

리기다소나무의 Allelopathy 效果

吉 奉 燮

(圓光大 師範大 科學教育科)

Allelopathic Effect of *Pinus rigida* Mill

Kil, Bong-Seop

(Dept. of Science Education, Wonkwang Univ. Iri)

ABSTRACT

A number of laboratory and field experiments have performed with aqueous extracts from fresh leaves, fallen leaves and roots of *Pinus rigida* in order to investigate the effect of the pine tree. The results obtained found its inhibitive effect on the germination and growth of tested species. Though relative germination ratio of the species was somewhat lower than the control plot, severe inhibition was observed in relative dry weight ratio. These results were more obvious in aqueous extracts than in the case of leachates and similar results were also confirmed by field bioassays on the forest soil of *P. rigida*. Therefore, to find out the inhibitory substances, 14 different kinds of chemical substances were isolated from the leaves of the tree by chromatography and most of them were confirmed to be phenolic compounds.

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 $5 \times 10^{-3}M$ solution. Phenolic compounds are assumed the substance related to the allelopathic effect of *P. rigida*.

緒 論

Allelochemicals의 特性은 植物이 내는 二次代謝產物로서 浸出, 擴散, 腐敗, 洗脫 또는 分解를 통하여 環境에 放出되며, 이 物質은 水溶性 또는 揮發性이므로(Pickett and Baskin, 1973) 植物體에 맺힌 이슬에 녹아서 흙에 들어가거나(Muller *et al.*, 1974), 植物 枯死 體로부터 揮發하거나(Datta and Sinha-Roy, 1974), 잎에서 洗脫되거나 뿌리에서 浸出되거나(Rietveld, 1975) 落葉의 腐殖質로부터 揮發된다(Tukey, 1969).

이러한 allelochemicals는 phenolic compounds가 主要한 物質인데(Abdul-Wahab and Rice, 1967; Carballeira, 1980; Blum and Dalton, 1985), tannin 類(Logan *et al.*, 1968; Rice and Panchoy, 1973), acetic acid (Lynch *et al.*, 1980), 非蛋白質性 amino acid(Bell, 1980) 등도 포함된다.

소나무林은 흔히 酸性 土壤으로 이루어져 있는데 그 이유는 그 잎이 分解되거나 소나무

이 研究는 1985年 韓國科學財團의 研究費 支援에 의하여 이루어졌음.

에서 나오는 化學物質때문이며, 그래서 이와 관련된 소나무類의 allelopathy에 관한 연구가 이루어지고 있다. 예컨대, *Pinus edulis* (Jameson, 1961), *P. radiata* (Lill and Waid, 1975; Chu-Chou, 1978), *P. banksiana* (Brown, 1967) 그리고 우리나라에서는 *Pinus densiflora* (Lee and Monsi, 1963; Kil and Yim, 1983), *P. thunbergii* (Kil, 1983; Kim and Kil, 1984), *P. rigida* (Rho and Kil, 1986), *Cedrus deodara* (Bang and Kil, 1986) 등에 의한 allelopathy가 연구되었다.

우리나라 山野에 植栽된 리기다소나무(*P. rigida*)는 그 어린 나무가 점점 生長해감에 따라 리기다소나무가 조림지에서 차지하는 生態學的 位置中 植物-植物 相互作用이 복잡하여 지리라고 생각된다. 그래서 本 研究는 첫째, 리기다소나무에 含有된 物質과 그 林床의 흙을 써서 植物의 發芽와 生長實驗을 하고, 둘째, 리기다소나무 뿌리의 浸出液이 다른 植物에 미치는 영향과, 셋째, 이들 毒性物質이 무엇인지 化學的으로 分離 確認해 낸 다음, 넷째, 그 化學物質이 실제로 어느 정도의 濃度에서 allelopathy 效果를 일으키는지 알아 보려고 한다.

材料 및 方法

리기다소나무의 水溶抽出液 리기다소나무의 잎, 낙엽, 뿌리로부터 水溶抽出液(이하 抽出液이라함)을 Rho와 Kil(1986)의 方法으로 만들어서 실험에 사용했다. 洗脫液은 Koeppe 등 (1976)의 실험장치를 改良한 Kim과 Kil(1987)의 stair-step 장치와 Klein과 Miller(1980)의 계단식 장치를 수정보완한 것을 自作하여 사용하였다.

發芽와 生長實驗 리기다소나무의 抽出液에서의 發芽와 生長實驗은 Kil (1983)의 方法을 따랐다. 水溶液의 pH別 發芽實驗에 쓰인 種子는 상치 (*Lactuca sativa*)를 4반복으로 실험했는데 이때 종자는 50粒씩 손으로 골라 Petri dish에 2장의 여과지를 깔고 그 위에 파종했으며, pH 1~pH 14로 맞춘 抽出液으로 길러 상치의 幼植物은 파종 3주일 후에 수확하여 相對發芽率 (RGR), 相對伸張率 (RER) 그리고 相對乾重量率 (RWR)을 계산했다(Kim and Kil, 1987).

또 새 (*Arundinella hirta*) 등 25종류의 식물 종자를 위에서와 같은 요령으로 발아실험을 실시하고 그 결과는 RGR로 계산했다.

그리고 소나무(*Pinus densiflora*) 등 11종류의 野生植物 種子를 硜石이 담긴 pot에 심어서 發芽後 4주~6주동안 抽出液을 주어 키운 다음 뽑아서 RWR을 계산했다.

한편 바랭이(*Digitaria sanguinalis*) 등 4종류의 종자를 抽出液을 써서 發芽實驗하여 파종 후 經過日數에 따르는 發芽數를 조사하였다.

다음에는 抽出液의 濃度別 效果를 調査하기 위하여 抽出時間을 달리하였다. 그렇게 해서 얻은 抽出液을 공급하여 상치의 生長實驗을 실시한 후 RER과 RWR을 계산했다.

또한 리기다소나무의 잎, 낙엽, 뿌리의 洗脫液을 사용하여 새 등 7종류의 식물을 길러서 RGR과 RWR을 조사하였다.

野外 生物學的 定量 樹齡 약 30년의 리기다소나무 林床에 종전까지 있었던 토양을 기경한 후 2.5 m×3.2 m의 實驗圃를 설치하여 리기다소나무의 落葉과 낙엽이 직접 떨어지게 하였다. 한편, 리기다소나무林 밖에 對照區를 설치하여 리기다소나무로부터의 樹幹流(stem flow)와 樹冠流(through fall)를 피하였고 비닐 遮光膜으로 光量을 조절하여 실험구와 같은 조건이 되게 했다. 供試植物은 리기다소나무 등 9종류의 종자를 200粒씩 散播하여 發芽시킨 후

Table 2. Effects of *Pinus rigida* aqueous extracts on the relative germination ratio of different species. Fresh leaves and fallen leaves, and roots extracted for 24 hours at 18°C

Species	Fresh leaves	Fallen leaves	Roots
<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	100	100	91.1
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	100	100	100
<i>Pinus thunbergii</i> (곰솔)	100	100	100
<i>Arundinella hirta</i> (새)	82.9	100	97.9
<i>Setaria viridis</i> (강아지풀)	81.8	69.1	90.9
<i>Digitaria sanguinalis</i> (파랭이)	74.5	53.1	87.1
<i>Miscanthus sinensis</i> (참억새)	82.9	20.0	54.3
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i> (개솔새)	84.2	100	100
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (솔새)	85.0	32.5	82.5
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> (명아주)	100	50.0	50.0
<i>Amaranthus mangostanus</i> (비름)	6.1	8.5	15.1
<i>Achyranthes japonica</i> (쇠무릅)	97.7	92.3	88.5
<i>Phytolacca americana</i> (미국자리공)	8.6	5.3	46.6
<i>Melandryum firmum</i> (장구채)	10.0	22.9	30.8
<i>Cassia tora</i> (긴강남차)	42.9	14.3	57.1
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	78.9	63.2	94.7
<i>Phyllanthus ussuriensis</i> (여우주머니)	41.7	38.9	52.8
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)	78.6	42.9	35.7
<i>Leonurus sibiricus</i> (익모초)	43.9	14.6	73.9
<i>Justicia procumbens</i> (쥐꼬리망초)	100	100	71.0
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	85.7	89.3	82.1
<i>Erigeron canadensis</i> (망초)	64.3	76.2	88.1
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (쑥)	100	68.3	41.5
<i>Bidens bipinnata</i> (도깨비바늘)	88.0	94.0	74.0
<i>Youngia sonchifolia</i> (고들빼기)	100	77.5	85.0

先行 研究 結果를 보면 植物의 生長에는 pH 4이하 pH 8이상에서 抑制된다(Chou and Young, 1974)고 했는데 本 實驗의 경우는 pH 3과 pH 11區에서도 극히 저조한 상태로 나타났다. 또 실험 식물에 미치는 영향은 抑制 程度가 큰 順序로보면 잎抽出液>잎洗脫液>腐葉>林床土壤의 차례이었고 (Datta and Chatterjee, 1980), 다른 실험에서는 잎>줄기>뿌리 抽出液의 順序로 發芽를 抑制했다(Ashraf and Sen, 1978)고 보고 한 바, 이들은 本 實驗과 比較해 볼때 정도의 차이는 있지만 주로 잎 속에 抑制物質이 들어 있는 것으로 풀이된다.

한편 抽出液(pH 6.8)을 써서 소나무 등 25종류의 野生 植物의 發芽 實驗 結果는 Table 2와 같다.

Table 2에서 보는 대로 잎 抽出液區에서 RGR값이 비교적 높은 식물은 리기다소나무, 소나무, 곰솔, 명아주, 쇠무릅, 쥐꼬리망초, 쑥, 고들빼기였고, 낙엽 抽出液區에서는 리기다소나무, 소나무, 곰솔, 새, 개솔새, 쥐꼬리망초 그리고 뿌리 抽出液區에서는 소나무, 개솔새, 장구채였다. 이들은 리기다소나무 植栽 林床에서 사는 植物들이다. 그런데 잎,

낙엽, 뿌리 抽出液區에서 RGR이 낮은 種은 비름, 미국자리공, 장구채, 긴강남차, 여우주머니, 익모초였으며 이들은 들이나 집 주위에 나는 種, 다시 말하면 리기다소나무 숲에서 멀리 떨어진 곳에 사는 植物들이다. 이와 같은 現象은 소나무 숲의 種組成에 allelopathy 作用이 관계한다는 조사(Kil and Yim, 1983)와 一致되는 결과이다.

또 抽出液에 들어 있을 毒性物質이 植物 種子 發芽에 어떻게 影響하는가를 알아 보기 위하여 과정 후 經過日數에 따라 發芽數를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1을 보면 실험에 쓰인 4종류의 종자 발아는 대조구에 비하여 抑制되었는데 바랭이(A)와 솔새(B)는 落葉 抽出液區에서 最低 發芽率을 나타낸 반면 망초(C)와 개망초(D)의 경우는 잎 抽出液區에서 가장 많이 抑制되었다. 이들은 播種 後 10日~20日까지는 발아율이 높아지다가 그 후에는 머물고 마는 것으로 보아 이는 抽出液이 供試 種子의 種皮에 浸透되는 정도와 관계가 있을 것으로 짐작이 된다.

또 11種類의 植物을 抽出液을 써서 發芽시켜 4주~6주동안 키운 후 相對乾重量을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

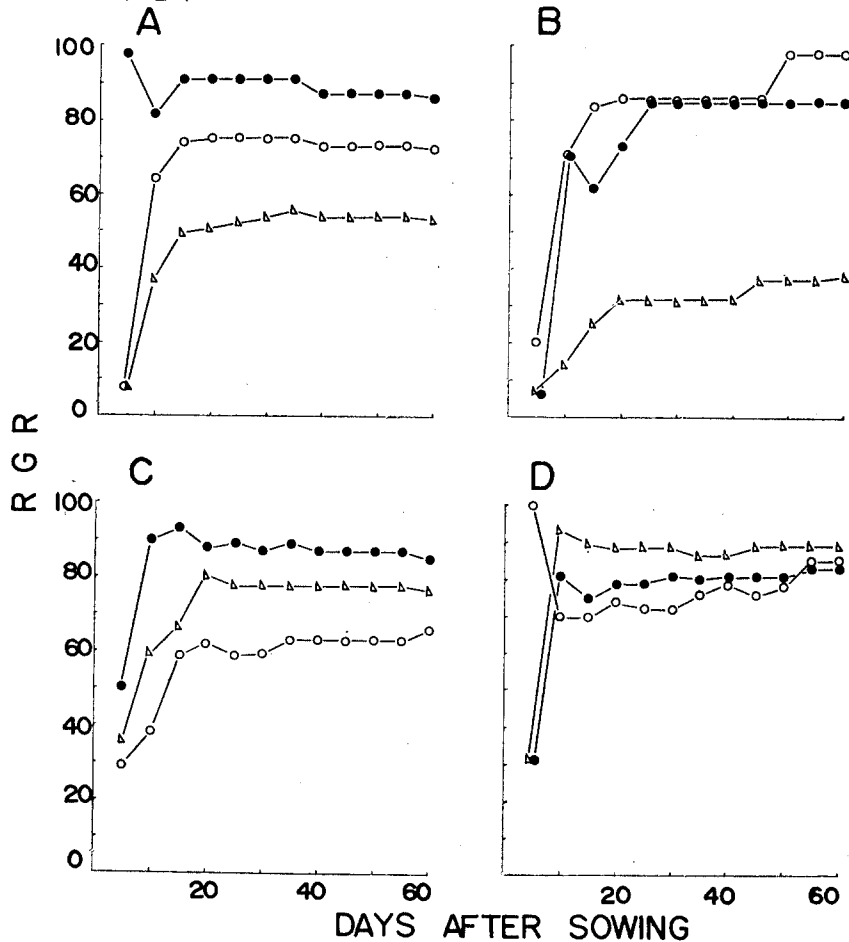


Fig. 1. Effects of *Pinus rigida* leaves extracts on the relative germination ratio(RGR) of *Digitaria sanguinalis* (A), *Themeda triandra* var. *japonica*(B), *Erigeron canadensis* (C) and *Erigeron annuus* (D), Δ - Δ , fallen leaves extracted at 18°C; \circ - \circ fresh leaves, at 18°C \times - \times , roots, at 18°C.

Table 3. RWR of different species grown in vermiculite. Fresh leaves and fallen leaves, and roots of *Pinus rigida* extracted for 24 hours at 18°C

Species	Fresh leaves	Fallen leaves	Roots
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	85.7	71.4	92.9
<i>Setaria viridis</i> (강아지풀)	11.9	24.4	20.0
<i>Digitaria sanguinalis</i> (바랭이)	3.4	5.5	3.4
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (솔새)	59.1	72.7	64.8
<i>Amaranthus mangostanus</i> (비름)	3.9	5.5	3.5
<i>Achyranthes japonica</i> (쇠무름)	35.5	54.8	29.0
<i>Cassia tora</i> (긴강남차)	33.7	41.4	77.5
<i>Phyllanthus ussuriensis</i> (여우주머니)	15.4	84.6	92.3
<i>Triumfetta japonica</i> (고슴도치풀)	5.1	10.2	15.3
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)	53.8	92.3	15.4
<i>Bidens bipinnata</i> (도깨비바늘)	25.2	34.9	39.0

Table 3에서 RWR은 소나무, 솔새, 달맞이꽃이 높았고, 바랭이, 비름, 고슴도치풀이 낮았다. 이 生長의 結果는 리기다소나무林에 나는 종류가 리기다소나무林과 먼 곳인 들에 나는 식물보다 더 잘 자라는 것으로 나타났는데 이러한 사실은 소나무林에서 조사한 실험 결과와 一致한다(Kil and Yim, 1983). 또 Table 2와 Table 3의 결과로부터 抽出液에 의하여 發芽가 억제되지 않은 種도 生長率은 크게 억제되는 사실을 확인 할 수 있다. *Setaria*의 腐葉이 콩과 옥수수 幼植物의 乾重量을 크게 억제하는 結果도 알려졌다(Bhowmik and Doll, 1983).

한편 리기다소나무 잎의 抽出時間을 24, 48, 72, 96 및 120 時間으로 달리한 抽出液으로 상치 幼植物의 幼根 伸長과 乾物量 生長을 測定한 結果는 Fig. 2와 같다.

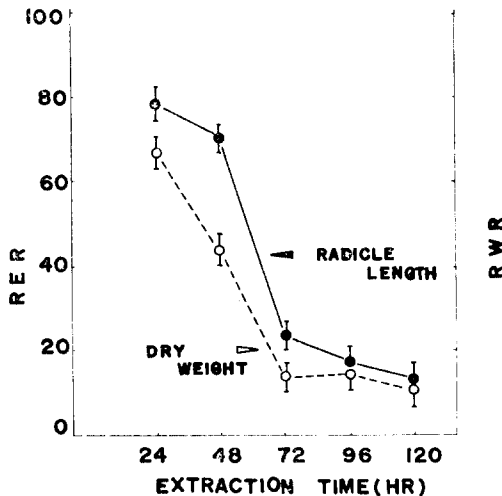


Fig. 2. Effects of aqueous extracts of *Pinus rigida* leaves on the allelopathic inhibition of lettuce radicle elongation and growth. The vertical lines give the standard error of the mean.

상치의 幼根 伸長과 乾物量 生長은 抽出時間이 24~72時間 사이에 急降하다가 72時間 이후 完만하게 낮아졌다. 이것은 앞에 들어 있는 毒性物質이 72시간까지 계속해서 溶出되어 濃度가 進해진다는 뜻으로 풀이되며 本實驗의 경우로 볼 때 實驗室內에서는 72시간이 抽出되는 毒性物質 溶出의 限界가 되는 것으로 推測된다. 말린 과실도 抽出時間이 길어 질수록 상치의 發芽를 抑制했다(Khan, 1982).

물로 씻은 리기다소나무의 洗脫液에서 7種類의 植物을 發芽시켜 키운 후 그 結果를 RGR과 RWR로 나타내면 Fig. 3과 같다.

供試植物은 洗脫液에 의하여 RGR은 대부분 크지만 RWR은 작으므로 發芽보다 生長의 抑制效果가 큼을 알 수 있다. 이 結果는 리기다소나무 잎의 毒性物質에 의한 allelo-

pathy 作用임을 입증한 것이다. 리기다소나무가 아닌 다른 植物 잎의 人工 洗脫液과 빗물은 發芽와 生長에 다같이 影響을 준다는 結果(McPherson and Muller, 1969)와 버즘나무의 樹冠流가 4種 植物의 發芽와 生長을 抑制한 結果도 있다(Lodhi and Rice, 1971).

林床土壤에서의 發芽와 生長 野外的 리기다소나무 잎에서의 生物學的 定量實驗을 實施한 結果는 Table 4와 같다.

리기다소나무의 林床圃場의 發芽率은 곰솔, 새, 싱아, 개맨드라미, 쇠무릅이 높았고, 상치, 질경이, 한련초는 낮았다. 또 林床內의 發芽率은 林床外보다 상치와 한련초는 높았지만 곰솔은 양쪽이 거의 같았다. 乾重量은 리기다소나무는 林床內外가 거의 같았지만(0.92) 나머지 8種 植物은 林床內가 훨씬 가벼웠다. 이 結果는 리기다소나무 林床의 土壤에는 植物의 生長 抑制 物質이 들어 있는 것으로 풀이된다.

Allelochemicals 分離와 確認 리기다소나무 잎을 PC, HPLC, GC로 分析한 結果는 Table 5 및 Fig. 4와 같다.

리기다소나무에서 14종류의 化學物質이 確認되었다. 이 중에서 PC와 GC에 의하여 共通的으로 確認된 物質은 cinnamic acid, syringic acid, gentisic acid, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid인 phenolic 化合物이었다.

Table 4. Germination percentage and oven-dry weight (mg) of selected species tested in the soil of *Pinus rigida* forest

Species	Germination(%)			Dry weight(mg)		
	A	B	B/A	C	D	D/C
<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	64	62	0.97	44.50	40.81	0.92
<i>Pinus thunbergii</i> (곰솔)	92	92	1.00	34.17	35.00	1.02
<i>Arundinella hirta</i> (새)	90	64	0.71	23.71	47.03	1.98
<i>Aconogonum polymorphum</i> (싱아)	80	64	0.80	136.33	178.50	1.31
<i>Celosia argentea</i> (개맨드라미)	88	74	0.84	219.02	311.08	1.42
<i>Achyranthes japonica</i> (쇠무릅)	96	74	0.77	433.71	513.47	1.18
<i>Plantago asiatica</i> (질경이)	40	24	0.60	119.80	135.17	1.13
<i>Eclipta prostrata</i> (한련초)	44	62	1.41	72.50	163.84	2.26
<i>Lactuca sativa</i> (상치)	36	96	2.67	35.00	78.12	2.23

A and C; in forest soil, B and D; out forest soil

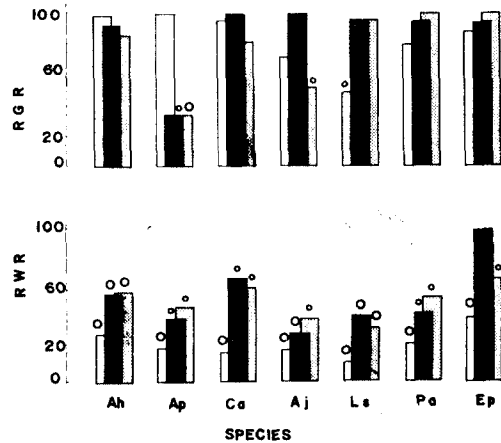


Fig. 3. Relative germination ratio (RGR) and relative dry weight ratio (RWR) of selected species seedlings tested in leachates of *Pinus rigida* leaves. Fresh leaves(white bars), fallen leaves (dotted bars) and roots (black bars) of *P. rigida* leachates. Small circle (o), significant difference from control at 0.05 level; big one (O), at 0.01 level. Key to species, Ah, *Arundinella hirta*; Ap, *Aconogonum polymorphum*; Ca, *Celosia argentea*; Aj, *Achyranthes japonica*; Ls, *Leonurus sibiricus*; Pa, *Plantago asiatica*; Ep, *Eclipta prostrata*.

Table 5. Chromatographic identification of chemical compounds from *Pinus rigida* leaves

Compounds	PC	HPLC	GC
Cinnamic acid	+	-	+
Chlorogenic acid	+	-	-
Syringic acid	+	-	+
Gentisic acid	+	-	+
p-Coumaric acid	+	-	-
Ferulic acid	+	-	-
Benzoic acid	+	-	-
p-Hydroxybenzoic acid	+	-	+
Vanillic acid	+	-	+
Tannic acid	-	+	-
Hydroquinone	-	+	-
Catechol	-	+	-
Caffeic acid	-	-	+
Gallic acid	-	-	+

PC, paper chromatography; HPLC, high performance liquid chromatography; GC, gas chromatography

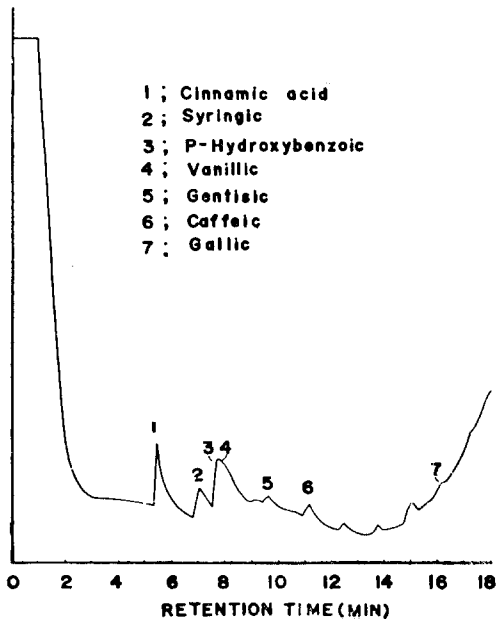


Fig. 4. Gas chromatogram of chemical substances from *Pinus rigida* leaves. The working conditions of gas chromatograph are described in the text.

植物의 科가 같은 種은 서로 비슷한 化學成分이 들어 있다(Osborn, 1943). 그래서 *Pinus*屬의 種을 비교해 보면 *P. ponderosa*에서 caffeic, chlorogenic, tannic acid가 확인되었고(Lodhi and Killingbeck, 1980), *P. densiflora*와 *P. rigida*는 10종류의 成分이 서로 같으며(Kil and Yim, 1983), *P. thunbergii*의 결과(Kim and Kil, 1984)와도 10종류가 서로 같은 物質이었다.

生物學的 定量實驗 리기다소나무에서 確認된 化學物質과 同一한 化學物質 8種에 protocatechuic acid를 追加하여 이들을 $5 \times 10^{-3}M$, $5 \times 10^{-4}M$, $5 \times 10^{-5}M$ 로 희석하여 상처를 받아시킨 결과는 Fig. 5와 같다.

상치의 發芽率은 ferulic, gallic, gentisic, protocatechuic acid의 각 농도에서 모두 높았고 p-coumaric과 vanillic acid의 $5 \times 10^{-3}M$ 區에서 56~72%의 RGR을 나타냈을 뿐이고

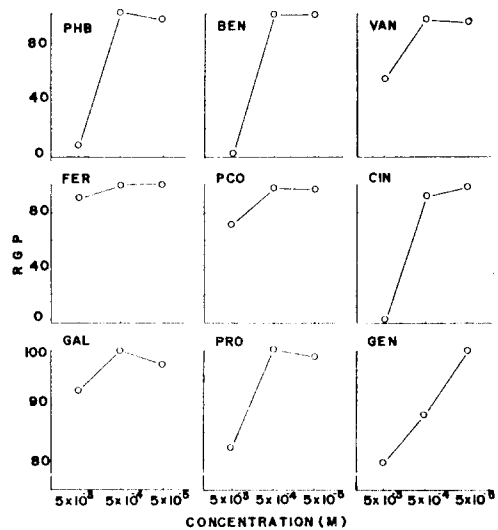


Fig. 5. Relative germination ratio (RGR) of *Lactuca sativa* tested in different concentration of chemicals. Keys to chemicals, PHB: p-Hydroxybenzoic acid; BEN: Benzoic acid; VAN: Vanillic acid; FER: Ferulic acid; PCO: p-Coumaric acid; CIN: Cinnamic acid; GAL: Gallic acid; PRO: Protocatechuic acid; GEN: Gentisic acid.

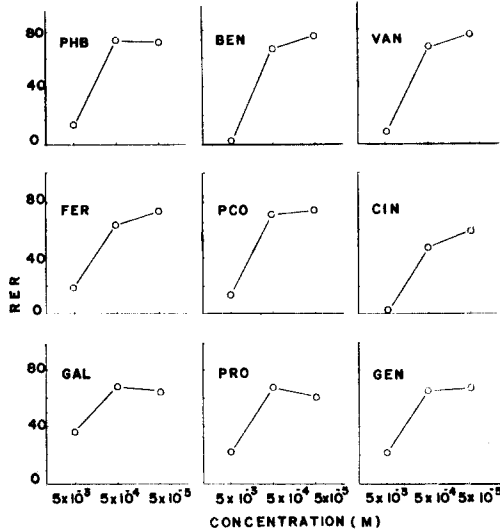


Fig. 6. Relative elongation ratio (RER) of *Lactuca sativa* tested in different concentration of chemicals. Keys to chemicals as in Fig. 5.

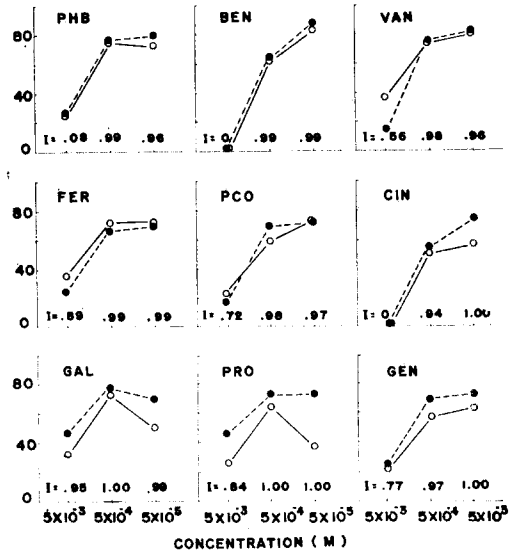


Fig. 7. Relative fresh weight ratio (RFR) (○—○) and relative dry weight ratio (RWR) (●—●) of *Lactuca sativa* tested in different concentration of chemicals. Keys to chemicals as in Fig. 5 and I, inhibition index (See the text).

이보다 더 낮은 농도에서 正常的으로 發芽하였다. 그런데 p-hydroxybenzoic, benzoic, cinnamic acid의 $5 \times 10^{-3}M$ 區에서는 전혀 發芽가 되지 않았거나 8%의 낮은 發芽率이었고 5×10^{-4} 내지 $5 \times 10^{-5}M$ 液區에서 RGR이 높았다.

위 化學物質에 대한 상처의 RER을 측정 한 결과는 Fig. 6과 같다.

Gallic acid를 除外하고 그밖의 物質의 $5 \times 10^{-3}M$ 區에서 RER은 20%미만으로 심하게 生長이 抑制되었다. 그러나 5×10^{-4} 와 $5 \times 10^{-5}M$ 區에서 RER은 약 80%였다. Cinnamic, gentisic acid의 5×10^{-4} 와 $5 \times 10^{-5}M$ 區에서 RER은 60~70%이었다.

한편 化學物質에 의한 상처의 RFR과 RWR을 측정 한 결과는 Fig. 7과 같다.

상처의 RFR과 RWR은 $5 \times 10^{-3}M$ 區에서 심한 抑制를 보이고, $5 \times 10^{-4}M$ 區에서 60% 안팎으로 억제하며 $5 \times 10^{-5}M$ 區에서 약 80%로 억제되었다. Juglone의 $10^{-3}M$ 용액의 처리에 의하여 16종 植物은 모두 凋萎하여 죽었고 $10^{-4}M$ 처리에서 生長이 크게 억제 되었고, $10^{-5}M$ 과 $10^{-6}M$ 에서 害毒作用이 관찰되지 않았다(Rietveld, 1983). Salicylic acid, cinnamic acid, catechol은 $10^{-3}M$ 과 $10^{-2}M$ 을 葉面撒布한 결과 뿌리혹 형성과 植物의 伸長이 抑制되었고 (Sitaramaiah and Pathak, 1981), vanillic acid의 閾値抑制水準은 $2.5 \times 10^{-3}M$ 이었다(Einheilig and Rasmussen, 1978). 그런데 本 研究 結果로 보면 이 物質보다 낮은 $5 \times 10^{-3}M$ 이 閾値인 것으로 보인다. 또 本 實驗의 RFR과 RWR의 결과를 I 값으로 비교하면(Fig. 7) 全 區에서 비교적 높은 값으로 나타났다.

摘 要

리기다소나무의 allelopathy 效果를 究明하기 위하여 그 植物의 잎, 낙엽, 뿌리에서 抽出한 抽出液, 洗脫液으로 實驗해 본 결과 다른 植物의 發芽와 生長 抑制에 關係함을 알아 냈다. 즉, 發芽率은 對照區에 比하여 약간 낮았지만 乾重量은 크게 抑制되었고 水溶抽出液이 洗脫液보다 더 抑制하였다. 또한 리기다소나무 林床 土壤의 野外 生物學的 定量實驗結果에서도 위와 비슷한 사실이 確認되었다. 따라서 그 抑制物質을 찾기 위하여 chromatography 法으로 리기다소나무 잎으로부터 14종류의 化學物質을 分離한 결과 phenolic 化合物로 確認되었다. 그래서 檢出된 物質과 同質인 化學物質을 써서 生物學的 定量實驗을 實施한 結果 상치의 發芽와 生長을 抑制하였고 특히 $5 \times 10^{-3}M$ 液區에서 극심하게 抑制하였다.

이상의 결과로 phenolic 化合物은 리기다소나무의 allelopathy 效果에 關係하는 物質임을 確認하였다.

引 用 文 獻

- Abdul-Wahab, A.S. and E.L. Rice. (1967). Plant inhibition by Johnson grass and its possible significance in old-field succession. Bull. Torrey Bot. Club, 94:486~497.
- Ashraf, N. and D.N. Sen. (1978). Allelopathic potential of *Celosia argentea* in arid land crop fields. Oecol. Plant, 13:331~338.
- Bang, K.S. and B.S. Kil. (1986). Allelopathic potential of *Cedrus deodara* (LOXB.) LOUDON. Wonkwang Univ. J. Basic Natu. Sci., 5:28~34.
- Bell, E.A. (1980). Non-protein amino acids in plants: Their chemistry and possible biological significance. Rev. Latinoamer. Quim, 11:23~29.
- Bhowmik, P.C., and J.D. Doll. (1983). Growth analysis of corn and soybean response to allelopathic effects of weed residues at various temperatures and photosynthetic photon flux densities. J. Chem. Ecol., 9:1263~1280.
- Blum, U. and B.R. Dalton. (1985). Effects of ferulic acid, an allelopathic compound, one leaf expansion of cucumber seedlings grown in nutrient culture. J. Chem. Ecol., 11:279~302.
- 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. Taiwan, 19:157~165.
- Chu-Chou, M. (1978). Effects of root residues on growth of *Pinus radiata* seedlings and a mycorrhizal fungus. Ann. Appl. Biol., 90:407~416.
- Datta, S.C. and S.P. Sinha-Roy. (1974). Allelopathy and inhibitors. Sci. & Cult., 40:47~59.
- Datta, S.C. and A.K. Chatterjee. (1980). Allelopathic potential of *Polygonum orientale* in relation to germination and seedling growth of weeds. Flora(Jena), 169:456~465.
- 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.
- Jameson, D.A. (1961). Growth inhibitors in native plants of northern Arizona. Res. Note No.

- 61, Rocky M. For. Range Exp. Stn., USDA.
- Khan, M.I. (1982). Allelopathic potential of dry fruits of *Washingtonia filifera*. Inhibition of seed germination. *Physiol. Plant*, **54**:323~328.
- Kil, B.S. (1983). Allelopathic effects of *Pinus thunbergii* on germination and growth of various plants. Theses Coll. Wonkwang Univ., **17**:73~90.
- 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. *Wonkwang Univ. J. Basic Natu. Sci.*, **3**:38~45.
- Kim, Y.S. and B.S. Kil. (1987). A bioassay on susceptibility of selected species to phytotoxic substance from tomato plant. *Korean J. Bot.*, **30**:59~67.
- Klein, R.R. and D.A. Miller. (1980). Allelopathy and its role in agriculture. *Commun. in Soil Science and Plant Analysis*, **11**:43~56.
- Koepe, D.E., L.M. Southwick and J.E. Bittell. (1976). The relationship of tissue chlorogenic acid concentration and leaching of 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. 1. 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*. *N.Z.J. For. Sci.*, **5**:165~170.
- Lodhi, M.A.K. and K.T. Killingbeck. (1980). Allelopathic inhibition of nitrification and nitrifying bacteria in a ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) community. *Amer. J. Bot.*, **67**:1423~1429.
- Lodhi, M.A.K. and E.L. Rice. (1971). Allelopathic effects of *Celtis laevigata*. *Bull. Torrey Bot. Club*, **98**:83~89.
- Logan, R.H., C.S. Hoveland and E.D. Donnelly. (1968). A germination inhibitor in the seedcoat of sericea (*Lespedeza cuneata*) (D) G. Don. *Agron. J.*, **61**:265~266.
- Lynch, J.M., K.B. Gunn and L.M. Panting. (1980). On the concentration of acetic acid in straw and soil. *Plant and Soil*, **56**:93~98.
- Mepheron, J.K. and C.H. Muller. (1969). Allelopathic effects of *Adenostoma fasciculatum*, "chamise", in the California chaparral. *Ecol. Monogr.*, **39**:177~198.
- Muller, C.H., W.H. Muller and B.L. Haines. (1964). Volatile growth inhibitors produced by aromatic shrubs. *Science*, **143**:471~473.
- Osborn, E.M. (1943). On the occurrence of antibacterial substances in green plants. *Brit. J. Exp. Pathol.*, **24**:227~231.
- Pickett, S.T. II and J.M. Baskin. (1973). Allelopathy and its role in the ecology of higher plants. *Biologist*, **55**:49~73.
- Rho, B.J. and B.S. Kil. (1986). Influence of phytotoxin from *Pinus rigida* on the selected plants. *Wonkwang Univ. J. Basic Natu. Sci.*, **5**:19~27.
- Rice, E.L. and S.K. Pancholy. (1973). Inhibition of nitrification by climax ecosystem. II. Additional evidence and possible role of tannins. *Amer. J. Bot.*, **60**:691~702.
- Rietveld, W.J. (1975). Phytotoxic grass residues reduce germination and initial root growth of ponderosa pine. *Rocky Mountain Forest and Range Exp. Sta. Fort. Collins. Colo.*, pp.1~15.
- Rietveld, W.J. (1983). Allelopathic effects of juglone on germination and growth of several

- herbaceous and woody species. J. Chem. Ecol., 9:295~308.
- Sitaramaiah, K. and K.N. Pathak. (1981). Effect of growth regulators, phenolics and an aromatic acid on root-knot severity (*Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on tomato). J. Pl. Diseases and Protection, 88:651~654.
- Tukey, H.B., Jr. (1969). Implications of allelopathy in agricultural plant science. Bot. Rev., 35:1~16.

(1988年 2月 26日 接受)