

트랩식물과 침투이행성 살충제를 이용한 토마토 담배가루이 성충 방제효과

최용석* · 황인수 · 이경주 · 김경재¹

충청남도농업기술원 농업환경과, ¹충청남도농업기술원 과채연구소

Control of *Bemisia tabaci*Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) Adults on Tomato Plants using Trap Plants with Systemic Insecticide

Yong-Seok Choi*, In-Su Hwang, Gyung-Joo Lee, Gyung-Je Kim¹

Bioenvironmental Division, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan, 32418, Republic of Korea

¹Fruit Vegetables Research Institute, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Buyeo, 33119, Republic of Korea

ABSTRACT: We investigated the control of *Bemisia tabaci* adults in tomato greenhouses using the eggplant as a trap plant with 4 systemic chemicals. The control effect of dinotefuran SG 50% on tobacco whitefly adults was 80% mortality, the highest than that cyantraniliprole, pyridaben and clothianidin, 51.0%, 12.4% and 11.0% respectively when all chemicals with recommended doses were used. Dinotefuran was applied at various doses and was observed to be most effective above 200ppm (88.4%)t. The control effect of dinotefuran lasted for approximately nine 9 days and the density of tobacco whitefly adults increased there after.

In field tests, the densities of tobacco whitefly adults on tomato shoots were highest at points 0, 15 and 20 m from the eggplant traps and lowest at 5 and 10 m. When the density of tobacco whitefly was low and the eggplants with dinotefuran SG 50% were placed in the tomato greenhouse at 10 m intervals, the overall density of tobacco whitefly adults was lower. In addition, densities were higher at the side of the greenhouse than in the interior and further away from the eggplant. When the density of tobacco whitefly was high and the eggplants with dinotefuran were placed at 5 m intervals, the density of tobacco whitefly at each 5 m point decreased. These results confirm that the eggplant is an effective trap plant for attracting tobacco whitefly adults and combined with dinotefuran SG 50% decreases the density of tobacco whitefly in tomato greenhouses.

Key words: *Bemisia tabaci*, Trap plant, Eggplant, Tomato, Systemic insecticide

초록: 우리는 시설토마토에서 4가지 침투이행성 살충제가 사용된 가지를 트랩식물로 활용하여 담배가루이 성충의 방제효과를 조사하였다. 침투이행성 살충제가 추천된 농도로 사용되었을 때, 담배가루이 성충에 대한 dinotefuran SG 50% 방제효과는 80%로 방제효과가 각각 51.0%, 12.4%, 11.0%인 cyantraniliprole, pyridaben, clothianidin 보다 높았다. 살충효과가 뛰어난 dinotefuran을 농도별로 처리하였을 때, 200 ppm에서 살충률이 88.4%로 가장 효과적이었다. Dinotefuran의 방제효과는 가지에 적용된 약 9일까지 지속되었고 그 이후 담배가루이 밀도는 증가하였다. 포장실험에서 가지 트랩식물로부터 0, 15, 20 m 떨어진 토마토 신초에서의 담배가루이 밀도가 가장 높았고 5 m와 10 m에서 가장 낮았다. 담배가루이의 밀도가 낮고 dinotefuran SG 50%가 처리된 가지를 10 m 간격으로 투입했을 때, 담배가루이 성충의 밀도가 전체적으로 낮았으며, 또한 담배가루이의 밀도는 하우스 내부보다는 측면에서 밀도가 더 높았고 가지로부터 멀리 떨어진 곳에서 밀도가 높았다. 담배가루이 밀도가 높고 dinotefuran SG 50%가 처리된 가지를 5 m간격으로 투입했을 때, 담배가루이 밀도가 낮아졌다. 이러한 결과로 볼 때 가지는 시설토마토 재배 시 담배가루이 성충을 유인하는데 효과적인 트랩식물이며 dinotefuran SG 50% 과 함께 사용한다면 담배가루이 밀도를 효과적으로 감소시킬 수 있을 것이다.

검색어: 담배가루이, 트랩식물, 가지, 토마토, 침투이행성 살충제

*Corresponding author: yschoi92@korea.kr

Received February 14 2016; Revised March 19 2016

Accepted April 4 2016

담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 시설작물에 심각한 피해를 주는 해충으로 기주식물의 범위가 넓고 피해양상과 바이러스 전반 능력의 차이 등으로 형태적 구분이 어려운 여러 생태형(Biotype)으로 나뉘며, 세계적으로 24개 이상의 생태형이 보고되어 있다(Perring, 2001; Bedford et al., 1994; EPPO, 2004). 담배가루이는 시설재배 작물에 직접적인 흡즙에 의한 피해뿐만 아니라 바이러스의 매개를 통하여 작물의 수량을 감소시킨다(Blua and Toscano, 1994; Lee and Barro, 2000). 이러한 생태형 중 B-biotype과 Q-biotype이 가장 큰 문제가 되고 있으며, 특히 Q-biotype은 전 세계적으로 시설원예작물에 황화잎말림 바이러스(Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV) 등 40여종의 바이러스를 매개하는 것으로 알려져 있다(Matsui, 1995; Brown et al., 1995; Berlinger et al., 1996; Rubinstein et al., 1999; Lee et al., 2012).

담배가루이의 방제방법으로 미생물농약이나 천적 등을 이용하는 생물학적 방제법과 식물추출물이나 천연오일의 살충력을 이용한 연구가 진행되고 있으나 아직까지 화학적 방제가 주를 이루고 있다(Choi et al., 2003; Isman, 2006; Negahban et al., 2007; Nerio et al., 2009; Lee et al., 2013). 세대가 짧고 발생횟수가 많은 담배가루이는 살충제에 대한 저항성 발달 가능성이 높으며, 실제 imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam에 대한 저항성이 보고된 바 있다(Devine and Denholm, 1998; Nauen et al., 2002; Lee et al., 2012). 특이 이들 3가지 살충제는 neonicotinoid계 살충제로 1991년 Bayer사에서 최초 개발된 이후 국내에서 사용량이 급속히 확산되고 있고 토마토 재배 농가에서 침투이행성의 장점을 이용하여 담배가루이의 성충과 유충을 동시에 방제하기 위한 목적으로 사용빈도가 높은 실정이다(Park et al., 2010).

이러한 살충제에 대한 담배가루이의 저항성 발달을 저해하고 화학약제의 사용을 최소화 하기 위한 노력으로 해충을 유인하여 방제하는 트랩식물의 이용에 관한 연구가 이루어지고 있다(Al-Hitty et al., 1987; Al-Musa, 1982; Cohen and Berlinger, 1986; Landis et al., 2000). 트랩식물은 주작물의 주변에 심겨지는 작물로 해충이 주 작물을 탐색하여 공격하는 것을 교란시키거나 유인하여 밀도를 집중시킴으로 인해 방제효율을 높일 수 있다(Hokkanen, 1991).

토마토 시설재배지에서 발생하는 담배가루이는 지속적인 화학방제에도 불구하고 방제가 쉽지 않은 해충으로 농가의 방제노력이 요구되는 해충이기 때문에 이 해충의 방제 효율을 극대화하고 노동력을 절감할 수 있는 새로운 방제체계가 요구된다. 선행 연구에서 담배가루이 성충은 토마토에 비하여 가지를 더 선호한다는 것을 알았고 가지를 담배가루이 성충의 트랩식

물로 이용 가능함을 보고한 바 있다(Choi et al., 2015).

본 연구에서 우리는 트랩식물과 동시에 사용이 가능한 침투이행성 살충제를 선발하여 트랩식물과 침투이행성 살충제를 동시에 활용한 담배가루이 성충의 유인·유살 효과를 실내와 실외 포장에서 조사하였다.

재료 및 방법

실내실험에 사용한 담배가루이는 2012년 충남 부여의 토마토 재배단지에서 채집된 담배가루이를 실내에서 누대사육 하였으며, 실내 사육조건으로 온도는 25±2℃, 광주기는 16:8(L:D), 상대습도는 50~60%를 유지하였다. 실내실험에 사용된 아크릴 케이스의 규격은 너비 45×65×55 cm의 케이스를 활용하였고 양 측면에는 담배가루이가 빠져나가지 못하고 공기가 유동할 수 있도록 80 mesh의 스테인레스 망을 설치하였으며 케이스 입구는 80 mesh의 천을 이용하여 시료의 투입구를 두었다. 토마토(베타티니[®])와 가지(흑원경가지[®])는 플라스틱화분(ø 12×10.5 cm)에서 육묘하였고 초장은 동일하게 15~20 cm의 유묘를 실험에 사용하였다. 모든 실험은 완전임의배치법으로 3반복 처리하여 실시하였다.

침투이행성 살충제 선발

선행 연구(Choi et al., 2015)에서 선발된 가지와 함께 사용이 가능한 침투이행성 살충제를 선발하기 위하여 토마토에 담배가루이 방제를 위하여 등록된 4가지 살충제 cyantraniliprole EC 5%, dinotefuran SG 50%, pyridaben WP 20%, clothianidin SC 8%를 사용하였다. 각각의 살충제에 대한 유효성분의 함량과 토마토에서의 희석배수에 대한 내용은 Table 1과 같다. 추천 농도로 살충제를 처리하기 1일전 아크릴 케이스 내에 500마리를 방사하고 다음 날 살충제 처리 전 사전 밀도를 조사하였으며 살충제 처리 후 가지에 남아 있는 생충수를 3일 후 조사하였고

Table 1. Four systemic chemicals applied to the trap plant (eggplant) to control *B. tabaci* adults

Chemical	Formulation ¹⁾	A.I. (%) ²⁾	Dilution
cyantraniliprole	EC	5	2,000
dinotefuran	SG	50	5,000
pyridaben	WP	20	1,000
clothianidin	SC	8	2,000

¹⁾Formulation: EC, emulsion in water; SG, water-soluble granule; WP, wettable powder; SC, suspension concentration.

²⁾A.I.: Active ingredient.

보정사충률(%)로 표기하였다.

$$\text{보정사충률(\%)} = \frac{\text{약제처리전 생충수} - \text{약제처리후 생충수}}{\text{약제처리전 생충수}} \times 100 - \text{무처리평균사충률}$$

4가지 침투이행성 살충제 중에서 방제효과가 우수한 살충제에 대해서는 담배가루이 성충에 대한 최적 희석농도를 찾기 위해 농도를 달리하여 가지에 침투이행시켜 가지로 유인된 담배가루이 성충의 살충효과를 조사하였고 담배가루이 성충의 사충률에 영향을 줄 수 있는 살충제의 잔효기간을 조사하였다. 살충제 처리 전 200마리의 담배가루이 성충을 케이지에 넣은 가지 유묘에 방사하고 1일 후 사전 밀도를 조사하였다. 농도별로 포트에서 살충제가 흘러나올 정도인 포트당 100 ml의 충분한 양을 관주처리 하였으며 살충제 처리 3일 후 가지에 남아 있는 생충수를 조사하였고 사충률(%)로 표기하였다.

$$\text{사충률(\%)} = \frac{\text{약제처리전 생충수} - \text{약제처리후 생충수}}{\text{약제처리전 생충수}} \times 100$$

담배가루이 성충의 사충률에 영향을 줄 수 있는 살충제의 잔효기간을 조사하기 위하여 가지유묘에 살충제를 처리한지 1일 된 것부터 10일된 가지를 아크릴케이지에 넣고 담배가루이 성충 200마리를 방사한 후 3일 동안 생충수를 조사하였다. 살충제 처리된 가지 유묘는 수돗물로 수분을 보충해 주었다.

트랩식물과 침투이행성 살충제 혼용효과 실내검정

토마토와 트랩식물인 가지를 함께 아크릴케이지 내에 10 cm 간격으로 두고 침투이행성인 4가지 살충제를 각각의 가지 유묘에 추천농도로 충분히 관주처리하였다. 토마토에는 수돗물을 공급하였고 담배가루이 성충 500마리를 처리 1일 후 방사하였다. 아크릴케이지에 방사한 담배가루이 성충이 가지로 유인되어 유살 되는 정도를 조사하기 위하여 살충제 처리 3일 후 식물체에 붙어 있는 성충수를 조사하였다.

트랩식물과 침투이행성 살충제 혼용효과 실외검정

트랩식물인 가지와 침투이행성 살충제를 동시 활용한 시설 토마토 재배포장에서 발생하는 담배가루이 성충의 살충효과를 조사하기 위해 실내실험에서 가장 효과가 우수했던 살충제를

사용하였다. 트랩식물로 활용한 가지는 비닐하우스에서 12각 9호분(ø33×24 cm)에 높이 1 m까지 재배하여 사용하였고, 재배기간 동안 진딧물과 나방 등의 가지를 가해하는 해충의 피해를 막기 위하여 80 mesh의 망으로 제작한 직육면체 케이지 내에서 육묘하였다.

가지의 담배가루이 유인거리 조사는 충남 예산군 창소리에 위치한 농가 시설하우스(길이 100 m) 3개소에서 가지가 위치한 하우스 입구로부터 내부로 5 m 간격으로 황색끈끈이트랩을 설치하고 7일 간격 3회 조사하였다.

가지와 침투이행성 살충제를 이용한 담배가루이 방제효과 조사는 트랩식물로서 미리 육묘해둔 1 m 초장의 가지를 시험포장에 투입 하기 1일 전 선발약제를 관주처리하고, 그 다음 날 토마토 하우스 포장에 투입하였다. 시험포장은 충청남도 예산군 간양리에 위치하는 농가 비닐하우스(2015년 6월 25일 정식)와 충청남도 부여군에 있는 충청남도농업기술원 과채연구소 내의 비닐하우스(2015년 5월 21일 정식)로 하였다. 농가 포장의 경우는 담배가루이 대 발생 포장이었고 과채연구소 내의 포장은 소 발생 포장이었다. 가지의 투입거리는 담배가루이 발생량에 따라 달리하였는데, 대 발생한 농가 포장의 경우 10 m 간격으로 하였고 소 발생한 과채연구소 포장은 20 m 간격으로 하였다. 담배가루이 밀도 조사는 토마토 신초부위 3엽을 조사하였는데, 가지가 투입된 지점으로부터 농가 포장은 농가포장은 5 m 간격, 과채연구소 포장은 2 m 간격으로 조사하였다.

결과 및 고찰

침투이행성 살충제 선발

토마토에 등록된 4가지 침투이행성 살충제인 cyantraniliprole EC 5%, dinotefuran SG 50%, pyridaben WP 20%, clothianidin SC 8% 중에 dinotefuran SG 50%의 72시간 후 사충률이 80.0%로 가장 높았으며 무처리 사충률은 3.1%였다. cyantraniliprole EC 5%는 51.0%의 사충률을 보였고 나머지 두 살충제는 20% 이하의 낮은 사충률을 보였다(Fig. 1).

4가지 침투이행성 살충제 중 방제효과가 가장 우수했던 dinotefuran SG 50%의 농도별 방제효과를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 추천농도인 100 ppm에서는 61.4%의 다소 낮은 살충효과를 보였고 200 ppm 이상의 농도에서는 유의차 없이 85% 이상의 방제효과를 보였다(df=3, F=47.3, P<0.001).

Dinotefuran SG 50%의 약제처리 후 경과일수별 생충수를 조사한 결과, 담배가루이를 접종한지 1일 이후 생충수 밀도가 감소하는 경향을 보이다가 9일째부터 전체적으로 생충수가 증

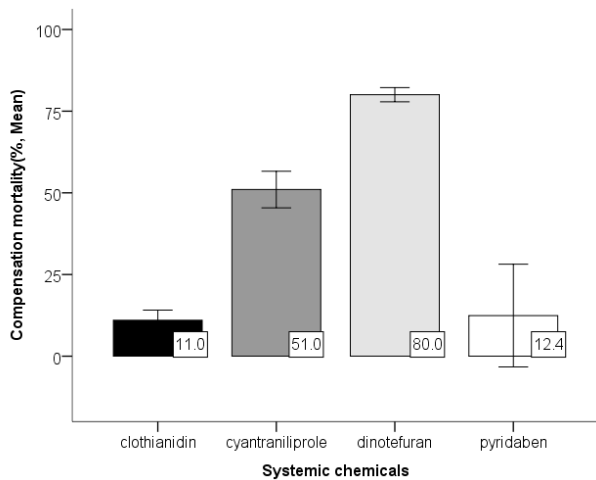


Fig. 1. Mortality rates of *B. tabaci* adults attracted to eggplants dosed with four systemic chemicals (observed three days after treatment was applied, $P=0.05$).

Table 2. Mortality rates of *B. tabaci* adults attracted to eggplants with dinotefuran SG 50% at different dilution rates (observed three days after treatment)

Systemic chemical	Dilution rate	Application rate (ppm)	Mortality (Mean \pm SD)
Dinotefuran SG 50%	500	1,000	89.6 \pm 1.1 a ¹⁾
	1,000	400	90.6 \pm 3.3 a
	2,000	200	88.4 \pm 4.3 a
	5,000	100	\pm 4.4 b

¹⁾The same letters in each column denote that the means are not significantly different (LSD-test in SAS 2004).

가하는 양상을 보였다(Fig. 2). Bae et al. (2013)은 침투이행성 살충제가 토마토에 잔류했을 때의 꿀벌 독성 시험에서 dinotefuran 입제가 처리된 후 14일째에 엽상 잔류량이 최고조에 이른다 하였다. 또한 Lee et al. (2009)는 오이에 처리된 dinotefuran과 thiacloprid의 잔류량 조사에서 7일째 식물체내에서의 소실율이 dinotefuran의 경우는 81.2%로 95.7%인 thiacloprid보다 낮은 소실율을 보인다 하였다. 이러한 결과는 7일째 에서도 낮은 농도로도 dinotefuran의 잔류가 존재함을 입증해 주는 것이며 dinotefuran이 가지에 침투이행되었을 때 담배가루이 성충의 생존수 감소가 8일까지 유지될 수 있음을 간접적으로 입증해 줄 수 있으나 잔류량이 사충률에 영향을 줄 수 있을지에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 또한 침투이행된 살충제가 치사효과에 도달하지 못하는 농도에서 곤충의 섭식저해를 일으킬 수 있으며, 이러한 섭식 저해현상이 지속될 경우 곤충이 굶는 시간이 증가하여 결국 산란력이나 생존율에 영향을 미칠 수 있다는 연구결과가 있다(Gorden and McEwen, 1984). 또한 Seo et al.

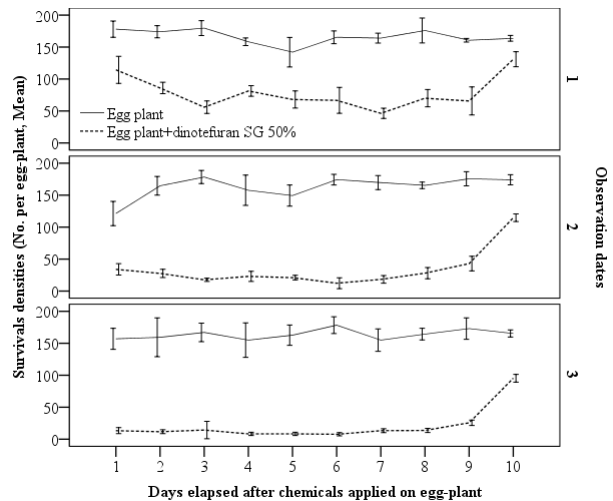


Fig. 2. Densities of *B. tabaci* adults on eggplants and eggplants + dinotefuran SG 50% over time (observed one to three days after treatment was applied, $P=0.05$).

(2009)은 imidacloprid와 dinotefuran을 이용한 복숭아혹진딧물의 섭식행동 연구를 통해 dinotefuran이 imidacloprid 보다 앞에 잔류되는 농도가 높으나 복숭아혹진딧물의 반응 정도는 더딘 것을 확인한 바 있는데, dinotefuran이 침투된 가지로 유인된 담배가루이 성충도 이를 섭식하고 이와 유사한 반응을 보인 것으로 추정된다.

미토콘드리아 콤플렉스 1의 전자전달 저해제로 알려져 있는 pyridaben은 긴 잔효성을 갖는 살충제로 응애류와 온실가루이 방제약제이다(KCPA, 2008). Kwon et al. (2008)은 고추에서 emamectin benzoate와 pyridaben의 잔효성에 대한 담배가루이의 섭식행동 변화를 조사하였는데 살충제 처리 후 우수한 약효가 인정되었으나 7일 차에서 살충제 잔효성이 떨어지면서 다시 담배가루이가 구침행동을 보인다 하였다. 이는 Kwon (2008)이 채집한 시험곤충으로 경남 밀양 고추 밭에서 발생한 담배가루이가 pyridaben에 감수성이었던 것으로 판단되었고 충남 부여지역에서 사용하고 있는 담배가루이의 살충제 중에 상표명이 산마루로 표기된 살충제가 많이 사용되었던 점을 감안할 때, 본 실험에 사용한 충남 부여에서 채집된 담배가루이는 아마도 pyridaben에 저항성을 가진 종이였을 가능성을 배제할 수 없었다. clothianidin은 dinotefuran과 같은 Neonicotinoid계 살충제나 동일한 기준량을 처리할 경우 식물체에 남아있게 되는 잔류량은 다른 살충제에 비하여 낮으나 2배량과 4배량을 처리했을 때는 dinotefuran과 동일한 잔류량을 보임이 보고된바 있다(Bae et al., 2013). 또한 clothianidin을 가지에 침투이행시켰을 때 담배가루이가 기피하는 영향이 없이 무처리 가지만큼 담배가루이 성충을 효과적으로 유인했기 때문에 살충 효과를 보일

수 있는 농도 실험이 추가된다면 활용가치가 있을 것으로 판단 되었다.

트랩식물과 침투이행성 약제 혼용효과 실내검정

침투이행성 살충제인 cyantraniliprole EC 5%, dinotefuran SG 50%, pyridaben WP 20%, clothianidin SC 8%이 침투이행 된 가지를 토마토와 같이 케이지에 두었을 때, 가지의 담배가루 이 생충수는 dinotefuran SG 50%을 처리했을 경우 가장 낮았고, 나머지 약제들은 무처리보다 낮은 수준이었으나 큰 차이를

보이지는 않았다. 토마토 내에 남아 있는 담배가루이 성충의 밀도는 무처리 구에서 오히려 가장 낮았으며 살충효과가 가장 뛰어났던 dinotefuran의 경우 토마토에서의 담배가루이 밀도는 오히려 무처리구 보다 높았다(Fig. 3). 선행 연구에서 토마토와 가지에 대한 2-way choice test를 수행했을 때 80.3%가 가지로 유인되는 양상을 보였으나(Choi et al., 2015), dinotefuran SG 50%를 가지에 처리했을 경우에는 오히려 토마토에 남아 있는 담배가루이 성충의 밀도가 다수 존재하였다. Cyantraniliprole EC 5%는 뚜렷한 살충효과를 보이지 않으면서 가지로의 담배가루이 유인수 또한 낮았다. Cyantraniliprole은 anthranlic

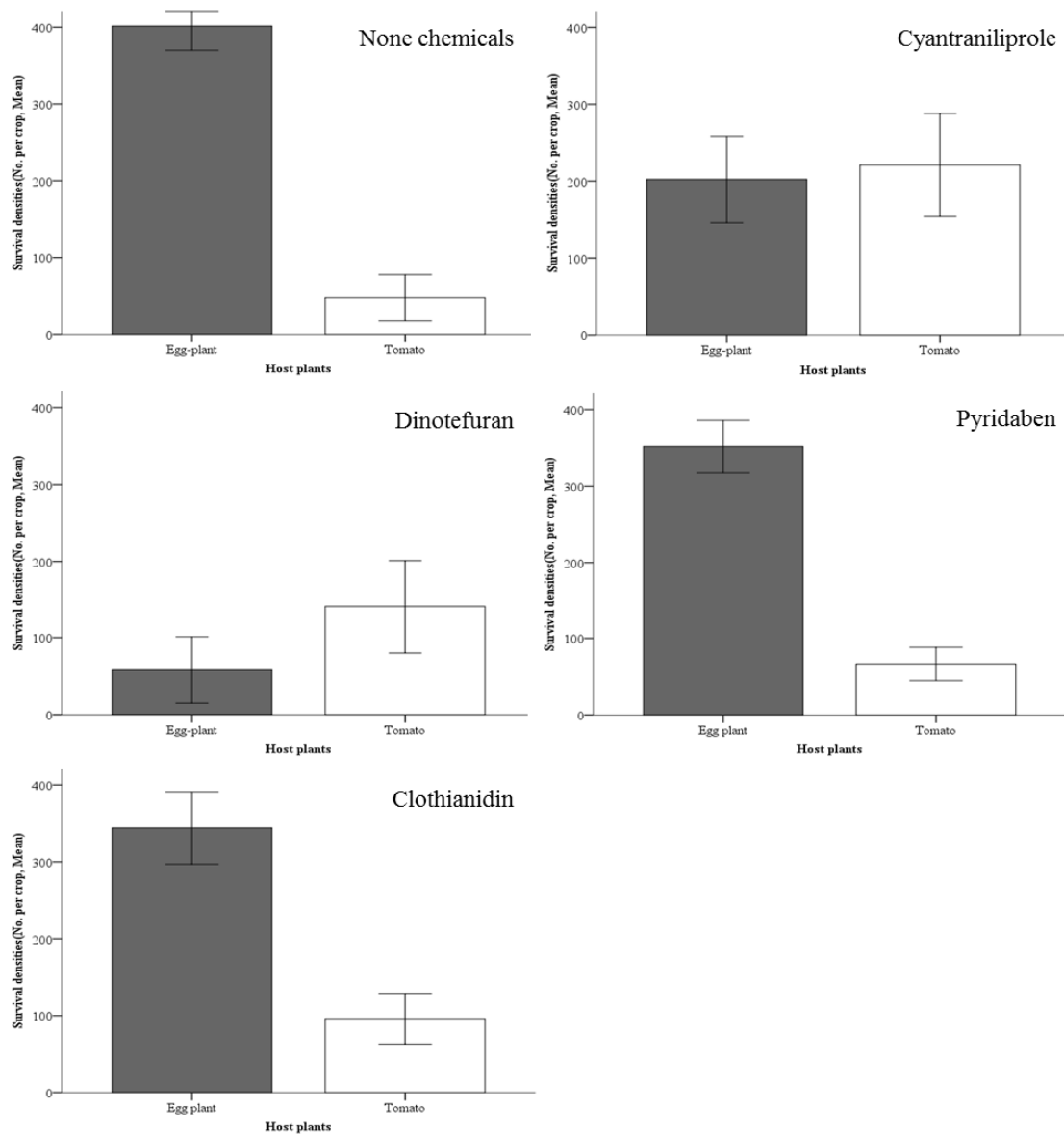


Fig. 3. Numbers of *B. tabaci* adults attracted to and surviving on eggplants+systemic chemicals and tomato plants (observed three days after treatment was applied, P=0.05).

diamide계 살충제로 Dupont Co.에서 개발하였으며 Ryanodin receptor (RyRs)와 바인딩하여 저장되어 있는 칼슘을 다량 방출시킴으로써 근육세포의 조절기능을 비활성화하여 곤충 근육의 수축이나 체내의 근육마비를 일으키는 작용기작을 가지고 있고 담배가루이를 비롯하여 아메리카잎굴파리, 나무이류, 매미충류, 총채벌레류, 나방류, 노린재류 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Lahm et al., 2005; Cordova et al., 2006; Sattelle et al., 2008; Jacanson and Kennedy, 2011; Liu et al., 2012; Yadav et al., 2012; Misra, 2013). Kwon and Youn (2014)은 담배가루이가 토마토 잎을 섭식할 때 나타나는 섭식행동을 EPG 기술을 이용해 cyantraniliprole 약제의 담배가루이 섭식행동에 미치는 영향을 비교분석한 결과, 담배가루이 섭식을 저해하거나 기피시키는 효과가 있음을 밝혔는데, 본 연구결과에서도 같은 경향을 보인 것으로 추정된다. Dinotefuran은 1998년 개발되어 광범위한 흡즙성 해충 방제에 이용되어 왔고 포유동물과 환경에 저독성을 보이며, 시냅스 연결 후막의 아세틸콜린 수용체와 결합함으로써 신경전달을 저해하는 작용기작을 보인다(Mizell and Sconyers, 1992; Leicht, 1993; Kim et al., 2005; Youn et al., 2003). Dinotefuran과 같은 그룹의 작용기작을 보이는 imidacloprid는 저농도에서 진딧물의 감로분비량의 저하나, 무게의 저하, 섭식하지 않고 먹이를 찾는 행동을 관찰함으로써 살충제로써의 역할보다 상당한 항섭식성 특성이 보여 진딧물에 대한 살충제라기보다는 기피제나 항섭식제로 작용한다고 보고된 바 있다(Nauen, 1995; Knaust and Poehling, 1994). Seo et al. (2009)은 EPG를 이용하여 dinotefuran에 대한 복숭아혹진딧물의 섭식행동을 조사한 결과, dinotefuran과 imidacloprid의 농도가 증가함에 따라 진딧물의 비탐침시간(구침을 빼고 있는 시간)이 증가하였으며, 구침을 빼다가 다시 섭식을 재배하려는 전기적 연결신호의 횟수에 있어서는 농도별 차이가 없었고 저 농도에서 더 섭식행동을 재개하려는 신호를 보임으로써 살충작용을 할 수 있음을 시사하고 있다.

복숭아혹진딧물과 같은 목에 속하는 담배가루이 성충을 이용한 토마토와 가지의 유인효과를 비교해 볼 때 dinotefuran이 처리되지 않은 가지 보다 처리된 가지에서 담배가루이 성충의 개체수가 낮다는 것은 비탐침 행동에 의한 기피현상으로 살충제가 처리되지 않은 토마토로 일부가 이동한 것으로 판단되며 이러한 현상이 cyantraniliprole에서 더 크게 발생하였다. 하지만 3일간의 조사가 추천농도로 처리된 dinotefuran과 cyantraniliprole의 살충효과를 기대하기에 너무 짧았고, 토마토와 가지를 케이지 내에 함께 두었던 것으로 인하여 비탐침 행동 이후 탐침의 재개를 위해 기주를 탐색하면서 다시 토마토로 이동했을 가능성을 배제 할 수 없었다. 가지로 침투이행된 살충제를 섭식한

담배가루이가 다시 토마토로 이동했다 하더라도 감로분비나 신란의 저하 등 생물학적 저해로 인하여 개체수가 감소할 수 있을 것으로 여겨진다. 따라서, 가지와 dinotefuran, cyantraniliprole을 동시에 활용할 경우 살충제의 적용 농도와 담배가루이의 생물학적 특성의 변화를 관찰하는 추가연구가 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

트랩식물과 침투이행성 살충제 혼용효과 실외검정

담배가루이 성충 방제를 위한 트랩식물인 가지와 침투이행성 살충제 혼용을 위해 토마토 시설재배지 내에 가지를 투입하고 거리별 담배가루이 밀도를 조사한 결과, 가지로부터 10 m 거리의 밀도가 가장 낮게 조사되었고 15 m부터 다시 밀도가 증가하는 양상을 보였다(Fig. 4). 실내검정 실험에서 가지가 토마토에 비하여 80.3%의 담배가루이 성충을 유인한다는 결과보다는 다소 낮게 유인됨을 확인하였다. Chung et al. (2013)은 담배가루이가 외부로부터 주로 유입되기 때문에 온실에 방충망을 설치하면 담배가루이 피해를 경감시킬 수 있다 하였다. 가지를 하우스 입구에 설치하여 중앙으로 이동하면서 담배가루이 밀도를 조사한 것은 아마도 방충망이 설치되지 않은 농가 포장의 경우, 담배가루이가 하우스 측면으로 유입되어 들어 왔기 때문에 가지로 유인되기 전에 토마토 잎에 머물게 되면서 실내의 결과와 차이를 보였던 것으로 판단되었고 가지를 하우스에 투입시킬 경우 하우스 측면에 가지를 설치하는 것이 유인효과를 극대화 할 수 있을 것으로 판단되었다.

따라서 트랩식물인 가지를 토마토 시설하우스의 양쪽 측면에 투입하고 투입된 가지로부터 거리별 담배가루이 밀도를 조

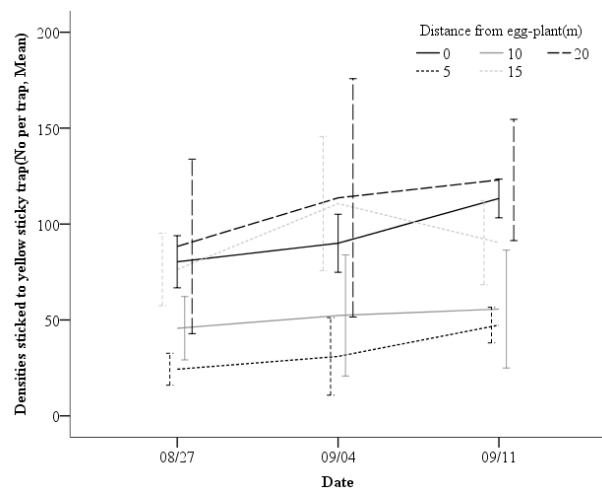


Fig. 4. Densities of *B. tabaci* adults on tomato plants positioned at 5 m intervals from eggplants (P=0.05).

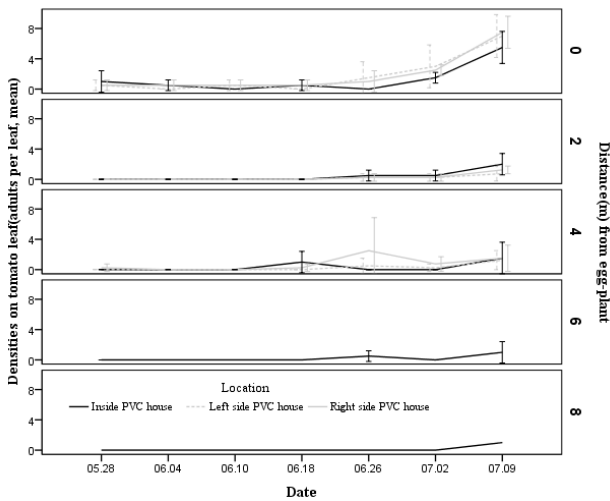


Fig. 5. Densities of *B. tabaci* adults on tomato plants at 2 m intervals from eggplants in tomato greenhouse house (when the density of *B. tabaci* is low, $P=0.05$).

사하였다. 담배가루이가 낮게 발생한 과채연구소 포장의 경우, 하우스 측면에서 담배가루이의 밀도가 가장 높았고 가지 주변 토마토 앞에서 더 많은 개체수가 확인되었다. 담배가루이가 대 발생한 농가포장의 경우도 과채연구소 포장과 동일하게 하우스 측면에서 담배가루이 밀도가 월등히 높았으며, 가지 투입 초반에는 가지로부터 5 m 떨어진 지점의 토마토에서도 높은 밀도의 담배가루이가 확인되었으나 시간이 경과하면서 낮아지는 양상을 보였다. 가지가 위치한 지점의 토마토에서는 하우스 측면이나 내부 모두에서 담배가루이 밀도 변화가 적은 양상을 보였다(Fig. 5).

트랩식물을 이용한 해충관리 전략은 해충의 밀도를 집중시켜 방제의 효율을 높인다는 점에서 큰 장점을 가진다. 가지는 토마토에 비하여 담배가루이 성충을 더 잘 유인하는 것을 확인하였으며, 이를 포장 내에 적용하여 담배가루이를 유인하고 화학약제를 가지에 침투 이행 시켜 유인된 담배가루이 성충의 살충효과뿐만 아니라 생물학적 특성의 저하를 유발하여 개체수를 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 토마토에 등록된 침투이행성 살충제 중 dinotefuran SG 50%의 방제효과가 가장 우수하였으나 살충제를 처리하지 않을 경우 가지에서 담배가루이 성충의 밀도가 높아지는 단점을 갖고 있다. 하지만 약제가 처리된 가지에서 일차적으로 섭식행동이 이루어졌다면 장기적으로는 번식력 감소 등 생물학적 특성 저하를 일으킬 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 이에 대한 연구는 추후 계속적으로 연구가 필요한 부분으로 판단되었다. Cyantraniliprole의 경우 담배가루이 성충에 대한 방제효과는 51.0%로 다소 낮게 유지되었으나 담배가루이 성충에 대하여 섭식 저해 또는 기피 작용이 있음

을 감안 한다면 dinotefuran과 동시에 활용가능성이 높을 것으로 판단되었다.

트랩식물인 가지와 침투이행성 살충제인 dinotefuran를 동시에 활용하여 담배가루이를 유인·방제하는 목적으로 토마토 시설하우스에 사용할 경우, 담배가루이가 하우스 측면과 입구에서 유인이 많은 점을 고려하여 설치가 이루어져야 할 것이다. 또한 담배가루이의 밀도가 높을 경우 보다는 낮은 시기에 투입이 이루어진다면 방제효과는 더 우수할 것으로 여겨진다.

사사

본 연구는 농업공동연구과제인 ‘시설오이 해충의 천적중심 최적관리 모델개발(과제번호: PJ010841062016)’의 농촌진흥청 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Al-Hitty, A. and Sharif, H.L. 1987. Studies on host plant preference of *Bemisia tabaci* (Genn.) on some crops and effect of using host trap on the spread of tomato yellow leaf curl virus to tomato in the plastic house. Arab. J. Plant Prot. 5, 19-23.
- Al-Musa, A. 1982. Incidence, economic importance, and control of tomato yellow leaf curl in Jordan. Plant Dis. 66, 561-563.
- Bae, C.H., Cho, K.W., Kim, Y.S., Park, H.J., Shin, K.S., Park, Y.K., Lee, K.S. 2013. Honeybee toxicity by residues on tomato foliage of systemic insecticides applied to the soil. Kor. J. Pes. Sci. 17, 178-184.
- Bedford, I.D., Briddon, R.W., Brown, J.K., Rosell, R.C., Markham, R.G., 1994. Geminivirus transmission and biological characterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) from different geographic regions. Ann. Appl. Biol. 125, 311-325.
- Berlinger, J.M., Lebiush-Mordecchi, S., Dahan, R., Taylor, R.A.J. 1996. A rapid method for screening insecticides in the laboratory. Pestic. Sci. 46, 345-354.
- Blua, M.J., Toscano, N. 1994. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) development and honeydew production as a function of cotton nirtrogen status. Environ. Entomol. 23, 317-321.
- Brown, J.K., Frohlich, D.R., Rosell, R.C. 1995. The sweetpotato/silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* genn, or a species complex? Ann. Rev. Entomol. 40, 511-534.
- Choi, G.M., Lee, E.H., Choi, B.R., Park, H.M., Park, H.M., Ahn, Y.J. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 96, 1487-1497.
- Choi, Y.S., Seo, J.H., Whang, I.S., Kim, G.J., Choi, B.R. 2015. Effects of egg-plant as a trap plant attracting *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) adults available on tomato greenhouses.

- Kor. J. Appl. Entomol. In press.
- 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. Kor. J. Appl. Entomol. 52, 23-27.
- Cohen, S., Berlinger, M.J. 1986. Transmission and cultural control of whitefly-borne viruses. Agric. Ecosyst. Environ. 17, 89-97.
- Cordova, D., Benner, E.A., Sacher, M.D., Raul, J.J., Sopa, J.S., Lahm, G.P., Selby, T.P., Stevenson, T.M., Flexner, L., Gutteridge, S., Rhoades, D.F., Wu, L., Smith, R.M., Tao, Y. 2006. Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. Pesticide Biochem. and Physiol. 84, 196-214.
- Devine, G.J., Denholm, I. 1998. An unconventional use of piperonyl butoxide of managing the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Bull. Entomol. Res. 88, 601-610.
- EPPO. 2004. Diagnostic protocols for regulated pests. *Bemisia tabaci*. EPPO Bulletin 34, 281-288.
- Gorden, P.L., McEwen, F.L. 1984. Insecticide-stimulated reproduction of *Myzus persicae*, the greenpeach aphid (Homoptera: Aphididae). Can. Entomol. 116, 783-784.
- Hokkanen, H.M.T. 1991. Trap cropping in pest management. Annu. Rev. Entomol. 36, 119-138.
- Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Ann. Rev. Entomol. 51, 45-66.
- Jacanson, A.L., Kennedy, G.G. 2011. The effect of three rates of cyantraniliprole on the transmission of tomato spotted wilt virus by *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae) to *Capsicum annuum*. Crop Protect. 30, 512-515.
- KCPA. 2008. User's manual for Pesticides. pp. 490, 624, Kor. Crop Protect. Association.
- Kim, S., Seo, S., Park, J.D., Kim, S.G., Kim, D.I. 2005. Effects of selected the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). J. Entomol. Sci. 40, 107-114.
- Knaust, H.J., Poehling, H.M. 1994. Studies on the action of imidacloprid on cereal aphids and their efficiency to transmit the BYD-virus. Bulletin OILB-SROP. 17, 89-100.
- Kwon, H.R., Youn, Y.N. 2014. Feeding behaviors of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) and changing of feeding behaviors to cyantraniliprole. CNU Jour. Agri. Sci. 41, 119-124.
- Kwon, Y.H., Yang, J.O., Oh, J.H., Noh, D.J., Yoon, C.M., Kim, G.H. 2008. Changes of feeding behavior of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* correlated with the residual effect of emamectin benzoate and pyridaben. Kor. J. Pesti. Sci. 12, 397-402.
- Lahm, G.P., Selby, T.P., Freudenberger, T.P., Stevenson, T.M., Myers, B.L., Seburyamo, G., Smith, B.K., Lindsey, F., Christopher, E.C., Daniel, C. 2005. Insecticidal anthranilic diamides: A new class of potent ryanodine receptor activators. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 15, 4898-4906.
- Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annu. Rev. Entomol. 45, 175-201.
- Lee, E.Y., Noh, H.H., Park, Y.S., Kang, K.W., Lee, K.H., Park, H.K., Yun, S.S., Jin, C.W., Han, S.K., Kyung, K.S. 2009. Residual characteristics of neonicotinoid insecticide dinotefuran and thiacloprid in cucumber. Kor. J. Pes. Sci. 13, 98-104.
- 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. Kor. J. Org. Agri. 21, 95-104.
- Lee, M.L., De Barro, P.J. 2000. Characterization of different biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in South Korea based on 16s ribosomal RNA sequence. Kor. J. Entomol. 30, 125-130.
- Lee, Y.S., Kim, J.Y., Hong, S.S., Park, J., Park, H.H. 2012. Occurrence of sweet-potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its response to insecticide in gyeonggi Area. Kor. J. Appl. Entomol. 51, 377-382.
- Leicht, W. 1993. Imidacloprid-a chloronicotinyl insecticide. Pest Outlook. 4, 1724.
- Liu, T.X., Zhang, Y.M., Peng, L.N., Patricia, R., Trumble, J.T. 2012. Risk assessment of selected insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trizoidae). Horticult. Entomol. 105, 490-496.
- Matsui, M. 1995. Efficiency of *Encarsia formosa* Gahan in suppressing population density of *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring on tomatoes in plastic greenhouses. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 39, 25-31.
- Misra, H.P. 2013. Management of serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) (Diptera: Agromyzidae) on tomato (*Lycopersicon esculentum*) with a new insecticide cyantraniliprole. Indi. Jour. Agri. Sci. 83, 210-215.
- Mizell, R.F., Sconyer, M.C. 1992. Toxicity of imidacloprid to selected arthropod predators in the laboratory. Florida Entomol. 75, 277-280.
- Nauen, R. 1995. Behavior monitoring effects of low systemic concentrations of imidacloprid on *Myzus persicae* with special reference to an antifeeding response. Pestic. Sci. 44, 145-153.
- Nauen, R., Stump, N., Elbert, A. 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci*. Pest Manag. Sci. 58, 868-875.
- Negahban, M., Moharrampour, S., Sefidkon, F. 2007. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia siebri* Besser against three stored product insects. J. Stored Prod. Res. 43, 123-128.
- Nerio, L.S., Verbal, J.O., Stanhenko, E.E. 2009. Repellent activity of essential oil from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Mostchusky (Coleoptera). J. Stores Prod. Res. 45, 212-214.
- Park, B.J., Son, K.A., Park, M.K., Kim, J.B., Hong, S.M., Im, G.J.,

-
2010. Monitoring of neonicotinoid pesticide residues in fruit vegetable and human exposure assessment. *Kor. J. of Pesti. Sci.* 14, 104-109.
- Perring, T.M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.* 20, 725-737.
- Rubinstein, G., Morin, S., Czosneck, H. 1999. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 92, 658-662.
- SAS Institute. 2004. SAS user's guide: Statistics, version 8ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Sattelle, D.B., Cordova, D., Cheek, T.R. 2008. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. *Invertebrate Neuroscience.* 8, 107-119.
- Seo, M.J., Kang, M.K., Seok, H.B., Jo, C.W., Choi, J.S., Jang, C., Hwang, I.C., Yu, Y.M., Youn, Y.N. 2009. Characteristics of feeding behaviors of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) depending on inflow concentrations of dinotefuran. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48, 171-178.
- Yadav, D.S., Kamte, A.S., Jadhav, R.S. 2012. Bio-efficacy of cyantraniliprole, a new molecule against *Scelodonta strigicollis* Motschulsky and *Spodoptera litura* Farvicius in grapes. *Pest Manag. Horticul. Eco.* 18, 128-134.
- Youn, Y.N., Seo, M.J., Shin, J.G., Jang, C., Yu, Y.M. 2003. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored asian ladybeetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control* 28, 164-170.