

# 단백질 기반 Terpinyl Acetate를 이용한 호박과실파리류 암컷 유살 기술 개발

김용균\* · 권기면<sup>1</sup>안동대학교 식물의학과, <sup>1</sup>(주)생물이용연구소

## Development of Female Annihilation Technique Against Pumpkin Fruit Flies Using Protein-based Terpinyl Acetate

Yonggyun Kim\* and Gimyeon Kwon<sup>1</sup>

Department of Plant Medicals, Andong National University, Andong 36729, Korea

<sup>1</sup>Biological Utilization Institute, Andong 36729, Korea

**ABSTRACT:** *Bactrocera depressa* and *B. scutellata* are serious insect pests to pumpkin in Korea. Adult stage which exposes to aerial condition is the optimal target for control because the immature stages of both species hide within host fruit, flowers or under ground. This study aimed to develop an attract-to-kill technique of their females. A commercially available attract-to-kill agent was not effective to attract these two pumpkin fruit flies. This study developed an attractant containing protein-based terpinyl acetate (TA). This TA-protein lure was effective to attract two pumpkin fruit flies. It attracted both sexes with female-biased frequency (60-70%). This TA-protein lure would be used for control both pumpkin fruit flies and may be used for monitoring field populations of *B. depressa*, in which specific attractant is not known.

**Key words:** Fruit fly, *Bactrocera depressa*, *Bactrocera scutellata*, Attract-to-kill, Female, Control

**초록:** 국내 호박에 피해를 주는 두 과실파리 해충은 호박과실파리(*Bactrocera depressa*)와 호박꽃과실파리(*B. scutellata*)이다. 두 해충의 미성숙 시기는 기주 그리고 땅 속에 존재하여 대기에 노출된 성충 시기가 방제의 대상이 된다. 이들 과실파리 성충을 대상으로 본 연구는 암컷유살제를 개발하는 연구의 목적을 두었다. 현재 다른 과실파리에 대해서 사용되고 있는 상용 유살제는 이들 호박과실파리류에 대해서 유인력이 낮았다. 본 연구는 단백질 기반에 terpinyl acetate (TA)를 가미하여 유인력을 증가시킨 유살제를 개발하였다. 이 TA-단백질 유살제는 두 종의 호박과실파리류 모두를 유인하였다. 또한 암수 모두를 유인하지만, 암컷이 수컷에 비해 더 많이(60~70%) 유인되었다. TA-단백질 유살제는 이들 호박과실파리류의 방제는 물론이고 특이한 유인제가 없는 호박과실파리에 대해서 모니터링 소재로 응용될 수 있다.

**검색어:** 과실파리, 호박과실파리, 호박꽃과실파리, 유살제, 암컷, 방제

흔히 부르는 과실파리는 파리목 내에 과실파리과(Tephritidae)와 초파리과(Drosophilidae)를 포함한다(Kim and Kim, 2016). 모두 9개의 과(Family)를 갖고 있는 과실파리상과(Tephritoidea)는 약 7,300종의 종풍부도를 지닌 대형 분류군이다(Korneyev, 1999). 이 가운데 가장 다수를 차지하는 분류군이 과실파리과

이며 여기에는 약 4,400종 이상이 포함되는 것으로 알려지고 있다(White and Elson-Harris, 1992; Norrbom et al., 1999). 특히 농작물에 큰 피해를 주고 있는 과실파리는 *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Anastrepha* 그리고 *Rhagoletis* 속에 속한 과실파리 종들이고 이들에 속한 많은 과실파리가 국내 검역 대상 해충에 포함된다. 즉, 국내 검역본부에서 규정한 60종의 금지해충 중에서 41종(중복으로 확인된 1종 제외)이 이들 과실파리류에 속한다(Kim et al., 2017a).

\*Corresponding author: [hosanna@anu.ac.kr](mailto:hosanna@anu.ac.kr)

Received December 20 2017; Revised January 31 2018

Accepted April 13 2018

국내 과실파리과에 속한 종들은 남북한을 통틀어 모두 90종으로 알려졌다(Han and Kwon, 2010; Han et al., 2014). 이들은 모두 4개 아과에 속하며, Dacinae 아과에 4종, Phytalmiinae 아과에 4종, Tephritinae 아과에 39종, 그리고 Trypetinae 아과에 43종이 각각 포함된다. 이 가운데 해충으로 알려진 호박과실파리(*Bactrocera depressa*)와 호박꽃과실파리(*B. scutellata*)는 Dacinae 아과에 속하게 된다.

호박과실파리는 1974년 전남 광양시 백양산에서 최초로 채집되어 보고되었다(Kim and Kim, 1974). 농업 해충으로 인식은 1990년 전남 곡성의 산간 고랭지 수박에서 확인되었다(Han et al., 1994). 피해를 주는 작물은 호박(화초호박, 단호박), 조롱박, 수박, 참외 등이며(Han et al., 1994), 야생 기주로서 하늘타리(*Trichosanthes kirilowii*)를 포함한다(Kim et al., 2011). 호박과실파리는 번데기로 토양에서 월동하며 연 1 회 성충 발생을 보이는 데 발생최성기는 5월 하순~6월 상순이며 7월 중하순부터 산란 현이 관찰된다(Kang et al., 2008).

호박꽃과실파리는 하늘타리속 식물의 수꽃 봉오리를 먹이원으로 하기 때문에(Shiraki, 1968) 농업해충으로 크게 취급되지 않았으나, Kim et al. (2010)이 호박 암꽃에 30.7%, 수꽃에 53.8%의 피해를 보고함에 따라 해충으로서 인식되었다. 호박꽃과실파리 성충은 연 2 회 발생을 보이며 발생최성기는 7월 중순~8월 초순과 9월 상순이다(Kim et al., 2010). 호박꽃과실파리는 raspberry ketone (RK: 4-(4-Hydroxyphenyl)-2-butanone) 그리고 이를 아세틸화로 인공적으로 가공한 화합물인 Cuelure (CL: 4-(4-Acetoxyphenyl)-2-butanone)에 유인된다(Kim et al., 2012, 2017b).

호박과실파리류 유충은 호박꽃과 열매 내부에 서식하기 때문에 처리 약제에 직접 노출이 어려워 살포용 화학농약으로는 방제에 어려움이 있다. 따라서 이들 과실파리류의 방제는 외부에 노출된 성충을 대상으로 하는 것이 바람직하다. 성충 과실파리 방제는 크게 유인제를 이용한 유살(attract-to-kill)기술과 불임충을 이용한 유전방제기술로 나눌 수 있다(Vargas et al., 2015). 호박꽃과실파리 수컷의 경우 RK 또는 CL에 살충제를 가미하여 유살시키는 수컷박멸기술(male annihilation technique, MAT)이 개발되었다(Kim et al., 2017b). 그러나 호박과실파리의 경우 아직 수컷을 유인하는 효과적 유인 물질 부재로 MAT 기술 개발이 이뤄지지 않고 있다.

대부분의 과실파리류 성충은 영양의존형(anautogenic)으로 생식을 위해서는 외부 영양원의 공급이 필요하다(Drew and Yuval, 2000). 유살을 이용한 암컷박멸기술(female annihilation technique: FAT)은 암컷이 생식을 위해 단백질 섭취를 요구하는 것을 이용하여 단백질 유인 물질에 살충제를 가미하였다

(Vargas et al., 2015). 이를 기반으로 효모추출물에 스피노사드(spinosad) 살충제를 가미한 GF120 (Dow AgroScience, Indianapolis, IN, USA)이 개발되어 *Bactrocera*를 포함한 여러 과실파리의 암컷박멸제로 상용화되고 있다(Rivis et al., 2004). 그러나 암컷에 대한 유인력을 높이기 위한 연구는 지속되어 암모니아 또는 세균 추출물을 가미한 새로운 암컷유살제 개발이 이뤄지고 있다(Piñero et al., 2011; Epsky et al., 2015). 본 연구는 아직 FAT 기술이 검증되지 않은 국내 호박과실파리류에 대해서 이들 암컷 성충의 유인력을 높일 수 있는 유인물질의 개발을 목표로 추진되었다.

## 재료 및 방법

### 분석 포장 및 공시충

본 연구는 모두 야외에서 실시되었다. 분석 장소는 경북 안동시 남선면 기느리(북위 36.53 동경 128.77) 호박밭과 제주시 아라동에 속한 호박밭(북위 33.44 동경 126.57)으로 제주도의 경우 주변에 노랑하늘타리(*Trichosanthes kirilowii* var. *japonica* Kitam)가 자생하였다.

분석에 사용된 공시충은 모두 야외충으로 호박과실파리와 호박꽃과실파리로 구성되었다. 트랩에 포획된 호박과실파리류 동정은 중흉 큰등판(scutum)에 두 개의 세로줄이 존재하는 것으로 확인하고, 이들 두 종의 구분은 여기에 중흉 작은등판(scutellum) 전체 면이 노랑색이면 호박과실파리, 반면에 작은등판 앞쪽 반만 노랑색이면 호박꽃과실파리로 동정하였다(Kim et al., 2017a). 암컷은 복부 말단의 산란관의 존재로 확인하였다.

### 암컷유살제 조제

상용유살제는 스피노사드 기반의 GF120 (Dow AgroScience, Indianapolis, IN, USA)을 이용하였다. GF120은 물로 5~500배 희석하여 유인효과를 분석하였다. 반면에 본 연구에서 개발하려는 여러 후보 암컷유살제는 FAT101, FAT201-203으로 명명하였다. FAT101 유살제는 250 g의 이스트추출물(BioShop, Burlington, Canada), 750 g의 설탕(CJ, Incheon, Korea) 그리고 1 g의 spinosad 입제(부메랑®, 10% a.i., Dongbang Agro, Seoul, Korea)를 혼합하여 사용하였다. FAT201-203의 조성은 Table 1과 같다.

**Table 1.** Composition of three different protein-baited lures ('FAT201-FAT203')

Component	FAT201	FAT202	FAT203	Purchase
Yeast extract	25 g	50 g	75 g	MB cell, Seoul, Korea
Sucrose	70 g	45 g	20 g	CJ, Inchon, Korea
Fruit juice (Cold <sup>®</sup> )	80 mL	80 mL	80 mL	Lotte Chilsung, Seoul, Korea
Insecticide (MiteKill <sup>®</sup> )	2 mL	2 mL	2 mL	KoreaBio, Hwasung, Korea
Terpinyl acetate	2 mL	2 mL	2 mL	Sigma-Aldrich Korea, Seoul, Korea
Sodium azide	1 g	1 g	1 g	Sigma-Aldrich Korea, Seoul, Korea
Distilled water	40 mL	40 mL	40 mL	

### 트랩 설치 및 포장시험

암컷유살제는 맥패일트랩(Pherobank, Wijk bij Duurstede, Netherland)을 이용하여 처리하였다. 각 트랩에 분석될 유살제를 500 mL 씩 채웠다. 단, FAT101은 고체 유살제로서 약 100 g 을 각 트랩에 투여하였다. 각 포장에서는 3반복으로 실시하였다. 트랩 간 거리는 최소 50 m를 유지하였다. 제주도 포장은 2017년 6월 7일에서 7월 21일 까지 실시되었다. 그러나 제주도에 비해 성충 발생이 늦게 나타나는 안동 포장에서는 8월 11일부터 9월 21일까지 진행되었다. 결과는 각 트랩에 주어진 기간 동안의 평균 포획수로 표기하였다.

### 통계분석

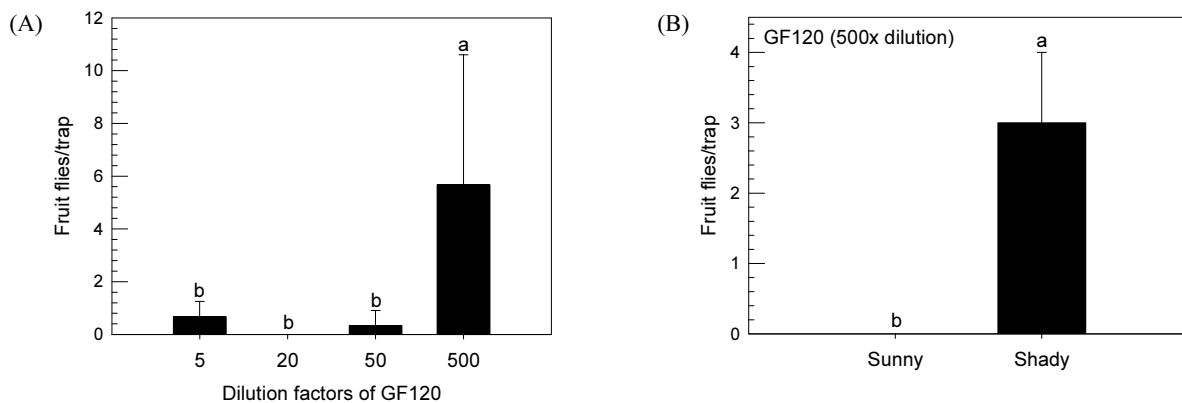
백분율 자료는 arcsin 수치변환을 통해 분산분석에 이용되었다. 분산분석은 SAS 프로그램(SAS Institute, 1989)의 PROC GLM을 이용하였다. 처리 평균간 비교는 최소유의차검정을 이용하여 제1형 오류가 0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

### 결과

#### 상용 과실파리 살포제의 호박과실파리류에 대한 유인력

외국에서 과실파리 방제 약제로 사용하고 있는 GF120은 암컷 과실파리의 단백질 영양원에 대한 유인 효과에 기초하여 살충효과를 나타내는 약제로서 국내 호박과실파리류에 대해 유인력이 있는지를 제주 지역 집단을 대상으로 분석되었다(Fig. 1). GF120은 호박과실파리류에 대해서 유인력을 나타냈다. 그러나 약제의 농도에 따라 유인력에 다소 차이를 나타냈다( $F = 3.45$ ;  $df = 3,8$ ;  $P = 0.0717$ ). 흥미롭게도 약제의 희석 농도가 5~20배의 높은 농도 범위에서는 거의 유인효과가 없었다. 그러나 오히려 희석 농도를 500배로 증가시킨 낮은 농도에서는 유인효과가 뚜렷하게 증가하였다. 그럼에도 불구하고 약 2주(6월 7일~6월 21일) 동안 유인된 과실파리 수가 불과 평균 5.7마리로서 매우 낮은 유인력을 나타냈다(Fig. 1A).

유인력의 차이가 트랩의 위치에 따라 기인될 수 있다는 판단 하에 동일한 유인물질(GF120, 500배 희석액)을 양지와 음지로



**Fig. 1.** Attractiveness of a commercial protein-baited lure ('GF120') against two pumpkin fruit flies (*B. depressa* and *B. scutellata*) in Jeju for two weeks during June, 2017. (A) Influence of dilution factor (B) Influence of trap location containing 500 times diluted GF120. McPhail trap was used. Each treatment was replicated with three times using different spots. All trap catches were males of *B. scutellata*. Different letters above standard deviation bars indicate significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

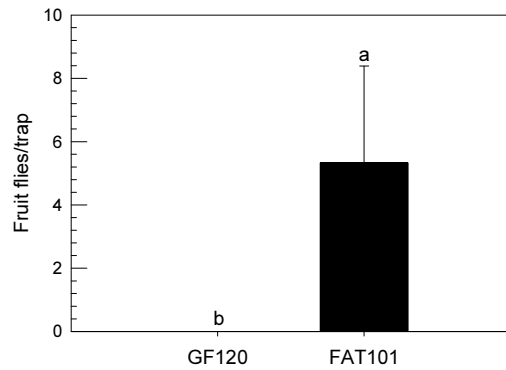
나누어 설치하고 10일간(6월 21일~6월 30일) 모니터링하였다. 양지는 도로변 노출 지역이고 음지는 동일한 장소의 도로변 나무 아래에 설치하였다. 이들 사이에는 뚜렷한 차이를 보였다( $F=27.00$ ;  $df=1,4$ ;  $P=0.0065$ ). 동일한 시기에 양지에서는 전혀 포획 밀도를 보이지 않은 반면, 나무 그늘 아래 설치된 트랩에서만 뚜렷한 포획 밀도를 나타냈다(Fig. 1B). 유인된 호박과실 파리류는 모두 호박꽃과실파리였다. 이상의 결과는 500배 희석한 GF120을 그늘에 설치할 경우 호박꽃과실파리에 대한 유효한 유인력을 나타냈다.

### 새로운 암컷유살제 개발

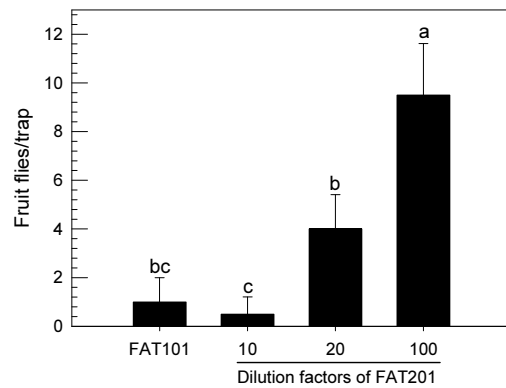
GF120의 낮은 유인력을 해결하기 위해서는 높은 유인력을 가진 유인물질 개발이 필요했다. 이를 위해 단백질 및 설탕 기준으로 고체형 FAT101을 조제하였고, 호박과실파리류에 대한 유인력을 GF120과 비교하여 실시하였다(Fig. 2). 야외 검증은 안동지역 호박밭에서 실시되었다. 이들 두 유인제들 사이에 뚜렷한 유인력 차이를 나타냈다( $t=3.02$ ;  $df=4$ ;  $P=0.0390$ ). 조사기간 동안 아마도 낮은 성충 밀도로 GF120에 유인된 개체가 없었으나, FAT101은 이러한 조건 속에서도 뚜렷한 유인 밀도를 나타냈다.

FAT101의 유인효율을 보다 증진시키기 위해 일부 과실파리에 유인력(White and Elson-Harris, 1994)을 보이는 과일 주스에 terpinyl acetate를 첨가하여 FAT201을 제조하고 유인력 제고를 꾀하였다(Fig. 3). FAT201도 희석농도에 따라 호박과실파리류에 대한 유인력 차이를 나타냈다. 조사된 희석농도가운데 100배 희석액에서 뚜렷한 유인력 증가 효과를 나타냈다( $F=20.23$ ;  $df=3,5$ ;  $P=0.0032$ ).

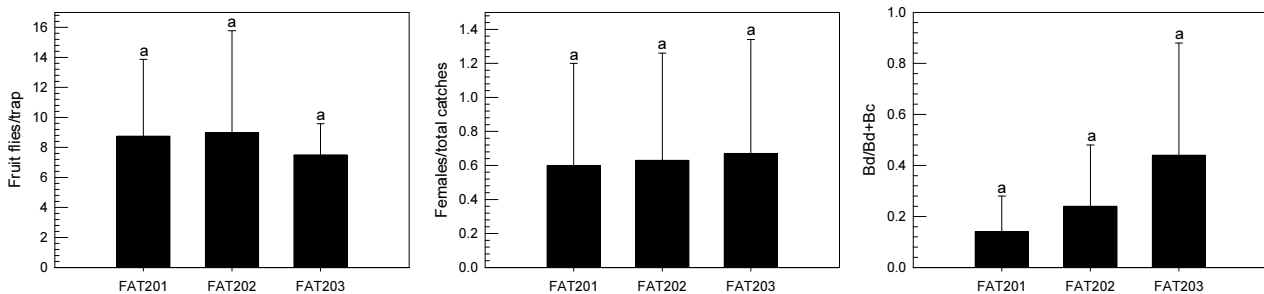
단백질과 설탕의 함량에 따른 유인력 차이를 보기 위해 설탕 대비 단백질의 비율을 높이는 쪽으로 FAT201에서 FAT203까



**Fig. 2.** Comparative analysis of a commercial protein-baited lure ('GF120', 500 x dilution) and FAT101 in attractiveness of two pumpkin fruit flies (*B. depressa* and *B. scutellata*) in Jeju for ten days during June, 2017. McPhail trap was used. Each treatment was replicated with three times using different spots. All trap catches were males of *B. scutellata*. Different letters above standard deviation bars indicate significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).



**Fig. 3.** Enhanced attractiveness of a protein-baited lure ('FAT201') against two pumpkin fruit flies (*B. depressa* and *B. scutellata*) in Andong for one month from August to September, 2017. McPhail trap was used. Each treatment was replicated with three times using different spots. Both fruit flies were captured. Different letters above standard deviation bars indicate significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).



**Fig. 4.** Attractiveness of three different protein-baited lures ('FAT201-FAT203') against two pumpkin fruit flies (*B. depressa* (Bd) and *B. scutellata* (Bs)) in Andong for one month from August to September, 2017. McPhail trap was used. Each treatment was replicated with three times using different spots. Both fruit flies were captured. Trap catches were analyzed in total catches (above), female ratio (middle), and *B. depressa* ratio (below). The same letters above standard deviation bars indicate no significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

지 제조하였다. 이들 3종의 유살제를 50배로 희석하여 비교한 결과(Fig. 4) 전체 포획 수에서 차이가 없었다( $F = 0.10$ ;  $df = 2,9$ ;  $P = 0.9048$ ). 이들 모두는 암컷을 60% 이상 유인하였으며 유인제들 사이에 차이는 없었다( $F = 0.19$ ;  $df = 2,9$ ;  $P = 0.8287$ ). 또한 호박과실파리 두 종 모두를 유인하였다. 이 가운데 호박과실파리는 평균 14~44%까지 포함되었다. 세 종류의 유살제 사이에 이 호박과실파리에 대한 유인력은 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다( $F = 2.14$ ;  $df = 2,9$ ;  $P = 0.1739$ ).

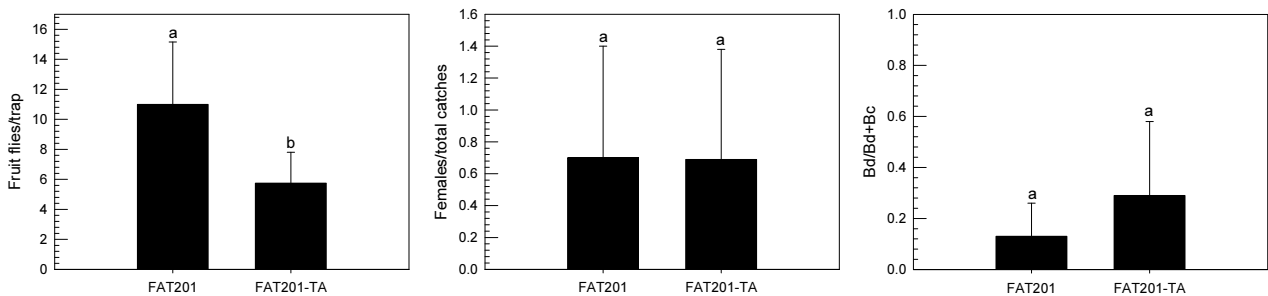
### Terpinyl acetate의 유인력 증가 효과

FAT201이 호박과실파리류에 대해 높은 유인 효과를 보인 것이 terpinyl acetate에 의해 기인되었는지를 확인하기 위해 이 물질을 제거하고 상호간 유인력 차이를 검증하였다(Fig. 5). 전체 유인된 호박과실파리류의 개체수로 비교한 결과 terpinyl acetate가 제거되면 뚜렷하게 유인력이 감소하는 것을 확인하였다( $t = 2.26$ ;  $df = 6$ ;  $P = 0.0456$ ). 반면에 암컷 유인력은 terpinyl acetate 유무에 관계없이 약 70%를 유지하였다( $F = 0.01$ ;  $df = 1,6$ ;  $P = 0.9260$ ). 또한 두 종의 호박과실파리류를 유인하는 효과에서도 차이를 나타내지 않았다( $t = 1.52$ ;  $df = 6$ ;  $P = 0.1804$ ).

### 고찰

기후변화와 농산물 교역량 증가로 인하여 최근 국내에서는 금지급 검역대상 과실파리에 대한 진단, 모니터링 및 방제에 대한 관심이 높아지고 있다(Kim and Kim, 2016). 그러나 이들 과실파리가 국내에 아직 서식하지 않아 자연히 유사한 특성을 지닌 국내 자생 과실파리류를 이용하여 대체 연구가 진행되게 된다. 이와 관련지어 본 연구에서 국내 해충으로 주목받고 있는 두 호박과실파리류에 대한 방제 기술 개발 연구가 실시되었다.

과실파리의 특성 상 미성숙 시기에는 모두 기주 또는 땅속에서 서식하기에 일반 화학농약에 접촉될 가능성이 낮아 자연히 방제의 대상은 야외에 노출된 성충 발육시기에 집중된다. 이를 위해 암컷과 수컷 성충에 대해서 유살 기술이 유효할 수 있다. *Bactrocera*에 속한 과실파리의 특성 상 수컷은 교미를 위해 무리화(lekking) 행동 및 약물섭취행동(pharmacophagy)을 보이는데 이러한 행동을 유도하는 메틸유제놀(methyl eugenol) 또는 RK에 살충제를 가미하여 수컷박멸기술이 개발되어 왔다(Steiner and Lee, 1955; Steiner et al., 1965). 암컷의 경우는 난소 발육과 알 생산을 위해 단백질 먹이원이 필요하기에 단백질 먹이 미기에 살충제를 혼합하여 암컷유살제가 개발되어 오리엔탈과실파리(*B. dorsalis*)에 대해서 최초로 적용하였다(Steiner, 1952; Roessler, 1989). 초기에는 유기인계 살충제가 가미되다가 천적과 인체에 위협을 주기 때문에 1990년대 후반에 보다 안전한 생물농약인 스피노사드 기반의 새로운 미끼 살포 제형이 개발되어 중앙아메리카와 미국에서 지중해과실파리(*Ceratitis capitata*)를 방제하는 데 사용되었다(Peck and McQuate, 2000; Vargas et al., 2002). 스피노사드는 토양에 서식하는 actinomycete 세균(*Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao)에서 유래된 살충 성분인 spinosyn A와 spinosyn D가 17:3의 비율로 혼합되어 구성된다(Ruiu, 2015). 이 성분은 곤충의 아세틸콜린 중추신경계를 교란하는 신경독으로 특히 주요 과실파리류에 대해서 높은 섭식독성을 나타내지만, 포유류에 독성이 낮고 천적류에 대한 환경영향이 적다(Stark et al., 2004). Spinosad 기반 단백질 미끼는 과실파리류를 유인하여 경구독성을 일으켰으며 Moreno and Mangan (1995)에 의해 최초로 개발되었다. 이후 GF-120 Fruit Fly Bait (Dow AgroSciences, Indianapolis, IN)로 상품화되었다(DowElanco, 1994; Vargas et al., 2007). 본 연구에서는 스피노사드 대신에 국내에 친환경약제로 등록된 응철이를 이용하였다. 이 약제는 기존의 수컷유살제 개발에서 살충력이 입



**Fig. 5.** Effect of terpinyl acetate on attractiveness of a protein-baited lure ('FAT201') against two pumpkin fruit flies (*B. depressa* (Bd) and *B. scutellata* (Bs)) in Andong for one month from August to September, 2017. McPhail trap was used. Each treatment was replicated with three times using different spots. Both fruit flies were captured. Trap catches were analyzed in total catches (above), female ratio (middle), and *B. depressa* ratio (below). The same letters above standard deviation bars indicate no significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

증되었으며(Kim et al., 2017b), 특별히 국내 농생태계에 처리되어 온 약제로서 긴급 방제에 투입될 때 무리한 허가 절차 없이도 적용될 수 있는 장점을 지니고 있다. 본 실험에서는 맥페이트를 이용하였고 여기에 액체성 유인제로서 약물에 의한 살충 기작보다는 침지에 의한 살충작용이 유효하였을 것으로 보아 응찰이의 약효 평가는 아직 무리가 있다. 추후 살포용으로 FAT201을 개발하는 경우 보다 정확한 살충력 검증을 통한 약제 투입량이 결정되어야 한다.

암컷유살제로 개발하기 위해서는 우선 유인 효과가 있어야 한다. 호박꽃과실파리와 달리 호박과실파리에 대해서는 특별한 유인제가 알려져 있지 않았으나 양조용 효모추출물(brewer hydrolysate) 및 토틀라(*Torula*) 효모 등 단백질 먹이에 유인력(Kim et al., 2010)을 보였고, 휴식기주(roosting host)가 인접한 경우 유인력이 증가하는 것을 보였다(Kim et al., 2012). 이러한 단백질 유인물질이 포함된 GF120은 본 연구에서 호박과실파리류에 대해서는 매우 낮은 유인력을 나타냈다. 이에 반하여 본 연구에서 개발된 FAT201 암컷유살제는 두 호박과실파리류에 대해서 높은 유인력을 나타냈다. 암수를 모두 유인하지만 수컷보다는 암컷에 더 효과적으로 작용하였다. 이러한 결과는 수컷에 대해서 뚜렷한 유인물질이 없는 호박과실파리에 대해서 FAT201이 유인제로 응용되어 이 해충의 연간 발생 모니터링에도 응용될 수 있다는 것을 제시하여 주고 있다.

Terpinyl acetate는 식물체 정유에 포함된 방향물질로서 일부 지중해과실파리류(*C. cosyra*)는 물론이고 나방류(예, 복숭아순나방)에도 유인제로서 이용되고 있다(White and Elson-Harris, 1994; Padilha, 2017). 본 연구는 이 물질이 호박과실파리류에 대한 유인력을 증가시켜 주는 기능이 있다는 것을 보여 주고 있다. 이는 이 물질을 FAT201에서 제거하면 현저하게 총 유살수가 감소하는 데에서 이해될 수 있다. 그러나 이 물질이 특정 호박과실파리류에 대해서 또는 암수 성적 차이에 대한 유인력 차이에는 관계하지 않는 것으로 나타났다.

본 연구에서 추가된 과일 주스의 개별 유인효과는 검증되지 않았다. 그러나 다른 과실파리 연구에서 보면 이들 주스 또는 발효된 주스의 성분이 단백질 기반 암컷유인제에 유인력을 높여주는 것으로 확인되었다(Epsky et al., 2015). 본 연구에서는 단백질 기반 유인제에 두 종류의 주스(망고, 포도)의 첨가에 따른 이들 주스 성분의 유인력 차이를 분석하였지만 뚜렷한 차이를 보여주질 않았다(관찰자료). 추후 호박과실파리류에 대한 상이한 주스의 유인력 효과가 명확해질 필요가 있다.

암컷 유인물질의 탐색은 단백질 먹이원과 식물체 유래 물질 이외에도 과실파리류 장내 세균의 배양액에서도 탐색되고 있다. 오이과실파리(*B. cucurbitae*)의 장내 미생물을 분석한 결과

총 26개 세균류가 발견되었으며, 다수가 장내세균과(Enterobacteriaceae)로 분류되었다(Hadapad et al., 2016). 특히 *Klebsiella*, *Citrobacter* 및 *Providencia* 속에 속한 세균을 배양한 배양액 상등액이 오리엔탈과실파리와 오이과실파리의 암컷에 대해서 높은 유인력을 보였으며, 이 상등액에 3-methyl-1-butanol, 2-phenylethanol, butyl isocyanatoacetate, 2-methyl-1-propanol 및 3-hydroxy-2-butanone 이차대사 산물이 포함되어 있어 추후 암컷유인제로 개발될 가능성을 보여주었다(Hadapad et al., 2016).

본 연구는 두 호박과실파리류에 대한 암컷유인제를 찾았고 여기에 살충제를 가미한 암컷박멸의 기반 기술을 개발하였다. 또한 향후 본 연구에서 개발된 FAT201의 유인력 적용 범위에 대한 분석도 필요하다. 이는 FAT201이 기본적으로 종 특이성이 적기 때문에 다양한 과실파리류의 유인에 효과적일 수 있다. 따라서 금지급 과실파리가 유입되었을 경우 암컷을 유인하여 교미 유무를 판정하는 것이 이 침입 과실파리의 발생 기준을 결정하는 데 중요한 기준이기 때문에 금지급 과실파리를 대상으로 FAT201의 암컷 유인 효과검증은 새로운 검역 기술을 개발하는 데 유효할 수 있다.

## 사 사

본 연구는 iPET의 수출전략기술개발사업의 일환으로 수행되었다. 본 연구는 또한 2017년도 안동대 학생교육지도비로 지원되었으며, 이 사업으로 학부생(김효일)의 전공 관련 연구를 진행하였다.

## Literature Cited

- DowElanco, 1994. Spinosad technical guide. DowElanco, Indianapolis, IN, USA.
- Drew, R.A.I., Yuval, B., 2000. The evolution of fruit fly feeding behavior, in: Aluja, M. and Norrbom, A.L. (Eds.), *Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behaviour*. Boca Raton, Florida, CRC Press, pp. 731-750.
- Epsky, N.D., Gill, M.A., Mangan, R.L., 2015. Grape juice as a bait for *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 108, 2065-2073.
- Hadapad, A.B., Prabhakar, C.S., Chandekar, S.C., Tripathi, J., Hire, R.S., 2016. Diversity of bacterial communities in the midgut of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) populations and their potential use as attractants. *Pest Manag. Sci.* 72, 1222-1230.
- Han, H.Y., Kwon, Y.J., 2010. A list of North Korean Tephritoid species (Diptera: Tephritoidea) deposited in the Hungarian natural history museum. *Korean J. Syst. Zool.* 26, 251-260.

- Han, H.Y., Suk, S.W., Lee, Y.B., Lee, H.S. 2014. National List of Species of Korea 「Insect」 (Diptera II). National Institute of Biological Resources. Incheon, pp. 1-268.
- Han, M.J., Lee, S.H., Ahn, S.B., Choi, J.Y., Choi, K.M., 1994. Distribution, damage and host plants of pumpkin fruit fly, *Paradacus depressa* (Shiraki). RDA J. Agri. Sci. 36, 346-350.
- Kang, T.J., Kim, H.H., Jeon, H.Y., Yang, C.Y., Kim, D.S., 2008. Population phenology and an early season adult emergence model of pumpkin fruit fly, *Bactrocera depressa* (Diptera: Tephritidae). Korean J. Agric. For. Meteor. 47, 407-411.
- Kim, C.W., Kim, J.L., 1974. Insect fauna of national park, Mt. Naejang-san in summer season. Rep. Korean Cons. Nat. 8, 85-126.
- Kim, D.S., Jang, Y.S., Choi, K.S., Kang, T.J., Jeon, H.Y., 2012. Olfactory responses of *Bactrocera depressa* (Diptera: Tephritidae) in the field and laboratory. J. Subtrop. Agri. Biotechnol. 28, 33-44.
- Kim, D.S., Kang, T.J., Jeon, H.Y., 2011. A preliminary study for the visual response of *Bactrocera depressa* (Tephritidae: Diptera) in the laboratory environment. J. Subtrop. Agri. Biotechnol. 27, 39-44.
- Kim, K., Kim, M., Kwon, G., Kim, Y., 2017b. Technologies required for development of trap-based MAT control against the striped fruit fly, *Bactrocera scutellata*. Korean J. Appl. Entomol. 56, 51-60.
- Kim, Y., Kim, D., 2016. Integrated pest management against *Bactrocera* fruit flies. Korean J. Appl. Entomol. 55, 359-376.
- Kim, Y., Kim, D., Park, K., Han, H., 2017a. Manual for security system against high risk fruit flies. HongReung Science, Seoul, Korea.
- Kim, Y.P., Jeon, S.W., Lee, S.G., Choi, N.J., Hwang, C.H., 2010. Seasonal occurrence and damage of *Bactrocera scutellata* (Diptera: Tephritidae) in Jeonbuk province. Korean J. Appl. Entomol. 49, 299-304.
- Korneyev, V.A., 1999. Phylogenetic relationships among the families of the superfamily Tephritoidea, in: Aluja, M., Norrbom, A.L. (Eds.), Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. CRC Press, pp. 3-22.
- Moreno, D.S., Mangan, R.L., 1995. Responses of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) to two hydrolyzed proteins and incorporation of phloxine B to kill adults, in: Heitz, J.R., Downum, K.R. (Eds.), Light activated pest control. ACS Symposium Series, Washington, DC, USA, pp. 257-279.
- Norrbom, A.L., Carroll, L.E., Thompson, F.C., White, I.M., Freidberg, A., 1999. Systematic database of names, in: Thompson, F.C. (Ed.), Fruit fly expert system and systematic information database, Diptera Data Dissemination Disk 1 & Myia, pp. 65-251.
- Padilha, A.C., Arioli, C.J., Boff, M.I., Rosa, J.M., Botton, M., 2017. Traps and Baits for Luring *Grapholita molesta* (Busck) Adults in Mating Disruption-Treated Apple Orchards. Neotrop. Entomol. doi: 10.1007/s13744-017-0517-z.
- Peck, S.L., McQuate, G.T., 2000. Field tests of environmentally friendly malathion replacements to suppress wild Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) populations. J. Econ. Entomol. 93, 280-289.
- Piñero, J.C., Mau, R.F., Vargas, R.I., 2011. A comparative assessment of the response of three fruit fly species (Diptera: Tephritidae) to a spinosad-based bait: effect of ammonium acetate, female age, and protein hunger. Bull. Entomol. Res. 101, 373-381.
- Rivis, H.C., Miller, N.W., Vargas, R.I., 2004. Effects of aging and dilution on attraction and toxicity of GF-120 fruit fly bait spray for melon fly control in Hawaii. J. Econ. Entomol. 97, 1659-1665.
- Roessler, Y., 1989. Insecticidal bait and cover spray, in: Robinson, A.S., Hooper, G. (Eds.), Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Vol. 3A. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, pp. 329-335.
- Ruiu, L., 2015. Insect pathogenic bacteria in integrated pest management. Insects 6, 352-367.
- SAS Institute, Inc., 1989. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Shiraki, T., 1968. Fruit flies of the Ryukyu islands. United States National Museum Bulletin, 263 pp.
- Stark, J.D., Vargas, R.I., Miller, N.W., 2004. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) J. Econ. Entomol. 97, 911-915.
- Steiner, L.F., 1952. Methyl eugenol as an attractant for oriental fruit fly. J. Econ. Entomol. 45, 241-248.
- Steiner, L.F., Lee, R.K.S., 1955. Large-area tests of a male-annihilation method for oriental fruit fly technique. J. Econ. Entomol. 48, 311-317.
- Steiner, L.F., Mitchell, W.C., Harris, E.J., Kozuma, T.T., Fujimoto, M.S., 1965. Oriental fruit fly eradication by male annihilation. J. Econ. Entomol. J. Econ. Entomol. 58, 961-964.
- Vargas, R.I., Leblanc, L., Putoa, R., Eitam, A., 2007. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and Braconidae) on economically important fruit flies in French Polynesia. J. Econ. Entomol. 100, 670-679.
- Vargas, R.I., Miller, N.W., Prokopy, R.J., 2002. Attraction and feeding responses of Mediterranean fruit fly and a natural enemy to protein baits laced with two novel toxins, Phloxine B and Spinosad. Entomol. Exp. Appl. 102, 273-282.
- Vargas, R.I., Piñero, J.C., Leblanc L., 2015. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region. Insects 6, 297-318.
- White, I.M., Elson-Harris, M.M., 1992. Fruit Flies of Economic Significance: their Identification and Bionomics. CAB International/ACIAR.
- White, I.M., Elson-Harris, M.M., 1994. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. 2nd Edition, CAB, Wallingford, 601 pp.