

식물추출물에 대한 점박이응애와 포식성 천적 칠레이리응애의 감수성

국용인* · 현규환* · 김상수**

Susceptibility of *Tetranychus urticae* and the Predatory Mite, *Phytoseiulus persimilis*, (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) to Plant Extracts

Kuk, Yong-In · Hyun, Kyu-Hwan · Kim, Sang-Soo

The susceptibility of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* and the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* to extracts of *Melia azedarach*, *Piper nigrum*, *Syringa velutina* and their mixtures was evaluated in laboratory bioassays. Treatments of mixture 1 and 2 were effective against adult females of *T. urticae* and yielded 73.3 and 70.7% adulticidal activity at 7 days after treatment, respectively. Treatment of mixture 3 revealed 62.7% adulticidal activity. However, *M. azedarach*, *P. nigrum* and *S. velutina* had lower adulticidal activity than the other treatments. Adult females of *T. urticae* treated with mixture 1 and 2 produced only 11.1-16.7% as many eggs as control females did. All the plant extracts tested were ineffective to against the eggs of *T. urticae*. Plant extracts tested had little effect on the survival of *P. persimilis* adult females. Moreover, reproduction of *P. persimilis* adult females and eclosion of eggs deposited by treated predators were not seriously affected. Treatment of plant extracts tested showed no toxic effect on *P. persimilis* eggs and produced 100% hatchability. These results suggest that mixture 1 and 2 might be used for the control of *T. urticae*, and expected to be promising candidates for use in integrated mite management program with *P. persimilis*.

Key words : *integrated mite management*, *plant extracts*, *phytoseiulus persimilis*,
susceptibility, *tetranychus urticae*

* 순천대학교 한약자원개발학과

** Corresponding author, 순천대학교 식물의학과(kimss@sunchon.ac.kr)

I. 서 론

점박이응애(*Tetranychus urticae*)는 1세대 경과기간이 아주 짧고 번식력이 왕성하여 단시 일 내에 발생밀도가 증가하여 여러 시설재배 작물에 경제적으로 큰 피해를 주고 있고, 주요 과수작물에도 만성적인 심각한 피해를 나타내는 주요 해충이다(Ahn et al., 2004; Lee et al., 2004). 근래 점박이응애와 같은 식식성응애류(phytophagous mites)에 대한 약제사용을 중심으로 한 방제대책은 점박이응애의 사용약제에 대한 높은 수준의 저항성 발달을 비롯한 토양과 수질오염, 생태계 교란, 농산물의 안전성을 위협하는 등과 같은 부작용을 초래했다(Hoy et al., 1988; Kim and Yoo, 2002; Ahn et al., 2004, Yu et al., 2005, Ryu et al., 2015). 이러한 문제점들에 대한 대책의 일환으로 식식성응애류에 대해 가장 효과적인 천적으로 알려진 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)와 같은 포식성 이리응애류(phytoseiid mites)의 활용에 대한 연구가 이루어져 왔다(Kim et al., 1996; Lee et al., 1997; Kim et al., 1999; Yoo and Kim, 2000; Kim et al., 2003; Seo et al., 2004; Kim et al., 2006). 또한 최근에는 환경에 친화적인 소재를 개발하여 농업에 활용하여 지속가능한 농업을 이루어야 한다는 공감대가 형성되고 소비자들의 안전 농산물에 대한 요구도가 증가하면서, 우리나라에서는 친환경자재인 식물체로부터 유래하는 유용물질을 이용한 해충방제에 대한 다양한 연구들이 수행되고 있다(You et al., 2006; Lee et al., 2008; Kim et al., 2010; Park et al., 2012). 식물유래 물질은 해충의 약제저항성 발달의 가능성이 적고 인축 및 생태계에 대한 부작용이 적으며 화학 농약에 비해 상대적으로 안전성이 높은 장점이 있는데, 해충방제 효과가 있는 물질들은 주로 기피효과, 섭식저해, 성장억제 및 신경마비 등으로 작용한다고 보고되었다(Kim et al., 2010; Song et al., 2013). 이러한 식물유래 물질은 친환경 재배농가들의 관심도가 증가함에 따라 일부 상업화 되어 해충방제제로 사용되고 있다(Kim et al., 2010; Park et al., 2012; Song et al., 2013).

그러나 이와 같은 친환경자재들이 친환경농업에 이용되는 생물적 방제인자인 천적류에 대해 직간접적으로 영향을 미칠 수가 있다는 점이 보고된 바 있다(Lee et al., 2008).

따라서 본 실험은 멀구슬, 후추와 정향 등의 추출물과 그들의 혼합액을 이용한 친환경자재 제품을 개발하기 위한 기초 단계로서 이들 식물추출물들에 대한 점박이응애와 포식성 천적인 칠레이리응애의 암컷성충과 난의 감수성을 검정하여, 점박이응애에 대한 방제제로서의 이용 가능성과 점박이응애의 종합관리체계에서 이들 식물추출물과 칠레이리응애의 동시활용 가능성을 검토하기 위해 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험에 사용한 점박이응애와 칠레이리응애 및 사육조건

본 실험에 사용한 점박이응애는 순천의 배재배지에서 2012년에 채집하고 강낭콩에 사육·증식하여 확보하였다. 칠레이리응애는 Biobest에서 2012년에 분양받아 25±2℃의 사육실에서 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* var. *humilis* Alefeld) 잎에 점박이응애를 먹이로 공급하면서 누대사육하였다.

2. 식물추출물

점박이응애에 대한 살응애 활성과 칠레이리응애에 대한 영향을 검정하기 위한 식물추출물은 전남농업기술원에서 해충방제제로 개발 중인 추출물들을 분양받아 실험하였다. 멸구슬(*Melia azedarach*) 열매, 후추(*Piper nigrum*) 열매와 정향 열매(*Syringa velutina*) 등의 추출물과 이들 추출물의 혼합비율을 달리한 혼합액 1(멸구슬 2+정향 2+후추 1), 혼합액 2(멸구슬 1+정향 2+후추 2), 혼합액 3(멸구슬 1+정향 2+후추 1) 등을 실험대상으로 하였다.

추출 시료는 전남 화순의 전남생약협회에서 구입하였으며 시료를 마쇄하여 1 mm 스크린으로 통과시키고 각 식물체 시료 당 200 g을 95% ethanol 2 L에 24시간 동안 추출하여 여과한 후 그 추출액을 회전진공농축기로 50℃에서 감압 농축하여 ethanol 추출물을 얻어 동결 건조하였다. 최종 에탄올 추출물의 평균 회수율은 약 10% 정도였다.

3. 식물추출물에 대한 점박이응애와 칠레이리응애의 감수성 검정

실험은 증류수를 채운 플라스틱 밀폐용기(14×5 cm)의 덮개 중앙에 1 cm의 구멍을 뚫은 다음, 하부 중앙에 같은 크기로 구멍을 뚫어 탈지면을 깐 플라스틱 페트리디쉬(직경 9 cm)를 그 위에 놓고 탈지면으로 서로 연결해 계속하여 수분이 공급될 수 있도록 하였다. 점박이응애의 암컷성충에 대한 식물추출물들의 효력을 실험하기 위해 전술한 페트리디쉬에 강낭콩 잎 절편(직경 3 cm)의 뒷면이 위를 향하도록 놓은 다음 위 사육 개체군에서 미세한 붓을 이용하여 점박이응애의 암컷성충을 각각 30마리씩 접종한 후 식물추출물들을 처리하였다. 살란효과 실험을 위해서 암컷성충을 강낭콩 잎 절편에 10마리를 접종하고 1일 동안 산란시킨 후, 암컷성충을 제거하고 30개의 난이 남도록 조정한 후 식물추출물들을 처리하였다. 모든 시험은 5반복으로 실시하였다. 사망여부의 판단으로 암컷성충은 처리 1, 3, 5, 7일 후에 현미경하에서 가는 붓으로 충체를 접촉하여 몸길이 정도를 이동하지 못하는 개체를 죽은 것으로 판정하여 살응애 효과를 산출하였으며, 생존개체들의 산란수를 조사하였다.

난의 경우는 부화여부를 조사하였다. 칠레이리응애 암컷성충의 생존율과 산란수에 미치는 약제들의 영향을 실험하기 위해 각 약제별 50개체(반복당 10개체)로 수행하였다. 전술한 페트리디쉬 내의 물에 적셔진 탈지면 위에 뒷면이 위를 향하도록 놓은 강남콩 잎 절편(직경 3 cm)에 유사한 연령의 개체들을 얻기 위한 목적의 사육 개체군에서 암컷성충을 미세한 붓으로 잎 절편으로 옮긴 후, 식물추출물들을 처리하였다. 칠레이리응애의 먹이로는 점박이응애를 제공하였고 매일 보충하여 충분한 먹이조건을 유지하였다. 암컷성충들의 생존율과 잎 절편의 전체 산란수는 처리 1, 3, 5, 7일 후에 현미경하에서 조사하였으며, 산란된 난들은 별개의 무처리 잎 절편에 옮기고 부화율을 조사하였다.

칠레이리응애의 난에 대한 시험약제들의 영향을 검토하기 위하여 강남콩 잎 절편(직경 4 cm)에 칠레이리응애 암컷성충 50-60개체를 접종하고 1일 동안 산란시켜 필요한 난을 확보한 후, 각 약제별 50개체(반복당 10개체)로 실험하였다. 페트리디쉬 내의 강남콩 잎 절편(직경 3 cm)에 난을 미세한 붓으로 옮긴 후, 식물추출물들의 희석액을 살포한 후 음건하였다. 이후 난의 부화여부를 매일 조사하였다.

식물추출물들의 처리는 전술한 페트리디쉬의 점박이응애 또는 칠레이리응애가 접종된 잎 절편을 대상으로 25 cm 정도의 거리에서 hand sprayer를 이용하여 강남콩 잎이 충분히 적셔질 정도로 5초 동안 살포하는 엽면살포 방법(Hoy et al., 1988)으로 실시한 후 음건하였다. 처리된 잎 절편들은 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ (16L:8D, RH 50-60%)의 조건에 보관하면서 실험하였다.

실험결과는 분산분석(ANOVA)과 Tukey test (SAS Institute, 1996)로 비교하였으며, 살응애율과 부화율은 arcsine 값으로 변환한 후 분석에 이용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

점박이응애의 암컷성충에 대한 식물추출물들의 효력을 실험한 결과는 Table 1과 같다. 처리 1일 후에 멀구슬, 후추, 정향 등의 처리에서는 15.3-10.7%, 혼합액 1, 2, 3 등은 34.7-18.7%의 살성충 효과를 나타내었으며, 이후 일수경과에 따라 모든 처리에서 살응애율이 증가하였다. 처리 7일 후에는 혼합액 1, 2 등의 처리에서 73.3과 70.7%의 높은 치사율을 나타내었으며, 혼합액 3의 처리에서는 62.7%의 상당한 치사율을 나타내어, 이들 세 처리에서는 통계적 유의차가 없었다. 그러나 멀구슬, 후추와 정향 등의 처리에서는 각각 52.6, 38.7, 36.0%의 다소 낮은 살성충 효과를 보였다. 따라서 전반적으로 멀구슬, 후추, 정향 등의 단독처리보다는 혼합액들의 처리에서 살성충 효과가 높은 것으로 나타났다. 또한 식물추출물들을 처리한 후 암컷성충들이 사망하기 전에 산란한 난수를 조사한 결과(Table 2), 혼합액 1, 2, 3 등의 처리에서는 무처리 대비 11.1-24.3%의 산란수를 보였다. 그러나 멀구슬, 후추와 정향 등의 처리에서는 무처리 대비 35.3-40.8%의 산란수로 다른 처리의 경우보다 많은 산

란수를 나타내었는데, 이는 다른 식물추출물들의 처리에서 보다 암컷성충의 생존개체들이 많았던 것에 기인한 것으로 생각된다.

Table 1. Acaricidal activities of different plant extracts to adult females of *Tetanychus urticae*

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	% Mortality (Mean±SE) ^b			
		1DAT	3DAT	5DAT	7DAT
<i>Melia azedarach</i>	2.0	15.3±3.1b	26.0±6.2bc	34.7±5.0bcd	52.6±4.1bc
<i>Piper nigrum</i>	2.0	13.3±2.1b	17.3±2.2bc	28.0±3.4cd	38.7±2.0c
<i>Syringa velutina</i>	2.0	10.7±1.3b	14.7±2.0c	24.0±2.4d	36.0±1.3c
Mixture 1 (M.a.2+S.v.2+P.n.1)	10.0	34.7±6.7a	52.7±4.3a	62.0±5.4a	73.3±6.4a
Mixture 2 (M.a.1+S.v.2+P.n.2)	10.0	22.7±1.3ab	31.3±1.7b	49.4±1.9ab	70.7±1.2a
Mixture 3 (M.a.1+S.v.2+P.n.1)	8.0	18.7±2.3b	26.7±2.8bc	42.7±3.9bc	62.7±3.6ab
Control	0.0	0.0±0c	0.0±0d	2.0±0.8e	2.6±0.7d

^a M.a., *Melia azedarach*, S.v.; *Syringa velutina*; P.n., *Piper nigrum*

^b Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Tukey test). Mortality was transformed to arcsine value before ANOVA. Means of untransformed data are reported.

Table 2. Reproduction of adult females of *Tetanychus urticae* treated with different plant extracts

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	Number of eggs per leaf disc (Mean±SE) ^b
<i>Melia azedarach</i>	2.0	703.8±46.0b
<i>Piper nigrum</i>	2.0	710.0±17.1b
<i>Syringa velutina</i>	2.0	814.0±5.0b
Mixture 1 (M.a.2+S.v.2+P.n.1)	10.0	220.8±13.4d
Mixture 2 (M.a.1+S.v.2+P.n.2)	10.0	332.4±15.2cd
Mixture 3	8.0	484.0±13.7c

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	Number of eggs per leaf disc (Mean±SE) ^b
(M.a.1+S.v.2+P.n.1)		
Control	0.0	1993.0±94.9a

^a For explanation, see Table 1.

^b Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Tukey test).

점박이용애의 난에 대해 실험한 결과(Table 3), 식물추출물들의 모든 처리에서 94.7-98.0%의 매우 높은 부화율로 이들 식물추출물들의 살란효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Effect of different plant extracts on the hatchability of *Tetranychus urticae* eggs

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	% Hatchability (Mean±SE) ^b
Melia azedarach	2.0	98.0±1.3a
Piper nigrum	2.0	97.3±1.3a
Syringa velutina	2.0	94.7±0.8a
Mixture 1 (M.a.2+S.v.2+P.n.1)	10.0	97.3±1.6a
Mixture 2 (M.a.1+S.v.2+P.n.2)	10.0	95.3±3.1a
Mixture 3 (M.a.1+S.v.2+P.n.1)	8.0	98.0±0.8a
Control	0.0	98.7±0.8a

^a For explanation, see Table 1.

^b Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Tukey test).

칠레이리용애 암컷성충에 대해 식물추출물들을 처리하여 생존율에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 칠레이리용애의 생존율은 처리 후 1일에 조사하였을 때 모든 처리에서 86-96%로 생존율이 높았으나, 일수경과에 따라 모든 처리에서 생존율이 다소 감소하는 경향이였다. 처리 7일 후의 칠레이리용애 생존율은 식물추출물의 단독처리와 혼합액 처리에서 모두 76-96%의 높은 생존율을 나타내었는데, 이와 같은 결과는 국제 생물적 방제 기구(IOBC)에서 설정한 기준(Hassan, 1994)에 따르면 30% 이내의 치사율로 포식성 천적에 영향이 없음(1등급)에 해당되는 것으로 나타났다.

Table 4. Survival of adult females of *Phytoseiulus persimilis* on bean leaf discs treated with different plant extracts

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	% Survival (Mean±SE) ^b			
		1DAT	3DAT	5DAT	7DAT
<i>Melia azedarach</i>	2.0	94.0±2.5ab	82.0±3.7b	80.0±4.5b	80.0±4.5b
<i>Piper nigrum</i>	2.0	94.0±2.5ab	90.0±3.2ab	90.0±3.2ab	86.0±5.1ab
<i>Syringa velutina</i>	2.0	96.0±2.5ab	96.0±2.5a	96.0±2.5a	96.0±2.5a
Mixture 1 (M.a.2+S.v.2+P.n.1)	10.0	86.0±2.5b	80.0±3.2b	80.0±3.2b	76.0±4.0b
Mixture 2 (M.a.1+S.v.2+P.n.2)	10.0	90.0±3.2ab	90.0±3.2ab	88.0±3.7ab	82.0±3.7ab
Mixture 3 (M.a.1+S.v.2+P.n.1)	8.0	90.0±4.5ab	90.0±4.5ab	88.0±4.9ab	86.0±4.0ab
Control	0.0	98.0±2.0a	96.0±2.5a	96.0±2.5a	96.0±2.5a

^a M.a., *Melia azedarach*, S.v.; *Syringa velutina*; P.n., *Piper nigrum*

^b Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Tukey test). Means of untransformed data are reported.

칠레이리응애의 산란수는 식물추출물의 단독처리와 혼합액 처리에서 모두 무처리와 통계적 유의차는 있으나, 무처리와 비교하여 68.6-83.7%의 산란수를 나타내었으며, 암컷성충이 산란한 난들은 모든 처리에서 100%의 부화율을 보였다(Table 5).

Table 5. Reproduction of adult females of *Phytoseiulus persimilis* treated with different plant extracts

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	Number of eggs per leaf disc (Mean±SE)	% Ecllosion (Mean±SE) ^b
<i>Melia azedarach</i>	2.0	152.0±5.4bc	100.0±0a
<i>Piper nigrum</i>	2.0	166.6±8.4b	100.0±0a
<i>Syringa velutina</i>	2.0	172.8±7.2b	100.0±0a
Mixture 1 (M.a.2+S.v.2+P.n.1)	10.0	141.6±4.1c	100.0±0a
Mixture 2 (M.a.1+S.v.2+P.n.2)	10.0	153.2±7.2bc	100.0±0a

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	Number of eggs per leaf disc (Mean±SE)	% Eclosion (Mean±SE) ^b
Mixture 3 (M.a.1+S.v.2+P.n.1)	8.0	157.6±5.5bc	100.0±0a
Control	0.0	206.4±3.0a	100.0±0a

^a For explanation, see Table 1.

^b Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Tukey test).

또한 칠레이리응애의 난에 대해 실험한 결과(Table 6), 친환경농자재들의 모든 처리에서 100%의 부화율로 이들 식물추출물의 포식성 천적의 난에 대한 영향은 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 생존율, 산란수 및 부화율 등에 대한 결과로 보아, 이들 식물추출물들의 사용 후 칠레이리응애의 밀도유지에 직접적인 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

Table 6. Effect of different plant extracts on the hatchability of *Phytoseiulus persimilis* eggs

Plant species extracted ^a	Concentration tested (ml/L)	% Hatchability (Mean±SE) ^b
<i>Melia azedarach</i>	2.0	100.0±0a
<i>Piper nigrum</i>	2.0	100.0±0a
<i>Syringa velutina</i>	2.0	100.0±0a
Mixture 1 (M.a.2+S.v.2+P.n.1)	10.0	100.0±0a
Mixture 2 (M.a.1+S.v.2+P.n.2)	10.0	100.0±0a
Mixture 3 (M.a.1+S.v.2+P.n.1)	8.0	100.0±0a
Control	0.0	100.0±0a

^a For explanation, see Table 1.

^b Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Tukey test).

위와 같은 결과들을 종합해 보면 본 실험에서 사용한 식물추출물들은 점박이응애 난에 대한 살란효과는 거의 없었으나, 혼합액 1, 2 등은 암컷성충에 대한 직접처리에서 70% 이상의 살성충 효과를 나타내어 점박이응애에 대한 방제제로 사용 가능성이 있는 것으로 생각된다. 또한 점박이응애의 암컷성충에 대한 멀구슬, 후추, 정향 등의 단독처리보다는 혼

혼합액 처리에서 살응애 효과가 높은 것으로 나타나, 앞으로 이들의 혼합비율을 다양하게 하여 실험할 필요가 있는 것으로 생각된다. Kim 등(2015)은 점박이응애와 동일한 응애과 (Tetranychidae)에 속하는 식식성응애류인 차응애(*T. kanzawai*)에 대해 본 실험에서 사용한 혼합액 1, 2등의 효과를 검증하여 우수한 살응애 효과를 보고한 바 있다. 한편 칠레이리응애 암컷성충에 대한 식물추출물들의 처리에서 모두 70% 이상의 생존율을 나타내었고, 식물추출물들을 처리한 암컷성충이 산란한 난의 부화율과 난에 대한 직접처리에서도 부화에 전혀 영향이 없었다. 이와 같이 본 실험에서 사용한 식물추출물들은 일반 유기합성약제들 보다 점박이응애에 대한 살성충 효과가 다소 낮고 난에 대한 살란효과가 거의 없었는데, 이러한 점은 본 실험에서 사용한 점박이응애의 모든 발육태를 포식하는 천적인 칠레이리응애를 식물추출물과 동시에 활용하여 보완할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 혼합액 1, 2 등은 점박이응애의 종합관리체계에서 칠레이리응애와 함께 활용할 수 있을 것으로 기대되어, 앞으로 이들 혼합액의 처리 또는 칠레이리응애와 동시 사용하는 포장실험이 이루어져 점박이응애에 대한 방제효과를 보다 면밀히 평가해야 할 것으로 생각된다.

IV. 적 요

점박이응애와 포식성 천적 칠레이리응애의 멸구슬, 후추, 정향과 이들의 혼합물에 대한 감수성을 검증하였다. 점박이응애에 대한 혼합액 1, 2 등의 처리 7일 후에 각각 73.7과 70.7%의 살성충 효과를 나타내었으며, 혼합액 3의 처리에서는 62.7%의 살성충 효과를 보였다. 그러나 멸구슬, 후추와 정향처리에서는 다른 처리에서 보다 낮은 살성충 효과를 보였다. 혼합액 1, 2 등의 처리에서 점박이응애 암컷성충의 산란수는 무처리 대비 11.1-16.7%에 불과하였다. 실험 식물추출물들은 모두 점박이응애 난에 대한 살란효과가 없었다. 식물추출물들은 모두 칠레이리응애의 암컷성충에 저독성을 나타냈으며, 암컷성충의 산란수와 산란된 난들의 부화에 큰 영향이 없었다. 모든 식물추출물들의 처리에서 칠레이리응애 난들은 100% 부화하였다. 이와 같은 실험결과들로 보아 혼합액 1, 2 등은 점박이응애의 방제약제로 사용 가능성이 있으며, 점박이응애의 종합관리체계에서 칠레이리응애와 함께 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

[Submitted, November. 23, 2015; Revised, November. 27, 2015; Accepted, November. 27, 2015]

References

1. 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. Korean J. Appl. Entomol. 43: 71-79.
2. Hassan, S. A. 1994. Activities of the IOBC/WPRS working group "Pesticides and Beneficial Organisms". In: Pesticides and Beneficial Organisms. (ed., Vogt H.). IOBC/WPRS Bulletin 17: 1-5.
3. Hoy, M. A., J. Conley, and W. Robinson. 1988. Cyhexatin and fenbutatin-oxide resistance in pacific spider mite (Acari: Tetranychidae): stability and mode of inheritance. J. Econ. Entomol. 81: 57-64.
4. Kim, D. I., S. G. Kim, G. H. Shin, J. B. Seo, K. J. Choi, K. H. Lim, and S. S. Kim. 2006. Biological control of twospotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by the predatory mite (*Phytoseiulus persimilis*) in sustainable strawberry fields. Korean J. Org. Agric. 14: 315-323.
5. Kim, D. I., S. G. Kim, S. J. Ko, B. Y. Kang, D. S. Choi, S. S. Kim, and I. C. Hwang. 2010. Toxicology study of plant extract made by *Chrysanthemum cinerariaefolium* and *Melia azedarach* against natural enemies and *Plutella xylostella* on chinese cabbage. Korean J. Org. Agric. 18: 559-571.
6. Kim, D. I., S. C. Lee, and S. S. Kim. 1996. Biological characteristics of *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae) as a predator of *Teranychus kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. Appl. Entomol. 35: 38-44.
7. Kim, D. I., K. C. Ma, D. S. Choi, K. H. Hyun, Y. I. Kuk, and S. S. Kim. 2015. Evaluation of susceptibility of tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) to plant extracts. J. Kor. Tea Soc. 21: 41-45
8. Kim, D. S., C. Jung, S. Y. Kim, H. Y. Jeon, and J. H. Lee. 2003. Regulation of spider mite populations by predacious mite complex in an unsprayed apple orchard. Korean J. Appl. Entomol. 42(3): 257-262.
9. Kim, S. S., and S. S. Yoo. 2002. Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. BioControl 47: 563-573.
10. Kim, Y. H., J. H. Kim, and M. W. Han. 1999. A preliminary study on the biological control of *Teranychus kanzawai* Kishida in *Angelica utilis* Makino by *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Tetranychidae, Phytoseiidae). Korean J. Appl. Entomol. 38: 151-155.

11. Lee, D. H., E. J. Kang, M. K. Kang, H. J. Lee, H. B. Seok, M. J. Seo, Y. M. Yu, and Y. N. Yoon. 2008. Effects of environment friendly agricultural materials to insect natural enemies at small green houses. *Korean J. Appl. Entomol.* 47: 75-86.
12. Lee, S. Y., K. S. Ahn, C. S. Kim, S. C. Shin, and G. H. Kim. 2004. Inheritance and stability of etoxazole resistance in twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, and its cross resistance. *Korean J. Appl. Entomol.* 43: 43-48.
13. Lee, Y. I., G. M. Kwon, S. W. Lee, H. K. Ryu, and O. H. Ryu. 1997. Density fluctuation of *Tetranychus urticae* and three predatory mite species (Phytoseiidae) by the differently infested levels. *Korean J. Appl. Entomol.* 36: 237-242.
14. Park, S. H., D. I. Kim, S. S. Kim. 2012. Susceptibility of tea red spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida to environmentally friendly agricultural materials. *J. Kor. Tea Soc.* 18: 37-43.
15. Ryu, Y. H., C. S. Huh, D. G. Kim, I. K. Yeon, W. S. Jo, and J. A. Ryu. 2015. Controlling effect of some environmentally friendly agents on garlic leaf blight in garlic. *Korean J. Organic Agri.* 23: 347-357.
16. SAS Institute. 1996. SAS/STAT user's guide, release 6.12 ed. SAS Institute, Cary, NC, USA.
17. Seo, S. G., S. S. Kim, J. D. Park, S. G. Kim, and D. I. Kim. 2004. Selective toxicity of spirodiclofen 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.
18. Song, J. S., C. M. Lee, S. M. Lee, D. S. Lee, Y. H. Choi, and D. W. Lee. 2013. Insecticidal activity of 7 herbal extracts against black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergiana*. *Korean J. Pestic. Sci.* 17: 411-418.
19. Yoo, S. S., and S. S. Kim. 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Entomol.* 30: 235-241.
20. You, Y. M., E. J. Kang, M. J. Seo, M. G. Kang, H. J. Lee, D. A. Kim, M. L. Gil, and Y. N. Youn. 2006. Effects of environment friendly agricultural materials to insect parasitoids on the laboratory. *Korean J. Appl. Entomol.* 45: 227-234.
21. Yu, J. S., D. K. Seo, E. H. Kim, J. B. Han, K. S. Ahn and G. H. Kim. 2005. Inheritance and cross resistance of bifentazate resistance in *Tetranychus urticae*. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 151-156.