

ORIGINAL ARTICLE

토마토 유기농 시설재배에서 천적활용 증진을 위한 동반식물 투입효과

공민재 · 한은정 · 정승민 · 이욱재 · 이병모*

농촌진흥청 국립농업과학원

Effectiveness of Companion Plant Input to Improve Natural Enemy Utilization in Organic Tomato Production

Minjae Kong, Eun-Jung Han, Seungmin Jeong, Wookjae Lee, Byungmo Lee*

National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

Abstract

This study determined the mechanisms of selection of companion plants that will increase natural enemies and compared and analyzed the effect of suppression of pest density and changes in pest and natural enemy density and spatial distribution, aiming to select suitable companion plants to control major pests that are problematic in organic tomato facility cultivation. As a result of the companion plant selection, 13.5 days were identified in the area with daily flowers among five species of flowering plants. In the experiment to determine the timing of natural enemies, the best results were found in the treatment group introduced two weeks before the pest occurred. As a result of the actual package test, farmers could see that the density of greenhouse pollen decreased significantly (100-500% for adults and 11-67% for larvae compared to no treatment) in the treatment with companion plants. Based on the results of this study, we expect that ecological pest management using companion plants that attract natural enemies will help to increase biodiversity through vegetation management, secure the safe production of organic products and improve the sustainability of agriculture.

Key words : Organic tomato farming, Companion plants, Pest management

1. 서 론

토마토(*Lycopersicon esculentum*)는 비타민 A, C를 비롯하여 라이코펜과 같은 성분을 함유하고 있는 가지과(Solanaceae)에 속하는 원예작물이다. 2013년 토마토 시설재배 면적은 6,054 ha으로 전체 시설작물의 약 7%에 달했으나 2023년 현재는 5,400 ha로 전체 시설작물의 약 6.5%로 감소하였다(Park et al., 2012; Lee et al., 2013; Jeong et al., 2017). 토마토에 주로 발생하는 두 가지 흡즙성 해충은 담배가루이(*Bemisia*

tabaci Gennadius), 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)로 알려져있다(Choi and Kim, 2004). 이 해충은 기주 범위가 넓으며 시설 내 발생하면 증식속도가 매우 빨라 단기간에 피해를 발생시키며, 약제저항성이 높아 방제가 어렵다(Chung and Son, 2001; Lee et al., 2018). 이에 시설재배에서는 약제방제 이외에 특정 광 파장에 따른 행동반응을 이용한 기술(Jeon et al., 2012; Stukenburg et al., 2015; Lee et al., 2018), 방충망을 이용한 온실 내 유입방지기술(Chung et al., 2013), 해충을 유인하는 트랩식물 활용기술

Received 7 December, 2023; Revised 21 December, 2023;

Accepted 26 December, 2023

*Corresponding author : Byungmo, Lee. National Institute of Agricultural Science, RDA, Jeonju 54875, Korea

Phone : +82-63-238-2571

E-mail : leebm@korea.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(Choi et al., 2014; Seo et al., 2020) 등 친환경 기술을 통해 방제효과를 높이고 있다.

특히 토마토처럼 생육기간 중 지속적인 생산과 출하가 계속되는 과채류는 농약을 사용 시 출하 금지기간으로 인해 생산성에 지장을 받을 수 있다. 이에 천적을 활용한 생물적 방제방법이 대안으로 고려되고 있으며, 천적이 지속적으로 생존 및 증식할 수 있도록 도와주는 동반식물(banker plants)이 함께 활용되고 있다(Frank, 2010; Huang et al., 2011; Shin et al., 2022). 대표적인 동반식물로는 복숭아진딧물(*Myzus persicae*) 등의 천적인 콜레마나진디벌(*Aphidius colemani*)을 장기간 유지시켜 주는 보리(*Hordeum vulgare*)가 있다(Jandricic et al., 2014; Shin et al., 2022). 동반식물은 천적의 종류, 밀도, 선호도, 재배작물의 적용 가능성에 따라 이용효과가 달라진다(Choi et al., 2014; Pillai et al., 2014). 총채벌레의 천적인 미끌애꽃노린재(*Orius laevigatus*)는 휴면 기작이 없어 계절에 상관없이 활용가능하며, 해충이 없을 때는 밀원이나 화분이 풍부한 식물들을 먹고 발달 및 생식을 유지할 수 있는 장점이 있다(Ham et al., 2012; Wong and Frank, 2013). 또한 담배장님노린재(*Nesidiocoris tenuis*)는 해충과 식물을 모두 먹는 광식성으로 온실가루이, 총채벌레, 굴파리류 등의 천적으로 유용하게 활용되기도 하지만 먹이원이 없는 경우 잎과 꽃에 피해를 줄 수 있기 때문에 담배장님노린재의 밀도관리가 필요하다(Arzone et al., 1990; Calvo and Urbaneja, 2003; Arno et al., 2006; Kim et al., 2012).

본 연구는 유기농 토마토 시설재배에서 문제 해충을 생물적으로 방제하기 위해 적합한 천적과 동반식물을 선발하고자 천적의 증진기작과 해충밀도 억제효과 등을 비교 분석하였다. 이러한 동반식물을 활용한 생태적 해충관리로 유기농산물 안전생산 및 농업의 지속성 확보, 식생 관리를 통한 생물 종 다양성 증가 등 유기농업의 비시장적 가치 증진을 위해 본 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상지

유기농 토마토 시설재배에서 문제되는 주요 해충방제를 위한 천적과 천적유지를 증진시켜 주는 동반식물을 활용하고자 전라북도 익산시에 위치한 유기농 시설 토마토(폭 9 m × 길이 100 m)농가에서 포장검정 시험을 수행하였다. 농가에서 재배 중인 대추방울토마토(농우바이오, 더하드)는 2023년 봄작기 4월에서 6월, 가을작기 8월에서 11월에 동반식물을 투입하여 해충(온실가루이, 꽃노랑총채벌레 등)과 천적 밀도 및 공간분포 변화를 살펴보았다.

2.2. 천적 사육 및 동반식물 선발

토마토 유기농 시설재배 시 주요 문제 해충의 생물적 방제를 위한 천적으로 총채벌레의 천적 미끌애꽃노린재(*Orius laevigatus*)와 가루이류의 천적 담배장님노린재(*Nesidiocoris tenuis*)를 선정하였다. 미끌애꽃노

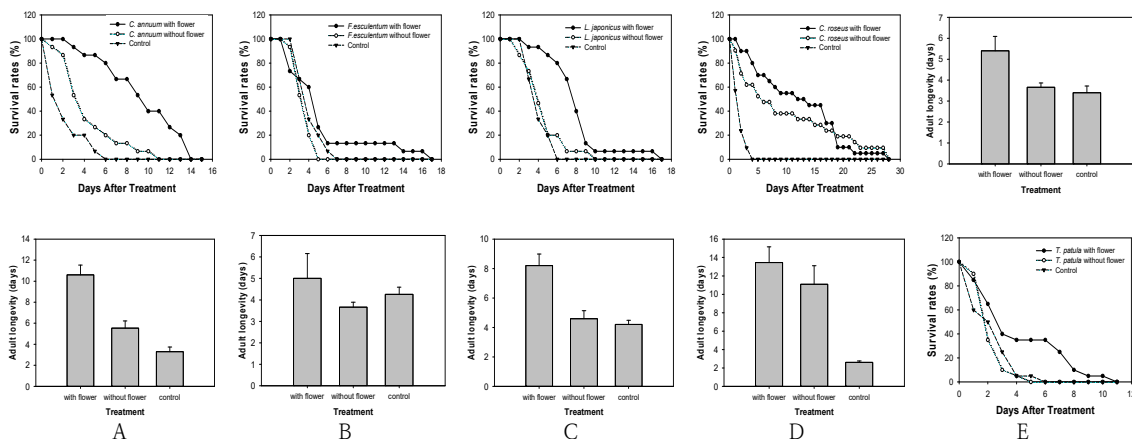


Fig. 1. Adult survival and mean survival of *Orius laevigatus* as a function of companion plants.

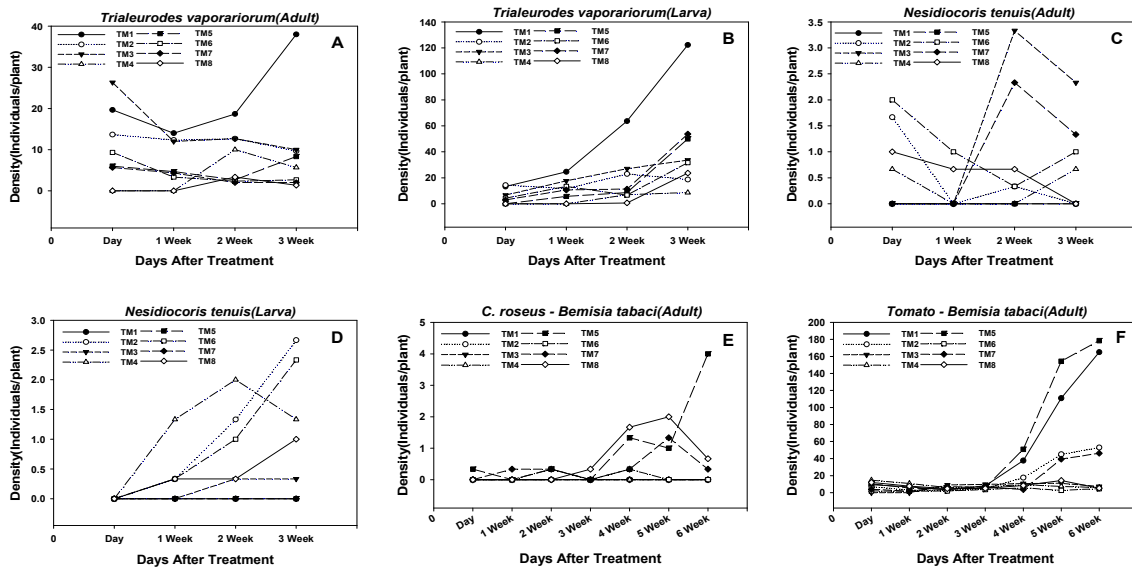


Fig. 2. Evaluation of pest density effect by companion plant input and inoculation timing.

린재와 담배장님노린재는 곤충산업연구소(논산)로부터 구입하였으며, 구입한 천적의 영기를 맞춰 동일한 조건에서의 효과를 평가하기 위해 사육을 실시하였다. 미끌애꽃노린재는 총채벌레를, 담배장님노린재는 줄알락 명나방 알을 먹이로 제공해 사육하였다. 산란을 위한 칼랑코(*Kalanchoe blossfeldiana*) 잎을 바닥에 깔았고, 산란한 잎은 부화 후 약충의 발달을 위해 3일마다 새로운 사육상자로 옮기고 25±2℃, 상대습도 60~70%, 광주기 16 : 8 h의 사육조건을 유지하였다. 동반식물을 선발하기 위해 꽃과 꽃가루, 꿀 등 먹이원으로 이용효과가 높다고 알려진 초화류를 대상으로 기주식물 선호성을 살피기 위해 초화류의 꽃, 꽃이 없는 부위를 따로 분리하여 성충시기가 동일한 개체를 각각 2쌍을 넣어 매일 생존률을 조사하였다. 각각의 처리별로 꽃, 꽃이 없는 부위, 무처리외의 성충 평균수명 일수를 확인하여 가장 긴 생존률 및 생존일수를 나타내는 동반식물을 최종적으로 선정하였다.

2.3. 동반식물을 활용한 해충 밀도억제 효과 평가

동반식물을 활용한 천적의 적절한 투입시기를 결정하기 위해 1 m²의 소트نت에 천적유지가 좋았던 동반식물이 없는 처리구 TM1~TM4, 동반식물이 있는 TM5~TM8 처리구로 해충(온실가루이)만 1일차 투입(TM1,

TM5), 해충-천적 1일차 투입(TM2, TM6), 해충 1일차-천적 2주후 투입(TM3, TM7), 해충 2주전-천적 1일차 투입(TM4, TM8)로 구분하여 8가지 처리방법에 따른 개체수 변동을 조사하여 해충 밀도억제 효과를 평가하였다.

익산시 시설재배 토마토 농가에 동일한 처리구를 조성하였고 천적(담배장님노린재)은 초기부터 자연 발생하여 따로 투입하지 않고 해충과 천적밀도 조사를 실시하였다. 처리구당 4주씩 상업, 중엽, 하엽을 육안조사하였고, 트랩조사도 처리구당 4개씩 설치 후 일주일간 포획된 개체수 조사를 동시에 진행하였다. 조사된 데이터는 SPSS(ver. 18, SPSS INC., USA)를 이용하여 평균 및 표준편차, 분산분석(ANOVA)을 이용하여 결과 값의 유의성을 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 토마토 주요 해충 대상 천적의 동반식물 선발

토마토 활용 천적인 미끌애꽃노린재와 담배장님노린재의 유지효과가 좋은 동반식물을 선발하기 위해 초화류 중 가지과의 원예용 고추(*C. annuum*, A), 마디풀과 메밀(*F. esculentum*, B), 꿀풀과 익모초(*L. japonicus*, C), 협죽도과 일일초(*C. roseus*, D), 국화과의 메리골드

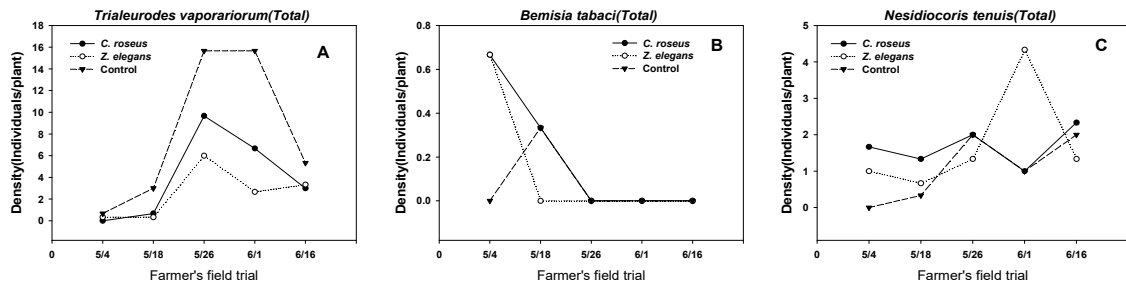


Fig. 3. Companion plants effect of fields test.

(*T. patula*, E)와 백일홍(*Z. elegans*)을 선정하여 실험하였고 백일홍은 사육 중 고사하여 실험결과에는 제외하였다.

선정된 초화류를 대상으로 실험한 결과(Fig. 1), 일일초(D)의 천적 수명 증진 효과는 성충 생존일 평균 꽃이 있는 부위 13.5 ± 1.7 일, 꽃이 없는 줄기는 11.1 ± 2.0 일, 무처리 2.6 ± 0.2 일로 일일초의 꽃이 천적유지 효과가 가장 좋은 것으로 확인되었다. 다음으로 원예용고추(A, 10.6일) > 익모초(C, 8.2일) > 메리골드(E, 5.4일) > 메밀(B, 5.0일) 순이었다.

3.2. 실내 동반식물 처리별 천적 투입시기 평가

천적의 적절한 투입시기를 결정하기 위하여 실내 소 텐트에서 토마토와 동반식물인 일일초의 투입을 달리 하여 담배장님노린재와 온실가루이 간의 밀도 변화를 조사하였다(Fig. 2).

실내 동반식물 처리별 천적 투입시기를 실험한 결과, 8가지 처리별 온실가루이 성충의 밀도변화(A)는 동반식물(일일초)이 있고 천적을 2주 전에 접종한 처리구(TM8)에서 가장 좋은 효과를 확인 할 수 있었다.

담배장님노린재 유충(D)은 투입시기가 빠를수록 밀도가 증가하는 경향으로 확인되었다. 담배가루이의 성충(E, F)은 동반식물보다 토마토를 더 선호하는 것으로 확인되었고 천적 투입시기가 빠를수록 담배가루이 성충의 밀도는 감소되는 것으로 분석되었다. Urbaneja et al.(2005)의 담배장님노린재의 효과적인 정착을 위해서는 작물을 정식하자마자 방사하는 것이 효과적이라는 결과와 비슷한 양상으로 담배장님노린재의 투입이 빠를수록 개체수는 증가하나 먹이원(해충)이 없을 때 토마토의 피해를 줄 가능성이 있어 해충 발생 2주 전이 가장 적합한 천적 투입시기로 판단된다.

3.3. 동반식물 적용에 따른 시설재배 토마토 해충 및 천적 발생양상

천적에 의한 시설재배 토마토의 해충관리 가능성을 검토하고 천적의 효과를 증진하기 위한 동반식물 적용 모델의 현장 평가를 시설재배 토마토 농가에서 진행하였다. 활용된 동반식물은 토마토 식재 2주 후에 천적유지 기간이 가장 길었던 일일초와 온실가루이의 기호성이 좋은 백일홍을 추가 선정하여 실험하였다.

농가 실증시험에서 온실가루이 총 밀도변화를 살펴본 결과(Fig. 3), 무처리구에 비해 동반식물 처리구에서 온실가루이 밀도가 큰 폭(무처리 대비 성충: 100-500%, 유충: 11-67%)으로 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 담배가루이의 발생(B)은 매우 적어 처리 간 차이는 발견할 수 없었다. 농가 시험포장에서 무처리구 대비 일일초에서 천적의 밀도 유지되는 결과(C)는 Han et al.(2014)의 결과와 비슷한 양상으로 확인되었다. 하지만 천적 방사 6주째부터 담배장님노린재의 밀도가 크게 늘었는데 이 경우 토마토에 가해 가능성이 있으므로 지속적인 모니터링을 통해 제충국, 밀구슬, 고삼 등 추출물 자재를 활용하여 담배장님노린재의 밀도조절이 필요한 것으로 판단된다(Calbo and Urbaneja, 2003; Kim et al., 2012).

4. 결론

본 연구는 유기농 토마토 시설재배의 주요 해충방제를 위해 천적 활용 및 천적의 효과를 증진시키는 동반식물의 선발과 그 기작을 분석하였으며, 천적의 수명 증진 및 해충밀도 억제 효과를 평가하였다.

시설재배 토마토에서 활용되는 천적의 수명을 증진시켜 주는 동반식물을 선발하기 위해 5종의 초화류로

실험한 결과, 일일초가 13.5 ± 1.7 일로 가장 우수한 결과를 보여주었다. 선정된 동반식물을 활용하여 처리별 천적 투입시기를 결정하기 위해 실험한 결과, 온실가루이(해충) 성충의 밀도는 동반식물이 없을 때 가장 많았고 동반식물이 있고 천적을 2주 전에 투입한 처리구에서 가장 적어 뛰어난 방제 효과를 확인 할 수 있었다. 시설재배 토마토의 해충관리를 위한 동반식물 현장적용 평가를 위해 시설재배 토마토 농가에서 진행한 결과, 농가 시험포장에서 온실가루이 총 밀도변화는 무처리구에 비해 동반식물 처리구에서 온실가루이 밀도가 큰 폭으로 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 다양한 유기농 재배조건에 따른 비교연구가 추후 필요한 것으로 판단되어 다양한 현장실증 연구를 추가적으로 진행할 예정이다. 본 연구 결과를 바탕으로 동반식물을 활용한 생태적 해충관리로 식생 관리를 통한 생물 종 다양성 증가, 유기농산물 안전생산 및 농업의 지속성이 확보되는데 도움이 되길 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2023년도 농촌진흥청 국립농업과학원 연구개발사업(과제번호:PJ01595501)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

Arno, J., Castane, C., Riudavets, J., 2010, Risk of damage to tomato crops by the generalist zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera : Miridae), Bulletin of entomological research., 100, 105-116.

Calvo, J., Urbaneja, A., 2003, *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) en tomate : Mamigo o Enemigo?, Almeria en Verde, 4, 21-23.

Choi, Y. M., Kim, G. H., 2004, Insecticidal activity of spearmint oil against *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* adults, Korean J. Appl. Entomol., 43, 323-328.

Choi, Y. S., Kim, K. S., Jo, H. R., Whang, I. S., Kim, G. J., Choe, S. C., 2014, Investigation of trap plants to attract *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), Korean J. Appl. Entomol., 53, 435-440.

Chung, B. K., Lee, H. S., Kim, Y. B., 2013, Establishment of 60 Mesh Nets to Reduce Crop Loss by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in Tomato Greenhouse, Korean J. Appl. Entomol., 52,

23-27.

Chung, B. K., Son, K. A., 2001, Control system of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, in cucumber by the alternate application of insecticides within each conventional group, Korean J. Appl. Entomol., 40, 327-335.

Ham, E. H., Choi, Y. S., Lee, J. S., Park, J. K., 2012, Determination of optimum conditions for mass rearing of *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) and *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae), J. Seric. Entomol. Sci. 50, 112-115.

Ham, E. H., Park, J. K., Choi, Y. S., Lee, J. S., Choi, Y., C., 2014, Biological control of *Frankliniella occidentalis* Pergande by *Orius laevigatus* (Fieber) and new banker plants on chrysanthomum greenhouse, J. Seric. Entomol. Sci., 52, 33-38.

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

Jeon, J. H., Oh, M. S., Cho, K. S., Lee, H. S., 2012, Phototactic response of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae), to light emitting diodes, J Kor. Soc. Appl. Biol. Chem., 55, 35-39.

Jeong, T. S., Hwang, M. R., Hwang, S. J., Lee, J. H., Lee, A. S., Won, H. S., Hong, D. K., Cho, J. R., Ham, E. H., 2017, Greenhouse whitefly and thrips management model using natural enemies in Semi-forcing culture of tomato, Korean J. Appl. Entomol., 56, 403-412.

Kim, D. I., Ko, S. J., Choi, D. S., Kang, B. R., Kim, S. G., Choi, K. J., Kim, S. S., Hwang, I. C., 2012, Management of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera : Aleyrodidae) with Zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera : Miridae) and EFAM in tomato production without pesticides, Korean J. of Organic Agriculture, 20, 49-58.

Lee, J. S., Lee, J. H., Kwon, J. K., Park, K. S., Kim, J. H., Lee, D. S., 2018, Attraction Effect of Blue Light Emitting Trap Combination of Sticky Trap for *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera : Aleyrodidae) Capture in Tomato Greenhouse, Protected Horticulture and Plant Factory, 27, 239-244.

Lee, M. H., Kim, S. E., Kim, Y. S., Lee, H. K., Lee, H. G., Jee, H. J., Kim, Y. K., Shim, C. K., Kim, M. J., Hong, S. J., Lee, Y. S., 2013, Studies on the Eco-friendly Management of Whiteflies on Organic Tomatoes with Oleic Acid, Korean J. Organic Agri., 21, 95-104.

- Park, J. H., Hong, S. J., Han, E. J., Shim, C. K., Lee, M. H., Kim, M. J., Kim, Y. K., 2012, Effect of yellow sticky trap for controlling whitefly on tomato cultivated in greenhouse, *Korean J. Organic Agri.*, 20, 643-654.
- Pillai, G. K., Ganga Visalakshy, P. N., Krishnamoorthy, A., Mani, M., 2014, Evaluation of the indigenous parasitoid *Encarsia transvena* (Hymenoptera: Aphelinidae) for biological control of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouses in India, *Biocontrol Science and Technology*, 24, 325-335.
- Seo, M. H., Yang, C. Y., Shin, Y. S., Yoon, J. B., Choi, B. R., Park, J. J., 2020, Attracting effect of herbal plants for *Bemisia tabaci* control in a tomato greenhouse, *Korean Journal of Environmental Biology*, 38, 603-610.
- Shin, H. W., Hwang, H. S., Shim, J. K., Lee, K. Y., 2022, Evaluation of chrysanthemum as a potential banker plant of *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae), *Korean J. Appl. Entomol.*, 61, 633-638.
- Stukenberg, N., Gebauer, K., Poehling, H. M., 2015, Light emitting diode(light)-based trapping of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*), *J. Appl. Entomol.*, 139, 268-279.
- Urbaneja, A., Tapia, G. Stansly, P. A., 2005, Influence of host plant and prey availability on the developmental time and survival of *Nesidicoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae), *BioControl Sci. Technol.*, 15, 513-518.
- Wong, S. K., Frank, S. D., 2013, Pollen increases fitness and abundance of *Orius insidiosus* Say (Heteroptera: Anthocoridae) on banker plants, *Biol. Control* 64, 45-50.
-
- Researcher Scientist. Min-Jae Kong
National Institute of Agricultural Sciences, RDA
alswogud@korea.kr
 - Researcher Scientist. Eun-Jung Han
National Institute of Agricultural Sciences, RDA
hejs2@korea.kr
 - Researcher. Seung-Min, Jeong
National Institute of Agricultural Sciences, RDA
jms8532@korea.kr
 - Researcher. Wook-Jae Lee
National Institute of Agricultural Sciences, RDA
dnrwo@korea.kr
 - Senior Researcher. Byung-Mo Lee
National Institute of Agricultural Sciences, RDA
leebm@korea.kr