

## 토마토식물의 毒性物質에 대한 他 植物의 敏感度 檢定

金永植·吉奉燮

(圓光保健專門大學 物理治療科·圓光大學校 師範大學 科學教育科)

### A Bioassay on Susceptivity of Selected Species to Phytotoxic Substances from Tomato Plants

Kim, Young Sik and Bong-Seop Kil

(Department of physical Therapy, Wonkwang Public Health Junior College and  
Department of Science Education, Wonkwang University, Iri)

#### ABSTRACT

To verify allelopathic effect of tomato plants a number of laboratory experiments, seed germination and seedling growth with aqueous extracts and leachates from the tomato plants, have performed. Germination percentage of the tested species was decreased by treatment with leaf, stem and root extracts as extracting time elapses. The leaf extract more inhibits the germination of the seeds than both stem and root extracts. Leachate collected from the tomato plants decreases as much as 50 % of the growths in elongation as well as in dry weight of seedlings of lettuce and egg plant. It is observed that with a paired-plants grown in U tube pot the tomato roots have excreted allelochemicals to inhibit the growth of the tested species and volatile substances from the tomato plants have suppressed to dry weights of lettuce, to elongation and dry weights of grapevine planted near the tomato plants.

#### 緒 論

Allelopathy는 植物이 化學物質을 分泌하여 다른 植物에게 害를 끼치거나 더러는 이로  
운 경우도 있는데 이를 통틀어서 가리키며(Rice, 1984), 이 말은 植物에서 分泌된 ethylene  
이 다른 植物에 미치는 영향을 연구한 데에서 비롯되었다(Molisch, 1937).

이와 같은 植物의 化學物質은 植物의 生活 結果 만들어진 二次代謝產物인데 이들은 다  
른 植物의 發芽나 伸長抑制 等 여러가지 生理作用에 영향을 주며(Groner, 1974; Schutt *et*  
*al.*, 1975), 이 物質은 잎, 낙엽, 줄기, 뿌리 등으로부터 나오거나 그곳에 함유되어 있다가  
미생물에 의한 分解作用으로 環境에 放出된다(Rietveld, 1975). 따라서 이들 植物의 잎,  
낙엽 및 뿌리를 물로 씻거나 抽出한 液은 다른 植物의 種子發芽, 幼植物의 生長抑制 또는  
乾物重量의 감소를 가져온다(Hull and Muller, 1977; Steenhagen and Zimdahl, 1979;  
Rasmussen and Einhellig, 1979; Stachon and Zimdahl, 1980).

본 研究는 토마토식물에서 放出하는 芳香物質이 다른 植物에 allclopahy效果를 주는지를 알아보기 위하여 實驗室과 圃場에서 實施한 結果이다.

### 材料 및 方法

**實驗材料.** 本實驗에서 사용한 재료식물은 화분에 심은 어린 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 植物이다. 이에 대한 受容植物은 조(*Setaria italica* Beauv.), 수수(*Sorghum bicolor* Moench), 옥수수(*Zea mays* L.), 파(*Allium fistulosum* L.), 참소리쟁이(*Rumex japonicus* Houtt.), 맨드라미(*Celosia cristata* L.), 무우(*Raphanus sativus* var. *hortensis* for. *acanthiformis* Makino), 배추(*Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis* Makino), 콩(*Glycine max* Merr.), 포도나무(*Vitis vinifera* L.), 들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica* Hara), 가지(*Solanum melongena* L.), 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.), 상치(*Lactuca sativa* L.)등으로써 이들 種子를 흥농종묘주식회사와 농가에서 분양받았다.

**發芽와 葉條生長.** 토마토 식물을 잎, 줄기 및 뿌리로 區分하여 이들 각각 200 g에 1,000 ml의 물을 넣어 18°C에서 각각 24, 48 및 72시간 抽出한 水溶液(이하 抽出液이라 함)을 만들었다. Petri접시(직경 12 cm)에 1장의 濾紙(Toyo Co., 직경 11 cm)를 깔고 그 위에 受容植物種子 50粒을 파종한 후 약 6ml의 추출액을 부어 發芽시킨 實驗區를 만들었다. 한편 受容植物을 물로 재배한 대조구를 만들었다.

受容植物幼苗가 3~4 cm 伸長하였을 때 수확하여, 그 全長을 測定하고, 幼苗를 80°C에서 건조시킨 乾重量을 稱量하였다. 실험구와 대조구의 種子의 發芽, 幼苗의 伸長 및 乾重量의 比를 각각 相對發芽率(relative germination ratio; RGR), 相對伸長率(relative elongation ratio; RER) 및 相對乾重量率(relative dry weight ratio; RWR)을 다음 식으로 계산 하였다.

$$RGR = \frac{\text{실험구의 발아수}}{\text{대조구의 발아수}} \times 100$$

$$RER = \frac{\text{실험구의 평균 신장(cm)}}{\text{대조구의 평균 신장(cm)}} \times 100$$

$$RWR = \frac{\text{실험구의 평균 건중량(mg)}}{\text{대조구의 평균 건중량(mg)}} \times 100$$

**幼植物生長.** 抽出液이 幼植物의 生長에 미치는 영향을 알아보기 위하여 버미큐라이트를 넣은 플라스틱화분(직경 14 cm)에 40ml의 抽出液을 붓고 受容植物種子를 10粒씩(단, 옥수수와 콩은 6粒) 파종하고, 발아 후에 10ml의 抽出液을 더 공급하였다. 대조구는 실험구와 같은 量의 물을 공급하였다. 幼植物의 本葉이 1~2枚 자랐을 때 수확하여 물에 떠운 채 위에서 幼植物을 씻었다. 이 幼植物의 乾重量, 葉條長 및 根長을 측정하였다.

**토마토 식물의 浸出液수집.** 浸出液을 수집하기 위하여 Kocppe et al.(1976)의 Stair-step apparatus를 개량하여 사용하였다. 즉 버미큐라이트를 넣은 플라스틱화분에 토마토 幼植物을 심고 葉條가 10 cm쯤 자랐을 때 잎표면에 분무기로 물을 충분히 산포하여 흘러나오는 浸出液을 받았다(Fig. 1). 浸出液 10ml를 受容植物에 2일마다 공급하였다. 대조구

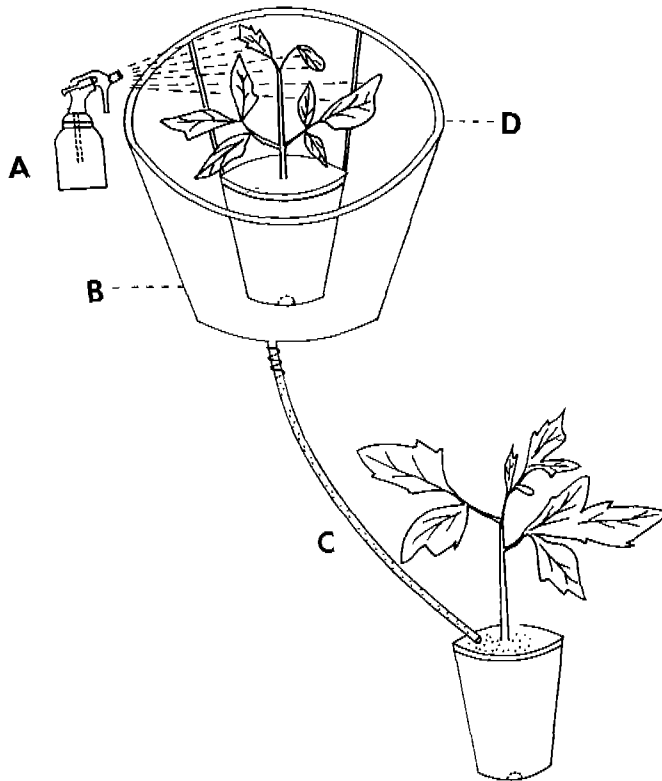


Fig. 1. Stair-step apparatus collecting leachate. A, sprayer; B, vinyl; C, plastic pipe; D, wire.

는 물을 실험구와 같은 양씩 공급하였고, 수확 및 방법은 위의 幼植物 生長實驗과 같은 요령으로 실시하였다.

U자관화분 재배. 토마토 幼植物의 뿌리에서 分泌하는 化學物質이 다른 植物의 뿌리를 통하여 나타나는 영향을 알아보기 위하여 U자관화분 재배 실험을 하였다. 직경 6cm의 플라스틱관에 모래를 넣고 알코올 램프로 가열하여 U자관화분을 만들어 다음과 같이 植物을 組合하여 심고 물을 주었다. 토마토-배추, 배추-배추, 토마토-수수, 수수-수수, 토마토-들깨, 들깨-들깨, 토마토-옥수수, 옥수수-옥수수 植物을 심은 U자관 화분은 1주일 간격으로 20ml의 Hoagland배양액을 공급하여 2개월간 재배하였다. U자관 재배는 3회 반복하였다. U자관화분에 組合하여 심은 植物은 출기의 生長과 乾重量에 관하여 生長 優位와 劣位로 區分하여 다음과 같이 相互生長指數(growth interaction index ; GII)를 계산하였다. 즉

$$GII = \frac{\text{생장 우위} - \text{생장 열위}}{\text{생장 우위}} \times 100$$

放散物質에 의한 抑制實驗. 토마토에서 放散하는 휘발성물질이 다른 植物의 生長에 미치는 영향을 알아보기 위하여 비닐하우스(길이 20 m, 폭 6 m)속에 수경재배한 토마토 식물을 定置하고, 그 位置로부터 30 cm 간격으로 發芽 직전의 포도나무, 버미큐라이트를 넣은 플라스틱화분(직경 14 cm)에 상치 및 가지 종자 10粒씩 파종한 후 30ml의 물을 2일에 한번씩 공급하면서 기른 화분을 놓았다. 대조구로써 같은 크기의 비닐하우스에 토마토 식물을 제외하고 포도나무, 상치 및 가지식물만을 놓았다. 이들은 3개월간 生長을 比較하였다.

## 結 果

토마토 식물 抽出液이 種子發芽와 生長에 미치는 영향. 상치의 發芽率에 미치는 토마토 抽出液은 잎 추출액에서 發芽率 0%, 줄기와 뿌리 추출액에서는 抽出時間이 길어짐에 따라 發芽率이 낮았다(Table 1). 그러나 맨드라미는 토마토의 잎, 줄기 및 뿌리의 抽出液에서 오히려 發芽가 促進되었고 그밖에 受容植物에 따라 發芽率이 각기 달랐다.

幼植物의 生長에서 무우와 배추는 24시간 추출구에서 대조구보다 生長이 오히려 促進되었지만 抽出時間이 길어짐에 따라 억제되었고, 상치는 24시간 추출액에서 대조구에 대하여 RER 82로 감소하고 48시간과 72시간 추출액에서는 전혀 生長되지 않았다(Table 2).

Table 1. Relative germination rate for several species seeded in aqueous extract from tomato plant organs

Extracts	24 hr			48 hr			72 hr		
	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
<i>Allium fistulosum</i> (파)	64	0	0	41	0	0	52	0	0
<i>Rumex japonicus</i> (참소리쟁이)	77	79	88	50	72	79	65	68	76
<i>Celosia cristata</i> (맨드라미)	135	142	128	130	157	121	164	142	142
<i>Brassica campestris</i> var. <i>pekinensis</i> (배추)	79	85	85	91	83	51	96	12	61
<i>Lycopersicon esculentum</i> (토마토)	37	97	95	23	93	69	11	69	30
<i>Lactuca sativa</i> (상치)	0	27	2	0	2	2	0	2	2

Table 2. Relative elongation rate for several species of seedlings grown in pot treated with aqueous extracts from tomato plant

Extracts	24 hr	48 hr	72 hr
<i>Setaria italica</i> (조)	63	31	39
<i>Rumex japonicus</i> (참소리쟁이)	22	37	16
<i>Celosia cristata</i> (맨드라미)	92	117	40
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> (무우)	104	63	52
<i>Brassica campestris</i> var. <i>pekinensis</i> (배추)	112	82	78
<i>Lactuca sativa</i> (상치)	82	0	0

乾重量은 맨드라미, 무우 및 배추에서 24시간 抽出液이 증가시켰지만 72시간 추출액이 대조구에 비하여 RWR 25~77만큼 억제되었다(Table 3). 조, 참소리쟁이, 상치의 乾重量은 24시간 및 72시간 추출액에서 크게 감소되었다.

**Table 3.** Relative dry weight rate of seedlings for several species grown in pot treated with aqueous extracts from tomato plant

Species	Extracts	24 hr	48 hr	72 hr
<i>Setaria italica</i> (조)		21	3	8
<i>Rumex japonicus</i> (참소리쟁이)		5	2	38
<i>Celosia cristata</i> (맨드라미)		282	283	33
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> (무우)		146	23	23
<i>Brassica campestris</i> var. <i>pekinensis</i> (배추)		114	85	75
<i>Lactuca sativa</i> (상치)		31	0	0

토마노 浸出液에 의한 生長. 浸出液 처리에 의하여 가지의 伸長은 대조구에 비하여 약 50%만큼 억제되었지만 참소리쟁이는 오히려 19%만큼 促進되었다(Table 4).

浸出液에 의하여 受容植物의 乾重量은 3群으로 나뉘어졌다(Table 5). 즉, 제1群은 수수, 가지 및 상치는 대조구에 비하여 乾重量이 감소하였고, 제2群의 옥수수는 증가하였고, 제3群의 무우, 배추 및 콩은 영향이 없었다.

**Table 4.** Relative elongation rate for seedlings of several species grown in pot supplied with aqueous leachate from tomato plant

Species	Control	Treatment	$\frac{\text{Treatment}}{\text{Control}}$ (%)
<i>Setaria italica</i> (조)	29	25	86
<i>Sorghum bicolor</i> (수수)	71	49	69
<i>Zea mays</i> (옥수수)	88	64	72
<i>Rumex japonicus</i> (참소리쟁이)	15	18	120
<i>Raphanus sativus</i> (무우)	26	19	73
<i>Brassica campestris</i> var. <i>pekinensis</i> (배추)	22	15	68
<i>Glycine max</i> (콩)	87	56	64
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i> (들깨)	19	16	24
<i>Solanum melongena</i> (가지)	17	9	52
<i>Lactuca sativa</i> (상치)	7	4	57

**Table 5.** Growth in mg dry weights of several species grown in pot supplied with aqueous leachate from tomato plant

Species	Control	Treatment
<i>Setaria italica</i> (조)	0	0
<i>Sorghum bicolor</i> (수수)	2	0
<i>Zea mays</i> (옥수수)	0	0
<i>Rumex japonicus</i> (참소리랭이)	1	0
<i>Raphanus sativus</i> (무우)	2	1
<i>Brassica campestris</i> var. <i>perkinensis</i> (배추)	0	0
<i>Glycine max</i> (콩)	10	10
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i> (들깨)	0	0
<i>Solanum melongena</i> (가지)	0	0
<i>Lactuca sativa</i> (상치)	0	0

U자관화분의 組合植物의 生長比較. U자관화분의 兩端에 심은 배추-배추, 수수-수수, 들깨-들깨, 옥수수-옥수수 組合의 體長과 乾重量은 組合 사이에 큰 차이가 없었다(Table 6). 그러나 토마토-배추, 토마토-수수, 토마토-들깨, 토마토-옥수수 組合은 體長과 GII가 同一 組合보다 컸다(Table 6). 따라서 이 實驗 結果로 보아 토마토 뿌리에서 分泌하는 化學物質이 한 U자관화분의 다른 種의 體長과 乾重量을 억제한 것으로 해석된다.

**Table 6.** Comparisons of the growth of a paired-plants grown in U tube pot

Pair	Length(m)	GII. of Length	Dry Weight (g)	GII. of dry weight
<b>Tomato-Brassica pair</b>				
{ <i>Lycopersicon esculentum</i> (토마토)	0.52	0.6	10	0.9
	{ <i>Brassica campestris</i> (배추) var. <i>perkinensis</i>		0.18	
{ <i>Brassica campestris</i> (배추) var. <i>perkinensis</i>		0.21	0.1	0.7
	{ <i>Brassica campestris</i> (배추) var. <i>perkinensis</i>	0.25		0.5
<b>Tomato-Sorghum pair</b>				
{ <i>Lycopersicon esculentum</i> (토마토)	0.45	0.2	10	0.9
	{ <i>Sorghum bicolor</i> (수수)		0.36	
{ <i>Sorghum bicolor</i> (수수)	0.30	0.1	0.8	0.2
	{ <i>Sorghum bicolor</i> (수수)		0.35	

(Table 6. Continued)

Tomato - Perilla pair				
<i>Lycopersicon esculentum</i> (토마토) <i>Perilla frutescens</i> (들깨)	0.39	0.4	7	0.9
	0.22		0.7	
var. <i>japonica</i> <i>Perilla frutescens</i> (들깨)	0.22	0.1	0.4	0
	var. <i>japonica</i>			
<i>Perilla frutescens</i> (들깨) var. <i>japonica</i>	0.19		0.4	

Tomato - Zea pair				
<i>Lycopersicon esculentum</i> (토마토) <i>Zea mays</i> (옥수수)	0.41	0.2	7	0.8
	0.30		1	
<i>Zea mays</i> (옥수수) <i>Zea mays</i> (옥수수)	0.40	0.1	1	0.1
	0.45		0.9	

토마토의 휘발성물질이 發芽와 生長에 미치는 영향. 비닐하우스내에 定置한 토마토 식물 옆의 상치의 발아율과 신장은 대조구와 처리구가 같았다(Table 7). 그러나 乾重量은 대조구에 비하여 72%나 억제되었다(Table 7). 이들 結果로 보아 토마토의 휘발성 물질은 옆에 있는 상치의 發芽와 伸長에는 영향이 없지만 乾重量에는 2/3만큼 큰 억제를 하였다. 포도나무에 미치는 토마토 식물의 휘발성 물질은 뿌리, 줄기 및 新稍는 대조구의 62% 86%, 76%만 자랐다(Table 8). 3개월간 生長한 대조구의 포도식물 生量은 植栽前보다 707%나 증가한 데 비하여 처리구에서는 321%만 生長하였다(100:44). 3개월후의 乾重量의 對照區:處理區는 10:4이었다.

Table 7. Germination and seedling growth of lettuce grown in vinyl house

	Germination (%)	Elongation S+R *(m)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control (C)	88	0.20	8	0.7
Treatment (T)	87	0.18	7	0.2
T / C (%)	98	90	87	28

Control, lettuce; Treatment, lettuce pot near tomato, \*S, shoot; R, root of seedling.

Table 8. Growth of grape vine planted near the tomato plant in vinyl house

Content / Treatment	Root (m)	Stem (m)	Twig (m)	Fresh weight of stem before planted (g)	Stem after harvested	
					Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control (C)	0.39	0.21	1.03	16	118	30
Treatment (T)	0.24	0.18	0.78	20	66	18
T / C (%)	62	86	76	125	56	60

## 考 察

앞에서 언급한 실험 결과로 보아 토마토 식물체의 추출액은 다른 植物의 種子發芽와 生長을 억제하였다. 특히 상치는 토마토의 잎 抽出液에 가장 민감한 반응을 나타내었다. 배추와 참소리쟁이는 비교적 높은 發芽率을 보이지만 抽出時間이 길면 억제효과가 컸다. Kil(1982)과 Kil과 Yim(1983)에 의하면 소나무 잎의 抽出液은 抽出時間이 진수목 野草의 발아를 크게 억제시켰다. 또 토마토와 그 밖의 채소의 水耕廢液의 抽出液을 회석하여 發芽 및 幼植物 生長 實驗을 한 結果 이 抽出物은 배추 種子의 發芽와 發芽后의 胚軸과 根의 生長을 阻害할 뿐 아니라 엽록소 형성에 영향을 미쳤다(平吉功 等, 1965). 토마토의 잎 抽出液에서 토마토 種子의 發芽를 억제하는데 이것은 自家中毒現象(autointoxication)으로 풀이할 수 있다. 自家中毒現象 또는 allelopathy는 植物 發育의 초기단계에 중요한 역할을 하는데 특히 種子發芽, 幼根生長, 줄기의 芽生長 및 기타 代謝過程에 영향을 준다(Muller, 1970; 1974).

토마토 식물체의 浸出液은 다른 식물의 신장과 乾重量은 감소시켰다(Tables 4, 5). 물이 토마토의 잎과 가지를 통과할 때 용해된 물질이 生長을 억제한 것이라고 생각한다. 이 사실은 *Adenostoma fasciculatum*의 잎의 浸出液이 種子發芽와 生長을 억제한 결과와 일치한다(Christensen and Muller, 1975). 이 현상은 토마토에서 분비되는 대사 산물 중에서 毒物物質이 비나 이슬이 내릴 때 洗脫되는 것으로 짐작된다. Kim과 Kil(1984)은 곰솔의 빗물을 주어 화분에서 植物을 재배한 결과 신장이 억제되고 乾重量도 감소된다고 보고하였다. 이와 같이 토마토 식물이나 소나무는 水溶性 化學物質을 그들이 살고 있는 주위 환경에 계속 방출하리라고 추정된다. 그래서 토마토 뿌리에서 그러한 物質을 分泌하는가를 알아 보기 위하여 U자관화분으로도 토마토 식물과 다른 植物을 組合하여 재배하였다. U자관화분으로 地下部가 연결된 한 組의 植物은 서로 뿌리가 접촉되어 있다. 따라서 토마토 뿌리에서 作用物質이 分泌되어 相對 植物의 生長 억제를 한다면 토마토 뿌리에서 그 잎이나 줄기와 마찬가지로 해로운 化學物質을 낸다는 가설을 세울 수 있을 것이다. U자관화분 실험에서 밝혀진 바와 같이 토마토와 함께 심은 組合植物은 生長이 크게 억제되었다. 이 사실로부터 토마토의 뿌리에서 allelochemical을 분비할 것이라는 가설이 증명되었다.

토마토 식물의 휘발성물질인 냄새는 상치의 發芽에는 영향을 주지 않았지만 乾重量은 억제하였고 포도나부의 乾重量 生長을 크게 억제한 것으로 미루어 보아 토마토 냄새는 다른 植物에 allelochemical로 作用함이 분명하다. 이런 사실을 종합해 보면 토마토의 잎, 줄기, 뿌리에서도 수용성 물질과 휘발성 물질이 放出되어 다른 植物의 發芽와 生長을 억제하여 allelopathy효과를 나타낸다고 판단된다.

## 摘 要

토마토 식물의 allelopathy 效果를 究明하기 위하여 토마토 식물 기관의 물 추출액과 휘발성물질이 다른 植物의 發芽와 生長에 미치는 영향을 실험하였다. 그 결과 토마토 식물의 잎 抽出液은 줄기나 뿌리의 抽出液보다 발아 억제 작용이 컸고 조, 참소리쟁이, 상치의 生長을 억제하였으나 부우와 배추는 큰 영향을 받지 않았고 맨드라미는 오히려 生長이 促進되었다. 다만 추출시간이 길어짐에 따라 실험에 사용된 植物에



게 억제효과가 크게 나타났다. 토마토 식물의 浸出液은 가지와 상치의 伸長을 約 50 % 억제하고 乾重量도 감소시켰다. U자관화분에서 토마토 식물과 다른 식물을 한쌍으로 組合하여 재배한 결과 토마토 식물의 뿌리에서 배추, 수수, 들깨 및 옥수수 의 生長을 억제하는 物質을 分泌하는 것이 관찰되었다. 또한 토마토 식물열에 재배한 상치의 乾重量이 감소되고 포도나무는 伸長과 乾物量生長이 억제되었다.

#### 參 考 文 獻

- Christensen, N.L. and C.H. Muller. 1975. Effects of fire on factors controlling plant growth in *Adenostoma chaparral*. *Ecol. Mono.* **45**: 29-55.
- Groner, M.G. 1974. Intraspecific allelopathy in *Kalanchoe daigremontiana*. *Bot. Gaz.* **135**: 73-79.
- 平吉功, 黒田佐俊, 西川浩三. 1965. 植物の自家生育阻害物質に關係する研究. 水耕液抽出物の白菜鹿種子 びに幼苗に對する阻害作用. *農業及園藝*. **30**: 453-454.
- Hull, J.C. and C.H. Muller. 1977. The potential for dominance by *Stipapulchra* in a california grassland. *Am. Midl. Nat.* **97**: 147-175.
- Kil, B.S. 1982. Allelopathic effects of *Pinus thunbergi* on germination and growth of various plants. *Theses Coll. Wonkwang Univ.* **17**: 73-88.
- Kil, B.S. and Y.J. Yim. 1983. Allelopathic effects of *Pinus densiflora* on undergrowth of red pine forest. *J. Chem. Ecol.* **9**: 1113-1151.
- Kim, G.S. and B.S. Kil. 1984. Allelopathic effects of aqueous black pine extracts on the selected species. *The J. Nat. Sci. Wonkwang Univ.* **3**: 38-45.
- Kocppe, 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.
- Molisch, H. 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie*. Fischer, Jena. 20pp.
- Muller, C.H. 1969. Allelopathy as a factor in ecological process. *Vegetatio Haag.* **18**: 348-359.
- Muller, C.H. 1970. The role of allelopathy in the evolution of vegetation. *Biochemical coevolution*. Oregon State Univ. Press, Corvallis. pp.13-31.
- Muller, C.H. 1974. Allelopathy in the Environment complex, Hand book of vegetation science, part VI :Vegetation and Environment. Dr. W. Junk B.V. Publishers. The Hague. pp.73-85.
- Rasmussen, J. A. and F. A. Einhellig. 1979. Allelopathic effects of leaf extracts of *Ambrosia trifide*(compositae). *Southwest. Naturalist.* **24**: 637-644.
- Rice, E.L. 1984. *Allelopathy*, Academic Press, NY. 422pp.
- Rietveld, W. J. 1975. Phytotoxic grass residues reduce germination and initial root growth of Ponderosa pine. *USDA Forest Service Research Paper RM 153*: 1-15.
- Schutt, P., H.J. Schuck, Adclheid Von Sydow and H. Hatzelmann. 1975. Allelopathic effects of forest weeds. Influence of weed extracts on the development of root hairs of *Picea abies* seedling. *Forstwiss. Centralbl.* **94**: 43-53.
- Stachon, W.J. and R.L. Zimdahl. 1980. Allelopathic activity of Canada thistle(*Cirsium arvense*) in Colorado. *U.S.A. Weed Sci.* **28**: 83-86.
- Steenhagen, D.A. and R.L. Zimdahl. 1979. Allelopathy of leafy spurge (*Euphorbia esula*). *Weed Sci.* **27**: 1-3.