

시설재배지 국화에서 자가생산한 뿌리이리응애 [응애아강: 가시진드기과]를 활용한 총채벌레의 생물적 방제

정덕웅 · 황활수¹ · 김산영³ · 이경열^{1,2*}

경북대학교 친환경농업연구센터, ¹경북대학교 농업생명과학대학, ²경북대학교 농업과학기술연구소, ³경북농업기술원 구미화훼연구소

Biological Control of Thrips Using a Self-produced Predatory Mite *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Laelapidae) in the Greenhouse Chrysanthemum

Duck-Ung Jung, Hwal-Su Hwang¹, San-Young Kim³ and Kyeong-Yeoll Lee^{1,2*}

Sustainable Agriculture Research Center, Kyungpook National University, Gunwi 39061, Korea

¹Division of Applied Biosciences, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³Gumi Floriculture Research Institute, Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services, Gumi 39012, Korea

ABSTRACT: For greenhouse crops, thrips is one of the major insect pests, but its control is difficult owing to short generation time, rapid escaping behavior, and development of pesticide resistance. *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) is a soil-dwelling predatory mite attacking various soil invertebrate species, including thrips. Using the method by growers' self-production, we mass-reared *S. scimitus* colony and investigated thrips control in the greenhouse chrysanthemum. The initial density of thrips was six individuals/flower. The treatment with one *S. scimitus* box in the greenhouse was estimated to be 1,000 individuals/m². From August to September 2018, the greenhouse was released with a total of 10 boxes of *S. scimitus*. The density of thrips in the untreated and the treated cultivar was 53.7 ± 7.0 and 13.5 ± 1.7 on the late September, respectively, which indicated a reduction of 74.9% in the treated cultivar. Our results suggest that *S. scimitus* was highly effective for the control of thrips in the greenhouse chrysanthemum although temperature is very high during the summer season.

Key words: Thrips, Natural enemies, Predatory mites, Mass production, Sustainable agriculture

초 록: 총채벌레는 시설재배작물의 주요 해충으로서 짧은 세대, 기피행동 및 살충제 저항성 발달 등으로 인하여 방제가 어려운 실정이다. 뿌리이리응애[*Stratiolaelaps scimitus* (Womersley)]는 포식성 토양응애로서 땅에 떨어져 용화되는 총채벌레를 포식한다. 본 연구에서는 농가자가생산법에 따라 증식한 뿌리이리응애를 활용하여 2018년 8~9월에 시설재배지 국화에 발생한 총채벌레의 밀도억제효과를 분석하였다. 총채벌레의 초기밀도는 꽃송이 당 약 6마리였다. 온실에 뿌리이리응애 한 상자 처리 시 밀도는 약 1,000마리/m² 정도 된다. 시험기간 동안 총 10상자를 처리하였다. 9월 말 무처리 온실의 총채벌레 밀도는 53.7 ± 7.0마리로 8.8배 증가한 반면에 처리 온실의 밀도는 13.5 ± 1.7마리로 2.1배 증가하였다. 처리구의 밀도는 무처리구 대비 74.9%가 억제되었다. 즉, 여름기간 국화재배시설의 고온 조건에도 불구하고 뿌리이리응애를 이용하여 총채벌레의 밀도를 억제할 수 있는 가능성이 높다고 판단된다.

검색어: 총채벌레, 천적, 포식성 응애, 대량생산, 지속가능한 농업

*Corresponding author: leeky@knu.ac.kr

Received August 19 2019; Revised August 27 2019

Accepted August 28 2019

총채벌레는 과채류, 엽채류 등 다양한 원예작물의 주요 해충이다. 최근 국내외적으로 총채벌레 발생이 증가하여 노지 및 시설 재배지의 채소류뿐만 아니라 과수 및 화훼류에도 큰 피해를 주고 있다(Morse and Hoddle, 2006; Mouden et al., 2017; Reitz, 2019). 국내 총채벌레류는 60여종이 보고되어 있으나 작물에 피해를 끼치는 주요 종은 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*), 대만총채벌레(*F. intonsa*), 파총채벌레(*Thrips tabaci*) 및 오이 총채벌레(*T. palmi*) 등이 있다. 또한, 제주도 감귤에는 볼록총채벌레(*Scirotothrips dorsalis*)에 의한 피해가 크다(Hyun et al., 2012). 특히, 꽃노랑총채벌레는 고위해성 바이러스인 토마토반점위조바이러스(*Tomato spotted wilt virus*)와 같은 Tospovirus의 매개충으로서 토마토, 고추 및 담배 등 다양한 작물에 큰 피해를 주고 있다(Whitefield et al., 2005; Riley et al., 2011).

총채벌레는 발육기간이 짧고, 생식율이 높을 뿐만 아니라, 크기가 작고 꽃이나 가지 사이에 숨는 은밀 행동, 그리고 꽃과 토양을 순환하는 생활환 등 독특한 행동적 특징으로 인해 방제하기가 쉽지 않다(Morse and Hoddle, 2006; Reitz et al., 2019). 뿐만 아니라 살충제의 과다사용으로 인해 상용화된 주요 살충제에 대한 저항성이 빠르게 발달되어 화학적 방제가 어려운 실정이다(Gao et al., 2012). 최근 생물적 방제 및 저항성 품종 개발 등 다양한 방법을 포함하는 종합적 해충방제(IPM)에 대해 활발한 연구가 진행되고 있다(Yano, 2004; Mouden et al., 2017).

총채벌레의 포식성 천적으로 이리응애류와 애꽃노린재류가 실용화되어 있다(Reitz et al., 2019). 지상부에서 서식하면서 총채벌레 약충 및 성충을 포식하는 미끌애꽃노린재(*Orius laevigatus*), 으뜸애꽃노린재(*O. strigicollis*), 오이이리응애(*Neoseiulus cucumeris*) 및 나팔이리응애(*N. barkeri*) 등이 알려져 있다(Messelink et al., 2006). 국내에서는 피망재배지에서 총채벌레를 방제하기 위해 오이이리응애를 적용한 바 있으며(Kim et al., 2006), 오이재배지에서 꽃노랑총채벌레를 방제하기 위해 지중해이리응애(*Amblyseius swirskii*)를 시험한 바 있다(Kim et al., 2009).

또한, 토양에 서식하면서 땅에 떨어진 총채벌레의 번데기를 포식하는 토양응애로서 뿌리이리응애[*Stratiolaelaps scimitus* (Womersley)], 총채가시응애[*Gaolaelaps aculeifer* (Canestrini)], 그리고 크기가 큰 포식성 토양응애인 *Macrocheles robustulus* (Berlese)가 상업화되어 현장에 적용한 사례가 보고되어 있다(Bennison et al., 2002; Berndt et al., 2004; Chambers et al., 1993; Messelink and Holstein-Saj, 2008; Walter and Campbell, 2003). 그러나 국내의 재배환경에서 총채벌레를 방제하기 위하여 포식성 토양응애를 현장에 적용한 사례는 드문 실정이다. 최근 뿌리이리응애를 농가에서 자체적으로 생산하여 활용할 수 있는 자가생산기술을 개발하여 보고한 바 있다(Jung et al.,

2018). 본 연구에서는 국화 시설재배지에 발생하는 총채벌레 방제를 위하여 자가생산한 뿌리이리응애를 지속적으로 처리하여 총채벌레의 밀도제어효과를 분석하였다.

재료 및 방법

뿌리이리응애의 자가생산

뿌리이리응애는 이중상자법으로 자가생산하여 이용하였다(Jung et al., 2018). 사육상자는 플라스틱 재질의 내부상자(6.5 L, 31 × 22 × 11 cm³)와 외부상자(22 L, 54 × 36 × 18 cm³) 2개로 구성되었으며, 내부상자에 왕겨를 넣고 뿌리이리응애를 증식하였다. 뿌리이리응애의 먹이로서 쌀겨에서 사육한 긴털가루응애 [*Tyrophagus putrescentiae* (Schrank)]를 주 1회 공급하였다. 외부상자에는 1 L의 물을 채워 넣어서 습도도 유지하고 응애의 탈출을 방지하였다. 외부상자의 덮개를 닫고 약 4주간 25 ± 1°C, 60 ± 10% 조건에서 사육하였다. 증식된 뿌리이리응애의 밀도를 간이방법으로 측정하였다. 뿌리이리응애의 왕겨 배지 1 ml를 흰색 A4 복사지 위에 놓고 움직이는 개체수를 측정하였다. 증식된 뿌리이리응애의 밀도는 평균 30.0 ± 5.7마리/ml이었으며 한 상자(왕겨 4 L)에 최소 12만 마리로 측정되었다.

뿌리이리응애의 현장적용

총채벌레 밀도억제시험은 경상북도농업기술원 구미화훼연구소의 국화 시설재배지(8 m × 15 m)에서 실시되었다. 시험에 사용된 국화는 씨앗을 채종하기 위한 채종용으로서 다양한 품종이 혼재되어 있었다. 같은 환경조건의 국화 시설재배지 2동을 선별하여 무처리구와 처리구로 나누어 시험하였으며 각 동 간격은 약 10 m이었다. 처리구에는 2018년 8월 1일부터 9월 27일 사이에 총 6회 뿌리이리응애를 처리하였는데, 8월에 두 상자를 1주일 간격으로 4회 처리하였고, 9월에 한 상자를 2주 간격으로 2회 처리하였다. 뿌리이리응애 사육상자에서 한 국자(50 ml)씩 떠서 토양에 인접한 국화의 뿌리 부위에 1 m 간격으로 처리하였다. 9월말 이후 국화 종자를 채종하여야 하기 때문에 시험을 종료하였다.

국화 시설재배지의 토양 및 꽃의 높이에 따라 자동온습도 측정기(길우트레이딩, 서울, 한국)를 이용하여 온도를 측정하였는데 토양 온도는 측정기를 지표 아래 5 cm 지점에 묻어서 측정되었고 지상부 온도는 온도계를 국화꽃이 피어 있는 높이인 1.5 m 높이에 매달아서 측정되었다. 온습도는 8월초에서 9월말까지 5분 간격으로 자동적으로 기록되었다.

총채벌레 종 동정 및 밀도 분석

국화에서 채집한 총채벌레의 종을 형태적으로 진단하기 위하여 Hoddle et al. (2008)이 제시한 분류목록표를 활용하였다. 유전자 진단을 위하여 한 개체로부터 genomic DNA를 추출하여 COI 염기서열을 결정하고 National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 GenBank database에서 BLASTN algorithm 방법으로 유사성을 분석하였다. COI 유전자를 증폭하기 위하여 한 쌍의 프라이머(LCO1490와 HCO2198)를 사용하였다(Folmer et al., 1994).

국화 꽃에 서식하는 총채벌레의 밀도를 측정하기 위하여 각 처리구별 20개의 꽃을 7일 간격으로 9회 채취하였다. 꽃 속에 있는 총채벌레를 확인하기 위하여 흰색 A4 복사지 위에 국화 꽃을 놓고 꽃잎을 해체하면서 꽃 속에 있는 약충과 성충의 수를 계수하였다. 무처리구 대비 처리구의 총채벌레 밀도 감소율을 계산하였다.

통계 분석

총채벌레의 밀도는 국화 송이 당 약충과 성충의 총 수를 조사하였으며 포식성 응애 처리구와 무처리구의 차이를 paired

t-test를 이용하여 분석하였다. 모든 자료는 평균 ± 표준오차로 표기하였다.

결과 및 고찰

뿌리리응애의 처리 밀도

이중상자법에 의하여 4주간 증식된 뿌리리응애의 밀도는 평균 30마리/ml로서 한 상자(4 L)당 총 개체수는 약 12만 마리로 측정되었다. 뿌리리응애 한 상자를 국화재배지에 처리한 경우 시설재배지의 뿌리리응애 처리 밀도는 12만 마리/120 m²로서 약 1,000마리/m²으로 환산되었다.

총채벌레 밀도 억제 효과

국화 시설재배지의 총채벌레의 종을 동정하기 위하여 형태 및 유전자를 진단한 결과, 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레 2종이 혼재되어 있는 것으로 나타났다(Fig. 1). 본 연구에서는 각 종에 대한 상대적인 밀도는 측정하지 않았다.

뿌리리응애 처리에 대한 무처리구와 처리구의 총채벌레 평균밀도를 비교해 본 결과 8월에는 평균 14.3과 7.7마리이고

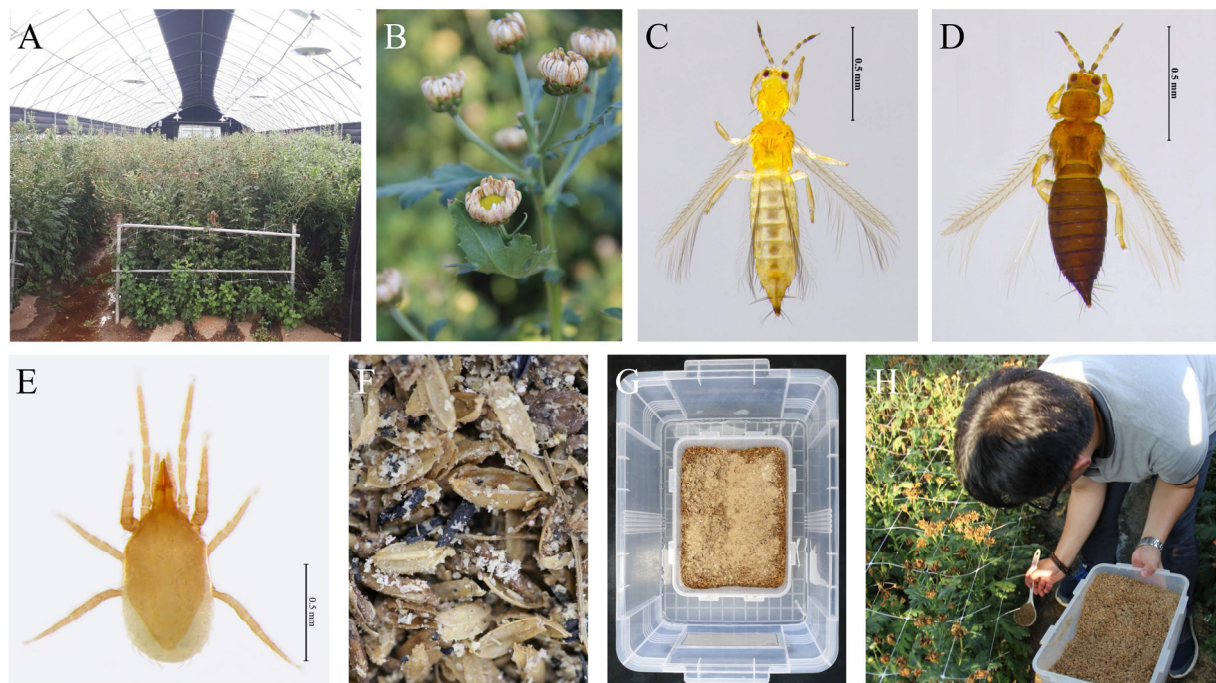


Fig. 1. Experimental condition for control of thrips using the soil-dwelling predatory mite, *Stratiolaelaps scimitus*. Chrysanthemum greenhouse (A), chrysanthemum flowers infested by thrips (B), two identified species, *Frankliniella occidentalis* (C) and *F. intonsa* (D), *Stratiolaelaps scimitus* (E), rice husks as the rearing media (F), *S. scimitus* rearing box (G), and release of *S. scimitus* on the ground of the greenhouse (H).

통계적으로 차이가 없으나($t = 2.292, P = 0.083$), 9월에는 평균 44.0과 15.2마리이고 처리구의 밀도가 감소하였다($t = 5.007, P = 0.015$) (Fig. 2A). 9월말 최종적으로 무처리구의 밀도는 53.7 ± 7.0 마리인 반면에 처리구의 밀도는 13.5 ± 1.7 마리로서 무처리구 대비 처리구의 총채벌레의 밀도는 74.9%까지 억제되었다. 본 시험결과 국화 시설재배지 토양에 뿌리이리응애를 처리함으로써 상당한 수준의 총채벌레 밀도억제효과가 있었다고 판단된다.

꽃노랑총채벌레의 경우 콩의 꽃에 서식하는 약충이 용화하기 위해서 땅에 떨어지는 비율은 98% 이상이라고 보고한 바 있다(Berndt et al., 2004). 또한 실험실 수준에서 총채벌레 번데기에 대한 뿌리이리응애의 포식률은 뿌리이리응애의 밀도에 비례하는데 최고 80.5%까지 나타났으며 이는 현장적용시에 약 2,800마리/m²로 추정된다고 하였다(Berndt et al., 2004). 본 연구에서 국화재배지에 처리한 뿌리이리응애의 밀도는 한 상자

처리 시 약 1,000마리/m² 로서 2개월 동안 총 10상자를 6회로 나누어 처리하였고 그 결과로서 무처리구 대비 74.9%의 억제효과를 보여 주었다. 즉, 기존 연구와 비교하여 본 연구에서 실시한 뿌리이리응애의 처리 밀도가 낮았음에도 불구하고 비등한 수준의 총채벌레 방제효과를 나타냈기 때문에 뿌리이리응애의 처리량과 빈도를 증가하면 더 높은 방제효과를 기대할 수 있을 것이다. 따라서 포식성 응애의 현장적용을 위해 총채벌레의 발생 밀도에 대한 천적의 최적사용비율을 결정하여야 할 것으로 판단된다.

시설재배지의 고온 환경의 영향

2018년 7월 24일에서 9월 27일에 국화 채종용 시설재배지 내부의 지상부 온도는 8월 평균 32.0°C, 9월 평균 24.0°C 였다 (Fig. 2B). 그러나 지상부의 경우 낮 최고온도가 45°C 이상으로

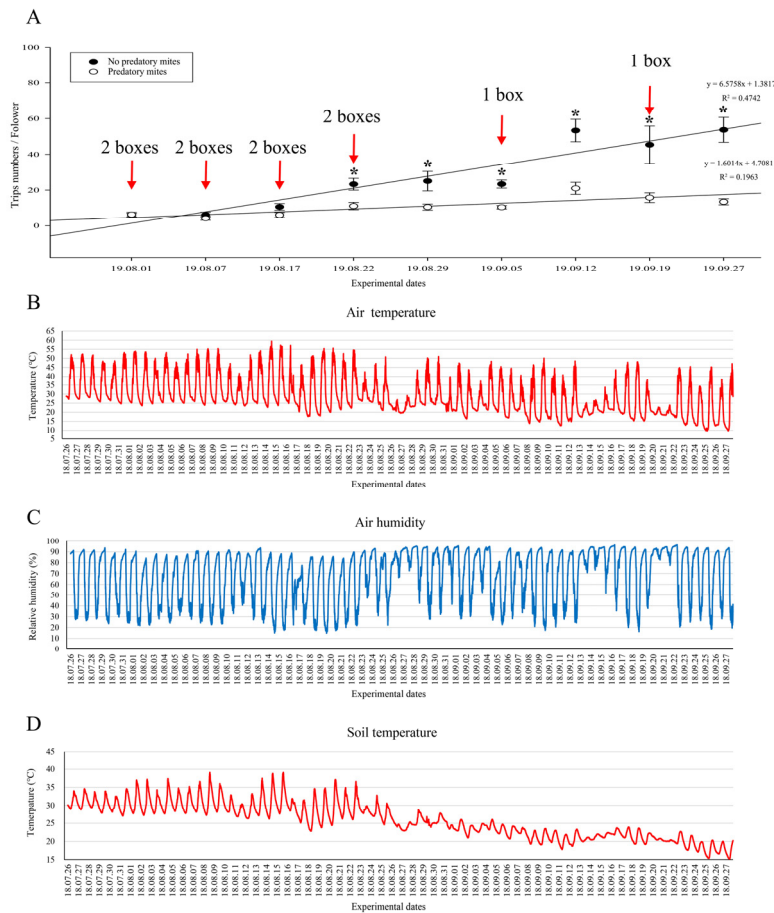


Fig. 2. Changes in density of thrips and environmental conditions in the greenhouse. Chrysanthemum flowers were collected nine times from untreated greenhouses and those treated with predatory mites from 1 August 1 to 27 September 2018 (A). Number of thrips per flower ($n = 20$) was counted in each collection. The changes in temperature (B) and relative humidity (C) in the air at a height of 1.5 m, and soil temperature (D) at 5 cm underground were continuously recorded using a temperature and humidity data logger during the experimental period. Asterisks in A indicate significant differences between control and treated groups (paired t-test, $P > 0.05$).

올라간 회수가 36회였고, 50°C 이상인 회수가 22회였다. 지상부의 상대습도는 8월 65.0%, 9월 평균 72.7%이었고 밤낮의 차이가 많았다(Fig. 2C). 지하부 5 cm 이하의 온도는 8월 평균 29.0°C, 9월 평균 21.5°C이었는데, 35°C 이상인 회수가 12회였다(Fig. 2D). 즉, 국화 시설재배지 내부의 온도조건은 시험기간 중 상당히 높은 상태였다.

총채벌레의 고온발육한계온도에 관한 실험실 수준의 연구 결과에서 꽃노랑총채벌레 성충은 41°C에서 2시간, 43°C에서 30분이면 100% 사망한다고 보고하였다(Li et al., 2011). 오이 총채벌레(*Thrips tabaci*) 성충은 42°C에서 2시간, 44~50°C에서 30분이면 100% 사망하였다(Shibao et al., 2010). 뿌리리리응애의 발달에 최적온도는 24~28°C, 최적습도는 100%이다(Wang et al., 2009). 그러나 30°C 이상의 온도에서 발달기간이 짧아지고, 유충 사망률이 증가하며 산란율이 낮아지고 산란기간은 짧아진다(Ydergaard et al., 1997). 본 시험에서 살펴본 8월달 시설재배지의 현장조건은 치사임계온도보다 높은 온도조건이 수 일 동안 유지되었음에도 불구하고 총채벌레의 증식뿐만 아니라 천적인 포식성 응애의 포식활동이 이루어졌다. 곤충에 대한 온도의 영향은 재배현장에 존재하는 다양한 생물적 및 비생물적 요인에 의해서 변화될 수 있다(Chown and Terblanche, 2006; Colinet et al., 2015). 본 연구에서는 그 중에서 먹이원으로서 국화식물이 많이 존재하였고, 또한 토양의 습도조건이 높아서 실험실 수준의 고온치사임계온도보다 높은 조건에서도 충분히 생존할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 자연상태의 지속적인 밤낮의 온도차이는 일정온도에서 측정된 치사임계온도에 영향을 줄 수 있다(Thoeye et al., 1987; Thompson et al., 2013). 현실적으로 시설재배지의 해충 발생이 여름철에 훨씬 증가하지만 이 시기에 천적을 적용하여 친환경적 해충방제를 하는 것이 어려운 실정이다.

본 연구를 통하여 여름철 국화 시설재배지에 발생한 고밀도의 총채벌레 방제를 위하여 임계치사온도 이상의 고온인 환경임에도 불구하고 포식성 토양응애의 총채벌레 밀도억제효과가 높은 수준으로 이루어진 것을 확인하였다. 지상부의 온도가 45~50°C 까지 올라가는 조건에서 지상부 천적들을 적용하기에는 너무 어려운 환경이므로 지하부에 서식하는 토양천적을 활용함으로써 여름기간에도 천적을 적용하여 총채벌레를 방제할 수 있는 방법을 검증한 것이다. 본 연구의 결과를 토대로 작물재배시설의 다양한 환경조건에 대한 천적의 효율적인 활용기술을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술 공동연구사업인 ‘주요 외래해충의 친환경 방제 기술 개발 연구(PJ01336201)’과제의 지원으로 수행되었다.

Literature Cited

- Bennison, J., Maulden, K., Maher, H., 2002. Choice of predatory mites for biological control of ground-dwelling stages of western flower thrips within a ‘push-pull’ strategy on pot chrysanthemum. IOBC/WPRS Bull. 25, 9-12.
- Berndt, O., Meyhöfer, R., Poehling, H.M., 2004. The edaphic phase in the ontogenesis of *Frankliniella occidentalis* and comparison of *Hypoaspis miles* and *Hypoaspis aculeifer* as predators of soil-dwelling thrips stages. Biol. Control 30, 17-24.
- Chambers, R.J., Wright, E.M., Lind, R.J., 1993. Biological control of glasshouse sciarid larvae (*Bradysia* spp.) with the predatory mite, *Hypoaspis miles* on Cyclamen and Poinsettia. Biocontrol Sci. Technol. 3, 285-293.
- Chown, S.L., Terblanche, J.S., 2006. Physiological diversity in insects: ecological and evolutionary contexts. Adv. Insect Physiol. 33, 50-152.
- Colinet, H., Sinclair, B.J., Vernon, P., Renault, D., 2015. Insects in fluctuating thermal environments. Annu. Rev. Entomol. 60, 123-140.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol. Marine Biol. Biotech. 3, 294-299.
- Gao, Y., Lei, Z., Reitz, S.R., 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms, and management strategies. Pest Manag. Sci. 68, 1111-1121.
- Hoddle, M.S., Mound, L.A., Paris, D.L., 2008. Thrips of California. CBIT Publishing, Queensland, Australia. (http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/thrips_of_california/Thrips_of_California.html).
- Hyun, J.W., Hwang, R.Y., Lee, K.S., Song, J.H., Kwon, H.M., Hyun, D.H., Kim, K.S., 2012. Seasonal occurrence of yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), in citrus orchards and its damage symptoms on citrus fruits (in Korean with English abstract). Korean J. Appl. Entomol. 51, 1-7.
- Jung, D.O., Hwang, H.S., Kim, J.W., Lee, K.Y., 2018. Development of the mass-rearing technique for a predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Laelapidae) using the double box system. Korean J. Appl. Entomol. 57, 253-260.
- Kim, H.Y., Kim, J.H., Kang, S.H., Lee, Y.H., Choi, M.Y., 2009. Biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber, using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae).

- Korean. J. Appl. Entomol. 48, 355-359.
- Kim, J.H., Byun, Y.U., Kim, Y.H., Park, C.G., 2006. Biological control of thrips with *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthoridae) and *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse green pepper, sweet pepper and cucumber. Korean J. Appl. Entomol. 45, 1-7.
- Li, H.B., Shi, L., Lu, M.X., Wang, J.J., Du, Y.Z., 2011. Thermal tolerance of *Frankliniella occidentalis*: effects of temperature, exposure time, and gender. J. Therm. Biol. 36, 437-442.
- Messelink, G.J., Holstein-Saj, R.V., 2008. Improving thrips control by the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese). IOBC/WPRS Bull. 32, 135-138.
- Messelink, G.J., Steenpal, S.E.F.V., Ramakers, P.M.J., 2006. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. Biol. Control 51, 753-768.
- Morse, J.G., Hoddle, M.S., 2006. Invasion biology of thrips. Ann. Rev. Entomol. 51, 67-89.
- Mouden, S., Sarmiento, K.F., Klinkhamer, P.G., Leiss, K.A., 2017. Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. Pest Manag. Sci. 73, 813-822.
- Reitz, S.R., Gao, Y., Kirk, W., Hoddle, M.S., Leiss, K.A., Funderburk, J., 2019. Invasion biology, ecology, and management of western flower thrips. Ann. Rev. Entomol. In Press.
- Riley, D.G., Joseph, S.V., Srinivasan, R., Diffie, S., 2011. Thrips vectors of Tospoviruses. J. Int. Pest Manag. 2, 1-10.
- Shibao, M., Inoue, Y., Morikawa, S., Tanaka, H., 2010. Lethal high temperatures of onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), and control of the thrips with solar radiation by covering the ground with film. Jap. J. Appl. Entomol. Zool. 54, 71-76.
- Thoeye, C., van der Linden, A., Bernaerts, F., Blust, R., Declair, W., 1987. The effect of diurnal temperature cycles on survival of *Artemia* from different geographical origins, In: Sorgeloos, P., Bengston, D.A., Declair, W., Jaspers, E. (Eds.), *Artemia Research and its Applications*, Vol. 1: Morphology, Genetics, Strain Characterization, Toxicology. Wetteren, Belg. Universa, pp. 233-239.
- Thompson, R.M., Beardall, J., Beringer, J., Grace, M., Sardina, P., 2013. Means and extremes: building variability into community-level climate change experiments. Ecol. Lett. 16, 799-806.
- Walter, D.E., Campbell, N.J.H., 2003. Exotic vs endemic bio-control agents: Would the real *Stratiolaelaps miles* (Berlese) (Acari: Mesostigmata: Laelapidae), please stand up?. Biol. Control 26, 253-269.
- Wang, Z.Q., Wang, B.M., Hu, X.Y., Lan, Q.X., Luo, J., Fan, Q.H., 2009. Effect of temperature and relative humidity on the development of *Stratiolaelaps scimitus*. Acta Agric. Univ. Jiangxiensis 31, 1039-1043.
- Whitefield, A.E., Ullman, D.E., German, T.L., 2005. Tospovirus-thrips interactions. Ann. Rev. Phytopathol. 43, 459-489.
- Yano, E., 2004. Recent development of biological control and IPM in greenhouses in Japan. J. Asia-Pac. Entomol. 7, 5-11.
- Ydergaard, S., Enkegaard, A., Brodsgaard, H.F., 1997. The predatory mite *Hypoaspis miles*: temperature dependent life table characteristics on a diet of sciarid larvae, *Bradysia paupera* and *B. tritici*. Entomol. Exp. Appl. 85, 177-187.