이후는 낮은 밀도를 유지하였다(그림 7). 담배가루이는 약충의 밀도가 0.5마리 이상이 되면

계속적으로 밀도가 높아져 담배가루이 관리가 어려웠으나, 낮은 밀도가 되면 장기간에 걸쳐 낮은 밀도를 유지하기 때문에 담배가루이 예찰을 통한 방제시기 결정이 가장 중요하다.

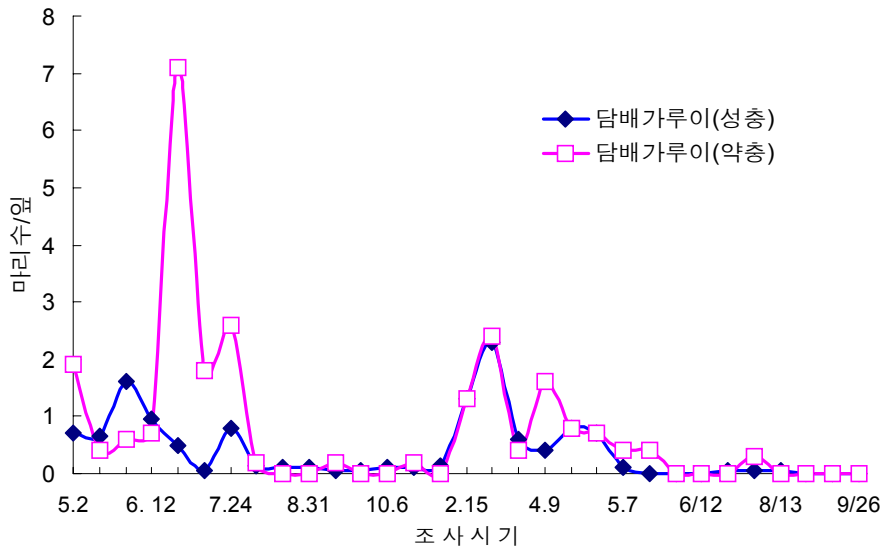


그림 7. 담배가루이 시기별 밀도변동(C농가, 2001~2002).

나. 점박이응애 밀도변동

응애류의 피해는 주로 잎에서 많이 나타나며 피해 잎에는 황색 또는 흰색의 반점이 생기고, 밀도가 높아지면 잎이 갈변하고, 조기낙엽 증상이 나타난다. 점박이응애는 대부분의 농가에서 가장 경계하는 해충으로 주기적인 방제와 더불어 약간의 밀도 수준에서도 방제에 들어가나, 한번 밀도가 높아지면 방제가 어려워진다. 높은 밀도를 보인 시기는 2001년 5월과 6월, 2002년 2월부터 4월까지이다. 점박이응애는 붉은색을 띠는 월동형과 양쪽에 검은점을 보이는 여름형으로 일반적으로 구분하나, 이들의 약제감수성 차이는 매우 컸다. 2002년부터는 대부분의 점박이응애가 붉은색을 띠었다(그림 8). 윤(2001)등에 따르면 점박이응애가 Wolbachia에 감염되면 약제에 대한 저항성과 생태가 바뀐다고 보고하였는데, 이에 대한 자세한 연구가 요구된다.

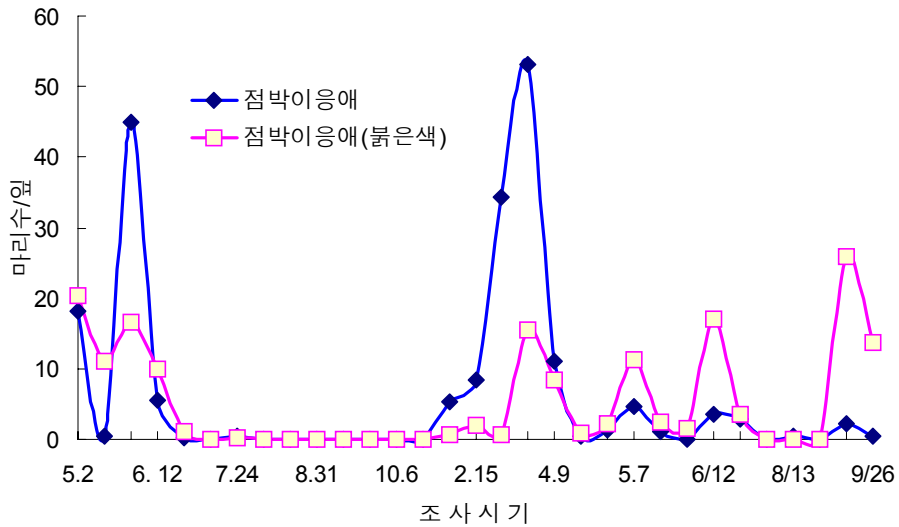


그림 8. 장미시설하우스에서 점박이응애 밀도 변동(전건의 농가).

2002년에는 양액재배 2농가의 점박이응애 밀도를 조사한 결과(그림 9), 10월부터 12월까지 잎당 200마리 정도의 높은 밀도를 유지하였는데 이는 농가들이 흰가루병과 노균병 방제에 중점을 두어 점박이응애 방제에 소홀하였으며, 특히 습도가 높은 날이 많아 약제 살포를 등한시 한 결과라 생각된다.

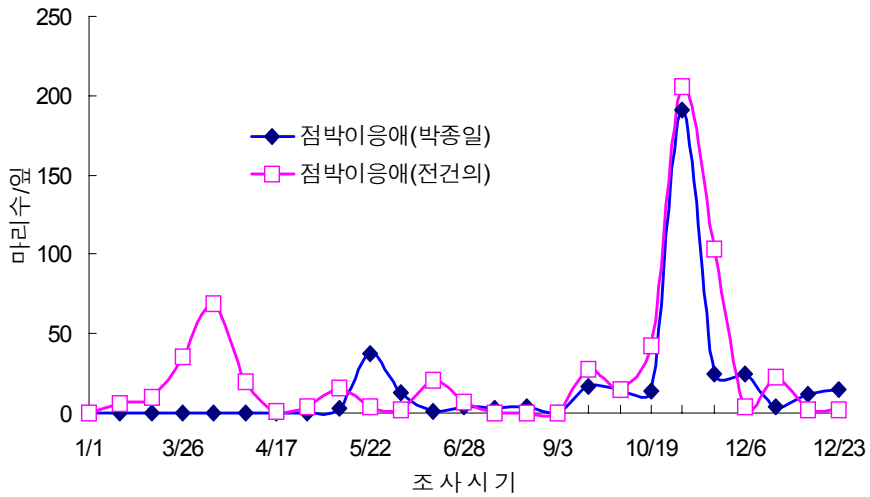


그림 9. 농가별 점박이응애 밀도 변동(2002년).

다. 꽃노랑총채벌레 밀도변동

꽃노랑총채벌레 조사는 양액재배 2농가 토경재배 2농가를 조사하였다(그림 10). 양액재배농가는 꽃노랑총채벌레의 발생이 8월~10월에 1농가에서 조사되었으나 그 이후는 조사되지 않았고, 또 다른 양액재배 농가는 발견되지 않았다. 그러나 발견되지 않은 농가에서 끈끈이트랩을 설치하여 꽃노랑총채벌레를 조사한 결과 7월부터 10월까지 트랩당 20마리 정도의 밀도를 보여 정확한 꽃노랑총채벌레 예찰은 끈끈이트랩을 설치하여 조사하여야 된다고 생각된다(그림 11). 꽃노랑총채벌레는 양액재배농가에서 발생되어 피해를 주지 않은 이유는 크게 3가지 생각된다. 첫째 장미재배가 연중 재배되기 때문에 점박이용애와 담배가루이 방제로 많은 약제를 살포하여 꽃노랑총채벌레에 영향을 주었으며, 둘째 장미재배포장의 환경이 깨끗하여 꽃노랑총채벌레 전용과 용의 생활환경이 부적합하고, 셋째 장미꽃을 일시에 의한 수확으로 꽃노랑총채벌레 서식처가 없어지기 때문으로 생각된다. 토경재배 A농가는 8월 중순까지 송이 당 25마리 정도의 높은 밀도를 보인 후 꽃노랑총채벌레 전용약제의 집중적인 방제로 송이 당 5마리 이하의 밀도를 보였다. 11월 중순부터 장미를 월동하기 위해 난방을 하지 않아 꽃노랑총채벌레 밀도가 떨어졌다가 장미 새순이 나오는 12월초에는 꽃노랑총채벌레의 밀도가 새순 당 5마리의 밀도를 보였으나 전용약제의 살포로 밀도가 떨어진 후 4월까지의 꽃노랑총채벌레 발생밀도가 매우 낮았다. 토경 재배 B농가로 장미를 월동시킨 후 12월 초순에 난방을 가온 하면서 새순이 올라올 때 총채벌레를 방제하여, 그 후 낮은 밀도를 유지하였다.

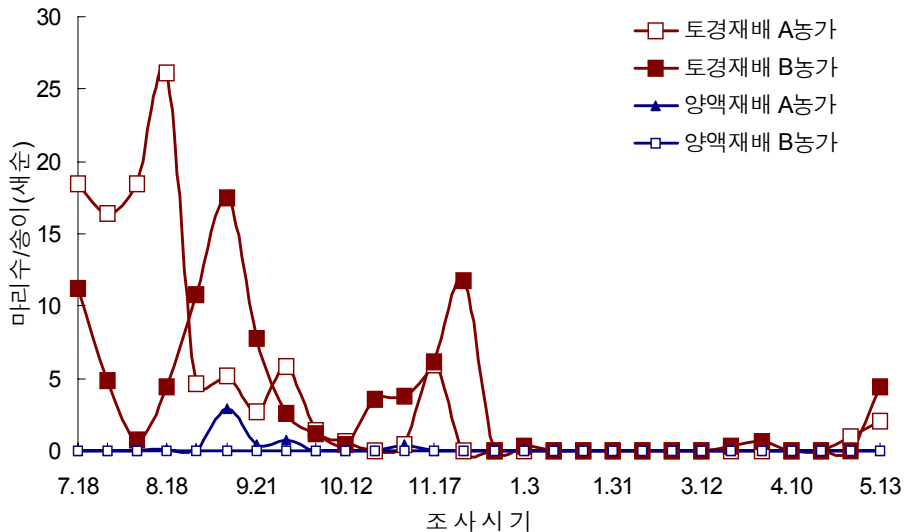


그림 10. 꽃노랑총채벌레 시기별 밀도변동조사(4농가).

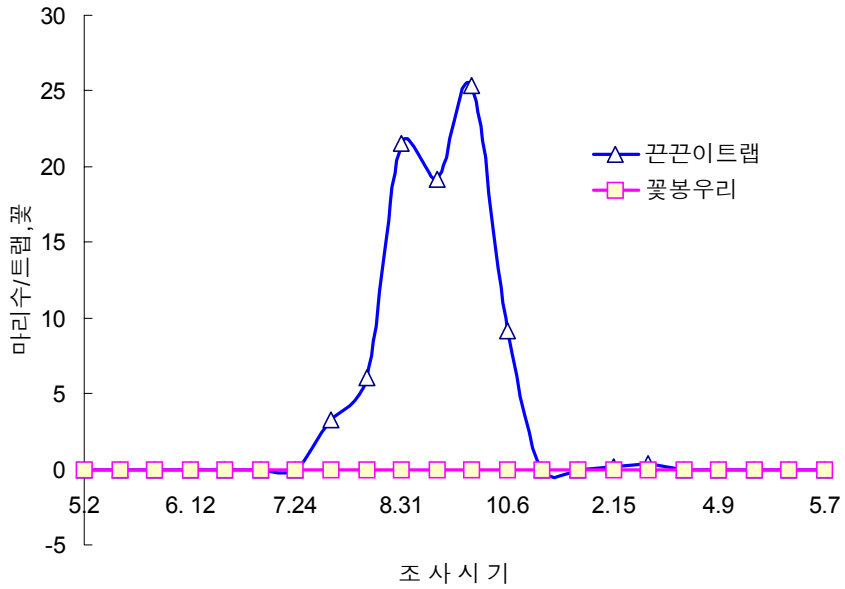


그림 11. 장미시설하우스에서 꽃노랑총채벌레 밀도변동.

3. 해충의 번식능력 조사

가. 담배가루이

담배가루이 (*Bemisia tabaci*)는 중앙아시아, 유럽, 북·중아메리카 등에 널리 분포하고(Salas and Mendoza, 1995), 기주범위가 넓어 약 86과 700여 종 이상의 식물을 가해하며 (Greathead, 1986), 세계적으로 9가지의 biotype이 보고되어 있다 (Brown *et al.*, 1995). 한편 국내에서 1998년 충북 진천군 시설장미 단지와 경기도 고양시 포인세치아에서 처음 발견된 담배가루이는 B biotype으로 밝혀졌으며 국내에는 이미 A biotype이 서식하고 있었던 것으로 알려졌다 (Lee and Barro, 2000; Lee *et al.*, 2000). 한편 Perring *et al.* (1993)은 A biotype을 담배가루이 그리고 B biotype을 또다른 한종인 *Bemisia argentifolii*로 분류하고 있다.

담배가루이는 약충과 성충이 잎을 흡즙하여 상품성을 감소시키나 보다 중요한 피해는 바이러스병 매개와 감로분비에 의한 피해이다. 담배가루이는 바이러스의 중요한 매개충으로 비교적 낮은 밀도로 바이러스병이 매개되기 때문에 피해가 크다 (Brown *et al.*, 1995). 가장 문제시되는 바이러스는 TYLCV (tomato yellow leaf curl virus)이다 (Matsui, 1992; Brown *et al.*, 1995; Berlinger *et al.*, 1996; Rubinstein *et al.*, 1999).

담배가루이는 발생세대기간이 짧아 살충제에 의한 선발의 기회가 많아 지므로 살충제 저항성 발달이 다른 해충들에 비하여 빠르게 나타날 가능성을 지니고 있다. 담배가루이의 살충제 저항성 발달은 유기인계, 카바메이트계, 피레스로이드계, IGR계 뿐만아니라 최근에 개발된 네오니코티노이드계 살충제에 대해서도 저항성이 발견되어 방제에 어려움을 겪고 있다 (Elhag and Horn, 1983; Prabhaker *et al.*, 1992; Dennehy and Williams, 1997; Devine *et al.*, 1999; Horowitz *et al.*, 1999).

본 연구는 담배가루이에 대한 온도·기주별 발육기간, 성충 수명 및 산란수를 조사하고, 이 해충의 발육영점온도와 유효적산온도 및 개체군 증가율을 분석하여 생태적 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

시험곤충

본 시험에 사용된 담배가루이 (*Bemisia tabaci*)는 충북 진천군 시설장미 재배지에서 채집하여 실내 토마토 (*Lycopersicon esculentum*, 서광)로 누대사육하면서 시험에 이용하였다. 실내 사육조건은 온도 25~28℃, 광주기 16L: 8D, 상대습도 50~60%로 하였다.

시험기주

본 시험에 사용된 기주 식물은 충북농업기술원 온실에서 3주 이상 재배한 토마토 (*L. esculentum*), 고추 (*Capsicum annum*) 그리고 가지 (*Solanum melongena*)의 유묘와 포인세치아 (*Euphorbia pulcherrima*)잎을 이용하였다.

온도가 담배가루이의 발육과 생식에 미치는 영향

알과 약충의 발육기간을 조사하기 위하여 직경 5cm인 포트에 4~5엽인 토마토 (서광)를 심은 후 성충을 500마리 이상인 사육상자 (25×25×45cm)에 넣고 1시간 동안 알 (50 개체이상)을 받은 후 알과 약충의 발육기간, 부화율, 우화율을 매일 해부현미경으로 조사하였다. 산란전 기간, 성충수명 그리고 산란수 조사는 사육실 (25~28℃)에서 일정기간 동안에 받은 알에서 성장한 담배가루이가 우화 (우화후 5시간이내)될 때에 토마토 유묘 (4~5엽)가 들어있는 아크릴 원통 (ø9×15cm)에 암수 1쌍씩 (25반복) 접종하고, 24시간 간격으로 조사하였다. 수컷이 죽은 경우는 암컷 수명이 다하기 전에 24시간 이내에 우화한 수컷 성충을 넣어 주었다. 이 실험은 15, 20, 25, 30℃의 온도 (Vision, multiroom incubator)와 상대습도 50~60%, 16L : 8D의 광조건하에서 수행하였으며, 얻어진 결과로 발육영점온도와 유효적산온도를 산출하였다 (Pruess, 1983).

기주가 담배가루이의 발육과 생식에 미치는 영향

기주별 알과 약충의 발육기간은 직경 5 cm인 포트에 4~5엽된 토마토, 고추, 가지 유묘와 포인세치아를 사육상자 (25×25×45 cm)에 넣고 성충을 500마리 이상 방사하여 1시간 동안 알 (100개체 이상)을 받아 조사하였다. 또한 생존율, 성충수명 및 산란수 조사도 온도에서와 같은 방법으로 수행하였다.

개체군 증가율 분석

생명표 분석은 담배가루이의 총수명 (일수)을 x , 암컷 성충의 일수별 생존율을 l_x , 암컷성충의 일수별 1마리당 산란수를 m_x 라고 했을때 1세대당 순증식율 (R_0)은 $\sum l_x m_x$, 1세대에 요하는 평균기간 (T)은 $\sum x l_x m_x / R_0$, 내적 자연증가율 (r_m)은 $(\log_e R_0) / T$ 로 계산하였다 (Price 1997). 1쌍씩 25반복으로 25개체의 일수별 수명과 생존율, 산란수를 조사하였다. 성비는 0.5의 일정비율로 하였다. 자료분석은 SAS를 이용하여 LSD검정 ($P=0.05$)으로 비교하였다(SAS Institute, 1991)

결과 및 고찰

1) 담배가루이의 온도별 영향

알·약충의 발육기간

각 온도별 담배가루이의 알과 약충의 발육기간은 Table 2와 같다. 알기간은 15°C, 20°C, 25°C, 30°C에서 각각 23.7일, 10.6일, 7.3일, 5.6일로 온도가 높아질수록 짧았다. 약충기간은 15°C에서 62.5일, 30°C에서 11.4일로 높은 온도에서 매우 짧았으며, 알부터 우화까지의 발육기간은 15°C에서 86.2일, 30°C에서 17.0일로 15°C에서 발육기간이 30°C보다 약 5배나 길었다. 온도별 발육기간 사이에는 유의차가 있어 담배가루이의 발육이 온도조건에 민감함을 알 수 있었다.

Table 2. Mean±SD duration of egg and nymphal period of *B. tabaci* under various temperatures

Temp. (°C)	Egg	Nymph					Egg + Nymph
		1st	2nd	3rd	4th	total	
15	23.7±0.7a ^a	13.4±0.5	8.3±0.8	12.0±2.2	28.9±1.1	62.5±2.5a	86.2±5.3a
20	10.6±0.8b	7.5±0.5	3.6±0.5	3.9±0.3	10.0±0.7	25.0±0.9b	35.7±1.0b
25	7.3±0.5c	3.6±0.6	2.2±0.5	2.2±0.6	5.9±0.5	13.9±0.7c	21.3±1.2c
30	5.6±0.4d	3.2±0.4	1.5±0.5	2.2±0.4	4.4±0.8	11.4±0.8d	17.0±1.1d

^a Means followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991])

Wagner (1995)는 목화를 기주로하여 15.4℃, 20.0℃, 26.0℃, 30.1℃ 조건에서 알기간을 조사한 결과 각각 21.9일, 11.4일, 6.0일, 4.9일, Butler *et al.* (1983)도 목화를 기주로 조사한 온도별 알 기간은 14.9℃에서 22.5일 그리고 30℃에서 5.4일이고, 알에서 성충까지의 발육기간은 14.9℃에서 65.1일 그리고 30℃에서 16.6일이라 하였다. 한편 Salas and Mendoza (1995)는 토마토 유묘를 이용한 25℃조건에서 알기간과 약충기간은 각각 7.3일과 15.0일로 보고하였는데 이들 결과는 연구자들간에 차이는 있으나 유사한 결과를 나타내었다.

발육영점온도와 유효적산온도

각 온도에 의한 발육소요일수 (Table 2)를 기초로 산출한 알, 약충, 알에서 성충까지의 발육속도와 온도의 관계는 Table 3과 같다. 온도(t)와 발육속도(V)에 관해서 회귀직선식을 구하면, 알, 약충, 알에서 성충까지 각각 $V=0.00908t-0.0913$ ($r^2=0.991$), $V=0.00496t-0.0576$ ($r^2=0.984$), 그리고 $V=0.00320t-0.0355$ ($r^2=0.983$)이었다. 이들 회귀식을 기초로 구한 이론적 발육영점과 유효적산온도는 각각 알이 10.1℃, 110.3일도, 약충이 11.6℃, 204.7일도, 알에서 우화까지가 11.1℃, 317.3일도 이었다.

Zalom *et al.* (1985)은 목화포장에서 담배가루이의 유효적산온도를 조사하였는데 1982년에는 316.3일도, 1983년에도 316.0일도라 하였고, Gergis (1994a)는 토마토 유묘에서 담배가루이와 담배가루이의 유사종인 *B. argentifolii* (B biotype의 담배가루이)의 유효적산온도 비교에서 알, 약충, 알에서 성충까지 전자는 90.0, 294, 400일도, 후자는 84.7, 256.0, 346.7일도라고 보고하였는데, 본 종은 B biotype의 담배가루이임을 고려하여 *B. argentifolii*와 비교하여 볼 때 각 발육간에 약간의 차이는 있으나 비슷한 수준을 나타내었다.

Table 3. Developmental zero point (*T*) and total effective temperature (*K*) for the development of each stage of *B. tabaci*

Developmental stage	Regression equation & r^2	T (°C)	K(degree day)
Egg	$V = 0.00908t - 0.0913$ $r^2 = 0.991$	10.1	110.3
Nymph	$V = 0.00496t - 0.0576$ $r^2 = 0.984$	11.6	204.7
Egg to emergence	$V = 0.00320t - 0.0355$ $r^2 = 0.983$	11.1	317.3

성충수명, 산란수 및 생존에 미치는 영향

온도별 암컷 성충수명과 산란수는 Table 4에, 산란곡선은 Fig. 12에 나타내었다. 암컷 우화 후 일령별 산란곡선은 25℃와 30℃에서는 5일째 최대를 나타낸 후 급격히 산란수가 감소하는 경향을 보였으나, 20℃에서는 일정한 정점을 보이지 않고 장기간에 걸쳐 산란하는 경향을 나타내었다. 온도별 암컷성충의 산란전기와 성충수명은 20℃에서 각각 2.8일, 23.6일이었고, 30℃에서는 각각 1.0일, 14.0일로 온도가 높을수록 짧아지는 일반적인 경향을 나타내었으며, 20℃는 25℃와 30℃간에는 유의성이 인정되나, 25℃와 30℃간에는 유의성이 없었다. 암컷 한마리당 총산란수는 25℃에서 가장 많았고, 1일 산란수는 25℃와 30℃에서 비슷하였다. 이보다 온도가 낮은 20℃에서는 총산란수와 1일 산란수는 25℃와 30℃보다 적었지만 유의성은 없었다. 또한 부화율 25℃에서 가장 높았으나 온도간에 유의성은 없었으며, 우화율은 20℃에서 가장 높았다. 이상의 결과로 볼 때 담배가루이의 생식에 적합한 온도범위는 25~30℃인 것으로 판단된다.

Table 4. Effect of constant temperatures on the duration of adult longevity and fecundity of *B. tabaci* under various temperatures

Temp. (°C)	n	Preoviposition period ^a (day)	♀ longevity (day)	Fecundity/♀
20	25	2.8±0.6a	23.6±5.2a	88.5±35.8a
25	25	1.2±0.1b	15.6±2.9b	103.3±30.3a
30	25	1.0±0.3b	14.0±4.0b	91.1±32.8a

^aDays from emergence to the first oviposition

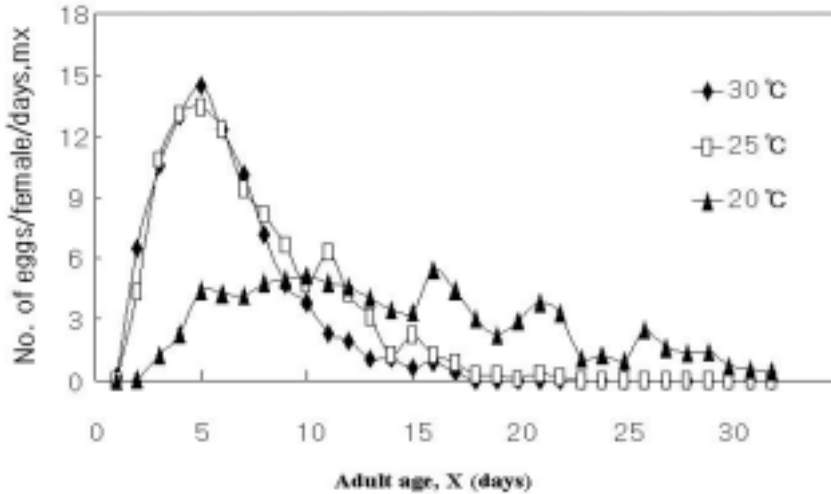


Fig. 12. Number of eggs per day of *B. tabaci* under various temperatures.

Bethke *et al.* (1991)은 성충수명이 26.7°C에서 7.6일, 32.2°C에서 10.4일, 암컷한마리당 산란수는 26.7°C에서 81개, 32.2°C에서 72개로 본 실험의 결과보다 성충수명은 짧았고 산란수는 적었다. Salas and Mendoza (1995)는 25°C조건에서 산란전기간은 1.4일, 성충수명은 암수 각각 19.4일과 19.0일이라 보고하였는데, 본 실험의 결과보다 3일정도 긴 것으로 나타났다. 또한 암컷한마리당 평균산란수와 1일 평균산란수도 각각 194.9개, 11.7개로 본 실험의 결과보다 많았는데, 그 원인에 관해서는 정확히 알 수 없으나 온도를 제외한 실험조건의 차이 (습도, 지역계통, 실험 곤충수 등)에서 오는 것으로 생각된다.

개체군 증식에 미치는 영향

온도에 따른 담배가루이의 생명표 분석 결과는 Table 5와 같다. 1세대에 요하는 평균기간 (T)은 20°C에서 48.64일이고 30°C에서 22.76일로 온도가 높아질수록 짧았다. 1세대당 순증식율 (R_0)은 25°C에서 97.33으로 가장 컸고, 내적자연증가율 (r_m)은 30°C에서 0.196으로 가장 컸다. Gergis (1994b)

는 담배가루이와 유사종인 *B. argentifolii* (B biotype의 담배가루이)의 온도와 기주별(오이, 목화, 서양호박, 토마토) 내적자연증가율은 담배가루이에서 4기주 모두 (오이 0.198, 서양호박 0.19, 목화 0.158, 토마토 0.170) 28.4°C, 그리고 *B. argentifolii*에서 서양호박과 토마토 (각각 0.236, 0.198)는 28.4°C, 그리고 오이와 목화 (각각 0.224, 0.187)는 31.3°C에서 최고의 값을 나타내었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 이상의 결과에서 담배가루이의 발육과 생식에 온도가 중요한 영향을 미치며, 생명표분석을 통한 이 곤충의 증식에 적합한 온도범위는 30°C인 것으로 나타났다.

Table 5. Comparison of life table parameters of *B. tabaci* under various temperatures

Temp. (°C)	R_o	T	r_m
20	76.38	48.64	0.089
25	97.33	27.67	0.165
30	85.65	22.76	0.196

R_o : Net reproductive rate per generation

T : Mean generation time in day

r_m : Intrinsic rate of natural increase

2) 담배가루이의 기주별 영향

주요작물 및 잡초의 기주선호성

담배가루이가 좋아하는 기주식물로는 수박, 멜론, 참외, 오이, 호박, 토마토, 포인세치아, 장미, 소리쟁이 그리고 크로바 등으로 조사되었으며 고추, 포도, 심비디움, 닭의 장풀, 쑥, 씬바귀 그리고 여뀌 같은 식물은 선호성이 낮은 것으로 조사되었다. 또한 온실 주변의 풀을 대상으로 조사한 결과 소리쟁이나 크로바 같이 밭잡초에서 기주선호성이 높은 것으로 조사되었다 (Table 6).

Table 6. Host plant preference of *B. tabaci*

Division	Family	Scientific name	Korean name	Degree of occurrence ^a	
Vegetables	Compositae	<i>Petasites japonicus</i>	머위	++	
		Cucurbitaceae	<i>Citrullus battich</i>	수박	+++
	<i>Cucumis melo</i>		멜론	+++	
	<i>C. melo L. var. makuwa</i>		참외	+++	
	<i>C. sativus</i>		오이	+++	
	<i>Cucurbita moschata</i>		호박	+++	
	Fabaceae		<i>Phaseolus vulgaris</i>	강남콩	++
	Leguminosae	<i>Canavalia gladiata</i>	작두콩	++	
			Rosaceae	<i>Fragaria ananassa</i>	딸기
	Solanaceae	<i>Capsicum annum</i>	고추	+	
			<i>Lycopersicon esculentum</i>	토마토	+++
			<i>Lycopersicon esculentum</i>	방울토마토	+++
			<i>Solanum melongena</i>	가지	++
			Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	포도
Orchard	Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i>	담배	++	
Special crop			Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	포인세치아
Ornamentals	Orchidaceae	<i>Cymbidium hybrida</i>			심비디움
			Rosaceae	<i>Rosa hybrida</i>	장미
Weeds	Commelinaceae	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	+	
			쑥	+	
	Compositae	<i>Artemisia princeps</i>	가막사리	++	
			<i>Bidens tripartita</i>	개망초	++
			<i>Erigeron annus</i>	그늘보리쟁이	++
	Leguminosae	<i>Lapsana humilis</i>	자귀풀	+	
			Polygonaceae	<i>Aeschynomene indica</i>	썸바귀
	Ranunculaceae	<i>Ixeris dentata</i>	소리쟁이	+++	
			<i>Rumex japonicus</i>	크로바	+++
			<i>Trifolium agrarium</i>	여뀌	+
			<i>Persicaria hydropiper</i>	미나리아재비	++
			<i>Ranunculus japonicus</i>		

^a + : 1~10 adults/leaf, ++ : 11~50 adults/leaf, +++ : over 50 adults/leaf

알·약충의 발육기간

각 기주별 알 및 약충 기간은 Table 7과 같다. 알 기간은 고추에서 8.4일과 가지에서 8.1일로 토마토에 7.3일에 비해 길었다. 약충 기간은 고추에서 19.7일이고 포인세치아에서 17.8일로 토마토의 13.9일에 비해 길었다. 알에서 우화까지의 발육기간은 토마토와 가지에서 21.2일과 22.2일이었으며 고추에서는 28.1일로 길었다. Bethke *et al.* (1991)은 포인세치아와 목화(25℃)에서 담배가루이의 알에서 성충까지 발육기간은 각각 23.2일과 25.6일로 기주간에 유의성이 없었으며, Salas and Mendoza (1995)는 토마토에서 22.3일, 그리고 Coudriet *et al.* (1985)은 26.7℃에서 17종의 기주식물에 대한 알에서 성충까지의 발육기간은 고구마와 상추에서 각각 18.6일, 19.4일로 가장 짧았고, 그 다음으로 콩, 목화, 호박, 가지, 오이가 20~21일이며 당근과 브로콜리 (broccoli)가 각각 29.8, 29.7일로 가장 길었다. 이 결과에서 고구마와 상치는 당근과 브로콜리보다 30%정도 발육기간이 짧았으며, 기주식물의 종류에 따라 차이가 있음을 보고하였다. 이상의 결과를 종합해 보면 적합한 기주는 발육기간이 짧았으며, 부적합한 기주는 발육기간이 긴 것으로 나타났다.

Table 7. Mean±SD duration of egg and nymphal period of *B. tabaci* under various host plants

Host plant	Egg	Nymph	Pre-adult stage
Red pepper <i>Capsicum annuum</i>	8.4±0.7a ^a	19.7±0.9a	28.1±0.9a
Poinsetia <i>Euphorbia pulcherrima</i>	7.7±0.7ab	17.8±1.5b	25.5±1.8b
Tomato <i>Lycopersicon esculentum</i>	7.3±0.5b	13.9±0.9c	21.2±1.2c
Eggplant <i>Solanum melongena</i>	8.1±1.3a	14.1±1.8c	22.2±2.8c

^a Means followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991])

성충수명, 산란수 및 생존에 미치는 영향

기주별 암컷 성충수명과 산란수는 Table 8과 같다. 암컷 우화 후 일령별 산란곡선은 토마토에서는 5일째 최대를 나타낸 후 급격히 산란수가 감

소하는 경향이었으며, 고추, 포인세치아에서는 일정한 정점을 보이지 않았고, 가지에서는 장기간에 걸쳐 산란하는 경향이였다. 암컷 성충수명은 고추에서 13.2일이고 가지에서는 26.5일이며 산란수는 고추에서 56.4개로 가장 적었으며, 가지에서 106.4개로 가장 많았다. 이런 결과는 잎의 생장정도에 따른 화학성분의 차이, 잎 뒷면의 모용밀도와 형태 등에 따라 섭식 및 산란행동에 영향을 미치는 것으로 생각되나 정확한 원인은 알수 없다. 앞으로 이 두 기주(고추와 가지)에 대한 생육별 조사는 물론 물리, 화학적 원인 분석이 필요하다. Bethke *et al.* (1991)은 25°C 조건에서 포인세치아와 목화집단의 담배가루이간의 성충수명은 유의성이 없었으며, 산란수는 포인세치아에서 85.0개로 목화의 31.8개 보다 많았음을 보고하였다.

Table 8. Mean±SD duration of adult longevity and fecundity of *B. tabaci* under various host plants

Host plant	n	♀ longevity	Fecundity/♀
<i>Capsicum annum</i>	20	13.2±3.8b ^a	56.4±10.6b
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	20	17.5±5.6b	84.5±32.2ab
<i>Lycopersicon esculentum</i>	20	15.6±2.9b	103.3±30.3a
<i>Solanum melongena</i>	20	26.5±3.2a	106.4±15.0a

^a Means followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991])

각 기주에서 담배가루이의 부화율은 고추에서 90.3%로 가장 높았으며, 포인세치아에서 83.7%로 가장 낮았으나 기주간 큰 차이를 보이지 않았는데, 이미 산란된 상태이므로 기주의 영향을 받지 않는 것으로 생각된다. 우화율은 가지에서 89.6%로 가장 높았으나 가지의 잎은 미세한 가시가 무수히 돌아나 있어 다른 작물과 혼재되어 있을 때는 성충이 선호하지 않는 물리적 특징을 갖고 있다. 그러나 산란된 경우에는 높은 부화율과 우화율을 보여 담배가루이의 발육에 있어서 적합한 기주식물인 것으로 생각된다. 고추에서는 부화 후 2령으로 탈피하지 못하고, 대부분 죽어 우화율이 1.4%로 매우 낮게 나타났다 (Table 9).

Table 9. Survival rate of pre-adult stages of *B. tabaci* under various host plants

Host plant	n	Hatchability (%)	n	Emergence rate(%)
<i>Capsicum annum</i>	422	90.3	422	1.4
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	141	83.7	141	31.9
<i>Lycopersicon esculentum</i>	123	87.0	123	71.5
<i>Solanum melongena</i>	176	89.7	77	89.6

곤충은 기주잎의 영양상태, 물리적 및 화학적방어물질의 반응에 따라 기주 적합성의 중요한 원인이 결정 된다 (Harborne, 1988; Miller and Miller, 1986). 담배가루이 약충의 사망요인은 기주식물의 종류가 크게 관여하는 것으로 생각된다. 본 연구에서 이용한 기주식물의 종류에 따라 부화 유충에서 우화까지의 생존율이 88.2%의 차이를 보였다. 시험작물 중에서 가지와 토마토는 우화율이 각각 89.6%, 71.5%로 이 해충에 적합한 기주식물이라 생각되며, 포인세치아는 전자에 비하여 적합성이 떨어지며, 고추는 1.4%로 부적합한 식물이라 생각된다. 고추의 우화율이 낮은 이유는 잎에 약충의 사망률을 높이는 저해물질 또는 생존에 필요한 필수영양분의 결여가 원인일 가능성이 있지만, 현시점에서 명확히 설명할 수 없다.

개체군 증식에 미치는 영향

기주에 따른 담배가루이의 생명표 분석 결과는 Table 10과 같다. 1세대에 요하는 평균기간 (T)은 토마토에서 27.67이고 고추에서 33.34였다. 1세대당 순증식율 (R_0)은 가지에서 106.08이고 고추에서 39.97로 가지에서 가장 높았으며 내적자연증가율 (r_m)은 토마토에서 0.165로 가장 컸다. 즉 담배가루이의 1세대당 순증식율은 가지, 내적자연증가율은 토마토에서 가장 높아 가지와 토마토가 이 해충에 적합한 기주식물이라 생각된다. Gergis (1994b)는 담배가루이와 유사종인 *B. argentifolii* (B biotype의 담배가루이)의 기주별 (오이, 목화, 서양호박, 토마토) 내적자연증가율 비교에서 전반적으로 높았으며, 2종 모두 목화와 토마토보다 오이와 서양호박에서 높아 기주의 적합성이 높았다고 하였다.

이상의 결과에서 담배가루이의 발육과 생식에 미치는 온도와 기주가 중요한 영향을 미치며, 생명표분석을 통한 이 곤충의 증식에 적합한 온도범위는 30°C, 그리고 적합한 기주는 토마토(4~5엽기)인 것으로 나타났다. 그

러나 이 결과는 제한된 4종의 기주식물에 대한 결과이므로 기주 적합성을 판단하기에 부족하다고 생각되며 다양한 기주식물에 대한 종합적인 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

Table 10. Comparison of life table parameters of *B. tabaci* under various host plants

Host plant	R_o	T	r_m
<i>Capsicum annum</i>	39.97	33.34	0.111
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	73.16	32.91	0.130
<i>Lycopersicon esculentum</i>	97.33	27.67	0.165
<i>Solanum melongena</i>	106.08	30.54	0.153

R_o : Net reproductive rate per generation.

T : Mean generation time in day.

r_m : Intrinsic rate of natural increase.

나. 점박이용애

점박이용애(*Tetranychus urticae* Koch)의 저항성 발달은 살비제의 종류와 지역에 따라 현저한 차이를 나타내고 있으며(송 등, 1995), 저항성 발달 속도도 살비제의 종류에 따라 차이를 나타내고 있다(김과 이, 1989; 김 등, 1994). 한편, 저항성 개체는 감수성 개체보다 농약이 없는 조건에서 생존경쟁이 불리하기 때문에(Dittrich, 1961; Inoue, 1980; Kasamatsu & Ogawa, 1992; Mable & Pree, 1992) 비록 약제저항성이 발달하였다 하더라도 약제의 종류에 따라 정도의 차이는 있으나 다시 감수성으로 회복된다(Denney *et al.*, 1988; Inoue, 1980; 김 등 1995). 이와 같이 저항성 개체의 생식능력과 저항성발달 및 소실의 관계를 밝히는 것은 적절한 방제대책을 강구하는데 기초자료로 활용될 것이다.

용애의 약제감수성 및 저항성계통의 생식력에 관해서는 이미 점박이용애(Dittrich, 1961; Kensler & Streu, 1967; Knono, 1987; 고, 1993; Watson *et al.*, 1963), 간자와용애(*Tetranychus kanzawai* Kishida) (Mizutani *et al.*, 1988), 귤용애(*Panonychus citri* McGregor)(Inoue 1980) 등에서 보고되어 있다. 이들 결과를 종합해보면 저항성계통이 감수성계통보다 증식능력이 떨어진다는 것(Dittrich, 1961; Inoue, 1980)과 두 계통간의 차이를 볼 수 없었다는 것으로(고, 1993; Mizutani *et al.*, 1988) 대별할 수 있다. 그러나 지금까지 연구의 대부분은 실내저항성계통과 감수성계통간의 비교이며, 야외저항성계통 그리고 감수성계통간의 생식력을 비교한 보고는 거의 없다.

본 실험은 살비제에 대한 감수성계통과 진천군 장미재배지 점박이용애의 온도에 따른 발육기간, 성충수명 및 생식력을 비교하였다.

재료 및 방법

실험곤충

감수성계통 점박이용애는 한국화학연구원에서 분양받아 약제의 접촉없이 강남콩(*Phaseolus vulgaris*)에서 누대사육한 실내계통을 감수성계통(S)으로 하였으며, 그리고 야외집단은 충북진천군 장미재배지에서 채집한 집단을 실험에 이용하였다. 실험에 이용한 진천집단의 살비제 감수성의 결과는 아래와 같다 (Table 11).

Table 11. Susceptibles of field-collected populations of *T. urticae* adults to acaricides

Acaricide	LC ₅₀ (ppm) (95% CL)		Resistance ratio
	Susceptible (S)	Jincheon (R _F)	
Emamectin benzoate	0.14 (0.03 - 0.7)	1.3 (1.0-2.6)	9.3
Milbmectin	0.13 (0.094 - 0.23)	0.58 (0.24-1.4)	4.5

생활사 조사

생활사 조사를 위하여 각 계통당 10마리씩 5반복으로 하고 각각 개체사육하였다. 직경 5.5cm의 페트리디쉬 내에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고, 그 위에 직경 2.5cm로 자른 강남콩 잎 절편을 올려 놓은 후 부드러운 붓으로 점박이용애의 암컷 성충을 한 마리씩 접종하여 3시간 이내 산란된 알을 이용하였다. 엽편이 마르지 않도록 페트리디쉬 내에 물을 계속 보충해 주면서 발육단계가 시작되는 초기(부화유충에서 성충전까지)에는 3시간 간격으로 그 이후에는 1일 1회 간격으로 조사하였다. 성충의 산란수 조사는 암수 한쌍을 잎 절편에 접종하고 매일 산란된 알을 조사하였다. 하나의 엽편 내에 알이 30~40개 정도 되면 새 강남콩 엽편으로 교체해 주었고 1일 1회 조사하였다. 이 실험은 20, 25, 30℃의 온도와 상대습도 60±5%, 광주기 16L:8D의 조건하에서 수행하였다.

결과 및 고찰

발육기간과 생존율

점박이용애의 온도에 대한 각 계통의 발육기간과 생존율은 Table 12와 같이 점박이용애의 알에서 성충이 되기 전까지의 발육기간은 S계통이 R_F계통보다 25℃에서는 길었지만 20℃와 30℃에서는 짧았다. 한편, 20℃에서는 S계통이 R_F계통과 유의성을 나타냈지만 25, 30℃에서는 각계통별로 유의성을 나타내었다. 또한 알에서 약충이 되기까지의 생존율은 온도에 대하여 각 계통별로 차이가 없었으며, 약충에서 성충이 되기 전까지의 생존율은 각 온도에서 모두 90%이상의 높은 생존율을 보였고, 계통간에도 차이가 없었다.

Table 12. Developmental period and survival rate of acaricide susceptible (S) and field resistant (R_F) strains of *T. urticae* under 3 different temperatures

Temp. (°C)	Strain	Developmental period (day±SD)	Survival rate(%±SD)	
		From egg to pre-adult	egg	Larva & nymph
20	S	22.6±0.67b	91.0±0.29a	92.5±0.27a
	R _F	22.9±0.45a	93.0±0.35a	93.0±0.22a
25	S	12.6±0.53a	92.0±0.37a	96.9±0.25a
	R _F	11.4±0.63b	92.0±0.20a	98.9±0.75a
30	S	7.7±0.58b	95.0±0.23a	99.9±0.85a
	R _F	8.9±0.40a	93.0±0.26a	100a

Means followed by the same letter within a column are not significantly different (p=0.05, Fisher's LSD test [SAS Institute 1993]).
Sample size, n = 50.

성충의 수명과 산란수

점박이용애의 각 온도별 두 계통의 수명과 산란수는 Table 13, 14와 같이 암컷 성충의 수명은 세 온도간, 계통간 차이가 없었다. 각 온도별 평균 산란수는 25°C(F = 3.17 ; df = 2, 147 ; p<0.0448)에서는 두계통간에 유의성이 없었으나, 20°C (F = 3.31 ; df = 2, 147 ; p<0.0393)와 30°C(F = 9.35 ; df = 2, 147 ; p<0.0002)에서는 S계통이 많았다. 특히 30°C의 경우는 S계통이 현저히 많았다.

점박이용애의 약제저항성과 적응성의 관계에서 Kono(1987)는 dicofol 감수성계통과 기원이 같은 저항성계통간의 생식력 비교에서 발육기간은 모든 온도에서 저항성계통이 감수성계통보다 길었고, 생존율은 25°C, 30°C조건하에서 감수성계통이 낮은 경향이라 하였으며, 산란수에서도 저항성계통이 적었지만 유의 차가 없다고 보고하였다. 또한 Kasamatsu와 Ogawa(1992)는 fenpropathrin 감수성계통과 저항성계통간의 증식력 비교 중 산란수는 30°C에서 저항성계통이 감수성계통보다 적은 경향이 뚜렷하였고, 성충수명은 25°C, 30°C에서 저항성계통이 길었으나, 20°C에서는 계통간에 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 알에서 성충까지의 발육기간과 생존율도 계통간에 차이가 없었다. 그리고 Kensler와 Streu (1967)는 5곳의 장미에서 채집한 점박이용애를 생태학적으로 비교한 바 저항성계통은 감수성계통에 비하여 산란수가 적었고 부화율도 낮았으며, 1세대의 기간은 길었다. 특히

parathion과 dicofol저항성을 나타내는 계통은 일일 암컷당 산란수가 6.2개로 감수성계통의 9.4개에 비해 적었다 (Dittrich, 1961). 이상의 연구 결과들을 종합해보면 저항성계통은 감수성계통에 비하여 생식력이 떨어지며, 특히 온도가 높을수록 현저하였다. 이와 반대로, 고(1993)는 25℃에서 발육기간과 성충수명이 dicofol 감수성과 저항성계통간에 차이가 없었으며, 암컷당 총산란수는 저항성계통이 감수성계통보다 많았다고 하였다. 따라서 살비제 저항성 점박이용애의 생물학적 특성은 연구자들에 따라 상이한 결과를 나타내고 있지만, 본 실험의 결과에서는 25℃에서의 성충수명은 두 계통간에 차이가 없었으나, 산란수는 S계통이 R_F계통보다 많았다. 특히 고온(30℃)에서는 현저한 차이를 나타내었다. 이는 저온(20℃)과 고온(30℃)에서는 야외저항성계통이 감수성계통보다 생식력이 떨어지고 있음을 알 수 있다.

Table 13. Longevity of dicofol susceptible (S) and field resistant (R_F) strains of *T. urticae* under 3 different temperatures

Strain	Longevity of adult female (days) ^a		
	20℃ ^b	25℃ ^c	30℃ ^d
S	17.2±7.81a	12.5±5.72a	8.4±6.81a
R _F	16.4±5.89a	12.9±3.50a	7.7±9.18a

^a Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p=0.05$, Fisher's LSD test [SAS Institute 1993]).

^b $F = 3.55$; $df = 2, 147$; $p < 0.0311$.

^c $F = 0.33$; $df = 2, 147$; $p < 0.0716$.

^d $F = 4.31$; $df = 2, 147$; $p < 0.0152$.

Table 14. Number of eggs laid per female of acaricide susceptible (S) and field resistant (R_F) strains of *T. urticae* under 3 different temperatures

Strain	No. of eggs laid/♀ (Mean±SD)		
	20℃	25℃	30℃
S	65.7±44.2a	86.8±45.8a	121.6±62.5a
R _F	42.5±20.5b	77.8±36.3a	83.8±63.5b

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($p=0.05$, Fisher's LSD test [SAS Institute 1993]).

4. 장미 재배 농가의 농약사용실태 조사

재료 및 방법

장미를 재배하는 농가를 대상으로 연간 살충제와 살균제의 농약살포횟수 그리고 연간 농약사용비등을 조사하였다. 조사대상지역은 진천 이월, 경남 김해, 전남 강진, 전북 익산, 제주 제주등 5지역에서 30농가를 대상으로 조사하였다.

결과 및 고찰

장미를 재배하는 농가의 연령은 주로 40대로 46%를 차지하고 있으며, 20대로 장미를 재배하는 농가도 2명이었고, 30대도 7농가로 조사되었다. 이는 타 작물을 재배하는 농가보다 훨씬 더 젊은 연령으로 생각된다.

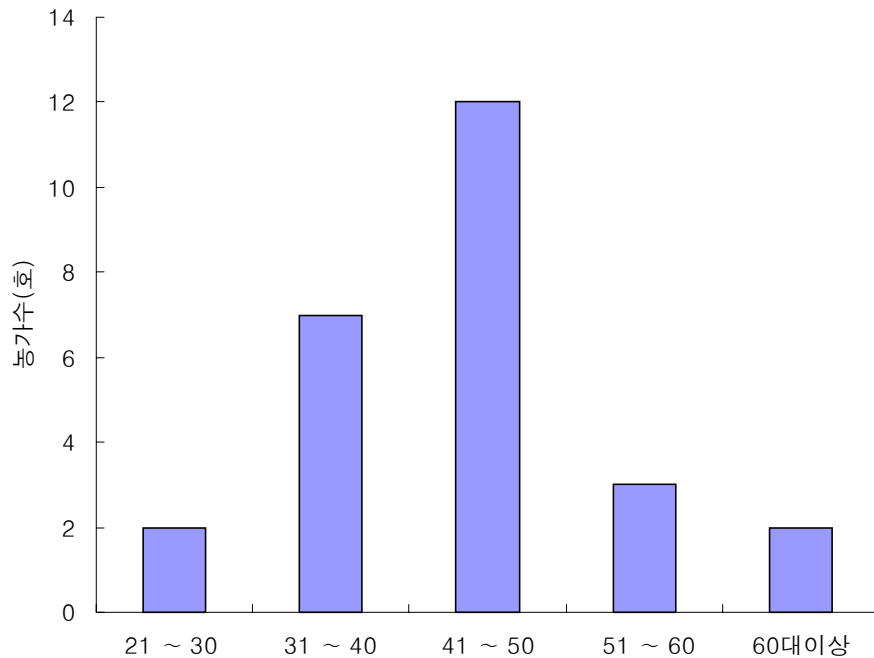


그림 13. 장미를 재배하는 농가의 연령분포.

1농가당 재배면적은 1,000~1,500평이 43%를 차지하고, 500평이하의 농가는 1농가도 없었다. 2,000평 이상도 19%를 차지했다.

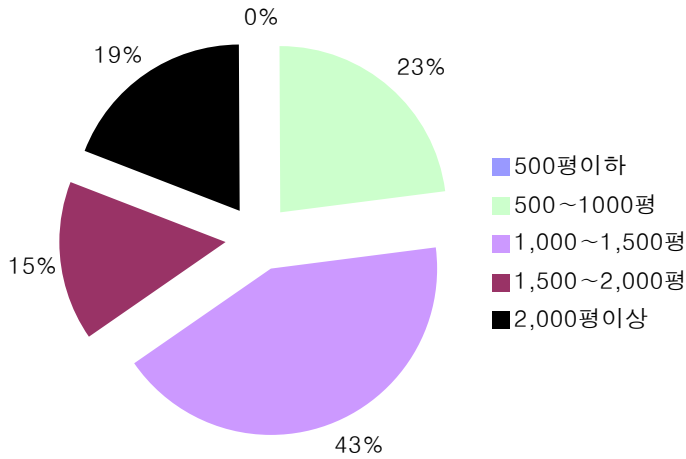


그림 14. 1농가당 장미 재배 면적.

장미재배에 있어서 가장 큰 어려움을 겪는 것은 해충 방제로 전체의 60%를 차지하며 그 다음이 노균병등의 병방제로 24%를 차지하고 있다. 재배기술에 어려움을 겪는 경우는 16%로 가장 낮게 나타나, 장미재배를 하면서 병해충 방제가 어려운 문제로 인식하고 있었다.

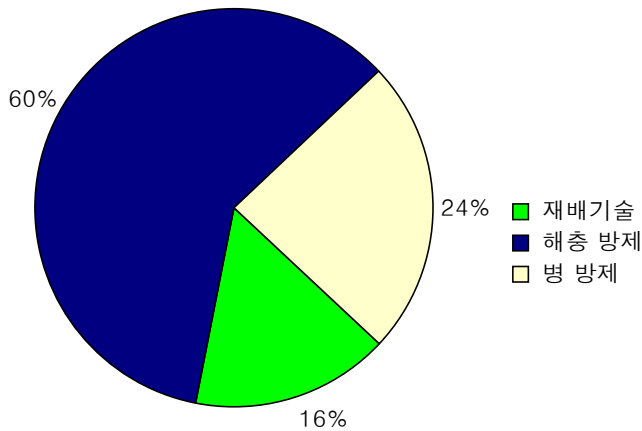


그림 15. 시설장미를 하는 농가에서 가장 큰 문제점.

장미재배에 있어서 농약사용시 살충제와 살균제를 혼용하지 않고 단제로 사용하고 있으며, 이는 약해의 우려 때문이다. 살충제와 살균제를 혼용하는 농가는 23%이며, 살충제나 살균제를 단제로 사용하는 농가는 77%로 나타났다

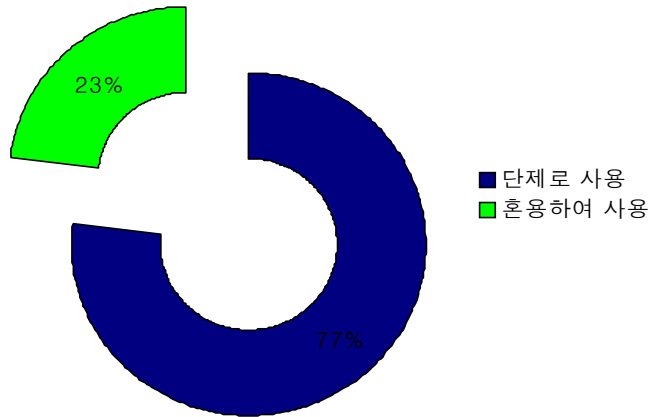


그림 16. 농가에서 약제 살포시 살충제와 살균제의 혼용 여부.

1년간 살충제 사용 횟수는 11~20회 정도가 38%를 차지해 가장 높았지만 1년에 41회 이상을 살포한다고 응답한 농가도 8%를 차지했다. 많은 약제 살포로 인한 저항성 발달이 우려된다.

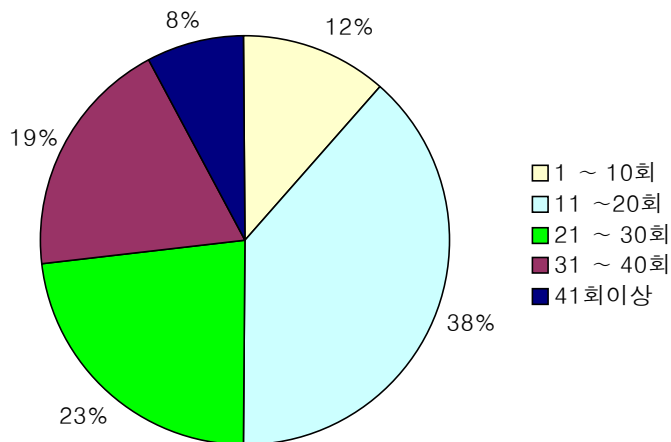


그림 17. 농가에서 1년간 살충제 처리 횟수.

1년간 살균제 사용 횟수는 11~20회 정도가 39%를 차지해 가장 높았지만 1년에 41회 이상을 살포한다고 응답한 농가도 8%를 차지했다.

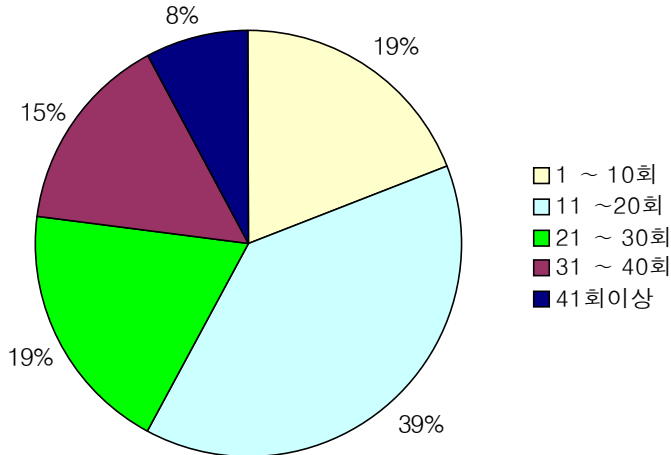


그림 18. 농가에서 1년간 살균제 처리 횟수.

장미를 재배하는데 있어서 가장 방제가 어렵다고 생각하는 해충으로 점박이응애를 응답한 농민이 58%를 보였고, 그 다음이 담배가루이로 26%를 응답했다. 꽃노랑총채벌레가 어렵다고 응답한 농민은 10%였으며, 꽃 봉우리를 가해하거나 잎을 가해하는 해충인 담배거세미나방, 과밤나방, 도둑나방을 가장 어렵다고 응답한 농민은 6%를 차지했다. 점박이응애의 저항성 출현으로 방제가 어렵고, 약제살포 방법에 있어서도 장미 지체부 아랫잎의 뒷면까지 살포하기 때문에 살포방법에 있어서도 가장 어렵다고 생각하였다.

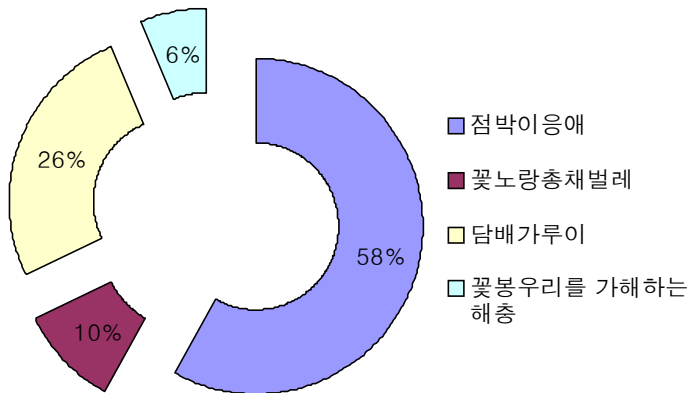


그림 19. 농민들이 가장 방제가 어렵다고 생각하는 해충.

제 2 절 우수살충제 선발

1. 담배가루이

본 연구는 국내에 살충제로 등록되어 있는 43종 약제에 대하여 담배가루이 발육단계별(알, 약충, 성충) 약제 감수성을 조사하였다. 적어도 2발육단계에 대해서 살충력이 높은 살충제를 선발하고, 침투이행성과 잔효성 및 방제효과시험을 수행하여 본 종의 방제약제 선발에 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험곤충

담배가루이는 충북 진천군 이월면 장미재배지(최초 발생 보고지역)에서 채집하여 실내 토마토 유묘(풍생)로 3~5세대 누대사육하면서 실험에 이용하였다. 실내 사육조건은 온도 25~28℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60%로 하였다.

살충제

이 실험에 사용된 살충제는 시판제로서 13종의 유기인제, 5종의 카바메이트제, 8종의 피레스로이드제, 4종의 IGR계, 2종의 네오니코티노이드제, 7종의 혼합제, 기타 4종으로 모두 43종이며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도(ppm)는 Table 1과 같다.

Table 1. Insecticides used in the study of toxicity

Common name	AI ¹ (%) & formulation		Field rate (ppm)
Organophosphates			
Acephate	50	WP	500
Azinphos-methyl	25	WP	500
Chlorpyrifos-methyl	25	EC	312.5
Demeton S-methyl	25	EC	250
Diazinon	34	EC	340
Fenitrothion	50	EC	500
Fenthion	50	EC	500
Flupyazofos	10	EC	100
Methidathion	40	EC	400
Phenthoate	47.5	EC	475
Phosphamidon	50	EC	500
Pirimiphos-methyl	25	EC	250
Pyraclofos	35	WP	350
Carbamates			
Benfurcarb	30	EC	300
BPMC	50	EC	500
Furathiocarb	10	EC	100
Methomyl	24.1	WP	241
Pirimicarb	25	WP	162.5
Pyrethroids			
Bifenthrin	2	WP	20
Cyfluthrin	5	EC	50
Deltamethrin	1	EC	10
Ethofenprox	20	EC	10
Esfenvalerate	1.5	WP	15
Fenpropathrin	5	EC	50
Lambda cyhalothrin	1	EC	10
Zeta-cypermethrin	3	EC	30
Insect Growth Regulators			
Diflubenzuron	25	WP	100
Pyriproxyfen	10	EC	100
Teflubenzuron	5	SC	50
Tebufenozide	8	WP	80
Neonicotinoids			
Acetamiprid	8	WP	40
Imidacloprid	10	WP	50

Table 1. continued

Common name	AI ^a (%) & formulation		Field rate (ppm)
Mixtures			
Acetamiprid +ethofenprox	2.5+8	WP	25+80
Cartap hydrochloride +buprofezin	50+10	WP	500+100
Ethofenprox +diazinon	8+25	WP	80+250
Fenpropathrin +fenitrothion	2.2+20	EC	22+200
Furathiocarb+diflubenzuron	9+7	WP	90+70
Tebufenozide+buprofezin	5+12	WP	50+120
Triazamate +alpha cypermethrin	5+1	EC	50+10
Others			
Abamectin	1.8	EC	2.34
Endosulfan	35	EC	577.5
Pymetrozine	25	EC	55.8
Spinosad	10	SC	50

약제처리 방법

- 발육단계별 약효 시험

살란시험(ovicide test)은 토마토 유묘(파종후 5주)에 1일 동안 받은 알(20~50개/반복당)을 소정약액에 30초간 침지한 후 부화율을 조사하였다. 약충에 대해서는 1일 동안 토마토 유묘(파종후 5주)에 받은 알을 12일째(3령 약충, 20~60마리 약충/반복당)에 소정약액에 30초간 침지한 후 우화율을 조사하였다. 그리고 성충은 토마토 유묘(파종후 5주)를 소정약액에 30초간 침지한 후 원통형 아크릴 사육상(직경 15 x 10cm)에 넣고 20~30마리를 접종하고 3일후에 사충율을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

- 침투이행성 시험

엽면 침투이행성 시험은 토마토 유묘(파종후 5주)의 한쪽잎에 약액을 30초간 침지하고 24시간 후 처리잎을 제거하고 무처리잎만 있는 유묘를 원통형 아크릴 사육상(직경 15 x 10cm)에 넣고 성충 20~30마리를 접종하고 3일후에 사충율을 조사하였다. 뿌리침투이행성 시험은 약액을 토양에 처리하고 24시간 후 토마토 유묘를 원통형 아크릴 사육상(직경 15 x 10cm)에 넣고 성충 20~30마리를 접종하여 3일 후에 사충율을 조사하여 침투이행성 여부를 검정하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

- 잔효성 시험

포트에서 파종후 5~6주된 토마토 유묘잎을 소정의 약액에 30초간 침적하여 온실에 방치하였다. 또, 수분 공급시 약액을 처리한 잎이 물에 닿지 않도록 관주하였으며, 약액처리 1, 3, 7, 9일 후에 유묘를 원통형 아크릴 사육상(직경 15 x 10cm)에 넣고 성충 20~30마리를 접종하였다. 접종 3일 후에 사충율을 조사하였다. IGR계 약제는 토마토 유묘(파종후 5주)에 1일동안 받은 알을 소정약액에 30초간 침지한 후 부화율을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

- 방제효과 시험

준비된 사육상내에 파종후 9~10주된 토마토에 성충을 방사하여 2주간 재배 후 성충밀도를 조사하고 약제를 분무처리하였다. 농약품목등록 기준(농약등록시험 담당자교육교재, 1999)에 따라 처리후 7일째에 소정약액을 다시 처리한 다음(두번째 처리부터) 1, 3, 7, 14일 후에 성충수를 조사하여 방제가를 구하였다. 방제가는 처리전 밀도를 기초로 처리후 밀도를 보정하고 이를 다시 무처리에 대한 보정살충율로서 환산, 표시하였다(Abbott, 1925).

결과 및 고찰

가. 발육단계별 약제감수성

현재 시판되고 있는 살충제를 추천농도(ppm)로 담배가루이의 발육단계별로 살충력을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 담배가루이의 알에 대해서 90%이상의 살란효과(ovicidal effect)를 나타낸 약제는 IGR계의 pyriproxyfen과 teflubenzuron이었다. 약충에 대해서는 항생제계인 abamectin, neonicotinoid계의 acetamiprid, imidacloprid, IGR계의 pyriproxyfen, 혼합제의 acetamiprid + ethofenprox가 95%이상의 살충효과를 나타내었다. 그리고 성충에 대해서는 유기인계의 diazinon, fenitrothion, methidathion, phosphamidon, pirimiphos-methyl, neonicotinoid계의 acetamiprid, imidacloprid, 혼합제의 acetamiprid + ethofenprox, cartap hydrochloride + buprofezin, fenpropathrin + fenitrothion, 기타 abamectin, endosulfan, pymetrozine, spinosad 등이 높은 살충율을 나타내었다. 43종의 약제중 특히 담배가루이의 알, 약충, 성충 중 2발육단계에 대해서 살충효과를 높게 나타낸 약제는 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox의 5종이었다.

Table 2. Comparative toxicities of 43 insecticides on different stages of *Bemisia tabaci* under laboratory conditions

Insecticide	% Mortality					
	Egg ^{a)}		Nymph ^{b)}		Adult ^{c)}	
Organophosphates						
Acephate	2.5±0.5	klm ^{d)}	6.2±1.9	lmm	89.2±2.4	ab
Azinphos-methyl	8.5±4.9	h-m	19.0±2.3	j-n	56.6±10.3	def
Chlorpyrifos-methyl	22.0±5.7	fgh	72.4±16.1	cd	24.5±12.4	hij
Demeton S-methyl	13.8±8.9	g-l	12.8±5.9	j-n	89.0±5.6	ab
Diazinon	3.5±2.9	i-m	59.6±14.0	de	100±0	a
Fenitrothion	5.0±1.1	h-m	40.5±6.7	f-i	95.5±6.4	ab
Fenthion	3.5±0.7	i-m	78.3±10.3	bcd	100±0	a
Flupyazofos	2.9±1.4	j-m	2.0±1.8	n	19.1±13.5	ij
Methidation	2.5±1.2	klm	6.3±3.2	lmn	100±0	a
Phenthoate	13.5±5.2	g-l	30.9±3.8	g-j	80.9±8.3	abc
Phosphamidon	6.3±1.8	h-m	42.7±3.5	e-h	96.5±5.0	ab
Pirimiphos-methyl	3.1±0.6	i-m	51.2±12.6	ef	100±0	a
Pyraclofos	3.5±2.1	i-m	2.7±2.3	n	74.8±7.4	bcd
Carbamates						
Benfurcarb	17.3±0.5	f-i	6.2±1.9	lmn	89.2±2.4	ab
BPMC	8.3±2.1	h-m	8.8±2.0	k-n	23.2±18.7	hij
Furathiocarb	1.3±0.6	m	7.0±6.1	k-n	13.1±2.8	ij
Methomyl	10.2±1.7	h-m	86.6±11.2	abc	30.0±14.1	g-j
Pirimicarb	8.2±3.3	h-m	4.1±3.6	lmn	50.0±12.3	efg
Pyrethroids						
Bifenthrin	15.1±6.1	g-j	22.2±2.0	i-m	95.5±6.4	ab
Cyfluthrin	4.0±1.4	i-m	18.0±6.3	j-n	86.8±11.6	ab
Deltamethrin	7.5±2.4	h-m	14.9±0.9	j-n	10.8±1.1	j
Esfenvalerate	13.5±2.5	g-l	85.2±4.7	abc	26.5±11.3	hij
Ethofenprox	33.1±8.9	ef	97.9±3.8	a	35.2±15.0	f-i
Fenpropathrin	14.2±3.6	g-k	92.0±2.0	ab	75.0±11.2	bcd
Lambda cyhalothrin	10.5±2.1	h-m	48.4±2.9	efg	91.1±3.1	ab
Zeta-cypermethrin	29.0±8.4	efg	93.4±5.8	ab	43.4±4.7	e-h
Insect Growth Regulators						
Diflubenzuron	70.1±8.7	b	60.1±1.9	de	43.3±14.1	e-h
Pyriproxyfen	100±0	a	100±0	a	33.2±26.7	g-j
Teflubenzuron	95.3±2.6	a	52.3±13.3	ef	27.4±4.8	g-j
Tebufenozide	5.2±2.3	h-m	25.9±14.3	h-k	25.7±15.1	h-j
Neonicotinoids						
Acetamiprid	57.1±7.5	bcd	100±0	a	100±0	a
Imidacloprid	51.3±9.7	cd	100±0	a	100±0	a

Table 2. Continued

Insecticide	% Mortality					
	Egg ^{a)}		Nymph ^{b)}		Adult ^{c)}	
Mixtures						
Acetamiprid +ethofenprox	59.1±16.4	bc	100±0	a	100±0	a
Cartap hydrochloride+buprofezin	40.7±19.3	de	61.5±8.9	de	97.6±3.4	ab
Ethofenprox +diazinon	7.8±4.6	h-m	14.8±5.9	j-n	90.9±12.0	ab
Fenpropathrin +fenitrothion	3.0±1.4	i-m	22.8±7.1	i-l	95.5±6.4	ab
Furathiocarb+diflubenzuron	28.7±10.5	efg	52.5±4.3	ef	19.6±14.8	ij
Tebufenozide+buprofezin	17.7±4.6	f-i	80.1±6.3	bcd	63.5±10.3	cde
Triazamate +alpha cypermethrin	1.7±0.9	lm	7.1±1.8	kn	85.7±20.2	abc
Others						
Abamectin	5.5±2.1	h-m	100±0	a	100±0	a
Endosulfan	2.5±0.3	klm	6.7±0.8	lmn	100±0	a
Pymetrozine	2.3±0.3	klm	3.2±2.9	mn	100±0	a
Spinosad	30.6±9.5	efg	16.7±6.2	j-n	100±0	a

^{a)}Egg-hatch suppression(sample size, n= 58~150).

^{b)}Emergence suppression(sample size, n= 65~180).

^{c)}Mortality at 3rd day after treatment of the insecticide (sample size, n=60~70).

^{d)}Mean followed by the same letters are not significantly different(P=0.05; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991]).

담배가루이의 충태에 따른 살충제 감수성 차이는 몇몇 연구자가 보고하였다(Devine *et al.*, 1999; Horowitz *et al.*, 1997; Liu & Stansly, 1997). Liu와 Stansly(1997)은 담배가루이의 일충인 *Bemisia argentifolii*에서 충태별 또는 약충의 영기별로 IGR계인 pyriproxyfen에 대한 감수성은 1, 2, 3령 처리에서 각각 95%이상의 살충율을 나타내어 영기간에 차이가 없었으나, 4령 처리에서는 30%로 급격히 떨어졌으며, 번데기처리에서는 효과가 없었음을 보고하였고, Horowitz *et al.* (1997)도 담배가루이에 대한 abamectin이 1령충에 대한 3령충의 LC₅₀값 비교에서 122배의 감수성저하를 보였으나, 성충은 9.3배로 3령충보다 더 감수성임을 보고하였다. 이와같이 충태에 따른 약제감수성차이는 두터워진 cuticle층에 기인하여 약제 투과성의 저하 그리고 곤충자체의 생리·생화학적인 변화에 따른 약제에 대한 감수성 저하 등을 들 수 있으나 보다 세심한 연구가 이루어져야 할 것이다. 본 실험의 결과에서는 알과 약충보다는 성충이 약제에 대해서 더 감수성이 높은 것으로 나타났다(Table 2).

나. 침투이행성 효과

담배가루이에 우수한 살충효과를 나타낸 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox의 약충과 성충에 대한 침투이행성효과 결과는 그림 1과 같다. 이들 화합물의 담배가루이에 대한 엽면 침투이행성은 imidacloprid에서 20.6%, acetamiprid + ethofenprox에서 51.8%의 살충율을 나타내었으며, 뿌리침투이행성은 pyriproxyfen에서 38.0%, acetamiprid에서 83.1%로 살충율은 약제간에 차이는 있으나 어느 정도 침투이행효과가 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 약충에서도 비슷한 결과를 나타내었다.

침투이행성 약제들은 식물체에 이행된 후 약효력을 발휘하기 때문에 자연환경에서 안정되고 직접약제로 처리되지 않은 부위에서도 살충효과가 있으며 처리된 작물에 식해하는 해충에만 선택적으로 작용하는 등의 장점을 가지고 있다. 따라서 농업해충방제용 살충제에 있어서 침투이행성 보유는 상당한 장점이라 할 수 있는데, 시판되고 있는 약제 중 침투이행성을 보이고 있는 약제는 유기인계인 demeton-S-methyl, dimethoate, 그리고 카바

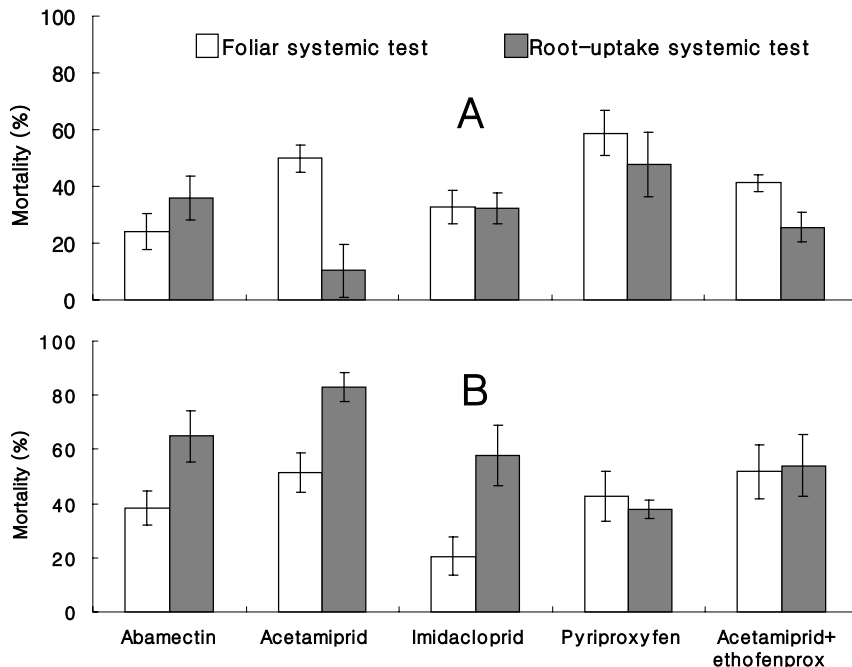


Fig. 1. Systemic effects of 5 insecticides to nymph(A) and adult(B) of *B. tabaci* (P=0.05; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991]). Sample size, 30~100 nymphs or adults/replicate, 3 replicates/ treatment.

메이트게인 carbofuran, pirimicarb 등이 잘 알려져 있으나(Lee *et al.*, 1995), 본 실험에 사용된 5종의 살충제는 구조상 약제가 처리된 후 침투되어 수관이나 체관계를 따라 각 부위로 이동할 수 있는 이행능력이 약한 것으로 생각되나, 정확한 원인은 알 수 없다.

Prabhaker *et al.*(1999)은 neem, azatin의 종자처리, 토양처리 및 엽면처리하여 담배가루이의 일종인 *Bemisia argentifolii*에 산란억제 및 살유충에 미치는 영향을 조사하였는데, neem은 종자처리에서 산란억제효과는 없었으나, 토양처리에서는 효과가 있었고, 잎앞면처리에서는 뒷면으로의 이행효과를 보고하였다. 그리고 azatin은 종자처리와 토양처리에서 산란억제효과를 나타내어 침투이행성 효과가 있음을 보고하였는데(Larew *et al.*, 1985), 이러한 차이는 neem은 종자처리보다 토양처리에서 지속적으로 잔류해 있기 때문에 뿌리에서 잎으로의 이동이 가능하여 효과를 나타낸 것으로 추정하였다. 또한 Rubinstein *et al.* (1999)도 담배가루이(B biotype)에 대한 imidacloprid의 토양처리에서 침투이행효과가 있음을 보고하였으며, 본 실험의 imidacloprid 결과를 뒷받침하고 있다. 가루이는 주로 잎뒷면에 서식하기 때문에 약제처리에 의한 접촉 가능성이 낮다. 따라서 효율적인 방제를 위해서는 침투이행성효과가 있는 약제선발이 중요하다.

다. 잔효성 및 방제효과

Fig. 2는 담배가루이의 성충 또는 알에 대한 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox의 잔효성을 온실에서 과종 후 5주된 토마토 유묘에 관행농도(ppm)를 처리하고 9일까지 조사한 결과이다. 담배가루이에 대해서 acetamiprid, imidacloprid 처리 7일째까지에서 100%였으며, 9일째에도 각각 92.2%, 85.5%의 살충율을 나타내었다. 또한 abamectin, acetamiprid + ethofenprox도 9일째까지 각각 81.1%, 78.5%의 살충활성을 나타내었다. IGR계인 pyriproxyfen은 성충에 대해서는 효과가 낮기 때문에 알을 이용해서 검토하였는데, 7일째까지 잔효성은 인정되나 효과는 낮았다. 이상의 결과에서 5종 살충제 모두 잔효성이 있는 것으로 나타났다.

Horowitz *et al.* (1997)은 담배가루이에 대한 abamectin과 abamectin + mineral oil혼합 처리(1mg, AI/liter)에서 빛조건이 잔효성에 미치는 영향을 조사하였는데, 암조건에서는 abamectin은 처리직후 86%이었으나 28일째에 39%로 감소하였으며, abamectin + mineral oil 혼합 처리는 처리 직후 100%, 28일에는 88%의 살충률을 나타내었다. 매일 3시간 빛노출 조건에서

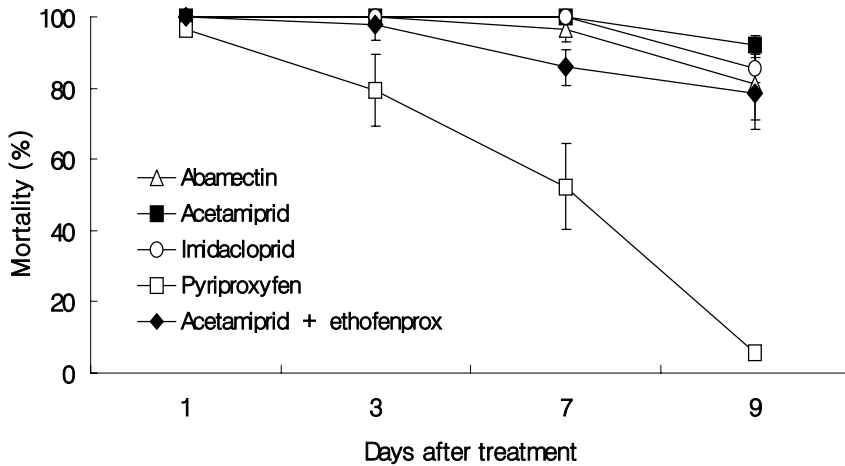


Fig. 2. Residual effects of 5 insecticides against *B. tabaci*. Adults were tested for all insecticides except for pyriproxyfen. For pyriproxyfen, eggs were tested. Sample size, 50~70 adults or eggs/replicate, 3 replicates/treatment.

abamectin은 2일 후에 20%를 나타내었으나, abamectin + mineral oil 혼합 처리는 20일까지 88%의 잔효성을 보였다. 따라서 빛이 살충활성감퇴에 주요한 요인임을 지적하였다. 또한 Rubinstein *et al.*(1999)도 담배가루이(B biotype)에 대한 imidacloprid를 여름철과 겨울철처리의 약효지속시간비교에서 겨울에는 3주간 효과가 지속되었으나, 여름에는 2주로 효과가 짧았다. 그 원인에 대해서는 설명하지 않았으나, 빛이 주요한 원인인 것으로 생각된다. 본 실험은 온실의 광조건(가을, 10월)에서 수행하였으며, 광조건에 따른 살충력의 차이는 검토하지 않았으나, 추후 연구가 필요하다.

잔효성이 우수한 살충제는 처리후 상당기간 동안 계속처리하지 않아도 지속적인 해충방제효과를 보이기 때문에 사용측면에서 경제적이라 할 수 있다. 그러나 반대로 잔효성이 길어 잔류독성을 야기시킨다면 환경에 미치는 부작용이 크기 때문에 사회문제로까지 대두될 수 있다. 앞으로 환경친화형 농약개발의 필요성을 고려해 볼 때, 5종의 공시약제는 잔류독성에는 문제가 없는 약제로 판정되었기 때문에 pyriproxyfen을 제외한 4종 살충제는 9일까지 높은 잔효성은 가루이의 방제에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 5종의 살충제가 온실조건하에서 담배가루이에 대한 방제효과가 어느정도인가를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 담배가루이에서

abamectin, acetamiprid, imidacloprid, acetamiprid + ethofenprox는 처리후 1일째부터 90%이상의 높은 방제효과를 나타내었으며, 14일째에도 100%의 방제가를 나타내었다. IGR계인 pyriproxyfen은 작용특성 때문에 처리후 1일째에는 43%의 낮은 방제가를 나타내었으나, 3일째부터는 서서히 증가하기 시작하여 9일째부터는 90%이상의 방제가를 나타내었다.

Horowitz *et al.* (1997)은 담배가루이에 대한 목화포장조건에서 abamectin (18g,AI/ha)단독 처리보다 abamectin(18g,AI/ha) + mineral oil(1%) 혼합 처리에서 약충수가 크게 감소하였으며, mineral oil은 abamectin의 효과를 증진시켜 잔효성의 결과를 얻었고(Abro *et al.*, 1989), abamectin 응애에 대해서도 효과가 있으므로 포장에서는 담배가루이와 응애가 섞여 있기 때문에 동시방제에 효과적인 약제라고 하였다.

이상의 결과를 종합해보면, 온실조건하에서는 담배가루이의 효과적인 방제를 위해서는 알, 약충, 성충 중 적어도 2가지 충태에 대해서 효과가 있어야 경제적인 방제가 가능할 것이다. 이러한 조건을 갖추고 있는 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid + ethofenprox는 가루이 방제에 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

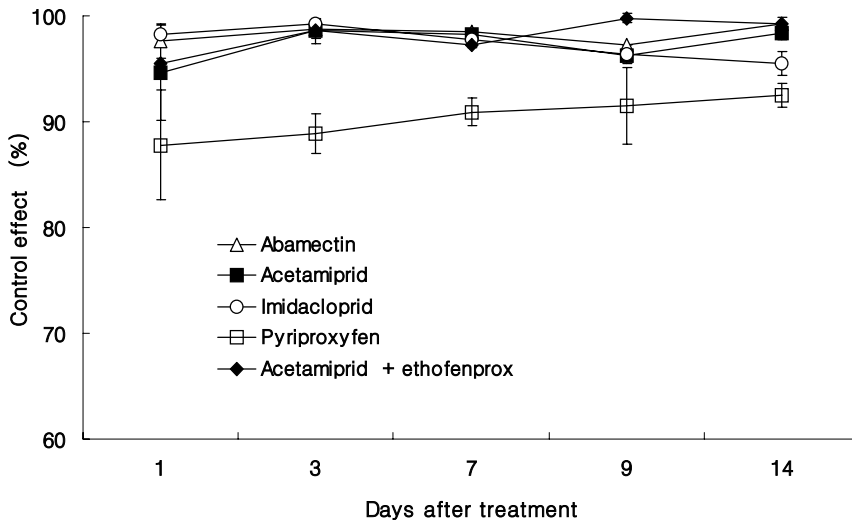


Fig. 3. Control effects of 5 insecticides to *B. tabaci* under the greenhouse condition. Sample size, 70~120 adults/replicate, 3 replicates/treatment.

2. 점박이용애

점박이용애는 시설하우스 장미재배지의 경제적 주요 해충이며(Van de Vrie, 1985), 화훼류뿐만 아니라 과수, 채소류 등에서도 가장 심각한 피해를 나타내고 있다(Asada, 1978; Ho, 2000; Takafuji *et al.*, 2000). 용애류는 번식력이 왕성하고 세대기간이 짧기 때문에 단시일 내에 밀도가 증가하고, 연중 재배하는 장미의 특성상 약제에 대한 저항성 발달이 빠르다. 장미시설 재배지에서는 점박이용애는 가장 방제가 어려운 문제 해충이기 때문에, 살비제 사용횟수도 매우 많고, 특히 농가에 따라 약제 저항성 발달 정도가 다르다. 이 절에서는 장미의 점박이용애에 등록된 약제를 중심으로 추천농도에서 농가별 알과 성충에 대한 약제감수성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험곤충

시험곤충은 충북 진천 이월면 장미재배 2농가의 유리온실에서 2002년 4월에 채집한 점박이용애(A 농가)와 점박이용애(B 농가, 붉은색용애)를 이용하였고 점박이용애 감수성계통은 화학연구소에서 누대사육한 것을 이용하였다. 실내 사육조건은 온도 25~28℃, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~60%로 하였다.

시험약제

본 시험에 사용된 약제는 점박이용애에 등록되어있는 약제들로서 모두 17종이며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도는 Table 3과 같다.

약제 처리방법

알에 대한 감수성 시험을 위하여 직경 5.5cm의 페트리디쉬 내에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고, 그 위에 직경 2.5cm로 자른 강낭콩 잎 절편을 뒷면이 위를 향하도록 올려놓았다(Grafton-Cardwell & Hoy, 1983). 부드러운 붓으로 각 농가의 점박이용애 성충을 50마리씩 집중하여 3시간 내에 산란된 알을 시험에 이용하였다. 산란 후 24시간이 경과된 강낭콩 잎을 약제 농도별로 스프레이를 이용하였고, 약제 처리 6일 후에 부화 약충수를 조사하였다.

성충에 대한 감수성 시험은 알에 대한 시험방법과 동일하게 하였으며, 성충을 페트리디쉬의 강낭콩 잎에 부드러운 붓으로 10마리씩 집중한 후 24

시간 이내에 약제 농도별로 스프레이를 사용하여 살포하였고, 24시간과 48시간 후에 생충수를 조사하였다. 강낭콩 잎 밖으로 나가거나 가는 부드러운 붓으로 건드렸을 때 반응이 없는 개체는 죽은 것으로 하였으며 생존 개체는 정상 보행을 하는 것과 미세한 붓으로 자극했을 때 약간 움직이지만 정상적으로 보행할 수 없는 개체는 활동 불능 된 것으로 구별하였다(김, 1996; 백, 1996). 강낭콩 잎이 마르지 않도록 페트리디쉬 내에 물을 계속 보충해 주면서 수행하였으며, 알과 성충에 대한 감수성 조사는 모두 3반복으로 수행하였다.

Table 3. Insecticides used in the study of toxicity

Common name	Trade name	A.I. ^a (%) & Formulation	Conc. (ppm)
Abamectin	Allstar	1.8 EC	6.03
Milbemectin	Milbenock	1 EC	10
Emamectin- benzoate	Affirm	2.15 EC	10.8
Bifenazate	Acramite	23.5 SC	110.8
Acequinocyl	Kanemite	15 SC	150
Tebufenpyrad	Piranica	10 EC	50
Etoxazole	주움	10 SC	25
Fenpyroximate	살비왕	5 SC	25
Bifenthrin	캡처	8 WG	20
Fenpropathrin	다니톨, 포충탄	5 EC	50
Tetradifon+pirimiphos	함성	8+25 EC	160+500
Flufenoxuron	카스케이드	5 DC	50
Fenbutatin oxide	토큐, 씨든데스,	50 WP	769.2
Tebufenpyrad+tetradifon	인파이터	2.5+8 EC	25+ 80
Pyridaben	산마루	20 WP	200
Fenazaquin	보라매	20 SC	66.7
Spirodiclofen	엔비도	22 SC	55

^a Active ingredient

결과 및 고찰

가. 점박이용애 감수성계통과 장미시설하우스 야외계통의 살비제 감수성비교

점박이용애 감수성계통과 충북 진천의 장미재배단지에서 채집한 점박이용애의 살비제 감수성 비교는 표 4와 같다. 약제별 추천농도로 처리하였을 경우 알에 있어서 acequinocyl, tebufenpyrad, etoxazole, spiroadiclofen은 감수성계통과 야외계통 모두 100%의 부화억제율을 나타냈고, milbemectin, bifenazate, tetradifon+pirimiphos, tebufenpyrad+tetradifon, pyridaben, fenazaquin은 감수성 계통만 100%의 부화억제율을 보였다. 그러나 야외계통(B농가)에서는 abamectin, milbemectin, emamectin-benzoate, bifenazate, fenpyroximate, bifenthrin, fenpropathrin, flufenoxuron, fenbutatin oxide, tebufenpyrad+tetradifon은 50% 미만의 낮은 부화억제율을 보였다. 성충은 abamectin, milbemectin, emamectin-benzoate, bifenazate, acequinocyl의 5 약제에서는 감수성계통과 야외계통(A농가) 모두 100%의 살충율을 보였으나, 야외계통(B농가)에서는 90%미만의 살충율을 보여 약제에 대한 저항성이 높음을 알 수 있었다.

감수성계통과 야외계통(A, B농가)의 점박이용애 성충에서 우수한 약효를 보인 abamectin, milbemectin, emamectin-benzoate, bifenazate, acequinocyl, tebufenpyrad등 6종에 대하여 LC₅₀값을 비교한 결과(표 5), 알에 있어서는 감수성 계통과 야외계통(A농가)에서는 LC₅₀값 차이가 없었으나 야외계통(B농가)에서는 높은 LC₅₀값을 보여 약제감수성이 매우 낮았다. 성충에 있어 LC₅₀값은 milbemectin에서 다른 약제보다 차이가 컸는데 감수성계통은 0.13ppm, 야외계통은 0.58, 6.64ppm으로 각각 4.5배, 51.1배의 차이를 보였고 emamectin-benzoate는 감수성계통이 0.14ppm, 야외계통이 각각 1.3, 2.7ppm으로 9.3배와 19.3배를 보여 저항성이 높게 나타났다. 야외계통(B농가) 점박이용애의 성충은 모두 붉은색을 띠었고, 약제에 대한 감수성이 매우 낮아 다른 종으로 의심이 되었다. 그러나 농업과학기술원 농업해충과에 동정 한 결과 모두 점박이용애로 판명되었다. 윤(2001)등에 따르면 점박이용애가 Wolbachia에 감염되면 약제에 대한 저항성과 생태가 바뀐다고 보고하였는데, 이에 대한 자세한 연구가 요구된다.

표 4. 추천농도에서 점박이용애 감수성 계통과 야외계통A, B 농가의 살충율 비교

Acaricides	Mortality (%)					
	Susceptibility <i>T. urticae</i>		field population of <i>T. urticae</i> (A farmer)		field population of <i>T. urticae</i> (B farmer)	
	Egg	Adult	Egg	Adult	Egg	Adult
Abamectin	15.1±2.2	100.0±0.0	9.7±8.1	100.0±0.0	3.8±3.5	83.3±5.8
Milbemectin	100.0±0.0	100.0±0.0	85.3±12.0	100.0±0.0	37.5±2.5	75.4±10.0
Emamectin - benzoate	8.4±3.8	100.0±0.0	5.3±4.6	100.0±0.0	0.0±0.0	70.0±10.0
Bifenazate	100.0±0.0	100.0±0.0	79.2±3.0	100.0±0.0	19.0±8.4	70.0±10.0
Acequinocyl	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	86.7±5.8
Tebufenpyrad	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	70.0±0.0	100.0±0.0	60.0±10.0
Etoxazole	100.0±0.0	-	100.0±0.0	-	100.0±0.0	-
Fenpyroximate	47.0±5.9	37.5±9.4	51.7±8.1	3.3±1.1	2.5±0.6	2.2±1.4
Bifenthrin	90.3±7.6	100±0.0	47.2±5.3	85.0±2.4	30.5±5.9	66.7±4.7
Fenpropathrin	3.4±0.9	84.9±9.5	2.7±1.3	63.3±9.4	2.9±1.2	55.7±7.1
Tetradifon+piri miphos	100.0±0.0	100.0±0.0	98.3±7.5	85.3±5.2	90.2±5.3	69.0±7.3
Flufenoxuron	34.1±2.0	8.3±11.9	27.3±2.9	8.3±7.1	17.8±2.6	8.3±7.1
Fenbutatin oxide	60.9±19.0	100.0±0.0	50.4±12.1	83.3±9.4	38.5±11.6	46.0±3.8
Tebufenpyrad+t etradifon	100.0±0.0	100.0±0.0	62.4±8.3	85.0±2.4	49.2±5.2	62.7±11.8
Pyridaben	100.0±0.0	88.6±3.1	94.2±3.3	10.4±4.2	98.1±1.9	5.5±2.1
Fenazaquin	100.0±0.0	100.0±0.0	75.0±10.1	87.0±7.1	44.6±5.3	39.0±3.6
Spirodiclofen	100.0±0.0	64.4±12.6	100.0±0.0	73.3±10.0	100.0±0.0	35.6±6.8

표 5. 점박이용애 감수성 계통과 야외계통(A, B 농가)의 LC₅₀값 비교

Acaricides	LC ₅₀ (ppm)					
	Susceptibility <i>T. urticae</i>		field population of <i>T. urticae</i> (A farmer)		field population of <i>T. urticae</i> (B farmer)	
	Egg	Adult	Egg	Adult	Egg	Adult
Abamectin	7.1	0.03	30.3	0.08	82.3	0.90
Milbemectin	0.2	0.13	0.01	0.58	18.0	6.54
Emamectin - benzoate	5.7	0.14	5.9	1.3	66.2	2.70
Bifenazate	0.5	1.0	6.29	4.68	41.7	17.20
Acequinocyl	0.42	1.30	1.79	29.1	18.1	32.50
Tebufenpyrad	6.6	6.76	8.8	8.48	12.2	25.80

3. 꽃노랑총채벌레

꽃노랑총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*)는 미국의 서부지역에서 1970년대와 1980년대에 세계적으로 확산되었으며 (Tommacini & Maini, 1995), 우리 나라에는 1994년 침입 (Woo *et al.*, 1994)한 이후로 많은 작물에 심각한 피해를 주는 주요해충이다. 꽃노랑총채벌레의 생활사를 보면 식물 조직 내에서의 알 단계, 식물 표피에서의 어린 유충단계, 토양에서의 노숙유충과 번데기 그리고 꽃 내면에서의 성충 단계를 거치지만 이러한 발육 단계에도 불구하고 알에서 성충까지의 발육기간이 매우 짧고 (Gaum *et al.*, 1994), 채소류, 관상용식물 그리고 과수작물 등에 피해를 주는 다식성 해충 (Yudin *et al.*, 1986)으로 기주가 220여종 이상 보고되었다 (Brodsgaard, 1989). 식물에 물리적으로 silver necrose를 일으키거나, 간접적으로는 tomato spotted wilt virus (TSWV) 같은 식물 병을 매개하여 피해를 주기도 한다 (Ananthakrishnan, 1993; Sakimura, 1962).

꽃노랑총채벌레의 살충제 방제에는 몇 가지 어려운 점이 있다. 첫째로 꽃노랑총채벌레는 숨는 습성을 가지고 있어서 살충제로부터 보호를 받는다. 위에서 언급한 생활사에서처럼 각 발육단계마다 서식처가 다르고, 특히 유충과 성충은 꽃의 봉오리나 꽃잎이 겹치는 부분에 존재하기 때문에 살충제와의 접촉을 피할 수 있다. 둘째로 살충제는 꽃노랑총채벌레의 저항성을 가지고 왔고, 그로 인해 새로운 살충제의 개발을 발달시켰다 (Immaraju *et al.*, 1992). 마지막으로 꽃노랑총채벌레의 저항성은 발육기간이 짧고, 높은 다산성이라 빠르게 진행될 것이다. 즉, 단위생식이기 때문에 반수체인 수컷에 저항성 유전자가 있다면 살충제 처리에 곧바로 도태가 일어나고 이것은 저항성 발달을 촉진시킬 것이다 (Brodsgaard, 1989; Denholm *et al.*, 1998). 시설재배지에서 수행된 많은 결과들은 이전에 효과가 있었던 살충제에 대해 감수성이 줄어들었다는 것을 보여준다 (Baker, 1988; Parrela & Robb, 1985; Race, 1961). 실제 여러 해 동안 꽃노랑총채벌레는 유기인계와 카바메이트계, 피레스로이드계 살충제에 대해서 저항성이 발달하였고, 저항성 과정이 부분적으로 밝혀졌다 (Helyer & Brobyn 1992; Immaraju *et al.*, 1992; Brodsgaard 1994; Zhao *et al.*, 1994, 1995a, b). Zhao (1995)는 5곳의 시설재배지의 꽃노랑총채벌레를 대상으로 시험한 결과 diazinon, methomyl, bendiocarb 그리고 cypermethrin에 대해서 저항성이었고, 특히 cypermethrin에 대해서는 실내계통과 비교하여 273배나 저항성이 발달한 야외계통도 있다고 보고했다.

이번 연구에서는 지금까지 보고 되어온 몇 가지 생물검정법을 참고하여 (Jensen, 2000; Kontsedalove *et al.*, 1998; Morse *et al.*, 1986; Morishita, 2001) 실내에서 살충제 감수성 평가를 위한 효과적이고, 정확한 생물검정법을 제시하고, 41종의 살충제에 대한 약제 및 지역별 감수성을 비교하여 효과적인 방제 약제 선발에 기초자료로써 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시험곤충

꽃노랑총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*)는 경기 고양시, 경남 김해시 초정리, 전북 임실군, 충북 진천군, 경남 칠량면 장미재배단지에서 2001년 7월경에 성충을 채집하여 시험에 이용하였다.

시험약제

이 시험에 사용된 살충제는 유기인계 9종, 카바메이트계 5종, 피레스로이드계 6종, 네오니코티노이드계 3종, 항생제 3종, 혼합제 7종 그리고 기타 약제 8종으로 모두 41종의 시판되고 있는 제품을 사용하였으며, 각 살충제에 대한 일반명과 유효성분 및 제형 그리고 추천농도를 Table 5에 나타내었다.

약제감수성 시험

꽃노랑총채벌레 성충에 대한 약제감수성 시험은 충북대학교 농대 온실에서 직접 재배한 장미 꽃잎 (지름 약 2.5cm)을 추천농도의 약액에 30초간 침지한 후 유리바이엘 병에서의 수 분 발생을 막기 위해 1시간 동안 음건하고, 유리바이엘 뚜껑에 마른 filter paper (Φ12mm) 를 고정하여 수분흡수 역할을 할 수 있도록 하였으며, 유리바이엘 병 (30mL)에 약액에 침지한 장미 꽃잎을 넣고, 진공펌프 (MEDI PUMP[®], THOMAS[®],USA)를 이용하여 충북 진천 장미 재배단지에서 채집한 성충을 15마리씩 접종하고 난 후 sealing film으로 뚜껑을 wrap- ping하여 48시간 후 사충수를 조사하여 살충율을 구하였다. 모든 시험은 5반복으로 수행하였다.

결과 및 고찰

성충에 대한 약제감수성

현재 시판되고 있는 41종의 살충제를 추천농도 (ppm)로 하여 충북 진천 장미재배지에서 채집한 꽃노랑총채벌레 성충에 대해 처리한 약제감수성 시험 결과는 Table 6과 같다. 성충에 대해 90%이상의 살충율을 보인 약제는 유기인계의 chlorpyrifos-methyl, phenthoate, fenthion, 향생제의 emamectin-benzoate, 혼합제의 chlorpyrifos+diflubenzuron, furathiocarb+diflubenzuron, 그리고 그 외의 fipronil, spinosad 이었고, chlorfenapyr도 85.4%의 다소 높은 살충율을 나타내었다. 그러나 이번 시험에 사용한 카바메이트계, 피레스로이드계, 네오니코티노이드계는 꽃노랑총채벌레 성충에 대해서 살충효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 이것은 이전의 여러 연구에 의해 나타난 시험 결과와 유사하다. 미국과 북부 유럽에서는 몇몇 유기인계 살충제에 대해서는 효과가 좋았으나 피레스로이드계의 살충제에 대해서는 효과가 없었으며 (Helyer & Brobyn, 1992; Immaraju *et al.*, 1992), 일본에서는 피레스로이드계와 카바메이트계 그리고 네오니코티노이드계 살충제 또한 효과가 떨어지는 것으로 나타났다(Morishita, 2001). 그러나 카바메이트계인 methiocarb는 꽃노랑총채벌레 방제를 위해 효과적이라는 보고도 있었고 (Cook *et al.*, 1995; Herron *et al.*, 1996) 실제 여러 나라에서 꽃노랑총채벌레 방제를 위해서 등록되기도 하였다.-호주 (Herron, 1996), 이스라엘 (Kontsedalove *et al.*, 1998), 덴마크 (DEPA, 1999), 미국의 많은 주 (Gowan Company, 1999). 하지만 꽃노랑총채벌레의 다른 집단에서 methiocarb에 대한 저항성이 보고되었고 (Brodsgaard, 1994; Jensen, 1998; Kontsedalove *et al.*, 1998), 심지어는 시험하기도 전에 methiocarb에 노출되지 않았던 집단에서도 저항성이 존재했다 (Brodsgaard, 1994).

Table 6. Toxicities of 40 insecticides to the Jincheon population of *Frankliniella occidentalis* adult under laboratory condition in 2001

Insecticide	AI ^a (%) & formulation		Conc. (ppm)	n	% Mortality (mean±SD)	
<i>Organophosphates</i>						
Acephate	50	WP	500	45	15.4±18.5	j-h
Chlorpyrifos-methyl	25	EC	312.5	45	91.2±5.2	ab
Dichlorvos	50	EC	500	45	59.4±20.9	b-i
Fenthion	50	EC	500	47	95.6±4.7	ab
Fenitrothion	50	EC	500	49	67.7±22.8	a-d
Flupyrzofos	10	EC	100	42	20.7±11.6	g-n
Methidathion	40	EC	400	45	69.8±8.9	a-e
Phenthoate	47.5	EC	475	45	91.4±3.8	ab
Pirimiphos-methyl	25	EC	500	45	42.9±12.4	d-k
<i>Carbamates</i>						
Benfuracarb	30	EC	300	45	16.0±3.3	j-n
Carbaryl	50	WP	500	45	65.9±5.7	a-f
Furathiocarb	10	WP	100	45	52.5±29.0	b-i
Methomyl	24.1	SC	241	48	5.7±5.6	k-n
Pirimicarb	25	WP	162.5	50	23.8±10.9	g-n
<i>Pyrethroids</i>						
Bifenthrin	2	WP	20	45	32.4±19.1	f-n
Cypermethrin	5	EC	50	45	7.7±10.1	k-n
Deltamethrin	1	EC	10	48	17.8±5.9	i-n
Ethofenprox	20	EC	200	49	16.7±19.3	j-n
Fenpropathrin	5	EC	50	43	4.9±5.2	lmn
λ-cyhalothrin	1	EC	10	47	18.2±5.3	j-n
<i>Neonicotinoids</i>						
Acetamiprid	8	WP	40	45	21.3±8.9	h-n
Imidacloprid	10	WP	50	45	21.1±4.2	h-n
Thiamethoxam	10	WG	50	46	56.3±38.2	b-h
<i>Antibiotics</i>						
Abamectin	1.8	EC	6.03	45	60.7±5.8	b-g
Emamectin benzoate	2.2	EC	10.75	45	100±0.0	a
Milbemectin	2	EC	20	45	21.3±4.4	h-n

Table 6. continued

Insecticide	AI ^{a)} (%) & formulati on	Conc. (ppm)	n	% Mortality (mean±SD)	
<i>Mixtures</i>					
Acetamiprid+ethofenprox	25+8 WP	25+80	45	4.2±5.2	mn
Cartap+buprofezin	50+10 WP	500+100	45	40.7±8.5	d-l
Chlorfenapyr+bifenthrin	2+1 WP	200+100	45	21.7±13.3	g-n
Chlorpyrifos+diflubenuron	20+7 WP	200+70	45	100±0.0	a
Esfenvalerate+fenitrothion	1.25+15 WP	12.5+150	42	50.6±16.9	c-j
Furathiocarb+diflubenuron	9+7 WP	90+70	45	90.0±5.5	ab
Imidacloprid+methiocarb	3+20 WP	30+200	44	65.0±10.5	a-f
<i>Others</i>					
Cartap	50 SP	500	45	9.4±17.6	k-n
Chlorfenapyr	5 WP	50	45	85.4±9.2	abc
Clothianidin	8 SC	40	45	33.3±17.7	e-m
Fipronil	5 SC	50	42	100±0.0	a
Pymetrozine	35 WP	83.75	46	29.6±7.1	f-n
Spinosad	10 WG	50	48	100±0.0	a
Thuricide	16 WP	20	45	16.7±20.8	j-n
Control			49	2.7±1.4	n

Means followed by the same letters are not significantly different(p=0.05; Tukey's studentized range test).

^{a)} Active ingredient.

^{b)} Number of insects tested.

IGR제인 pyriproxyfen은 이번 시험 결과에서 성충에 대해 29.6%를 나타내었으나 Morishita의 시험에서는 유충에 대해 IGR제인 lufenuron과 chlorfluazuron이 48시간에서 각각 86.3%, 76.8%의 살충율을 나타내었고, 72시간 후에는 각각 91.7%, 85.9%로 높은 살충율을 나타냈다 (Morishita, 2001). 따라서 IGR계 약제를 이용한 방제의 가능성도 고려해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

제 3 절 약제 저항성 모니터링

1. 담배가루이

담배가루이는 1세대경과일수가 짧아 살충제에 의한 도태회피가 많아지므로 살충제 저항성 발달은 유기인계, 카바메이트계, 피레스로이드계 뿐만 아니라 IGR계와 같은 살충제들에 대해서도 저항성이 외국에서는 이미 보고되어 있으며, 방제에 어려움을 겪고 있다(Wardlow, 1976; Elhag & Horn, 1983; Prabhaker *et al.*, 1992; Horowitz & Ishaaya, 1994; Horowitz *et al.*, 1994; Ishaaya & Horowitz, 1995; Dennehy & Williams, 1997; Horowitz *et al.*, 1997; Devine *et al.*, 1999; Horowitz *et al.*, 1999). 국내에서는 가루이에 대한 살충제 저항성에 관한 연구보고는 없다. 외국에서는 온실가루이보다 담배가루이에 대한 연구보고가 많은데, 유기인계, 카바메이트계, 피레스로이드계, IGR계 뿐만아니라 최근에 개발 사용되고 있는 네오니코티노이드계와 같은 살충제들에 대해서도 저항성이 보고되어 있으며, 방제에 어려움을 겪고 있다(Wardlow 1976; Elhag & Horn, 1983; Prabhaker *et al.*, 1992; Horowitz & Ishaaya, 1994; Horowitz *et al.*, 1994; Devine *et al.*, 1999; Horowitz *et al.*, 1999; Elbert & Nauen, 2000). 담배가루이는 최근 시설장미재배에 발생된 외래해충으로 이 해충의 방제에 관한 연구가 더욱 시급한 실정이다.

이에 본 연구는 담배가루이가 발생되어 피해를 주고 있는 농가의 계통(3농가)을 대상으로, 담배가루이에 등록되어 있는 3종의 네오니코티노이드계 약제를 평가하였다.

재료 및 방법

실험곤충

충북 진천군 이월면 장미재배온실에서 채집하여 충북농업기술원 곤충사육실에서 누대사육한 담배가루이를 감수성계통으로 하였다. 농가계통은 양액재배 1농가와 토경재배 2농가에서 2002년 5월에 담배가루이 약충을 채집하여 토마토로 누대사육하면서 실험에 이용하였다. 실내 사육조건은 온도 25~28℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60%로 하였다.

살충제

이 실험에 사용된 살충제는 장미의 담배가루이에 등록된 시판제로서 3종의 네오니코티노이드제로 acetamiprid, imidacloprid 그리고 thiamethoxam이다.

시험방법

과종 후 5주 경과된 토마토 유묘에 24시간 산란을 받았다. 약충에 대해서는 1일 동안 토마토 유묘(과종후 5주)에 받은 알을 14일째(3령 약충, 20~60마리 약충/반복당)에 소정약액에 30초간 침지한 후 우화율을 조사하였다. 그리고 성충은 토마토 유묘(과종후 5주)를 소정약액에 30초간 침지한 후 원통형 아크릴 사육상(직경 15 x 10cm)에 넣고 20~30마리를 접종하고 2일후에 사충율을 조사하였다. 각 실험은 모두 3반복으로 실시하였다.

결과 및 고찰

감수성(실내) 계통에서 담배가루이 성충의 LC_{50} 값은 acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam 각각 1.6, 1.0, 0.6 ppm 이었고, 약충에서는 각각 6.2, 6.1, 5.8 ppm 이었다(Table 1). A농가 계통에서 담배가루이 약충의 LC_{50} 값은 acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam 각각 12.5, 5.1, 8.5 ppm 이었고 (Table 2), B농가 계통에서 담배가루이 약충의 LC_{50} 값은 각각 14.7, 6.0, 6.2 ppm 이었으며 (Table 3), C농가 계통에서 담배가루이 약충의 LC_{50} 값은 acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam 각각 13.4, 11.9, 41.3 ppm 이었다 (Table 4).

담배가루이 약충에서 acetamiprid와 imidacloprid는 저항성비가 모두 2.0 이하였으나 thiamethoxam은 C농가에서 저항성비가 7.1배로 가장 높았다. 성충은 각 약제별 차이가 없었다.

장미시설하우스에서 담배가루이 적용약제가 대부분 neonicotinoid 계통으로 약제 저항성 발생이 빠를 것으로 생각되며, 다른 계통의 약제 선발이 요구된다.

Table 1. Insecticidal activities of neonicotinoids to different stages of *B. tabaci*(Lab. strain)

Insecticide	Stages	Mortality (%)			LC ₅₀ (ppm)
		40	20	10(ppm)	
Acetamiprid	Nymph	89.9±1.0a	80.1±6.3 a	55.2±3.7 b	6.2
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	96.5±9.0 b	1.6
Imidacloprid	Nymph	96.7±3.3 a	84.7±1.9 a	58.1±5.7 b	6.1
	Adult	100±0.0 a	98.0±2.8 a	91.9±9.0 b	1.0
Thiamethoxam ^{a)}	Nymph	92.3±2.9 a	77.3±1.0 b	68.1±4.7 c	5.8
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	96.8±2.8 b	0.6

^{a)} 50, 25, 12.5 ppm

Table 2. Insecticidal activities of neonicotinoids to different stages of *B. tabaci*(A Farmer)

Insecticide	Stages	Mortality (%)			LC ₅₀ (ppm)
		40	20	10(ppm)	
Acetamiprid	Nymph	78.6±7.1	67.4±2.0	41.7±9.4	12.5
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	95.0±1.8 a	1.3
Imidacloprid	Nymph	88.9±1.9	76.2±8.9	68.2±8.1	5.1
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	92.8±1.6 b	1.5
Thiamethoxam ^{a)}	Nymph	90.6±5.5	87.0±4.2	54.9±4.6	8.5
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	93.4±2.1 a	0.6

^{a)} 50, 25, 12.5 ppm

Table 3. Insecticidal activities of neonicotinoids to different stages of *B. tabaci*(B Farmer)

Insecticide	Stages	Mortality (%)			LC ₅₀ (ppm)
		40	20	10(ppm)	
Acetamiprid	Nymph	72.6±8.9	66.2±10.7	32.1±4.1	14.7
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	88.7±7.2 a	1.6
Imidacloprid	Nymph	89.8±5.1	82.6±4.6	61.4±11.9	6.0
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	90.8±2.1 b	1.9
Thiamethoxam ^{a)}	Nymph	85.5±8.7	77.9±6.1	66.5±3.6	6.2
	Adult	100±0.0 a	97.2±2.9 a	83.5±1.5 b	1.5

^{a)} 50, 25, 12.5 ppm

Table 4. Insecticidal activities of neonicotinoids to different stages of *B. tabaci*(C Farmer)

Insecticide	Stages	Mortality (%)			LC ₅₀ (ppm)
		40	20	10(ppm)	
Acetamiprid	Nymph	76.4±4.8	55.5±9.7	42.7±4.1	13.4
	Adult	100±0.0 a	100±0.0 a	92.8±0.5 b	0.9
Imidacloprid	Nymph	84.5±12.1	57.1±16.1	48.8±3.7	11.9
	Adult	100±0.0 a	90.6±1.3 b	77.5±4.9 c	2.4
Thiamethoxam ^{a)}	Nymph	55.0±10.9	42.2±16.2	30.3±7.3	41.3
	Adult	96.2±2.9 a	90.5±3.6 a	70.7±8.9 b	2.3

^{a)} 50, 25, 12.5 ppm

2. 점박이응애

본 연구는 장미시설하우스에서 점박이응애의 저항성이 상당히 높을 것으로 예상되어 각 지역별 점박이응애의 저항성 수준을 조사하고자 수행하게 되었다. 우리나라의 장미재배지에 분포된 점박이응애에 대한 약제감수성을 조사하여 약제저항성 발달을 예측함은 물론, 적절하고도 효과적인 방제 대책을 수립하는데 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시험곤충

감수성 점박이응애는 1998년부터 실내에서 온도 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 광주기 16:8 (L:D), 상대습도 50-60%의 조건하에서 약제의 도태없이 강낭콩을 기주식물로 하여 누대사육되어 온 것을 사용하였으며, 지역별 점박이응애는 충북 진천 (2000년 3월), 전남 강진 (2000년 10월), 경북 구미,칠곡 (2000년 12월), 제주 서귀포 (2000년 12월), 경남 김해 (2001년 1월), 충남 부여 (2000년 8월), 경기 고양 (2000년 7월)등 8개 지역으로, 장미재배지에서 채집된 점박이응애를 이용하였다. 또한, 실험시기는 야외 채집후 실내에서 2-5세대 내에 실시하였다.



Fig. 1. Sampling sites where *Tetranychus urticae* on rose cultivation were collected in Korea. Goyang, July 2000; Jincheon, March 2000; Buyo, October 200; Gumi and Chilgok, December 2000; Gimhae, January 2001; Gangjin, October 2000; Jeju, December 2000.

살비제

본실험에 사용된 살비제들의 일반명과 유효성분함량은 emamectin, 1.8%, acequinocyl, 15%, bifentazate, 23.5%, emamectin-benzoate, 2.15%, etoxazole, 10%, milbemectin, 1%로 모두 6종이었다.

약제처리법

실험에 사용되어진 모든 살비제들은 Triton X-100을 1000배 희석한 계면활성 수용액과 혼합하였고 처리농도별로 희석하여 성충과 알에 각각 처리하였다. 성충에 대한 약제검정은 직경 5.5cm의 페트리디쉬에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고 그 위에 직경 3cm로 자른 강낭콩의 잎 절편을 뒷면이 위로 오도록 올려놓은 후 부드러운 붓으로 암컷 성충 25마리씩을 접종하였다. 약제처리방법은 약제를 강낭콩 잎이 충분히 적실 정도로 분무법을 사용하여 살포한 후 풍건시켰고, 약제처리 48시간후에 사충율을 조사하였다. 사충의 판별은 부드러운 붓으로 충체를 접촉시 몸 길이의 1-1.5배 만큼 이동하는 것은 살아 있는 것으로, 이동하지 않는 것을 죽은 것으로 하였다. 또, 도망가서 익사한 응애의 경우는 접종수에서 제외하였다. 알에 대한 살란효과의 검정은 직경 2.5cm의 강낭콩 잎 절편을 뒷면이 위로 오도록 올려놓은 후 암컷 성충 50마리를 접종하여 3-4시간 동안 50여개의 알을 산란시킨후 성충을 제거하였다. 약제처리방법은 알이 산란되어 있는 잎 절편을 약액에 30초동안 침지 후 후드내에서 풍건하였다. 살란율은 약제처리 후 2-3일이내에 잎 절편에 산란된 알의 수를 미리 조사하고 약제처리 후 7일째에 부화되지 않은 알의 수를 조사하였으며, 죽은알과 부화된 알을 계산하여 살란율을 조사하였다.

약액에 침지한 잎 절편은 풍건 후 온도 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 광주기 16:8 (L:D), 상대습도 50-60%의 조건에서 유지하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였으며, 그 결과를 Finey(1971)의 probit 분석법으로 LC_{50} (ppm)을 구하여 나타냈다.

결과 및 고찰

성충의 살비제 감수성

각 지역별 점박이응애 암컷 성충의 살비제들에 대한 약제감수성을 조사한 결과를 Table 5에 나타내었다. 동일 살충제라도 점박이응애의 채집지역에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 살비제의 종류에 대한 지역적 감수성차이는 그 지역에 있어서의 그들 살비제의 연용 또는 타 살비제의

도태여부와 관계가 있을 것으로 생각된다. abamectin, emamectin-benzoate, milbemectin은 항생제유래의 살비제로서 먼저 abamectin의 경우 감수성계통의 LC₅₀값이 0.06인데 반해 칠곡이 1.1ppm (19.5배)으로 가장 높았지만 지역에 관계없이 모두 20배이하의 저항성비를 나타내었다. emamectin-benzoate의 경우 김해지역의 점박이응애에서만 LC₅₀값이 11.3ppm으로 79.7배의 높은 저항성비를 나타내었고 이외의 지역에서는 저항성비가 10이하로

Table 5. Susceptibilities of field-collected populations of *Tetranychus urticae* adults to acaricides

Acaricides	LC ₅₀ (ppm)								
	S ^a	Jincheon	Goyang	Buyo	Jeju	Gumi	Chilgok	Gimhae	Gangjin
Abamectin	0.06 ^b	0.10	0.019	0.97	0.026	0.176	1.17	0.37	0.13
	1.0 ^c	1.7	0.3	16.2	0.4	2.9	19.5	6.2	2.2
Acequinocyl	1.3	1.3	2.7	24.0	9.8	10.1	2.0	94.0	2.0
	1.0	1.0	2.1	18.5	7.5	7.8	1.5	72.3	1.5
Bifentazate	1.0	7.0	0.78	10.4	11.3	7.2	6.0	7.8	8.7
	1.0	7.0	0.8	10.4	11.3	7.2	6.0	7.8	8.7
Emamectin -benzoate	0.14	1.3	1.4	0.36	0.92	0.90	0.4	11.3	1.1
	1.0	9.3	10.0	2.6	6.6	6.4	2.9	80.7	7.9
Etoxazole	15.4	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
	1.0	>65.0	>65.0	>65.0	>65.0	>65.0	>65.0	>65.0	>65.0
Milbemectin	0.13	0.58	0.73	0.29	0.76	0.64	0.49	0.23	1.9
	1.0	4.5	5.6	2.2	5.8	4.9	3.8	1.8	14.6

^aSusceptible strain

^bLC₅₀ (ppm)

^cResistance ratio : LC₅₀ (ppm) of field-collected strain divided by LC₅₀ (ppm) of susceptible

비교적 낮은 저항성을 나타내었다. milbemectin의 살비제 처리결과는 전 지역의 점박이응애와 실내 감수성계통에 큰 차이가 없었다. 세 종류의 항생제 계열중 abamectin이 약제감수성 저하가 생긴 것은 나머지 두 약제에 비해 일찍 시판되었기 때문에 저항성이 증가되었을 것으로 생각된다. 이를 통해 다른 항생제 계열의 저항성이 유발되지 않도록 교차저항성이나 항생제 계열간의 상관관계에 대한 검토가 요망된다. acequinocyl은 다른 지역에 비해 김해지역이 LC₅₀값 94.0ppm으로 현저하게 높게 나타나서 김해

지역은 이 약제의 사용이 지양되어야한다고 생각한다. bifenazate의 경우는 8개 지역 모두 낮은 저항성을 나타내었다. etoxazole의 경우에는 감수성계통의 LC₅₀값이 15.38ppm인데 반해 8개지역 모두 1000ppm이상의 LC₅₀ 값 산출결과로 성충에 대한 저항성은 높게 나타났다. 농약 사용지침서(2000, 농약공업협회)에 따르면 etoxazole을 원제로 사용한 약제는 응애류의 성충에 대해서는 살충력이 낮다고 보고되어있다. 6종의 약제에 대해 현저한 감수성차이를 통해 지역별 약제의 감수성을 고려하여 저항성이 높은 약제를 사용을 금하고 교호적인 사용을 하는 것이 옳바르다고 생각한다.

알의 살비제 감수성

각 지역별 점박이용애 알의 살비제들에 대한 약제감수성을 조사한 결과를 Table 6에 나타내었다. 알의 경우 abamectin은 강진지역이 16.98ppm(424.5배)로 가장 높게 나타났고 지역별로 1.9배-424.5배로 현저한 차이를 보였다. Acequinocyl은 8개 지역모두 비슷한 수준의 저항성이 발달하였는데 칠곡과 강진지역이 각각 23.9ppm, 25.7ppm으로 높았다. Bifenazate의 경우 진천, 고양, 구미, 칠곡, 강진에 비해 부여가 0.2배로 낮은 저항성을 보임이 두드러졌다. Emamectin-benzoate는 구미지역이 83.2ppm으로 높은 저항성을 나타내어 다른 지역에 비해 이 약제에 대해 저항성이 발달된 것으로 생각된다. Etoxazole은 감수성계통의 LC₅₀값이 0.001ppm의 비교적 낮은 농도로 살충효과가 뛰어난 약제인데 눈에 보이진 않는 알의 부화억제효과에 비해 눈에 의해 판별되는 성충에 대한 살충효과가 잦은 횃수의 농약 사용으로 알에 대한 저항성마저 발달된 것으로 생각된다. 또한 부여지역에서만 저항성이 두드러지게 발달된 것으로 보아 다른 지역에 비해 이 약제를 많이 사용하여 저항성이 발달된 것으로 생각된다. Milbemectin에 대해서는 8개 지역 모두에서 전반적으로 낮은 저항성을 나타내었다.

저항성비는 살비제의 종류, 지역집단에 따라 현저한 차이를 나타내었는데 지역집단에 따라 큰 차이는 있었지만 저항성비가 비교적 낮았던 살비제는 알의 경우는 milbemectin, 성충의 경우는 abamectin, bifenazate, milbemectin였다. 지역간에 저항성차이를 나타내지 않은 이유로는 이 약제에 대한 저항성이 유발되지 않았거나 저항성이 유발된 타 살충제에 대하여 비교차 저항성을 나타낸 것으로 생각된다.

여러 가지 살비제들은 응애개체군의 방제를 위해 20년간 이상을 사용해왔으며 이 살비제들의 대부분은 야외 포장에서의 방제약제살포후 불과 2-3년만에 저항성의 발달로 방제효과가 없어졌다고 한다. (Anonymous, 1992) 이

번 실험에서, 여러 가지 살비제에 대한 저항의 발달은 중요한 문제이다. 점박이응애방제를 위해 광범위하게 사용되어온 fenpropathrin에 대한 저항성 발달을 1995년 cho *et al.*에 따르면 fenpropathrin과 abamectin의 지역별 저항성이 낮거나 중간정도의 저항성을 나타내었으나 현재는 fenpropathrin의 경우 고도의 저항성이 발달되어 방제효과가 없다고 하였다. 하지만 본 실험에서도 abamectin은 한 지역만 제외하고 낮은 저항성을 나타내었다 지역별 약제감수성 조사이외에 점박이응애의 약제계통별 저항성 발달을 고려하여 약제살포가 이루어져야 한다고 생각한다.

이상의 결과를 종합해볼 때 실험에 사용된 살비제들의 감수성 비교결과 지역별 한 두가지 약제의 집중적인 사용에 따른 점박이응애의 약제저항성 발달로 인하여 방제효과가 떨어질 것으로 생각되며 낮은 저항성을 나타낸 약제라도 abamectin, milbemectin의 경우 이미 이들에 대한 살충제에 대한 저항성이 이미 보고되어 있으므로 (Cho *et al.*, 1995; Hoy *et al.*, 1987, Aoki *et al.*, 1994)다른 약제들과 마찬가지로 저항성 발달이 예상된다.

Table 6. Susceptibilities of field-collected populations of *Tetranychus urticae* eggs to acaricides

Acaricides	LC ₅₀ (ppm)								
	S ^a	Jincheon	Goyang	Buyo	Jeju	Gumi	Chilgok	Gimhae	Gangjin
Abamectin	4.0 ^b	63.0	8.4	42.1	7.5	53.3	70.0	82.3	84.9
	1.0 ^c	15.8	2.1	10.5	1.9	13.3	17.5	20.6	21.2
Acequinocyl	0.42	7.2	11.0	5.9	12.8	16.6	23.9	8.6	25.7
	1.0	17.1	26.2	14.0	30.5	39.5	56.9	20.5	61.0
Bifenzate	5.0	118.5	107.4	1.2	63.0	19.4	201.5	88.2	113.5
	1.0	23.7	21.5	0.2	12.6	3.9	40.3	17.6	22.7
Emamectin -benzoate	1.9	24.0	29.9	116.3	26.0	83.2	52.1	17.0	22.3
	1.0	12.6	15.7	61.2	13.7	43.8	27.4	8.9	11.7
Etoxazole	0.001	0.027	0.26	3.7	0.306	0.09	0.17	0.015	0.051
	1.0	27.0	260.0	3700.0	306.0	90.0	170.0	15.0	51.0
Milbemectin	2.0	0.85	12.2	13.0	22.9	13.8	20.6	34.3	13.5
	1.0	0.4	6.1	6.5	11.5	6.9	10.3	17.2	6.8

^aSusceptible strain

^bLC₅₀ (ppm)

^cResistance ratio : LC₅₀ (ppm) of field-collected strain divided by LC₅₀ (ppm) of susceptible

3. 꽃노랑총채벌레의 지역별 저항성 모니터링

꽃노랑총채벌레는 1993년 국내에 보고된 이래 약제에 대한 저항성 발달 정보가 부족하다. 이에 국내 5지역의 장미재배지에서 꽃노랑총채벌레를 채집하여 7종의 살비제에 대한 저항성 발달수준을 조사하였다.

재료 및 방법

시험 곤충

꽃노랑총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*)는 경기 고양시, 경남 김해시 초정리, 전북 임실군, 충북 진천군, 경남 칠량면 장미재배단지에서 2001년 7월경에 성충을 채집하여 시험에 이용하였다.

시험약제

이 시험에 사용된 살충제는 유기인계 9종, 카바메이트계 5종, 피레스로이드계 6종, 네오니코티노이드계 3종, 향생제 3종, 혼합제 7종 그리고 기타 약제 8종으로 모두 41종의 시판되고 있는 제품을 사용하였다.

지역별 감수성 비교

경기 고양시, 경남 김해시 초정리, 전북 임실군, 충북 진천군, 경남 칠량면 장미 재배단지 에서 채집한 꽃노랑총채벌레 성충을 사용하여 약제 감수성 시험과 같은 방법으로 수행하였으며, 48시간 후 사충수를 조사하였고, Probit분석법으로 LC₅₀(ppm)값을 구하여 비교하였다.

결과 및 고찰

지역별 성충에 대한 감수성 비교

Table 7은 약제감수성 시험에서 80%이상의 살충효과를 보인 chlorfenapyr, chlorpyrifos-methyl, emamectin-benzoate, fenthion, fipronil, phenthoate, spinosad, chlorpyrifos+diflubenzuron, furathiocarb+diflubenzuron을 가지고 경기 고양, 경북 김해, 전북 임실, 충북 진천 그리고 전남 칠량 5지역의 장미재배지에서 채집한 꽃노랑총채벌레 성충에 대한 LC₅₀(ppm)값을 비교한 것이다. 지역간에 LC₅₀(ppm)값은 차이가 있었다. 고양집단에 대해서는 emamectin-benzoate, fipronil, spinosad, chlorpyrifos+diflubenzuron이 각각 0.38, 1.06, 0.22, 6.59로 낮은 LC₅₀(ppm)값을 보였고, 김해집단에 대해

서는 emamectin-benzoate, fipronil, spinosad가 0.09, 0.38, 0.29로 낮은 LC₅₀(ppm) 보였고, 임실집단에 대해서는 모든 약제가 대부분 낮은 LC₅₀(ppm)값을 보였다. 진천집단에 대해서는 chlorfenapyr, emamectin-benzoate, fipronil, spinosad, chlorpyrifos+diflubenzuron이 각각 0.32, 0.47, 0.50, 0.20, 6.27로 낮게 나타났고, 칠량집단에 대해서는 LC₅₀(ppm)값이 phenthoate를 제외하고 모두 낮게 나타났다. 모든 지역에 대해 LC₅₀(ppm)값이 낮게 나타난 약제는 emamectin-benzoate, fipronil, spinosad였다.

김해집단의 꽃노랑총채벌레는 시험한 9종의 약제 중 많은 약제에 대해서 다른 집단의 LC₅₀(ppm)값과 비교하여 다소 높게 나타났다. 특히 chlorfenapyr, phenthoate는 다른 지역과 비교하여 높은 LC₅₀(ppm)값(1000ppm>)을 나타냈다.

Table 7. Susceptibilities of field-collected population of *Frankliniella occidentalis* adult to nine insecticides in 2001

Insecticide/population	n ^{a)}	Slope±SE	LC ₅₀ (ppm) (95%FL)	RR ^{b)}
Chlorfenapyr				
Goyang	258	0.8±8.9	24.1(14.9~43.9)	34.4
Gimhae	252	0.8±7.3	>1000	>1428.6
Jincheon	255	0.7±6.9	3.2(2.1~5.2)	4.6
Gangjin	273	0.8±0.1	2.8(1.9~4.2)	4.0
Imsil	267	1.4±0.1	0.70(0.52~0.94)	-
Chlorpyrifos-methyl				
Goyang	260	1.1±0.1	95.3(67.5~140.9)	10.2
Gimhae	247	1.0±9.1	43.8(30.9~63.9)	4.7
Jincheon	257	1.0±8.3	26.3(18.4~38.4)	2.8
Gangjin	257	1.0±8.3	5.3(3.7~7.5)	0.6
Imsil	270	1.1±9.8	9.3(6.7~12.9)	-
Emamectin benzoate				
Goyang	240	1.7±0.2	0.38(0.3~0.5)	7.6
Gimhae	248	1.5±0.1	0.09(0.07~0.12)	1.8
Jincheon	238	0.7±6.9	0.47(0.3~0.7)	9.4
Gangjin	257	0.8±7.3	0.12(0.08~0.19)	2.4
Imsil	236	1.1±9.8	0.05(0.03~0.07)	-
Fenthion				
Goyang	254	0.8±9.1	257.5(165.6~449.3)	6.0
Gimhae	249	0.9±9.8	492.5(273.4~1122.1)	11.5
Jincheon	252	1.4±0.1	71.7(53.6~96.8)	1.7
Gangjin	257	1.2±9.7	19.1(14.0~26.2)	0.4
Imsil	237	1.3±1.0	42.9(31.7~58.6)	-

Table 7. Continued

Insecticide/population	n ^{a)}	Slope±SE	LC ₅₀ (ppm) (95%FL)	RR ^{b)}
Fipronil				
Goyang	223	1.5±0.1.	1.1(0.8~1.4)	4.6
Gimhae	234	1.4±0.1	0.38(0.3~0.5)	1.6
Jincheon	251	1.1±9.2	0.50(0.4~0.7)	2.1
Gangjin	285	0.9±8.4	0.24(0.2~0.4)	1.0
Imsil	226	1.2±0.1	0.24(0.2~0.3)	-
Phenthoate				
Goyang	260	0.2±8.5	>1000	>61.7
Gimhae	257	0.6±6.7	>1000	>61.7
Jincheon	257	0.9±7.5	37.1(25.2~56.1)	2.3
Gangjin	257	0.9±8.2	50.9(35.3~75.3)	3.1
Imsil	220	1.0±8.0	16.2(11.3~23.1)	-
Spinosad				
Goyang	258	1.1±8.9	0.22(0.2~0.3)	0.7
Gimhae	251	1.3±0.1	0.29(0.2~0.4)	1.0
Jincheon	248	1.1±9.3	0.20(0.1~0.3)	0.7
Gangjin	256	1.0±8.1	0.29 (0.2~0.4)	1.0
Imsil	263	1.0±8.4	0.30(0.2~0.4)	-
Chlorpyrifos+diflubenzuron				
Goyang	234	1.2±9.3	6.6(4.8~9.1)	2.2
Gimhae	192	1.4±0.1	29.9(22.4~39.9)	10.0
Jincheon	245	1.5±0.1	6.3(4.7~8.4)	2.1
Gangjin	265	0.6±6.5	8.9(5.4~14.9)	3.0
Imsil	220	1.6±0.1	3.0(2.3~3.9)	-
Furathicarb+diflubenzuron				
Goyang	216	1.2±0.1	67.3(48.1~99.5)	22.4
Gimhae	181	1.4±8.8	18.4(13.7~24.8)	6.1
Jincheon	251	1.3±0.1	22.6(16.4~30.9)	7.5
Gangjin	254	0.4±5.9	4.6(1.9~10.6)	1.5
Imsil	230	1.0±8.5	3.0(2.1~4.2)	-

^{a)} Number of insects tested.

^{b)} Resistance ratio, LC₅₀ (ppm) values of the other populations / LC₅₀ (ppm) values of Imsil population.

4. 효소활성을 이용한 저항성 모니터링

살비제 저항성은 높은 생식력과 돌연변이율 등 (Mizutani *et al.*, 1988)으로 인해 빠르게 발달하는 반면, 살비제 저항성 기작에 관한 연구는 esterase (Kuwahara, 1982 a), acetylcholinesterase (Kuwahara, 1982 b; Stumpf *et al.*, 2001) 그리고 ATPase (Desaiah *et al.*, 1973; Carbonaro *et al.*, 1986; Miyasono *et al.*, 1991)의 몇 가지 효소에 국한되어 있으며, 그 양도 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구는 효소활성을 이용한 지역별 저항성 모니터링 개발 연구로 먼저 fenpropathrin에 대하여 저항성을 나타내는 점박이용애를 이용하여 무독화효소로 알려져 있는 esterase, acetylcholinesterase, glutathione S-transferase, mixed function oxidase, mitochondrial ATPase의 활성비교하여 간단하고 신속한 저항성 발달 모니터링 이용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

가. 점박이용애

재료 및 방법

점박이용애는 한국화학연구소에서 1986년부터 약제의 노출 없이 사육되어 온 것을 감수성계통으로 사용하였다. 저항성계통은 1998년 충북 진천군 장미재배지에서 채집한 야외계통을 fenpropathrin으로 20-30%의 살충률을 보이는 약량으로 2주마다 누대선발하였으며, 저항성계통은 감수성과 비교하여 fenpropathrin에 대한 알과 암컷성충의 저항성비가 각각 >2,732와 >10,416로 고도의 저항성을 나타낸 것을 이용하였다(Table 8).

Table 8. Acaricidal susceptibilities of susceptible (S) strain and fenpropathrin resistant (R) strains of *T. urticae* to fenpropathrin

Miticide	Stage tested	LC ₅₀ (ppm) (95% FL ^a)		RR ^b
		S-strain	R-strain	
Fenpropathrin	E ^c	1.83 (0.14-24.5)	> 5000	> 2,732
	A ^d	0.48 (0.13-1.07)	> 5000	> 10,416

^a Fiducial limit, ^b Resistance ratios, relative to S-train response.

^c Eggs, ^d Adults

살비제

본 시험에 사용한 약제는 fenpropathrin (92%, Dong Bang Agro Corp.), abamectin (90%, Kyung Nong Corp.), bifentazate (97.8%, Syngenta Korea Inc.), bifenthrin (94.7%, Dongbu Hannong Chemical Corp.), diafenthiuron (98.2%, Syngenta Korea Inc.), fenpyroximate (98.0%, Dongbu Hannong Chemical Corp.), milbemectin (95.2%, Aventis Crop Science Korea)의 7 약제를 사용하였다.

효소활성 시험

Esterase의 활성측정은 van Asperen (1962)의 방법에 준하여 수행하였으며, α - 와 β -naphthyl acetate (NA)를 각각 기질로 이용하였다. 약 100마리의 암컷성충을 0.1 M Tris-HCl buffer (pH 7.8)에 넣고 마쇄한 뒤 15,000 rpm으로 4°C에서 1시간 동안 원심분리하여 상층액을 효소원 (45-50 μ g/ml)으로 사용하였다. 0.1 M Tris-HCl buffer (pH 7.8)에 상층액을 넣고 10%의 아세톤용액으로 희석한 12.5 mM의 기질용액과 37°C에서 10분간 incubation 시킨 뒤, 0.2%의 sodium dodecyl sulfate가 혼합된 발색시약, 1% fast blue RR salt를 첨가하고 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 α -NA의 경우 600 nm에서, β -NA의 경우 550 nm에서 5초 간격으로 10분동안 측정하였다.

Acetylcholinesterase (AChE)의 활성측정은 Ellman *et al.* (1961)의 방법에 준하여 약간 변형하여 수행하였다. 우선 0.1 M Tris-HCl buffer (pH 7.8)에 상층액을 넣고 10 mM 5,5'-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid) (DTNB)를 첨가하여 37°C에서 10분간 incubation 시킨 뒤, 기질로써 75 mM acetylcholine iodide (AChI) 첨가하고 412 nm에서 5초 간격으로 10분동안 흡광도를 측정하였다.

Gluthione S-transferase (GST)의 활성측정은 Habig *et al.* (1974)의 방법에 준하여 수행하였다. 상층액을 0.1 M Tris-HCl buffer (pH 7.8)에 넣고, 기질인 5 mM 1,2-dichloro-4-nitrobenzene (DCNB)와 1 mM reduced glutathione (GSH)을 첨가한 뒤 340 nm에서 5초 간격으로 10분간 흡광도를 측정하였다.

Mixed function oxidase 활성측정은 Bartlett와 Keil (1997)의 방법에 준하여 *p*-nitroanisole (Aldrich)의 microsomal enzyme에 의한 *O*-demethylation을 측정하였다. 약 100마리의 암컷성충을 0.1 M Tris-HCl buffer (pH 7.8)에 넣고 마쇄한 뒤 12,000 rpm으로 4°C에서 10분 동안 원심분리한 뒤, 상층액을 150,000 rpm으로 4°C에서 1시간동안 다시 원심분리하여 상층액은 버리고 microsomal pellets을 현탁하여 효소원으로 사용하였다. 반응용액의 조성은 microsomes, 1.15% KCl, 1 mM EDTA, NADPH

(2 mM) 그리고 기질인 4 mM *p*-nitroanisole이었다. 반응용액은 35°C에서 10분동안 incubation 시킨 뒤 반응생성물인 *p*-nitrophenol을 400 nm에서 5초 간격으로 2분동안 흡광도를 측정하였다.

미토콘드리아 ATPase의 효소활성은 Carbonaro *et al.*, 1986; Desaiyah *et al.*, 1973; Patil *et al.*, 1980의 방법에 준하여 실시하였다. 0.31 M sucrose 와 1mM EDTA가 첨가된 10 mM imidazole buffer (pH 7.8)로 약 100마리의 암컷성충을 얼음 상에서 마쇄하였다. 균질액을 우선 10,000 rpm으로 4°C에서 5분간 원심분리한 후 pellets은 제거하고 다시 상층액을 15,000 rpm으로 4°C에서 30분간 원심분리를 하여 상층액은 버렸으며 미토콘드리아로 여겨지는 pellets을 효소원으로 사용하였다. 효소액을 135 mM HEPES buffer (pH 7.8), 5 mM MgCl₂, 100 mM NaCl, 20 mM KCl, 0.2 mM NADH, 1.1 mM phosphoenol pyruvate, 4.3 mM ATP, 0.02% bovine serum albumin, 9 units pyruvate kinase (Pk), 12 units of lactate dehydrogenase (LDH)로 조성된 반응용액에 첨가한 후 37°C에서 10분동안 incubation을 하였다. 흡광도는 340 nm에서 NADH가 산화되는 정도를 5초 간격으로 10분 동안 측정하였다. 모든 시험을 3반복 이상으로 수행하였으며, 효소를 넣지 않은 무처리구에서의 흡광도 값으로 보정하였다.

저해제 시험

기질처리에 앞서 각 효소액, Tris-HCl buffer (pH 7.8), 농도 별 fenpropathrin 용액의 혼합액을 37°C에서 incubation 한 뒤 각 효소별로 흡광도를 측정하였다. 본 시험에 사용된 기질은 esterase, AChE, GST, mixed function oxidase, ATPase activities에 대하여 각각 β -naphthyl acetate, AChI, DCNB, *p*-nitroanisole, ATP를 사용하였다. fenpropathrin에 대하여 각 효소의 농도별 저해율을 다음의 공식으로 계산하였다.

$$\text{효소활성 저해율 (\%)} = \frac{(\text{무처리} - \text{처리}) \text{의 저해율}}{\text{무처리의 저해율}} \times 100$$

결과 및 고찰

효소활성

두 계통의 esterase 활성은 기질인 α -와 β -naphthyl acetate (NA)의

농도가 증가함에 따라 활성이 증가하였으며 저항성계통의 효소활성이 더 높은 양상을 보였다. 기질별로는 α -NA 보다 β -NA와의 기질 친화도가 높았으며, 12.5 mM의 β -NA에 대해서만이 유의성을 보였다. acetylcholinesterase와 glutathione S-transferase의 활성은 저항성계통이 감수성계통보다 1.4배 높았으며 유의성을 나타내었다. 미토콘드리아 ATPase의 활성은 저항성비가 1.7로 다른 효소들과 비교하여 가장 높게 나타났으며, mixed function oxidase의 활성은 두 계통간에 차이가 없었다.

저해제 시험

Fenpropathrin에 대한 무독화 효소들의 저해정도를 농도별로 나타내었다 (Fig. 2). Fenpropathrin을 저해제로 첨가했을 경우 esterase와 glutathione S-transferase는 두 계통간 차이를 보이지 않고 활성이 감소되었다. 특히, glutathione S-transferase의 경우는 저항성계통의 효소활성이 감수성계통보다 오히려 더 저해되는 것으로 나타났다. acetylcholinesterase의 경우는 저해제에 대해서도 저항성계통의 효소활성이 덜 민감하게 저해되는 것으로 나타났으나 큰 차이는 볼 수 없었다. 하지만, 미토콘드리아 ATPase와 효소활성 시험에서 두 계통간에 차이를 보이지 않았던 mixed function oxidase의 경우는 저해제인 fenpropathrin에 대하여 각각 1.0~3.7배, 1.0~2.7배로 감수성과 비교하여 확연히 둔감하게 저해되는 것으로 나타났다.

효소활성시험에서 fenpropathrin 저항성 점박이용애의 acetylcholinesterase, 미토콘드리아 ATPase, esterase (β -NA hydrolysis), glutathione S-transferase (GST) 활성은 감수성계통과 비교하여 각각 1.4, 1.7, 1.3, 1.4 배 더 높은 것으로 나타났다. fenpropathrin을 저해제로 첨가하여 활성을 측정했을 경우에는 저항성계통의 ATPase와 mixed function oxidase 및 acetylcholinesterase는 fenpropathrin에 대해서 각각 3.7, 2.7, 1.9배 덜 민감하게 나타나 (Fig. 2) 이 두 효소들은 점박이용애의 fenpropathrin 저항성에 주요 역할을 하는 것으로 생각된다. 본 시험에서 미토콘드리아 ATPase의 활성은 두 계통 모두에서 ATP의 농도에 따라 활성이 증가하였으며, 저해제의 존재 하에 2.7배로 두 계통간 활성차이가 증가하는 양상을 보였는데 이러한 결과는 점박이용애 (Carbonaro *et al.*, 1986)는 물론 간자와용애, *T. kanzawai* (Miyasono *et al.*, 1991)의 cyhexatin에 대한 활성측정 결과와 유사하였다. 피레스로이드계 저항성 곤충에 있어서 mixed function oxidase가 중요한 역할을 한다는 것은 잘 알려져 있다 (Rose *et al.*, 1995; Bouvier *et al.*, 1998). 한편, esterase 및 GST는 저해제 시험을 통해 저항성 기작과

관련이 적은 것을 알 수 있었다. deltamethrin 저항성 codling moth, *C. pomonella*의 esterase 활성이 감수성계통과 큰 차이를 보이지 않았다는 Bouvier *et al.* (1998)의 보고는 본 시험결과를 뒷받침한다. GST의 경우도 일반적으로 유기인계와 카바메이트계의 저항성 기작으로 알려져 있으며, 카바메이트계의 thiocarb로 선발된 tobacco budworm, *Heliothis virescens*의 경우 GST의 활성이 증가하는 것으로 알려져 있다 (Rose *et al.*, 1995). 하지만, 피레스로이드계 저항성 응애와 GST 활성과의 관계는 거의 알려져 있지 않은 실정이다. fenpropathrin 저항성 점박이응애의 저항성 기작을 구명하고자 본 시험을 수행한 결과 점박이응애는 무독화효소의 활성을 증가 시킴으로써 저항성을 나타낸 것으로 여겨지며, 특히 에너지대사에 관여하는 미토콘드리아 ATPase와 산화효소인 mixed function oxidase 및 신경전달 과정에 중요한 역할을 하는 acetylcholinesterase의 활성을 복합적으로 증가시킴으로써 저항성을 획득한 것으로 생각된다.

Table 9. Acaricidal susceptibilities of susceptible (S) and fenpropathrin resistant (R) strains of *T. urticae* to fenpropathrin

Miticides	Stage tested	LC ₅₀ (ppm) (95% FL ^a)		RR ^b
		S-strain	R-strain	
Fenpropathrin	E ^c	1.83 (0.14-24.5)	> 5000	> 2,732
	A ^d	0.48 (0.13-1.07)	> 5000	> 10,416
Abamectin	E	0.003 (0-1.83)	2.86 (0.18-17.45)	953.3
	A	0.007 (0.002-0.014)	0.19 (0.03-1.21)	27.1
Bifenazate	E	0.824 (0.05-2.36)	0.011 (0.004-0.023)	0.013
	A	1.21 (0.13-10.62)	0.003 (0-0.028)	0.002
Bifenthrin	E	0.187(0.029-0.515)	> 1000	> 5347.6
	A	1.31(0.646-2.441)	> 1000	> 763.4
Diafenthiuron	E	0.018(0.005-0.596)	4.70(0.04-7351.6)	261.1
	A	0.047(0.006-0.158)	0.509(0.347-0.817)	10.83
Fenpyroximate	E	0.044(0.002-1.214)	0.050(0.003-615.75)	1.14
	A	0.041(0.015-0.087)	0.199(0.108-0.352)	4.85
Milbemectin	E	0.203(0.027-0.367)	0.089(0.008-0.741)	0.44
	A	0.13(0.094-0.160)	0.123(0.096-0.15)	0.95

^a Fiducial limit

^b Resistance ratios, relative to S-train response

^c Eggs

^d Adults

Table 10. Synergistic effects of PBO and TPP on fenpropathrin toxicity to two spotted spider mite, *T. urticae* adults

Treatment	Mixture rate	LC ₅₀ (ppm) (95% FL ^a)			
		S	SR ^b	R	SR
Fenpropathrin	-	0.48 (0.13-1.07)	1.0	> 5000	>1.0
+ PBO	1 : 1	0.35 (0.29 - 0.41)	1.4	> 5000	>1.0
	1 : 2	0.23 (0.20 - 0.28)	2.1	946.9 (828.9 - 1079.6)	>5.3
	1 : 5	0.11 (0.10 - 0.13)	4.4	434.7 (384.6 - 486.0)	>11.5
+ TPP	1 : 5	0.44 (0.16 - 1.23)	1.0	> 5000	>1.0
	1 : 2	0.46 (0.21 - 2.17)	1.0	> 5000	>1.0
	1 : 1	0.49 (0.18 - 1.39)	1.3	> 5000	>1.0

^a Fiducial limit.

^b Synergist ratio, LC₅₀ of fenpropathrin alone/LC₅₀ of fenpropathrin+synergist.

Table 11. Comparative enzyme activities of the susceptible and resistant *T. urticae*

Enzyme	substrate	O.D./min/mg protein		RR ^a
		S-strain	R-strain	
AChE	acetylcholine iodide	2.61 a ^b	3.73 b	1.4
ATPase	ATP	1.60 a	2.79 b	1.7
Esterase	α-naphthyl acetate	2.16 a	2.57 a	1.2
	β-naphthyl acetate	6.21 a	7.99 b	1.3
GST	DCNB	4.42 a	6.14 b	1.4
P450 monooxygenase	<i>p</i> -nitroanisol	0.85 a	0.91 a	1.1

^aResistance ratios, relative to S-strain response.

^bMeans in the same column followed by the same letters are not significantly different (P=0.05; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991]).

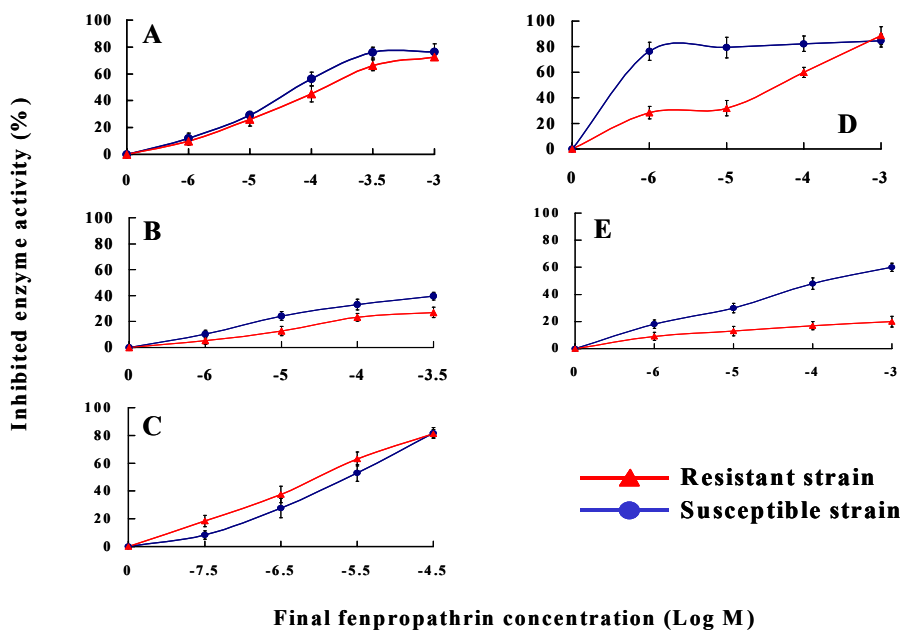


Fig. 2. Comparative Enzyme (A; esterase, B; AChE, C; GST, D; ATPase, E; P450 monooxygenase) activities inhibited by fenpropathrin at 25°C and pH 7.8. Each point represents the mean of three independent determination (n=3). Vertical bars indicate standard deviations of the mean.

나. 꽃노랑총채벌레

Acetylcholinesterase는 신경조직, 적혈구 및 근육 등에 존재하며 신경전달물질인 acetylcholine에 기질특이성이 있고, 신경신호전달에 중요한 역할을 한다. (Eto, 1974). 살충제는 신경전달물질인 acetylcholine을 가수분해하는 효소인 acetylcholinesterase의 활성을 저해하여, acetylcholine의 분해기능을 상실하게 된다. 따라서, 방출된 acetylcholine은 acetic acid와 choline으로 분해되지 못하고 synapse막 내에 과다 축적되어 정상적인 신경 전달의 교란으로 해충을 치사시킨다.

Esterase는 다양한 기질의 대사작용에 관여하는 효소이다. 이는 곤충의 몸체에 다량으로 존재하며, 유기인계와 카바메이트계 살충제에 대해 높은 친화력을 가지고 있다(Szalanski, 1991; Scott, 1995; Baker *et al.*, 1998).

본 연구에서 수행한 acetylcholinesterase와 esterase 및 여러 효소는 이전 연구에서 발표되었(Jensen 1998; Zhao *et al.*, 1994; Zhao *et al.*, 1995a)던 것처럼 꽃노랑총채벌레의 저항성 발달에 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 이러한 효소의 효소활성을 이용한 저항성 모니터링은 꽃노랑총채벌레 및 다른 해충에 대해서도 신속하게 특정집단의 약제 저항성 발달 정도를 알 수 있게 함으로써 효과적인 방제방법을 선정하는데 이용될 수 있다(Kim *et al.*, 1999).

재료 및 방법

시험곤충

시험에 사용한 꽃노랑총채벌레는 진천과 김해의 장미재배 농가에서 채집하여 사용하였다. 김해지역은 2002년 7월 11일 채집하여 충북대학교 농생물학과 장미재배 온실에 방사하여 사육하였으며, 진천지역은 채집하여 즉시 시험에 사용하였다.

화학약품

α -naphthyl acetate, fast blue RR salt, sodium dodecyl sulfate, trizma base, 5,5'-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid) (DTNB), acetylcholin iodide (AChI) 는 sigma 제품을 사용하였으며 일부 시약은 국내 화학회사의 제품을 사용하였다.

효소 준비

실험에 사용된 모든 층은 성층만을 사용했으며, 채집 후 -70°C 에서 동결시킨 다음 1.5ml eppendorf tube에 30마리를 넣은 후 $300\mu\text{l}$ 의 0.1M Tris-HCl buffer (pH 7.0)를 넣고 얼음 위에서 균질화 시켰다. 균질화가 끝난 후 4°C 에서 45분간 1400rpm 으로 원심분리하였다(MIKRO 22R, Hettich). $270\mu\text{l}$ 의 상정액을 취한 후 -70°C 에서 보관하여, 이를 효소원으로 사용하였다.

Acetylcholinesterase (AChE) 활성 측정

96well microplate(zellkultur testplatte)를 사용하여 Ellman *et al.* (1961)의 방법에 준하여 시험하였다. microplate바닥에 물이 묻지 않도록 얼음판위에 알미늄호일을 깔고 실험을 수행하였다. 한 well당 $100\mu\text{l}$ 를 기준으로 하여, 0.1M Tris-HCl buffer (pH 7.0) $70\mu\text{l}$, 0.5mM DTNB (5,5'-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid)) $10\mu\text{l}$, 5mM AChI (acetylcholin iodide) $10\mu\text{l}$, 효소원 $10\mu\text{l}$ (equivalent:1trips)을 넣고 5분간 30°C water bath에서 incubation 시킨 후 microplate reader(Benchmark, Bio-Rad)를 이용하여 415nm에서 5분 간격으로 흡광도를 측정하였다. 데이터 분석은 Benchmark software ver 4.0의 분석 프로그램을 이용하였다.

Esterase (EST) 활성 측정

96well microplate(zellkultur testplatte)를 사용하여 Asperen (1962)의 방법에 준하여 시험하였다. microplate바닥에 물이 묻지 않도록 얼음판위에 알미늄호일을 깔고 실험을 수행하였다. 한 well당 $100\mu\text{l}$ 를 기준으로 하여, 0.1M Tris-HCl buffer (pH 7.0) $70\mu\text{l}$, 12.5mM α -NA (α -naphthyl acetate) $10\mu\text{l}$, 효소원 $10\mu\text{l}$ (equivalent:1trips)을 넣고 5분간 30°C water bath에서 incubation 시킨 후 stop solution (0.5% fast blue RR salt, 0.1% sodium dodecyl sulfate) $10\mu\text{l}$ 를 넣은 후 microplate reader(Benchmark, Bio-Rad)를 이용하여 600nm에서 5분 간격으로 흡광도를 측정하였다. 데이터 분석은 Benchmark software ver 4.0의 분석 프로그램을 이용하였다.

결과 및 고찰

Acetylcholinesterase (AChE) 활성은 김해집단이 0.050, 진천집단이 0.044으로 김해집단이 진천집단에 비하여 1.14배 높은 활성을 나타내었다. General esterase 활성은 김해집단이 0.473 진천집단이 0.343으로 김해집단이 진천집단에 비하여 1.38배 높게 나타났다 (Table 12).

Table 12. Enzyme activity (mean±SEM) of general Acetylcholinesterase(AChE) and Esterase(EST) in populations of *F. occidentalis*

Population	Acetylcholinesterase(AChE) ^a	Esterase(EST) ^b
	AChI	α-NA
Jincheon	0.044±0.001b	0.343±0.042b
Gimhae	0.050±0.002a	0.473±0.035a

Means followed by the same letter are not significantly different (Tukey's multiple comparison test, $\alpha = 0.05$).

^a AChI (acetylcholin iodide) as substrate (O.D/mg protein)

^b α-NA (α-naphtyl acetate) as substrate (O.D/mg protein)

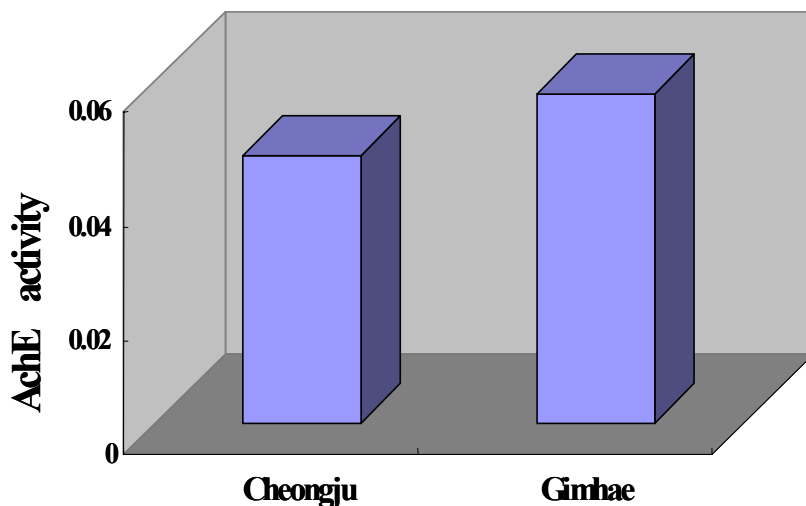


Fig. 3. Acetylcholinesterase (AChE) activity of *F. occidentalis*.

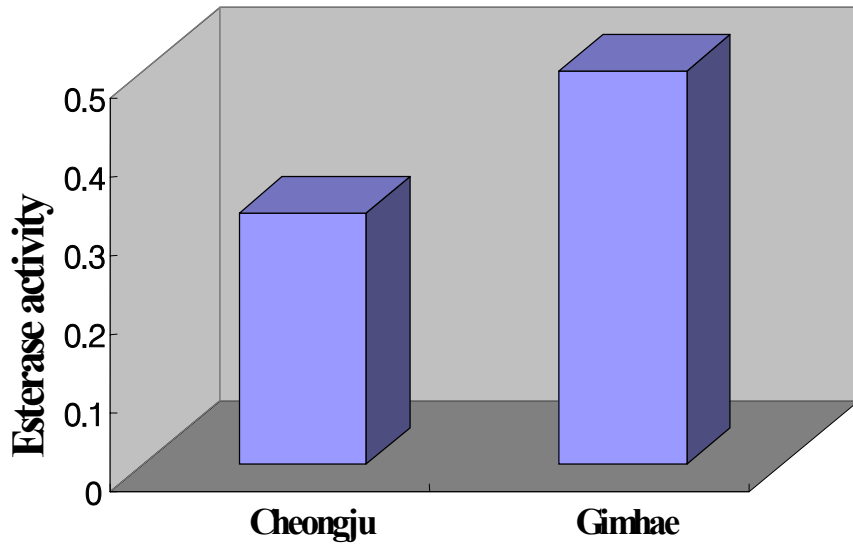


Fig. 4. Esterase (EST) activity of *F. occidentalis*.

제 4 절 천적에 안전한 저독성 살충제 선발 및 천적을 이용한 장미 주요해충 방제체계

1960년대에 농약잔류의 문제점 대두되어 인류의 피해를 주게 되었고, 미소 해충에 대한 약제저항성이 출현하게 되었다. 또한 약제의 남용으로 해충의 천적이 감소되어 담배가루이, 온실가루이, 점박이용애 등 잠재해충이 문제해충으로 등장하게 되었다. 1970년대 이후에 IPM(병해충종합관리)이론이 등장하게 되어 천적을 이용한 해충 방제에 관심을 갖게 되었다. 특히 장미는 먹는 식품이 아니기 때문에 농약잔류에 대한 문제점이 없고, 연중 재배되는 관계로 점박이용애와 담배가루이가 발생 밀도가 높아 문제시되고 있다.

이 절에서는 담배가루이와 온실가루이의 천적인 온실가루이좀벌과 점박이용애의 대표적 천적인 칠레이리용애에 대한 선택독성 약제 선발을 위주로 실험하였다.

1. 온실가루이좀벌의 발육기간 및 선택독성

담배가루이에 대한 가장 일반적으로 사용되고 있는 방법은 적용범위가 넓고, 효과가 확실한 약제 방제이다. 그러나, 담배가루이는 발생세대수가 짧아 살충제에 의한 도태의 기회가 많아져 살충제 저항성 발달이 다른 해충에 비하여 빠르게 나타날 가능성이 있다. 담배가루이에 대한 적용약제로 알에 대하여 효과가 있는 것은 IGR(곤충생장조절제)계의 pyriproxyfen, triflubenuron이며, 약충에 대하여 효과가 인정되는 것으로는 항생제인 abamectin, neonicotinoid계의 acetamiprid, imidacloprid, IGR계의 pyriproxyfen 등이고, 성충에 대하여서는 유기인계의 diazinon, fenitrothion, methidathion, pirimiphos-methy, neonicotinoid계의 acetamiprid, imidacloprid, 항생제인 abamectin 등이 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2000). 그러나, 빈번히 사용된 살충제들은 가루이 개체군의 저항성 유발과 함께 오히려 개체군 밀도의 증가를 초래하고, 화학적 방제가 어려운 또다른 이유로는 성충의 흡즙, 짝짓기, 산란 등의 행동과 모든 약충발육이 대부분 잎 뒷면에서 일어나고 있으므로 공중에 살포된 살충제가 충체에 잘 닿지 않기 때문이라 생각된다.

살충제 사용으로 발생하는 부작용과 환경문제의 대두로 인하여 천적을 이용한 생물적 방제방법이 발전되고 있으며, 가루이의 천적으로 잘 알려진

온실가루이좀벌(*Encarsia formosa* Gahan)을 방제에 이용하게 되었고, 최근에는 화학적 방제, 생태적 방제 및 분자유전학적 기술들을 망라한 종합적 방제가 시도되고 있는 실정이다(Bentz & Larew, 1992). 가루이의 천적으로는 온실가루이좀벌 뿐만 아니라 *Amitus* sp.와 *Encarsia* sp. 종류의 기생봉들 그리고 Anthocoridae에 속하는 *Orius* sp., Coccinellidae에 속하는 *Cryptognatha* sp. 등 여러 목에 포함된 포식성 천적들이 보고되었다(Gerling, 1990).

담배가루이의 중요한 천적인 온실가루이좀벌은 국내에서 온실가루이의 중요한 천적으로만 알려져 있다. 충북 진천지역의 장미단지에서 온실가루이좀벌에 감염된 담배가루이 머미를 채집, 사육하여 실험에 사용하였다.

재료 및 방법

실험곤충

본 시험에 사용된 온실가루이좀벌(*E. formosa*.)은 담배가루이 (*B. tabaci*) 사육 중 자연 발생된 것을 담배가루이를 먹이로 공급하면서 누대사육하였으며, 담배가루이는 1988년 6월에 충북 진천군 시설장미 재배지에서 채집하여 토마토 (*Lycopersicon esculentum*, 서광)로 누대사육하였다.

칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)는 (주)세실에서 판매하는 것으로 25±2℃의 사육실에서 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* var. *humilis* Alefeld)잎에 점박이응애(*T. ultica*)를 먹이로 공급하면서 누대사육하였으며, 점박이응애는 충북 진천군 이월면 장미재배농가의 유리온실에서 2002년 2월에 채집한 점박이응애를 강낭콩에서 사육·증식하여 사용하였다. 실내 사육조건은 온도 25±2℃, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~60%로 하였다.

실험기주

본 시험에 사용된 기주 식물은 충북농업기술원 온실에서 재배한 장미, 토마토 (*L. esculentum*), 강낭콩을 이용하였다.

실험방법

가. 온실가루이좀벌 발생소장

담배가루이의 천적인 온실가루이 좀벌을 대상으로 10일당 마리수를 조사하였다. '00년 12월 25일에 온실가루이좀벌 성충 5,000마리 정도를 1농가(750평)에 방사하였다. 온실가루이좀벌의 조사는 머미와 성충의 밀도조사(마리수/ 10일, 20반복)로 하였다.

나. 온실가루이좀벌 발육기간

채집된 온실가루이좀벌을 실내사육상자(25×25×40cm)에서(25℃) 증식하였다. 온실가루이좀벌 발육기간 조사는 담배가루이를 24시간동안 산란을 받은 후에 3령이 될 때까지 사육(14일 후)한 후, 온실가루이좀벌로 산란을 받았다. 그때부터 머미에서 온실가루이좀벌이 나올 때까지의 기간을 발육기간으로 보았다. 실험온도는 15, 20, 25 그리고 30℃이었다.

다. 온실가루이좀벌에 영향이 적은 선택독성 약제선발

선택독성 약제선발은 담배가루이에 등록된 피리프록시펜 유제등 담배가루이의 우수약제인 8종을 대상으로 온실가루이좀벌의 알과 성충을 대상으로 기준농도에서 조사하였다. 온실가루이좀벌 선택독성 약제선발은 담배가루이를 24시간동안 산란을 받은 후에 3령이 될 때까지 사육(14일)한 후, 온실가루이좀벌로 산란을 받았다. 온실가루이좀벌 방사기간을 24시간으로 한 후 온실가루이좀벌 성충을 제거하였다. 그때부터 1일이 지난 다음에 약제의 기준농도에서 5초간 침지하고, 머미에서 성충이 나오는 것을 생충수로 조사하였다. 성충에 대한 약효검정은 온실가루이좀벌을 가로25cm×세로25cm×높이 30cm의 사육상자에 담배가루이를 산란받은 토마토 유묘를 넣고 방사한 후에 약제의 기준농도에서 살포하였다.

결과 및 고찰

1. 온실가루이좀벌 발생소장조사

살충제 사용으로 발생하는 부작용과 환경문제의 대두로 인하여 천적을 이용한 생물적 방제방법이 발전되고 있으며, 가루이의 천적으로 잘 알려진 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa* Gahan)을 방제에 이용하게 되었다.

국내에서는 담배가루이를 천적으로 방제하는 연구가 이루어지고 있지 않다. 시설하우스 장미포장에서 해충을 조사하던 중 우연히 온실가루이좀벌이 발견되었다. 이를 실험실에서 사육하여 '00년 12월 25일에 온실가루이좀벌 성충 5,000마리 정도를 1농가(750평)에 방사하고 조사한 결과, 담배가루이의 천적인 온실가루이좀벌은 1월 중순까지는 10일당 1마리의 밀도를 보였으나 1달이 지난 후부터는 0.2마리의 낮은 밀도를 보였다. 이는 담배가루이와 점박이용애를 방제하기 위하여 살충제 살포와 노균병과 흰가루병 방제를 위한 살균제 살포등에 따른 부작용으로 생각된다.

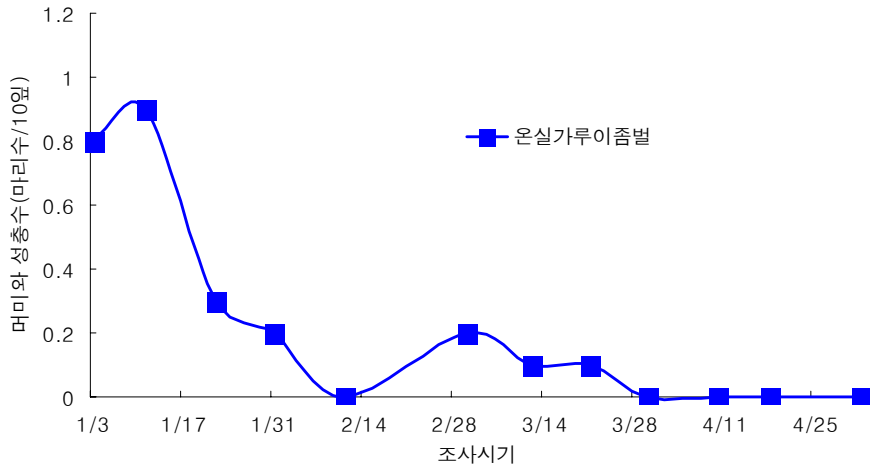


그림 1. 온실가루이좀벌 시기별 밀도변동조사.

2. 온실가루이좀벌 발육기간조사 및 발생생태

15℃에서 발육기간을 보면(표 1) 담배가루이는 알부터 성충까지 86.2일 소요된 반면에, 온실가루이좀벌은 35.4일 소요되었다. 20℃에서는 담배가루이가 35.7일인 반면 온실가루이좀벌은 26.8일 소요되어, 두 층간의 발육기간 차이가 많이 줄어들어 8.9일이었다. 25℃에서는 담배가루이가 21.3일인 반면, 온실가루이좀벌은 15.0일로 두 층간의 차이는 6.2일이었다. 30℃에서는 담배가루이가 17.0일인 반면, 온실가루이좀벌은 12.8일로 두 층간의 차이는 4.2일이었다. 온도가 높아질수록 두층간의 발육기간 차이는 짧았다(표 1).

표 1. 담배가루이와 온실가루이좀벌의 알부터 우화까지 발육기간 비교

온도(℃)	발육기간	
	담배가루이	온실가루이좀벌
15	86.2±0.8	35.39±3.38
20	35.7±1.0	26.84±3.21
25	21.3±1.2	15.01±1.02
30	17.0±1.1	12.82±1.15

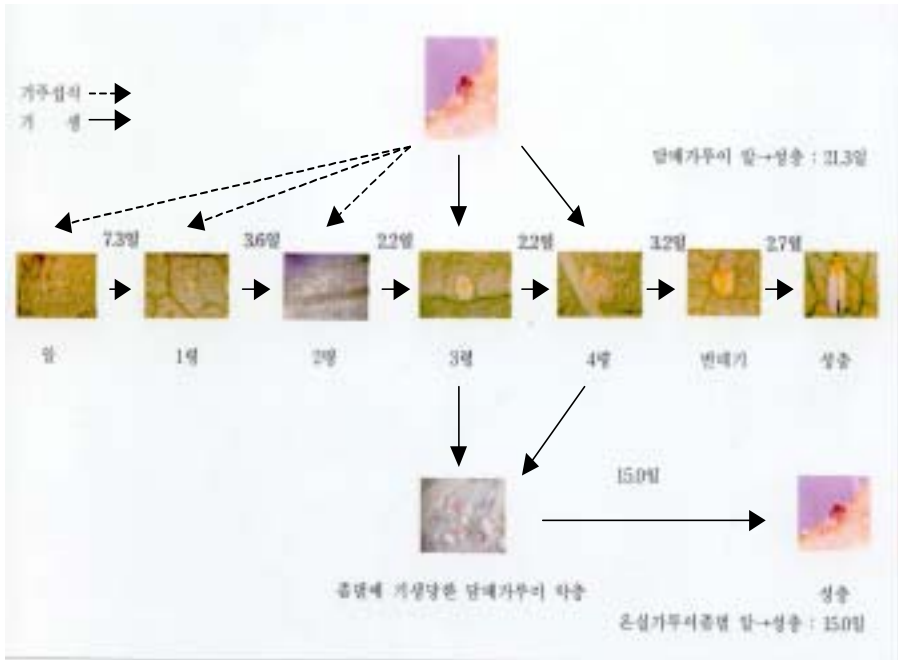


그림 2. 담배가루이와 온실가루이좀벌 발육기간(25℃).

3. 선택독성 약제선발

선택독성 약제선발은 담배가루이에 등록된 피리프록시펜 유제 등 8종을 대상으로 온실가루이좀벌의 알과 성충을 대상으로 기준농도에서 조사하였다(표 2, 그림 3). 온실가루이좀벌의 알에 대한 효과는 피리프록시펜 유제에서 20%정도의 부화율로 선택독성 가장 좋았으나, 천적에 안전한 약제로 보기에는 어려웠다. 온실가루이좀벌 성충에 대한 약효검정에서는 모든 약제에서 100%의 사충율을 보여 선택독성이 전혀 없다고 판단되었다. 그러나 실험상의 문제점도 많았다. 성충에 대한 약효검정은 좀벌성충이 1mm 정도의 매우 작은 크기이기 때문에 약제 살포시 물방울에 빠져 죽는 확율이 높았다. 앞으로는 실험상의 방법개선과 좀벌의 유충단계, 번데기 단계, 그리고 그 다음 세대가 담배가루이를 방제할 수 있는지에 대하여서도 검토할 예정이다.

표 2. 약제별 온실가루이좀벌 성충에 대한 약효

Insecticides	Fomulation a.l.(%)	Adults	Mortality(%)
Fenproathrin EC	5	22	100
Imidacloprid WP	10	35	100
Acetamiprid WP	8	82	100
Abamectin EC	1.8	73	100
Fuprofezin + Amitraz EC	12.5+12.5	36	100
Milbemectin EC	1	42	100
Pyriproxyfen EC	10	59	100
Spinosad WG	10	31	100
D.W.	-	24	20.8

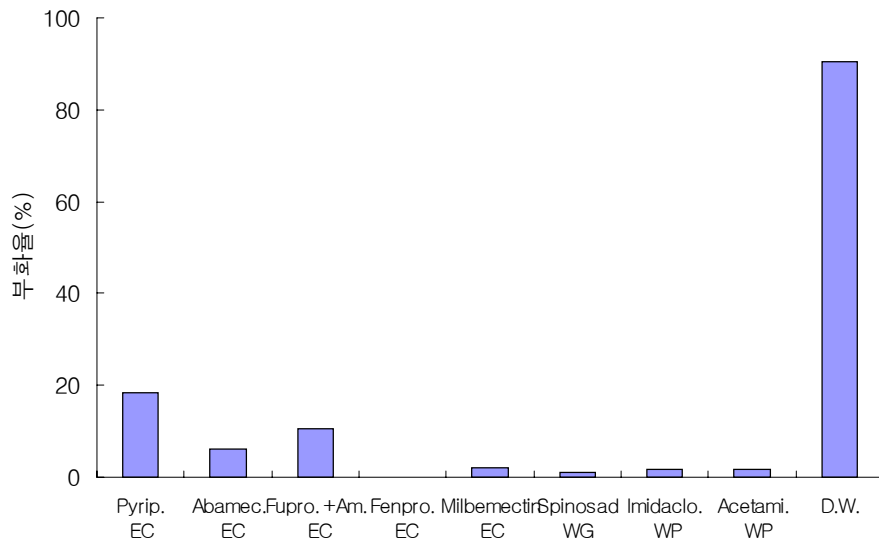


그림 3. 약제별 온실가루이좀벌 알에 대한 약효.

2. 장미에 등록된 농약중 칠레이리응애에 대한 독성

점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)는 시설하우스 장미재배지의 경제적 주요 해충이며(Van de Vrie, 1985), 화훼류뿐만 아니라 과수, 채소류 등에서도 가장 심각한 피해를 나타내고 있다(Asada, 1978; Ho, 2000; Takafuji *et al.*, 2000). 응애류는 번식력이 왕성하고 세대기간이 짧기 때문에 단시일 내에 밀도가 증가하고, 연중 재배하는 장미의 특성상 약제에 대한 저항성 발달이 빠르다. 특히 응애류는 유전적으로 돌연변이율이 다른 곤충에 비해 높은 것으로 알려져 있다(井上, 1989). 따라서 점박이응애 방제 전략은 필연적으로 생물적방제와 약제저항성 관리를 두 축으로 하는 종합적 관리 체계에 의존하게 된다(Helle, 1965; Dennehy and Granett, 1984). 그러나 장미시설재배지에서는 점박이응애, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이 방제를 위한 살충제 살포횟수가 연간 27.7회로 매우 높은 실정이며, 그 중 점박이응애 방제에 가장 큰 어려움을 겪고 있어 살비제의 사용횟수도 매우 많다. 그렇기 때문에 장미의 점박이응애는 지역에 따라 약제에 대한 저항성을 크게 보이고(김 등, 2001; Lee, 2003) 있다. 장미시설하우스에서 많은 약제의 사용은 생물적 방제를 제안하는 가장 중요한 요인으로 꼽히고 있으며, 이를 해결하고자 점박이응애 종합관리의 방안으로 포식성 천적인 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)와 살비제를 동시에 장미시설하우스에 처리하여 상호 보안이 되는 방법을 모색하게 되었다. 최근에는 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 탐색·이용하여 천적과 해충의 밀도를 적정수준으로 조정함으로써 보다 장기적인 방제효과를 유지(Hoy and Ouyang, 1986; Reda and El-Banhawa, 1988; Croft, 1990; Zhang and Sanderson, 1990; Park *et al.*, 1995; Kim and Paik, 1996a, b; Paik and Kim, 1996)하고자 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 장미시설하우스에는 살비제만 사용하는 것이 아니기 때문에 살충제, 살균제 그리고 농약보조제에 대한 독성 평가를 거쳐 종합적으로 평가되어야만 진정한 의미의 장미시설하우스의 종합관리 방안이 될 것이다. 이에 칠레이리응애에 대한 살비제의 선택독성과 살충제, 살균제, 농약보조제에 대한 독성을 평가하는 연구가 필요하다. 본 연구는 장미에 등록되어 있는 약제를 중심 {acequinocyl, etoxazole, spirodiclofen, Blend of alkylaryl polyethoxylate and sodium salt of alkylsulfonated alkylate(카바), Polyoxy ethylene alkyl aryl ether+sodiumligno sulfonate(전착제), Siloxane(실록세인) : 미등록} 으로 칠레이리응애의 약제 감수성을 조사하여 효과적인 장미시설하우스 해충 종합방제체계의 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험약제

본 시험에 사용된 약제는 살비제 13종, 살충제 13종, 살균제 12종 그리고 농약보조제 3종등 모두 41종이며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도는 표 3과 같다.

Table 3. Pesticides used in the study of toxicity

	Common name	Trade name	A.I. ^a (%) & Formulation	Recommended conc. (ppm)
	Abamectin	올스타, 버티맥	1.8 EC	6.03
	Milbemectin	밀베노크	1 EC	10
	Bifenazate	아크라마이트	23.5 SC	110.8
	Etoazole	주움	10 SC	25
	Tebufenpyrad	피라니카	10 EC	50
	Fenpyroximate	살비왕	5 SC	25
Miticide	Bifenthrin	캡처	8 WG	20
	Tetradifon+pirimiphos-	함성	8+25 EC	160+500
	Flufenoxuron	카스케이드	5 DC	50
	Fenbutatin oxide	토큐, 씨든데스,	50 WP	769.2
	Tebufenpyrad+tetradifon	인파이터	2.5+8 EC	25+ 80
	Acequinocyl	가네마이트	15 SC	150
	Spirodiclofen	엔비도	22 SC	55
	Thiamethoxam	아타라	1.5 WG	7.5
	Pyriproxyfen	신기루	10 EC	100
	Imidacloprid	코니도,베테랑	8 SC	40
	Acetamiprid	모스피란	8 WP	40
	Buprofezin + amitraz	히어로	12.5+12.5 EC	125+125
	Spinosad	부메랑	10 SC	50
Insecticide	Acetamiprid + etofenprox	만장일치	2.5+8 WP	25+80
	Clothianidin	빅카드	8 SC	40
	Emamectin- benzoate	에이팜	2.15 EC	10.8
	Alpha-cypermethrin	화스타	2 EC	20
	Etofenprox	세베로	20 EC	200
	Methidathion	수프라사이드	40 EC	400
	Esfenvalerate + Fenitrothion	신파마치온	1.25+15 EC	12.5+150

Table 3. Continued

	Common name	Trade name	A.I. ^a (%) & Formulation	Recommended conc. (ppm)	
	Azoxystrobin	오티바	20 SC	100	
	Kresoxim-methyl	월드왕, 해비치	47 WG	235	
	Triforine	샤프롤	17 EC	85	
	Triflumizole	트리후민, 리프졸	30 WP	75	
	Prochloraz	만고탄	25 WP	250	
Fungicide	Thiophanate-methyl + Triflumizole	굳타임	45+15 WP	225+75	
	Nuarimol	파아랍	9 EC	22.5	
	Oxadixyl+Mancozeb	산도판	8+56 WP	160+1120	
	Metalaxyl+Mancozeb	리도밀엠지	7.5+56 WP	150+1120	
	Myclobutanil	시스텐	6 WP	39	
	Triadimefon	티디폰	5 WP	62.5	
	DBEDC	산요루	20 EC	400	
	Cover	나라크, 카바	60 SL	300	
	Spreader	Siloxane	실루엣	30 SL	100
	Spreader		바로겐, 질착제	10+20	50+100

^aActive ingredient

시험방법

알과 성충에 대한 감수성 시험을 위하여 직경 15cm의 페트리디쉬 내에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고, 그 위에 점박이응애가 접종된 직경 7cm 이상의 강낭콩 잎의 아랫면이 위를 향하도록 올려놓았다. 부드러운 붓으로 칠레이리응애의 성충을 30마리 이상을 접종하였다. 그리고 점박이응애가 접종되어 있는 강낭콩 새순을 절단하여 탈지면 위의 강낭콩 잎에 올려놓았다. 이때 새순이 건조되지 않게 절단 부위를 탈지면에 접촉하여 놓았다. 24시간이 지난 후 강낭콩 새순을 약제의 추천농도에서 20초간 침지하였고, 키친타올에 침지된 강낭콩 새순의 수분을 제거한 후 점박이응애만 있는 새로운디쉬(Φ15cm)의 강낭콩 잎에 올려놓는다. 강낭콩 새순의 수분이 완전히 건조되면 새순의 칠레이리응애 알을 관찰하기 쉽게 강낭콩 새순을 정리한다. 성충은 약제처리 24시간 후에 생충수를 조사하였고, 알은 약제 처리 3일 후에 부화되지 않은 알 수를 조사하였다.

칠레이리응애 약충에 대한 감수성 시험은 알과 성충에 대한 시험방법과 동일하게 하였다. 칠레이리응애 성충을 페트리디쉬의 강낭콩 잎에 부드러운 붓으로 30마리씩 접종한 후 24시간 동안 산란을 받고 성충을 제거하였다. 산란된 강낭콩잎에서 칠레이리응애를 4일간 사육한 후 점박이응애가 접종되어 있는 강낭콩 새순을 절단하여 탈지면에 강낭콩 절단부위를 접촉

하고 강낭콩 잎 위에 올려놓았다. 6시간이 지나면 칠레이리응애 약충이 강낭콩 새순으로 옮겨진다. 칠레이리응애 약충이 붙은 강낭콩 새순을 추천농도에서 20초간 침지하였다. 그리고 약제처리 24시간 후에 생충수를 조사하였다. 강낭콩 잎 밖으로 나가거나 가는 부드러운 붓으로 건드렸을 때 반응이 없는 개체는 죽은 것으로 하였으며 생존 개체는 정상 보행을 하는 것과 미세한 붓으로 자극했을 때 약간 움직이지만 정상적으로 보행할 수 없는 개체는 활동 불능 된 것으로 구별하였다(김, 1994; 김, 1996; 백, 1996). 강낭콩 잎이 마르지 않고, 칠레이리응애가 도망가지 못하도록 페트리디쉬 내에 물을 보충해 주면서 수행하였으며, 알·약충·성충에 대한 약제감수성 조사는 모두 3반복으로 수행하였다.

결과 및 고찰

가. 살비제에 대한 약제 감수성

칠레이리응애성충을 접종하여 24시간 산란을 받은 다음 살비제에 침지하여 3일 후 알의 부화율을 조사한 결과(Table 4), etoxazole과 tebufenpyrad는 부화억제율이 각각 97.1, 83.1로 매우 높았으나 bifenazate등 다른 10종은 부화억제율이 10% 미만으로 독성이 매우 낮았다. 약충의 살충율은 abamectin, tebufenpyrad, fenpyroximate, bifenthrin, tetradifon+pirimiphos-methyl, fenbutatin oxide, tebufenpyrad+tetradifon은 모두 100%의 살충율을 보였고, milbemectin은 98.6%의 높은 살충율을 보였다. 그러나 bifenazate, etoxazole, acequinocyl은 독성이 없었고, spirodiclofen은 46.7%의 살충율을 보여 칠레이리응애 약충에는 독성이 낮았다. 성충의 살충율은 abamectin, milbemectin, fenpyroximate, bifenthrin, tetradifon+pirimiphos-methyl, fenbutatin oxide, tebufenpyrad+tetradifon은 모두 100%의 살충율을 보였고, tebufenpyrad는 94.9%의 높은 살충율을 보였다. 그러나 bifenazate, etoxazole, acequinocyl은 전혀 독성이 없었고, spirodiclofen은 14.9%의 살충율을 보여 칠레이리응애 성충에는 독성이 매우 낮았다. Yoo *et al.* (2000)에 따르면 bifenazate, acequinocyl, etoxazole, fenbutatin oxide, flufenoxuron 등이 약제처리 24시간 후에 생충율이 86~98%로 칠레이리응애의 성충에는 영향이 없는 것으로 보고하였으며, 본 실험에서는 bifenazate, acequinocyl, etoxazole의 약제처리 24시간 후 생충율이 97.1%를 보였고, fenbutatin oxide와 flufenoxuron은 생충율이 각각 84.6, 67.6%로 비슷

한 경향을 보였다.

살비제에 대한 킬레이리응애의 독성은 대부분이 매우 높았으나 bifenazate, acequinocyl, etoxazole, spiroadiclofen은 독성이 매우 낮고, 산란에도 영향을 미치지 않기 때문에(Yoo *et al.*, 2000) 장미시설하우스에서 점박이응애의 밀도가 높았을 때 천적인 킬레이리응애와 동시에 약제를 처리하면 상호보안적으로 점박이응애를 방제하여 방제효율을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

Table 4. Toxicities of several miticides on egg, larva and adult of *Phytoseiulus persimilis* in the laboratory condition

Miticide	Number of insects tested			% Mortality (mean±SD)		
	egg	larva	adult	egg ^a	larva	adult
Abamectin	160	113	30	4.4±0.3	100±0	100±0
Milbemectin	34	64		3.0±5.2	98.6±2.4	100±0
Bifenazate	118	72	47	0	2.9±2.6	0
Etoxazole	121	37	36	97.1±1.5	0	0
Tebufenpyrad	345	50	39	83.1±13.8	100±0	94.9±8.9
Fenpyroximate	61	31	42	0	100±0	100±0
Bifenthrin	94	82	68	0	100±0	100±0
Tetradifon+pirimiphos-met.	193	146	13	2.6±0.5	100±0	100±0
Flufenoxuron	88	83	26	2.3±2.2	70.2±3.3	32.4±6.7
Fenbutatin oxide	160	135	21	6.9±1.1	15.4±3.6	19.2±6.3
Tebufenpyrad+tetradifon	27	41	31	14.8±5.0	100±0	100±0
Acequinocyl	159	38	42	0	0	0
Spiroadiclofen	18	45	33	2.6±4.4	46.7±0.5	14.9±4.4

^a Hatching suppression

나. 살충제에 대한 약제 감수성

살충제에 대한 킬레이리응애 알의 부화율을 조사한 결과(Table 5), buprofezin+anitraz, clothianidin, alpha-cypermethrin, methidathion은 부화억제율이 각각 100, 83.8, 59.4, 100%로 매우 높았으나 다른 살충제는 부화억제율이 20% 미만의 낮은 부화억제율을 보였다. 약충에 있어서는 emamectin-benzoate, buprofezin+anitraz, spinosad, clothianidin, pyriproxyfen, acetamiprid+etofenprox, alpha-cypermethrin, etofenprox, esfenvalerate+fenitrothion, methidathion은 살충율이 50% 이상의 높은 살충율을 보였으나 imidacloprid, acetamiprid,

thiamethoxam은 살충율이 각각 5.6, 0, 9.5%로 살충율이 매우 낮았다. 성충에 있어서는 약충과 비슷한 경향을 보여 spinosad, emamectin-benzoate, buprofezin+amitraz, clothianidin, pyriproxyfen, alpha-cypermethrin, etofenprox, esfenvalerate+fenitrothion, methidathion은 살충율이 50% 이상의 높은 살충율을 보였다. 그러나 imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam, acetamiprid+etofenprox은 살충율은 각각 0, 20.6, 2.2, 0, 33.1%로 독성이 낮았다.

Yoo *et al.*(2000)에 따르면 spinosad의 생존율은 46.0%이며, 산란에도 많은 영향을 받는다고 보고하였으며, 본 실험에서도 성충의 spinosad의 생존율은 52.8%로 비슷한 경향을 보였다. 장미재배 시설하우스에서는 점박이응애 이외에 담배가루이, 꽃노랑총채벌레, 찔레수염진딧물의 발생이 높다. 그러나 이들 해충의 방제 약제는 칠레이리응애에 독성이 낮은 약제로 선발된 imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam이 적용약제로 등록된 약제이기 때문에 점박이응애와 이들 해충이 동시 발생되거나 점박이응애 이외의 해충 발생밀도가 높을 때 선발된 방제약제를 처리하면 장미 주요해충들을 효율적으로 방제하여 장미시설하우스 해충 종합방제의 기초자료가 될 것으로 생각된다.

Table 5. Toxicities of several Insecticides on egg, larva and adult of *Phytoseiulus persimilis* in the laboratory condition

Insecticide	Number of insects tested			% Mortality (mean±SD)		
	egg	larva	adult	egg ^a	larva	adult
Emamectin- benzoate	110	53	65	9.4±1.6	91.7±14.4	100±0
Spinosad	85	67	65	11.7±2.1	47.4±10.7	47.2±19.0
Imidacloprid	124	14	26	1.4±2.5	5.6±9.6	20.6±4.2
Acetamiprid	276	15	36	13.0±13.7	0	2.2±3.8
Thiamethoxam	70	71	50	0	9.5±3.8	0
Buprofezin + amitraz	62	45	24	100±0	100±0	100±0
Clothianidin	176	44	18	83.8±2.0	73.6±2.4	95.2±8.2
Pyriproxyfen	55	18	15	0	94.9±8.9	66.7±8.9
Acetamiprid + etofenprox	48	40	33	0	52.9±7.7	33.1±4.7
Alpha-cypermethrin	38	46	34	59.4±11.1	77.2±13.6	97.4±4.4
Etofenprox	43	40	25	0	96.3±6.4	95.8±7.2
Esfenvalerate + Fenitrothion	91	30	30	3.0±2.7	100±0	100±0
Methidathion	17	55	45	100±0	100±0	100±0

^a Hatching suppression

다. 살균제에 대한 약제 감수성

살균제에 대한 칠레이리응애 알의 부화율을 조사한 결과(Table 6), oxadixyl+mancozeb, metalaxyl+mancozeb의 부화억제율은 각각 20.7, 29.5%로 낮았으나 다른 약제들은 모두 부화억제율이 20%미만으로 칠레이리응애 알에 대한 독성이 거의 없었다. 약충에 대한 살충율은 triforine, prochloraz, thiophanate-methyl+triflumizole, metalaxyl+mancozeb, DBEDC은 각각 85.4, 70.5, 47.8, 100, 48.6%로 높았으나, 다른 7종의 살균제는 살충율이 30% 미만으로 독성이 매우 낮았다. 성충에 있어서는 azoxystrobin, kresoxim-methyl, triflumizole, thiophanate-methyl+triflumizole, nuarimol, oxadixyl+mancozeb, myclobutanil, triadimefon은 살충율이 각각 0, 0, 6.3, 13.4, 0, 2.5, 0, 6.4%로 독성이 매우 낮았다.

장미시설하우스에서 흰가루병과 노균병의 발병은 매우 심하며, 이때의 약제로 azoxystrobin, kresoxim-methyl, triflumizole, thiophanate-methyl+triflumizole, nuarimol, oxadixyl+mancozeb, triadimefon의 선택은 칠레이리응애에 독성이 매우 적고, 산란에도 영향이(Yoo *et al.*, 2000) 적기 때문에 흰가루병과 노균병의 방제시에도 칠레이리응애에 의한 점박이응애의 방제가 가능할 것으로 생각된다.

Table 6. Toxicities of several fungicides on egg, larva and adult of *Phytoseiulus persimilis* in the laboratory condition

Fungicide	Number of insects tested			% Mortality (mean±SD)		
	egg	larva	adult	egg ^a	larva	adult
Azoxystrobin	55	53	16	1.8±3.0	9.2±1.4	0
Kresoxim-methyl	100	46	19	0	0	0
Triforine	174	52	47	15.8±3.4	85.4±13.5	83.2±22.9
Triflumizole	76	37	30	0	11.0±3.4	6.3±5.7
Prochloraz	158	30	21	4.0±3.8	70.5±7.1	47.6±4.1
Thiophanate-methyl+triflumizole	71	14	35	1.4±2.5	47.8±13.5	13.4±5.8
Nuarimol	100	43	37	1.0±1.7	27.8±4.8	0
Oxadixyl+Mancozeb	128	101	64	20.7±16.3	6.5±2.6	2.5±4.3
Metalaxyl+Mancozeb	32	56	34	29.5±10.0	100±0	100±0
Myclobutanil	21	41	28	3.3±5.8	7.8±7.2	0
Triadimefon	34	54	29	2.1±3.6	16.3±2.9	6.4±5.5
DBEDC	69	43	45	1.1±1.9	48.6±4.2	23.2±6.7

^a Hatching suppression

라. 농약보조제에 대한 약제 감수성

농약보조제에 대한 칠레이리응애 알의 부화율을 조사한 결과(Table 7), siloxane(실록세인), blend of alkylaryl polyethoxylate and sodium salt of alkylsulfonated alkylate(카바), polyoxy ethylene alkyl aryl ether+sodiumligno sulfonate(전착제)의 부화억제율은 각각 1.9, 0, 0으로 약제에 대한 영향이 없었다. 약층에 있어서 실록세인과 카바의 살충율은 각각 87.9, 90.7%로 매우 높았으나 전착제는 살충율이 12.8%로 매우 낮았다. 성층에 있어서는 실록세인과 카바의 살충율은 각각 37.4, 37.6%로 독성이 약간 높았으나 전착제의 살충율은 9.4%로 독성이 낮았다.

장미시설하우스에서 병·해충 발생시 대부분의 농가에서 농약보조제를 첨가하여 살포한다. 천적에 독성이 낮은 약제에 독성이 높은 농약보조제가 첨가되어 약제가 살포되면 천적에 안전한 약제가 아니라 천적에 독성이 높은 약제를 살포하는 것이나 다름없다. 즉 실록세인과 카바는 칠레이리응애 약층에 대하여 독성이 매우 높기 때문에 천적인 칠레이리응애로 점박이응애를 방제할 때, 칠레이리응애에 독성이 낮은 살비제, 살충제, 살균제라도 독성이 높은 농약보조제인 이들이 농약에 첨가하면 칠레이리응애에 독성이 매우 높아져 방제효율을 떨어뜨릴 가능성이 높다. 또한 농약과 농약보조제의 혼합으로 칠레이리응애에 대한 독성이 높아질 가능성이 있다. 칠레이리응애는 농약보조제의 농도에 따라 영향(Table 9)을 크게 받았다. 실록세인의 추천농도는 100~150ppm인데, 100, 150, 300ppm에서 칠레이리응애 성층의 살충율은 각각 37.4, 42.9, 66.7%로 농도가 높을수록 성층에 영향을 미쳤다. 또한 추천농도에서 점박이응애와 칠레이리응애 독성을 비교한 결과(Table 8), 점박이응애 알과 성층에는 약제 감수성이 낮았으나 칠레이리응애 성층에는 상대적으로 높은 살충율을 보였다. 즉 농약보조제 첨가시 해충인 점박이응애에 대한 영향보다는 천적인 칠레이리응애에 대한 영향이 크게 작용했다. 그러나 전착제는 칠레이리응애에 대한 독성이 매우 낮기 때문에 농약보조제 첨가시 매우 유용 할 것으로 판단되나, 농약보조제는 장미에 적용약제로 등록되어 있지 않기 때문에 약해 발생에 대한 우려도 있다.

Table 7. Toxicities of several spreader on egg, larva and adult of *Phytoseiulus persimilis* in the laboratory condition

Spreader	Number of insects tested			% Mortality (mean±SD)		
	egg	larva	adult	egg ^a	larva	adult
Siloxane	106	105	95	1.9±3.3	87.9±5.3	37.4±12.5
Cover	47	20	15	0	90.7±8.5	37.6±6.8
Spreader	95	31	31	0	12.8±3.8	9.4±9.1

^a Hatching suppression

Table 8. Toxicities of several spreader on egg and adult of *Phytoseiulus persimilis* and *Tetranychus urticae* in the laboratory condition

Spreader	% Mortality (mean±SD)			
	<i>P. persimilis</i>		<i>T. urticae</i>	
	egg ^{b)}	adult	egg ^a	adult
Siloxane	1.9	42.9±9.3	2.8	57.8±21.2
Cover	0	37.6±6.8	1.9	27.8±10.2
Spreader	0	9.4±9.1	5.7	18.9±9.6

^a Hatching suppression

Table 9. Toxicities to siloxane on adult of *Phytoseiulus persimilis* and *Tetranychus urticae* in the laboratory condition

Spreader	% Mortality (mean±SD)			
	<i>P. persimilis</i>		<i>T. urticae</i>	
	Number of insects tested	% Mortality (mean±SD)	Number of insects tested	% Mortality (mean±SD)
Siloxane1,000×	95	66.7±8.6	90	70.0±15.3
2,000×	21	42.9±9.3	90	57.8±21.2
3,000×	21	37.4±12.5	90	13.3±3.3

마. 칠레이리응애에 선택독성이 낮은 살비제에 대한 점박이응애와 칠레이리응애의 약제 감수성 비교

Bifenazate와 acequinocyl은 추천농도에서 칠레이리응애 알, 약충, 성충에서 전혀 독성을 보이지 않았다. 또한 bifenazate와 acequinocyl은 점박이응애에 대하여는 매우 높은 약제 감수성(김, 2001)을 보였기 때문에 칠레이리응애와 점박이응애에 대한 두 약제의 감수성 차이를 비교(Table 10)하였다. 칠레이리응애에 대한 bifenazate와 acequinocyl의 알의 LC₅₀값은 모두 >5,000ppm이었고, 약충의 LC₅₀값은 각각 1.823, >5.000ppm 이었으며 성충의 LC₅₀값은 각각 2,712, >5,000 이었다. 그리고 농가포장에서 채집한 점박이응애의 알에 대한 bifenazate와 acequinocyl의 LC₅₀값은 각각 413, 18ppm 이었고, 성충의 LC₅₀값은 각각 17, 33ppm 으로 bifenazate와 acequinocyl은 칠레이리응애와 점박이응애 LC₅₀값의 차이가 너무나 크기 때문에 농가포장에서 점박이응애의 밀도가 높을 경우 생물적방제와 더불어 이들 약제를 처리하여 효율적인 점박이응애 방제체계를 갖출 것으로 판단된다.

장미시설하우스에서 천적을 이용한 생물적 방제시 해충의 밀도가 높을 때 천적만으로 방제할 경우 장미의 피해가 크게 발생되기 때문에 약제 방제와 동시에 사용할 수밖에 없다. Acequinocyl은 장미의 점박이응애에 적용약제로 등록되어 있지 않으나 bifenazate는 장미 점박이응애에 적용약제로 등록되어 있기 때문에 장미 점박이응애의 밀도가 높을 경우 칠레이리응애 처리와 더불어 bifenazate로 약제 처리를 하면 상호보완적 작용으로 점박이응애의 방제효율을 증가시킬 수 있다고 생각된다.

Table 10. Toxicities of bifenazate and acequinocyl on egg and adult of *Phytoseiulus persimilis* and *Tetranychus urticae* in the laboratory condition

pesticide	LC ₅₀ (ppm)				
	<i>P. persimilis</i>			<i>T. urticae</i>	
	egg	larva	adult	egg	adult
Bifenazate	>5,000	1,823	2,712	413	17
Acequinocyl	>5,000	>5,000	>5,000	18	33

본 연구는 국내에서 장미의 병해충에 등록되어 시판되고 있는 35종, 등록되어 있지 않은 3종, 농약보조제 3종등 총 41종에 대하여 칠레이리응애의 알, 약충, 성충에 대한 약제감수성을 조사하였다.

살비제에 대한 칠레이리응애의 알, 약충, 성충의 약제감수성은 bifenazate, acequinocyl, etoxazole, spiroadiclofen은 독성이 낮기 때문에 장미시설하우스에서 점박이응애의 밀도가 높았을 때 천적인 칠레이리응애와 동시에 약제를 처리하면 상호보안적으로 점박이응애를 방제하여 방제효율을 높일 수 있다. 살충제에 대한 칠레이리응애의 알, 약충, 성충의 약제감수성은 imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam이 독성이 낮기 때문에 점박이응애와 이들 해충이 동시 발생되거나 점박이응애 이외의 해충 발생밀도가 높을 때 선발된 방제약제를 처리하면 장미 주요해충들을 효율적으로 방제할 것으로 생각된다. 살균제에 대한 칠레이리응애의 알, 약충, 성충의 약제감수성은 azoxystrobin, kresoxim-methyl, triflumizole, thiophanate-methyl+ triflumizole, nuarimol, oxadixyl+mancozeb, triadimefon은 독성이 낮기 때문에 병과 점박이응애의 동시 방제가 가능할 것으로 생각된다. 농약보조제인 실록세인과 카바는 칠레이리응애 약충에 대하여 독성이 매우 높기 때문에 천적인 칠레이리응애로 점박이응애를 방제할 때, 칠레이리응애에 독성이 낮은 살비제, 살충제, 살균제라도 독성이 높은 농약보조제인 이들이 농약에 첨가되면 칠레이리응애에 독성이 매우 높아져 방제효율을 떨어뜨릴 가능성이 높다.

칠레이리응애에 대한 bifenazate와 acequinocyl의 알의 LC₅₀값은 각각 41,775와 13,860ppm이었고, 약충의 LC₅₀값은 각각 1,823과 5,359ppm 이었으며 성충의 LC₅₀값은 각각 2,712와 10,398 이었다. 그리고 농가포장에서 채집한 점박이응애의 알에 대한 bifenazate와 acequinocyl의 LC₅₀값은 각각 413, 18ppm이었고, 성충의 LC₅₀값은 각각 17, 33ppm 으로 bifenazate와 acequinocyl은 칠레이리응애와 점박이응애 LC₅₀값의 차이가 너무나 크기 때문에 농가포장에서 점박이응애의 밀도가 높을 경우 생물적 방제와 더불어 이들 약제를 처리하여 효율적인 점박이응애 방제체계를 갖출 것으로 판단된다.

농가포장시험은 점박이응애의 밀도(65.3마리/잎)가 높은 상태에서 칠레이리응애를 주당 20~25마리를 접종한 후, 7일 후 조사에서는 점박이응애의 밀도가 증가하는 경향을 보였으나 칠레이리응애의 밀도(4.3마리/잎)도 높은 경향을 보였으며, 칠레이리응애의 알이 많이 관찰되었고, 점박이응애 성충의 밀도가 두드러지게 감소하였으며, 칠레이리응애 접종 10일 후에는 칠레이리응애가 잎당 13.6마리의 매우 높은 밀도를 보였으며, 상대적으로 점박이응애의 밀도는 급격히 감소하였다. 칠레이리응애 접종 14일 후에는 점박이응애가 완전히 방제되었고, 칠레이리응애의 밀도는 잎당 3.4마리이었다.

3. 칠레이리용애에 의한 점박이용애 방제

재료 및 방법

가. 살충제와 살균제 처리시 점박이용애와 칠레이리용애의 밀도변화

장미 시설하우스에서 점박이용애를 발생시킨(65.3마리/잎) 후 칠레이리용애를 접종(20~25마리/주)한 다음 점박이용애와 칠레이리용애 모두에 영향이 적은 살충제와 살균제를 추천농도로 살포하였다. 천적 방사 후 7일 후에 점박이용애와 칠레이리용애의 밀도를 조사하였고, 그 후 1~2일 간격으로 조사하였다.

나. 농약보조제 혼용처리시 점박이용애와 칠레이리용애의 밀도변화

장미 시설하우스에서 점박이용애를 발생시킨(72.0마리/잎) 후 칠레이리용애를 접종(25~30마리/주)한 다음 점박이용애와 칠레이리용애 모두에 영향이 적은 살충제와 살균제를 추천농도로 살포하였다. 천적 방사 후 3일 후에 점박이용애와 칠레이리용애의 밀도를 조사하였고, 그 후 1~2일 간격으로 조사하였다.

다. 선택독성 약제 살포시 칠레이리용애에 접종시기에 따른 방제효과

장미 시설하우스에서 점박이용애를 발생시킨(76.6마리/잎) 후 칠레이리용애를 접종(25~30마리/주)한 다음 점박이용애와 칠레이리용애 모두에 영향이 적은 살충제와 살균제를 추천농도로 살포하였다. 천적 방사 후 3일 후에 점박이용애와 칠레이리용애의 밀도를 조사하였고, 그 후 1~2일 간격으로 조사하였다.

결과 및 고찰

가. 살충제와 살균제 처리시 점박이용애와 칠레이리용애의 밀도변화

점박이용애의 밀도(65.3마리/잎)가 높은 상태에서 칠레이리용애를 주당 20~25마리를 접종하였다. 7일 후 조사에서는 점박이용애의 밀도가 증가하는 경향을 보였으나 칠레이리용애의 밀도(4.3마리/잎)도 높은 경향을 보였으며, 칠레이리용애의 알이 많이 관찰되었고, 점박이용애 성충의 밀도가 두드러지게 감소하여 칠레이리용애 접종 10일 후에는 칠레이리용애가 잎당 13.6마리의 매우 높은 밀도를 보였으며, 상대적으로 점박이용애의 밀도는 급격히 감소하였다. 접종 11일에는 천적의 밀도도 감소하였으나 이는 칠레이리용애의 먹이인 점박이용애가 급격히 떨어졌기 때문이다. 칠레이리용애 접종 14일 후에는 점박이용애가 완전히 방제되었고, 칠레이리용애의 밀도는 잎당 3.4마리 이었다. 그리고 천적 방사 후 흰가루병의 만연과 총채벌레가 발생되어 천적에 안전한 약제로 선정되었던 kresoxim-methyl, spinosad, triflumizole, nuarimol, myclobutanil을 살포하였으나 칠레이리용애에는 영향이 없었다(Fig. 4).

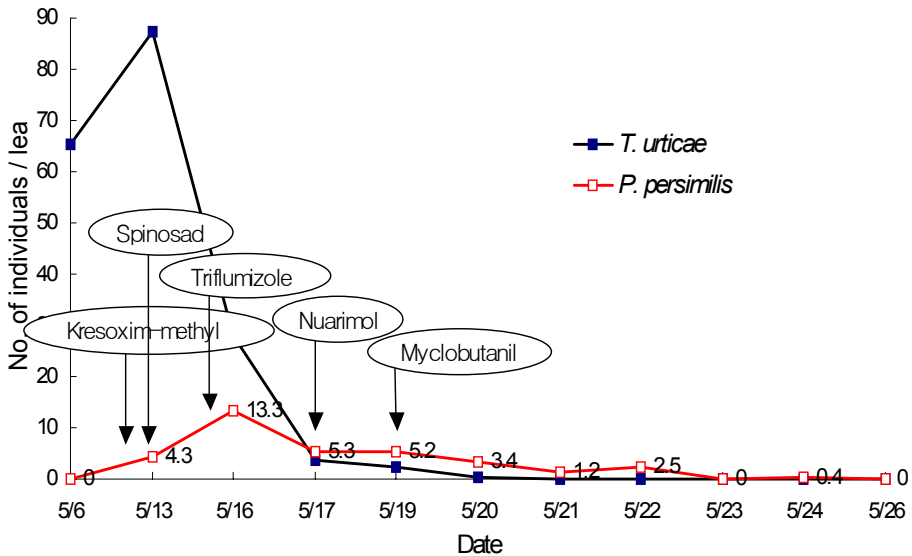


Fig. 4. Population of *T. urticae* and *P. persimilis* in greenhouse after the release of *P. persimilis*.

나. 농약보조제 혼용처리시 점박이용애와 칠레이리용애의 밀도변화

점박이용애의 밀도(72.0마리/잎)가 높은 상태에서 칠레이리용애를 주당 25~30마리를 접종하였다. 2일 후 조사에서는 점박이용애의 밀도가 증가하는 경향을 보였으나 4일 후 조사에서는 점박이용애의 밀도가 감소하였으며, 칠레이리용애의 밀도도 잎당 2마리로 높았다. 6일 후 조사에서는 점박이용애의 밀도와 칠레이리용애의 밀도가 비슷한 경향을 보였으며, 10일 후 조사에서는 점박이용애 밀도가 잎당 1마리 이하의 낮은 밀도를 보여, spreader의 사용은 칠레이리용애에 독성을 보이지 않음을 보여주었다(Fig. 5).

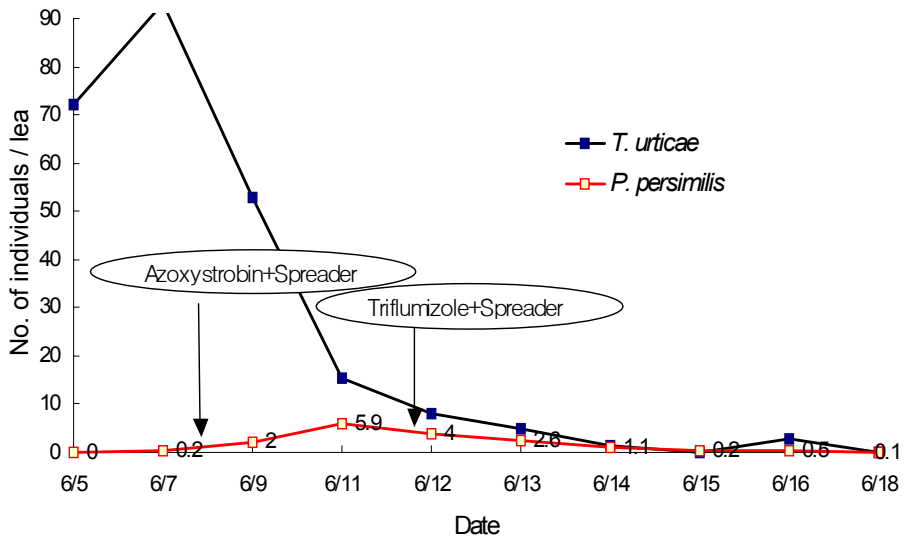


Fig. 5. Effects of spreader on *P. persimilis* in greenhouse after the release of *P. persimilis*.

그러나 농약보조제 중에서 실록세인은 장미 병해의 예방효과가 증진된다고 알려져 있어 농민들이 선호하고 있는 농약보조제이다. 실록세인은 칠레이리용애의 약충에 독성이 강하나 100ppm에서는 칠레이리용애에 독성이 약하게 나타나, 점박이용애가 방제되며(Fig. 6), 시판되고 있는 약제의 300ppm에서는 살균제와의 혼합독작용의 증가로 칠레이리용애가 관찰되지 않았고, 점박이용애의 밀도가 잎당 20마리 수준을 유지하였다(Fig. 7).

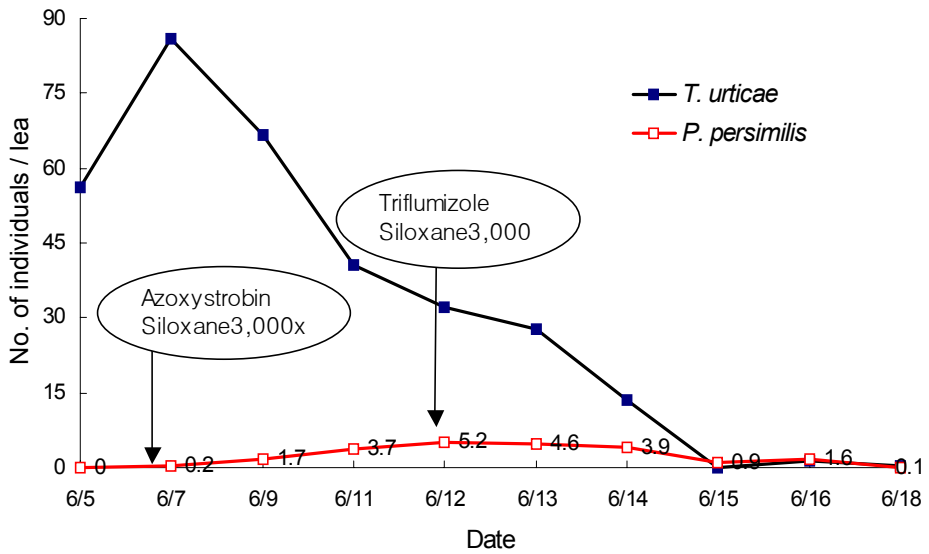


Fig. 6. Effects of spreader(Siloxane, 100ppm) on *P. persimilis* in greenhouse after the release of *P. persimilis*.

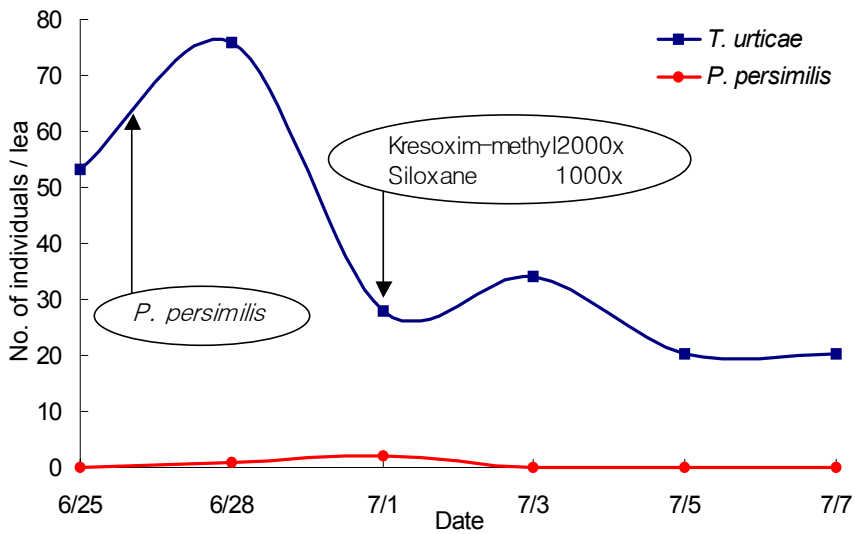


Fig. 7. Effects of spreader(Siloxane, 300ppm) on *P. persimilis* in greenhouse after the release of *P. persimilis*.

다. 선택독성 약제 살포시 칠레이리응애에 접종시기에 따른 방제효과

점박이응애의 밀도(76.6마리/잎)가 높은 상태에서 칠레이리응애를 주당 25~30마리를 접종하였다. 2일 후 조사에서는 점박이응애의 밀도가 증가하였으나 칠레이리응애의 밀도(0.4마리/잎)는 낮은 경향을 보였으며, 칠레이리응애의 알이 많이 관찰되었다. 점박이응애 밀도가 잎당 120마리까지 올라가 장미에 피해가 나타나기 시작해, 점박이응애에 독성이 높고, 칠레이리응애에 독성이 낮은 비페나제이트를 살포한 결과, 살포 2일후에는 점박이응애의 밀도가 잎당 20마리이었고, 칠레이리응애는 잎당 2.1마리 이었다. 약제처리 4일후에는 점박이응애와 칠레이리응애 밀도가 같아지기 시작하여 약제처리 5일 후에는 칠레이리응애의 밀도가 점박이응애 밀도보다 높아져 점박이응애가 완전히 방제되었다.

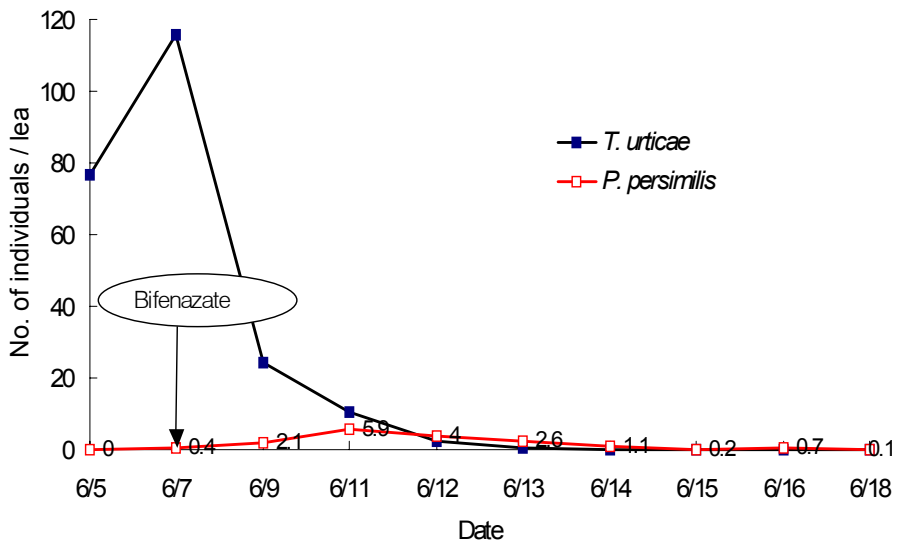


Fig. 8. Population of *T. urticae* and *P. persimilis* in greenhouse after the release of *P. persimilis*.

4. 무당벌레에 대한 살충제의 선택독성

무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 진딧물을 포식하는 중요한 천적 중의 하나로 무당벌레류는 우리 나라에서 13속 74종이 보고되어 있다(한국곤충학회·한국응용곤충학회, 1994). 이를 식성별로 구분해보면 식물의 잎을 먹는 식식성, 균의 포자를 먹는 식균성, 그리고 곤충을 포식하는 식충성으로 나눌 수 있는데, 이들 중 식충성 곤충이 대부분을 차지하고 있다. 게다가 유충과 성충이 진딧물류, 각지벌레류 외에 총채벌레, 배추좀나방, 온실가루이를 포함한 곤충을 포식하기 때문에 해충의 생물학적 방제에 활용될 수 있는 잠재적 가능성이 매우 높다고 할 수 있다(김과 최, 1985).

진딧물방제에 가장 일반적으로 사용되는 방법은 약제방제이다. 약제방제는 적용범위가 넓고, 효과가 확실하나 저항성 해충의 출현, 잠재해충의 해충화, 해충밀도격발 및 농작물에 잔류등의 부작용으로 인해 재배농가에 많은 부담을 주고 있다(Sawacki, 1979; 大串, 1990). 이와같이 살충제 사용의 부작용이 일반화되면서 많은 학자들이 농업생태계를 보존하기 위하여 해충의 밀도를 자연적으로 억제시켜 주는 천적의 역할을 증대시키고자 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 탐색 이용하여 해충과 천적의 밀도를 적정수준으로 조절함으로써 보다 장기적인 방제효과를 유지하려는데 많은 노력을 하고 있다 (Grafton-cardweel & Hoy, 1983; Reda & El-Banhawy 1988; Yu, 1988; Mizell & Schiffauer, 1990; Zhang & Sanderson, 1990; Park *et al.*, 1995; 최 *et al.*, 1996; 김과 백, 1996; Cho *et al.*, 1997). 무당벌레는 진딧물에 대한 포식력이 뛰어나 생물적방제에 이용되고 있지만(최 & 김, 1985; 이 & 김, 1989), 무당벌레만으로 진딧물의 밀도를 경제적 피해수준이하로 낮추는 것은 어렵다. 따라서 선택독성이 높은 살충제를 사용하면 천적인 무당벌레와 진딧물의 비율을 조절하면 무당벌레를 이용한 진딧물의 생물적 방제가 가능할 것으로 생각한다.

이에 본 실험은 진딧물방제용 살충제가 무당벌레의 발육단계별 살충율, 산란전기, 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율에 미치는 영향을 조사하여 배자발육과 후배자발육에 영향이 적은 살충제를 선발함으로써 화학적방제와 생물적방제의 조화로운 이용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충

본 시험에 공시한 무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 2001년 5월 충북대학교 캠퍼스 부근에서 채집하여 실내 온도 25~27°C, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60% 조건에서 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 먹이로 누대사육하였으며, 복숭아혹진딧물은 캠퍼스 주변에서 채집하여 담배잎에 사육하면서 시험에 이용하였다.

실험약제

본 시험에 사용된 살충제는 진딧물방제용 시판제로써 5종의 유기인계, 4종의 카바메이트계, 4종의 피레스로이드계, 2종의 네오니코티노이드계, 1종의 유기염소계로 모두 16종이며, 이들의 일반명, 상품명, 제형, 유효성분량 및 추천농도(ppm)는 Table 11과 같다.

Table 11. Aphicides used in the study of selective toxicity

Common name	Trade name formulation	a.i ^a (%)	Field rate (ppm)
Organophosphates			
Acephate	Otran WP	50	500
Chlorpyrifos-methyl	Reldan EC	25	312.5
Demeton S-methyl	Metasystox EC	25	250
Fenthion	Lebaycid EC	50	500
Phosphamidon	Dimecron EC	50	500
Carbamates			
Benfuracarb	Oncol EC	30	300
Furathiocarb	Deltanet EC	10	100
Methomyl	Lannate WP	24.1	241
Pirimicarb	Pirimo WP	25	162.5
Pyrethroids			
Bifenthrin	Talstar WP	2	20
Deltamethrin	Decis EC	1	10
Fenvalerate	Sumicidin EC	5	50
Lambda cyhalothrin	Karate EC	1	10
Nicotinoids			
Acetamiprid	Mospiran WP	8	40
Imidacloprid	Conidor WP	10	50
Organochloride			
Endosulfan	Malix EC	35	577.5

^a Active ingredient.

진딧물과 무당벌레에 대한 살충제의 선택독성검정

복숭아혹진딧물에 대한 독성검정은 담배잎 절편(직경 5 cm)을 소정농도의 약액에 30초간 침적하여 30~60분간 음건한 후 소형샤-레(직경: 5 cm)에 넣었다. 그 위에 20마리의 진딧물 성충(무시형)을 접종하고 24시간 후에 사충수를 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다. 무당벌레에 대한 독성검정은 소정농도의 약액에 알을 5초간 침적한후 부화수를 조사하였고, 유충과 성충은 CO₂ gas로 마취시킨 후 5초간 총체침적하여 유리샤-레(직경 11 cm x 3 cm)에 넣고 24시간 후에 사충수를 조사하였다. 그리고 번데기는 용화 후 1일이 경과한 것을 소정의 약액에 총체침적하여 우화수를 조사하였다. 후배자발육에 미치는 영향에 대해서는 우화후 8~15시간 사이의 성충에 실험약제(endosulfan, fenvalerate, pirimicarb)를 처리한 후 산란전기, 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율을 조사하였다. 모든 실험은 반복당 10마리씩 3반복이상으로 하였으며, 충분한 양의 진딧물을 공급하였다. 실험조건은 온도 25℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60% 조건에서 수행되었다. 모든 독성은 abbot(1925)의 공식으로 보정사충율을 구하여 비교하였다.

결과 및 고찰

진딧물과 무당벌레 성충에 대한 살충제의 선택독성

현재 시판되고 있는 진딧물방제용 살충제를 추천농도(ppm)로 복숭아혹진딧물 성충과 무당벌레 성충에 처리하여 선택독성을 비교한 결과를 Table 12에 나타내었다. 16종의 진딧물방제용 살충제는 추천농도에서 복숭아혹진딧물에 대해 모두 100%의 살충율을 나타내었고, 무당벌레에 대해서는 fenvalerate, endosulfan, imidacloprid, pirimicarb를 제외하고는 모두 80%이상의 살충율을 나타내었다. 선택독성을 나타낸 fenvalerate, endosulfan, imidacloprid, pirimicarb의 무당벌레에 대한 살충율은 각각 20, 22.5, 30, 0%이었다. 특히 카바메이트계인 pirimicarb는 천적무당벌레에 대해 전혀 영향을 미치지 않았지만, 복숭아혹진딧물에 대해 100%의 살충율을 나타내어 선택성이 높은 살충제임을 알 수 있다. 이와같은 결과는 이와 김(1989)에 의해서도 보고되었는데 acephate, cyhalothrin, pirimicarb의 3종 살충제를 추천농도로 처리시 복숭아혹진딧물에 대해서는 98%이상의 높은 살충율을 나타내었다.

Table 12. Selective toxicity of aphicides to adults of *M. persicae* and *H. axyridis*

Aphicide	Concentration (ppm)	% Mortality (Mean±SD)	
		<i>M. persicae</i>	<i>H. axyridis</i>
Organophosphates			
Acephate	500	100±0	94±3.3
Chlorpyrifos-methyl	312.5	100±0	100±0
Demeton S-methyl	250	100±0	100±0
Fenthion	500	100±0	100±0
Phosphamidon	500	100±0	100±0
Carbamates			
Benfuracarb	300	100±0	100±0
Furathiocarb	100	100±0	100±0
Methomyl	241	100±0	100±0
Pirimicarb	162.5	100±0	0±0
Pyrethroids			
Bifenthrin	20	100±0	87±8.5
Deltamethrin	10	100±0	83±4.6
Fenvalerate	50	100±0	20±7.9
Lambda cyhalothrin	10	100±0	95±2.4
Neonicotinoids			
Acetamiprid	40	100±0	100±0
Imidacloprid	50	100±0	30±4.2
Organochloride			
Endosulfan	577.5	95±3.5	22.5±5.4

그리고 천적인 무당벌레에 대해서는 acephate와 cyhalothrin은 높은 독성을 나타내었으나, pirimicarb는 매우 낮은 독성을 나타내어 본 실험의 결과와 일치하였다. 또한 Cho *et al.*(1997)은 과수원의 주요해충인 조팝나무진딧물, 사과혹진딧물과 천적무당벌레간에 8종의 살충제에 대한 선택독성 비교에서 alphamethrin이 상대적으로 천적에 안전하여 진딧물방제에 적용가능성을 제시하였다(Cho *et al.*, 1996). 본 실험의 결과에서 복숭아혹진딧물방제에 pirimicarb와 같은 선택독성이 높은 살충제를 사용함으로써 화학적방제와 생물적방제의 조화로운 이용이 가능하여 농생태계의 천적을 보호할 수 있을 것으로 생각된다.

선택성 살충제가 무당벌레의 생물학적 특성에 미치는 영향

무당벌레에 대해 선택독성을 나타낸 4종의 살충제 중 30%이하의 살충율을 나타낸 endosulfan, fenvalerate, pirimicarb의 추천농도로 알, 유충의 영기별 및 번데기의 약제감수성을 조사한 결과는 Table 13과 같다.

Table 13. Toxicity of aphicides to different developmental stages of *H. axyridis*

Aphicide	% Mortality (Mean±SD)					
	Eggs	1st instars	2nd instars	3rd instars	4th instars	Pupae
Endosulfan	100±0	100±0	100±0	89±7.2	62±11.2	0±0
Fenvalerate	100±0	85±11.2	67±9.4	54±6.9	48±10.1	0±0
Pirimicarb	13±4.8	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Control	9±3.5	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0

Pirimicarb는 알에 대해서 13%의 부화억제율을 나타내어 대조구의 9%와 비슷한 수준을 나타내었다. 또한 유충의 모든 영기에 대하여 0%의 살충효과를 나타내어 아무런 영향을 미치지 않았다. 그러나 endosulfan과 fenvalerate는 알에 대해서 각각 100%의 부화억제를 나타내었으며, 유충의 각 영기에 대해서 48~100%의 살충율을 나타내었다. 천적곤충의 발육에 따른 살충제의 선택독성에 관한 연구는, Cho *et al.* (1996)이 살비제인 azocyclotin, pyridaben은 무당벌레의 알과 유충에 대해서 독성을 나타내지 않았음을 보고하였고, Mizell과 Schiffhaure(1990)는 피칸진딧물(*Carya illinoensis*)의 천적인 풀잠자리(*Chrysoperla rufilabris*)가 23종의 농약에 대한 선택독성은 알에 대해서 살균제인 triphenyltin hydroxide, benomyl, 살충제인 endosulfan, phosalone, 유충에 대해서 endosulfan, phosalone, dicofol, lindane, fenvalerate, cypermethrin 그리고 성충에 대해서 살균제인 triphenyltin hydroxide, 피레스로이드계 살충제인 fenvalerate, cypermethrin 등으로 발육단계에 따라 선택독성에 차이가 있었음을 보고하여 선택독성은 각영기에 대한 영향 평가가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 본 실험의 결과에서도 endosulfan과 fenvalerate는 번데기와 성충에 대해서 낮은 독성을 나타내었으나 알과 유충에 대해서는 48~100%의 살충율로 높

은 독성을 나타내어 실제 이용이 불가능하다.

무당벌레의 성충에 대해 선택독성을 나타낸 3종 살충제가 무당벌레 성충의 산란전기 및 수명에 미치는 영향을 보면(Table 14), pirimicarb는 무당벌레의 산란전기 및 수명에 거의 영향을 미치지 않은 반면에 fenvalerate와 endosulfan은 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 14. Effects of aphicides on the preoviposition and longevity of *H. axyridis* female adults

Aphicide	Preoviposition, day	Longevity, day
Endosulfan	23.0±1.0 b ^{a)}	34.0±16.3 b
Fenvalerate	26.0±1.5 a	42.0±15.0 b
Pirimicarb	7.4±0.9 c	68.2±21.1 a
Control	6.9±0.8 c	76.0±15.6 a

^{a)} Means followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Tukey's studentized range test).

암컷 한마리당 평균산란수와 차세대 부화율에서도 비슷한 결과를 나타내었는데(표 15), pirimicarb처리에서 산란수가 187개로 대조구의 205개와 차이가 없었으며, 차세대의 부화율에서도 pirimicarb는 91%로 대조구의 92%와 비슷한 수준을 나타내었다.

Table 15. Effects of aphicides on the reproduction of *Harmonia axyridis* adults

Aphicide	No. eggs laid/♀	Hatchability (%)
Endosulfan	2.3±1.5 c ^{a)}	0±0 b
Fenvalerate	60.0±16.8 b	42.3±18.7 b
Pirimicarb	187.0±40.5 a	91.0±3.0 a
Control	205.0±12.5 a	92.0±2.5 a

^{a)} Means followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Tukey's studentized range test).

그러나 fenvalerate에 처리된 성충의 산란수와 부화율은 pirimicarb와 비교하여 볼 때 50%에도 미치지 못하였으며, endosulfan에 처리된 성충의 경우 산란수는 평균 2.3개로 극히 적었고 부화율도 0%를 나타내었다. 선택성 살충제가 천적무당벌레의 생식에 미치는 영향에 관한 연구보고는 거의 없으며, 다른 천적에 관한 연구결과들을 살펴보면, 최 등(1996)은 buprofezin은 벼멸구의 포식성 천적인 등검은황록장님노린재에 선택성이 가장 높았으며, 아치사약량(LD₁₀, LD₄₀)으로 처리했을 때 성충수명과 산란수가 무처리구와 차이가 없었음을 보고하였다. 또한 Zang & Sanderson(1990)은 abamectin (0.08~16ppm)이 식식성응애류에 대해 부화억제효과를 나타내었으나, 포식성천적 응애에 대해서는 영향을 미치지 않아 점박이응애의 종합방제에 있어서 천적과 해충의 비율을 조절하는데 유용하게 쓰일 수 있을 것이라 하였다. 이상의 결과를 종합해보면, 진딧물의 종합적 방제에 살충제를 적용하기 위해서는 해충에 살충효과가 있고, 천적에 대해서 독성이 없어야 하며, 독성의 평가는 각 영기에 대해서 이루어져야 한다. 본 실험에서 pirimicarb는 복숭아혹진딧물 포식성 천적인 무당벌레의 발육단계, 생식력, 수명 및 차세대의 부화율에 영향을 미치지 않아, 진딧물 종합적방제에 이 약제의 이용이 가능하리라 판단된다.

제 5 절 장미 주요해충의 방제체계

장미는 세계 3대 절화류의 하나이며 세계 주요 교역량이 카네이션 다음으로 많은 편이다. 우리나라에서도 주요화훼류는 장미, 국화 등이며 그 중 장미의 재배 면적은 1990년도에 159.0ha에서 2002년도에 771.0ha로 5배 정도가 증가하였으며, 생산액은 '90년에 102억원에서 '02년에 1,679억원으로 16배 정도가 증가하는 등 장미의 인기가 날로 증가하고 있다('02 화훼재배 현황, 2003. 7). 그리고 점점 더 고품질을 요구하고 있고, 그 품질은 물리적 손상정도, 화색, 잎의 생육상태, 또는 병해충의 피해 여부에 달려 있다.

장미해충의 방제가 어려운 원인은 주요해충 모두가 충의 몸이 작고 저밀도 하에서는 발견이 어려우며, 기주식물의 유통에 동반하여 시설내 침입이 용이할 뿐만 아니라 발생세대기간이 짧고, 증식력이 높으며 잡초를 포함한 넓은 식성을 갖고 있는 것 등 시설원예 해충으로 되는 조건을 모두 만족하고 있기 때문이다. 또한 미소해충은 산란력이 높고 발생세대기간이 짧기 때문에 한번 발생된 지역에서는 쉽게 방제가 되고 있지 않다. 장미 재배농가의 연간 농약 살포회수를 조사한 결과 살균제 17회, 살충제 27.7회를 대부분 단제로 살포하고 있지만 화훼류의 미소해충은 줄어들고 있지 않다.

현재 장미에 발생되어 피해를 주고 있는 점박이용애, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이를 중심으로 한 방제체계가 확립되어 있지 않기 때문에, 무분별한 약제 살포로 약제에 대한 저항성은 점점 커지고 있다. 본 연구는 장미의 주요 해충인 담배가루이, 점박이용애, 꽃노랑총채벌레에 대한 방제체계를 확립하고자 수행하였다.

1. 담배가루이 방제체계

담배가루이는 전세계적으로 분포되어 있고, 기주범위도 넓어, 시설채소와 화훼류의 경계해충이다. Thiamethoxam, pyriproxyfen의 담배가루이 작용특성 규명, 재배농가별 acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam의 저항성 비교, 장미에 등록된 살충제에 대한 담배가루이 독성 비교, 담배가루이 적용약제인 acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam, pyriproxyfen과 점박이용애의 전용약제이며 담배가루이에도 우수한 약효를 보이는 아바멕틴과 밀베멕틴을 대상으로 밀도에 따른 방제횟수 및 방제가를 구하였다.

가. Pyriproxyfen과 thiamethoxam의 효과

담배가루이의 전용약제인 pyriproxyfen은 곤충 유약호르몬 유사체 (Juvenile hormone analog)의 방향족 화합물이다. 곤충의 주요 대사호르몬은 탈피호르몬과 유약호르몬이라 할 수 있는데, pyriproxyfen은 표적 곤충의 정상적인 호르몬계를 교란시킴으로서 산란수를 감소시킬 뿐만 아니라 정상적인 발육을 저해하는 것으로 알려져 있다 (Glancey *et al.*, 1990).

Thiamethoxam은 nicotine과 유사한 골격을 하고 있으며 -S기를 갖고 있는 thianicotinyl계의 네오니코티노이드계 살충제로써 (Ayyappath *et al.*, 2000), 일반적으로 니코틴 유사체인 니코티노이드계들은 중추 및 말초신경계에서의 신경전달물질인 nicotinic acetylcholine의 수용체 (nAChR)를 교란시키는 작용기작을 갖고 있다 (Bai *et al.*, 1991). Horowitz *et al.* (1998)은 pyriproxyfen 저항성 담배가루이 방제를 위해 acetamiprid와 imidacloprid를 적용해 본 결과 오히려 감수성계통의 LC₅₀값보다 각각 3.0, 1.9배 낮게 나타나 방제의 가능성을 제시하기도 하였다. 세계적으로 담배가루이의 피해 및 저항성이 문제 시 되고 있음에도 불구하고 아직까지 현재 국내에는 뚜렷한 방제체계가 수립되어 있지 않은 실정이다. 따라서, 본 연구는 pyriproxyfen과 thiamethoxam의 담배가루이에 대한 작용특성을 구명함으로써 담배가루이의 방제대책 수립에 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험곤충

담배가루이 (*B. tabaci* biotype B)는 1998년 진천군 장미재배지에서 채집한 것을 실내에서 아크릴사육상 (30×30×30cm)에 토마토 (풍생)을 기주로 제공하면서 누대 사육하여 본 시험에 사용하였으며, 실내사육조건은 온도 25~27℃, 상대습도 50~60, 광주조건은 16L : 8D로 유지하였다.

시험약제

본 시험에 사용한 pyriproxyfen과 thiamethoxam의 유효성분량 및 제형, 추천농도는 Table 1과 같다.

Table 1. Insecticides used in this study

Insecticide	A.I. ^{a)} (%) & Formulation		Recommended conc. (ppm)
Pyriproxyfen	10	EC	100
Thiamethoxam	10	WG	50

^{a)}Active ingredient.

발육단계별 약제 감수성

알에 대해서는 파종 후 5주 경과된 토마토 유묘에 24시간 산란받은 알을 소정 약액에 30초간 침지 후 부화억제율을 구하였다. 약충에 대해서는 담배가루이가 3령이 되는 산란 후 14일째에 약액에 30초간 침지 후 우화억제율을 구하였다. 성충에 대해서는 토마토 유묘를 약액에 침지, 음건한 후 성충과 함께 원통형 아크릴사육상 (Φ10×H15cm)에 넣고 3일 경과 후에 살충률을 구하였다. 각 약제는 추천농도와 2배, 4배로 희석한 농도의 약액을 처리하여 살충률을 구하였으며, 각 실험은 모두 3반복으로 실시하였다.

차세대에 미치는 영향

Pyriproxyfen과 thiamethoxam을 담배가루이의 번데기 단계에 아치사농도 (0.1, 10ppm)으로 처리한 뒤 우화한 성충으로부터 산란전기, 암·수컷의 수명, 산란수 및 산란된 알의 부화율을 구하였다. 암·수 한 쌍씩을 원통형 아크릴사육상 (Φ10×H15cm)에 넣어 주었으며 수컷이 먼저 죽는 경우에는 새로운 수컷을 넣어 주었다. 모든 실험은 3반복으로 실시하였다.

침투이행 효과

엽면침투이행성과 뿌리침투이행성으로 나누어 실시하였으며, 엽면침투이행성 시험은 먼저 기주식물의 한쪽 잎에 약액을 30초간 침지하고, 24시간 경과 후에 약제처리된 잎을 제거한 후 약액이 처리되지 않은 잎에 담배가루이를 접종하고 살충률을 구하였다. 뿌리침투이행성 시험은 각 약액을 포트 (Φ7.0×H6.5cm) 당 10ml씩 관주하고 24경과 후 담배가루이를 접종하여 살충률을 구하였다. 모든 실험은 3반복으로 실시하였다.

간효성

과종 후 5주 경과된 토마토 유묘를 각 약액에 침지하고 온실에 방치해 두면서 약제처리 후 1, 3, 7, 9일 후에 pyriproxyfen은 알에 대해서 thiamethoxam은 성충에 대하여 살충률을 구하였다. 모든 실험을 3반복으로 실시하였다.

방제효과

온실조건에서 담배가루이에 오염된 토마토 묘 (과종 후 10주)에 각 약제를 추천농도로 처리하였으며, 약제처리 후 3, 7, 9일 후에 성충의 밀도를 조사하여 방제가를 구하였다. 모든 실험은 5주를 1반복으로 3반복 난괴법으로 실시하였다.

결과 및 고찰

1) 발육단계별 약제 감수성

Pyriproxyfen과 thiamethoxam의 담배가루이 발육단계 즉 알, 약충 (3령), 성충에 대한 살충활성 결과를 Table 2에 나타내었다. Pyriproxyfen은 알과 약충에 높은 살충효과를 나타내었으나 성충에 대해서는 효과가 낮았는데, 추천농도 (100ppm)에서 알과 약충에 대한 살충률은 각각 94.5, 86.8%이었으며 성충에 대해서는 37.9%의 낮은 살충률을 나타내었다. Horowitz *et al.* (1999)은 pyriproxyfen이 담배가루이 알의 부화를 억제하는 효과가 있음을 보고하기도 하였다. Thiamethoxam은 알에는 효과가 낮았지만 약충과 성충에 대하여 높은 살충활성을 나타내었는데, 추천농도 (50ppm)에서 약충과 성충에 대한 살충률은 각각 90.1, 100%로 매우 높게 나타난 반면 알에 대해서는 11.3%로 효과가 없었다. 유약호르몬 유사체는 곤충 *corpora allata*에서의 유약호르몬의 생합성과 정상적인 유약호르몬 역할을 저해하는 것으로 알려져 있다(Devine *et al.*, 1999). 또한, 본 시험에서 pyriproxyfen이 알에 대해서 가장 높은 살충활성을 보였으며 성충에 대해서 활성이 낮았던 것은 곤충의 유충호르몬이 알 단계에서 가장 많이 분비되며 중령유충에서 거의 소멸된다는 점과 관련지어 볼 수 있다. 반면, thiamethoxam이 알에 활성이 낮았던 것은 알 단계에서 배자발육이 충분하지 못하여 신경계가 미성숙된 상태로 nAChR에는 영향을 못 미쳤던 것으로 생각되며 약충과 성충으로 성장해가면서 신경계의 발달과 함께 nAChR에 대한 저해가 증가한 것으로 생각된다.

Table 2. Insecticidal activities of pyriproxyfen and thiamethoxam to different stages of *B. tabaci*

Insecticide	Conc. (ppm)	Mortality (%) Mean±SD		
		Egg ^{a)}	Nymph ^{b)}	Adult ^{c)}
Pyriproxyfen	100	94.5±2.1 a ^{d)}	86.8±3.2 a	37.9±6.5 c
	50	85.7±5.6 b	72.9±6.3 ab	24.2±6.3 cd
	25	79.6±1.7 b	65.6±13.6 b	16.8±3.9 de
Thiamethoxam	50	11.3±1.5 c	90.1±1.3 a	100±0.0 a
	25	6.1±1.4 cd	90.8±1.7 a	96.8±2.8 a
	12.5	3.8±0.4 d	63.7±10.5 b	75.4±9.0 b
Control	-	2.6±1.2 d	7.2±2.4 c	5.3±3.2 e

^{a)}Egg-hatch suppression (sample size, 30~50 eggs/replicate, 3 replicates/treatment).

^{b)}Emergence suppression (sample size, 120~250 nymphs/replicate, 3 replicates/treatment).

^{c)}Mortality at 3rd day after treatment of the insecticide (sample size, 50~80adults/replicate, 3 replicates/treatment).

^{d)}Means followed by the same letters are not significantly different (P=0.05; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1994]).

2) 차세대에 미치는 영향

Table 3은 담배가루이에 대하여 pyriproxyfen과 thiamethoxam의 아치사농도 (0.1, 10ppm)가 미치는 영향에 대한 시험결과를 나타낸 것이다. 두 약제 모두 약제처리된 번데기로부터 우화된 성충의 산란전기에는 영향을 미치지 않았다. 그러나 성충의 수명과 산란수는 무처리구와 비교해 볼 때 현저히 감소하였는데, 10ppm에서 pyriproxyfen의 경우 암컷성충의 수명 및 산란수가 각각 71, 95% 감소하였으며, thiamethoxam의 경우는 57, 90% 감소하였다. 산란된 알의 부화율에는 영향을 미치지 않았다. 번데기 단계에서 총체내로 침입한 약제가 우화 후 산란전기간에는 영향을 미치지 않았다 하더라도 성충의 수명을 단축시키고 이로 인해 산란수를 현저하게 억제한 것은 약제들의 독작용에 기인하나 pyriproxyfen의 경우는 성충에 대해서 효과가 없는 약제임에도 불구하고 본 실험에서는 성충수명을 단축시켰는데 이는 좀더

자세한 연구가 필요하다. 산란된 알의 부화율에 영향을 미치지 않았던 것은 약제들이 비록 층체 내로 침입하긴 했으나 알 형성시기에 난소까지 침입하지는 못한 것으로 생각된다.

Table 3. Sublethal effect of pyriproxyfen and thiamethoxam on *B. tabaci*

Insecticide	Conc. (ppm)	Preoviposition period (days) Mean±SD	Longevity (days) Mean±SD		Eggs laid/♀ Mean±SD	Egg viability (%) Mean±SD
			♀	♂		
Pyriproxyfen	10	4.1±0.6a ^{a)}	4.7±1.4b	3.5±1.1c	0.7±0.5d	89.2±7.3a
	0.1	3.4±0.7a	7.6±2.8b	7.1±1.8b	3.9±2.2cd	90.6±3.6a
	10	3.3±0.5a	6.9±1.5b	6.1±2.0bc	9.1±4.3bc	91.2±2.2a
Thiamethoxam	0.1	3.2±0.4a	12.9±3.1a	10.7±2.6a	14.3±5.2b	92.4±1.0a
Control	-	2.5±0.5a	16.2±2.4a	13.9±1.9a	87.8±24.3a	94.5±4.5a

^{a)}Means followed by the same letters are not significantly different (P=0.05; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1994]).

3) 침투이행성

담배가루이 약충과 성충에 대한 pyriproxyfen과 thiamethoxam의 침투이행 효과는 Fig. 1에 나타내었다.

약충과 성충에 대해서 pyriproxyfen은 중간정도의 엽면 및 뿌리침투이행 효과를 나타낸 반면 thiamethoxam은 엽면침투이행성은 중간정도를 나타내었으나 강한 뿌리침투이행효과를 나타내어 약충과 성충에 대해서 각각 87.2, 92.6%의 살충률을 나타내었다. 네오니코티노이드계 살충제들이 침투이행효과에 대해서는 많은 보고가 되어있는데(Nauen *et al.*, 1999; Horowitz *et al.*, 1998), Horowitz *et al.* (1998)은 잎의 윗면에 acetamiprid와 imidacloprid를 처리하고 아랫부분에 성충을 접종한 결과 성충에 대한 살충률이 각각 99, 88%였다고 하였으며, 토양처리 했을 경우 약제처리 후 2일째에 살충률이 각각 76, 90%였다고 보고하였다. 본 시험에 사용한 thiamethoxam도 네오니코티노이드계 화합물로써 본 실험에서도 높은 침투효과를 보였는데 이는 수용성으로 토양입자와 잘 결합되어 있고 뿌리를 통해 흡수되어 지상부 조직으로 이행함으로써 독작용을 나타낸 것으로 생각되며, 이는 담배가루이 방제에 있어서 토양처리의 가능성을 제시한다고 할 수 있다.

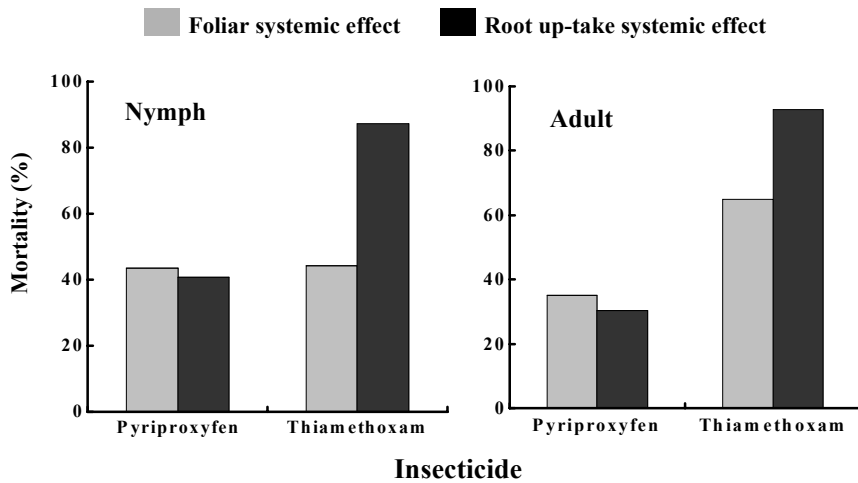


Fig. 1. Systemic effect of pyriproxyfen and thiamethoxam on nymph and adult of *Bemisia tabaci*.

4) 잔효성

Fig. 2는 pyriproxyfen과 thiamethoxam의 담배가루이에 대한 잔효성 시험 결과이다. pyriproxyfen은 약제처리 후 3일째부터 살충률이 서서히 감소하는 경향을 보였으며, thiamethoxam은 약제처리 후 7일째까지 90% 이상의 살충률

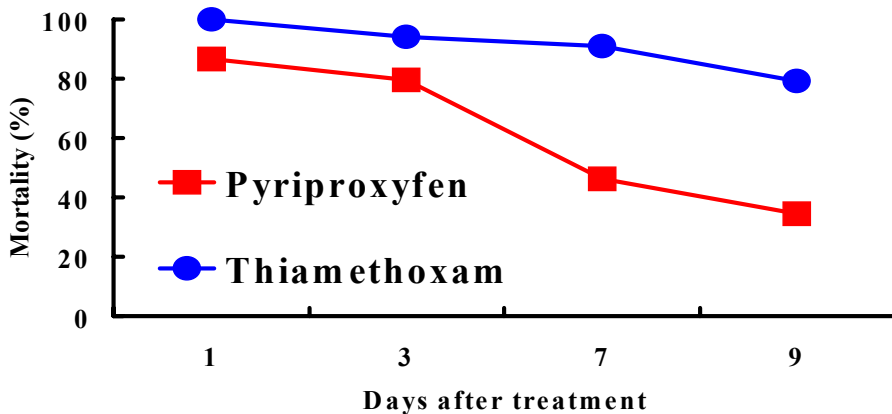


Fig. 2. Residual effect of two insecticides on egg (pyriproxyfen) and adult (thiamethoxam) of *Bemisia tabaci*.

을, 9일째에도 79.2%의 살충률을 나타내었다. Horowitz *et al.* (1998)은 담배가루이에 대한 잔효성 시험에서 acetamiprid가 약제처리 후 10일째에도 80%이상의 살충률을 나타내었다고 보고하기도 하였다. 본 시험에서 thiamethoxam도 그와 유사한 높은 잔효성을 나타내었는데, thiamethoxam 은 기주식물에서 쉽게 분해되지 않고 독작용을 나타내었다고 할 수 있으며 이는 담배가루이 방제에 있어서 약제살포 횟수를 감소시킬 수 있다고 생각된다.

5) 방제효과

Fig. 3은 온실조건에서 두 약제의 담배가루이에 대한 방제효과시험의 결과를 나타낸 것이다. pyriproxyfen과 thiamethoxam은 약제처리 후 3일째에 86.1, 90.5%의 방제가를 나타내었으며, 서서히 증가하여 약제처리 후 9일째에는 90, 97.5%로 두 약제 모두 90%이상의 방제효과를 나타내었다.

이상의 실험결과를 종합해 볼 때, pyriproxyfen은 담배가루이의 알과 약충에 대하여 thiamethoxam은 약충과 성충에 대하여 높은 살충활성을 나타내었으며 또한, 담배가루이의 성충수명 및 산란수를 감소시킴으로 이들 약제의 작용특성을 조화롭게 이용한다면 최근 피해확산이 예상되는 담배가루이를 보다 효율적으로 방제할 수 있을 것으로 생각된다.

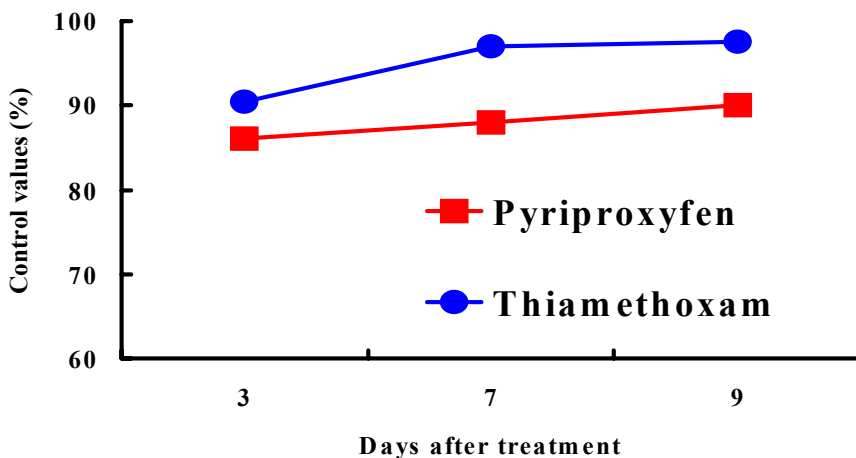


Fig. 3. Control efficacy of two insecticides on *Bemisia tabaci*.

나. 담배가루이와 장미의 주요해충 발생시 약제선택

재료 및 방법

살충제 및 시험방법

이 실험에 사용된 살충제는 장미의 점박이응애에 등록된 6종, 꽃노랑총채벌레에 등록된 아바멕틴과 스피노사드, 각지벌레에 등록된 부프로페진.아미트라즈(히어로)유제 그리고 장미 찢레수염진딧물에 등록된 10종을 대상으로 파종 후 5주 경과된 토마토 유묘에 24시간 산란을 받았다. 알에 대해서는 30초간 침지 후 부화된 생충수를 조사하여 살충율을 구하였다. 약충에 대해서는 담배가루이가 3령이 되는 산란 후 13일째에 약액에 30초간 침지 후 살충율을 구하였다. 성충에 대해서는 토마토 유묘를 약액에 침지, 음건한 후 성충과 함께 원통형 아크릴사육상 ($\Phi 10 \times H 15 \text{cm}$)에 넣고 2일 경과 후에 살충율을 구하였다.

결과 및 고찰

점박이응애와 담배가루이가 동시에 발생되었을 때 방제약제는 아바멕틴유제, 밀베노크유제, 테디온+피리포유제를 선택하고, 꽃노랑총채벌레와 담배가루이가 동시에 발생되었을 때 방제약제는 스피노사이드액상수화제, 아바멕틴유제를 선택한다. 각지벌레와 담배가루이가 동시에 발생되면 부프로페진.아미트라즈(히어로)유제를 살포한다. 또한 찢레수염진딧물과 담배가루이가 동시에 발생되었을 때 방제약제는 아바멕틴유제, thiamethoxam, 알과스린유제, 펜프로유제, 테디온+피리포유제를 선택한다(표 4).

표 4. 장미에 등록된 적용해충 약제에 대한 담배가루이 각 총대별 살충율

해충명	살충제	살충율 (%)		
		알	약충(3령)	성충
점박이응애	아바멕틴유제	100	81.9	98.6
	밀베멕틴 유제	100	95.2	100
	테디온+피리포유제	33.3	94.6	100
	비펜스린 과립수화제	15.1	22.2	95.5
	플루페녹수론액제	100	86.7	62.5
	비페나제이트액상수화제	12.5	11.9	25.8
꽃노랑총채벌레	스피노사이드액상수화제	100	11.7	100
	아바멕틴유제	100	81.9	98.6
각지벌레	부프로페진아미트라즈(히어로)	100	88.6	100
절레수염진딧물	아바멕틴유제	100	81.9	98.6
	치아멕톡삼입상수화제	100	86.9	100
	알파스린유제	91.3	71.4	100
	펜프로유제	16.2	92.0	98.3
	테디온+피리포유제	33.3	94.6	100
	델타린+프로펜유제	87.5	62.1	100
	아시트유제	2.5	6.2	89.2
	에스펜발러레이트유제	13.5	85.2	26.5
	델타린유제	31.1	29.9	71.4
	에스펜발러레이트+메프	38.3	43.8	69.9

다. 담배가루이 밀도에 따른 방제체계

재료 및 방법

장미의 담배가루이를 효과적으로 방제하기 위하여 진천군 관내 10장미 재배농가를 대상으로 담배가루이, 점박이용애, 꽃노랑총채벌레, 온실가루이를 조사하였고, 그 중 3농가를 대상으로 방제시험을 수행하였다. 방제약제는 장미 점박이용애의 적용약제인 abamectin과 milbemectin, 담배가루이 적용약제인 imidacloprid, acetamiprid, pyriproxyfen, thiametoxam 그리고 꽃노랑총채벌레의 적용약제이며 점박이용애와 담배가루이에 우수한 효과를 보이는 emamectin benzoate 등 7종을 대상으로 7일 간격 5회를 살포하고, 조사주기는 방제 실시 1주일 전 밀도조사를 실시하고, 각 차수별 방제(1~5차)후 밀도를 조사하였다(표 5). 담배가루이는 육안조사에서 약충(시설하우스 내부 4면과 중앙에서 지점 당 5잎씩 25잎)과 성충(지점 당 5주씩 25주, 주당 2 잎, 50잎을 조사, 마리수/잎)을 조사하였고, 황색끈끈이트랩(8×12cm)은 담배가루이 성충을 조사 7일전에 설치하여 조사하였다.

표 5. 농가별 살충제 체계처리 약제(2002년)

구 분	A농가(김복규)	B농가(전건의)	C농가(신해수)
1차 방제(3. 27)	imidacloprid	imidacloprid	imidacloprid
2차 방제(4. 3)	milbemectin	milbemectin	milbemectin
3차 방제(4. 10)	acetamiprid	emamectin benzoate	acetamiprid
4차 방제(4. 17)	-	thiametoxam	abamectin
5차 방제(4. 24)	-	-	pyriproxyfen

결과 및 고찰

1. 살충제 체계처리에 의한 방제효과

3농가 모두 1차 방제는 imidacloprid, 2차 방제는 milbemectin를 살포하였다. A 농가는 담배가루이 밀도가 2차 방제 후 전혀 관찰되지 않았지만, 예방차원에서 3차 방제로 담배가루이의 전용약제인 acetamiprid을 살포하였다. 그 결과 담배가루이가 황색끈끈이트랩에 채집되지 않았다. B 농가는 담배가루이의 처리 전 밀도는 낮았고, 점박이응애와 차응애가 발생하여 3차 방제에 emamectin benzoate를 살포하였고, 4차 방제에 thiametoxam을 살포하였다. 신혜수 농가는 담배가루이 밀도가 높아 담배가루이에 우수한 약효를 보이는 acetamiprid, abamectin, pyriproxyfen를 3차 방제, 4차 방제, 5차 방제 약제로 살포하였으나, 완벽한 방제가 이루어지지 않았다.

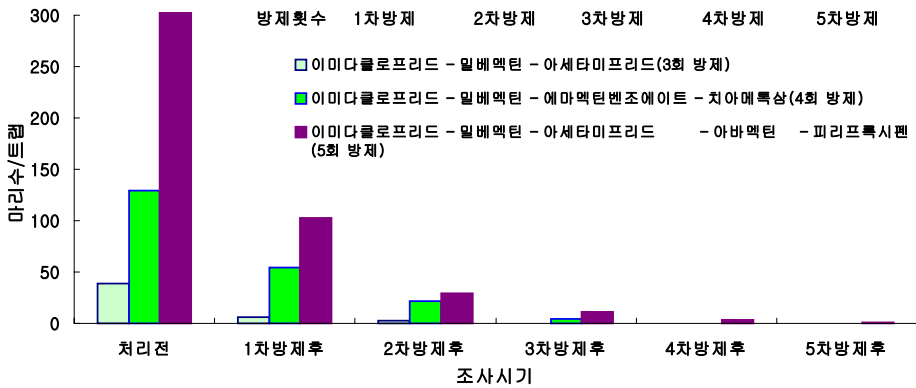


그림 4. 담배가루이에 대한 약제처리 전·후 밀도변화(3 농가).

표 6) 약제처리 후 황색끈끈이트랩에 채집된 담배가루이 밀도변화

처리전밀도 (미리수/트랩)	약제방제 후 담배가루이 방제가(%)				
	1차방제 (이미다클로프 리드)	2차 방제 (밀베멕틴)	3차 방제 (아세타미프 리드)	4차 방제 (아바멕틴)	5차 방제 (피리프록시 펜)
38.4	6.9	2.3	0	-	-
129.0	54.1	21.6	4.2	0	-
688.8	102.3	29.6	11.6	3.6	0.7

황색끈끈이 트랩에 1주일 동안 채집된 담배가루이가 50마리 이하면 적용약제로 3회 방제를 실시하고, 51마리 이상 200마리 이하면 4회 방제, 201마리 이상이면 5회 방제를 실시하여야 담배가루이를 효과적으로 방제할수 있다. 이때의 방제약제는 담배가루이 적용약제인 이미다클로프리드, 아세타미프리드, 피리프록시펜과 점박이응애의 적용약제이며 담배가루이에도 우수한 효과를 보이는 아바멕틴, 밀베멕틴를 7일간격 5회 연속 방제를 실시하여야 한다. 장미 주요해충인 점박이응애나 꽃노랑총채벌레도 같은 현상이나 담배가루이도 낮은 밀도에서 정확한 예찰을 하기가 쉽지 않다. 정확한 예찰은 초기 방제가 가능하고, 완벽한 방제(표 6)가 이루어지기 때문에 중요하다. 정확한 예찰이란 농민의 작물에 대한 꾸준한 관심이라 생각되고, 육안조사와 더불어 끈끈이트랩등 예찰기구를 활용해야 된다.

2. 밀도에 따른 방제횟수 결정

진천 지역 조사농가의 01년 5월부터 02년 5월까지 담배가루이 발생현황을 보면 6월 초순과 7월 중순 그리고 2월 하순에 담배가루이 성충밀도가 높았다. 담배가루이 성충 밀도가 잎당 1마리는 황색끈끈이트랩에 7일동안 트랩에 채집된 성충수 50마리와 유사한 경향을 보이므로, 잎당 1마리 이하의 성충밀도에서는 7일간격 2회 방제, 잎당 3마리 이하는 3~4회 방제 그리고 잎당 5마리 이상은 7일간격 5회 방제를 하여야 담배가루이를 효율적으로 방제할 수 있다.

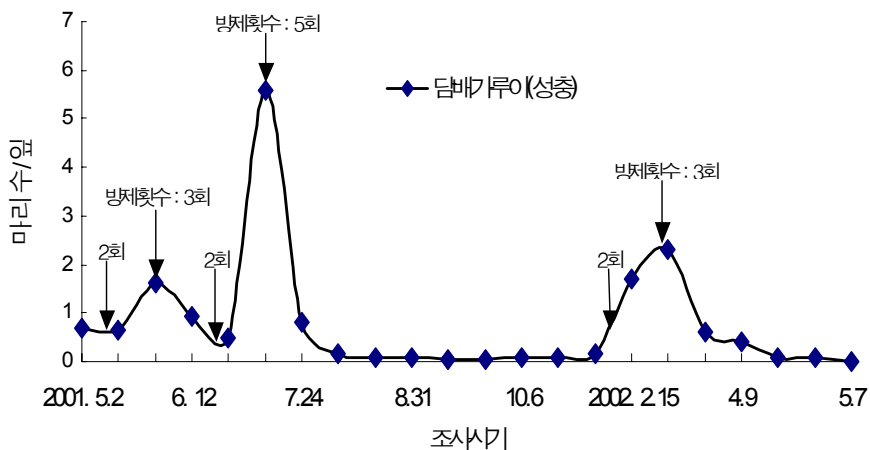


그림 5. 시설하우스에서 장미에 발생하는 담배가루이 성충 밀도에 따른 방제횟수.

2. 장미 시설하우스에 발생하는 점박이응애 방제체계

본 연구는 장미에 등록되어 있는 약제를 대상으로 응애류의 약제 감수성을 조사하여 효과적인 방제체계의 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 또한 장미의 응애류는 포장의 환경과 재배농민의 관리여하에 따라 밀도 및 피해정도가 다르기 때문에 점박이응애 예찰을 기초로 방제력을 작성코자 수행하였다.

재료 및 방법

점박이응애 농가별 방제체계

2002년에는 양액재배 2농가를 대상으로 점박이응애 밀도를 조사하였다. 점박이응애에 우수한 약효를 보인 아바멕틴유제, 밀베노크유제, 비페나제이트액상수화제를 대상으로 농가포장에서 점박이응애 밀도에 따라 약제 처리 횟수를 달리하여 7일간격 살포한 후 약효를 검정하였다.

표 7. 농가별 살충제 체계처리 약제(2002년)

구 분	전건의	박종일
1차 방제	milbemectin	milbemectin
2차 방제	abamectin	abamectin
3차 방제	bifenazate	bifenazate

결과 및 고찰

가. 점박이응애 밀도에 따른 약제처리 횟수

장미 시설하우스에서 점박이응애는 연중 발생되므로 점박이응애 예찰을 통하여 방제시기를 결정하여야 한다. 특히 점박이응애 밀도에 따라 방제 횟수를 결정하는 것이 점박이응애를 효율적으로 관리하는 방안일 것이다. 시설하우스 장미에서 점박이응애 밀도를 조사한 다음, 밀도에 따라 약제를 처리한 결과, 점박이응애의 밀도가 잎당 10마리 이하일 경우 밀베멕틴의 1회 처리로 100%의 방제효과를 보였고, 점박이응애의 밀도가 잎당 11마리 이상 50마리 이하는 7일간격 2회 처리한 결과 100% 방제효과를 보였다.

그러나 점박이응애의 밀도가 51마리 이상의 밀도에서 밀베멕틴, 아바멕틴, 비페나제이트를 7일간격 3회 처리한 결과 100%의 방제 효과를 보여 밀도에 따라 방제횟수를 달리하는 것이 점박이응애 초기 밀도를 낮추는 결과가 되어 점박이응애를 효율적으로 관리 할 수 있었다(표 8).

표 8. 점박이응애 초기밀도에 따른 방제 효과

처리전 밀도 (마리수/잎)	약제방제 후 점박이응애 방제율(%)		
	1차 방제 (밀베멕틴)	2차 방제 (아바멕틴)	3차 방제 (비페나제이트)
1~10	100	-	-
11 ~ 50	93.8	100	-
51 ~	89.1	98.4	100

시설장미하우스에서 점박이응애 밀도를 조사한 후 밀도에 따라 방제횟수를 달리하면 1회 방제는 잎당 10마리 이하, 2회 방제는 잎당 50마리 이하, 3회 방제는 50마리 이상일 경우 처리하면, 점박이응애 밀도를 발생초기 수준 이하로 떨어뜨리는 결과가 되어 점박이응애 관리에 효율을 기할 수 있다(그림 6). 즉 점박이응애 초기에 방제하는 것이 효율적이거나 이는 현실적으로 장미 재배 모든 농가에 적용 할 수 없기 때문에 밀도에 따라 방제횟수를 다르게 하는 것이 합리적이다.

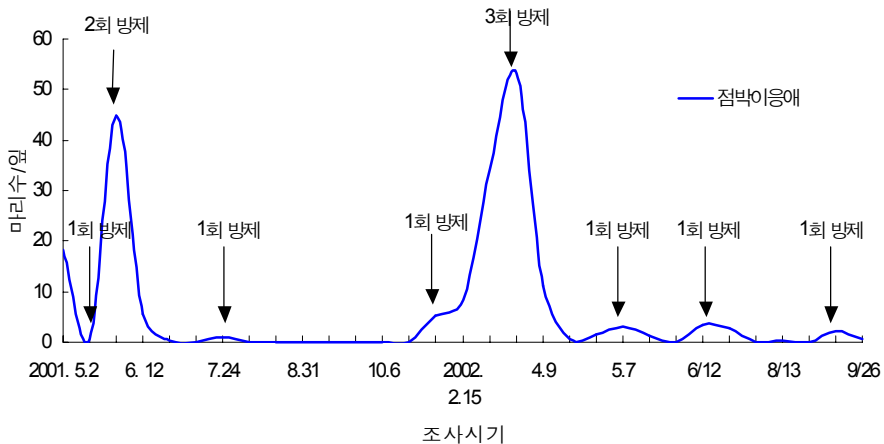


그림. 6. 시설하우스에서 장미에 발생하는 점박이응애 밀도변동에 따른 방제 횟수.

나. 농가별 점박이응애 밀도에 따른 방제체계

2002년 1월부터 12월까지 양액재배 2농가의 점박이응애 밀도를 조사한 결과 10월부터 12월까지 100마리 정도의 높은 밀도를 유지하였는데 (그림 7) 이는 농가들이 흰가루병과 노균병 방제에 중점을 두어 점박이응애 방제에 소홀하였으며, 특히 습도가 높은 날이 많아 약제 살포를 등한시한 결과이다. 2농가 모두 10월 초순에 점박이응애를 방제하면 밀도를 낮게 유지할 수 있었다. 그러나 이 시기에 점박이응애를 방제하지 못한 결과 12월까지 점박이응애의 밀도가 매우 높아 장미가 많은 피해를 입었다. 즉 점박이응애 방제시기는 주기적 관찰로 밀도가 낮은 시기에 방제해야 된다고 생각한다.

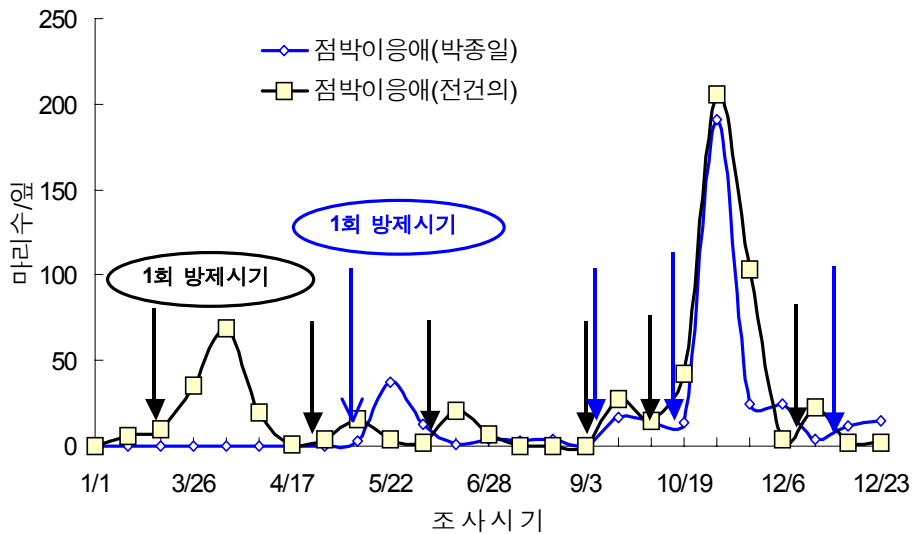


그림 7. 농가별 점박이응애 밀도 변동(2002년)에 따른 방제시기 결정.

다. 칠레이리응애를 이용한 점박이응애 방제체계

2002년 1월부터 2003년 6월까지 양액재배 1농가의 점박이응애 밀도를 조사하였다. 10월부터 12월까지 100마리 정도의 높은 밀도를 유지하였는데(그림 8) 이는 농가들이 흰가루병과 노균병 방제에 중점을 두어 점박이응애 방제에 소홀한 결과이었고, 이 후 집중적 방제로 낮은 밀도를 유지하다가 2003년 2월부터 급격히 밀도가 높아져 점박이응애 방제에 어려움을 겪었다. 3월 중순이후에 아바멕틴, 비페나제이트, 에마멕틴벤조에이트를 7일간격 3회 살포하여 밀도를 급격히 낮추었으나 완벽한 방제는 이루어지지

않았다. 5월 27일 아크라마이트를 살포한 후 6월 5일에 칠레이리응애를 살포한 결과 점박이응애를 완벽히 방제하였고, 그 후 1달 이상 점박이응애가 발생되지 않았다. 이 농가는 점박이응애가 높은 약제저항성을 보인 농가로 약제 방제만으로는 완벽한 방제가 이루어지지 못하여 약제방제와 더불어 천적을 동시에 투입하여 방제에 성공하였다.

장미시설하우스 양액재배에서는 장미가 연중 재배되므로 점박이응애를 약제방제만으로는 완벽한 방제가 어렵고, 약제저항성만 높일 가능성이 있기 때문에 천적을 활용한 생물적 방제가 필수적이라 생각한다.

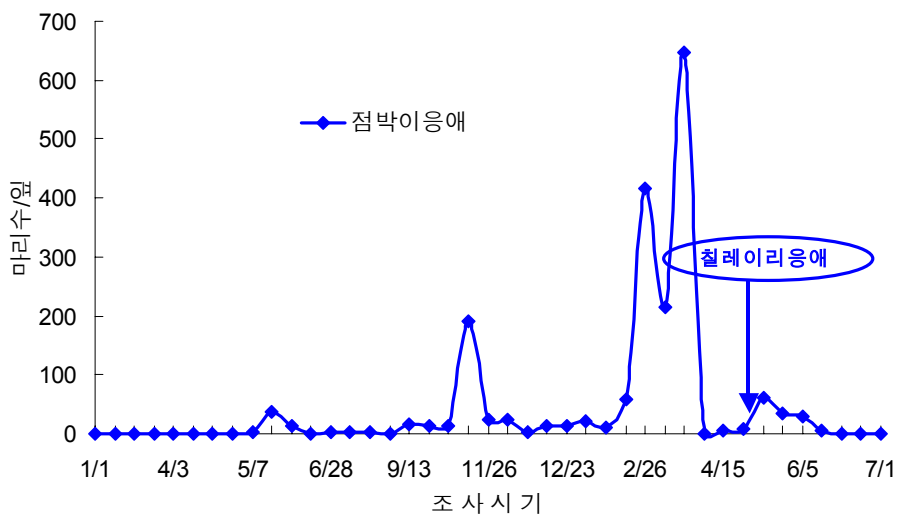


그림 8. 장미 양액재배포장에서 약제방제 후 칠레이리응애 처리에 의한 점박이응애 밀도 변화.

3. 꽃노랑총채벌레 방제체계

꽃노랑총채벌레는 ①기주 범위가 넓고 많은 채소와 화훼류를 가해하고 (Sakimura,1932; Yudin *et al.*, 1986; Eppo,1988) ②약제 저항성이 높고, 유효한 방제약제가 적으며(Royer *et al.*, 1986; Brodsgaard, 1991; Immaraju *et al.*, 1992) ③ 휴면성이 없기 때문에 시설 내에서는 년중 발생하므로 외국에서는 시설채소, 화훼류의 중요해충으로 알려져 있다. 특히 알은 조직 내에 낳고 생육 전과정을 식물체 위에서 지내기도 하나 번데기 기간을 땅속에서 지내기도 하므로 약제방제 효과가 떨어진다.

재료 및 방법

밀도별 방제횟수

2002년에는 양액재배 2농가와 토경재배 1농가를 대상으로 꽃노랑총채벌레 밀도를 조사하였다. 꽃노랑총채벌레에 우수한 약효를 보인 아바멕틴유제, 스피노사드과립수화제, 에마멕틴벤조에이트유제를 대상으로 농가포장에서 꽃노랑총채벌레 밀도에 따라 약제처리 횟수를 달리하였고, 7일간격 살포한 후 약효를 검정하였다.

표 9. 농가별 살충제 체계처리 약제(2002년)

구 분	전건의	박종일	신해수
1차 방제	abamectin	abamectin	abamectin
2차 방제	-	spinosad	spinosad
3차 방제	-	-	emamectin-benzoate

장미재배 형태별 방제체계

2002년에는 양액재배 2농가와 토경재배 2농가를 대상으로 꽃노랑총채벌레 밀도를 조사하였다. 장미재배 형태를 구분하여 꽃노랑총채벌레 밀도 수준에 따라 꽃노랑총채벌레에 전용약제인 3종을 대상으로 추천농도에서 약제를 살포한 후 약효를 검정하였다.

결과 및 고찰

가. 밀도에 따른 방제횟수

꽃노랑총채벌레 유·성충의 밀도가 잎당 5마리 이하면 적용약제 1회 방제, 6마리 이상 15마리 이하면 2회 방제, 16마리 이상이면 3회 방제하여야 꽃노랑총채벌레의 방제가 가능하며, 이때 방제약제로는 적용약제인 아바멕틴, 스피노사드, 에마멕틴벤조에이트를 7일간격 연속 방제를 실시하여야 한다(표 10). 꽃노랑총채벌레는 낮은 밀도에서의 조기 예찰이 다른 어떤 해충보다도 중요하다. 낮은 밀도는 1회 처리로 쉽게 방제가 가능하나, 밀도가 높아지면 방제효율이 크게 떨어진다. 꽃노랑총채벌레는 전용과 용 상태에서는 약제의 접촉기회가 매우 적을 뿐만 아니라 알, 유충, 성충태에서도 꽃속에 있기 때문에 방제효율이 떨어진다. 또한 꽃노랑총채벌레의 우수약제인 아바멕틴과 에마멕틴벤조에이트는 점박이용애 방제약제로도 사용되고 있어 약제에 대한 저항성 유발이 우려된다.

표 10. 꽃노랑총채벌레 밀도에 따른 방제 효과

처리진 밀도 (마리수/송이,새순)	약제방제 후 꽃노랑총채벌레 방제가(%)		
	1차 방제 (아바멕틴)	2차 방제 (스피노사드)	3차 방제 (에마멕틴벤조에이트)
1~5	99.2	-	-
6 ~ 15	91.3	98.5	-
16 ~	83.1	95.7	98.9

꽃노랑총채벌레를 육안조사 및 항색끈끈이트랩을 이용하여 정밀한 예찰을 통해 방제적기를 구명함은 물론 조사시기의 밀도를 조사하여 밀도별 방제횟수로 꽃노랑총채벌레의 방제효율을 극대화해야 한다.

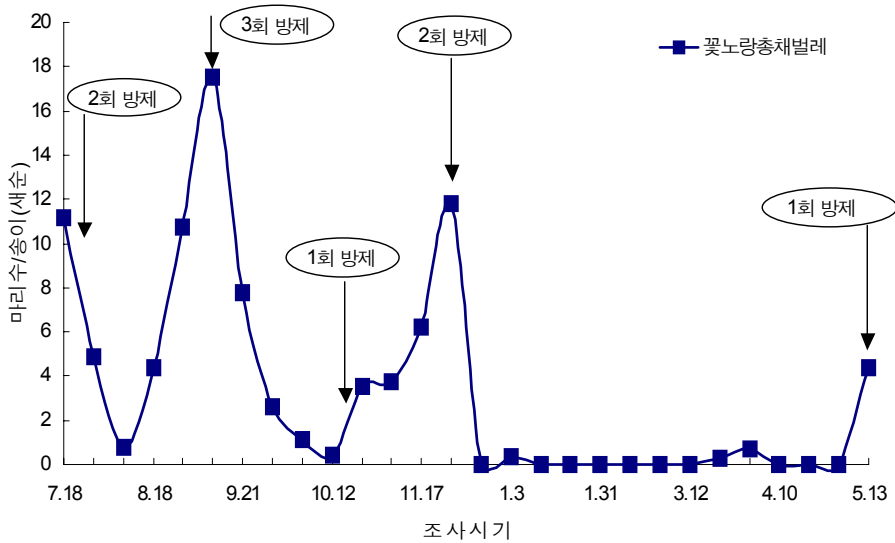


그림 9. 시설장미하우스 토경재배에서 꽃노랑총채벌레 밀도에 따른 방제횟수

나. 재배 형태에 따른 방제체계

꽃노랑총채벌레는 재배방법에 따라 방제방법을 달리해야 한다. 토경재배는 진천 지역 대부분 농가에서 겨울철에 휴면기간을 갖기 때문에 이때가 방제적기이다. 또한 양액재배농가는 겨울철 휴면 없이 연중재배하나 이때에는 포장관리 및 재배법에 의해 꽃노랑총채벌레 방제가 가능하다. 꽃노랑총채벌레를 재배양식에 따라 방제법을 확립하고자, 양액재배 2농가와 토경재배 2농가에서 꽃노랑총채벌레를 조사하였다.

1) 시설하우스 양액재배에서의 방제체계

양액재배농가에서 꽃노랑총채벌레의 발생은 8월~11월에 1농가에서 조사되었으나 그 이후는 조사되지 않았고, 또 다른 양액재배 농가에서 꽃노랑총채벌레는 발견되지 않았다. 꽃노랑총채벌레가 양액재배농가에서 발생되지 않은 이유는 크게 3가지로 생각된다. 첫째 장미가 연중 재배되어 점박이응애와 담배가루이 방제로 많은 약제를 살포하기 때문에 꽃노랑총채벌레에 영향을 주고, 둘째 장미재배포장의 환경이 깨끗하여 꽃노랑총채벌레 전용과 용의 생활환경이 불량하고, 셋째 장미꽃을 일시에 수확하여 꽃노랑총채벌레 서식처가 없기 때문으로 생각된다. 즉 양액재배 농

가는 꽃노랑총채벌레 방제로 약제보다는 경종적 방법을 선택해야 한다. 또한 육안 조사보다는 황색끈끈이트랩을 이용한 정확한 예찰로 방제시기를 결정해야 한다.

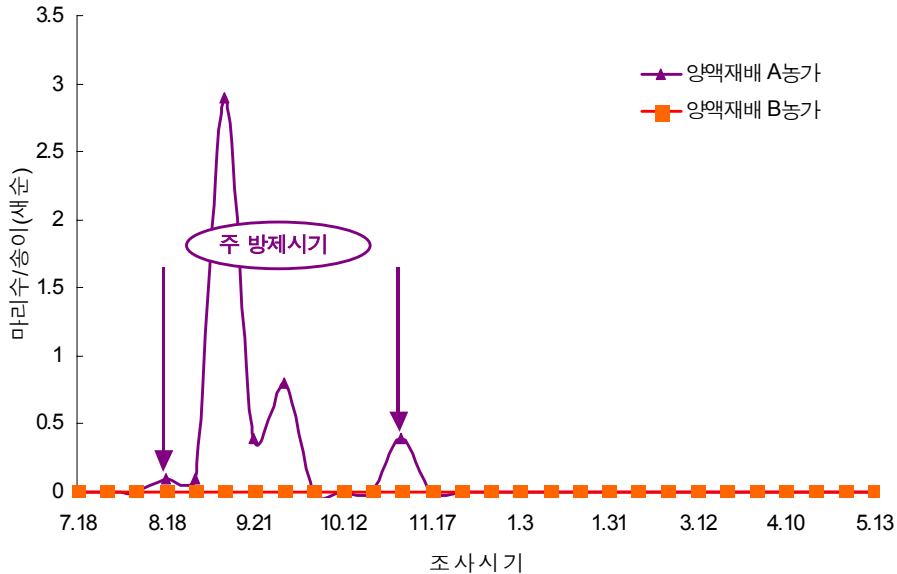


그림 10. 양액재배 농가에서의 꽃노랑총채벌레 시기별 밀도변동과 방제시기.

2) 시설하우스 토경재배(휴면)에서의 방제 체계

토경재배 A농가는 8월 중순까지 송이 당 25마리 정도의 높은 밀도를 보인 후 꽃노랑총채벌레 전용약제의 집중적인 방제로 송이 당 5마리 이하의 밀도를 보였다. 11월 중순부터 장미를 월동하기 위해 난방을 하지 않아 꽃노랑총채벌레 밀도가 떨어졌다가 장미 새순이 나오는 12월초에는 꽃노랑총채벌레의 밀도가 새순 당 5마리의 밀도를 보였으나 전용약제의 살포로 밀도가 떨어진 후 4월까지의 꽃노랑총채벌레 발생밀도가 매우 낮았다. 토경 재배 B농가로 장미를 월동시킨 후 12월 초순에 난방을 가온 하면서 새순이 올라올 때 총채벌레를 방제하여, 그 후 낮은 밀도를 유지하다가 3월말과 5월초순에 꽃노랑총채벌레가 조사되었다. 토경재배는 겨울철 휴면기간이 시작되는 시기와 가온을 시작하는 시기에 꽃노랑총채벌레의 전용약제로 2회정도 방제하고, 5월 초순경에 1회 방제가 들어가면 꽃노랑총채벌레 피해를 최소화 할 수 있다.

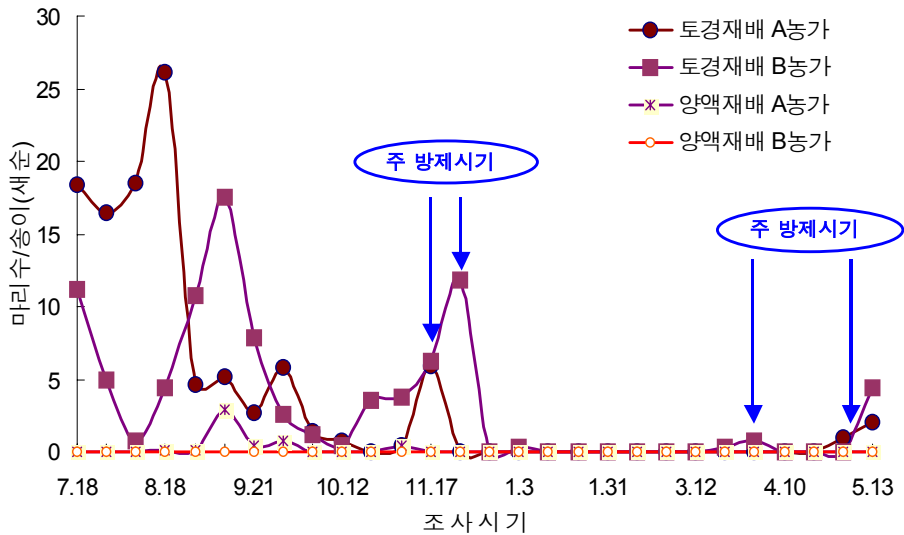


그림 11. 꽃노랑총채벌레 시기별 밀도변동조사(4농가).

꽃노랑총채벌레는 ①기주 범위가 넓고 많은 채소와 화훼를 가해하고 ②약제 저항성이 높고 유효한 방제약제가 적으며 ③휴면성이 없기 때문에 시설 내에서는 년중 발생하므로 외국에서는 시설채소, 화훼류의 중요해충으로 알려져 있다. 특히 알은 조직 내에 낳고 생육 전과정을 식물체 위에서 지내기도 하나 번데기 기간을 땅속에서 지내기도 하므로 약제방제 효과가 떨어진다. 그러나 양액재배 농가에서 작업시기를 균일하게 하면서 방제를 하면 밀도를 낮게 유지할 수 있다. 또한 육안 조사와 황색끈끈이트랩조사는 약간의 차이를 보이며, 트랩을 이용하면 보다 정밀하게 꽃노랑총채벌레를 관리할 수 있다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연차별 연구목표 및 내용

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2000)	1. 장미해충의 발생생태 조사 - 해충밀도변동분석 - 담배가루이 번식능력조사 - 장미재배지 해충분포조사 2. 해충별 우수 살충제 선발 - 담배가루이 - 점박이응애 3. 천적에 저독성살충제 선발	○시기별 해충 밀도변동 조사 : 장미재배단지내에 2곳의 장미재배온실을 선정하여 매월 2회이상 담배가루이, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애 등의 발생상황 및 밀도변동을 시기별로 조사 분석한다. ○대상해충의 번식능력 조사 : 담배가루이에 대한 온도간 (20, 25, 30℃)의 번식능력을 조사함으로서 밀도변동에 기초 자료로 활용한다. ○해충분포 조사 : 계절별로 장미재배지에 발생하는 해충들을 조사하여 방제약제 선정에 기초자료로 활용한다 ○우수 살충제 선발 -담배가루이: 20여종의 살충제를 공시하여 알, 약충, 성충에 대한 약제감수성을 조사하여 적어도 2발육단계에 대해서 살충력이 높은 살충제를 선발하고, 침투이행성과 잔효성 및 방제효과 시험을 수행하여 방제약제 선발에 기초자료로 활용한다. -점박이응애: 10여종의 살충제를 공시하여 알, 약충, 성충에 대한 약제감수성을 조사하여 적어도 2발육단계에 대해서 살충력이 높은 살충제를 선발한다. ○선택독성 살충제 선발: 해충별로 살충활성이 인정된 약제를 중심으로 천적인 무당벌레 또는 온실가루이 즙벌에 대한 선택독성 유무를 조사한다.

구분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차 년도 (2001)	<p>1. 장미해충의 발생 생태 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 밀도변동 - 번식능력 - 해충분포 <p>2. 해충별우수살충제 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 점박이응애 - 꽃노랑총채벌레 <p>3. 천적에 저독성 살충제선발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 온실가루이좀벌 <p>4. 효소활성을 이용한 저항성 해충의 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 점박이응애 	<p>o대상해충의 밀도변동 조사 : 1년차와 같은 방법으로 장미재배단지내에 2곳의 장미재배 온실을 선정하여 매월 2회 담배가루이, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애 등의 발생상황 및 밀도변동을 시기별로 조사 분석한다.</p> <p>o대상해충의 번식능력 조사 : 1년차와 같은 방법으로 점박이응애에 대한 온도간 (20, 25, 30℃)의 번식능력을 조사함으로써 밀도변동에 기초 자료로 활용한다.</p> <p>o해충분포 조사 : 계절별로 장미재배지에 발생하는 해충들을 조사하여 방제약제 선정에 기초자료로 활용한다</p> <p>o우수 살충제 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> -점박이응애: 10여종의 살충제를 공시하여 알, 약충, 성충에 대한 약제감수성을 조사하여 적어도 2발육단계에 대해서 살충력이 높은 살충제를 선발한다. -꽃노랑총채벌레: 20여종의 살충제를 공시하여 알, 약충, 성충에 대한 약제감수성을 조사하여 적어도 2발육단계에 대해서 살충력이 높은 살충제를 선발하고, 침투이행성과 잔효성 시험을 수행하여 방제약제 선발에 기초자료로 활용한다. <p>o선택독성 살충제 선발: 해충별로 살충활성이 인정된 약제를 중심으로 천적인 무당벌레 또는 온실가루이좀벌에 대한 선택독성 유무를 조사한다.</p> <p>o효소활성(AChE, esterase)을 이용한 저항성 해충의 모니터링 : 전국 주요 장미재배지에서 채집한 점박이응애계통을 이용하여 효소 활성을 조사하여 저항성 모니터링 가능성을 조사한다.</p>

구분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
3차 년도 (2002)	<p>1. 효소활성을 이용한 저항성 해충의 모니터링 - 점박이응애</p> <p>2. 대상해충의 발생 예찰 - 점박이응애 - 담배가루이 - 꽃노랑총채벌레</p> <p>3. 농약살포회수 경감법 개발</p>	<p>o효소활성(AChE, esterase)을 이용한 저항성 해충의 모니터링 : 2차년도에 이어 전국 주요 장미재배지에서 채집한 점박이응애계통을 이용하여 효소 활성을 조사하여 저항성 모니터링을 개발한다.</p> <p>o조기예찰 활용시험: 담배가루이, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애에 대한 1,2차년도에 밀도변동을 조사분석한 자료로 발생예찰표를 작성한다.</p> <p>o대상해충의 방제적기 구명 : 발생예찰표를 분석하여 해충별 방제적기를 구명한다.</p> <p>o우수 살충제의 적용 시험: 해충별로 살충력이 우수한 살충제로 중심으로 연간 방제표를 작성한다.</p> <p>o포장 약제효과 검정과 농약살포회수 경감법 : 작성된 연간방제표로 포장적용 여부를 2곳의 장미재배농가 온실을 선정하여 농약살포회수 경감 가능성을 평가하다.</p>

제 2 절 연구평가의 착안점 및 달성도

구 분	착 안 사 항	척 도 (점수)	달성도
1차년도 (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장미해충의 발생생태 및 밀도변동 조사 ○ 해충분포 조사 ○ 해충의 번식능력 조사 ○ 해충별 우수 살충제 선발 ○ 천적에 저독성 살충제 선발 	30 10 20 30 10	100%
2차년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장미해충의 발생생태 및 밀도변동 조사 ○ 해충분포 조사 ○ 해충별 우수 살충제 선발 ○ 천적에 저독성 살충제 선발 ○ 효소활성을 이용한 저항성 해충의 모니터링 	30 10 30 20 10	100%
3차년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효소활성을 이용한 저항성 해충의 모니터링 ○ 대상해충의 발생 예찰법 확립 ○ 농약살포회수 경감법 개발 	10 30 60	100%
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대상해충의 발생예찰법 확립 및 방제적기 구명 ○ 천적을 이용한 종합적 방제체계 ○ 농약살포회수 경감법 개발 	40 20 40	100%

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 본 연구에서 확립된 장미 해충의 종합 예찰 시스템은 다른 화훼작물 해충의 방제전략 수립에 용이하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.
2. 장미 주요해충에 대한 약제저항성 평가는 시설재배작물 해충의 약제저항성에 기초자료를 제공한 것이다.
3. 장미해충의 방제적기 파악은 대 농민 서비스 강화에 이용될 수 있을 것으로 생각되며.
4. 칠레이리응에 의한 약제별 선택독성 평가와 점박이응애 종합적 방제체계는 생물적 방제를 수행하는 농민 및 농업기술센타에 기초자료를 제공한다.
5. 개발된 장미해충의 종합방제 시스템을 충북대, 충북농업기술원, 진천군 농업기술센터와 연계하여 충북 진천군 장미재배단지 농가에 보급한다.

제 6 장 참 고 문 헌

- Abbott, S. W. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265~267.
- Abro, G. H., R. A. Dybas, A. ST. J. Green, and D. J. Wrigh. 1989. Translaminer and residual activity of avermectin B1 against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.* 82: 385~388.
- Ahmadi, A. 1983. Demographic toxicology as a method for studying the dicofol two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) system. *J. Econ. Entomol.* 76: 239~242.
- Ananthkrishnan, T. N. 1993. Bionomics of thrips. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 71~92.
- Asada, M. 1978. Genetics and biochemical mechanisms of acaricide resistance in phytophagous mites. *J. Pestic. Sci.* 3: 61~68.
- Bartlett, G. R. and C. B. O. Keil. 1997. Identification and characterization of a permethrin resistance mechanism in populations of the Fungus Gnat *Lycoriella Mali* (Fitch) (Diptera: Sciaridae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 58(3): 173~181.
- Bentz, J. A. and H. G. Larew. 1992. Ovipositional preference and nymphal performance of *Trialeurodes vaporariorum* (H.) on *Dendranthema grandiflora* under different fertilizer regimes. *J. Econ. Entomol.* 85(2): 514~517.
- Berlinger, J.M., S. Lebiush-Mordechi, R. Dahan and R.A.J. Taylor. 1996. A rapid method for screening insecticides in the laboratory. *Pestic. Sci.* 46: 345~353.
- Bethke, J.A., T.D. Paine and G.S. Nuessly. 1991. Comparative biology, morphometrics, and development of two population of *Bemisia tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae) on cotton and poinsettia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 84: 407~411
- Bouvier, J-C., A. Cuany, C. Monier, V. Brosse and B. Sauphanor. 1998. Enzymatic diagnosis of resistance to deltamethrin in diapausing larvae of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Insect Biochem. Physiol.* 39: 55~64.

- Brodsgaard, H. F. 1989. *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)-a new pest in danish glasshouses. Tidsskrift Planteavl 93: 83~91.
- Brodshaard, H.F. 1991. Insecticide resistance in the western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). pp. 51~62 in, Bionomics of thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in relation to their control in Danish glasshouse crops. PhD dissertation, University of Copenhagen.
- Brodsgaard, H. F. 1994. Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residue-on-glass test. J. Econ. Entomol. 87: 1141~1146.
- Butler, G.D. Jr., T.J. Henneberry and T.E. Clayton. 1983. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): development, oviposition and longevity in relation to temperature. Ann. Entomol. Soc. Am. 76: 310~313.
- Carbonaro, M. A., D. E. Moreland, V. E. Edge, N. Motoyama, G. C. Rock and W. C. Dauterman. 1986. Studies on the mechanism of cyhexatin resistance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). J. Econ.Entomol. 79: 576~579.
- Carey, J. R. 1982. Demography of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. Oecologia 52: 389~395.
- Cho, J. R., K. J. Hong, J. K. Yoo, J. R. Bang and J. O. Lee. 1997. Comparative toxicity of selected insecticides to *Aphis citricola*, *Myzus malisuctus* (Homoptera: Aphididae), and the predator *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) J. Econ. Entomol. 90(1): 11~14.
- Chung, B. K., S. W. Kang, and J. H. Kown. 2000. Chemical control system of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in Greenhouse Eggplant. J. Asia-Pacific Entomol. 3(1): 1~9.
- Cook, D. F., B. Houlding, and E. C. Steiner. 1995. Chemical control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*(Pergande)) (Thysanoptera: Thripidae). pp. 69~75. In S. Goodwin [ed], Proceedings 1995 Australia and New Zealand thrips Workshop. Gosford, NSW. Australia, 25~27 July 1995. NSW Agridulture. Gosford. Australia.

- Coudriet, D.L., N. Prabhaker, A.N. Kishara and D. . Meyerdirk. 1985. Variation in development rate on different hosts and overwintering of the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 14: 516~519.
- Denholm, L., M. Cahill, T. J. Dennehy, and A. R. Horowitz. 1998. Challenges with managing insecticide resistance in agricultural pests, exemplified by the whitefly, *Bemisia tabaci*. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Bio.Sci.* 353: 1757~1767.
- Dennehy, T.J., J.P. Nyrop, W. H. Reissig & R. W. Weires. 1988. Characterization of resistance to dicofol in spider mites (Acari: Tetranychidae) from New York apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 81: 1551~1561.
- Desaiah, D., L. K. Cutkomp and R. B. Koch. 1973. Inhibition of spider mite ATPase by plictran and three organochlorine acaricides. *Life Sci.* 13: 1693~1703.
- Devine, G. J., I. Ishaaya, A. R. Horowitz, and I. Denholm. 1999. The response of pyriproxyfen-resistant and susceptible *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and fenoxycarb alone and in combination with piperonyl butoxide. *Pestic. Sci.* 55: 405~411.
- Devonshire, A. L. and G. D. Moore. 1984. Different forms of insensitive acetylcholinesterase in insecticide-resistant house flies (*Musca domestica*). *Pestic. Biochem. Physiol.* 21: 336~340.
- Elhag, E.A. and D.J. Horn. 1983. Resistance of greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in selected Ohio greenhouses. *J. Econ. Entomol.* 76: 945~948.
- Elbert, E.A. and R .Nauen. 2000. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae)toinsecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Manag. Sci.* 56: 60~64.
- Ellman, G. L., K. D. Coutney, V. Andres, Jr. and B. C. Featherstone. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88~95.
- Finney, D. J. 1971. *Probit Analysis*, 3rd ed., Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Gaum, W. G., J. H. Giliomee and K. L. pringle. 1994. life history and

- life tables of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on English cucumbers. Rull. Entomol. Res. 84: 219~224.
- Gergis, M. F. 1994a. Thermal requirements, developmental rates and prediction models of whiteflies in relation to temperature and host plants. Beltwide cotton conference. New Orleans. 1207~1210.
- Gergis, M. F. 1994b. Population growth and life table analysis of whiteflies in relation to temperature and host plants. Beltwide cotton conference. New Orleans. 1229~1230.
- Gerling, D. 1990. Natural enemies of whiteflies : Predators and parasitoids, pp. 147~186. *In* D. Gerling [Ed.], Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK.
- Goka, K. 1999. The effect of patch size and persistence of host plants on the development of acaricide resistance in the two-spotted Spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Exp. Appl. Acarol. 23(5): 419~427.
- Greathead, A. H. 1986. Host plants. pp. 17~25 *In* M.J.W. Cock [Ed.], *Bemisia tabaci*-A Literature Survey on the Cotten Whitefly with an Annotated Bibliography, 121 pp. FAO/CAB, Ascot, UK.
- Helle, W. 1965. Resistance in the Acarina: mites. Adv. Acarol. 2: 71~93.
- Hoy, M.A. & Y.L. Ouyang. 1986. Selectivity of the acaricides c lofentezine and hexythiazox to the predator *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). J. Econ. Entomol. 79: 1377~1380.
- Helyer, N. L. and P. J. Brobyn. 1992. Chemical control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande). Ann. Appl. Biol. 121: 219~231.
- Herron, G. A., J. Rophail, and G. C. Gullick. 1996. Laboratory-based insecticide efficacy studies on field-collected *Frankliniella occidentalis*(Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) and implications for its management in Australia. Aust. J. Entomol. 35: 161~164.
- Herron, G. A., S. E. Learmonth, J. Rophail and I. Barchia. 1997. Clofentezine and fenbutatin oxide resistance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) from

- deciduous fruit tree orchards in Western Australia. *Exp. Appl. Acarol.* 21(3): 163~169.
- Ho, C. C. 2000. Spider mite problems and control in Taiwan. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 453~462.
- Horowitz, A. R., Z. Mendelson. M. Cahill and I. Ishaaya. 1999. Managing resistance to the insect growth regulator, pyriproxyfen, in *Bemisia tabaci*. *Pestic. Sci.* 55: 272~276.
- Horowitz, A. R. and I. Ishaaya. 1994. Managing resistance to insect growth regulators in the sweetpotato whitefly(Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 87: 866~871.
- Horowitz, A. R., G. Fore, and I. Ishaaya. 1994. Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with Emphasis on cotton. *Pestic. Sci.* 1994. 42: 113~122.
- Horowitz, A. R., Z. Mendelson. and I. Ishaaya. 1997. Effect of abamectin mixed with mineral oil on the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 90: 349~353.
- Horowitz, A. R., Z. Mendelson. M. Cahill, and I. Ishaaya. 1999. Managing resistance to the insect growth regulator, pyriproxyfen, in *Bemisia tabaci*. *Pestic. Sci.* 55: 272~276.
- Immaraju, J.A., Paine, T.D., Bethke, J.A., Robb, K.L. & Newman, J. P. 1992. Western flower thrips (Thysanoptera Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouses. *Journal of Economic Entomol.* 85: 9~14.
- Inoue, K. 1980. Relationship between dicofol resistance and fitness in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McG.). *J. Pesticide Sci.* 5: 165~175.
- Ishaaya. I., and A. R. Horowitz. 1995. Pyriproxyfen, a novel insect growth regulator for controlling whiteflies: mechanism and resistance (Homoptera: Aleyrodidae). *Pestic. Sci.* 43: 227~232.
- Jensen, S. E. 1998. Acetylcholinesterase activity associated with methiocarb resistance in a strain of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pestic. Biochem. Physiol.* 61: 191~200.
- Jensen, S. E. 2000. Mechanisms associated with methiocarb resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *J. Econ.*

- Entomol. 93(2): 464~471.
- Kensler, D. L. J & H. T. Streu. 1967. A biological and toxicological study of strains of two-spotted spider mites. J. Econ. Entomol. 60: 1073~1078.
- Ketterman, A. J., K. G. I. Jayawardena and J. Hemingway. 1992. Purification and characterization of a carboxylesterase involved in insecticide resistance from the mosquito *Culex quinquefasciatus*. Biochem. J. 287: 355~360.
- Kim, G. H., Y. H. Choi and K. Y. Cho. 1997. Behavioral response of bifenthrin- and dicofol-resistant strains in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch to bifenthrin. Korean J. Entomol. 27(2): 99~105.
- Kim, G. H., Y. S. Lee, I. H., Lee and K. S. Ahn. 2000. Susceptibility of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to commercially registered insecticides in Korea. Korean J. Pestic. Sci. 4: 51~58 (in Korean).
- Kim, S. S., O. I. Kim and S. C. Lee. 1992. Joint toxic action of acaricide mixtures to the dicofol- and ethion resistant strain of *Tetranychus urticae*. Korean J. Entomol. 22(4): 243~250.
- Kim, S. S. and C. H. Paik. 1996a. Comparative toxicity of fenpyroximate to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha and the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Appl. Entomol. Zool. 31: 369~377.
- Kim, S. S. and C. H. Paik. 1996b. Relative toxicity of tebufenpyrad to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. Entomol. 26: 373~380.
- Kono, S. 1987. Reproductivity of dicofol susceptible and resistant strains in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. Jpn. J. Appl. Ent. Zool. 31: 333~338.
- Kontsedalov, S., P. G. Weintraub, A. R. Horowitz, and I. Ishaaya. 1998. Effects of insecticides on immature and adult western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in Israel. J. Econ. Entomol. 91: 1067~1071.
- Kuwahara, M. 1982a. Activity and substrate specificity of the esterase

- associated with organophosphorus insecticide resistance in the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* KISHIDA (Acarina: Tetranychidae). Appl. Entomol. Zool. 17(1): 82~91.
- Kuwahara, M. 1982b. Insensitivity of the acetylcholinesterase from the organophosphate-resistant Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* KISHIDA (Acarina: Tetranychidae), to organophosphorus and carbamate insecticides. Appl. Entomol. Zool. 17(4): 486~493.
- Larew, H. G., J. J. Knodel-Montz, R. F. Webb, and J. D. Warthen. 1985. *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) control on chrysanthemum by neem seed extract applied to soil. J. Econ. Entomol. 78: 80~84.
- Lee, M. L. and P. J. De Barro. 2000. Characterization of different biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in South Korea based on 16s ribosomal RNA sequences. Korean J. Entomol. 30: 125~130.
- Lee, M. L., S. B. Ahn and W. S. Cho. 2000. Morphological characteristics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and discrimination of their biotypes in Korea by DNA markers. Korean J. Appl. Entomol. 39: 5~12.
- Lee, Y. S., M. H. Song, K. S. Ahn, K. Y. Lee, J. W. Kim and G. H. Kim. 2003. Monitoring of acaricide resistance in two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) populations from rose greenhouses in Korea. Journal of Asia-Pacific Entomol. 6(1).
- Liu, T-X, and P. A. Stansly. 1997. Effects of pyriproxyfen on three species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae), endoparasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 43: 227~232.
- Mable, B. K., D. J. Pree. 1992. Stability of dicofol resistance in populations of European red mite (Acari: Tetranychidae) on apples in Southern Ontario. J. Econ. Entomol. 85: 642~650.
- Matsui, M. 1992. Irregular ripening of tomato fruit caused by the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Japan. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 36: 47~49.
- Matsui, M. 1995. Efficiency of *Encarsia formosa* in suppressing

- population density of *Bemisia tabaci* on tomatoes in plastic greenhouse. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 39: 25~31.
- Mizutani, A., F. Kumayama, K. Ohba, T. Ishiguro and Y. Hayashi. 1988. Inheritance of resistance to cyhexatin in the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). Appl. Ent. Zool. 23(3): 251~255.
- Mizutani, A., S. Hirose, K. Ohba, T. Ishiguro & Y. Hayashi. 1988. Comparative studies on biotic potential of cyhexatin susceptible and resistant strains of the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). Appl. Ent. Zool. 23: 357~360.
- Miyasono, M., A. Mizutani, H. Imazaki, K. Ohba, T. Ishiguro and Y. Hayashi. 1991. Bioactivity of a new organotin compound, Bis (2-methyl-2-phenylpropyl)-trimethyl-silylmethyl stannyl chloride II. Effects on ATPase from cyhexatin -susceptible and -resistant strains of the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). Appl. Entomol. Zool. 27: 165~167.
- Morishita, M. 2001. Toxicity of some insecticides to larvae of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) evaluated by the petri dish-spraying tower method. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 36: 137~141.
- Morse, J. G., T. S. Bellows and Y. Iwata. 1986. Technique for evaluating residual toxicity of pesticides to motile insects. J. Econ. Entomol. 35: 373~375.
- Nauen, R., N. Stumpf, A. Elbert, C. P. Zebitz and W. Kraus. 2001. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). Pest Manag. Sci. 57: 253~261.
- Overmeer, W. P. J & A. Q. Van Zon. 1973. Genetic of dicofol resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). Z. Angew. Entomol. 73: 225~230.
- Paik, C. H. and S. S. Kim. 1996. Selective toxicity of flufenoxuron to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. Entomol. 26: 47~55.

- Park, C. G., M. H. Lee, J. K. Yoo, J. O. Lee, and B. R. Choi. 1995. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Korean J. Appl. Entomol. 34: 360~367.
- Perring, T. M., A. D. Cooper, R. J. Rodriguez, C. A. Farrar and T. S. Bellow, Jr. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science 259: 74~77.
- Picollo, M. I., C. V. Vassena, G. A. M. Cueto, M. Verneti and E. N. Zerba. 2000. Resistance to insecticides and effect of synergists on permethrin toxicity in *Pediculus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Buenos Aires. J. Med. Entomol. 37(5): 721~725.
- Prabhaker, N., N. C. Toscano, and T. J. Henneberry. 1999. Comparison of neem, urea, and amitraz as oviposition suppressants and larvicides against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 92: 40~46.
- Price, P. W. 1997. Demography: population growth and life tables. pp. 305~340 in Insect ecology. 3rd ed., 874 pp. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Priester, T. M. and G. P. Georghiou. 1980. Cross-resistance spectrum in pyrethroid-resistant *Culex quinquefasciatus*. Pestic. Sci. 11: 617-624.
- Reda, A. S. & E. M. El-Banhawy. 1988. Effect of avermectin and dicofol on the immatures of the predacious mite *Amblyseius gossipi* with a special reference to the secondary poisoning effect on the adult female (Acare: Phytoseiidae). Entomophaga 33: 349~355.
- Rose, R. L., L. Barbhuiya, R. M. Roe, G. C. Rock and E. Hodgson. 1995. Cytochrome P450-associated insecticide resistance and the development of biochemical diagnostic assays in *Heliothis virescens*. Pestic. Biochem. Physiol. 51: 17~191.
- Royer, T. A., Edelson, J. V. & Cartwright, B. 1986. Damage and control of *Thrips tabaci* Lindeman on spring onions. Journal Rio Grande Valley Horticultural Society 39: 69~74.
- Rubinstein, G., S. Morin and H. Czosnek. 1999. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by

- the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 92: 658~662.
- Sakimura, K. 1932. Life history of *Thrips tabaci* L. on *Emilia sagitata* and its host plant range in Hawaii. Journal of Economic Entomol. 25: 884~891.
- Sakimura, K. 1962. *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) a vector of tomato spotted wilt virus, with special reference to the color forms. Ann. Entomol. Soc. Am. 55: 387~389.
- Salas, J. and O. Mendoza. 1995. Biology of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. Florida Entomol. 78: 156~160.
- SAS. 1993. ASA user's guide: Statistics. SAS institute, Cary, N. C.
- Sauphanor, B., A. Cuany, J. C. Bouvier, V. Brouse, M. Amichot and J. B. Berge. 1997. Mechanism of resistance to deltamethrin in *Cydia pomonella* (L.)(Lepidoptera: Tortricidae). Pestic. Biochem. Physiol. 58: 109~117.
- Sawacki, R. M. 1979. Resistance of insects to insecticides. Span. 22(2): 51~55.
- Scott, J. A. 1995. The molecular genetics of resistance: resistance as a response to stress. Flor. Entomol. 78(3): 399~414.
- Song, C., G. H. Kim, S. J. Ahn, N. J. Park and K. Y. Cho. 1995. Acaricide susceptibilities of field-collected populations of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) from apple orchards. Korean J. Appl. Entomol. 34(4): 328~333.
- Stumpf, N., C. P. Zebitz, W. Kraus, G. D. Moores and R. Nauen. 2001. Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Pestic. Biochem. Physiol. 69: 131~142.
- Takafuji, A., A. Ozawa, H. Nemoto and T. Gotoh. 2000. Spider mites of Japan: their biology and control. Exp. Appl. Acarol. 24: 319~335.
- Tommacini, M. G. and S. Maini. 1995. *Frankliniella occidentalis* and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe. *Biological Control of thrips pest. Wageningen Agric. Univ. Papers* 95(1): 1~42.
- Van Asperen, K. J. 1962. A study of housefly esterases by means of a

- sensitive colorimetric method. *J. Insect Pathol.* 8: 401~416.
- Van Lenteren, J. C. and J. Woets. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Ann. Rev. Entomol.* 33: 239~269.
- Wagner, T. L. 1995. Temperature-dependent development, mortality, and adult size of sweetpotato whitefly biotype B (H) on cotton. *Environ. Entomol.* 24: 1179~1188.
- Wardlow, L. R., A. B. Ludlam, and L. F. Bradley. 1976. Pesticide resistance in glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (West.)). *Pestic. Sci.* 7: 320~324.
- Watson, D. L., C. O. Hansen & J. A. Naegele. 1963. The influence of selection pressure on the "quality of parathion resistance" in two-spotted spider mite populations. *Adv. Acarol.* 1: 248~256.
- Woo, K. S., S. B. Ahn, S. H. Lee, and H. W. Kwon. 1994. First record of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in Korea. Proceedings of the Autumn Meeting of The Korea Society Applied Entomol. p. 127
- Yasui, M., M. Fukada, and S. Maekawa. 1985. Effect of buprofezin on different developmental stages of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) *Appl. Entomol. Zool.* 20: 340~347.
- Yoo, S. S. & S. S. Kim. 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and the twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Entomol.* 30(4): 235~241.
- Yudin, L. S., Cho, J. J. & Mitchell, W. C. 1986. Host range western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special reference to *Leucaena glauca*. *Environ. Entomol.* 15: 1292~1295.
- Yu, S. J. 1988. Selectivity of insecticides to the spined soldier bug(Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. *J. Econ. Entomol.* 81(1): 119~122.
- Zalom, F. G., E. T. Natwick and N. C. Toscano. 1985. Temperature regulation of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) population in imperial valley cotton. *J. Econ. Entomol.* 78: 61~64.

- Zizka, Z., R. Pelc, J. Jizba, N. V. Kandybin M. V. Sergeeva. 1997. In situ assessment at subcellular level of the effects of macrotetrolide insecticides on mites by electron microscopy and X-Ray microanalysis. *Pestic. Biochem. Physiol.* 58(3): 165~172.
- 中村啓二, 中澤啓一, 乗越要. 1975. 新害蟲オンシツユナジラミ(假稱)の發生. *植物防疫*. 29(1): 7~10.
- 林英明. 1994. コナジラミ.-おもしろ生態とかしこい防ぎ方. *農文協*. pp. 121.
- 松井正春. 1993. タバココナジラミの最近おける發生と防除. *植物防疫*. 47(3): 118~119.
- 失野英二, 和田哲夫, 池田二三高, 根本久 (譯). 1995. 天敵利用の基礎知識. *農文協*. pp.116.
- 井上晃一. 1989. ハダニ類の藥劑抵抗性の機構-遺傳的特性を中心に. *植物防疫* 43(7): 367~371.
- 大串龍一. 1990. 天敵と農藥. p.196. 東海大學出版會. 日本.
- 고상현. 1993. 디코폴 저항성과 감수성계통 점박이용애에 대한 생명표 연구. 서울대학교 석사 학위논문. pp. 56.
- 김길하, 송철, 박노중, 조광연. 1995. Dicofol 저항성의 안정성. *한응곤지*. 34: 61~64.
- 김길하, 송철, 장부영, 박노중, 조광연. 1994. Dicofol 저항성 점박이용애의 저항성 유전과 교차저항성. *한응곤지*. 33: 230~236.
- 김길하, 최승윤. 1985. 인공사료조성이 무당벌레의 성장과 난소발육에 미치는 영향. *한곤지*. 15(2): 33~41.
- 김상수, 이승찬. 1989. 점박이용애의 살비제저항성 발달과 교차저항성에 관한 연구. *한응곤지*. 28: 146~153.
- 김상수, 백채훈. 1996. 점박이용애(*Tetranychus urticae*), 간자와응애(*Tetranychus kanzawai*)와 긴털이용애(*Amblyseius womersleyi*)에 대한 abamectin의 독성비교. *한응곤지*. 35: 164~172.
- 백채훈. 1996. 긴털이용애와 점박이용애, 간자와응애에 대한 flufenoxuron 과 abamectin의 선택독성. *순천대 논문집*. pp. 3~5.
- 송철, 김길하, 안수정, 박노중, 조광연. 1995. 사과원에서 채집된 점박이용애의 지역별 살비제 감수성. *한응곤지*. 34: 328~333.
- 농약등록시험담당자교육교재. 2000. 농촌진흥청 · 농약공업협회. 93~118.
- 윤태중, 류문일, 조기중. 2001. Wolbachia 감염이 디코를 감수성 및 저항성 점박이용애 계통의 적합도에 미치는 영향. *한응곤지*. 40(4): 321~326.

- 이승찬, 양환승, 이두행. 1995. 삼정 신농약. 향문사. pp.243~382.
- 이형래, 김정화. 1989. 진딧물류에 대한 천적 무당벌레의 포식능력 및 그들의 선택독성에 관한 연구. 충북대학교 농학연. 7: 110~118.
- 최병렬, K. L. Heong, 이정운, 유재기, 박정규. 1996. 수도용살충제의 아치사량이 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stal)와 등검은황록장림노린재(*Cyrtorhinus lividipennis*)의 생물학적특성에 미치는 영향. 한용곤지. 35: 52~57.
- 한국곤충명집. 1994. 건국대학교 출판부. pp. 109~110.
- 한만위. 1998. 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)의 특성과 이용기술. 59~78. 천적의 이해와 활용. 농촌진흥청 병해충종합관리사업단.