

## 시설재배 가지, 피망에서 꽃노랑총채벌레 피해해석과 방제수준

박흥현 · 김광호 · 박창규 · 최병렬 · 김정준 · 이시우 · 이상계\*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과

## Damage analysis and Control threshold of *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) on Greenhouse Eggplant and Sweet pepper

Hong-Hyun Park, Kwang-Ho Kim, Chang-Gyu Park, Byeong-Ryeol Choi, Jeong-Jun Kim, Si-Woo Lee and Sang-Guei Lee\*

Division of Applied Entomology, Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, Korea, 441-707

**ABSTRACT** : Cage experiments by artificial infestations with different initial densities of *Frankliniella occidentalis* were conducted to analyze damages and develop control thresholds of *F. occidentalis* on greenhouse eggplant in 2005 and on greenhouse sweet pepper in 2007. In the eggplant experiment, the infestations of *F. occidentalis* resulted in direct damage on fruit surface and non-marketable fruits which had several thin or thick lines or bleaching patches on the surface. *F. occidentalis* adults were frequently found on the flowers of eggplants, while nymphs were mainly observed on leaves. The fruit yield of eggplants was not significantly different among experimental plots with different initial density of *F. occidentalis*. Relationship between % non-marketable fruits among harvested fruits of eggplant and sticky trap catches of *F. occidentalis* (no. thrips/trap/week) at two weeks before the harvest showed a positive correlation. Using the estimated relationship, the control threshold of *F. occidentalis* on greenhouse eggplant was estimated at 10 adults per week at two weeks before the harvest when 5% of non-marketable fruit was applied for the gain threshold. In the experiment of sweet pepper, the direct damage by *F. occidentalis* was observed on the fruit surface and calyx, and the marketable grade of the damaged fruits decreased. The significant yield loss of marketable fruits was found in plots with high initial introduced-densities. There was a high relationship between thrips density and percentage of damaged fruits. Assuming 5% yield loss (non-marketable fruit) for the gain threshold, the control threshold of *F. occidentalis* on greenhouse sweet pepper was 4.8 adults per trap and 0.9 individuals per flower at two weeks before harvest.

**KEY WORDS** : Eggplant, Sweet pepper, *Frankliniella occidentalis*, Damage analysis, Control threshold

**초 록** : 시설재배 가지 및 피망에서 꽃노랑총채벌레의 가해에 따른 피해양상과 방제수준 설정을 인위적인 총 접종과 케이지 실험을 통해 조사하였다. 2005년 가지 실험결과, 꽃노랑총채벌레 가해에 의한 직접적인 피해는 가지 과실에서 나타났고, 여러 개의 가는 선과 굵은 선을 동시에 갖거나 과실 표면이 일부 표백된 피해가 심한 과실은 상품성이 하락하였다. 꽃노랑총채벌레는 가지 꽃에서는 성충태가, 잎에서는 유충태가 주로 발견되었다. 꽃노랑총채벌레 밀도 수준에 따른 시험구간 수량차이는 발견되지 않았다. 시험구의 꽃노랑총채벌레 발생밀도(수확 2주전 일주일간 끈끈이트랩 밀도)와 각 수확시 비상품과율

\*Corresponding author. E-mail: sglee@rda.go.kr

간에는 정의 상관 관계가 있었다. 황색 끈끈이트랩 이용시 방제수준을 피해과율 5%를 유발하는 총채벌레 밀도로 가정했을 때 가지 수확 2주전에 일주일간 성충 유살수가 10마리 되는 수준이었다. 2007년 피망 실험결과, 꽃노랑총채벌레에 의한 피해는 피망의 과실표면, 꽃받침에 뚜렷하게 나타났고, 과실에서 피해가 심할 경우 상품성이 하락되었다. 밀도가 높은 시험구들에서는 상품과의 수량에 유의한 감소가 있었다. 피망에서 꽃노랑총채벌레 밀도와 피해과율에는 높은 상관관계가 있었고, 피해과율 5%를 유발하는 꽃노랑총채벌레 밀도수준은 수확2주전 끈끈이트랩 유살수의 경우 일주일간 채집된 개체수가 4.8마리, 꽃에서 발생밀도의 경우는 0.9마리 수준이었다.

**검색어** : 가지, 피망, 꽃노랑총채벌레, 피해해석, 방제수준

꽃노랑총채벌레는 작물에 경제적인 피해를 크게 입히는 세계적인 해충으로 우리나라에도 1993년 침입이 확인된 후 전국적으로 확산 분포하며(Han *et al.*, 1998), 특히 시설작물에서 진딧물, 가루이 등과 함께 중점관리가 요구되는 해충이다. 이 해충은 꽃에 대한 선호성이 높으며, 발육하는 과실을 직접적으로 가해함으로써 결국에는 과실의 상품가치를 크게 떨어뜨리고(Shipp *et al.*, 1998; 2000; Chung, 2001; Katayama, 2005; Park *et al.*, 2007), 또한 Tomato spotted wilt virus (TSWV)의 주요 매개충이다(Booham *et al.*, 2002).

꽃노랑총채벌레 방제를 위한 잦은 약제 살포는 약제 저항성 개체군 출현으로 인한 방제의 어려움(Bielza, 2008) 뿐만 아니라 안전한 농산물 생산에도 큰 걸림돌이 되고 있어 농약 절감 기술개발의 필요성이 한층 강조되고 있다. 천적이나 미생물을 이용한 생물적 방제(Kim *et al.*, 2006; Gouli *et al.*, 2009), 트랩 작물 같은 물리적 방제(Buitenhuis *et al.*, 2007; Mainali and Lim, 2008) 등은 약제사용을 줄일 수 있는 대체기술로 빠른 발전이 이루어지고 있다.

한편, 해충 방제가 필요한가, 필요하면 어느 시기, 어느 밀도일 때 방제할 것인가를 결정하는 가이드라인으로 요방제수준은 이러한 기술들 못지않게 해충관리체계에서 중요한 역할을 한다(Pedigo *et al.*, 1986). 현재까지 꽃노랑총채벌레에 대한 주요 과채류에서 방제수준 설정은 시설재배 오이, 피망, 딸기, 풋고추 등에서 과실 피해를 토대로 이루어졌다(Shipp *et al.*, 1998; 2000; Katayama, 2005; Park *et al.*, 2007). 본 연구는 우리나라 주요 경제작물인 가지, 피망에서 발생하는 꽃노랑총채벌레의 방제수준을 설정하고자 케이지 접종 실험을 통하여 과실에서 나타나는 피해양상들을 규명

하고, 밀도수준에 따른 피해해석과 이를 바탕으로 방제수준을 설정하였다.

## 재료 및 방법

### 온실 주변의 꽃노랑총채벌레 발생과 이동 모니터링

온실(비닐하우스) 주변의 잡초에서 꽃노랑총채벌레 발생과 온실 내부로 이동을 모니터링하기 위하여 황색 끈끈이트랩(10×15 cm, (주)그린아그로텍)을 설치하고 주기적으로 조사하였다. 잡초에서 발생을 조사하기 위하여 국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과(수원시 서둔동) 비닐하우스 단지 외부의 잡초 군락 위 30 cm 부근(잡초생장에 따라 위치조절)에 10 m 간격으로 트랩을 3개 설치하였다. 또한 비닐하우스 단지에서 작물을 재배하지 않는 온실 내부에 토양 위 1 m 부근에 5 m 간격으로 트랩 3개를 설치하고 온실내부로 이동을 조사하였다. 끈끈이트랩들을 2007년 4월 4일 설치하여 9월 26일까지 일주일간격으로 회수하였으며, 해부현미경 하에서 총채벌레의 종 구성과 개체수를 조사하였다.

### 가지에서 꽃노랑총채벌레 피해해석과 방제수준

본 연구는 2005년 농과원 농업생물부(수원시 서둔동) 비닐하우스 시험포장에서 수행되었다. 각 시험구는 망사케이지(2×2×2 m, 33-mesh)로 격리하였고, 정식 2개월 전에 파종한 중가지 '흑미' 품종을 5월 7일에 시험구당 2주씩 정식하였다. 정식 1개월 후 실험실에 사육중인 꽃노랑총채벌레 암컷 성충을 0, 4, 16, 48마리 수준으로 접종하였고, 난피법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 끈끈이트랩을 이용한 밀도 조사는 망사케이지 내 식물체 사

이 중앙에 황색끈끈이(10×15 cm) 1개씩을 설치하고 실시하였다. 6월 중순부터 9월 하순까지 매주 트랩을 교체하면서 해부현미경에서 꽃노랑총채벌레의 개체수를 조사하였다. 엽 밀도는 가지 상, 중위엽 부위의 각 2엽에서 약충 및 성충수를 육안조사 하였고, 꽃 밀도는 시험구당 4꽃씩 채취하여 70% 알코올 용액에 넣은 후 실내에서 조사하였다. 이러한 방법으로 꽃노랑총채벌레의 엽 밀도 및 꽃 밀도를 6월 중순부터 9월 하순까지 주 1회씩 총 14회 조사하였다. 가지 수량 및 피해여부는 6월 중순부터 9월 하순까지 주 1회씩 10 cm 이상 자란 과실을 수확하면서 조사하였다. 가지 표면의 복부, 꽃받침 위, 아래 부위의 피해여부를 조사하였고, 무게를 측정하였다. 가지 피해판정은 Chung (2001)의 피해등급에 따랐다(0등급: 과실 표면 가는 선 3개 이하; 1등급: 가는 선 3~7개 또는 굵은 선 3개 이하; 2등급: 가는 선 7개 이상 또는 굵은 선 3개 이상; 3등급: 과실 표면 탈색부위 1개; 4등급: 탈색부위 2개; 5등급: 탈색부위 3개). 본 연구에서는 2등급 이상의 피해를 갖는 과실을 피해가 심한 과로 판정하였다. 피해과율(%)과 꽃노랑총채벌레 밀도간의 상관관계분석에는 주당 과실수가 20개 이상일 때의 수량자료를 이용하였다. 수확 2주전에 조사된 꽃노랑총채벌레 밀도와 수확시 피해과율간의 회귀분석을 실시하였다(n = 14). 꽃노랑총채벌레 초기밀도에 따른 수량자료에 대하여 분산분석을 실시하였고 평균간 비교는 Tukey 검정을 이용하였다(SAS, 2003).

### 피망에서 꽃노랑총채벌레 피해해석과 방제수준

본 연구는 2007년 농과원 농업생물부 비닐하우스 시험포장에서 수행되었다. 비닐하우스 2개 동에 망사케이지(2×2×2 m, 33-mesh)를 20개 설치하였다. 2개월 전에 파종한 피망 ‘뉴에이스’ 품종을 5월 3일에 시험구당 8주씩 정식하였다. 정식 20일 후인 5월 23일에 실험실에서 사육중인 꽃노랑총채벌레 암컷 성충을 시험구당 0, 1, 4, 24, 96마리 처리수준으로 접종하였는데, 난괴법 4반복으로 시험구를 배치하였다. 생육중인 피망에서 꽃노랑총채벌레의 발생정도는 꽃 밀도와 끈끈이트랩 밀도로 추정하였다. 꽃 밀도는 피망에 꽃이 달려있는 6월 중순부터 10월 초순까지 주당 1꽃씩(망사케이지 당 꽃 8개)을 일주일 단위로 채취하여 알코올 수용액(70%)에 수거하여 실내에서 유충, 성충 밀도를 조사하였다. 끈끈이트랩에서 밀도는 5월 중순부터 10월 초순까지 각 망사케이지 중앙에 황색끈끈이(10×15 cm)를 1개씩 설

치 후 일주일 단위로 수거하여 실내에서 실험현미경으로 꽃노랑총채벌레 밀도를 조사하였다. 피망은 6월 하순부터 10월 초순까지 주 2회씩 수확하면서 무게를 측정하고, 피해과의 정도를 판정하였다. 비 상품과로 판정된 것은 Fig. 6과 같이 과실표면과 꽃받침에 심한 피해를 받은 과실로 한정하였다. 피해과율(%)과 꽃노랑총채벌레 밀도간의 상관관계분석에는 주당 과실수가 10개 이상일 때의 수량자료가 이용되었다. 수확 2주전에 조사된 꽃노랑총채벌레 밀도와 수확시 피해과율간에 회귀 분석을 실시하였다(끈끈이트랩, 꽃 각각 n = 21). 꽃노랑총채벌레 접종밀도에 따른 수량자료에 대하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 평균간 비교는 Tukey 검정을 이용하였다(SAS, 2003).

## 결 과

### 온실 주변의 꽃노랑총채벌레 발생과 이동 모니터링

2007년 수원 소재 농과원 농업생물부 비닐하우스 외부 잡초군락에서 꽃노랑총채벌레의 최초 발생은 4월 하순이었고, 이후 점차 채집 개체수가 증가하면서 6월 중, 하순경부터 트랩당 일주일 채집 개체수가 10마리 이상을 기록하였다(Fig. 1). 다른 시기에 비해 7월 중순부터 8월 중순 사이에 특히 발생량이 많았고, 9월 상순에 또 한 차례의 중규모로 발생하였다. 작물이 없는 상태의 비닐하우스 내부에 설치된 끈끈이트랩에서도 설치 초기 후 일정 기간 동안 트랩당 일주일 채집 개체수는 높지 않았지만, 꾸준히 트랩에 채집되었고, 7월 상순부터 9월 상순 사이에 채집량이 특히 높았다. 이것은

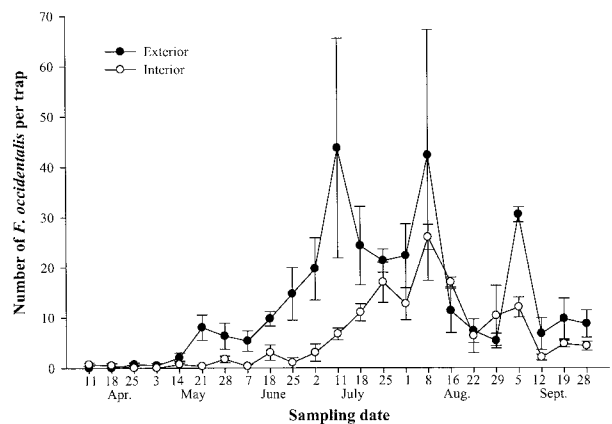


Fig. 1. Yellow sticky trap catches of *F. occidentalis* at the interior and exterior of experimental greenhouses, National Academy of Agricultural Science (NAAS), Suwon in 2007.

특히 이시기에 외부로부터 꽃노랑총채벌레 유입량이 특히 많아질 수 있다는 것을 의미하였다. Fig. 1의 꽃노랑총채벌레의 내부, 외부 밀도간의 상관계수는 0.69로 고도로 유의했고( $n = 23, p = 0.0003$ ), 이는 온실 주변의 잡초군락에서 월동한 꽃노랑총채벌레가 온실 내부로 꾸준히 확산, 이동할 수 있다는 것을 보여주었다.

가지에서 꽃노랑총채벌레 방제수준 설정

끈끈이트랩을 이용한 밀도 조사에서 꽃노랑총채벌레는 모든 시험구에서 발견되었으며, 특히 접종을 한 시험구들에서는 밀도 증식이 급격하게 이루어졌고, 접종 밀도 수준에 따른 구배가 이루어졌다(Fig. 2). 특히 초기에 48마리가 접종된 시험구에서는 일주일에 50마리

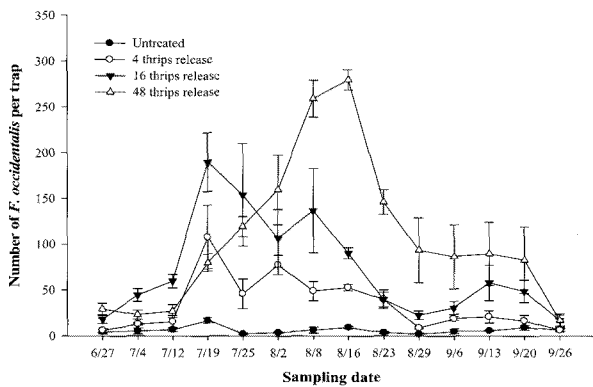


Fig. 2. The sticky trap catches of *F. occidentalis* in experimental plots in which thrips were released onto the eggplants on 9 June in 2005.

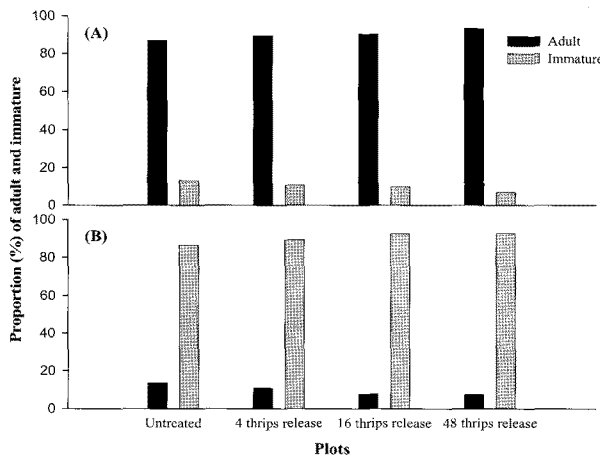


Fig. 3. Proportion (%) of adult and immature thrips counted weekly on flowers (A) and leaves (B) of eggplant in experimental plots, NAAS, Suwon in 2005.

이상의 높은 밀도가 오랫동안 유지되었다. 가지 꽃과 잎에서 조사된 꽃노랑총채벌레 성충과 약충의 비율은 Fig. 3과 같다. 모든 시험구에서 꽃에서는 전체 조사된 밀도의 80% 이상이 성충으로 발견되었고, 약충 비율이 낮았던 반면, 잎에서는 80% 이상이 약충으로 발견되었고, 성충 비율은 대신 낮았다. 꽃과 잎의 조사단위의 차이로 둘 간의 절대밀도를 비교하기는 어렵지만, Fig. 3은 가지에서 꽃노랑총채벌레의 유충 증식 장소로 꽃보다는 잎이 더 적합하다고 볼 수 있었다.

꽃노랑총채벌레에 의한 가지 과실 피해는 과실에 가늘고 굽은 선의 형태로 나타났고, 심한 경우에는 표면 일부가 탈색되었는데, 조사기간 동안에 수확한 과실에서 무접종구를 포함한 모든 시험구에서 피해과가 발견되었다(Fig. 4). 피해과율의 과대 산정을 피하기 위해 수확량이 적었던 초기, 중기의 자료를 제외하고, 20개 이상 과실이 열렸던 후기의 자료를 바탕으로 했을 때 심한 피해를 입은 피해과율의 범위는 약 2~20% 정도였는데, 꽃노랑총채벌레 밀도가 높은 시험구에서도 최고 피해과율은 20% 정도였다. 이것은 꽃노랑총채벌레 밀도가 높더라도 피해가 심하게 발생하는 과실은 일부였는데, Fig. 3의 유충 발생이 잎에서 주로 이루어지는 것을 볼 때 지속적으로 유충이 존재하면서 심한 피해를 받는 과실은 전체 과실 중에서 일부에 국한된다는 것을 알 수 있었다. 시험구별 가지의 총 수확량은 시험구에 따라 유의한 차이를 보이지는 않았다( $Table\ 1, df = 3, 8, F = 0.05, P = 0.98229$ ). 수확 2주전에 끈끈이트랩에서 잡힌 꽃노랑총채벌레 밀도와 피해과율 간에는 정의 상관관계가 있었다( $r^2 = 0.5995; df = 1, 12, F = 17.96, P =$

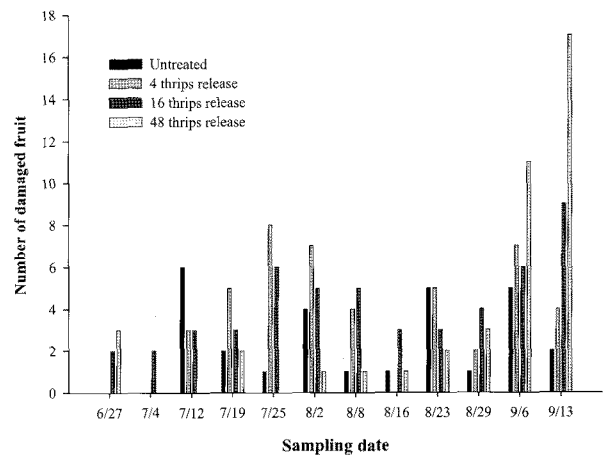


Fig. 4. The eggplant fruit number with non-marketable appearance in experimental plots, NAAS, Suwon in 2005.

**Table 1.** Total fruit weight (g) per plot according to the initial introduced-density of *F. occidentalis* on eggplants

No. of <i>F. occidentalis</i> introduced per plot	Total fruit weight (g, Mean $\pm$ SD)
0	25,160.0 $\pm$ 2,458.7 a
4	24,760.0 $\pm$ 2,458.7 a
16	25,133.3 $\pm$ 254.8 a
48	24,393.3 $\pm$ 3,601.1 a

*F. occidentalis* adult females were introduced into a mesh cage plot (2 $\times$ 2 $\times$ 2m) with two eggplants in a vinyl plastic house at NAAS in Suwon, 2005.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at P=0.05 by Tukey's HSD test.

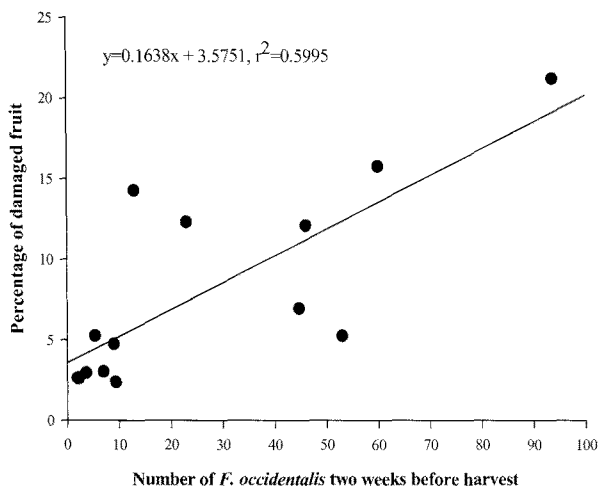
**Table 2.** Total fruit number and weight(g) per plant according to the initial introduced-density of *F. occidentalis* on sweet peppers

Plots	Fruit number (Mean $\pm$ SD)		Fruit weight (Mean $\pm$ SD)	
	Total	Marketable	Total	Marketable
0	54.9 $\pm$ 6.6 a	51.5 $\pm$ 7.3 a	1,826.0 $\pm$ 10.3 a	1,723.1 $\pm$ 29.1 a
1	62.7 $\pm$ 11.6 a	51.1 $\pm$ 9.4 b	1,889.1 $\pm$ 126.4 a	1,345.2 $\pm$ 94.2 a
4	55.7 $\pm$ 2.3 a	40.6 $\pm$ 0.5 b	2,027.4 $\pm$ 204.1 a	1,318.6 $\pm$ 81.6 ab
24	52.2 $\pm$ 0.8 a	34.5 $\pm$ 1.8 c	1,772.7 $\pm$ 91.2 a	990.7 $\pm$ 64.5 b
96	52.7 $\pm$ 3.8 a	40.1 $\pm$ 7.2 bc	1,730.2 $\pm$ 331.9 a	1,180.1 $\pm$ 291.3 b

*F. occidentalis* adult females were introduced into a mesh cage plot (2 $\times$ 2 $\times$ 2m) with eight sweet pepper in a vinyl plastic house at NAAS in Suwon, 2007.

Means followed by the same letters within a column not significantly different at P=0.05 by Tukey's HSD test.

0.0012). 본 연구로부터 꽃노랑총채벌레 방제수준은 피해과율 5% 수준에서 수확 2주전에 일주일동안 끈끈이 트랩에 채집된 꽃노랑총채벌레 개체수가 10마리 수준으로 분석되었다(Fig. 5).



**Fig. 5.** Relationship between % non-marketable fruits among harvested fruits of eggplant and sticky trap catches of *F. occidentalis* (no. thrips/trap/week) at two weeks before the harvest.

### 피망에서 꽃노랑총채벌레 방제수준 설정

꽃노랑총채벌레에 의한 피망 과실 피해양상은 과실의 표면과 꽃받침에 뚜렷하게 나타났다(Fig. 6). 성충, 유충이 과실 표면을 갉아먹어 과실 표면에 상처가 생기고, 유충들이 꽃받침 밑과 위로 오가면서 집중 가해함으로써 꽃받침이 검게 변하고 위로 들떠 상품성을 현저히 하락시켰다. Fig. 7은 끈끈이트랩과 꽃에서 조사한 접종수준별 꽃노랑총채벌레 밀도변화이다. 꽃노랑총채벌레의 활동이 왕성한 시기에는 무접종구에서도 발생이 되었다. 초기 접종 밀도가 높은 시험구에서는 증식이 일찍 시작되었고, 낮은 시험구에서는 다소 늦게 시작되었지만, 최고 밀도는 비슷한 시기와 규모를 보였다. 96마리 접종구는 재배기간 중에 외부에서 유입된 담배가루이로부터 오염되어 약제 방제가 이루어지는 관계로 초기의 급격한 증식이 계속 이어지지 못했다. 꽃에서 밀도는 피망 꽃이 다수 발견되는 6월 하순부터 8월 하순까지 접종한 시험구들에서 높은 밀도를 유지하였다.

Fig. 8은 피망 수확과실수가 주당 10개 이상 일 때의 피해가 심한 과의 피해과율이다. 피해과율의 증감은 Fig. 7의 꽃노랑총채벌레 밀도 변화 패턴을 따르고 있다. 인위적으로 접종한 시험구들에서는 매우 높은 비율로 피



(A)



(B)

Fig. 6. Damages on fruit surface (A) and calyx (B) of sweet pepper by *F. occidentalis*.

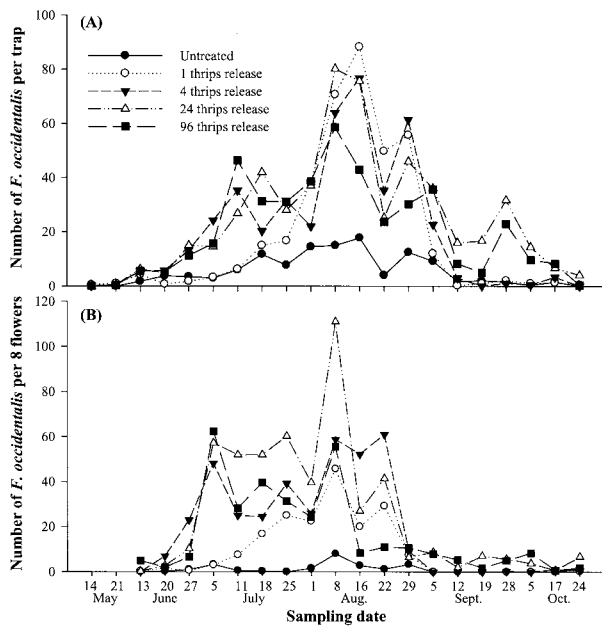


Fig. 7. Density changes of *F. occidentalis* on yellow sticky trap (A) and flower (B) of sweet pepper in experimental plots, NAAS, Suwon in 2007.

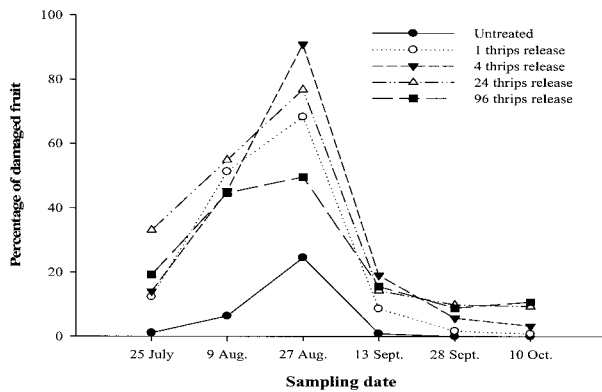


Fig. 8. Percentage of sweet pepper fruit with non-marketable appearance in experimental plots, NAAS, Suwon in 2007.

해가 나타났으며 8월 하순경에 가장 심한 피해를 주었고, 밀도가 줄어드는 9월 하순경부터는 피해과울 또한 현저하게 줄어들었다. 수확한 피망 과실의 총 과실수 및 총수량 감소는 통계적으로 유의하지 않았지만(전체 과실수:  $df=4,10, F=1.32, P=0.3276$ ; 전체 수량:  $df=4,10, F=1.10, P=0.4070$ ), 상품대상으로 하였을 때, 무접종구에 비해 접종한 시험구들에서 유의한 감소가 있었고, 구들에서 수량 및 과실에서 피해가 크게 나타났다(상품 과실수:  $df=4,10, F=7.95, P=0.0038$ ; 상품과 수량:  $df=4,10, F=4.93, P=0.0221$ ). 과실 수확 2주전에

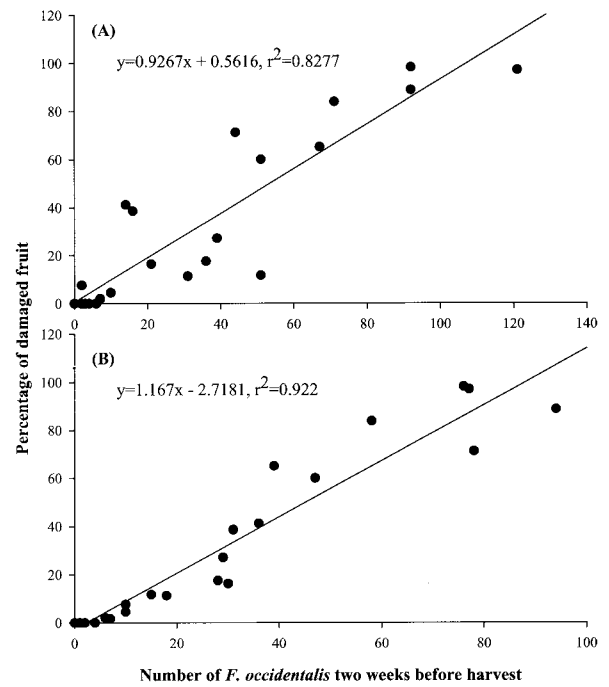


Fig. 9. Relationship between % non-marketable fruits among harvested fruits of sweet pepper and sticky trap catches (no. *F. occidentalis*/trap/week) (A) or density on flowers (no. *F. occidentalis*/flower) (B) at two weeks before the harvest.

조사된 끈끈이트랩과 꽃에서 밀도 모두 수확한 과실에서 나타난 피해과율간에는 높은 정의 상관관계가 있었다(Fig. 9). 본 연구에서 시설재배 피망에서 꽃노랑총채벌레 방제수준은 피해과율 5% 수준에서 수확 2주전에 일주일동안 끈끈이트랩 잡힌 꽃노랑총채벌레 개체수가 4.8마리, 꽃당 0.9마리로 조사되었다.

## 고 찰

총채벌레 가해에 대한 정량적인 피해해석연구에서 인위적인 망사케이지 이용은 Fig. 1과 같이 온실 외부에서 자연 발생하는 꽃노랑총채벌레로부터 오염에 의한 포장밀도 구배형성의 어려움뿐만 아니라 함께 발생하는 대만총채벌레가 높은 밀도를 차지하여 순수하게 꽃노랑총채벌레 의한 가지 피해를 해석하는데 어려움이 있기 때문이다(Moon et al., 2006). Shipp et al. (1998, 2000)의 경우와 같이 단일 하우스 전체를 대형 케이지를 이용하여 차단하여 실험하는 것이 바람직하지만, 공간상의 제약으로 처리나 반복수에 제한이 있으며, 또한 주변 여건에 따라 목적하지 않는 미소해충들에 의한 오염가능성을 배제하지 못한다. 포장에서 발견되는 총채벌레 구성은 Moon et al. (2006)이 보고한 것처럼 대만총채벌레가 상당한 부분을 차지하는데, 대만총채벌레는 딸기에서는 과실에 피해를 주는 해충으로 알려져 있어(Mainali and Lim, 2008), 본 연구에서 꽃노랑총채벌레에 의한 가지, 피망에서 피해를 해석하기위해 케이지를 이용한 격리는 꼭 필요했다. 그러나 유사 실험 설계시에 실제 포장규모, 환경과 가깝도록 시험조건을 조성하는 노력은 계속되어야만 한다고 본다.

본 연구에서 가지에서 목격되는 피해는 Chung (2001)의 5단계 수준 모두가 나타났지만, 과실 표면의 일부분이 심하게 탈색되는 3단계 이상의 피해들은 적게 나타났다. 또한 트랩밀도가 낮은 경우에서도 피해과 발생이 되는 경우도 있어 트랩밀도를 바탕으로 피해를 해석하는데 있어서 어려움이 있었다(Fig. 4). 가지에서 꽃노랑총채벌레 조사 방법과 관련하여 Chung (2001)은 가지 앞에서 꽃노랑총채벌레 누적밀도의 증가에 따라 과실 피해정도가 심화된다고 보고하면서 꽃보다 앞에서 밀도를 모니터링하는 것이 효과적이라고 하였다. 그러나 본 연구에서 피해과가 발생할 수 있는 수준의 낮은 밀도로 성충이 발생할 때 앞에서 꽃노랑총채벌레를 발견하기란 매우 어려웠고, 실제 농가포장에서 조사한 결과, 앞을 육안 조사하는 것은 끈끈이트랩에 비해 효과적이지 못했

다(Park, unpublished data). 따라서 꽃노랑총채벌레를 조기에 발견하고, 피해를 줄이기 위한 방제법을 강구하기에는 끈끈이트랩이 더 효과적이라고 판단되며, 여러 작물에서 꽃노랑총채벌레 발생을 모니터링과 방제효과를 판단하는데 이용하고 있다(Shipp et al., 1998; 2000; Roditakis et al., 2001; Buitenhuis et al., 2007).

꽃노랑총채벌레 가해에 의한 시설재배 작물의 피해해석에는 작물 수확 1~2주 전의 밀도 자료가 이용되었다(Shipp et al., 1998; 2000; Park et al., 2007). 본 연구에서도 가지나 피망에서 꽃노랑총채벌레가 존재할 때 이들의 개화에서 과실이 비대해지면서 이들의 가해에 노출될 수 있는 기간(꽃-수확시)과 방제시 사용할 수 있는 약제의 안전사용일수를 고려할 때 2주 전의 트랩밀도를 기준으로 방제수준을 설정하였다. 또한 이러한 방제수준을 결정할 때 이론적으로 고려되는 요소가 수익역치(gain threshold)이다. Park et al. (2007)은 약제 방제시 우리나라 시설재배 채소류 단일 병해충의 수익역치 추정치가 2% 미만으로 나타나 이 기준을 그대로 따르면 상당히 낮은 수준의 해충 방제기준이 설정될 수 있는 문제점을 안고 있다고 하였다. Kawai(1986)가 설정한 가지에서 오이총채벌레(*Thrips palmi*) 방제수준의 경우 수량감소 5%수준을 가정하고 방제수준을 설정하였는데, Table 1의 결과와 같이 꽃노랑총채벌레에 의한 피해를 가지 수량변화로 판단하기에는 부적합하였다. 오이총채벌레의 가해의 경우에도 가지의 전체 수량감소에 미치는 영향은 없었다(Kawai, 1986). 본 연구에서는 피해과율 5% 수준으로 고려한 것은 약제방제 뿐만 아니라 천적사용 등을 고려한 것이며, 외국의 경우에도 약제사용에 따른 환경비용까지 고려할 때는 방제수준이 실제 1.7배 정도 상승하였다(Higley and Wintersteen, 1996).

본 연구에서 설정한 방제수준을 볼 때 가지보다는 피망에서 방제수준이 더 낮아 피망에서 꽃노랑총채벌레에 대한 관리가 더 철저해야 한다는 것을 보여주고 있으며, 또한 피망에서 꽃당 0.9마리의 방제수준은 Kim et al. (2006)이 피망에서 애꽃노린재에 의한 꽃노랑총채벌레의 성공적인 방제시 꽃당 밀도가 1.0마리 내외로 유지된 것으로 볼 때 피해허용수준에 적합한 것이라고 볼 수 있다. 그러나 이 수준은 일본에서 피망의 오이총채벌레 방제수준인 10꽃당 1.1마리보다 훨씬 높은 수준이며(Kawai, 1986), 캐나다 온타리오 지역에서 시설재배 오이, 파프리카에서 각각 1일 성충 20~50마리/트랩, 10~26 마리/트랩 보다 훨씬 낮은 수준이다(Shipp et al., 1998; 2000). 따라서 이는 동일 작물, 해충이라도

재배지역, 환경, 그리고 상품성에 대한 피해기준에 따라서 방제기준이 달라질 수 있음을 보여주는 것이다.

본 연구에서 가지와 피망의 꽃노랑총채벌레 방제수준 설정을 위한 접종과 케이지 실험이 포장에서 발생하는 작물 피해를 실제로 반영하기에 부족하였지만, 꽃노랑총채벌레에 의한 작물의 피해해석 및 설정된 방제수준을 참고로 재배 지역 및 작기별 피해해석 및 방제수준 설정에 도움이 될 것으로 여겨진다. 오늘날 농약 절감의 필요성과 농산물 안전성이 한층 강조되고 있는 상황에서 해충별 방제수준에 관한 정보는 방제의사결정에 실질적 도움을 줄 수 있는 가이드라인으로 활용될 수 있을 것이며, 또한 현재 개발중인 농약대체 방제기술들을 평가하는데 있어서도 유용하게 사용될 수 있다고 여겨진다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 “주요 병해충, 잡초 경제적방제수준 설정 및 피해해석에 관한 연구” 과제에 의해 지원되었으며, 본 연구 수행에 도움을 주신 김성만, 김필련, 노혜숙 연구원에게 감사드리며, 논문 수정에 큰 도움을 주신 논문심사위원님들께 진심으로 감사드립니다.

## Literature cited

- Bielza, P. 2008. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Manage. Sci.* 64: 1131-1138.
- Boonham, N., P. Smith, K. Walsh, J. Tame, J. Morris, N. Spence, J. Bennison and I. Barke. 2002. The detection of Tomato spotted wilt virus (TSWV) in individual thrips using real time fluorescent RT-PCR (TaqMan). *J. Virol. Methods* 101: 37-48.
- Buitenhuis, R., J.L. Shipp, S. Jandricic, G. Murphy and M. Short. 2007. Effectiveness of insecticide-treated and non-treated trap plants for the management of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse ornamentals. *Pest Manage. Sci.* 63: 910-917.
- Chung, B.K. 2001. Analysis of damage by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in eggplants. *J. Asia-Pacific Entomol.* 4: 149-155.
- Gouli, V.V., S.Y. Gouli, M. Skinner, and M.V. Shternshis. 2009. Effect of the entomopathogenic fungi on mortality and injury level of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 42: 118-123.
- Han, M.J., I.S. Kim, S.B. Ahn, M.L. Lee, K.J. Hong, G.H. Lee and D.S. Ku. 1998. Distribution and host plants of recently introduced western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in Korea. *RDA J. Crop Prot.* 40: 83-88 (in Korean with an English abstract).
- Higley, L.G. and W.K. Wintersteen. 1996. Thresholds and environmental quality, pp.249-274. In L.G. Higley and L.P. Pedigo [eds.], *Economic thresholds for integrated pest management*. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Katayama, H. 2005. Damage analysis of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on strawberry plants. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 51-56.
- Kawai, A. 1986. Studies on population ecology of Thrips palmi Karny. XII. Analyses of damage to eggplant and sweet pepper. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 30: 179-187.
- Kim, J.H., Y.W. Byeon, Y.H. Kim, and C.G. Park. 2006. Biological control of Thrips with *Orius strigicollis* (Poppus) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse green pepper, sweet pepper and cucumber. *Korean J. Appl. Entomol.* 45: 1-7.
- Lee, G.H., C.H. Paik, C.Y. Hwang, M.Y. Choi, D.H. Kim, S.Y. Na, S.S. Kim, and I.H. Choi. 2003. Effect of host plants on the development and reproduction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 301-305.
- Mainali, B.P., and U.T. Lim. 2008. Evaluation of chrysanthemum flower model trap to attract two *Frankliniella* thrips (Thysanoptera: Thripidae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 11: 171-174.
- Moon, H.C., I.K. Cho, J.R. Im, B.R. Goh, D.H. Kim and C.Y. Hwang. 2006. Seasonal occurrence and damage by thrips on open red pepper in Jeonbuk Province. *Korean J. Appl. Entomol.* 45: 9-13.
- Park, H.H., J.H. Lee and K.B. Uhm. 2007. Economic thresholds of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) for unripe red pepper in greenhouse. *J. Asia-Pacific Ent.* 10: 45-53.
- Park, H.H., W.H. Yeh and H.M. Park. 2007. Gain threshold estimation for some pests in major crops. *Korean J. Appl. Entomol.* 46: 63-69.
- Pedigo, L.P., S.H. Hutchins and L.G. Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 341-368.
- Roditakis, N.E., D.P. Lykouressis, and N.G. Golfopoulou. 2001. Color preference, sticky trap catches and distribution of western flower thrips in greenhouse cucumber, sweet pepper and eggplant crops. *Southwest. Entomol.* 26: 227-237.
- SAS 2003. SAS user's manual, Enterprise 3.0 SAS Institute, Cary, NC.
- Shipp, J.L., M.R. Binns, X. Hao and K. Wang. 1998. Economic injury levels for the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse sweet pepper. *J. Econ. Entomol.* 91: 671-677.
- Shipp, J.L., K. Wang and M.R. Binns. 2000. Economic injury levels for western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber. *J. Econ. Entomol.* 93: 1732-1740.

(Received for publication April 16 2009;  
revised June 3 2009; accepted June 12 2009)