

사과원에서 진딧물류 방제를 위한 무당벌레의 방제효과 및 이용법 개발

윤영남

(충남대학교 농업생명과학대학 응용생물화학식품학부)

Aphids Control Effects and Using Methods of Asian Ladybirds in the Apple Orchard

Youn, Young-Nam

Div. of Appl. Biol., Chem. and Food Sciences, Coll. Agric. & Life Sci.,
Chungnam Nat'l Univ. Taejon, 305-764, Korea

적 요

해충방제에서 과도하게 화학농약에 의존했던 점을 반성하여 환경보호형 농업을 추진하게 되면서 종합해충관리(IPM: Integrated Pest Management) 개념이 새롭게 인식되고 있는 시점에서, 초기발생하는 진딧물류를 천적인 무당벌레(*Hamonia axyridis*)를 이용하여 발생을 억제할 수 있을지의 가능성 여부를 조사함과 동시에 살충제 및 살균제, 살비제의 투입에 대비한 무당벌레의 내성을 조사하였다.

사과원에서 발생하는 진딧물의 종류를 1주일 간격으로 매주 조사한 결과 5월 초순과 중순에 걸쳐 조팝나무진딧물이 주로 발생하였으며, 사과혹진딧물은 일부 사과나무에서 확인할 수 있었다. 조팝나무진딧물의 발생에 따른 무당벌레의 진딧물 방제효과를 규명하기 위하여 각 조사구당 무당벌레의 밀도를 10, 20, 30, 40, 50마리로 각기 달리하여 사과원에 제 1령 유충을 방사한 결과, 무당벌레를 방사한 후 3주째에 처리한 모든 구역에서 진딧물을 방제하는 효과를 가져왔다. 무당벌레를 증식시키기 위해서 4종류의 진딧물을 공급하여 무당벌레의 알을 대량으로 확보할 수 있었다. 확보된 무당벌레 성충을 장기간 보관하기 위해서는 산란을 시키지 않고 단순한 수명을 연장시키기 위한 먹이가 필수적인데, 닭간을 주원료로 한 인공먹이를 사용하여 무당벌레를 최소한 3개월에서 최대 8개월까지 무당벌레의 수명을 유지하게 된다. 무당벌레의 알을 저장하여 필요한 시기에 꺼내 공급하기 위하여 온도와 기간을 달리하여 조사한 결과, 5°C에 저장할 경우 3~4일, 10°C의 경우에는 4~5일, 15°C의 경우에는 5~6일이, 20°C의 경우 3일, 25°C의 경우 1일 정도가 저장이 가능한 것으로 나타났다. 무당벌레 1령과 2령충을 목화진딧물을 먹이로 공급하면서 온도를 달리하여 저장 할 경우 생존율을 조사한 결과, 모든 온도 조건에서 5일 이상 보관이 가능하였다.

또한 사과원에서 사용되고 있는 살충제를 포함한 각종 약제들이 무당벌레에 어느 정도의 독성을 보이는지를 확인하고자 실시한 결과, 미생물농약인 *B.t kurstaki*가 1령 유충을 제외한 무당벌레 모든 발육단계에 비교적 안전한 것으로 나타났으며, Methoxyfenozide과 Triflumuron은 무당벌레 알에 안전하였으나, 1령 유충에는 높은 독성을 나타냈고, 2령 유충부터는 생존율이 50%내외, 또 그 이상으로 나타났다. 살비제의 경우, Abamectin이 가장 높은 독성을 보였고, Fenpyroximate는 어린 1령과 2령 유충, 그리고 알에 대해 고독성을 나타낸 것을 볼 수 있다. Acequinocyl과 Etoxazole은 무당벌레의 모든 발육단계에 비교적 안전한 것으로 나타났다. 살균제는 무당벌레의 전 발육단계에 대해 비교적 안전한 것으로 나타나, 사과원에서 살균제와 무당벌레를 동시에 사용이 가능한 것으로 확인되었다.

I. 서론

우리 나라의 사과 재배 역사는 어느덧 100년을 넘었으며 무역 자유화의 시대에 세계 주요 생산국들과 치열한 경쟁속에서, 노력을 절감하고 고품질 사과를 안전하게 생산하기 위하여, 저수고 밀색재배와 친환경 병해충 종합관리를 목표로 과실종합생산 체계 확립에 총력을 기울이고 있다. 따라서 사과원에서의 병·해충방제는 연중 어느 시기라도 소홀히 할 수 없는 중요한 문제이다. 현재 사과원에서는 병·해충방제를 위해서 살균제와 함께 살충제를 혼용하여 연 15회 정도 농약을 살포하고 있다. 특히 심식나방과 잎말이나방 종류들은 상품성과 직접 관련되는 과실가해 해충이므로 성충의 발생밀도를 조사하여 약제 살포시기를 결정해야하나 국내에서는 발생예찰을 위한 구체적인 방법이 마련되지 않아서 광범위한 살충제를 정기적으로 과다하게 살포하고 있다. 따라서 농가의 약제비용 부담이 많을 뿐만 아니라, 천적밀도가 격감하게 되고, 약제저항성 유발로 기존 약제의 약효가 저하되고 특히 응애와 같은 2차 해충이 대발생하고 있으며, 농약에 의한 환경오염 등의 우려가 제시되고 있다.

사과는 1999년의 통계에 의하면 전국적으로 31,079헥타르에서 재배가 되고 있으며, 총 생산량이 409,152M/T에 이르며 98년 대비 재배면적은 10.4헥타르가 감소하였으나 생산량은 6.8M/T가 증가하여 점차 단위면적당 생산량 증가하고 있다. 한편 살충제의 전체생산량도 98년의 664M/T에 비해서 99년에는 1,029M/T로 1.5배이상 증가되어 살충제의 사용량이 점차 늘어나고 있는 실정이다. 이와 같이 살충제의 대량 사용은 환경보호와 저농약 사용을 애호하는 사회적 분위기와는 정면대치되는 일로 살충제의 투입량을 감소시킬 수 있는 대책이 시급하다 하겠다. 또한, 최근에는 소비자의 저공해 과실 선호도가 높아지고 있어서 농약 사용횟수를 줄일 수 있는 효율적인 방제방법의 적용이 불가피하게 되었다. 해충방제에서 과도하게 화학농약에 의존했던 점을 반성하여 환경보호형 농업을 추진하게 되면서 종합해충관리(IPM:

Integrated Pest Management) 개념이 새롭게 인식되고 있다. IPM은 여러 가지 방제수단을 서로 모순없이 조합하여 해충의 밀도를 작물에 피해가 나타나지 않는 수준으로 억제, 유지하는 것으로 천적에 의한 해충밀도 억제나 농약저항성 해충의 출현방지도 기대할 수 있는 새로운 개념의 방제대책이다. 이러한 목표를 달성하기 위해서 곤충이 분비하는 성페르몬을 이용한 사과원의 해충 발생예찰기술이 점차적으로 늘어나고 있는 실정이며, 이에 따른 나비목 해충의 적기방제로 약제의 사용횟수를 줄여나갈 수 있게 되었다. 이러한 페르몬을 이용하여 발생예찰을 함으로서 방제를 할 수 있는 나비목 해충으로는 현재 복숭아순나방(oriental fruit moth, *Grapholita molesta*), 복숭아심식나방(peach fruit moth, *Carposina sasakii*), 사과무늬잎말이나방(Asiatic leafroller, *Archips brevipicanus*), 사과애모무늬잎말이나방(Summerr fruit tortrix, *Adoxophyes orana*), 사과굴나방(Apple leafminer, *Phyllonorycter ringoniella*), 은무늬굴나방(apple lyonetid, *Lyonetia prunifoliella*) 등이 있다. 그러나 이들 나방류의 해충의 효율적 방제를 가로막는 진딧물이나 응애류 등이 신초와 잎을 가해함으로써 피해를 주기도 하는데, 진딧물 종류로는 조팝나무진딧물(*Aphis spiraeicola*)과 사과흑진딧물(*Myzus malisuctus*) 등이 대표적이며, 응애류로는 콜로버응애(*Bryobia praetiosa*)와 사과응애(*Panonychus ulmi*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 벗나무응애(*Tetranychus viennensis*), 간자와응애(*Tetranychus kanzawai*) 등이 있다.

조팝나무진딧물(*Aphis spiraeicola*)의 경우, 알 상태로 사과원 근처의 조팝나무나 사과나무에서 월동을 하여 4월경 부화하여 발아한 눈에 기생을 하며, 조팝나무에서 월동을 한 것은 5월 상순부터 번식 발생하여 사과나무로 비래하여 태생으로 증식한다. 이후 주로 무시충이 가해를 하게 되고 밀도가 높아지면 유시충이 생겨 다른 곳으로 분산을 하게 된다. 또한, 사과흑진딧물(*Myzus malisuctus*)은 사과나무에서 알상태로 월동을 하며 사과밭아기인 4월 중·하순에 부화하여 사과나무의 눈에 틀 무렵부터 우화하여 발아하는 눈에 기생을 하고 그 뒤에 잎의 뒷면에 피해를 준다. 이

들 부화된 진딧물은 단위생식을 하여 무시충을 낳으며, 이들은 계속해서 무시충을 10여세대를 반복하면서 10월 중순까지 낳는다. 10월 중순 이후에는 산란형이 나타나게 되는데 이들은 산란성 암컷과 수컷을 낳게 되고 이들이 교미한 후에 사과나무 신초의 겨울눈 부근에 월동란을 낳게 된다. 이들이 초기에 잎을 가해하면, 붉은 반점이 생기며 잎이 뒤쪽을 향해 가로로 말리나, 이후 본엽을 가해하게 되면 잎가에서 엽맥쪽을 향해서 뒤쪽으로 세로로 말리고 그 속에서 무리를 지어 가해한다. 따라서 잎의 기능은 현저히 저하되어 동화량이 감소하고 조기낙엽이 된다.

그렇지만, 풀잠자리류, 무당벌레류, 흑파리류, 진딧물류 등의 진딧물을 공격하는 각종 천적곤충들이 사과원에 분포하고 있는 것으로 조사되고 있는 것으로 보아 천적을 이용한 진딧물 방제의 가능성을 열어 놓고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 페르몬을 이용한 나방류 해충의 예찰과 방제는 가능성을 인정받고 많은 농민들과 연구기관에서 연구가 진행중이나 이에 따른 진딧물을 방제하기 위한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 사과원에서의 종합적 방제를 수행하기 위해서는 나방류 해충뿐만 아니라 진딧물의 방제에 살충제의 투입량을 줄이는 연구도 병행되어야 한다고 생각된다. 그러나 사과원에서 발생하는 천적류에 대한 연구는 단순한 발생상만에 그쳐있을뿐 이들의 발생동태 등을 파악하기 위한 기초자료는 거의 없는 실정이다. 따라서 효율적으로 사과원을 종합방제체계를 갖추어 관리하기 위해서도 진딧물의 발생을 억제시킬 수 있는 방안이 강구되어야 한다고 생각된다.

다행스럽게도 최근에는 저농약 사용에 대한 연구는 많은 분야에서 시도가 되고 있으며, 일부에서는 성공적으로 진행되고 있다. 따라서, 이러한 저농약 사용에 대한 사회적인 욕구를 충족시켜주기 위해서는 살충제를 이용한 방제를 대체할 수 있는 새로운 방법의 해충방제 방법이 마련되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 목적은 해충방제에서 과도하게 화학농약에 의존했던 점을 반성하여 환경보호형 농업을 추진하게 되면서 종합해충관리(IPM: Integrated Pest Management) 개념이 새롭게 인식되고 있는 시

점에서, 사과에서 발생하는 많은 종류의 나방류 해충 방제가 여러 가지 페르몬 트랩을 이용한 발생예찰을 포함하여 이들 해충의 방제방법이 농약의 저사용에 있는 만큼, 초기발생하는 진딧물류를 천적인 무당벌레(*Harmonia axyridis*)를 이용하여 발생을 억제할 수 있을지의 가능성 여부를 조사함과 동시에 살충제 및 살균제, 살비제의 투입에 대비한 무당벌레의 투입형태, 투입시기를 결정할 수 있는 방제모형을 개발하고자 하였다.

한편, 무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 무당벌레과(Coccinellidae)에 속하는 곤충으로 국내에서는 주변에서 가장 흔히 볼 수 있는 곤충중의 하나이다. 이들 무당벌레는 바닷가에서 산꼭대기까지, 도시의 버려진 땅에서 바람이 많은 황폐한 곳까지 거의 모든 곳에서 찾아볼 수 있으며, 거의 모든 정원은 최소한 한 종 이상은 분포하고 있다. 현재 국내에는 무당벌레과에 74종이 기록되어 있으며 이중 무당벌레붙이아과(*Epilachninae*)에 속한 이십팔점박이무당벌레를 포함한 4종을 제외하고는 대부분이 육식성으로 여러 종류의 많은 곤충들을 포식하고 있다(ESK and KSAE, 1994). 극동아시아 지역에 주로 많은 분포를 하고 있는 것으로 알려진 무당벌레는 (Dobzhansky, 1924, 1933), 북미대륙에도 상륙하여 그 동안 정착생활을 하는지에 관한 보고가 없었으나, 1988년 Chapin & Brou(1991)가 Louisiana에서 처음으로 보고하였고, 1995년에는 미 서부 지역에서의 분포가 Dreistadt et al.에 의해서 보고되었지만, 이미 미 대륙 남쪽의 Florida에서 북쪽의 Quebec에 이르기까지, 서부지역에서 동부의 Texas와 Missouri주까지 미국 전역에 확산되어 진딧물의 밀도조절인자로 정착되고 있는 실정이며(Day et al, 1994, Tedders and Schaefer, 1994), 무당벌레와 관련된 보고들을 많이 찾아볼 수 있다(Kidd et al., 1995; Nalepa et al., 1996; Brown and Miller, 1998; Lamana & Miller, 1998).

대부분의 무당벌레과에 속하는 종들의 성충과 유충은 많은 작물과 정원 식물의 흡즙해충인 진딧물들의 중요한 포식자로 보고되어 있다(Brown & Miller, 1998; Ferran et al., 1986, 1997, 1996; Hodek, 1973; Kauffman and Swalbe, 1991; Ferran and Dixon, 1993;

Ives et al., 1993). 진딧물에 대해 포식력이 뛰어난 무당벌레를 해충의 생물적 방제인자로서 연구하고, 또한 먹이탐색 행동을 연구하는 것은 그만큼 중요하며 많은 나라에서 연구가 수행되고 있고 실제 활용적인 측면에서 접근하고 있다(Hagen, 1962; Hodek, 1973; Osawa, 1992; Hodek and Honk, 1996).

그렇지만, 우리 나라에서 무당벌레가 진딧물의 자연적인 포식자로서의 유용성과 대중성에도 불구하고, 무당벌레의 활용가능성을 높이고자 무당벌레가 효과적인 생물적 방제 인자로서의 조건을 갖추고 있는지를 검정하고, 이들의 행동적인 특성은 시설재배에서의 이용가능성에만 연구가 진전되고 있을 뿐(Seo & Youn, 2000), 사과원내에서 종합적 해충방제 전략 수립에 이용하기 위한 행동과 생리적 현상 등은 거의 연구되어 있지 않다. 국내에서 사과원의 진딧물을 방제하기 위한 무당벌레의 이용에 대한 연구 예는 국내 뿐 아니라 국외에서도 찾아보기 어려우며, 진딧물의 발생동태와 이에 따른 무당벌레의 시기별 적응능력을 평가가 이루어지지 않으면 효과적인 방제체계를 구축할 수 없다. 또한, 무당벌레에 피해가 적은 살충제 및 살균제는 아직 알려져 있지 않아, 방제 약제의 개발 혹은 기존 약제의 적용 시험이 시급하고, 무당벌레를 이용한 생물학적 방제의 가능성에 대한 검토 역시 이루어진 바 없다.

II. 재료 및 방법

1. 사과원에서 발생하는 진딧물의 종류와 발생시기 및 밀도변동

53곳의 국내의 사과 재배농가를 직접 방문하여 진딧물의 발생과 피해 정도를 조사하였다. 또한, 대전시 유성구에 위치한 사과원에 10주를 대상으로 사과나무 한 주에 10가지를 표시하여 발생하는 진딧물을 1주일 간격으로 매주 조사하였다.

2. 무당벌레를 이용한 진딧물의 방제

사과나무에 진딧물이 발생을 하게 되면, 각 처리구

별로 무당벌레 1령 유충수를 달리하여 방사한 후, 진딧물의 밀도 변동을 1주일 간격으로 조사하였다.

3. 무당벌레의 실내 대량사육

가. 무당벌레 대량 사육을 위한 진딧물 기주 식물 및 진딧물 사육: 가을에 채집한 무당벌레의 월동 개체군으로부터 채란을 하기 위하여 하우스에 진딧물의 기주가 되는 무, 담배, 겨자 등의 식물을 심고, 이들에 진딧물을 접종하여 대량 사육한 후에, 이들을 무당벌레의 먹이로 제공하여 채란을 하였다.

나. 채란된 알의 저장성을 알아보기 위하여 각 온도별 저장 가능 기간을 조사하였다.

다. 알의 부화기간, 유충의 발육기간, 번데기 기간 등을 조사하여, 포장에 적절한 시기에 방사할 수 있는 체계적인 사육체계를 시도하였다. 또한 장거리 운송을 위한 포장 및 이동시간에 따른 알 및 유충의 생존율을 조사하였다.

4. 각종 살충제 및 살균제 등에 의한 내성을 검정

이상기온에 따른 진딧물의 대량발생이나 진딧물 이외의 응애나 나비목 해충들을 방제하기 위한 약제를 적용할 경우 투입된 무당벌레의 안전성을 고려할 필요가 있다. 가능하다면 무당벌레에 독성이 적은 약제를 사용하여 무당벌레를 보호하기 위해서 사과병·해충방제에 사용되는 약제에 대해서 실험실 내에서 극소미량처리장치를 이용하여 생물검정을 실시하였다. 본 연구에서 사용한 약제들의 목록 및 특성을 Table 5에 나타내었다. 나방류를 주로 방제하기 위한 살충제 6종과 응애를 방제하기 위한 살비제 4종, 식물병을 방제하기 위한 살균제 5종을 선발하여 이들 약제들이 무당벌레의 전 발육태에 미치는 독성효과를 검증하였다.

무당벌레에 대한 독성실험은 무당벌레를 살충제 추천 사용농도를 기준으로 50% 사용농도를 실시하였으며, 약제의 종류에 따라서 25% 사용농도에 대한 독성을 검정하였다. 알의 경우 알덩이를 약액에 15초간 담구어 내어 살충제의 독성을 평가하는 15초 침지법을

사용하였으며, 알을 제외한 무당벌레 유충과 번데기, 성충에 대해서는 무당벌레가 걸어다니면서 농약과의 접촉에 의한 독성을 평가하는 vial test법과 일정량(1 μ l)의 약액을 충체에 직접 처리하는 microapplicator를 이용한 국소처리법을 병행하여 검정을 실시하였다. 대상곤충은 알의 경우 20-30개 정도의 알덩이를 사용하여 3반복하였으며, 알을 제외한 다른 발육단계의 무당벌레는 반복당 5마리씩 3반복을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사과원에서 발생하는 진딧물의 종류와 발생시기, 밀도변동

본 실험에서 사용한 사과원에서 발생하는 진딧물의 종류를 1주일 간격으로 매주 조사한 결과 5월 초순에 조팝나무진딧물이 주로 발생하였으며, 사과혹진딧물은 일부 사과나무에서 확인할 수 있었다. 이들 진딧물의 발생상황을 보면 Fig. 1의 무당벌레 무처리구에 나타난 바와 같이 5월 초순과 중순에 걸쳐 주로 발생함을 알 수 있었다. 한편 5월 말부터는 진딧물의 발생이 아주 미미하였으며, 사과의 제 2차 성장시기인 7월말 8월 초에 걸쳐 일부 신초에서 조팝나무진딧물의 발생을 확인할 수 있었으나 이때에는 이미 과

실에는 피해가 거의 없어 방제가 불필요한 시점이다. 한편, 전국적인 일반 재배 사과원의 경우에, 전국의 50여 곳의 사과원을 방문하여 진딧물 발생상황을 조사한 결과, 발생예방의 차원에서 혹은 진딧물의 발생이 매우 미미한 상황에서 진딧물 방제를 위한 살충제를 사용하여 실제 조사된 발생량은 거의 없었다.

결과적으로 무처리구의 사과에서 진딧물 발생상황 일반 재배농가에서의 발생상을 비교해 보면, 일반 농가에서 진딧물을 방제하기 위한 살충제를 발생시기에 맞추어 1-2회 살포하여 진딧물을 방제하고 있음을 알 수 있었다.

2. 무당벌레와 진딧물 사이의 개체군 크기에 따른 진딧물 밀도조절효과

조팝나무진딧물의 발생에 따른 무당벌레의 진딧물 방제효과를 규명하기 위하여 각 조사구당 무당벌레의 밀도를 10, 20, 30, 40, 50마리로 각기 달리하여 사과원에 제 1령 유충을 방사한 결과 Fig. 1에서와 같이 무당벌레를 방사한 후 3주째에 처리한 모든 구역에서 진딧물을 방제하는 효과를 가져왔다. 그러나 이는 진딧물 이외의 사과원에 발생하는 다른 해충, 즉 사과응애와 점박이 응애, 사과무늬 잎말이나방을 비롯한 나방류의 피해를 방지하기 위하여 살충제를 사

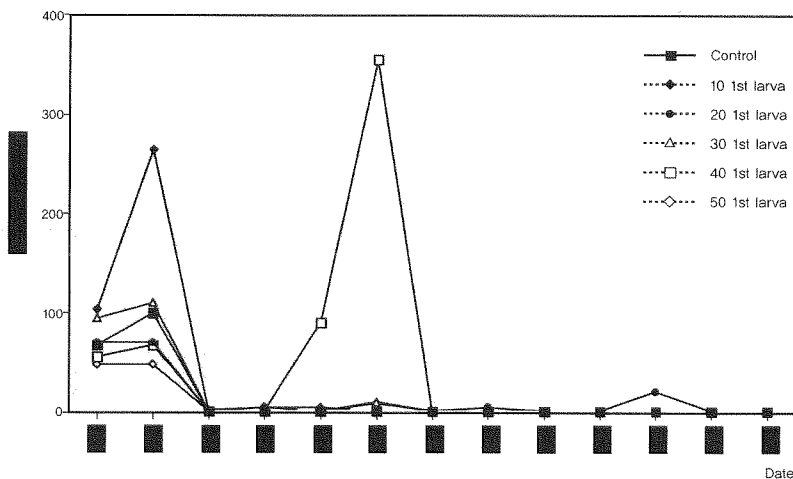


Fig. 1. Population changes of the apple aphid with Asian ladybirds in the apple orchard in Taejon area from May to August in 2001. Different number of ladybirds were released in each experimental apple tree with 10, 20, 30, 40, and 50, respectively.

용함으로서 무당벌레까지 모두 사망하여 이들 사용 약제에 대해서 무당벌레의 내성이 매우 약한 것을 알 수 있었다.

3. 무당벌레의 실내 대량사육 시스템

무당벌레를 대량으로 확보하기 위하여 실내에서 무당벌레를 증식시키는 시스템을 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

가. 인공사료를 이용한 성충의 장기간 보관

무당벌레는 가을철에 월동을 하기 위해서 일정한 장소에 모여드는 행동적 특성을 보이고 있다. 이들 월동장소를 잘 파악하고, 모여드는 행동특성을 잘 관찰하면 많은 수의 무당벌레를 확보할 수가 있다. 그러나, 이들 확보된 무당벌레를 장기간 보관하기 위해서는 단순한 수명을 연장시키기 위한 먹이가 필수적이다. 이들 무당벌레를 보관하는 동안에는 산란을 유도하거나 성충의 수명을 단축시키지 않는 최소한의 영양분만을 공급할 필요가 있다. 따라서 본 실험에서는 닭간을 주원료로 한 인공먹이를 사용하여 무당벌레를 최소한 3개월에서 최대 8개월까지 무당벌레의 수명을 유지하게 된다

나. Bank plant를 이용한 산란유도

무당벌레를 사용할 시기가 되면 보관하고 있는 무당벌레를 이용하여 진딧물 방제에 이용할 무당벌레를 증식시키게 되며, 무당벌레를 증식시키기 위해서 본 실험에서는 4종류의 진딧물을 공급하여 무당벌레

의 알을 대량으로 확보할 수 있었다. 진딧물의 종류에 따른 무당벌레의 산란수는 Table 1에서 보는 바와 같이 큰 차이는 볼 수 없었으며, 각기 다른 시기에 이들 진딧물이 발생함에 따라서 효과적으로 무당벌레를 증식시킬 수 있다.

4. 발육 단계별 무당벌레의 저장기간

무당벌레를 방제에 이용하기 위해서는 무당벌레의 공급이 진딧물의 발생과 때를 맞추어 원활히 이루어져야 된다. 따라서 무당벌레의 공급시기를 조정하고 알맞는 발육태로 공급하기 위해서는 무당벌레의 생존율과 활성이 떨어지지 않는 저장조건과 저장 기간을 검토해야만 한다. 따라서 본 실험에서는 무당벌레의 공급태로 가장 유리하다고 생각되는 알과 1령 유충, 2령 유충을 대상으로 하여 가장 적당한 저장 조건을 찾기 위하여 5가지(5, 10, 15, 20, 25°C)의 온도조건에서 실험을 실시하였다.

가. 무당벌레 알의 온도별 저장 후 부화율

무당벌레의 알을 저장하여 필요한 시기에 꺼내 공급하기 위하여 온도와 기간을 달리하여 조사하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 5°C의 조건에 저장할 경우 4일간 저장하여 꺼내면 48시간 후에는 알들이 모두 부화하였고, 3일 저장한 경우에는 72시간 후에 모두 부화하였다. 따라서 5°C에 저장할 경우 3~4일은 저장이 가능한 것으로 생각된다. 한편 10°C의 경우에는 4~5일, 15°C의 경우에는 5~6일이, 20°C의 경우 3일, 25°C의 경우 1일 정도가 저장이 가능한 것으로

Table 1. Daily number of laid eggs of 100 Asian ladybirds (sex ratio= 1:1) with different aphids as prey at 24±2°C in the laboratory

Aphids	Number of laid eggs (n=10)	Host plant (Bank plant)	Growing season	Growing method
Turnip aphid	1,643±125	Radish	Jan.~Apr.	in the greenhouse
Green peach aphid	1,125±218	Radish	Jan.~Apr.	in the greenhouse
Cotton aphid	1,321±142	Rose of Sharon	Apr.~May	in the field
	1,113±196	Cucumber	May~Jul.	in the greenhouse
Daisy fleabane aphid	1,843±164	Daisy fleabane	May~Jun.	in the field

Table 2. Hatching ratios of Asian ladybird eggs after preservation in the incubator with different temperature for different periods (“-” means no more hatching)

Temperature	Days for preservation	Number of tested eggs	Hatching ratios (%) after incubation			
			on time	after 24 Hrs	after 48 Hrs	after 72 Hrs
5°C	1 day	61	0.00	0.00	65.57	100.00
	2 days	65	0.00	0.00	0.00	32.31
	3 days	35	0.00	0.00	37.14	100.00
	4 days	57	0.00	0.00	100.00	-
	5 days	45	0.00	62.22	-	-
	6 days	63	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 days	66	0.00	0.00	0.00	0.00
10°C	1 day	60	0.00	0.00	100.00	-
	2 days	45	0.00	0.00	8.89	11.11
	3 days	47	0.00	0.00	63.83	100.00
	4 days	74	0.00	0.00	100.00	-
	5 days	50	0.00	100.00	-	-
	6 days	73	13.70	27.40	-	-
	7 days	42	4.76	-	-	-
15°C	1 day	64	0.00	0.00	100.00	-
	2 days	44	0.00	45.45	-	-
	3 days	33	0.00	0.00	100.00	-
	4 days	30	0.00	0.00	86.67	-
	5 days	43	0.00	100.00	-	-
	6 days	72	100.00	-	-	-
	7 days	45	100.00	-	-	-
20°C	1 day	50	0.00	0.00	100.00	-
	2 days	50	0.00	78.00	-	-
	3 days	45	100.00	-	-	-
	4 days	32	75.00	-	-	-
	5 days	28	100.00	-	-	-
	6 days	72	100.00	-	-	-
	7 days	40	100.00	-	-	-
25°C	1 day	50	100.00	-	-	-
	2 days	50	100.00	-	-	-
	3 days	46	100.00	-	-	-
	4 days	48	100.00	-	-	-
	5 days	46	100.00	-	-	-
	6 days	38	100.00	-	-	-
	7 days	62	96.77	-	-	-

나타났다. 한편 오랜 시간 저장을 할 경우에는 알의 부화율이 떨어지며, 높은 온도에서는 알이 부화하여 서로 잡아먹거나 굵어 죽는 현상이 발생하므로 본 실험에서는 10와 15°C에서 4~5일 정도 보관하는 것이 가장 효율적인 것으로 평가된다.

나. 무당벌레 1·2령충의 온도별 저장 후 생존율

무당벌레 1령과 2령충을 먹이를 공급하면서 온도를 달리하여 저장 할 경우 생존율을 조사하였다. 먹이로는 오이에 기생하고 있는 목화진딧물을 공급하였다. Table 3와 4에서 볼 수 있는 바와 같이 모든 온도 조건에서 5일 이상 보관이 가능하였다. 그러나, 온도가 높아지고 저장 기간이 길어질수록 1령충은 발육을 하여 2령충으로, 2령충은 발육하여 3령충으로 진전이 되었다. 따라서 먹이인 목화진딧물도 지속적으로 공급해야 되는 불편함이 초래되었다. 먹이를 공급하지 않을 경우 무당벌레는 동중포식을 하여 개체 수가 줄어들음을 확인하였다. 따라서 무당벌레의 유

충을 저장하여 공급하는 곳은 꼭 필요한 상황이 아닌 경우에는 노동력을 많이 투입해야되는 비경제적인 방법으로 생각된다.

5. 종합 방제 체계를 구축하기 위하여 in vitro에서 각종 살충제, 살균제 등에 의한 내성을 검정

무당벌레는 사과원에 사용되는 살충제에 매우 민감하게 반응을 하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 본 실험은 이들 약제들이 무당벌레에 어느 정도의 독성을 보이는지를 확인하고자 실시하고 있으며, 살충제뿐만 아니라 살균제, 살비제 등에 대한 독성 실험을 병행하였다. 본 연구에서 사용할 약제들의 목록 및 특성을 Table 5에 나타내었다. 나방류를 주로 방제하기 위한 살충제 6종과 응애를 방제하기 위한 살비제 4종, 식물병을 방제하기 위한 살균제 5종을 선발하여 이들 약제들이 무당벌레의 전 발육태에 미치는 독성효과를 검증하였다.

Table 3. Survival rate of 1st instar of the Asian ladybird after preservation with aphid as prey in different temperature

Temp. of preservation	Number of Insects	Survival rates (%)				
		After 1 day	After 2 days	After 3 days	After 4 days	After 5 days
5°C	60	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10°C	60	100.00	100.00	100.00	96.67	93.33
15°C	60	100.00	95.00	90.00	90.00	90.00
20°C	60	98.33	96.67	95.00	90.00	88.33
25°C	60	100.00	95.00	91.67	91.67	88.33

Table 4. Survival rate of 2nd instar of the Asian ladybird after preservation with aphid as prey in different temperature

Temp. of preservation	Number of Insects	Survival rates (%)					
		After 2 days	After 4 days	After 6 days	After 8 days	After 10 days	After 12 days
5°C	60	100.00	95.00	85.00	71.67	58.33	16.67
10°C	60	96.67	91.67	78.33	68.33	43.33	15.00
15°C	60	86.67	73.33	61.67	56.67	30.00	15.00
20°C	60	75.00	61.67	53.33	38.33	20.00	10.00
25°C	60	76.67	66.67	55.00	43.33	31.67	21.67

무당벌레에 대한 독성실험은 무당벌레를 살충제 추천 사용농도를 기준으로 50% 사용농도를 실시하였으며, 약제의 종류에 따라서 25% 사용농도에 대한 독성을 검정하였다. 알의 경우 알덩이를 약액에 15초간 담구어 내어 살충제의 독성을 평가하는 15초 침지법을 사용하였으며, 알을 제외한 무당벌레 유충과 번데기, 성충에 대해서는 무당벌레가 걸어다니면서 농약과의 접촉에 의한 독성을 평가하는 vial test법과 일정량(1 μ l)의 약액을 충체에 직접 처리하는 microapplicator를 이용한 국소처리법을 병행하여 검정을 실시하였다.

가. 무당벌레의 살충제에 대한 독성

일반 농민들이 주로 많이 사용하고 있는 사과원에 발생하는 잎말이나방류나 굴나방류, 진딧물류 방제를 위해 사용 등록된 다섯 종류의 살충제를 무당벌레의 각 발육단계에 처리한 결과를 보면(Table 6), 다섯 종류의 살충제 중, 생물농약인 B.t kurstaki가 1령 유충을 제외한 무당벌레 모든 발육단계에 비교적 안전

한 것으로 나타났으며, B.t kurstaki과 더불어 Methoxyfenozide, Triflumuron은 무당벌레 알에 안전하여, 알로 무당벌레를 이용할 경우, 동시에 투입이 가능할 것으로 사료되지만, 알에서 깨어난 1령 유충의 경우 사과나무에 잔류하고 있는 살충제에 접촉이 되었을 경우 사망할 확률이 높을 것으로 추정된다. 특히 다섯 종류의 살충제 모두 1령 유충에는 높은 독성을 나타냈었기 때문에 잔류 살충제에 의한 사망이 우려된다. 그렇지만, 2령 유충부터는 생존율이 50%내외, 또 그 이상으로 나타난 것으로 보아, 진딧물 방제를 위해 무당벌레를 살포시 알에서 1령 유충단계를 거쳐 2령유충으로 성장한 시기에 기타 다른 사과해충인 잎말이나방, 굴나방, 복숭아심식나방 방제 약제를 사용하는 것이 천적을 보호하는 측면에서 효과적으로 생각된다. 또한 처리방법에 따라 생존율에 있어 다소 차이를 보였으나 이는 무당벌레의 약제 접촉량의 차이에 의한 결과로 추후 사과잎이나 나무에 직접 처리하여 이들의 독성효과를 조사해야 할 것으

Table 5. List of insecticides, acaricides and fungicides for testing toxicity against the Asian ladybird, and their chemical characteristics and registered adaptive insect pests and plant diseases

Common name	Classification	Trade name	Registered applications
Insecticides			
Chlorpyrifos	Organophosphates	Gropo	Mulberry leaf rollers, Aphids
Bifenthrin	Pyrethroids	Tarstar	Mites, Aphids, peach fruit moth
B.t.kurstaki	Bacterium	Suricide	Apple leafminer
Methoxyfenozide			
Triflumuron	Benzoylureas	Alsystin	Apple leafminer, peach fruit moth
Acaricides			
Acequinoeyl	Naptoquinons	Ganamite	Mites
Fenpyroximate	Phenoxyypyridols	Salbiwyoang	Mites
Abamectin	Antibiosis	Alstar	Mites
Etoxazol	Oxazolins	Zoom	Mites
Fungicides			
Nuarimol	Pyrimidins	Param	Rust, Scab, Powdery mildew
Dithianon	Quinones	Delan	Anthracoese, White rot, Scab
Mancozeb	Organosulphates	Dysen-M	Rust, Marssonnia blotch, White rot, Alternaria leaf spot
Benomyl	Benzimidazols	Dacos	Rust, White root rot, White rot
Bitertanol	Triazols	Byco	White rot, Powdery mildew, Scab

Table 6. Survival rates of different developmental stages of Asian ladybird with several insecticides for the control of aphids and lepidopterans

Developmental stages	Application methods	Average survival rates (%)						
		Applied Con.	Chlorpyrifos	Bifenthrin	B.t. kurstaki	Methoxyfenozide	Triflumuron	
							Con.	(%)
Eggs	Dipping for 15 sec.	1g/L	0.00	0.00	34.54	46.81	0.4g/L	62.62
		0.5g/L	0.00	11.43	60.17	52.66	0.2g/L	82.58
		0.25g/L	15.76	0.00	80.24	72.41	0.1g/L	88.79
1st instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4g/L	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2g/L	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1g/L	0.00
	Microapplicator	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4g/L	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2g/L	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1g/L	0.00
2nd instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4g/L	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2g/L	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1g/L	0.00
	Microapplicator	1g/L	0.00	0.00	40.00	26.67	0.4g/L	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	73.33	33.33	0.2g/L	13.33
		0.25g/L	0.00	33.33	86.67	46.67	0.1g/L	40.00
3rd instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4g/L	6.67
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2g/L	6.67
		0.25g/L	0.00	0.00	33.33	0.00	0.1g/L	13.33
	Microapplicator	1g/L	0.00	40.00	66.67	40.00	0.4g/L	33.33
		0.5g/L	0.00	60.00	73.33	73.33	0.2g/L	40.00
		0.25g/L	13.33	73.33	100.00	100.00	0.1g/L	53.33
4th instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	20.00	26.67	0.4g/L	6.67
		0.5g/L	0.00	0.00	33.33	46.67	0.2g/L	6.67
		0.25g/L	0.00	0.00	46.67	66.67	0.1g/L	40.00
	Microapplicator	1g/L	0.00	93.33	53.33	100.00	0.4g/L	40.00
		0.5g/L	0.00	100.00	100.00	100.00	0.2g/L	46.67
		0.25g/L	0.00	100.00	100.00	100.00	0.1g/L	66.67
Pupa	Microapplicator	1g/L	0.00	100.00	100.00	100.00	0.4g/L	100.00
		0.5g/L	0.00	100.00	100.00	100.00	0.2g/L	100.00
		0.25g/L	0.00	100.00	100.00	100.00	0.1g/L	100.00
	Dipping method	1g/L	0.00	26.67	60.00	73.33	0.4g/L	53.33
		0.5g/L	0.00	33.33	73.33	73.33	0.2g/L	53.33
		0.25g/L	0.00	46.67	86.67	86.67	0.1g/L	80.00
Adults	Vial test	1g/L	0.00	0.00	46.67	53.33	0.4g/L	26.67
		0.5g/L	0.00	33.33	53.33	40.00	0.2g/L	33.33
		0.25g/L	33.33	46.67	73.33	60.00	0.1g/L	46.67
	Microapplicator	1g/L	13.33	100.00	66.67	100.00	0.4g/L	46.67
		0.5g/L	33.33	100.00	80.00	100.00	0.2g/L	53.33
		0.25g/L	40.00	100.00	86.67	100.00	0.1g/L	66.67

로 사료된다. 또한 추천농도로 약제를 살포시, 무당벌레와 같은 기타 천적에 고독성을 나타낼 수 있으므로 추천농도의 반수농도로 처리시에 대상해충을 방제하면서도 천적에도 안전한가를 평가하는 것도 선행되어야 할 것이다.

나. 무당벌레의 살비제에 대한 독성

사과원에서 각종 응애 방제용으로 등록된 네 종류의 살비제를 각각의 발육단계별로 무당벌레에 처리하여 그 내성정도를 조사한 결과(Table 7), Abamectin이 가장 높은 독성을 보였는데, 특히나 알에 대한 독성을 보여 실제 사과원에서 무당벌레를 진딧물방제에 사용하고자 할 경우엔 이 약제사용을 금하는 것이 효과적이고 장기적인 방제를 수행하는데 도움이 될 것으로 나타났다. 부득이 Abamectin을 사용하여 응애를 방제하고자 할 경우, 무당벌레 성충을 방사한 후, 이들이 산란한 알이 부화될때까지 기간을 고려하여 약 1주일 후에 살포한다면, 무당벌레에 영향을 덜 미칠 것으로 생각된다. 무당벌레 유충과 성충의 경우 vial test(유리병이나 사알레에 일정 농도의 약제를 도포한 후 실험곤충을 넣어 독성효과를 평가하는 처리방법)와 microapplicator(국소처리법) 두가지 방법으로 독성평가를 조사했는데, 처리방법에 따라 많은 차이를 보였다. 이것은 무당벌레 자체가 국소처리법에 의해 접촉된 약제의 양(1 μ l)보다 vial test 방법에 의해 접촉된 약제의 양이 더 많아 생충율이 저조하게 나타났으며, Abamectin을 제외한 세가지 살비제 중 Fenpyroximate는 어린 1령과 2령 유충, 그리고 알에 대해 고독성을 나타낸 것을 볼 수 있다. Acequinocyl과 Etoxazole은 무당벌레의 모든 발육단계에 비교적 안전한 것으로 나타났다.

다. 무당벌레의 살균제에 대한 독성

실험에 사용된 다섯 종류의 살균제는 사과의 붉은별무늬병, 검은별무늬병, 흰가루병, 탄저병, 겹무늬썩음병, 갈색무늬병, 점무늬낙엽병, 흰날개무늬병 등을 방제하기 위한 약제로서 모두 무당벌레의 전 발육단계에 대해 비교적 안전한 것으로 나타났으며(Table 8), 살비제를 처리했을 때와 마찬가지로 처리방법에

따른 차이를 보였다. 결과적으로는 사과원에서 살균제와 무당벌레를 동시에 사용이 가능한 것으로 확인되었다.

IV. 결론

풀잠자리류, 무당벌레류, 흑파리류, 진디벌레류 등의 진딧물을 공격하는 각종 천적곤충들이 사과원에 분포하고 있어 많은 살충제를 사용하지 않더라도 진딧물을 방제할 수 있는 가능성을 열어 놓고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 페르몬을 이용한 나방류 해충의 예찰과 방제는 가능성을 인정받고 많은 농민들과 연구기관에서 연구가 진행중이나 이에 따른 진딧물을 방제하기 위한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 다행스럽게도 최근에는 저농약 사용에 대한 연구는 많은 분야에서 시도가 되고 있으며, 일부에서는 성공적으로 진행되고 있다. 따라서, 이러한 저농약 사용에 대한 사회적인 욕구를 충족시켜주기 위해서는 살충제를 이용한 방제를 대체할 수 있는 새로운 방법의 해충방제 방법이 마련되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 목적은 해충방제에서 과도하게 화학농약에 의존했던 점을 반성하여 환경보호형 농업을 추진하게 되면서 종합해충관리(IPM: Integrated Pest Management) 개념이 새롭게 인식되고 있는 시점에서, 사과에서 발생하는 많은 종류의 나방류 해충방제가 여러 가지 페르몬 트랩을 이용한 발생예찰을 포함하여 이들 해충의 방제방법이 농약의 저사용에 있는 만큼, 초기발생하는 진딧물류를 천적인 무당벌레(*Hamonia axyridis*)를 이용하여 발생을 억제할 수 있을지의 가능성 여부를 조사함과 동시에 살충제 및 살균제, 살비제의 투입에 대비한 무당벌레의 투입형태, 투입시기를 결정할 수 있는 방제모델을 개발하고자 하였다.

진딧물의 발생: 사과원에서 발생하는 진딧물의 종류를 1주일 간격으로 매주 조사한 결과 5월 초순과 중순에 걸쳐 조팝나무진딧물이 주로 발생하였으며, 사과혹진딧물은 일부 사과나무에서 확인할 수 있었다. 한편 5월 말부터는 진딧물의 발생이 아주 미미하였으며, 사과의 제 2차 성장시기인 7월말, 8월 초에

Table 7. Survival rates of different developmental stages of Asian ladybird with several acaricides for the control of phytophagous mites

Develop- mental stages	Application methods	Average survival rates (%)				
		Applied Con.	Acequinocyl	Fenpyroximate	Abamectin	Etoxazole
Eggs	Dipping for 15 sec.	1g/L	50.24	5.56	3.92	69.92
		0.5g/L	60.54	42.60	12.00	92.09
		0.25g/L	73.20	15.86	8.11	98.15
1st instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
	Microapp- licator	1g/L	100.00	20.00	0.00	93.33
		0.5g/L	100.00	6.67	0.00	100.00
		0.25g/L	100.00	46.67	0.00	100.00
2nd instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
	Microapp- licator	1g/L	100.00	93.33	33.33	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	33.33	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	46.67	100.00
3rd instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00
	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	53.33	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	80.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	86.67	100.00
4th instars	Vial test	1g/L	40.00	0.00	0.00	26.67
		0.5g/L	40.00	0.00	0.00	46.67
		0.25g/L	46.67	0.00	0.00	60.00
	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00
Pupa	Microapp- licato	1g/L	100.00	100.00	53.33	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	60.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	66.67	100.00
	Dipping method	1g/L	100.00	100.00	0.00	93.33
		0.5g/L	100.00	100.00	13.33	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	26.67	100.00
Adults	Vial test	1g/L	26.67	40.00	0.00	86.67
		0.5g/L	46.67	60.00	0.00	93.33
		0.25g/L	66.67	66.67	0.00	93.33
	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	46.67	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	46.67	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	53.33	100.00

Table 8. Survival rates of different developmental stages of Asian ladybird with several fungicides for the control of several plant diseases

Develop- mental stages	Application methods	Average survival rates (%)					
		Applied Con.	Nuarimol	Diathianon	Mancozeb	Benomyl	Bitertanol
Eggs	Dipping for 15 sec.	1g/L	73.10	77.92	85.00	85.89	69.59
		0.5g/L	84.04	80.76	86.46	81.06	93.67
		0.25g/L	88.33	85.13	92.89	95.14	92.71
1st instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vial test	1g/L	80.00	100.00	73.33	100.00	93.33
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2nd instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3rd instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
4th instars	Vial test	1g/L	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00
		0.5g/L	0.00	0.00	40.00	0.00	0.00
		0.25g/L	0.00	0.00	46.67	0.00	0.00
	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pupa	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	93.33
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	Dipping method	1g/L	100.00	100.00	100.00	93.33	86.67
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Adults	Vial test	1g/L	60.00	33.33	13.33	26.67	26.67
		0.5g/L	60.00	53.33	53.33	53.33	46.67
		0.25g/L	80.00	60.00	60.00	60.00	66.67
	Microapp- licator	1g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.5g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
		0.25g/L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

걸쳐 일부 신초에서 조팝나무진딧물의 발생을 확인할 수 있었으나 이때에는 이미 과실에는 피해가 거의 없어 방제가 불필요한 시점이다.

진딧물 방제효과: 조팝나무진딧물의 발생에 따른 무당벌레의 진딧물 방제효과를 규명하기 위하여 각 조사구당 무당벌레의 밀도를 10, 20, 30, 40, 50마리로 각기 달리하여 사과원에 제 1령 유충을 방사한 결과, 무당벌레를 방사한 후 3주째에 처리한 모든 구역에서 진딧물을 방제하는 효과를 가져왔다.

무당벌레 개체증식: 무당벌레를 사용할 시기가 되면 보관하고 있는 무당벌레를 이용하여 진딧물 방제에 이용할 무당벌레를 증식시키게 되며, 무당벌레를 증식시키기 위해서 4종류의 진딧물을 공급하여 무당벌레의 알을 대량으로 확보할 수 있었다. 진딧물의 종류에 따른 무당벌레의 산란수는 무당벌레의 먹이로 제공되는 진딧물의 종류에 따라서 큰 차이는 볼 수 없었으며, 각기 다른 시기에 이들 진딧물이 발생함에 따라서 효과적으로 무당벌레를 증식시킬 수 있다.

무당벌레의 성충의 저장: 무당벌레는 가을철에 월동을 하기 위해서 일정한 장소에 모여드는 행동적 특성을 잘 관찰하면 많은 수의 무당벌레를 확보할 수가 있다. 이들 확보된 무당벌레를 장기간 보관하기 위해서는 단순한 수명을 연장시키기 위한 먹이가 필수적인데, 닭간을 주원료로 한 인공먹이를 사용하여 무당벌레를 최소한 3개월에서 최대 8개월까지 무당벌레의 수명을 유지하게 된다

무당벌레의 알의 저장: 무당벌레의 알을 저장하여 필요한 시기에 꺼내 공급하기 위하여 온도와 기간을 달리하여 조사한 결과, 5°C에 저장할 경우 3~4일, 10°C의 경우에는 4~5일, 15°C의 경우에는 5~6일, 20°C의 경우 3일, 25°C의 경우 1일 정도가 저장이 가능한 것으로 나타났다. 그러나, 오랜 시간 저장을 할 경우에는 알의 부화율이 떨어지며, 높은 온도에서는 알이 부화하여 서로 잡아먹거나 굶어 죽는 현상이 발생하므로 본 실험에서는 10와 15°C에서 4~5일 정도 보관하는 것이 가장 효율적인 것으로 평가되었다.

무당벌레의 유충의 저장: 무당벌레 1령과 2령충을 목화진딧물을 먹이로 공급하면서 온도를 달리하여 저장 할 경우 생존율을 조사한 결과, 모든 온도

조건에서 5일 이상 보관이 가능하였다. 그러나, 온도가 높아지고 저장 기간이 길어질수록 1령충은 발육을 하여 2령충으로, 2령충은 발육하여 3령충으로 진전이 되었다. 따라서 먹이인 목화진딧물도 지속적으로 공급해야 되는 불편함이 초래되었다. 먹이를 공급하지 않을 경우 무당벌레는 동충포식을 하여 개체수가 줄어들음을 확인하였다.

무당벌레의 약제에 대한 내성: 무당벌레는 사과원에 사용되는 살충제에 매우 민감하게 반응함에 따라서 사과원에서 사용되고 있는 살충제를 포함한 각종 약제들이 무당벌레에 어느 정도의 독성을 보이는지를 확인하고자 실시한 결과, 다섯 종류의 살충제 중, 생물농약인 *B.t. kurstaki*가 1령 유충을 제외한 무당벌레 모든 발육단계에 비교적 안전한 것으로 나타났으며, *B.t. kurstaki*과 더불어 Methoxyfenozide, Triflumuron은 무당벌레 알에 안전하였으나, 1령 유충에는 높은 독성을 나타냈고, 2령 유충부터는 생존율이 50%내외, 또 그 이상으로 나타났다. 살비제의 경우, Abamectin이 가장 높은 독성을 보였는데, 특히나 알에 대한 독성을 보여 실제 사과원에서 무당벌레를 진딧물방제에 사용하고자 할 경우엔 이 약제사용을 금하는 것이 효과적이고 장기적인 방제를 수행하는데 도움이 될 것으로 나타났다. Abamectin을 제외한 3가지 살비제 중 Fenpyroximate는 어린 1령과 2령 유충, 그리고 알에 대해 고독성을 나타낸 것을 볼 수 있다. Acequinocyl과 Etoxazole은 무당벌레의 모든 발육단계에 비교적 안전한 것으로 나타났다. 살균제는 사과와 붉은별무늬병, 검은별무늬병, 흰가루병, 탄저병, 겹무늬썩음병, 갈색무늬병, 점무늬낙엽병, 흰날개무늬병 등을 방제하기 위한 약제로서 모두 무당벌레의 전 발육단계에 대해 비교적 안전한 것으로 나타나, 사과원에서 살균제와 무당벌레를 동시에 사용이 가능한 것으로 확인되었다.

인용문헌

1. Brown, M.W. and S.S. Miller(1998), Coccinellidae (Coleoptera) in apple orchards of eastern west virginia and the impact of invasion by *Harmonia*

- axyridis, Ent. News, 109(2): 136-142.
2. Chapin, J.B., and V.A. Brou(1991), *Harmonia axyridis* (Pallas), the third species of the genus to be found in the United States (Coleoptera: Coccinellidae), Proc. Entomol. Soc. Wash, 93: 630-635.
 3. Day, W.H., D.R. Prokrym, D.R. Ellis, and R.J. Chianer(1994), The known distribution of the predator *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in the United States, and thoughts on the origin of this species and five other exotic lady beetles in eastern North America, Entomol. News 105: 244-256.
 4. Dobzhansky, T.(1924), ber geographische und individuelle Variabilit t von *Adalia bipunctata* and *Adalia decempunctata*, Russk. Entomol. Obozt. 18: 201-211
 5. Dobzhansky, T.(1933), Geographical variation in lady-beetles, Am. Nat. 67:97-126.
 6. ESK and KSAE.(1994), Check list of insects from Korea(eds), Kon-Kuk Univ. Press, Seoul, 744p.
 7. Ferran, A., and A.F.G. Dixon(1993), Forging behaviour of ladybird larvae(Coleoptera: Coccinellidae), Eur. J. Entomol, 90, 383-402.
 8. Ferran, A., G. Iperiti, S. Kreiter, S. Quilicci, and H. Shanderl(1986), Preliminary results of a study of the potentials of some aphidophagous coccinellids for use in biological control, Ecology of Aphidophaga, Vol. 2. I. Hodek(ed.). Academia, Praha, pp. 479-484.
 9. Ferran, A., J. Gambier, S. Parent, K. Legenfre, R. Tourniere, and L. Giuge(1997), The effect of rearing the ladybird *Harmonia axyridis* on *Ephestia kuehniella* eggs on the response of its larvae to aphid tracks, J. Insect Behav. 10(1): 129-144.
 10. Ferran, A., H. Niknam, F. Kabiri, J.-L. Picart, C. De Herce, J. Brun, G. Iperiti, and L. Lapchin (1996), The use of *Harmonia axyridis* larvae (Coleoptera: Coccinellidae) against *Macrosiphum rosae*(Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) on rose bushes, Eur. J. Entomol. 93: 59-67.
 11. Hagen, K.S.(1962), Biology and ecology of predaceous Coccinellidae, Anni. Rev. Entomol., 7: 289-326.
 12. Hodek, I.(1973), Biology of Coccinellidae, Academia, Praha, 260pp.
 13. Hodek, I., and A. Hon k.(1996), Ecology of Coccinellidae, Kluwer Academic. Pub. Dordrect, 260pp.
 14. Ives, A.R., P. Kareiva, and R. Perry(1993), Response of a predator to variation in prey density at three hierarchical scales: lady beetles feeding on aphids, Ecol, 74: 1929-1938.
 15. Kauffman, W.C. and C.P. Schwalbe(1991), Plant growth responses to *Aphis fabae* injury: importance of predation by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), Behaviour and Impact of Aphidophaga, L. Polgar, R.J. Chambers, A.F.G. Dixon, and I. Hodek (eds.), SPB Pub, pp. 167-175.
 16. Kidd, K.A., C.A. Nalepa, E.R. Day, and M.G. Waldvogel(1995), Distribution of *Harmonia axyridis* (Pallas)(Coleoptera : Coccinellidae) in North Carolina and Virginia, Proc. Entomol. Soc. Wash, 97(3): 729-731.
 17. Lamana, M.L. and J.C. Miller(1998), Temperature dependent development in an Oregon population of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), Environ. Entomol, 27(4): 1001-1005.
 18. Nalepa, C.A., K.A. Kidd, and K.R. Ahlstron (1996), Biology of *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) in winter aggregations, Ann. Entomol. Soc. Am, 89(5): 681-685.
 19. Osawa, N.(1992), A life table of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas(Coleoptera: Coccinellidae) in relation to the aphid abundance,

- Jpn. J. Ent. 60(3): 575-579.
20. Seo, M.J. & Y.N. Youn(2000), The Asian Ladybird, *Harmonia axyridis*, as Biological Control Agents: I. Predacious Behavior and Feeding Ability, Kor. J. Appl. Entomol. 39(2): 59-71.
21. Tedders, W.L., and P.W. Schaefer(1994), Release and establishment of *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) in the southeastern United States, Entomol. News. 105: 228-243.