

실험실 환경조건에서 호박과실파리의 시각적 유인반응에 대한 예비연구

김동순¹, 강택준², 전홍용²

¹제주대학교 생명자원과학대학 식물자원환경전공

²농촌진흥청 원예특작과학원

A Preliminary Study for the Visual Response of *Bactrocera depressa* (Tephritidae : Diptera) in the Laboratory Environment

Dong-Soon Kim¹, Taek-Jun Kang², and Heung-Yong Jeon²

¹Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, Jeju Natl. Univ., Cheju 690-756, Republic of Korea

²National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon

ABSTRACT

Responses of *B. depressa* to three-dimensional objects such as plastic balls (55 mm) with different colors and two-dimensional objects such as disc and square were examined in a cage environment (42×30×35cm). The plastic balls attracted *B. depressa* adults in the order of dark green > light green > yellow > red > blue color. Also, flat discs were more attractive than square shapes regardless of color. Similarly, *B. depressa* adults were more strongly attracted to spherical shapes (ball) than to flat disc regardless of color, indicating that closer resemblance to fruit in general shape was important. However, in field trials, the plastic balls were not as attractive as

suggested by the laboratory bioassay.

Key words *Bactrocera depressa*, Tephritidae, Visual response, Attractant

서 론

과실파리과(Tephritidae)에 속한 과실파리 종은 전세계적으로 과채류 및 과실의 중요한 해충으로 알려져 있다. 우리나라에는 과실파리과 속한 곤충이 45개 속 총 85종에 이른다(Kwon, 1985; Han and Kwon, 2000). 이들 중에서 호박과실파리는 박과류(Cucurbitaceae)의 가장 중요한 해충이라 할 수 있다. 이 종은 호박, 단호박, 관상용 호박, 조롱박, 수박, 메론, 토마토 등 다양한 과채류를 공격하는 것으로 알려져 있으며(Han *et al.*, 1994), 미국 등 외국에서는 중요한 검역해충으로

* Corresponding author : Dong Soon Kim, 제주시 제주대학로 66 제주대학교
Tel. 064-754-3312, E-mail : dongsoonkim@jejunu.ac.kr

취급하고 있다(박, 2003).

호박과실파리는 번데기로 토양에서 월동하며 우리나라에서 년 1회 발생한다. 봄철 기온이 올라가면 발육을 시작하여 5월 하순부터 성충으로 우화하기 시작하고 6월부터 9월까지 발생을 보인다(Kim and Kim, 2002). 토양 번데기에서 우화한 성충은 경작지 근처 숲 또는 관목에서 서식하다가 산란을 위한 생리적 상태에 도달되었을 때 기주식물 재배지로 침입한다. 암컷은 어린 호박과실의 내부에 산란관을 삽입하여 알을 낳는다. 알은 10일 내외에 부화하고 유충은 호박 내부에 갱도를 만들며 섭식한다. 심하게 감염된 경우는 호박이 성숙하기 전에 부패한다. 유충이 성장하여 번데기로 되려면 약 30일이 필요하고, 성숙한 유충은 호박에서 탈출하여 토양에서 번데기로 된다.

호박과실파리는 1933년 최초로 일본에서 기록되었다(Shiraki, 1933). 우리나라에서는 전남 광양시에서 1974년 처음 피해가 확인되었고(Kim, 1974) 그 후 국내 전지역에 발생하고 있는 것으로 보고되었다(Han et al., 1994). 최근에는 산간지방을 중심으로 호박과 수박에 피해가 증가하고 있는 실정이다.

국내에서 호박과실파리 및 호박꽃과실파리에 대한 색, 먹이, 트랩 종류에 대한 유인효과 조사 결과(Kim and Kim, 2002) 호박과실파리는 색에 대한 유인반응 차이가 크지 않았고 청색에는 유인효과가 없었다. 반면 호박꽃과실파리는 황색과 녹색에 유인이 잘 되었다. 먹이트랩에 대해서는 호박과실파리의 경우 호박즙액보다는 단백질 먹이(가수분해효소)에 더 잘 유인되었고, 호박꽃과실파리는 호박즙액에 많이 유인되었다. 또한 트랩 종류에서는 호박과실파리는 McPhail 트랩, 호박꽃과실파리는 끈끈이 트랩에 잘 유인되었다. 하지만 호박과실파리의 경우 유인효율이 낮아서 발생예찰 목적으로 활용이 부족하였다. 아직까지도 우리나라에서 호박과실파리 방제전략을 수립하기 위한 연구가 부족한 상태이다. 호박과실파리의 성공적 방제를 위해서는 무엇보다도 새로운 예찰 방법의 개발이 절실하다. 따라서 본 연구는 호박과실파리의 시각적 유인기구 개발을 위한 기초자료를 마련하고자 수행되었다.

재료 및 방법

호박과실파리 실내 개체군 유지

호박과실파리 개체군은 실내 케이지 상태, 온도 $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도(RH) 40~70% 조건에서 유지되었다. 광주기는 L:D = 13:11 주기로 설정하였으며, 형광램프를 이용하여 케이지 중앙부가 800~2500lux 정도의 광도가 되도록 하였다. 육지 계통과 제주 계통 등 개체군을 분리하여 사육하였다. 육지계통은 2006년 가을에서 2007년 늦겨울 강원도 춘천 및 경기도 양평지역에서 채집한 번데기에서 우화시킨 것이었고, 다시 2007년 가을 및 2008년 봄에 번데기를 채집하여 유지하였다. 육지계통에서 나온 2세대 성충은 따로 분리하여 사육하였다. 제주계통은 2007년 및 2008년 하늘타리에 발생한 유충은 용화시켜서 성충으로 우화시켰다. 우화된 성충은 아크릴 케이지(42×30×35cm)에서 사육하면서 설탕, 가수분해 효소, 그리고 물을 충분히 제공하여 유지시켰다.

실내실험

실험환경 조건

사육실에서 유지하고 있던 2006년 육지 계통을 실험에 이용하였다. 유인반응 실험을 위하여 아크릴케이지(42×30×35cm)에 성충 18~20마리(성비, 암:수 = 1:1)를 넣었다. 광도는 케이지 상단부 2,000 Lux, 바닥은 800 Lux가 되도록 조절하였다.

플라스틱 공 색깔에 대한 유인정도

볼풀(ball pool)용으로 사용하는 직경 55 mm의 플라스틱 공을 사용하였으며 처리한 색깔의 조합은 표 1과 같았다. 과실파리류가 휴식을 위하여 식물체를 이용하는 것으로 알려져 있기 때문에 포도에 식재된 녹차묘를 한 조합으로 이용하였다. 공을 공작용 철사(직경 2mm) 끝에 끼워서 음료수병에 꽂은 다음 케이지 안에 설치하였다. 처리 후 30분에서 1시간 사이 과실파리 활동이 안정화된 상태에서 각 색깔의 공(또는 식물체)에 정착한 성충수를 조사하였다.

평면 형태에 따른 호박과실파리 유인정도

색채가 다른 종이(A3 규격)를 코팅하여 사용하였다. 코팅된 종이를 잘라서 원판형은 직경 55 mm, 정사각형은 한 변의 길이가 55 mm로 되도록 하였다. 공작용 철사에 고정핀을 이용하여 각 절단된 종이를 고정하였으며(처리 조합 : 표 2 참조), 음료수 병에 꽂아서 케이지 안에 설치하였다. 조사는 공 색깔별 유인정도 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

원구(공)와 평면 원판에 대한 유인정도

플라스틱 공과 코팅 종이를 조합하여 호박과실 유인정도를 조사하였다(처리조합 : 표 3 참조). 조사는 공 색깔별 유인정도 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

포장실험

실내실험 결과 플라스틱 공에 호박과실파리의 유인력이 우수하였으므로 포장상태에서 유인력을 평가하였다. 1차 실험은 2007년 7월 18일에서 8월 14일 사이에 제주도 아라동 주키니 호박 포장에서 실시하였다(해발고도 300 m, 면적 2 ha). 약 1 m 높이의 말뚝을 10 m 간격으로 세우고 가는 철선을 빨래줄 형태로 연결한 다음 녹색, 청색, 황색 공을 30 cm 간격으로 교차하면서 설치하였다(각 8개, 총 24개). 각 공을 10 cm 길이의 가는 철사에 끼워서 주 철선에 설치하였으며, 공에는 호

박과실파리가 정착하는 경우 포획될 수 있도록 텀플트를 도포하였다.

2차 실험은 2007년 9월 17일부터 10월 16일 사이에 제주도 아라동 하늘타리 자생지역에서 실시하였다(해발고도 200 m). 나무와 나무사이에 눈높이로 빨래줄 같이 주 철선을 연결하고 플라스틱 공을 설치하였다. 녹색, 청색, 황색 공 각 5개 총 15개 공을 위와 동일한 방법으로 설치하였다.

결과 및 고찰

실내실험

실내 케이지 밀폐조건에서 소형 플라스틱 공의 몇 가지 색깔 조합별 호박과실파리 유인반응을 조사한 결과 표 1과 같았다. 진한녹색과 투명이나 청색 또는 적색 조합에서는 진한 녹색 공에 대부분의 호박과실파리가 유인되었다. 진한녹색과 황색 조합에서는 비슷한 유인력을 보였다. 진한녹색 및 적색과 식물체 등 3가지 조합에서도 진한녹색 공의 유인력이 가장 높았다. 진한녹색, 황색, 식물체 등 3가지 조합에서는 식물체보다는 진한녹색이나 황색에 정착하는 호박과실파리가 많았다. 연한녹색, 황색, 식물체 등 3가지 조합에서는 황색과 큰 차이는 없었으나 연한녹색의 유인력이 높았다. 진한녹색, 황색, 적색, 청색 등 4가지 조합에

Table 1. The number of *B. depressa* adults (Mean ± SE) attracted on the different color of balls (dia. 55mm) in the laboratory

Combination of colors				No. adults attracted			
A	B	C	D	A	B	C	D
Deep green	transparent	-	-	10.6±0.60	0.2±0.20	-	-
Deep green	Blue	-	-	10.2±0.80	1.8±0.34	-	-
Deep green	Red	-	-	9.4±0.68	2.8±0.37	-	-
Deep green	Red	Potted plant	-	5.4±0.40	2.2±0.20	1.0±0.45	-
Deep green	Yellow	-	-	6.2±0.37	6.0±0.71	-	-
Deep green	Yellow	Potted plant	-	6.2±0.92	5.4±0.51	1.2±0.58	-
Light green	Yellow	Potted plant	-	5.2±0.31	4.8±0.33	1.2±0.20	-
Light green	Deep green	Yellow	Potted plant	4.2±0.29	5.8±0.58	2.8±0.34	0.2±0.20
Deep green	Yellow	Red	Blue	6.2±0.63	4.4±0.51	3.0±0.32	0.6±0.24

This experiment was conducted in an acryl cage (42×30×35cm) with 18 - 20 *B. depressa* adults.

서는 진한녹색과 황색에 유인되는 호박과실파리가 많았고 적색, 청색 순이었다. 연한녹색, 진한녹색, 황색, 식물체 등 4가지 조합에서는 진한 녹색 > 연한 녹색 > 황색 > 식물체 순으로 유인력을 보였다. 전체적으로 볼 때 과실과 형태가 비슷한 구형 플라스틱에서 색깔에 따른 호박과실파리 유인력은 항상 진한녹색에서 가장 높았고 황색, 적색, 청색 순으로 선호도를 보였다.

동일한 환경조건에서 입체물체가 아닌 평평한 물체에 대한 유인력은 표 2와 같았다. 녹색 원판과 녹색 정사각형 조합에서는 원판의 유인력이 약간 높았다. 황색원판과 황색 정사각형 및 적색 원판과 적색 정사각형에서도 원판에 유인되는 경우가 높았다. 하지만 색깔 및 형태에 상관없이 평면인 경우 유인력이 많이 떨어졌다.

Table 2. The number of *B. depressa* adults (Mean ± SE) attracted on the different shape of plates in the laboratory

Combination of shape		No. adults attracted	
A	B	A	B
Green disc (dia. 55mm)	Green square (55mm)	1.2±0.37	0.8±0.20
Yellow disc (dia. 55mm)	Yellow square (55mm)	1.0±0.32	0.6±0.24
Red disc (dia. 55mm)	Red square (55mm)	0.6±0.24	0.4±0.24

This experiment was conducted in an acryl cage (42×30×35cm) with 18 - 20 *B. depressa* adults.

동일한 환경 조건에서 구형 볼과 원판 간의 선호도를 조사한 결과는 표 3과 같다. 녹색공과 녹색원판 조합에서는 녹색공에 훨씬 더 많은 호박과실파리가 정착하였다. 황색공과 녹색원판 조합에서는 황색공의 유인력이 많이 높았다. 적색공과 녹색원판 조합에서도 역시 색깔 보다는 입체적인 구형 적색공에 많이 유인되었다. 따라서 호박과실파리는 색깔에 앞서 평평한 물체보다는 과실형태의 입체적 물체에 더 잘 유인되는 것으로 판단된다.

Table 3. The effects of dimensional characteristics (ball and plate in dia. 55mm) on the attraction of *B. depressa* adults (Mean ± SE) in the laboratory

Combination of treatment		No. adults attracted	
A	B	A	B
Green ball	Green disc	7.2±0.6	0.6±0.24
Yellow ball	Green disc	6.8±0.55	0.4±0.24
Red ball	Green disc	4.8±0.37	0.6±0.24

This experiment was conducted in an acryl cage (42×30×35cm) with 18 - 20 *B. depressa* adults.

포장실험

포장상태에서 플라스틱 공 색깔별 과실파리 유인 정도는 표 4와 같았다. 호박과실파리는 전혀 유인되지 않았고 녹색 공과 황색 공에 호박과실파리가 유인되는 것이 확인되었다. 하지만 유살된 마리수는 매우 적었다. 즉 실내 조건에서는 공(원구) 트랩에 잘 유인되었으나 포장상태에서는 전혀 유인되지 않는 것으로 보인다. 또한 포장조건에서는 상대적으로 볼 크기가 작아 나무 잎 등과 간섭을 일으키고 실제 과실과 경쟁력이 떨어지는 것으로 보이며 또한 끈적이로 사용하는 탱글폼트가 부패되거나 중력으로 인하여 아랫면으로 물리면서 제 기능을 발휘하지 못하는 것도 한 가지 원인이었다.

Table 4. The number of Tephritidae flies caught on the different color of sticky ball traps (dia. 55mm) in the field

Date investigated	Color	<i>B. depressa</i>	<i>B. scutellata</i>	Remark
July 18 - August 14	Green	0	3	Altitude 300m
	Yellow	0	1	
	Blue	0	0	
September 17 - October 16	Green	0	0	Altitude 200m
	Yellow	0	0	
	Blue	0	-	

This experiment was conducted at two localities with 5 to 8 replicates.

세계적으로 중요한 과실파리 종은 아메리카 중부 및 남부에 국한되어 분포하는 *Anastrepha* spp., 아프리카 기원으로 유럽 남부, 아메리카 중남부, 하와이, 호주 지역의 *Ceratitis* sp., 아프리카, 아시아, 호주, 태평양 연안 열대 및 아열대 지역의 *Dacus* spp., 그리고 주로 아메리카와 유럽의 극지방과 일부 아메리카 중남부 고원지역에 분포하는 *Rhagoletis* sp. 등이다. 과실파리류는 농작물에 치명적인 피해를 주고 또한 검역적으로 중요하게 취급되기 때문에 전 세계적으로 방제기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 시각적 유인 기구, 후각적 유인물질, 페로몬 유사물질 등을 중심으로 연구가 수행되었다.

Fletcher and Prokopy(1991)는 과실파리류가 기주식물을 발견하는 데는 과실 형태 및 크기, 색깔, 과실휘발성분 등 다양한 요소가 관여하는 것으로 폭 넓게 연구하였다. 일반적으로 대부분 과실파리는 과실 형태에 있어서는 실린더, 원추 또는 육면체 형태 보다는 구형물체에 더 잘 유인된다고 하였다. 또한 직사각형 보다는 원반형 물체에 유인력이 높았다. 과실의 색깔은 과실파리류 유인에 중요한 영향을 미치는데, 미숙상태 녹색과실은 잎과 유사한 550nm, 성숙한 적색 과실은 660nm 이상 파장을 반사한다. 플라스틱 과실을 이용 *R. pomonella*를 대상으로 실험한 결과 색조(hue)와 상관없이 >580nm 반사율(reflectance)에서 유인력이 가장 높았고, 색조가 없는 검정색보다 유인력이 높지는 않았다. 또한 모형과실 실험에서 반사율 350에서 580nm 사이 감소할 때 유인력 증가하였다. 따라서 이 과실파리 종에서는 색조가 큰 역할을 하지 않는 것으로 판단되었다. 과실파리류가 기주과실을 선택할 때 시각적 요인이 중요한 역할을 하지만 후각적 요소도 보완적 역할을 하는 것으로 보인다. Reissig et al. (1982) 등은 과실향기 성분을 처리하지 않은 구형 끈적이 트랩 보다 처리한 트랩에 더 많은 *R. pomonella*가 유인되었음을 보였다. 과실파리 중 *D. oleae* 종은 시각적으로 유사한 모형 과실보다는 실제 과실에 접근하는 등 기주식물이 발산하는 휘발성분에 반응하는 것으로 보인다(Haniotakis and Voyadjoglou, 1978). 종합적으로 볼 때 본 연구에서 좁은 공간인 실내 케이지 조건에서는 유인체의 색깔 및 형태에

따라 유인반응이 다르고 유인력이 인정되었으나 포장조건에서는 유인력이 없는 것은 호박과실파리는 시각적 유인뿐만 아니라 후각적인 유인작용도 작용하는 것으로 보인다. 그 결과로 포장상태에서는 인공적 유인기구가 실제 기주식물과의 경쟁에서 떨어지는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국책연구과제 연구비로 수행되었음(2007~2008년).

적 요

실내 케이지 밀폐조건에서 소형 플라스틱 공의 몇 가지 색깔 조합별 호박과실파리 유인반응을 조사한 결과 진한 녹색 > 연한 녹색 > 황색 > 식물체 순으로 유인력을 보였다. 원판과 정사각형에 대한 유인반응에서는 색깔에 상관없이 원판형 물체에 유인력이 높았다. 동일한 환경 조건에서 구형 볼과 원판 간의 선호도를 조사한 결과 색깔에 상관없이 구형의 물체에 유인되었다. 따라서 호박과실파리는 색깔에 앞서 편평한 물체보다는 과실 형태의 입체적 물체에 더 잘 유인되는 것으로 판단되었다. 실내실험에서 유인력이 있었던 플라스틱 공 트랩은 포장조건에서는 유인력이 없었다.

주요어 호박과실파리, 과실파리과, 시각반응, 유인체

인용문헌

- 박종서. 2003. 수출식물 검역지원 시책 및 주요국의 식물검역협력 현황. 농수산물 무역정보 2003년 7월호: 4-11.
- Fletcher, B. S. and R. j. Prokopy. 1991. Host location and oviposition in tephritid fruit flies. In *reproductive behavior of insects*,

- individuals and populations* (eds W.J. Bailey and J.R-Smith), Chapman & Hall, London-New York-Tokyo-Melbourne-Madras, 139-171.
- Han, H.Y. and Y.J. Kwon. 2000. Economic insects of Korea 3 (Diptera: Tephritidae). *Insecta Koreana* Sup. 10: 113.
- Han, H.J., S.H. Lee, S.B. Ahn, J.Y. Choi and K.M. Choi. 1994. Distribution, damage and host plants of pumpkin fruit fly, *Paradacus depressa* (Shiraki). *RDA J. Agri. Sci.* 36: 346-350.
- Haniotakis, G.E. and A. Voyadjoglou. 1978. Oviposition regulation in *Dacus oleae* by various olive fruit characters. *Entomol. Exp. Appl.* 24: 187-192.
- Kim, T.H. and J.S. Kim. 2002. Annual occurrence and bionomics of the pumpkin fruit fly [*Bactrocera (paradacus) depressa* Shiraki]. *Kor. J. Soil Zool.* 7: 1-5.
- Kwon Yong Jung. 1985. Classification of Fruitfly-Pest from Korea, *Insecta Koreana* 5 : 49-112.
- Reissig, W.H. B.L. Fein and W.L. Roelofs. 1982. Field tests of synthetic volatiles as apple maggot (Diptera: Tephritidae) attractants. *Environ. Entomol.* 11: 1294-1298.
- Shiraki, T. 1933. A systematic study of Trypetidae in the Japanese empire. *Memorirs of the Faculty of Science and Agriculture, Taihoku Imperial University* 8: 90-91.