

## 딸기재배 하우스에서 발생하는 해충의 환경친화적 종합적방제를 위한 로드맵

이대홍 · 조창욱 · 박초롱 · 이희진 · 강은진 · 석희봉 · 서미자 · 김황용<sup>1</sup> · 김용현<sup>1</sup> · 유용만 · 윤영남\*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, <sup>1</sup>농업과학기술연구원 농업해충과

## Road-map for Environmental Friendly Integrated Pest Management (IPM) of Insect Pests on the Strawberry Vinyl-houses of Farmer's Field

D.H. Lee, C.W. Jo, C.R. Park, H.J. Lee, E.J. Kang, H.B. Seok, M.J. Seo, H.Y. Kim<sup>1</sup>, Y.H. Kim<sup>1</sup>, Y.M. Yu and Y.N. Youn\*

Dept. Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Research and Technology, Suwon

**ABSTRACT :** Road-map for the environmental friendly integrated pest management (IPM) of insect pests was drawn up on the strawberry vinyl-houses of farmer's field. Major insect pests were occurred *Tetranychus urticae* and *Aphis gossypii* during the strawberry plant seeding in the vinyl house and open field. Also, same insect pests were occurred in the vinyl house during harvesting season of strawberry. For the control of *T. urticae* and *A. gossypii*, *Phytoseiulus persimilis* and *Aphidius colemani* as natural enemies were input to the vinyl house, respectively. However, because these natural enemies could not control insect pest populations, acaricide and insecticide were sprayed. Then natural enemies were input again in the vinyl house. Natural enemies could not endure the intense cold and differences of temperature and relative humidity between day and night during strawberry harvesting season. So, their behavior and control activity of pests were more decrease than pests. Firstly, natural enemies are input in the vinyl house during the early breeding season of strawberry, secondly, acaricides and insecticide are sprayed for the control of mites and aphids, respectively, during the middle breeding season in the hard winter. Finally, natural enemies are re-input in the vinyl house during the middle and late breeding season.

**KEY WORDS :** Strawberry, Insect pests, Integrated pest management, Road-map

**초 록 :** 해충방제를 위하여 천적을 사용하는 친환경농가에서 발생하는 해충을 친환경적인 종합적방제 방법을 수행하기 위한 로드맵을 작성하였다. 먼저 친환경적인 방법으로 딸기를 생산하는 농가에 딸기 어린묘를 공급하는 육묘장에서 발생하는 주요 해충으로는 점박이응애(*Tetranychus urticae*)와 목화진딧물(*Aphis gossypii*)이었다. 딸기를 생산하는 본 포장에서 발생하는 주요 해충들 역시 점박이응애와 목화진딧물이 가장 많이 발생하였다. 점박이응애의 생물적방제를 위하여 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)를 방사하였고, 목화진딧물의 방제를 위하여는 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)을 방사하였다. 그러나 천적의 방사로 점박이응애와 목화진딧물의 개체군을 억제할 수 없어, 살충제를 살포하여 해충 개체군 밀도를 낮춘 다음에 천적들을 다시 방사하는 전략을 구사하였다. 수확기인 동절기에 천적만을 가지고 해충을 방제하지 못하는 이유로는 밤낮의 일교차가 심하여 해충과 천적의 활동에 많은 영향을 주고 있기 때문이며, 이러한 환경은 해충보다는 천적에 더 많이 영향을 주는 것으로 보인다. 따라서 효율적인 친환경 종합방제로는 육묘장에서 해충의 유입을 차단하고, 본포에 정식 후에는 천적을 방사하여 해충 발생 초기부터 해충을 제어해야 되며, 천적의 활동이 둔해지는 혹한기에는 천적에 독성이 적은 선택성

\*Corresponding author. E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

살비제와 살충제 등을 사용하여 해충 개체군을 억제할 필요가 있다. 그 후에는 다시 천적을 방사하여 해충 개체군을 조절하는 방법을 택하여야 한다.

**검색어** : 딸기, 해충, 종합적방제, 로드맵

우리나라와 일본을 포함한 유럽과 미주 지역에서는 외래 침입해충을 방제하기 위하여 다양한 종류의 천적들을 도입하고 있다. 특히, 유럽 및 미주 지역의 국가들은 예전부터 외래 침입해충 방제를 위한 다양한 고전적 생물적방제 프로그램을 개발하고 정착시키고 있다(Coulson *et al.*, 2000; Sheppard *et al.*, 2003). 아울러 생물적방제 프로그램을 수행하는데 있어 천적의 특수성을 충분히 이해하려고 노력하였다(Waage, 1997). 경제가 발전하고 국제 농수산 무역이 확대됨에 따라서, 외국의 식물들이 다양하게 도입됨과 더불어, 신품종 육성을 통한 작물의 다양성도 증가하게 되고, 이에 따라서 해충의 발생 양상 또한 변하게 된다. 따라서 예전에 심각한 수준으로는 발생하지 않았던 해충들이 해충화되고 있으며, 이를 해결하기 위한 방법으로는 화학적 살충제에 전적으로 의존하기 보다는 살충제의 사용량을 줄이고 천적을 이용하여 방제하려고 하는 노력이 지속되고 있다(Waage, 1997; Sheppard *et al.*, 2006). 일부 유럽 국가에서는 이미 왜래 천적을 도입하고 이를 실용화하는 시스템을 갖추고 실행하는 국가들이 늘어나고 있다(Bigler, 2001; Bigler *et al.*, 2005; Loomans, 2007). Hunt *et al.* (2008)은 오세아니아와 미주, 유럽 등지에서 생물적방제 시스템의 정착 사례와 더불어 운영 프로그램에 관하여 자세히 정리하고 있다. 우리나라도 이제 천적을 이용한 해충의 생물적방제가 도입기를 지나 정착기로 향하고 있는 만큼, 이에 대한 안정된 시스템을 구축하는 것이 필요하다 하겠다.

딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)에는 많은 종류의 해충들이 발생하여 생산량뿐만 아니라 상품성에도 많은 영향을 끼치고 있다. 대부분의 딸기에 발생하는 해충은 다식성이기 때문에 서식처가 다양하여 약제로 방제하기가 매우 어려운 곤충들이 많이 있다. 예를 들어, 점박이응애와 목화진딧물이 대표적인 다기주 해충이라고 할 수 있을 것이다. 유럽의 경우에는 약 90종 이상이 발생하고 있지만(Alford, 1984), 이들 가운데 10종 내외가 딸기에 피해를 주고 있는 것으로 보고되어 있다(Cross *et al.*, 2001). 터키의 경우에는 딱정벌레 일종인 *Coroebus elatus*와 진딧물의 일종인 *Chaetosiphon fragaefolii*, 검정꽃바구미인

*Anthonomus rubi*, 풀밭장님노린재인 *Lygus rugulipennis* 등이 주요 해충으로 보고되어 있다(Kovanci *et al.*, 2005a, b). 따라서 이들의 발생을 예찰하고, 각각의 해충에 대하여 해충의 개체군 동태를 파악하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 예를 들어, 딸기에 발생하는 대만총채벌레를 예찰하는데 청색의 끈끈이트랩이 가장 좋은 효과를 가지고 있듯이(Seo *et al.*, 2006), 각 해충 마다 개체군을 예찰하는 시스템을 구축하는 것이 필요하다 하겠다.

유기농이나 친환경 농업하는 농가에서는 특히 약제를 사용하지 않기 때문에 천적이나 친환경농자재를 이용하는 방법이 대세를 이루고 있다고 하겠다. 유기농 딸기의 생산은 살충제에 대한 환경 스트레스를 절감시키는 동시에, 토양의 생물 다양성을 높여주고, 다양한 포식자와 기생자들의 활동을 증가시키는데 기여하고 있다(Liebman, 1994). 이러한 포식자들과 기생자들의 증가는 딸기를 재배하는데 있어 장기적으로나 단기적으로 해충을 관리할 수 있도록 조성해 줄 수 있게 된다(Kromp, 1989, 1999; Moreby *et al.*, 1994; Drinkwater *et al.*, 1995).

딸기에 발생하는 점박이응애(*Tetranychus urticae*; Acari: Tetranychidae)는 온대와 열대 지역에서 많은 작물에 가장 중요한 해충 가운데 하나이다(Skirvin and Williams, 1999; García-Marí and González-Zamora, 1999, Huffaker *et al.*, 1969; Sances *et al.*, 1981; Wyman *et al.*, 1979; Oatman *et al.*, 1985; Stonneveld *et al.*, 1996; Walsh *et al.*, 2002; Sato *et al.*, 2004; Cloyd *et al.*, 2006). 점박이응애는 짧은 재배기간동안 무리군을 형성하여 작물에 피해를 줄 수가 있는데, 하루 사이에 40% 이상 개체수가 늘어날 수 있고, 기주식물을 고사시킬 수 있는 능력을 가지고 있는 해충이다(Krips *et al.*, 1998). 점박이응애를 방제할 수 있는 주된 방법은 살비제를 사용하는 것이 주를 이루고 있으나, 이는 다른 살충제들과 마찬가지로 저항성 유발 및 생태계 오염 등의 부수적인 문제점들을 안고 있다. 따라서 보다 지속적이고 친환경적인 방제를 위해서는 생물적방제가 화학적방제의 대안으로 떠오르고 있다(Opit *et al.*, 2005). 따라서 많은 농가들이 점박이응애를 방제하기 위하여 생물적방제 방법을 도입하게 되었다(Rhodes

et al., 2006; Rhodes and Liburd, 2005). 칠레이리응애와 캘리포니쿠스이리응애를 포함한 이리응애과(Phytoseiidae)에 속하는 포식자들이 점박이응애의 밀도를 억제하는데 많은 공헌하고 있다(Escudero and Ferragut, 2005). 칠레이리응애는 점박이응애에 대한 먹이 선호성이 높아 방제에 성공을 많이 거두고 있으나, 살비제와 살균제 등에 감수성이고 온대지역에서는 월동하지 못한다는 단점을 가지고 있다(Easterbrook, 2004; Escudero and Ferragut, 2005). 캘리포니쿠스이리응애는 칠레이리응애보다 점박이응애 개체군 크기나 온도에 좀 더 유연하게 대처하여, 지중해 유역이나 북미지역의 남부지방에서 많이 사용하고 있다(Escudero and Ferragut, 2005; Rhodes and Liburd, 2005; Croft et al., 1998; Greco et al., 2005; Escudero and Ferragut, 2005). 또한 여러 종류의 살충제나 살균제에 저항력이 강하고 10-32°C 사이에서도 생존하고 있는 것으로 보고되고 있다(Hart et al., 2002).

딸기에서 칠레이리응애를 이용하여 점박이응애를 성공적으로 방제하기 위해서는 적절한 시기에 적정량의 천적을 투입하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. Moon et al. (2006)에 의하면 가지를 재배하는 하우스에서 칠레이리응애를 1주당 10마리씩 3회 방사한 결과, 일주일 후에 점박이응애 밀도는 엽당 1마리 정도로 낮게 유지되었다고 보고한 바 있다. 또한, 장미에서 점박이응애의 밀도가 잎당 65.3마리였을 때 칠레이리응애를 주당 30마리 방사하였을 경우, 방사 후 11일에 점박이응애 밀도가 잎당 3.8마리로 크게 감소하였고, 방사 후 20일에는 잎당 0마리로 밀도억제효과가 높게 나타났다(Ahn et al., 2004). 또한 Fraulo and Liburd (2007)은 캘리포니쿠스이리응애를 5일 간격으로 3번 방사하였으며, 포식자와 먹이의 비율이 1:10인 경우에 딸기에 발생한 점박이응애를 방제하였으며, 시즌 초기에 방사하였을 경우 효과가 좋았다고 하였다. 특히 이들 포식자들은 상업화에 성공함으로써 많은 농가들에게 공급할 수 있게 된 장점을 가지고 있다. 그렇지만, 칠레이리응애는 건조하고 더운 기후를 가지고 있는 국가들에서는 적용하지 못하는 경우가 많아 점박이응애를 방제하는데 실패사례가 늘어나고 있다(Skirvin and Fenlon, 2003). 따라서 이러한 국가에서는 칠레이리응애를 대신할 수 있는 포식성응애를 새로 찾는 연구가 진행 중이며, 일부 지역에서는 적용하고 있기도 하다. 예를 들어, *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) 같은 경우에는 미국의 플로리다와 아프리카 및 남아메리카의 열대지역에서 발견되고 있으며, 브라질의 경우 *P. macropilis*를 이용하여 딸기에 발생하는 점박이응애를 방

제하고 있다(Saba, 1974; Moraes et al., 2004; Rosa et al., 2005; Fadini et al., 2004).

천적으로만 해충을 방제하기 어려운 경우에는 화학적인 작물보호제를 사용해야 하는 경우가 종종 발생하게 된다. 이와 같은 경우에는 천적에 영향을 주지 않는 선택적인 살충제를 사용하고, 천적을 사용하기 전에 해충의 개체군 밀도를 낮추어 주는 IPM 차원에서는 살충제의 사용이 필수불가결한 내용이라 할 수 있다(van Lenteren and Woets, 1988). 많은 나라에서 천적을 포함한 IPM을 수행할 경우에는 살충제의 투입이 이루어지고 있다(van Lenteren and Woets, 1988; Miller and Uetz, 1998). 특히 친환경농자재로 불리는 살충제(외국의 경우 일명 bio-rational insecticides, 생물학적 합리살충제로 불리고 있음)의 사용은 기존의 화학합성 살충제에 비하여 천적에 독성이 상대적으로 안전한 것으로 인식하고 있으나, 이들 친환경농자재들이 천적에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 연구내용은 거의 알려진 바가 없다(Djerassi et al., 1974). 친환경농자재의 사용시에는 천적에 많은 영향을 미치고 있어 사용하는데 주의를 기울여야 한다. 이는 점박이응애를 방제하기 위한 칠레이리응애뿐만 아니라(Kang et al., 2007a), 진딧물을 방제하기 위한 콜레마니진디벌을 방제할 경우에도 매우 주의를 기울여야 한다(Yu et al., 2006). 또한 점박이응애를 종합적방제시에 사용되는 살비제나 살충제, 살균제 등도 칠레이리응애에 독성이 약하거나 독성이 없는 선택적인 약제를 사용하는 것이 필수조건이라 할 수 있다(Ahn et al., 2004). 친환경농자재가 천적 곤충에 미치는 영향을 평가한 보고에 따르면 친환경농자재의 종류에 따라서 혹은 천적 곤충의 종류에 따라서 많은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다(Yu et al., 2006; Kang et al., 2007a, b; Lee et al., 2008).

따라서 본 연구에서는 딸기 하우스에서 발생하는 해충, 특히 점박이응애와 목화진딧물을 중심으로, 이들 해충을 환경친화적인 종합적방제를 통하여 개체군을 조절하는 로드맵을 작성하고자 함이다.

## 재료 및 방법

### 딸기 육묘장에서의 곤충상

딸기 육묘장에서의 해충과 천적의 발생상을 알아보기 위하여 충남 논산군에 위치한 딸기 육묘를 위한 하우스 1동(660 m<sup>2</sup>)과 노지 재배 330 m<sup>2</sup>을 임대하여 사용하였다.

곤충상의 관찰은 1주일 간격으로 딸기 잎 25엽을 임의로 채취하여 실험실에서 해부현미경을 사용하여 관찰하였으며, 청색과 황색 끈끈이트랩을 이용하여 비상하는 곤충을 관찰하였다.

### 딸기 본 포장에서의 해충 발생과 천적 방사

친환경농업으로 딸기를 재배하는 농가에 점박이응애를 주된 내용으로 한 천적을 이용한 생물적방제의 효과시험을 실시하기 위하여, 시험구로 충남 논산군에 위치한 친환경 딸기 재배농가의 하우스 포장 5동과 대조구로 일반 관행으로 딸기를 재배하고 살충제를 포함한 작물보호제를 사용하는 농가의 하우스 포장 2동을 임대하여 해충발생을 비교하였다. 농가 포장의 조건으로 딸기 품종은 설향이며, 각 하우스의 면적은 660 m<sup>2</sup>이다. 축성재배지의 경우 2007년 11월 21일부터, 반축성재배지의 경우 다음해 2월 20일부터 조사하였으며, 해충의 발생에 따라 각 시기별로 천적을 방사하여 해충의 생물적방제 효과를 해충 개체군을 조사하여 평가하였다.

### 칠레이리응애의 딸기 하우스내에서 분산 효과

딸기 하우스내에서 점박이응애가 대발생한 spot 구역 2곳에서 2 m 거리에 인접한 곳을 선정하여, 한쪽에는 칠레이리응애를 100마리 방사하였고 다른 한쪽에는 방사하지 않고 해충과 천적의 개체군을 관찰하였다. 관찰은 1주일 간격으로 구역내에 있는 딸기잎을 각 구역별로 3엽씩 임의로 선정하여 점박이응애와 칠레이리응애를 확대경을 이용하여 조사하였으며, 각각의 구역은 3반복씩 설정하여 칠레이리응애의 활동과 분산을 알아보았다.

### 하우스 내의 온도 변화에 따른 칠레이리응애의 방제 효율성

일일 온도차가 심한 경우 점박이응애의 개체군과 칠레이리응애의 포식활동에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 실험실 조건과 유리온실 조건에서 칠레이리응애와 점박이응애의 밀도 변화를 조사하였다. 곤충사육상자(W 30 × L 30 × H 50 cm)에 파종후 3주일이 경과된 콩에 점박이응애를 30마리씩 접종한 후 1주일 후에 칠레이리응애 12마리씩을 접종하였으며, 접종 후 매일 임의적으로 1엽을 선택하여 점박이응애와 칠레이리응애를 관찰하였으며, 각각 3반복으로 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 딸기 육묘장에서의 곤충상

딸기는 씨앗파종이 아닌 영양번식의 방법으로 개체를 늘려가는 만큼 딸기 육묘는 가장 중요한 과정이라 할 수 있다. 3월경에 어미묘를 정식하여 4월부터 8-9월에 이르기까지 어린묘를 생산하는 이 기간은 무더운 여름철로, 여러 가지 해충이나 병에 감염될 가능성이 매우 높아 관리를 잘하여 우량한 어린 묘를 생산하는 것이 매우 중요하다. 따라서 이 기간동안 발생하는 곤충상을 파악하여 이들을 적절히 관리하고, 본포에서의 해충 발생을 최소화하는 것이 필요하다.

곤충의 발생을 하우스와 노지 육묘장에서 딸기 잎 25엽을 임의로 따서 해부현미경을 통해서 관찰한 결과(Table 1), 많은 곤충들이 관찰되었지만, 주로 발생하는 해충으로는 목화진딧물(*Aphis gossypii*)과 점박이응애(*Tetranychus urticae*)였다. 목화진딧물의 경우, 관찰을 시작한 6월부터 꾸준히 발생하였으며, 노지보다는 비닐하우스 육묘장에서의 발생량이 더 많음을 알 수 있다. 하우스 내에서는 꾸준한 관찰을 통하여 개체수가 늘어나는 경우에는 imidacloprid를 살포하였지만, 노지의 경우에는 하우스와 같은 대량 발생은 관찰할 수 없었고, 특별한 방제활동은 이루어지지 않았다. 이는 잦은 강우로 인하여 목화진딧물의 정착이 쉽지 않았기 때문에 대발생으로까지는 이어지지 않음을 알 수 있다. 한편, 점박이응애의 경우에는 6월 중·하순경에 많이 발생하였으나, 하우스내 기온이 의점차적으로 상승함으로써 밀도가 감소됨을 알 수 있었으며, 추가 발생을 우려하여 abamectin을 살포한 이후로는 점박이응애의 발생은 거의 이루어지지 않았다. 이외에도 대만 총채벌레(*Frankliniella intonsa*)의 발생이 하우스와 노지에서 비슷한 발생양상을 보였으나, 7월 하순 이후에는 발생하지 않았다. 그 이외에도 9월말부터 10월초에 이르러서는 하우스 내에서 파밤나방(*Spodoptera exigua*)의 발생이 관찰되었고, 노지의 경우에는 7월 초순과 8월 하순에 딸기잎벌레(*Galerucella griseascens*)의 발생을 확인할 수 있었다.

육묘장에서는 별도의 천적을 방사하지는 않았으나, 일부 천적들이 관찰되었다. 비닐하우스의 경우에는 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)를 비롯하여, 애꽃노린재류(*Orius* sp.), 진디혹파리(*Aphidoletes aphidimyza*) 유충, 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*) 머미, 무당벌레(*Harmonia axyridis*) 등이 관찰되었고, 노지의 경우에는 칠레

이리응애, 무당벌레, 애꽃노린재, 진디혹파리 등이 1마리씩 확인되었다. 그렇지만, 이들 천적들의 발생은 하우스나 노지에서 발생하는 해충들을 조절하기에는 매우 적은 수에 불과하였다. 따라서 육묘장에서 발생하는 주된 해충은 목화진딧물과 점박이응애로서 이를 적절한 방제수단으로 방제하는 것이 건강한 어린묘를 생산하는데 매우 중요하

다 하겠다. 특히, 진딧물의 방제는 진딧물이 매개하는 바이러스병을 예방하는 차원에서도 매우 중요하기 때문에 밀도에 따라서 살충제를 살포하는 것이 중요하며, 점박이응애의 경우에는 육묘 초기에 적절한 화학적 방제 수단을 적용하고 여름철 이후에는 방제하지 않더라도 대량으로 발생하는 경우는 없었다.

**Table 1.** Occurrences of insect pests and their natural enemies during the strawberry plant seeding in the vinyl house and open field at Nonsan area in 2007

Date	Caught Insects								Remarks (Used chemicals or Friendly environmental agricultural materials)	
	<i>A. gossypii</i>		<i>F. intonsa</i>		<i>T. urticae</i>		Others		Vinyl House	Open Field
	Vinyl House	Open Field	Vinyl House	Open Field	Vinyl House	Open Field	Vinyl House	Open Field		
18 Jun.	7	31	4	5	115	13	2 <i>P. persimilis</i>	1 <i>P. persimilis</i> , 1 <i>H. axiridis</i> , 1 <i>Orius</i> sp.	-	-
26 Jun.	10	5	9	5	294	0	2 <i>P. persimilis</i> , 3 <i>Orius</i> sp.	1 <i>Orius</i> sp., 1 <i>H. axiridis</i> , 1 <i>A. aphidimyza</i>	-	-
03 Jul.	21	5	4	0	0	2	10 <i>A. aphidimyza</i>	1 <i>G. grisescens</i> , 1 <i>Orius</i> sp.	Force-free, Pang-I Galv, Mytee	-
10 Jul.	41	0	4	1	0	10	-	-	-	-
18 Jul.	2	17	0	0	0	0	-	-	Abamectin	-
26 Jul.	26	16	0	0	0	0	1 <i>A. aphidimyza</i>	-	-	-
30 Jul.	121	27	0	0	0	0	1 mummy	-	-	-
09 Aug.	51	25	0	0	0	0	2 mummies	-	-	-
14 Aug.	0	13	0	0	2	2	-	-	Imidacloprid	-
23 Aug.	0	0	0	0	2	2	-	-	-	-
31 Aug.	9	8	0	0	0	0	-	7 <i>G. grisescens</i>	-	-
04 Sep.	3	7	0	0	0	0	-	-	-	-
11 Sep.	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
19 Sep.	0	4	0	0	0	0	-	-	-	-
02 Oct.	9	-	0	-	0	-	20 <i>S. exigua</i>	-	Imidacloprid	-
09 Oct.	126	-	0	-	0	-	2 <i>S. exigua</i> , 1 <i>P. persimilis</i>	-	-	-
17 Oct.	25	-	0	-	1	-	1 <i>T. vaporariorum</i> , 2 <i>S. exigua</i>	-	-	-
24 Oct.	26	-	0	-	0	-	1 mummy, 1 <i>H. axiridis</i>	-	Safe-green	-
07 Nov.	64	-	0	-	0	-	-	-	-	-
Total	541	158	21	11	414	29				

### 딸기 본 포장에서의 해충 발생과 천적 방사

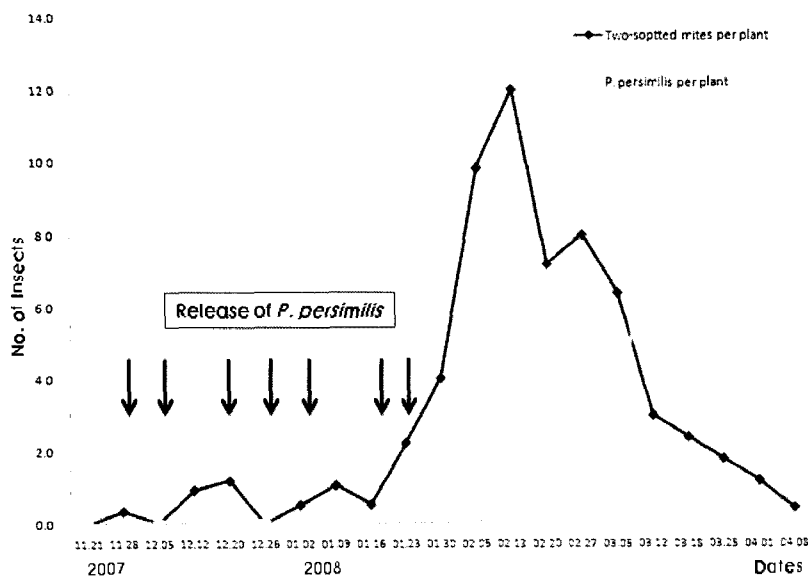
딸기를 수확하는 본 포장에서의 해충의 발생과 이에 따른 천적 방사와 살충제 살포에 의한 해충의 방제 프로그램을 실행하였다. 먼저 칠레이리응애를 이용하여 점박이응애를 방제하기 위한 전략을 수립하기 위하여 축성재배 농가에서 시험한 결과 Fig. 1과 같다. 정식 후 11월 하순 처음으로 점박이응애가 관찰되며, 초기 천적 투입 전략으로 칠레이리응애를 방사하였다. 그러나 잠시 주춤하던 점박이응애의 개체수는 12월 중순경부터 증가하기 시작하였으며, 발생 양상은 부분적인 spot을 형성하면서 피해 범위를 넓혀나가는 형상이었다. 이는 주야 온도변화로 인하여 점박이응애의 이동성이 낮아 부분적인 개체군 증가 양상을 나타내는 것으로 생각된다. 따라서 이 시기에는 점박이응애가 발생된 spot을 중심으로 칠레이리응애를 방사하여 전체적으로 점박이응애가 확산되는 것을 막는 전략이 필요한 시기라고 할 수 있다. 2월 중순경까지는 많은 수의 칠레이리응애를 방사하였으나 임의 표본 방식의 조사에서는 칠레이리응애가 매우 적은 수준으로 포착되었고, 점박이응애의 개체수는 점차 증가하는 양상이었으나, 2월 중순이후 외부 기온이 상승하는 시기에는 점박이응애와 칠레이리응애의 활동양도 많아지게 됨에 따라 칠레이리응애의 개체수와 포식량이 증가하여 점박이응애를 완전히 방제할 수 있었다.

이와 같은 현상은 Fig. 5에서 볼 수 있듯이, 낮과 밤의

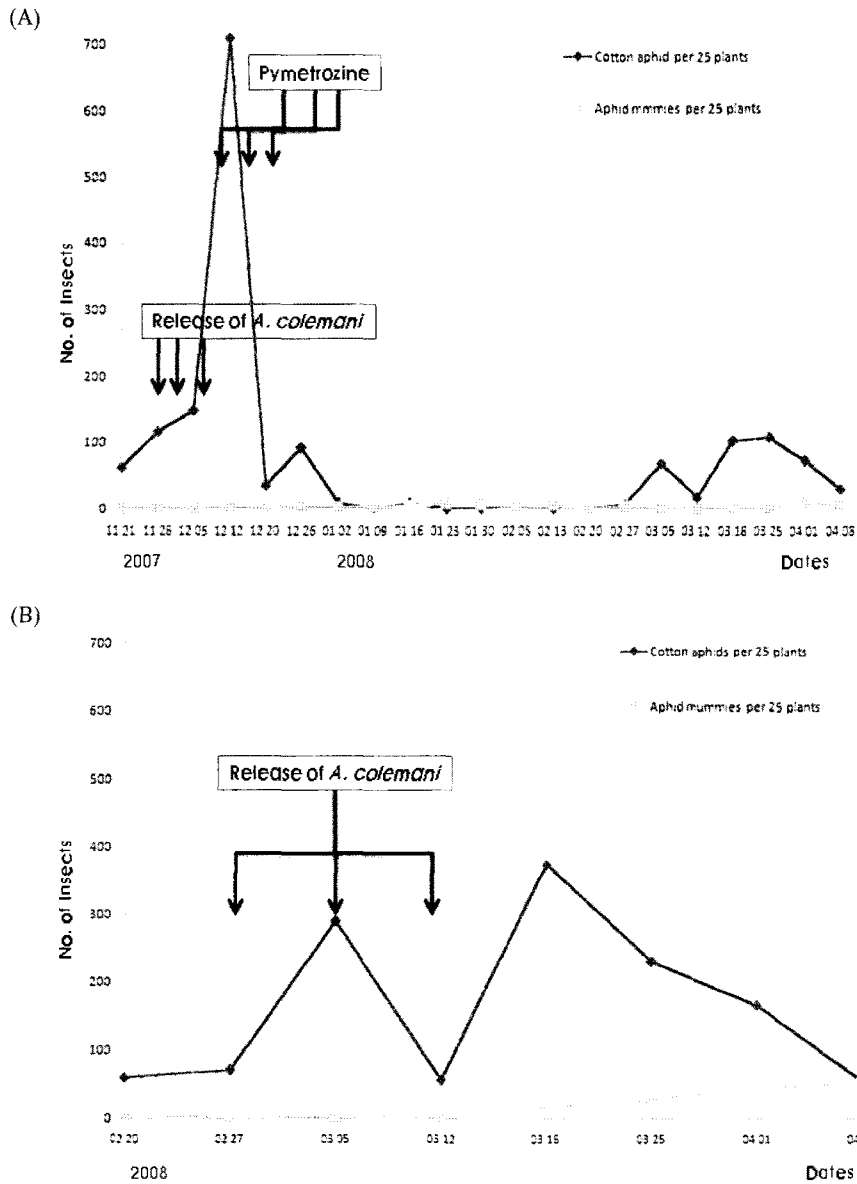
기온차가 심하게 변화하는 환경조건에서 점박이응애와 칠레이리응애 모두 적당한 활동 조건이 아니지만, 그 영향은 점박이응애보다는 칠레이리응애가 더 많이 받아 개체군 증식은 물론 포식량의 저하까지 일어나 칠레이리응애가 점박이응애의 개체군을 제어하기는 매우 어려운 조건이라 할 수 있다.

목화진딧물의 발생과 이에 따른 콜레마니진디벌을 방사하여 각각의 개체군 변화를 관찰한 결과는 Fig. 2에서 볼 수 있다. 축성재배지의 경우(Fig. 2A), 12월 중순부터 목화진딧물이 발생하기 시작하였으며, 이에 따라 콜레마니진디벌을 1주일 간격으로 3회 방사하였으나 목화진딧물의 개체군을 제어할 수 없었다. 따라서 pymetrozine을 12월 초순부터 1주일 간격으로 3차례 살포한 결과 목화진딧물을 낮은 수준으로 조절하였고, 이후에는 진딧물의 발생이 매우 낮은 수준으로 유지되었으며, 간혹 진딧물의 mummy가 관찰되었다. 4월 초순부터는 하우스 안팎의 잡초에서 진딧물의 mummy가 다량 관찰되었다. 이와 같은 결과에 의해서 3월 중순부터 발생하는 목화진딧물은 콜레마니진디벌에 의하여 목화진딧물의 개체수가 낮은 수준으로 유지되고 있었다. 한편 반축성재배지의 경우에 있어서는(Fig. 2B), 2월 20일부터 관찰을 시작하였으며, 목화진딧물의 발생을 확인하고 콜레마니진디벌을 3주 연속으로 투입한 결과 목화진딧물을 성공적으로 방제할 수 있었다.

축성재배지에서 목화진딧물의 경우에는 칠레이리응애



**Fig. 1.** Population changes of two-spotted spider mites and *Phytoseiulus persimilis* during harvesting season of strawberry in the vinyl house with friendly environmental cultivation with chemicals from November 2007 to April 2008. *P. persimilis* as natural enemies against two-spotted spider mites were input 7 times.



**Fig. 2.** Population changes of cotton aphids and their mummies were parasitic by *Aphidius colemani* with forcing (A) semiforcing culture (B) during harvesting season of strawberry in the vinyl house with friendly environmental cultivation with chemicals. *A. colemani* as natural enemies against cotton aphids were input 3 times in both and pymetrozines were sprayed with 3 times for control of cotton aphids in forcing culture.

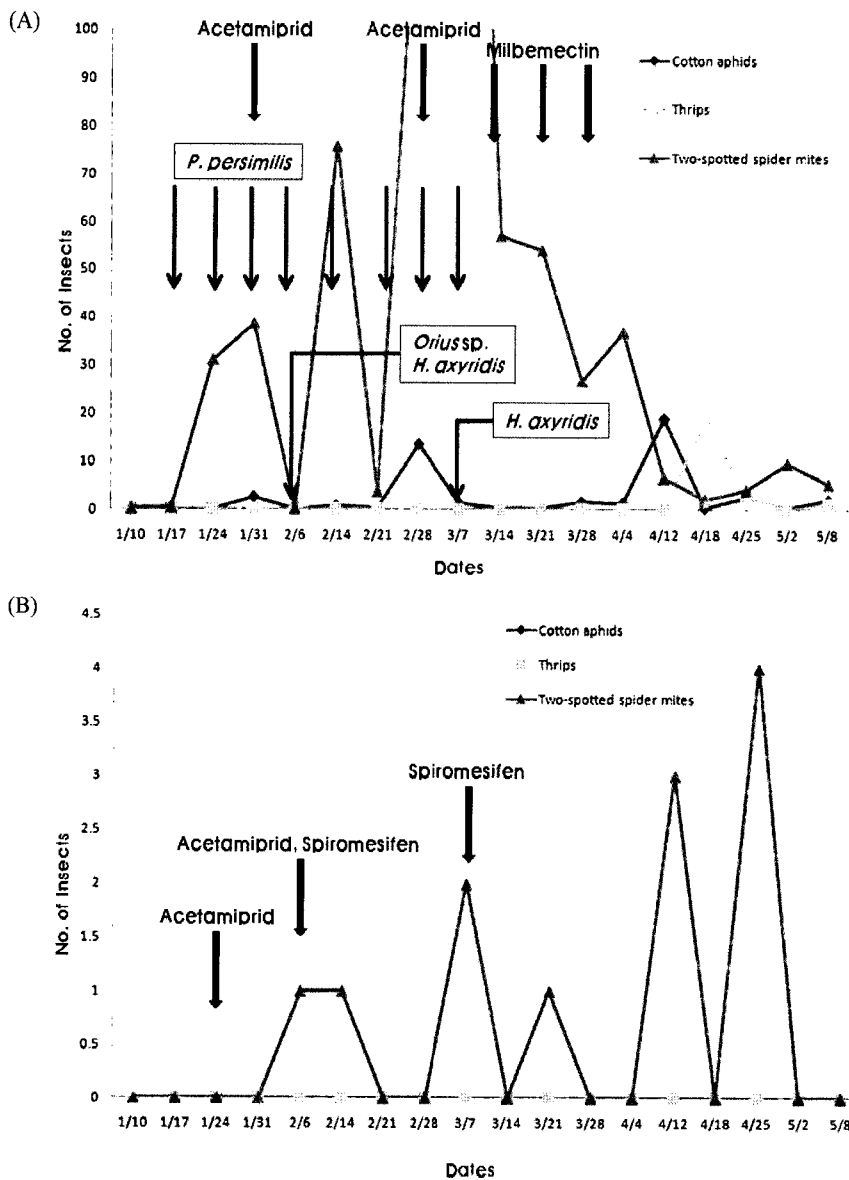
와 비슷한 경향을 보였는데, 외부 기온이 낮은 시기에는 콜레마니진디벌의 기생력이 매우 떨어짐에 따라 진딧물의 생물적 방제는 원활히 이루어지지 않는 것을 알 수 있다. 반면 반촉성재배지의 경우에는 외부기온의 상승으로 인하여 목화진딧물과 콜레마니진디벌의 활동성이 증가하였으며, 이에 따라 콜레마니진디벌의 기생력 또한 증가하여 목화진딧물을 성공적으로 방제할 수 있음을 알 수 있었다.

천적을 해충의 주요 방제수단으로 사용하는 친환경적 방법으로 딸기를 축성으로 재배하는 농가에서 1월부터

5월까지 실시한 방제 프로그램에서 주요 해충으로는 점박이용애와 목화진딧물을 들 수 있으며, 4월 이후에는 대만 총채벌레가 일부 발생하였다. 점박이용애의 경우 1월초부터 개체수가 늘어나기 시작하여 칠레이리용애를 660 m<sup>2</sup>당 1,500마리를 1주일 간격으로 8번 방사였으나, 점박이용애의 개체군 증가를 억제시키지는 못하였다. 결국 3월 중순에 살비제인 mibermectin을 1주일 간격으로 3회 살포한 후에야 비로소 점박이용애의 밀도를 최저수준으로 낮출 수가 있었다. 한편 목화진딧물의 경우에는 정식 후 1주일 후에 콜레마니진디벌이 접종된 banker plant 4개

를 하우스에 넣어 진딧물의 밀도 증가를 억제할 수 있었으나, 1월 하순 경부터 목화진딧물의 개체군이 증가하여 acetamiprid를 한 달 간격으로 2회 살포하였고, 무당벌레 성충을 방사하여 목화진딧물의 개체군을 낮은 수준으로 유지 할 수 있었으며, 외부 기온이 상승하는 4월 이후에는 일시적인 밀도 증가가 있었으나, 콜레마니진디벌의 개체 수도 증가하여 곧바로 밀도가 낮아지는 것을 알 수 있었다 (Fig. 3A). 총채벌레의 경우 발생량이 낮은 수준이었으나, 애꽃노린재를 2월 초순에 방사한 이후로 밀도의 증가는

볼 수 없었으며, 4월 중순 이후 일시적 증가는 애꽃노린재의 포식활동의 결과 곧바로 낮은 수준으로 회복됨을 알 수 있다(Fig. 3A). 이와 같이 천적을 주요 해충의 방제수단으로 사용하는 농가의 경우 점박이응애와 목화진딧물의 발생이 많이 일어나는 것을 알 수 있었으며, 천적만을 이용하여 방제하기에는 한계가 있음을 알 수 있었다. 이와는 반대로 살충제를 주요 해충의 방제수단으로 사용하는 농가의 경우에는(Fig. 3B), 목화진딧물이 발생하는 1월말과 2월 초순에 acetamiprid를 2회 살포하여 방제하였으며,



**Fig. 3.** (A) Population changes of insect pest depending on input of natural enemies and spraying insecticides during harvesting season of strawberry in the vinyl house with friendly environmental cultivation (A) and conventional cultivation (B) in 2008. (A) For the control of two-spotted spider mites, *Phytoseiulus persimilis* as natural enemies were input 8 times and milbemectin was sprayed 3 times. And *Orius* sp. and *Harmonia axyridis* were input for the control of thrips and cotton aphids, respectively. And acetamiprid was sprayed 2 times for the control cotton aphids. (B) Acetamiprid and spiromesifen were sprayed 2 times each for the control cotton aphids and two-spotted spider mites, respectively.



점박이응애를 방제하기 위하여 spiromesifen을 2월과 3월 초순에 한 달 간격으로 2회 살포하여 피해를 줄일 수 있었다. 결과적으로 천적을 이용한 해충의 방제는 방제시기와 천적의 포식활동에 따라서 그 효과가 매우 달라질 수 있음을 알 수 있으며, 천적에 의한 해충의 방제가 원활히 이루어지지 않게 되면 살충제와 살비제를 일반 관행농 수준으로 살포해야 해충들을 방제할 수가 있기 때문에, 천적의 사용에 있어 더욱 더 세심한 관리가 필요하다 하겠다.

### 칠레이리응애의 딸기 하우스내에서 분산 효과

딸기 시설재배지내에서 점박이응애를 방제하기 위한 칠레이리응애의 방제효과가 곧바로 나타나지 않는 원인을 분석하기 위해서, 점박이응애가 spot으로 대발생한 구역을 선정하여 칠레이리응애를 방사한 곳과 방사하지 않은 곳에서 점박이응애와 칠레이리응애의 개체수 변화를 관찰하였다. Fig. 4A에서 볼 수 있듯이, 칠레이리응애를 방사한 대발생 구역에서도 살포 후 2주까지는 점박이응애의 개체수가 증가하고, 칠레이리응애의 개체수는 적

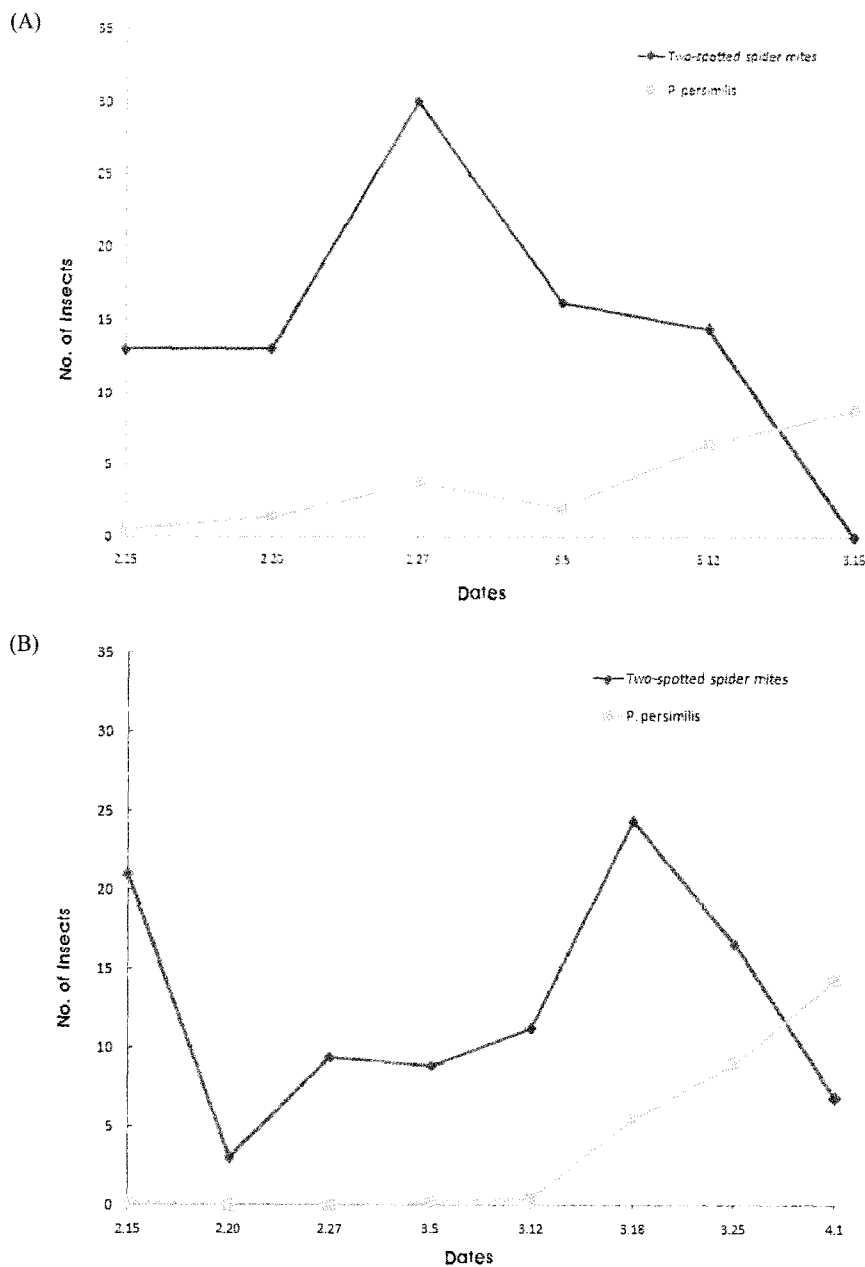


Fig. 4. Population changes of two-spotted spider mites and *Phytoseiulus persimilis* at outbreak area (spot area) of two-spotted spider mites in 2008. (A) Input of *P. persimilis* and (B) without *P. persimilis*.

은 수로 관찰되었으며, 방사 후 5주 후에는 점박이용애가 완전히 방제되는 양상을 보여주었다. 한편 칠레이리용애를 방사하지 않은 구역에서는 Fig. 4B와 같이, 다른 구역에 칠레이리용애를 방사한 4주 후에 칠레이리용애가 관찰되었고, 점박이용애의 개체수는 증가하였으나, 칠레이리용애가 외부기온의 상승으로 이동이 활발해 짐에 따라서 많은 수의 칠레이리용애가 모여들어 점박이용애를 포식함으로써 점박이용애의 개체수가 천천히 감소하여 칠레이리용애를 방사한 구역과 비슷한 효과를 보이고 있었다.

이와 같은 결과는 천적인 칠레이리용애의 활동에 따른 분산이 외부기온에 따라서 매우 달라지는 것을 알 수 있고, 기온이 낮은 상태에서는 분산이 거의 이루어지지 않고, 포식력 또한 매우 떨어지고 있는 것을 알 수 있다.

### 하우스 내의 온도 변화에 따른 칠레이리용애의 방제 효율성

겨울철 시설재배지 안의 아침 저녁 일교차는 매우 심하다. Table 2에서 보는 바와 같이 실험실 조건의 경우 낮과 밤의 기온차가 많게는 7.3°C에서 적게는 0.5°C 정도의 차이를 나타내고 있으며, 상대습도의 경우에도 33.7-1.8%의 범위내에서 변하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 온실의 경우에는 낮과 밤의 기온차가 최대 29.6에서 최소 19.4°C의 차이를 나타내고 있으며, 이에 따라 상대습도 또한 77.1%에서부터 30.1%까지 폭넓은 변화를 보여주고 있다. 따라서 겨울철 농가 하우스에서의 온도와 습도 변화도 매우

기복이 심할 것으로 예측되며 이에 따른 해충과 천적의 활동성에도 많은 영향을 주고 있을 것으로 생각된다.

이렇게 온도와 습도의 환경변화가 많은 곳에서의 해충과 천적의 밀도 변화를 시험한 결과는 Fig. 5에서 볼 수 있다. 실험실 조건에서는(Fig. 5A) 점박이용애의 개체수가 일정하게 증가하다가 칠레이리용애가 정착한 이후로 점박이용애는 감소하는 경향을 나타내고 결국에는 점박이용애가 완전히 방제되는 양상을 나타내었다. 그러나 밤낮의 기온차가 심한 온실에서는 점박이용애의 개체군 증가도 잘 이루어지지 않고 있으며, 칠레이리용애 또한 거의 증가하지 않는 양상을 나타내었다(Fig. 5B). 전체적으로 점박이용애와 칠레이리용애는 초기의 밀도 수준을 꾸준히 유지하고 있었지만, 천적의 효과는 매우 떨어지는 것을 알 수 있다.

따라서 겨울철 하우스에서의 온도와 습도의 변화를 고려해 보면 혹한기에 칠레이리용애를 방사하여 점박이용애를 방제하는 것은 어려움이 많은 것으로 생각되며, 천적의 효과를 높이기 위해서는 야간에 딸기 재배 하우스의 온도를 어느 정도 유지시켜 주느냐가 생물적 방제의 성공 여부를 가름하는 길이 될 것으로 생각된다.

결론적으로 친환경 딸기 재배지에서 성공적인 해충 방제를 위해서는 어린묘를 육묘하는 과정에서 발생한 해충들이 본 포장에 유입되는 것을 잘 차단하는 것이 필요하며, 본 포장에서는 초기에 천적을 방사하여 어린묘를 정식한 초기에 해충의 밀도 증가를 억제시켜야 된다. 또한 수확기에 접어들어서는 혹한기가 지남에 따라서 낮과

Table 2. Temperature and relative humidity changes at green house and indoor laboratory from 21th February, 2008

Days after		0	1	2	4	6	8	11	13	15	18	20	22	25	Ave		
Lab.	Temp (°C)	Max	26.2	28.3	23.5	25.5	28.0	25.5	24.0	25.0	25.5	26.0	27.0	25.8	25.0	25.7	
		Min	21.0	21.0	21.5	25.0	26.0	24.0	22.1	24.5	25.0	25.0	25.0	25.0	24.2	23.7	
		Dif.	5.2	7.3	2.0	0.5	2.0	1.5	1.9	0.5	0.5	1.0	2.0	0.8	0.8	2.0	
	RH (%)	Max	41.0	62.0	50.5	57.3	52.1	56.4	67.2	41.3	38.4	61.3	44.2	40.8	30.4	49.5	
		Min	39.2	28.3	34.5	36.4	32.2	36.6	40.4	27.3	26.1	43.4	31.4	30.7	28.1	33.4	
		Dif.	1.8	33.7	16.0	20.9	19.9	19.8	26.8	14.0	12.3	17.9	12.8	10.1	2.3	16.1	
	Green house	Temp (°C)	Max	29.5	29.8	28.3	31.4	33.1	34.1	24.6	22.8	25.7	26.4	25.3	24.7	32.8	28.3
			Min	1.3	1.4	2.3	2.7	3.5	4.8	5.2	3.4	4.3	4.5	4.8	5.1	4.7	6.0
			Dif.	28.2	28.4	26.0	28.7	29.6	29.3	19.4	19.4	21.4	21.9	20.5	19.6	28.1	22.3
RH (%)		Max	95.0	94.8	92.3	90.4	99.4	98.5	99.7	95.4	99.4	94.8	99.4	99.2	95.4	96.4	
		Min	34.2	34.8	39.4	29.8	22.3	24.8	60.3	65.3	23.4	59.8	45.8	50.2	46.3	41.3	
		Dif.	60.8	60.0	52.9	60.6	77.1	73.7	39.4	30.1	76.0	35.0	53.6	49.0	49.1	55.1	

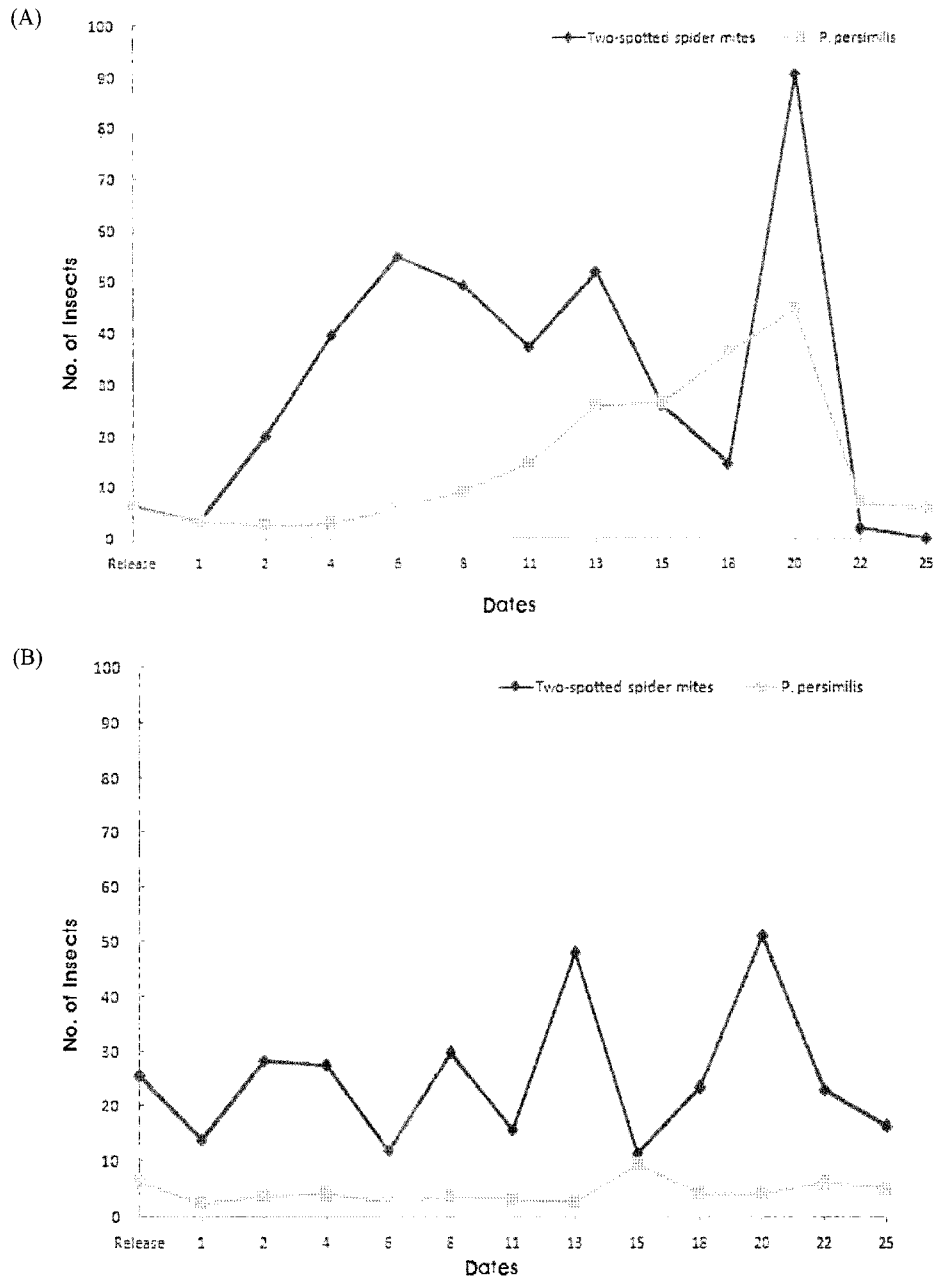


Fig. 5. Population changes of two-spotted spider mites and *Phytoseiulus persimilis* at indoor laboratory (A) and green house (B) from 21th February, 2008.

밤의 기온차이가 심하여 천적과 해충에 모두 나쁜 영향을 주고 있지만, 피해를 더 받는 쪽은 천적으로서 해충을 제어하는 능력이 급격히 손실되어 해충의 대발생이 일어나게 된다. 따라서 이 시기에는 천적에 낮은 독성을 가지고 있는 선택성 살충제를 살포함으로써 해충의 개체군을 줄여 줄 필요가 있다. 해충의 밀도가 낮아지면 다시 천적을 방사하면 수확기에 지속적인 해충의 생물적방제가 이루어지게 되며, 수확이 거의 끝나는 무렵에 해충이 대발생하는 경우에는 다시 화학적인 방법을 동원하여 해충 개체

군을 조절하면 효율적으로 딸기 재배지를 관리할 수 있을 것으로 사료된다(Fig. 6).

## 사 사

본 연구는 2007/8년 농촌진흥청 현장적용시험 사업의 일환으로 수행되었습니다.

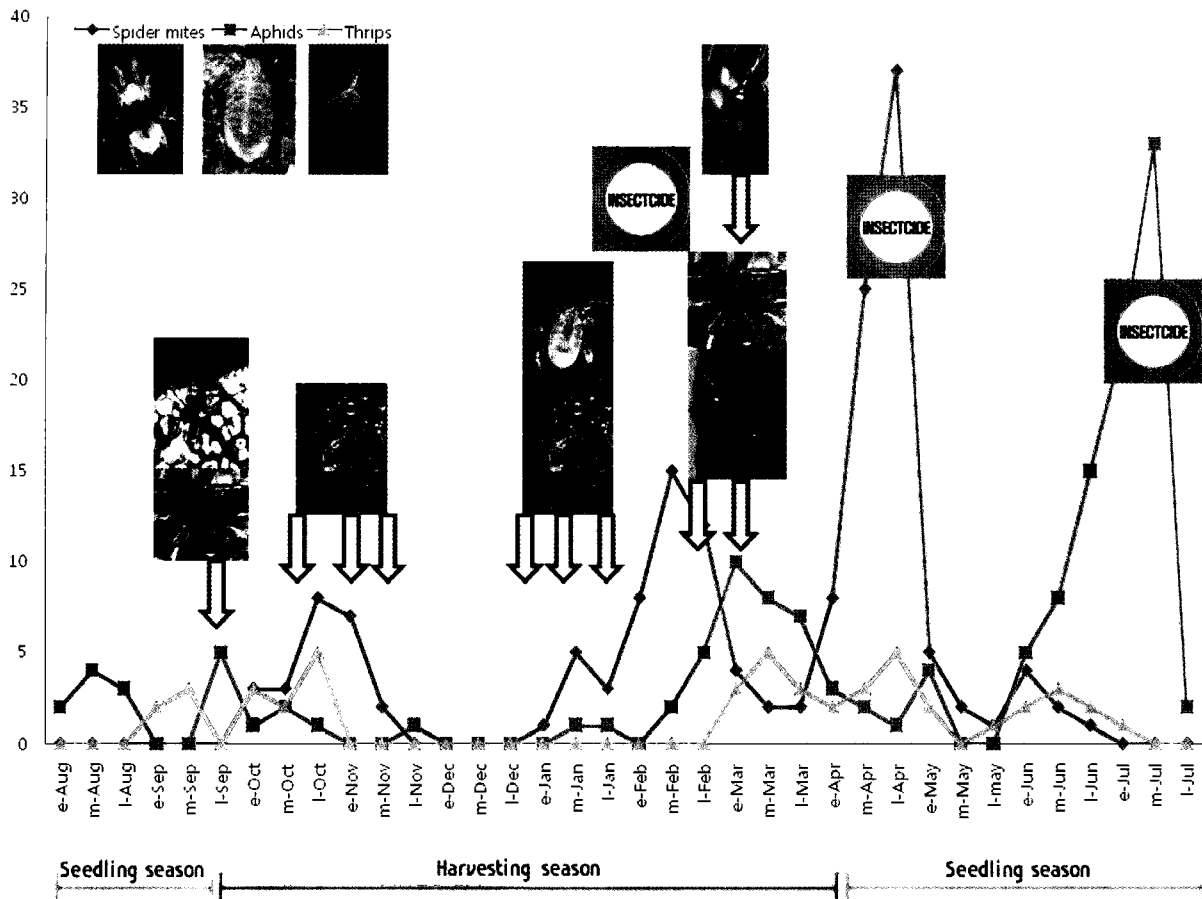


Fig. 6. Biological control road map of insect pests by natural enemies during seedling and harvesting season of strawberry forcing culture in the vinyl house with friendly environmental cultivation.

## Literature Cited

- Ahn, K.S., S.Y. Lee, K.Y. Lee, Y.S. Lee and G.H. Kim. 2004. Selective toxicity of pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and control effects of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* by predatory mite and pesticide mixture on rose. *Kor. J. Appl. Entomol.* 43(1): 71-79.
- Alford, D.V. 1984. A colour atlas of fruit pests - their recognition, biology and control Wolfe Publishing Ltd, London, UK.
- Bigler, F. 2001. Safe use of invertebrate macro-organisms for biological control in the EPPO region. *EPPO Bull.* 31: 405-410.
- Bigler, F., A. Loomans and J. van Lenteren. 2005. Harmonization of the regulation of invertebrate biological control agents in Europe. In: *Proceedings of the Second International Symposium on Biological Control of Arthropods*, Davos, Switzerland, 12-16 September 2005. FHTET-2005-08. Ed. by Hoddle M.S., United States Department of Agriculture, Forest Service, Morgantown, W.A. 692-700.
- Cloyd, R.A., C.L. Galle and S.R. Keith. 2006. Compatibility of three miticides with predatory mites *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Hort Sci* 41: 707-710.
- Coulson, J.R., P.V. Vail, M.E. Dix, D.A. Nordlund and W.C. Kaufmann 2000. 110 Years of Biological Control Research and Development in the United States Dept. of Agriculture (1883-1993) (Eds). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC.
- Croft, B.A. and L.B. Coop. 1998. Heat units, release rate, prey density, and plant age effects on dispersal by *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) after inoculation into strawberries. *J. Econ. Entomol.* 91: 94-100.
- Cross, J.V., M.A. Easterbrook, A.M. Crook, D. Crook, J.D. Fitzgerald, P.J. Innocenzi, C.N. Jay and M.G. Solomon. 2001. Review: Natural enemies and biocontrol of pests of strawberry in northern and central Europe. *Biocontrol Science and Technology* 11: 165-216.
- Djerassi, C., C. Shih-Coleman and J. Diekmann. 1974. Insect control of the future: operational and policy aspects. *Science (Washington)* 186: 596-607.
- Drinkwater, L.E., D.K. Letourneau, F. Workneh, A.H.C. van Bruggen and C. Shennan. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecol. Appl.* 5: 1098-1112.
- Easterbrook, M.A., J.D. Fitzgerald and M.G. Solomon. 2004. Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 25: 25-36.

- Escudero, L.A. and F. Ferragut. 2005 Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae), Biol. Con. 32: 372-384.
- Fadini, M.A.M., W.P. Lemos, A. Pallini, M. Venzon and S.A. Mourão, 2004. Herbivoria de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) induz defesa direta em morangueiro?, Neotropical Entomol. 33: 293-297.
- Fraulo, A.B. and O.E. Liburd. 2007. Biological control of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. Exp. & Appl. Acarol. 34: 109-119.
- García-Marí, F. and J.E. González-Zamora. 1999. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain, Exper. Appl. Acarol. 23: 487-495.
- Greco, N.M., N.E. Sanchez and G.G. Liljestrom. 2005. *Neoseiulus californicus* (Acari:Phytoseiid) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. Exp. Appl. Acarol. 37: 57-66.
- Hart, A.J., J.S. Bale, A.G. Tullett, M.R. Worland and K.F.A. Walters. 2002. Effects of temperature on the establishment potential for the predatory mite *Amblyseius californicus* McGregor (Acari: Phytoseiid) in the UK. J. Insect Physiol. 48: 593-599.
- Huffaker, C.B., M. Van De Vrie and J.A. McMurtry. 1969. The ecology of Tetranychid mites and their natural control. Annu. Rev. Entomol. 14: 125-174.
- Hunt, E. J., U. Kuhlmann, A. Sheppard, T.-K. Qin, B. I. P. Barratt, L. Harrison, P. G. Mason, D. Parker, R. V. Flanders & J. Goolsby. 2008. Review of invertebrate biological control agent regulation in Australia, New Zealand, Canada and the USA: recommendations for a harmonized European system. J. Appl. Entomol. 132(2): 89-123.
- Kang, E.J., M.K. Kang, H.J. Lee, D.H. Lee, H.B. Seok, D.A. Kim, M.L. Gil, M.J. Seo, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2007a. Effects of environment friendly agricultural materials to each developmental stages of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in the laboratory. Kor. J. Appl. Entomol. 46(1): 97-107.
- Kang, M.G., E.J. Kang, H.J. Lee, D.H. Lee, H.B. Seok, D.A. Kim, M.L. Gil, M.J. Sed, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2007b. Effects of environment friendly agricultural materials to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. Kor. J. Appl. Entomol. 46(1): 87-95.
- Kovanci, B., H.C. Akgul, N.S. Gencer and O.B. Kovanci 2005a. Biology, distribution and seasonal occurrence of *Coroebus elatus* (F.): An emerging pest of strawberries in northwestern Turkey. Polskie Pismo Entomologiczne 74: 19-27.
- Kovanci, O.B., B. Kovanci and N.S. Gencer. 2005b. Sampling and development of economic injury levels for *Anthonomus rubi* Herbst adults. Crop Prot. 24: 1035-1041.
- Krips, O.E., A. Witul, P.E.L. Willems and M. Dicke. 1998. Intrinsic rate of population increase of the spider mite *Tetranychus urticae* on the ornamental crop gerbera: Intraspecific variation in host plant and herbivore. Entomol. Exper. Appl. 89: 159-168.
- Kromp, B. 1989. Carabid beetle communities (Carabidae: Coleoptera) in biologically and conventionally farmed agroecosystems. Agricul. Ecos. Environ. 27: 241-251.
- Kromp, B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agricul. Ecos. Environ. 74: 187-228.
- Lee, D.H., E.J. Kang, M.K. Kang, H.J. Lee, H.B. Seok, M.J. Seo, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2008. Effects of environment friendly agricultural materials to insect natural enemies at small green houses. Kor. J. Appl. Entomol. 47(1): 75-86.
- Liebman, J. 1994. Alternatives to methyl bromide in California strawberry production. IPM Practitioner 16: 1-12.
- Loomans, A.J.M. 2007. Regulation of invertebrate biological control agents in Europe: review and recommendations in its pursuit of a harmonized regulatory system. Report EU project REBECA (Regulation of Biological Control Agents). <http://www.rebeca-net.de/> (accessed 19 September 2007).
- Miller, F. and S. Uetz. 1998. Evaluating biorational pesticides for controlling arthropod pests and their phytotoxic effects on greenhouse crops. Hort. Technol. 8: 185-192.
- Moon, H.C., J.R. Lim, J. Kim, J. Ryu, B.R., Ko, D.H. Kim and C.Y. Hwang. 2006. Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus persimilis* in eggplant greenhouse houses. Kor. J. Appl. Entomol. 45(2): 173-177.
- Moraes, G.J., J.A. McMurtry, H.A. Denmark and C.B. Campos. 2004. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae, Zootaxa 1: 434-494.
- Moreby, S.J., N.J. Aebischer, S.E. Southway and N.W. Sotherton. 1994. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter-wheat in southern England. Ann.f Appl. Biol. 125: 13-27.
- Oatman, E.R., M.E. Badgley and G.R. Platner. 1985. Predators of the two-spotted spider mite on strawberry. Calif. Agri. 39: 9-12.
- Opit, G.P., J.R. Nechols, D.C. Margolies and K.A. Williams, 2005. Survival, horizontal distribution, and economics of releasing predatory mites (Acari: Phytoseiidae) using mechanical blowers. Biol. Con. 33: 344-351.
- Rhodes, E.M. and O.E. Liburd. 2005. Predatory mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Arachnida: Acari: Phytoseiidae). IFAS Extension. IN639. University of Florida, Gainesville, FL.
- Rhodes, E.M., O.E. Liburd, C. Kelts, S.I. Rondon and R.R. Francis. 2006. Comparison of single and combination treatments of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus*, and Acramite (bifenazate) for control of twospotted spider mites in strawberries. Exp. Appl. Acarol. 39: 213-225.
- Rosa, A.A., M.G.C. Gondim Jr, K.K.M. Fiaboe, G.J. Demoraes and M. Knapp, 2005. Predatory mites associated with *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) on native solanaceous plants of coastal Pernambuco State, Brazil, Neotropical Entomol. 34: 689-692.
- Saba, F. 1974. Life history and population dynamics of *Tetranychus tumidus* in Florida (Acarina: Tetranychidae), Florida Entomological 57 (1974), pp. 47-63. Full Text via CrossRef.
- Sances, F., J. Wyman, I. Ting, R. Van Steenwyk and E. Oatman. 1981. Spider mite interaction with photosynthesis, transpiration and productivity of strawberry. Environ. Entomol. 10: 442-448.
- Sato, M.E., T. Miyata, M. Da Silva, A. Raga and M.F. De Souza Filho. 2004. Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross-resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Appl. Entomol. Zoo. 39(2): 293-302.

- Seo, M.J., S.J. Kim, E.J. Kang, M.K. Kang, Y.M. Yu, M.H. Nam, S.G. Jeong and Y.N. Youn. 2006. Attraction of the garden thrips, *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae), to colored sticky cards in a Nonsan strawberry greenhouse. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45(1): 37-43.
- Sheppard, A.W., R. Hill, R.A. De Clerck-Floate, A. McClay, T. Olckers, P.C. Jr Quimby and H.G. Zimmermann. 2003. A global review of risk-benefit-cost for the introduction of classical biological control agents against weeds: A crisis in the making? *Biocontrol News Inform.* 24: 91-108.
- Sheppard, A.W., R.H. Shaw and R. Sforza. 2006. Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed Res.* 46: 93-117.
- Skirvin, D.J. and J.S. Fenlon. 2003. The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Exp. Appl. Acarol.* 31: 37-49.
- Skirvin, D.J. and M.C. Williams. 1999. Differential effects of plant species on a mite pest (*Tetranychus urticae*) and its predator (*Phytoseiulus persimilis*): Implications for biological control. *Exper. Appl. Acarol.* 23: 497-512.
- Stonneveld, T., H. Wainwright and L. Labuschagne. 1996. Development of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) populations on strawberry and raspberry cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 129: 405-413.
- van Lenteren, J.C. and J. Woets. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 239-269.
- Waage, J. 1997. Global developments in biological control and the implications for Europe. *EPPA Bull.* 27: 5-13.
- Walsh, D.B., F.G. Zalom, D.V. Shaw and K.D. Larson. 2002. Yield reduction caused by twospotted spider mite feeding in an advanced-cycle strawberry breeding population. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127: 230-237.
- Wyman, J.A., E.R. Oatman and V. Voth. 1979. Effects of varying twospotted spider mite infestation levels on strawberry yield. *J. Econ. Entomol.* 72: 747-753.
- Yu, Y.M., E.J. Kang, M.J. Seo, M.G. Kang, H.J. Lee, D.A. Kim, M.L. Gil, Y.N. Youn. 2006. Effects of environment friendly agricultural materials to insect parasitoids in the laboratory. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45(2): 227-234.

(Received for publication September 10 2008;  
revised September 23 2008; accepted September 23 2008)