

실내조건에서 친환경농자재가 포식성 칠레이리응애, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae)에 미치는 영향

강명기 · 강은진 · 이희진 · 이대홍 · 석희봉 · 김다아 · 길미라 · 서미자¹ · 유용만 · 윤영남*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, ¹충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

Effects of Environment Friendly Agricultural Materials to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in the Laboratory

Myong-Ki Kang, Eun-Jin Kang, Hee-Jin Lee, Dae-Hong Lee, Hee-Bong Seok, Da-A Kim, Mi-La Gil, Mi-Ja Seo¹, Yong-Man Yu and Young-Nam Youn*

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

¹Dept. of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763

ABSTRACT : Many kinds of environment friendly agricultural materials were used for the insect pest control and the control of plant diseases, furthermore they support the growth of crops in the greenhouses and the kindly environment friendly farming. *Phytoseiulus persimilis* might be used for control of two-spotted mites with environment friendly agricultural materials at the same time. For testing the toxicity of environment friendly agricultural materials against to *P. persimilis*, 61 environment friendly agricultural materials were selected by material contents and using methods. When environment friendly agricultural materials were directly sprayed on *P. persimilis*, IEFAM C, FEFAM A, EFAMSM A, D, EFAMPE A, EFAMCh B, EFAMME A, and EFAMMo C killed over 90%. However, there was no effects to FEFAM C, D, EFAMSM C, EFAML A, EFAMME C, E, H, J, EFAMMo G and I against *P. persimilis*. *P. persimilis* adults were not survived in vial for 48 hours after sprayed and dried with the environment friendly agricultural materials, for examples, EFAMSM I, EFAMME A, EFAMMo A, C, and I. Otherwise, EFAMCh C and EFAMMo B were no effects to *P. persimilis*. Some environment friendly agricultural materials are of different qualities, and consequently test of their toxicity have to necessary.

KEY WORDS : Environment Friendly Agricultural Materials (EFAMs), Environmental Impact Assessment, *Phytoseiulus persimilis*

초 록 : 시설재배지 내에서의 친환경농자재는 해충방제, 식물병방제 등의 작물보호를 위해 사용하기도 하지만, 작물의 생육을 도와주는 역할을 위해 사용되기도 한다. 이러한 친환경농자재는 접박이응애를 방제하기 위하여 사용되는 천적인 칠레이리응애와 중복 사용될 수도 있다. 이때 친환경농자재가 칠레이리응애에 미칠 수 있는 영향을 평가하였다. 본 실험에 사용된 친환경농자재는 함유된 물질과 사용방법에 따라서 61개를 선별하여 사용하였다. 친환경농자재를 직접 칠레이리응애에 분무하였을 경우, 심각한 독성(10% 이하의 생존율)을 보이는 친환경농자재들은 IEFAM C와 FEFAM A, EFAMSM A, D, EFAMPE A, EFAMCh B, EFAMME A, EFAMMo C 등이었으며, 영향이 거의 없는 농자재들로는 FEFAM C, D, EFAMSM C, EFAML A, EFAMME C, E, H, J, EFAMMo G, I 등이었다. 친환경 농자재를 살포한 후에 남아있게 될 잔효독성을 평가한 경우, 48시간이 경과한 후에 EFAMSM I, EFAMME A, EFAMMo A, C, I 등이 독성이 매우 높은 것으로 평가되었다. 그러나 EFAMCh C와 EFAMMo B는 칠레이리응애에

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

안전한 것으로 평가되었다. 따라서 친환경농자재를 사용하고자 할 경우에는 칠레이리응애에 대한 독성을 평가하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

검색어 : 친환경농자재, 환경영향평가, 칠레이리응애

대부분의 응애는 경제적 작물에 매우 심각한 피해를 주는 절지동물이기도 하지만, 일부 포식성 응애의 경우에는 종합적 해충 방제 프로그램에 없어서는 안 될 아주 중요한 천적으로 자리매김하고 있다. 예를 들어, 응애목에 속하는 절지동물 가운데 경제적으로 피해를 많이 주는 중요한 해충으로는 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)를 들 수 있으며, 이를 방제하기 위하여 농생태계 내에서 생물적 방제 인자로서 과거 30년 이상 성공적으로 사용되고 있는 천적으로는 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)를 꼽을 수 있다(Chant, 1985; Stenseth, 1979). 칠레이리응애를 이용한 방제는 많은 작물에서 시도가 되고 있으며, 특히 점박이응애로 인하여 경제적인 피해를 많이 입고 있는 작물의 경우 세계 여러 나라에서 시도되고 있다. 점박이응애는 덥고 건조한 지역에서 재배되고 있는 오이에서 더 심한 피해를 주고 있기도 하다(Hussey and Scopes, 1985). 점박이응애를 방제하기 위하여 많은 화학살비제가 대량으로 투여되고(Park *et al.*, 1996) 이로 인하여 살충제 저항성문제가 심각하게 대두되고 있어 이를 해결하기 위한 노력으로 저항성 품종을 만들기 위한 노력들이 계속되고 있기도 하지만, 소비자들이나 농민들이 바라고 선호하는 품종들에서는 이러한 노력이 물거품이 되는 경우가 많이 있다. 이러한 경우 점박이응애를 방제할 수 있는 대안으로는 천적을 이용한 생물적 방제를 시도하기 시작한 것이 1960년대 초기였으며(Chant, 1961; Bravenboer & Dosse, 1962; Hussey *et al.*, 1965), 특히 시설재배지에서 점박이응애를 방제하기 위하여 사용되는 천적으로는 칠레이리응애가 가장 많이 사용되고 있으며, 성공적으로 수행되고 있다(Hamlen & Lindquist, 1981; Janssen & Sabelis, 1992; Kim *et al.*, 2003).

칠레이리응애를 사용함에 있어 중요시 되는 점은 천적과 해충사이의 적절한 밀도 조화에 의해서 천적에 의한 해충 억제 기작이 오랫동안 유지되는 것이 이상적이라고 할 수 있다(Bellows & Hassell, 1999). 그렇지만, 농민들의 입장에서는 점박이응애와 포식자 사이에 개체군 밀도의 균형을 이루면서 경제적 피해수준 이하의 점박이응애 개

체수를 유지하는 방법에 익숙하지 않기 때문에 화학농약과 같은 빠르고 확실한 방제효과를 바라고 있는 것이 사실이다(Heinz, 1998). 예를 들어 절화 장미를 생산하는 농가의 경우에는 적절한 포식자의 밀도가 오랫동안 점박이응애를 적은 밀도로 유지시킬 수 있음에도 불구하고, 농민들은 많은 양의 칠레이리응애를 일시적으로 투입하여 빠르게 방제하기를 원하게 된다는 것이다(Kennedy & Smitley, 1985).

이와 더불어 효과적으로 천적인 이리응애를 이용하기 위해서는 환경의 조절도 매우 중요하게 다루어지고 있는데, 예를 들면, 포식자를 유혹할 수 있는 휘발성물질을 사용할 수도 있고(Sabelis & Van de Baan, 1983, Sabelis *et al.*, 1984a, b), 하우스 내에서의 공기흐름을 아주 낮게 함으로서 포식성응애들의 분산을 용이하도록 만드는 것을 들 수 있다(Force, 1967; Stenseth, 1979; El-Laithy, 1996; Zemek & Nachman, 1999). 또한 하우스 내의 상대습도를 높이는 방법으로 칠레이리응애의 활동성을 증진시키는 시도도 볼 수 있으며(Stenseth, 1979; Hussey and Scopes, 1985; Rott and Ponsonby, 2001), 습도조절 시스템을 정착시키려는 노력을 찾아 볼 수 있고(Lindquist *et al.*, 1987; Nihoul, 1993; El-Laithy, 1996; Conte *et al.*, 2001), 온도 또한 칠레이리응애의 분산과 이동에 매우 중요한 요소이기에 많은 연구가 진행되고 있다(Sabelis, 1981; Croft & Coop, 1998; Pels & Sabelis, 1999).

또한 포식성 천적들의 포식활동을 증진시키기 위한 초식자가 유도하는 식물휘발성물질들을 이용하여 포식성 천적을 유인하는 연구들도 많이 수행되고 있으며(Dicke *et al.*, 1990; De Bruyne *et al.*, 1991; Smid *et al.*, 2002), Krips *et al.* (1999)은 칠레이리응애를 대상으로 점박이응애의 피해에 의해서 발생하는 거베라 잎의 휘발성 물질에 대하여 보고한 바 있으며, 특히 De Boer & Dicke (2004)의 경우 칠레이리응애를 대상으로 하여 식물체에서 내는 휘발성물질인 methyl salicylate를 가지고 Y-tube 시험한 결과, methyl salicylate쪽으로 더 많이 유인된다고 하는 결과를 얻어 향후 활용 가능성을 열어두고 있다.

최근에 많은 농민들은 점박이응애를 방제하기 위한 종합적 방제 프로그램에서 천적과 함께 살충제를 사용하기를 원하고 있으며, 이를 위해서 천적에 대한 살충제의 독성평가가 많이 이루어지고 있다. 종합적 방제 프로그램에서 사용하는 살충제 가운데 일부 피레스로이드 계열의 약제는 칠레이리응애에 대하여 높은 독성을 나타내고 있다 (Hassan et al., 1987). 특히 indoxacarb와 같은 약제는 칠레이리응애에 별로 영향이 없지만, dimethoate와 abamectin은 매우 높은 독성을 보이고 있는 것으로 보고되어 있다 (Bostanian & Akalach, 2006). Ahn et al. (2004)는 살비제 중에서 acequinocyl, bifenazate, fenbutatin oxide, spiroticlofen 등은 칠레이리응애에 대해서 독성이 낮았으나, 점박이응애에 대하여는 강한 독성을 가지고 있다고 보고하기도 하였다.

반면에 살충제를 사용하지 않는 유기농가와 친환경재배농가에서는 점박이응애를 방제하기 위하여 주로 천적인 칠레이리응애를 사용하고 있지만, 방제의 어려움으로 인하여 화학살충제 대신에 친환경농자재 등 기타 자재를 사용하는 경우도 볼 수 있다. 친환경농자재의 사용은 점박이응애를 방제하기 위한 목적으로 사용되기도 하지만, 재배하는 작물에 영양을 공급하기 위해서, 혹은 작물의 다른 해충이나 식물병을 방제하고 예방하는 목적으로 더 많이 사용되고 있는 실정이다. 친환경농자재는 Yu et al. (2006)이 언급하였듯이 넓은 의미로 인축과 자연에 해가 없으며 농작물에 양분공급, 병·해충억제 및 생육촉진 등에 이용되는 환경친화적 물질을 말한다. 그러나 일부 친환경 농자재들은 기생성 천적에 대한 독성정도의 연구 결과(Yu et al., 2006)에서 볼 수 있듯이 천적들에게 나쁜 영향을 줄 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 또한 화학농약 대신에 사용할 수 있는 식물성오일에 대해서도 Choi et al. (2004)에 의하면 점박이응애 뿐만 아니라 칠레이리응애에도 매우 높은 독성을 보이므로 이들 식물성 오일을 사용할 경우에는 매우 높은 주의가 필요할 것이다.

본 연구에서는 국내에서 판매되고 있는 친환경농자재들을 대상으로 천적인 칠레이리응애에 대한 피해유무를 밝히고, 천적과 친환경농자재의 올바른 사용을 유도하여 칠레이리응애와 친환경농자재의 효과를 증대시키기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

친환경농자재와 천적

국내에서 시판중인 250여개의 친환경농자재들 가운데

구입 가능한 83개 품목을 구입하여 점박이응애 천적에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되는 친환경농자재 63개 품목을 선정하였다. 이러한 선정기준은 엽면시비 혹은 공간살포를 하여 지상의 칠레이리응애에 영향을 줄 수 있는 친환경농자재로 제한하였으며, 토양시비나 관주 등의 형태로 사용하는 친환경농자재는 본 시험에서 제외하였다. 선정된 63개 품목을 상표에 표시된 내용물과 주된 효과를 가지고 분류를 하면(Yu et al., 2006), 살충성친환경농자재(IEFAM) 4종, 살균성친환경농자재(FEFAM) 6종, 토양미생물친환경농자재(EFAMSM) 10종, 식물성추출물친환경농자재(EFAMPE) 10종, 키토산함유친환경농자재(EFAMCh) 3종, 광물성분함유친환경농자재(EFAMM) 3종, 액상석회친환경농자재(EFAML) 1종, 동물성추출물친환경농자재(EFAMAE) 3종, 미량요소함유친환경농자재(EFAMME) 11종, 폴리브덴함유친환경농자재(EFAMMo) 12종 등이 사용되었다. 한편, 본 실험에 사용한 천적으로는 점박이응애를 방제하기 위하여 사용되는 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)를 (주)세실과 코퍼트사에서 구입하여 시험에 사용하였다.

영향성 평가

칠레이리응애는 성충으로 방사하여 점박이응애를 방제하므로 칠레이리응애가 시설재배지에 방사된 경우와 친환경농자재를 살포 후 칠레이리응애 방사하는 두 가지 경우를 고려하여 총체의 직접접촉과 엽상잔류의 잔효접촉에 따른 평가를 수행하였다. 친환경농자재가 칠레이리응애에 직접접촉하여 나타날 수 있는 영향은 친환경농자재를 추천농도로 희석하여 spray tower로 4 ml을 칠레이리응애에 살포하여 24시간과 48시간 경과 후 이 지나서 살아 남은 칠레이리응애의 생존수를 계수하여 생존율로 환산하였으며, 대조구의 경우 물 4 ml을 같은 방법으로 살포하여 생존율을 조사하였다. 시험은 반복당 10마리씩 3반복으로 수행하였으며, 친환경농자재를 처리한 후에는 40-50마리 정도의 점박이응애를 기주로서 함께 넣어 주었다.

한편, 친환경농자재의 성분이 남아있는 곳에 칠레이리응애가 접촉할 경우를 가정한 엽상잔류의 잔효접촉에 따른 평가는 칠레이리응애 성충을 대상으로 하였으며, 친환경농자재를 추천농도로 희석하여 바이엘(내경의 지름 25 mm, 용적 30 ml)에 이슬이 맺히는 정도의 양을 살포하여 2시간 음건시킨 후, 처리구 당 10마리씩 3반복으로 접종하여 24시간과 48시간 후의 생존수를 조사하였다. 칠레이리응애의 먹이로는 40-50마리 정도의 점박이응애를 공급하였다.

결과 및 고찰

현재까지 친환경농자재가 천적곤충에 미치는 영향을 평가한 연구는 Yu *et al.* (2006) 이외에는 거의 찾아볼 수 없는 실정이지만, 국제생물적방제협회(IOBC)에서는 천적에 영향을 주는 살충제나 살균제 등 기타 화학물질에 대하여 등급을 설정하여 이들 화학물질들을 사용할 때에 주의할 것을 권고하고 있다. IOBC의 기준에서는 천적의 생존율이 0%인 경우에는 매우 심각한 독성을 보여주는 물질로, 19% 이하인 경우에는 천적에 피해를 주는 물질로, 40% 이하인 경우에는 약간 영향을 미치는 물질로 규정하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서도 이에 준하는 기준으로 친환경농자재가 칠레이리응애에 미치는 영향을 설명하고자 한다.

친환경농자재는 그 사용목적이나 효과에 따라서 분류를 할 수 있지만, 친환경농자재에 함유되어 있는 물질들이 다양하고 특정한 성분만을 지니고 있는 것이 아니기 때문에 이들을 분류하기란 매우 혼란스러운 면도 가지고 있다. 따라서 본 연구에서도 Yu *et al.* (2006)이 분류한 방식에 따라 살충성분의 물질을 함유하여 해충을 방제하는데 주로 사용되는 친환경농자재를 살충성친환경농자재(IEFAM)로 분류하였고, 식물에 발생하는 식물병을 예방하거나 방제하는 목적으로 많이 사용하는 친환경농자재를 살균성친환경농자재(FEFAM)로 나누었다. 한편 작물보호보다는 식물의 성장에 도움을 준다고 하는 친환경농자재들 가운데서 함유된 내용물에 따라서 토양에서 분리한 미생물이 포함되어 있을 경우에는 토양미생물친환경농자재(EFAMSM)로 나누었고, 다양한 종류의 식물체에서 추출한 성분들이 함유된 부류는 식물성추출물친환경농자재(EFAMPE)로, 키토산이 많이 들어있는 것은 키토산함유친환경농자재(EFAMCh)라고 분류하였다. 무기물이 포함

된 경우에는 광물성분함유친환경농자재(EFAMM), 석회가 들어있는 경우에는 액상석회친환경농자재(EFAML)라 하였다. 동물성추출물친환경농자재(EFAMAE)는 죽은 동물체나 동물체에서 나온 성분이 포함되어 있는 경우이고, 미량요소함유친환경농자재(EFAMME)는 수용성 아연이나 붕소, 칼슘, 망간, 칼륨, 구리 등 다양한 종류의 미량요소들이 복합적으로 들어가 있는 것을 총칭하였고, 이들 중에서 폴리브덴이 함유되어 있는 친환경농자재는 폴리브덴함유친환경농자재(EFAMMo)로 분류하였다.

작물을 건강하게 잘 키우기 위하여 사용되는 각종 친환경농자재들은 그 종류에 따라 칠레이리응애에 다양한 영향을 주는 것으로 조사되었다. 먼저 Table 1에 나타낸 바와 같이 살충성친환경농자재를 직접 칠레이리응애에 분무하였을 경우, IEFAM C는 같은 그룹에 속하는 다른 살충성친환경농자재보다 매우 독성이 강하여 48시간이 경과한 후에 모두 사망하였고 IEFAM D의 경우에는 23.3%의 낮은 생존율을 나타내고 있어 칠레이리응애에 미치는 영향이 큰 것으로 평가되었다(df = 4; F = 23.22; p = 0.0002). 한편 잔류독성을 평가한 경우에도 모든 살충성친환경농자재가 48시간 후에 50%이하의 사망률을 나타내고 있음을 알 수 있었다(df = 4; F = 3.29; p = 0.0711). 이는 Yu *et al.* (2006)이 보고한 결과에서 알 수 있듯이 콜레마니진디벌과 굴파리좀벌·굴파리고치벌에 처리하였을 경우에도 영향을 많이 받은 것과 유사한 결과를 나타내고 있다. 따라서 살충성친환경농자재는 기생성 천적과 포식성 이리응애에 높은 독성을 나타내고 있으므로 농작물 재배시 천적과의 근접살포를 지양해야 될 것으로 판단된다.

살균성친환경농자재(FEFAM)의 경우는 Table 2에 나타낸 바와 같이 FEFAM A가 직접분무와 잔류독성 시험에서 가장 높은 독성을 칠레이리응애에 보이고 있다. 직접

Table 1. The effects of 4 insecticidal environment friendly agricultural materials (IEFAMs) to adults of *Phytoseiulus persimilis* in laboratory after 24 hours after direct spray and 24 and 48 hours after put 10 adults in viral dried after spray with *Tetranychus urticae* as pray

IEFAMs	Direct Spray								Viral test							
	Survival rate after								Survival rate after							
	24 hrs				48 hrs				24 hrs				48 hrs			
1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	
IEFAM A	10	7	6	76.7 ^{cd}	7	5	5	56.7 ^c	2	6	10	60.0 ^{ab}	0	5	2	23.3 ^a
IEFAM B	6	7	8	70.0 ^c	5	6	7	60.0 ^{cd}	7	10	7	80.0 ^{ab}	1	6	7	46.7 ^{ab}
IEFAM C	2	0	1	10.0 ^a	0	0	0	0.0 ^a	8	6	4	60.0 ^{ab}	6	2	1	30.0 ^a
IEFAM D	3	4	5	40.0 ^b	2	2	3	23.3 ^b	2	7	2	36.7 ^a	2	2	2	20.0 ^a
Control	10	10	10	100.0 ^d	6	8	10	80.0 ^d	10	9	9	93.3 ^b	7	8	9	80.0 ^b

Table 2. The effects of 6 fungicidal environment friendly agricultural materials (FEFAMs) to adults of *Phytoseiulus persimilis* in laboratory after 24 hours after direct spray and 24 and 48 hours after put 10 adults in viral dried after spray with *Tetranychus urticae* as pray

IEFAMs	Direct Spray								Viral test							
	Survival rate after								Survival rate after							
	24 hrs				48 hrs				24 hrs				48 hrs			
	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.
FEFAM A	3	0	4	23.3 ^a	3	0	0	10.0 ^a	7	7	8	73.3 ^a	1	0	3	13.3 ^a
FEFAM B	6	7	7	66.7 ^b	5	5	6	53.3 ^b	6	5	7	60.0 ^a	4	3	3	33.3 ^{abc}
FEFAM C	10	10	9	96.7 ^c	10	10	9	96.7 ^c	10	5	5	66.7 ^a	6	4	4	46.7 ^{bc}
FEFAM D	10	10	9	96.7 ^c	10	6	9	83.3 ^c	4	5	4	43.3 ^{ab}	3	4	2	30.0 ^{ab}
FEFAM E	8	10	9	90.0 ^c	7	8	8	76.7 ^{bc}	4	9	7	66.7 ^a	4	8	6	60.0 ^{cd}
FEFAM F	10	9	8	90.0 ^c	9	7	7	76.7 ^{bc}	8	5	8	70.0 ^a	5	2	2	30.0 ^{ab}
Control	10	10	10	100.0 ^e	6	8	10	80.0 ^{bc}	10	9	9	93.3 ^{ab}	7	8	9	80.0 ^d

Table 3. The effects of 10 environment friendly agricultural materials contained useful soil microorganisms (EFAMSMs) to adults of *Phytoseiulus persimilis* in laboratory after 24 hours after direct spray and 24 and 48 hours after put 10 adults in viral dried after spray with *Tetranychus urticae* as pray

IEFAMs	Direct Spray								Viral test							
	Survival rate after								Survival rate after							
	24 hrs				48 hrs				24 hrs				48 hrs			
	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.
EFAMSM A	0	1	0	3.3 ^a	0	0	0	0.0 ^a	5	6	4	50.0 ^{ab}	4	3	4	36.7 ^c
EFAMSM B	5	4	7	53.3 ^c	4	3	4	36.7 ^{cd}	7	8	5	66.7 ^{abc}	2	4	2	26.7 ^{bc}
EFAMSM C	10	10	10	100.0 ^d	10	8	8	86.7 ^f	4	5	4	43.3 ^a	2	1	1	13.3 ^{ab}
EFAMSM D	3	0	1	13.3 ^{ab}	2	0	0	6.7 ^{ab}	3	6	5	46.7 ^a	2	4	3	30.0 ^{bc}
EFAMSM E	8	9	10	90.0 ^d	7	7	9	76.7 ^{ef}	5	8	8	70.0 ^{abc}	3	5	5	43.3 ^c
EFAMSM F	10	10	10	100.0 ^d	7	4	7	60.0 ^e	4	6	4	46.7 ^a	3	5	2	33.3 ^{bc}
EFAMSM G	5	4	1	33.3 ^{bc}	4	3	1	26.7 ^{bc}	8	8	9	83.3 ^{bc}	8	8	7	76.7 ^d
EFAMSM H	4	3	3	33.3 ^{bc}	3	0	2	16.7 ^{abc}	5	1	6	40.0 ^a	5	1	2	26.7 ^{bc}
EFAMSM I	6	4	7	56.7 ^c	5	3	2	33.3 ^c	7	3	6	53.3 ^{ab}	0	0	1	3.3 ^a
EFAMSM J	10	10	6	83.3 ^d	7	6	4	56.7 ^{de}	3	10	4	56.7 ^{ab}	3	4	4	36.7 ^c
Control	10	10	10	100.0 ^d	6	8	10	80.0 ^f	10	9	9	93.3 ^c	7	8	9	80.0 ^d

분무의 경우 48시간 후에 생존율이 10%에 그쳐 다른 종류의 살균성친환경농자재보다도 매우 높은 독성을 나타내고 있었으며(df = 6; F = 12.13; p = 0.0002), 잔효처리에도 13.3%의 낮은 생존율을 나타내고 있어 30.0%의 생존율을 나타낸 FEFAM D, F와 33.3%의 생존율을 나타낸 FEFAM B와 함께 다른 살균성친환경농자재들 보다 높은 독성을 나타내고 있었지만 통계적인 유의성은 보이지 않았다(df = 6; F = 6.89; p = 0.0024). 하지만 FEFAM E의 경우 온실가루이좀벌의 우화율이 0.4%로 머미에 높은 독성을 보였지만(Yu et al., 2006), 칠레이리응애에 대해서는 약간의 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 또한 Yu et al. (2006)에 의하면 FEFAM A, B, D가 온실가루이좀벌 성충에 높은 독성을 보인다고 보고하고 있는 것과 유사하게, 칠레이리응애에 대해서도 FEFAM B와 D가 독성이

높음을 알 수 있었다.

토양미생물친환경농자재는 토양에서 분리한 방선균이나 길항미생물 등 기능성 미생물들을 혼합하여 작물의 생육촉진이나 작물보호의 역할을 하는 친환경농자재이다. 이러한 토양미생물친환경농자재를 칠레이리응애에 직접살포하였을 경우, 시험한 농자재 가운데 EFAMSM A, D, G, H 등이 살포 후 24시간 내에 생존율 50% 미만의 생존율을 나타내 다른 농자재들보다 더 높은 독성을 가지고 있으며(df = 10; F = 28.09; p < 0.0001), 또한, 48시간이 지난 후에는 EFAMSM B와 I도 50% 미만의 생존율을 보였다(df = 10; F = 16.37; p < 0.0001)(Table 3). Yu et al. (2006)에 의하면 온실가루이좀벌과 콜레마니진디벌의 머미 우화율에는 대부분 크게 영향을 주지 않는 것을 알 수 있으나 EFAMSM B와 E의 경우에는 콜레마니진디

별 우화율이 각각 0.0과 8.9%로서 영향이 심한 것으로 나타났다. 한편, 살포 후 48시간이 지난 잔류독성에서도 이들 친환경농자재는 EFAMSM E와 G를 제외한 모든 농자재들이 40% 이하의 생존율을 나타내었다(df = 10; F = 12.93; p < 0.0001). 그렇지만, 기생벌류에는 EFAMSM H를 제외하면 대부분 영향이 없음을 보고하고 있다(Yu *et al.*, 2006). 이러한 결과로 미루어 볼 때에 친환경농자재들은 같은 내용물이 함유되어 있다하더라도 이들의 독성은 각기 다르며, 대상 곤충에 따라서도 그 작용효과가 다를 수 있다.

식물성추출물질이 포함된 친환경농자재의 경우 그 일부가 킬레이리응애에 높은 독작용을 나타내고 있는 것을 알 수 있다(Table 4). 이들 농자재들을 킬레이리응애에 직접분무한 경우와 잔효접촉을 시험한 경우를 나누어서 살펴보면, 식물성추출물질친환경농자재를 직접 킬레이리응애에 살포한 경우에는 시간이 경과함에 따라서 살충율이 높아져서 48시간 후의 생존율을 보면, EFAMPE A가 3.3%의 생존율을 나타내고 있는 것을 비롯하여, EFAMPE B가 13.3%, EFAMPE F가 20.0%, EFAMPE C가 26.7%의 생존율을 보여 다른 식물성추출물질친환경농자재들에 비하여 매우 높은 독성이 있음을 알 수 있었다(df = 10; F = 4.80; p = 0.0014). 또한 바이엘에 남아있는 잔류성분에 대한 독성을 평가한 경우, 친환경농자재 살포 후 48시간이 경과한 후에 있어서도 EFAMPE D가 13.3%의 생존율로 가장 낮고, EFAMPE F와 H가 20%, EFAMPE C가

30%, EFAMPE G가 33.3%로 킬레이리응애에 높은 영향을 미칠 수 있는 결과를 보여주고 있다(df = 10; F = 3.10; p = 0.0151). 따라서 이들 농자재들이 살포된 후 일정기간 동안에는 점박이응애를 방제하기 위한 킬레이리응애의 사용을 지양해야할 것으로 생각된다. 이들 식물성추출성분이 함유된 친환경농자재의 경우, 어떠한 성분이 포함되어 있는지에 대한 자세한 고찰이 요구되고 있다. Yu *et al.* (2006)의 보고에 의하면 EFAMPE B, F, H, J 등의 친환경농자재가 기생성 천적곤충에도 영향을 많이 주는 것으로 보고된 것을 보면, 식물성추출물이 함유된 친환경농자재를 사용하는 농가에서는 천적의 투입시기와 천적과 친환경농자재의 혼용 가능여부 등을 정확히 파악하여 천적을 방사해야만 목적인 해충 방제효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

Table 5는 키토산함유친환경농자재와 광물성분함유친환경농자재, 액상식회친환경농자재, 동물성추출물친환경농자재의 킬레이리응애에 대한 영향평가를 나타낸 것으로 키토산함유친환경농자재의 경우에는 EFAMCh B가 직접분무 후 48시간이 경과한 후에 10%의 생존율을 나타내고 있어 영향을 많이 미치고 있으며, 광물성분함유친환경농자재는 EFAMM C가 살포 후 24시간과 48시간이 경과한 후에 36.7과 20.0%의 낮은 생존율을 보여 킬레이리응애에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이 친환경농자재의 경우에는 온실가루이좀벌과 콜레마니진디벌에도 영향이 많은 것으로 보고된 바 있다(Yu *et al.*, 2006).

Table 4. The effects of 10 environment friendly agricultural materials contained plant extracts (EFAMPEs) to adults of *Phytoseiulus persimilis* in laboratory after 24 hours after direct spray and 24 and 48 hours after put 10 adults in viral dried after spray with *Tetranychus urticae* as pray

IEFAMs	Direct Spray								Viral test							
	Survival rate after								Survival rate after							
	24 hrs				48 hrs				24 hrs				48 hrs			
	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.
EFAMPE A	4	0	3	23.3 ^a	1	0	0	3.3 ^a	7	3	10	66.7 ^{ab}	4	3	7	46.7 ^{abc}
EFAMPE B	2	5	5	40.0 ^{ab}	0	3	1	13.3 ^{ab}	5	5	10	66.7 ^{ab}	4	5	6	50.0 ^{abc}
EFAMPE C	6	8	7	70.0 ^{bcd}	3	2	3	26.7 ^{abcd}	6	8	4	60.0 ^{ab}	0	8	1	30.0 ^a
EFAMPE D	6	7	7	66.7 ^{bc}	5	6	5	53.3 ^{cde}	7	2	5	46.7 ^{ab}	3	0	1	13.3 ^a
EFAMPE E	10	9	7	86.7 ^{cd}	9	8	4	70.0 ^e	6	10	4	66.7 ^{ab}	2	9	3	46.7 ^{abc}
EFAMPE F	6	7	9	73.3 ^{cd}	3	1	2	20.0 ^{abc}	3	2	1	20.0 ^a	3	2	1	20.0 ^a
EFAMPE G	5	7	10	73.3 ^{cd}	1	6	7	46.7 ^{bcd}	7	10	3	66.7 ^{ab}	2	5	3	33.3 ^{ab}
EFAMPE H	10	10	10	100.0 ^d	3	9	10	73.3 ^e	1	3	4	26.7 ^a	1	3	2	20.0 ^a
EFAMPE I	7	10	4	70.0 ^{bcd}	6	4	3	43.3 ^{bcd}	8	7	9	80.0 ^b	6	7	8	70.0 ^{bc}
EFAMPE J	9	7	8	80.0 ^{cd}	7	5	6	60.0 ^{de}	4	8	7	63.3 ^{ab}	4	4	7	50.0 ^{abc}
Control	10	10	10	100.0 ^d	6	8	10	80.0 ^e	10	9	9	93.3 ^b	7	8	9	80.0 ^c

Table 5. The effects of 3 environment friendly agricultural materials contained chitosans (EFAMChs), 3 materials contained minerals (EFAMMs), 1 materials contained lime (EFAML), and 2 materials contained animal extracts (EFAMAEs) to adults of *Phytoseiulus persimilis* in laboratory after 24 hours after direct spray and 24 and 48 hours after put 10 adults in viral dried after spray with *Tetranychus urticae* as pray

IEFAMs	Direct Spray								Viral test							
	Survival rate after								Survival rate after							
	24 hrs				48 hrs				24 hrs				48 hrs			
	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.
EFAMCh A	10	7	8	83.3 ^{cd}	8	5	7	66.7 ^{cd}	8	10	10	93.3 ^b	6	7	8	70.0 ^{cd}
EFAMCh B	8	5	4	56.7 ^{ab}	0	0	3	10.0 ^a	6	10	10	86.7 ^b	4	6	8	60.0 ^{cd}
EFAMCh C	10	9	7	86.7 ^{cd}	9	7	6	73.3 ^{cd}	10	10	8	93.3 ^b	8	8	8	80.0 ^d
EFAMM A	10	8	10	93.3 ^{cd}	8	3	4	50.0 ^{cd}	8	8	10	86.7 ^b	4	4	7	50.0 ^{bc}
EFAMM B	6	8	7	70.0 ^{bc}	5	2	6	43.3 ^{bc}	3	6	9	60.0 ^{ab}	2	1	7	33.3 ^{ab}
EFAMM C	5	4	2	36.7 ^a	3	2	1	20.0 ^{ab}	9	10	8	90.0 ^b	7	8	7	73.3 ^{cd}
EFAML A	10	9	9	93.3 ^{cd}	9	7	8	80.0 ^d	7	7	9	76.7 ^b	1	2	2	16.7 ^a
EFAMAE A	8	9	6	76.7 ^{cd}	7	6	5	60.0 ^{cd}	7	10	5	73.3 ^b	6	6	5	56.7 ^{bcd}
EFAMAE B	7	9	10	86.7 ^{bcd}	6	7	9	73.3 ^{cd}	5	4	2	36.7 ^a	3	1	1	16.7 ^a
Control	10	10	10	100.0 ^d	6	8	10	80.0 ^d	10	9	9	93.3 ^b	7	8	9	80.0 ^d

Table 6. The effects of 11 environment friendly agricultural materials contained microelements (EFAMMEs) to adults of *Phytoseiulus persimilis* in laboratory after 24 hours after direct spray and 24 and 48 hours after put 10 adults in viral dried after spray with *Tetranychus urticae* as pray

IEFAMs	Direct Spray								Viral test							
	Survival rate after								Survival rate after							
	24 hrs				48 hrs				24 hrs				48 hrs			
	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.
EFAMME A	0	0	0	0.0 ^a	0	0	0	0.0 ^a	1	0	6	23.3 ^a	1	0	1	6.7 ^a
EFAMME B	5	5	6	53.3 ^c	4	3	5	40.0 ^b	8	4	6	60.0 ^{bcd}	3	2	5	33.3 ^{abc}
EFAMME C	10	10	8	93.3 ^{de}	9	8	7	80.0 ^{cd}	7	6	6	63.3 ^{bcd}	4	2	0	20.0 ^{ab}
EFAMME D	1	1	5	23.3 ^b	0	1	3	13.3 ^a	4	6	5	50.0 ^{abc}	4	3	5	40.0 ^{bcd}
EFAMME E	9	10	10	96.7 ^e	7	8	9	80.0 ^{cd}	3	5	4	40.0 ^{ab}	6	7	3	53.3 ^{cd}
EFAMME F	10	9	9	93.3 ^{de}	7	7	5	63.3 ^{bc}	10	8	8	86.7 ^d	4	5	6	50.0 ^{cd}
EFAMME G	9	3	9	70.0 ^{cd}	7	0	7	46.7 ^b	9	9	7	83.3 ^{cd}	5	8	7	66.7 ^{de}
EFAMME H	9	9	10	93.3 ^{de}	8	8	8	80.0 ^{cd}	6	2	1	30.0 ^{ab}	2	2	1	16.7 ^{ab}
EFAMME I	9	8	8	83.3 ^{de}	5	6	5	53.3 ^{bc}	7	3	0	33.3 ^{ab}	4	2	0	20.0 ^{ab}
EFAMME J	10	10	10	100.0 ^e	10	10	9	96.7 ^d	4	2	4	33.3 ^{ab}	2	0	2	13.3 ^{ab}
EFAMME K	9	10	8	90.0 ^{de}	8	8	7	76.7 ^{cd}	8	6	10	80.0 ^{cd}	5	6	5	53.3 ^{cd}
Control	10	10	10	100.0 ^e	6	8	10	80.0 ^{cd}	10	9	9	93.3 ^d	7	8	9	80.0 ^e

액상석회친환경농자재는 EFAML A가 처리후 48시간이 경과한 뒤 잔효독성에서 16.7%의 생존율을 나타내고 있었으며, 동물성추출물친환경농자재는 EFAMAE A가 16.7%의 생존율로 칠레이리응애에 피해를 줄 수 있는 것으로 나타났다.

미량효소함유친환경농자재의 직접분무에 의한 평가결과에서는 EFAMME A, B, D는 분무 48시간 후 각각 0.0, 40.0, 13.3%로 40%이하의 생존율을 보이며 칠레이리응애에 영향을 미칠 것으로 나타났다(df = 11; F = 10.83;

$p < 0.0001$). 잔효독성 결과는 직접분무에 의한 결과보다는 낮은 생존율을 보였으며, 11개의 친환경농자재 가운데 7개가 40% 이하의 생존율을 나타내, 미량효소함유친환경농자재 역시 칠레이리응애와의 혼용에 있어 주의를 요할 것으로 본다(df = 11; F = 7.80; $p < 0.0001$)(Table 6). 또한 물리브텐이 함유된 친환경농자재들 가운데서도 일부는 칠레이리응애에 나쁜 영향을 주고 있다(Table 7). 이 가운데서도 EAMMo C가 직접 살포하였을 경우 24시간 내에 칠레이리응애를 모두 죽이는 독성을 가지고 있다.

Table 7. The effects of 12 environment friendly agricultural materials contained molybdenums (EFAMMos) to adults of *Phytoseiulus persimilis* in laboratory after 24 hours after direct spray and 24 and 48 hours after put 10 adults in viral dried after spray with *Tetranychus urticae* as pray

IEFAMs	Direct Spray								Viral test							
	Survival rate after								Survival rate after							
	24 hrs				48 hrs				24 hrs				48 hrs			
	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.	1st	2nd	3rd	Ave.
EFAMMo A	0	7	5	40.0 ^{bc}	0	6	3	30.0 ^{abc}	8	10	9	90.0 ^{bc}	0	1	2	10.0 ^a
EFAMMo B	7	0	0	23.3 ^{ab}	6	0	0	20.0 ^{ab}	9	9	10	93.3 ^c	8	8	8	80.0 ^d
EFAMMo C	0	0	0	0.0 ^a	0	0	0	0.0 ^a	1	5	1	23.3 ^a	0	0	0	0.0 ^a
EFAMMo D	10	9	10	96.7 ^d	9	5	9	76.7 ^{de}	8	9	6	76.7 ^{bc}	5	6	5	53.3 ^c
EFAMMo E	4	8	10	73.3 ^{cd}	3	7	8	60.0 ^{de}	8	8	6	71.7 ^{bc}	5	4	5	46.7 ^{bc}
EFAMMo F	9	10	9	93.3 ^d	8	8	7	76.7 ^{de}	6	5	9	66.7 ^{bc}	2	2	3	23.3 ^{ab}
EFAMMo G	10	10	9	96.7 ^d	8	10	9	90.0 ^{de}	7	7	6	66.7 ^{bc}	3	4	4	36.7 ^{bc}
EFAMMo H	6	7	6	63.3 ^{cd}	5	4	6	50.0 ^{bcd}	8	5	10	76.7 ^{bc}	2	2	3	23.3 ^{ab}
EFAMMo I	10	10	10	100.0 ^d	9	9	10	93.3 ^c	6	10	8	80.0 ^{bc}	1	1	0	6.7 ^a
EFAMMo J	9	10	9	93.3 ^d	7	9	8	80.0 ^{de}	7	6	3	53.3 ^{ab}	7	5	3	50.0 ^c
EFAMMo K	6	7	8	70.0 ^{cd}	5	6	8	63.3 ^{cde}	8	4	9	70.0 ^{bc}	8	3	7	60.0 ^{cd}
EFAMMo L	6	5	1	40.0 ^{bc}	6	4	0	33.3 ^{abc}	10	5	7	73.3 ^{bc}	8	3	3	46.7 ^{bc}
Control	10	10	10	100.0 ^d	6	8	10	80.0 ^{de}	10	9	9	93.3 ^c	7	8	9	80.0 ^d

그리고 EAMMo A, B, L은 각각 30.0, 20.0, 33.3%의 낮은 생존을 나타내며 독성을 보이고 있다. 한편 분무 후 48시간이 경과한 후의 잔효독성 평가에 있어서는 EAMMo C가 가장 독성이 높았으며, EAMMo A, F, G, H, I 등이 40% 이하의 생존율을 나타낼 정도의 독성을 가지고 있었다(df = 12; F = 11.22; p < 0.0001). 한편 Yu *et al.* (2006)에 의하면 물리브덴함유친환경농자재들 가운데 기생성 천적들에게 치명적인 피해를 주는 것은 거의 없었으나 EFAMMo C만이 온실가루이좀벌과 콜레마니 진디벌에 처리 후 48시간 후의 생존율이 모두 0.0%로 치명적인 잔효독성을 나타내고 있는 것으로 보고된 것을 보면, EAMMo C는 여러 천적 곤충들에게 매우 피해를 많이 줄 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합해보면 다양한 종류의 목적을 가지고 있는 친환경농자재 중 일부가 친환경농업의 한 축을 담당하는 천적곤충에 적지 않은 피해를 줄 수 있음을 시사하고 있다. Yu *et al.* (2006)이 보고한 내용에서도 알 수 있듯이 기생성 천적의 머미 우화율이나 성충의 생존율에 영향을 미치고 있으며, 천적에 대한 독성을 지니고 있는 것과 마찬가지로 그 종류에 따라 차이는 있으나 칠레이리 응애의 경우에도 예외라고는 할 수 없다.

따라서 친환경농자재를 사용하여 작물보호나 생육촉진, 고품질 농산물 생산을 생산하고자 할 경우에는 천적의 사용시기를 조정하여 친환경농자재를 사용해야 효과적으로 해충방제를 할 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

본 논문은 2005-6년 농촌진흥청 농업특정연구과제의 지원에 의해 수행한 결과입니다.

Literature Cited

Ahn, G.S., S.Y. Lee, G.Y. Lee, Y.S. Lee, & 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.

Bellows Jr., T.S. & M.P. Hassell. 1999. Theories and mechanisms of natural population regulation In: T.S. Bellows and T.W. Fisher, Editors, *Handbook of Biological Control*, Academic Press, San Diego, CA (1999), pp. 17-44.

Bostanian, N.J. & 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 Man. Sci.* 62(4): 334-339.

Bravenboer, L. & G. Dosse. 1962. *Phytoseiulus riegeli* Dosse als Prädator einiger Schadmilben aus der *Tetranychus urticae*-Gruppe. *Entomol. Exp. Appl.* 5: 291-304.

Chant, D.A. 1961. An experiment in biological control of *Tetranychus telarius* (L.) in a greenhouse using the predaceous mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. *Can. Entomol.* 93: 437-443.

Chant, D.A. 1985. Systematics and morphology. In: W. Helle and M.W. Sabelis, Editors, *Spider Mites, Their Biology, Natural*

- Enemies and Control*. vol. 1B, Elsevier, Amsterdam. pp. 3-32.
- Choi, W.I., S.G. Lee, H.M. Park, & Y.J. Ahn. 2004. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 97(2): 553-558.
- Conte, L., F. Chiarini, & L. Dalla Montà. 2001. Con l'acqua si può controllare il ragnetto rosso delle serre. *L'Informatore agrario.* 57(12): 101-104.
- Croft, B.A. & L.B. Coop. 1998. Heat units, release rate, prey density and plant age effects on dispersal by *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) after inoculation into strawberry. *J. Econ. Entomol.* 9: 94-100.
- De Boer, J.G. & M. Dicke. 2004. The role of methyl salicylate in prey searching behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *J. Chem. Ecol.* 30(2): 255-271.
- De Bruyne, M.M. Dicke, & W.F. Tjallingii. 1991. Receptor cell responses in the anterior tarsi of *Phytoseiulus persimilis* to volatile kairomone components. *Exp. Appl. Acarol.* 13: 53-58.
- Dicke M., T.A. van Beek, M.A. Posthumus, N. Ben Dim, H. van Bokhoven, & A.E. De Groot. 1990. Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions. Involvement of host plant in its production. *J. Chem. Ecol.* 16: 381-396.
- El-Laity, A.Y.M. 1996. Integrated control of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* on cucumber grown under plastic house conditions in Egypt. *Entomophaga* 41: 485-491.
- Force, D.C. 1967. Effect of temperature on biological control of two-spotted spider mites by *Phytoseiulus persimilis*. *J. Econ. Entomol.* 60: 1308-1311.
- Hamlen, R.A. & R.K. Lindquist. 1981. Comparison of two *Phytoseiulus* species as predators of twospotted spider mites on greenhouse ornamentals. *Environ. Entomol.* 10: 524-527.
- Hassan, S.A., R. Albert, F. Bigler, P. Blaisinger, H. Bogenschütz, E. Boller, J. Brun, P. Chiverton, P. Edwards, W.D. Englert, P. Huang, C. Inglesfield, E. Naton, P.A. Oomen, W.P.J. Overmeer, W. Rieckmann, L. Samsøe-Petersen, A. Stäubli, J.J. Tuset, G. Viggiani & G. Vanwetswinkel. 1987. Results of the third joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS working group "Pesticides and Beneficial Organisms". *J. Appl. Entomol.* 103: 92-107.
- Heinz, K. 1998. Dispersal and dispersion of aphids (Homoptera: Aphididae) and selected natural enemies in spatially subdivided greenhouse environments. *Environ. Entomol.* 27 (1998), pp. 1029-1038.
- Hussey, N.W., N.E.A. Scopes. 1985. Mite management for greenhouse vegetables in Britain. In: W. Helle & M. W. Sabelis (eds) *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, vol 1B. Elsevier, Amsterdam, pp. 285-297.
- Hussey, N.W., W.J. Parr, & H.J. Gould. 1965. Observations on the control of *Tetranychus urticae* Koch on cucumber by the predatory mite *Phytoseiulus riegeli* Dosse. *Entomol. Exp. Appl.* 8: 271-281.
- Janssen A. & M.W. Sabelis. 1992. Phytoseiid life-histories, local predator-prey dynamics, and strategies for control of tetranychid mites. *Exp. Appl. Acarol.* 14: 233-250.
- Kennedy, G.G. & D.R. Smitley. 1985. Dispersal In: W. Helle and M.W. Sabelis, Editors, *Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies, and Control*. vol. 1A, Elsevier, Amsterdam (1985), pp. 233-242.
- Kim, D.S., C.E. Jung, S.Y. Kim, H.Y. Chun, & J.H. Lee. 2003. Regulation of spider mite populations by predacious mite complex in an unsprayed apple orchard. *Kor. J. Appl. Entomol.* 42(3): 257-262.
- Krips, O. E., P.E.L. Willems, R. Gols, M.A. Posthumus, & M. Dicke. 1999. The response of *Phytoseiulus persimilis* to spider mite-induced volatiles from gerbera: influence of starvation and experience. *J. Chem. Ecol.* 25(12): 2623-2641.
- Lindquist, R.K., M.L. Casey, W.L. Bauerle, & T.L. Short. 1987. Effects of an overhead misting system on thrips populations and spider mite-predator interactions on greenhouse. *IOBC/WPRS Bull.* 10: 97-100.
- Nihoul, P. 1993. Controlling glasshouse climate influences the interaction between tomato glandular trichomes, spider mite and predatory mite. *Crop Prot.* 12: 443-447.
- Park, C.G., J.K. Yoo, & J.O. Lee. 1996. Toxicity of some pesticides to two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and its predator *Amblyseius womersleyi* (Acari; Phytoseiidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 35(3): 232-237.
- Pels, B. & M.W. Sabelis. 1999. Local dynamics, overexploitation and predator dispersal in an acarine predator-prey system. *Oikos.* 86: 573-583.
- Rott, A.S. & D.J. Ponsonby. 2001. Control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on edible crops in glasshouses using two interacting species of predatory mites. *Proc 10th Int Congr Acarol, Sept 1998, Melbourne.* pp. 387-391.
- Sabelis, M.W. & H.E. Van de Baan. 1983. Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. *Entomol. Exp. Appl.* 33: 304-314.
- Sabelis, M.W., 1981. Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I. *Agricultural Research Reports* 910, Pudoc, Wageningen, 242 pp.
- Sabelis, M.W., B.P. Afman & P.J. Slim. 1984a. Location of distant spider mite colonies by *Phytoseiulus persimilis*: localization and extraction of a kairomone. *Acarology.* VI(1): 431-440.
- Sabelis, M.W., J.E. Vermet & A. Groenvelde. 1984b. Arrestment response of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* to steep odour gradients of a kairomone. *Physiol. Entomol.* 9: 437-446.
- Smid, H.M., J.J.A. van Loon, M.A. Posthumus, & L.E.M. Vet. 2002. GC-EAG-analysis of volatiles from Brussels sprouts plants damaged by two species of *Pieris* caterpillars: Olfactory receptive range of a specialist and a generalist parasitoid wasp species. *Chemoecology.* 12: 169-176.
- Stenseth, C. 1979. Effect of temperature and humidity on the development of *P. persimilis* and its ability to regulate populations of *Tetranychus urticae* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Entomophaga.* 24. pp. 311-317.
- 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.
- Zemek, R. & G. Nachman. 1999. Interactions in a tritrophic acarine predator-prey metapopulation system: prey location and distance moved by *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23: 21-40.

(Received for publication December 12 2006;
accepted January 22 2007)