

## 털두꺼비하늘소 성충에 대한 monoterpenoids의 살충활성과 산란기피

유정수 · 김길하\* · 이상길<sup>1</sup> · 신상철<sup>1</sup> · 박지두<sup>1</sup> · 박승찬<sup>2</sup>충북대학교 농생물학과, <sup>1</sup>임업연구원 산림생물과, <sup>2</sup>전남대학교 산림자원조경학부Insecticidal Activity and Ovipositional Repellency of Monoterpenoids against *Moechotypa diphysis* Adults (Coleoptera: Cerambycidae)Jeong-Su Yoo, Gil-Hah Kim\*, Sang-Gil Lee<sup>1</sup>, Sang-Cheol Shin<sup>1</sup>, Ji-Doo Park<sup>1</sup> and Seung-Chan Park<sup>2</sup>

Dept. of Agri. Biology, Coll. of Agri., Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Republic of Korea

<sup>1</sup>Division of Forest Biology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Republic of Korea<sup>2</sup>Faculty of Forest Resources and Landscape Architecture, Coll. of Agri. and Life Science, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Republic of Korea

**ABSTRACT :** These studies were carried out to investigate the fumigant toxicity, the contact toxicity and the ovipositional repellency of 25 monoterpenoids against oak longicorn beetle adults, *Moechotypa diphysis*. Monoterpenoids with 100% of fumigant toxicity were 1, 8-cineole, fenchone, pulegone and  $\gamma$ -terpinene at 20  $\mu$ l/954 ml (air) concentration, pulegone and  $\gamma$ -terpinene at 10  $\mu$ l/954 ml (air) concentration, pulegone at 5  $\mu$ l/954 ml (air) concentration. Most monoterpenoids showed low or no contact toxicity but only pulegone showed about 70% mortality. Some monoterpenoids which had repellency to female adults with Y-tube olfactometer were bornylacetate, carvacrol, 1, 8-cineole and menthol at 1  $\mu$ l dose, while citronellol showed attractant response. Carveol, geraniol and perillyl alcohol of 25 monoterpenoids showed ovipositional repellency of 82.1%, 78.3%, 87.5%, respectively, at the concentration of 1,000 ppm in the laboratory condition. In the field, the result tested with three monoterpenoids indicated that geraniol was the most effective one at the concentration of 10,000 ppm and 1,000 ppm, but residual effect wasn't found.

**KEY WORDS :** *Moechotypa diphysis*, Monoterpenoid, Fumigant toxicity, Ovipositional repellency, Olfactometer

**초 록 :** 본 연구는 표고원목재배시 골목을 가해하는 털두꺼비하늘소(*Moechotypa diphysis*) 성충에 대해서 25종 monoterpenoid의 훈증독성, 접촉독성 및 산란기피효과를 조사하였다. 훈증독성은 20  $\mu$ l/954 ml (공기)의 농도에서 1, 8-cineole, fenchone, pulegone,  $\gamma$ -terpinene이, 10  $\mu$ l/954 ml (공기)의 농도에서는 pulegone과  $\gamma$ -terpinene이, 그리고 5  $\mu$ l/954 ml (공기)의 농도에서는 pulegone만이 100%의 살충률을 나타내었다. 접촉독성은 pulegone만이 70%의 살충률을 보인 것 외에 대부분의 monoterpenoid에서 활성이 낮거나 없었다. 후각계를 이용한 기피반응은 1  $\mu$ l에서 bornylacetate, carvacrol, 1, 8-cineole, menthol은 기피반응을 보였고, 반면 citronellol은 유인반응을 보였다. 실내에서 수행한 산란기피효과는 25개의 monoterpenoid 중 1,000 ppm의 농도에서 carveol, geraniol, perillyl alcohol이 각각 82.1%, 78.3%, 87.5%의 효과를 보였다. 이 3화합물을 가지고 야외포장 적용시험을 수행한 결과 10,000 ppm과 1,000 ppm의 농도에서 3일째까지 geraniol이 가장 효과가 좋았으나 잔효성은 없는 것으로 나타났다.

**검색어 :** 털두꺼비하늘소, 모노테페노이드, 훈증독성, 산란기피, 후각계

\*Corresponding author. E-mail: khkim@trut.chungbuk.ac.kr

털두꺼비하늘소(*Moechotypa diphysis*)는 포고원목의 내수피를 가해하여 포고의 군사생장 저해 및 잡균의 매개로 인해 피해를 주는 주요해충이다(Lee, 1987; Kim and Hwang, 1996; Kim *et al.*, 2000). 현재 털두꺼비하늘소 방제약제로 등록된 것은 없으나, 포고재배농가들은 유기염소계인 지오릭스(endosulfan) 분제를 살포하여 방제하고 있는데(Pesticide handbook, 2000), 유기염소계 약제는 잔류나 독성 문제로 사용이 점차 제한되고 있기 때문에 대체 약제 개발이 필요한 실정이다. 최근 Yoo *et al.* (2001)은 실내와 포장에서 털두꺼비하늘소 성충에 대한 benfuracarb와  $\lambda$ -cyhalothrin의 방제효과를 조사하여 보고한 바 있다.

Monoterpenoid는 친유성 화합물이다(Rice and Coats, 1994). 이 물질들은 식식성 곤충에 대해 생리·생화학적인 측면에서 독성에 관여할 가능성이 있다(Brattsten, 1983). 현재까지 보고된 많은 논문에서 monoterpenoid에 대한 혼중독성이나 기주유인성 및 기주에 대한 산란기피 등이 보고되었다(Rice and Coats, 1994; Byers *et al.*, 2000; Tiberi *et al.*, 1999). Rice와 Coats (1994)는 pulegone, fenchone 등의 monoterpenoid가 거짓쌀도둑거저리에 대해 우수한 혼중효과를 보였음을 보고하였고, Byers *et al.* (2000)는 verbenone이 소나무의 나무좀(*Pityogenes bidentatus*)에 대해 기주유인성이 있음을 확인했다. Tiberi *et al.* (1999)은 limonene이 *Thaumetopoea pityocampa* (나비목)에 대해서 산란을 저해한다고 보고하였다. 이와 같이 monoterpenoids는 해충에 대해 독성을 나타내고 있으나, 포유동물에 대해 급성독성이 없다. 또 monoterpenoids는 인공조미료로 사용되며 미국식품의약청에 의해 안전성이 인정받았다(Templeton, 1969). 실제로 limonene은 개나 고양이에 대한 고양이벼룩(*Ctenocephalides felis*)의 방제 약제로 EPA (Environmental Protection Agency)에 등록되었으며 또한 바구미에 대해 독성을 나타낸다고 보고되었다(Collart and Hink, 1986; Hink and Fee, 1986; Taylor and Viekey, 1974).

이에 본 연구는 대체 약제를 위해 식물에서 유출되는 휘발물질인 monoterpenoid를 가지고 방제제를 탐색하고자 한다. 25종의 monoterpenoid를 이용하여 털두꺼비하늘소에 대해 혼중독성, 접촉독성을 평가하였고, Y-tube olfactometer를 이용하여 털두꺼비하늘소의 후각반응을 조사하였다. 이러한 결과를 바탕으로 성충이 산란기피를 보이는 monoterpenoid를 탐색하여 털두꺼비하늘소 방제에 기초자료를 제공하고자 수행하

였다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

털두꺼비하늘소(*Moechotypa diphysis*)는 2002년 5-6월에 충북 청원군 미원면 야산에서 성충을 채집하여 시험에 이용하였다.

### 화합물

Monoterpenoid는 시판되고 있는 상품을 구입하여 시험에 이용하였다. Citronellol (95%), eugenol (99%), geraniol (98%), safrole (97%),  $\beta$ -myrcene (90%)는 Sigma에서 구입하였고, bornylacetate (97%), camphor (96%), carvacrol (98%), carveol (97%), carvone (98%), 1,8-cineole (99%), citral (95%), citronellic acid (98%), *P*-cymene (99%), fenchone (98%), isosafrole (97%), limonene (97%), linalool (97%), menthol (99%), menthone (90%),  $\alpha$ -pinene (98%),  $\beta$ -pinene (99%), pulegone (85%), perillyl alcohol (96%),  $\gamma$ -terpinene (97%)는 Aldrich에서 구입하였다.

### 혼중독성 시험

털두꺼비하늘소에 대한 monoterpenoid의 혼중독성은 자른 후 4개월 정도된 참나무토막(평균  $\Phi 5.5 \times 13$  cm)을 투명한 원통형아크릴용기( $\Phi 9 \times 15$  cm)에 넣고, 성충을 다섯 마리씩 접종하였다. 시험에 사용한 monoterpenoid는 액상으로 filter paper ( $\Phi 5.5$  cm<sup>2</sup>)에 일정량(5, 10, 20  $\mu$ l/954 ml 공기)의 원액을 처리하여 원통형아크릴용기 바닥에 놓고 monoterpenoid가 용기밖으로 휘발되는 것을 막기 위해 페트리디쉬( $\Phi 9$  cm)를 뚜껑으로 사용하였다. 처리 3, 6, 12, 24시간 후에 사충수를 조사하였으며, 모든 시험은 4반복 이상으로 하였다. 시험 조건은 온도 25-28°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 50-60%로 하였다. 결과 분석은 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991)를 이용하였다.

### 접촉독성 시험

접촉독성 시험은 monoterpenoid를 에탄올에 용해시켜 100 ppm의 triton X-100 계면활성수용액과 혼합하여 희석액중에 에탄올과 계면활성수용액의 비율이

2.5 : 7.5가 되도록 조제한 희석액(10,000 ppm)에 자른 후 4개월 정도된(2002년 2월에 벌채) 참나무토막(평균  $\Phi 5.5 \times 13$  cm)이 충분히 젖도록 3분 동안 침지한 후 음건하여, 원통형아크릴용기( $\Phi 9 \times 15$  cm)에 넣고, 성충을 5마리씩 접종하고, 48시간 후에 사충수를 조사하였다. 단 혼증으로 인한 영향을 최소화하기 위해 철망이 부착된 페트리디쉬( $\Phi 9$  cm)를 뚜껑으로 사용하였다. 에탄올과 계면활성수용액(100 ppm의 triton X-100)의 비율이 2.5 : 7.5가 되도록 조제한 희석액은 털두꺼비하늘소 성충의 접촉독에 영향을 없었다. 모든 시험은 4반복으로 하였으며, 시험조건은 혼증독성 시험과 같게 했다. 결과 분석은 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991)를 이용하였다.

### 후각계를 이용한 기피반응 시험

후각계를 이용한 기피반응시험은 Y-tube olfactometer (ID 6 cm; stem 24 cm; arm 22 cm angle to the stem  $70^\circ$ )에서 검정하였다. 시험에 사용된 monoterpene로 털두꺼비하늘소 암컷 성충의 반응에 빛으로 인한 유인성을 배제하기 위해서 직사광선이 없는 암실조건에서 시험하였으며, 성충을 움직이게 하는 광원으로써 형광등(FPL27EX-N)에 검정색 셀로판지를 코팅해서 사용하였다. 진공펌프(THOMAS MEDI PUMP®)로 Y-tube olfactometer의 내부에 흐르는 공기의 유속을 100 ml/min의 조건으로 하였다. 각 arm을 통해 들어오는 공기는 activated charcoal, silica gel blue로 여과하여 신선한 공기가 흐르도록 했으며, 한쪽의 arm 말단부에는 적정량의 monoterpene를 처리한(0.25, 1, 5  $\mu$ l) filter paper를 놓았고, 다른 한쪽은 무처리기의 filter paper를 놓았다. Stem의 말단부에 털두꺼비하늘소 암컷 성충을 놓고, 4분내에 arm의 말단부에 접촉한 암컷 성충을 반응한 것으로 간주했다. 한 화합물에 대해서 30마리씩 시험하였으며, 광원에 의한 오차를 줄이기 위해 Y-tube olfactometer의 위치를 반복마다 서로 바꾸어 주었다. 다른 약제를 시험하기 전에 Y-tube olfactometer는 에탄올과 증류수로 씻고,  $100^\circ\text{C}$ 에서 적어도 2시간 이상 건조시켜서 사용하였다. 결과 분석은 binominal sign test (Zar, 1996)를 이용하였다.

### 산란기피시험

털두꺼비하늘소에 대한 monoterpene의 산란기피 시험은 직육면체 아크릴상자(가로 26  $\times$  세로 30  $\times$  높

이 30 cm)에서 수행했다. 참나무토막은 최소 4개월 전(2002년 2월에 벌채)에 잘랐던 것을 사용하여 자연상태에서 산란하는 나무조건과 동일하게 했다. 참나무토막에 화합물처리 방법은 접촉독성시험에서 처리한 방법과 동일하게 하였으며, 직육면체 아크릴상자에는 화합물이 처리된 참나무토막과 무처리의 참나무토막을 함께 넣어서 털두꺼비하늘소 암컷 성충이 두개중 선택조건하에서 산란한 산란공수를 조사하였다. 화합물처리목과 무처리목이 있는 아크릴상자에 털두꺼비하늘소 성충 암컷과 수컷의 비율을 1 : 1로 하여 20쌍씩 접종하였다. 에탄올과 계면활성수용액(100 ppm의 triton X-100)의 비율이 2.5 : 7.5가 되도록 조제한 희석액 10,000 ppm은 털두꺼비하늘소 암컷성충의 산란에 영향을 미치지 않았다. 모든 시험은 3반복으로 수행했다. 결과 분석은 binominal sign test (Zar, 1996)를 이용하였다.

### 포장에서 산란기피 시험

산란기피 시험은 충북대학교 내의 야산에 직육면체 차광망(가로 100  $\times$  세로 100  $\times$  높이 80 cm)을 설치하고, 1,000, 10,000 ppm으로 희석한 화합물을 골고루 분무한 참나무원목(평균직경 15  $\times$  길이 120 cm)과 무처리의 참나무원목을 넣고, 털두꺼비하늘소 성충(♀ : ♂ = 1 : 1)을 화합물처리 후 0, 3, 6일째에 각각 30쌍씩 접종하고, 3일 후에 산란공수를 조사하였다. 모든 시험은 3반복으로 수행했다. 시험에 사용된 모든 참나무 원목은 일반농가에서 사용되는 참나무 원목과 같은 조건의 것을 사용하였다. 결과 분석은 binominal sign test (Zar, 1996)를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 혼증독성

털두꺼비하늘소 성충에 대한 monoterpene의 혼증독성은 실내에서 수행했다(Table 1). 각 약제에 대한 혼증활성은 확연한 차이를 나타냈다. 20  $\mu$ l/954 ml (공기)의 농도에서 대부분의 화합물은 24시간까지 살충률이 0-40%를 나타냈으나 cineole, fenchone, pulegone,  $\gamma$ -terpinene은 24시간이내에 100%의 살충률을 보였다. 이 4개의 monoterpene를 이용하여 20, 10, 5  $\mu$ l/954 ml (공기)의 농도로 처리하여, 각각 3, 6, 12, 24

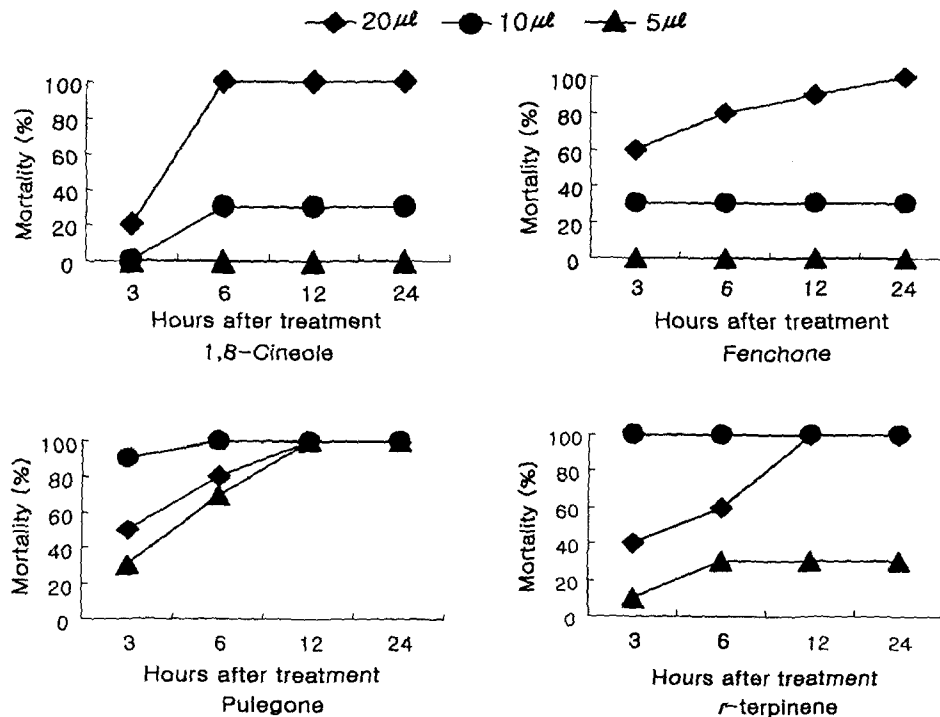


Fig. 1. Fumigant toxicity of four monoterpenoids against *M. diphysis* adults in 954 ml fumigation chamber.

시간제에 혼증독성으로 인한 살충률을 조사하였다 (Fig. 1). 20 μl/954 ml (공기)를 처리하였을 때에는 4약제 모두 12시간 이내에 90% 이상의 살충률을 보였고, 10 μl/954 ml (공기)를 처리하였을 때에는 pulegone이 6시간째부터 γ-terpinene은 3시간째부터 각각 100%의 살충률을 나타냈다. 5 μl/954 ml (공기)를 처리했을 때에는 pulegone만이 12시간째부터 100%의 살충률을 나타냈다. 각 약제는 농도에 따라 혼증독성 활성에 차이가 있었으며, pulegone이 5 μl/954 ml (공기)까지의 농도에서 100%의 살충률을 보여 혼증독성에 대해서는 가장 효과가 우수한 것으로 나타났다. Ngoh *et al.* (1998)은 이질바퀴에 대한 9종의 monoterpenoid 중 sarfrole과 isosarfrole이 혼증효과가 높았고, Roger와 Hamraoui (1995)는 강남콩바구미에 대해서 13종의 monoterpenoid 중 linalool이 가장 높았다고 보고하였다. Rice와 Coats (1994)은 거릿살도독거저리(*T. castaneum*)에 대한 혼증독성에서 합성유기인제 살충제인 DDVP와 비교하여 pulegone의 LC<sub>50</sub>값이 더 낮게 나타났고, fenchone은 DDVP와 유사한 LC<sub>50</sub>값을 보였다고 하였다. 또한 Prates *et al.* (1998)은 가루개나무좀(*R. dominica*)에 대해 1,8-cineole의 혼증효과가 뛰어났으며, Kim과 Ahn (2001)은 (+)-fenchone이 저곡해충인

Table 1. Fumigant toxicity of monoterpenoids against *Moechorypa diphysis* adults at 24 h after filterpaper application in 954 ml fumigation chamber

Monoterpenoid	n <sup>a)</sup>	Conc. (μl)	% Mortality <sup>b)</sup> (Mean ± SD)
Bornyl acetate	20	20	20 ± 0c
Camphor	20	20	0 ± 0d
Carvacrol	20	20	0 ± 0d
Carveol	20	20	0 ± 0d
Carvone	20	20	40 ± 0b
1,8-Cineole	20	20	100 ± 0a
Citral	20	20	0 ± 0d
Citronellic acid	20	20	0 ± 0d
Citronellol	20	20	0 ± 0d
Eugenol	20	20	0 ± 0d
Fenchone	20	20	100 ± 0a
Geraniol	20	20	0 ± 0d
Isosarfrole	20	20	10 ± 11.5cd
Limonene	20	20	40 ± 16.3b
Linalool	20	20	0 ± 0d
Menthol	20	20	0 ± 0d
Menthone	20	20	0 ± 0d
P-cymene	20	20	25 ± 10.0bc
Perillyl alcohol	20	20	0 ± 0d
Pulegone	20	20	100 ± 0a
γ-Terpinene	20	20	100 ± 0a
Sarfrole	20	20	0 ± 0d
α-Pinene	20	20	0 ± 0d
β-myrcene	20	20	0 ± 0d
β-Pinene	20	20	10 ± 11.6cd
Control	20	-	0 ± 0d

<sup>a)</sup>Number of insects tested.

<sup>b)</sup>Means followed by the same letter are not significantly different  $P = 0.05$  by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991).

쌀바구미와 팔바구미 그리고 권연벌레에 대해서 100%의 혼중독성을 보였다고 보고하였다.

**접촉독성**

털두꺼비하늘소 성충에 대한 접촉독성 시험에 대한 결과는 Table 2에 나타났다. 30개의 monoterpenoid에 대해 10,000 ppm에서 70%의 살충률을 보인 pulegone이 가장 높게 나타났고, 그 외 대부분의 화합물은 살충력이 없거나, 아주 경미하게 나타났다. 그러나 pulegone은 혼중독성 시험에서 5 µl의 적은 약량에서도 살충률이 높게 나타났다는 것을 볼 때(Table 1) 접촉독성 시험을 수행시 유출되는 적은 양의 휘발성분이 살충률에 영향을 미칠 수 있을 것이라 생각된다. Ngoh *et al.* (1998)은 이질바퀴에 대한 9종의 monoterpenoid 중 eugenol이 가장 우수한 접촉독을 나타냈고, Kim과 Ahn (2001)은 (+)-fenchone이 쌀바구미와 팔바구미에 대해서 우수한 접촉독성이 있음을 보고하였다. 또 Lee *et al.* (1997)은 34종의 monoterpenoid에 대한 western corn rootworm (딱정벌레목)은 토양처리, 점박이응애는 잎침지법, 집파리는 국부처리에서 살충

활성을 조사한 결과, western corn rootworm에 대해서 carveol과 perillaldehyde, 점박이응애에 대해서 carvomenthenol과 terpinon-4-ol, 집파리에 대해서 citronellic acid, thymole이 각각 대조약제에 비교하여 활성이 낮았지만, 높은 살충활성을 나타내었고, Ngoh *et al.* (1998)은 이질바퀴에 대한 9종의 monoterpenoid중 eugenol이 가장 우수한 접촉독을 나타내었다고 보고하였다. 또 Harwood *et al.* (1990)은 거세미나방의 경우에는 인공사료에 monoterpenoid를 처리하여 유충의 살충률 조사한 결과 menthone, α-pinene, pulegone이 효과가 있다고 보고한 바 있다. 그러나 본 실험의 결과에서와 같이 많은 논문에서 monoterpenoid 화합물이 접촉독이 없거나, 아주 경미한 것으로 보고된 바 있다(Keita *et al.*, 2000; Rice and Coats, 1994; Tiberi *et al.*, 1999).

**후각계를 이용한 기피반응**

25개의 monoterpenoid를 이용하여 털두꺼비하늘소 암컷성충에 대한 Y-tube olfactometer에서 수행한 후

**Table 2.** Contact toxicity of monoterpenoids against *M. diphyis* adults at 48 h after oak log-dip application

Monoterpenoid	n <sup>a)</sup>	Conc. (ppm)	% Mortality <sup>b)</sup> (Mean ± SD)
Bornyl acetate	20	10,000	0 ± 0d
Camphor	20	10,000	0 ± 0d
Carvacrol	20	10,000	0 ± 0d
Carveol	20	10,000	0 ± 0d
Carvone	20	10,000	35 ± 12.9b
1,8-Cineole	20	10,000	0 ± 0d
Citral	20	10,000	0 ± 0d
Citronellic acid	20	10,000	0 ± 0d
Citronellol	25	10,000	37.5 ± 9.6b
Eugenol	20	10,000	0 ± 0d
Fenchone	20	10,000	0 ± 0d
Geraniol	23	10,000	25 ± 5.8c
Isosafrole	20	10,000	0 ± 0d
Limonene	20	10,000	0 ± 0d
Linalool	20	10,000	0 ± 0d
Menthol	20	10,000	20 ± 0c
Menthone	20	10,000	0 ± 0d
P-cymene	20	10,000	0 ± 0d
Perillyl alcohol	20	10,000	0 ± 0d
Pulegone	20	10,000	70 ± 11.6a
γ-Terpinene	20	10,000	0 ± 0d
Safrole	20	10,000	0 ± 0d
α-Pinene	20	10,000	0 ± 0d
β-myrcene	20	10,000	0 ± 0d
β-Pinene	20	10,000	0 ± 0d
Control	20	-	0 ± 0d

<sup>a)</sup>Number of insects tested.

<sup>b)</sup>Means followed by the same letter are not significantly different P = 0.05 by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991).

**Table 3.** Repellency of monoterpenoids against *M. diphyis* females using a Y-tube olfactometer

Monoterpenoid	Conc. (µl/filter paper)	No. of insects in			% <sup>a)</sup>	Sign-test <sup>b)</sup>
		Sample side (S)	Control side (C)	No choice		
Bornyl acetate	1	9	21	0	70.0	P < 0.05
Camphor	1	11	12	7	52.2	ns <sup>c)</sup>
Carvacrol	1	10	20	0	66.7	P < 0.05
Carveol	1	17	10	3	37.0	ns
Carvone	1	12	11	7	47.8	ns
1,8-Cineole	1	9	19	2	67.9	P < 0.05
Citral	1	13	11	6	48.8	ns
Citronellic acid	1	14	16	0	53.3	ns
Citronellol	1	18	8	4	30.8	P < 0.05
Eugenol	1	10	12	8	54.5	ns
Fenchone	1	10	13	7	56.5	ns
Geraniol	1	9	17	4	65.4	ns
Isosafrole	1	12	15	3	55.6	ns
Limonene	1	15	9	6	37.5	ns
Linalool	1	13	11	6	45.8	ns
Menthol	1	7	20	3	74.1	P < 0.01
Menthone	1	15	12	3	44.4	ns
P-cymene	1	16	10	4	38.5	ns
Perillyl alcohol	1	18	11	1	37.9	ns
Pulegone	1	12	12	6	50.0	ns
γ-Terpinene	1	6	19	5	76.0	ns
Safrole	1	14	11	5	44.0	ns
α-Pinene	1	11	11	8	50.0	ns
β-myrcene	1	18	9	3	33.3	ns
β-Pinene	1	15	11	4	42.3	ns

<sup>a)</sup> Repellency (%) = C/S + C × 100

<sup>b)</sup> Significant differences were analysed by binominal sign test (Zar, 1996).

<sup>c)</sup> ns : not significant.

**Table 4.** Repellency of five monoterpenoids against *M. diphyis* females using a Y-tube olfactometer

Monoterpenoid	Conc. ( $\mu\text{l}/\text{filter paper}$ )	No. of insects in			% <sup>a)</sup>	Sign-test <sup>b)</sup>
		Sample side (S)	Control (C)	No choice		
Bornylacetate	10	15	11	4	42.3	ns <sup>c)</sup>
	1	9	20	1	69.0	$P < 0.05$
	0.25	12	13	5	52.0	ns
Carvacrol	10	9	16	5	64.0	ns
	1	9	21	0	70.0	$P < 0.05$
	0.25	13	14	3	51.9	ns
1,8-Cineole	10	9	20	1	69.0	$P < 0.05$
	1	8	18	4	69.2	$P < 0.05$
	0.25	12	14	4	53.8	ns
Citronellol	10	7	20	3	74.1	$P < 0.01$
	1	18	8	4	30.8	$P < 0.05$
	0.25	15	13	2	46.4	ns
Menthol	10	7	21	2	75.0	$P < 0.01$
	1	8	20	2	71.4	$P < 0.01$
	0.25	13	16	1	55.2	ns

<sup>a)</sup>Repellency (%) =  $C/S + C \times 100$ .

<sup>b)</sup>Significant differences were analysed by binominal sign test (Zar, 1996).

<sup>c)</sup>ns : not significant.

각반응은 bornylacetate, carvacrol, 1,8-cineole, menthol 이 1  $\mu\text{l}$ 의 약량에서 각각 70.0, 66.7, 67.9, 74.1%로 약제에 대해 기피반응을 보였고, 반면 citronellol은 30.8%의 유인반응을 보였다(Table 3). 위의 유의성( $P < 0.05$ )이 있었던 5화합물을 중심으로 10  $\mu\text{l}$ , 1  $\mu\text{l}$ , 0.25  $\mu\text{l}$ 의 농도별 후각반응을 평가하였다(Table 4). 모든 화합물에 대해 0.25  $\mu\text{l}$ 에서는 유의성이 없었으며, 1  $\mu\text{l}$ 를 처리했을 때는 유의성( $P < 0.05$ )이 있었다. 10  $\mu\text{l}$ 를 처리했을 때에는 1,8-cineole, menthol은 각각 30.8 ( $P < 0.05$ ), 75.0 ( $P < 0.01$ )%의 기피반응을 보였으나, bornylacetate와 carvacrol에서는 기피나 유인반응에 대한 유의성이 없었다. Citronellol은 1  $\mu\text{l}$ 에서 69.2 ( $P = 0.038$ )%로 유인반응을 보였지만, 10  $\mu\text{l}$ 에서는 74.1 ( $P < 0.01$ )%의 기피반응을 보였다. 이러한 결과처럼 농도에 따라 후각반응의 차이는 차후 상세한 검토가 필요하다. 또 본 실험에서 1,8-cineole은 털두꺼비하늘소에 대해 기피반응을 보였으나, Ngoh *et al.* (1998)는 이질바퀴약충에 대한 후각계(linear track olfactometer)를 이용한 9종의 monoterpenoid의 기피반응은 safrole이 가장 우수한 것으로 나타났다. 한편 Byers *et al.* (1985)은  $\alpha$ -pinene이 소나무좀(*Tomicus piniperda*)에 대해서 유인성이 있다고 보고하였다. 그러나 털두꺼비하늘소에 대해서는 이들 화합물들은 반응하지 않았다. 이것은 monoterpenoid가 해충에 대해서 특이하게

작용할 수 있다는 것을 시사한다.

### 산란기피효과

Monoterpenoid를 10,000 ppm의 농도로 하여 참나무에 처리했을 때 털두꺼비하늘소 암컷 성충에 대한 산란기피효과를 보았다(Table 5). 25개의 monoterpenoid 중에서 80% 이상의 산란기피효과를 보인 화합물은 carveol (97.6%), citronellol (84.0%), geraniol (84.8%), linalool (88.2%), perillyl alcohol (87.8%), pulegone (84.6%)으로 나타났으며, 특히 6화합물 모두 높은 유의성( $P < 0.01$ )을 보였다. 산란기피율이 80% 이상인 화합물을 가지고 10,000 ppm과 1,000 ppm에서 각각 산란기피효과를 보았다(Table 6). 모든 화합물에 대해 10,000 ppm에서는 Table 5에서 보여주었던 것과 마찬가지로 높은 산란기피효과를 보였고, 1,000 ppm에서는 carveol, perillyl alcohol이 각각 82.1, 87.5%로 다소 높은 산란기피효과를 보였다. Geraniol은 78.3%의 산란기피율을 보여 carveol과 perillyl alcohol보다 낮게 나타났으나 무처리목과 처리목 사이에서 높은 유

**Table 5.** Ovipositional repellency of monoterpenoids against *M. diphyis* females in the two-choice condition

Monoterpenoids	Conc. (ppm)	No. of ovipositional holes		% <sup>a)</sup>	Sign-test <sup>b)</sup>
		Treated log (T)	Untreated log (U)		
Bornylacetate	10,000	8	4	33.3	ns <sup>c)</sup>
Camphor	10,000	9	12	57.1	ns
Carvacrol	10,000	12	21	63.6	ns
Carveol	10,000	1	40	97.6	$P < 0.01$
Carvone	10,000	11	18	62.1	ns
1,8-Cineole	10,000	4	1	20.0	ns
Citral	10,000	2	4	66.7	ns
Citronellic acid	10,000	7	11	61.1	ns
Citronellol	10,000	8	42	84.0	$P < 0.01$
Eugenol	10,000	2	2	50.0	ns
Fenchone	10,000	6	6	50.0	ns
Geraniol	10,000	5	28	84.8	$P < 0.01$
Isosafrole	10,000	11	16	59.3	ns
Limonene	10,000	12	17	58.6	ns
Linalool	10,000	8	60	88.2	$P < 0.01$
Menthol	10,000	6	11	64.7	ns
Menthone	10,000	4	5	55.6	ns
P-cymene	10,000	2	2	50.0	ns
Perillyl alcohol	10,000	9	65	87.8	$P < 0.01$
Pulegone	10,000	8	44	84.6	$P < 0.01$
$\gamma$ -Terpinene	10,000	2	2	50.0	ns
Safrole	10,000	8	13	61.9	ns
$\alpha$ -Pinene	10,000	9	11	55.0	ns
$\beta$ -myrcene	10,000	11	5	31.3	ns
$\beta$ -Pinene	10,000	6	7	53.8	ns

<sup>a)</sup>Ovipositional repellency (%) =  $U/T + U \times 100$ .

<sup>b)</sup>Significant differences were analysed by binominal sign test (Zar, 1996).

<sup>c)</sup>ns : not significant.

**Table 6.** Ovipositional repellency of six monoterpenoids against *M. diphyis* females in the two-choice condition

Monoterpenoids	Conc. (ppm)	No. of oviposition hole		% <sup>a)</sup>	Sign-test <sup>b)</sup>
		Treated log (T)	Untreated log (U)		
Carveol	10,000	0	11	100	$P < 0.01$
	1,000	5	23	82.1	$P < 0.01$
Citronellol	10,000	0	13	100	$P < 0.01$
	1,000	16	21	56.8	ns <sup>c)</sup>
Geraniol	10,000	0	10	100	$P < 0.01$
	1,000	5	18	78.3	$P < 0.01$
Linalool	10,000	8	60	88.2	$P < 0.01$
	1,000	15	23	60.5	ns
Pulegone	10,000	8	41	83.7	$P < 0.01$
	1,000	34	23	40.4	ns
Perillyl alcohol	10,000	9	72	88.9	$P < 0.01$
	1,000	3	21	87.5	$P < 0.01$

<sup>a)</sup>Ovipositional repellency (%)= $U/T + U \times 100$ .

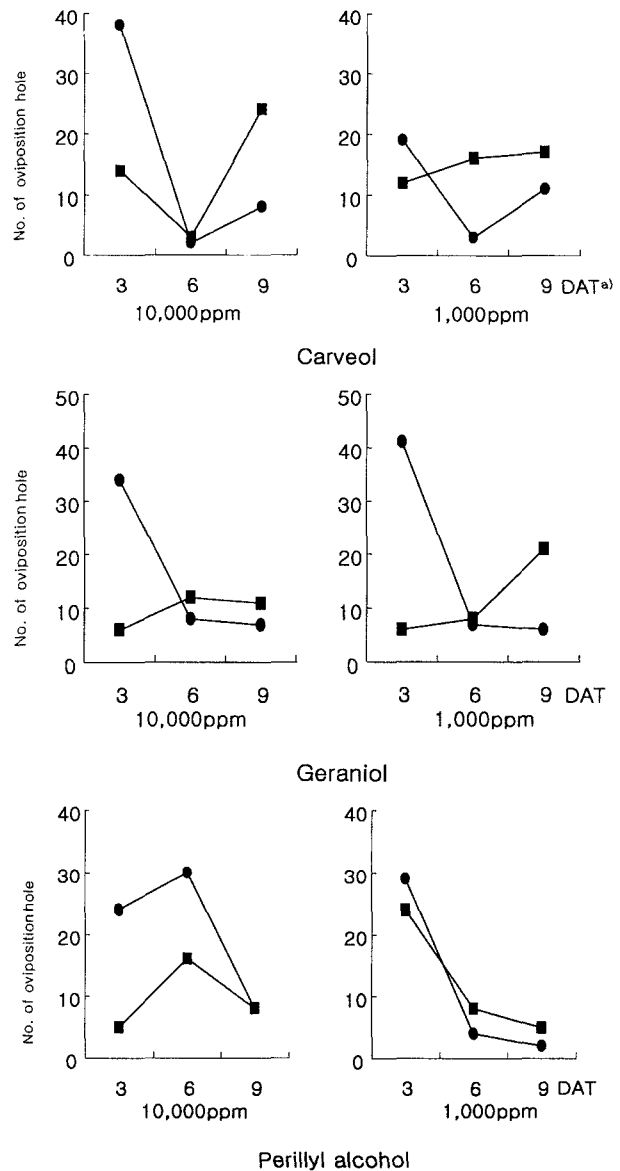
<sup>b)</sup>Significant differences were analysed by binominal sign test (Zar, 1996).

<sup>c)</sup>ns : Not significant.

의성( $P < 0.01$ )을 보였다. Tiberi et al. (1999)은 *Thaumetopoea pityocampa* (재주나방과)에 대해서 limonene은 산란기피효과가 있다고 보고하였고, 특히 소나무에서 생성되는 (S)-(-)-limonene보다 (R)-(+)-limonene이 산란기피효과가 더 큰 것으로 보고하였다. 본 실험의 결과에서는 limonene이 산란기피에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. Keita et al. (2000)은 *O. basilicum* (basil)의 essential oil을 이용하여 콩바구미과의 *Callosobruchus maculatus*에 대해 산란수를 조사한 결과 0.8개로 무처리 55개와 비교하여 산란기피효과에 있어서 큰 차이가 있었으며, basil의 주성분은 주로 알코올류의 linalool, methyl chavicol, 1,8-cineol 등이며, 이번 실험의 결과에서도 3종 화합물(carveol, geraniol, perillyl alcohol) 또한 알코올류이었다.

**포장에서 산란기피효과**

실내검정에서 산란기피효과가 우수했던 carveol, perillyl alcohol, geraniol을 가지고 야외포장시험을 수행한 결과는 Fig. 2와 같다. 선택조건하에서 각각 10,000 ppm과 1,000 ppm으로 처리하여 산란공수를 조사한 결과, 10,000 ppm에서는 3화합물 모두 3일째에는 무처리목과 처리목 사이에 산란공수의 차이가 확연하게 나타났다. Carveol은 무처리목에서 38개, 처리목에서 14개의 산란공수가 조사되었으며, geraniol은 무처리목에서 34개, 처리목에서는 6개가 조사되었고,



**Fig. 2.** Ovipositional repellency of carveol, geraniol and perillyl alcohol against *M. diphyis* females in the field (● Untreated log, ■ Treated log). <sup>a)</sup> Days after treatment.

perillyl alcohol은 무처리목에서 24개, 처리목에서는 5개의 산란공수가 조사되었다. 그러나 6일째부터는 현저하게 산란기피효과가 떨어졌으며, perillyl alcohol만이 6일째에 무처리목에서 30개, 처리목에서는 16개로 다소 산란공수의 차이를 보였다. 1,000 ppm에서는 geraniol만이 3일째에 무처리목 41개, 처리목 6개의 산란공수 차이를 보여 산란기피효과를 볼 수 있었고, 다른 화합물들은 산란공수 차이가 경미하거나 무처리목보다 처리목에서 산란공수가 더 많이 조사되었다.

Roger와 Hamraoui (1995)는 carvacrol, linalool, eugenol, thymol, terpineol이 강낭콩바구미(*Acanthoscelides obtectus*)에 대해 산란수 감소가 있었다고 보고하였다. 앞으로의 과제로는 나타난 시험 결과에서 본 것처럼 잔효성을 유지하는 제형개발 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술관리센터의 기획연구과제로 수행한 결과이다.

## Literature Cited

- Brattsten, L.B. 1983. Cytochrome P-450 involvement in the interactions between plant terpenes and insect herbivores. In Plant resistance to insects, ed. by P. A. Hedin, 173~195 pp. ACS (Am. Chem. Soc.), Washington, DC.
- Byers, J.A., Q.H. Zhang and G. Birgersson. 2000. Strategies of a bark beetle, *Pityogenes bidentatus*, in an olfactory landscape. *Naturwissenschaften* 87: 503~507.
- Collart, M.G. and S.F. Hink. 1986. Sublethal effects of *d*-limonene on the cat flea (*Ctenocephalides felis*). *Entomol. Exp. Appl.* 42: 225~229.
- Eva M. Pettersson. 2001. Volatile attractants for three pteromalid parasitoids attacking conraled spruce bark beetles. *Chemoecology* 11: 89~95.
- Hardwood, S.H., A.F. Moldenke and R.E. Berry. 1990. Toxicity of peppermint monoterpenoids to the variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 1761~1967.
- Hink, W.F. and B.J. Fee. 1986. Toxicity of D-limonene, the major component of citrus peel oil, to all life stages of the cat flea, *Ctenocephalides felis* (Siphonaptera: Pulicidae). *J. Med. Entomol.* 23: 400~404.
- Keita, S.M., C. Vincent, J.P. Schmit, S. Ramaswamy and A. Belanger. 2000. Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 36: 355~364.
- Kim, D.H. and Y.J. Ahn. 2001. Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects. *Pest Manag. Sci.* 57: 301~306.
- Kim, K.C. and C.Y. Hwang. 1996. An investigation of insect pest on the mushroom (*Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus*) in south region of Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 45~51 (in Korean).
- Kim, G.H., J.S. Yoo, S.G. Lee and J.D. Park. 2000. Susceptibility of oak longicorn beetle, *Moehotypa diphysis* Pascoe (Coleoptera: Cerambycidae), infesting the oak mushroom bed logs to commercial insecticides. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 207~209 (in Korean).
- Lee, B.Y. 1987. Bionomics of oak longicorn, *Moehotypa diphysis* Pascoe (Coleoptera: Cerambycidae), infesting the oak mushroom bed log. *Res. Rep. For. Inst. Korea.* 35: 139~145 (in Korean).
- Lee, S., R. Tsao, C. Peterson and J.R. Coats. 1997. Insecticidal activity of monoterpenoides to western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae), twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae), and house fly (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.* 90: 883~892.
- Ngoh, S.P., L. E.W. Choo, F.Y. Pang, Y. Huang, M.R. Kini and S.H. Ho. 1998. Insecticidal and repellent properties of nine volatile constituents of essential oils against the American Cockroach, *Periplaneta americana* (L.). *Pestic. Sci.* 54: 261~268.
- Pesticide handbook. 2000. Korea Agri. Chem. Indu. Assoc. 222 pp.
- Prates, H.T., J.P. Stantos, J.W. Waquil, J.D. Fabris, A.B. Oliveira and J.E. Foster. 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.* 34: 243~249.
- Rice P.J. and J.R. Coats. 1994. Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 87: 1172~1179.
- Roger, C.R. and A. Hamraoui. 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored. Res.* 31: 291~299.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT User's Guide: Ststistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C., U.S.A.
- Taylor, W.E. and B. Viekery. 1974. Insecticidal properties of limonene, a constituent of citrus oil. *Ghana J. Agr. Sci.* 7: 61~62.
- Templeton, W. 1969. An introduction of the chemistry of terpenoids and steroids. Butterworths, London.
- Tiberi, R., A. Niccoli, M. Curini, F. Epifano, M.C. Marcotullio and O. Rosati. 1999. The role of the monoterpene composition in *Pinus* spp. needles, in host selection by the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa*. *Phytoparasitica* 27: 263~272.
- Yoo, J.S., G.H. Kim, J.S. Yoo, S.G. Lee and J.D. Park. 2001. Control effects of benfuracarb and  $\gamma$ -cyhalothrin to oak longicorn beetle, *Moehotypa diphysis* Pascoe, infesting the oak mushroom bed logs. *Korean J. Pestic. Sci.* 5: 47~49 (in Korean).
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*, 3rd ed. Prentice-Hall International, Inc.

(Received for publication 4 September 2002;  
accepted 23 October 2002)