

## 이류체 포그시스템을 활용한 가루이 방제

김성은<sup>1\*</sup> · 이상돈<sup>1</sup> · 심상연<sup>2</sup> · 김영식<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>상명대학교, <sup>2</sup>경기도농업기술원

### Control of *Bemisia tabaci* by Two-Fluid Fogging System

Sung Eun Kim<sup>1\*</sup>, Sang Don Lee<sup>1</sup>, Sang Youn Sim<sup>2</sup>, and Young Shik Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Plant Science and Technology, Sangmyung University, Cheonan 330-720, Korea

<sup>2</sup>GyeongGi-Do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung-si 445-300, Korea

**Abstract.** The effect of two-fluid fogging system on the control of *Bemisia tabaci* in tomato cultivation was evaluated in a greenhouse. The number of *Bemisia tabaci* was decreased by 87% from the fog treatment for 7 days. During the fog treatment, the mean daily temperature was decreased by 2°C and the mean daily relative humidity was increased by 3~4% as compared to the non-treatment. The reduction of *Bemisia tabaci* in the treatment might not be resulted from the differences in temperature and humidity in the greenhouse. The sound coming from the two-fluid fogging system did not affect when it was operated without water inside. Therefore it was concluded that water droplets coming out the nozzle reduced the growth and the movement of whiteflies because the suspension of tiny water droplets were attached on the skin of whiteflies.

**Key words :** humidity, sound-effect, temperature, two-fluid fogging system, water droplet

## 서 론

온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)와 담배가루이(*Bemisia tabaci*, B biotype)는 노린재목(Hemiptera), 진딧물아목(Sternorrhyncha), 가루이과(Aleyrodidae)에 속하는 해충으로 현재 전 세계적으로 분포되어 있으며, 우리나라에서는 1977년에 처음 발견되어 박멸되었다가 1983년에 재발견되어 현재에 이르고 있다(Jeon 등, 2009). 박과작물, 가지과작물, 화훼류 및 관상식물의 잎에 성충과 유충이 서식하여 작물의 수량을 감소시키고, 그을음병을 유발하여 생육을 저하시킨다(Johnson 등, 1992). 또한, 생식용 과채류의 상품가치를 하락시키고, 토마토황화잎말림병(*Tomato yellow leaf curl virus*)의 매개자가 되는(Park 등, 2002) 등 시설원에 작물의 주요 해충으로 알려져 있다(Choe와 Park, 1983). 최근에는 플라스틱하우스와 유리온실 등의 시설 재배 면적의 급격한 증가로 가루이의 월동과 번식에

좋은 조건이 제공되어 그 발생과 피해가 증가하는 추세에 있다.

시설내의 호조건 속에서 단위 세대 당 경과일수가 매우 짧은 가루이는 연평균 10~15세대 이상을 경과하고, 정착 후 증식속도가 매우 빨라서 단기간에 피해를 발생시키며, 한번 발생하면 방제가 매우 어려운 실정이다(Omer 등, 1992). 현재 우리나라 시설 내에서 발생한 가루이의 방제는 주로 델타린 유제 등 29종의 살충제에 의존하고 있다(Anonymous, 2007). 그러나 가루이의 생활습성상 살충제의 효과가 미미하며, 살충제의 연용에 의한 저항성 개체들의 출현, 과채류에서의 농약잔류 문제 및 살충제의 다량 사용에 의한 경제적 부담은 큰 문제가 되고 있다(Stern 등, 1959). 따라서 가루이의 특성을 파악하여 살충제에 의한 피해를 줄이고, 효과적이며 친환경적인 방법의 가루이 방제가 모색되어야 한다.

가루이의 환경적 제한요인을 알아보기 위해, Cui 등(2008)은 고온쇼크가 2종류의 가루이에 미치는 효과를 알아보는 실험을 실시하였다. 26°C(대조구)와 고온처리(각각 37, 39, 41, 43 및 45°C에서 1시간 노출) 후

\*Corresponding author: kimsuda72@hanmail.net  
Received July 13, 2011; Revised October 13, 2011;  
Accepted October 21, 2011

26°C로 유지시킨 가루이의 알, 유충, 성충의 수를 조사하였는데, 알은 43, 45°C에 노출시킨 처리에서 박멸되었고, 유충은 39°C 이상에서, 성충은 41°C 이상에서 통계적 유의성이 있게 그 숫자가 감소하였다고 보고하였다. 친환경적 방제를 위해 미생물(Boulard 등, 2002; Wraighta 등, 2000)이나 천적에 대한 연구(Messelink 등, 2010)도 수행되고 있으나, 그 효과는 확정적이지 않은 것이 현실이다. 한편, 습도도 가루이를 방제하는 제한요소로 작용할 수 있다고 알려져 있으며(Drummond 등, 1987), 95%의 높은 습도에서 알이나 유충에 해를 끼칠 수 있는 미생물이 가장 활발히 작용한다는 보고도 있다(Boulard 등, 2002). 고온기 온실의 온도를 낮추기 위해 분무를 하는 경우가 있는데, 이류체 포그시스템을 이용할 경우 고온기 온습도를 조절하여 작물 생육에 좋은 환경을 조성할 수 있는 것으로 밝혀졌으나(Lee 등, 2010), 작물에 좋은 환경이 가루이 생육에도 좋은 환경조건이 되어 가루이의 개체수를 증가시키는 원인으로 작용할 수도 있다는 염려가 대두되었다.

이에 따라 본 연구에서는 시설 내 토마토 수경재배에서 고온기에 온습도를 조절할 목적으로 사용되는 이류체 포그시스템을 이용한 온습도 조절이 가루이 방제에 미치는 영향을 알아보고, 환경조절에 의한 효과적인 가루이 방제법을 알아보고자 수행되었다.

### 재료 및 방법

본 연구는 2010년 5월 3일부터 경기도농업기술원 양지봉식 유리온실(폭 9.6m, 길이 16m, 측고 4.6m, 동고 7m)과 벤로형 유리온실(폭 21.9m, 길이 24.4m, 측고 3.05m, 동고 4.85m)에서 수행되었다. 대과종 토마토 로쿠산마루(사카타종묘, 일본)를 2010년 5월 3일 피트모스 상토를 채운 50공 플러그 육묘판에 파종했으며, 양지봉식 유리온실(폭 9.6m, 길이 16m, 측고 4.6m, 동고 7m)에서 1일 1회(오전 11시30분) 급액하며 육묘하였다. 육묘중 비료를 시비하지 않았다. 2010년 6월 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.

실험은 각각 2010년 8월 5일~8월 20일, 9월 9일~9월 20일까지 총 2회에 걸쳐 수행되었다. 첫 번째 실험은 이류체 포그시스템(그린누리, 한국)을 작동시키는 것이 가루이의 개체수에 영향이 있는지를 알아보기 위해 수행하였고, 두 번째는 이류체 포그시스템의 설치 구역(분무구)과 미설치 구역(대조구)으로 나누어서 효과를 검증하기 위한 실험을 수행하였다. 분사된 물이 작물에 닿지 않도록 노즐의 높이는 지상에서 3m로 하고, 중앙에서 이랑을 따라 양 방향으로 분사되게 하였으며, 작물의 줄 간격과 같은 1.8m 간격으로 하여 이랑과 이랑 사이로 분무되게 하였다. 노즐설치구역은 온도 30°C 이상, 상대습도 80% 이하 일 때 작동되도록 제어하였고, 미설치구역은 온도와 습도를 제어하지 않았다.

실험기간 동안 온도와 습도 제어를 확인하기 위해 data logger용 HTR-10(한스 시스템, 한국)을 각각의 구역에 2개씩 설치하여 자료를 수집하였다. 또한, 처리별로 각 구역에 황색 가루이 포집 트랩(그린아그로텍, 한국)을 4개씩 설치하여 가루이 수를 수집하였다.

### 결과 및 고찰

이류체 포그시스템을 이용한 시설내 온습도 조절이 가루이의 개체수에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 1차 실험을 수행한 결과는 다음과 같다(Fig. 1). 2010년 8월 4일에 가루이 약제처리를 실시하여 8월 6일까지는 가루이의 개체수가 감소하였으나, 약제효과가 없어진 7일 이후로는 2배 이상 가루이가 발생하였다. 8월

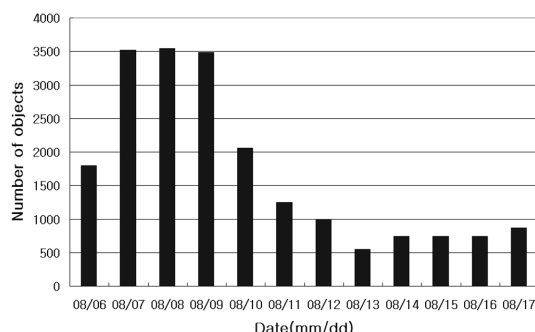


Fig. 1. Number of *Bemisia tabaci* collected from two glass-house in the first experiment (2010.08.05~17).

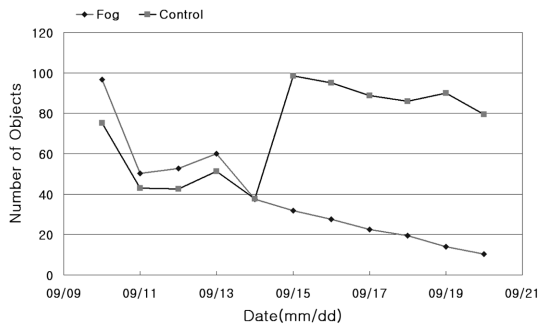


Fig. 2. Number of *Bemisia tabaci* collected from two glasshouse in the second experiment (2010.09.10~20).

9일 오후 1시부터 이류체 포그시스템을 작동한 결과 8월 10일부터 가루이의 개체수가 최고 85%까지 현저히 감소하는 경향을 확인하였다. 또한, 약제처리를 하지 않고 이류체 포그시스템을 작동하여 물을 분무하는 것만으로도 가루이의 개체수가 다시 증가하지 않았다.

1차 실험의 결과에서 이류체 포그시스템을 이용한 온습도 제어가 가루이의 개체수를 줄이는 데 영향을 주는 것으로 판단되었다. 따라서 이류체 포그시스템을 설치한 구역(분무구)과 미설치 구역(대조구)으로 나누어 분무의 효과를 검증하는 2차 실험을 실시하였다 (Fig. 2). 2차 실험도 1차 실험과 같이 실험 전에 가루이 약제를 살포하여 가루이의 개체수를 비슷하게 맞추어 준 후, 3.5m 높이의 비닐막을 설치하여 이류체 포그시스템 설치구역(분무구)과 미설치 구역(대조구)을 구분하여 실험하였다. 실험을 시작한 9월 10일부터 13일까지는 약제살포와 태풍의 영향으로 가루이 개체수가 두 처리구 모두에서 감소하는 경향을 보였다. 그러나 날씨가 맑고 온도가 높아진 9월 14일부터 실험처리 효과를 확인할 수 있었다. 1차 실험에서와 같이 2차 실험에서도 대조구와 비교하여 분무구에서 가루이의 개체수가 약 87% 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

실험기간 동안의 습도의 변화양상을 보면 대조구에 비해 분무구의 상대습도가 약간 높은 경향은 보였으나 큰 차이를 보이지는 않았고 (Fig. 3), 24시간 평균습도는 분무구에서 3~4% 정도 높아졌다 (Table 1). 분무구의 경우에는 상대습도가 80% 이하가 될 경우에 분무가 되도록 설정했으므로 습도 80% 정도가 유지되어야 하지만, 온실의 온도를 낮추기 위해 천창과 측창을 열어놓았기 때문에 습도가 크게 높아지지는 않은 것으로

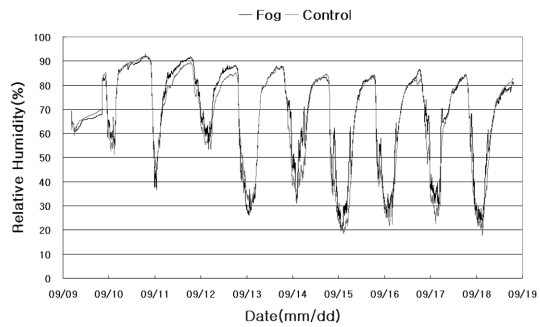


Fig. 3. Relative humidity in the greenhouses during the experiment period.

Table 1. Daily average relative humidity (%) during the experiment period.

| Date    | fog   | Control |
|---------|-------|---------|
| 9/10    | 76.1  | 74.5    |
| 9/11    | 81.8  | 78.9    |
| 9/12    | 81.4  | 75.3    |
| 9/13    | 66.0  | 64.6    |
| 9/14    | 73.0  | 66.6    |
| 9/15    | 60.4  | 54.4    |
| 9/16    | 62.9  | 58.3    |
| 9/17    | 67.8  | 61.9    |
| 9/18    | 62.0  | 57.5    |
| 9/19    | 81.3  | 78.7    |
| average | 71.27 | 67.07   |

사료된다. 이 정도의 상대습도 차이는 작물 생육에는 큰 영향을 주지 않으나 가루이의 경우에는 순간적인 미세수분입자의 접촉이 생육에 영향을 미친 것으로 사료된다.

기온의 변화양상으로 분무의 효과를 판단해 보면

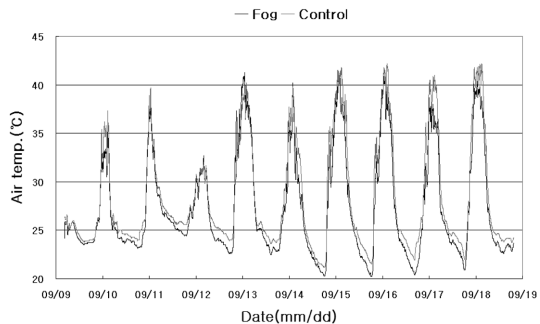


Fig. 4. Air temperature (°C) in the greenhouse during the experiment period.

**Table 2.** Daily average air temperature (°C) during the experiment period.

| Date    | fog  | Control |
|---------|------|---------|
| 9/10    | 26.1 | 27.9    |
| 9/11    | 27.9 | 29.0    |
| 9/12    | 26.7 | 28.5    |
| 9/13    | 29.3 | 30.5    |
| 9/14    | 26.9 | 29.4    |
| 9/15    | 28.4 | 30.9    |
| 9/16    | 28.0 | 30.5    |
| 9/17    | 27.2 | 30.1    |
| 9/18    | 28.5 | 31.1    |
| 9/19    | 23.1 | 25.1    |
| average | 27.2 | 29.3    |

(Fig. 4), 실험기간동안 대조구보다 분무구에서 낮은 기온을 유지하였다. 온실의 온도를 낮추기 위해 천창과 측창을 열어놓았음에도 분무에 의한 기온하강 효과가 있었음을 확인하였다. 24시간 평균 기온도 약 2~3°C 정도 차이를 보이며 분무구에서 낮게 조사되었다. 2차 실험을 실시한 9월까지도 늦더위가 남아있어 시설 내 기온이 최고 40°C 이상까지 올라갔었기 때문에 이류체 포그시스템을 작동하여 온도를 내려준 것이 작물의 생육에도 좋으며, 가루이의 개체수를 줄이는 데에도 좋은 영향을 미치는 것으로 사료된다(Table 2).

가루이는 30~37°C 정도의 온도와 80~90%의 다습한 환경에서 생육이 양호하다고 알려져 있듯이 (Cuthbertson 등 2007; Drummond 등, 1987; Boulard 등, 2002), 원예시설의 환경은 가루이가 생육하기에 좋은 조건이기 때문에 한번 가루이가 발생하면 방제가 매우 어려운 것이 현실이다. 본 실험에서 일일평균기온은 대조구에서 약 29°C, 분무구에서 약 27°C로 조절되었는데, 분무구에서 가루이 생육에 좋다고 알려진 온도보다 좀 더 낮았기 때문에 가루이의 생육이 제한됐을 가능성은 존재한다. 일일평균습도는 대조구와 분무구에서 약 3~4% 차이가 났지만 두 실험구 모두 가루이의 생육에 좋다고 알려진 습도보다는 낮았다. 그러나 온도나 습도의 차이로 분무구에서의 효과를 설명하기에는 어려움이 있었다. 오히려 저압분무 노즐을 작동시키면 소음이 발생하는데, 이때 발생한 음향이 가루이에게 영향을 줄 수 있는 가능성이 대두되었다. 노즐의 소음이 가루이에게 어떤 영향을 주는가에 대해 알아보고자 저압분무 노즐에서 물을 제외하고 Air Compressor만을 작동하여 공기만 분사한 결과, 미세수

분입자 없이 소음은 발생했으나, 가루이의 생육에는 아무 영향이 없는 것으로 나타났다(data not shown). 따라서 분무구의 효과는 노즐에서 순간적으로 뿜어져 나오는 미세수분입자가 가루이와 접촉하여 가루이의 생육에 좋지 않은 영향을 주어 개체수를 감소시키는 작용을 한 것으로 판단되어진다.

저압분무 노즐을 사용하는 것이 시설내 온습도를 조절하여 작물의 생육을 좋게 하는 것이 실험을 통해 밝혀지고 있는데(Lee 등, 2010), 가루이의 생육에 대한 영향도 발견됨으로써 향후 정확한 원인구명을 위한 연구가 수행된다면 시설 내 가루이 예방 및 방제를 위한 친환경적 방법이 구축될 수 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

토마토 시설재배에서 고온기에 온습도를 조절할 목적으로 사용되는 이류체 포그시스템을 이용한 온습도 조절이 가루이 방제에 미치는 영향을 알아보고자 연구를 수행하였다. 분무를 시작한 지 일주일 이내에 가루이의 개체수가 무처리구에 비해 약 87% 감소하였다. 온실의 일일평균기온은 이류체 포그시스템을 설치한 분무구에서 2°C 정도 낮았다. 일일평균습도는 분무구에서 약 3~4% 높았다. 단, 온도나 습도의 차이로 분무구에서의 효과를 설명하기에는 어려움이 있었다. 저압분무 노즐에서 발생한 음향의 효과를 검증하기 위해 물을 제외하고 공기만 분사한 결과, 가루이의 생육에는 아무 영향이 없는 것으로 나타났다. 따라서 분무구의 효과는 노즐에서 뿜어져 나오는 미세수분입자가 가루이와 접촉하여 가루이의 생육을 억제한 것으로 판단된다.

**주제어** : 미세수분입자, 습도, 온도, 음향효과, 이류체 포그시스템

## 사 사

이 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

1. 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(3):159-176.
2. Choe, K.R. and J.S. Park. 1983. Effects of low temperature on the development of greenhouse white fly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). *Korean J. Plant Prot.* 22:233-236.
  3. 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.
  4. Cuthbertson, A.G.S., K.F.A. Walters, P. Northing, and W. Luo. 2007. Efficacy of the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, against sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) under laboratory and glasshouse conditions. *Bulletin of Entomological Research* 97:9-14.
  5. 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(1):193-201.
  6. 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(1):81-85.
  7. 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.
  8. Kim, Y.S. 2003. Possibility of water management in hydroponics by electrical signal. *Industrial Science Researches of Sangmyung University* 14:1-10.
  9. Korea Crop Protection Association (KCPA). 2007. *Agrochemical Use Guide Book (Annually)*. Korea Crop Protection Association, Seoul, Korea.
  10. Lee, H.W., Y.S. Kim, S.H. Yoo, S.Y. Sim, and S. Diop. 2010. Cooling effect analysis of fog system in commercial tomato greenhouse. *J. Bio-Env. Con.* 19(1):13-18.
  11. Messelink, G.J., R.V. Maanen, R. Van Holstein-Saj, M.W. Sabelis, and A. Janssen. 2010. Pest species diversity enhances control of spider mites and whiteflies by a generalist phytoseiid predator. *BioControl* 55(3):387-398.
  12. 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.
  13. Park, S.W., S.H. Chi, and S.J. Hong. 2002. Differences in firmness, sugars and organic acids contents of cucumber fruit based on size. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:553-555.
  14. Stern, V.M., R.F. Smith, R. Van den Bosch, and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29:81-101.
  15. Wraight, S. P., R.I. Carruthers, S.T. Jaronski, C.A. Bradley, C.J. Garza, and S. Galaini-Wraight. 2000. Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for Microbial Control of the Silverleaf Whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Biological Control* 17(3):203-217.