

사과원에 서식하는 포식성 이리응애류(Acari: Phytoseiidae)의 종류 및 생태

정철의* · 김시용¹ · 이순원² · 이준호¹

안동대학교 생명자원과학부 농생물학전공, ¹서울대학교 농생명공학부 곤충학전공, ²대구사과연구소

Phytoseiid Mites (Acari: Phytoseiidae) from Korean Apple Orchards and Their Ecological Notes

Chuleui Jung*, Siyong Kim¹, Soon Won Lee² and Joon-Ho Lee¹

School of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong, Republic of Korea

¹Entomology Program, School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

²Taegu Apple Research Institute, Gunwi, Republic of Korea

ABSTRACT : Phytoseiid mites are important predators of spider mites, rust mites and many of insect pests as well. From two-year (2001-2002) survey of apple orchards in Kyoungbuk and Suwon area, 13 species of phytoseiids, 12 species of the genus *Amblyseius* and one species of the genus *Typhlodromus* were found. Among them, *Amblyseius womersleyi* was the most dominant followed by *A. rademacheri*, *A. orientalis*, and *A. makuwa*. *Amblyseius rademacheri* and *A. makuwa* were mainly found from ground vegetation. Keys to genera and species were presented with some pictorial details and ecological notes of each species. Further discussion on systematics of the family Phytoseiidae and use in apple IPM were suggested.

KEY WORDS : IPM, Biological control, *A. rademacheri*, *A. orientalis*, *A. makuwa*

초 록 : 이리응애류는 잎응애류 뿐 아니라 녹응애류, 총채벌레 등 많은 해충들의 중요한 포식자이다. 최근 2년간(2001-2002) 경북과 수원지방 사과원에 서식하는 이리응애류를 조사한 결과, 순이리응애속의 12종과 대중이리응애속의 1종 등 총 13종의 포식성 이리응애류가 조사되었다. 우점종은 긴털이리응애(*Amblyseius womersleyi*), 북방이리응애(*A. rademacheri*), 동양이리응애(*A. orientalis*), 알락이리응애(*A. makuwa*) 순이었으며, 긴털이리응애와 동양이리응애는 사과 잎에서, 북방이리응애와 알락이리응애는 주로 지면잡초에서 발견되었다. 사과 IPM에서 포식성 이리응애류의 이용에 관한 의견 및 각 종의 주요 서식처와 기초적 생태 정보를 제공함과 더불어, 13종에 대한 검색표를 제시하였다.

검색어 : IPM, 생물적 방제, 북방이리응애, 동양이리응애, 알락이리응애

이리응애류(Phytoseiids)는 중기문응애(Mesostigmata) 중에서 유일하게 고등식물의 잎을 주서식처로 이용하는 그룹으로(McMurtry and Rodriguez, 1987), Ascidae 등과 공통조상에서 약 8천만년 전쯤 분화되었

다고 추정된다(Chant and McMurtry, 1994). 이리응애과(Phytoseiidae)에 속하는 응애류의 진화는 등판 연화와 강모 단순화의 방향으로 진행되고 있으며, 이를 종 분류의 주요 특징으로 사용하고 있다(Chant and

*Corresponding author. E-mail: chuleuijung@yahoo.com

McMurtry, 1994). 이리응애과의 분류학적 위치와 범위에 대한 많은 논란에도 불구하고, 전세계적으로 약 1600종 이상이 보고되었고(Chant and Yoshida-Shaul, 1989), 일본에는 약 77종이 보고되었다(Ehara and Amano, 1998).

반면, 국내에서는 이리응애류 분류와 생태에 관한 연구 역사는 상대적으로 매우 짧다. Han (1969)이 *Amblyseius americanus*를 보고한 적이 있으나, 본격적인 이리응애에 관한 연구는 Ryu and Ehara (1991, 1992) 등의 이리응애류 분류와 Lee (1990)에 의한 사과원의 우점종인 긴털이리응애(*Amblyseius womersleyi* Schicha)에 대한 생태학적 연구를 시발로 본다. 그 후 Ryu (1992, 1993, 1995, 1996), Ryu *et al.* (1997) 등의 연구로 현재 2아과 5속 38종이 기록되어 있다.

이리응애류는 크기가 매우 작으며(200-500 μm), 일부는 꽃가루를 먹기도 하지만 많은 종류가 잎응애류를 포식하기 때문에 이들을 생물적방제 또는 해충종합관리에 이용 가능성이 높고, 일부는 성공적으로 이용되고 있다. Jeppson *et al.* (1975)은 전세계적으로 생물적방제에 널리 사용되는 28종을 소개하였으며, 우리나라에도 토착종인 긴털이리응애를 비롯하여 도입종인 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)를 잎응애류의 생물적 방제에 이용하고 있고, 팔라시스이리응애(*Neoseiulus fallacis* (Garman)), *Typhlodromus pyri* Scheuten 등의 도입도 고려하고 있다. 반면, 우리나라 과수원 환경에서 이리응애 상에 대한 자료는, Ryu *et al.* (2001)에 의한 나주지역 배과원에서 6종의 이리응애를 보고한 것 이외에는 거의 찾아볼 수 없다. 생태적 자료 역시 긴털이리응애와 일부 긴꼬리이리응애에 국한되어 있다. 또한 이리응애의 분류는 등판에 있는 강모의 위치, 수 및 길이, 다리의 강모 위치와 크기, 저정낭의 모양 등을 주요 특성으로 하기 때문에 비전문가에게는 매우 어려운 작업이다. 그러므로 그림이나 사진을 겸비한 검색표는 생물적 방제나 해충종합관리 사업 일선에서 매우 유용하게 쓰일 것이다. 따라서 본 논문에서는 우리나라 사과원에서 조사된 포식성 이리응애의 종 구성을 보고하고, 사진을 겸비한 검색표와 이들의 생태적 기초자료를 제시하였다.

재료 및 방법

2001년과 2002년에 경기도 수원과 경상북도 군위,

Table 1. Composition of Hoyer's solution (Gutierrez, 1986)

Component	Amount
Distilled water	50 ml
Gum arabic	30 g
Chloral hydrate	200 g
Glycerol	16 ml

의성, 안동, 영주 등 18개 사과원에서 토양, 잡초와 사과잎에서 채집하였다. 채집된 이리응애류는 70% 알코올에 고정된 후에 Hoyer 포매액으로 표본을 만들어 (Table 1) 동정하였다. 종 동정은 Ryu (1996)를 기본으로 하여 Ehara (1980), Chant and Yoshida-Shaul (1989), Chant (1993), Chant and McMurtry (1994), Ehara and Amano (1998) 등을 참고하였다. 채집된 표본은 서울대학교 곤충생태학연구실에 보관하고 있다.

검색표는 Chant and McMurtry (1994), Ryu (1996)와 Ehara and Amano (1998)를 토대로 하여, 비전문가도 쉽게 동정할 수 있도록 재작성하였다. 각 종에 대한 진단법과 기초 생태자료를 종별로 구분하여 정리하였다.

결과 및 고찰

사과원에 발생하는 이리응애상

사과원에서 발견된 이리응애류는 총 13종으로써 순 이리응애속 12종과 대중이리응애속 1종이었다(Table 2). 조사된 이리응애류 총 683개체 중에서 42.3%가 긴털이리응애로써 최우점종이었다. 그 다음으로 북방이리응애(*A. rademacheri*)와 동양이리응애(*A. orientalis*)가 각각 12.5%씩 차지하였다. 알락이리응애(*A. makuwa*)와 과립이리응애(*A. obtuserellus*)는 각각 5.7%와 3.0%를 차지하였으며, 나머지 10종은 밀도가 매우 낮았다. 서식처 별로 보면(Table 2), 긴털이리응애는 사과 잎과 잡초에서 비슷한 비율로 발견되어, 잡초와 수관부간 이동이 많은 것으로 짐작된다. 잎에서 더 많이 조사된 종들은 긴꼬리이리응애, 순이리응애, 꽃병이리응애, 포도이리응애, 동양이리응애와 대중이리응애였고, 북방이리응애와 알락이리응애 등은 잡초와 토양에서 더 많이 조사되었다. 사과원 이리응애상은 배과원에서 조사된 것보다 훨씬 다양하게 나타났다. Ryu *et al.* (2001)은 나주지방 배과원에서 6종의 이리응애를 보고하였으며, 배이리응애(*Proprioseiopsis nemotoi* (Ehara))를 미기록종으로 보고하였다. 배이리응애를 제외하면, 이들이 보고한 5종은 모두 사과원에서도 발

견되었다(Table 2). 그리고 Lee (1998)는 경북지방 사과원 주변 식생에서 9종의 이리응애가 발견되었음을 보고하였는데, 이 9종도 모두 발견되었다(Table 2). 따라서 본 논문에서 보고하는 13종 중에 앞에서 주로 발견된 7종 정도가 사과와 직접적인 연관관계가 있을

것으로 추정된다.

사과원 이리응애상의 특이한 점은, 미국 서부 사과원에서 잎응애류의 주요 천적으로 알려진 *Typhlodromus* (= *Galendromus*) *occidentalis* Nesbit가 국내에서도 보고되었으나(Ryu and Lee, 1992), 본 조사에서는 발견되지 않았다. 이 종에 대한 기재가 광릉, 청평 등 중북부 이상의 지역에서 이루어졌기 때문에(Ryu and Lee, 1992), 지역성이 분포에 영향을 미치는 지는 추후 재확인이 필요하다. 또한 유럽의 과수원에서 우점이며 잎응애류의 주요 포식자인 순이리응애(*A. finlandicus*) 역시 국내 사과원에서는 점유도가 매우 낮았다.

Table 2. List of phytoseiids found from Korean apple orchards, 2002

Speices		Note
<i>Amblyseius womersleyi</i> Schicha	긴털이리응애	1 ^a L ^b L,R ^c
<i>Amblyseius barkeri</i> (Hughes)	나팔이리응애	- W R
<i>Amblyseius eharai</i> Amitai et Swirski	긴꼬리이리응애	- L R
<i>Amblyseius finlandicus</i> (Oudemans)	순이리응애	- L L
<i>Amblyseius kokufuensis</i> Ehara et Kato	꽃병이리응애	- L L
<i>Amblyseius makuwa</i> Ehara	알락이리응애	4 W L,R
<i>Amblyseius neofirmus</i> Ehara et Okada	포도이리응애	- L L
<i>Amblyseius obtuserellus</i> Wainstein et Begljarov	과립이리응애	5 W -
<i>Amblyseius oguroi</i> Ehara	돌이리응애	- W L
<i>Amblyseius okinawaenus</i> Ehara	남방이리응애	- W -
<i>Amblyseius orientalis</i> Ehara	동양이리응애	3 L L,R
<i>Amblyseius rademacheri</i> Dosse	북방이리응애	2 W L
<i>Typhlodromus vulgaris</i> Ehara	대중이리응애	L L

^a Abundance ranking above 3% of total number found.
^b Habitat types: L: Leaf, and W: Weeds.
^c Previous reports: L: Lee (1998) in apple, and R: Ryu et al.(2001) in pear.

이리응애류의 검색표 작성

이리응애의 분류는 암컷 성충을 기준으로 하였다. 등판 강모의 명칭은 Chant and McMurtry (1994), Ryu (1996)와 Ehara and Amano (1998) 등이 사용하는 Rowell et al. (1978)에 따랐다. 즉, 등판의 가운데 열에 앞쪽은 j-setae, 뒤쪽은 J-setae, 측열에는 s-, S-setae, 중앙열과 측열사이에 z-, Z-setae가 있고, 측열 바깥쪽으로 r3과 R1이 있다(Fig. 1).

이리응애류의 아과 및 속 검색표

1. 등판 앞쪽 측면에 j3, z2, z4, s4, 4쌍의 강모가 있으

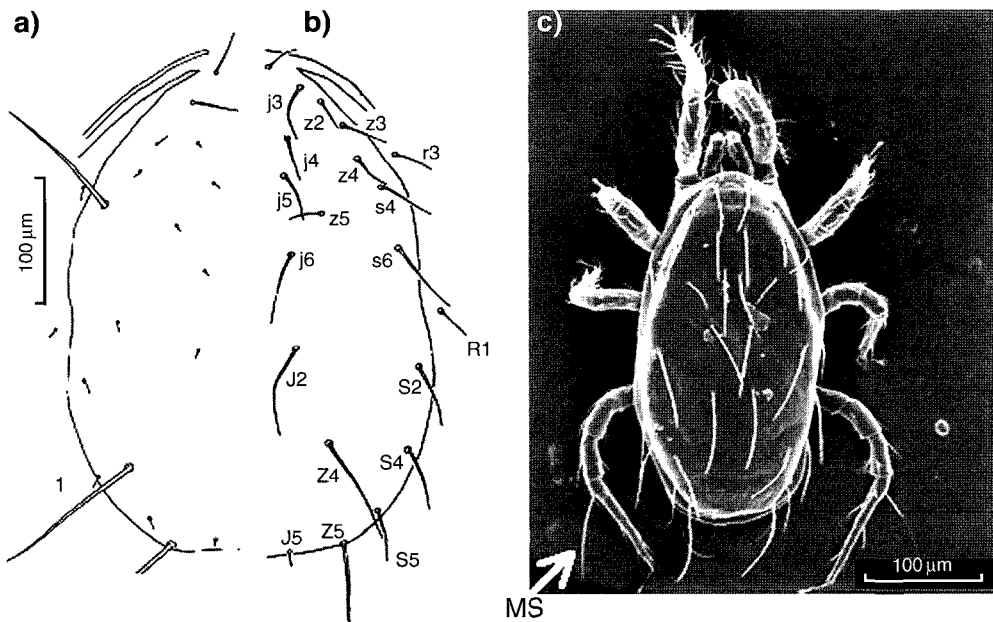


Fig. 1. Dorsum of female phytoseiid mites: dorsal setae of a) *Amblyseius* (4 pairs on lateral area of podoscutum), and b) *Typhlodromus* (6 pairs on lateral area of podoscutum), c) dorsum image of *Amblyseius womersleyi* with a macroseta (MS) on leg IV.

- 며, 등판 뒤쪽 측면에 Z1, S2, S4, S5, Z5, 5쌍의 강모가 있다(Fig. 1a, c)
- 순이리응애아과 Amblyseinae,
- 순이리응애속 *Amblyseius*
- 등판의 앞쪽 측면에 6쌍의 강모(j3, z2, z3, z4, s4, s6)가 있다
- 2. 등판 뒤쪽 측면에 Z1, S2, S4, S5가 없다
- 이리응애아과 Phytoseiinae,
- 이리응애속 Phytoseius
- 등판 뒤쪽 측면에 Z1, S2, S4, S5중에 하나는 있다 (Fig. 1b)
- 대중이리응애아과 Typhlodrominae,
- 대중이리응애속 Typhlodromus

- 복항판 앞쪽의 강모 3쌍이 나란하지 않으며, 기문기관이 제2기절 이상 뻗어 있다
- 2. Z5는 매우 길어, 등판 폭의 반 이상이다
- Z5는 등판 폭의 반보다 짧다
- 3. 복항판의 모양은 가운데가 오목하여 꽃병모양이다 (Fig. 3f)
- 복항판 측면이 밋밋하여 3각형 또는 5각형꼴이다 ..
- 4. 가슴판의 뒤쪽이 밋밋하고, 저정낭의 경부가 뚜렷하나, 주머니는 뚜렷하지 않다
- 꽃병이리응애 *A. kokufuensis*
- 가슴판의 뒤쪽이 울퉁불퉁하거나 중간이 불룩하고, 저정낭은 간혹 쌍으로 나타나며, 경부와 주머니가 연속적으로 뚜렷하다(Fig. 2a)
- 긴꼬리이리응애 *A. eharai*
- 5. 제4각 경절의 거대모가 기부절의 거대모보다 짧고, 저정낭 경부가 길며 과립형이다(Fig. 2b)
- 과립이리응애 *A. obtuserellus*

순이리응애속(*Amblyseius* Berlese)의 종 검색표

- 1. 복항판 앞쪽의 강모 3쌍이 거의 나란히 있으며, 기문기관이 매우 짧아 z4까지만 이른다(Fig. 3e)
- 순이리응애 *A. finlandicus*

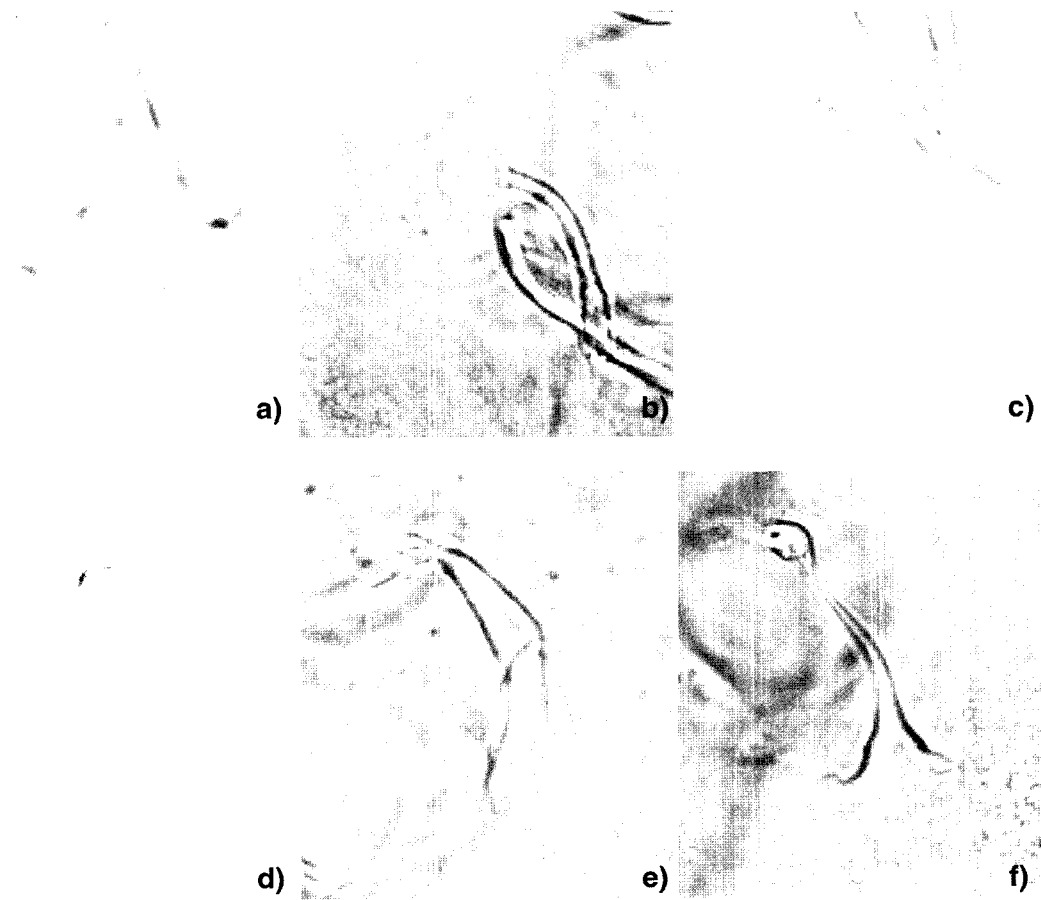


Fig. 2. Spermathecae a) *Amblyseius eharai*; b) *A. obtuserellus*; c) *A. orientalis*; d) *A. rademacheri*; e) *A. barkeri* and f) *A. makuwa*.

- 제4각 경절의 거대모가 기부절의 거대모보다 길다 6
- 6. 저정낭의 경부가 주머니에 파묻혀 있다 포도이리응애 *A. neofirmus*
- 저정낭의 경부가 길고, 도판이 길게 나와 있다 (Fig. 2c) 동양이리응애 *A. orientalis*
- 7. j4, j5, j6, J2가 각 강모들의 기부간 거리보다 길다 (Fig. 1b) 긴털이리응애 *A. womerselyi*
- j4, j5, j6, J2가 각 강모들의 기부간 거리보다 짧고, j1, j3, s4, Z4, Z5가 등판의 다른 강모보다 두드러지게 길다 8
- 8. Z4는 Z5의 기부까지 거리보다 길다 9
- Z4는 Z5의 기부까지 거리보다 짧다 10
- 9. s4의 길이가 s4와 z5기부간 거리보다 길고, 제4슬절 위의 거대모는 제4기부절의 거대모보다 짧으며, 등판이 연한 그물상이며, Z4, Z5는 약간 거칠다. 저정낭 기부가 넓은 V자 형이다(Fig. 2d, 3b) 북방이리응애 *A. rademacheri*
- s4의 길이가 s4와 z5기부간 거리보다 짧고, 제4슬절 위의 거대모는 제4기부절의 거대모보다 짧으며, 등판 측면에만 연한 그물상이고, j1은 j3보다 확연히 길다 돌이리응애 *A. oguroi*
- 10. 가슴판의 길이가 폭보다 크지 않으며, 제4각의 기부절에만 1개의 거대모가 있고, Z5를 제외한 등판의 강모는 거의 길이가 비슷하고, 저정낭은 나팔모양이다(Fig. 2e) 나팔이리응애 *A. barkeri*
- 가슴판의 길이가 폭보다 크지 않으며, 제4각에 3개의 거대모가 있다 11
- 11. 제4각 기부절에 2개의 거대모가 있고, 경절에는 거대모가 없다. 갈색에 약간 길쭉하며, s4, Z4, Z5가 두드러지고, Z5는 Z4 길이의 2배 이하이다. 저정낭의 모양은 매우 독특하여 쉽게 구분할 수 있다 (Fig. 2f) 알락이리응애 *A. makuwa*
- 제4각 슬절, 경절, 기부절에 각각 거대모가 있고, Z5는 Z4 길이의 2배보다 훨씬 길다 남방이리응애 *A. okinawanus*

**대중이리응애속(*Typhlodromus* Scheuten)의
종 검색표**

- 1. 등판의 뒤쪽에 S2, S4, S5가 있으며, 제4각의 거대모는 두껍고 끝이 뾰족하고, 슬절의 거대모는 경절의 것보다 길다(Figs. 1b, 3d)

..... 대중이리응애 *T. vulgaris*

국내 이리응애과의 검색표 작성에서 Ryu (1996)는 이리응애과를 2개의 아과(순이리응애아과(*Amblyseiinae*)와 이리응애아과(*Phytoseiinae*))로 나누었다. 그러나, Chant and McMurtry (1994)에 의하면 이리응애과의 기본 구성으로 순이리응애속(*Amblyseius* Bersele), 대중이리응애속(*Typhlodromus* Scheuten)과 이리응애속(*Phytoseius* Ribaga)을 포함되는 것에는 많은 응애 학자들이 이미 동의한 사항이며, 기존에 이리응애아과 밑에 subgroup으로 취급되던 *Phytoseiini*와 *Typhlodromini*는 각각 이리응애아과(*Phytoseiinae*)와 대중이리응애아과(*Typhlodrominae*)로 승격이 제안된 바 있다. 이 제안은 세계적으로 보고된 순이리응애아과를 제외한 592종의 분류학적 형질과 계통관계에 대한 검토를 바탕으로 이루어진 것이다. 이에 따라 Ehara and Amano (1998)도 일본산 이리응애과를 3아과로 분류하였다. 우리나라 이리응애 분류에도 이 시스템의 적용에 무리가 없을 것으로 사료되어, 본 저자들도 이리응애과를 3개의 아과로 분류하였다.

그리고, 순이리응애속의 종 검색표에서, Ryu (1996)는 등판 강모의 겹침 여부에 기준을 두고 긴털이리응애를 먼저 선별한 후에, 기문기관의 길이를 바탕으로 순이리응애를 나누었다. 그리고 나머지를 제4각에 있는 거대모의 길이를 기준으로 크게 2개의 그룹을 나누었다. 본 논문에서는 기문기관과 복향판 강모의 배열에 따라 순이리응애를 먼저 나누어 놓고, 등판의 긴털(Z5)의 길이에 따라 2개의 그룹으로 나누었다. 이는 Ehara and Amano (1998)의 방식을 따른 것으로 그들은 순이리응애가 들어있는 그룹을 *Amblyseius* (*Euseius*) 아속으로 분류하고, 나머지를 등판 강모의 길이에 따라 2개의 그룹, *Amblyseius* (*Amblyseius*) 아속과 *Amblyseius* (*Neoseiulus*) 아속으로 나누어 정리하였다. 일부에서는 순이리응애가 속해 있는 그룹을 속(*Euseius*)으로 승격하여 사용하기도 한다(Moraes et al., 1986). 이 분류 방식은 이리응애류의 형태적 형질 뿐 아니라 생태적 형질에 따라 정리한 그룹들과도 일치하는 경향을 보인다(Chant and McMurtry, 1994; McMurtry and Croft, 1997). 향후 이들 이리응애과를 대상으로 수리분류 또는 분자생물학적 계통 연구가 전개 되면, 분류 방식 뿐 아니라 각 그룹간의 진화적 위치를 밝히는 데 도움이 될 것이다.

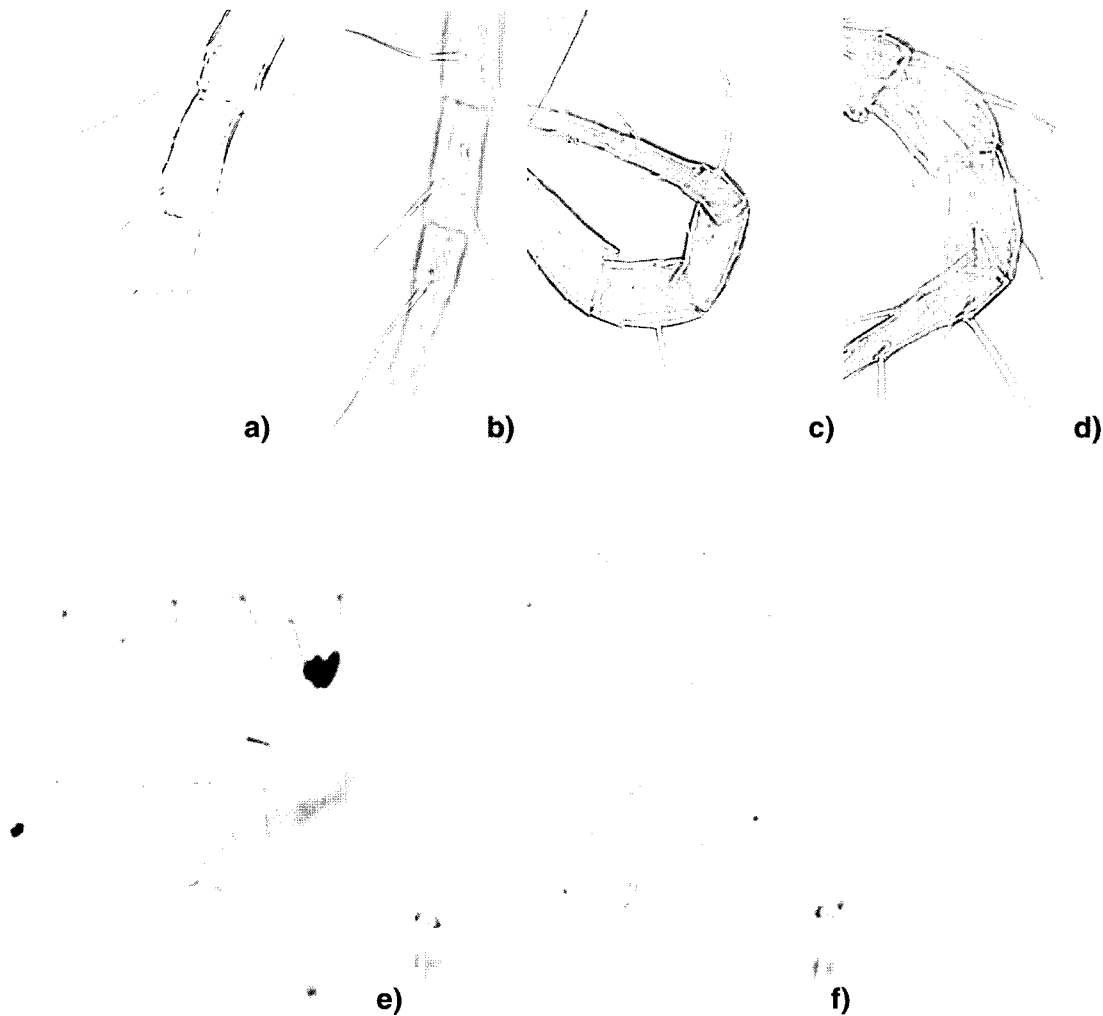


Fig. 3. Macrosetae on leg IV (a-d), and ventrianal setae on ventrianal plate (e-f). a) *Amblyseius obtuserellus*; b) *A. rademacheri*; c) *A. makuwa*; d) *Typhlodromus vulgaris*; e) *A. finlandicus* and f) *A. kokufuensis*.

이리응애 종 분류 및 생태적 특성

1) 순이리응애 *Amblyseius finlandicus* (Oudemans)

Seiulus finlandicus Oudemans, 1915, p. 183.

Typhlodromus finlandicus: Nesbitt, 1951, p. 25, Figs. 5, 12.

Amblyseius finlandicus: Athias-Henriot, 1958, p.34;

Ryu and Ehara, 1990 (국내 최초 기록), p. 147, Figs. 15-22.

Euseius finlandicus : Karg, 1971, p. 178, Fig. 125c; Moraes *et al.*, 1983, p. 41.

Amblyseius (Amblyseius) finlandicus (Oudemans): hara and Amano, 1998, p. 42, Fig. 19.

생태 정보: 이 종은 사과, 포도 등에서 응애류의 생물적 방제원으로 널리 알려져 있으며(Amano and Chant, 1986; Tuovinen, 1994; Koveos and Broufas, 2000; Broufas, 2002), 생물학적 자료가 많은 종이나, 국내에서 연구는 매우 미흡한 종이다. 또한 국내 농업 생태계에서 보고된 바가 없고, 본 조사에서도 개체수가 매우 적게 나타나, 농약이나 과원의 집약적 관리 등에 의해 과원에서의 서식이 제약된 것으로 보인다. 야생이나 공원 등지의 단풍나무에서 먹이 응애가 없어도 흔히 볼 수 있는 종이다. 또한 점박이응애가 만들어 내는 조밀한 망에 의해 행동의 제약을 받기 때문에(Jung and Croft, 2001), 사과응애, 굴응애, 녹응애 등 망을 형성하지 않는 응애류를 선호하는 것으로 알려져 있다(McMurtry and Rodrigues, 1987). McMurtry

and Croft (1997)는 이 종을 꽃가루를 주 먹이로 하고, 응애류나 기타 곤충도 포식하는 제4형 일반포식자로 구분하였다. 제4형 일반포식자에 속하는 이리응애를 해충관리 차원에서 이용하려면, 초생재배 및 약제 투입량의 저감을 통하여 이리응애류의 서식환경 개선 및 대체먹이 자원 확보 등이 요구된다.

2) 꽃병이리응애 *Amblyseius kokufuensis* Ehara and Okada

Amblyseius kokufuensis Ehara and Okada, 1994, p. 128, Figs. 8-15; Ryu, 1995 (국내 최초 기록), p. 80, Figs. 16-25.

생태 정보: 긴꼬리이리응애와 순이리응애 다음으로 기주범위가 넓은 종이나(Ryu *et al.*, 1997), 농업생태계에서 분포나 역할에 대한 자료는 미흡하다. 본 조사에서는 사과응애가 많은 과원에서 발견되었다. 긴꼬리이리응애와 형태적으로 매우 유사하여 종 동정에 세심한 주의가 요구된다.

3) 긴꼬리이리응애 *Amblyseius eharai* Amitai et Swirski

Amblyseius eharai Amitai et Swirski, 1981, p. 60, Figs. 1-3, 6-8; Ryu, 1996, p. 60.

Amblyseius largoensis Muma, Ehara, 1959, p. 293, Figs. 17-18.

Amblyseius deleoni Muma and Denmark, Ehara 1977, p. 34, Figs. 1-2.

Amblyseius (Amblyseius) eharai : Ehara *et al.*, 1994, p. 127, Figs. 1-7.

생태 정보: 우리나라에서 보고된 이리응애 중 서식 식물 범위가 가장 넓은 종으로(Ryu *et al.*, 1997), 차나무에서 차응애(Kim and Lee, 1996), 사과, 배에서 사과응애, 점박이응애(Lee, 1998; Ryu *et al.*, 2001)와 함께 발견된다. 잎응애류의 전 발육단계 포식이 가능하나, 활동기를 선호하고, 조망성이 높은 잎응애속(예, *Tetranychus*)에 대한 포식은 활발하지 않다(Ehara and Shinkaji, 1996). 이 종은 기본 생활사가 *Amblyseius andersoni* Chant와 비슷할 것으로 추측되며, McMurtry and Croft (1997)는 *A. andersoni*와 같은 생태적 그룹인 제3형 일반포식자로 구분하였다. 제3형 일반포식자란 잎응애류 뿐만 아니라 녹응애류, 기타 응애류 및 미소 곤충류, 꽃가루 등을 먹이로 하여 충분히 생식과

세대 연결이 가능한 포식자들을 말한다. 따라서 기본 먹이자원과의 관계는 약간 느슨하여, 생물적 방제원으로 사용할 경우 즉각적인 방제 효과는 거두기 어려우나, 식물간 이동이 적고 먹이가 부족한 환경에서도 서식처 이동이 많지 않아(Jung and Croft, 2001) 지속적인 피식자밀도 억제 효과를 얻을 수 있다.

4) 과립이리응애 *Amblyseius obtuserellus* Wainstein and Begljarov

Amblyseius obtuserellus Wainstein and Begljarov, 1971, p. 1806, Fig. 3; Ryu and Lee, 1992 (국내 최초 기록), p. 27, Figs. 16-21.

생태 정보: 중국에서 굴응애 다발생 과원에서 과립이리응애 보고가 있으며(Wu, 1984), 형태적으로는 저정낭 경부에 과립상이 뚜렷하다. 소나무, 잣나무, 왕대나무, 왕머루 등에서 보고되었으나(Ryu *et al.*, 1997), 먹이 및 농업생태계 내 서식처에 대한 정보는 빈약하다. 본 조사에서는 우점도는 비교적 높게 나타났으나, 사과잎에서는 전혀 조사되지 않고 잡초에서만 조사되어, 잡초나 지면에 서식하는 미소 동물류 및 곰팡이, 꽃가루를 먹이로 하는 듯 하다.

5) 포도이리응애 *Amblyseius neofirmus* Ehara and Okada

Amblyseius neofirmus Ehara and Okada, 1994, p. 133, Figs. 31-38; Ryu, 1995 (국내 최초 기록), p. 83, Figs. 26-31.

생태 정보: 우리나라에서는 포도과 식물에서만 발견되었던 종으로(Ryu *et al.*, 1997), 겨울에 포도의 죽은 가지 끝부분 대롱에서 집단으로 월동하기도 한다. 본 조사에서 발견 빈도는 매우 낮았다. 포도원에서 분포 조사 및 포식자로서의 기능에 대한 연구가 요구되는 종이다.

6) 동양이리응애 *Amblyseius orientalis* Ehara

Amblyseius orientalis Ehara, 1959, p. 291, Figs. 14-16, 6-8, 12-13; Ryu, 1996 (국내 최초 기록), p. 60.

생태 정보: 농약이 사용되지 않는 과원이나 폐원 등지에서 주로 발견되는 종으로, 발생 패턴은 일본 배 과원에서도 비슷하게 나타났다(Kishimoto, 2002). 서식 식물도 비교적 넓다(Ryu *et al.* 1997). 본 종은 북방형

또는 내륙형으로 분류되며(Ehara and Amano, 1994), 농약에 대한 민감도가 높다. 점박이응애보다는 사과응애나 녹응애와 연관이 더 깊은 것으로 보이며, 본 조사에서 우점도는 전체 조사된 종 중에서는 긴털이리응애, 북방이리응애 다음으로 높았으며, 앞에서 주로 조사된 종 중에서는 긴털이리응애 다음으로 많이 발견되었다. 응애류 종합관리 프로그램에서 이 종의 생태학적 역할에 대한 구명이 필요하다.

7) 긴털이리응애 *Amblyseius womersleyi* Schicha

Amblyseius womersleyi Schicha, 1975, p. 101, Figs. 1-9; Ryu, 1996, p. 58, Figs. 1-4.

Typhlodromus longispinosus Evans, Ehara, 1958, p. 55, Figs. 4-6.

Amblyseius longispinosus: Ehara, 1961, p. 95, Fig. 5.; Lee and Ryu, 1989, p. 219, Fig. 3A-G.

Neoseiulus longispinosus: Moraes *et al.*, 1986, p. 85.

Amblyseius (Amblyseius) womersleyi: Ehara *et al.*, 1994, p. 123.

생태 정보: 우리나라에서 긴털이리응애는 1990년대 중반까지만 해도 *A. longispinosus*로 알려져 왔으나, Ho *et al.* (1995)에 의해 *A. longispinosus*와 *A. womersleyi* 집단간에 생식적 격리가 이루어지고, 형태적으로도 S5에서 큰 차이가 인정되어, *A. womersleyi*로 재분류된 종이다(Ehara *et al.*, 1994; Ho *et al.*, 1995, Ryu 1996). 우리나라를 비롯하여 일본, 대만, 호주 및 뉴질랜드 등지에서 보고되었고(Schicha, 1975, 1987; Ho *et al.*, 1995), 토착 이리응애 중에서 유용성이 가장 높아 생물학적, 생태학적인 연구가 활발히 진행되어오고 있다. Lee (1990)에 의해 사과원에 우점 이리응애로서 점박이응애의 생물적 방제원으로 이용가능성이 제기된 이후에, 점박이응애에 대한 기능반응 및 탐색반응(Kim and Lee, 1993, 1994), 차응애에 대한 기능반응 및 포식자로서의 역할(Shih, 1984, 1985; Shih and Huang, 1991; Kim and Lee, 1996; Kim *et al.*, 1996), 굴응애에 대한 포식반응(Kim *et al.*, 2002), 온도의 발육에 미치는 영향(Lee and Ahn, 2000) 및 대량 사육 시스템의 자동화에 관한 연구(Shih, 2001)를 통하여 긴털이리응애를 농업생태계내에서 생물적 방제 인자로 사용하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 생리, 행동적 측면에서는 월동 휴면의 지역 계통간 차이(Kishimoto and Takafuji, 1994), 교미행동(Tsunoda, 1990), 및 잎응

애류의 가해에 의해서 식물이 방출하는 화학물질에 대한 포식자의 반응(Maeda and Takabayashi, 2001, Maeda *et al.*, 2000, 2001)에 대한 연구가 있다. 이러한 기초 연구는 결국 야외에서 방사를 통하여 또는 과원 환경 조절을 통하여 잎응애류의 밀도를 생물적 인자를 통해 조절이 가능한가라는 질문에 봉착한다. 긴털이리응애를 이용한 야외에서 생물적 방제에 관한 연구는 딸기에서 점박이응애 방제(Waite, 1988; Goodwin, 1990) 및 국내에서 사과(Jung *et al.*, 2003)와 배과원(Han *et al.*, 2003)에서 점박이응애의 생물적 방제가 가능함을 보였다. 살충제 및 살균제가 집중적으로 투입되는 현 과원 환경에서 천적을 이용한 잎응애류의 밀도 조절이 현실화되려면 천적에 선택적인 약제의 선발 및 병해충의 예찰을 통한 약제의 살포 횟수 및 투입량의 감소가 절대적으로 필요하다. 긴털이리응애에 대한 농약의 비표적 효과 및 선택성 농약의 선발에 대한 연구도 지속적으로 진행되고 있다(Kim *et al.*, 1997; Mochizuki, 1994; Park *et al.*, 1996; Kim and Paik, 1996a, b; Paik and Kim, 1996a, b; Kim *et al.*, 2000). 또한 긴털이리응애 뿐만 아니라 차재배지와 배과원에서 우점인 긴꼬리이리응애에 대한 약제 영향에 관한 연구도 일부 진행되었다(Kim and Seo, 2001).

8) 북방이리응애 *Amblyseius rademacheri* Dosse

Amblyseius rademacheri Dosse, 1958, p. 44, Figs. 1-5; Ryu and Ehara, 1992 (국내 최초 기록), p. 727, Figs. 15-23.

생태 정보: 단풍잎돼지풀, 밤나무, 산딸기, 쇠무릎 등에서 보고되었고(Ryu *et al.*, 1997), 일본에서는 강낭콩 등에서 잎응애류의 생물적 방제원으로 사용한다는 보고가 있다(Jeppson *et al.*, 1975). 본 조사에서는 주로 지면 잡초에서 발견되었다. 또한 사과원에서 조사된 이리응애류 중에서 긴털이리응애 다음으로 우점도가 높아, 추후 이 종에 대한 생태학적 연구가 진행되면 해충종합관리 프로그램에서의 유용성 여부도 판단이 될 것이다.

9) 둘이리응애 *Amblyseius oguroi* Ehara

Amblyseius oguroi Ehara, 1964, p. 384, Figs. 17-23; Ryu and Lee, 1992 (국내 최초 기록), p. 23, Figs. 1-9.

생태 정보: 침엽수나 관목보다는 활엽수, 초본류에서 더 많이 보고된 종으로(Ryu *et al.*, 1997), 사과원

지면잡초에서 주로 발견되었으며, 이종에 대한 생태적 정보는 극히 제한적이다.

10) 나팔이리응애 *Amblyseius barkeri* (Hughes)

Neoseiulus barkeri Hughes, 1948, p. 141, Figs. 200-206.

Amblyseius (Amblyseius) barkeri (Hughes) Ehara 1972, p. 147, Figs. 42-48.

Neoseiulus barkeri, Moraes et al., 1986. p. 70.

Amblyseius (Amblyseius) barkeri (Hughes) Ehara and Amano, 1998.

생태 정보 : 나팔이리응애는 전세계적 분포를 가지며, 잎응애류는 물론 깍지벌레, 톱토기류 및 총채벌레를 포식하는 종으로써, 응애류보다는 총채벌레의 생물적 방제원으로 더 많이 알려져있다. McMurtry and Croft (1997)은 이 종의 먹이범위 및 기본 생활사를 바탕으로 제3형 일반포식자로 분류한 바 있다. 국내에서도 총채벌레 천적으로서 이용가능성에 대한 연구가 많이 되어 있다. 본 조사에서도 주로 잡초에서 발견되어, 잡초에 있는 총채벌레 및 기타 응애, 소형 곤충류를 포식하는 것으로 보인다.

11) 알락이리응애 *Amblyseius makuwa* Ehara

Amblyseius makuwa Ehara, 1972, p. 154, Figs. 70-74;

Ryu, 1993, p. 109, Figs. 77-81.

생태 정보 : 우리나라와 일본 배과원에서 발생이 보고되었고(Ryu et al., 2001; Kishimoto, 2002), 본 조사에서는 주로 지면 잡초에서 발생하였고, 배과원에서도 잡초에서 주로 발견되는 것으로 보아, 사과나무로의 이동은 매우 제한적인 것 같다. 중국에서는 꿀과원에서 6월경 꿀응애(*Panonychus citri* (McGregor)와 같이 발생하고, 꽃가루만으로도 누대사육이 가능하며. 선호 꽃가루는 오이(*Cucumis sativas*), 마편초과의 란타나(*Lantana camara*), *Jasminum sumbad* 등이 보고되었다(Pu et al., 1991). 또한 모과 밭에서 뿌리응애류에 대한 방제 효과도 보고된 바 있다(Wu et al., 1991).

12) 남방이리응애 *Amblyseius okinawanus* Ehara

Amblyseius okinawanus Ehara, 1967, p. 72, Figs. 17-24;

Ryu and Lee, 1992 (국내 최초 기록), p. 27, Figs. 22-30.

생태 정보 : 이 종은 우리나라 과원에서는 처음으로 보고되는 종이나, 일본에서는 약제 살포가 적은 배와 포도원에서 우점종으로 보고되었다(Amano, 2001). 먹이범위에 대한 자료는 충분치 않으나, 주 먹이자원이 꿀응애 우점인 배과원보다는 녹응애나 차응애 우점인 배과원에서 많이 발견되었다(Amano, 2001). 중국에서는 꽃가루를 이용한 사육이 가능하고, 박과식물 및 콩 등에서 잎응애류 방제 가능성을 보고한 바 있다(Wu et al., 1991). 주요 서식처가 지면 잡초로, 잎응애류보다는 꽃가루와 곰팡이류를 주 먹이로 이용하는 것으로 알려졌다(Ehara and Shinkaji, 1996).

13) 대중이리응애 *Typhlodromus vulgaris* Ehara

Typhlodromus vulgaris Ehara, 1959, pp. 286-288, Figs.

1-5; Lee, 1961, p. 64; Ryu, 1991, pp. 63-66, Figs. 92-100.

생태 정보 : 약제살포가 제한적인 과원에 주로 발생하고, 점박이응애보다는 차응애나 녹응애가 많은 잎에서 발견되었다. 국내에서는 쥐똥나무에 녹응애와 함께 종종 발견되기도 하고, 일본에서는 꿀응애와 같이 망을 형성하지 않는 잎응애류와 연관이 높고, 농약이 살포되지 않거나 폐원이 된 과원에 주로 발생하는 것으로 보고하였다(Amano, 2001; Kishimoto, 2002). 과수내에서도 잎보다는 주로 가지를 활동 영역으로 확보하는 것으로 알려져 있다(Ehara and Shinkaji, 1996).

사 사

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21과 서울대학교 BK21이 지원한 연구 사업의 일부결과입니다.

Literature Cited

- Amano, H. 2001. Species structure and abundance of invertebrate natural enemies in sustainable agroecosystem, pp. 167-182. In Structure and function in agroecosystem design and management, eds. by M. Shiyomi and H. Koizumi, CRC Press, London.
- Amano, H. and D.A. Chant. 1986. Laboratory studies on the feeding habitats, reproduction and development of three phytoseiid species, *Typhlodromus pomi*, *Phytoseius macropilis* and *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae), occurring on abandoned apple trees in Ontario, Canada. Exp. Appl. Acarol: 2: 299-313.
- Broufas, G. 2002. Diapause induction and termination in the predatory mite *Euseius finlandicus* in peach orchards in northern

- Greece. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 921-932.
- Chant, D.A. 1993. Adaptive radiation in the family Phytoseiidae (Acari: Gamasina) as reflected by adult idiosomal setation. *Internat. J. Acarol.* 19: 203-231.
- Chant, D.A. and E. Yoshida-Shaul. 1989. Adult dorsal setal patterns in the family Phytoseiidae (Acari: Gamasina). *Internat. J. Acarol.* 15: 219-233.
- Chant, D.A. and J.A. McMurtry. 1994. A review of the subfamilies Phytoseiinae and Typhlodrominae (Acari: Phytoseiidae). *Internat. J. Acarol.* 20: 223-310.
- Collyer, E. 1982. *The Phytoseiidae of New Zealand (Acarina) 1. The genera Typhlodromus and Amblyseius keys and new species.* *N. Z. J. Zool.* 9: 185-206.
- Ehara, S. 1980. Illustrations of the mites and ticks of Japan. *Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai*, Tokyo.
- Ehara, S. and N. Shinkaji. 1996. Principles of plant acarology. 419 pp. *Jap. Asso. Agr. Edu.*, Kyoto.
- Ehara, S. and H. Amano. 1998. A revision of the mite family Phytoseiidae in Japan (Acari: Gamasina), with remarks on its biology. *Species Diversity* 3: 25-73.
- Ehara, S., Y. Okada and H. Kato. 1994. Contribution to the knowledge of the mite family Phytoseiidae in Japan (Acari: Gamasina). *J. Fac. Educ. Tottori Univ. Nat. Sci.* 42: 119-160.
- Goodwin, S. 1990. Seasonal abundance and control of spider mites (Tetranychidae) infesting commercial strawberries in coastal New South Wales. *J. Aust. Entomol. Soc.* 29: 161-166.
- Gutierrez, J. 1985. Mounting techniques, pp. 351-353. *In Spider mites. Their ecology, natural enemies and control.* Eds. by W. Helle and M. W. Sabelis. Elsevier, Amsterdam.
- Han, G.P. 1969. Study on leaf spider mite II. Spider mite species on orchard crops. *Kor. J. Plant Prot.* 8: 29-35.
- Han, S., C. Jung and J.-H. Lee. 2003. Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *Amblyseius womersleyi* and *Tetranychus urticae*: I. Release position on pear. *J. Asia-Pacific Entomol.* (Submitted).
- Ho, C. and W.H. Chen. 1992. Control of phytoseiids in a spider mite mass-rearing system (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 13: 287-293.
- Ho, C., K. Lo and W. Chen. 1995. Comparative biology, reproductive compatibility, and geographical distribution of *Amblyseius longispinosus* and *A. womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 24: 601-607.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer and E.W. Baker. 1975. *Mites injurious to economic plants.* University of California Press, Berkeley.
- Jung, C. and B.A. Croft. 2001. Ambulatory and aerial dispersal among specialist and generalist predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 30: 1112-1118.
- Jung, C., S. Han and J.-H. Lee. 2003. Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *Amblyseius womersleyi* and *Tetranychus urticae*: II. Release rate on apple. *J. Asia-Pacific Entomol.* (Submitted).
- Kim, D.H., K.S. Kim, J.W. Hyun and S.K. Jeong. 2002. Comparison of predation rates of three phytoseiid mite species on citrus red mite (*Panonychus citri* McGregor) on citrus tree. *Korean J. Appl. Entomol.* 41: 55-60.
- Kim, D.I. and S.C. Lee. 1996. Functional response and suppression of prey population of *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae) to *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 126-131.
- Kim, D.I., S.C. Lee and S.S. Kim. 1996. Biological characteristics of *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae) as a predator of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 38-44.
- Kim, D.-I., C.H. Paik, J.-D. Park, S.S. Kim and S.-G. Kim. 2000. Relative toxicity of Neem-Azal-T/S to the predacious mite, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acari: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 53-58.
- Kim, D.-S. and J.-H. Lee. 1993. Functional response of *Amblyseius longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Effects of prey density, distribution, and arena size. *Korean J. Appl. Entomol.* 32: 61-67.
- Kim, D.-S. and J.-H. Lee. 1994. Foraging behavior of *Amblyseius longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) for *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs. *Korean J. Appl. Entomol.* 33: 33-38.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1996. Comparative toxicity of abamectin to the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae) and the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and. *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 164-172.
- Kim, S.S. and S.G. Seo. 2001. Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 36: 509-514.
- Kim, Y.J., H.-S. Lee, S.-W. Lee, K.-H. Kim and Y.-J. Ahn. 1997. Toxicity of Tebufenpyrad to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory and field conditions. *Ann. RCNBM* 6: 166-173.
- Kishimoto, H. 2002. Species composition and seasonal occurrence of spider mites (Acari: Tetranychidae) and their predators in Japanese pear orchards with different agrochemical spraying programs. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 603-615.
- Kishimoto, H. and A. Takafuji. 1994. Variations in the diapause characteristics of *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). *J. Acarol. Soc. Jpn* 3: 59-67.
- Koveos, D.S. and G.D. Broufas. 2000. Functional response of *Euseius finlandicus* and *Amblyseius andersoni* to *Panonychus ulmi* on apple and peach leaves in the laboratory. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 247-256.
- Lee, J.-H. and J.J. Ahn. 2000. Temperature effects on development, fecundity, and life table parameters of *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 29: 265-271.
- Lee, S.W. 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards, pp. 87. *Entomology.* Seoul National University, Suwon.
- Lee, Y.I. 1998. Integrated management of the spider mite in apple orchards with some predatory mites. *Res. Report. MAF.*
- Maeda, T. and J. Takabayashi. 2001. Patch-leaving decision of the predatory mite *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) based on multiple signals from both inside and outside a prey patch. *J. Insect Behavior* 14: 829-839.
- Maeda, T., J. Takabayashi, S. Yano and A. Takafuji. 2000. Effects of light on the tritrophic interaction between kidney bean plants, two-spotted spider mites and predatory mites, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 24: 415-425.
- Maeda, T., J. Takabayashi, S. Yano and A. Takafuji. 2001. Variation in the olfactory response of 13 populations of the predatory mite *Amblyseius womersleyi* to *Tetranychus urticae*-infested plant volatiles (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 25: 55-64.
- McMurtry, J.A. and J.G. Rodriguez. 1987. Nutritional ecology of phytoseiid mites, pp. 609-644. *In Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates*, eds. by F.J. Slansky and J.G. Rodriguez. John Wiley & Sons, New York.
- McMurtry, J.A. and B.A. Croft. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Ann. Rev. Entomol.* 42: 291-321.
- Mochizuki, M. 1994. Variations in insecticide susceptibility of the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae), in the tea fields of Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 203-209.

- Moraes, G.J., J.A. McMurtry and H.A. Denmark. 1986. A catalog of the mite family Phytoseiidae. References to taxonomy, synonymy, distribution and habitat. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria.
- Paik, C.H. and S.S. Kim. 1996a. Selective toxicity of flufenoxuron to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). Kor. J. Entomol. 26: 47-55.
- Paik, C.H. and S.S. Kim. 1996b. Relative toxicity of fenpyroximate to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. Appl. Entomol. 35: 266-272.
- Park, C.G., J.K. Yoo and J.O. Lee. 1996. Toxicity of some pesticides to twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) and its predator *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae). Korean J. Appl. Entomol. 35: 232-237.
- Pu, T., T. Zeng and D. Wei. 1991. Integrated evaluation on 20 plant pollen as diet for mass rearing *Amblyseius makuwa* (Acarina: Phytoseiidae). Chinese J. Biol. Cont. 7: 111-114.
- Rowell, H.J., D.A. Chant and R.I.C. Hasnsell. 1978. The determination of setal homologies and setal patterns on the dorsal shield in the family Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata). Can. Entomol. 110: 859-876.
- Ryu, M.O. 1995. Four phytoseiid mites of the genus *Amblyseius* from Korea (Phytoseiidae, Acari). Kor. J. Entomol. 25: 77-84.
- Ryu, M.O. 1996. Key and list to the species of the genus *Amblyseius* from Korea (Acari: Phytoseiidae). Kor. J. Entomol. 26: 57-64.
- Ryu, M.O. 1998. A new species of the genus *Amblyseius* (Acari: Phytoseiidae) from Korean deciduous plants. Kor. J. Biol. Sci. 2: 183-185.
- Ryu, M.O. and S. Ehara. 1991. Three phytoseiid mites from Korea (Acari: Phytoseiidae). Acta Arachnol. 40: 23-30.
- Ryu, M.O. and S. Ehara. 1992. A new and two unrecorded species of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from Korea. Jpn. J. Ent. 60: 723-729.
- Ryu, M.O. and W.K. Lee. 1992. Ten newly recorded phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from Korea. Kor. J. Entomol. 22: 23-42.
- Ryu, M.O. and S. Ehara. 1993. Two new species of genus *Phytoseius* (Phytoseiidae, Acari) from Korea. Kor. J. Sys. Zool. 9: 13-18.
- Ryu, M.O. and W.K. Lee. 1995. Two new species of the genus *Amblyseiuella* Muma (Acari: Phytoseiidae) from Korea. Kor. J. Sys. Zool. 11: 199-25.
- Ryu, M.O. and S. Ehara. 1997. Redescription of *Okiseius* (*Kampimodroumellus*) *juglandis* (Wang et Xu) (Acari: Phytoseiidae). J. Acarol. Soc. Jpn 6: 113-116.
- Ryu, M.O. and W.K. Lee. 1997. Two imported species of the phytoseiid mites in Korea (Acari: Phytoseiidae). Kor. Arachnol. 13: 81-86.
- Ryu, M.O. and T.H. Kim. 1998. New records of three phytoseiid mite species from Korea (Acari: Phytoseiidae). Kor. J. Entomol. 28: 101-106.
- Ryu, M.O., W.K. Lee and T.H. Kim. 1997. Habitats and abundances of Korean phytoseiid mites. Kor. J. Appl. Entomol. 36: 224-230.
- Ryu, M.O., W.K. Lee and S.R. Cho. 2001. Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from the pear field of Naju district in Korea. Korean J. Soil Zool. 6: 7-9.
- Schicha, E. 1975. A new predacious species of *Amblyseius* Berlese from strawberry in Australia, and *A. longispinosus* (Evans) redescribed (Acari: Phytoseiidae). J. Aust. Entomol. Soc. 14: 101-106.
- Schicha, E. 1987. Phytoseiidae of Australia and neighboring areas. Indira Publishing House, Oak Park, MI.
- Shih, C.-I.T. 1984. Field evaluation of five species of *Amblyseius* on *Tetranychus kanzawai*. In D.A. Griffiths and C.E. Bowman [eds.], Carology VI. Ellis Horwood, Chichester, UK.
- Shih, C.-I.T. 1985. Biological control of Mulberry spider mites, *Tetranychus kanzawai*, with augmentation of *Amblyseius womersleyi*. Special Publication, Taiwan Agricultural Research Institute. A review of the biological control of crops in Taiwan (1981-1984) 19: 21-27.
- Shih, C.-I.T. 2001. Automatic mass-rearing of *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 25: 425-440.
- Shih, C.-I.T. and J.S. Huang. 1991. Functional responses of *Amblyseius womersleyi* preying on the kanzawa spider mites. In Modern Acarology, eds. by F. Dusbabek and V. Bukva. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Tsunoda, T. 1990. Mating behavior of the predacious mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). Appl. Entomol. Zool. 29: 141-147.
- Tuovinen, T. 1994. Influence of surrounding trees and bushes on the phytoseiid mite fauna on apple orchard trees in Finland. Agri. Ecosys. Environ. 50: 39-47.
- Waite, G.K. 1988. Integrated control of *Tetranychus urticae* in strawberries in south east Queensland. Exp. Appl. Acarol. 5: 23-32.
- Wu, W.N. 1984. Notes on the genus *Amblyseius* Berlese with descriptions of two new species from citrus orchards in south China (Acarina: Phytoseiidae). pp. 222-227. In Acarology VI, vol. 1, eds. by D.A. Griffiths and C.E. Bowman. Ellis Horwood, Chichester.
- Wu, W., Y. Liu and W. Lan. 1991. The phytoseiid mites of rice and its brief description from south scientific notes China. Nat. Enemies of Insects 13: 144-150.

(Received for publication 11 June 2003;
accepted 31 July 2003)