

## 소나무 針葉의 Monoterpene 組成과 솔잎혹파리에 대한 抵抗성에 關하여

金鍾秀 · 朴魯東\* · 朴昌奎 · 李錫求\*\*

서울대학교 農科大學, \*全南大學 農科大學 農化學科, \*\*林木育考研究所  
(1980년 8월 25일 수리)

### Monoterpene Composition in Needles of Pines in relation to the Resistance to Pine Gall Midges

J.S. Kim, R.D. Park,\* C.K. Park and S.K. Lee\*\*

College of Agriculture, Seoul National University, \*\*Institute of Forest Genetics,  
\*Dept. of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Chon Nam National University

#### Abstract

Effect of monoterpene composition in pine needles on the susceptibility to pine gall midge (*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye) has been pursued. The pines studied include 5 susceptible and 2 resistant species. Also included were severely damaged or unaffected *P. densiflora* in the pine gall midge affected region. From the needles of the pine trees, 9 monoterpenes were identified by GLC. No relationship was found to hold in the monoterpene composition between pine gall midge susceptible and nonsusceptible pine species. Concentrations of limonene, however, gradually increased following oviposition in the unaffected *P. densiflora* while the concentrations of the monoterpene remained constant in the damaged *P. densiflora*. Effect of high limonene concentration in the needles of *P. densiflora* is discussed as a possible factor inducing resistance toward the pest in the unaffected *Pinus densiflora*.

#### 緒 論

Monoterpenes는 植物의 잎, 꽃, 과일, 그리고 적지않은 뿌리나 木質部로부터 水蒸氣蒸溜 또는 溶媒抽出으로 얻는 精油로부터 分離할 수 있으며, 植物組織의 數%에 達하기도 한다.

Isoprene의 二合體인 monoterpenes의 生合成過程에 關하여 Bantrophe와 Lynen<sup>2)</sup> 등은 acetyl Co A로부터 mevalonic acid를 거쳐 活性 isoprene의 役割을 하는 isopentyl pyrophosphate와 dimethyl pyrophosphate를 거쳐 monoterpenes의 先驅物質인 geranyl pyrophosphate와 neryl pyrophosphate

로 轉換된다고 하였다. Baytia<sup>3)</sup>와 Hanover<sup>4)</sup>에 따르면, 이렇게 生成된 neryl pyrophosphate로부터 4個의 假想的인 中間化合物을 거쳐 個別 monoterpenes로 生合成된다고 하였다.

*Mentha* species에서 monoterpenes의 生合成은 樹脂葉 또는 modified epithemal hair로 看做되는 油腺組織과 結合하고 있는 分泌細胞에서 이루어진다고 報告되었으나<sup>5)</sup> *Pinus* species에서는 잎의 腺細胞에서 生合成되어 일어나 줄기의 樹脂葉에 貯藏되었다가 二次變形이 일어나는 곳으로 分泌된다<sup>6-8)</sup>.

Monoterpenes의 分布는 樹齡, 樹勢, 氣候, 環

등에 따라 變異가 多少있으나<sup>9~15,16)</sup>, 이들의 組成이나 個別 monoterpenes를 生合成하는 能力은 강한 遺傳的 支配를 받으며, 특히 그 組成은 몇個의 遺傳子群의 影響을 받는다<sup>17,18)</sup>.

특히 *Mentha* species에서 *Mentha citrata*는 acyclic monoterpenes를 *Mentha spicata*는 2-oxo-menthanes를, *Mentha piperita*는 3-oxo-menthanes를 주로 生合成<sup>19)</sup>하며, *Pinus* species에서도 monoterpenes組成이 遺傳的 支配를 받는다<sup>20~23)</sup>, 몇가지 소나무에서는 種內 選抜과 種間交雜에 依한 育種에 依하여도 monoterpenes의 組成이 變한다고 報告되었다<sup>24)</sup>.

Hanover<sup>25)</sup>는 소나무類의 害虫에 對한 抵抗性에 重要한 物理的因子로 樹脂의 量, 粘度, 結晶速度 및 樹脂葉의 解剖學的 特性을 指摘하였고, 몇가지 monoterpenes는 害虫의 誘引, 忌避作用을 保有하며 抵抗性과 關係가 있다고 하였다. 李<sup>26)</sup>도 赤松과 리기다소나무의 針葉內에서 幼虫이 死滅하는 原因이 樹脂成分 때문이라고 報告하였다. Smith<sup>27)</sup>도 樹脂成分가운데 가장 揮發性인 monoterpenes가 害虫에 對한 抵抗性과 直接 關係가 있는 成分이라고 報告하였다. Monoterpenes 組成과 耐病害 害虫에 關한 研究는 實際로 bark beetle에 對한 douglas fir<sup>28)</sup>와 소나무<sup>29~32)</sup>, weevil과 blister rust gungus에 對한 eastern 및 western white pine<sup>4)</sup>, 끝으로 솔잎혹파리에 對한 海松<sup>33)</sup>의 例를 들 수 있다.

國內에서는 1929年 솔잎혹파리가 처음 發見<sup>34)</sup>된 以來 그 被害가 擴大되어 1975年 末에는 江原道의 一部地域을 除外한 全國의 264千町步의 赤松과 海松에 蔓延되어 莫大한 被害를 주고 있다<sup>35)</sup>.

本實驗에서는 소나무類의 monoterpenes 組成과 솔잎혹파리 抵抗性 關係를 究明하기 爲하여, 1. 現在까지 솔잎혹파리의 被害를 받지 않는 두가지 樹種과 被害를 받는 다섯가지 樹種間의 monoterpenes 組成의 差異와 2. 솔잎혹파리의 被害를 받는 樹種인 赤松 가운데 甚한 被害를 받는 個體(被害木)과 被害를 받지 않는 個體(選抜木)間의 monoterpenes 組成을 比較하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 材料

1) 供試소나무 : Monoterpenes 組成分析에 供試한 材料는 水原의 林木育種研究所 見本園에 栽植한 21年生 소나무로, 솔잎혹파리의 被害를 받는

赤松, 방크스소나무, 레지노사소나무, 버지니아소나무 등 5種과 被害를 받지 않는 樹種인 리기다소나무와 잣나무로 이들의 特性은 다음 表와 같다.

Table i. General discription of sample trees<sup>1)</sup>

Species	Height (m)	D.B.H. (cm)	Needle length(cm)
<i>P. densiflora</i>	$\frac{7.5}{6.0\sim 8.0}$	6.3	$\frac{6.2}{5.5\sim 6.8}$
<i>P. thunbergii</i>	$\frac{7.7}{6.5\sim 8.5}$	5.2	$\frac{5.1}{4.1\sim 6.0}$
<i>P. banksiana</i>	$\frac{6.2}{5.5\sim 7.5}$	5.1	$\frac{3.3}{2.8\sim 3.7}$
<i>P. resinosa</i>	$\frac{3.8}{3.3\sim 4.5}$	3.4	$\frac{10.9}{10.6\sim 11.3}$
<i>P. virginiana</i>	$\frac{7.8}{7.0\sim 8.5}$	8.0	$\frac{4.1}{3.9\sim 4.5}$
<i>P. rigida</i>	$\frac{7.3}{5.5\sim 8.0}$	5.4	$\frac{8.4}{7.2\sim 9.8}$
<i>P. koraiensis</i>	$\frac{5.8}{4.5\sim 7.5}$	5.8	$\frac{9.7}{8.5\sim 11.3}$

1/ average of ten trees

赤松가운데 選抜木과 被害木間의 monoterpenes 組成의 比較에는 우리나라의 솔잎혹파리 極甚 被害地域인 京畿道 城南市(廣州包含)와 加平郡 그리고 忠清南道 瑞山郡等 3個地域에서 試料를 取하였다. 赤松의 選抜木과 被害木의 區別은 솔잎혹파리의 生態<sup>36)</sup>를 參考로 하여. 針葉에 産卵을 하지 않았거나, 産卵을 하였더라도 孵化하지 못하여 gall을 形成하지 못하여 10% 未滿의 被害를 받은 赤松個體를 選抜木으로 하고, 選抜木 周圍에서 被害를 甚하게 받은 個體가운데 選抜木과 樹齡, 樹高가 비슷한 赤松 10本을 供試 被害木으로 하였다. 赤松 選抜木의 產地 및 特性은 다음 表와 같다.

2) 試料採取 : 樹種間 monoterpenes 組成을 比較하기 爲한 針葉試料는 7月 20日 採取하였고, 赤松의 選抜木과 被害木의 境遇는 6月 20日(城南市) 8月 24日(加平郡) 9月 16日(瑞川郡)에 1年 및 2年 葉을 時期別로 4回 採取하였다. 針葉은 樹冠全部位에서 30g을 採取, vinyl tube에 封한다음 dryice 또는 얼음을 채운 ice box, 넣어 實驗室까지 運搬, -20°C에서 分析時까지 保管하였다.

### 2. 方法

1) Monoterpenes의 抽出 : 抽出方法은 朴等<sup>37)</sup>의 方法과 거의 같으나 抽出效率을 높이기 爲하여 水蒸氣蒸溜法을 導入하였다. 低溫 保管된 針葉에

**Table ii.** General discription of *P. densiflora* resistant to pine gall midge

Locations	Age (years)	Height (m)	D.B.H. (cm)	Length of needles(cm)	
				Current	Old
<i>Kyunggi-Province</i>					
Sampyung-Dong, Seongnam-Si	31	5.5	10	5.7	6.7
Keumto-Dong, Seongnam-Si	41	6.0	15	5.5	8.0
Keumto-Dong, Seongnam-Si	13	2.0	3	5.3	5.7
Galhyung-Dong, Seongnam-Si	11	2.3	6	5.0	7.4
Jungbu-myun, Kwangju-Kun	18	3.9	8	5.4	7.6
Sulak-Myun, Kapyung-Kun	14	4.3	5	9.7	9.5
Sang-Myun, Kapyung-Kun	15	2.2	4	9.8	7.4
Kapyung-Eup, Kapyung-Kun	29	13.0	21	10.0	10.0
<i>Chungchungnam-Province</i>					
Seocheon-Myun, Seocheon-Kun	41	12.0	18	8.4	7.9
Seocheon-Myun, Seocheon-Kun	41	14.0	20	9.3	7.2
Seocheon-Myun, Seocheon-Kun	36	10.0	16	9.5	6.0
Seocheon-Myun, Seocheon-Kun	16	4.5	10	8.6	6.6
Parkyo-Myun, Seocheon-Kun	40	12.0	30	7.2	5.9
Parkyo-Myun, Seocheon-Kun	40	13.0	31	10.1	8.7
Parkyo-Myun, Seocheon-Kun	28	9.0	15	7.4	7.2

150ml의 蒸溜水 150ml를 加한 다음 5分間 war-  
ing Blendor에서 磨碎하고 30分間 水蒸氣蒸溜하여  
溜液을 ice-salt mixture에 冷却시킨 受器에 받았  
다. 蒸溜가 끝나면 30ml의 n-hexane으로 冷却管  
을 씻어내려 溜出物과 合한다. 다음 溜液은 分液  
濾斗內에서 20ml의 n-hexane과 混들어, 溶媒層으  
로 옮긴다음, n-hexane 劃分의 水分은 無水 Na<sub>2</sub>  
SO<sub>4</sub>로 除去乾燥시켰다. monoterpenes의 n-hexane  
液은 Kuderna-Danish 濃縮器에서 3~5ml로 줄여  
gas liquid chromatograph (GLC)로 分析하였다.

2) **Monoterpenes의 確認 및 定量**: GLC는 Sh-  
imadzu GC-1C型으로 分析條件은 아래와 같다.

Detector: Flame ionization detector (FID)

Carrier gas: 窒素, 流速: 40ml/min

Column: 3mm(ID)×262cm, stainless steel

Column packing: (a) ODPN column: 10%  
ODPN on Chromosorb G, A/W, 80~100  
mesh (b) Mixed column: 2% Carbowax 20  
M+1% OV-1 on Chromosorb G, A/W, 80  
~100mesh

Fuel gas: (a) Hydrogen(40ml/min), (b) Air  
(0.5kg/cm<sup>2</sup>)

Temperature: (a) Detector: 200°C, (b) In-

jection port: 200°C, (c) Column:

a) 65°C for ODPN

b) 65°C isothermal for 5min and followed  
by linear increase at 4°C/min to 215°C

Electrometer: Range 0.4×10<sup>2</sup>

Chart speed: 5mm/min.

Injectnn volume: 1.0μl.

個別 monoterpenes의 確認에는 ODPN과 mixed  
column을 利用하였고, 日課의인 定量分析에는  
ODPN column만을 使用하였다. Monoterpene의  
定量은 크로마토그램의 peak 面積을 別途 作成한  
calibration curve와 對照하여 算出하였다.

抽出效率은 標準 monoterpenes 混合溶液의  
一定量을 針葉에 加한 다음 前述한 抽出過程을 거  
쳐 얻은 回收量의 百分率을 Apparent extraction  
efficiency로 하였다.

針葉中 Monoterpene의 濃度는 다음 式으로 求  
하였다.

$$\text{針葉內濃度}(\mu\text{l/g}) = \frac{V}{M} \times C \times \frac{100}{E}$$

V=濃縮抽出液의 容量(ml), M=針葉의 重量  
(g), C=GLC로 求한濃縮抽出液中個別 monoter  
pene의 濃度( $\frac{\mu\text{l}}{\text{ml}}$ ), E=Apparent extraction

efficiency

## 結果 및 考察

### 1. Monoterpene의 分析

GLC로 分析한 標準 monoterpene 混合溶液의 chromatogram은 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. 揮發性 monoterpenes의 分析에는 O.D.P.N. column이 常用되고 있으며<sup>10,13)</sup>, 本實驗에서도 確認되었다. 分析時間의 短縮과 他 monoterpenes의 分析에 有用 與否를 檢討하기 爲하여 Carbowax 20M-OV-1 混合 column<sup>14)</sup>에 依한 昇溫方式을 試圖하였으나, limonene과  $\beta$ -phellandrene peak가 겹치고 分析時間도 크게 短縮되지 않았기 때문에 monoterpenes의 日常分析에는 O.D.P.N.을, 個別 monoterpene의 確認試驗에는 mixed column을 使用하였다. Fig. 3에 mixed column에 依한 *P. densiflora* 針葉의 monoterpene을 分析한 chromatogram을 실었다.

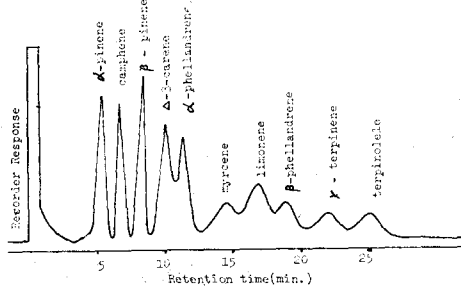


Fig. 1. Chromatogram of standard monoterpene mixtures on O.D.P.N. column

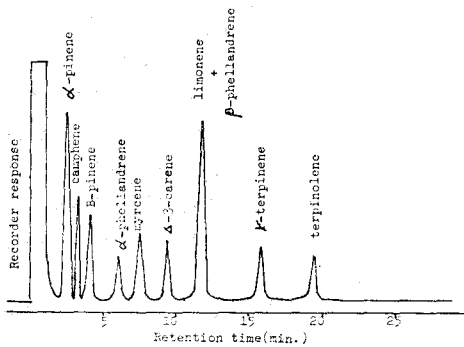


Fig. 2. Chromatogram of standard monoterpene mixtures on mixed (Carbowax 20M+OV-1) column temperature programmed; fixed at 65°C for 5 min. and then followed by linear increase at 40°C for 5 min. to 215°C

두가지 column에서 monoterpenes의 retention time은 Table 1과 같다.

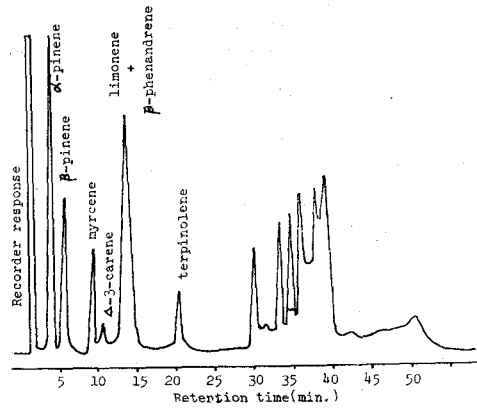


Fig. 3. Chromatogram of monoterpenes in *P. densiflora* needles on mixed (Carbowax 20M+OV-1) column temperature programmed; fixed at 66°C for 5 min. and then followed by linear increase at 4°C for 5 min. to 215°C

Table 1. Retention times of monoterpenes

Monoterpenes	Retention times (min.) <sup>1/</sup>	
	O.D.P.N. column	Mixed column
$\alpha$ -pinene	1.00	1.00
camphene	1.32	1.20
$\beta$ -pinene	1.63	1.25
$\Delta$ -3-carene	2.06	3.70
$\alpha$ -phellandrene	2.20	2.40
myrcene	2.83	3.10
limonene	3.17	4.80
$\beta$ -phellandrene	3.71	4.80
$\gamma$ -terpinene	4.89	6.30
terpinolene	5.09	7.60

1/ relative to that of  $\alpha$ -pinene

水蒸氣蒸溜法에 依한 針葉로부터 個別 monoterpenes의 回收率은 Table 2와 같다. Monoterpenes에 따라 抽出回收率의 差異가 認定되었으며, 平均 75%의 回收率으로 이는 發表된 回收率<sup>4)</sup> 보다 若干 높은 數值이다.

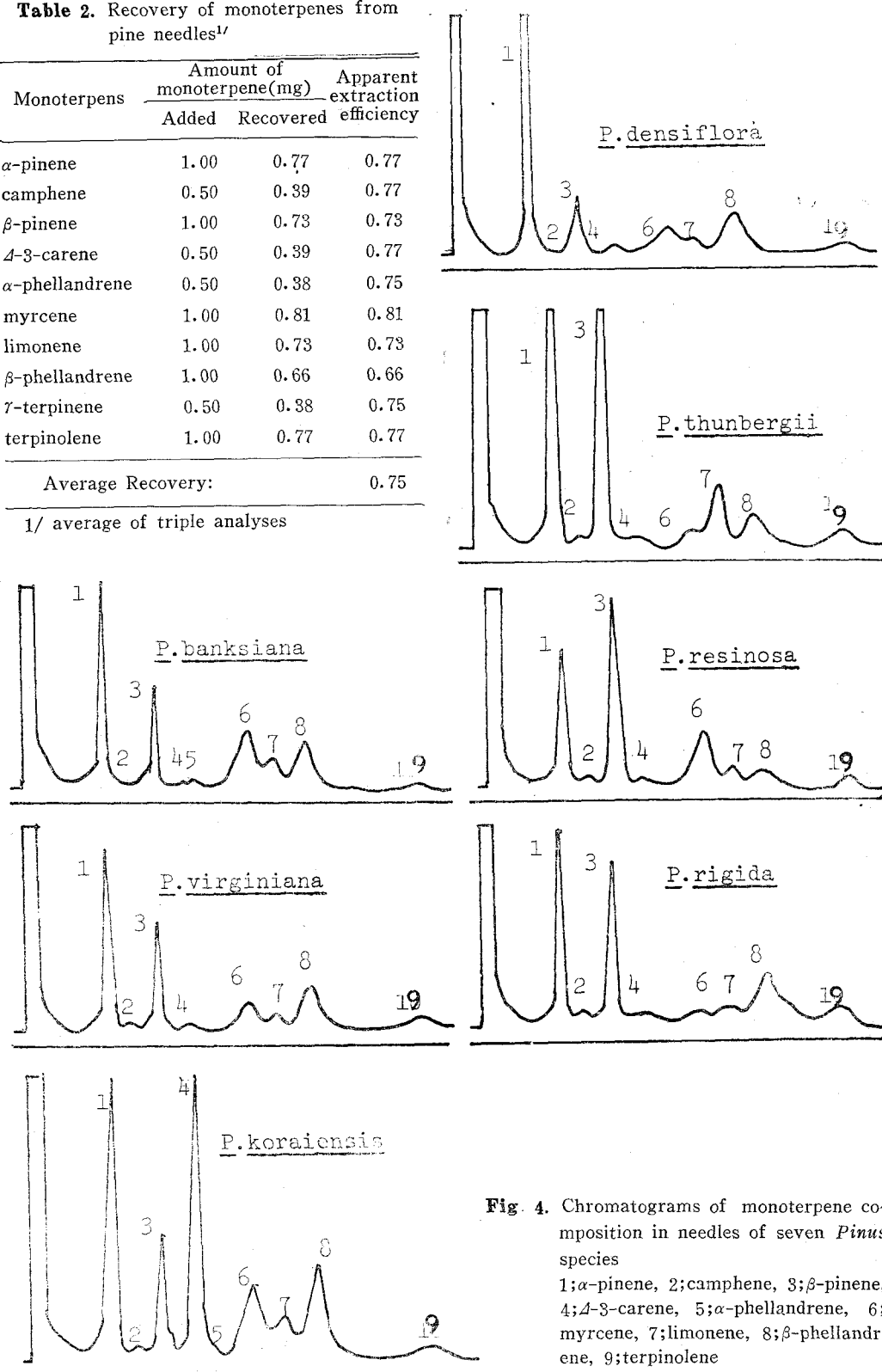
### 2. 樹種別 monoterpene 組成

供試 소나무 樹種은 솔잎혹과리 抵抗性 5個 樹種과 感受性 2個 樹種으로 모두 7個 樹種으로 構成되었다. 樹種別로 針葉에서 抽出, 分析한 monoterpenes는 Fig. 4와 같으며, 이들의 定量資料를 Table 3에 要約하였다. 樹種에 따라 monoterpenes의 組成에는 定性 및 定量的인 差異가 있음을 알

**Table 2.** Recovery of monoterpenes from pine needles<sup>1/</sup>

Monoterpenes	Amount of monoterpene(mg)		Apparent extraction efficiency
	Added	Recovered	
$\alpha$ -pinene	1.00	0.77	0.77
camphene	0.50	0.39	0.77
$\beta$ -pinene	1.00	0.73	0.73
<i>A</i> -3-carene	0.50	0.39	0.77
$\alpha$ -phellandrene	0.50	0.38	0.75
myrcene	1.00	0.81	0.81
limonene	1.00	0.73	0.73
$\beta$ -phellandrene	1.00	0.66	0.66
$\gamma$ -terpinene	0.50	0.38	0.75
terpinolene	1.00	0.77	0.77
Average Recovery:			0.75

<sup>1/</sup> average of triple analyses



**Fig. 4.** Chromatograms of monoterpene composition in needles of seven *Pinus* species

1;  $\alpha$ -pinene, 2; camphene, 3;  $\beta$ -pinene, 4; *A*-3-carene, 5;  $\alpha$ -phellandrene, 6; myrcene, 7; limonene, 8;  $\beta$ -phellandrene, 9; terpinolene

Table 3. Monoterpene composition in seven species of pines<sup>1/</sup>

Monoterpene	Concentration of monoterpenes in <i>Pinus</i>													
	densiflora		thumbergii		banksiana		resinosa		virginiana		rigida		koraiensis	
	μl/g	%	μl/g	%	μl/g	%	μl/g	%	μl/g	%	μl/g	%	μl/g	%
α-pinene	0.37	30.8	0.25	23.8	0.10	55.6	0.11	44.0	0.07	29.2	0.08	27.6	0.48	34.0
camphene	0.01	0.8	0.01	1.0	T <sup>2/</sup>	—	T	—	T	—	T	—	0.03	2.1
β-pinene	0.09	7.5	0.28	26.7	0.05	27.8	0.08	32.0	0.08	33.3	0.07	24.2	0.08	5.7
4-3-carene	0.02	1.7	0.01	1.0	T	—	T	—	T	—	0.01	3.4	0.33	23.4
myrcene	0.18	15.0	0.05	4.8	0.03	16.6	0.04	16.0	0.03	12.5	0.04	13.8	0.12	8.5
limonene	0.06	5.0	0.21	20.0	T	—	0.01	4.0	T	—	0.01	3.4	0.10	7.1
β-phellandrene	0.45	37.5	0.18	17.0	T	—	0.01	4.0	0.05	20.8	0.08	27.6	0.17	12.1
terpinolene	0.02	1.7	0.06	5.7	T	—	T	—	T	—	T	—	0.10	7.1

1/ average of ten analyses representing ten trees

2/ trace

수 있으며, α-pinene, camphene, β-pinene, 4-3-carene, myrcene, limonene, β-phellandrene 및 terpinolene은 모든 樹種에서 確認되었으나, α-phellandrene만은 *P. banksiana*와 *P. koraiensis*에서만 痕跡이 檢出되었다.

Monoterpenes의 總濃도가 많은 잣나무, 海松, 赤松에는 8種의 揮發性 monoterpenes가 모두 存在하였으나, 反對로 monoterpenes의 總濃도가 낮은 방크스소나무, 버치니아소나무, 레지노사소나무 및 리기다소나무에는 camphene, 4-3-carene, limonene, β-phellandrene 및 terpinolene이 없거나 또는 極히 적은 量이 檢出되었다. 樹種에 關係없이 共通의 成分은 α-pinene였다. 이와 關聯하여, 소나무의 樹種別로 固有의 monoterpenes組成을 갖인다는 報告<sup>17,20,23,33)</sup>가 있다.

供試 7樹種 가운데 솔잎혹파리의 被害를 받지 않는 것은 리기다소나무와 잣나무뿐이다. 그러나 monoterpenes 組成(Table 3)을 根據로, 솔잎혹파리에 對한 抵抗性 및 感受性을 判別할 수는 없었다. 따라서 솔잎혹파리에 對한 耐性, 感受性은 樹種間 보다는 同一樹種內 被害木과 選拔木間 monoterpene組成의 差異에서 찾아볼 수 있을 것으로 보인다.

### 3. 赤松의 被害木과 選拔木의 monoterpene 組成比較

솔잎혹파리 産卵最盛期인 6月 20日, 幼虫이 孵化하여 針葉에서 gall을 形成하는 旺盛한 生育期에 該當하는 8月 20日, 그리고 幼虫이 越冬하기 前인 9月 20日에 各各 採取한 솔잎혹파리 抵抗性 및 感受性 赤松에서 1年 및 2年葉의 monoterpene 組成은 Table 4와 같다.

表에 依하면, 針葉의 monoterpene總濃도는 針葉의 採取時期의 影響이 가장 顯著함을 알 수 있었다. 따라서 6月 20日 城南地域에서 針葉에는 monoterpene總濃도가 가장 적었고, 9月 20日 瑞川에서 採取한 針葉에 가장 많았다. 한편 針葉의 年令, 솔잎혹파리에 對한 赤松의 耐感受性과 monoterpenes總濃도와 的 關聯性은 認定되지 않았다. 이와 關聯하여 *P. species*에서 monoterpenes의 總濃도는 소나무의 地域의 分布<sup>15)</sup>보다 季節의 影響을 크게 받는다<sup>4,10,14)</sup>고 알려졌다.

個別 monoterpenes의 濃도는 總 monoterpenes 濃도의 境偶와 마찬가지로, 季節에 따라 增加하나, 組成比의 變化는 一定한 傾向을 보여주고 있지 않다. 다만 2年葉은 1年葉에 比하여 選拔木과

**Table 4.** Comparison of monoterpene composition between needles of pine gall midge resistant<sup>1/</sup> and susceptible<sup>2/</sup> *P. densiflora*

(a). Pine trees in Seongnam, Kyunggi-Province(20, June)

Monoterpene	Current needles				Old needles			
	Resistant		Susceptible		Resistant		Susceptible	
	$\mu\text{l/g}$	%	$\mu\text{l/g}$	%	$\mu\text{l/g}$	%	$\mu\text{l/g}$	%
$\alpha$ -pinene	0.18	32.1	0.19	32.8	0.20	40.0	0.24	41.4
camphene	0.03	5.4	0.02	3.4	0.03	6.0	0.03	5.2
$\beta$ -pinene	0.07	12.5	0.07	12.3	0.07	14.0	0.07	12.1
myrcene	0.05	8.9	0.07	12.1	0.03	6.0	0.04	6.9
limonene	0.02	3.6	0.02	3.4	0.02	4.0	0.02	3.4
$\beta$ -phellandrene	0.21	37.5	0.20	34.5	0.14	28.0	0.16	27.6
terpinolene	T	—	0.01	1.7	0.01	2.0	0.02	3.4
Total;	0.56	100	0.58	100	0.50	100	0.58	100

1/ average of ten analyses, duplicate from 5 trees

2/ average of 15 analyses made on 15 trees,

(b). Pine trees in Kapyung-Kun, Kyunggi-Province (24, August)

Monoterpene	Current needles				Old needles			
	Resistant <sup>1/</sup>		Susceptible <sup>2/</sup>		Resistant <sup>1/</sup>		Susceptible <sup>2/</sup>	
	$\mu\text{l/g}$	%	$\mu\text{l/g}$	%	$\mu\text{l/g}$	%	$\mu\text{l/g}$	%
$\alpha$ -pinene	0.21	33.9	0.29	37.2	0.30	34.1	0.27	38.0
camphene	0.03	4.8	0.04	5.1	0.07	8.0	0.05	7.0
$\beta$ -pinene	0.07	11.3	0.09	11.5	0.09	10.2	0.08	11.3
myrcene	0.03	4.8*	0.07	9.0	0.04	4.5	0.06	7.1
limonene	0.03	4.9*	0.02	2.6	0.03	3.4	0.02	2.8
$\beta$ -phellandrene	0.22	35.5*	0.23	29.5	0.28	31.8	0.19	26.8
terpinolene	0.03	4.8	0.04	5.1	0.07	8.0	0.05	7.0
Total;	0.62	100	0.78	100	0.88	100	0.71	100

1/ average if six analyses, duplicate from three trees,

2/ average of fifteen analyses, each from fifteen trees

\* significance of F-value;  $P < .05$

가 적었다.

선택木과被害木 사이에 差異가 있는 monoterpene成分은  $\alpha$ -pinene myrcene, limonene 및  $\beta$ -phellandrene이 있으며, 선택木이被害木보다濃度 또는 組成比에 있어서 높았던 成分은 一年生葉에서 limonene [Table 4(b)와 (c)]과  $\beta$ -phellandrene [Table 4. (b)]였고, 反對로濃度, 組成比에 있어서 낮았던 monoterpene은  $\alpha$ -pinene [Table 4. (b)와 (c)], myrcene [Table 4. (b)]

被害木間의 monoterpene濃度 組成에 있어서 差異였다.

Table 4에 依하면 選擇木에서 limonene의濃度와 組成比는 솔잎혹파리의 産卵後 繼續增加하여 越冬直前인 9月 16日 [Table 4. (c)]에는 가장 많아지게 된다. 한편 被害木에서 limonene의濃度は 時期別로變化가 없었으며, 針葉中 다른 monoterpene의濃度の增加로 組成比는 오히려漸次減少하였다. 以上の結果로 보아 選擇木에서는 솔

(c). Pine trees in Seocheon-Kun, Chungnam Province (16, September)

Monoterpene	Current needles				Old needles			
	Resistant <sup>1/</sup>		Susceptible <sup>2/</sup>		Resistant <sup>1/</sup>		Susceptible <sup>2/</sup>	
	μg/g	%	μl/g	%	μg/g	%	μl/g	%
α-pinene	0.36	29.8*	0.34	33.7	0.38	32.8	0.39	34.3
camphene	0.05	4.0	0.04	4.1	0.06	5.2	0.06	5.6
β-pinene	0.10	8.3	0.10	10.1	0.12	10.3	0.10	9.0
myrcene	0.15	12.4	0.13	12.9	0.11	9.5	0.11	9.6
limonene	0.07	5.8**	0.02	2.3	0.04	3.4	0.04	3.9
β-phellandrene	0.42	34.7	0.33	32.8	0.38	32.8	0.35	30.7
terpinolene	0.06	5.0	0.05	5.1	0.07	6.0	0.08	6.9
Total:	1.21	100	1.01	100	1.16	100	1.13	100

1/ average of fourteen analyses-duplicate from seven trees

2/ average of 40 analyses representing 40 trees

\*. \*\*significance of F-value; \*P&lt;.05, \*\*P&lt;0.1

**Table 5.** Comparison of monoterpene composition between needles of pine gall midge resistant and susceptible *P. densiflora* grown in different region

Monoterpene	Current needles				Old needles			
	Resistant <sup>1/</sup>		Susceptible <sup>2/</sup>		Resistant <sup>1/</sup>		Susceptible <sup>2/</sup>	
	μl/g	%	μl/g	%	μl/g	%	μl/g	%
α-pinene	0.28	31.4	0.28	34.0	0.32	34.9	0.32	37.1
camphene	0.04	4.6	0.03	4.1	0.06	6.2	0.05	5.9
β-pinene	0.09	10.3	0.09	11.0	0.01	11.1	0.09	10.4
myrcene	0.08	9.7	0.10	11.6	0.07	7.2	0.07	8.2
limonene	0.04	4.9**	0.02	2.6	0.03	3.5	0.03	3.5
β-phellandrene	0.32	35.8	0.27	32.7	0.29	31.4	0.25	28.3
terpinolene	0.03	3.8	0.03	4.0	0.05	5.7	0.05	6.1
Total:	0.88	100	0.82	100	0.92	100	0.87	100

1/ average of 30 analyses-duplicate from 15 trees

2/ average of 75 analyses representing 75 trees

\*\* significance of F-value; P&lt;.01

일후파리의 産卵期以後에도 limonene의 生合成이 進行되는 反面, 被害木에서는 中斷되지 않나 推測된다.

地域 및 時期別 赤松 針葉의 monoterpene 分析 結果(Table 4)를 Table 5에 要約하였다. 同表에 依하면, 2年葉에서는 limonene의 濃度 및 組成比에 差異가 없으나, 1年葉에서는 被害木에 비해 選拔木에서는 limonene의 濃度뿐만 아니라 組成까지 모두 增加함을 알수 있다. 海松의 産卵후파리 選拔木과 被害木間 季節에 따르는 monoterpene

組成調査에서는 金等<sup>20)</sup>은 limonene의 含量이 選拔木에서 漸次 높아진다고 報告한바 있다. 여러가지 害虫에 對한 소나무의 抵抗性研究에서 높은 limonene含量을 抵抗性個體와 結付시킨 報告가 많다<sup>21-22,27)</sup>. 그러나 Hanover<sup>28)</sup>는 Douglas-fir의 beetles에 對한 抵抗性 個體가 Δ-3-carene의 높은 濃度和 有關하다고 報告하고 있다.

本實驗 結果는 供試 10種의 monoterpenes 가운데 赤松의 産卵후파리 抵抗性和 關係되는 monoterpenes成分은 limonene으로 보이며, 抵抗性 赤



松의 季節의인 limonene 增加傾向과 솔잎혹파리의 生態와 比較할때 興味있는 事實이다. 끝으로 limonene 外에  $\alpha$ -pinene, myrcene 또는  $\beta$ -phellandrene의 關與도 完全히 排除할 수는 없다.

### 抄 錄

소나무의 monoterpene 組成과 솔잎혹파리에 對한 抵抗性 關係를 究明하기 爲하여 솔잎혹파리 抵抗性 소나무 5個 樹種과 感受性 소나무 2個 樹種, 그리고 感受性 海松가운데 被害木과 選拔木의 針葉을 GLC로 分析하여 monoterpene의 組成을 調査하였다. 供試 소나무 針葉에서 分析한 monoterpene는 모두 9種였다. Monoterpenes의 組成을 根據로 抵抗性 또는 感受性 樹種을 區別할 수는 없었다. 그러나 赤松樹種內의 被害木과 選拔木間에는 limonene,  $\alpha$ -pinene, myrcene 및  $\beta$ -phellandrene의 濃度와 組成比에 差異가 認定되었다. 赤松의 選拔木에서 limonene의 濃度は 솔잎혹파리 産卵以後 漸次 增加하였으나 被害木에서는 增加하지 않았다. 赤松의 選拔木에서 솔잎혹파리에 對한 耐虫成分은 limonene으로 보였다.

### 참 고 문 헌

1. Bantrophe, D.V., Charlwood, B.V. and Francis, M.J.O.: Chem. Rev., 72 : 115 (1972)
2. Lynen, F.: Pure and Applied Chem., 14 : 137 (1967)
3. Beytia, E., Valenzuela, P. and Cori, O.: Arch. Biochem. Biophys., 129 : 346 (1969)
4. Hanover, J.W.: For. Sci., 21 : 214 (1975)
5. Loomis, W.D.: In "Terpenoids in Plants" (Prindhom, J.B. ed.) p. 59, Academic Press, New York and London. (1967)
6. Bonner, J.: In "Plant Biochemistry" (Bonner, J. and Varner, J.E. ed.) p. 665 and 674, Academic Press, New York. (1965)
7. Poltavchenko, Y.A., Tkach, T.N., Tkach, V.S. and Rudakov, G.A.: Chem. Abstr., 70 : 17531 (1969)
8. Bernard-Dagan, C.: Chem. Abstr., 72 : 35673 (1966)
9. Anderson, A.B., Riffer, R. and Addie Wong: Phytochem., 8 : 2401 (1969)
10. Rockwood, D.L.: For. Sci., 19 : 147 (1973)
11. Thorin, T. and Nommik, H.: Phytochem., 13 : 1879 (1974)

12. Zabkiewicz, J.A. and Allen, P.A.: Phytochem., 14 : 211 (1975)
13. Franklin, E.C.: For. Sci., 22 : 185 (1976)
14. Zavarin, E., Cobb, F.W., Bergot, J. and Barber, H.W.: Phytochem., 10 : 3107(1971)
15. Funes, A., Sanchez-Medina, F. and Mayor, F.: Phytochem., 12 : 1391 (1973)
16. Squillace, A.E., Nikles, D.G. and Saylor, L.C.: 3rd World Consultation on Forest Breeding, Canberra (1977)
17. Murray, M.J.: Genetics, 45 : 931(1960)
18. Hefendehl, F.W.: Ibid., 9 : 1985 (1970)
19. Hellyer, R.O.: Phytochem., 8 : 1513(1969)
20. Hanover, J.W.: Heredity, 27 : 237 (1971)
21. Forde, M.B.: New Zeal. J. Bot., 2 : 53(1964)
22. Milton, R.L.: Ph.D. Thesis, Michigan State of University.
23. Hanover, J.W.: Heredity, 21 : 73 (1966)
24. Gerhold, H.D. and Plank, G.H.: Phytochem., 9 : 1393 (1970)
25. Hanover, J.W.: Ann. Rev. of Ent., 20 : 75 (1979)
26. Lee, D.K.: Res. Rep. Ins. For. Gen., 8 : 33 (1970)
27. Smith, R.H.: J. Econ. Entomol., 54 : 365(1961)
28. Hanover, J.W. and Furniss, M.M.: USDA For. Ser. Res. Paper NC-6, p. 23~28(1966)
29. Coyne, J.F. and Critchfield, W.B.: Turrialba, 24 : 327 (1974)
30. Smith, R.H.: USDA For. Ser. Gen. Tech. Paper PSW-1, 7 (1972)
31. Smith, R.H.: Breeding Pest-resistant trees p. 189~196 (1966)
32. Smith, R.H.: 2nd World Consultation Tree Breeding, Washington, 7~16/5 (1969)
33. Kim, C.S., Hong, S.H., Choi, C., Kim, J.W., Ryou, J.B. and Park, M.H.: Korean J. Breeding, 7 : 135 (1975)
34. Takaki, G.: Trans. Bull. Korea For., 53 : 43 (1929)
35. Office of Forestry, Korea: Trans., p. 275(1975)
36. Lee, T.S.: Trans. Res. Rep. For. Exp. Sta., 5 : 1 (1956)
37. Park, C.K., Kim, J.W., Kim, C.S., Ryou, J.B. and Kim, J.S.: Korean Agr. Chem. J., 20 : 81 (1977)
38. Mirov, N.T.: USDA For. Ser. No. 1239(1962)
39. Kim, C.S., Hong, S.H., Ryou, J.B., Choi, C., Kim, J.S.: Korean J. Breeding, 8 : 137(1976)