

딸기온실에서 점박이응애의 화학적방제와 생물적방제 효율 비교

정효진¹, 강주완¹, 이현승¹, 장호중¹, 박정준^{1,2,*}

¹경상대학교 식물 의학과, ²경상대학교 농업생명과학연구원

Comparison of chemical and biological control efficiency of two-spotted spider mites in strawberry greenhouses

Hyo Jin Jeong¹, Ju-wan Kang¹, Hyun Seung Lee¹, Hojung Jang¹ and Jung-Joon Park^{1,2,*}

¹Department of Plant Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

²Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

*Corresponding author

Jung-Joon Park
Tel. 055-772-1928
E-mail. jungpark@gnu.ac.kr

Received: 10 February 2021

Revised: 24 February 2021

Revision accepted: 26 February 2021

Abstract: To establish the environmentally friendly biological control of two-spotted spider mites (TSSM), *Tetranychus urticae*, in exported strawberry greenhouses, the TSSM density reduction efficiency of chemical and biological control measures was compared in commercial, exported strawberry greenhouses. In the biological control greenhouse, only *Phytoseiulus persimilis*, a natural enemy of TSSM, was released, and the chemical control greenhouse was only sprayed with commercial chemical pesticides. The density of each developmental stage of TSSM was higher in the chemical control greenhouse than in the biological control greenhouse. The management costs were lower for the biological control greenhouse than the chemical control greenhouse. These results suggest that it is possible to effectively control TSSM using *P. persimilis* in exported strawberry greenhouses.

Keywords: greenhouse strawberry, two-spotted spider mite, chemical control, biological control

서 론

딸기의 국내 재배면적은 2016년 기준 5978 ha이며, 이 중 시설재배는 5844 ha로서 전체재배면적 중 약 98%를 차지하고 있으며, 노지재배는 제주도 등 일부에서 이루어지고 있다(KOSIS 2016). 시설재배 딸기에서는 90여 종의 해충 발생이 보고되어 있으며, 이 중 점박이응애, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)와 목화진딧물, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae)의 피해와 발생이 높다(Lee *et al.*

2008). 점박이응애는 딸기의 잎 뒷면을 흡즙하여 광합성능력을 저하시키며 딸기과실의 생산량에 영향을 주고, 피해가 심하면 과실생산이 어렵다(Kim *et al.* 2006a). 점박이응애는 평균온도 5~6°C가 되면 휴면이 타파되어 잎을 섭식하면서 산란을 시작하게 된다(Sabelis 1981). 하지만 시설 딸기 재배지의 야간 최저 온도는 5°C와 주간 20°C를 유지하여 점박이응애가 휴면을 하지 않고 지속적으로 증식하게 된다. 특히, 점박이응애는 세대기간이 약 16.1일로 기타 해충에 비해 짧고 산란수가 많기 때문에 딸기의 주요 해충

이다(Laing 1969).

점박이응애 방제를 위해 시설딸기 농가는 지속적으로 농약을 살포하는 화학적방제를 실시하나, 해충에 대한 약제 저항성 발현 및 수출 검역과정 중 잔류농약 검출로 인한 수출 불가 등의 문제가 지속적으로 발생되고 있다(Sabelis 1981; Field and Hoy 1986; Jin *et al.* 2012). 따라서 지속적이고 친환경적인 대체방제법 개발 및 이용을 위해서 연구되고 있는 것이 종합적 해충관리이다. 종합적 해충관리에서 화학적방제의 최소화 및 보완을 위해 주로 연구되고 있는 방제법은 천적을 이용한 생물적방제법이다. 점박이응애 천적으로 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae))와 캘리포니쿠스이리응애(*Amblyseius californicus* (Acarina: Phytoseiidae))를 포함하는 이리응애과(phytoseiidae)가 있으며, 이 중에서도 칠레이리응애가 점박이응애에 대해 포식력이 가장 뛰어나 방제에 성공을 거두고 있다(Escudero and Ferragut 2005; Kim *et al.* 2006a). 따라서 많은 농가들이 점박이응애를 방제하기 위해 생물적방제를 도입하고 있다(Rhodes and Libured 2005). 하지만, 유력한 천적의 도입이라고 해도 일반적으로 재배작물에 발생하는 다른 해충류의 방제 및 식물병 방제를 위해 합성농약을 사용하는 경우와 천적의 밀도가 높아도 방제 효과가 저조할 경우에 살충제를 불가피하게 사용하는 경우가 있으며(Ahn *et al.* 2004; Choi *et al.* 2007), 여러 재배작물에서 농약 사용을 하지 않은 상태에서 이리응애류 단독으로 식성 응애류 밀도를 경제적 피해 수준 이하로 유지하기 어렵다고 보고된 바 있다(Lee 1990; Yoo and Kim 2000; Sato *et al.* 2007). 또한, 천적들은 일반적으로 합성화학농약에 매우 민감하게 작용하므로(Kim *et al.* 2006b; Choi *et al.* 2007). 국내외적으로 응애류의 생물적방제에 칠레이리응애를 투입하고, 천적에 저독성인 합성화학농약을 탐색하여 방제 효과를 극대화하려는 연구가 이루어졌다(Lee *et al.* 2002; Ahn *et al.* 2004; Cote *et al.* 2004; Seo *et al.* 2004; Bostanian and Akalach 2006; Kim and Kim 2016). 상업적 딸기에서 점박이응애의 방제를 위해 가장 경제성 있는 조합이 abamectin과 칠레이리응애라고 한 보고도 있으나(Trumble and Morse 1993), 딸기의 상품성 및 경제성으로 인해 상업적 시설온실에서 천적 단독처리와 화학합성농약 처리에 따른 해충의 밀도변화를 직접적으로 비교한 결과는 국내에 많지 않다(Kim *et al.* 2006a). 특히, 수출 딸기의 경우 검역 시 과도한 약제 살포에 따른 잔류농약으로 인해 수출이 제한되

로(RDA 2017), 친환경 해충 방제 연구결과가 절실하나 여러 방제법에 따른 해충의 밀도변동을 자세히 연구하고, 각각의 비용을 비교한 문헌은 현재까지 없다.

본 연구는 농약살포 온실과 천적방사 온실에서 천적과 농약의 점박이응애 방제 효과를 비교하고 이에 사용되는 비용을 확인하여 친환경 재배를 위한 기초가 되는 딸기온실의 생물적방제 가능성을 확인하였다.

재료 및 방법

1. 조사 포장

본 실험은 경상남도 사천시 용현면 주문리에 위치한 4개의 수출딸기온실에서 수행되었다. 관행적 재배온실은 지역의 농가 관행에 의한 병해충 방제 및 시비를 실시하였으며 농가가 스스로 병해충 방제 시기 및 방제 농약을 결정하였다. 천적을 이용한 재배온실은 조사자가 실험기간 동안 매주 육안조사를 통해 점박이응애 밀도가 높아지는 시기에 천적인 칠레이리응애를 방사하여 방제하였다. 딸기의 품종은 매향이며, 고설재배 방식으로 2016년 10월 7일에 정식하였다. 수출딸기온실의 크기는 800m² (10m×80m(가로×세로))이며, 가로 10cm, 세로 10cm마다 딸기가 2주씩 식재되어 전체 7열에 재배되었다. 표본조사는 7열에서 10m 간격을 두고 지그재그 형태로 총 32개 구역에서 표본추출하였으며, 조사지점당 3개의 엽으로 구성된 딸기 1줄기를 기준으로 3주를 조사하였다(Fig. 1). 표본추출은 2016년 11월 11일부터 2017년 3월 31일까지 특별한 경우를 제외하고 매주 조사하여 총 20회 포장조사가 실시되었다.

2. 표본 추출 및 조사 방법

조사지점에서 임의로 선정한 3개의 딸기주를 채취한 후 잎 뒷면에 점착 스프레이를 분사하여 점박이응애를 고정시켜 딸기잎 내 이동을 방지하였다. 채취된 표본은 투명비닐랩으로 감싼 후 비닐 지퍼백에 넣은 다음 실험실로 옮겨서 실제현미경하에서 조사하였다. 조사결과는 조사날짜, 온실, 구역, 층태별로 구분하여 야장에 기록하였다. 통계분석은 알과 알을 제외한 층태는 조사자의 보는 관점에 따라 정확히 구별이 어렵기 때문에 유충, 제1약충, 제2약충, 성충을 통합하는 의미인 이동태(motiles)를 대상으로 하였다.

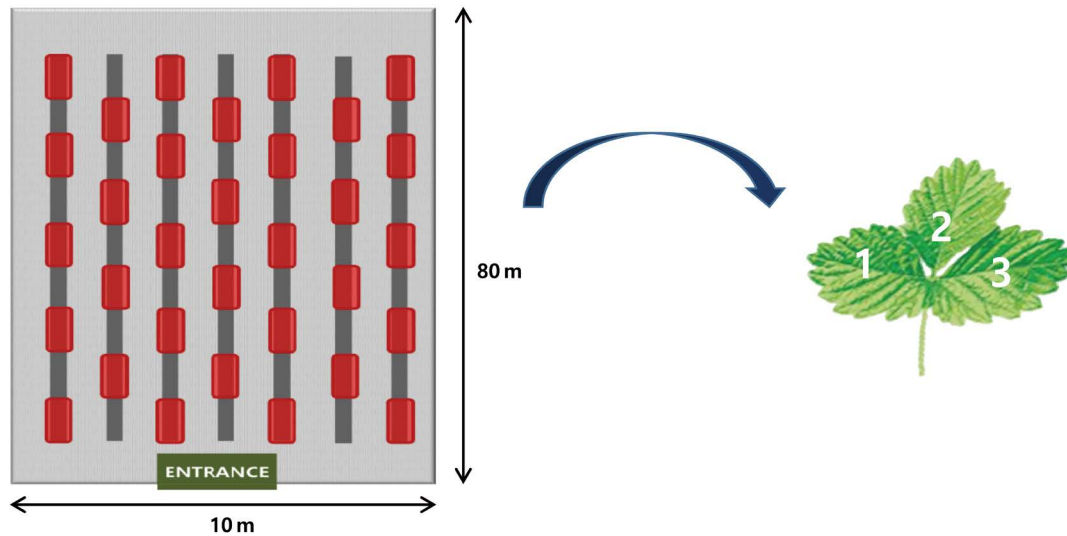


Fig. 1. The greenhouse was divided into 32 areas and sampled for analysis. Two-spotted spider mites (TSSM) were sampled by taking three leaflets (one stalk) from each plant (three three-leaflet) leaves from each sampling position.

3. 천적방사

천적방사 온실에서는 실험기간 동안 살충제, 살비제는 살포하지 않았으며 딸기병 방제를 위해 살균제만 살포하였다. 천적은 점박이응애에게 포식력이 가장 뛰어난 칠레이리응애를 사용하였다. 칠레이리응애는 (주)Koppert에서 판매하는 상품(스피덱스; Spidex)을 구입하여 방사하였으며, 천적의 방사시기와 방사량을 결정하기 위해 실험기간 동안 주 1회 육안조사를 실시하였다. 방사시기와 방사량은 육안조사를 통해 점박이응애 개체군 밀도가 증가하거나, 천적 개체군 밀도가 감소할 경우 조사자가 판단하여 천적을 방사하였다. 점박이응애 개체군 밀도가 많아 피해가 심한 딸기 잎은 천적의 최적포식비율로 알려진 1(포식자):4(피식자)의 비율(Opit *et al.* 2004)로 계산한 후 미술용 0호 붓을 이용하여 접종하였다. 피해가 심하지 않은 딸기 잎은 일반적으로 방사되는 방식인 천적이 들어있는 통을 시계 방향으로 회전하면서 살포하는 방법으로 방사하였다. 천적방사 온실의 방사시기와 농약살포 온실의 살포시기는 Table 1과 같다.

4. 통계분석

천적방사 온실과 농약살포 온실의 점박이응애 조사일별 평균밀도를 SAS 통계프로그램(SAS Institute 1995)을 이용하여 분산분석(ANOVA)하였고, 처리 간 차이가 유의한 경

우 LSD (Least significant difference)의 다중 검정으로 각 처리 간의 평균 간 유의차를 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 농약살포 온실과 천적방사 온실의 점박이응애 방제 효과

수출딸기온실에서 천적에 의한 점박이응애 방제 효과를 조사하기 위해 천적방사 온실과 농약살포 온실의 점박이응애 총태별 밀도를 비교하였다(Fig. 2). 점박이응애는 농약살포 온실에서는 2016년 11월 11일, 천적방사 온실에서는 2016년 11월 25일부터 관찰되기 시작하였고 모든 포장에서 점박이응애 밀도의 증감이 반복되는 것이 관찰되었다. 실험기간 동안 점박이응애 알의 경우 엽당 평균밀도는 천적방사 온실은 8마리, 농약살포 온실은 17마리로서 천적방사 온실에서 발생밀도가 크게 억제되었고, 점박이응애 이동태의 경우 엽당 평균밀도는 천적방사 온실은 5마리, 농약살포 온실은 12마리로서 점박이응애 알 방제 효과와 같은 결과를 보였다. 농약살포 온실은 12월 중순까지는 발생밀도가 천적살포 온실에 비해 다소 높았지만 12월 하순부터 3월 중순까지는 발생밀도가 급격히 증가하는 경향을 보여 지속적인 약제 방제를 실시하였으며, 3월 중순부터는 발생밀도가 감소하였다. 조사기간 중 몇몇의 조사날짜를

Table 1. The number of controls during the experiment

Natural enemy plot		Conventional plot	
Date	Bottle*	Date	Pesticides**
16-11-09	4	16-11-08	Cyenoxyrafen, Acetamiprid
16-11-30	4	16-11-19	Abamectin, Cyenoxyrafen
16-12-07	4	16-11-28	Cyenoxyrafen, Etoxazole
16-12-15	4	16-12-06	Abamectin, Etoxazole
16-12-21	4	16-12-20	Cyenoxyrafen, Etoxazole
17-01-11	5	17-01-05	Milbemectin, Thiocloprid, Etoxazole
17-01-18	5	17-01-11	Cyenoxyrafen, Etoxazole
17-01-25	5	17-01-23	Etoxazole
17-02-15	5	17-02-03	Abamectin, Etoxazole
17-03-02	5	17-02-07	Milbemectin, Abamectin
		17-02-12	Cyenoxyrafen
		17-02-26	Abamectin, Etoxazole
		17-03-02	Cyenoxyrafen, Acetamiprid
Total	10		13

*There are about 2,000 *Phytoseiulus persimilis* in a bottle.

**Insecticide, Acaricide.

제외하면 농약살포 온실이 천적방사 온실보다 점박이응애 엽당 평균밀도가 알과 이동태 각각에서 모두 높았고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한, 실험기간 동안 방제 횟수는 천적방사 온실이 10회, 농약살포 온실이 13회로 천적방사 횟수가 농약살포 횟수보다 더 적었으며, 방제비용을 비교한 결과 천적방사 온실이 농약살포 온실보다 더 적은 비용으로 방제가 가능함을 확인할 수가 있었다(Table 2). 하지만 본 연구결과는 해충 1종의 방제비용만을 비교한 것으로, 이 결과로 생물적방제만으로 전체적인 방제 전략을 마련하는 것은 문제가 있다. 일반적으로 시설딸기온실에서 흰가루병 (*Sphaerotheca aphanis*), 잿빛곰팡이병 (*Botrytis cinerea*), 꽃노랑총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*), 목화진딧물 (*Aphis gossypii*), 담배가루이 (*Bemisia tabaci*) 등이 점박이응애와 더불어 동시에 혹은 따로 발생한다. 따라서, 천적만으로 딸기 병해충을 방제하기 어려운 경우 화학적인 작물보호제를 사용해야 하는 경우가 종종 발생한다(Nam et al. 2015). 이와 같은 경우에는 천적에 영향을 주지 않는 선택적인 작물보호제를 사용하고, 천적을 방사하기 전에 해충 개체군 밀도를 낮추어 주는 종합적 해충관리 차원에서 작물보호제의 살포가 필수불가결하며(Nam et al. 2015), 종합적 방제 방법을 위해서는 대상 작물에서 주요한 해충 및 천적의 생태적인 면이 고려되어야 할 것이다(van Lenteren

Table 2. Comparison of control costs in conventional and natural enemy plots

Site	Conventional plot	Natural enemy plot
Methods of treatment	Spray	Release
Numbers of control	13 (total 30 bottles)	10 (total 45 bottles)
Costs of control agent	₩1,525,600	₩1,350,000
Difference	₩175,600	

and woets 1988).

본 연구결과의 농약살포 온실보다 천적방사 온실에서 해충인 점박이응애 밀도가 낮게 유지되는 이유로 대상 작물의 특성을 들 수 있다. 딸기는 노출된 과실을 직접 먹는 과일이므로 작업자가 농약을 이용하여 방제할 때 과실 주변의 잎에는 비교적 적은 양의 약제를 살포하게 되고 이로 인해 과실 주변의 점박이응애가 농약에 노출되는 확률이 줄어들기 때문에, 점박이응애의 방제 효율이 낮을 수 있다. 반대로 천적은 운동성을 가지므로 모든 잎에 대한 방제가 가능하므로 일단 정착한 이후 방제 효과가 지속되어 상대적으로 낮은 점박이응애 밀도를 유지할 수 있었던 것으

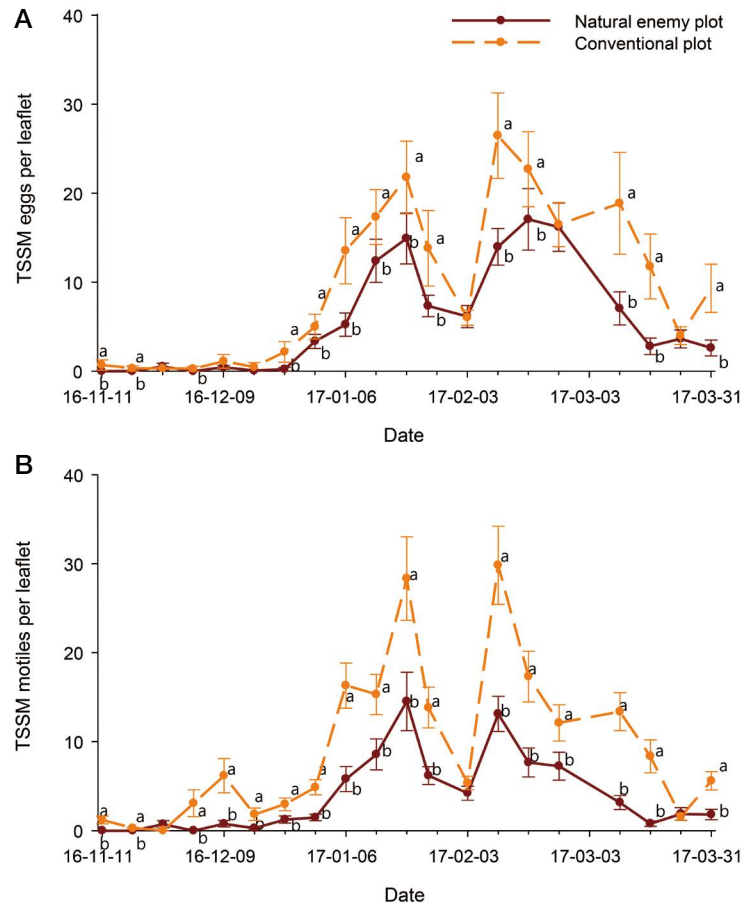


Fig. 2. The mean density of two-spotted spider mite (TSSM) eggs (A) and motiles (B). The brown line indicates the natural enemy plot and the orange line indicates the conventional plot. Error bars indicate the SEM. Markers with different letters are significantly different ($p < 0.05$) on each sampling date. The data without letters are not different.

로 판단된다(Fig. 2). Freinschlag and Schausberger (2016)는 칠레이리응애에 대한 점박이응애의 반포식자행동(anti-predator behaviour)을 실험하기 위해, 칠레이리응애가 정착한 서식처에서 점박이응애의 발육 기간을 조사하였다. 그 결과, 칠레이리응애의 영향을 받지 않은 점박이응애는 칠레이리응애의 영향을 받은 점박이응애보다 발육 기간이 짧았고, 더 많은 산란수를 보였다. 본 실험에서는 점박이응애의 반포식자행동을 조사하지 않았으나 칠레이리응애의 영향을 받은 점박이응애가 반포식자행동으로 인해 점박이응애 방제에 영향을 미칠 수도 있다고 사료된다. 또한, 작업자의 편의성을 비교하면 농약을 살포할 때 약제 희석, 살포자의 건강문제점 등 여러 가지 단점이 존재하지만, 천적을 이용한 방제는 앞서 언급한 단점이 없다. 이러한 결과를 종합하였을 때, 생물적방제가 화학적방제를 어느 정도 보완 가능할 것으로 판단된다.

해충과 천적의 반포식자 행동이 각 개체군의 생태적 특성(Freinschlag and Schausberger 2016)이라면, 이는 천적과 해충이 동시에 있을 때 보여주는 행동 패턴에 대한 연구로 설명할 수 있다. 개체군의 행동 패턴은 개체군 특유의 공간 분포로 설명할 수 있다(Davis 1994). 본 연구에서 천적을 살포한 이후 천적의 밀도를 조사할 수 없었는데, 이는 해충인 점박이응애의 공간분포는 집중형태를 보이나(Park *et al.* 1999), 이를 섭식하는 천적은 빠른 움직임을 가지기 때문에 쉽게 관찰하기 어려웠기 때문이다(Sabelis 1981). 만약 해충과 천적을 상업적 온실을 모사한 작은 온실에서 본 실험처럼 동일하게 각각 혹은 동시에 방제가 이루어지는 환경을 구축한다면 전수조사를 통한 천적-해충의 밀도변동 및 공간분포 변화를 자세히 알 수 있을 것으로 생각되므로, 차후 이에 관한 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 사용된 생물적방제 인자인 칠레이리응애는

다른 이리응애류에 비해서 포식력은 가장 우수하지만, 피식자가 부족할 때 동종포식(cannibalism)으로 인해 증식하지 못하는 단점이 있다(McMurtry 1982). 이로 인해 점박이응애 개체군 밀도가 낮은 경우, 칠레이리응애 개체군 밀도보전을 위한 천적방사가 실시되어야 한다. 이리응애류 중에 지중해이리응애(*Amblyseius swirskii*)는 점박이응애뿐만 아니라 총채벌레류와 가루이류 등도 포식하는 광식성 천적으로, 꽃가루 등을 섭식하면서 생존이 가능하다(Kim et al. 2006a; Arthurs et al. 2009; Chow et al. 2010). 지중해이리응애가 정착력은 뛰어나나, 피식자를 찾는 탐색 활동은 칠레이리응애에 비해 떨어진다(Arthurs et al. 2009). 또한, 점박이응애 알을 하루에 칠레이리응애는 30.5개, 지중해이리응애는 13.2개 소비하므로 2배 이상 포식력의 차이가 있다고 알려져 있다(McMurtry 1982; Kim et al. 2006a). 따라서, 시설딸기온실에 대한 해충 발생예찰을 기반으로 점박이응애 소수가 모여있는 구역에는 지중해이리응애를 방사하고, 점박이응애 대발생된 구역에는 포식력이 뛰어난 칠레이리응애를 방사하는 방법이 방제 효율의 증가와 천적 구입비용 절감의 장점을 가질 수 있을 것이다.

적 요

환경친화적 생물적방제를 위해 수출딸기온실에서 해충인 점박이응애 밀도 감소 효율을 화학적방제와 생물적방제로 나누어 동일한 크기의 동일한 온실에서 각각 비교하였다. 생물적방제 온실은 점박이응애의 천적인 칠레이리응애만을 이용하였고, 화학적방제 온실은 일반 화학합성 농약을 이용하여 점박이응애의 밀도를 조절하였다. 화학적방제 온실에 비해 생물적방제 온실에서 점박이응애 모든 태의 밀도가 낮게 관찰되었으며, 생물적방제를 위한 비용이 화학적방제에 비해 낮았다. 이러한 결과는 수출딸기의 주요해충인 점박이응애의 방제에 칠레이리응애를 이용한 생물적방제가 가능한 것을 나타내고 있다.

사 사

본 연구는 농진청과제(PJ011575012017)지원으로 진행되었습니다.

REFERENCES

- Ahn KS, SY Lee, KY Lee, YS Lee and GH 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. Korean J. Appl. Entomol. 43:71-79.
- Arthurs S, LM Mckenzie, J Chen, M Dogramaci, M Brennan, K Houben and L Osborne. 2009. Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control of chilli trips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. Biol. Control 49:91-96.
- Bostanian NJ and M Akalach. 2006. The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and nymphs of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). Pest Manag. Sci. 62:334-339.
- Choi BR, HM Park, JH Kim and SW Lee. 2007. Evaluation of low toxic and residual toxicity of pesticides registered on sweet pepper greenhouse to *Orius strigicollis*. Korean J. Appl. Entomol. 46:415-423.
- Chow A, A Chau and KM Heinz. 2010. Compatibility of *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on roses. Biol. Control 53:188-196.
- Cote KW, PB Schultz and EE Lewis. 2004. Using acaricides in combination with *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot to suppress *Tetranychus urticae* Koch populations. J. Entomol. Sci. 39:267-274.
- Davis PM. 1994. Statistics for describing populations. pp. 33-54. In: Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture (Pedigo LP and GD Buntin, eds.). CRC Press. Boca Raton, FL.
- Escudero LA 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. Control 32:372-384.
- Field RP and MA Hoy. 1986. Evaluation of genetically improved strains of *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Acarina: Phytoseiidae) for integrated control of spider mites on roses in greenhouses. Hilgardia 54:1-31.
- Freinschlag J and P Schausberger. 2016. Predation risk-mediated maternal effects in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Exp. Appl. Acarol. 69:35-47.
- Jin YD, HY Kwon, KA Son, YB Im and DH Kim. 2012. Guideline for the Safe Use of Agricultural Products Exported to Taiwan. National Institute of Agricultural Science. Wanju, Korea. pp.

- 16–24.
- Kim DH, SS Kim, KS Kim and JW Hyun. 2006b. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Neoseiulus fallacis* Garman (Acari: Phytoseiidae). Korean J. Appl. Entomol. 45:179–188.
- Kim DI, SG Kim, GH Shin, JB Seo, KJ Choi, KH Lim and SS Kim. 2006a. Biological control of two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by the predatory mite (*Phytoseiulus persimilis*) in sustainable strawberry fields. Korean J. Organic Agric. 14:315–323.
- Kim MS and SS Kim. 2016. Susceptibility of the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to several insecticides. Korean J. Pestic. Sci. 20:66–71.
- Laing JE. 1969. Life history and life table of *Tetranychus urticae* Koch. Acarologia 11:32–42.
- Lee DH, CW Jo, CR Park, HJ Lee, EJ Kang, HB Seok, MJ Seo, HY Kim, YH Kim, YM Yu and YN Youn. 2008. Road-map for environmental friendly integrated pest management (IPM) of insect pests on the strawberry vinyl-houses of farmer's field. Korean J. Appl. Entomol. 47:273–286.
- Lee SG, SA Hilton, AB Broadbent and JH Kim. 2002. Insecticide resistance in phytoseiid predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae). J. Asia-Pac. Entomol. 5:123–129.
- Lee SW. 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards. Ph.D. Thesis. Seoul National University. Seoul. p. 87.
- McMurtry JA. 1982. The use of phytoseiids for biological control; Progress and future prespects. Div. Agric. Sci. Univ. Calif. Spec. Publ. 3284:23–48.
- Opit GP, JR Nechols and DC Margolies. 2004. Biological control of twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on ivy geranium: assessment of predator release ratios. Biol. Control 29:445–452.
- Park JJ, HS Park, YH Kim and K Cho. 1999. Sampling plans for estimation and classifying population density of two spotted mite (Acari: Tetranychidae) on the greenhouse rose cultured with arching method. Korean J. Entomol. 29:127–134.
- RDA. 2017. Guide to Safe Use of Pesticides in Exported Strawberries. National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration. Wanju, Korea.
- Rhodes EM and OE Liburd. 2005. Predatory mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Arachnida: Acari: Phytoseiidae). IFAS Extension. IN639. University of Florida, Gainesville, FL.
- Sabelis MW. 1981. Biological control of two spotted spider mites using phytoseiid predators. Part 1. Modeling the predator-prey interaction at the individual level. Ph.D. Thesis. Agricultural University. Wageningen, Netherlands.
- SAS Institute. 1995. SAS User's Guide. SAS Institute. Cary, NC.
- Sato ME, MZ da Silva, MF de Souza Filho, AL Matioli and A Raga. 2007. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. Exp. Appl. Acarol. 42:107–120.
- Seo SG, SS Kim, JD Park, SG Kim and DI Kim. 2004. Selective toxicity of spiroadiclofen and fluacrypyrim + tetradifon to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and the tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. Pestic. Sci. 8:54–62.
- Trumble JT and JP Morse. 1993. Economics of integrating the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) with pesticides in strawberries. J. Econ. Entomol. 86:879–885.
- van Lenteren JC and J Woets. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Annu. Rev. Entomol. 33:239–269.
- Yoo SS and SS Kim. 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. Entomol. 30:235–241.