

## 측백나무에 들어 있는 생장억제물질의 작용

길 봉 섭

원광대학교 과학교육과

### Effect of Growth Inhibitor Produced by *Thuja orientalis*

Kil, Bong-Seop

Department of Science Education, Wonkwang University, Iri, Korea

#### ABSTRACT

To elucidate phytotoxic effects on the growth of receptor plant, germination and growth experiment of selected species have been performed with aqueous extracts and volatile substances of leaf and stem of donor plant, *Thuja orientalis*.

The extracts of *T. orientalis* caused suppression effect of germination and seedling growth of receptor plants. In particular, dry weight growth was severely decreased by the extracts of leaf and stem of *T. orientalis*. Germination and seedling growth of receptor plants were inversely proportional to the concentration.

Gas chromatography method was employed for analysis and indentification of phytotoxic substances from *T. orientalis*. Forty-two kinds of chemicals including  $\alpha$ -thujone were identified from *T. orientalis* essential oil.

Bioassay was performed with 6 chemicals such as  $\alpha$ -pinene,  $\alpha$ -terpinene,  $\gamma$ -terpinene,  $\beta$ -myrcene, and among them bornyl acetate was the strongest growth inhibitor.

**Key words:** *Thuja orientalis*, Aqueous extracts, Volatile substances, Bioassay, Bornylacetate, Growth inhibitor

#### 緒 論

측백나무 잎과 가지에서는 독특한 냄새가 난다. 여러 종류의 휘발성 물질중에는 식물의 생장억제작용을 한다는 연구보고가 많으나(Muller 1965, Heisey and Delwiche 1983, Vokou and Margais 1986), 이에 관한 연구는 국내에서는 전무한 실정이다. 측백나무 생 잎을 태우면 연기가 많이 나고 눈에 연기가 들어가면 고통스럽고 맵다. 열매와 씨는 한약 재료로 쓰인다. 이렇게 볼 때 측백나무류의 잎이나 줄기 또는 뿌리에는 독성 화학 물질이 들어 있을 것으로 짐작이 된다. 그런데도 측백나무의 수용액, 휘발성 물질에 의한 다른 식물의 영향은 조사된 바가 전혀 없다.

이 논문은 1990년도 한국학술진흥재단의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

그래서 본 연구에서는 측백나무에 함유되어 있는 독성물질이 다른 식물의 생장에 미치는 영향을 조사하고 이에 관련되는 화학물질을 분리 확인하여, 측백나무와 다른 식물사이의 상호작용을 밝히는데 기여할 기초자료를 제공하려고 한다.

## 調査方法

### 實驗植物

측백나무에 함유되어 있는 천연화학물질에 의한 타식물의 영향을 연구하려는 것이므로 측백나무(*Thuja orientalis*)를 공여체식물(donor species)로 하고, 여기에 대하여 수용체 식물(acceptor species)은 다음과 같이 선정하였다. 즉, 쇠무릅(*Achyranthes japonica*), 달맞이꽃(*Oenothera odorata*), 질경이(*Plantago asiatica*), 산국(*Chrysanthemum boreale*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 상치(*Lactuca sativa*) 등 6종류였다.

이 중에서 달맞이꽃, 산국, 쑥은 측백나무 임상에 나는 식물(林內種)이어서 선택하여 실험에 사용하였고, 나머지 3종은 거기에 대조적인 면(林外種)에서 임의적으로 선택하였다.

### 측백나무 化學物質 準備와 實驗方法

水溶抽出液에 의한 受容體 植物의 種子發芽와 生長實驗方法은 Kil과 Yim(1983) 및 吉 等(1991)에 따랐다. 다만 抽出原液을 100%로 하여, 70, 50, 30, 10%로 희석하여 실험에 사용하였고 대조구는 물을 사용하였다. 抽出液은 삼투압에 의한 영향을 고려하여 조정하였다.

측백나무 잎의 揮發性物質의 準備와 實驗, 化學物質 分析 그리고 生物學的 定量(bioassay)은 吉 等(1991)의 방법으로 실시하였다.

다만 생물학적 정량에 사용된 화학약품은  $\alpha$ -humulene,  $\gamma$ -terpinene,  $\alpha$ -pinene, (-)-trans-caryophyllene, bornyl acetate,  $\beta$ -myrcene 등 6종이었다. 이들은 측백나무 잎에 함유된 물질과 같거나 유사한 것으로 임의로 선택하였다.

## 結果 및 考察

### 측백나무 水溶抽出液에서의 發芽와 生長

측백나무 잎을 수용추출한 후 농도를 달리하여 petri dish에서 질경이 등 6종식물의 종자발아를 실험한 결과는 Table 1과 같다.

임의종인 쇠무릅과 임내종인 쑥, 달맞이꽃은 대조구의 값이 실험구(10%구) 값보다 낮은 결과를 나타내고 추출액의 농도에 따른 발아율도 고르지 못했다. 그러나 질경이와 상치의 경우는 실험구의 값이 모두 대조구에 비하여 크게 저조했고 추출액의 농도가 높아짐에 따라서 발아율이 억제되었다. 이것은 수용추출 시간이 24, 48, 72, 96시간으로 갈수록 상치 등의 발아를 더욱 억제했다는 보고(Khan 1982)와 일치한다.

측백나무 줄기의 수용추출액을 사용하여 실험한 6종식물의 발아결과는 Table 2와 같다.

실험에 사용된 受容體植物중 林內種인 쑥과 산국은 실험구값이 대조구보다는 낮지만 추출액의 각 농도에 관계없이 발아율이 비교적 높았다. 그러나 달맞이꽃의 경우는 농도가 높아짐에 따라서 크게 억제된 것으로 나타났다. 林外種의 결과는 林內種의 경우에 비하여 더 억제적이었다. 즉 10%구에서의 상대발아율(RGR)은 林外種인 쇠무릅, 상치, 질경이가 각각 71.6%, 78.1%,

**Table 1.** Effect of aqueous extracts of *Thuja orientalis* leaf on seed germination of selected species sown in petri dish

Species	Control	Extract concentration(%)				
		10	30	50	70	100
<i>Achyranthes japonica</i>	36.3 <sup>b</sup>	44.5 <sup>a</sup>	38.3 <sup>ab</sup>	27.3 <sup>c</sup>	10.8 <sup>d</sup>	4.8 <sup>d</sup>
<i>Lactuca sativa</i>	29.3 <sup>a</sup>	21.8 <sup>b</sup>	20.3 <sup>b</sup>	20.5 <sup>b</sup>	18.0 <sup>b</sup>	15.3 <sup>b</sup>
<i>Plantago asiatica</i>	43.8 <sup>a</sup>	39.0 <sup>ab</sup>	38.8 <sup>ab</sup>	28.8 <sup>b</sup>	36.8 <sup>ab</sup>	28.5 <sup>b</sup>
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	34.3 <sup>b</sup>	35.3 <sup>a</sup>	28.0 <sup>a</sup>	25.3 <sup>b</sup>	21.3 <sup>b</sup>	25.5 <sup>b</sup>
<i>Chrysanthemum boreale</i>	48.3 <sup>a</sup>	37.8 <sup>bcd</sup>	37.5 <sup>ab</sup>	39.5 <sup>ab</sup>	27.5 <sup>d</sup>	29.0 <sup>cd</sup>
<i>Oenothera odorata</i>	43.5 <sup>a</sup>	46.3 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>	44.8 <sup>a</sup>	47.3 <sup>a</sup>

\* Within each treatment, means followed by the same letter are not different at 5% level, by Duncan's multiple-range test.

**Table 2.** Effect of aqueous extracts of *Thuja orientalis* stem on seed germination of selected species sown in petri dish

Species	Control	Extract concentration(%)				
		10	30	50	70	100
<i>Achyranthes japonica</i>	36.3 <sup>b</sup>	26.0 <sup>a</sup>	23.8 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>c</sup>	7.0 <sup>c</sup>	7.5 <sup>c</sup>
<i>Lactuca sativa</i>	24.3 <sup>a</sup>	19.0 <sup>ab</sup>	19.0 <sup>ab</sup>	17.8 <sup>ab</sup>	16.0 <sup>ab</sup>	11.3 <sup>b</sup>
<i>Plantago asiatica</i>	47.5 <sup>a</sup>	41.8 <sup>ab</sup>	37.8 <sup>ab</sup>	36.8 <sup>ab</sup>	40.8 <sup>ab</sup>	39.0 <sup>b</sup>
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	32.5 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	28.5 <sup>a</sup>	27.0 <sup>a</sup>	24.3 <sup>a</sup>	35.0 <sup>a</sup>
<i>Chrysanthemum boreale</i>	48.3 <sup>a</sup>	44.0 <sup>ab</sup>	38.3 <sup>b</sup>	41.5 <sup>ab</sup>	39.0 <sup>b</sup>	44.5 <sup>ab</sup>
<i>Oenothera odorata</i>	46.3 <sup>a</sup>	38.0 <sup>ab</sup>	29.0 <sup>b</sup>	14.5 <sup>c</sup>	8.5 <sup>c</sup>	4.8 <sup>c</sup>

\* Within each treatment, means followed by the same letter are not different at 5% level, by Duncan's multiple-range test.

88%인데 비하여 林内種인 쑥, 산국, 달맞이꽃은 각각 84.6%, 91.1%, 82.1%순이었다.

한편 plastic pot에 쇠무릅등 4종 식물을 파종한 후 측백나무 잎 수용추출액으로 처리한 유식물의 신장 실험결과는 Fig. 1과 같다.

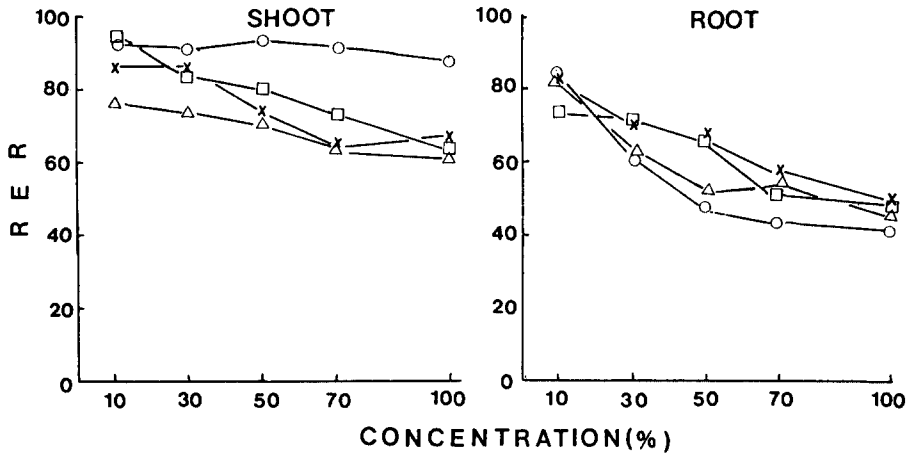
유식물의 지상부와 지하부의 신장생장을 비교해 보면 지하부쪽이 지상부보다 저조한 것을 알 수 있다. 지하부의 결과는 추출액 10%구로 부터 고농도구로 갈수록 점점 신장생장이 억제되었다.

그러나 지상부의 신장생장 경향은 지하부와 비슷하였으나 억제되는 정도는 덜했다. 종별로 살펴보면 쇠무릅은 지상부의 생장이 비교적 양호하였으나 지하부는 심하게 억제되었고 나머지 3종은 쇠무릅보다는 지상부나 지하부의 신장이 모두 떨어지는 결과를 보이고 있다.

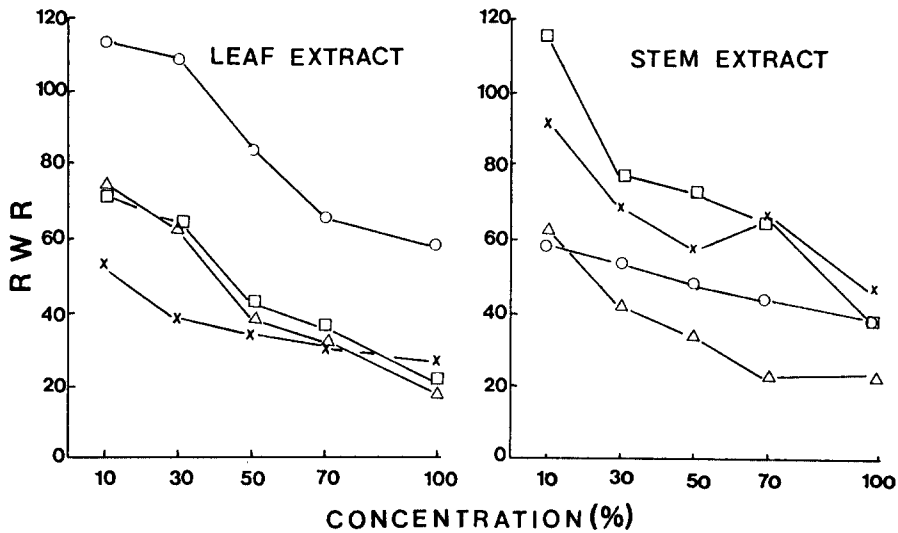
또 측백나무 잎과 줄기 추출액으로 plastic pot에서 재배한 4종 식물의 유식물의 건조량은 Fig. 2와 같다.

건조량은 발아나 신장생장실험의 값보다 더 분명하게 억제되었다.

이러한 결과는 Einhellig and Rasmussen(1978)이 무우와 수수를 phenolic acid수용액에 처리하여 실험했을 때 특히 건조량은 발아 실험보다 훨씬 뚜렷한 차이가 나타났다는 사실과 일치한다.



**Fig. 1.** Relative elongation rate(RER) of receptor plants sown in plastic pot at different concentrations of *Thuja orientalis* leaf extract.  
 ○-○. *Achyranthes japonica*, □-□. *Oenothera odorata*.  
 ×-×. *Lactuca sativa*, △-△. *Artemisia princeps var. orientalis*.



**Fig. 2.** Relative dry weight rate(RWR) of receptor plants sown in plastic pot at different concentrations of *Thuja orientalis* leaf and stem extract. Keys to legends as in Fig. 1

추출액 10%와 30%구의 경우는 대조구값에 대한 상대치가 오히려 더 높았으나 그 밖의 모든 실험구에서는 상대건중량이 저조했다.

특히 잎 추출액 50%, 70%, 100%구에서는 RWR이 50 이하를 기록하고 있을 만큼 심하게 억제되었다. 줄기 추출액에서는 잎 추출액에서보다 높게 나타났지만 50% 이상의 추출액구에서는

역시 RWR값이 낮게 나타났다.

### 측백나무揮發性物質에서의發芽와生長

측백나무의 잎에서 방산되는揮發性物質이受容體식물의種子發芽에 미치는 영향을 실험해 본 결과는 Table 3과 같다.

**Table 3.** Seed germination of experimental species tested with different concentrations of volatile substances of *Thuja orientalis*

Species	Control	Concentration(g/1,800 ml)					
		5	10	30	50	70	100
<i>Achyranthes japonica</i>	47.0 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>	32.3 <sup>b</sup>	17.3 <sup>cd</sup>	21.5 <sup>bc</sup>	24.5 <sup>bc</sup>	7.0 <sup>a</sup>
<i>Lactuca sativa</i>	48.5 <sup>a</sup>	47.5 <sup>ab</sup>	45.8 <sup>ab</sup>	46.8 <sup>bc</sup>	44.5 <sup>bc</sup>	42.8 <sup>cd</sup>	40.3 <sup>d</sup>
<i>Artemisia princeps</i>							
var. <i>orientalis</i>	14.5 <sup>b</sup>	22.8 <sup>a</sup>	16.8 <sup>ab</sup>	17.5 <sup>ab</sup>	16.3 <sup>ab</sup>	14.0 <sup>b</sup>	14.3 <sup>b</sup>
<i>Oenothera odorata</i>	40.0 <sup>a</sup>	44.8 <sup>a</sup>	42.5 <sup>a</sup>	42.8 <sup>a</sup>	41.0 <sup>a</sup>	44.3 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>

\* Within each treatment, means followed by the same letter are not different at 5% level, by Duncan's multiple-range test.

발아실험의 결과 상치와 달맞이꽃은 대조구에 대한 실험구의 값으로 보아서 발아가 잘 이루어졌다. 추출액에 의하여 이들의 발아는 거의 영향을 받지 않았다. 그러나 쑥과 쇠무릅의 발아율은 대조구 값에 비하여 실험구 값이 낮았고 심하게 발아가 억제되었다.

*Artemisia herba-alba*의 지상부에서 내는 휘발성 물질이 다른 식물의 종자 발아를 강하게 억제한다(Friedman *et al.* 1977)는 선행연구와 본 실험의 결과가 일치하고 있다.

측백나무 잎의 휘발성 물질을 써서 실험한 수용체 식물의 유식물 신장생장 실험 결과는 Table 4와 같다.

유식물의 신장생장은 쇠무릅 5g/1,800ml구에서 만든 대조구와 실험구 값이 거의 같은 정도로 측백나무 휘발성 물질에 의한 영향을 받지 않았으나 그외의 전 실험구는 대조구보다 많이 억제되었다.

이중에서 가장 뚜렷한 수용체 식물은 상치로서 대조구에 대한 실험구 5g/1,800ml구는 52.3

**Table 4.** Seedling elongation(mm) of experimental species tested in petri dish with different concentration of volatile substances of *Thuja orientalis*

Species	Control	Concentration(g/1,800 ml)					
		5	10	30	50	70	100
<i>Achyranthes japonica</i>	37.9 <sup>a</sup>	37.9 <sup>a</sup>	28.8 <sup>b</sup>	26.6 <sup>bc</sup>	21.9 <sup>bc</sup>	31.6 <sup>b</sup>	14.7 <sup>d</sup>
<i>Lactuca sativa</i>	49.7 <sup>a</sup>	26.1 <sup>b</sup>	20.5 <sup>c</sup>	19.2 <sup>cd</sup>	17.9 <sup>de</sup>	16.2 <sup>e</sup>	13.7 <sup>f</sup>
<i>Artemisia princeps</i>							
var. <i>orientalis</i>	14.3 <sup>a</sup>	11.8 <sup>ab</sup>	9.9 <sup>bc</sup>	10.0 <sup>bc</sup>	9.5 <sup>bc</sup>	10.1 <sup>bc</sup>	8.2 <sup>bc</sup>
<i>Oenothera odorata</i>	25.4 <sup>a</sup>	23.0 <sup>b</sup>	20.99 <sup>bc</sup>	21.9 <sup>b</sup>	21.8 <sup>bc</sup>	21.3 <sup>bc</sup>	19.8 <sup>c</sup>

\* Within each treatment, means followed by the same letter are not different at 5% level, by Duncan's multiple-range test.

%, 10g구는 38.6%, 20g구는 35.9%, 25g구는 32.6%, 30g구는 27.6%로 휘발성물질의 농도가 높을수록 신장생장이 억제되었다.

이와 같이 휘발성 물질에 의한 다른 식물의 유식물 신장생장이 억제 된다는 연구결과는 *Artemisia californica*(Muller *et al.* 1964)의 경우와 거의 동일하였다.

이외에도 식물이 방산하는 휘발성 물질 중 박하의 강한 향기때문에 그 가까이 살지 못하는 식물이 있고 또 식물의 향기나 고약한 냄새는 다른 식물의 성장을 촉진시키거나 쇠약하게 하며 그리고 식물에 함유되어 있는 정유가 무우 종자 발아와 유근신장을 억제한다(Asplund 1969)는 보고들은 본 실험의 결과를 뒷받침해 주고 있다.

### 측백나무잎의 揮發性物質 分析

측백나무 잎에서 방산되는 휘발성 물질을 화학적으로 분석한 결과는 Fig. 3과 같다.

측백나무 잎으로부터 GC를 사용하여 분석 확인한 물질은 42종류로서 최초로 확인보고한다. GC/MS로 잣나무 잎에서 분석한 물질과(吉 等 1991) 동일한 것은  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\rho$ -cymene,  $\beta$ -caryophellene등 4종류였다.

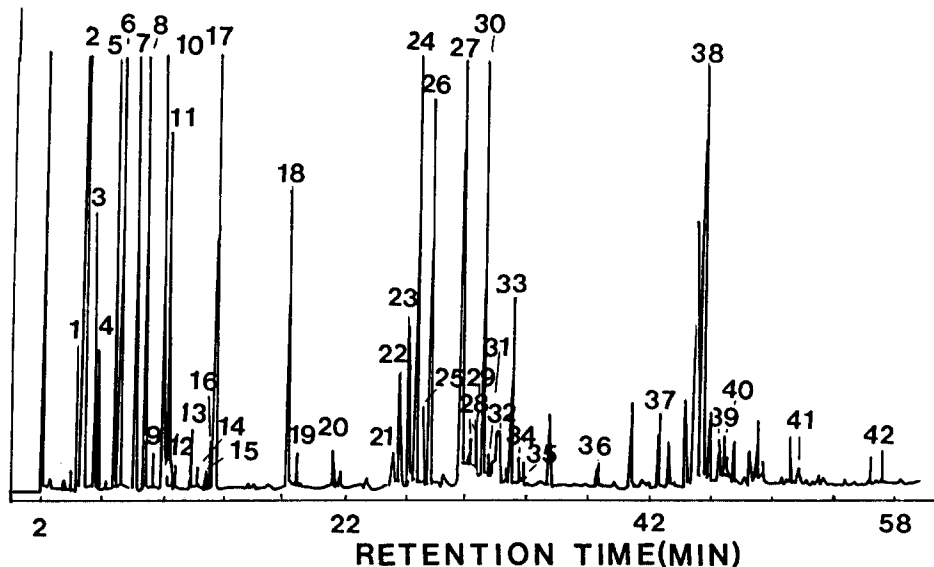


Fig. 3. Gas chromatogram obtained by using a sample of the essential oil of *Thuja orientalis* leaf.

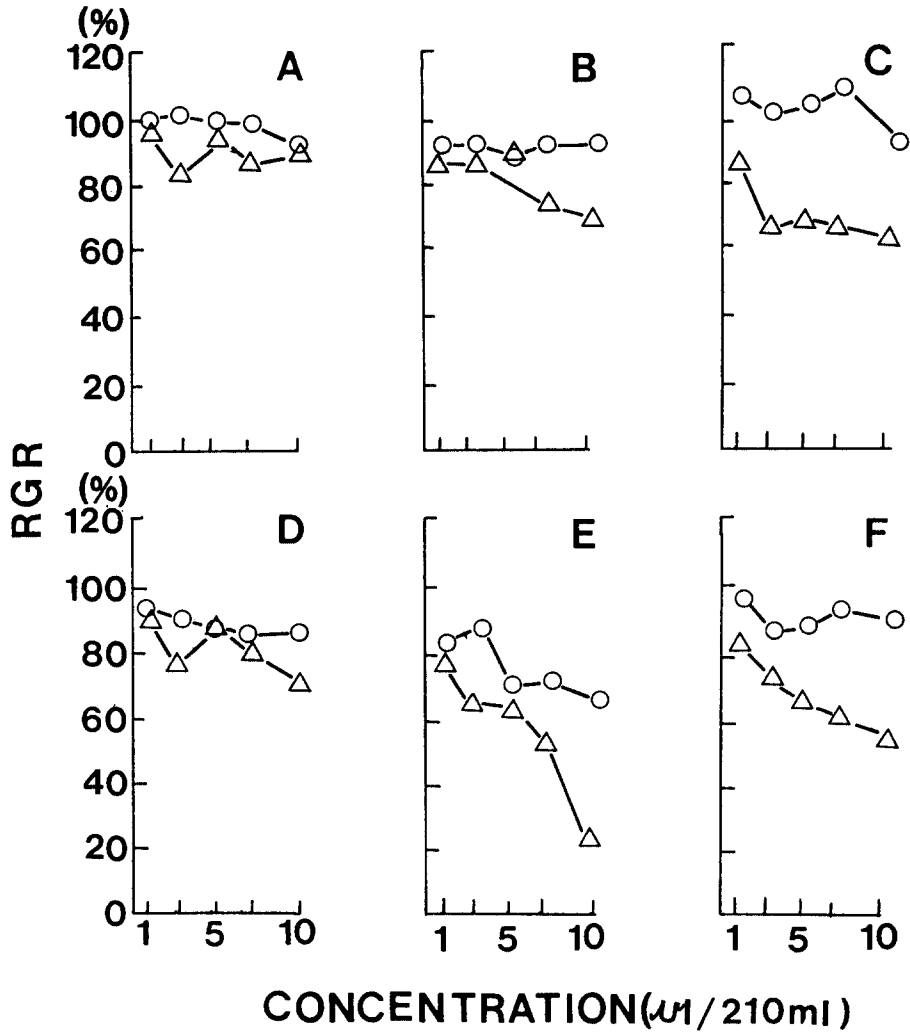
Key to numbers: 1= $\alpha$ -thujone, 2= $\alpha$ -pinene, 3=cis-pinene, 4=camphene, 5= $\beta$ -pinene, 6=sabinene, 7= $\alpha$ -3-darene, 8=myrcene, 9= $\alpha$ -phellandrene, 10=limonene, 11= $\beta$ -phellandrene, 12=trans-2-hexenal, 13= $\gamma$ -Terpinene, 14=trans- $\beta$ -ocimene, 15=p-cymene, 16=n-octanal, 17=terpinolene, 18=cis-3-hexen-1-ol, 19=trans-2-hexen-1-ol, 20=linalooloxide, 21=cis- $\alpha$ -Bergamete, 22=linalool, 23=bonyl acetate+ $\beta$ -terpineol, 24= $\beta$ -caryophellene, 25=4-terpineol, 26= $\alpha$ -guaiene, 27= $\alpha$ -humulene, 28=nerylacetate, 29=terpinyacetate, 30=terpineol+borneol, 31= $\alpha$ -murolene, 32= $\gamma$ -bisabolene, 33=isolongifolene, 34=2-hydroxy-methyl-bluzoate, 35=cisonellol+ $\beta$ -sesquiphellandrene, 36= $\beta$ -phenylethylalcohol, 37=0-mer-thoxyacetophenone, 38=Cedrol, 39=T-dadinol, 40= $\alpha$ -cadinol, 41=farnesol, 42=dodecanoic acid.

*Thuja occidentalis*의 분석결과(Simard *et al.*, 1988)와 본 실험에서 밝혀진 *T. orientalis*의 화학 물질 42종 중 양쪽에서 공통으로 존재하는 것은  $\alpha$ -pinene, camphene, sabinene, myrcene,  $\gamma$ -terpinene, bornyl acetate,  $\alpha$ -humulene 등 7종이었다.

**生物學的 定量**

측백나무 잎에서 분리확인한 물질과 동일한 6종류의 시약으로 상치와 쇠무릅의 종자발아실험을 실시한 결과는 Fig. 4와 같다.

$\alpha$ -humulene,  $\alpha$ -terpinene,  $\alpha$ -pinene,  $\gamma$ -terpinene의 농도별 상대 발아율은 비교적 높은 값을 나



**Fig. 4.** Relative germination ratio(RGR) of receptor plants tested at different concentrations of chemicals(○-○, *Lactuca sativa*: △-△, *Achyranthes japonica*). Keys to chemicals, A= $\alpha$ -humulene: B= $\alpha$ -terpinene: C= $\alpha$ -pinene: D= $\gamma$ -terpinene: E=bornyl acetate: F= $\beta$ -myrcene.

타내었고  $\beta$ -myrcene 구에서 상처의 발아는 양호하였으나 쇠무릅은 발아율이 비교적 저조하였고 농도에 역비례적으로 나타났다. Bornyl acetate 구에서는 다른 구에 비하여 저조한 편이었고 특히 쇠무릅은  $7 \mu / 210 \text{ ml}$  구에서 부터는 극심한 억제현상을 보이고 있다.

Fig. 4와 동일한 시약으로 동종 식물의 유식물 신장생장 실험 결과는 Fig. 5와 같다.

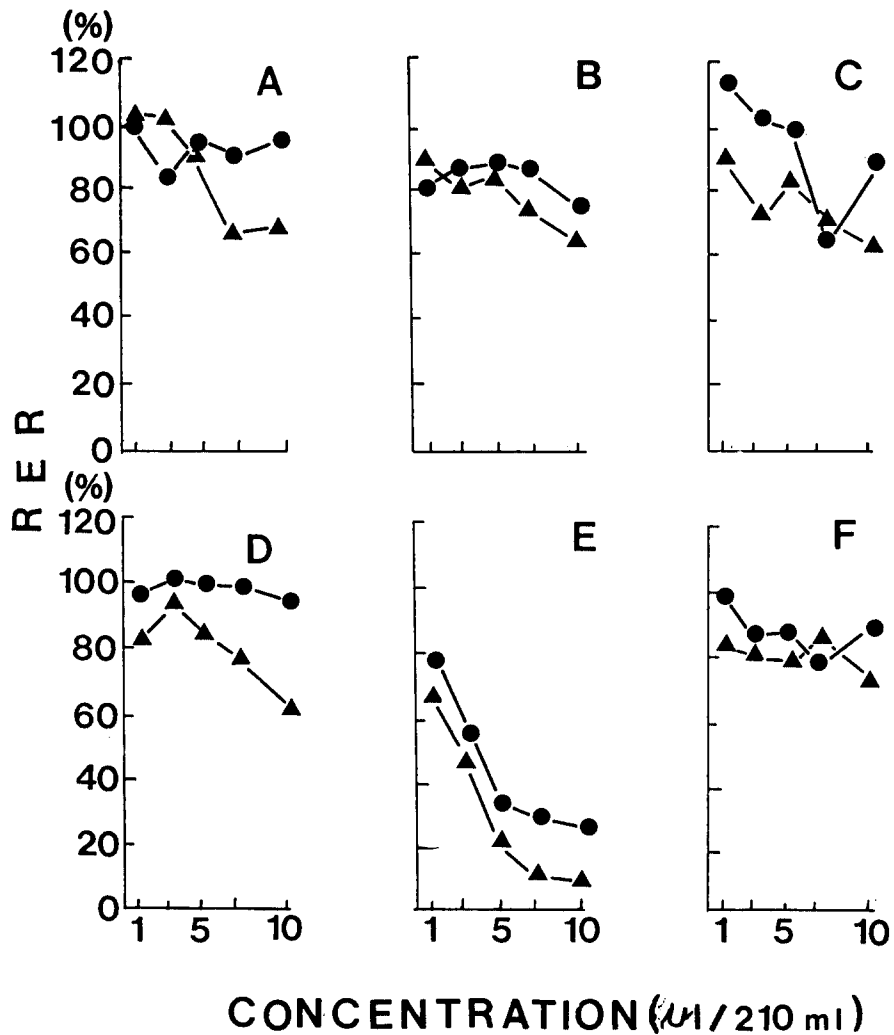


Fig. 5. Relative elongation ratio(RER) of receptor plants tested at different concentrations of chemicals( $\circ$ - $\circ$ , *Lactuca sativa*;  $\triangle$ - $\triangle$ , *Achyranthes japonica*). Keys to chemicals as in Fig. 4.

Fig. 5는 Fig. 4와 같은 경향을 보이고 있으나 bornyl acetate의 용액으로 실험한 구에서는 전술한 발아의 결과에 비하여 더 심한 억제현상이 나타났다.

휘발성 물질이 식물에 미치는 독성정도는 수용체식물의 종류에 따라 다르다(Halligan 1976, Heisey and Delwiche 1983, Oleszek 1987)고 하였다. 본 실험에서 발아와 유식물의 신장생장



결과가 식물 종류별로 서로 차이가 나타난 것과 관계가 있으나 주목할 만한 점은 측백나무 수용성 추출액은 總體의인 毒性物質이 함유되어 있는 액체인데 반하여 생물학적 정량 실험에서는 개개의 성분으로 실시한 실험이었는데도 불구하고 양쪽이 공통적으로 발아와 신장생장을 억제한다는 사실이다.

## 摘 要

측백나무의 잎과 줄기에 함유되어 있는 화학물질이 다른 식물에 미치는 독성작용을 구명하려고 측백나무 잎을 수용추출하여 측백나무 林內種과 林外種 식물의 발아 실험결과 산국, 쑥, 달맞이꽃 등 임내종의 발아율이 임외종보다 높은 경향을 보였다. 수용체 식물의 발아율은 추출액의 농도가 높아짐에 따라서 거의 반비례적으로 나타났다.

Plastic pot에 식물을 재배하면서 측백나무 잎 추출액을 공급하여 신장생장을 조사한 결과 지하부쪽이 지상부보다 훨씬 많이 억제되었고 농도에 따르는 신장생장은 고농도로 갈수록 심하게 억제되었다.

그런데 측백나무 잎과 줄기 추출액으로 plastic pot에서 재배한 4종 식물의 건중량을 조사해보면 발아나 신장 실험의 결과보다 더 분명하게 억제효과가 나타났다.

측백나무 잎에서 방산되는 휘발성 물질에 의한 상처와 달맞이꽃 그리고 쑥의 종자발아 실험 결과는 발아율이 비교적 높게 나타났으나 쑥, 쇠무릅은 대조구에 비하여 실험구의 값이 크게 저조하였다. 또 측백나무 잎의 휘발성 물질에 의한 수용체 식물의 유식물 신장생장은 차이는 있었으나 대부분이 심하게 억제되었다. 특히 상처의 신장생장은 농도가 증가됨에 따라 뚜렷하게 억제비례적인 억제가 이루어졌다.

그래서 측백나무 잎을 GC로 분석하여  $\alpha$ -thujone 등 42종의 화학물질을 처음으로 분리확인했고 이 중에서 동일하거나 유사한 관계 성분 6종을 선택하여 생물학적 정량 실험을 실시하였다. 그 결과 bornyl acetate 구에서 가장 발아율이 저조하였고, 아울러 유식물의 신장생장 실험은 발아 실험보다 더 심하게 억제되었다.

그래서 측백나무에 함유된 화학 물질들은 다른 식물의 생장 억제 물질로 작용한다는 사실을 입증하게 되었다.

## 引用文獻

- 吉奉燮·金斗永·金永植·李承燁. 1991. 잣나무의 天然化學物質이 다른 식물에 미치는 毒性作用. 韓國生態學會誌 14(2):149-157.
- Asplund, R.O. 1969. The phytotoxicity of essential oils of different species of sagebrush. Wyo. Range Manage. 270:40-44.
- Einhelling, F.A. and J.A. Rasmussen. 1978. Synergistic inhibitory effects of vanillic and p-hydroxybenzoic acid on raddish and grain sorghum. J. Chem. Ecol. 4:425-436.
- Friedman, J., Orshan and Y. Ziger-cfir. 1977. Suppression of annuals by *Artemisia herb-alba* in the Neger desert of Israel. J. Ecol. 65:413-426.
- Halligan, J.P. 1976. Toxicity of *Artemisia californica* to four associated herb species. Amer. Midl. Nat. 95:406-421.

- Heisey, R.M. and C.C. Delwiche. 1983. A survey of California plants for water extractable and volatile inhibitors. *Bot. Gaz.* 144(3):382-390.
- Khan, M.I. 1982. Allelopathic potential of dry fruits of *Washingtonia filifera* (L.) H. Wendl. II. Inhibition of seedling growth. *Biologia Plant.* 24(4):275-281.
- Kil, B.S. and Y.J. Yim. 1983. Allelopathic effects of *Pinus densiflora* on undergrowth of red pine forest. *J. Chem. Ecol.* 9(8):1135-1151.
- Muller, C.H., W.H. Muller and B.L. Haines. 1964. Volatile growth inhibitors produced by shrubs. *Science* 143:471-473.
- Muller, W.H. 1965. Volatile materials produced by *Salvia leucophylla*: effects on seedling growth and soil bacteria. *Bot. Gaz. (Chicago)* 126:196-200.
- Oleszek, W. 1987. Allelopathic effects of volatiles from some Cruciferae species on lettuce, barnyard grass and wheat growth. *Plant and Soil* 102:271-274.
- Simard, S., J.M. Hachey and G.J. Collin. 1988. The variations of essential oil composition during the extraction process. The case of *Thuja occidentalis* L. and *Abies balsamea* (L.) Mill. *J. Wood Chem. Techn.* 8(4):561-573.
- Vokou, D. and N.S. Margaris. 1986. Autoallelopathy of *Thymus capitatus*. *Acta. Ecological Ecologia Plantarum* 7(21):157-163.

(1993年 5月 10日 接受)