

국화 화색별 꽃노랑총채벌레의 행동반응

최용석* · 황인수 · 박덕기 · 이준석¹ · 함은혜¹ · 최광렬²
충청남도농업기술원 농업환경연구과, ¹주오상킨섹트, ²충남대학교 농생명학과Behavioral Response of the Western Flower Thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) to Different Chrysanthemum Flower ColorsYong-Seok Choi*, In-Su Whang, Deog-Gee Park, Jun-Seok Lee¹, Eun-Hye Ham¹ and Kwang-Ryul Choe²

Bioenvironment Research Division, Chungnam Agricultural Research & Extension Services, Yesan 340-861, Chungnam Province, Republic of Korea

¹Osang K-insect Co. Ltd., 91-4 Dong-Myun Sunam-Ri, Cheonan, Chungnam, Republic of Korea²Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Republic of Korea

ABSTRACT: *Frankliniella occidentalis* is attracted to flowers and is a major pest of chrysanthemums. Even when some chrysanthemum plants are not flowering, the ones that have already flowered attract *F. occidentalis*. Therefore, we investigated the efficacy of chrysanthemum as a trap plant that attract *F. occidentalis* by using an olfactometer.

The numbers of *F. occidentalis* collected from the flowers of pink, white and yellow standard chrysanthemums on a tray with wet paper during the flowering period were 18.4, 56.6, and 52.6 respectively; the numbers of *F. occidentalis* collected from leaves were 7.8, 16.6, and 15.4 respectively. The numbers of *F. occidentalis* collected from the buds of pink, white and yellow standard chrysanthemums were 15.2, 45.8, and 41.6 respectively; the numbers of *F. occidentalis* collected from the leaves were 2, 8.8 and 3.4 respectively. In the Y-tube olfactometer test, the number of *F. occidentalis* attracted to the 2-way arms of the Y-tube was not significantly different for the yellow, red, violet and white flowers. In the four-choice olfactometer test, when the same visual cues and odor cues were provided, the frequency of *F. occidentalis* was higher in the yellow (10.7) flowers than in the red (1.3), violet (3.7) and white (2.0) flowers. When visual cues with disturbed odor cues, *F. occidentalis* preferred yellow (10.0) color over red (3.3), violet (1.3) and white (3.0) colors. When the same visual and odor cues, except for yellow visual cues, were provided, *F. occidentalis* preferred white (8.3) color over red (4.7), violet (4.7) and yellow (2.0) colors. Therefore, *F. occidentalis* were attracted to buds before the flowering of chrysanthemum plants and attracted to yellow flowers after the flowering.

Key words: *Frankliniella occidentalis*, Chrysanthemum, Behavioral response, Olfactometer

초록: 꽃노랑총채벌레는 꽃을 선호하며 국화의 주요해충이다. olfactometer를 이용하여 국화가 꽃노랑총채벌레를 유인하는 트랩식물로서 효용 가치가 있는지를 조사하였다. 유리온실에 심겨져 있던 스탠다드국화의 화색별 꽃노랑총채벌레의 밀도를 타락법을 이용하여 조사한 결과, 개화시기의 경우에는 핑크색, 흰색, 노랑색의 꽃에서 각각 18.4, 56.6, 52.6 마리였고, 잎에서는 7.8, 16.6, 15.4 마리가 채집되었다. 꽃봉오리 형성시기의 경우에는 꽃봉오리에서 15.2, 45.8, 41.6 마리, 잎에서는 2, 8.8, 3.4 마리였다. Y-tube olfactometer 시험에서 선호하는 쪽으로 향하는 꽃노랑총채벌레의 수는 노랑색에 대하여 빨강색, 보라색, 흰색 꽃의 후각반응을 조사한 결과, 분명한 차이가 없었다. 4-way olfactometer 시험의 경우, 냄새와 동일한 시각자극이 주어졌을 때 꽃노랑총채벌레의 빈도수는 빨강색(1.3), 보라색(3.7)흰색(2.0) 보다 노랑색(10.7)을 선호하였고, 후각적 자극이 교란된 시각적 반응에서도 빨강색(3.3), 보라색(1.3), 흰색(3.0) 보다 노랑색(10.0)을 선호하였다. 노랑색의 시각적 자극만 제외하고 다른 꽃의 시각적인 자극과 동일한 후각적 자극을 주었을 경우에는 빨강색(4.7), 보라색(4.7), 노랑색(2.0) 보다 흰색(8.3)을 선호하였다. 꽃노랑총채벌레는 꽃이 개화하기 전에는 꽃의 후각적인 자극에 먼저 반응하여 꽃봉우리로 이동하고 개화되었을 때에는 꽃의 색깔에 더 잘 반응하여 노랑색꽃을 선호하는 것으로 보아 후각적인 자극보다는 시각적인 자극에 더 잘 반응하였다.

검색어: 꽃노랑총채벌레, 국화, 행동반응, 후각계

*Corresponding author: yschoi92@korea.kr

Received October 1 2013; Revised November 18 2013

Accepted December 27 2013

꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis* (Pergande))는 다양한 작물에 경제적으로 중요한 해충들 중 하나이다(Higgins and Mayer, 1992; Gerin and Hance, 1993). 유럽에 유입된 꽃노랑총채벌레는 시설재배작물에 퍼져있고 살충제에 대하여 강한 저항성을 가지며 꽃사이나 잎뒷면에 숨는 특성 때문에 현재는 주요해충이 되었다(Schmidt and Frey, 1995). 우리나라의 경우 1990년대이후, 글라디올러스총채벌레(*Thrips simplex*(Morison))는 1991년, 꽃노랑총채벌레는 1993년, 오이총채벌레는 1994년부터 과실, 채소, 화훼류에서 처음 발견되었으며(Lee, 1996; Han et al., 1998) 그 이후 시설작물에서 밀도가 증가하기 시작하여 전국으로 확산되었다.

식물체의 부위별 꽃노랑총채벌레에 의한 피해증상으로 잎은 은백화되고 오그라들며 잎의 표면에 검은 반점이 생기고 과실은 기형화되거나 표피가 탈색된다. 꽃의 경우 꽃잎이 일찍 떨어지고 종실의 질적피해를 유발하여 생산량을 감소시킨다(Lewis, 1973; Ananthakrishnan, 1982, 1984). 특히 꽃노랑총채벌레는 꽃의 선호성 때문에 과실, 채소류, 화훼류에 큰피해를 유발하는 해충으로(Lee et al., 2003) 잎 또는 꽃잎에 알을 낳으며 꽃이나 신초부위에서 서식하기 때문에 화학약제로 방제가 쉽지않다(Robb et al., 1995). 꽃노랑총채벌레는 여러작물에 토마토반점위조바이러스(tomato spotted wilt virus, TSWV)를 매개하기 때문에 주의 깊은 예찰이 필수적인 해충이다(Yudin et al., 1987; Chung et al., 2006; Horst and Nelson, 1997).

꽃노랑총채벌레의 시각적 및 후각적 행동반응에 대한 연구는 많이 있어왔다. 후각적인 반응에 있어 기주를 찾는 데 benzoids 같은 꽃의 휘발물질을 이용하며(Teulon et al., 1993; Terry, 1997) 또한 꽃의 냄새가 아닌 ethyl nicotinate 같은 냄새에도 유인반응을 보인다(Koschier et al., 2000). 시각적 자극 요소인 색깔요소로서 기하학적 형태에 대한 총채벌레의 유인력 또한 조사되어져 왔다. Moreno et al. (1984)는 꽃잎의 형태는 꽃을 좋아하는 총채벌레를 기주식물로 유인하는데 영향을 준다고하였고, 원형형태의 국화꽃은 거미형태 보다 더 잘 꽃노랑총채벌레를 유인한다(de Jager et al., 1995). 이러한 시각적 유인효과는 총채벌레 개체군 예찰을 위해 주로 이용되고 있으며(Vernon and Gillespie, 1990; Muirhead-Thomson, 1991; Parrella et al., 2003; Chu et al., 2005; Seo et al., 2006; Pizzol et al., 2010) 때때로 방제형태로도 이용되고 있다(Kawai and Kitamura, 1987). de Kogel and Koschier(2001)는 꽃노랑총채벌레를 색깔을 이용하여 유인하는 것은 꽃을 선호하는 총채벌레의 본능적인 요소를 이용하는 것이라고 제시하고 있다. Mainali and Lim (2008 and 2010, respectively)는 통상 이용되고 있는 직사각형의 노랑끈끈이트랩 보다 원형 또는 꽃모양의 노랑끈끈이트랩에 더

잘 유인됨을 제시하였다. 노랑끈끈이트랩은 미끌에꽃노린재를 함께 유인시켜 천적의 밀도를 감소시키며 미끌에꽃노린재는 국화에 있어 국화의 휘발물질과 색, 형태, 크기를 이용하여 식물체의 위치를 파악하는 특성이 있어 노랑끈끈이트랩의 활용에 대한 단점을 설명하고 있다(Frey et al., 1994; Cho et al., 1995; Childers and Brecht, 1996; Terry 1997; Teulon et al., 1999; de Kogel and Koschier, 2001). Buitenhuis와 Shipp (2006)은 개화한 국화를 트랩식물로서 포트재배국화에 적용을 하였으며 안착해있는 꽃노랑총채벌레 보다는 흠어져있는 꽃노랑총채벌레를 더 잘 유인함을 밝혔다.

우리는 이러한 후각 및 시각적 자극에 대한 꽃노랑총채벌레의 행동특성을 동시에 이용하고 끈끈이트랩활용시 애꽃노린재까지 유인한다는 단점을 보완하고자 꽃노랑총채벌레의 트랩식물로서 실생국화를 선발하고 천적인 미끌에꽃노린재를 동시에 사용했을 때의 방제효과를 조사하였다. 특히, 스탠다드국화가 주종을 이루는 우리나라의 실정에 맞게 토양에서 재배되는 시설국화에서도 개화국화가 트랩식물로 활용시 효과적으로 꽃노랑총채벌레를 유인할 수 있을지에 대한 연구와 천적을 보호하는 벙커식물로서의 활용가치에 대한 연구를 위한 기초자료로써 제공하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

스탠다드국화의 화색별 꽃노랑총채벌레 채집량

실제 국화재배하우스에서 꽃노랑총채벌레의 화색별 밀도 차이를 확인하기 위하여 충청남도농업기술원 예산국화시험장의 유리온실에서 노랑색, 흰색, 핑크색의 국화꽃을 개화전(꽃봉우리)과 개화후(꽃)에 각각 밀도를 조사하였다. 조사방법은 20 × 26 cm의 트레이에 흰색의 젖은 휴지를 깔고 꽃, 잎, 신초를 화색별 3개의 꽃을 털어서 조사하였다.

꽃노랑총채벌레 사육

Y자후각계와 4-choice chamber olfactometer를 이용하여 꽃노랑총채벌레의 시각적 및 후각적 행동반응을 조사하기 위하여 2011년 충청남도 천안시의 시설국화하우스에서 채집한 꽃노랑총채벌레를 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae))의 떡잎을 이용하여 사육하였다. 채집된 꽃노랑총채벌레의 산란을 유도하기 위하여 지름 9 cm, 높이 3 cm의 플라스틱 용기에 젖은 여과지(Watman Cat No. 1003-090)을 깔고 그 위에 파라필름을 3 × 3 cm로 잘라 올려 놓은 후 강낭콩 떡잎을 놓아두고

채집한 꽃노랑총채벌레 성충을 접종하였다. 1일간 접종한 강낭콩 떡잎을 꺼내어 동일한 방법으로 다른 플라스틱 용기로 옮겨 새로운 먹이인 강낭콩 떡잎을 함께 넣어 주었다. 옮겨진 새로운 플라스틱 용기에서 꽃노랑총채벌레가 성충이 되었을 때 olfactometer test에 사용하였다.

후각 및 시각반응

Olfactometer test를 위하여 사용한 국화는 포트국화로 5 cm 크기의 신초를 삽수한 국화는 약 10 cm 정도 자랐을 때 신초부위를 가위로 잘라 암조건을 12시간으로 하여 개화를 유도하였다. Olfactometer test에 이용한 포트국화의 색깔은 노랑색, 흰색, 보라색, 빨강색이었다.

Y-tube와 air delivery system을 Holtmann (1962)의 모형을 응용하여 제작하였다(Fig. 1). 4-choice 아크릴 챔버는 미국의 ARS사의 모형을 응용하여 제작하였다.

Y자 후각계는 포트국화의 냄새자극원에 대한 꽃노랑총채벌레의 반응을 조사하기 위해 이용하였다. Volatile collection

chamber는 포트덤 국화를 넣기 위하여 국화의 크기에 맞도록 지름 18 cm, 높이 30 cm로 제작하였으며 상단 뚜껑에는 5개, 하단에는 1개의 구멍을 두었다. Air delivery system에서 여과된 공기는 지름 5 cm 테프론튜브를 통하여 Air delivery system의 하단에 연결되었고, 휘발물질이 휘발되는 습성을 이용하여 Volatile collection chamber의 위쪽에 위치한 뚜껑의 정 중앙에 있는 구멍을 Y-tube의 한쪽 부위와 테프론튜브로 연결하였고 나머지 구멍은 바람이 중앙으로만 흐를 수 있도록 밀봉하였다. Air delivery system에서 Volatile collection chamber로 주입되는 공기의 양은 300 ml min^{-1} 로 조절하였다. 15마리의 꽃노랑총채벌레 성충을 Olfactometer test에 사용하였고 20분간 조사하였다. 총채벌레의 선호성 선택결정은 Y-tube의 양쪽팔로 이동한 꽃노랑총채벌레 성충이 중앙 5 cm를 넘어섰을 때로 보았고 이를 빈도수로 기록하였다. 꽃노랑총채벌레의 선호성 조사는 성충 주입 후 최초 선택과 20분경과 후 최종 남아있는 마리수로 나누어 조사하였다.

4-Choice chamber olfactometer는 국화꽃 냄새와 색깔의 동시 자극원에 대한 꽃노랑총채벌레의 반응을 조사하기 위하여

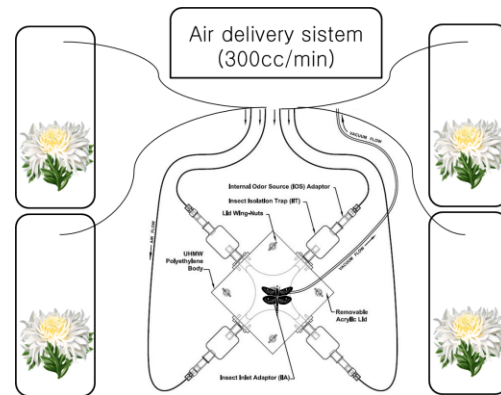
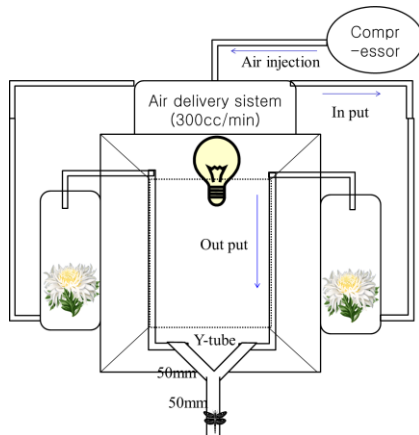


Fig. 1. Olfactometer system: (a) An olfactometer with a Y-shaped glass tube that is connected to an air delivery system; and (b) a four-choice acrylic olfactometer connected to an air delivery system.

사용하였다. 냄새 자극원은 Y-tube의 양쪽을 각각의 개화한 포트국화를 포함하는 Volatile collection chamber 뚜껑에 연결한 것과 동일하게 4-Choice chamber의 4개면 중앙에 위치한 구멍을 각각의 냄새 자극원을 포함하는 4개의 Volatile collection chamber의 뚜껑과 연결하였으며 색깔 자극원은 4-Choice chamber의 공기가 주입되는 4개면 중앙의 주입구에 가깝게 투명 뚜껑 위에 꽃을 뒤집어 올려놓았다. 실험을 수행하기 위하여 3가지 조합을 두었다. 첫째, 국화꽃의 냄새와 색깔을 동일하게 한 것. 둘째, 국화꽃의 냄새와 색깔을 교란시킨 것. 셋째, 첫번째와 동일하나 노랑색의 색깔만 제거한 것. 15마리 성충이 4-Choice olfactometer test에 사용되었다. 성충 15마리를 Chamber의 중앙에 방사한 후 조사시간을 10~70분 동안 다양하게 조사하였다.

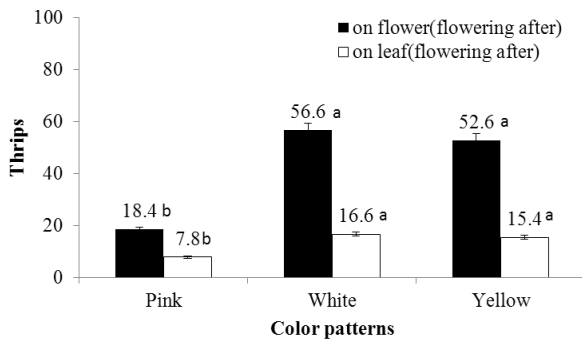


Fig. 2. The number of *F. occidentalis* collected on a tray with wet paper by shaking the flowers and leaves of pink, white, and yellow standard chrysanthemums in a greenhouse after flowering: on the flowers (LSD-test, $P < 0.05$) and on the leaves (LSD-test, $P < 0.05$). The same letters in each column denote that the means are not significantly different.

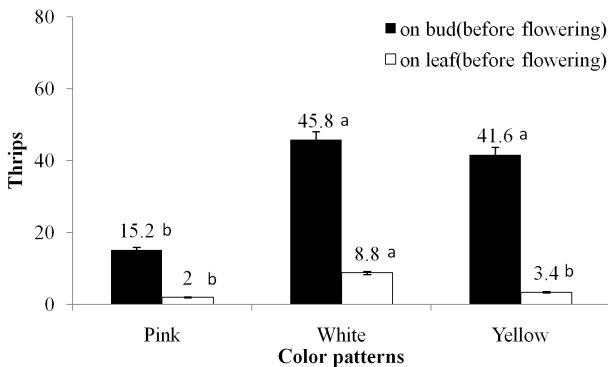


Fig. 3. The number of *F. occidentalis* collected on a tray with wet paper by shaking the buds and leaves of pink, white, and yellow standard chrysanthemums in a greenhouse before flowering: on the buds (LSD-test, $P = 0.05$) and on the leaves (LSD-test, $P = 0.05$). The same letters in each column denote that the means are not significantly different.

결과 및 고찰

스탠다드국화의 화색별 꽃노랑총채벌레 채집량

스탠다드국화품종을 재배하는 시설내에서 타락에 의한 꽃의 화색별(노랑색, 핑크색, 흰색) 꽃노랑총채벌레의 수를 조사한 결과, 개화 후 꽃에서의 꽃노랑총채벌레 밀도는 흰색과 노랑색에서 각각 56.6마리와 52.6마리로 가장 높았다 ($df=2$, $F=33.078$, $P < 0.001$) (Fig. 2). 또한 개화전 꽃봉우리가 형성된 신초부위를 타락했을 때는 핑크색의 15.2마리 보다 많은 흰색과 노랑색에서 각각 45.8마리와 41.6마리가 채집되었으며 ($df=2$, $F=24.1090$, $P < 0.001$) 앞에서는 이보다 낮게 조사되었으나 경향은 유사하였다 ($df=2$, $F=19.340$, $P < 0.001$) (Fig. 3). 꽃을 선호하는 꽃노랑총채벌레는 국화에서 개화시기뿐만 아니라 꽃봉우리가 형성되는 시기부터 꽃으로 몰리는 특성을 보임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 꽃노랑총채벌레가 과실과 잎보다는 꽃에서 더 밀도가 높다는 주장과 일치하였다(Higgins, 1992; Pickett et al., 1988; Rosenheim et al., 1990). 또한 가지의 잎과 꽃잎에 대한 꽃노랑총채벌레의 선호성이 각각 30%와 70%라는 보고와도 일치하였다(Lee et al., 2003).

꽃노랑총채벌레의 후각 및 시각반응

de Kogel and Koschier (2001)는 꽃노랑총채벌레가 노랑색에 잘 유인된다 주장하였다. 이를 근거로 국화의 노랑색과 몇가지 다른 색들 간의 냄새자극에 대한 반응과 시각적인 반응에 대하여 Olfactometer를 이용하여 조사하였다. Fig 4은 국화의 노랑꽃에 대하여 빨강꽃, 보라꽃, 흰꽃에 대한 꽃노랑총채벌레의 선호성을 보여준다. 국화의 노랑꽃과 꽃이 없는 상태에 대한 반응에서는 분명 노랑꽃을 선호하였고 이는 국화의 특유한 휘발물질에 반응하는 듯한 분명한 차이를 보였다(First choice $X^2=10$, $df=5.624$, $P < 0.001$; Last choice $X^2=10$, $df=9.839$, $P < 0.001$). 그러나 다른 꽃들과의 반응의 경우, 노랑꽃과 빨강꽃에 대한 반응에서 꽃노랑총채벌레는 최초선택과 20분경과 후 최종선택 모두에 있어 오히려 빨강꽃을 선호하는 듯 보였으나 분명한 차이는 없었다(First choice $X^2=10$, $df=8.0$, $P=0.0337$; Last choice $X^2=7.3$, $df=7.603$, $P=0.519$). 보라꽃과의 반응에서는 최초선택은 보라꽃, 최종선택은 노랑꽃으로 몰리는 양상을 보였으나 유의성은 없었다(First choice $X^2=6$, $df=8.0$, $P=0.207$; Last choice $X^2=5.3$, $df=6.728$, $P=0.077$). 흰꽃과의 반응에서도 분명한 차이는 없었다(First choice $X^2=6$, $df=8$, $P=0.580$; Last choice $X^2=7.3$, $df=7.396$, $P=0.088$). 이러한 차이는 시각적인 자극을

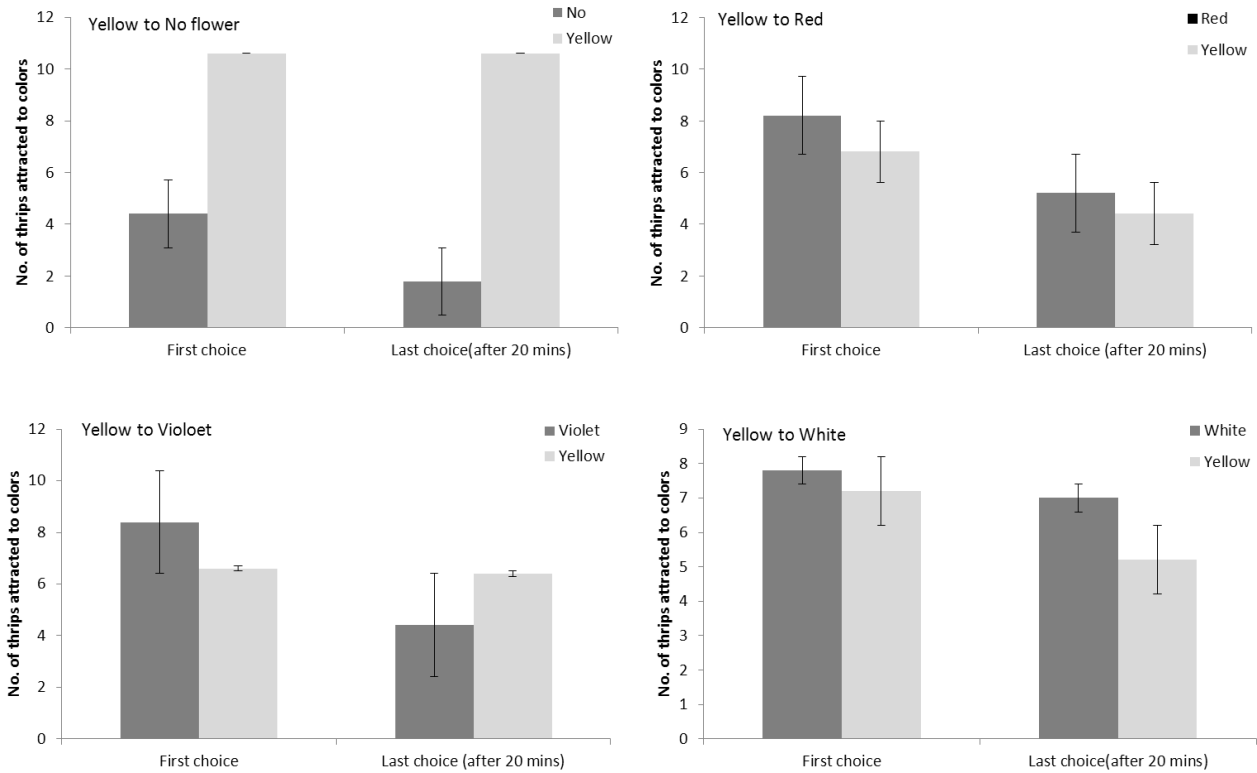


Fig. 4. The number of *F. occidentalis* adults attracted to the 2-way arms of the Y-tube olfactometer on the basis of the different colors of the chrysanthemum flowers (χ^2 -test, $P=0.05$).

주지 않았을 경우에는 선호하는 색에 대한 반응 보다는 후각적인 자극에 대하여 반응을 하며 동일한 국화의 특유한 휘발물질에 대하여는 큰 차이가 없음을 알 수 있었고 Fig. 2와 3의 결과에서처럼 국화가 개화하기 전 꽃봉우리 상태에서도 꽃의 색깔과는 상관없이 후각적인 자극에 의하여 꽃봉우리로 유인되었다가 개화가 되었을 때 시각적인 자극에 의하여 노란색 쪽으로 몰릴 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 5는 4가지 국화꽃에 대한 후각적인 자극과 시각적인 자극을 동시에 주었을 때 꽃노랑총채벌레의 선호성을 보여준다. 첫번째, 4가지 꽃의 색깔과 동일한 후각적 자극을 주었을 경우, 꽃노랑총채벌레는 분명 노란색의 국화꽃을 선호하였다 ($P<0.001$). 두번째, 꽃의 색깔에 후각적 자극을 교란시켰을 경우에도 꽃노랑총채벌레는 노란색의 국화꽃을 선호하는 양상을 보였다 ($P=0.018$). 세번째, 첫번째 시도에서 노란꽃의 시각만을 제거하고 후각적인 자극은 그대로 주었을 경우, 꽃노랑총채벌레는 노란꽃 보다는 흰꽃을 선호하는 양상을 보였다 ($P=0.004$). 따라서 꽃노랑총채벌레는 화색을 달리한 국화꽃에서 후각적인 자극보다는 시각적인 자극에 더 잘 반응하였고, 흰색 보다는 노란색을 선호하는 것을 알 수 있었다.

Mainali and Lim (2011)은 꽃노랑총채벌레는 시각적인 자극이 없는 것 보다는 시각적인 자극이 주어졌을 때 시각적인 자극에 반응하며 꽃의 후각적 자극원과 노란색의 모형꽃을 제공했을 때에는 뚜렷한 반응을 보이지 않을 수도 있다고 하였다. 그러나 우리의 연구에서는 꽃노랑총채벌레는 후각적인 자극원에 대한 반응 보다는 시각적인 자극원에 더 잘 반응하였으며, 시각적인 자극이 총채벌레를 더 자극한다는 Davidson et al. (2006)와 Teulon et al. (1999)의 주장과 꽃을 향하는 꽃노랑총채벌레 대한 방향성에 대하여 색깔은 중요한 요소라고 주장한 de Kogel and Koschier (2001)의 결과를 뒷받침한다.

Mainali and Lim (2011)은 꽃노랑총채벌레가 형태와 색깔에 반응하므로 좋아하는 색깔로 꽃형태의 끈끈이트랩이 디자인되고(Mainali and Lim, 2008) 그곳에 냄새 자극원을 미끼로 포함 시킨다면 꽃노랑총채벌레의 유인력을 증가시킬 수 있다고 하였다. 그러므로, 위의 연구결과는 시설국화 하우스에서 꽃노랑총채벌레를 유인하기 위한 “트랩식물”로 이용될 수 있다는 가능성에 대한 기초자료가 될 것이다. 포트국화를 재배하는 외국과는 달리 토양에 직접 스탠다드국화를 함께 재배하는 우리나라의 경우 꽃노랑총채벌레가 더더욱 심각한 문제를 야기

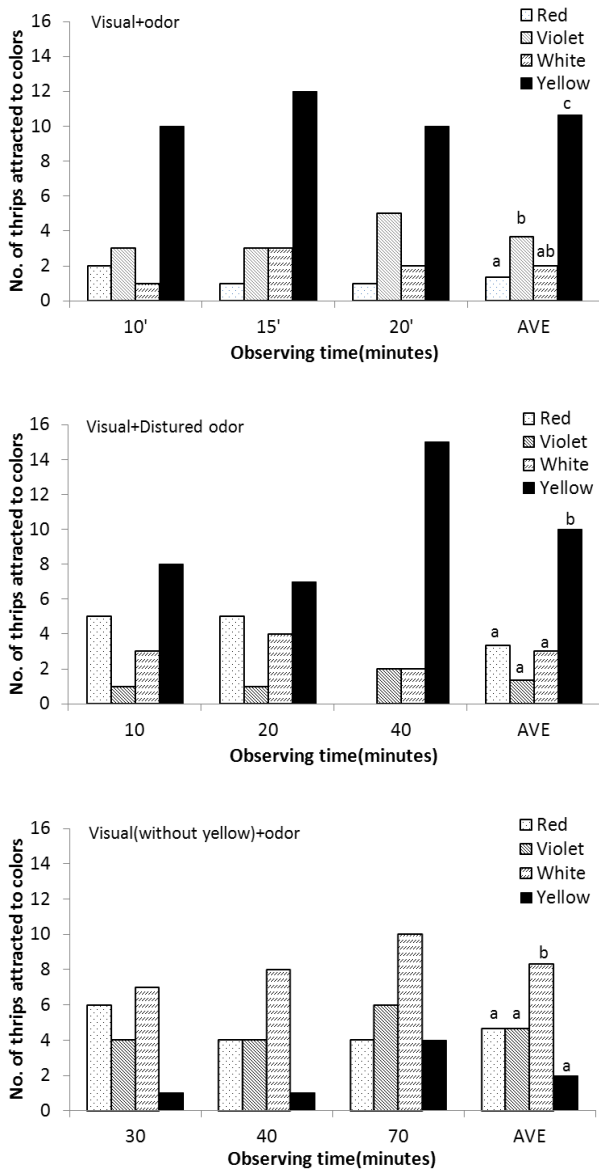


Fig. 5. The number of *F. occidentalis* adults attracted to a 4-choice olfactometer with three combinations of chrysanthemum flowers: the same visual cues and odor cues of the flower and observation times of 10, 15, and 20 min ($df=3$, $F=54.972$, $P<0.001$); color cues with disturbed odor cues and observation times of 10, 20, and 40 min ($df=3$, $F=6.120$, $P=0.018$); the same color cues and odor cues, without the yellow color cue but with the odor cue of the yellow flower and observation times of 30, 40, and 70 min ($df=3$, $F=10.153$, $P=0.004$) (LSD-test, $P=0.05$).

할 수 있고 지속적인 화학약제의 살포에도 불구하고 방제가 쉽지 않은 문제점을 해결하기 위해서는 해충을 유인하는 트랩식물과 천적 또는 화학적 방제수단을 동시에 동원한 방제는 이러한 화학약제만의 단점을 충분히 보완할 수 있다는 점에서 트랩식물의 개발은 필수적이다. 추후, 우리는 포트국화재배지와 스탠다드국화재배지에서 개화된 황색국화를 꽃노랑총채벌레의

“트랩식물”로 투입했을 때 얼마나 많은 꽃노랑총채벌레를 유인할 수 있을지에 대하여 조사할 계획이며 “트랩식물”로 유인된 꽃노랑총채벌레를 어떤 방제수단으로 밀도를 관리할지에 대한 연구도 실시할 계획이다.

Literature Cited

- Ananthakrishnam, T.N., 1982. Thrips and pollination biology. *Curr. Sci.* 51, 168-172.
- Ananthakrishnam, T.N., 1984. Bioecology of thrips. Indira Pub. House. pp. 233.
- Buitenhuis, R., Shipp, J.L. 2006. Factors influencing the use of trap plants for the control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse potted chrysanthemum. *Environ. Entomol.* 35(5), 1411-1416.
- Childers, C.C., Brecht, J.K., 1996. Colored sticky traps for monitoring *Frankliniella bispinosa* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae) during flowering cycles in citrus. *J. Econ. Entomol.* 89, 1240-1249.
- Cho, K., Eckel, C.S., Walgenbach, J.F., Kennedy, G.G. 1995. Comparison of colored sticky traps for monitoring thrips populations (Thysanoptera: Thripidae) in staked tomato fields. *J. Entomol. Sci.* 30, 176-190.
- Chu, C.C., Chen, T.Y., Natwick, E.T., Fitzgerald, G., Tuck, S., Alexander, P., Henneberry, T.J., 2005. Light response by *Frankliniella occidentalis* to white fluorescent light filtered through color films and ultraviolet and blue light-emitting diodes. *Southwest Entomol.* 30, 149-154.
- Chung, B.N., Pak, H.S., Jung, J.A., Kim, J.S., 2006. Occurrence of tomato spotted wilt virus in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) in Korea. *Plant Pathol. J.* 22, 230-234.
- Davidson, M.M., Butler, R.C., Tuelon, D.A.J., 2006. Starvation period and age affect the response of female *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) to odor and visual cues. *J. Insect Physiol.* 52, 729-736.
- deJager, C.M., Butôt, R.P.T., Klinkhamer, P.G.L., de Jong, T.J., Wolff, K., van der Meijden, E., 1995. Genetic variation in chrysanthemum for resistance to *Frankliniella occidentalis*. *Entomol. Exp. Appl.* 77, 277-287.
- deKogel, W.J., Kochier, E.H., 2001. Thrips responses to plant odours. In: Marullo R. and Mound L (eds) Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera, Australian National Insect Collection, Canberra. pp 189-190.
- Frey J.E., Cortada R.V., Helbling H. 1994. The potential of flower odours for use in population monitoring of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Perg.) (Thysanoptera: Thripidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 4, 177-186.
- Gerin, C., Hance, T., 1993. Evaluation of the damage caused by *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (Thysanoptera: Thripidae)

- on the host plant. Influence of the predation by *Amblyseius cucumeris* (OUDEMANS) (Acari: Phytoseiidae). Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent. 58, 409-425.
- Han, M.J., Kim, I.S., Ahn, S.B., Lee, M.L., Hong, K.J., Lee, G.H., Ku, D.S., 1998. Distribution and host plants of recently introduced western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in Korea. RDA. J. Crop Protect. 40, 89-95.
- Higgins, C.J., 1992. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouses: population dynamics, distribution on plants, and association with predators. J. Econ. Entomol. 85, 1891-1903.
- Higgins, C.J., Mayer, J.H., 1992. Sex ratio patterns and population dynamics of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). Environ. Entomol. 21, 322-330.
- Horst, K., Nelson, P.E., 1997. Compendium of chrysanthemum disease. The American Phytopathological Society. APS press, St. Paul. USA. pp. 62.
- Holtmann, H. 1962. Untersuchungen zur Biologie der Getreide-Thysanopteren. Z. Angew. Entomol. 51, 285-299.
- Kawai, A., Kitamura, C., 1987. Studies on population ecology of *Thrips palmi* Karny. 15. Evaluation of effectiveness of control methods using a simulation model. Appl. Entomol. Zool. 22, 292-302.
- Koschier, E.H., de Kogel, W.J., Visser, J.H., 2000. Assessing the attractiveness of volatile plant compounds to western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). J. Chem. Ecol. 26, 2643-2655.
- Lee, G.H., Paik, C.H., Hwang, C.Y., Choi, M.Y., Kim, D.H., Na, S.Y., Kim, S.S., Choi, I.H., 2003. Effect of host plants on the development and reproduction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). Korean J. Appl. Entomol. 42, 301-305.
- Lee, Y.I., 1996. Present status of exotic insect pests in Korea and how to prepare for. 96 International symposium: Import and export of agricultural products and plant quarantine. pp. 61-86.
- Lewis, T., 1973. Thrips, their biology, ecology and economic importance. Academic Press, London, pp. 349.
- Mainali, B.P., Lim, U.T., 2008. Evaluation of chrysanthemum flower model trap to attract two *Frankliniella* thrips (Thysanoptera: Thripidae). J. Asia Pac. Entomol. 11, 171-174.
- Mainali, B.P., Lim, U.T., 2010. Circular yellow sticky trap with black background enhances attraction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). Appl. Entomol. Zool. 45, 207-213.
- Mainali, B.P., Lim, U.T. 2011. Behavioral response of western flower thrips to visual and olfactory cues. J. Insect Behav. 24, 436-446.
- Moreno, D.S., Gregory, W.A., Tanigoshi, L.K. 1984. Flight response of *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Scirtothrips citris* (Thysanoptera: Thripidae) to trap color, size and shape. Environ. Entomol. 13, 935-940.
- Muirhead-Thomson, R.C., 1991. Plant pest response to visual and olfactory 'sticky' traps. In: Trap responses of flying insects. Academic Press, London. CA, pp. 180-196.
- Parrella, M.P., O'Donnel, C., Murphy, B.C., Casey, C., 2003. Thrips. In: Roberts A., T. Debener and S. Guidin (eds.) Encyclopedia of rose science. Elsevier, Amsterdam. pp. 437-443.
- Pickett, C.H., Wilson, L.T., Gonzalez, D., 1988. Population dynamics and within-plant distribution of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae), an early-season predator of spider mites infesting cotton. Environ. Entomol. 17, 551-559.
- Pizzol, J., Nammour, D., Hervouet, J.P., Bout, A., Desneux, N., Mailleret, L., 2010. Comparison of two methods of monitoring thrips populations in a greenhouse rose crop. J. Pest Sci. 83, 191-196.
- Robb, K.L., Newman, J., Virzi, J.K., Parrella, M.P., 1995. Insecticide resistance in western flower thrips. In: Thrips biology and management (eds.) by B.L. Parker, M. Skinner and T. Wewis. NATO ASI Series. Series A.: Life Science Vol. 276, 341-346.
- Rosenheim, J.A., Welter, S.C., Johnson, M.W., Mau, R.F.L., Gusukuma, M.L.R., 1990. Direct feeding damage on cucumber by mixed species infestation of *Thrips palmi* and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). J. Econ. Entomol. 83, 1519-1525.
- Schmidt, M.E., Frey, J.E., 1995. Monitoring of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in greenhouses. Mededelingen-Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent. (Belgium). Vol. 60, 847-850.
- Seo, M.J., Kim, S.J., Kang, E.J., Kang, K.M., Yu, Y.M., Nam, M.H., Jeong, S.G., Youn, Y.N., 2006. Attraction of the garden thrips, *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae) to colored sticky cards in a Nonsan strawberry greenhouse. Kor. J. Appl. Entomol. 45, 37-43.
- Terry, I., 1997. Host selection communication and reproductive behavior. In: Lewis T (ed.) Thrips as crop pests. CAB International, Oxon. pp. 65-118.
- Teulon, D.A.J., Penman, D.R., Ramakers, P.M.J., 1993. Volatile chemical for thrips (Thysanoptera: Thripidae) host-finding and applications for thrips pest management. J. Econ. Entomol. 86, 1405-1415.
- Teulon, D.A.J., Hollister, B., Butler, R.C., Cameron, E.A., 1999. Colour and odour responses of flying western flower thrips: wind tunnel and greenhouse experiments. Entomol. Exp. Appl. 93, 9-19.
- Yudin, L.S., Mitchell, W.C., Cho, J.J., 1987. Color preference of thrips (Thysanoptera: Thripidae) with reference to aphids (Homoptera: Aphididae) and leaf miners in Hawaiian lettuce farms. J. Econ. Entomol. 80, 51-55.
- Vernon, R.S., Gillespie, D.R., 1990. Spectral responsiveness of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) determined by trap catches in greenhouses. Environ. Entomol. 19, 1229-1241.