

북방수염하늘소(*Monochamus saltuarius*),  
솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*),  
털두꺼비하늘소(*Moechotypa diphysis*) 성충의 표피탄화수소 비교

이정은 · 김은희 · 윤창만 · 김길하\*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

Comparison of Cuticular Hydrocarbons of the Pine Sawyer (*Monochamus saltuarius*), Japanese Pine Sawyer (*Monochamus alternatus*) and Oak Longicorn Beetle (*Moechotypa diphysis*)

Jeong-Eun Lee, Eun-Hee Kim, Changmann Yoon and Gil-Hah Kim\*

Dept. of Plant Medicine, Coll. of Agri. Life and Environ. Sci., Chungbuk National University, Republic of Korea

**ABSTRACT:** Cuticular hydrocarbons (CHCs) of the pine sawyer (*Monochamus saltuarius*), Japanese pine sawyer (*M. alternatus*) and oak longicorn beetle (*Moechotypa diphysis*) were analyzed by GC, GC-MS and compared. *Monochamus* beetles are typical vectors of pine wilt disease but *Moechotypa diphysis*, which belongs to the same family, is not. They possess different CHCs in carbon number: 23-25 in *M. saltuarius*, 25-32 in *M. alternatus*, and 23-29 in *M. diphysis*. In comparison to inter-species, these three species of adult beetles have different numbers and chains of constituents of CHCs. In comparison between male and female in intra-species, the quantities of CHCs show the difference but constituents are not. Major constituent of *M. saltuarius* were analyzed as *n*-pentacosane > *n*-nonacosane > *n*-heptacosane; those of *M. alternatus* were *n*-nonacosene > *n*-pentacosane > *n*-nonacosane; and those of *M. diphysis* were *n*-heptacosane > 13-methylheptacosane > 3-methylheptacosane. From the body surface, most saturated carbohydrates of 3 species beetles are composed of *n*-alkane (40.2 - 65.7%) and followed by olefins > monomethylalkanes that one or two double bonds in *M. saltuarius* and *M. alternatus*. Otherwise, *M. diphysis* have the difference in order of monomethylalkanes > olefins.

**Key words:** Cuticular hydrocarbons, *Monochamus saltuarius*, *Monochamus alternatus*, *Moechotypa diphysis*, Pine wilt disease, Vector

**초 록:** 북방수염하늘소, 솔수염하늘소, 털두꺼비하늘소 성충 암·수의 표피탄화수소를 GC와 GC-MS로 분석하고 비교하였다. 북방수염하늘소와 솔수염하늘소는 소나무재선충병의 대표적 매개충이지만 같은 과에 속한 털두꺼비하늘소는 그렇지 않다. 이들은 표피탄화수소 사슬을 다르게 가지고 있는데, 북방수염하늘소의 표피탄화수소 사슬은 C<sub>23-35</sub>, 솔수염하늘소는 C<sub>25-32</sub>, 그리고 털두꺼비하늘소는 C<sub>23-29</sub>로 중간 차이를 보였다. 주 구성성분의 암·수간 차이에서 함량에 대한 차이는 있었지만, 조성에 대한 차이는 없었다. 북방수염하늘소는 *n*-pentacosane > *n*-nonacosane > *n*-heptacosane, 솔수염하늘소는 *n*-nonacosene > *n*-pentacosane > *n*-nonacosane을 가장 많이 포함하고 있었으며, 털두꺼비하늘소는 *n*-heptacosane > 13-methylheptacosane > 3-methylheptacosane을 가장 많이 포함하고 있는데 반해 *n*-nonacosene, *n*-pentacosane의 함량은 적었다. 3종하늘소 표피의 대부분은 *n*-alkane인 표피탄화수소로 이루어져 있고(40.2 - 65.7%) 그 다음으로, 북방수염하늘소와 솔수염하늘소는 하나 또는 두 개의 이중결합을 갖는 olefins > monomethylalkanes 순이었다. 이와 달리, 털두꺼비하늘소는 monomethylalkanes > olefins 순으로 함량에 차이가 있었다.

**검색어:** 표피탄화수소, 북방수염하늘소, 솔수염하늘소, 털두꺼비하늘소, 소나무재선충병, 매개충

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

Received July 20 2010; revised August 30 2010;  
accepted September 7 2010

곤충의 cuticular lipid coating의 주성분은 주로 hydrocarbon(탄화수소)으로 주로 탈수를 방지하고 미생물의 침투

로부터 보호하며, 그 구성성분은 long-chain linear alkanes, alkenes, mono-/di-/tri-methyl-branched alkanes과 같은 탄화수소의 화합물로 구성되어 있다 (Howard, 1993; Nelson, 1993). 이러한 표피탄화수소는 물리적 기능뿐만 아니라, 화학적 측면에서도 연구가 많이 이루어졌다 (Gamboa *et al.*, 1996; Lorenzi *et al.*, 2004).

곤충의 표피탄화수소는 외골격의 다양한 분비샘으로부터 분비되어 외골격 표면에 축적이 된다. 이러한 적은 분자량의 지질은 종마다 그 구성성분과 함량이 특이적으로 달라 화학적 분류방법으로서 이용될 뿐만 아니라, 기능적으로도 교미대상인식 (Barbour *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2006)이나 폐로몬 또는 폐로몬 전구체로서의 기능 (Jurenka and Subchev, 2000; Fan *et al.*, 2008), 특히 흰개미나 벌과 같은 사회성 곤충에서 활발한 연구가 진행되고 있는데 (Liebig *et al.*, 2000; Gamboa, 2004; Lucas *et al.*, 2005), 다른 colony, 계급, 발육단계별 또는 연령의 인식, 이타주의 (Kaib *et al.*, 2004; Nunes *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009)의 기능들을 수행한다는 것이 밝혀졌다.

표피탄화수소는 화학적으로 안정적이고, 휘발성이 낮으며, 그 구조의 다양성으로 동종의 집단 내에 특별한 화학적 신호로써 작용하여 의사소통을 가능하게 한다 (Blomquist *et al.*, 1987). 화학적 의사소통은 양성의 동종을 유인하는 aggregation pheromones과 이성의 동종을 유인하는 sex pheromones 등 여러 타입의 정보를 전달한다. 노랑초파리 (*Drosophila melanogaster*)는 표피탄화수소를 종내 배우자 선택과 종내 성격리를 위해 방출하는가 하면 (Cobb and Jallon, 1990; Coyne *et al.*, 1994; Buckley *et al.*, 1997; Coyne and Charlesworth, 1997), 교미를 전후해서 표피탄화수소의 종류와 함량이 변하는 것으로 보고되었다 (Everaerts *et al.*, 2010). *Xylotrechus colonus*는 contact pheromones으로서 n-pentacosane, 9-methylpentacosane, 3-methylpentacosane을 사용하기도 한다 (Ginzel *et al.*, 2003). 개미, 벌, 바퀴는 대표적인 사회성 곤충으로 이들은 모두 특정 화학물질에 의해 군집을 형성하고 질서체계를 갖는데, Saïd *et al.* (2005)은 *Periplaneta* 속의 바퀴들이 각각 동종의 표피탄화수소에 의해 군집이 형성된다는 것을 증명하였고, Lucas *et al.* (2005)는 *Pachycondyla villosa*라는 종에서, Torres *et al.*, (2007)는 *Linepithema humile*라는 종의 개미가 자기집단을 인식하는데 관여하는 표피탄화수소의 역할에 대해 연구하였다.

이처럼 표피탄화수소는 종 특이적으로 나타나고 (Bernier

*et al.*, 1998; Saïd *et al.*, 2005; Akino, 2006), 동종 간에도 성, 연령에 따라 다르게 나타나며 (Nelson & Charlet, 2003; Böröczky *et al.*, 2008), 하나의 개체에서도 안테나, 다리 등 부위에 따라 다른 조성비를 나타낼 수도 있다 (Böröczky *et al.*, 2008). 또한, 동종이라 할지라도 지역에 따라 다른 종류의 탄화수소 혹은 함유량의 차이를 보일 수 있다 (Brown *et al.*, 1997, 2000; Akino, 2006). 표피탄화수소의 구성성분과 함량의 차이에 따라 화학적 분류법에 적용할 수 있는데, 곤충의 형태적 분류 시 때로는 시각적인 분류의 한계를 나타내기 때문에 이 종특이적 특성을 이용하여 종 또는 성 감별을 할 수도 있다 (Carlson and Brenner, 1988).

본 연구에서는 소나무재선충의 매개충으로 알려진 북방수염하늘소와 솔수염하늘소, 그리고 표고버섯골목의 주요 해충인 텔두꺼비하늘소 성충의 표피탄화수소를 추출·분석하여 종간 성분과 함량의 차이를 비교하여, 화학분류의 기초 자료로서 제공을 하고 최종적으로 종간차이를 구명하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충

북방수염하늘소 성충은 충북 청원군 미원면 산림환경연구소에서, 솔수염하늘소 성충은 남부산림연구소에서 분양받았고, 텔두꺼비하늘소 성충은 충북 청원군 가덕면 표고버섯골목재배지에서 채집하였다. 실험에 사용된 부위는 안테나를 포함한 몸 전체를 사용하였으며, 실험에 사용하기 전, 건전한 암수 성충만 선별하여 영하 18°C에서 동결 보관하였다.

### 표피탄화수소 추출

추출하기 전, 동결 보관된 3종 하늘소의 암·수 성충을 건조시켜 체표면 수분을 제거하였다. 각 충을 3 ml의 HPLC grade hexane (J.T. Baker, USA)에 행궈 추출하였고, 추출된 hexane 혼합액을 glass wool (Sigma, St. Louis, MO), sodium sulfate (Junsei chemical, Tokyo, Japan), silica gel (Merck, Darmstadt, Germany)로 충진된 glass Pasteur pipette (Poulten & Graf, Barking, UK) 컬럼에 흘려 정제한 후, 농축하였다. 얻어진 각각의 표피탄화수소를 다시 1 ml의 hexane에 녹여 gas-chromatograph (GC), gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS)로 분석을 하였다. 각 하늘소의 표피탄화수소의 분석은 3번복으로 수행하였다.

## 표피탄화수소 분석

GC 분석은 FID (flame ionization detector)가 장착된 Agilent Technologies 6890N기기 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA)를 사용하였고, DB-1 (J&W, 30m×0.25 mm ID×0.25 μm film thickness) 컬럼을 사용하였다. Oven 온도는 초기 150°C에서 10분간 유지한 후, 분당 5°C씩 상승 시켜 310°C까지 올려주었으며 10분간 유지하였다. 주입구와 검출기 온도는 각각 250°C와 300°C로 설정하였고, 이동상으로 분당 2 ml의 질소를 흘려주었다. GC/MS 분석은 Agilent Technologies 7890A/5975C (Agilent Technologies, Santa Clara, CA) 기기를 사용하였고, HP-5MS (J&W, 30 m×0.25 mm ID×0.25 μm film thickness) 컬럼을 사용하였다. 각 온도조건은 GC분석과 동일하게 설정하였으며, 이동상으로 헬륨을 사용하였다.

1 ml의 Hexane에 녹인 각각 표피탄화수소와 표준물질은 1 μl씩 주입시켜 분석하였으며, 표준물질로 사용된 nC<sub>20</sub>-nC<sub>40</sub> 포화탄화수소는 Sigma (St Louis, MO)에서 구입하여 사용하였다.

## 결과 및 고찰

표피탄화수소의 종간 차이를 이용한 화학분류는 수없이 많은 연구에서 진행되고 있다. Saïd *et al.* (2005)은 *Periplaneta* 속의 4종 바퀴를 비교한 결과, *P. americana*와 *P. fuliginosa*, *P. australasiae*, *P. brunnea*가 각각 23개, 25개, 19개, 21개의 탄화수소가 있는 것으로 확인되어 종간 차이를 확인하였고, Akino (2006)도 두 종의 개미, *Formica japonica*와 *F. truncorum*에 대해서도 탄화수소를 비교하여 종간 탄화수소의 사슬에서 차이가 있음을 확인하였다.

전체 탄화수소의 종류와 함량에 있어서 하늘소류는 본 실험을 통해서 종 특이적인 종간 차이를 확인하였다. 3종의 하늘소 - 북방수염하늘소, 솔수염하늘소, 텔두꺼비하늘소 - 의 수컷과 암컷 성충의 표피추출물질을 GC와 GC-MS를 이용하여 분석하여 표피탄화수소의 조성과 함량의 차이를 비교하였고, n-C<sub>23</sub>부터 DiMe-C<sub>33</sub>까지 총 35개의 물질을 분석하였다 (Table 1). 그 결과, 표피탄화수소의 사슬은 북방수염하늘소에서 C<sub>23-35</sub>, 솔수염하늘소는 C<sub>25-32</sub>로 구성되고, 속이 다른 텔두꺼비하늘소는 C<sub>23-29</sub>의 탄화수소사슬로 구성되어 있음을 확인하였다. 텔두꺼비하늘소는 C<sub>30</sub> 이후로는 검출되지 않아 *Monochamus* 속 2종의 표피탄화수소와는 조성상 차이를 보였다. 같은 속에 해당하는 북방수염하늘소

와 솔수염하늘소 간에도 적지만 차이를 보였다 (Fig. 1, Table 2).

표피탄화수소 개수에 있어서도 북방수염하늘소의 수컷과 암컷이 각각 22, 23개, 솔수염하늘소는 18, 19개, 텔두꺼비하늘소는 12, 14개로 그 조성에 큰 차이를 보였다 (Fig. 1, Table 2). 3종 하늘소간 표피탄화수소의 조성의 차이를 살펴보면, C<sub>25</sub>, C<sub>27</sub>, C<sub>29</sub>와 methyl-alkane이나 methyl-alkene 성분의 탄화수소가 주로 공통적으로 존재하며 그 함량이 높았지만 (Peak No.: 5, 9, 11, 18, 19), 일부 탄화수소(Peak No.: 8, 14, 16, 20A, 21, 22A)는 *Monochamus* 속에만 존재하고, 일부는 텔두꺼비하늘소에만 존재하여(Peak No.: 2, 12B, 15, 20B), 그 조성이 다른 것을 확인하였다 (Table 2). 이들 조성은 3종간에 공통적으로 존재하는 주요조성은 아니지만 종 특이적으로 존재하는 조성으로 3종간 차이를 구분할 수 있으며 화학적 분류로 적용이 가능할 것으로 기대된다. 하지만 각 탄화수소별로 구체적으로 어떠한 역할을 수행하고, 생태적인 차이나 병 매개능력과의 차이는 연구되지 않아 현 상태로서는 정확히 알 수 없다. 다만 표피탄화수소 전체 추출물이 솔수염하늘소나 북방수염하늘소에서 교미과정에서 성폐로본의 역할은 보고된 바 있다 (Kim *et al.*, 1992; 2006).

각각의 탄화수소에 대해 조성성분을 비교한 결과, 동일한 retention time에서 검출된 탄화수소에 대해서도 종간 차이를 보였다 (Fig. 1, Table 1 - Peak 12A, B; Peak 20A, B; Peak 22A, B; Peak 27A, B). Peak 12 (RI: 2734)에서, 북방수염하늘소는 탄소 9번 또는 11번에 -methyl이 위치해 있고 분자량이 379.5인 9-,11-MeC<sub>27</sub>로 확인되었다 (Fig. 2A). 반면, 텔두꺼비하늘소는 탄소 13번에 -methyl이 위치해 있고 분자량이 379.5인 13-MeC<sub>27</sub>로 검출되었다 (Table 2, Fig. 2B). 이처럼, 동일 retention time에서 분자량은 같으나 그 성분이 서로 달리 검출되는데, Peak 20에서도 북방수염하늘소와 솔수염하늘소는 11-MeC<sub>29</sub>로 나타났으나, 텔두꺼비하늘소는 9-,11-,13-,15-MeC<sub>29</sub>로 나타났다. Peak 22에서도 북방수염하늘소와 솔수염하늘소는 (9,x)-,and/or(11,x)-diMeC<sub>29</sub>로 나타났으나, 텔두꺼비하늘소는 9,13-,9,15-,11,15-diMeC<sub>29</sub>로 확인되어, *Monochamus*속 하늘소와 텔두꺼비하늘소 간 차이를 보였다. 반면, Peak 13은 북방수염하늘소와 텔두꺼비하늘소가 3-MeC<sub>27</sub>이었으나, 솔수염하늘소는 3-,5-MeC<sub>27</sub>이었고, Peak 27은 북방수염하늘소가 11,13-diMeC<sub>30</sub>이었으나, 솔수염하늘소는 7,9,11,13,15-MeC<sub>31</sub>를 나타내어 종간 차이를 보였다. Bernier *et al.* (1998)도

**Table 1. Components identified by GC/MS in *M. saltuarius*, *M. alternatus* and *M. diphysis***

Peak No	Compound	RI <sup>a)</sup>	CN <sup>b)</sup>	Diagnostic MS ions[m/z]
1	<i>n</i> -C <sub>23</sub>	2300	23	<u>324</u>
2	3-MeC <sub>23</sub>	2374	24	281, 309, <u>338</u>
3	<i>n</i> -C <sub>24</sub>	2400	24	<u>338</u>
4	9-C <sub>25:1</sub>	2473	25	41, 55, 69, 83, 97, <u>350</u>
5	<i>n</i> -C <sub>25</sub>	2500	25	<u>352</u>
6	3-MeC <sub>25</sub>	2573	26	71, 337, <u>380</u>
7	<i>n</i> -C <sub>26</sub>	2600	26	<u>366</u>
8	2or4-MeC <sub>26</sub>	2661	27	337, 365, 309, <u>380</u>
9	<i>n</i> -C <sub>27:2</sub>	2674	27	<u>376</u>
10	<i>n</i> -C <sub>27:1</sub>	2680	27	<u>378</u>
11	<i>n</i> -C <sub>27</sub>	2700	27	<u>380</u>
12A	9-,11-MeC <sub>27</sub>	2734	28	141, 169, 197, 225, 253, 281, <u>379</u>
12B	13-MeC <sub>27</sub>	2734	28	197, 225, <u>379</u>
13	3-MeC <sub>27</sub>	2775	28	337, 365, <u>394</u>
14	<i>n</i> -C <sub>28:1</sub>	2800	28	<u>406</u>
15	13-MeC <sub>28</sub>	2832	29	211, 239, <u>398</u>
16	3-,9-MeC <sub>28</sub>	2859	29	151, 279, 365, <u>402</u>
17	4-MeC <sub>28</sub>	2865	29	71, 366, <u>408</u>
18	<i>n</i> -C <sub>29:1</sub>	2879	29	41, 55, 69, 83, 97, <u>406</u>
19	<i>n</i> -C <sub>29</sub>	2900	29	<u>408</u>
20A	11-MeC <sub>29</sub>	2931	30	169, 281, <u>407</u>
20B	9-,11-,13-,15-MeC <sub>29</sub>	2931	30	141, 169, 197, 225, 281, 283, 309, <u>407</u>
21	5-MeC <sub>29</sub>	2950	30	85, 365, <u>407</u>
22A	(9,x)-,and/or(11,x)-diMeC <sub>29</sub>	2975	31	57, 71, 169, 181, 211, 295, 323, 351, 393, <u>421</u>
22B	9,13-,9,15-,11,15-diMeC <sub>29</sub>	2975	31	141, 169, 197, 225, 239, 295, 351, 267; <u>421</u>
23	<i>n</i> -C <sub>30</sub>	3000	30	<u>407</u>
24	Me-C <sub>30</sub>	3065	31	57, 71, 85, 127, 197, 351, <u>434</u>
25	<i>n</i> -C <sub>31:1</sub>	3080	31	<u>436</u>
26	<i>n</i> -C <sub>31</sub>	3100	31	<u>436</u>
27A	11,13-diMeC <sub>30</sub>	3133	32	43, 57, 71, 85, 169, 197, 281, 309, <u>435</u>
27B	7,9,11,13,15-MeC <sub>31</sub>	3133	32	113, 141, 197, 225, 281, 337, 365, <u>435</u>
28	5-,7-,9-MeC <sub>31</sub>	3151	32	85, 113, 141, 337, 365, 393, <u>447</u>
29	3-MeC <sub>31</sub>	3171	32	43, 57, 71, 421, <u>435</u>
30	DiMe-C <sub>33</sub>	3335	35	207, 281, 435, <u>477</u>

<sup>a)</sup>Retention index; <sup>b)</sup>Carbon number.

우리와 비슷한 결과를 보고하였다. 이와 같이 methyl-branched alkanes은 다른 개체군과 구별하기 위해 중요한 화합물 중에 하나로 보고되고 있다 (Dani *et al.*, 2001). 이는 동일 시간대에 나타난 peak라 할지라도 종에 따라 다른 물질을 갖고 있음으로서 형태적으로 분류가 어려운 대상에 적용할 수 있고, 문자적 또는 유전적으로 접근하는

분류방법에 비해 시간을 절약할 수 있는 방법일 것이다. 구성성분 중에서 포화탄화수소의 비율이 높게 나타났으며 공통적으로 비슷하게 존재하는 조성이라 할지라도 함량에 있어서 큰 차이를 보였다 (Tables 1 and 2). 종내 암수간 약간의 차이는 있었지만 북방수염하늘소의 표피는 C<sub>25</sub> > C<sub>29</sub> > C<sub>27</sub> (*n*-pentacosane > *n*-nonacosane > *n*-heptacosane)

**Table 2.** Relative distributions of cuticular hydrocarbon fractions from *M. saltuarius*, *M. alternatus*, and *M. dipysis*

Peak No.	<i>M. saltuarius</i>		<i>M. alternatus</i>		<i>M. dipysis</i>	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1		0.54			3.05	0.77
2					1.13	1.77
3	0.30	0.39				
4	0.92					
5	17.89	23.58	14.35	19.11	8.32	7.29
6	1.26	0.60				2.28
7	0.98	1.83		0.91	4.94	4.67
8	1.80	3.54	4.51	3.25		
9	10.87	4.99	2.23	1.46	5.00	3.78
10			2.08	1.92		
11	8.51	21.35	10.99	9.99	31.80	26.95
12A		0.25				
12B					15.21	17.90
13	2.05	3.08	1.43	1.67	11.27	13.71
14	1.57	1.47	1.17	1.48		
15					1.60	2.01
16	1.49	1.14	5.27	4.29		
17			6.30	4.78		
18	10.33	5.02	21.18	20.21	8.32	5.90
19	23.41	17.57	15.25	16.18	1.52	1.77
20A	1.72	4.04	2.42	2.07		
20B					7.84	9.87
21	1.47	1.32	0.58			
22A	4.99	3.79	3.28	5.78		
22B						1.33
23	1.07	0.46				
24	0.58		3.45	1.79		
25	3.14		3.29	1.77		
26	2.25	1.61	1.47	1.47		
27A	1.33	2.52				
27B				1.04		
28		0.51				
29	1.00	0.40	0.75	0.83		
30	1.07					
Total (%)	100	100	100	100	100	100

순으로 높게 존재한 반면, 솔수염하늘소는  $C_{29:1} > C_{25} > C_{29}$  (*n*-nonacosene  $>$  *n*-pentacosane  $>$  *n*-nonacosane), 털두꺼비하늘소는  $C_{27} > 13\text{-MeC}_{27} > 3\text{-MeC}_{27}$  (*n*-heptacosane  $>$  13-methylheptacosane  $>$  3-methylheptacosane)의 순이었고  $C_{29}$ 와  $C_{25}$ 의 함량은 적었다. 다시 한번, 북방수염하늘소

와 솔수염하늘소의 표피 구성성분은 비슷하게 나타났으며, 털두꺼비하늘소는 그 조성과 함량에 있어서 많은 차이를 보였다(Tables 1 and 2).

각각의 함량에 있어서는,  $C_{25}$ 의 경우 *Monochamus* 속은 털두꺼비하늘소보다 함량이 2~3배 많이 존재하였고,  $C_{29:1}$

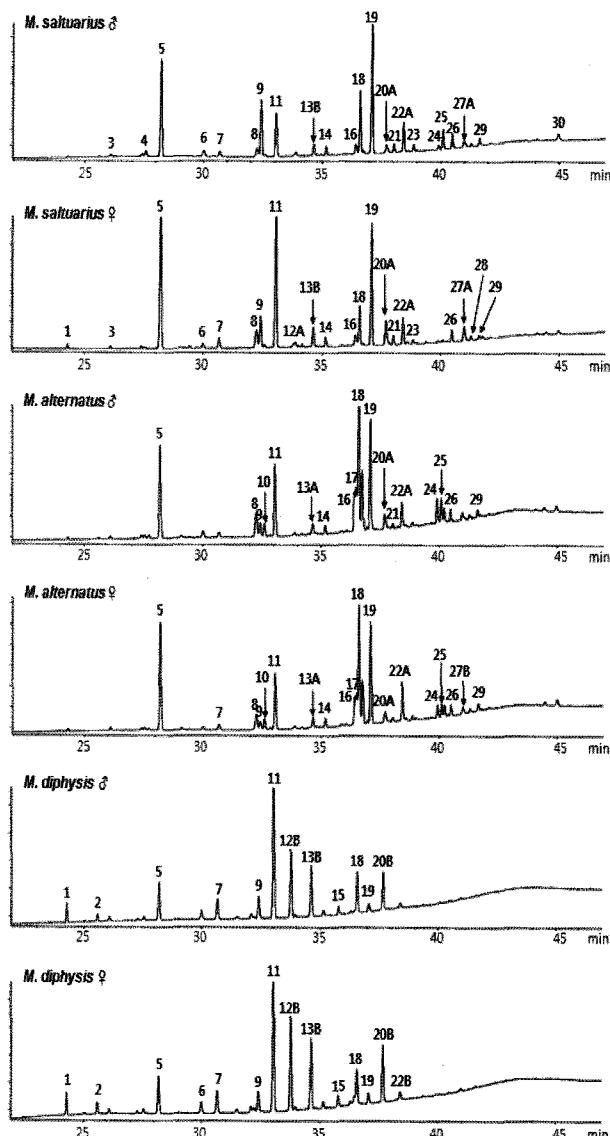


Fig. 1. Gas chromatograms of cuticular hydrocarbons fractions of *M. saltuarius*, *M. alternatus*, and *M. diphysis*.

은 솔수염하늘소가 다른 하늘소에 비하여 2배에서 4배가량 높게 존재하였다. Lee et al. (2003)은 동양종과 서양종 꿀벌 간에 부위별(안테나, 날개, 다리)로도 조성과 함량에 차이가 있음을 보고하기도 하였다.

표피탄화수소의 조성과 함량은 동종 간에도 성, 연령, 개체군에 따라 (Nelson & Charlet, 2003; Böröczky et al., 2008), 하나의 개체에서도 안테나, 다리 등 부위에 따라 (Böröczky et al., 2008), 지역에 따라 다른 종류의 탄화수소 혹은 함유량의 차이를 보이기도 한다 (Brown et al., 1997, 2000; Akino, 2006).

같은 종내의 수컷과 암컷 간에도 대부분의 표피 탄화수소

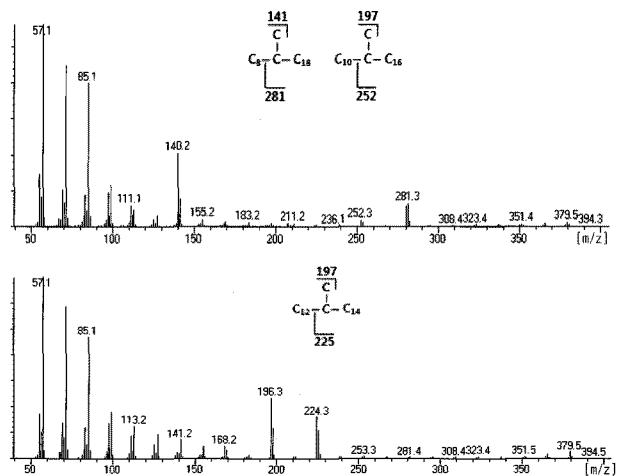
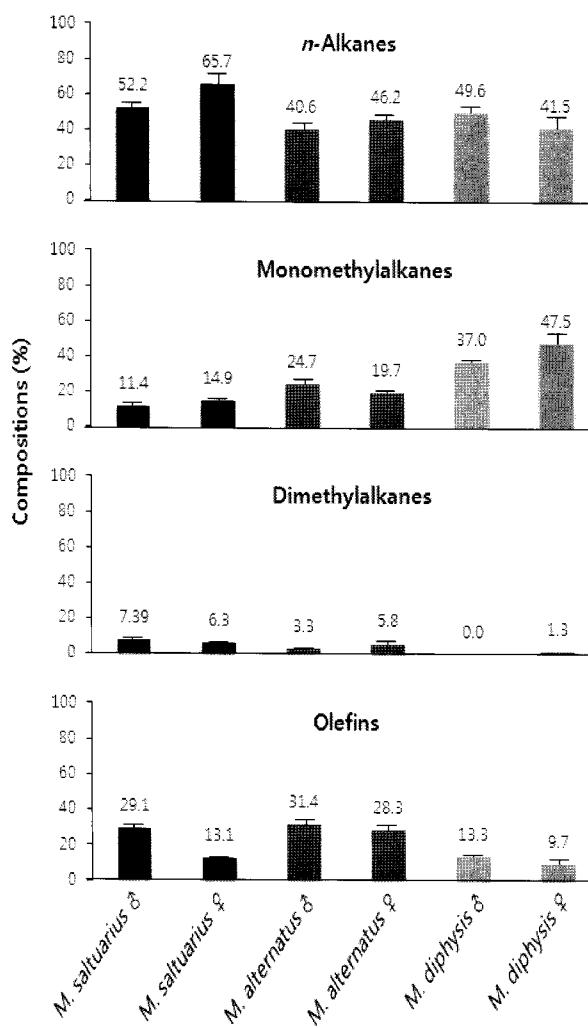


Fig. 2. EI Mass spectra of methyl-branched alkanes from *M. saltuarius*, *M. alternatus*, and *M. diphysis*. This mass spectra shown are: (GC Peak 12A) 9-,11-methylheptacosane, and (GC Peak 12B) 13-methylheptacosane.

의 함량이 차이가 있으나 함량이 두 배 이상 차이가 나기도 하여 함량으로 종구별을 단정 짓기에는 어려워 보인다. 북방 수염하늘소의 수컷은 암컷보다 2,4-MeC<sub>26</sub> (Peak 8)의 경우 두 배 이상 가지고 있었고, 반대로 C<sub>27</sub> (Peak 11)의 경우는 암컷이 수컷보다 2.5배 이상 많이 가지고 있었다. 암수간 조성함량은 다른 하늘소가 가지고 있는 함량의 범위를 포함시키기도 하여, 단지 함량만으로는 화학적 분류가 어려울 것으로 보인다. 이는 표피 탄화수소가 늘 일정한 것이 아니라 환경의 상태에 따라 그 조성과 함량이 변하기 때문인 것으로 판단된다. 실제로, 발육단계에 따라 함량이 변하기도 하며, 군집내 특성에 따라 함량이 변하기도 한다 (Sledge et al., 2004; Nunes et al., 2009).

탄화수소의 구성성분을 조성별로 분류한 결과, 3종 하늘소의 대부분은 *n*-alkane (40.2 ~ 65.7 %)인 포화탄화수소로 이루어져 있었다 (Fig. 3). 그 다음으로, 북방수염하늘소와 솔수염하늘소는 하나 또는 두 개의 이중결합을 갖는 olefins > monomethylalkanes 순으로 나타났다. 이와 달리, 텔두꺼비하늘소는 monomethylalkanes > olefins 순으로 중간에 함량 차이를 보였다. 3종 하늘소 모두 dimethylalkanes은 적게 함유된 것으로 나타났다 (1.3 ~ 7.4 %).

이러한 표피탄화수소의 종합적 분석으로 Page et al. (1997)는 *Grandicollis* 아속에 속하는 pine engraver beetle 을 표피탄화수소로 화학분류를 했고, Urech et al. (2005)은 *Haematobia* 속의 *H. exigua*와 *H. irritans*를 11-C<sub>23:1</sub>과 7-C<sub>23:1</sub>, (Z)-9-and (Z)-5-C<sub>23:1</sub>의 차이로 화학적 분류를 하였다.



**Fig. 3. Composition (%) of cuticular hydrocarbons of *M. saltuarius*, *M. alternatus*, and *M. diphysis*.**

이러한 결과로 3종 하늘소간에 중간 차이로 화학적 분류가 가능하다고 판단되며, 앞으로는 화학적·기능적 측면으로도 접근이 가능하리라 기대된다.

## 사 사

본 논문은 2010학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원으로 수행한 결과이다.

## Literature Cited

Akino, T. 2006. Cuticular hydrocarbons of *Formica truncorum* (Hymenoptera: Formicidae): Description of new very long chained hydrocarbon components. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 667-677.

- Barbour, J.D., E.S. Lacey and L.M. Hanks. 2007. Cuticular hydrocarbons mediate mate recognition in a species of long-horned beetle (Coleoptera: Cerambycidae) of the primitive subfamily prioninae. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 100: 333-338.
- Bernier, U.R., D.A. Carlson and C.J. Geden. 1998. Gas chromatography/mass spectrometry analysis of the cuticular hydrocarbons from parasitic wasps of the genus *Muscidifurax*. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 9: 320-332.
- Blomquist, G.J., D.R. Nelson and M. de Renobales. 1987. Chemistry, biochemistry and physiology of insect cuticular lipids. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 6: 227-265.
- Böröczky, K., K.C. Park, R.D. Minard, T.H. Jones, T.C. Baker and J.H. Tumlinson. 2008. Differences in cuticular lipid composition of the antennae of *Helicoverpa zea*, *Heliothis virescens* and *Manduca sexta*. *J. Insect Physiol.* 54: 1385-1391.
- Brown, W.V., H.A. Rose and M.J. Lacey. 1997. The cuticular hydrocarbons of the soil burrowing cockroach *Geoscapheus dilatatus* (Saussure) (Blattodea: Blaberidae: Geoscapheinae) indicate species dimorphism. *Comp. Biochem. Physiol.* 118B: 549-562.
- Brown, W.V., H.A. Rose, M.J. Lacey and D. Wright. 2000. The cuticular hydrocarbons of the giant soil-burrowing cockroach *Macropanesthia rhinoceros* Saussure (Blattodea: Blaberidae: Geoscapheinae): analysis with respect to age, sex and location. *Comp. Biochem. Physiol.* 127B: 261-277.
- Buckley, S.H., T. Tregenza and R.K. Butlin. 1997. Speciation and signal trait genetics. *Trends Ecol. Evol.* 12: 299-301.
- Carlson, D.A. and R.J. Brenner. 1988. Hydrocarbon-based discrimination of three North American *Blattella* cockroach species (Orthoptera: Blattellidae) using gas chromatography. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 711-723.
- Cobb, M. and J.M. Jallon. 1990. Pheromones, mate recognition and courtship stimulation in the *Drosophila melanogaster* species sub-group. *Anim. Behav.* 39: 1058-1067.
- Coyne, J.A., A.P. Crittenden and K. Mah. 1994. Genetics of a pheromone difference contributing to reproductive isolation in *Drosophila*. *Science* 265: 1461-1464.
- Coyne, J.A. and B. Charlesworth. 1997. Genetics of a pheromonal difference affecting sexual isolation between *Drosophila mauritiana* and *D. sechellia*. *Evolution* 145: 1015-1030.
- Dani, F.R., G.R. Jones, S. Destri, S.H. Spencer and S. Turillazzi. 2001. Deciphering the recognition signature within the cuticular chemical profile of paper wasps. *Anim. Behav.* 62: 165-171.
- Everaerts, C., J-P. Farine, M. Cobb, and J-F. Ferveur. 2010. *Drosophila* cuticular hydrocarbons revisited: mating status alters cuticular profiles. *PLoS ONE* 5: e9607. doi:10.1371/journal.pone.0009607.
- Fan, Y., D. Eliyahu and C. Schal. 2008. Cuticular hydrocarbons as maternal provisions in embryos and nymphs of the cockroach *Blattella germanica*. *J. Exp. Biol.* 211: 548-554.
- Gamboa, G.J., T.A. Grudzien, K.E. Espelie and E.A. Bura. 1996. Kin recognition pheromones in social wasps: combining chemical and behavioural evidence. *Anim. Behav.* 51: 625-629.
- Gamboa, G.J. 2004. Kin recognition in eusocial wasps. *Ann. Zool. Fennici* 41: 789-808.

- Ginzel, M.D., G.J. Blomquist, J.G. Millar and L.M. Hanks. 2003. Role of contact pheromones in mate recognition in *Xylotrechus colonus*. *J. Chem. Ecol.* 29: 533-545.
- Howard, R.W. 1993. Cuticular hydrocarbons and chemical communication. pp. 179-226. In *Insect lipids: chemistry, biochemistry and biology*, eds. by D.W. Stanley-Samuelson and D.R. Nelson, University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska.
- Jurenka, R.A. and M. Subchev. 2000. Identification of cuticular hydrocarbons and the alkene precursor to the pheromone in hemolymph of the female gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 43: 108-115.
- Kaib, M., P. Jmhasly, L. Wilfert, W. Durka, S. Franke, W. Francke, R.H. Leuthold and R. Brandl. 2004. Cuticular hydrocarbons and aggression in the termite *Macrotermes subhyalinus*. *J. Chem. Ecol.* 30: 365-385.
- Kim, G.H., J. Takabayashi, S. Takahashi and K. Tabata. 1992. Function of pheromones in mating behavior of the Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus* Hope. *Appl. Entomol. Zool.* 27: 525-535.
- Kim, J.S., M.K. Kim, J.H. Han, C. Yoon, K.S. Choi, S.C. Shin and G.H. Kim. 2006. Possible presence of pheromone in mating behavior of the pine sawyer *Monochamus saltuarius* Gebler (Coleoptera: Cerambycidae). *J. Asia-Pac. Entomol.* 9: 347-352.
- Liebig, J., C. Peeters, N.J. Oldham, C. Markstadter and B. Holldobler. 2000. Are variation in cuticular hydrocarbons of queens and worker a reliable signal of fertility in the ant *Harpegnathos saltator*? *PNAS* 97: 4124-4131.
- Lee, C.J., J.Y. Shen, S.C. Park and J.H. Shim. 2003. Chemical analysis of cuticular hydrocarbons in *Apis mellifera* L. and *A. cerana* F. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 9-13.
- Lockey, K.H. 1988. Lipids of the insect cuticle: origin, composition and function. *Comp. Biochem. Physiol.* 89B: 595-645.
- Lorenzi, M.C., M.F. Sledge, P. Laiolo, E. Sturlini and S. Turillazzi. 2004. Cuticular hydrocarbon dynamics in young adult *Polistes dominulus* (Hymenoptera: Vespidae) and the role of linear hydrocarbons in nestmate recognition systems. *J. Insect Physiol.* 50: 935-941.
- Lucas, C., D.B. Pho, J.M. Jallon and D. Fresneau. 2005. Role of cuticular hydrocarbons in the chemical recognition between ant species in the *Pachycondyla villosa* species complex. *J. Insect Physiol.* 51: 1148-1157.
- Nelson, D.R. 1993. Methyl-branched lipids in insects, pp. 271-315. In *Insect lipids: Chemistry, biochemistry and biology*, eds. by D. W. Stanley-Samuelson and D. R. Nelson eds. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska.
- Nelson, D.R. and L.D. Charlet. 2003. Cuticular hydrocarbons of the sunflower beetle, *Zygogramma exclamationis*. *Comp. Biochem. Physiol. B*. 135: 273-284.
- Nunes, T.M., I.C.C. Turatti, S. Mateus, F.S. Nascimento, N.P. Lopes and R. Zucchi. 2009. Cuticular hydrocarbons in the stingless bee *Schwarziana quadripunctata* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): differences between colonies, castes and age. *Gen. Mol. Res.* 8: 589-595.
- Page, M., L.J. Nelson, G.J. Blomquist and S.J. Seybold. 1997. Cuticular hydrocarbons as chemotaxonomic characters of pine engraver beetles (*Ips* spp.) in the grandicollis subgeneric group. *J. Chem. Ecol.* 23: 1053-1099.
- Saïd, I., G. Costagliola, I. Leoncini and C. Rivault. 2005. Cuticular hydrocarbon profiles and aggregation in four *Periplaneta* species (Insecta: Dictyoptera). *J. Insect Physiol.* 51: 995-1003.
- Sledge, M.F., I. Trinca, A. Massolo, F. Boscaro and S. Turillazzi. 2004. Variation in cuticular hydrocarbon signatures, hormonal correlates and establishment of reproductive dominance in a polistine wasp. *J. Insect Physiol.* 50: 73-78.
- Smith, A.A., B. Hölldobler and J. Liebig. 2009. Cuticular hydrocarbons reliably identify cheaters and allow enforcement of altruism in a social insect. *Current Biol.* 19: 78-81.
- Torres, C.W., M. Brandt and N.D. Tsutsui. 2007. The role of cuticular hydrocarbons as chemical cues for nestmate recognition in the invasive Argentine ant (*Linepithema humile*). *Insect Sociaux* 54: 363-373.
- Urech, R., G.W. Brown, C.J. Moore and P.E. Green. 2005. Cuticular hydrocarbons of buffalo fly, *Haematobia exigua* and chemotaxonomic differentiation from horn fly, *H. irritans*. *J. Chem. Ecol.* 31: 2451-2461.