

솔잎혹파리에 대한 소나무類 針葉內的 抵抗性因子 調査*

孫斗植¹ · 嚴泰振¹ · 徐在德² · 李相錄³

Potential Resistance Factors in Pine Needles to Pine Gall Midge*

Doo-Sik Son¹, Tae-Jin Eom¹, Jae-Durk Seo² and Sang-Rok Lee³

要 約

솔잎혹파리의 抵抗性因子를 소나무, 해송, 버지니아소나무 및 해송×버지니아소나무에 대하여 調査하였다. 成蟲이 産卵을 위해 樹種의 選好性과 針葉에서 抽出된 芳香物質인 terpenoid와 phenolic compound에 대한 幼蟲의 生物學的 檢定을 實施하였다.

솔잎혹파리의 成蟲은 産卵을 위해서 樹種에 관계없이 全樹種에 飛散하여 産卵을 하였으나 成형 成率은 버지니아소나무에는 0%, 해송×버지니아소나무는 9%, 소나무와 해송은 各各 25.6%, 22.2% 이었다. 그러므로 솔잎혹파리는 버지니아소나무에는 産卵을 하나 幼蟲이 자라지 못하고 斃死함으로 針葉內에는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質이 있는 것으로 推測되며 소나무類에서 揮發되는 terpenoid는 솔잎혹파리의 成蟲을 誘引 혹은 忌避性物質이 아니었으며 또한 新梢에서 揮發生되는 terpenoids 및 松脂는 솔잎혹파리 幼蟲의 斃死에 影響을 주지 않는 것으로 나타나고 있다.

솔잎혹파리의 幼蟲을 飼育한 結果는 버지니아소나무 針葉에서 抽出한 phenolic compounds, salicylic acid와 chitinase의 溶液위에서는 幼蟲의 斃死率이 各各 89%, 92%, 86%이나 소나무에서 抽出한 phenolic compounds와 gallic acid에서는 56%, 57%이었다. 그러므로 버지니아소나무의 針葉內에는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質이 含有되어 있는 것으로 생각되며 salicylic acid와 chitinase는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質로 推측된다.

ABSTRACT

The objectives of this paper were to study the existence of resistant substance to pine gall midge from needles of *Pinus densiflora*, *P. thunbergii*, *P. virginiana*, and *P. thunbergii*×*P. virginiana*, and also to investigate whether terpenoids, fragrant substance contained in those species seduce or evade imago of pine gall midge to oviposit. Also, terpenoids and phenolic compounds were bioassayed on larva. The results are follows.

Adults of pine gall midge oviposited indiscriminately all investigated pine species, while gall formation rate by pine gall midge showed 0% in *Pinus virginiana*, 9% in *P. thunbergii*×*P. virginiana*, 22% in *P. thunbergii*. It is suggested that young larvae is necrotized by resistant substance in the needles of *P. virginiana*. This results might mean that fragrant substance, terpenoids, extracted from pine species is not seducible or evadable substance.

Larvae of pine gall midge placed on terpenoid and resin were not necrotized. The necrosis rate of

* 接受 1995年 11月 27日 Received on November 27, 1995.

¹ 慶北大學校 農科大學(College of Agriculture, Kyungpook National Univ., Taegu, Korea)

² 林木育種研究所(Institute of Forest Genetics, Suwon, Korea)

³ 慶北山林環境研究所(Kyungpook Forest Envir. Institute, Kyungju, Korea)

* 本 研究는 韓國學術振興財團의 研究費로 이루어진 것임

larvae of pine gall midge cultivated in the solution of phenolic compounds extracted from needles of *P. virginiana*, salicylic acid and chitinase showed 89, 92, and 86% respectively. And necrosis rate was 56 and 59% in phenolic compounds extracted from *P. densiflora* and gallic acid respectively. So, it is postulated that phenolic compounds contained in needles of *P. virginiana*, salicylic acid and chitinase are resistant substance to pine gall midge.

Key words : resistant substance, terpenoids, phenolic compounds, Pine gall midge, seducible or evadable substance, bioassay, necrosis rate.

序 論

솔잎혹파리는 우리나라 山林害蟲 중 가장被害가 큰 害蟲으로서 솔잎혹파리의被害가 극심한 소나무個體는 枯死하거나 生長率이 매우 떨어진다. 그러므로 솔잎혹파리에 대한 抵抗力소나무를 育成할 필요성이 있다.

植物의 抵抗力에 대한 機構는 非選好性, 抵抗性, 耐性, 誘導抵抗性과 偽抵抗性等으로 區分할 수 있으며(Obha 1981, Painter 1968) 특히 植物體內的 生化學物質 중 phenolic compounds는 植物體의 傷處나 病害蟲의 侵入時 植物代謝反應에 의하여 생성된 自己防禦物質로 알려져 있다.(Oku 등 1985, Terazawa and Miyake 1984, Vance 등 1980) 케놀산은 벤젠핵에 페놀성 水酸基와 카르복실基가 結合되어 대개는 毒性이 있는 物質이다. 그러나 terpenoids는 芳香性 物質로서 昆蟲의 誘引 혹은 忌避하는 物質로 알려져 있다.(Belitz and Grosch 1982, 藤下 1982, Ikeda 등 1986, Ikeda 등 1984, Ohloff and Giersch 1980) 특히 monoterpene 중 limonene, β -pinene, α -pinene, β -phellandron, myrcene 등이 昆蟲을 忌避하는 物質 혹은 抗菌性 物質로 알려져 있다.(Ikeda 1981, Ikeda 등 1980, 上野等 1982)

우리나라에 植栽되어 있는 소나무類 중 소나무, 해송은 솔잎혹파리에 대한 感受性이 매우 높고 테다소나무, 리기다소나무, 버지니아소나무 등은 抵抗力 樹種이다.(Furuno 1987, Sone 1987)

솔잎혹파리에 대한 抵抗力 소나무를 育成하기 위하여 感受性 樹種인 소나무, 해송과 抵抗力 樹種인 버지니아소나무와 이들 樹種間的 交雜種에 대하여 솔잎혹파리에 대한 抵抗力 因子를 調査코저 한다. 그러나 테다소나무와 리기다소나무는 소나무 및 해송과의 交配親和力이 멀지만 버지니아소나무는 交配가 잘 되므로 抵抗力 因子의 導

入이 可能하여 솔잎혹파리에 대한 抵抗力소나무를 育成할 수 있다.

그동안 우리나라에서는 솔잎혹파리를 防除하기 위하여 솔잎혹파리의 生活史, 藥劑處理, 天敵에 의한 防除에 대한 많은 研究가 있었다.(全文章 1984) 林木育種研究所에서는 耐蟲性소나무를 育成하기 위하여 소나무, 해송에 대하여 耐蟲性個體를 選拔하였으며 Kim 등(1976)은 해송의 耐蟲性個體는 針葉內 monoterpene 中 limonene은 솔잎혹파리 被害木보다 6.8% 增加하였고, β -pinene은 9.2% 減少하였다고 하였다.

Han等(1980)은 소나무에서는 β -phellandron, α -pinene이 리기다소나무에서는 β -pinene과 α -pinene의 成分이 많이 檢出되었고, 리기다 소나무에서 솔잎혹파리 被害葉은 健全葉에 比하여 α -pinene, β -pinene과 myrcene의 成分含量이 많았다고 報告하였다.

Gara 등(1971)은 sitka spruce 葉에서 spruce weevil(*Pissodes sitchensis*)의 寄主選擇과 産卵에 monoterpene의 造成이 큰 영향을 미치고 myrcene의 含量이 많은 新梢보다 含量이 적은 木에 가지에 spruce weevil의 産卵率이 높았다고 하였다.

이러한 terpene flavonic compounds의 含量은 樹種에 따라, 個體에 따라 差異가 있고 이러한 特性은 遺傳하는 것으로 알려져 있다.(Ahn 1993, Belitz and Grosch 1982, White 1984, Yazdani and Lebreton 1991)

Phenolic compounds에 의한 病害蟲의 抵抗力 調査는 많지 않다. Lee 등(1981)은 소나무 및 해송에 대한 솔잎혹파리 耐蟲性 個體, 非耐蟲性 個體와 리기다소나무에 대하여 針葉內的 phenolic compounds를 分析한 結果, 해송에서는 gallic acid가 檢出되었으나 소나무의 健全葉에서는 나타나지 않았다. 그러나 솔잎혹파리의 被害葉에서는 gallic acid가 檢出되었고, 리기다소나무에서는 salicylic acid와 resorcinol이 檢出되었으나

소나무, 해송에서는 檢出되지 않았다고 報告하였다.

Phenolic compounds는 季節的으로 變化하고 病害蟲이 侵害하였을 때 植物體內에서 自己防禦 物質로 植物體內에서 代謝作用으로 合成되는 것으로 알려져 있다.(Goodwen and Mercen 1983, Rhodes等 1973, Vance等 1980)

病原菌이나 昆蟲의 表皮는 chitin이나 chitosan으로 構成되어 있고 植物組織에는 chitin質은 없으나 chitinase를 함유하고 있어 chitin質을 oligosaccharide나 單糖類를 加水分解시키는 酵素이다. 이러한 酵素는 植物의 自己防禦를 위하여 侵入한 病原菌이나 昆蟲의 細胞壁을 加水分解한다고 한다. (Albrecht等 1994, 平野 1988)

以上과 같이 지금까지 알려진 솔잎혹파리의 抵抗性 物質의 terpenoid와 phenolic compound, chitinase를 感受性 樹種인 소나무, 해송과 抵抗性 樹種인 버지니아소나무에 대하여 솔잎혹파리 成蟲의 産卵을 위한 樹種의 選好性과 솔잎혹파리에 대한 生物學的 檢定을 實施하였다.

材料 및 方法

1. 供試樹種

솔잎혹파리에 感受性이 높은 소나무(*Pinus densiflora*), 해송(*Pinus thunbergii*)과 抵抗性 樹種인 버지니아소나무(*Pinus virginiana*), 그리고 人工交配한 소나무×해송, 해송×버지니아소나무等 5個 樹種에 대하여 솔잎혹파리의 産卵率, 成형 形成率, 솔잎혹파리의 幼蟲에 대한 生物學的 檢定을 實施하였다.

2. 試驗方法

가. 樹種別 솔잎혹파리 産卵選好性과 成형 形成率

소나무에서 發生되는 芳香物質에 의한 솔잎혹파리 成蟲의 誘引 혹은 忌避性을 調査하기 위하여 20×15cm의 흰 아크릴판에 끈적끈적한 粘着劑 Insect trap coating을 발라 各 樹種의 樹冠中央部에 매달아 두고 바람이 없는 맑은 날 午後 6~7時 사이에 솔잎혹파리 成蟲을 1회에 1萬마리씩 放飼한 後 다음날 아크릴판에 붙어 있는 成蟲數를 調査하였고 成蟲의 放飼는 5월 28일, 6월 2일, 6월 5일에 3回 實施하였다. 樹種配置는 樹高

60-70cm되는 6年生 供試木 5樹種을 프라스틱盆에 植栽하여 순서는 無作爲로 半徑 3.5m의 圓形으로 配置하였고 5回 反覆하여 포획된 成蟲數를 平均하였다.

솔잎혹파리의 産卵率을 調査하기 위하여 慶北地方의 솔잎혹파리 産卵最盛期인 6월 6일, 6월 11일, 6월 14일 3회에 걸쳐 樹種別로 東西南北四方向에서 樹冠의 新梢를 무작위로 채취하여 新梢頂芽에서 5cm內에 있는 針葉內에 産卵數를 解剖顯微鏡으로 調査하였다. 産卵率은 全體調査 葉數에 대한 産卵針葉數의 比率로 計算하였다. 솔잎혹파리의 成형 形成率은 육안으로 成형을 판단할 수 있는 9월 23일에 新梢의 全體針葉數에 대한 成형 形成針葉數와의 比率로 計算하였다.

나. 솔잎혹파리 幼蟲에 대한 生物學的 檢定

1) Terpenoids의 芳香物質에 의한 幼蟲의 生存率 調査

各 樹種別로 新梢에서 發生되는 芳香物質과 松脂에 의해 솔잎혹파리의 幼蟲에 대한 反應을 調査하기 위하여 소나무, 해송, 소나무×해송, 버지니아소나무의 新梢를 採取하여 길이 3mm 정도로 짧게 切斷하고 사레에 吸水紙를 깔고 그 위에 솔잎혹파리 幼蟲과 함께 넣어 그 위에 방사선으로 덮고 幼蟲을 飼育하였다. 對照區는 증류수는 滲透作用에 의하여 幼蟲의 細胞質이 分離될 우려가 있었으므로 食鹽水 9%용액을 사용하였던 사레에 幼蟲 30마리씩 넣어 室溫에서 10日동안 幼蟲의 生存率을 解剖顯微鏡으로 調査하였다.

2) Phenolic acid 및 chitinase에 의한 幼蟲의 生存率 調査

Phenolic compounds인 salicylic acid와 gallic acid, 곤충의 chitin質을 溶解하는 酵素 chitinase와 소나무 및 버지니아소나무의 phenolic compounds 抽出物에 대한 솔잎혹파리 幼蟲의 生存率을 調査하기 위해서 사레에 吸水紙를 깔고 調製한 溶液을 每日 0.2ml씩 吸水紙에 注入시키고 솔잎혹파리 幼蟲 30마리씩 넣어 3回 反覆하여 飼育하였다. 幼蟲의 生死與否는 解剖顯微鏡下에서 10日동안 調査하였고 phenolic compounds의 濃度는 버지니아소나무 針葉內에 free 및 soluble phenolic acid 중 salicylic acid가 約 250ppm정도이므로 이것을 基準으로 salicylic acid, gallic acid, chitinase의 濃度도 250ppm으로 하였다. 소나무와 버지니아소나무의 抽出物은 솔잎혹파리

幼蟲의 孵化時期인 6월에 針葉을 채취하여 抽出한 phenolic compounds를 蒸溜水에 3%로 稀釋하여 使用하였다.

結果 및 考察

1. 樹種別 솔잎혹파리 産卵選好성과 충영形成率

솔잎혹파리 成蟲의 産卵은 소나무에서 揮發되는 物質에 의해서 昆蟲의 誘引이나 혹은 忌避性을 알기 위해 솔잎혹파리의 成蟲이 樹種間에 選好성이 있는 지를 調査하였다. 솔잎혹파리 成蟲을 1회에 1萬마리씩 放飼한 후 포획된 成蟲의 數는 表 1과 같이 樹種間에 큰 差異가 없었으므로 솔잎혹파리의 成蟲은 樹種間에 區分없이 産卵하는 것으로 推측된다.

그러므로 솔잎혹파리가 産卵을 위해서 樹種間에 選好성이 없는 것은 소나무類에서 發生하는 terpenoids 중에는 成蟲의 誘引이나 忌避性物質이 없음을 입증해 주고 있다.

솔잎혹파리의 樹種別 産卵率은 表 2와 같이 新梢 5cm內에 産卵率은 20~23% 內外로서 樹種間에 關係없이 供試樹種에 均一하게 産卵하였다.

그러나 솔잎혹파리 幼蟲의 충영 形成率은 表 3과 같이 樹種間에 差異가 있었다. 버지니아소나무는 솔잎혹파리의 충영이 全연 形成되지 않았으나 소나무 및 海송에서는 각각 25.61%, 22.26% 이었고 *P. thunbergii* × *P. virginiana*에서는 8.92%로서 海송에 比하여 충영 形成率이 반배에 되지 않으므로 *P. virginiana*의 抵抗性因子가 流入된 것으로 생각되며 *P. virginiana*에 충영이 形成되지 않은 것은 針葉內에 솔잎혹파리에 對한 抵抗性 物質이 있음을 입증해 주고 있다. *P. virginiana*에는 솔잎혹파리가 産卵을 하나 충영이 形成되지 않는 것은 솔잎혹파리의 어린 幼蟲이 針葉內에서 자라지 못하고 壤死되는 것으로 판단되며 針葉의 基部에 幼蟲이 侵入한 흔적을 찾아볼 수 있었다.

Table 1. Number of seized adults after release of pine gall midge in pine species

Species	Numbers of seized adults			Total
	5/28	6/2	6/5	
<i>P. densiflora</i>	6	11	5	22
<i>P. thunbergii</i>	5	9	9	23
<i>P. densiflora</i> × <i>P. thunbergii</i>	8	5	6	19
<i>P. thunbergii</i> × <i>P. virginiana</i>	4	7	11	22
<i>P. virginiana</i>	8	12	7	27

Table 2. Oviposition rate of pine gall midge in five pine species (Unit : %)

Replication \ Species	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i> × <i>P. thunbergii</i>	<i>P. thunbergii</i>	<i>P. thunbergii</i> × <i>P. virginiana</i>	<i>P. virginiana</i>
I	23.00	22.12	20.52	15.72	20.75
II	22.17	15.78	19.32	25.32	23.12
III	24.57	20.38	24.12	20.15	20.58
Total	69.74	58.28	63.96	61.19	64.45
Mean	23.25	19.45	21.32	20.40	21.48

Table 3. Rate of gall formation by pine gall midge in five pine species (Unit : %)

Replication \ Species	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i> × <i>P. thunbergii</i>	<i>P. thunbergii</i>	<i>P. thunbergii</i> × <i>P. virginiana</i>	<i>P. virginiana</i>
I	20.31	23.42	23.54	9.30	0
II	27.20	20.12	18.91	5.17	0
III	29.32	25.38	24.34	12.28	0
Total	76.83	68.92	66.79	26.75	0
Mean	25.61	22.97	22.26	8.92	0

2. 솔잎혹파리 幼蟲에 대한 生物學的 檢定

가. Terpenoids의 芳香物質에 의한 幼蟲의 生存率

소나무의 新梢 部分의 芳香物質인 terpenoids나 松脂에 의해 솔잎혹파리 幼蟲의 生存率은 表 4와 같이 樹種間에도 差異가 없고 對照區인 食鹽水에 飼育한 것과도 差異가 없이 生存率이 비슷하였다.

그러므로 新梢에서 發生되는 terpenoids의 芳香物質이나 松脂는 솔잎혹파리 幼蟲의 斃死에 影響을 주지 않는 것으로 판단된다.

나. Phenolic compounds와 chitinase에 의한 幼蟲의 生存率

Phenolic compounds인 salicylic acid와 gallic acid, 곤충의 chitin質溶解 酵素인 chitinase, 소나무 및 버지니아소나무의 抽出物에 대한 솔잎혹파리 幼蟲의 生存率은 表 5와 같이 버지니아소나무의 抽出物과 salicylic acid, chitinase에서는 幼蟲의 斃死率이 各各 89%, 92%, 86%이며 소나무 抽出物과 gallic acid에서는 各各 56%, 57%가 斃死하였다. 이와 같이 버지니아소나무의 抽出物, salicylic acid와 chitinase에서 幼蟲의 斃死率이 높은 것은 솔잎혹파리의 幼蟲에 대한 阻害物質로 생각된다. 그러나 소나무 抽出物에는 抵抗力物質이 없거나 小量으로 幼蟲의 斃死에 影響을 주지 않는 것으로 생각되며 gallic acid도

솔잎혹파리에 대한 抵抗力物質이 아닌 것으로 생각된다.

버지니아소나무의 phenolic compound 抽出物 중에는 솔잎혹파리 幼蟲에 대한 抵抗力物質인 salicylic acid나 혹은 chitinase를 함유하고 있는 것이 아닌가 추측이 되며 그외에 抵抗力物質이 있는가 하는 것은 좀 더 研究가 되어야 할 것으로 생각된다.

Chen(1984)은 솔잎혹파리 幼蟲의 孵化率은 88.9~100%이며 孵化된 幼蟲은 針葉의 基部로 移動하여 定着하기까지 約 2日이 所要되며 蟲體內의 幼蟲은 3~7마리 程度이나 蟲體內에서 幼蟲數의 變動은 거의 없다고 한다. 그러므로 솔잎혹파리의 幼蟲이 斃死되는 것은 幼蟲이 孵化된 어린 幼蟲때 일어나는 것으로 버지니아소나무 針葉의 基部에는 蟲體가 形成되지 않았으나 侵害를 받은 흔적은 찾아 볼 수 있고, 해송에서도 가끔 이와 같은 현상을 볼 수 있었다.

gallic acid는 蟲體가 形成될 때 植物體內에서 合成되는 것으로 알려져 있으므로 오히려 幼蟲을 保護하는 역할을 하게 된다.(Torsell 1983)

結 論

植物病害蟲에 대한 抵抗力 物質로는 phenolic compounds와 terpenoids가 있으며 phenolic com-

Table 4. Survival rate on larvae of pine gall midge larvae by volatilized compound and resin from shoot of pine species (Unit : %)

Species Replication	<i>P. densiflora</i>	<i>P. densiflora</i> × <i>P. thunbergii</i>	<i>P. thunbergii</i>	<i>P. virginiana</i>	Control (0.9% Sodi. Chlor. Sol.)
I	43.3	53.3	53.3	50.0	39.8
II	46.7	53.5	50.0	56.7	46.7
III	46.7	60.0	50.0	53.3	50.0
Total	136.7	166.8	153.3	160.0	136.5
Mean	45.6	55.6	51.1	53.3	45.5

Table 5. Survival rate of pine gall midge larvae by phenolic compound, chitinase and an extract from *P. densiflora* and *P. virginiana* (Unit : %)

Treatment Replication	Extract from		salicylic acid (250ppm)	chitinase (250ppm)	gallic acid (250ppm)
	<i>P. densiflora</i>	<i>P. virginiana</i>			
I	40.0	10.0	6.6	13.3	50.0
II	50.0	10.0	10.0	13.3	43.3
III	43.3	13.3	6.6	16.7	36.7
Total	133.2	33.3	23.2	43.3	130.0
Mean	44.4	11.1	7.7	14.4	43.3

pounds는 植物體가 傷處나 病害蟲의 侵入을 받았을 때 自己防禦를 爲해 代謝作用에 의하여 合成되고 terpenoids는 芳香物質로서 昆蟲의 誘引 혹은 忌避性 物質로 알려져 있다.

솔잎혹파리의 成蟲은 感受性樹種이나 抵抗性樹種에 産卵하기 爲해 飛散해가는 成蟲을 樹種에 관계없이 거의 均一하게 포획되었고 産卵葉率도 樹種에 관계없이 거의 均一하게 産卵하였으므로 소나무類에서 揮發되는 terpenoids는 솔잎혹파리의 成蟲을 誘引이나 혹은 忌避性物質이 아님을 입증해 주고 있다.

그러나 충영形成은 버지니아소나무에서는 全然 形成되지 않았고 해송×버지니아소나무의 交雜種에서는 9%, 소나무와 해송에서는 各各 25.6, 22.2%로서 버지니아소나무는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質이 있음을 알수 있다.

소나무류의 新梢에서 揮發되는 芳香物質과 松脂에 솔잎혹파리 幼蟲을 飼育한 結果 對照區인 食鹽水에 飼育한 것과 差異가 없었고 樹種間에도 差異가 없었으므로 芳香物質인 terpenoids와 松脂는 솔잎혹파리 幼蟲의 斃死에 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

Phenolic compound인 salicylic acid gallic acid, 酵素인 chitinase와 소나무 및 버지니아소나무에서 抽出한 phenolic compound에서 飼育한 結果 버지니아소나무의 抽出物, salicylic acid, chitinase에서는 幼蟲의 斃死率이 各各 89%, 92%, 86% 이며 소나무의 抽出物과 gallic acid에서는 各各 56%, 57%가 斃死하였다. 그러므로 버지니아 소나무의 抽出物에는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性 物質이 포함되어 있는 것으로 생각되며, salicylic acid와 chitinase는 솔잎혹파리 幼蟲에 대한 沮害性 物質이라고 생각된다.

以上の 結果와 같이 salicylic acid와 chitinase는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性 物質로 추측되므로 phenolic compounds중 salicylic acid의 樹種間 및 季節的 變化와 버지니아소나무에 chitinase의 存在 또는 이외에 다른 抵抗性物質이 있어 複合的인 作用을 하고 있는지를 좀더 研究가 되어야 할 것으로 생각된다.

引用 文 獻

1. Ahn, W.Y. 1993. Seasonal variation of mono-

terpene composition in needle oils from Korean red pine(*Pinus densiflora*), Korean white pine(*P. koraiensis*) and pitch pine(*P. rigida*), J. Kor. For. En 13(1): 29-36.

2. Albrecht, C.A., Asselin, Y. Piche and F. Lapeyrie, 1994. Chitinase activities are induced in *Eucalyptus globulus* roots by ectomycorrhizal or pathogenic fungi during early colonization, *Physiol. Plant.* 91: 104-110.
3. Belitz, H.D. and W. Grosch, 1982. *Struktur und Geruch, lehrbuch der Lebensmittelchemie*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 303.
4. 全文章, 1984, マツバノタマバエと その寄生蜂, マツタマヤトリハラビロコバチ及びマツタマヤドリクロコバチの生態學的研究, 九州大學 博士學位論文, pp. 180.
5. Furuno, T. 1987. Studies on the insect damage upon the exotic pine species introduced in Japan(8), On Japaneses pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye, *Bulletin of the Kyoto Univ. For.* 59: 16-30.
6. Gara, R.I., R.L. Carlson and B.H. Hrutfiord, 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
7. Goodwen, T.W. and E.I. Mercen, 1983. *Plant Biochemistry*, Pergamon Press, pp. 565.
8. Han, S.U., D.K. Lee and S.K. Chen, 1980. Biochemical substances from normal needles and infested needles attacked by *Thecodiplosis japonensis* in *Pinis densiflora*, *Pinus thunbergii* and *Pinus rigida*, *Jour. Korean For. Soc.* 50: 49-55.
9. 平野茂博, 1988. 植物キチナーゼと病蟲害に對する植物自己防護機能, 技報堂出版, pp. 169-183.
10. 藤下章男 1982. マツノマダラカミキリ對するユーカリ成分の忌避效果(2), 2, 3の實驗と現地適用試驗, 森林防疫 31 : 119-122.
11. Ikeda, T., A. Yamane, N. Enda, K. Oda,

- H. Makihara, K. Ito and I. Okochi, 1986. Attractiveness of volatile components of felled pine trees for *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), J. Japn. For. Soc. 68: 15-19.
12. Ikeda, T., A. Yamane, N. Enda, H. Makihara, I. Okochi, K. Ito and K. Tabata, 1984. Attractiveness of ethanol- and paraquat-treated pine trees for *Monochamus alternatus* and other insects(1) Attractiveness for *M. alternatus* and mortality dynamics of a pine stand. J. Jap. For. Soc. 66(9) : 386-390.
13. Ikeda, T. 1981. マツノマダラカミキリの寄主選擇上誘引物質, 植物防疫 35, 395-400.
14. Ikeda, T., N. Enda, A. Yamane, K. oda, and T. Toyoda, 1980. Attractiveness for the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae), 應動昆誌 15; 368-361.
15. Kim, C.S, S.H. Hong, C. Choi and J.S. Kim, 1976. Breeding of varieties of pines resistant to pine gall midge. II Seasonal variation of needle monoterpene composition in resistant *Pinus thunbergii*, Kor. J. Bre. 8.(3): 137-142.
16. Lee, D.K., S.H. Hong and K.S. Kim, 1981. Phenolic substances in the needles of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* susceptible or resistant, and *Pinus rigida* resistant to pine gall midge, Res. Rep. of the Ins. For. Gene. 17 : 24-31.
17. Ohba, K. 1981. 林木の抵抗性育種に関する理論と實際, 林木の育種. 119 : 18-22.
18. Ohloff, G. and W. Giersch, 1980. Stereochemistry activity relationships in olfaction, Odorants containing a oroton donor/proton acceptor unit, Helv. Chim. Acta. 63(8): 76.
19. Oku, H., H. Yamamoto, H. Ohta and T. Shiraishi, 1985. Effect of abnormal metabolites isolated from nematode-infested pine on pine seedlings and pine wood nematodes, Ann. Phytopath. Soc. Japan 51 : 303-311
20. Painter, R.H. 1968. Insect resistance in crop plants, The University Press of Kansas, 520 pp.
21. Rhodes, M.J.C. and L.S.C. Wooltorton, 1973. Stimulation of phenolic acid and lignin biosynthesis in swede root tissue by ethylene, Phytochemistry, 12 : 107-118.
22. Sone, K. 1987. Ecological studies on the pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye (Diptera: Cecidomyiidae) III. Characteristic features of the infestation and its impacts on the growth of pine trees, Bull. For. and For. Prod. Res. Inst. 349 : 71-96.
23. Terazawa, M. and M. Miyake, 1984. Phenolic compounds in living tissue of wood(II). Seasonal variations of phenolic glycosides in the cambial sap of woods, Mokuzai Gakkaishi, 30(4): 329-334.
24. Torssell, K.B.G., 1983. Natural Product Chemistry, John Wiley & Sons, pp. 84-110.
25. 上野 明・藤下章男, 1982. マツノマダラカミキリに対するユーカリ成分の忌避効果, 森林防疫. 31: 89-93.
26. Vance, C.P., T.K. Kirk and R.T. Sherwood, 1980. Lignification as a mechanism of disease resistance, Ann. Rev. Phyto-pathol. 18: 259.
27. White, E.E. 1984. Mode of genetic control of monoterpenes in foliage of controlled cross of *Pinus contorta*, Silvae Genetica 33(4-5): 115-119.
28. Yazdani, R. and Ph. Lebreton, 1991. Inheritance pattern of the flavonic compounds in scots pine(*Pinus sylvestris* L.), Silvae Genetica 40(2): 57-59.