

왁스 제형 유인제의 검역 대상 과실파리(*Zeugodacus caudata*)에 대한 유인 효과

최두열 · 권기면¹ · 김용균*안동대학교 식물학과, ¹생물이용연구소

Efficacy of Wax-formulated Lures on Monitoring a Quarantine Insect Pest, *Zeugodacus caudata* (Diptera: Tephritidae)

Dooyeol Choi, Gimyon Kwon¹ and Yonggyun Kim*

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

¹Bio Utilization Institute, Andong 36729, Korea

ABSTRACT: Monitoring exotic fruit flies is essential for quarantine procedure. Wax formulation containing fruit fly lures is relatively long-lasting in field conditions and has been applicable to monitor the fruit flies. This study was performed to extend the application of wax formulation against different fruit flies. The wax formulation containing lures was tested in Thailand, at which various exotic fruit flies inhabited. Captured flies were identified to be *Bactrocera dorsalis*, *Zeugodacus cucurbitae*, and *Zeugodacus caudata* by molecular diagnosis technique.

Key words: Quarantine, Fruit fly, *Zeugodacus caudata*, Cuelure, Wax formulation, Monitoring

초록: 외래 과실파리에 대한 모니터링은 검역에 필수적이다. 과실파리 유인물질을 왁스 재질로 제형화하여 비교적 장기간 모니터링 할 수 있는 기술이 금지급 과실파리 모니터링에 유효하였다. 본 연구는 이 왁스 제형의 유용성을 확장시키기 위해 금지급 과실파리가 자생하고 있는 태국 현지 에 적용하였다. 포획된 개체들을 분자 동정한 결과 기존에 유인력이 입증된 오리엔탈과실파리(*Bactrocera dorsalis*)와 오이과실파리(*Zeugodacus cucurbitae*)는 물론이고 *Zeugodacus caudata*의 검역 과실파리가 유인된다는 것을 밝혔다.

검색어: 검역, 과실파리, *Zeugodacus caudata*, 큐루어, 왁스 제형, 모니터링

과실파리는 크게 초파리과(Drosophilidae)와 과실파리과(Tephritidae)를 지칭하게 된다. 이 가운데 과실파리과는 약 4,400종 이상의 방대한 분류군으로 적어도 500여 속을 포함하고 있다(White and Elson-Harris, 1992). 여기에 속한 과실파리 가운데 *Bactrocera*, *Ceratitidis*, *Rhagoletis*, *Anastrepha*의 4속이 농작물에 피해를 주는 분류군으로 주목받고 있다. 특히 가장 많은 종수는 *Bactrocera*에 속하고 있으며 약 651종이 포함되어 있다(Drew and Hancock, 2000). *Bactrocera*는 *Zeugodacus*와

함께 *Dacus* 속에 속한 아속(subgenus)이었지만 최근 분자계통 기술을 통해 *Bactrocera*와 더불어 *Zeugodacus*도 개별 속으로 다시 분류되었다(Virgilio et al., 2015). 따라서 위에서 기술한 4속에 *Dacus*와 *Zeugodacus*를 포함한 6개 속이 과실파리 해충의 주요 분류군을 차지하게 된다.

국내에 서식하는 과실파리는 현재까지 90종이 보고되었다(Han and Kwon, 2010; Han et al., 2014). 최근 Han et al. (2017)은 *Bactrocera hyalina*를 국내에서 최초로 발견하여 국내 서식하는 과실파리 종 목록에 추가하였다. 이들 가운데 호박과실파리(*Zeugodacus depressa*)와 호박꽃과실파리(*Z. scutellata*) 2종만이 해충이다. 그러나 최근 외국에 서식하는 과실파리류가 국내로 침범하는 사례가 늘고 있으며 이들 가운데 *Bactrocera* 또

*Corresponding author: hosanna@anu.ac.kr

Received May 11 2018; Revised July 25, 2018

Accepted August 11, 2018

는 *Zeugodacus*에 속한 6종의 검역 대상 과실파리가 침범하였으나(National Plant Quarantine Service, 2008; Animal and Plant Quarantine Agency, 2014) 어느 종도 정착하지는 못했다. 기후변화와 국제 교역량 증가는 이러한 검역 과실파리의 국내 침입 빈도가 증가할 것으로 예견되고, 따라서 이에 대한 대책이 시급한 상황이다.

국내에 서식하지 않으면서 국내에 침입하여 정착할 경우 농작물에 큰 피해가 우려되는 금지급 과실파리가 최근 재목록화되었다(Kim et al., 2017a). 현재 농림축산검역본부에서 규정한 59종의 금지급 검역해충 중에서 41종이 과실파리로서 앞에서 소개한 5속의 과실파리가 대부분이며 이 외에 *Carpomya*와 *Zonosemata* 속 과실파리가 포함되어 있다. 그러나 최근 과실파리 재분류 작업이 진행되면서 일부 서로 다른 금지급 과실파리들이 동종으로(예, *B. papayae*, *B. philippinensis*, *B. invadens*가 모두 *B. dorsalis*) 분류된 반면에 새로운 과실파리 종들의 국내 침입 및 정착이 우려되면서 전체적으로 금지급 과실파리는 60종으로 증가될 것으로 예상되고 있다(Kim et al., 2017a). 이에 따라 이들 다양한 금지급 과실파리 종들에 대한 모니터링 기술 개발이 요구되고 있다.

금지급 과실파리 가운데 가장 많은 종수를 차지하는 *Bactrocera*와 *Zeugodacus*에 속한 종들의 경우 수컷이 기주 식물에서 나오는 방향성 물질인 methyl eugenol (ME)과 raspberry ketone (RK)이 시노몬으로 작용하면서 유인된다(Raghu, 2004). 이러한 이유는 이들의 약물섭취행동으로 섭취된 화합물을 변형하여 성페로몬을 만들어 생식에 이용하거나 또는 방어의 목적으로 사용하게 된다(Nishida et al., 1988; Hee and Tan, 2004). RK는 화합물 말단에 아세틸기를 추가하여 야외 환경 조건에서 안정된 화합물을 이룬 큐루어(Cuelure: CL)로 상품화되었다(Metcalf and Metcalf, 1992). 따라서 ME와 CL 유인물질을 이용하여 *Bactrocera*와 *Zeugodacus*에 속한 여러 과실파리를 모니터링할 수 있다.

유인물질을 이용하여 금지급 과실파리를 모니터링하기 위해 솜뭉치에 유인물질을 적시는 형태에서 왁스물질에 제형화하는 기술 및 젤라틴 성분에 유인물질을 섞어 제형화하는 기술까지 다양하게 개발되어 왔다(Kim and Kim, 2016). 또한 트랩의 형태에서도 델타트랩과 유사한 잭슨(Jackson)트랩 및 스타이너(Steiner)트랩이 추천되었다(Vargas et al., 2015). 국내에서는 호박꽃과실파리를 대상으로 이러한 유인제 제형화 및 효과적 트랩이 개발되어 왔다. 왁스를 이용하여 유인물질인 CL을 제형화하였고, 이를 폴리에틸렌 방출기와 비교한 결과 왁스형 방출기가 포획 능력에서 우수하였다(Kim et al., 2017b). 왁스 제형화 기술을 CL은 물론이고 ME 유인제에도 응용하여 금

지급 과실파리가 발생하는 말레이시아와 대만에 적용한 결과 오리엔탈과실파리(*B. dorsalis*), 오이과실파리(*Z. cucurbitae*) 및 *B. tau*가 유인되었다(Kim et al., 2017c, 2018). 본 연구는 이 왁스 제형화 기술로 제작된 유인물질의 유인력 범위를 보다 확대하기 위해 또 다른 과실파리가 서식할 것으로 예견되는 태국에서 예찰조사를 수행하여 포획된 개체를 중심으로 이 유인제형의 적용 대상 금지급 과실파리를 파악하는 데 목표를 두었다.

재료 및 방법

유인물질 및 왁스제형화

CL과 ME 유인물질은 모두 Sigma-Aldrich Korea (Seoul, Korea)에서 구입하였다. 왁스 제형화는 Kim et al. (2017b)의 방식을 따라 제작하였다.

태국 현지 예찰조사

과실파리 모니터링은 태국 파타야시(Pattaya: N 12.55.60, E 100.52.60) 지역에서 실시되었다. 2018년 2월 18일에 ME 또는 CL을 포함한 왁스형 방출기를 델타트랩(GreenAgrotech, Kyunsan, Korea)에 설치하고 2월 20일까지 3일간 모니터링하였다.

형태분석

채집된 개체들의 분류는 가슴 순판(scutum)의 세로 띠 개수와 날개에 있는 반점(wing-spot) 개수로 대별하였다.

DNA 추출

Chelex 방식(Kim and Kim, 2014)을 이용하여 게놈 DNA를 추출하였다. 즉, 과실파리 성충 1마리에 500 μ l의 20% Chelex를 채우고 95°C에서 20분간 가온한 후 2분간 얼음에 보관하여 반응을 정지시켰다. 이후 14,000 \times g에서 3분간 원심분리한 후 상등액을 추출하여 PCR에 이용하였다.

PCR 및 DNA 염기서열 분석

PCR 반응용액은 전체가 25 μ l를 기준으로 게놈 DNA는 1 μ l, 10x 완충용액은 2.5 μ l, 기질 dNTP (각각 10 mM)는 2.5 μ l, 프라이머(10 pmol/ μ l)는 각각 2.5 μ l, Taq polymerase가 1 μ l 그리

고 탈이온증류수가 13 μ l로 구성되었다. 이때 세 종류의 유전자 부분 서열이 3종류의 프라이머 세트(Simon et al., 1994; Kim et al., 2017a)로 증폭되었다. Cytochrome oxidase I (CO-I) 유전자 프라이머는 5'-GTAAAACGACGGCCAGGAGGATTTGGAAATTGATTAGTTCC-3'과 5'-CAGGAAACAGCTATGACCCCGGTAAAATATAAACTTC-3, cytochrome b oxidase (CB)는 5'-GTAAAACGACGGCCAGCCATCCAA CATCTCAGCAGCATGATGAAA-3'과 5'-CAGGAAACAG

CTATGACCCCTCAGAATGATATTTGTCCTCA-3' 그리고 NADH dehydrogenase 1 (ND1)은 5'-GTAAAACGACGGC CAGTTCTGATTACCTTCAGC-3'과 5'-CAGGAAACAGC TATGACAATAGTTGCTGGTTGATCTTC-3'을 이용하였다. 이들 프라이머는 각각 5'말단에 M13 범용 프라이머 서열(밑줄 친 부위)을 붙여 PCR 결과물을 바로 염기서열 분석에 이용하게 하였다. PCR 반응은 94°C 에서 1분, 58°C 에서 1분, 72°C 에서 1분의 순서로 35회 증폭하였다. 증폭된 PCR 결과물은 Gene

Table 1. Blast search of NCBI-GenBank with three mitochondrial gene sequences and species identification of five fruit flies collected from Thailand. The used mitochondrial genes include cytochrome oxidase I (COI), cytochrome b oxidase (CB), and NADH dehydrogenase 1 (ND1)

Samples	Genes	Blasted species ^a	Accession	Match score	E value	Identity (%)
#1	CO1	<i>Bactrocera papayae</i>	KF998798.1	780	0.0	99
		<i>Bactrocera dorsalis</i>	KF998620.1	776	0.0	99
	CB	<i>Bactrocera papayae</i>	DQ917578.1	705	2e-162	97
		<i>Bactrocera invadens</i>	KX534207.1	693	1e-159	96
	ND1	<i>Bactrocera dorsalis</i>	JF521270.1	471	6e-129	99
		<i>Bactrocera dorsalis</i>	JF521266.1	471	6e-129	99
#2	CO1	<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	KC662203.1	810	0.0	99
		<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	KC662202.1	810	0.0	99
	CB	<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	JN635562.1	614	6e-172	99
		<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	DQ006904.1	574	5e-160	100
	ND1	<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	KJ010507.1	318	8e-83	88
		<i>Zeugodacus tau</i>	MF966383.1	318	8e-83	88
#3	CO1	<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625491.2	760	0.0	100
		<i>Zeugodacus caudata</i>	KJ833976.1	737	0.0	99
	CB	<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625491.2	610	1e-170	99
		<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625492.2	488	1e-133	92
	ND1	<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625491.2	461	8e-126	98
		<i>Zeugodacus caudata</i>	AY037449.1	461	8e-126	98
#4	CO1	<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625491.2	621	4e-174	99
		<i>Zeugodacus caudata</i>	KJ833976.1	621	4e-174	99
	CB	<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625491.2	610	1e-170	99
		<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625492.2	488	1e-134	92
	ND1	<i>Zeugodacus caudata</i>	KT625491.2	450	2e-122	97
		<i>Zeugodacus caudata</i>	AY037449.1	450	2e-122	97
#5	CO1	<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	KC662203.1	917	0.0	99
		<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	KC662202.1	917	0.0	99
	CB	<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	JN635562.1	614	9e-172	99
		<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	DQ006904.1	574	8e-160	100
	ND1	<i>Zeugodacus cucurbitae</i>	KJ010518.1	435	3e-118	96
		<i>Bactrocera carambolae</i>	JX129510.1	435	3e-118	96

^a *Bactrocera papayae* and *B. invadens* are synonyms of *B. dorsalis*.

clean 키트(Expin™ PCR, GeneAll Biotechnology, Seoul, Korea)로 잉여 프라이머 및 PCR 완충용액을 제거하고 증류수에 녹여 Macrogen, Inc. (Seoul, Korea)에 염기서열 분석을 의뢰하였다. 이때 염기서열은 Sanger 방식으로 증폭물 양단에 붙은 M13의 범용 프라이머를 이용하였다.

생물정보학

염기서열 분석은 Lasergene (DNASar, Version 6.0, Madison, WI, USA)의 EditSeq 프로그램을 이용하였다. 염기서열 분석 과정 중에 불분명한 서열은 electropherogram을 확인하여 정리하였으며 최종적으로 얻어진 서열을 NCBI-GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov)의 BlastN 프로그램을 이용하여 상응한 종을 확인하였다. 분자계통분류는 BioEdit 7.2 프로그램(Hall, 1999)을 이용하여 각 염기서열을 정렬하였으며, MEGA 6.0 프로그램(Tamura et al., 2013)의 Neighbor-joining 방법을 이용하였다.

결과 및 고찰

태국 현지에서 포획한 총 9마리 개체 가운데 형태적으로 차이가 있어 보이는 5개체를 선발하여 염기분석에 이용하였다. 염기분석은 3종류의 미토콘드리아 유전자인 CO-I, CB 및 ND1이며 각 개체에 대한 3종류의 염기서열들은 모두는 동일한 과실파리 종으로 생물정보 분석 결과 나타났다(Table 1). 예를 들어, #1의 시료는 ND1 서열은 오리엔탈과실파리(*B. dorsalis*)로 판명된 반면 CO-I과 CB 서열은 *B. papayae*로도 판명하였지만, 이들은 동종이명이다(Hee et al., 2015). #2와 #5 두 개체는 3종류의 염기서열 모두 오이과실파리(*Z. cucurbitae*)로 판명되었다. 반면에 #3와 #4 두 개체는 3종류의 염기서열 모두 *Z. caudata*로 판명되었다. 이상의 분자 동정 결과는 기존에 알려진 개별 종들의 서열과 분자계통학적으로 분석한 결과 동정된 종과 같이 군집을 이루어 동정의 신뢰도를 높여 주었다(Fig. 1). 검역현장에서 용이하게 구분하기 위한 형태 특징으로 가슴 등판의 띠 개수

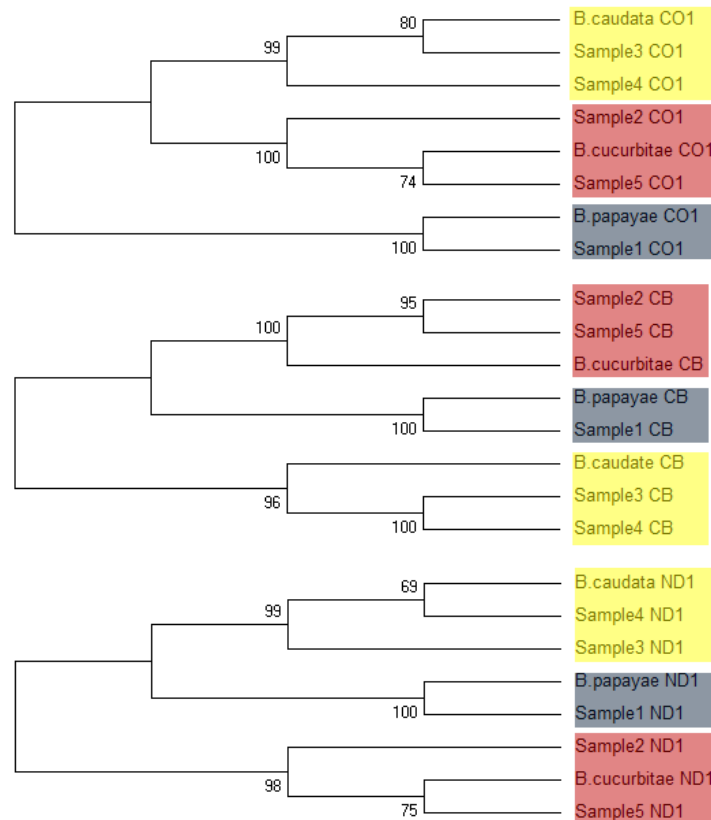


Fig. 1. A phylogenetic analysis of 5 fruit flies attracted to methyl eugenol and cuelure in wax formulation. All sequences were aligned with BioEdit 7.2 program and trimmed off. The processed sequences were phylogenetically analyzed with Neighbor-joining method using MEGA 6.0 program (Tamura et al., 2013). Figures at tree nodes indicate bootstrap values obtained after 1,000 repetitions. Three clusters represent cytochrome oxidase I ('COI'), cytochrome oxidase b ('CB') and NADH dehydrogenase-1 ('ND1'). Sequences were obtained from NCBI-GenBank using accession number of JN635562.1 for *B. cucurbitae* CB, DQ917578.1 for *B. papayae* CB, KT625492.2 for *B. caudata* CB, KC662203.1 for *B. cucurbitae* CO1, KX259483.1 for *B. papayae* CO1, KT625491.2 for *B. caudata* CO1, KJ010499.1 for *B. cucurbitae* ND1, KT120000.1 for *B. papayae* ND1, AY037449.1 for *B. caudata* ND1. *Bactrocera invadens* is synonym of *B. dorsalis*.

와 날개의 반점 수는 본 연구에서 포획하여 동정된 *Z. caudata* 가 오리엔탈과실파리 및 오이과실파리와 구분되는 것을 보여 주고 있다(Fig. S1).

최근 Kim et al. (2017a)은 국내 검역 대상 과실파리를 재분류하여 60종의 금지급과 8종의 관리급으로 나누었다. 금지급 과실파리는 다시 침입력 및 정착력 그리고 해충성에 따라 22종의 I급, 21종의 II급 그리고 17종의 III급 금지급 과실파리로 세분하였다. 본 연구에서 동정된 오리엔탈과실파리와 오이과실파리는 모두 I급 금지급 검역 대상 과실파리에 속한 반면, *Z. caudata*는 관리급 과실파리로 분류하였다.

Z. caudata 과실파리는 구북구와 동양구 지역에 서식하며 주로 인도, 스리랑카, 미얀마, 태국, 베트남, 중국, 말레이시아 그리고 인도네시아에서 발견된다(Carroll et al., 2002). 이 과실파리는 주로 박과작물을 가해하는 것으로 추정되는 데 야외에서는 호박(*Cucurbita moschata*)에서만 발견되었다(Hardy, 1973). 이는 이 과실파리가 우리나라에 침입하여 정착될 경우, 호박에 또 다른 해충으로 피해를 줄 수 있는 것으로 사료된다. 형태적으로 머리 안면 흡에 존재하는 검은 가로띠, 가슴 순판(scutum)에 존재하는 2쌍의 강모, 날개의 전연맥(costal)이 두터운 밴드 모양을 갖는 특징을 지닌다(Carroll et al., 2002). 수컷은 CL 유인물질에 유인된다. 최근 분자지표를 이용하여 남반구 지역(인도네시아-자바, 발리, Lombok)의 개체들과 북반구 지역(말레이시아 반도, 동 말레이지, 태국)을 비교한 결과 상당한 염기서열 차이를 확인하여 이들이 상이한 종일 가능성을 제기하였다(Yong et al., 2015). 따라서 태국에서 채집된 *Z. caudata*는 북반구 계통으로 추정된다.

사사

본 종설은 iPET의 수출전략기술개발사업의 일환으로 수행되었다.

Literature Cited

- Animal and Plant Quarantine Agency, 2014. Report for the Establishment of Technical Support Foundation for Plant Quarantine. Animal and Plant Quarantine Agency, Anyang.
- Carroll, L.E., White, I.M., Freidberg, A., Norrbom, A.L., Dallwitz, M.J., Tompson, F.C., 2002. Pest fruit flies of the world. Version: 8th December 2006. Available: <http://delta-intkey.com>. Assessed 2018 Apr 20.
- Drew, R.A.I., Hancock, D.L., 2000. Phylogeny of the Tribe Dacini (Dacinae) based on morphological, distributional, and biological data, in: Aluja, M., Norrbom A.L. (Eds.), Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. CRC, Boca Raton, FL, pp. 491-504.
- Hall, T.A., 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucl. Acids Symp. Ser. 41, 95-98.
- Han, H.Y., Choi, D.S., Ro, K.E., 2017. Taxonomy of Korean *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae: Dacinae) with review of their biology. J. Asia Pac. Entomol. 20, 1322-1332.
- 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.
- Hardy, D.E., 1973. The fruit flies (Tephritidae - Diptera) of Thailand and bordering countries. Pacific Insects Monograph 31, 1-353.
- Hee, A.K., Wee, S.L., Nishida, R., Ono, H., Hendrichs, J., Haymer, D.S., Tan, K.H., 2015. Historical perspective on the synonymization of the four major pest species belonging to the *Bactrocera dorsalis* species complex (Diptera, Tephritidae). Zookeys 26, 323-338.
- Hee, A.K.W., Tan, K.H., 2004. Male sex pheromonal components derived from methyl eugenol in the hemolymph of the fruit fly *Bactrocera papayae*. J. Chem. Ecol. 30, 2127-2138.
- Kim, E., Kim, Y., 2014. A report on mixed occurrence of tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*) biotypes B and Q in oriental melon farms in Kyungpook province, Korea. Korean J. Appl. Entomol. 53, 465-472.
- 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., Kim, M., Kim, K., Vatanparast, M., Kim, Y., Kwon, G., 2017c. Formulation of wax type dispenser monitoring the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, and its molecular diagnostic technology. Korean. J. Appl. Entomol. 56, 289-294.
- Kim, Y., Kwon, G., Ahn, J., 2018. Screening technique of effective insecticides against the striped fruit fly, *Bactrocera scutellata*. Korean J. Pestic. Sci. 22, 29-35.
- Metcalf, R.L., Metcalf, E.R., 1992. Fruit flies of the family Tephritidae, in: Metcalf, R.L., Metcalf, E.R. (Eds.), Plant kairomones in insect ecology and control. Routledge, Chapman & Hall Inc., New York, NY, pp. 139-152.
- National Plant Quarantine Service. 2008. Year Book of Plant Quarantine Statistics. National Plant Quarantine Service, Anyang.

-
- Nishida, R., Tan, K.H., Serit, M., Lajis, N.H., Sukari, A.M., Takahashi, S., Fukami, H., 1988. Accumulation of phenylpropanoids in the rectal glands of males of the Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis*. *Experientia* 44, 534-536.
- Raghu, S., 2004. Functional significance of phytochemical lures to dacine fruit flies (Diptera: Tephritidae): an ecological and evolutionary synthesis. *Bull. Entomol. Res.* 94, 385-399.
- Simon, C., Frati, F., Beckenbach, A., Crespi, B., Liu, H., Flook, P., 1994. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87, 651-701.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipiński, A., Kumar, S., 2013. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis, version 6.0. *Mol. Biol. Evol.* 30, 2725-2729.
- Vargas, R.I., Pinero, 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.
- Virgilio, M., Jordaens, K., Verwimp, C., White, I.M., De Meyer, M., 2015. Higher phylogeny of frugivorous flies (Diptera, Tephritidae, Dacini): Localised partition conflicts and a novel generic classification. *Mol. Phylogenet. Evol.* 85, 171-179.
- White, I.M., Elson-Harris, M.M., 1992. *Fruit Flies of Economic Significance: their Identification and Bionomics*. CAB International/ACIAR.
- Yong, H.S., Lim, P.E., Tan, J., Song, S.L., Suana, I.W., Eamsobhana, P., 2015. Multigene phylogeography of *Bactrocera caudata* (Insecta: Tephritidae): distinct genetic lineages in northern and southern hemispheres. *PLoS One* 10, e0129455.