

이류체 포그시스템을 이용한 친환경적 가루이 방제

김성은^{1*} · 이상돈¹ · 심상연² · 김영식^{1†}

¹상명대학교 식물산업공학과, ²경기도농업기술원 원예산업연구과

Eco-friendly Control of Whiteflies by Two-Fluid Fogging System

Sung Eun Kim¹, Sang Don Lee¹, Sang Youn Sim², and Young Shik Kim^{1†}

¹Sangmyung University, 300 Anseo-dong, Cheonan, Choongnam 330-720, Korea

²GyeongGi-Do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung-si 445-300, Korea

Abstract. Two experiments were designed and executed to measure the effectiveness of the two-fluid fogging system in controlling whiteflies in tomato cultivation. The two-fluid fogging system that lowers temperature and raises humidity in greenhouses provides an eco-friendly method of preventing damages from whiteflies. The first experiment elucidated the effect of fogging treatment on the elimination of whiteflies and investigated the sectional distribution of whiteflies. The second experiment analyzed the vertical distribution, the motility of whiteflies and reduction of the number of whiteflies under the fogging system. The result of the experiments showed that the fogging system lowered the number of whiteflies and decreased their motility significantly. It affected the vertical distribution of whiteflies as well. Based on these experiments, we strongly recommend using the fogging system to prevent and control whiteflies in greenhouses, in addition to installing yellow sticky traps in the areas that have the highest density of whiteflies.

Key words : *Bemisia tabaci*, insect, low pressure fog nozzle, surveillance mark,, *Trialeurodes vaporariorum*

서 론

온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)와 담배가루이(*Bemisia tabaci*, B biotype)는 진딧물, 응애류 및 총채벌레와 함께 시설하우스에서 발생빈도가 높은 해충이다(Jeon 등, 2009). 온실가루이는 박과작물, 가지과작물, 화훼류 및 관상식물의 잎에 성충과 유충이 서식하며 잎을 흡즙하여 작물의 수량을 감소시키고, 감로(honeydew)를 분비하여 그을음병을 유발하여 생육과 상품가치를 저하시킨다(Brown, 1990; Johnson 등, 1992, Ahn 등, 2001). 담배가루이는 흡즙의 피해도 있지만 바이러스병의 매개와 감로분비에 의한 피해가 더 크다(Brown 등, 1995). 담배가루이가 매개하는 가장 대표적인 바이러스는 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV: tomato yellow leaf curl virus)이다(Matsui,

1992; Brown 등, 1995; Berlinger 등, 1996; Rubinstein 등, 1999). 최근 시설재배 면적의 급격한 증가로 가루이의 월동과 번식에 좋은 조건이 제공되어 그 발생과 피해가 증가하는 추세에 있다(Jeon 등, 2009). 시설 내의 호조건 속에서 단위 세대 당 경과일수가 매우 짧은 가루이는 연평균 10세대 이상을 경과하고, 증식 속도가 매우 빨라서 단기간에 피해를 발생시키며, 한번 발생하면 방제가 매우 어려운 실정이다(Omer 등, 1992).

온실가루이의 성충과 알은 작물이 자라는 양상이나 세대중첩에 따라 다소 차이가 있지만 항상 어린 잎에 집중 분포하며(Kim 등, 1986), 담배가루이도 유사한 양상을 보인다(Ohnesorge 등, 1980). 또한 가루이는 오래된 잎보다는 어린 잎에 강한 산란 선호성을 나타내며, 기주식물의 최상위 부분에서 주로 서식하여 밀도가 가장 높게 나타난다는 보고(Lenteren과 Noldus, 1990)와 방울토마토에서 온실가루이의 성충과 알은 상단부에서 집중적으로 관찰되고 유충은 2-12번엽에 분포한다는 보고(Kim 등, 1999)를 통해 가루이의 높이

*Corresponding author:

Received January 26, 2012; Revised March 12, 2012;

Accepted May 30, 2012

†These authors contributed equally to this work.

별 분포가 다른 것을 알 수 있다.

습도는 가루이를 방제하는 제한요소로 작용할 수 있다고 알려져 있는데(Drummond 등, 1987), 95%의 높은 습도에서 알이나 유충에 해를 끼칠 수 있다는 보고가 있다(Boulard 등, 2002).

가루이의 생육은 8~10°C의 발육영점온도와 39~41°C 이상의 고온에서 제한을 받는 것으로 보고되어 있으나(Ahn 등, 2001; Cui 등, 2008; Osborne, 1983), 온실에서 가루이 생육이 제한되는 온도환경을 만드는 것은 어려우며, 오히려 가루이의 최적 생육온도에 가까운 환경이 제공되는 문제가 있다. 담배가루이(B biotype)의 발육과 생식에는 온도와 기주식물이 중요한 영향을 미치는데, Ahn 등(2001)은 알에서 성충까지의 발육기간은 15°C에서 86.2일, 30°C에서는 17.0일로 온도가 높아질수록 약 5배 짧아지며, 알과 약충 그리고 알에서 성충까지의 발육영점온도는 각각 10.1°C, 11.6°C, 11.1°C, 부화적온은 25°C, 우화적온은 20°C라고 보고하였다. 또한 온실가루이의 발육영점온도는 8.3°C이며, 성장에 적합한 온도범위는 18~25°C인 것으로 알려져 있다(Osborne, 1983). 온실가루이 성충은 10°C 전후에서는 11~15시, 20°C 전후에서는 7~19시 까지 비산과 분산 활동을 하는 것으로 알려져 있다(Hosoda과 Naba, 1980).

고온기 온실의 온도를 낮추는 방법으로 분무를 하는 경우가 있는데, 이류체 포그시스템을 이용할 경우 고온기 온습도를 조절하여 작물 생육에 좋은 환경을 조성할 수 있는 것으로 밝혀졌다(Lee 등, 2011). 그러나 작물에 좋은 환경이 가루이 생육에도 좋은 환경조건이 되어 가루이의 수를 증가시키는 원인이 되기도 한다. 왜냐하면 겨울철 토마토 재배에서 온실가루이 밀도가 감소하는 이유를 온실가루이가 산란할 수 있는 어린 잎의 감소와 온실가루이의 발육에 비하여 잎의 발육이 지체되는 현상 등, 낮은 온도에 의한 기주생육의 제한으로 설명한 Sharaf(1981)의 주장도 있기 때문이다.

가루이의 성충 발생을 조사하기 위한 방법으로 황색 점착트랩을 이용하는 방법이 세계적으로 널리 사용되고 있다(Ekbom, 1980; Gillespie과 Quiring, 1992). 황색점착트랩은 초기 포장내 가루이의 유입 및 발생시기 조사에 사용되고, 성충을 황색점착트랩에 대량으로 유인하여 살상이 가능하여 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa* Gahan)과 병행하여 가루이 방제에도 이용되

고 있다(Ekbom, 1980; Gerling과 Horowitz, 1984; Gillespie와 Quiring, 1987; Veire과 Vavante, 1984). 또한 Kim 등(1999)은 시설 내 토마토재배시 온실가루이 방제전략 결정에 황색점착트랩을 이용하여 빠르고 정확하게 판단하여 수행할 수 있다고 보고하였다.

본 연구는 시설 내 토마토재배에서 고온기에 온습도를 조절할 목적으로 사용되는 이류체 포그시스템이 가루이 방제에 미치는 효과를 알아보고, 이를 활용한 효과적이고 친환경적인 가루이 예방 및 방제 방법을 모색하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구는 2010년 12월 15일부터 2011년 6월 27일까지 경기도농업기술원 벤로형 유리온실(동서방향 연동, 폭 21.9m, 길이 24.4m, 측고 3.05m, 동고 4.85m)에서 수행되었다. 대과종 토마토 로쿠산마루(사카타종묘, 일본)를 2010년 12월 15일 피트모스 상토를 채운 50공 플러그 육묘판에 파종했으며, 양지붕식 유리온실(폭 9.6m, 길이 16m, 측고 4.6m, 동고 7m)에서 1일 1회(오전 11시30분) 급액하며 육묘하였다. 육묘중 비료를 시비하지 않았다. 2011년 2월 17일 본엽 7~8매 전개, 1화방 출현시 정식하였다. 작물의 재식간격은 40cm, 줄 간 간격은 180cm이었다. 급액방법은 배액전극 제어법을 사용하였고, 배액전극 제어법은 Kim(2003)의 방법에 준해서 적용하였으며, 배양액의 공급은 자동공급장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하여 공급하였다.

이류체 포그시스템을 이용한 가루이 방제 실험은 각각 2011년 5월 16일~5월 25일, 6월 14일~6월 27일까지 총 2회에 걸쳐 수행되었다. 실험이 수행된 온실은 동일한 연동온실에서 중앙의 복도를 사이에 두고 북쪽과 남쪽으로 나누어 차단막을 설치하여 분리하였다. 처리구는 이류체 포그시스템을 설치하여 온도 20°C 이상, 상대습도 80% 이하 일 때, 2분30초간 작동하고 30초 쉬는 것을 반복하여 작동되도록 제어하였고, 대조구는 이류체 포그시스템을 설치하지 않고, 온도와 습도도 제어하지 않았다. 이류체 포그시스템은 노즐을 통해 공기와 물이 1:1.5의 비율로 분사되는 시스템으로, 미세한 물입자는 분사된 즉시 공기 중에 증발되는 것이 특징이다(Lee 등, 2011). 분사되는 물이

작물에 닿지 않도록 노즐의 높이는 지상에서 3m 높이에 설치하였고, 중앙에서 이랑을 따라 양 방향으로 분사되게 하였으며, 작물의 줄 간격과 같은 1.8m 간격으로 하여 이랑과 이랑 사이로 분무되게 하였다.

처리구와 대조구는 각각 17m² 크기의 구역(창기쪽 2개, 복도쪽 2개)으로 나누어 실험을 수행하였다. 2차 실험에서는 1차와 동일한 온실에서 가루이의 수직분포를 보기 위해 약 1.8m 정도 길이의 기주식물을 상부(High-1.6m), 중부(Middle-1.0m), 하부(Low-0.4m)로 나누어 황색점착트랩을 설치하는 실험과 가루이의 운동성을 구명하기 위해 개화화방 2번째 하부엽의 뒷면에 붙은 가루이의 수를 조사하는 실험을 추가하였다.

실험기간동안 온도와 습도는 data logger용 HTR-10(한스 시스템, 한국)을 처리구와 대조구의 황색점착트랩이 설치된 위치와 동일한 곳에 총 12개씩 설치하여 자료를 수집하였다.

결과 및 고찰

2011년 5월 16일부터 5월 18일까지는 이류체 포그 시스템을 작동하지 않고 가루이의 분포와 밀도를 조사하였고, 5월 19일부터 이류체 포그시스템을 작동하여 가루이의 밀도에 미치는 영향에 대해 알아보는 1차 실험을 실시하였다. 이류체 포그시스템을 작동하기 전, 트랩에 포집된 가루이의 수는 대조구에 비해 처리구에서 약 1,000마리 이상 많은 2,000~2,500마리로 조사되었는데, 이는 처리구의 기주식물 생육이 대조구에 비해 좋았기 때문으로 사료된다. 이류체 포그시스템을 작동한 19일 이후부터 가루이의 수는 지속적인 감소를 보여 1차 실험 종료시에는 대조구에 비해 처리구의 가

루이 수가 약 600마리 이상 감소하였다(Fig. 1). 5월 21일과 22일에는 처리구와 대조구 모두에서 가루이의 감소가 나타났는데, 이때의 감소는 우천에 의한 것으로 판단되었다. 우천시에 천창은 닫히지만 측창은 개방되어 있어서 시설 내 상대습도는 시설외부와 유사한 95% 이상으로 조사되어 가루이의 생육을 제한하였던 것으로 판단되었다(Boulard 등, 2002). 이류체 포그시스템을 작동하면 시설 내 수분공급이 있지만, 실험기간 동안 천창과 측창을 모두 개방하여 공급되는 수분이 단기간에 증발되어 배출되기 때문에 처리구와 대조구와의 상대습도차는 5% 내외로 조사되었다(Fig. 1). 따라서 이류체 포그시스템을 작동하였을 때 가루이의 감소는 순간적으로 공급되는 미세수분입자로 인해 가루이의 운동성과 생육이 저해되어 그 수가 감소한 것으로 사료되었다.

가루이의 시설 내 발생분포를 조사하기 위해 트랩을 구역별로 설치하여 성충의 밀도를 조사한 결과(Fig. 2), 구역별로는 처리구와 대조구 모두에서 창기쪽(1, 4 구역)이 밀도가 낮았는데, Kim 등(1999)도 온실가루이의 시설 내 분포가 균일하지 않고 출입구에서 먼 쪽에 집중되는 것을 보고한 바 있다.

2차 실험에서는 2011년 6월 16일부터 6월 17일까지 2일간은 이류체 포그시스템을 작동하지 않고 가루이의 분포와 밀도를 조사하였고, 6월 18일부터 이류체 포그시스템을 작동하여 가루이의 밀도에 미치는 영향을 구명하였다(Fig. 3). 1차 실험과 유사하게 2차 실험에서도 실험이 시작될 때 트랩에 포집된 가루이의 수가 대조구에 비해 처리구에서 약 8,000마리 이상 많았다. 이류체 포그시스템을 작동한 18일 이후부터 가루이의 수가 지속적으로 감소하여 6월 23일부터 처

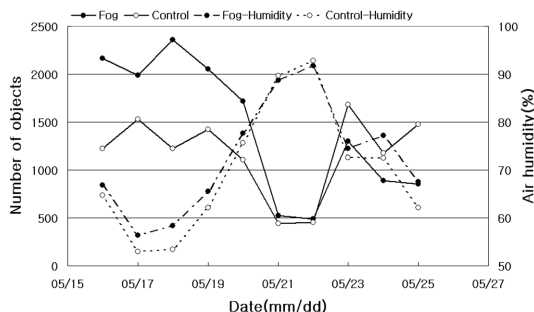


Fig. 1. Trends of the number of whiteflies and air humidity in the greenhouse at the first experiment.

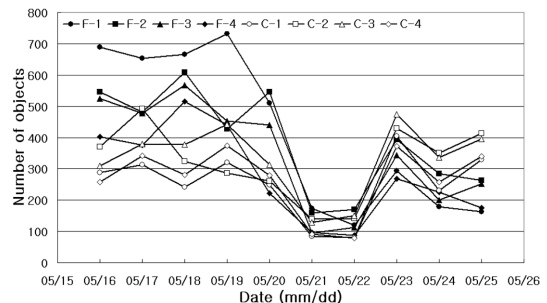


Fig. 2. Trends of the number of whiteflies in the different places in the greenhouse at the first experiment.

이류체 포그시스템을 이용한 친환경적 가루이 방제

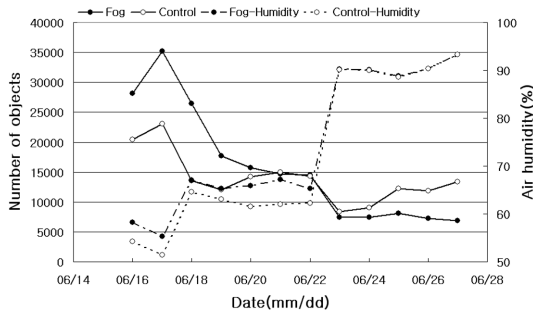


Fig. 3. Trends of the number of whiteflies and air humidity in the greenhouse at the second experiment.

리구의 가루이 수가 대조구보다 적게 포집되었다. 6월 18일에 대조구의 가루이 수도 감소하였는데 이는 6월 17일 오후에 대조구의 기주식물 중에서 일부를 제거하였기 때문이었다. 2차 실험기간 중에서 6월 22일부터 장마가 시작되어 6월 23일~24일에 포집된 가루이의 수가 감소하는 경향을 보였는데, 이는 1차 실험에서 확인한 바와 같이 가루이는 습도가 95% 이상일 때 생육이 저하되는 것이 이유인 것으로 설명할 수 있다. 그러나 습도가 95% 이상인 날이 3일 이상이 될 때에는 가루이의 수가 다시 증가하는 것으로 조사되어 가루이가 높은 습도에 적응하는 것으로 사료되었다.

2차 실험에서도 1차 실험에서와 같이 처리구와 대조구를 각각 4개의 구역으로 세분화하여 황색점착트랩을 설치하여 구역별 가루이의 분포를 조사하였다(Fig. 4). 대조구 내에서 4개 구역의 가루이의 분포는 1, 2차 실험에서 동일하게 북도쪽(2, 3구역)에서 많이 조사되었다(Fig. 2, 4). 이러한 가루이의 분포는 시설 내에서 가루이의 밀도가 높은 부분의 관리에 지속적인 주의를

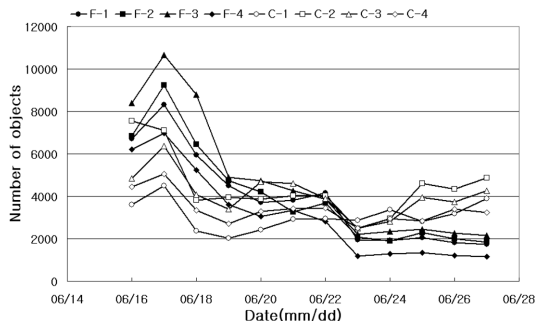


Fig. 4. Trends of the number of whiteflies in the different places in the greenhouse at the second experiment.

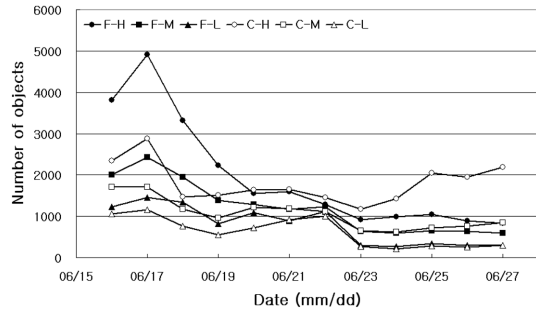


Fig. 5. Trends of the number of whiteflies at the three different heights of the greenhouse at the second experiment.

가 아니면 효과적으로 가루이 밀도를 낮출 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

2차 실험에서는 가루이의 수직분포를 조사하여 이류체 포그시스템의 작동으로 가루이의 수직분포가 어떤 변화를 보이는지 알아보고, 황색점착트랩을 이용한 방제에 적절한 높이를 구명하고자 하였다. 기주식물의 상, 중, 하 위치에 황색점착트랩을 설치하여 가루이 수직분포를 조사한 결과, 이류체 포그시스템을 작동하기 전에는 상, 중, 하의 순으로 밀도가 높아 기존의 보고(Kim 등, 1986; Lenteren과 Noldus, 1990; Ohnesorge 등, 1980)와 유사한 결과를 얻었다(Fig. 5). 그러나 처리 후에는 처리구의 상부 가루이 밀도가 급격한 감소를 나타냈다. 처리구에서 이러한 수직분포의 변화를 보이는 이유는 기주식물의 상부에 순간적으로 다량의 미세수분입자가 공급되어 가루이의 생육과 운동성에 영향을 주었기 때문으로 사료되었다. 따라서 이류체 포그시스템을 작동하고 황색점착트랩을 이용하여 가루이를 포집하려면 기주식물의 상부 및 중간 위치에 트랩을 설치하는 것이 가장 적절한 것으로 판단된다. 농진청에서는 황색점착트랩을 이용한 가루이 예찰방법으로 트랩을 기주식물의 30cm 위에 설치하도록 명시하고 있는데(농촌진흥청, 2008), 이류체 포그시스템을 작동하면 가루이의 수직분포가 변화하여 기주식물 위에는 가루이가 거의 존재하지 않기 때문에 (Kim, 2011) 농진청의 예찰방법에서 설치 위치를 변경하여야 할 것으로 사료된다.

1차 실험에서 이류체 포그시스템이 가루이의 수를 감소시키는 효과가 있음을 확인하였다. 그러나 트랩에 포집되는 가루이의 감소가 가루이의 절대 숫자의 감소가 아니라 가루이의 운동성이 감소되어 생긴 결과라면

이류체 포그시스템을 친환경적 방제법으로 사용하는 것에 문제가 있을 것으로 판단되었다. 따라서 2차 실험에서는 이류체 포그시스템이 작동하지 않는 야간에 개화화방에서 2번째 하부엽의 뒷면에 있는 가루이의 수를 조사하여 포그처리가 밀도에 영향을 주는 것인지 가루이의 운동성에 영향을 주는 것인지에 대해 알아보고자 하였다. 낮에는 가루이 성충의 대부분이 운동하고 있으므로 조사는 야간에 실시하였다. 처리구에서 가루이의 수는 약 50~60마리가 감소한 후에 지속되는 양상을 보였고, 대조구에서는 가루이의 수가 등락을 보이며 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 이류체 포그시스템이 가루이의 수를 감소시키는데 효과가 있다고 판단하였다(Fig. 6).

1차와 2차 실험에서 일평균 온도는 온실내 위치에 상관없이 가루이의 성장에 적합한 25~30°C 범위로, 가루이가 계속 높은 밀도를 유지할 수 있는 온도환경이었다(Fig. 7, 8). 실험이 수행된 시기는 시설 내에서 가루이 생육이 제한되는 온도환경을 만드는 것이 현실적으로 어려우며, 오히려 가루이의 최적 생육온도에 가

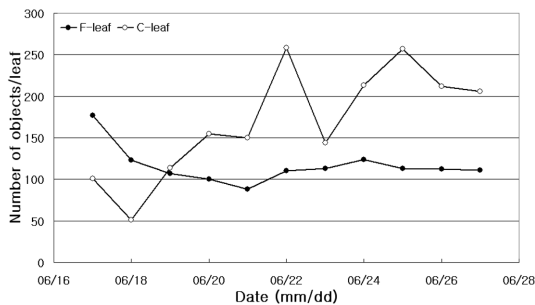


Fig. 6. Trends of the number of whiteflies attached on the leaves in the greenhouse at the second experiment.

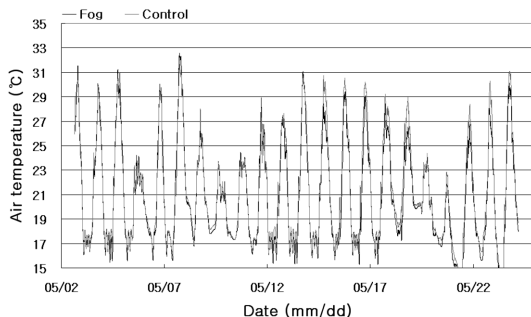


Fig. 7. Trends of the air temperature in the greenhouse during the first experiment.

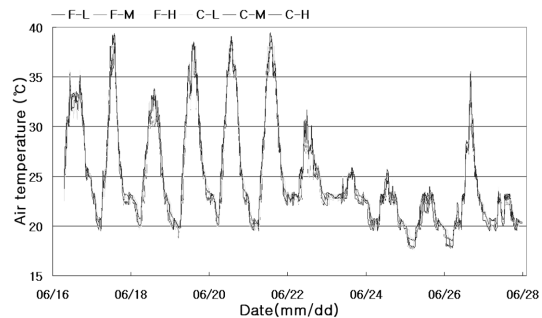


Fig. 8. Trends of the air temperature in the greenhouse during the second experiment.

까운 환경이 제공되는 시기였다.

가루이의 약제방제에는 몇 가지 제한이 따른다. 가루이는 유전적으로 농약에 대한 저항성 유전자를 갖고 있어 쉽게 약제 저항성을 가지며 이를 후대에까지 유전시키는 능력이 있어서 동일계통의 약제를 2회 이상 연속 살포하면 효과가 없어지므로 사용횟수와 기간, 사용가능한 약제 등의 많은 제한요인이 있다. 따라서 친환경적이며 효과적인 가루이 방제법으로 사용할 수 있는 방법은 그리 많지 않다. 가장 보편적으로 사용하는 방법으로 생물적 방제가 있는데 온실가루이좀벌, 황온좀벌, 담배가루이좀벌 등의 좀벌류가 널리 쓰이고 있다. 그러나 온실가루이좀벌은 온실가루이의 3~4령 중에만 기생하는 것으로 알려져 있어서 토마토 재배온실에서 좀벌의 방사시기, 방사위치, 방사량 결정에 가루이 3~4령 중의 분포가 가장 먼저 고려되어야 하는 제한이 있다(Ekbo, 1980; Gerling과 Horowitz, 1984; Parrella 등, 1991; Veire과 Vavante, 1984). 또한 우리나라에서는 온실관리가 천적이 생활하기에 부적합한 경우가 많아서 천적의 주기적 투입으로 방제비용이 많이 들어가는 데에 반해 그 효과가 크지 않다는 단점이 있다.

이류체 포그시스템을 이용한 가루이 방제는 가루이의 유전적 특성과 무관하며, 약제를 사용하는 것이 아니므로 농약잔류의 문제도 없으며, 매우 친환경적이며 경제적인 방제법이라 할 수 있다. 또한 고온기 시설 내의 온도와 습도를 적절히 조절해 주어 고온기 시설 내 작물의 생육환경과 농작업 환경개선의 장점을 함께 가지고 있다(Montero 등, 1990). 가루이 방제기는 시설 내 가루이의 밀도가 낮을수록 높고, 밀도가 높을수록 낮아지는 것으로 조사되었다. 따라서 고온기에 시설 내에

가루이가 만연하기 전에 이류체 포그시스템을 이용하여 예방 및 방제하는 방법이 좋을 것으로 사료된다.

또한 시설 내에서 가루이의 구역별 분포와 이류체 포그시스템으로 수직분포가 달라지는 특성을 이용하여 시설 내 밀도가 높은 구역의 기주식물 상부에 황색점착트랩을 설치하여 가루이를 방제하는 소극적 방법을 사용할 수 있을 것으로 사료된다. EH한 이류체 포그시스템을 이용하여 식물정유나 친환경 물비누 등의 친환경제제를 분무하는 적극적 방법으로 방제가를 향상시킬 수 있는 방법이 가능할 것으로 사료되며, 향후 이를 구명하는 실험이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

적 요

토마토 시설재배에서 고온기에 온습도를 조절할 목적으로 사용되는 이류체 포그시스템이 가루이 방제에 미치는 효과를 알아보고, 이를 활용한 효과적이고 친환경적인 가루이 예방 및 방제 방법을 모색하기 위해 총 2회에 걸쳐 실험을 수행하였다. 1차 실험에서는 포그처리의 가루이 방제 효과를 구명하였고, 구역별 가루이 분포를 조사하였다. 2차 실험에서는 이류체 포그시스템이 가루이의 수직분포와 운동성에 미치는 영향 및 방제효과를 검증하는 실험을 수행하였다. 1, 2차 실험에서 이류체 포그시스템이 가루이의 개체수와 운동성을 감소시키는 효과가 인정되었다. 시설 내에서 가루이는 출구에서 먼 쪽의 구역에 높은 밀도로 분포하며, 이류체 포그시스템을 작동하였을 때 가루이의 수직분포가 달라지는 것이 조사되었다. 따라서 이류체 포그시스템을 가루이의 예방 및 방제에 사용하되, 밀도가 높은 구역의 기주식물 중상부에 황색점착트랩을 설치하여 가루이를 더욱 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 사료된다.

주제어 : 담배가루이, 예찰표, 온실가루이 저압포그노즐, 해충

사 사

이 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원으로 수행되었음.

이 연구는 농촌진흥청 연구비의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

1. Ahn, K.S., K.Y. Lee, M.H. Choi, J.W. Kim, and G.H. Kim. 2001. Effect of temperature and host plant on development and reproduction of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 40:203-209.
2. Berlinger, J.M., S. Lebiush-Mordechi, R. Dahan, and R.A.J. Taylor. 1996. A rapid method for screening insecticides in the laboratory. *Pestic. Sci.* 46:345-353.
3. Boulard, T., M. Mermier, J. Fargues, N. Smits, M. Rougier, and J.C. Roy. 2002. Tomato leaf boundary layer climate: implications for microbiological whitefly control in greenhouses. *Agricultural and Forest Meteorology* 110:159-176.
4. Brown, J.K. 1990. An update on the whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and Caribbean Basin. *FAO Plant Prot. Bull.* 39:5-23.
5. Brown, J.K., D.R. Frohlich, and R.C. Rosell. 1995. The sweet potato or silver leaf whitefly: biotypes of or a species complex. *Annu. Rev. Entomol.* 40:511-534.
6. Cui, X., F. Wan, M. Xie, and T. Liu. 2008. Effects of Heat Shock on Survival and Reproduction of Two Whitefly Species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* Biotype B. *Journal of Insect Science* 24:1-10.
7. Drummond, J., J.B. Heale, and A.T. Gillespie. 1987. Germination and effect of reduced humidity on expression of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Annals of Applied Biology* 111:193-201.
8. Ekbom, B.S. 1980. Some aspects of the population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* and their importance for biological control. *Bull. SROP/WPRS* (3):25-34.
9. Gerling, D. and A.R. Horowitz. 1984. Yellow traps for evaluating the population levels and dispersal patterns of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77:753-759.
10. Gulliespie, D.R. and D.J.M. Quiring. 1987. Yellow sticky traps for detecting and monitoring greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) adults on greenhouse tomato crops. *J. Econ. Entomol.* 80:675-697.
11. Gulliespie, D.R. and D.J.M. Quiring. 1992. Flight behavior of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in relation to yellow sticky traps. *Can. Entomol.* 124:907-916.
12. Hosoda, A. and K. Naba. 1980. Studies on the biology and control of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). 9. Flight behavior and dispersal of greenhouse whitefly adults. *Annual Rep. Hiroshima Agr. Res.* 42:23-34.
13. Jeon, H.Y., H.H. Kim, C.Y. Yang, T.J. Kang, and D.S.

- Kim. 2009. A tentative economic injury level for greenhouse whitefly on cucumber plant in the protective cultivation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:81-85.
14. Johnson, M.W., L.C. Caprio, J.A. Coughlin, B.E. Tabashnik, J.A. Rosenheim, and S.C. Welter. 1992. Effect of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on yield of fresh market tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 85:2370-2376.
 15. Kim, J.K., J.J. Park, C.H. Pak, H.S. Park, and K.J. Cho. 1999. Implementation of yellow sticky trap for management of greenhouse whitefly in cherry tomato greenhouse. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:549-553.
 16. Kim, I.S., C.Y. Hwang, J.H. Kim, and M.H. Lee. 1986. Studies on host plant, development, and distribution within plants of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). *Kor. J. Plant Prot.* 25:201-207.
 17. Kim, S.E., S.D. Lee, S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2011. Control of *Bemisia tabaci* by Two-Fluid Fogging System. *J. Bio-Env. Con.* 20(4) (in press).
 18. Kim, Y.S. 2003. Possibility of water management in hydroponics by electrical signal. *Industrial Science Researches of Sangmyung University* 14:1-10.
 19. Lee, H.W. and Y.S. Kim. 2011. Application of low pressure fogging system for commercial tomato greenhouse cooling. *J. Bio-Env. Con.* 20(1):1-7.
 20. Lenteren, J.C. van and L.P.J.J. Nuldus. 1990. Whitefly-plant relations. pp. 47-89. In D. Gerling [ed.], *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept, Andover, U.K.
 21. Matsui, M. 1992. Irregular ripening of tomato fruit caused by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol.* 36:47-49.
 22. Montero, J.I., A. Anton, C. Biel, and A. Franquet. 1990. Cooling of greenhouse with compressed air fogging nozzles. *Acta Hort.* 281:199-209.
 23. Ohnesorge, B., N. Sharaf, and T. Allawi. 1980. Population studies on the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) during the winter season: 1. The spatial distribution on some host plants. *Z. Angew. Entomol.* 90:226-232.
 24. Omer, A.D., T.F. Leigh, and J. Granett. 1992. Insecticide resistance in field population of greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) in the San Joaquin Valley (California) cotton cropping system. *J. Econ. Entomol.* 85:21-27.
 25. Osborne, L.S. 1983. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. *Environ. Entomol.* 11:483-485.
 26. Parrella, M.P., T.D. Paone, J.A. Bethke, K.L. Robb, and J. Hall. 1991. Evaluation *Encarsia formosa* (Homoptera: Aleyrodidae) for biological control of sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettia. *Environ. Entomol.* 20:713-719.
 27. Rubinstein, G., S. Morin, and H. Czosnek. 1999. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 92:658-662.
 28. Sharaf, N.S. 1981. Studies on whiteflies on tomatoes in the Jordan Valley. II. Seasonal abundance of the immature stages of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Dirasat* 8:127-146.
 29. Stern, V.M., R.F. Smith, R. Van den Bosch, and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29:81-101.
 30. Veire, M. van de and V. Vacante. 1984. Greenhouse whitefly control through the combined use of the color attraction system with the parasite wasp *Encarsia formosa* (Hym: Apelinidae). *Entomophaga* Veire, M. Van de, 29:303-310.
 31. 농촌진흥청, 2008, 황색점착트랩을 이용한 가루이 예찰방법, www.rda.go.kr.