

귤응애의 생물적 방제를 위한 *Amblyseius fallacis*의 방사수준

김동환* · 김광식 · 현재욱 · 임한철

제주농업시험장 식물환경과

Release Level of *Amblyseius fallacis* Garman (Acarina: Phytoseiidae) for Biological Control of *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) on Citrus

Dong-Hwan Kim*, Kwang-Sik Kim, Jae-Wook Hyun and Han-Cheol Lim

Department of Plant Environment, Jeju Agricultural Experiment Station, RDA, Jeju 690-150, Republic of Korea

ABSTRACT : The effect of density suppression of *Amblyseius fallacis* (Garman) against *Panonychus citri* (McGregor) on citrus tree introduced with some different ratio was investigated. When it was introduced with over 16 : 1 (*Panonychus citri* : *A. fallacis*) ratio, *Panonychus citri* was suppressed very effectively. And in case of introduced once or two times with 20 : 1 ratio when the density of *Panonychus citri* was reached 0.5 and 1.0 per leaf, the density of *A. fallacis* was formed highly, but the suppression effect against *Panonychus citri* was not effective. Also, the density changes of *P. citri* and *A. fallacis* on the citrus tree released with 10 : 1 ratio (*P. citri* : *A. fallacis*) when the density of *P. citri* was reached about 0.1 per leaf in plastic film house were investigated. In case of released twice at the interval of 10 days, the density of *A. fallacis* was high and *P. citri* was suppressed so effectively over two month. On the inside of canopy of the citrus tree planted in plastic film house, the air temperature was much lower than on the outside of canopy, while relative humidity was much higher.

KEY WORDS : Citrus, *Panonychus citri*, Biological control, *Amblyseius fallacis*, Release

초 록 : 향은·향습 조건에서 *Amblyseius fallacis*의 접종밀도별 귤응애에 대한 밀도억제효과를 조사한 결과, 16 : 1 (*Panonychus citri* : *A. fallacis*) 이상의 비율로 접종한 경우에 귤응애의 밀도가 매우 효과적으로 억제되었다. 그리고 귤응애의 초기 밀도가 잎 당 0.5마리와 1마리일 때 20 : 1로 1-2 회씩 방사한 결과, 모든 처리에서 *A. fallacis*의 밀도는 다소 높게 형성되었으나 귤응애에 대한 뚜렷한 억제효과를 보이지는 않았다. 정상적으로 관리되고 있는 비닐하우스의 감귤나무에서 귤응애가 잎 당 0.1-0.2마리 정도일 때 10 : 1로 2회 방사한 경우에는 *A. fallacis*의 밀도도 높게 형성되었으며, 유기합성농약을 살포한 처리구와 동일할 정도의 높은 방제효과를 보였다. 그리고 이리응애가 서식하는 곳은 수관 내부이므로 수관 내부와 외부의 환경차이를 조사한 결과, 주간에는 수관 내부가 외부에 비해 기온은 낮고, 상대습도는 높기 때문에 *A. fallacis*의 서식에 다소 유리한 것으로 나타났으며, 기온은 7.2°C 이상, 상대습도는 18.5% 이상까지도 차이가 있었다.

검색어 : 감귤, 귤응애, 생물적방제, *Amblyseius fallacis*, 방사수준

귤응애(*Panonychus citri* McGregor)는 우리나라에서 감귤이 경제적인 목적에서 본격적으로 재배되기 시작

한 1960년대이래 현재까지 가장 문제시되는 감귤해충으로 지목되고 있다(Kim, 1997; Kim and Kim, 1999;

*Corresponding author. E-mail: donghwan@rda.go.kr

Moon *et al.*, 1978; Kwon, 1979; Choi, 1997). 그러나 30년 이상 유기합성농약을 이용한 화학적 방제에 전적으로 의존함으로써 약제저항성 증가 등과 같은 부작용이 발생함에 따라 효율적인 방제가 매우 어려운 실정이다. 그리고 최근 들어 저농약농산물에 대한 소비자의 요구도가 급격히 증가되고 있기 때문에 유기합성농약의 사용량을 줄이고 친환경적인 병해충 관리법을 개발하기 위한 일환으로서 천적을 이용한 생물적 방제에 관한 연구가 더욱 더 요구되고 있다.

제주도의 감귤 재배지와 남해안의 유자 재배지에 발생하는 귤응애에 대한 자생천적으로는 약 10여 종이 발생하고 있는데, 그 중 민개알반날개(*Oligota kashmirica benefica*)가 가장 유력한 천적으로 지목되고 있고(Kim, 1997; Kim and Choi, 2000), Choi (2002)에 의해 민개알반날개의 생태와 이용에 관한 연구가 깊이 있게 연구되기도 하였다. 그러나 민개알반날개는 귤응애에 대한 포식량은 많으나 귤응애 밀도가 낮을 경우에는 억제효과가 저조하며, 또한 대량 사육이 매우 어렵다는 것이 문제점으로 지적되고 있다(Choi, 2002). 따라서 Kim *et al.* (2002)은 유용한 귤응애의 생물적 방제인자를 찾고자 3종 이리응애(자생종 1종, 도입종 2종)의 귤응애에 대한 포식능력을 검토하여 *Amblyseius fallacis* (Garman)를 선발하였다. 국내 자생종인 진털이리응애(*Amblyseius womersleyi* Schica)가 전남지역 유자원의 귤응애에 대해 포식능력이 우수하다(Kim and Paik, 1999c)는 보고도 있으나 제주도 감귤원의 귤응애에 대해서는 포식능력이 낮은 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2002).

*A. fallacis*는 미국이나 호주 등의 과수원에서 주로 점박이응애를 대상으로 이용되고 있는 천적으로(Hoyt, 1969; Croft, 1975; Smith *et al.*, 1997) 딸기, 박하, 정원수 등에서의 월동상황 등과 같은 수상에서의 생활사에 관한 연구가 이루어진 바 있으며(Bounfour and Tanigoshi, 2002; Morris *et al.*, 2000; Pratt and Croft, 2000), Rutaceae과(科)에 속하는 식물인 *Skimmia japonica*에 기생하는 귤응애에 대한 *A. fallacis*의 밀도 억제효과가 조사(Pratt and Croft, 1998)된 바 있다. 그리고 국내에서는 차나무의 차응애를 대상으로 한 기능반응 및 생물학적 특성에 관한 연구(Kim and Paik, 1999a; Kim and Paik, 1999b)가 이루어졌으며, 귤응애를 대상으로 한 연구로는 포식량 및 생태에 관한 연구(Kim and Paik, 1999c; Kim *et al.*, 2002)가 다소 수행

되어 있을 뿐 이용에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 본 시험은 *A. fallacis*의 방사수준을 설정하고 하우스밀감원에서의 적용 가능성을 검토하고자 하여 수행되었다.

재료 및 방법

*A. fallacis*의 확보 및 사육

시험에 이용한 *Amblyseius fallacis*는 2000년 8월에 미국의 천적회사인 EC-Giger company로부터 수입하여 사육실 조건(온도: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도: $65 \pm 5\%$, 조명: 16L:8D)에서 누대사육 되어온 계통이다. 먹이로는 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* var. *humilis* Alefeld)에서 증식된 점박이응애를 제공하였으며, 점박이응애 기주식물인 강낭콩은 직경 10 cm, 높이 9 cm의 비닐포트에 원예용 상토를 담아서 2-3립씩 파종하여 온실에서 재배하였고, 본엽이 완전히 전개된 후에 점박이응애를 접종하여 증식시켰다. *A. fallacis*의 사육방법은 $35 \times 40 \times 4$ cm의 받드에 사각 플라스틱 바구니를 얹어놓고 그 위에 알미늄 쿨링호일을 깔 뒤 가장자리를 키친타올로 둘러서 물을 공급함과 동시에 이리응애의 이탈을 방지하였다. 그리고 그 위에 점박이응애가 증식된 강낭콩 잎을 엽병채로 꽂아서 사육하였다.

접종 밀도별 귤응애 밀도 억제효과

높이가 약 40-60 cm이고, 잎의 수가 약 50-70 정도이며, 포트묘에 식재된 건전한 온주밀감 유목을 이용하여 사육실(온도: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도: $70 \pm 5\%$, 조명: 16L:8D)에서 수행되었으며, 처리 당 4주씩 총 20주가 이용되었다. 귤응애의 발생 조건을 유사하게 조절하기 위해 귤응애가 전혀 발생하지 않은 유목에 귤응애의 기생량이 많은 가지를 잘라와 접종해서 일정기간 증식시켰으며, 귤응애 약충과 성충의 밀도가 주당 약 150-250마리 정도가 되었을 때 이리응애를 접종하였다. 접종비율은 64:1, 32:1, 16:1, 8:1(귤응애:이리응애)로 하였으며, *A. fallacis* 암컷성충을 미세한 붓을 이용하여 접종한 후 30일차까지 5일 간격으로 모든 잎에서의 귤응애와 이리응애의 약충과 성충수를 조사하였다.

굴응애 밀도에 따른 접종 시기 및 횡수별 굴응애 밀도 억제효과

잎의 수가 약 180-200개 정도이며, 약 60-70 cm 높이의 포트에 식재된 전전한 온주밀감 유목을 이용하여 온실내에서 2002년 4-5월에 수행되었다. 굴응애 밀도가 각각 잎 당 0.5마리, 1마리일 때 *A. fallacis*는 암컷성충을 미세한 붓을 이용하여 접종한 후 3, 6, 9, 15, 20, 25, 30일차까지 주당 20잎에서의 굴응애 및 이리응애 밀도를 육안 조사하였다. 접종횟수는 1회와 2회로 하였으며, 2회 접종구는 1차 접종 후 1주 뒤에 2차 접종을 하였고, 접종밀도는 20:1(굴응애:이리응애)로 하였다. 그리고 시험기간 동안 자동 온·습도 기록계(SATO, Datalogger, SK-L200TH)를 설치하여 시험기간 동안의 온실 내 기온 및 상대습도를 측정하였다.

감귤나무 성목에서의 방사효과

비닐하우스에서 재배되고 있는 수고가 약 2m이고 수관 폭이 약 2.5m 정도인 온주밀감 성목을 대상으로 수행되었으며, 시험구 처리는 단구제로서 처리 당 5주로 하였다. 방사 방법은 기계유유제를 살포한 후 1주간격으로 굴응애 밀도를 조사하여 굴응애 밀도가 일정 수준(약 0.1-0.2마리/잎)에 도달하였을 때 이리응애가 증식되고 있는 강낭콩 잎을 줄기 껍질로 감귤나무의 주지의 하부에 10:1(굴응애:이리응애)의 비율로 방사하였다. 방사횟수는 1회와 2회로 하였고, 방사 간격은 10일로 하였다. 굴응애와 이리응애의 밀도는 1주간격으로 처리 당 5주에서 주당 20잎씩 총 100잎에서의 굴응애 암컷성충과 이리응애 약충 및 성충의 수를 육안 및 확대경(10배율)을 이용하여 조사하였다.

시설 내 환경 조사

하우스 감귤원 성목에서의 방사 시험기간 동안 시설 내의 온·습도 조사는 자동 온·습도 기록계(SATO, Datalogger, SK-L200TH)를 수관의 중간 정도 지점인 지상 1.5m에 설치하여 측정하였다. 비닐하우스 내 감귤나무의 수관 내부와 외부에서의 기온과 상대습도 측정은 항상 그늘이 형성되는 수관 내부의 중앙지점과 그늘이 없이 항상 햇빛에 노출되어 있는 외부에 자동 온·습도 기록계를 각각 설치하여 8월중에 기상이 좋은 날을 선택하여 한 시간 간격으로 조사하였다.

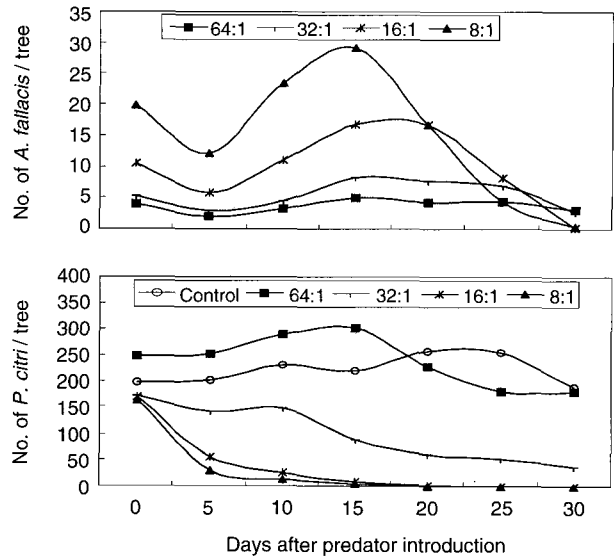


Fig. 1. Density changes of *P. citri* and *A. fallacis* (larvae and adults) on young citrus tree with about 40-60 cm height planted in pot introduced with some ratio (*P. citri*: *A. fallacis*) at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, RH $70 \pm 5\%$ and a photoperiod of L16: D8.

결 과

접종 밀도별 굴응애 밀도 억제효과

굴응애와 이리응애의 비율을 8:1과 16:1의 비율로 접종한 경우에는 접종 5일 후 초기밀도의 약 30% 정도로 굴응애의 밀도가 크게 감소하였으며, 15일 이후에는 완전하게 억제효과가 나타났다(Fig. 1). 8:1과 16:1 접종구에서의 *A. fallacis*의 밀도는 접종한 후 5일 정도부터 밀도가 증가하다가 15일 이후부터 밀도가 급격히 감소하여 25일 이후에는 32:1이나 64:1접종구에서보다도 밀도가 더 낮았다. 32:1의 경우에는 접종이후부터 서서히 굴응애의 밀도가 감소하여 30일차에서는 초기밀도의 약 1/3 정도까지 낮게 유지됨으로서 무처리에 비해 어느 정도 억제효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 64:1 접종시에는 굴응애의 밀도를 억제시키지 못했으며, 32:1과 64:1 접종시의 *A. fallacis*의 밀도는 조사기간 동안 큰 변동 없이 초기밀도와 비슷한 경향을 보였다.

굴응애 밀도에 따른 접종 시기 및 횡수별 굴응애 밀도 억제효과

굴응애 밀도에 따른 적정 방사시기 및 횡수를 조사하기 위해 온실내에서 포트묘를 이용하여 굴응애 밀

도가 잎 당 0.5마리, 1마리일 때 굴응애와 이리응애의 비율을 20:1로 하여 1주 간격으로 1회 또는 2회 접종한 후 굴응애와 *A. fallacis*의 밀도변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 굴응애 밀도가 잎당 1마리일 때

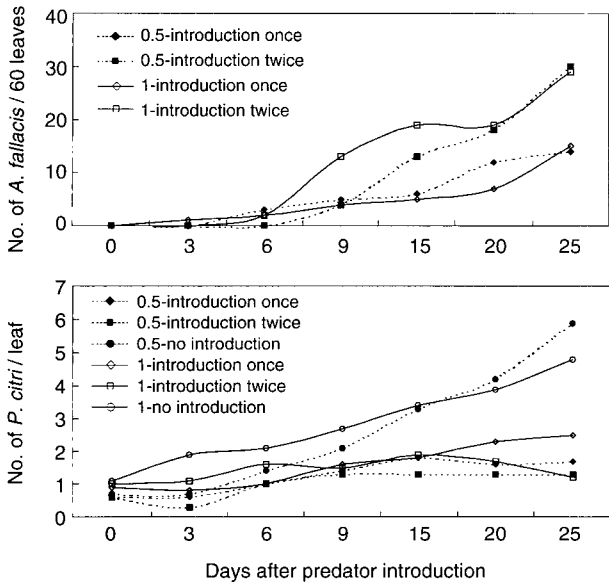


Fig. 2. Density changes of *P. citri* and *A. fallacis* (larvae and adults) on young citrus tree with about 60-70 cm high planted in pot introduced once or twice at intervals of a week with 20 : 1 ratio (*P. citri* : *A. fallacis*) when the density of *P. citri* was reached 0.5 or 1 per leaf in a glasshouse.

접종한 처리구에 비해 0.5마리일 때 접종한 처리구에서의 굴응애 밀도가 다소 낮게 유지되기는 하였으나 모든 접종구에서 굴응애의 밀도가 다소 증가하는 경향을 보였으며, 초기밀도보다 낮은 정도로 억제시키지는 못하였다. 이러한 경향은 1회 접종구에서 더욱 크게 나타났다. 그리고 2회 접종한 처리에서는 접종 2주까지는 굴응애 밀도가 다소 증가하는 경향을 보였으나 이후부터는 증가현상은 나타나지 않았다. 모든 접종구에서 *A. fallacis*의 밀도가 점차적으로 증가하였는데, 1회 접종구에서는 증가폭이 매우 낮았고, 2회 접종구에서의 증가현상이 두드러졌다. 특히 2회 접종구에서는 2차 접종 이후 급격한 증가 현상을 보였는데, 굴응애 밀도가 0.5마리일 때 접종한 경우보다 1마리일 때 접종한 경우에 밀도 증가현상이 빠르게 나타났다. Fig. 3은 본 시험기간 동안 온실내의 기온과 상대습도 현황을 나타낸 것이다. 기온은 최저 14.8°C, 최고 37.1°C로 편차가 매우 컸으며, 평균기온은 23.4°C이었다. 그리고 상대습도는 최저 16.0%, 최고 99.9%로 역시 편차가 매우 컸으며, 평균 상대습도는 70.8%이었다.

감귤나무 성목에서의 방사효과

Fig. 4는 비닐하우스에서 재배되고 있는 온주밀감나무에서 굴응애에 대한 *A. fallacis*의 밀도억제효과를

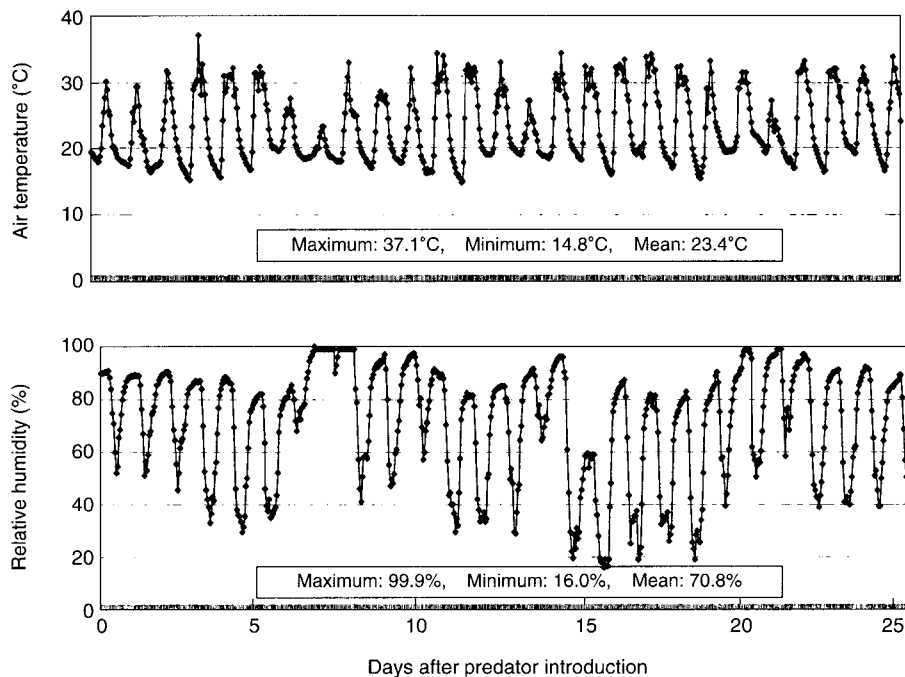


Fig. 3. Status of air temperature and relative humidity during the periods of the test of releasing time in a glasshouse.

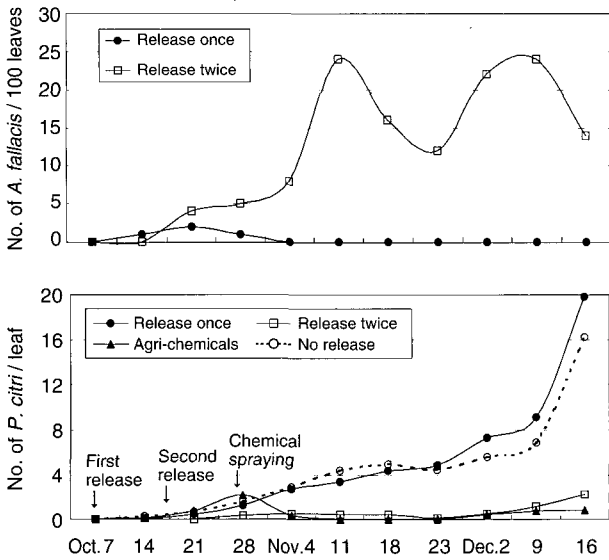


Fig. 4. Density changes of *P. citri* and *A. fallacis* (larvae and adults) on the citrus tree with about 2 m high and 2.5 m width released with 10 : 1 ratio (*P. citri*: *A. fallacis*) when the density of *P. citri* was reached about 0.1 per leaf in plastic film house.

알아보기 위해 굴응애 밀도가 잎당 0.1-0.2마리일 때 굴응애와 이리응애의 방사비율을 10:1로 하여 방사한 후 굴응애와 *A. fallacis*의 밀도변화를 조사한 결과이다. 1회 방사구에서는 굴응애에 대한 밀도 억제효과가 나타나지 않았으며, 이리응애의 밀도도 집중 초기에 다소 나타났을 뿐 약 4주 경부터는 발생이 확인되지 않았다. 그러나 2회 방사한 경우에는 시험기간 동안 굴응애 밀도가 잎 당 0.5마리를 넘는 경우가 아주 드물 정도로 굴응애에 대한 밀도억제효과가 매우 높은 것으로 나타났다. *A. fallacis*의 밀도는 2차 방사 이후부터 증가하기 시작하여 4주 이후부터는 급격한 증가현상을 보였으며, 5주 째에 최고 밀도를 보인 후 감소하다가 굴응애 밀도가 다시 형성되기 시작하는 7주 이후부터 다시 증가하여 8-9주 째에 정점을 보인 후 감소하였다.

시험기간 중의 시설내 환경

감귤나무 성목에서의 방사시험기간 동안의 비닐하

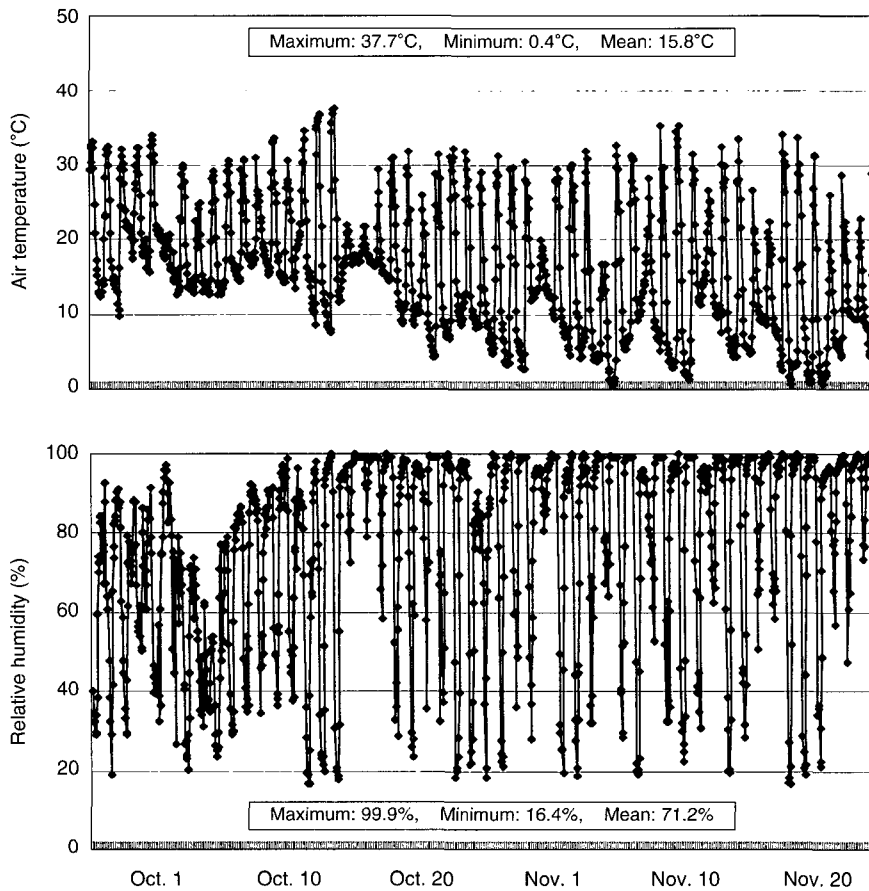


Fig. 5. Status of air temperature and relative humidity on outside of canopy of the citrus tree during the periods of releasing test in plastic film house.

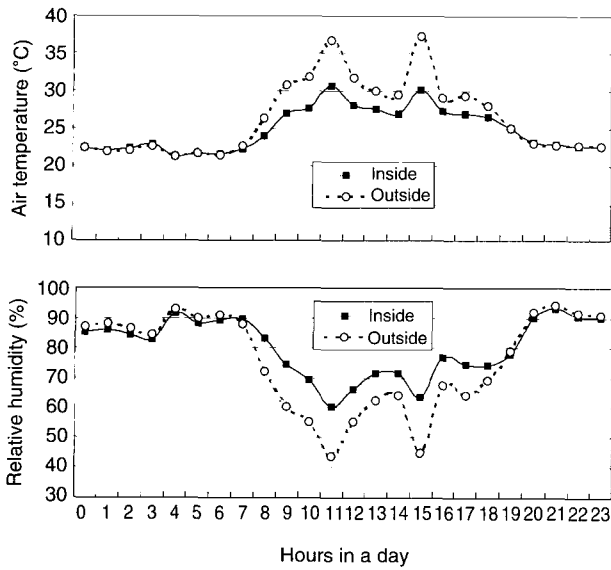


Fig. 6. Difference of air temperature and relative humidity between inside and outside of canopy of the citrus tree planted in plastic film house.

우스 내 환경(기온 및 상대습도)을 조사한 결과(Fig. 5), 기온 범위는 0.4-37.7°C로 시험기간 동안 최고와 최저의 온도차가 매우 컸으며, 평균기온은 15.8°C이었다. 상대습도 범위는 16.4-99.9%로 역시 최고와 최저의 차이가 매우 크게 나타났으며, 평균 상대습도는 70.8%이었다. Fig. 6은 이리응애가 실제로 활동하는 장소인 감귤나무 수관의 그늘 진 내부와 수관외부에서의 일일 중 기온과 상대습도의 변화를 조사한 결과이다. 주간(07-18시)과 야간(19-06시)으로 구분하여 비교했을 때 야간에는 수관내부와 외부의 기온 및 상대습도 차이는 각각 0.1°C와 1.5%로 큰 차이가 없었다. 그러나 주간의 평균 기온은 내부 27.0°C, 외부 30.1°C로 수관내부에 비해 외부의 기온이 월등히 높은 것으로 나타났으며, 평균 상대습도는 내부 72.7%, 외부 62.0%로 수관외부에 비해 내부에서의 상대습도가 월등히 높은 것으로 나타났다. 그리고 차이가 가장 큰 때는 15시경으로 기온은 7.2°C, 상대습도는 18.5%의 차이를 보였다.

고 찰

접종 밀도별 곱응애 밀도 억제효과

사육실 조건(온도: 25±1°C, 습도: 70±5%, 조명:

16L:8D)에서 곱응애와 이리응애의 비율을 8:1, 16:1, 32:1, 64:1로 하여 *A. fallacis*를 접종하였을 때 8:1과 16:1접종 시에는 접종 후 2주 경에 곱응애의 밀도가 완전하게 억제되었고, 32:1접종시에는 곱응애의 밀도가 초기에 비해 다소 낮아지기는 했으나 30일차 까지도 완전한 억제 효과를 보이지는 않았다. 그리고 64:1접종시에는 전혀 억제 효과가 나타나지 않았다.

Zhang et al. (2001)은 *Amblyseius cucumeris*의 곱응애에 대한 밀도억제효과를 조사하기 위해 밀도별로 감귤 포트묘에 접종한 결과 30:1 (prey: predator)의 비율에서도 곱응애에 대한 밀도억제효과가 있었으며, 접종밀도가 높을수록 밀도억제효과가 더 빠르게 나타난다고 보고하였는데, 30:1의 비율에서는 초기 억제 효과가 다소 낮은 점을 고려한다면, 본 시험의 결과와 비슷한 경향임을 알 수 있다. Prokopy and Margaret (1992)는 *Amblyseius fallacis*를 이용하여 사과원의 점박이응애를 방제하고자 할 때에는 점박이응애의 밀도가 다소 높을 때는 적어도 5:1 이상의 비율이 요구되고, 밀도가 낮을 경우에는 5:1 이하의 비율에서도 효과적인 방제가 가능하다고 함으로서 이리응애의 적정 방사밀도는 방사시의 먹이응애 밀도와 크게 관련이 있음을 보고하였다. Kim and Lee (1996)는 차응애에 대한 긴털이리응애의 접종비율별 밀도억제효과를 조사한 결과 온도가 낮을수록 높은 접종비율이 요구되었다고 보고하였다. 따라서 본 시험에서는 16:1 이상의 비율에서는 매우 효과적이었고, 32:1에서도 어느 정도 곱응애에 대한 밀도억제효과가 있었으나 본 시험은 실내의 향온 조건에서 포트묘를 이용한 결과이므로 경제적으로 재배되고 있는 감귤원에서는 본 시험 결과보다 높은 접종비율이 요구될 것으로 생각된다.

곱응애 밀도에 따른 접종 시기 및 횟수별 곱응애 밀도 억제효과

온실내의 포트묘에서 곱응애의 발생밀도별(0.5, 1.0 마리/잎)로 *A. fallacis*를 20:1의 비율로 1회 또는 2회씩 방사하여 곱응애의 밀도억제효과를 조사한 결과, 무접종구에 비해 모든 접종구에서 곱응애에 대한 밀도 억제효과가 다소 있는 것으로 나타났으며, 방사시의 곱응애 밀도가 낮은 경우와 방사횟수가 많은 경우에 곱응애의 밀도 증가속도가 다소 낮았다. 그러나 모든 처리구에서 뚜렷한 밀도억제효과를 보이지는 않았

다. 시험기간 동안의 온실내의 기온은 최저 14.8°C, 최고 37.1°C이었고, 상대습도는 최저 16.0%, 최고 99.9%로 편차가 매우 크게 나타났다. 그러나 기온과 상대습도의 평균값은 각각 23.4°C와 70.8%로 *A. fallacis*가 생활하기에는 크게 부적합하지 않았고, 굴응애의 밀도를 효과적으로 억제하지는 못했으나 *A. fallacis*의 밀도가 모든 접종구에서 다소 높게 형성되었다. 이처럼 *A. fallacis*의 밀도가 높게 형성되면서도 굴응애의 밀도 억제효과가 낮았던 이유로는 여러 가지가 있겠으나 Prokopy and Margaret (1992)가 중요성을 지적한 것처럼 방사시의 먹이용애의 밀도가 너무 높았다는 것과 *A. fallacis*의 접종 비율이 너무 낮았다는 것을 가장 큰 원인인 것으로 생각된다. 따라서 보다 효과적인 굴응애의 밀도 억제효과를 위해서는 20:1보다 높은 방사밀도가 요구되며, 또한 굴응애의 밀도가 일 당 0.5마리를 넘지 않았을 때 방사해야 할 것으로 생각된다.

감귤나무 성목에서의 방사효과

*A. fallacis*는 미국의 오레곤주에서 딸기, 사과, 호프, 박하, 사탕수수 그리고 정원수 등과 같은 다양한 식물의 잎응애류에 대한 생물적방제를 목적으로 방사되어져 왔으나(Croft, 1975; Johnson and Croft, 1981; Prokopy and Margaret, 1992; Strong and Croft, 1995; Morris et al., 1996; McMurtry and Croft, 1997; Monetti and Croft, 1997; Pratt, 1997) 굴응애에 대해서는 Rutacea과(科)에 속하는 식물인 *Skimmia japonica*에 기생하는 굴응애에 대한 *A. fallacis*의 밀도억제효과가 우수하였고(Pratt and Croft, 1998), 감귤나무의 굴응애에 대한 포식능력이 높으며 포트묘에서 20:1 접종 시 굴응애를 효과적으로 억제할 수 있었다(Kim et al., 2002)는 정도의 연구결과만 있을 뿐 방사방법이나 이용효과에 대한 보고된 바는 없다. 그러나 본 시험 결과, 정상적으로 재배되고 있는 비닐하우스의 온주밀감 나무에서 굴응애가 일당 0.1마리 정도 발생했을 때 *A. fallacis*를 10:1의 비율로 2회(10일 간격) 방사할 경우 유기합성농약을 살포한 관행방제구와 동등할 정도로 높은 방제효과를 보임으로서 감귤원의 굴응애에 대한 *A. fallacis*의 이용가능성을 보여주었다.

*A. fallacis*는 적정발육온도가 26.7°C (Smith and Newsom, 1970)이며, 향온·향습 조건에서 발육율이 높고 고온이나 저습 조건에서는 발육율이 매우 낮아

진다(Kramer and Hain, 1989). 따라서 비닐하우스에서의 방사시험기간(10-11월) 동안의 시설내의 평균 기온은 15.8°C (최저-0.4°C, 최고-37.7°C), 평균 상대습도는 70.8% (최저-16.4%, 최고-99.9%)로 나타나 기온과 상대습도의 범위나 평균값으로 볼 때, *A. fallacis*의 발육 및 서식을 위해 적합한 환경 조건은 아니었다. 그러나 본 시험에서 *A. fallacis*를 2회 방사한 경우 굴응애의 밀도억제 효과가 높았으며, *A. fallacis*의 발생밀도도 높게 형성되었다. 이러한 결과는 기온과 상대습도의 최고-최저의 범위보다는 평균값이 더 중요하며, 특히 최고-최저의 범위가 매우 크게 나타나는 이유는 주간과 야간의 차이가 크기 때문에 발생하는 것으로서 하루 중의 환경변화이므로 *A. fallacis*의 발육이나 서식에 크게 영향을 주지 않은 것으로 보인다. 즉, 불리한 환경조건이 얼마나 지속되는가가 매우 중요함을 보여주는 결과라 할 수 있다. 본 시험 결과 방사효과가 인정되기는 했으나 보다 높은 효과를 기대하기 위해서는 *A. fallacis*의 서식에 더욱 적합하도록 시설 내의 환경조건 개선 방안에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

이리응애가 주로 서식하는 장소는 수관의 외부가 아니고 내부이므로 이리응애의 서식조건을 평가하기 위해서는 수관내부의 환경 조건(기온과 상대습도)이 매우 중요하게 작용할 수도 있다. 따라서 이리응애가 실제로 활동하는 장소인 감귤나무 수관의 그늘진 내부와 수관외부에서의 일일 중 기온과 상대습도의 변화를 조사한 결과, 야간(19-06시)에는 차이가 크지 않았으나 주간(07-18시)에는 매우 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 수관 내부가 외부에 비해 기온은 낮고, 상대습도는 높은 것으로 나타났는데, 차이가 가장 큰 때는 15시경으로 기온은 7.2°C, 상대습도는 18.5%의 차이를 보였다. 감귤나무는 수관이 심하게 어우러져 있어서 투광량이 적기 때문에 이처럼 큰 차이가 발생하는 것으로 생각되며, 수관 내부가 외부에 비해 기온은 낮고, 상대습도는 높다는 것은 이리응애의 서식조건을 보다 좋게 하는 원인을 제공하기 때문에 이러한 수관 내부의 안정적인 환경은 *A. fallacis*의 이용가능성을 한층 더 높여주는 요인이라 할 수 있다.

본 시험 결과에서는 *A. fallacis*가 *Panonychus*속에 속하는 굴응애의 생물적 방제인자로서 가치가 있는 것으로 나타났으나 *A. fallacis*는 주로 점박이용애나 차응애와 같은 *Tetranychus*속의 잎응애를 선호하는 것으로 보고되어져 있다(McMurtry and Croft, 1997).

따라서 귤응애의 생물적 방제를 위한 *A. fallacis*의 이용가치에 대한 보다 정밀한 평가를 위해서는 *A. fallacis*와 귤응애의 상호작용과 과원의 잡초에 서식하는 Tetranychus속 응애류가 *A. fallacis*의 분산에 미치는 영향 등에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Bounfour, M. and L.K. Tanigoshi, 2002. Predatory role of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) : spatial and temporal dynamics in Washington red raspberry fields. J. Econ. Entomol. 95: 1142~1150.
- Choi, D.S. 1997. Bionomics and natural enemies of citrus red mite, *Panonychuscitri* (Acarina: Tetranychidae) on Yuzu (*Citrus junos*). 31pp. M. S. thesis, Chonnam Nat'l Univ.
- Choi, D.S. 2002. Biology and utilization of *Oligota kashmirica benefica* Naomi (Coleoptera: Staphylinidae), a predator of the citrus red mite. 84pp. Ph. D. thesis, Chonnam Nat'l Univ.
- Croft, B.A. 1975. Integrated control of apple mites. Cooperative extension service. Michigan St. Univ. Exten. Bull. E: 15~22.
- Johnson, D.T. and B.A. Croft. 1981. Dispersal of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in an apple ecosystem. Environ. Entomol. 10: 313~319.
- Hoyt, S.C. 1969. Integrated chemical control of insects and biological control of mites on apples in Washington. J. Econ. Entomol. 62: 74~86.
- Kim, D.H. 1997. Studies on Ecology of *Panonychus citri* (McGregor) in Cheju island. 38pp. M.S. thesis, Cheju Nat'l Univ.
- 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.
- Kwon, H.M. 1979. Studies on the control of *Panonychus citri* (McGregor). Res. Rept. Cheju Agricultural Experiment Station, RDA. 150~160.
- Kim, K.C. and D.S. Choi. 2000. Natural enemies of citrus red mite, *Panonychus citri*, and seasonal occurrence of major predators on Yuzu tree. Korean J. Appl. Entomol. 39: 13~19.
- Kim, K.S. and D.H. Kim. 1999. Research on the actual condition and efficacy of control of citrus pest. Res. Rept. Cheju Agricultural Experiment Station, RDA. pp.602.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1999a. Biological characteristics of *Amblyseius fallacis* as a predator of *Tetranychus kanzawai* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Korean J. Tea Soc. 5: 99~109.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1999b. Functional response of predatory mite, *Amblyseius fallacis* to *Tetranychus kanzawai* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Korean J. Tea Soc. 5: 111~118.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1999c. Predation of five species of Phytoseiid mites on *Panonychus citri* and *Aculops pelekassi*. Korean J. Entomol. 29: 261~264.
- Kramer, D.A. and F.P. Hain. 1989. Effect of constant- and variable- humidity and temperature regimes on the survival and developmental periods of *Oligonychus ununguis* (Acarina: Tetranychidae) and *Neoseiulus fallacis* (Acarina: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 18: 741~746.
- 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.
- Monetti, L. and B.A. Croft. 1997. Mating, cross-mating and related behaviors of *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 21: 67~71.
- Moon, D.Y., H.S. Kim, C.S. Park, S.C. Lee, P.C. Lippold and H.D. Catling. 1978. Studies on the integrated control of citrus pests. Res. Rept. Cheju Agricultural Experiment Station, RDA. 259~301.
- Morris, M.A., B.A. Croft and R.E. Berry. 1996. Over-wintering and effects of autumn habitat manipulations and carbofuran on *Neoseiulus fallacis* and *Tetranychus urticae* in peppermint. Exp. Appl. Acarol. 20: 249~257.
- Morris, M.A., R.E. Berry and B.A. Croft. 2000. Fall flaming effects on densities, distributions, and dispersal of *Tetranychus urticae* and *Neoseiulus fallacis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) on peppermint. Environ. Entomol. 29: 95~100.
- Pratt, P.D. 1997. Intra and inter-plant dispersal by *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus fallacis* when feeding on *Tetranychus urticae* in bean plant-controlled environment systems. MS thesis, Oregon State University, 19pp.
- Pratt, P.D. and B.A. Croft. 1998. *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on ornamental *Skimmia* in Oregon, with assessment of predation by native phytoseiid mites. Pan-Pacific Entomologist 74: 163~168.
- Pratt, P.D. and B. A. Croft. 2000. Overwintering and comparative sampling of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) on ornamental nursery plants. Environ. Entomol. 29: 1034~1040.
- Prokopy, R.J. and C. Margaret. 1992. Studies on releases of mass-reared organophosphate resistant *Amblyseius fallacis* (Garm.) predatory mites in Massachusetts commercial apple orchards. J. Appl. Entomol. 114: 131~137.
- Smith, D., A. Beattie and R. Broadley. 1997. Citrus pests and their natural enemies. 272 pp. DPI, Australia.
- Smith, J.C. and L.D. Newsom. 1970. The biology of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) at various temperature and photoperiod regimes. Ann. Entomol. Soc. Amer. 63: 460~462.
- Strong, W.B. and B.A. Croft. 1995. Inoculative release of phytoseiid mites into the rapidly expanding canopy of hop for control of *Tetranychus urticae* Koch. Environ. Entomol. 24: 446~453.
- Zhang, Y.X., Z.Q. Zhang, C.P. Chen, J.Z. Lin and X. Chen. 2001. *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent against *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on citrus in China. Systematic & Applied Acarology. 6: 35~44.

(Received for publication 11 July 2003;
accepted 19 August 2003)