농약과학회지 (Korean J. Pestic. Sci.)
Vol. 22, No. 4, pp. 327-336 (2018)
Open Access https://doi.org/10.7585/kjps.2018.22.4.327
ORIGINAL ARTICLES

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183

토마토 스마트팜과 일반 관행비닐하우스의 해충 발생분포 비교 및 친환경제제가 담배가루이(*Bemisia tabaci*)에 미치는 영향

윤 헌 · 곽영환 · 배서영 · 지창우[1] · 조점래[1] · 유용만 · 윤영남*
충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, [1]국립농업과학원 작물보호과

Pest Distribution Comparison Smart Farming with Conventional Greenhouse of Tomato and the Effect of Eco-friendly Agent for Tobacco Whitefly (*Bemisia tabaci*)

Heon Yoon, Young Hwan Kwak, Seo Young Bae, Chang Woo Ji[1], Jeom Rae Jo[1], Yong Man Yu and Young Nam Youn*

Department of Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
[1]Department of Plant Protection, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanjugun 55365, Korea

(Received on November 6, 2018. Revised on December 3, 2018. Accepted on December 4, 2018)

Abstract The commercial tomato cultivation is common in plastic film covered greenhouse because tomato plants need to high temperature and high humidity in Korea. It can be classified into two large groups of recently greenhouse cultivation for tomato. One is so-called “smart farming” also known as ‘precision farming’, the other one is conventional type of plastic film covered greenhouse. The smart farming is using sensing technology to make farms more intelligent that is collected a large amount of information such as sun-light, water content, temperature and humidity from bed culture with nutrient solution. So nowadays, smart farming is increasing precipitously. It is suggested that tomato smart farming is expected a difference from the conventional farming in occurrence of insect pests. We tried to investigate the difference at a kind of insect pest and population dynamics between two types of farming. Also, temperature and humidity according to height and position in greenhouse were periodically collected. And we compared insecticidal activity of some eco-friendly agents for *Bemisia tabaci*. Among eco-friendly agents, sophora extract + neem tree extract showed 94% mortality of 7 days after treatment. Eco-friendly agents may be helped and contributed to IPM at tomato smart farming.

Key words *Bemisia tabaci*, eco-friendly agent, pest distribution, smart farm, tomato

서 론

토마토 재배는 노지 재배보다 시설 재배가 유리하기 때문에 우리나라의 경우 거의 모든 토마토 재배가 비닐하우스 같은 시설에서 이루어지고 있다(National Information Society Agency, 2017). 최근에는 정보통신기술(Information and communication technology, ICT)의 발달로 인해 사물인터넷(Internet of things, IoT)을 통해 온·습도나 CO_2 등의 작물의 생육 환경을 컴퓨터나 스마트폰 등을 이용하여 자동적으로 조절할 수 있어 노동력이나 에너지 및 양분 등을 기존 비닐하우스 재배보다 덜 소모시키는 스마트팜(Smart farm)이 늘어나고 있으며 많은 연구가 이루어지고 있다(Kang et al., 2015; Park and Rue, 2015; Cha et al., 2016; Suh and Kim, 2016; Yeo et al., 2016; Na et al., 2017; Yi, 2017).

스마트팜은 기존 비닐하우스에 비해 더욱 정교하고 세밀한 운용이 가능하기 때문에 천적이나 친환경제제를 이용하는 유기농재배에 유리하다고 보고되어 있다(Bhattacharyya,

*Corresponding author
E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

2010). 친환경제제는 천연물질 추출물이나 세균, 바이러스, 곰팡이 등을 이용하여 해충이나 식물병 및 병원균 등을 방제할 수 있는 물질을 뜻하며, 최근 농약으로 인한 환경오염과 농산물의 안정성에 대한 관심이 높아지면서 기존의 화학합성약제를 대체하기 위한 방안으로 떠오르고 있다(Gupta and Dikshit, 2010).

토마토를 가해하는 주요 해충으로는 담배가루이(*Bemisia tabaci*)와 작은뿌리파리(*Bradysia agrestis*) 등이 있다. 담배가루이는 노린재목(Hemiptera) 가루이과(Aleyrodidae)에 속하는 외래해충으로 토마토뿐만 아니라 많은 종의 식물을 기주로 삼으며(Byme, 1999; Oliveira et al., 2001; Helmi, 2011), 우리나라에서는 1998년 처음 발견되었다(Lee and Barro, 2000). 담배가루이는 식물체의 체관부를 흡즙하여 생산량 감소 등 직접적인 피해를 주기도 하며 감로를 통해 그을음병을 유발하기도 하고 황화잎말림바이러스(Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV) 등 식물에 큰 피해를 입히는 많은 종류의 바이러스를 매개하기도 하는 등 식물체에 다양한 피해를 입히는 해충이다(Matsui, 1992; Bedford et al., 1994; Rubinstein et al., 1999; Czosnek et al., 2001; Jones, 2003). 담배가루이의 천적으로는 담배장님노린재(*Nesidiocoris tenuis*), 황온좀벌(*Eretmocerus eremicus*), 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*) 등이 보고되어 있다(Matsui, 1995; van Lenteren and Woets, 1988; Kim et al., 2008; Yoon et al., 2010). 또한 담배가루이에 효과가 있는 친환경제제를 개발하기 위한 연구들이 이루어져왔다(Toscano et al., 1997; Isman, 2000; Arif et al., 2004; Choi and Kim, 2004; Isman, 2006; Faria and Wraight, 2007; Kumer, 2008; Isman et al., 2011; Zhu and Kim, 2011; Kim et al., 2013; Lee et al., 2013; Prota et al., 2013; Sundh and Goettel, 2013). 작은뿌리파리는 파리목(Diptera) 검정날개버섯파리과(Sciaridae)에 속하며 유충기에 식물체의 뿌리를 가해하는 해충으로 담배가루이와 같이 1998년에 국내에서 처음 발견되었다(Park et al., 1999). 작은뿌리파리의 유충은 직접적인 피해뿐만 아니라 식물에 피해를 주는 병원균을 옮기기도 하며, 성충 또한 몸에 병원균의 균사를 묻혀 다른 곳으로 옮겨 피해를 주기도 한다(Gillespie and Menzies, 1993).

재료 및 방법

스마트팜 및 비닐하우스

본 실험에서 조사를 수행한 스마트팜은 충청남도 논산시 광석면 율리에 위치하며, 면적은 약 10,000 m^2 이다(Fig. 1). 일반 비닐하우스는 충청남도 논산시 노성면 노티리, 경기도 평택시 진위면 야막리, 세종시 연동면 명학리에 위치하며, 조사가 진행된 면적은 각각 약 2,000 m^2, 3,000 m^2, 700 m^2 이다. 논산의 스마트팜과 비닐하우스는 양액재배를 하였으며 평택과 세종의 비닐하우스는 토양재배를 하였다.

시설내 해충밀도와 온 · 습도 조사

토마토 시설 내 해충 발생량 조사를 위해 ㈜팜한농에서 판매하는 가로 15 cm, 세로 25 cm 크기의 끈끈이트랩을 사용하였다. 2018년 2월까지는 매 2주 마다 끈끈이트랩을 교체하여 포획된 해충의 종류와 개체수를 조사하였고 2018년 3월부터는 매주 교체하여 조사하였다. 끈끈이트랩은 스마트팜의

Fig. 1. An appearance of the smart farm in Nonsan. (A) An appearance from outside; (B), (C) and (D): An appearance from inside.

경우 2017년에는 시설내 4개 지점은 식물체의 50 cm 높이에 황색 및 청색, 다른 4개 지점은 50 cm 높이에 청색, 250 cm 높이에 황색 끈끈이트랩을 설치하였고, 2018년에는 황색 끈끈이트랩만 시설내 10개 지점에 50 cm, 그리고 10개 지점 중 6개 지점은 추가로 250 cm 높이에 설치하였다(Fig. 2). 비닐하우스의 경우, 평택과 세종에 위치한 각각의 비닐하우스 내부를 가로 3칸, 세로 3칸 총 9칸으로 균등하게 구획하여 황색끈끈이트랩을 토마토 상단 10 cm 높이에 설치하였다. 논산 비닐하우스의 경우, 2017년에는 두 동에 각각 균등하게 6개의 황색 끈끈이트랩을 설치하였고 2018년에는 9개를 설치하였다(Fig. 2).

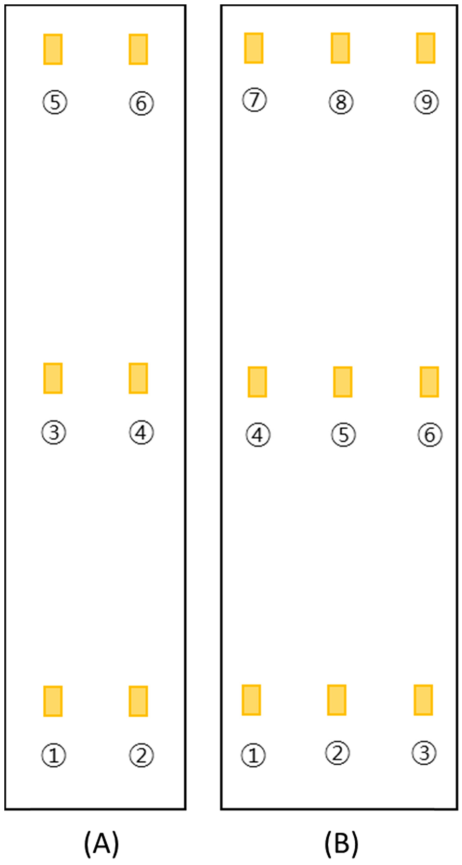

Fig. 2. A diagram of an installation of yellow sticky traps in greenhouses. Circle numbers means a location of trap in greenhouse. (A) Plastic greenhouse of Nonsan in 2017; (B) Plastic greenhouse of Nonsan, Pyeongtaek and Sejong in 2018.

온・습도 조사를 위하여 온・습도기록계(Data logger)는 TR-72wf (T&D corporation)를 이용하였으며 T&D graph를 사용하여 온・습도 데이터를 텍스트 및 그래프를 나타내었다. 온・습도기록계는 스마트팜에 12개와 논산 비닐하우스에 6개를 배치하여 총 18개를 설치하였다. 2017년의 경우, 스마트팜에는 시설내 4지점에 50 cm, 150 cm, 250 cm의 높이로 설치하였다. 150 cm 높이에서의 온・습도 값은 50 cm와 250 cm 높이의 중간값 정도로 항상 유지되었기 때문에 높이별 온・습도 보다 위치별 온・습도 값을 더 자세히 비교하기 위해 2018년부터 시설내 6지점에 50 cm, 250 cm의 높이로 설치하였으며(Fig. 3), 논산 비닐하우스에는 두 동에 각각 시설 중앙에 40 cm, 100 cm, 160 cm의 높이로 설치하였다.

스마트팜 내에서의 위치별 온・습도와 담배가루이 밀도의 상관관계는 2018년에 조사한 담배가루이 발생량 및 온・습도 데이터를 토대로 위치별 평균 온・습도와 담배가루이 평균 발생량의 상관관계를 SPSS (IBM SPSS Statistics 24.0) 프로그램을 이용하여 Pearson 상관계수를 통해 알아보았으며, Excel (Microsoft Excel 2016) 프로그램을 통해서도 담

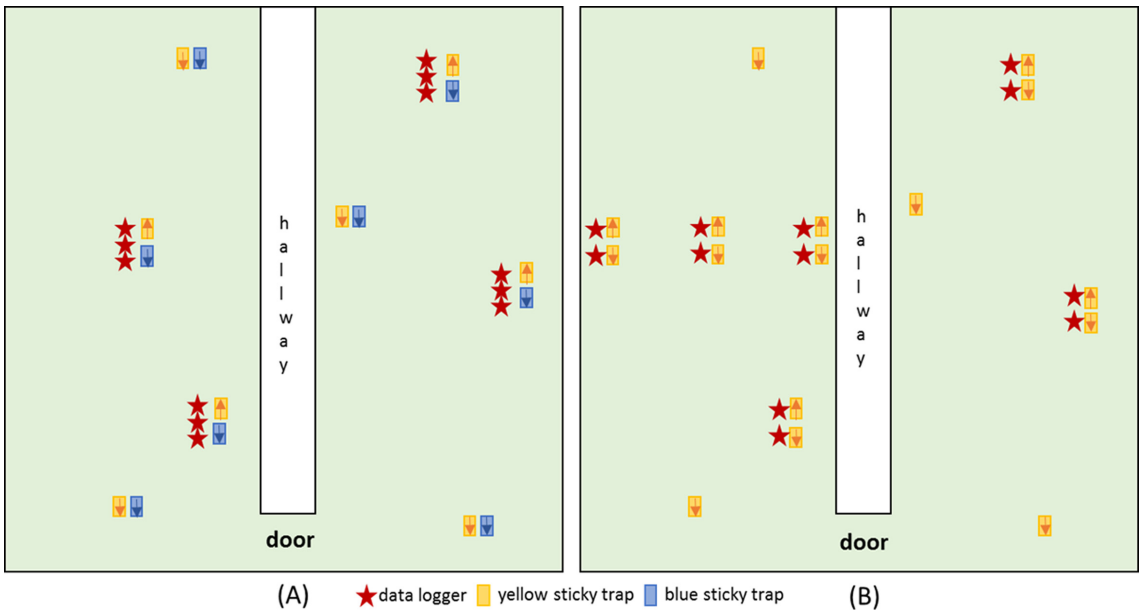

Fig. 3. Diagrams of an installation of sticky traps and data loggers in the smart farm. (A) 2017; (B) 2018.

배가루이 발생량과 온·습도의 상관관계를 결정계수(R^2)를 통해 알아보았다.

조사를 실시한 시기는 2017년 3월부터 2017년 6월, 그리고 2017년 8월부터 2018년 4월까지이다. 한여름에는 시설 내 온도가 너무 높아 토마토 재배를 중단하였다. 평택과 세종의 비닐하우스는 2017년 3월부터 2017년 6월까지만 조사를 실시하였다.

담배가루이에 대한 친환경방제제의 방제효과

친환경제제 실험에 사용된 약제는 담배가루이에 방제효과가 있다고 명시되어 있는 3종의 친환경자제와 1종의 화학농약을 대조구로 사용하였으며, 추천농도로 실험을 수행하였다. 친환경제제의 종류는 데리스 추출물(derris extract), 차나무 추출물(tea tree extract), 그리고 고삼추출물(sophora extract)과 님나무 추출물(neem tree extract)의 혼합제이며, 대조구로 사용한 화학농약의 종류는 에마멕틴벤조에이트(emamectin benzoate) 유제이다.

실험은 비닐하우스에서의 포장검정과 실내에서의 케이지 실내검정으로 수행하였으며, 각각의 실험은 3반복으로 수행하였고, 약제 처리 3일, 7일 후 담배가루이 성충의 생충수를 조사하였다. 비닐하우스에서의 포장검정은 100 m^2 크기의 비닐하우스에서 수행하였고, 실내 케이지에서의 실험은 사육실 조건에서 가로 30 cm, 세로 30 cm, 높이 50 cm 크기의 투명한 아크릴사육케이지를 이용하였다. 비닐하우스에서 진행된 실험에서는 비닐하우스에서 자연발생한 야외개체군의 담배가루이 성충을 실험에 사용하였으며, 사육케이지에서 진행된 실내실험에서는 사육케이지 당 토마토 유묘를 5주씩 넣고 비닐하우스에서 자연발생한 담배가루이 성충을 15마리씩 접종하여 2-3일 적응시킨 뒤 실험을 진행하였다. 비닐하우스의 경우 온도는 23 ± 3°C, 상대습도는 60 ± 10%였으며 광주기는 12:12(L:D)였다. 곤충사육실의 온도는 25°C, 상대습도는 60%, 광주기는 16:8(L:D)로 유지하였다.

사용된 약제들의 살충률은 SPSS (IBM SPSS Statistics 24.0) 프로그램의 일원배치분산분석(One way analysis of variance, ANOVA)을 이용하여 각 기록의 결과들 사이에 $P<0.05$ 범위에서 유의성 검정을 수행하였으며, 사후검정인 Duncan 분석을 통해 유의차를 확인하였다.

결과 및 고찰

시설내 해충밀도와 온·습도

시설 내 위치별 담배가루이와 작은뿌리파리의 발생분포를 조사한 결과, 논산에 위치한 비닐하우스 내의 담배가루이는 3번과 4번 위치인 시설의 중앙부위에서 가장 많이 끈끈이 트랩에 포획되었다(Fig. 4). 반면에 작은뿌리파리의 경우, 시설의 가장자리에서 부위인 1, 2 6번 위치에 설치한 끈끈이 트랩에 많이 포획되는 경향을 나타내고 있다(Fig. 5). 평택과 세종에 위치한 비닐하우스의 경우에도 논산의 비닐하우스에서와 비슷한 양상을 보여주고 있는데, 앞부분의 1, 2, 3번 위치와 뒷부분의 7, 8, 9번 위치에 있는 트랩에 많은 수의 작은뿌리파리가 포획되었다(Fig. 6). 한편, 높이에 따른 담배가루이와 작은뿌리파리의 포획량을 조사한 결과, 담배가루이는 기주인 토마토의 상단부에 설치한 트랩에(Fig. 7), 작은뿌리파리는 기주의 하단부에 설치한 트랩에서 높은 포획량을 보였다(Fig. 8). 담배가루이와 작은뿌리파리의 시설 내 발생분포에 차이가 있는 것은 각 해충의 생태적인 특성에 기인하는 것으로 담배가루이는 토마토 기주의 중·상단부에 있는 잎에서 주로 생활하고 작은뿌리파리는 기주의 뿌리 부근에서 생활하는 습성에 기인한 것으로 사료되며, 담배가루이는 시설내 중앙에서, 작은뿌리파리는 가장자리에서

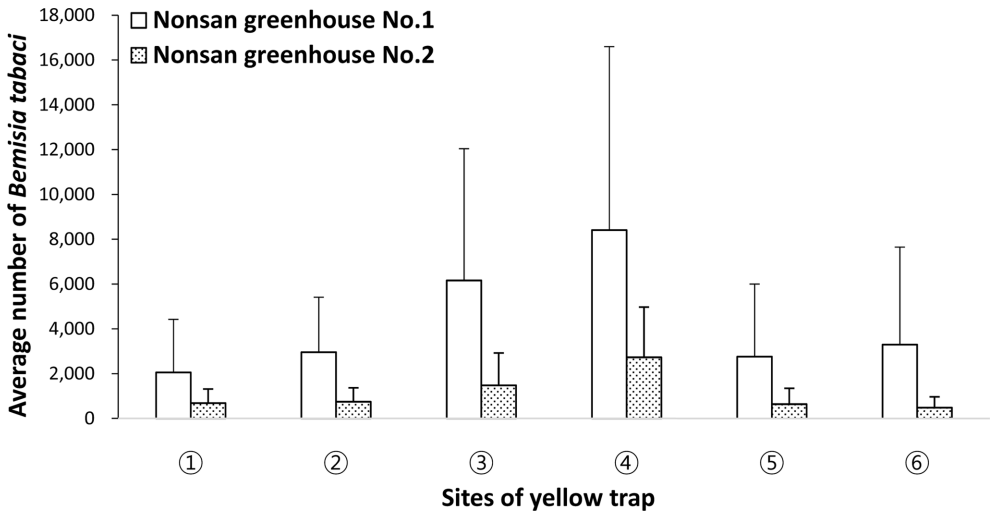

Fig. 4. Average number of *Bemisia tabaci* in yellow sticky traps in the greenhouse at Nonsan areas. Bars indicate standard variation with 7 replicates at each site.

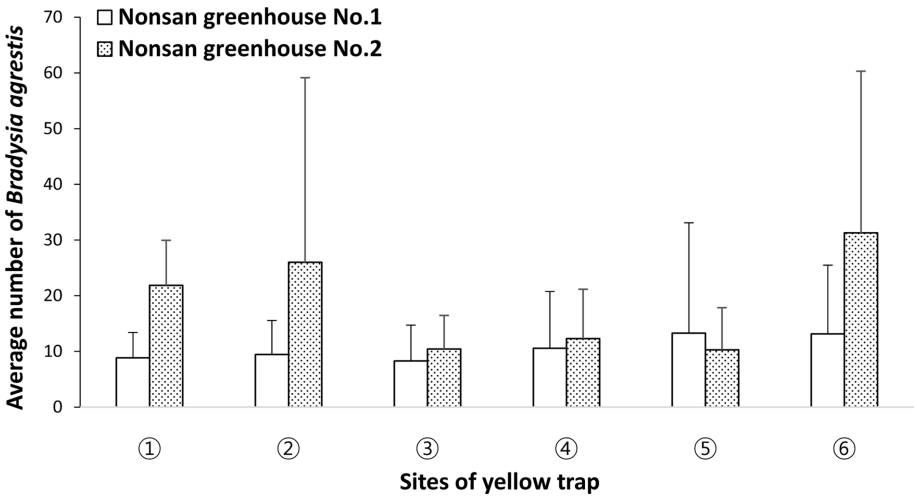

Fig. 5. Average number of *Bradysia agrestis* in yellow sticky traps in the greenhouse at Nonsan areas. Bars indicate standard variation with 7 replicates at each site.

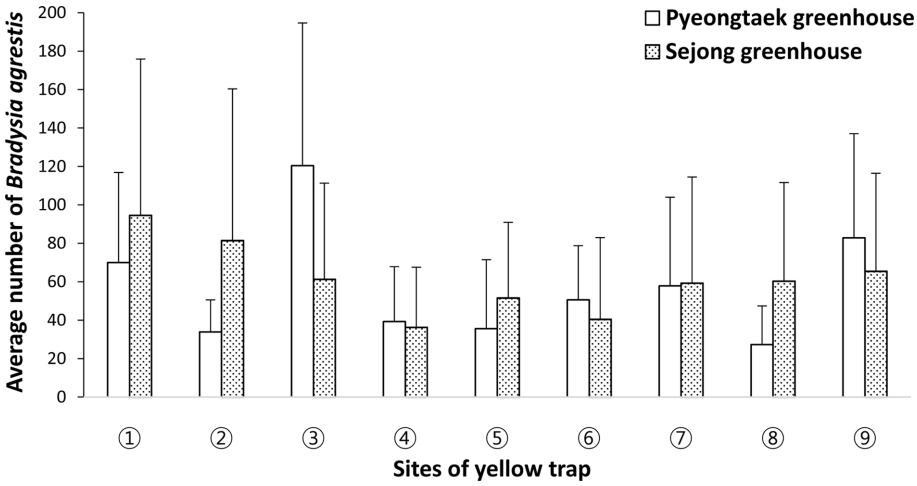

Fig. 6. Average number of *Bradysia agrestis* in yellow sticky traps in the greenhouse at Pyeongtaek and Sejong areas. Bars indicate standard variation with 7 and 6 replicates at Pyeongtaek and Sejong, respectively.

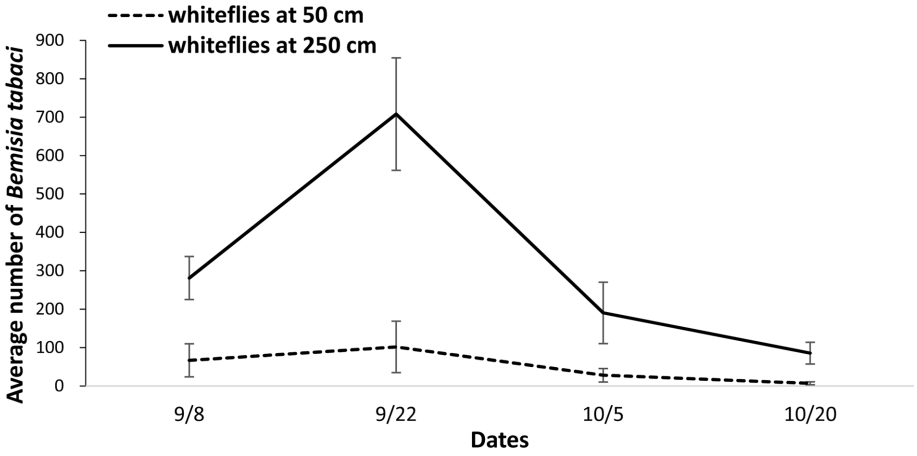

Fig. 7. Average number of *Bemisia tabaci* in yellow sticky traps at 20 and 250 cm height from culturing bed in the smart farm. Bars indicate standard variation with 4 replicates at each site.

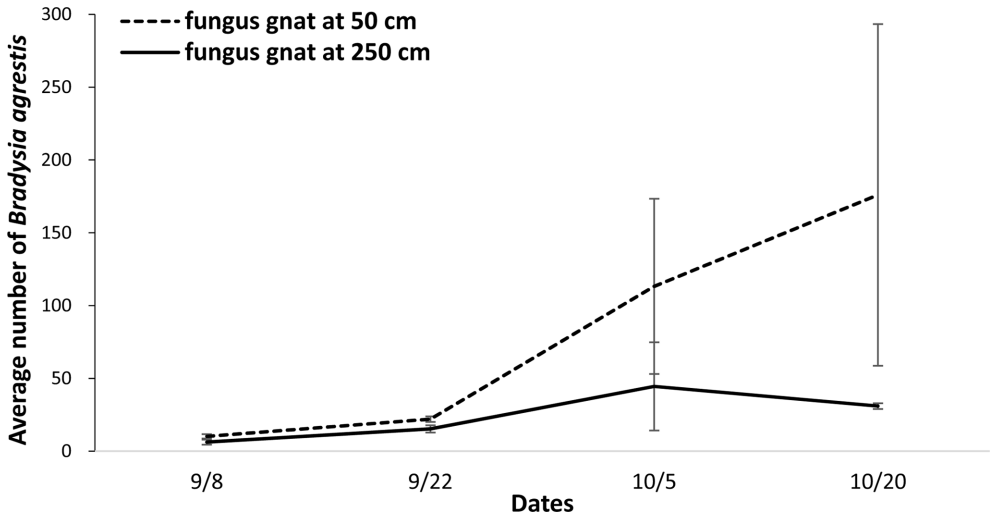

Fig. 8. Average number of *Bradysia agrestis* in yellow sticky traps at 20 and 250 cm height from culturing bed in the smart farm. Bars indicate standard variation with 4 replicates at each site.

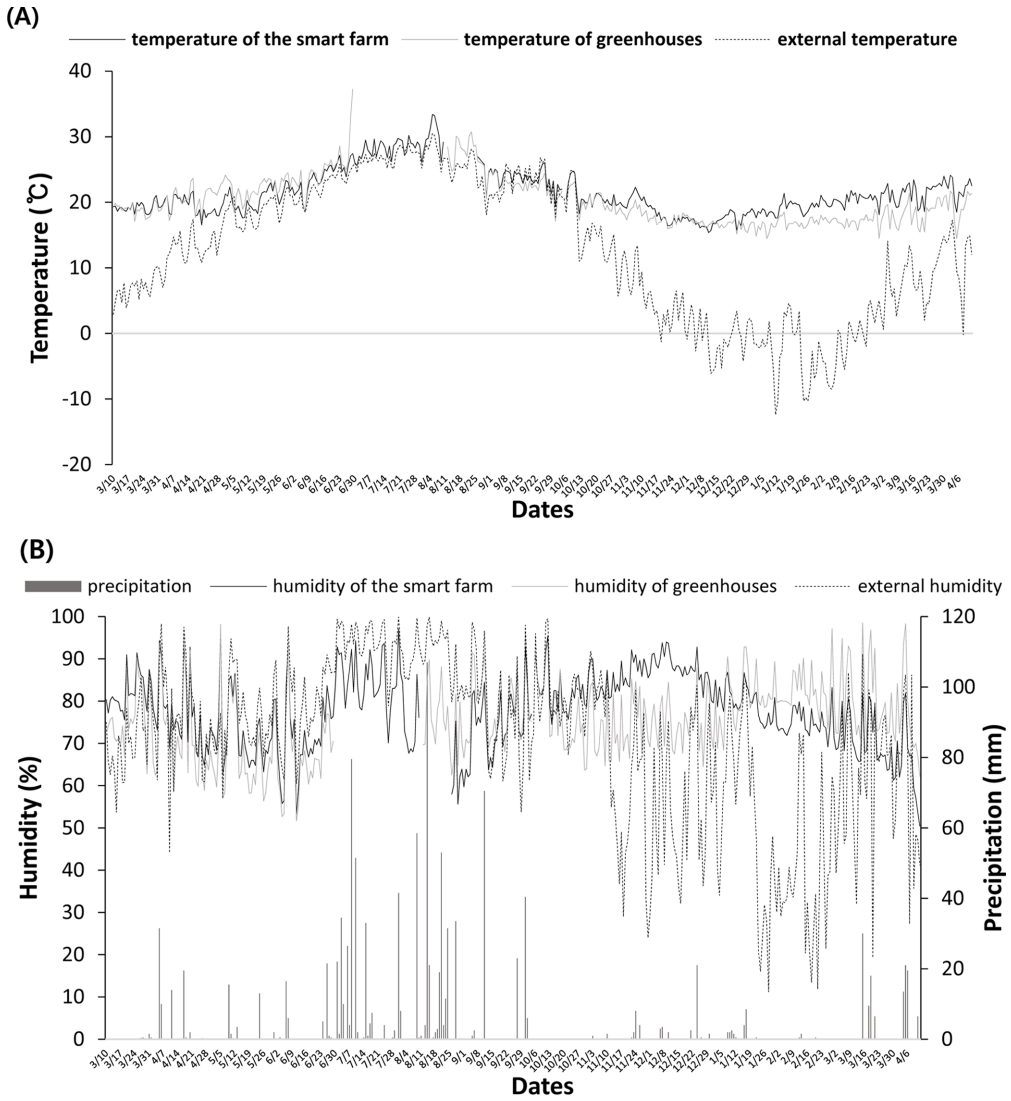

Fig. 9. Temperature (A) and humidity (B) in the smart farm and greenhouses from data logger in Nonsan and exterior temperature, humidity and precipitation using weather information from Korean Meteorological Administration from March, 2017 to April, 2018.

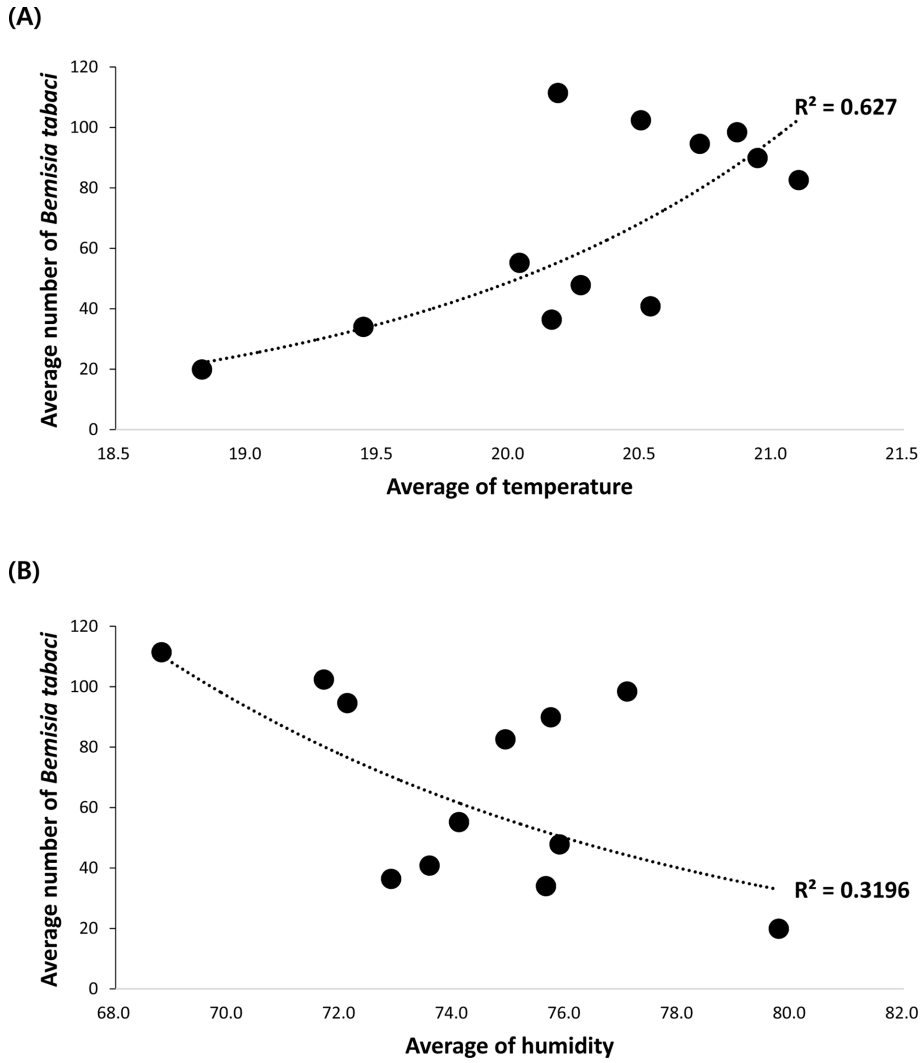

Fig. 10. Correlation between a density of *Bemisia tabaci* and temperature (A) and humidity (B) in the smart farm from January to April, 2018.

높은 밀도로 나타난 것은 이들 해충의 온도와 같은 환경 요인에 의한 것으로 사료된다.

또한, 온·습도기록계를 통해 논산의 스마트팜과 비닐하우스의 온도(Fig. 9A)와 습도(Fig. 9B)의 변화를 조사하였으며, 스마트팜 내에서의 온·습도와 담배가루이 밀도와의 상관관계를 알아보기 위해 SPSS 프로그램을 사용하여 상관관계를 알아본 결과, 온도와 담배가루이의 밀도의 상관관계는 Pearson 상관계수가 0.695이며 0.05 수준에서 유의한 것으로 나타났고(0.012), 습도와 담배가루이 밀도의 상관관계는 Pearson 상관계수가 -0.539이며 0.05 수준에서 유의하지 않은 것으로 나타났다(0.071). 또한 Excel 프로그램으로도 담배가루이의 밀도와 온·습도의 상관관계를 알아보았는데, 결정계수(R^2)가 온도와는 0.6270, 습도와는 0.3196으로 나타나 온도와의 상관관계가 높은 것으로 나타났다(Fig. 10). 이를 통해 담배가루이는 습도보다는 온도에 의해 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다(Butler et al., 1983).

친환경제제의 효과

스마트팜에서 담배가루이에 살충효과가 있다고 알려진 친환경제제인 데리스 추출물과 아자디락틴(Azadirachtin), 그리고 피레스린(Pyrethrin)을 주성분으로 가지고 있는 제충국(*Tanacetum cinerariifolium*) 추출물을 살포하였을 때 담배가루이의 밀도가 감소하는 결과를 보였으며(Toscano et al., 1997), 천적인 담배장님노린재를 추가적으로 살포하였을 때는 담배가루이의 밀도가 줄어드는 결과를 나타내었다(Fig. 11). 이를 통해 담배가루이를 방제하는 데 있어 담배가루이에 살충효과가 있는 친환경제제는 물론 천적의 역할이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다. 작은뿌리파리의 경우 친환경제제를 살포하였을 때 발생량이 소폭 감소하는 경향을 보였지만 담배장님노린재에 의해서는 영향을 받지 않았기 때문에 발생량이 다시 증가하는 추세를 나타냈다. 친환경제제와 특히 천적을 추가적으로 살포하였을 때 담배가루이의 발생량이 효과적으로 감소하는 것을 보았을 때, 친환경제제와

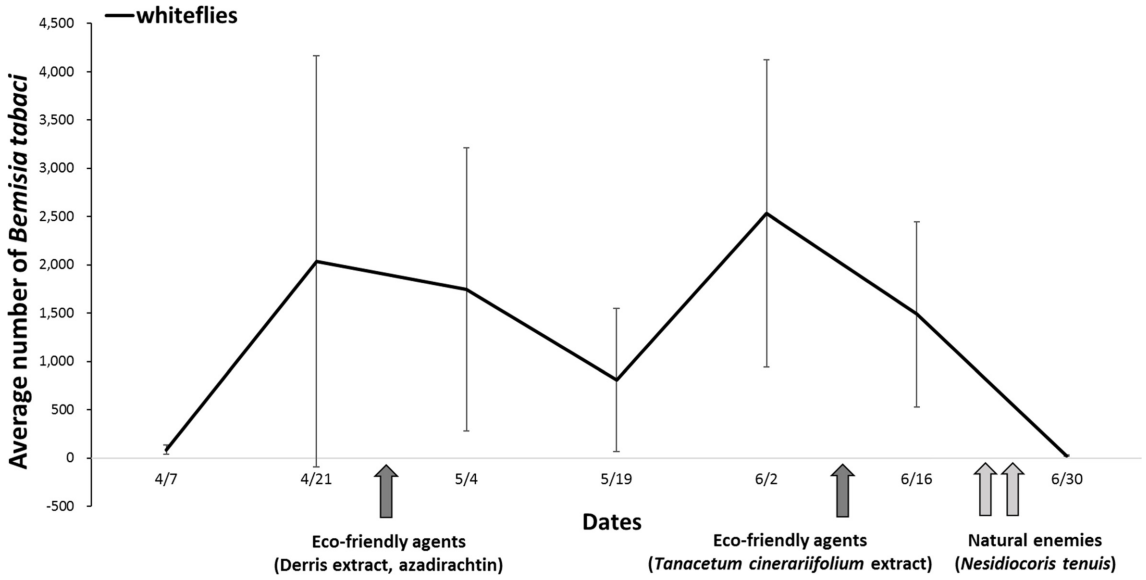

Fig. 11. Change of population densities of *Bemisia tabaci* depending on application of eco-friendly agent (*Tanacetum cinerariifolium* extract) and natural enemies to *Bemisia tabaci* (*Nesidiocoris tenuis*) in the smart farm.

Table 1. Insecticidal efficacy of some eco-friendly agents and chemical pesticide to *Bemisia tabaci* in greenhouse

Component	No. of tested insects	Mortality (%) of days after treatment (mean ± SE)	
		3 days	7 days
Derris extract	172	10.5 ± 3.8ab	4.3 ± 5.6a
Tea tree extract	157	11.7 ± 5.1a	17.6 ± 1.0a
Sophora extract + Neem tree extract	169	5.0 ± 4.9ab	13.9 ± 1.9a
Emamectin benzoate	208	6.9 ± 3.0ab	10.6 ± 0.3a
Control	179	-8.7 ± 5.6b	5.2 ± 7.3a

Table 2. Insecticidal efficacy of some eco-friendly agents and chemical pesticide to *Bemisia tabaci* in breeding cages

Component	No. of tested insects	Mortality (%) of days after treatment (mean ± SE)	
		3 days	7 days
Derris extract	45	77.9 ± 1.21a	89.0 ± 4.6a
Tea tree extract	44	78.7 ± 7.57a	85.6 ± 7.3a
Sophora extract + Neem tree extract	45	81.6 ± 2.96a	94.0 ± 2.8a
Emamectin Benzoate	46	84.7 ± 1.93a	95.6 ± 1.8a
Control	51	9.8 ± 1.64b	31.4 ± 1.8b

천적을 적절하게 사용하면 적은 비용으로 담배가루이에 대한 충분한 방제효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

한편 이를 뒷받침할 친환경제제와 화학농약의 살충효과를 100 m^2의 비닐하우스에서 담배가루이에 대해 살충효과를 조사한 결과, 전체적으로 담배가루이의 밀도가 줄어드는 경향을 보였지만 큰 유의점이 없었다(Table 1). 하우스 포장에서 담배가루이에 대한 살충 효과는 차단막을 치지 않고 약제실험을 한 결과, 주변의 담배가루이가 유입됨으로서 방제효과가 나타나지 않은 것으로 나타났으나, 실내 사육케이지를 이용하여 살충효과를 실험한 결과에서는 3종의 친환경제제 모두 80% 이상의 방제효과를 나타내어 하우스에서 전체적인 방제를 할 경우에는 일정량 이상의 방제효과를 보일 수 있을 것으로 판단된다(Table 2). 비닐하우스와 사육케이지 실험결과를 보았을 때, 이동성이 있는 담배가루이 성충의 경우 개방된 환경보다 폐쇄적인 환경에서 더 효과적으로 방제할 수 있을 것이라고 사료된다. 이는 곧 일반 비닐하우스보다 폐쇄적인 환경인 스마트팜에서 친환경제제를 통한 담배가루이 방제가 더 효과적이고 효율적으로 이루어질 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 친환경적인 농업이 대두되고 있는 현 시점에서 스마트팜에서의 친환경농자재 사용은 담

배가루이와 같은 일부 해충을 친환경적으로 방제할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청의 지원(Project No. PJ012583)을 받아 수행하였습니다. 이에 감사를 드립니다.

Literature Cited

Arif, M. J., M. W. Baig, S. Ullah, M. D. Gogi, S. M. I. Waseem and G. Ahmad (2004) Comparative efficacy of some eco-friendly substances/chemicals against cotton whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.). Int. J. Agric. Biol. 6(3):517-519.

Bedford, I. D., R. W. Briddon, J. K. Brown, R. C. Rosell and P. G. Markham (1994) Geminivirus transmission and biological charaterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. Annals of Applied Biology. 125(2):311-325.

Bhattacharyya A., A. Bhamik, P. U. Rani, S. Mandal and T. T. Epidi (2010) Nano-particles - a recent approach to insect pest control. African Journal of Biotechnology. 9(24):3489-3493.

Butler, G. D., T. J. Henneberry and T. E. Clayton (1983) *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): development, oviposition, and longevity in relation to temperature. Annals of the Entomological Society of America. 76(2):310-313.

Byme, D. N. (1999) Migration and dispersal by the sweet patato whitefly, *Bemisia tabaci.* Agriculture and Forest Meteorology. 97:309-316.

Cha, B. R., M. S. Choi, B. K. Kim, O. S. Cheon, T. H. Han, J. W. Kim and S. Park (2016) Research of next generation IoF-Cloud based smart greenhouse & services. Smart Media Journal. 5(3):17-24.

Choi, Y. M. and G. H. Kim (2004) Insecticidal activity of spearmint oil against *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* adults. Korean Journal of Entomology. 43(4):323-328.

Czosnek, H., M. Ghanim, S. Morin, G. Rubinstein, V. Fridman and M. Zeidan (2001) Whiteflies: vectors, and victims (?), of geminiviruses. Advances in Virus Research. 57:291-322.

Faria, M. and S. P. Wraight (2007) Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. Biological Control. 43(3):237-256.

Gillespie, D. R. and J. G. Menzies (1993) Fungus gant vector *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicislycopersici*. Annals of Applied Biology. 123(3):539-544.

Gupta, S. and A. K. Dikshit (2010) Biopesticides: an ecofriendly approach for pest control. Journal of Biopesticides. 3(1): 186-188.

Helmi, A. (2011) Host-associated population variations of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) characterized with random DNA markers. Int. J. Zool. Res. 7(1):77-84.

Isman, M. B. (2000) Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection. 19(8-10):603-608.

Isman, M. B. (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology. 51:45-66.

Isman, M. B., S. Miresmailli and C. Machial (2011) Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochemistry Reviews. 10(2):197-204.

Jones, D. R. (2003) Plant viruses transmitted by whiteflies. European Journal of Plant Pathology. 109(3):195-219.

Kang, J. H., H. J. Kim and M. S. Jun (2015) Market and technical trends of internet of things. Korea Contents Association Review. 13(1):14-17.

Kim, H. Y., Y. H. Lee, J. H. Kim and Y. H. Kim (2008) Comparison on the capability of four predatory mites to prey on the eggs of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Korean Journal of Applied Entomology. 47(4):429-433.

Kim, J., Y. R. Kwon, J. H. Kim, S. S. Cheong, J. R. Im, J. H. Lee, C. K. Shim and M. J. Kim (2013) The environment-friendly materials selection for control the *Bemisia tabaci* (Gennadius) on organic eggplant cultivation. Korean Journal of Organic Agriculture. 21(3):363-372.

Kumer, P. (2008) Studies on loss bio-efficacy of two indirect neem application over time (seed and soil) against *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) under semi-field conditions. Journal of Asia-Pacific Entomology. 11(4):185-190.

Lee, M. H., S. E. Kim, Y. S. Kim, H. K. Lee, H. J. Jee, Y. K. Kim, C. K. Shim, M. J. Kim, S. J. Hong and Y. S. Lee (2013) Studies on the eco-friendly management of whiteflies on organic tomatoes with oleic acid. Korean Journal of Organic Agriculture. 21(1):95-104.

Lee, M. L. and P. D. Barro (2000) Characterization of different biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera; Aleyrodidae) in South Korea based on 16S ribosomal RNA sequences. Korean Journal of Entomology. 30(2):125-130.

Matsui, M. (1992) Irregular ripening of tomato fruit caused by the sweetpotato whitefly, *B. tabaci* (Gennadius) in Japan. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. 36:47-49.

Matsui, M. (1995) Efficiency of *Encarsia formosa* in suppressing population density of *Bemisia tabaci* on tomatoes in plastic greenhouse. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology. 39:25-31.

Na, M. H., Y. Park and W. H. Cho (2017) A study on optimal environmental factors of tomato using smart farm data. Journal of the Korean Data & Information Science Society. 28(6):1427-1435.

National Information Society Agency (2017) Facilities Vegetable Greenhouse Status (2015). https://www.data.

go.kr/dataset/fileDownload.do?atchFileId=FILE_000000001408487&fileDetailSn=1. Accessed 27 November 2017.

Oliveira, M. R. V., T. J. Henneberry and P. Anderson (2001) History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Protect. 20(9):709-723.

Park, C. G., J. Yoo, M. Sasakawa, H. Y. Choo, H. H. Kim and H. S. Lee (1999) Notes on newly recorded insect pest, *Bradysia agrestis* (Diptera: Sciaridae). Korean Journal of Applied Entomology. 38(1):59-62.

Park, Y. K and S. M. Rue (2015) Analysis on smart city service technology with IoT. Korea institute of information Technology Review. 13(2):31-37.

Prota, N., H. J. Bouwmeester and M. A. Jongsma (2013) Comparative antifeedant activities of polygodial and pyrethrins against whiteflies (*Bemisia tabaci*) and aphids (*Myzus persicae*). Pest management science. 70(4):682-688.

Rubinstein, G., S. Morin and H. Czosneck (1999) Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology. 92(3):658-662.

Suh, D. S. and Y. J. Kim (2016) A study on priority of policy for smart farming system using AHP approach. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 17(11): 348-354.

Sundh, I. and M. S. Goettel (2013) Regulating biocontrol agents: a historical perspective and a critical examination comparing mircobial and macrobial agents. BioControl. 58(5):575-593.

Toscano, N. C., H. A. Yoshida and T. J. Henneberry (1997) Responses to azadirachtin and pyrethrum by two species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). Horticultural Entomology. 90(2):583-589.

Van Lenteren, J. C. and J. Woets (1988) Biological and integrated pest control in greenhouses. Annual Review of Entomology. 33(1):239-269.

Yeo, U. H., I. B. Lee, K. S. Kwon, T. H. Ha, S. J. Park, R. W. Kim and S. Y. Lee (2016) Analysis of research trend and core technologies based on ICT to materialize smart-farm. Protected Horticulture and Plant Factory. 25(1):30-41.

Yi, J. S. (2017) Smart farming as a countermeasure for Free Trade Agreements in agriculture. The Journal of Korea Research Society for Customs. 18(4):237-255.

Yoon, Y. J., Y. M. Yu, M. H. Lee, E. J. Han, S. J. Hong, N. H. Ahn, Y. K. Kim, H. J. Jee and J. H. Park (2010) Characterization of *Lecanicillium lecanii* Btab01 isolated with bioactivities to tobacco whitefly (*Bemisia tabac*i). Journal of Economic Entomology. 49(4):417-422.

Zhu, H. and J. J. Kim (2011) Susceptibility of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype Q to entomopathogenic fungi. Biocontrol Science and Technology. 21(12):1471-1483.

토마토 스마트팜과 일반 관행비닐하우스의 해충 발생분포 비교 및 친환경제제가 담배가루이(*Bemisia tabaci*)에 미치는 영향

윤 헌 · 곽영환 · 배서영 · 지창우[1] · 조점래[1] · 유용만 · 윤영남*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, [1]국립농업과학원 작물보호과

요 약 적절한 온·습도를 유지하며 외부의 병해충을 차단하여 높은 수확량과 고품질의 토마토를 생산하기 위하여 온도, 습도, CO_2, 광량, 창문개폐 등을 자동조절할 수 있는 스마트팜(Smart farm)이 늘어나고 있다. 조사결과, 잘 관리되는 스마트팜이라도 담배가루이나 작은뿌리파리 등의 미소곤충은 새로 들어오는 유묘에 붙어서 들어가거나 창문의 개폐과정 중에 유입되어 피해를 입히는 것으로 조사되었다. 또한, 스마트팜과 일반관행 비닐하우스에서 담배가루이와 작은뿌리파리의 발생량을 비교하였으며, 발생분포를 조사하였다. 또한 온·습도와 발생량 사이의 상관관계를 알아보았다. 스마트팜은 친환경적인 이미지를 강점으로 내세우기 때문에 해충을 방제하는데 있어 화학농약보다는 친환경유기농자제를 사용하는 편이다. 따라서 친환경유기농자제가 담배가루이에 미치는 영향을 조사하였다. 가장 문제가 되는 해충은 담배가루이었으며, 스마트팜은 일반 비닐하우스보다 상대적으로 발생량이 적었다. 또한 담배가루이는 스마트팜 내에서 높은 위치와 시설의 중앙에서, 작은뿌리파리는 낮은 위치와 시설의 가장자리에서 많은 발생량을 나타내었다. 친환경농자재 가운데 고삼추출물+님추출물이 실내케이지 실험에서 94%의 살충효과를 보여 실용성이 있는 것으로 판단된다.

색인어 스마트팜, 담배가루이, 친환경제제, 토마토, 해충발생분포