

# 작은소피참진드기에 대한 다양한 식물체 및 천궁유래물질의 살비 및 기피 효과

안현모 · 신은경 · 김현경 · 김길하\*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

## Acaricidal and Repellent Activities of *Cnidium officinale*-derived Compounds Against *Haemaphysalis longicornis* (Acari: Ixodidae)

Hyeonmo Ahn, Eungyeong Shin, Hyun Kyung Kim and Gil-Hah Kim\*

Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

**ABSTRACT:** This study investigated the acaricidal and repellent activities of various plant extracts and *Cnidium officinale*-derived materials against *Haemaphysalis longicornis*. Among the 24 methanolic plant extracts, *C. officinale* showed the highest acaricidal activity (93.3%) against *H. longicornis*. *Platycodon grandiflorus*, *Phytolacca americana*, *Magnolia denudata*, *Houttuynia cordata*, *C. officinale*, and *Pueraria montana* showed significant differences in their repellent activity. Consequently, the activity of solvent-fractionated materials and the derived material of the *C. officinale*, was investigated and a 90% acaricidal effect was observed three days after hexane fraction treatment, indicating that the repellent response was statistically significant. Butylidenephthalide, which is a *C. officinale*-derived compound, showed 90% acaricidal activity seven days after treatment. Additionally, all *H. longicornis* moved to the untreated area in the t-tube olfactometer experiment, confirming the repellent activity of butylidenephthalide. Therefore, the results of this study suggest the use of *C. officinale* crude extract and butylidenephthalide as potent acaricidals and repellents against *H. longicornis*, respectively.

**Key words:** *Haemaphysalis longicornis*, Plant, *Cnidium officinale*, Butylidenephthalide, Acaricidal activity, Repellency

**조 록:** 충북 청주지역에서 채집된 작은소피참진드기(*Haemaphysalis longicornis*)에 대하여 다양한 식물체 메탄올 조추출물과 천궁유래 물질들을 이용하여 살비활성과 기피활성을 조사하였다. 총 24종의 식물추출물을 이용한 작은소피참진드기에 대한 살비활성을 조사한 결과, 천궁(*Cnidium officinale*)에서 93.3%의 살비율로 가장 높은 활성을 보였으며, 기피 효과의 경우 도라지, 미국자리공, 백목련, 어성초, 천궁, 칩잎 등에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 기피 및 살비활성이 가장 높은 천궁의 메탄올추출물을 용매 분획한 물질들과 천궁 유래물질인 butylidenephthalide의 활성을 비교한 결과, 헥산(hexane)층 처리 3일 후에 90%의 높은 살비효과를 보였으며 기피반응도 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 천궁 유래물질인 butylidenephthalide은 처리 7일 후에 90%의 살비활성을 보였고 T-tube olfactometer 실험에서 모든 작은소피참진드기가 무처리 구로 이동하여 기피활성이 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구결과는 천궁 조추출물과 천궁유래물질인 butylidenephthalide를 이용하여 작은소피참진드기의 방제 개발에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

**검색어:** 작은소피참진드기, 식물체, 천궁, Butylidenephthalide, 살비활성, 기피활성

작은소피참진드기(*Haemaphysalis longicornis* Neumann)는 중증열성혈소판감소증후군(severe fever with thrombocytopenia syndrome, SFTS)을 매개하는 것으로 알려져 있으며, 한

국, 일본, 중국 등의 동아시아를 비롯한 호주, 뉴질랜드, 하와이 등에 분포하는 외부기생충이다(Hoogstraal et al., 1968; Hagi-mori et al., 2005; Suh et al., 2016). 기후변화로 인한 개체수의 증가와 발생지역의 변화 등으로 참진드기에 의한 감염병 확산으로 인간과 가축에게 많은 문제를 초래하고 있다(Anderson and Magnarelli, 2008; Colwell et al., 2011). 국내에서는 2012

\*Corresponding author: khkim@cbnu.ac.kr

Received May 21 2021; Revised August 20 2021

Accepted August 26 2021

년 강원도 춘천시에서 거주하던 환자에게 SFTS로 인한 발열, 백혈구감소증, 혈소판감소증 등의 증상이 발생하여 다발성 장기부전으로 사망한 사례가 처음 보고된 이후 환자 발생수가 증가하는 추세에 있다(Kim et al., 2013.)

참진드기류를 방제하기 위하여 다양한 방법들이 사용되어 왔으나 가장 널리 사용되는 방법이 화학적방제, 즉 살비제를 이용하는 것이다(Samish and Rehacek, 1999; Bianchi et al., 2003; Lee et al., 2015). 그러나 화학적 살비제의 이용은 환경오염과 인축독성, 저항성 발현 등 문제점을 야기하였다(Roberts and Chamberlain, 1963; Kröber and Guerin, 2007). 가장 이상적인 참진드기 매개 질병을 예방하기위한 방법은 기피제를 사용하여 참진드기류를 피하는 방법으로 IR3535 (3-N-acetyl-N-butyl amino-propionic ethyl ester), DEET (N,N-diethyl-m-toluamide), DEPA (N,N-dimethylphenyl-acetamide), icaridin (2-(2-Hydroxyethyl)-1-piperidinecarboxylic acid 1-methylpropyl ester), piperidine derivatives 등이 있으며, 다양한 식물체들을 이용한 참진드기의 기피활성에 관한 연구가 진행되었다(Mehlhorn et al., 2005; Semmler et al., 2009, 2011; Bissinger and Roe, 2010; Lupi et al., 2013; Benelli et al., 2016; Mehlhorn, 2016). 식물체는 유인, 독성, 기피, 섭식저해 등 다양한 생리활성 물질들을 포함하고 있어 화학합성 약제의 대안으로 사용될 수 있을 것이다(Ahn et al., 1998; Haouas et al., 2011; Ghosh et al., 2012; Kongkiatpaiboon et al., 2013).

따라서 본 연구는 충청북도 청주지역에서 채집된 작은소피참진드기에 대한 24종의 식물추출물과 천궁유래물질인 butyridenphthalide를 이용한 살비활성 및 기피 반응을 탐색하여 새로운 방제제 개발을 위한 기초자료로 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 작은소피참진드기

작은소피참진드기(*Haemaphysalis longicornis*)는 Dry ice bait trap (Biomate, Seongnam)을 이용하여 충청북도 청주시 서원구 남이면 양촌리 산64-1(36°35'31.4"N 127°28'00.1"E)에 24시간 동안 설치하여 채집하였다.

채집한 진드기 중 작은소피참진드기를 분류하기 위하여 얼음 위에 1분간 두어 움직임을 둔하게 만든 후 해부현미경을 통해 성충만을 분류·동정하였다. 작은소피참진드기를 동정하기 위하여 Yamaguti et al. (1971)을 참고하였다. 분류된 작은소피참진드기는 28 ± 2°C와 상대습도 80 ± 5% 조건으로 보관하였고 실험은 채집 후 48시간 이내에 진행하였다.

### 실험 식물체 및 화합물

천궁을 포함한 19과 24종의 식물체들은 충북대학교 인근에서 직접 채취하거나 청주 육거리시장 한약상에서 구입하였다(Table 1). 건조된 식물체들은 분쇄기로 마쇄한 후 암조건에서 시료무게의 10배의 메탄올에 침지하여 2일간 방치 후 필터페이퍼(Ø 110 mm, Hyundai Micro, Korea)를 사용하여 여과하였다. 각 식물체의 메탄올 추출은 2회 수행하였다. 여과액은 회전감압농축기(Laborota 4000 Efficient; Heidolph, Schwabach, Germany)로 37°C에서 감압 농축하여 메탄올 조추출물을 얻었다.

천궁의 조추출물은 유기용매(헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트)와 증류수를 이용한 순차분획을 수행하여 각 층별로 분리하였다.

천궁유래물질인 butyridenphthalide ((E) form + (Z) form mixture 95%)는 Alfa Aesar (Heysham, England)에서 구입하였다.

### 식물체 조추출물의 생물활성 검증

작은소피참진드기에 대한 살비활성 검정을 위하여 분무법(spray method)을 이용하였다. 곤충사육용기(5 cm diameter × 1.5 cm)에 필터페이퍼(Ø 50 mm)를 깔고 작은소피참진드기 성충 10마리씩 접종 후, 5,000 ppm으로 희석한 각 식물체 메탄올 조추출물을 15 cm거리에서 분무기(약 100 µl/회)로 6회 분무하였다. 그물망이 부착된 뚜껑을 사용하여 통풍이 가능하게 하였고 약제 처리 1, 2, 3일 후의 살비율을 각각 조사하였다. 천궁유래물질에 대한 살비활성은 1, 2, 3, 5, 7일간 조사하였다. 실험 후 작은소피참진드기는 28 ± 2°C, 80 ± 5% RH에서 보관하였고, 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

작은소피참진드기에 대한 14종의 식물체에 대한 기피활성을 평가하기 위하여 유리로 된 t-tube olfactometer (stem, 4.5 cm; arms, 12 cm; internal width, 1.5 cm; 180°)를 이용하였고 정화된 공기를 공급하기 위하여 3단계 필터링(활성탄과 molecular sieve, 실리카겔 블루)을 거쳐 진공펌프를 이용하여 5 L/min의 속도로 흘려주었다. T-tube olfactometer 중앙에 10마리의 진드기를 접종하고 한쪽 arm에는 식물체 메탄올 조추출물 5,000 ppm으로 희석한 시료 10 µl를 처리한 필터페이퍼(0.5 × 0.5 cm)를 부착하고 반대쪽에는 희석에 사용된 용매만을 처리하였다. 진드기가 t-tube olfactometer의 중앙에서 각 arm으로 3 cm이상 이동하였을 때 반응한 것으로 인정하였고 각 이동한 arm에 따라 처리구와 무처리구로 나누어 선택에 따른 활성을 조사하였다. 식물체의 조추출물을 처리한지 10분 후에 작은소피참진드기의 이동을 확인하여 반응률과 선택률 계산을 통하여 기피활성을 탐색하였다.

**Table 1.** List of the 24 plant species tested

Common name	Scientific name	Family	Tissue collected <sup>a</sup>
Shrubby sophora	<i>Sophora flavescens</i>	Fabaceae	Wp
Crown wood-fern	<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	Dryopteridaceae	Wp
Japanese honeysuckle	<i>Lonicera japonica</i>	Caprifoliaceae	F
Perilla leaf	<i>Perilla frutescens</i>	Lamiaceae	L
Boston ivy	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	Vitaceae	Wp
Balloon flower	<i>Platycodon grandiflorus</i>	Campanulaceae	R
American pokeweed	<i>Phytolacca americana</i>	Phytolaccaceae	L
Rocky dendranthema	<i>Chrysanthemum zawadskii var. alpinum</i>	Asteraceae	Wp
American wild mint	<i>Mentha canadensis</i>	Lamiaceae	S,L
Yulan magnolia	<i>Magnolia denudata</i>	Magnoliaceae	F
Blunt-lobe spicebush	<i>Lindera obtusiloba</i>	Lauraceae	L,T
Grassy-leaved sweet flag	<i>Acorus gramineus</i>	Acoraceae	R,S
Field horsetail	<i>Equisetum arvense</i>	Equisetaceae	Wp
Chameleon plant	<i>Houttuynia cordata</i>	Saururaceae	S,L
Turmeric	<i>Curcuma longa</i>	Zingiberaceae	R
Maidenhair tree	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgoaceae	L
Oriental motherwort	<i>Leonurus japonicus</i>	Lamiaceae	Wp
Bridalwreath spirea	<i>Spiraea prunifolia</i>	Rosaceae	Li
Cheonkung	<i>Cnidium officinale</i>	Apiaceae	Rh
East Asian arrowroot	<i>Pueraria montana</i>	Fabaceae	L
Chinaroot	<i>Smilacis glabra</i>	Liliaceae	Tr
Korean dandelion	<i>Taraxacum platycarpum</i>	Asteraceae	Wp
French marigold	<i>Tagetes patula</i>	Asteraceae	L
Black bamboo	<i>Phyllostachys nigra</i>	Poaceae	S

<sup>a</sup>B, bark; F, flower; L, leaf; Li, lignum; R, root; Rh, rhizome; S, stem; T, twig; Tr, tuberous root; Wp, whole plant.

천궁유래 물질에 대한 기피활성은 처리한지 15분과 30분, 60분 후의 기피효과를 관찰하였고, 매 실험시 새로운 t-tube olfactometer를 사용하였다. 모든 실험은 10마리씩 3반복하였다.

선택률(selection rate) = (각 arm의 반응 참진드기 수 ÷ 총 실험된 참진드기 수) × 100%, 반응률(response rate) = (총 실험된 참진드기 수 - 반응하지 않은 참진드기 수) ÷ 총 실험된 참진드기 수 × 100%로 계산하였다.

### 데이터 분석

식물체 메탄올 조추출물과 천궁유래물질에 대한 작은소피참진드기 성충의 살비활성은 Tukey's range test를 이용하여 비교 분석하였다(SAS Institute, 2009). 작은소피참진드기의 기피활성은 반응한 진드기(반응률)에 대한 시료 처리구와 무처리구

의 선택률 차이를 *t*-test를 이용하여 비교 분석하였다(SAS Institute, 2009).

### 결과

#### 다양한 식물 조추출물을 이용한 작은소피참진드기에 대한 살비 및 기피활성 평가

24종의 식물 조추출물을 이용하여 작은소피참진드기에 대한 살비활성을 확인하였다(Table 2). 각각의 식물체 메탄올 조추출물 5,000 ppm을 작은소피참진드기 성충에 처리하면 천궁(*C. officinale*)에서 처리 3일후 93.9%의 살비율을 보였다. 그 외 다른 식물체들은 20% 미만의 낮은 살비활성을 보였다.

14종의 식물 조추출물을 이용하여 작은소피참진드기에 대한

**Table 2.** Acaricidal activities of 24 methanolic plant extracts against *Haemaphysalis longicornis*

Plant	n	Mortality (%), mean ± SE)		
		1 DATa	2 DAT	3 DAT
<i>S. flavescens</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	3.3 ± 3.3 b
<i>D. crassirhizoma</i>	30	26.7 ± 6.7 abc	16.7 ± 8.8 b	0.0 ± 0.0 b
<i>L. japonica</i>	30	0.0 ± 0.0 c	3.3 ± 3.3 b	3.3 ± 3.3 b
<i>P. grandiflorus</i>	30	26.7 ± 17.6 abc	0.0 ± 0.0 b	3.3 ± 3.3 b
<i>P. frutescens</i>	30	6.7 ± 6.7 bc	6.7 ± 6.7 b	6.7 ± 6.7 b
<i>P. tricuspidata</i>	30	0.0 ± 0.0 c	3.3 ± 3.3 b	3.3 ± 3.3 b
<i>P. americana</i>	31	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
<i>C. zawadskii</i> var. <i>alpinum</i>	30	33.3 ± 6.7 ab	20.0 ± 20.0 b	0.0 ± 0.0 b
<i>M. canadensis</i>	30	6.7 ± 6.7 bc	16.7 ± 16.7 b	16.7 ± 16.7 b
<i>M. denudata</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
<i>L. obtusiloba</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	3.3 ± 3.3 b
<i>A. gramineus</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
<i>E. arvense</i>	30	6.7 ± 3.3 bc	6.7 ± 3.3 b	10.0 ± 5.8 b
<i>H. cordata</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
<i>C. longa</i>	30	10.0 ± 10.0 bc	16.7 ± 12.0 b	16.7 ± 12.0 b
<i>G. biloba</i>	30	0.0 ± 0.0 c	3.3 ± 3.3 b	3.3 ± 3.3 b
<i>L. japonicus</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	3.3 ± 3.3 b
<i>S. prunifolia</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
<i>C. officinale</i>	30	40.0 ± 10.0 a	73.3 ± 6.7 a	93.3 ± 6.7 a
<i>P. montana</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
<i>S. glabra</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	3.3 ± 3.3 b
<i>T. platycarpum</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	6.7 ± 6.7 b
<i>T. patula</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	10.0 ± 5.8 b
<i>P. nigra</i>	30	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b

<sup>a</sup>DAT, day after treatment

여 기피활성을 평가하였다 (Fig. 1). T-tube olfactometer를 이용한 실험에서 도라지(*P. grandiflorus*)와 미국자리공(*P. americana*), 백목련(*M. denudata*), 어성초(*H. cordata*), 천궁(*C. officinale*), 칩쌀(*P. montana*) 등에서 통계적으로 유의미한 선택률의 차이 ( $P < 0.05$ )가 확인되었다. 그러나 도라지와 어성초, 천궁에서만 53.3% - 63.3%의 반응률이 작은소피참진드기에서 관찰되었으며, 흑죽(*P. nigra*)의 경우 반응률은 80%로 매우 높게 나타났으나 선택률에서 처리구와 무처리구의 차이가 없었다.

#### 천궁 조추출물과 유래물질들을 이용한 작은소피참진드기에 대한 살비 및 기피활성 평가

살비활성과 기피활성이 가장 높게 나타난 천궁의 메탄올 조

추출물을 유기용매를 이용하여 순차적으로 분획하였다. 유기용매를 이용하여 분획된 각 층의 수율은 헥산층(13.2%)과 클로르포름층(8.7%), 에틸아세테이트층(3.0%), 물층(75.1%)을 각각 확인하였다.

각각의 분획층과 천궁 유래물질인 butylidenphthalide에 대하여 각각의 농도에서 작은소피참진드기의 살비활성을 확인하였다 (Table 3).

살비활성을 탐색한 결과 물질처리 3일 후부터 헥산층의 살비활성이 90%이상으로 가장 높게 나타났다. 물질 처리 후 7일 차에는 메탄올 추출물(4,000 ppm)에서 100%의 살비활성을 보였으며, 헥산층(2,000 ppm) 96.7%, butylidenphthalide (1,000 ppm) 90.0% 순으로 살비활성이 확인되었다.

천궁 조추출물과 천궁유래물질들을 이용한 작은소피참진드

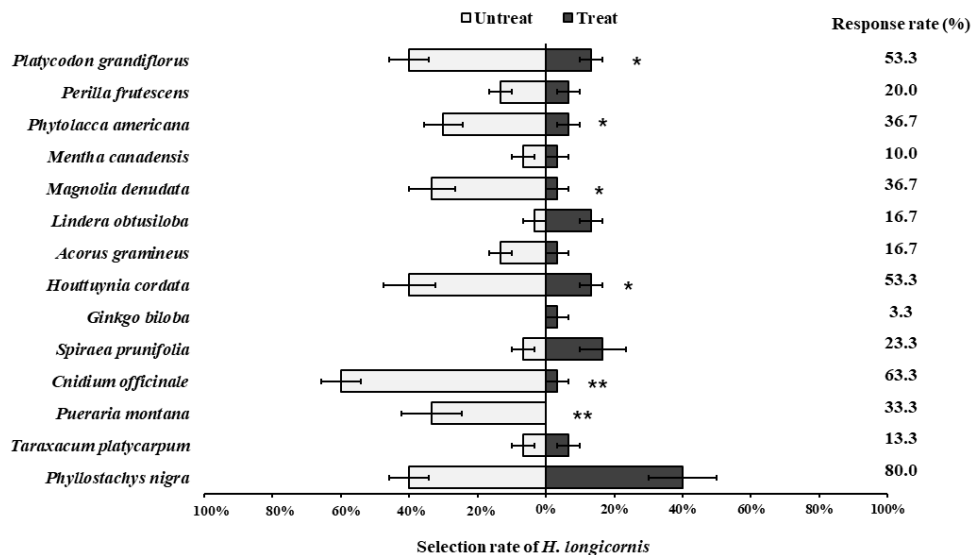


Fig. 1. Selection rate of 14 plant extracts (5,000 ppm) against *Haemaphysalis longicornis* adults in a T-tube olfactometer. \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.005$

Table 3. Acaricidal activity of *Cnidium officinale* rhizome-derived materials against *Haemaphysalis longicornis*

Material	Concentration (ppm)	n	Mortality (% mean $\pm$ SE)				
			1 DAT <sup>a</sup>	2 DAT	3 DAT	5 DAT	7 DAT
Methanol extract	4,000	30	30.0 $\pm$ 5.8a	50.0 $\pm$ 5.8ab	70.0 $\pm$ 10.0ab	96.7 $\pm$ 3.3a	100.0 $\pm$ 0.0a
Hexane fraction	2,000	30	23.3 $\pm$ 6.7a	66.7 $\pm$ 17.6a	90.0 $\pm$ 5.8a	96.7 $\pm$ 3.3a	96.7 $\pm$ 3.3a
Chloroform fraction	2,000	30	20.0 $\pm$ 5.8a	43.3 $\pm$ 3.3ab	60.0 $\pm$ 11.5ab	70.0 $\pm$ 5.8ab	80.0 $\pm$ 11.5ab
Ethyl acetate fraction	2,000	30	6.7 $\pm$ 6.7a	23.3 $\pm$ 6.7b	33.3 $\pm$ 8.8b	43.3 $\pm$ 12.0bc	46.7 $\pm$ 13.3bc
Water fraction	2,000	30	3.3 $\pm$ 3.3a	13.3 $\pm$ 3.3b	23.3 $\pm$ 6.7b	26.7 $\pm$ 3.3c	26.7 $\pm$ 3.3c
Butylidenephthalide	1,000	31	33.3 $\pm$ 8.8a	46.7 $\pm$ 8.8ab	73.3 $\pm$ 16.7ab	83.3 $\pm$ 12.0a	90.0 $\pm$ 10.0a

<sup>a</sup>DAT, day after treatment

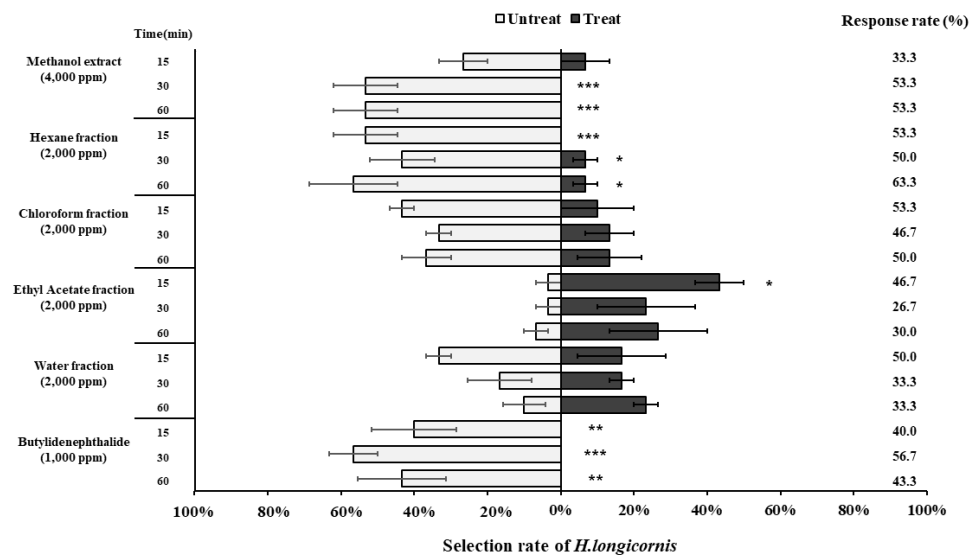


Fig. 2. Selection rate of *Cnidium officinale* rhizome-derived materials against *Haemaphysalis longicornis* adults in a T-tube olfactometer. \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.005$ ; \*\*\* $P < 0.001$

기에 대한 기피활성을 조사하였다(Fig. 2).

천궁 메탄을 추출물과 핵산층, butylidenphthalide 처리시 작은소피참진드기의 선택률이 무처리구에서 높게 나타나 통계적으로 유의미한 차이를 보여 기피활성이 있는 것으로 관찰되었다. 그러나 에틸아세테이트층의 경우 처리구 쪽 선택률이 높아 오히려 유인효과가 있는 것으로 관찰되었다. 무처리구쪽을 선택하여 기피반응을 보이는 물질들은 대부분 작은소피참진드기가 t-tube olfactometer에 50%이상의 반응률을 보였으며 높은 기피반응을 보인 물질에서는 확연히 무처리수만을 선호하는 것을 알 수 있었다.

## 고찰

본 연구는 작은소피참진드기에 대한 식물체 조추출물과 천궁 유래물질 butylidenphthalide를 이용하여 살비 및 기피활성을 탐색하였다. 식물체내에는 신경독성물질들(pyrethrins, alkaloids, monoterpenes, sesquiterpenes)을 포함하고 있고 특히 방향성 식물체에서 많이 존재한다(Enan, 2001; Isman, 2006; Elwakeil, 2013). 또한 식물체는 polyphenols 또는 limonoides를 많이 포함하고 있어 많은 절지동물에 대하여 효과적인 독성과 기피효과가 보고되었다(Landau et al., 2009; Pavela, 2015; Pavela and Benelli, 2016). 다양한 참진드기류(*Ixodes* spp., *Amblyomma* spp., *Haemaphysalis* spp., *Hyalomma* spp., *Rhipicephalus* spp.)에 대한 기피 및 살비활성이 Asteraceae와 Fabaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Solanaceae, Verbenaceae등에서 효과가 확인되었다(Adenubi et al., 2016; Benelli et al., 2016). 특히 작은소피참진드기에 대해서는 국화과 식물인 *Eupatorium adenophorum*의 추출물 1 mg/ml을 처리시 6시간 후 유충은 100%, 약충은 93%의 살비효과가 나타났다(Nong et al., 2013). *Cymbopogon citratus* (lemongrass)의 정유를 이용한 실험에서도 성충과 약충, 유충에 대한 LC<sub>50</sub>값이 각각 29.21 mg/mL와 28.18 mg/mL, 28.06 mg/mL로 조사되었다(Agwunobi et al., 2020). 본 연구에서도 24종의 식물 조추출물을 이용한 살비활성과 14종의 식물체에 대한 기피활성을 탐색한 결과 천궁(*Cnidium officinale*)에서 작은소피참진드기에 대하여 살비와 기피활성이 높게 나타났다. 천궁의 조추출물은 다양한 절지동물에 대한 활성이 널리 알려져 있는데, 노랑초파리(*Drosophila melanogaster*)의 유충과 성충, 담배가루이(*Bemisia tabaci*) 성충에 대한 살충활성과 집먼지진드기류(*Dermatophagoides farinae*와 *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Tyrophagus putrescentiae*)와 닭진드기(*Dermanyssus gallinae*)에 대한 살비활성과 기피활성 등이 연구되었다(Kwon and Ahn, 2002, 2003; Tsukamoto et al., 2005;

Chae et al., 2011; Kim and Kim, 2018).

천궁의 정유성분을 분석한 결과 68개의 방향성분을 확인되었고 그중 cis-butylidene phthalide가 33.2%로 가장 많이 포함되어 있었고 3-butyl phthalide (21.1%), cis-3-isobutylidene phthalide (10.1%)순으로 phthalide계열의 성분이 64.8%를 차지하였다(Choi et al., 2002). 본 실험에서도 천궁유래 물질인 butylidenephthalide를 이용하여 작은소피참진드기의 살비 및 기피효과를 탐색하였다. Butylidenephthalide는 다양한 절지동물에 대한 활성이 있음을 확인되었으나, (E)-form과 (Z)-form의 이성질체가 존재하여 이들에 대한 각각의 실험이 진행되기도 하였다. 노랑초파리 유충에 대해서는 (E)-butylidenephthalide이 (Z)-butylidenephthalide보다 2.2배 높은 LC<sub>50</sub>값을 보였으나 노랑초파리의 성충과 큰다리먼지진드기(*D. farinae*), 긴털가루진드기(*T. putrescentiae*)에 대해서는 두 물질간의 큰 활성차이는 보이지 않았다(Kwon and Ahn, 2002, 2003; Tsukamoto et al., 2006; Kim and Kim, 2018). 본 실험에 사용된 butylidenephthalide는 (E)-form과 (Z)-form의 혼합물로 2종 물질의 활성을 같이 확인한 것으로 작은소피참진드기에 대하여 살비활성과 기피활성 모두 높게 나타났다. 긴털가루진드기를 이용한 실험에서 butylidenephthalide가 접촉독(17%)이 아닌 혼중독(100%)으로 작용하는 것으로 확인되었다. 따라서 본 시험에서는 작은소피참진드기에 대한 살비활성을 분무법을 이용하여 실험을 진행하였으나 혼중독으로 작용했을 것으로 생각되며, 활성물질의 방향성분으로 인한 기피활성이 나타나는 것으로 생각된다(Kwon and Ahn, 2003).

본 실험결과, 메탄을 추출물(4,000 ppm)보다 단일물질인 butylidenephthalide (1,000 ppm)에서 더 낮은 농도로 유사한 활성을 나타냈으나 조추출물을 이용하는 것이 정제비용을 감소시켜 경제적으로 효율적일 수 있을 것이다. 따라서 천궁 조추출물과 천궁유래물질인 butylidenephthalide를 이용하여 작은소피참진드기의 방제에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

## 사사

이 논문은 충북대학교 국립대학육성사업(2020)지원을 받아 작성되었습니다.

## 저자 직책 & 역할

안현모: 충북대학교, 석사과정, 실험설계 및 수행

신은경: 충북대학교, 석사과정, 데이터 분석

김현경: 충북대학교, 초빙교수, 데이터 분석, 논문작성

김길하: 충북대학교, 교수, 연구총괄, 논문교정

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

## Literature Cited

- Adenubi, O.T., Fasina, F.O., McGawa, L.J., Eloffa, J. N., Naidoo, V., 2016. Plant extracts to control ticks of veterinary and medical importance: A review. *S. Afr. J. Bot.* 105, 178-193.
- Agwunobi, D.O., Pei, T., Wang, K., Yu, Z., Liu, J., 2020. Effects of the essential oil from *Cymbopogon citratus* on mortality and morphology of the tick *Haemaphysalis longicornis* (Acari: Ixodidae). *Exp. Appl. Acarol.* 81, 37-50.
- Ahn, Y.J., Lee, S.B., Lee, H.S., Kim, G.H., 1998. Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and  $\beta$ -thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* sawdust. *J. Chem. Ecol.* 24, 81-81.
- Anderson, J.F., Magnarelli, L.A., 2008. Biology of ticks. *Infect. Dis. Clin. North Am.* 22, 195-215.
- Benelli, G., Pavela, R., Canale, A., Mehlhorn, H., 2016. Tick repellents and acaricides of botanical origin: A green roadmap to control tick-borne diseases? *Parasit. Res.* 115, 2545-2560.
- Bianchi, M.W., Barré, N., Messad, S., 2003. Factors related to cattle infestation level and resistance to acaricides in *Boophilus microplus* tick populations in New Caledonia. *Vet. Parasit.* 112, 75-89.
- Bissinger, B.W., Roe, R.M., 2010. Tick repellents: Past, present, and future. *Pestic. Biochem. Physiol.* 96, 63-79.
- Chae, S.H., Kim, S.I., Yeon, S.H., Lee, S.W., 2011. Adulticidal activity of phthalides identified in *Cnidium officinale* Rhizome to B- and Q-Biotypes of *Bemisia tabaci*. *J. Agric. Food Chem.* 59, 8193-8198.
- Choi, H.S., Kim, M.S.L., Sawamura, M., 2002. Constituents of the essential oil of *Cnidium officinale* Makino, a Korean medicinal plant. *Flavour Fragr. J.* 17, 49-53.
- Colwell, D.D., Dantas-Torres, F., Otranto, D., 2011. Vector-borne parasitic zoonoses: Emerging scenarios and new perspectives. *Vet. Parasit.* 182, 14-21.
- El-Wakeil, N.E., 2013. Botanical Pesticides and Their Mode of Action. *Gesunde Pflanz.* 65, 125-149.
- Enan, E., 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comp. Biochem. Physiol. C, Toxicol. Pharmacol.* 130, 325-337.
- Ghosh, A., Chowdhury, N., Chandra, G., 2012. Plant extracts as potential mosquito larvicides. *Indian J. Med. Res.* 135, 581-598.
- Hagimori, I., Machida, H., Goi, R., Mencke, N., 2005. Efficacy of imidacloprid/permethrin and fipronil/(S)-methoprene combinations against *Haemaphysalis longicornis* ticks evaluated under in vitro and in vivo conditions. *Parasitol. Res.* 97, S120-S126.
- Haouas, D., Guido, F., Monia, B.H.K., Habib, B.H.M., 2011. Identification of an insecticidal polyacetylene derivative from *Chrysanthemum macrothum* leaves. *Ind. Crops and Prod.* 34, 1128-1134.
- Hoogstraal, H., Roberts, F.H.S., Kohls, G.M., Tipton, V.J., 1968. Review of *Haemaphysalus (Kaiseriana) longicornis* Neumann (resurrected) of Australia, New Zealand, New Caledonia, Fiji, Japan, Korea, and northeastern China and U.S.S.R. and its parthenogenetic and bisexual populations (Ixodoidea, Ixodidae). *J. Parasitol.* 54, 1197-1213.
- Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann. Rev. Entomol.* 51, 45-66.
- Kim, D.Y., Kim, D.M., 2018. The most common mite- and Tick-borne Infectious Diseases in Korea: Scrub typhus and severe fever Thrombocytopenia Syndrome. *Korean J. Med.* 93, 416-423.
- Kim, K.H., Yi, J., Kim, G., Choi, S.J., Jun, K.I., Kim, N.H., Choe, P.G., Kim, N.J., Lee, J.K., Oh, M., 2013. Severe fever with thrombocytopenia syndrome, South Korea, 2012. *Emerg. Infect. Dis.* 19, 1892-1894.
- Kongkiatpaiboon, S., Mikulicic, S., Keeratinijakal, V., Greger, H., Gritsanapan, W., 2013. HPLC simultaneous analysis for quality assessment of *Stemona curtisii* roots and determination of their insecticidal activities. *Ind. Crops Prod.* 43, 648-653.
- Kröber, T., Guerin, P.M., 2007. An in vitro feeding assay to test acaricides for control of hard ticks. *Pest Manag. Sci.* 63, 17-22.
- Kwon, J.H., Ahn, Y.J., 2002. Acaricidal activity of Butylidenephthalide identified in *Cnidium officinale* Rhizome against *Dermatophagoides farinae* and *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). *J. Agric. Food Chem.* 50, 4479-4483.
- Kwon, J.H., Ahn, Y.J., 2003. Acaricidal activity of *Cnidium officinale* rhizome-derived butylidenephthalide against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *Pest Manag. Sci.* 59, 119-123.
- Landau, S.Y., Provenza, F.D., Gardner, D.R., Pfister, J.A., Knoppel, E.L., Peterson, C., Kababya, D., Needham, G.R., Villalba, J.J., 2009. Neem-tree (*Azadirachta indica* Juss.) extract as a feed additive against the American dog tick (*Dermacentor variabilis*) in sheep (*Ovis aries*). *Vet. Parasitol.* 165, 311-317.
- Lee, D.W., Chang, K.S., Kim, M.J., Ahn, J.Y., Jo, H.C., Kim, S.I., 2015. Acaricidal activity of commercialized insecticides against *Haemaphysalis longicornis* (Acari: Ixodidae) nymphs. *J. Asia-Pac. Entomol.* 18, 715-718.
- Lupi, E., Hatz, C., Schlagenhauf, P., 2013. The efficacy of repellents against *Aedes*, *Anopheles*, *Culex* and *Ixodes* spp. -A literature review. *Travel Med. Infect. Dis.* 11, 374-411.
- Mehlhorn, H., 2016. *Encyclopedia of Parasitology*, 4th ed., Springer, New York.
- Mehlhorn, H., Schmahl, G., Schmidt, J., 2005. Extract of the seeds of the plant *Vitex agnus castus* proven to be highly efficacious as a repellent against ticks, fleas, mosquitoes and biting flies. *Parasitol. Res.* 95, 363-365.
- Nong, X., Tan, Y.J., Wang, J.H., Xie, Y., Fang, C.L., Chen, L., Liu, T.F., Yang, D.Y., Gu, X.B., Peng, X.R., Wang, S.X., Yang,

- 
- G.Y., 2013. Evaluation acaricidal efficacy of botanical extract from *Eupatorium adenophorum* against the hard tick *Haemaphysalis longicornis* (Acari: Ixodidae). *Exp. Parasitol.* 135, 558-563.
- Pavela, R., 2015. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. *Ind. Crops Prod.* 76, 174-187.
- Pavela, R., Benelli, G., 2016. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends Plant Sci.* 21, 1000-1007.
- Roberts, R., Chamberlain, W.F., 1963. Factors contributing to the loss of insecticide deposits on cattle. *J. Econ. Entomol.* 56, 614-618.
- Samish, M., Rehacek, J., 1999. Pathogens and predators of ticks and their potential in biological control. *Ann. Rev. Entomol.* 44, 159-182.
- SAS Institute, 2009. SAS user's guide; statistics, version 9.1 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Semmler, M., Abdel-Ghaffar, F., Al-Rasheid, K.A.S., Mehlhorn, H., 2009. Nature helps: From research to products against blood-sucking arthropods. *Parasitol. Res.* 105, 1483-1487.
- Semmler, M., Abdel-Ghaffar, F., Al-Rasheid, K.A.S., Mehlhorn, H., 2011. Comparison of the tick repellent efficacy of chemical and biological products originating from Europe and the USA. *Parasitol. Res.* 108, 899-904.
- Suh, J.H., Kim, H.C., Yun, S.M., Lim, J.W., Kim, J.H., Chong, S.T., Kim, D.H., Kim, H.T., K, H., Klein, T.A., Johnson, J.L., Lee, W.J., 2016. Detection of SFTS virus in *Ixodes nipponensis* and *Amblyomma testudinarium* (ixodida: ixodidae) collected from reptiles in the Republic of Korea. *J. Med. Entomol.* 53, 584-590.
- Tsukamoto, T., Ishikawa, Y., Miyazawa, M., 2005. Larvicidal and Adulticidal activity of Alkylphthalide derivatives from Rhizome of *Cnidium officinale* against *Drosophila melanogaster*. *J. Agric. Food Chem.* 53, 5549-5553.
- Tsukamoto, T., Nakatani, S., Yoshioka, Y., Sakai N., Horibe I., Ishikawa Y., Miyazawa, M., 2006. Comparison of larvicidal, adulticidal and acaricidal activity of two geometrical butylenephthalide isomers. *Biol. Pharm. Bull.* 29, 592-594.
- Yamaguti, N., Tipton, V.J., Keegan, H.L., Toshioka, S., 1971. Tick of Japan, Korea, and Ryukyu Islands. *Brigham Young University Science Bulletin, Biological Series*, Vol. 15, No. 1., Brigham Young University, Provo, Utah, USA.