

꿀벌 외래해충인 벌집꼬마밀빠진벌레 (*Aethina tumida* Murray) (Coleoptera: Nitidulidae)의 토양 살충제 감수성

홍석민 · 정철의*

안동대학교 대학원 식물외과학과 응용곤충학전공

Susceptibility of Soil Insecticides to Small Hive Beetle, *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae), an Invasive Alien Pest of Honeybee

Seokmin Hong and Chuleui Jung*

Department of Plant medicals, Graduate School, Andong National University, Andong 36729, Republic of Korea

(Received 4 September 2018; Revised 21 September 2018; Accepted 21 September 2018)

Abstract

Small hive beetle; SHB; *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae) is native to Sub Sahara region in Africa and was found from Miryang city, Gyeongnam province in September 2016. At the early stage of invasion, eradication could be pursued against this potential threat to honeybee. We evaluated 3 soil treating insecticides for the susceptibility to SHB. Toxicological tests were targeted for the one-day old wandering larvae only. Using chemicals of Cadusafos, Fosthiazate, Terbufos, vial test was done to estimate the 50% lethal concentration(48h-LD₅₀) and 50% lethal time (LT₅₀), and soil residual test was done with 1/2, 1, 2 time of recommended dose. 48h-LD₅₀ was estimated as 5.46, 1.67, 0.78ppm respectively for Cadusafos, Fosthiazate and Terbufos. Soil residual test showed high mortality from Cadusafos and Terbufos treatment but most of the larvae (90%) survived from Fosthiazate treatment. Thus Terbufos would be the utilized for satisfactory efficacy with minimum expose. This information could be useful in eradication program when another invasion be noticed.

Key words: Invasion, Eradication, Lethal concentration, Residual, Contact

서론

국내 양봉산업에서 병해충 문제는 중요한 문제로

인식되고 있다(Kim *et al.*, 2008). 특히 해충 중 외래에서 침입한 해충들이 양봉산업에 큰 피해를 끼치고 있는 실정이다. 말벌류 해충은 꿀벌의 외역봉을 잡아먹

*Corresponding author. E-mail: cjung@andong.ac.kr

어 꿀벌의 봉세에 피해를 끼치는데 특히 2009년에 최초 보고된 등검은말벌이 최근 양봉산업에 큰 피해를 미치고 있다. 이런 침입외래종의 피해가 지속되는 와중에(Kim *et al.*, 2006; Jung, 2012a, b) 새로운 침입 외래종이 2016년 9월 밀양에서 발견되었다. 경남 밀양지역에서 벌집꼬마밑빠진벌레(Small Hive beetle; SHB; *Aethina tumida* Murray)의 피해가 보고되어, 국내 최초로 서식이 확인되었다(농림축산검역검사본부, 2016). SHB는 사하라 사막 이남 아프리카 지역에서 최초 보고되었으며 원산지에서 지역 꿀벌(*Apis mellifera scutella*) 등에는 큰 피해를 주지 않고 편리 공생관계를 형성하여 왔다(Lundie, 1940; Schmolke, 1974; Hepburn and Radloff, 1998). 그러나 1998년 6월 미국 플로리다 지역으로 전파되면서 양봉꿀벌(*Apis mellifera* L.)에 큰 피해를 입히면서, 중요한 해충이 되었다(Elzen *et al.*, 1999; Hood, 2000). 이후 2002년 10월 호주 리치몬드에 있는 양봉장에서도 발견된 후였으며, 분포가 확대되면서 야생 꿀벌에서도 기생이 확인되었다(Somervill, 2003). 2010년대 유럽 각지로 분포가 확대되었고, 아시아 지역에서는 2014년 6월 필리핀에서 최초 발견되었다(Brion, 2015). 2014년 11월 필리핀 전역 18개 주의 양봉장에서 SHB의 존재 여부 검사가 실시되었고, 그 결과 필리핀 전역의 양봉장 중 2군데의 양봉장을 제외하고 모든 지역에서 SHB 양성 반응을 보였다.

SHB는 주로 봉세가 약한 봉군이나 버려진 벌통에서 번식하지만(Lundie, 1940), 봉세가 강한 봉군에서도 번식을 할 수 있다고 알려져 있다(Arbogast *et al.*, 2012). 벌통으로 들어간 SHB 성충은 벌통 내부 틈으로 숨어 꿀벌로부터 자신을 보호한다.

SHB 성충은 더듬이로 꿀벌 하악골을 문질러 먹이를 토하게 하여 먹이를 섭취한다(Ellis, 2005). 성충 암컷은 화분 또는 밀봉된 꿀 위에 직접 알을 놓으며, 벌통 내부에 있는 틈이나 밀봉된 봉판을 뜯어 그 안에 알을 낳는다(Ellis, 2005). 한 마리의 암컷 성충은 일생 동안 1000개의 알을 낳을 수 있다(Somervill, 2003). 주변 환경에 따라 알은 3~5일 내에 부화하며(MAAREC, 2015), 일반적으로 유충은 10~14일간 봉군 내부에서 먹이활동을 한 후 방랑단계에 들어가서 번데기가 되기 위해 봉군 밖으로 나온다(Schmolke, 1974). 방랑 단

계의 유충은 번데기가 되기에 적절한 환경이 아니라면 적정 조건에 맞는 토양을 찾기 위해 상당히 오랜 기간 동안 먹이를 섭취하지 않으며 살 수 있다(Schmolke, 1974). 대부분의 SHB의 번데기는 봉군 입구 30cm 내에서 80%의 번데기가 발견된다(Pettis and Shimanuki, 1999). 성충으로 우화한 SHB는 토양에서 나와 번식할 수 있는 벌통을 찾아다닌다. SHB의 성충은 봉군을 찾기 위해 수 km를 날아갈 수 있다. 봉군이 발견되면 암컷 SHB는 땅에서 나온 지 1주일 만에 알을 낳을 수 있다. 분산 활동 반경이 넓기 때문에 발생 초기에 박멸하는 것이 침입 해충 관리에 매우 유효하며, 이를 위해서는 적절한 화학적 방제 제제의 개발이 필수적이다.

이에 벌통 내부 살충제를 이용한 방제보다 토양 내 SHB 유충과 번데기 방제가 훨씬 더 유리할 것으로 판단하여, 국내 시판중인 토양살충제를 이용하여 SHB 유충의 독성실험을 진행하였고, 번데기 상태로 진입하는 SHB 유충에 대한 방제 효과 확인과 토양살충제의 토양 잔류를 확인하여 실제 토양 환경에서 효과 여부를 확인하였다.

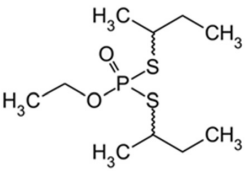
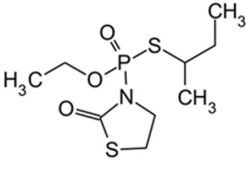
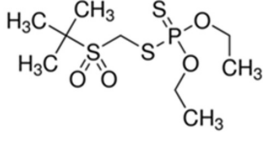
재료 및 방법

독성 평가 대상 및 사용약제

독성평가 실험에 사용된 공시충은 경상북도 밀양시에서 채집한 SHB를 안동대학교 곤충생태 연구실에서 계대 사육하여 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 유충은 토양 살충제에 대한 독성평가를 위해 먹이 활동이 끝난 후 토양에서 번데기 과정을 거치는 배회 유충을 사용하였다. 유충 채집을 위해 한정된 장소에서 먹이를 제공한 후 먹이활동이 끝나고 토양으로 들어가는 유충을 채집하였다.

실험에 사용된 약제는 유기인계 약제 Cadusafos, Fosthiazate, Terbufos가 사용되었다(Table 1). 주요 작용기작으로는 콜린에스테라아제의 억제 작용으로 곤충의 신경 전달에 장애를 주어 과흥분을 유도하여 곤충을 죽게 만든다. 실내 독성 바이알 실험에서는 각 약제에 대한 원제를 사용하였으며, 토양적용실험에

Table 1. Basic structure, benthic and chemical characteristics of Cadusafod, Terbufos and Fosthiazate

	Cadusafos	Fosthiazate	Terbufos
			
Class	Organophosphate	Organophosphate	Organophosphate
Molecular Weight	270.386g/mol	283.341g/mol	288.419g/mol
Color	Colorless to yellow liquid	Pale yellow oil	Slightly yellowish liquid
Odor	Flat musty-like	Flat musty-like	Mercaptan-like odor
Vapor Pressure ^a	0.0009mm Hg	0.000042mm Hg	0.0003mm Hg
Solubility ^b	In water, 245mg/L	In n-hexane 15.14g/L	In water, 5.07mg/L

^aThis value is the vapor pressure at 25°C^bCadusafod and Terbufos at 25°C, Fosthiazate at 20°C**Table 2.** Values of LD₅₀ and LT₅₀ of SHB larvae from vial contact toxicity tests of 3 pesticides

Insecticide	N	LD ₅₀ (95% Fiducial limits) ^a	LT ₅₀ (95% Fiducial limits) ^b
Cadusafos	450	5.46 (3.45-8.77)	22.77 (15.94-33.71)
Fosthiazate	450	1.67 (0.49-7.55)	5.68 (5.15-6.23)
Terbufos	450	0.78 (0.62-0.99)	2.48 (2.24-2.75)

^aLD₅₀ for dead larvae after 48 hours of experimental treatment. The displayed value is ppm.^bLT₅₀ for pesticide treatment concentration 20ppm. The displayed value is time (hr).

서는 시판 중인 토양 살충제를 이용하여 실험을 진행하였다.

Vial 이용 실내 독성 평가

SHB의 독성평가를 진행하기 위해 바이알을 이용하여 실내 독성 실험을 진행하였다. 사용된 농도는 0.16, 0.8, 4, 20, 100, 500ppm을 아세톤에 희석하였으며, 아세톤 희석액을 바이알 병 전체에 100ul만큼 도포한 후 완전히 건조하였다. 아세톤만 병에 도포한 것을 대조구로 사용하였다. 건조가 끝난 후 각 반복 당 5마리의 배회유충을 투입하였으며, 농도 당 15반복으로 조사하였다. 처리 후 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48, 72, 96, 120시간 마다 유충의 사망여부를 확인하였으며, 유충이 들어있는 병을 흔든 후 유충의 움직임으로 사망여부를 확인하였다. 각 농도별 시간별 사망률자료를 활용하여 반수치시농도와 반수치사시간을 추정하였다 (자료분석 참조).

토양처리 잔류 독성 평가

실제 야외 환경에서 SHB에 대한 토양살충제의 효과와 잔류 기간을 평가하기 위해 토양 잔류 독성 평가를 진행하였다. 3종 토양 살충제에 대한 처리는 야외 토양 사용 약량인 10a당 6kg을 기준으로 하였다. 약제 농도는 총 3가지를 사용하였으며, 추천약량의 1/2배, 1배, 2배를 토양에 처리한 후 음지에서 상온 보관하였다. 토양 살충제 처리 후 0, 5, 10 일 후 토양을 채취하여 잔류독성을 평가하였으며, 처리 당 0.7kg의 토양에 5마리의 배회유충이 투입되었다. 각 처리는 3반복 시행되었으며(반복당 총 유충수는 30마리 이상), 1, 3, 6, 9일 후 모든 토양을 꺼내어 내부 사망한 유충과 생성된 번데기의 수를 조사하였다.

자료 분석

약량(농도)과 시간에 따른 사망률 자료는 Polo Plus (LeOra Software, 2007)를 이용하여 Probit 분석을 통해

Table 3. Residual toxicity of SHB larva exposed at 0, 5 and 10 days after treatment (DAT) to soil treated with 0.5, 1 and 2 times of recommended dose of 3 pesticides

	Treatment Dose	Exposed DAT	Mortality (%) measured at x day after exposure				
			1	3	6	9	
Cadusafos	0.5	0	3.33	23.33	40.00	100	
			1	3.33	40.00	90.00	100
			2	26.67	36.67	83.33	100
	1	5	26.67	86.67	93.33	100	
			1	13.33	86.67	63.33	100
			2	43.33	100	100	100
	0.5	10	16.67	26.67	96.67	100	
			1	23.33	33.33	100	100
			2	23.33	50.00	100	100
Fosthiazate	0.5	0	0	36.67	43.33	93.33	
			1	20.00	16.67	80.00	100
			2	23.33	20.00	100	100
	0.5	5	0	0.00	16.67	40.00	
			1	0	23.33	33.33	76.67
			2	0	90.00	93.33	96.67
	0.5	10	0	0	0	0	
			1	0	3.33	10.00	33.33
			2	3.33	20.00	66.67	90.00
Terbufos	0.5	0	13.33	23.33	66.67	100	
			1	20.00	20.00	40.00	100
			2	83.33	86.67	96.67	100
	0.5	5	0	70.00	73.33	100	
			1	0	66.67	70.00	100
			2	0	73.33	100	100
	0.5	10	16.67	26.67	100	100	
			1	23.33	66.67	100	100
			2	30.00	36.67	96.67	100

반수치사약량(LD₅₀)과 반수치사시간(LT₅₀)을 추정하였다.

결 과

Vial 이용 실내 독성 평가

SHB 유충에 대한 독성 평가를 위해 3가지 토양 살충제에 대한 반수치사농도(LC₅₀)와 반수치사시간(LT₅₀) 값은 Table 2와 같다. LC₅₀은 약제 처리 48시간 후 사망한 유충의 수에 대한 값을 구하였으며, LT₅₀은 살충제 처리농도 20ppm에 대한 값을 구하였다. LC₅₀의 경우 Cadusafos 5.46ppm, Fosthiazate 1.67ppm, Terbufos 0.78ppm으로 나타났으며, LT₅₀의 경우 Cadusafos 22.77시간, Fosthiazate 5.68시간, Terbufos 2.48

시간으로 나타났다. Terbufos의 LC₅₀은 Cadusafos에 비하여 7배가량 높게 나타났으며, LT₅₀은 9.18배 높게 나타났다.

토양처리 잔류 독성 평가

SHB에 대한 토양 잔류에 대한 독성 평가 결과는 Fig. 1, 2와 같다. Cadusafos와 Terbufos의 경우 토양 약제 처리 후 10일 토양에서도 유충 투입 후 9일차에 모든 유충이 사망하는 것을 확인 할 수 있었다. 반응은 약제 처리농도에 따라 반응을 보였으며 패턴은 일부 변이를 보였다. Fosthiazate의 경우 토양 처리에서는 약제 처리 직후 유충을 접촉시켰을 때는 모든 농도에서 모든 유충이 사망하였으나, 0.5배 약제 처리 후 5일 토양에 유충을 투입했을 때, 투입 6일 후 9마리의 번데

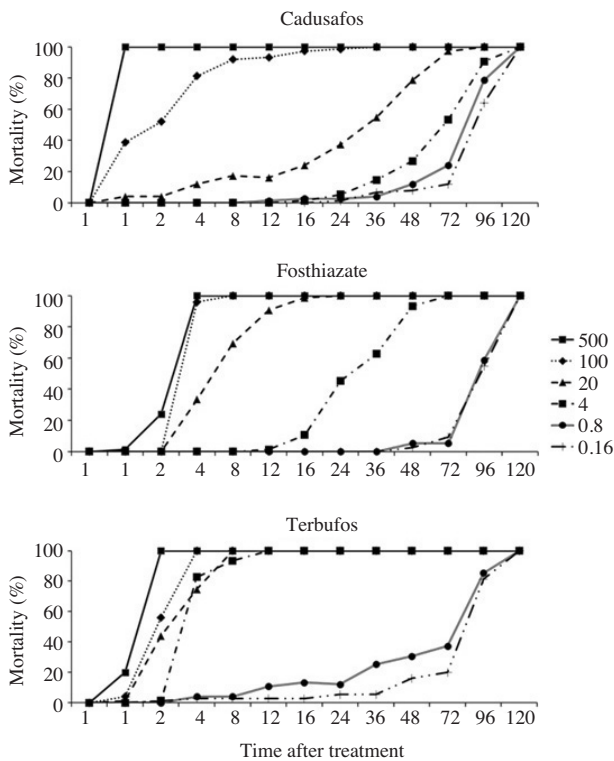


Fig. 1. Mortality (%) of SHB larvae from vial contact toxicity tests of 3 pesticides. Different lines indicate the mortality from different concentration expressed as ppm.

기가 발견되었으며, 약제 처리 후 10일 토양에 투입한 유충은 투입 6일 후 20마리의 번데기가 발견되었다. 또한 1배 약제 처리 후 10일 토양에 투입된 유충은 투입 6일 후 조사에서 14마리의 번데기가 발견되었고, 9일 토양에서는 20마리의 번데기가 발견되었다. 2배 토양에서 또한 유충 투입 후 9일 토양에서 3마리의 번데기가 발견되었다.

고 찰

침입해충의 초기 방제는 매우 중요하다. SHB 방랑 유충을 대상으로 한 토양 살충제 독성평가에서, 사용된 3가지 약제 중 반수치사약량과 반수치사시간을 기준으로 볼 때, 반수치사농도(48h-LD₅₀)는 각각 5.46, 1.67, 0.78mg/L로 (Cadusafos, Fosthiazate, Terbufos)로 나타났다. 반수치사시간(LT₅₀)은 Cadusafos가 5일 이상으로 유의하게 길었다. Fosthiazate와 Terbufos가 실내

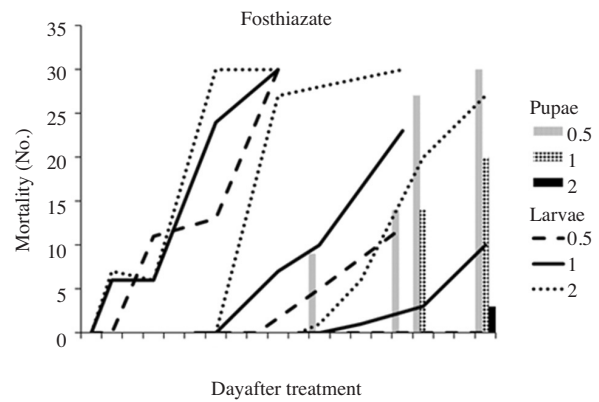


Fig. 2. Numbers of dead SHB larvae (line) among 30 exposed at 0, 5 and 10 days after soil treatment of pesticide with 0.5, 1 and 2 times of recommended dose, measured at 1, 3, 6, 9 days after exposure. Bars represent the number of survived pupae.

실험 결과에서는 우수한 방제제로 판단되었다. 그러나 토양 적용 실험에서는 상이한 결과가 나타났다. 다른 두 약제 처리구에서는 19일까지 모든 유충이 사망하였지만 Fosthiazate 약제 처리구에서는 유충이 살아남아서 대부분이 번데기로 발육하였다. Fosthiazate는 약제가 직접 유충에 접촉했을 경우 높은 독성을 보이거나, 토양 및 수분에 접촉이 있고 나면 약효가 빠르게 사라지는 게 아닌가하는 의문이 생긴다. Fosthiazate에 결합되어 있는 phosphate (sulfur)이 토양에 노출되면서 가수분해로 인해 약효를 잃어 버릴 가능성이 있다 (Hong *et al.*, 2001). 또 다른 가능성은 Fosthiazate의 화학구조로 인해서 물에 대한 용해도가 매우 낮다. 따라서 토양 수분에 노출되더라도 쉽게 녹지 못하여 유충에 접촉하기 어렵고, 휘발이 빠르게 일어나 약효를 잃어버리게 된 것으로 생각된다 (Bowman and Sans, 1982). Fosthiazate를 제외한 두 가지 약제는 토양 살충 능력이 충분한 것으로 생각되었으며 토양 약제 처리 후 10일 뒤 토양에 접촉시킨 유충들도 대부분 토양 내부에서 사망하는 것을 보아 약제가 토양 내부에서 최소 10일 가량 지속된다고 생각된다. 토양살충제를 SHB 방제 목적으로 처리할 때 최대 10일 간격으로 토양에 살충제 처리를 할 경우 벌통 반경 90cm 내외에서 번데기 과정을 거치는 SHB 특성상 (Pettis and Shimanuki, 1999) 대다수의 토양 유충과 번데기를 방제할 수 있다

고 생각된다.

SHB는 꿀벌 소비에 있는 화분, 꿀 그리고 꿀벌유충을 주 먹이자원으로 사용한다(Lundie, 1940). 꿀벌 유충의 먹이로 사용될 화분을 SHB가 섭식함에 따라 꿀벌 유충의 성장에 장애가 생길 수 있다(Lundie, 1940). 또한 유충의 배설물에는 효모 *Kodamaea ohmeri*가 함께 배설되는데, 이 효모는 벌꿀을 발효시켜 산패시킨다(Benda *et al.*, 2008). 이렇게 산패된 벌꿀은 역한 냄새가 나기 때문에 상업적으로 이용이 불가능하다. 또한 Elzen *et al.*(2000)에 따르면 SHB의 유충은 화분, 꿀, 꿀벌 유충 중 꿀벌 유충을 가장 선호한다는 결과가 있다. 이는 SHB가 꿀벌 유충에 심각한 피해를 입히는 해충이 될 수 있다고도 볼 수 있고, 또한 그러한 냄새를 활용하면 SHB의 감염 여부를 확인할 수도 있고 이를 활용하여 SHB의 모니터링 대안도 개발할 수 있으리라 판단된다. 다만 벌통 속에서 SHB를 방제한다면 화학약품 등 방제제들이 벌통, 꿀벌 성충 및 유충, 각종 양봉산물을 오염시킬 우려가 있다. 물론 침입 초기에는 벌통 내외부의 대대적인 박멸이 요구되지만, 정착 이후에는 야외에서 방랑유충을 대상으로 한 방제를 통해서 밀도 관리가 필요하다.

적 요

사하라사막 이남이 원산지인 벌집꼬마밑빠진벌레 (Small Hive beetle; SHB; *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae))가 2016년 9월 경상북도 밀양 시에서 국내 최초 발견되었다. 침입 초기이기 때문에 발견 시 효과적인 박멸 프로그램이 필요하다. 침입 개체군을 계대 사육하여 국내 사용되는 몇 가지 토양살충제의 독성을 평가하였다. 공시충은 실내 누대사육 중인 방랑단계 1일 이내 유충을 사용하였다. 3종의 약제, Cadusafos, Fosthiazate, Terbufos를 이용하여, vial 시험법을 통하여 추정된 반수치사농도(48h-LD₅₀)는 약제별 5.46, 1.67, 0.78mg/L(Cadusafos, Fosthiazate, Terbufos)로 나타났다. 반수치사시간(LT₅₀)은 Cadusafos가 5일 이상으로 유의하게 길었다. 토양 적

용 잔류약효 시험은 추천약량의 1/2, 1, 2배를 사용하여 처리하였는데, Cadusafos와 Terbufos는 19일 조사에서 모든 유충이 사망하였지만 Fosthiazate의 경우 90% 이상의 유충이 번데기로 우화 하였다. 즉 Fosthiazate의 경우 약효가 지속되지 못하였다. 이를 바탕으로 볼 때, Terbufos는 약효가 빨리 나타나면서 지속기간이 길기 때문에, 벌집꼬마밑빠진벌레의 유충 방제에 유효할 것으로 판단된다. 향후 이 연구가 국내 신규침입 외래 해충인 벌집꼬마밑빠진벌레에 대한 기초적 생태 자료와 토양살충제 방제에 대한 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

감사의 글

이 연구는 한국연구재단 지원 중점연구소 지원사업으로 안동대학교 3P network 분석 연구사업(NRF-2018R1A611A03024682)의 일부 지원을 받았습니다. 지원에 감사드립니다.

인용 문헌

- 농림축산검역검사본부, 2016. 작은벌통막정벌레 감염증 국내 발생 확인 보고. 농림수산식품부(2016.09.23.).
- Arbogast, R. T., B. Torto, S. Willms, A. T. Fombong, A. Duehl and P. E. Teal. 2012. Estimating reproductive success of *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae) in honey bee colonies by trapping emigrating larvae. *Environmental entomology*. 41(1): 152-158.
- Benda, N. D., D. Boucias, B. Torto and P. Teal. 2008. Detection and characterization of *Kodamaea ohmeri* associated with small hive beetle *Aethina tumida* infesting honey bee hives. *Journal of Apicultural Research*. 47(3): 194-201.
- Brion A. C. B. 2015. Small hive beetle poses threat to bee industry. *The Philippine Star*, [online] <http://www.philstar.com/agriculture/2015/02/22/1426217/small-hive-beetle-poses-threat-bee-industry>"Calderón.
- Bowman, B. T. and W. W. Sans. 1982. Adsorption, desorption, soil mobility, aqueous persistence and octanol-water partitioning coefficients of terbufos, terbufos sulfoxide and terbufos sulfone. *Journal of Environmental Science & Health Part B*. 17(5): 447-462.
- Ellis, J. D. 2005. Reviewing the confinement of small hive beetles

- (*Aethina tumida*) by western honey bees (*Apis mellifera*). Bee World. 86: 6-62.
- Elzen, P. J., J. R. Baxter, D. Westervelt, R. Ivera and L. Cutts. 1998. Small hive beetle control: USDA initial lab study results. Bee Culture. 10: 19-20.
- Elzen, P. J., J. R. Baxter, D. Westervelt, C. Randall and W. T. Wilson. 2000. A scientific note on observations of the small hive beetle, *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae), in Florida, USA. Apidologie. 31: 593-594.
- Hepburn, H. R., S. E. Radloff and S. Fuchs. 1998. "Population structure and the interface between *Apis mellifera capensis* and *Apis mellifera scutellata*." Apidologie. 29(4): 333-346.
- Hong, F., K. Y. Win and S. O. Pehkonen. 2001. Hydrolysis of terbufos using simulated environmental conditions: rates, mechanisms, and product analysis. Journal of agricultural and food chemistry. 49(12): 5866-5873.
- Hood, W. M. 2000. Overview of the small hive beetle *Aethina tumida* in North America. Bee World. 81: 129-137.
- Jung, C. 2012a. Spatial Expansion of an Invasive Hornet, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson (Hymenoptera: Vespidae) in Korea. Korean Journal of Apiculture. 27: 87-93.
- Jung, C. 2012b. Initial stage risk assessment of an invasive hornet, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson (Hymenoptera: Vespidae) in Korea. Korean Journal of Apiculture. 27: 95-104.
- Kim, J. K., M. B. Choi and T. Y. Moon. 2006. Occurrence of *Vespa velutina* Lepeletier from Korea, and a revised key for Korean Vespa species (Hymenoptera: Vespidae). Entomological Research. 36: 112-115.
- Kim, D. and C. Jung. 2008. Evaluation of chemical susceptibility for the ectoparasitic mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Mesostigmata: Varroidae) in honeybee (*Apis mellifera* L.) Korea J. Apic. 23: 259-268.
- Lundie, A. E. 1940. The Small Hive Beetle: *Aethina tumida*. The small hive beetle *Aethina tumida*, Science Bulletin. 220.
- MAAREC. 2015. Website at: <https://agdev.anr.udel.edu/maarec/>. SMALL HIVE BEETLE.
- Pettis, J. S. and H. Shimanuki. 2000. Observations on the small hive beetle, *Aethina tumida* Murray, in the United States. American Bee Journal. 140: 152-155.
- Schmolke, M. D. 1974. A study of *Aethina tumida*: The Small Hive Beetle. University of Rhodesia (Zimbabwe). Certificate in Field Ecology Project Report, Salisbury (Harare). 178pp.
- Somerville, D. 2003. Study of the Small Hive Beetle in the U.S.A. Rural Industries Research and Development Corporation. Barton, Australian Capital Territory. 57pp.