

# 방임 과원 및 약제 살포 감귤원에서 포식성 응애류에 의한 귤응애 밀도억제 비교

김 동 순

제주대학교 생명자원과학대학 식물자원환경전공

## Comparison of Population Regulation of *Panonychus citri* by Predacious Mite Complex between Abandoned and Sprayed Citrus Orchards in Jeju Island

Dong Soon Kim

Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, Cheju Natl. Univ.,  
Cheju 690-756, Republic of Korea

**ABSTRACT** : *Panonychus citri* Garman and their natural enemies were surveyed in asprayed citrus orchard and unsprayed orchards, in which pesticides have not been applied for a long time, to find out an effective biological agent for the population regulation of *P. citri*. In sprayed orchard, *P. citri* showed a typical form of 2 peaks in population abundance indicating spring and autumn peak. The population density was low as  $\approx 1$  mite of mobile stage per leaf in spring peak, while the density increased to  $\approx 5$  mites per leaf in autumn peak, which was much over economical threshold level of *P. citri*. Only one Phytoseiid mite was observed in late April, and thereafter no natural enemy was found including Stigmaeid mite. In unsprayed orchards, *P. citri* population was controlled at the level of 1 to 1.6 mites per leaf by natural enemy complex in spring peak, and they did not build up a population density in autumn with different in sprayed orchard where *P. citri* density was high. Phytoseiid mites were occurred continuously

during spring season, and observed in the condition of low population density of *P. citri* during autumn. Stigmaeid mites showed an abrupt increase in early summer rather than simultaneous occurrences with *P. citri* population, and thereafter they were observed with a low density. The ratios of Phytoseiid mite versus *P. citri* were in the range of 1:9 to 1:13 during spring peak, which level of predator/prey ratios could control successfully *P. citri* population. Tentatively concluding, it was considered that Phytoseiid mites were a major controlling agent of *P. citri* population and Stigmaeid mites were a assistant of Phytoseiid in controlling of *P. citri*.

**Key Words** : *Panonychus citri*, citrus, natural enemy, Phytoseiid, Stigmaeid

### 서 론

귤응애 *Panonychus citri* (McGregor)는 응애목(Acarina) 전기문아목(Trombidiformes) 잎응애과

(Tetranychidae)에 속한 해충으로 세계적으로 오랜 지. 감귤, 레몬 등 *Citrus*(감귤) 속 식물의 가장 중요한 해충으로 알려져 있다(McMurtry, 1985). 귤응애의 원산지는 정확히 알려져 있지 않으나 오래전부터 감귤 속 식물을 재배하였던 동남아시아 지역으로 추정하고 있으며(Webber, 1967). 현재는 세계 열대 및 아열대 전 지역에 분포하고 있다. 이 해충은 약충과 성충이 주로 잎을 흡즙하여 조직 내의 세포액이나 엽록소를 흡수하기 때문에 엽록소가 파괴되어 동화작용이 저하되고 심한 경우에는 잎이 백화 되면서 조기낙엽을 초래한다. 과실에 피해를 받게 되면 착색이 불량해지거나 퇴색되어 상품가치를 저하시킨다(Jeppson 등, 1975). 제주 감귤에서도 귤응애는 가장 중요한 해충으로 연가 3-5회 약제방제를 실시하고 있으며, 연간 총 농약 비용의 25% 이상을 차지하고 있다(Song 등, 2001). 이러한 유기합성 농약 위주의 방제는 귤응애의 약제 저항성 발달을 촉진시키고 유용한 천적상을 파괴시킴으로써 더욱더 귤응애 다발생을 심화시키고 있다(Kim 등, 2000).

감귤뿐만 아니라 인과류에서 잎응애류(Tetranychid mites)는 무분별한 약제살포로 인하여 과생된 대표적 인조해충(man-made pests)으로 취급되고 있다(Cranham, 1979). 즉 천적에 비선택적인 고독성 유기합성 농약 살포로 인하여 응애류 밀도를 억제하고 있던 천적상이 제거됨으로써 응애류 대발생이 조장된다는 것이 정절이다. 따라서 과수 해충종합관리(IPM) 전략은 응애류 생물적 방제 시스템이 파괴되지 않도록 선택적 약제를 사용하고 천적의 서식처를 보호하는 재배법을 기본으로 하고 있다(Croft와 Hoyt, 1993; Metcalf와 Luckman, 1994).

국내에서는 제주도 감귤 재배지에서 귤응애 자생천적으로 포식성 천적 10종이 보고된바 있으며 이 중 1종의 이리응애가 포함되어 있다(김 등, 1978; Kim, 1997). 또한 남해안 유자 재배지에서는 민개알반날개(*Oligota kashmirica benefica*)가 가장 유력한 천적으로 취급되었다(Kim과 Choi, 2001). Kim 등(2002)은 실내 및 포트 실험을 통하여 귤응애에 대한 도입 천적인 *Metaseiulus* (= *Galendromus*) *occidentalis* (Nesbitt)와 *Amblyseius fallacis* (Garman), 그리고 도착천적인 긴털이리응애(*A. womersleyi* Schica)의 포식능력을 평가하고 제주 감귤원에서 이용 가능성이

높은 종으로 *A. fallacis*를 제시하였다(Kim 등, 2003). 하지만 귤응애의 생물적 방제 달성을 위해서는 실제 포장상태에서 어떻게 천적 군(guild)에 의하여 귤응애 밀도가 조절되는지 파악하는 것이 중요하다. 지금까지 감귤원에서 약제사용 절감시 귤응애 밀도가 감소되는 현상을 여러 차례 보고하였으나(김 등, 1978) 그 원인에 대한 뚜렷한 결론을 내리지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 감귤원에서 귤응애의 궁극적인 생물적 밀도 조절인자가 무엇인가를 구명하고자 실시하였다. 기본 가설은 생태적으로 교란되지 않은 감귤원에서는 천적군이 파괴되지 않는 상태로 유지될 수 있으므로 이를 파악함으로써 귤응애의 밀도를 조절하는 천적군을 분리해 낼 수 있다는 점이다. 또한 이들 천적군과 귤응애의 상호작용으로 형성되는 귤응애의 밀도 평형수준(일반 평형밀도, general equilibrium position)과 천적군의 시간적 분포특성을 파악할 수 있을 것이다. 이 목적으로 장기적으로 약제를 살포하지 않고 방치된 감귤원과 약제를 정기적으로 살포하는 감귤원에서 귤응애와 그 천적들의 연간 발생양상을 조사, 분석하였다.

## 재료 및 방법

생태적으로 교란되지 않은 감귤원에서 귤응애 및 그의 천적들 발생동태를 구명하기 위하여 장기간 약제를 살포하지 않은 과원을 선택하였다. 제주도 아라동에 위치한 3개 방임과원을 선정하였으며 주 품종은 궁천조생으로 수령은 10년 내외 정도 되었다. 관행방제 과원은 제주대학교 부설연구실습센터 덕산농장에서 조사하였다. 조사 구역은 약 5년생 감귤나무로 구성되었으며 년 8~9회의 약제를 정기적으로 살포하는 과원이었다. 귤응애 및 천적 발생밀도는 각 과원별 10주를 정해놓고 조사시기마다 각 나무에서 5엽을 채취하여 조사하였다. 잎 표본 채취는 관행방제 과원의 경우 2004년 3월 하순부터 10월 하순, 방임과원에서는 5월 상순부터 10월 하순까지 2주 간격으로 실시하였다. 채취한 잎은 비닐봉지에 밀봉하여 응애 및 천적 조사 때까지 4-6°C 냉장고에 보관하였으며, 10-20x 해부현미경 하에서 알, 약충, 성충을 구분하여 조사하였다.

## 결 과

2004년 3월 하순부터 10월 하순까지 약제를 정기적으로 살포하는 관행방제 감귤원에서 귤응애 및 천적류 발생상황은 그림 1과 같았다. 귤응애는 5월 하순까지는 3월달 초기 밀도와 비교하여 큰 변동 없이 낮은 밀도로 유지되었고, 6월 상순부터 밀도가 형성되기 시작하여 7월 중순까지 지속되다가 고온기인 8월 상순에는 밀도가 급격히 감소하였다. 그 후 8월 중순 다시 밀도가 증가

하기 시작하여 9월 중순 발생최성기에 도달하였고 늦가을로 접어들면서 밀도가 감소하였다. 감귤 생육초기(늦봄-초여름) 발생기 최고밀도는 엽당 1마리 정도로 낮은 수준을 보였으나 생육후기(가을) 발생최성기에는 엽당 5마리 정도로 귤응애 경제적 피해수준으로 알려진 엽당 2-3 마리를 훨씬 초과하였다. 관행방제 감귤원에서 천적발생은 4월 하순 이리응애(Phytoseiid mite) 1개체만 발견되었을 뿐 다른 시기에는 마름응애(Stigmaeid mite)를 포함하여 전혀 발생되지 않았다(그림 1).

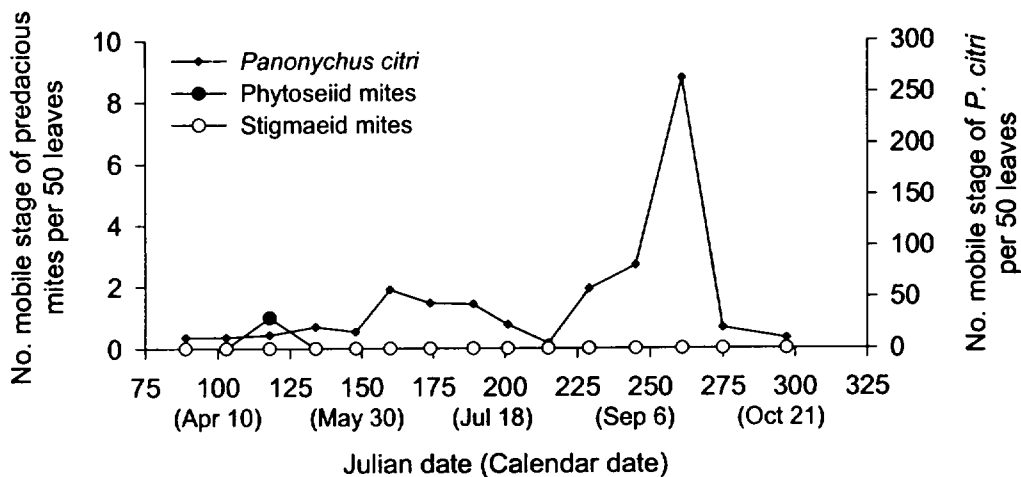


Fig. 1. Seasonal population dynamics of *P. citri* and their natural enemies in a sprayed citrus orchard, 2004.

약제를 장기간 살포하지 않은 방치된 감귤원에서 귤응애 및 그 천적들의 발생양상은 그림 2와 같았다. 방임 과원에서는 조사과원 모두 천적의 발생이 활발하였으며 귤응애 개체군 밀도가 크게 증가하지 못하고 억제되었다. 귤응애 밀도는 3개 과원 모두에서 6월 상순 발생최성기를 보였으며, 그 후에는 밀도가 떨어져서 가을철에는 밀도를 거의 형성하지 못하였다. 봄철 발생 최성기에는 엽당 1-1.6마리로 관행 방제원(그림 1)과 비슷한 수준이었으나 가을철 발생기에는 관행 방제원의 높은 발생밀도와는 달리 큰 차이를 보였다. 이리응애 천적은 모든 방임 과원에서 봄철 지속적으로 발생하였고 귤응애 밀도가 감소함에 따라 같이

감소되었으며, 2개 과원(그림 2 b와 c)에서는 가을철 귤응애 밀도가 거의 형성되지 않은 상태에서도 발생이 확인되었다. 봄철 발생 최성기에 이리응애와 귤응애 발생밀도 비율은 1:9에서 1:13 정도를 보였다. 마름응애는 이리응애보다 약간 늦게 발생이 시작되어 6월 하순에서 7월 상순 급작스러운 밀도 상승을 보인 후 여름철 감소되었다가 2개 과원에서는 가을철 낮은 밀도이기는 하나 발견되었다(그림 2a와 b).

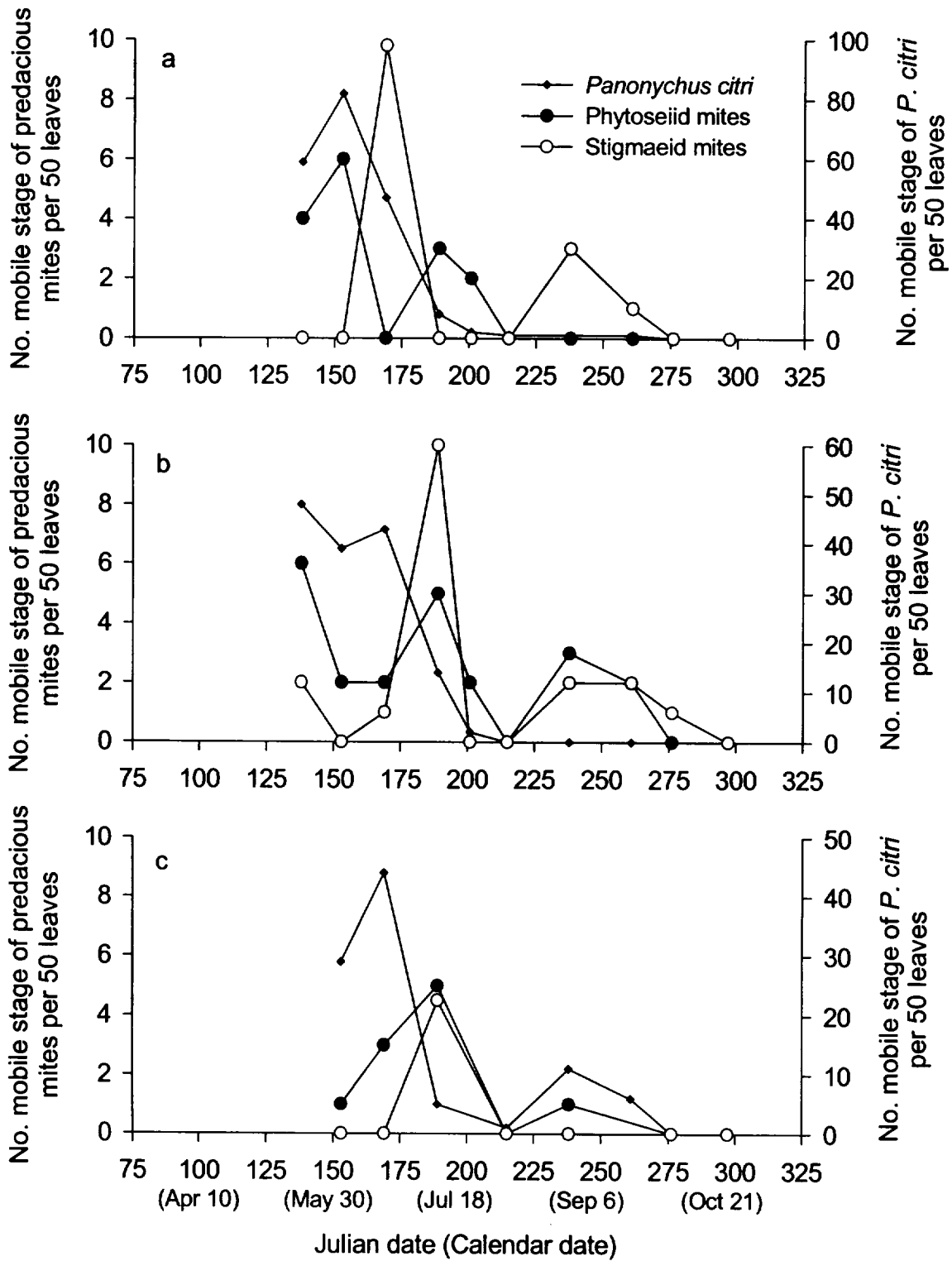


Fig. 2. Seasonal population dynamics of *P. citri* and their natural enemies in unsprayed citrus orchards, 2004.

## 고 찰

세계적으로 과수 IPM에서 응애류(주로 점박이응애와 사과응애) 생물적 방제시 *M. occidentalis*, *A. fallacis*, *Typhlodromus pyri* Scheuten 등이 가장 많이 이용되고 있으며(Helle와 Sabelis, 1985), 호주에서는 감귤원의 점박이응애 방제 목적으로 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)와 *M. occidentalis*가 이용되고 있다(Smith 등, 1997). 세계적으로 곱응애 생물적 방제를 위한 뚜렷한 포식성 이리응애 천적이 개발되어 있지는 않은 상태이나, 몇 가지 종이 곱응애 밀도를 효과적으로 낮출 수 있는 것으로 알려져 있다. 현재까지 기록된 감귤원에서 곱응애를 포식하는 주요 이리응애 천적 종은 *Euseius hibisci* (Chant) (McMurtry, 1977; Beattie, 1978), *E. addoensis* (Van der Merwe & Ryke) (Keetch, 1972), *Amblyseius eharai* Amitai & Swirski와 *A. herbicolus* (Chant) (Tanaka and Kashio, 1977; Beattie, 1978), *A. newsami* (Evans) (Huang, 1978) 등이다.

응애류 생물적 방제시 식식성(phytophagous) 응애와 포식성(predacious) 응애의 발생비율(preypredator ratio)은 매우 중요하게 취급되고 있다(Nyrop, 1988). 포트 실험에서 곱응애에 대한 포식성 이리응애 집중 비율에 따라 곱응애 밀도를 억제할 수 있는 비율은 *A. cucumeris* 1:30(Zhang 등, 2001), *A. fallacis* 1:16(Kim 등, 2003)으로 보고하고 있다. 본 조사에서 나타난 이리응애 발생비율은 1:9에서 1:13으로 기존 보고 자료와 비교하여 상당히 높은 수준의 이리응애 발생비율을 보여주고 있다. 즉 이리응애 개체군에 의하여 곱응애 밀도가 효과적으로 억제될 수 있음을 나타내고 있는 것이라 생각된다. 따라서 이리응애 발생이 미약했던 관행 감귤원(그림 1)에서는 곱응애 밀도가 경제적 피해수준 이상으로 증가하였지만 방임 감귤원에서는 효과적으로 억제된 것으로 판단된다.

또 다른 천적인 마름응애의 경우 방임 감귤원에서 유의한 밀도로 발생하기는 하였으나, 곱응애 발생기와 관련하여 지속적으로 발생되기 보다는 일시적 단절된 발생 양상을 보이는 것으로 보아 곱응애의 주 밀도조절인자는 아닌 것으로 생각된다. 즉 마름응애는 잎응애뿐만 아니

라 이리응애류의 알을 포식하거나 또는 이리응애의 먹이가 될 수 있는 종으로 알려져 있으며, 다양한 기후조건에 잘 적응하고 낮은 잎응애 밀도에서도 정착할 수 있기 때문에 과수 응애류 생물적 방제시 이리응애의 보조자 역할로 인식되고 있다(Croft와 MacRae, 1992).

본 결과에서 자료로 제시하지는 않았지만 무당벌레류, 풀잠자리류 등 포식성 천적이 다수 관찰되었다. 하지만 이들 천적은 곱응애의 밀도 조절자라기 보다는 그 당시 다발생되는 진딧물과 연관된 천적으로 판단되고, 곱응애 밀도가 높을 때 부분적으로 곱응애 포식자 역할을 할 수 있을 것이다. 또한 남해안 유자에서 곱응애의 유력한 밀도억제자로 보고하였던(Kim과 Choi, 2000) 깨알반날개류(*Oligota* 속) 천적은 본 조사에서 전혀 발견되지 않았다. 깨알반날개는 곱응애에 대한 포식량은 많으나 포장상태에서 곱응애 밀도가 높은 경우에 만 발생하고 곱응애 밀도가 낮은 상태에서는 정착하기 어렵기 때문에(Choi, 2002) 방임과원에서와 같이 다양한 천적이 발생하여 곱응애 밀도가 낮게 억제되는 상황에서는 발생하기 힘들 것이다. 깨알반날개는 곱응애 밀도가 높게 형성되는 경우 나타나서 높은 포식력을 바탕으로 효과적으로 곱응애 밀도를 억제하는 강력한 포식자로 생각된다. 따라서 깨알반날개는 곱응애의 궁극적인 생물적 밀도 조절자는 될 수 없는 것으로 판단된다.

결론적으로 생태적으로 교란되지 않는 감귤원에서 곱응애의 궁극적인 생물적 밀도 조절자는 이리응애로 판단되며 마름응애는 이리응애의 보조자 역할을 담당하고, 깨알반날개류, 무당벌레류, 풀잠자리류는 곱응애의 개체군 밀도 크기 정도에 따라 나타나서 부분적인 포식자 역할을 할 것으로 생각된다. 또한 이러한 천적군의 밀도 조절 작용으로 형성되는 곱응애 발생수준은 엽당 1마리 내외 일 것으로 보인다. 따라서 감귤원에서 곱응애 생물적 방제 달성은 이리응애류 천적을 어떻게 효과적으로 관리하느냐에 따라 좌우될 것이다.

본 연구에서는 발생한 이리응애의 종 단위까지는 제시하지 못하였다. 즉 봄철, 가을철, 또는 봄철 내에서도 서로 다른 여러 종의 이리응애가 발생될 수 있을 것으로 추정된다. Kim 등(2003)은 장기간 약제 무살포 사과원에서 이리응애 군집을 조사하고 기상환경 및 이리응애의 포식 특성에 따라 다양한 종들이 시기적으로 정착하여 잎응애 밀도를 조절한다고 보고하였다. 따라서 앞으로 감귤원에서 시기별 발생되는 이리응애 종을 구명하고 그들의 생태적 특성을 파악하여

귤응애 생물적 방제를 위한 이리응애 천적 관리방안을 수립할 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

## 요 약

감귤원에서 귤응애의 생물적 밀도조절 인자를 구명하기 위하여 관행 방제원과 장기간 약제를 살포하지 않은 과원에서 귤응애 및 천적의 발생양상을 조사하였다. 관행방제 감귤원에서 귤응애 개체군은 기존에 알려진 것과 같이 봄철 및 가을철 두 시기의 발생최성기를 보였다. 봄철 발생최성기 개체군 밀도(성충 및 약충)는 엽당 1마리 정도로 낮은 수준을 보였으나 가을철 발생최성기에는 엽당 5마리 정도로 귤응애 경제적 피해수준을 훨씬 초과하였다. 또한 천적발생은 4월 하순 이리응애(Phytoseiid mite) 1개체 만 발견되었을 뿐 다른 시기에는 마름응애(Stigmaeid mite)를 포함하여 전혀 발생되지 않았다. 약제 무살포 과원에서 귤응애 발생은 천적들의 밀도 조절 작용으로 봄철 발생최성기에 엽당 1-1.6마리로 억제되었으며 가을철 발생기에는 관행 방제원의 높은 발생밀도와는 달리 거의 밀도를 형성하지 못하였다. 이리응애 천적은 모든 방임 과원에서 봄철 지속적으로 발생하였고 가을철 귤응애 밀도가 거의 형성되지 않은 상태에서도 발생이 확인되었다. 마름응애는 귤응애 발생과 연관되어 지속적으로 발생되기 보다는 초여름 급작스러운 밀도 상승을 보였고 그 후 낮은 밀도로 발생되었다. 봄철 발생 최성기에 이리응애와 귤응애 발생밀도 비율은 1:9에서 1:13 정도로 귤응애 개체군을 효과적으로 억제할 수 있는 수준이었다. 잠정적 결론으로써 귤응애의 주 밀도 조절자는 이리응애류이고 마름응애류는 보조자 역할을 하는 것으로 판단되었다.

검색어 : 귤응애, 감귤, 천적, 이리응애, 마름응애

## 사 사

이 연구의 일부는 제주대학교 생명자원과학대학 부설 연구실습센터 덕산농장 감귤원에서 수행되었음. 실험이 원활히 수행할 수 있도록 도와주신 농장 관계자님께 감사드리며, 특히 해충 표본채취와 조사에 도움을 준 학생들에게 깊이 감사드립니다.

## 참고문헌

- Beattie, G.A.L. 1978. Biological control of citrus mites in New South Wales. In P.R. Larey (ed.), Int. Soc. Citriculture, Painter Printing, De Leon Springs. p156-158.
- Choi, D.S. 2002. Biology and utilization of *Oligota kashmirica benefica* Naomi (Coleoptera: Staphylinidae), a predator of the citrus red mite. 84p. Ph. D. thesis, Chonnam Nat'l Univ.
- Cranham, J.E. 1979. Managing spider mites on fruit trees. Span 22: 28-30.
- Croft, B.A. and Hoyt, S.C. 1983. Integrated management of insect pests in pome and stone fruits. New York: Wiley Intersci. 454p.
- Croft, B.A. and MacRae, I.V. 1992. Persistence of *Typhlodromus pyri* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) on apple after inoculative release and competition with *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae). Environ. Entomol. 21: 1168-1177.
- Helle, W. and Sabelis, M.W. 1985. Spider mites: their biology, natural enemies and control, vol. 1B. Elsevier, Amsterdam. 458p.
- Huang, M. 1978. Studies on the integrated control of the citrus red mites with the predacious mite as a principal controlling agent. Acta Entomol. Sin. 21: 260-270.
- Jeppson, L.R., Baker, E.W. and Keifer, H.H. 1975. Mite injurious to economical plants. University of California, Berkeley, CA, 614p.
- Keetch, D.P. 1972. Ecology of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae) in South Africa. 3. The influence of the predacious mite, *Amblyseius addoensis* van der Merwe and Ryke. J. Entomol. Soc. S. Afr. 35: 69-70.
- Kim, D.H. 1997. Studies on ecology of *Panonychus citri* (McGregor) in Cheju

- island. 38p. M.S. Thesis, Cheju Nat'l Univ.
- Kim, D.H., Kwon, H.M. and Kim, K.S. 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchards in Jeju island. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 267-274.
- Kim, D.H., Kim, K.S., Hyun, J.W. and Jeong, S.K. 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.H., Kim, K.S., Hyun, J.W. and Lim, H.C. 2003. Release level of *Amblyseius fallacis* Garman (Acarina: Phytoseiidae) for biological control of *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) on citrus. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 233-240.
- Kim, D.S., Jung, C., Kim, S.Y., Jeon, H.Y. and Lee, J.H. 2003. Regulation of spider mite populations by predacious mite complex in an unsprayed apple orchard. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 257-262.
- Kim, K.S. and Choi, D.S. 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.
- Metcalf, R.L. and Luckmann, W.H. 1994. Introduction to insect pest management. 3rd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York. 650p.
- McMurtry, J.A. 1977. Biological control of citrus mites. In W. Grierson (ed.), *Proc. Int. Soc. Citriculture*, Vol. 2, Painter Printing, De Leon Springs. p456-459.
- McMurtry, J.A. 1985. Citrus. In W. Helle & W. Sabelis (eds.), *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, vol. 1B. Elsevier, p339-347. Amsterdam.
- Nyrop J.P. 1988. Sequential classification of prey/predator ratios with application to european red mite (Acari: Tetranychidae) and *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) in New York apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 81: 14-21.
- Smith, D.A., Beattie and Broadley, R. 1977. Citrus pests and their natural enemies. DPI, Australia. 272p.
- Song, J.H., Lee, C.H., Kang, S.H., Kim, D.H., Kang, S.Y. and Riu, K.Z. 2001. Dispersion indices and sequential sampling plan for the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) on satsuma mandarin on Jujju island. *Korean J. Appl. Entomol.* 40: 105-109.
- Tanaka, M. and Kashio, T. 1977. Biological control on *Amblyseius largoensis* Muma (Acarina: Phytoseiidae) as predator of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae). *Bull. Hortic. Res. Stn., Ser. D. (Kurume)* 6: 1-40.
- Webber, H.J. 1967. History and development of the citrus industry. In W. Reuther, H.J. Webber and L.D. Batchelor (eds.), *The citrus industry*, vol. 1. p1-39. University of California, Division of Agricultural Sciences.
- Zhang, Y.X. Zhang, Z.Q., Chen, C.P., Lin, J.Z. and Chen, X. 2001. *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent against *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on citrus in China. *Systematic & Applied Acarology*. 6: 35-44.
- 김홍선, 문덕영, Lippold, P.C, 장영덕, 박중수. 1978. 감귤해충의 종합방제에 관한 연구 I. 귤응애의 생태와 천적에 관하여. *한식보지* 17: 7-14.