

# 천적유지식물로써 팽이밥에 대한 기초연구: 팽이밥의 곱응애 밀도억제효과와 천적 2종의 팽이밥응애 포식력

오창학 · 진혜영<sup>1</sup> · 안태현<sup>1</sup> · 송유진<sup>1</sup> · 전혜정<sup>2</sup> · 이준석<sup>2</sup> · 함은혜<sup>2\*</sup>한국방송통신대학교 농업생명과학과, <sup>1</sup>국립수목원, <sup>2</sup>(주)오상킨섹트 생물자원연구소

## A preliminary study of *Oxalis corniculata* L. as a new banker plant: Control efficacy against *Panonychus citri* (McGregor) and feeding ability of two natural enemies on *Tetranychina harti* (Ewing)

Chang Hak Oh, Hye Young Jin<sup>1</sup>, Tai Hyeon Ahn<sup>1</sup>, Yu Jin Song<sup>1</sup>, Hye Jeong Jun<sup>2</sup>, Jun Seok Lee<sup>2</sup> and Eun Hye Ham<sup>2\*</sup>

Korea National Open University Graduate School, Department of Agriculture and Life Science, Seoul 03087, Korea

<sup>1</sup>Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea<sup>2</sup>Institute for Bioresources, Osangkinsect Co., Ltd., Guri 11921, Korea

**ABSTRACT:** To protect plants from damage caused by *Panonychus citri* (McGregor), practical methods for the use banker plants have been developed to provide a habitat and augment natural enemies of several agricultural pests. The average population density of predatory mites on an *Oxalis corniculata* (creeping sorrel) sod culture was significantly higher (three times) than that on normal sod culture. Furthermore, the average population density of spider mites on creeping sorrel sod culture was significantly lower (3.7 times) than when weed control was practiced. Average consumption of the eggs and females of *Tetranychina harti* (Ewing) by *Neoseiulus californicus* (McGregor) females was approximately 1.96 eggs and 1.93 females per day, respectively. *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot females never consumed *T. harti*. However, total development time of *T. harti* from egg to adult on *O. corniculata* was 17.4 days, and hatchability and survival rate were 77.5% and 84.8%, respectively.

**Key words:** Banker plants, *Oxalis corniculata*, *Tetranychina harti*, *Panonychus citri*, *Neoseiulus californicus*

**초록:** 굴나무속 과수의 주요 해충인 곱응애의 방제효과 극대화를 위해 팽이밥의 천적유지식물 적용 가능성을 검토하였다. 팽이밥을 지피식물로 조성한 처리구에서 일반 초생재배구에 비해 포식성 응애류 밀도가 평균 3배 이상 높게 나타났으며, 제초구에 비해 3.7배 낮은 곱응애 발생 밀도를 확인 할 수 있었다. 칠레이리움에는 팽이밥응애 알과 성충을 포식하지 못하였고, 사막이리움에는 일일 평균 팽이밥응애 알 1.96개와 암컷 성충 1.93개를 포식하였다. 온도 23 ± 1°C, 습도 70 ± 5%, 광조건 16L : 8D로 설정된 사육실에서 팽이밥응애 알에서 성충까지 17.4일이 소요되었으며 77.5%의 부화율과 84.8%의 유충생존율을 확인하였다.

**검색어:** 천적유지식물, 팽이밥, 팽이밥응애, 곱응애, 사막이리움

곱응애(*Panonychus citri* (McGregor))는 연간 10~13세대 발생하여 광합성 작용을 감소시키며 심한 경우 조기낙엽을 유발하는 굴나무속(*Citrus*) 과수의 주요한 해충이다(Lee et al., 1991; Yang et al., 2011). 시설 감귤원에서 이러한 곱응애의 방

제대책은 대부분 유기합성 농약에 의존하고 있어 곱응애의 약제저항성 증가, 천적의 감소, 환경오염, 생태계 교란 등과 같은 부작용이 발생해 효율적인 방제가 매우 어려운 실정이다(Kim et al., 2003; Kim et al., 2006; Yang, 2011). 이러한 문제점들에 대한 대책의 일환으로 천적을 이용한 생물적 방제, 특히 천적의 보호와 정착에 관한 연구가 진행되고 있다(Kim et al., 2000; Choi et al., 2002; Song et al., 2013).

\*Corresponding author: ehham@k-insect.com

Received December 19 2016; Revised April 15 2017

Accepted 3 July 2017

과수에서 해충종합관리 전략은 응애류의 생물적 방제를 중심으로 수립되었으며, 응애류의 천적을 보호하기 위해 선택적 약제를 사용하고 동시에 초생재배를 통해 천적의 서식처와 대체 먹이를 제공하는 것을 기본으로 한다(Metcalf and Luckmann, 1994; Hyun, 2013). 이러한 접근방식은 과원에 조성된 피복식물과 이들의 꽃가루나 화밀, 또는 이 식물을 기주로 증식하는 잎응애류가 천적의 서식처와 대체먹이역할을 함으로써 천적의 생존에 긍정적인 작용을 하는 데에 바탕을 두고 있다(Risch, 1983).

특히, 과수원의 생태계는 1년생 작물 생태계에 비해 안정적이고, 환경적으로 다양하여 천적이 정착하기 좋은 조건을 갖추고 있어(van Emden and Williams, 1974), 유기농업을 실천하는 과수원에서 초생재배법을 많이 활용하고 있다(Ramos et al., 2010).

그러나 국내 과수원에서 초생재배에 활용되고 있는 왕포아풀(*Poa pratensis* Linnaeus), 툴페스큐(*Festuca arundinacea* Schreb.), 화이트클로버(*Trifolium repens* Linnaeus) 등은 수입종으로 농가의 경영비 상승을 야기하는 요인으로 작용하고 있어(Heo et al., 2015), 지피식물의 국산화에 대한 연구는 필수적이라 할 수 있다.

또한 방사된 천적의 정착을 돕는 천적유지식물(Banker plants)을 인위적으로 투입하는 방식도 연구되고 있으나 진딧물류, 가루이류와 총채벌레류 방제에 국한되어 있는 실정이다(van Der Linden and van Der Staaij, 2001; Kim and Kim, 2003; Huang et al., 2011; Waite et al., 2011).

천적유지식물은 재배작물과 유전적으로 거리가 먼 식물에 먹이를 증식시켜 천적과 함께 포장에 적용하여 주 재배작물에서 해충이 발생하기 전에 천적을 과원에 정착시킴으로서, 본 포장의 해충 발생을 원천적으로 차단 또는 즉각 방제하는 저비용 고효율 방제 시스템이다(Huang et al., 2011; Brownbridge et al., 2013). 본 연구에서는 팽이밥(*Oxalis corniculata* Linnaeus)과 팽이밥응애(*Tetranychina harti* (Ewing))를 효과적으로 조합하여 잎응애류 방제를 위한 새로운 천적유지식물의 개발 가능성을 확인하고자 수행하였다. 팽이밥응애는 팽이밥을 가해하는 유일한 해충이면서 기주특이성이 있어 팽이밥과(Oxalidaceae) 식물만 가해할 수 있는 종이다(Dubitzki and Gerson, 1987). 팽이밥은 팽이밥과에 속하는 국내자생식물 중 하나로 구근성(球根性) 다년생 잡초로(Lee, 1966; Lee, 2003) 전국적으로 분포하며, 초장은 10~30 cm이고, 줄기는 땅 위로 뻗거나 비스듬히 자라면서 가지가 많이 갈라진다. 이러한 팽이밥의 폭넓은 환경적응성과 낮은 초장은 과원 내 초생재배 작물로서의 이용가능성이 충분할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 만감류 시설 하우스에서 팽이밥을 활용한 선별초생재배를 통해 농업생태계를 다양화시켰을 때 굴응애의 발생에 미치는 영향을 조사함으로써 국내 유기농 감귤원에 적용 가능한 자생 지피식물의 선발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다. 나아가 잎응애류 방제효과 극대화를 위한 자생 천적유지식물 적용 가능성을 검토하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 팽이밥의 굴응애 밀도억제 효과

제주 서귀포시 남원읍 남원리의 만감류 품종(카라향, 청견)이 혼합 식재 되어있는 시설재배지(1,900 m<sup>2</sup>)에서 포식성 응애류가 많이 관찰되는 식물 1종인 팽이밥을 확인 할 수 있었다. 또한 이 식물이 조성되어 있는 곳의 만감류 나무에서 굴응애의 밀도 수준이 현저하게 낮게 유지됨이 관찰되었다. 이를 근거로 팽이밥이 천적의 생존에 긍정적인 작용을 하며 그로 인해 굴응애의 밀도가 경제적 피해허용수준이하로 유지될 수 있음을 가정하고 이를 증명하기 위해 일련의 조사를 실시하였다.

초생재배를 실시하고 있던 만감류 시설재배지를 제초구, 초생재배구(초생 높이 30cm 이하로 관리), 팽이밥처리구(팽이밥 외의 잡초 제거)로 구획하여, 굴응애와 포식성응애류의 경시적인 밀도 변동을 조사하였다. 모든 처리구의 병해충 관리는 일반적인 관행관리에 준하여 이루어졌으며, 각 처리구의 외곽에는 제초관리를 통한 완충지대를 부여하여 처리구별 상호영향을 최소화하였다.

해충과 천적의 밀도는 처리구별로 5주를 임의로 선택하여 주당 4방위에서 각 5잎을 선정해 조사하였다. 잎의 선정은 일반성인의 가슴높이를 기준으로 상하 50 cm 내에서 이루어졌다.

또한 팽이밥처리구에서 임의로 선정된 나무 5주의 하단부 팽이밥을 대상으로 응애류의 밀도조사를 실시하였다. 만감류 나무 1주당 팽이밥 20잎을 선정하여 확대경(×10)을 활용해 잎응애류와 포식성 천적을 계수하였다.

밀도조사 시 알은 제외하고 약충과 성충을 대상으로 2016년 4월 5일부터 주 1회 조사하였다.

### 팽이밥응애에 대한 천적 2종의 포식량

잎응애류 방제효과 극대화를 위한 팽이밥의 천적유지식물 적용 가능성을 검토하기 위해 팽이밥응애에 대한 천적 2종의 포식량을 확인하였다.

팽이밥응애는 2016년 3월 제주도 서귀포시 남원읍 남원리에

소재한 과수원의 팽이밥에 집단 서식하고 있는 개체를 채집해 사육실(23 ± 1°C, 70 ± 5%, 16L : 8D)에서 증식시켜 실험에 사용하였고 사막이리응애(*Neoseiulus californicus* (McGregor))와 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)는 (주)오상킨섹트의 제품을 사용하였다.

포식량 조사는 뚜껑에 직경 1.5 cm의 환기구가 있는 용기(직경 5.5, 높이 1.5 cm) 바닥에 탈지면(2 × 2 × 0.5 cm)을 깔고 탈지면이 잠기도록 물을 부은 후 그 위에 팽이밥 잎(2 × 1.5 cm)을 뒷면이 위로 향하게 올려두고 진행하였다. 준비된 팽이밥 잎에 팽이밥응애 암컷성충 1~3마리를 붓(2호, Hwahong 320)으로 접종한 후 1일 동안 산란을 유도하였다.

Moraes and Flechtmann (2008)은 사막이리응애가 암컷성충의 몸길이가 0.4~0.5 mm인 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)의 알을 하루에 15~20개 포식한다고 보고한 바 있어, 암컷성충의 몸길이가 0.65 mm 인 팽이밥응애의 알은 15개를 대상으로 진행하였다.

50배율의 디지털 현미경(Dino-Lite Premier Digital Microscope AM-7013MZT4)하에서 산란된 알을 15개씩만 남기고 제거한 후 대상 천적 암컷성충 한 마리를 접종하여 24시간 후에 포식수를 확인하였다.

팽이밥응애 성충에 대한 포식량 조사는 산란을 억제하기 위해 어린 성충(≤ 24 hours old)을 대상으로 상기의 방법으로 진행하였으며, 팽이밥응애 암컷성충은 천적 한 마리 당 열 마리를 공급하였다.

모든 실험은 온도 23 ± 1°C, 습도 70 ± 5%, 광조건 16L : 8D로 설정된 사육실에서 3반복 이상 수행되었고, 실험 중 물에 빠져 죽거나 자연사한 개체는 분석 대상에서 제외하였다.

## 팽이밥응애의 발육특성

천적유지식물에 천적의 먹이로 접종될 팽이밥응애의 기초생태특성을 온도 23 ± 1°C, 습도 70 ± 5%, 광조건 16L : 8D로 설정된 사육실에서 확인하였다. 뚜껑에 직경 1.5 cm의 환기구가 있는 용기(직경 5.5, 높이 1.5 cm) 바닥에 탈지면(2 × 2 × 0.5 cm)을 깔고 탈지면이 잠기도록 물을 부은 후 팽이밥 잎(2 × 1.5 cm)을 뒷면이 위로 향하게 올려두고 팽이밥응애 알을 하나씩 접종하였다. 매일 오후 4시에 현미경하에서 탈피각을 확인하면서 발육상황을 조사하였고 확인된 탈피각은 즉시 제거해 주었다. 조사가 진행되는 동안 신선한 먹이의 공급을 위해 3일에 한번씩 팽이밥 잎을 교체 공급해 주었다. 각 조건 별 최소 100개체 이상을 실험에 이용하였다.

## 통계분석

통계분석은 Microsoft Office Excel 2007을 사용하여 평균 ± 표준편차 값을 도식화하고, 처리 효과를 판별하기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 모든 처리 평균은 Type I error = 0.05에서 최소유의차검정에 의해 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 팽이밥의 굴응애 밀도억제 효과

제주 만감류 하우스에서 잎응애류 방제를 위한 팽이밥을 활용한 새로운 생물적방제법을 도출하기 위한 실험을 진행하였다.

Fig. 1은 토양관리방법에 따른 감귤나무에서의 잎응애와 포식성응애 밀도를 조사한 결과이다. 제초구에서 초생재배구의 3.1배, 팽이밥처리구의 3.7배의 높은 굴응애 발생이 확인되었으며( $F = 4.05$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.02$ ) 제초구에서의 천적의 밀도는 초생재배구와 팽이밥처리구에 비해 각각 4.3배, 1.4배 높았는데( $F = 0.54$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.58$ ) 이는 본 조사를 실시한 재배지가 지속적으로 초생재배를 해왔기 때문에 제초구의 지피식물에 서식하던 천적류들이 만감류 나무로 이동한 것으로 생각된다.

Fig. 2는 팽이밥처리구에서 팽이밥의 잎응애와 포식성응애 밀도를 조사한 결과이다. 팽이밥응애와 기타 잎응애를 먹이원으로 다양한 포식성 응애가 서식하는 것을 확인하였다( $F = 16.9$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0.0001$ ).

팽이밥처리구와 초생재배구에서의 해충의 평균 밀도가 잎당 0.7, 0.9마리로 유사한 수준이었으나 천적의 밀도는 팽이밥처리구에서 초생재배구보다 3배 이상 높게 나타났는데, 이는 팽이밥에서 팽이밥응애와 기타 잎응애를 먹이원으로 다양한 포식성 응애가 서식하면서 만감류 나무로 지속적으로 유입되었기 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 팽이밥이 천적의 훌륭한 서식처가 될 수 있음을 확인 할 수 있었으며 포식성응애의 서식처 역할을 하는 식물을 과원의 지피식물로 조성하게 되면 해충종합관리에 유리한 환경조건을 조성한다는 Croft and McGroaty (1977)와 Johnson and Croft (1981)의 연구결과와도 일치하였다.

그러나 5월 14일에 진딧물 방제를 위해 이미다클로프리드 수화제를 살포하였기 때문에 처리구의 대상해충 밀도가 급격히 낮아져 지속적인 굴응애의 밀도억제 효과는 확인할 수 없었다.

일반적으로 응애류 해충의 발생은 관건해충방제를 목적으로 하는 비선택적 살충제에 의해 천적이 제거됨으로써 나타난 문제로 해석되고 있으며(Croft and Hoyt, 1983), Kim (2005)도

약제를 살포하지 않는 초생재배 감귤과원에서는 천적들이 꿀 응애의 밀도를 조절 할 수 있다고 보고 한 바 있으므로, 과원의

지피식물을 천적의 서식에 유리한 식물로 조성한다면 보다 효과적인 해충관리가 가능할 것으로 사료된다.

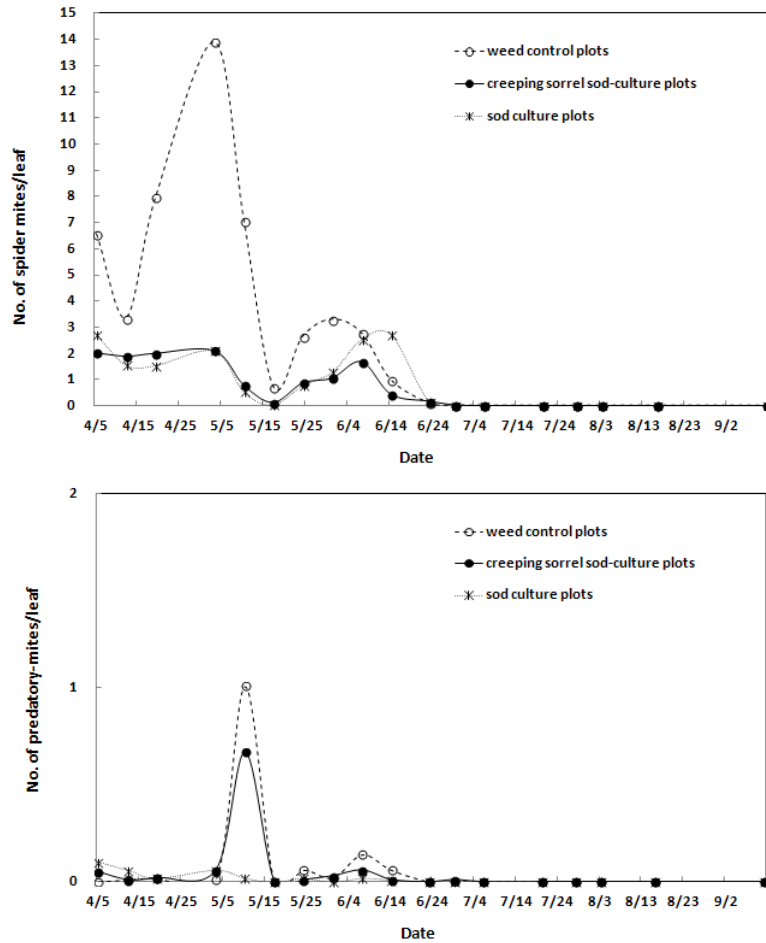


Fig. 1. Population density of *Panonychus citri* and predatory mites per citrus leaf in weed control, creeping sorrel sod-culture and normal sod culture plots in citrus orchards, Jeju, 2016.

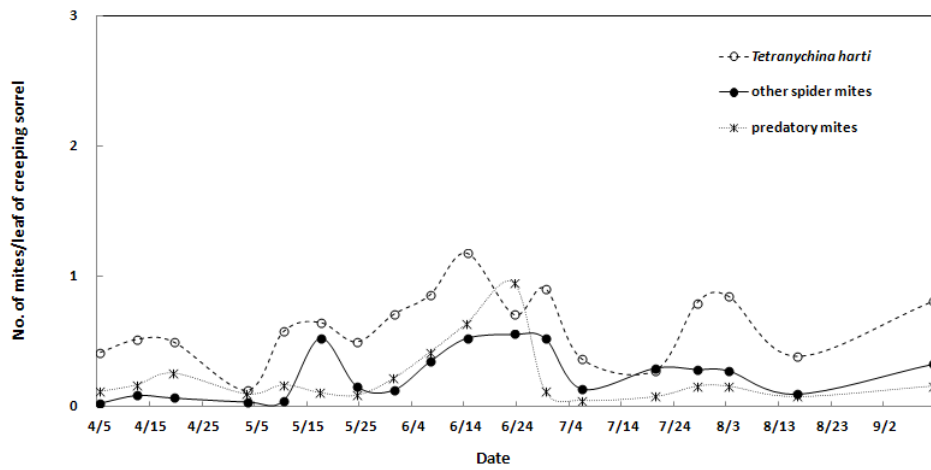


Fig. 2. Population density of spider mites and their natural enemies in creeping sorrel sod -culture plots in citrus orchards, Jeju, 2016.

## 팬이밥응애 성충과 알에 대한 천적 2종의 포식력

사막이리응애와 칠레이리응애의 팬이밥응애에 대한 포식능력을 조사하였다. 팬이밥응애 알과 성충에 대한 1일간 포식량 조사결과, 사막이리응애는 1.96, 1.93개를 포식하였으나 칠레이리응애는 포식하지 않았다(Tables 1, 2, Fig. 3).

McMurtry and Croft (1997)는 포식성 응애류를 4가지 타입(I: specialized predators of *Tetranychus* species represented by *Phytoseiulus* species, II: selective predators of spider mites

such as *Galendromus*, some *Neoseiulus* and *Typhlodromus* species, III: generalists represented by some *Neoseiulus* and most *Typhlodromus* species, IV: generalist predators with a specialisation on pollen represented by *Euseius* species)으로 분류한바 있다. 일반적으로 칠레이리응애는 I번 타입, 사막이리응애는 II번과 III번 타입의 특성을 가지는 것으로 알려져 있는데(Walzer and Schausberger, 1999; van Houten et al., 2007; van Baal et al., 2007; Nguyen and Amano, 2009) 이는 본 실험의 결과와도 일치하였다.

**Table 1.** Mean consumption ( $\pm$  standard deviation) of *Tetranychina harti* eggs by the adult females of two natural enemies (*Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*), under a temperature of  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH of  $70 \pm 5\%$ , and photoperiod of 16L : 8D. The eggs of *T. harti* were provided on *Oxalis corniculata* leaf discs

Natural enemies	No. of individuals observed	No. of eggs provided	No. of eggs consumed/day
<i>P. persimilis</i>	11	15	0.0 $\pm$ 0.0
<i>N. californicus</i>	26	15	1.96 $\pm$ 1.15

**Table 2.** Mean consumption ( $\pm$  standard deviation) of adult females of *Tetranychina harti* by the adult females of two natural enemies (*Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*), under a temperature of  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH of  $70 \pm 5\%$ , and photoperiod of 16L : 8D. Adult females of *T. harti* were provided on *Oxalis corniculata* leaf discs

Natural enemies	No. of individuals observed	No. of adults provided	No. of adults consumed/day
<i>P. persimilis</i>	9	10	0.0 $\pm$ 0.0
<i>N. californicus</i>	28	10	1.93 $\pm$ 1.25



**Fig. 3.** *Neoseiulus californicus* (a predatory mite) attacking *Tetranychina harti* (a prey mite).

**Table 3.** Developmental period (day, mean  $\pm$  SD) of *Tetranychina harti* fed with *Oxalis corniculata*, under a temperature  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH of  $70 \pm 5\%$ , and photoperiod of 16L : 8D (Initial n = 133)

Egg	Larval stage			Total	Egg~Adult
	Larva	Protonymph	Deutonymph		
8.8 $\pm$ 0.9	3.0 $\pm$ 0.3	2.8 $\pm$ 0.4	3.2 $\pm$ 0.4	8.9 $\pm$ 0.9	17.4 $\pm$ 1.2

**Table 4.** Hatchability and survival rate (mean  $\pm$  SD) of *Tetranychina harti* fed with *Oxalis corniculata*, under a temperature  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH of  $70 \pm 5\%$ , and photoperiod of 16L : 8D

No. of individuals observed	Hatchability (%)	Survival rate (%)
261	77.5 $\pm$ 28.4	84.8 $\pm$ 7.7

또한 사막이리응애는 제주도 전역의 감귤과원에 널리 분포하고 있으며(Kawashima and Jung, 2011) 혐식성인 칠레이리응애에 비해, 재배작물과 지표면의 식물을 활발히 오가며 먹이 탐색을 하는 특성이 있어(Auger et al., 1999; Raworth et al., 1994; Jung and Croft, 2001) 신규 개발될 천적유지식물에 혼합 적용할 수 있는 천적으로 적합할 것으로 판단된다.

## 팬이발응애의 발육특성

팬이발응애의 기초 생태특성은 Tables 3, 4와 같다. 알에서 성충까지 17.4일이 소요되었으며 77.5%의 부화율과 84.8%의 약충생존율을 확인하였다. Koveos and Tzanakakis (1989)는 팬이발응애 암컷성충은 단일조건에서 휴면 알을 산란한다고 보고한 바 있으므로 추 후 천적유지식물 생산 공정개발을 위해 팬이발응애의 휴면특성, 저온저장기술 등의 추가 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 농림수산물기술기획평가원 농생명산업기술개발사업(과제번호: 116089-03-1-SB010)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

## Literature Cited

Auger, P., Tixier, M.S., Kreiter, S., Fauvel, G., 1999. Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23, 235-250.

Brownbridge, M., Buitenhuis, R., Murphy, G., Waite, M., Scott-Dupree, C., 2013. Banker plants, trap crops and other bioprotection developments in Canadian greenhouse floriculture. *Proceeding of the 4<sup>th</sup> international symposium on Biological control of Arthropods*, Pucon, Chile. 133-136 pp.

Choi, D.S., Kim, K.J., Park, J.D., 2002. Effects of temperature on development of *Oligota kashmirica benefica* (Coleoptera: Sthphylinidae) and its seasonal fluctuation in Yuzu orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 41, 199-204.

Croft, B.A., Hoyt, S.C., 1983. *Integrated management of insect pests of pome and stone fruits*. New York, Wiley Intersci. 454 pp.

Croft, B.A., McGroarty, D.L., 1977. The role of *Amblyseius fallacies* in Michigan apple orchards. *Mich. Expt. Sta. Res. Rpt.* 333, 22 pp.

Dubitzki, E., Gerson, U., 1987. The natural history of *Petrobia (Tetranychina) harti* (Ewing) and *Petrobia (Mesotetranychus) tunisiae* Manson (Acari: Tetranychidae) in the laboratory. *Exp. Appl. Acarol.* 3, 91-94.

Heo, J.Y., Park, Y.S., Um, N.Y., Park, S.M., 2015. Selection of native ground cover plants for sod culture in an organic apple orchard. *Korean J. Plant Res.* 28, 641-647.

Huang, N., Enkegaard, A., Osborne, L.S., Ramakers, P.M.J., Messeling, G. J., Pijnakker, J., Murphy, G., 2011. The banker plant method in biological control. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30, 259-278.

Hyun, S.Y., 2013. Effects of grass planting and pyrethroid spray on the population dynamics of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) in citrus orchard : A short-term effect. *Jeju Nat'l Univ.* 46 pp.

Johnson, D.T., Croft, B.A., 1981. Dispersal of *Amblyseius fallacies* (Acarina: Phytoseiidae) in an apple ecosystem. *Environ. Entomol.* 10, 313-319.

Jung, C., Croft, B.A., 2001. Ambulatory and aerial dispersal among specialist and generalist predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 30, 1112-1118.

Kawashima, M., Jung, C., 2011. Effects of sheltered ground habitats on the overwintering potential of the predacious mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in apple orchards on mainland Korea. *Exp. Appl. Acarol.* 55, 375-388.

Kim, D.H., Kim, K.S., Hyun, J.W., Lim, H.C., 2003. Release level of *Amblyseius fallacies* Garman (Acarina: Phytoseiidae) for biological control of *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) on citrus. *Korean J. Appl. Entomol.* 42, 233-240.

Kim, D.H., Kim, S.S., Kim, K.S., Hyun, J.W., 2006. Characteristics of predation of *Neoseiulus fallacies* (Acarina: Phytoseiidae) on *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 145-152.

Kim, D.H., Kwon, H.M., Kim, K.S., 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchard in Cheju island. *Korean J. Appl. Entomol.* 39, 267-274.

Kim, D.S., 2005. Comparison of population regulation of *Panonychus citri* by predacious mite complex between abandoned and sprayed citrus orchards in Jeju island. *J. Subtrop. Agri. Biotech., Jeju Nat'l Univ.* 21, 21-27.

Kim, Y.H., Kim, J.H., 2003. Biological control of aphids on cucumber in plastic green houses using banker plants. *Korean J. Appl. Entomol.* 42, 81-84.

Koveos, D.S., Tzanakakis, M.E., 1989. Influence of photoperiod, temperature and host plant on the production of diapauses eggs in *Petrobia (Tetranychina) harti* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 6, 327-342.

Lee, S.C., Kim, S.S., Kim, D.J., 1991. Ecological characteristics and control of *Phyllocnistis citrella* and *Panonychus citri* at the citron plantation. *Res. Rept. RDA* 34, 124-138.

Lee, S.H., 2003. Sequence analysis of the 5.8S ribosomal DNA and internal transcribed spacers (ITS1 and ITS2) from four taxa of Oxalis (Oxalidaceae) in Korea. *Chonbuk Nat'l Univ.* 28 pp.

Lee, S.J., 1966. *Korean folk medicine*. Publishing center of Seoul National University, Seoul, Korea. 133 pp.

- McMurtry, J.A., Croft, B.A., 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42, 291-321.
- Metcalf, R.L., Luckmann, W.H., 1994. Introduction to insect pest management. 3<sup>rd</sup> edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 672 pp.
- Microsoft Excel, 2007. Microsoft Office 2007.
- Moraes, G.J., Flechtmann, C.H.W., 2008. Manual de acarologia: acarologia basica e acaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirao Preto. Holos. 308 pp.
- Nguyen, T.T.P., Amano, H., 2009. Mating duration and egg production of the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) vary with temperature. *J. Asia-Pac. Entomol.* 12, 297-299.
- Ramos, M.E., Benitez, E., Garcia, P.A., Robles, A.B., 2010. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 44, 6-14.
- Raworth, D.A., Fauvel, G., Auger, P., 1994. Location, reproduction and movement of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) during the autumn, winter and spring in orchards in the south of France. *Exp. Appl. Acarol.* 18, 593-602.
- Risch, S.J., Andow, D., Altieri, M.A., 1983. Agroecosystem diversity and pest control; data, tentative conclusions, and new research directions. *Environ. Entomol.* 12, 625-629.
- Song, J.H., Hong, S.Y., Yang, Y.T., Lee, S.C., Kim, D.S., Choi, G.S., Hyeon, J.U., 2013. Citrus pests and their natural enemies. Jeju special self-governing province agricultural research and extension services. 54 pp.
- van Baal, E., van Houten, Y., Hoogerbrugge, H., Bolckmans, K., 2007. Side effect on thrips of the spider mite predator *Neoseiulus californicus*. *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.* 18, 37-42.
- van Der Linden, A., van Der Staaaij, M., 2001. Banker plants facilitate biological control of whiteflies in cucumber. *Proc. Exper. Appl. Entomol., NEV Amsterdam* 12, 75-79.
- van Emden, H.F., Williams, G.F., 1974. Insect stability and diversity in agroecosystem. *Annu. Rev. Entomol.* 19, 455-475.
- van Houten, Y.M., Hoogerbrugge, H., Bolckmans, K.J.F., 2007. Spider mite control by four phytoseiid species with different degrees of polyphagy. *IOBC/WPRS Bulletin* 30, 123-127.
- Waite, M.O., Scott-Dupree, C.D., Brownbridge, M., Buitenhuis, R., Murphy, G., 2011. Evaluation of potential *Orius insidiosus* banker plants for western flower thrips biocontrol in ornamental crops. *IOBC/WPRS Bulletin* 68, 189-192.
- Walzer, A., Schausberger, P., 1999. Predation preferences and discrimination between con- and heterospecific prey by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Biocontrol* 43, 469-478.
- Yang, J.Y., 2011. Life table parameters of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on citrus leaves and a matrix model for the population projection. *Jeju Nat'l Univ.* 52 pp.
- Yang, J.Y., Choi, K.S., Kim, D.S., 2011. Parameterization of the temperature dependent development of *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) and a matrix model for population projection. *Korean J. Appl. Entomol.* 50, 235-245.