

솔잎혹파리 耐蟲性 品種 育成에 關한 研究*¹

2. 솔잎혹파리 耐蟲性 *Pinus thunbergii*의 針葉內 monoterpene의 季節的變化

金 鼎 錫*² · 洪 性 昊*² · 柳 長 發*² · 崔 澈*² · 金 鍾 秀*²

Breeding of Varieties of Pines Resistant to Pine Gall Midge. (*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye) (II)*¹

—Seasonal Variation of Needle Monoterpene Composition in Resistant *Pinus thunbergii*.—

C.S. Kim*², S.H. Hong*², J.B. Ryu*², C. Choi*², J.S. Kim*²

Employing 7-15 resistant and 8-15 susceptible Japanese black pine (*Pinus thunbergii* Parl.) trees to pine gall midge (*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye) as samples, needle monoterpenes were analysed by GLC in January and June, and observation was made on the oviposition preference. Following results were obtained.

1. In January, the resistant trees showed higher contents of myrcene, limonene, β -phellandrene and terpinolene but lower contents of α - and β -pinene and camphene compared to the susceptible trees. But in June, α -pinene, camphene, limonene, β -phellandrene and terpinolene were higher and the content of β -pinene and myrcene were lower in the resistant trees than the susceptible trees.

2. The content of limonene was higher by the 6.8 percent and the content of β -pinene was lower by the 9.2 percent in the resistant trees than in the susceptible trees in June.

3. No preference for oviposition was found between resistant and susceptible trees. But in the resistant trees gall formation rate was quite lower than the susceptible trees. It was considered, therefore, that limonene and β -pinene content in the needle might be used as an indicator of the resistant Japanese black pine to the pine gall midge regardless of season.

솔잎혹파리가 우리나라에서는 1929년에 처음 發見되었다⁽²³⁾. 그 後 그 被害가 擴大되어 1975年末 現在 江原道 一部 地域을 除外한 全國의 264千 ha의 赤松林과 海松林에 蔓延되어 있어 그 損失은 實로 莫大한 金額에 達하고 있다⁽¹⁵⁾. 이 무서운 害蟲에 對한 松林分의 救濟는 여러가지 方法이 있으나 抵抗性 品種 育種에 依한 方法이 가장 有效하고 實用的이어서 本 研究을 1974년부터 始作하였다. 그런데 솔잎혹파리에 對한 既往의 研究은 許多하다^(2,5,7,8,10,11,13). 그리고 害蟲에 對한 林木의 抵抗性 生理에 關한 研究도 많다^(1,10,14,20,22).

한편 terpene과 耐蟲性에 關하여서는 Smith⁽¹⁶⁻²¹⁾, Gara⁽³⁾, Hanover⁽⁴⁾ 등의 報告가 있다. 그러나 솔잎혹파리 耐蟲性에 對한 育種學的 立場에서의 調査는 瀧澤^(24,25)와 小澤⁽⁶⁾의 報告가 있고, 더우기 솔잎혹파리 抵抗性 個體의 monoterpene 成分에 關한 研究은 報告된바 없어 筆者들은 耐蟲性 *Pinus thunbergii* 選拔木의 1年生 枝와 新梢및 針葉 松脂의 monoterpene 組成에 對하여 既히 報告⁽⁶⁾하고 本 實驗에서 季節別 針葉內의 monoterpene의 組成과 產卵의 選擇性에 對하여 成績을 얻었기에 이를 發表하는 바이다.

*¹ Received for Publication on September 25, 1976.

*² 林木育種研究所 Institute of Forest Genetics.

材料 및 方法

Monoterpene에 供試한 *Pinus thunbergii*는 本數의 90% 以上이 被害를 받고있는 極甚被害林地에서 選拔한 耐蟲性 候補木에 對하여 1月에는 9本, 6月에는 7本을, 그리고 候補木 周圍의 被害木은 1월에 10本, 6월에 8本에 對하여 各各 調査觀察하였다. 採葉時期는 1月下旬과 6月下旬에 各 個體別로 30g式을 採葉하여 -20°C 의 低溫 恒溫 恒습기에 保管한 것을 使用하였다. 그리고 monoterpene의 추출은 針葉을 잘게 절단한 다음 250ml 증류수를 加하여 waring blender로 잘아 30分間 steam distillation하여 200ml 程度의 증류액을 얻었다. 얻은 증류액은 분액여두를 利用하여 30ml의 n-hexane을 用매로 하여 抽出하고 무수 sodium sulfate로 水分을 除去시킨후 이를 water bath에서 용매를 휘발시켜 1ml 程度로 농축시켰다. 농축한 試料는 vial에 담아 screw-cap으로 봉한후 -20°C 에 保管하면서 分析에 使用하였다.

추출 농축된 試料는 1.0~2.0ml를 10ml용 microsyringe로 GLC에 주입하였다. GLC는 Shimadzu의 GC-1C를 使用하였고 分析條件은 다음과 같다.

Detector: FID, carrier gas: N_2 (60ml/min.).

Fuel gas: H_2 (45ml/min.) air (0.9kg/cm²).

Injection temp.: 150°C .

Column Packing:

1. O.D.P.N. column; ϕ 3mm \times 262cm U-shaped S.S., 5%, O.D.P.N. on chrom. GA/W (60/80 mesh), Temp.; 60°C .

2. SE-30 column; ϕ 3mm \times 262cm U-shaped S.S., 10%, SE-30. on chrom. W(80/100 mesh), Temp.; (programmed) $75-150^{\circ}\text{C}$

Temp. programming은 75°C , 100°C 에서 10分間 等溫을 유지하고 $75-100^{\circ}\text{C}$, $100-150^{\circ}\text{C}$ 에는 $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$. rate로 승온시켰다.

物質의 동정은 표준시약과 retention time의 一致로 確認하였고 計량은 integrator를 使用하여 peak面積의 적분치를 측정하였고 分析은 주로 O.D.P.N. column으로 수행하였다.

한편 產卵의 選擇性을 調査하기 爲한 採葉은 6月27日 選拔木과 被害木 各各 15本에서 四方位의 當年生 枝를 採取하였고 이때 檢鏡 針葉은 各枝 中間部位에 着生한 個體當 100束式 使用하였다.

結果 및 考察

1. 季節別 monoterpene 組成比較

含有 monoterpene 組成 調査는 1月과 6月の 兩季節에 選拔木과 被害木의 針葉의 樹脂로 觀察하였다. 即 表1은 1월에 分析 平均한 結果인데 選拔木이 增加하는 成分은 myrcene, limonene, β -phellandrene과 terpinolene이고, 反對로 減少하는 成分은 α -pinene, camphene과 β -pinene이다.

한편 6월에 調査한 供試木은 前記 1월에 調査한 個體中 選拔木 7個體와 被害木 8個體에 對하여서만 分析하였는데 그 結果는 表2와 같이 選拔木에 있어서 增加하는 成分은 α -pinene, camphene, limonene, β -phellandrene과 terpinolene이고, 減少하는 成分은 β -pinene과

Table 1. Monoterpene composition in the needle of *Pinus thunbergii* in January.

Component	Tree	Mean	Range	Standard deviation	Coefficient of variation	T-value
α -pinene	Resistant	15.2%	5.2-21.6%	2.65	0.17	2.229*
	Susceptible	19.8	13.0-29.8	5.63	0.28	
Camphene	Resistant	0.7	0.1- 1.8	0.57	0.81	1.437
	Susceptible	1.2	0.1- 2.7	0.90	0.75	
β -pinene	Resistant	51.0	41.8-63.1	7.91	0.15	2.818*
	Susceptible	60.8	48.6-71.3	7.21	0.12	
Myrcene	Resistant	3.9	0.4-11.2	4.14	1.03	0.387
	Susceptible	2.1	0.6- 3.4	0.98	0.47	
Limonene	Resistant	11.0	4.9-19.3	4.35	0.39	1.816
	Susceptible	7.6	1.2-15.5	4.19	0.55	
β -phellandrene	Resistant	8.7	5.8-13.3	2.82	0.32	2.711
	Susceptible	5.1	1.9-12.6	3.30	0.65	
Terpinolene	Resistant	10.3	2.9-24.8	6.96	0.68	3.307**
	Susceptible	3.1	0.1- 8.1	3.14	0.98	

*, **: Significant at 5 and 1% level, respectively.

Table 2. Monoterpene composition in the needle of *Pinus thunbergii* in June.

Component	Tree	Mean	Range	Standard deviation	Coefficient of variation	T-value
α-pinene	Resistant	19.9%	16.7-28.0%	4.03	0.20	0.600
	Susceptible	18.7	13.8-25.5	4.09	0.22	
Camphene	Resistant	0.4	0.1- 1.2	0.37	1.23	0.948
	Susceptible	0.2	0.1- 0.5	0.35	1.75	
β-pinene	Resistant	23.2	12.3-43.0	11.12	0.48	1.548
	Susceptible	32.4	14.4-44.0	11.70	0.36	
Myrcene	Resistant	4.7	2.5-5.9	1.06	0.23	0.622
	Susceptible	7.5	1.7-21.9	2.06	0.28	
Limonene	Resistant	21.6	18.5-26.8	2.88	0.13	2.880**
	Susceptible	14.8	6.8-24.0	5.66	0.38	
β-phellandrene	Resistant	28.2	15.0-44.3	11.01	0.39	0.547
	Susceptible	25.2	10.4-41.1	10.29	0.41	
Terpinolene	Resistant	2.0	0.1- 6.7	2.34	1.17	0.614
	Susceptible	1.2	0.1- 4.0	1.35	1.10	

** : Significant at 1% level.

myrcene이다. 그리고 6월의 針葉內 monoterpene 中 顯著하게 選拔木, 被害木 共히 增加하는 成分은 β-phellandrene과 limonene이고, 反對로 顯著하게 減少하는 成分은 β-pinene과 terpinolene이다. 特히 幼蟲의 成育期인 6월에 選拔木이 limonene은 6.8%가 被害木에 比하여 增加하는 反面, 選拔木의 β-pinene은 9.2%가 減少하고 있어 兩成分 既報(6) 한 바와 같이 8월의 組成과 近似한 傾向을 呈示하고 있다. (圖 1)

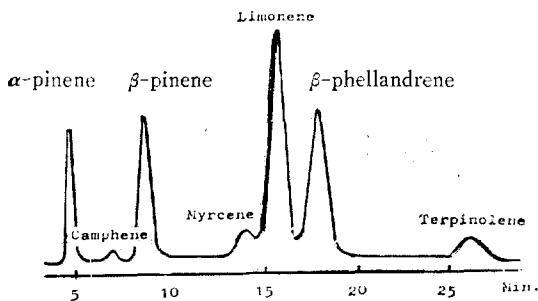


Fig. 1. Chromatogram of monoterpenes of the needles of resistant *Pinus thunbergii*.

이와같은 事實은 Wilkinson(26)이 *Picea glauca*에서 觀察한바 limonene과 β-pinene의 含有量間에 서로 負의 相關關係를 가진다는 事實에 비추어서 首肯이 되는 일이라 생각된다. 또한 Smith(16-21)는 *Pinus ponderosa*의

*Dendroctonus brevicomis*의 耐蟲性이, 그리고 Gara(3)는 Spruce weevil (*Pissodes sitchensis*)의 耐蟲性이 monoterpene과 같은 關係가 있을을 各各 報告하고 있다. 그리고 Hanover(4)는 植物의 二次的 化學成分中 terpene이 耐蟲性에 가장 重要한 役割을 한다고 報告하고 있다.

한편 Murray(12)에 依하면 limonene의 含量은 높은 遺傳性을 가지고 있다는 報告도 있으므로 이 두成分은 選拔木의 耐蟲性을 呈示하는 成分이라고 推測된다.

또한 各 含有成分이 1월과 6월의 季節에 따른 質적인 差異는 없으나 量的 組成에는 差가 있다.

2. 選拔木과 被害木의 產卵 選擇性

產卵 選擇性은 選拔木과 被害木 各各 15個體에 對하여 觀察하였는데 產卵後 針葉의 狀態는 3種類가 있었다. 即 gall이 形成되는 葉, 復痕하는 葉, 그리고 孵化는 하나 gall은 形成못하는 葉에 對하여 調査한 結果는 表 3과 같다.

即 選拔木의 產卵範圍는 被害木보다 크고 產卵率은 52.3%로 被害木보다 적다. 그러나 表4와 같이 選拔木의 蟲癭形成率은 11.3%로 被害木의 13.6%에 不過하나 選拔木과 被害木이 前年보다 多少 增加하는 것은 季節에 따른 差라 推測된다. 그리고 選拔木에 있어 產卵率에 比하여 蟲癭形成率이 低下한 것은 選拔木도 被害

Table 3. Oviposition rate in resistant and susceptible *Pinus thunbergii*.

Tree	Rate	Range	Standard deviation	Coefficient of variation	T-value
Resistant	52.3%	19.0-90.0%	20.4	0.39	1.541
Susceptible	62.9	23.0-86.0	17.1	0.27	

Table 4. Gall-formation rate in resistant and susceptible *Pinus thunbergii*.

Tree	Rate	Range	Standard deviation	Coefficient of variation	T-value
Resistant	11.3%	0.0—25.6%	7.2	0.64	20.856**
Susceptible	83.0	51.3—94.1	11.2	0.14	

** : Significant at 1% level.

Table 5. Number of larva per gall.

Tree	Number of larvae	Range	Standard deviation	Coefficient of variation	T-value
Resistant	3.0	1.8—4.7%	0.929	0.33	5.922**
Susceptible	4.7	3.8—5.3	0.533	0.11	

** : Significant at 1% level.

木에서와 같이 相當한 數의 産卵은 하지만 蟲癭形成은 이루어지 못함을 보여주었다.

한편 蟲癭當 幼蟲數도 選拔木은 3.0匹로 被害木 보다 적다. (表 5)

以上을 要約하면 *P. thunbergii*는 耐蟲性 選拔木과 被害木의 針葉內의 季節別 monoterpene組成比는 差異가 있으나 특히 limonene과 β -pinene의 消長의 傾向은 同一하여 時期에 相關없이 耐蟲性 檢定을 할 수 있게 되었다고 할 수 있다.

摘 要

솔잎혹파리 耐蟲性 *Pinus thunbergii*의 選拔木 7~15 個體와 被害木 8~15個體에 對하여 針葉內 monoterpene 組成을 1月과 6月에 各各 調査하고, 그리고 솔잎혹파리의 産卵 選擇性에 對하여 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

① 1月中 選拔木에 있어서 增加하는 成分은 myrcene, limonene, β -phellandrene과 terpinolene이고, 減少하는 成分은 α -pinene, camphene과 β -pinene이다. 그리고 6月에 選拔木이 增加하는 成分은 α -pinene, camphene, limonene, β -phellandrene과 terpinolene이고, 減少하는 成分은 β -pinene과 myrcene이다.

② 6月에 選拔木이 被害木보다 limonene은 6.8%가 增加하고, β -pinene은 9.2%가 減少한다.

③ 選拔木에도 被害木에서와 같이 相當한 數의 産卵을 하나 蟲癭形成率은 大端히 低下한다.

以上을 要約 結論하면 本 研究로 *Pinus thunbergii* 針葉內의 monoterpene 中 limonene과 β -pinene의 兩成分은 季節에 關係없이 耐蟲性 檢定에 有效하다고 할 수 있다.

引 用 文 獻

- Bennett, W. H. 1954. The effect of needle structure upon the susceptibility of hosts to the pine needle miner (*Exoteleia pinifoliella* Chamb.). Can. Entomol. 86 : 49-54.
- Cho, D. Y. 1959. Studies on chemical control of *Thecodiplosis pinicola* Takagi (Cecidomyiidae, Diptera) (Part II). Res. Rep. For. Exp. Sta. 8 : 111-117.
- Gara, R. I., R. L. Carlson, and B. F. Hrutford. 1971. Influence of some physical and host factors on the behavior of the sitka spruce weevil, *Pissodes sitchensis*, in south western Washington. Ann. Ent. Soc. Amer. 64 : 467-471.
- Hanover, J. W. 1975. Physiology of tree resistance to insects. Ann. Review. Entomol. 20 : 75-95.
- Hyun, J. S. 1967. Studies on natural enemies to pine gall midge. Trans. Office. For.
- Kim, C. S., S. H. Hong, C. Choi, J. W. Kim, J. B. Ryu, and M. H. Park. 1975. Breeding of varieties of pine resistant to pine gall midge (*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye) 1. Degree of gall formation and monoterpene composition of resistant trees. Korean J. Breeding 7 : 135-142.
- Ko, J. H. 1966. Studies on the *Isostasius seoulis* Ko, the larvae parasite of the pine gall midge (*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye) (3). Res. Rep. For. Exp. Sta. 11 : 91-102. 1
- Ko, J. H. and B. Y. Lee. 1971. Studies on the utilization of the hymenopterous parasites (*Isos-*

- tasius seoulis* Kó and *Platygaster* sp.) of pine gall midge. Res. Rep. For. Exp. Sta. 18 : 85-94.
9. Kozawa, T. 1970. Resistant pine trees to pine gall midge. Trans. 81th Ann. Meeting J. For. Soc. : 290-291.
 10. Lee, D. K. 1970. Physiological investigation on the damage of pine gall midge (*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye) in Korean red pine (*Pinus densiflora* S. et Z.) and pitch pine (*Pinus rigida* Mill.). Res. Rep. Ins. For. Gen. 8 : 33-47.
 11. Lee, T. S. 1956. Studies on pine gall midge. Trans. Res. Rep. For. Exp. Sta. 5.
 12. Murray, M. J. 1973. Changes in monoterpene composition of *Mentha aquatica* produced by gene substitution from a high limonene strain of *M. citrata*. Phytochemistry 12 : 1875-1880.
 13. Park, K. N. 1967. Trial control of pine gall midge (*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye. *Cecidomyiidae*) by trunk implantation of systemic insecticides. Res. Rep. For. Exp. Sta. 14 : 119-125.
 14. Plank, G. H., and H. D. Gerhold. 1965. Evaluating host resistance to the white pine weevil, *Pissodes strovi*, using feeding preference tests. Ann. Entomol. Soc. Amer. 58 : 527-532.
 15. Office of Forestry, Korea. 1975. Practical methods for control of forest insect and diseases. Trans. 275p.
 16. Smith, R. H. 1960. Resistance of pines to the pine reproduction weevil, *Cylindrocopturus eatoni*. J. Econ. Ent. 53 : 1044-1048.
 17. _____. 1961. The fumigant toxicity of three-pine resins to *Dendroctonus brevicomis* and *D. jeffreyi*. J. Econ. Ent. 54 : 365-369.
 18. _____. 1964. Variation in the monoterpene composition of ponderosa pine wood oleoresin. U. S. For. Ser. Res. Paper PSW-15 : 17.
 19. _____. 1966. Resin quality as a factor in the resistance of *Pinus* to bark beetles. Breeding pest-resistant trees. 189-196. London. Pergamon.
 20. _____. 1969. Xylem resin as a factor in the resistance of pines to forced attacks by bark beetles. Sec. World consult. tree Breed. Washington 7-16/5.
 21. _____. 1972. Xylem resin in the resistance of the *pinaceae* to bark beetles. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PSW-1 : 7.
 22. Stroh, R. C., and H. D. Gerhold. 1965. Eastern white pine characteristic related to weevil feeding. Silv. Gen. 14 : 160-169.
 23. Takaki, G. 1929. New harmful insect to Japanese red pine. Trans. Bull. Korea. For. 53 : 43-44.
 24. Takizawa, Y. 1963. Experiments of species of pine trees resistant to gall midge (*Cecidomyia brachyntera*) (1). Trans. 74th Ann. Meeting J. For. Soc. : 341-342.
 25. _____. 1964. Experiments of species of pine trees resistant to gall midge (*Cecidomyia brachyntera*) (2). Trans. 75th Ann. Meeting J. For. Soc. : 412-414.
 26. Wilkinson, R. C., J. W. Hanover, J. W. Wright, and R. H. Flake. 1971. Genetic variation in the monoterpene composition of sitka spruce. For. Sci. 17 : 83-90.