

곰솔에 들어있는 生長抑制物質의 作用

吉 奉 燮·吳 錫 欣·金 永 植*

圓光大學校 師範大學 科學教育科·*圓光保健專門大學 物理治療科

Effects of Growth Inhibitors from *Pinus thunbergii*

Kil, Bong-Seop, Suk-Heun Oh and Young-Sik Kim*

Dept. of Science Education, Wonkwang Univ. and*Dept. of Physical Therapy
Wonkwang Health Junior College, Iri

ABSTRACT

It was found that seed germination and seedling growth of selected species were inhibited by phytotoxic substance released from black pine.

The longer was the aqueous extraction time of black pine needles, the smaller was the relative germination ratio and relative elongation ratio of lettuce. And seed germination and growth of the species were inhibited in aqueous leachate and rain leachate as well as in soil underneath the black pine trees. In addition, the growth of lettuce was suppressed in volatile substances from black pine needles.

To detect phytotoxic substances of black pine needles, paper chromatography and high performance liquid chromatography were used and fourteen kinds of chemical compounds were isolated and identified as phenolic acids including benzoic acids.

The growth of lettuce was inhibited in the experiment using reagents identical to these chemical substances and a great inhibition was observed in the concentration of less than 5×10^{-3} M.

緒 論

植物體로부터 放出되는 化學物質은 風化, 洗脫, 浸出, 擴散, 腐敗, 揮發 等 여러가지로 그 植物의 周圍에 남게되는데 (Datta and Sinha-Roy, 1974), 이들은 前驅物質로부터 分解된 生活副產物이 많다 (Pickett and Baskin, 1973). 이러한 物質들은 다른 植物의 種子 發芽나 幼植物의 生長을 抑制하는 物質이 많으며 前年度에 나서 죽은 植物體나 살아 있는 植物로부터 洗脫되거나 (Rietveld, 1983), 뿌리에서 放出되어진다 (Tukey, 1969).

植物體에서 化學적으로 分離 確認해낸 것으로 種子發芽와 幼植物의 生長을 抑制하는 物質로는 ferulic acid 등 phenolic compound가 많고 (Carballeira, 1980; Shettel and Balke, 1983; Shindo and Kuwatsuka, 1978), flavonoid (Rice and Pancholy, 1974) 그리고 terpene類 (Chou and Patrick, 1976) 등이 알려져 있다.

*이 論文은 1986年度 文敎部 自由課題學術研究造成費에 의하여 이루어졌음.

이와 관련되는 研究 中에서 소나무 類에 대한 것으로는 *Pinus resinosa*로부터 아미노酸, 糖, 有機酸이 分離되었고(Agnihotri and Vaartaja, 1968), *P. edulis* (Jameson, 1961), *P. radiata* (Lill and Waid, 1975), *P. banksiana* (Brown, 1967) 등의 水溶抽出液 그리고 腐葉土에서 phenolic compound 등이 確認된 바 있다. 우리나라에서는 *P. densiflora* (Lee and Monsi, 1963; Kil and Yim, 1983), *P. thunbergii* (Kim and Kil, 1984), *P. rigida* (Rho and Kil, 1986; Kil, 1988) 그리고 *Cedrus deodara* (Bang and Kil, 1986)의 알레로패티효과에 관한 연구보고가 있다.

그러나 곰솔에 含有된 化學 毒物物質에 관한 종합적인 연구는 되어있지 않다. 그래서 本 研究에서는 곰솔의 化學物質에 의한 알레로패티효과를 조사하고, 곰솔에 들어있는 관련 化學物質을 分離 確認하며, 이렇게 찾아낸 化學物質과 同一한 藥品을 써서 濃度別 效果를 밝히고 이들이 植物의 生長을 抑制하는지 與否를 알아보고자 한다.

材料 및 方法

곰솔의 水溶抽出液

곰솔의 잎, 줄기, 뿌리를 각각 200 g당 1,000 ml의 물을 가하여 incubator(18°C)에서 각각 24, 48, 72, 96, 120시간 水溶抽出(이하 抽出液이라함) 했다. 단, 이들의 pH는 4.34, 4.20, 4.24, 4.26, 4.25였다. 이 抽出液을 HCl과 NaOH로 pH3, pH4, pH5, pH6, pH7, pH8, pH9로 맞추어서 실험에 사용했다. pH2 이하와 pH10이상의 抽出液에서는 강산성과 강알칼리성이 되기 때문에 제외하였다. 洗脫液은 Koepe *et al.*(1976)의 실험 장치를 개량한 Kim and Kil(1987)의 계단식 장치와 Klein and Miller(1980)의 장치를 수정 보완하여 自作한 것을 사용하여 얻었다. 또 비오는 날 곰솔 나무밑에 비닐주머니를 준비하여 곰솔 잎과 가지 사이를 통과하고 떨어지는 빗물(rain leachate)을 모아서 실험 실로 운반한 후 병에 옮겨 담아서 냉장고(1°C)에 보관하였다. 실험에 사용시는 냉장고에서 꺼내놓고 빗물이 室溫으로 될 때까지 放置했다.

發芽와 生長實驗

곰솔 抽出液에서의 種子發芽와 幼植物의 生長實驗은 前報한 方法(Kil, 1983)에 따랐다. 供與植物은 곰솔이고 受容植物은 상치, 쑥, 들깨, 무우이었으며, 實驗은 4반복 실시하였다(이하 모두 같다). 실험결과는 과종 후 3~5주에 수확하여 相對發芽率(RGR), 相對伸長率(RER), 相對乾重量率(RWR)을 計算했다(Kim and Kil, 1987).

또 受容物質로 무우, 질경이, 상치, 강아지풀, 새, 담배풀의 種子를 pot에서 栽培하여 수확 후 RER과 RWR로 계산했다.

그리고 곰솔잎의 洗脫液으로 들깨, 상치, 쑥, 담배풀, 강아지풀, 무우에 대하여 發芽와 生長實驗을 실시했다.

한편 곰솔 나무밑에서 채취한 빗물로 담배풀, 들깨, 무궁화, 상치, 참소리쟁이, 파의 종자를 발아시키고 이들의 어린 식물이 3~4 cm쯤 자랐을 때 수확하였고 그 結果는 RGR과 RWR로 계산하였다.

다음에는 곰솔로부터 放出되어 그 나무밑에 있을 物質의 殘毒性을 調査하기 위하여 곰솔 林床 土壤과 林床外 露地의 土壤을 發芽箱에 담고 22種類의 植物을 대상으로 種子發芽와 生長實驗을 實施하였다.

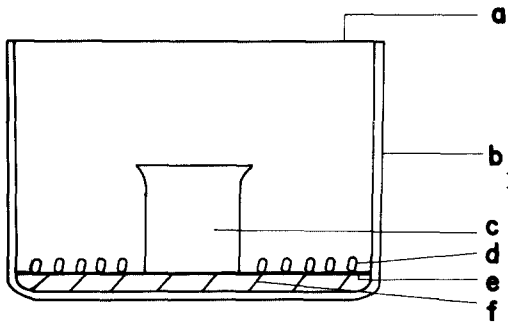


Fig. 1. Diagrammatic section through test chamber. a, vinyl wrap; b, glass chamber, c, container for black pine needles; d, test seeds; e, 2 sheets of filter paper; f, 2-3 mm absorbent cotton, moistened with water.

放散物質의 毒性實驗

곰솔 잎으로부터 放出되는 揮發性物質의 毒性實驗은 Heisey and Delwiche(1983)의 裝置를 改良하여 自作한 裝置에서 8種類의 種子發芽와 生長實驗을 實施했다(Fig. 1).

또 곰솔 잎의 揮發性物質이 濃度別로 幼植物 生長에 影響하는 바를 조사하기 위하여 K's 裝置를 考案製作하여 實驗에 使用하였다(Fig. 2). Fig. 2에서 a는 b속의 揮發性物質

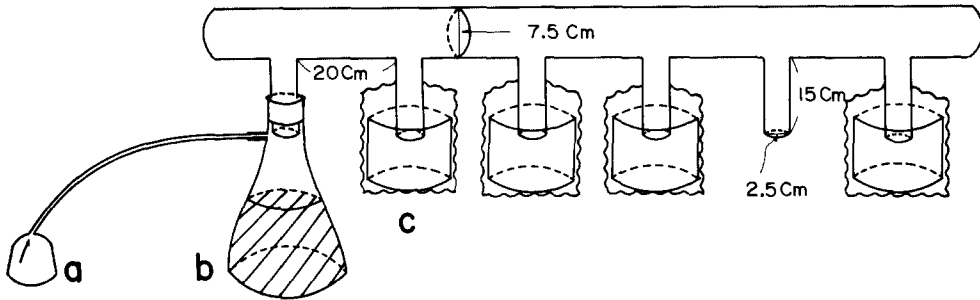


Fig. 2. Schematic side view of K's experimental apparatus. a, small pump for aeration; b, black pine needles; c, chamber; d, wrapping vinyl.

을 밀어내기 위한 aeration pump, b는 재료를 넣은 삼각플라스크(2,000 ml), c는 수조(직경, 15 cm), d는 b의 끝과 연결된 유리관(직경, 7.5 cm)에 다른 유리관(직경 2.5 cm)을 옆으로 붙여 그 끝을 c에 넣은 후 비닐로 봉한 것, c의 바닥에 여과지 2매를 깔고 그 위에 상처 종자를 50립 산파한 후 비닐(d)로 봉한다. 파종후 48~72시간에 수확하여 幼植物의 伸長을 調査하였다.

곰솔잎의 化學物質 分離와 確認

곰솔잎의 化學物質 分析은 paper chromatography(PC)와 high performance liquid chromatography(HPLC)를 이용했는데 그 方法과 節次는 前報에 따랐다(Kil and Yim, 1983; Kim and Kil, 1984).

化學物質의 生物學的 定量

p-hydroxybenzoic acid 등 9種의 化學藥品(Sigma Co.)을 $5 \times 10^{-3}M$, $5 \times 10^{-4}M$, $5 \times 10^{-5}M$ 로 준비하여 상처의 발아와 生長실험을 실시했는데 方法은 前報에 따랐다(Kil,

1988).

結果 및 考察

發芽와 生長

곰솔 잎의 抽出液으로 상치 등 4種 植物을 種子 發芽 實驗한 結果는 Table 1과 같다.

Table 1. Germination percentage of different species tested in extracts of black pine needles soaked for various length of time

Species	Control	Extraction time (hr)				
		24	48	72	96	120
<i>Lactuca sativa</i>	80.0a*	78.0a	73.0a	8.0b	0	0
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	90.0a	62.0a	86.0a	22.0a	35.0a	26.0a
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i>	99.0a	98.0a	96.0a	92.1a	90.0a	62.0a
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> for. <i>acanthiformis</i>	17.0a	16.0a	6.0a	1.0b	1.0b	1.0b

* means within rows followed by same letters do not differ significantly at the 5% level of probability.

受容植物 中 숙을 제외한 나머지 植物들의 發芽率은 抽出液의 濃도가 높아짐에 따라서 減少되는 傾向을 나타냈다. 특히 상치는 96과 120시간 抽出液區에서 전혀 發芽되지 못했다. 이것은 水溶 抽出時間이 24, 48, 72, 96時間으로 길어질수록 상치등의 發芽가 抑制되었다는 報告(Khan, 1982)와 一致되었다. 그리고 위의 發芽實驗 植物들을 5~8日間 生長後 調査한 伸長은 Table 2와 같았다. 이것은 發芽實驗에서와 같이 抽出液의 濃도에 反比例의이었다.

Table 2. Elongation (mm) of different species tested in aqueous extracts of black pine needles soaked for various length of time

Species	Control	Extraction time (hr)				
		24	48	72	96	120
<i>Lactuca sativa</i>	78.1a*	56.2a	44.2a	4.9b	0	0
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	12.8a	8.2a	6.6a	4.4a	3.8a	0
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i>	58.0a	41.8a	28.0a	12.7a	12.4a	12.8a
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> for. <i>acanthiformes</i>	79.2a	66.1a	73.8a	26.5a	15.8a	0

* means within rows followed by same letters do not differ significantly at the 5% level of probability.

한편 抽出液으로 새 등 6種類의 植物을 길러서 幼植物의 伸長과 乾重量을 調査한 結果는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같이 나타났다. RER은 잎 抽出液區에서 심하게 抑制되었고 다음은 줄기, 뿌리 抽出液區의 順이었으며, RWR은 잎, 뿌리, 줄기 抽出液區의 順으로 抑制되었다. 이것은 다른 식물에 미친 *Celosia* 抽出液의 영향은 잎, 줄기, 뿌리의 順으로 抑制作用이 나타났다는 研究(Ashraf and Sen, 1978)와 一致하였다. 일반적으로 Fig. 3과 Fig. 4를 보면 72시간 추출액구까지는 RER이나 RWR이 急傾斜를 나타내고 그 이후부터는 억제도의 정도가 완만했음을 알 수 있다. 이와 같이 抽出時間이 길어질수록 生長에 심한 영향을 받는 것은 前述한 Table 1 및 Table 2 試驗結果와 비슷했다. 實驗植物 中 RER과 RWR이 특히 낮은 것은 상치와 담배풀이었다.

Table 3. Germination percentage and elongation of lettuce in pH-adjusted extracts of black pine needles

Character	Control	pH						
		3	4	5	6	7	8	9
Germination (%)	96.0a*	16.0b	62.0ab	65.0ab	67.0ab	68.5ab	52.ab	62.0ab
Elongation (%)	76.3a	6.1b	11.9b	19.9b	15.6b	18.0b	20.3b	8.8b

* means within rows followed by same letter do not differ significantly at the 5% level of probability.

또한 抽出液의 pH를 달리하여 7個區로 區分하고 이것을 燻分에서 재배한 상치의 發芽와 生長實驗 結果는 Table 3과 같았다. 對照區에 比하여 實驗區 全體의 값은 낮아서 發芽와 伸長이 심하게 抑制됨을 나타냈으며, 특히 pH3區의 값은 큰 차이를 보였는데 이 결과는 抽出液의 強酸性에 영향받은 것으로 생각된다.

그런데 위의 抽出液으로 실험한 發芽와 生長이 抽出液 自體가 高濃度이기 때문에 일어난 滲透作用에 의한 것이 아닌가하는 의문을 풀기위하여 곰솔 잎을 물로 씻은 洗脫液으로 실험한 결과는 Table 4 및 Table 5와 같았다. 實驗區의 發芽率은 모두 對照區의 값보다 낮았다. 그러나 담배풀을 제외한 나머지는 통계적으로 有意하지 못했다. 더구나 伸長率은 담배풀을 제외한 나머지 모두의 값이 對照區 값보다 높았다. 지금까지 보고된 바로

Table 4. Germination percentage of different species tested in Petri dish supplied with aqueous leachate of black pine needles

Species	Control	Leachate
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i>	97.5a	91.5a
<i>Lactuca sativa</i>	88.0a	70.5a
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	94.0a	79.0a
<i>Carpesium abrotanoides</i>	86.5a	57.0a
<i>Setaria viridis</i>	60.5a	53.5a
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> for. <i>acanthiformis</i>	89.5a	84.0a

* means within rows followed by same letter do not differ significantly at the 5% level of probability.

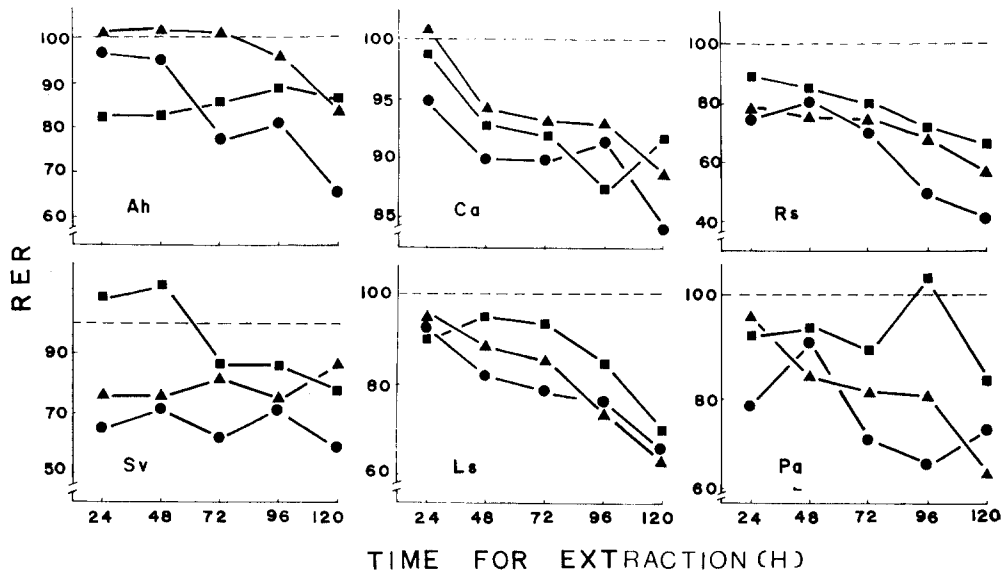


Fig. 3. Influence of aqueous extracts of *Pinus thunbergii* on elongation of various species seedling grown in different concentrations. ●—●, leaf extracts; ▲—▲, stem extracts; ■—■, root extracts of black pine. Key to species, Ah, *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka; Ca, *Carpesium abrotanoides* L.; Rs, *Raphanus sativus* var. *hortensis* for. *acanthiformis* Makino; Sv, *Setaria viridis* Beauv.; Ls, *Lactuca sativa* L.; Pa, *Plantago asiatica* L.

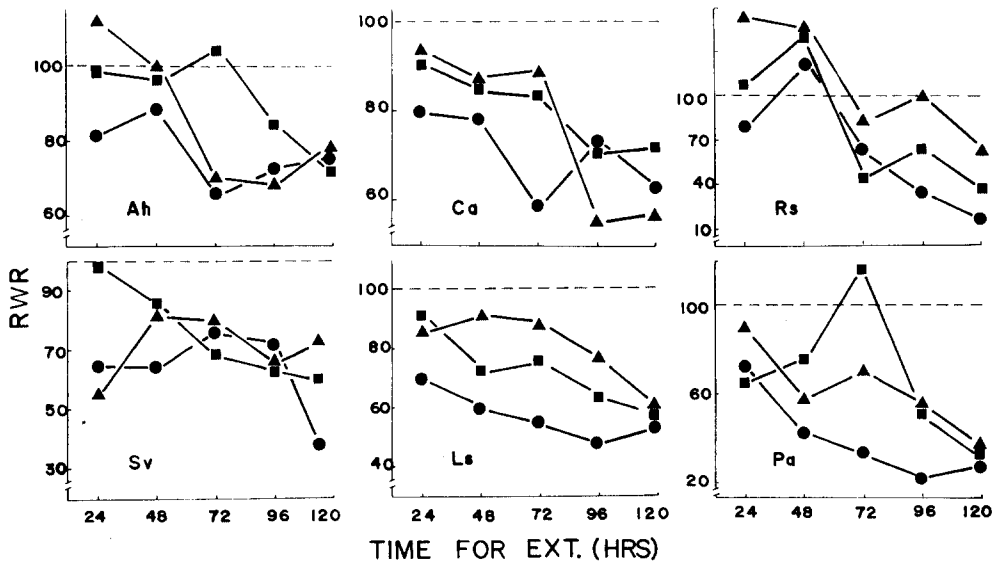


Fig. 4. Influence of aqueous extracts of *Pinus thunbergii* on dry weight of various species seedling grown in different concentrations. ●—●, leaf extracts; ▲—▲, stem extracts; ■—■, root extracts of black pine. Key to species, as in Fig. 3.

Table 5. Elongation (mm) of different species tested in Petri dish supplied with aqueous leachate of black pine tree needles

Species	Control	Leachate
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i>	63.3a	74.4b
<i>Lactuca sativa</i>	80.8a	100.9b
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	24.5a	24.6a
<i>Capesium abrotanoides</i>	23.9a	16.6b
<i>Setaria viridis</i>	63.2a	63.3a
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> for. <i>acanthiformis</i>	149.1a	170.5a

* means within rows followed by same letter do not differ significantly at the 5% level of probability.

는 洗脫液이 다른 植物의 種子發芽와 뿌리 生長을 抑制하고(Baskin *et al.*, 1967), 種子發芽와 幼苗伸長을 抑制하여(Lodhi and Rice, 1971), 한 植物이 다른 植物의 洗脫液을 받을 때 生長速度가 느려진다(Newman and Rovira, 1975). 그리고 오이의 洗脫液은 植物의 發芽를 抑制한다(Putnam and Duke, 1978). 이러한 연구와 비교해 볼 때 本 試驗의 結果는 큰 差異가 있다. 그 이유는 콩솔잎의 表皮가 특수하기 때문에 간단히 水洗만으로는 抑制物質이 쉽게 녹아나오지 못해서 洗脫液 속에는 극히 低濃度가 들어있으리라 推定된다.

그래서 비오는날 콩솔나무밑에서 採取한 빗물을 주어서 담배풀 등 6種類의 發芽와 生長實驗을 實施한 結果는 Fig. 5와 같았다. 發芽率은 實驗區와 對照區의 값이 거의 같은 種과 實驗區의 값이 더 낮은 種등 두가지 類型으로 區分되었다. 後者は 빗물이 콩솔잎과 가지를 통과할 때 녹아 나온 化學物質에 의하여 發芽가 抑制되었으리라고 풀이된다. 다시 말하면 前述한 抽出液은 高張液인데 반해서 콩솔 빗물은 自然 低張液이라는 점을 고려해야 한다. 이것은 植物의 알레로패티에 관계있는 二次產物이 비올 때 洗脫되어 나온

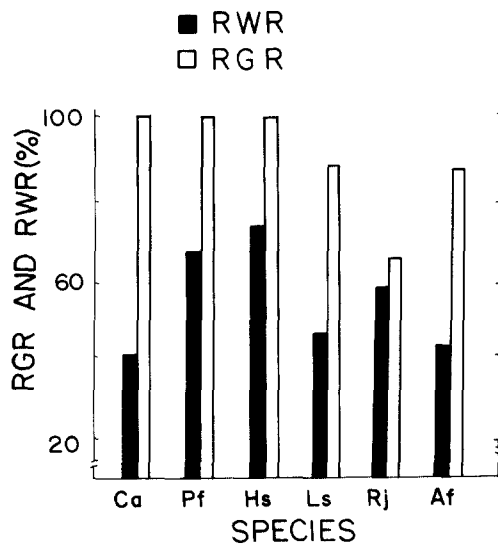


Fig. 5. RGR and RWR of different species tested in rain leachates of black pine. Keys to species: Ca, *Carpesium abrotanoides*; Pf, *Perilla frutescens*; Hs, *Hibiscus syriacus*; Ls, *Lactuca sativa*; Rj, *Rumex japonicus*; Af, *Allium fistulosum*.

다(Tukey, 1969)는 研究로서 뒷받침된다. 그러나 野外 條件下에서 生物學的 定量으로 調査한 알레로패티結果는 植物의 群集 分布에 影響을 미치지 못하므로 生態學的 意味가 없다(Stowe, 1979)고 한 研究結果도 있다. 그러므로 문제는 allelochemicals의 濃度에 따라 달라지는 것으로 풀이된다(Kil, 1988). 또 Fig. 5의 실험결과를 무우와 수수를 化學藥品 水溶液으로 生長시켰을 때 實驗區의 發芽率은 비교적 높았지만 乾量은 對照區에 비하여

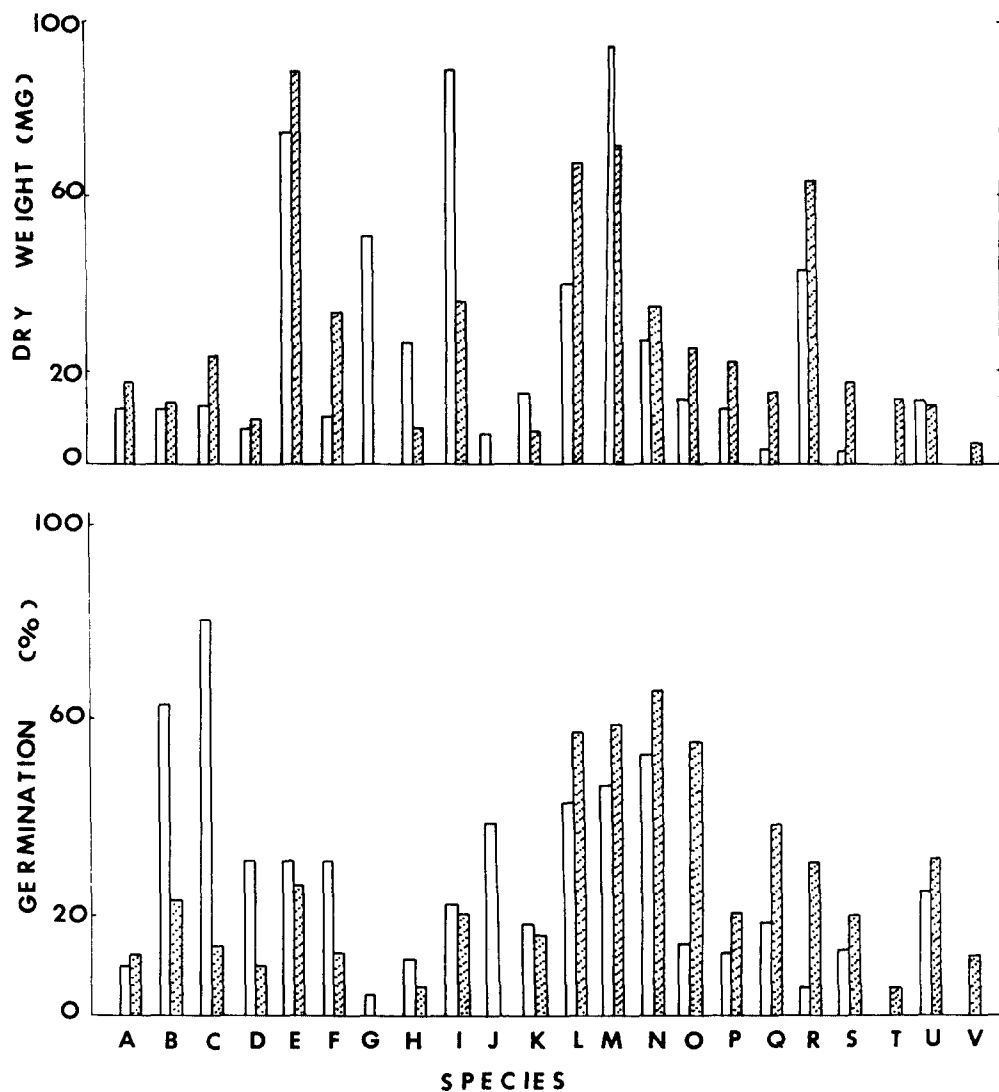


Fig. 6. Bar graph showing germination percentage and dry weight of seedling tested in black pine forest soils (□) and farm soils (▨). A, *Pinus thunbergii*; B, *Pinus rigida*; C, *Achyranthes japonica*; D, *Arundinella hirta*; E, *Themeda triandra* var. *japonica*; F, *Phytolacca americana*; G, *Albizia julibrissin*; H, *Justicia procumbens*; I, *Robinia pseudo-acacia*; J, *Miscanthus sinensis*; K, *Lespedeza bicolor*; L, *Setaria viridis*; M, *Cassia tora*; N, *Digitaria sanguinalis*; O, *Amaranthus tricolor*; P, *Triumfetta japonica*; Q, *Oenothera odorata*; R, *Bidens bipinnata*; S, *Phyllanthus ussuriensis*; T, *Melandryum firmum*; U, *Amorpha fruticosa*; V, *Youngia sonchifolia*.

훨씬 낮았었다(Einhellig and Rasmussen, 1978)는 보고와 一致했다.

한편 곰솔 밭의 土壤과 곰솔 숲 밖에 있는 土壤(農土)을 同量씩 灰분에 담고 22種類의 種子發芽와 生長을 調査한 實驗結果는 Fig. 6과 같았다. 이들은 두가지 植物群으로 나누어지는 바, 곰솔 숲 土壤에서보다 곰솔 숲 밖의 土壤에서 發芽率이 낮은 식물, 예컨대 리기다소나무, 쇠무릅, 새, 솔새, 미국자리공, 자귀나무와 곰솔 숲 土壤에서 發芽率이 더 낮은 식물, 예컨대 강아지풀, 바랭이, 비름, 고슴도치풀, 달맞이꽃이 그것이다. 前者는 곰솔 林床植物들이고 後者는 곰솔 숲에서는 잘 자라지 못하는 植物들이다.

실험에 사용된 土壤을 分析한 結果는 Table 6와 같았다.

Table 6. Analysis of the soil used in seed germination and elongation experiment

Soil	pH	O.M. (%)	Ex. Cation (meq/100 g)				B.S. (%)	C.E.C. (meq/100 g)	T-N (%)
			Ca	Mg	K	Na			
Farm	4.8	0.4	0.45	0.67	0.14	0.17	10.4	13.5	0.06
Forest	4.2	1.5	1.01	0.30	0.26	0.17	11.4	14.9	0.18

또 곰솔 잎의 揮發性 物質에 8種類의 植物을 發芽實驗한 結果는 Table 7과 같았다. 강아지풀과 담배풀은 對照區에 비하여 實驗區의 發芽率이 差異를 보였다. 강아지풀은 곰솔 잎 20g, 30g 區에서 전혀 發芽되지 못했고, 질경이는 15g 區로부터 發芽가 안되었다. 그러나 나머지 실험식물의 발아율이 실험구에서 더 높게 나타났다. 이것은 곰솔 잎의 揮發性 物質에 의하여 이 식물들의 種子 發芽가 抑制되지 않았음을 뜻하며, 이와같이 무게를 약간씩 달리한 곰솔 잎으로부터 放散되는 揮發性 物質의 毒性은 微量이어서 發芽에 作用하지 못하는 것으로 推定된다.

Table 7. Germination percentage of different species tested in volatile substances from various amounts of black pine needles.

Species	Control	Black pine needle (g)					
		5	10	15	20	25	30
<i>Lactuca sativa</i>	89.0a	94.0a	84.0a	89.0a	97.5a	94.5a	95.3a
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	86.5a	81.5a	80.5a	78.5a	65.0a	58.8a	56.5a
<i>Diarrhena japonica</i>	75.0a	70.5a	63.0a	66.5a	75.3a	66.0a	73.5a
<i>Oenothera odorata</i>	68.5a	89.0b	94.5b	94.0b	93.5b	78.5ab	24bc
<i>Setaria viridis</i>	56.0a	38.0b	25.0b	29.0b	0	0	0
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i>	92.5a	96.5a	94.0a	46.0a	90.0a	87.5a	84.0a
<i>Plantago asiatica</i>	59.0a	42.0a	35.3a	0	0	0	0
<i>Capesium abrotanoides</i>	88.5a	81.5a	75.5a	59.0b	35.0c	12.5d	7.5d

* means within rows followed by same letters do not differ significantly at the 5% level of probability.

그래서 앞의 실험에서 發芽된 幼植物이 生長할 때 곰솔 잎의 揮發性 物質이 어떻게 影響하는 가를 알아보려고 실험한 結果는 Table 8과 같았다. 상처와 용수염을 제외한 實驗 植物들의 伸長은 모두 對照區에 비하여 實驗區의 값이 낮았다. 다시 말하면 곰솔 잎에서 放散된 揮發性 物質에 의하여 實驗植物들의 發芽는 影響받지 않았으나 幼植物의 生長은

Table 8. Elongation (mm) of different species tested in various concentrations of volatile substances from black pine needles

Species	Control	Black pine needles (g)					
		5	10	15	20	25	30
<i>Lactuca sativa</i>	29.0a*	23.0a	17.9a	16.6a	15.8a	13.7a	11.7a
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	10.8a	7.7b	6.8b	5.6b	5.6b	4.8b	4.9b
<i>Diarrhena japonica</i>	12.3a	8.7a	7.9a	6.4a	6.4a	5.2a	5.3a
<i>Oenothera odorata</i>	9.0a	3.7b	2.9b	2.2b	1.1b	0	0
<i>Setaria viridis</i>	16.3a	8.6b	5.5b	3.1b	0	0	0
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i>	27.4a	13.9b	9.6b	8.1b	6.8b	4.8b	4.3b
<i>Plantago asiatica</i>	13.5a	8.7b	8.4b	0.6c	0	0	0
<i>Capsium abrotanoides</i>	10.8a	6.1b	3.9b	2.0b	1.1b	0	0

* means within rows followed by same letters do not differ significantly at the 5% level of probability.

분명히 抑制되었다.

한편 自作한 K's 裝置를 利用하여 상치의 幼植物 伸長을 實驗한 結果는 Fig. 7과 같았다. 상치의 RER은 곰솔 잎으로부터 放散되는 揮發性 物質에서 멀어짐에 따라 달라졌다. 그러나 이 實驗 結果만으로는 확실치 않고 다만 곰솔 앞에서 20 cm, 40 cm까지는 상치의 RER에 影響하는 것으로 볼 수 있다.

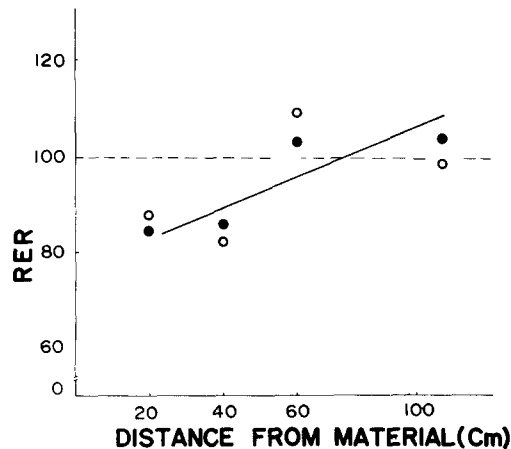


Fig. 7. RER of shoot (o) and radicle (•) of lettuce grown in K's experimental apparatus.

곰솔 잎의 化學物質 分析

곰솔 잎을 PC와 HPLC를 利用하여 分析한 結果는 Table 9와 Fig. 8과 같았다. 즉 PC에 의하여 곰솔 잎으로부터 分離 確認된 化學物質은 大部分이 phenolic acid이었다. 이들은 소나무에서 確認된 物質(Kil and Yim, 1983)과 比較할 때 gallic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, syringic acid가 소나무와 곰솔 양쪽에 共通으로 含有되어 있었다. Phenolic compounds에 관한 연구는 여러가지 植物로부터 확인되었고 또 이들이 알레로패티에 關係하는 것으로 報告되었다. 예컨대, *Eucalyptus microtheca*의 잎

Table 9. Rf value of chemical substance isolated from black pine needles by PC

No.	Chemical substance	Standard		Black pine	
		BAW	AA	BAW	AA
1	Gallic acid	0.62	0.54	0.62	0.52
2	Chlorogenic acid	0.65	0.68	0.64	0.68
3	Syringic acid	0.80	0.50	0.80	0.50
4	Gentisic acid	0.80	0.72	0.80	0.72
5	<i>p</i> -coumaric acid	0.82	0.35	0.82	0.32
6	Cinnamic acid	0.85	0.35	0.85	0.37
7	Ferulic acid	0.85	0.52	0.86	0.52
8	<i>p</i> -hydroxybenzoic acid	0.87	0.66	0.87	0.68
9	Benzoic acid	0.88	0.54	0.88	0.54
10	Vanillic acid	0.88	0.59	0.88	0.59
11	Catechol	0.90	0.64	0.90	0.60
12	5-sulfosalicylic acid	0.90	0.68	0.91	0.67
13	Salicylic acid	0.92	0.69	0.92	0.64

抽出液에서 (Al-Naib and Al-Mousawi, 1976), 亞熱帶産 12種類의 草本에서 (Chou and Young, 1975), 벗집 水溶抽出液에서 (Chou *et al.*, 1981), mouse-ear의 잎에서 (Makepeace *et al.*, 1985) 그리고 ragweed 잎의 水溶抽出液에서 (Rasmussen and Einhellig, 1979a) 종류는 다르지만 phenolic compounds를 化學的으로 分離 確認했다. 따라서 本研究의 結果 確認된 13種類의 化學物質은 이들 先行研究의 것과 同類이어서 이들이 곰솔의 알레로패티效果에 關係하고 있을 것으로 推定된다.

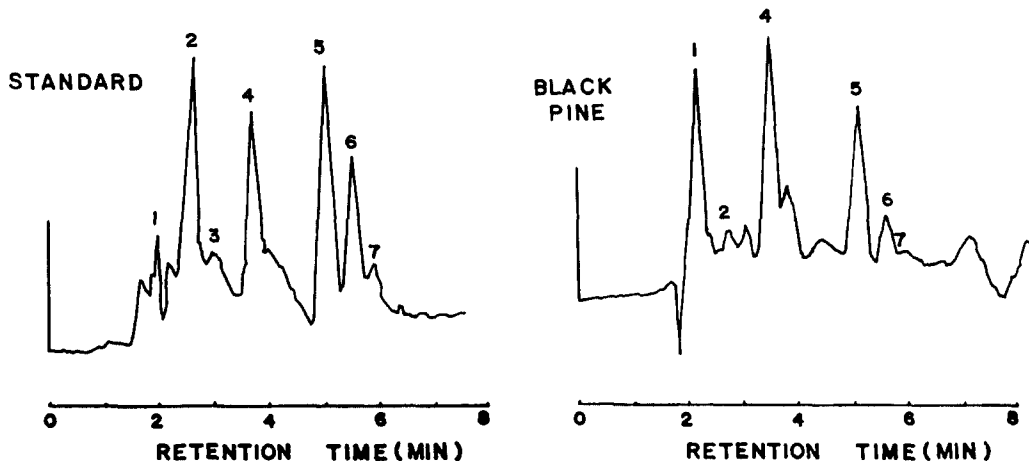


Fig. 8. Chromatograms of chemical substances from black pine needles by HPLC. Key: 1, sulfosalicylic acid; 2, gallic acid; 3, gentisic acid; 4, hydroquinone; 5, *p*-hydroxybenzoic acid; 6, vanillic acid; 7, syringic acid.

生物學的 定量

곰솔 잎에서 確認된 化學物質 中 8種類와 protocatechuic acid를 購入하여 濃度別 溶液

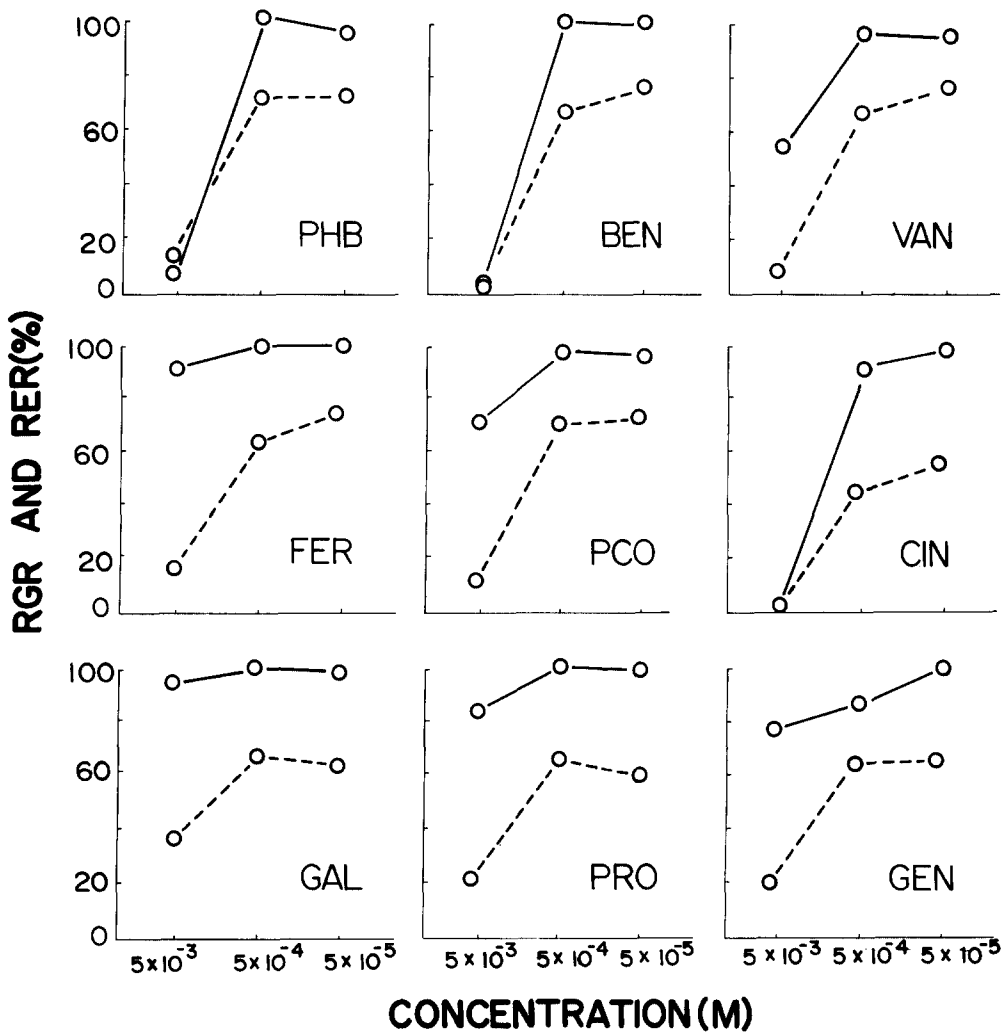


Fig. 9. RGR (o—o) and RER (o--o) of lettuce tested in different concentration of chemicals. Keys to chemicals, PHB, *p*-hydroxybenzoic acid; BEN, benzoic acid; VAN, vanillic acid; FER, ferullic acid; PCO, *p*-coumaric acid; CIN, cinnamic acid, GAL, gallic acid; PRO, protocatechuic acid; GEN, gentisic acid.

으로 상치의 發芽와 伸長實驗을 實施한 結果는 Fig. 9와 같았다. Benzoic acid와 cinnamic acid의 5×10^{-3} M에서는 전혀 發芽가 되지 않았으나 5×10^{-4} M과 5×10^{-5} M에서는 비교적 發芽率이 높았다. 나머지 實驗區에서도 5×10^{-3} M에서는 發芽가 심하게 억제 또는 低調한 結果를 보였으며 이보다 낮은 濃度에서는 거의 모두 발아되었다. 幼植物의 伸長은 5×10^{-3} M에서 發芽實驗 結果보다 더 심한 抑制現象이 나타났다. 또 5×10^{-4} M과 5×10^{-5} M에서는 비교적 높은 값을 보였지만 이것도 cinnamic acid와 gentisic acid의 경우는 60~70%의 RER에 그쳤다.

그리고 위의 약품농도에서 상치의 RFR과 RWR을 조사한 실험결과가 Fig. 10과 같았다. RGR이나 RER에서 처럼 여기에서도 5×10^{-3} M에서는 정도의 차이는 있었지만 크게 抑制되었고, 이것은 5×10^{-4} M 및 5×10^{-5} M의 실험치와 比較가 되므로 5×10^{-3} M은 본

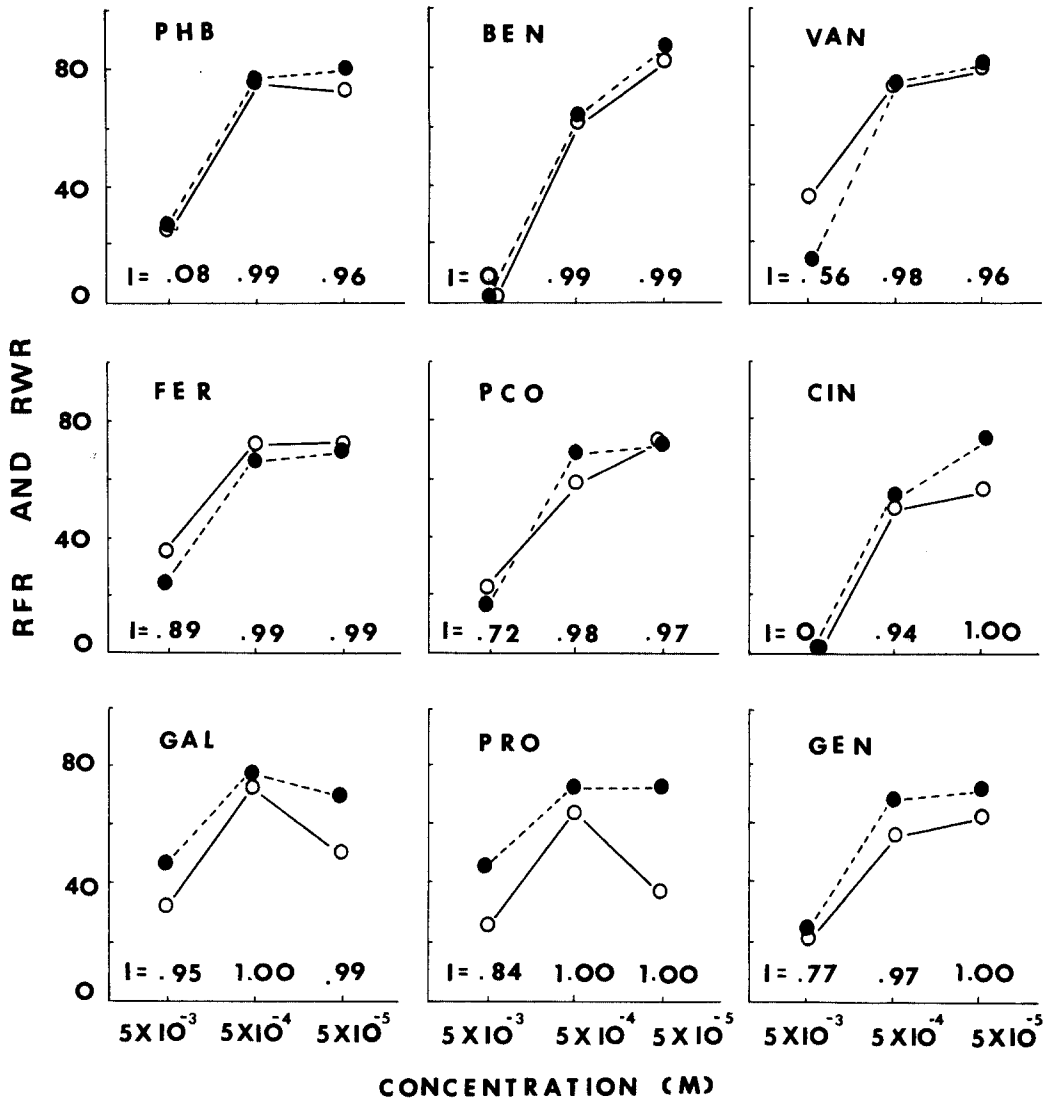


Fig. 10. RFR (●-●) and RWR (o-o) of lettuce tested in different concentration of chemicals. Keys to chemicals as in Fig. 9.

實驗에서 閾値濃度에 相當한 것으로 본다. Juglone $10^{-3}M$ 에서 16種 植物이 심하게 마르고 결국 죽고 말았다(Rietveld, 1983). Ferulic acid는 실험결과 0.2 mM이 閾値濃度였다 (Einhellig and Eckrich, 1984).

要 約

곰솔 잎의 水溶抽出時間과 상처의 發芽 및 幼植物 伸長과는 거의 反比例的이었다. pH 3이하로 조절한 抽出液에서는 發芽와 生長이 심하게 抑制되었다.

곰솔 잎의 洗脫液과 곰솔의 빗물에서 實驗한 發芽와 生長은 對照區에 비하여 實驗區의

값이低調했다.

곰솔 林床의 土壤으로 花盆栽培한 發芽와 生長實驗結果는 實驗區에서 抑制받는 種과 그렇지 않은 種이 있었다.

곰솔 잎의 揮發性 物質을 써서 實施한 發芽 및 伸長率은 對照區와 實驗區의 값이 비슷한 種, 實驗區의 값이 낮은 種이 있었으며, 揮發性 物質의 濃도가 높을수록 抑制되었다. 따라서 곰솔에는 다른 植物의 生長抑制物質이 들어 있음을 確認했고, 그것을 찾기 위하여 化學的인 方法으로 14種類의 化學物質을 分離해 냈으며, 이들은 대부분이 phenolic compounds임을 確認했다. 이와 관계깊은 9種 化學藥品을 濃도를 달리하여 生物學的 定량을 實施한 結果 植物의 發芽와 生長에 抑制作用을 하는 閾值濃도는 $5 \times 10^{-3}M$ 임을 밝혀냈다.

引用文獻

- Agnihotri, V.P. and O. Vaartaja. 1968. Seed exudates from *Pinus resinosa* and their effects on growth and zoospore germination of *Pythium afertile*. Can. J. Bot. 46:1135-1141.
- Al-Naib, F.A. and A.H. Al-Mousawi. 1976. Allelopathic effects of *Eucalyptus microtheca*: Identification and characterization of the phenolic compounds in *Eucalyptus microtheca*. J. Univ. Kuwait (Sci) 3:83-88.
- Asharf, N. and D.N. Sen. 1978. Allelopathic potential of *Celosia argentea* in arid land crop fields. Oecol. Plant. 13:331-338.
- Bang, G.S. and B.S. Kil. 1986. Allelopathic potential of *Cedrus deodara* (LOXB) Loudon. J. Natu. Sci. Wonkwang Univ. 5:28-34.
- Baskin, J.M. C.J. Ludlow, T.M. Harris and F.T. Wilf. 1967. Psoralen, an inhibitor in the seeds of *Psoralea subaculis* (Leguminosae). Phytochemistry 6:1209-1213.
- Brown, R.T. 1967. Influence of naturally occurring compounds on germination and growth of jack pine. Ecology 48:542-546.
- Carballeira, A. 1980. Phenolic inhibitors in *Erica australis* L. and the associated soil. J. Chem. Ecol. 6:593-596.
- Chou, C.H. and C.C. Young. 1974. Effects of osmotic concentration and pH on plant growth. Taiwania 19:157-165.
- Chou, C.H. and C.C. Young. 1975. Phytotoxic substances in twelve subtropical grasses. J. Chem. Ecol. 1:183-193.
- Chou, C.H. and Z.A. Patrick. 1976. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soil. J. Chem. Ecol. 2:369-387.
- Chou, C.H., Y.C. Chiang and H.H. Cheng. 1981. Autointoxication mechanisms of *Oryza sativa*. III. Effect of temperature on phytotoxin during rice straw decomposition in soil. J. Chem. Ecol. 7:741-752.
- Datta, S.C. and S.P. Sinha-Roy. 1974. Allelopathy and inhibitors. Sci. and Cult. 40:47-59.
- Einhellig, F.A. and J.A. Rasmussen. 1978. Synergistic inhibitory effects of vanillic and *p*-hydroxybenzoic acids on radish and grain sorghum. J. Chem. Ecol. 4:425-436.
- Einhellig, F.A. and P.C. Eckrich. 1984. Interactions of temperature and ferulic acid stress on grain sorghum and soybeans. J. Chem. Ecol. 10:161-170.
- Heisey, R.M. and C.C. Delwiche. 1983. A survey of California plants for water-extractable and volatile inhibitors. Bot. Gaze. 144:382-390.
- Jameson, D.A. 1961. Growth inhibitors in native plants of northern Arizona. Res. Note 61. Rocky Mt. For. Range Exp. Stn., USDA.
- Khan, M.I. 1982. Allelopathic potential of dry fruits of *Washingtonia filifera* (L. Linden). H. Wendl. II. Inhibition of seedling growth. Biologia Plantarum 24:275-281.

- Kil, B.S. 1983. Allelopathic effects of *Pinus thunbergii* on germination and growth of various plants. Thesis Collection of Wonkwang Univ. 17:73-89.
- Kil, B.S. 1988. Allelopathic effect of *Pinus rigida* Mill. Korean J. Ecol. 11:65-76.
- Kil, B.S. and Y.J. Yim. 1983. Allelopathic effects of *Pinus densiflora* on undergrowth of red pine forest. J. Chem. Ecol. 9:1135-1151.
- Kim, G.S. and B.S. Kil. 1984. Allelopathic effects of aqueous black pine extracts on the selected species. J. Natu. Sci. Wonkwang Univ. 3:38-45.
- Kim, Y.S. and B.S. Kil. 1987. A bioassay on susceptibility of selected species to phytotoxic substances from tomato plants. Korean J. Bot. 30:59-67.
- Klein, R.R. and D.A. Miller. 1980. Allelopathy and its role in agriculture commun. Soil Sci. Plant Anal. 11:43-56.
- Koeppe, D.E., L.M. Southwick and J.E. Bittell. 1976. The relationship of tissue chlorogenic acid concentrations and leaching phenolics from sunflowers grown under varying phosphate nutrient conditions. Can. J. Bot. 54:593-599.
- Lee, I.K. and M. Monsi. 1963. Ecological studies on *Pinus densiflora* forest. I. Effects of plant substances on the floristic composition of the undergrowth. Bot. Mag. 76:400-413.
- Lill, R.E. and J.S. Waid. 1975. Volatile phytotoxic substances formed by litter of *Pinus radiata*. New Zealand For. Sci. 5:165-170.
- Lodhi, M.A.K. and E.L. Rice. 1971. Allelopathic effects of *Celtis laevigata*. Bull. Torrey Bot. Club 98:83-89.
- Makepeace, W., A.T. Dobson and D. Scott. 1985. Interference phenomena due to mouse-ear and king devil hawkweed. New Zealand J. Bot. 23:79-90.
- Newman, E.I. and A.D. Rovira. 1975. Allelopathy among some British grassland species. J. Ecol. 63:727-737.
- Pickett, S.T. II. and J.M. Baskin. 1973. Allelopathy and its role in the ecology of higher plants. Biologist 55:49-73.
- Putnam, A.R. and W.B. Duke. 1978. Allelopathy in agroecosystems. Ann. Rev. Phytopathol. 16:431-451.
- Rasmussen, J.A. and F.A. Einhellig. 1979. Allelochemic effects of leaf extracts of *Ambrosia trifida* (Compositae). Southwest Nat. 24:637-644.
- Rho, B.J. and B.S. Kil. 1986. Influence of phytotoxin from *Pinus rigida* on the selected plants. J. Natu. Sci. Wonkwang Univ. 5:19-27.
- Rice, E.L. and S.K. Pancholy. 1974. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. III. Inhibitors other than tannins. Amer. J. Bot. 61:1095-1103.
- Rietveld, W.J. 1983. Allelopathic effects of Juglone on germination and growth of several herbaceous and woody species. J. Chem. Ecol. 9:295-308.
- Shettel, N.L. and N.E. Balke. 1983. Plant growth response to several allelopathic chemicals. Weed Sci. 31:293-298.
- Shindo, H. and S. Kuwatsuka. 1978. Behavior of phenolic substances in the decaying process of plants: VIII. Changes in the quality and quantity of phenolic substances in the decaying process of rice straw, ladino clover and red oak leaves. Soil Sci. Plant Nat. 24:221-232.
- Stowe, L.G. 1979. Allelopathy and its influence on the distribution of plants in an Illinois old-field. J. Ecol. 67:1065-1085.
- Tukey, H.B. Jr. 1969. Implications of allelopathy in agricultural plant science. Bot. Rev. 35:1-16.

(1989年 3月 10日 接受)