

# 알레로파시 연구의 기초와 전망

## Basic and Prospective Aspects on Allelopathic Research

길봉섭  
원광대학교 생명과학부

### ABSTRACT

To investigate phytotoxic substances in some donor plants and their biological activities, seed germination and seedling growth of receptor plants were examined at different concentrations of aqueous extracts and essential oils of the donor plants.

Germination of some receptor species was inhibited by the extracts, while seedling growth was decreased to a lesser degree than in the germination test. Germination, seedling growth and dry weight growth of *Achyranthes japonica* grown in pot were proportionally inhibited by the extracts.

Volatile substances emitted some donor plants caused inhibitory effects in the germination and seedling growth of the receptor species. Essential oil of the plants extracted by Karlsruher's apparatus inhibited growth of microorganisms, callus growth and root hair development of receptor plants. The cortical cells at the root tips of *Latuca sativa* treated with essential oils showed contraction of the cytoplasm, resulting in plasma membranes becoming detached from the cell walls and the cells metamorphosing irregularly. Accumulation of lipid granules inside contracted cytoplasm and degeneration of mitochondrial cristae were also observed.

The GC/MS method was employed for analysis and identification of allelochemicals from donor plants. Sixty-one chemical substances such as camphene, cineole etc. were identified from essential oils of *Artemisia argyi*.

## I. 서론

알레로파시는 식물-식물간 중요한 생리생태작용으로서 경쟁과 함께 간섭(interference)에 포함된다(Rice 1984). Molisch(1937)는 알레로파시란 미생물을 포함한 모든 식물 사이의 해로운 생물화학적 상호작용이라 하였고, Fischer et al.(1994)과 Langenheim(1994)는 식물로부터 산출된 식물독성 물질이 환경으로 방산되어 이루어지는 식물의 경쟁적 전략이라고 하였다. 사실상 식물이 내는 화학물질은 이차대사산물로서 식물체의 조직, 기관 예컨대, 잎, 꽃, 뿌리, 종자, 싹 심지어는 꽃가루로부터도 나와서 자기방어작용을 하는 것이다. 이러한 물질들을 알레로화학물질(allelochemicals)이라하며, 수 많은 종류가 있으나, 중요한 몇가지만 예시하면 phenolic compounds, flavonoids, alkaloids, terpenoids 등이 있다. 이러한 알레로화학물질은 식물이 수용성, 휘발성 물질로 주위 환경으로 방산한다.

국내에서는 Lee and Monsi(1963)의 소나무를 비롯하여 많은 알레로파시 연구가 보고된바 있다. 실험재료를 위주로 간추려보면 곰솔(길 1983), 토마토(김과 길 1984), 일본잎갈나무(고 와 길 1985), 리기다소나무(노와 길 1986), 국화(길과 이 1987), 쑥(윤과 길 1989), 리기다소나무(이 등 1990), 잣나무(길 등 1991), 측백나무(길 1993), 편백(곽과 길 1994), Lee et al.(1996), 비쭉(길 과 유 1996), Kim et al(1997), 이 등(1997), *Ficus bengalensis*(Jayakumar et al. 1998), *Acasia melanoxylon*(Manikandan et al. 1998), *Parthenium hysterophorus*(Eyini et al. 1999), 산국(차 등 1999), 이와 김(1999), 참쭉(길 등 2000), 개똥쭉(김 등 2001), Kim et al(2004) 등이 있다.

본고에서는 저자 등이 실험실과 야외에서 실시한 실험결과를 중심으로 알레로파시 연구에 관한 기초와 그에 따르는 전망을 논하고자한다.

## II. 연구방법

### 1. 알레로 화학물질 준비

#### 1) 수용성 물질

공여체식물(donor plant)의 잎, 낙엽, 줄기, 뿌리, 꽃 등을 생중량 100-200g당 물 1리터를 넣고 섭씨 18도 또는 80도에서 24시간 추출하여 체로 걸러서(추출

액, extract) 냉장고에 보관하고, 실험시 사용한다. 식물 지하부로부터 얻은 삼출액(exudate)도 냉장 보관하면서 실험시 사용한다. 세탈액(leachate)은 빗물로부터 얻거나, 재료에 물을 뿌려서 얻고, 세탈액과 삼출액은 층계장치(stair-step apparatus)를 이용한다. 추출액의 농도는 추출원액을 100%로하고 10, 30, 50, 70%로 희석해서 사용했다. 그리고 공여체식물의 임상 흙과 식물이 없는 이웃 흙을 대조구로하여 토양직파 실험을 한다.

## 2) 휘발성 물질

비이커 내에 공여체·식물 재료를 넣고 이것을 유리수조안에 넣는다. 유리수조 바닥은 여과지를 깔고 수용체 식물의 종자를 산파한후 수조를 비닐랩으로 봉한다. 또한 식물 재료를 Karlsruker장치에 넣어 정유(essential oil)를 얻는다 (Stahl 1973). 이 정유는 발아와 미생물 향균 또는 조직배양실험 등에 사용한다.

## 2. 알레로파시 실험

### (1) 발아와 성장 실험

공여체식물의 추출액, 삼출액, 세탈액 등을 실험구로 준비하고, 대조구에는 물을 실험구와 동량 공급하여 발아와 유식물 성장을 실험한다. 생장은 생량과 건량 또는 칼로리를 측정하여 판정한다. 모든 결과는 아래와 같이 상대량으로 계산한다.

즉, 상대발아율(RGR) = 실험구의 발아율 / 대조구의 발아율 x 100

상대신장율(RER) = 실험구의 유식물 신장 / 대조구의 유식물 신장 x 100

상대생중량(RFR) = 실험구 유식물의 생중량 / 대조구 유식물의 생중량 x 100

상대건중량(RDR) = 실험구유식물의 건중량 / 대조구 유식물의 건중량 x 100

\* 건중량은 재료를 섭씨 80도에서 건조, 항량이 된때의 무게

억제지수(I) = 수용추출액에서의 실험치+빗물세탈액에서의 실험치 / 대조구값 x 2

발아억제지수(GI) =(1-실험구의 발아율 / 대조구의 발아율) x 100

저항지수(RI) =  $5 \times 10^{-4}$  M phenolics 처리구의 발아값/대조구의 발아값

상호성장지수(IG) = 성장우위-성장열위/성장우위 x100

수용액에서의 발아와 생장 실험은 페트리접시, U자관, pot, 발아상자 등을 사용했다. 공여체식물로부터 방산되는 휘발성물질에서의 발아와 생장실험은 K's 장치를 이용했다(길 등 1989). 아울러 실험식물로부터 분석확인된 화학성분과 동일한 시약을 준비하여 생물학적정량(bioassay)을 실시하였다.

## (2) 조직배양

공여체식물로부터 얻은 정유를 사용하여 수용체식물의 증식 callus를 MS 121 배지에 치상하여, 페트리접시 중앙에 여과지 조각을 놓고 정유 0, 5, 10, 15, 25, 50, 100 $\mu$ l씩 첨가하여 wrap으로 싸 다음 섭씨 26도에서 30일간 암배양한후 callus 건중량을 측정하여 생장율을 비교 산출하였다. MS 배지 1mg/l 2,4D2mg/1NAA, 1mg/l kinetin을 첨가했다. 배지의 pH는 1%agar를넣기 전에 pH5.8로 조절했으며, 이를 증기고압 멸균기에서 15분간 멸균후 clean bench에서 직경 100 x 높이 15mm 멸균한 페트리 접시에 20ml씩 분주하였다. 실험식물의 callus를 약 5mm로 균일하게 잘라 접시 당 10개씩 원형으로 치상하였다. 이때 정유는 0, 5, 50, 75 $\mu$ l씩 처리하여 paraffin으로 싸서 섭씨25도에서 암배양하였다. 배양 30일 후 처리당 30개씩 callus의 생중량을 측정하고 이를 건조한 건중량도 측정했다.

## (3) 미생물의 항균 실험

실험에 사용한 균주는 원광의료원과 원광보건대에서 분양 받은 10종의 ATCC균주이다. 실험은 cylinder cup법과 한천희석법을 사용했다(길 등 1993).

## (4) 화학물질 분석

분석 시료를 Karlsruker 장치(Stahl 1973)로 수증기 증류하여 정유를 얻어 실온에서 감압 농축하여 gas chromatography(GC)에 주입전까지 영하 20도의 냉동고에 보관하였다. GC는 Hewlett Packard 5890 capillary GC, column은 SE 54(50 x0.33um x 0.2mm), oven온도는 섭씨 45도에서 5분간 유지하고, 300도까지 4도/분 속도로 올린후 3분간 유지하였으며, injector 온도는 250도 였고, transfer line 온도는 250도, ion source 온도는 200도 였으며, carrier gas flow는 0.5mg/min(He)로, head pressure는 34psi로 하였고, split ratio는 1:10으로

했다.

#### (5) 생물학적 정량

공여체식물로부터 분리확인된 화학성분과 동일한 시약을 준비하여 이들 약품을 각각 210ml의 페트리 접시에 놓았다(Heisey and Delwiche 1983). 즉, 페트리 접시 안에 탈지면을 깔고 그 위에 여과지를 놓은후 aluminium foil로 직경 1cm크기의 오목한 작은 용기를 만들어서 놓고, 수용체식물의 종자를 30알씩 산과한 후 준비한 시약을 각각 5, 10, 15, 20 $\mu$ l씩 foil 용기에 떨어뜨린 다음 페트리접시를 parafilm으로 밀봉하여(Vokou and Magaris 1986) 형광등이 설치된 25°C의 growth chamber에서 발아율과 어린 식물의 생장을 조사하였다.

#### (6)뿌리털 발달

수용체식물의 발아된 유식물을 페트리접시 안에 여과지를 깔고 그 위에 놓고 정유를 일정액 처리한다. 24시간 후 뿌리털의 발생을 광학현미경으로 검경하고 사진 기록한다.

또한 유식물의 절단편을 5% glutaraldehyde (0.1M phosphate buffer, pH7.0)을 4°C에서 4시간동안 전고정처리한다. 이것을 완충용액으로 씻고, 1% osmium tetroxide에 후고정처리한다. 그다음 다시 같은 완충액으로 세척하고, ethanol로 탈수후 propylene oxide로 처리하며, 이를 Epon mixture로 포매한다. 이를 rotary ultramicrotome으로 2 $\mu$ l크기로 절단, 0.5 %toluidine blue로 염색하여 LKB-V ultramicrotome을 이용하여 80mm 은 절편을 만들어 100meshdopper grid 위에 모아서 30분간 uranyl acetate와 10분간 lead citrate로 이중염색하여 TEM(Hitachi H-600, 75 KV)으로 검경, 사진 기록한다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 황해쑥의 수용추출액에 의한 발아와 생장

황해쑥 잎 수용추출액을 새, 들피, 소리쟁이, 상추의 종자 발아실험에 사용했다. 이 중에서 새는 추출액에 별다른 영향을 받지 않았다. 들피는 고르지 못한 결과를 보였고, 소리쟁이는 대조구에 비하여 실험구의 값이 낮았다.

황해쑥의 수용추출액에서 유식물 생장을 실험한 결과 돌피는 실험구 값이 대조구 보다 오히려 높은 촉진효과를 보였고, 새, 소리쟁이, 상추는 추출액의 농도 50%이상에서는 대조구보다 억제되는 결과를 나타냈다. 화분에서 재배한 쇠무릅의 발아와 유식물 생장은 추출액의 농도에 비례적으로 감소했다.

## 2. 황해쑥 휘발성 물질에 의한 발아와 성장

황해쑥의 줄기에서 나오는 휘발성물질은 상추의 발아에는 아무런 영향을 주지 않은 것으로 나타났으나 황해쑥의 잎에 함유되어있는 화학성분은 정도의 차이는 있지만 발아억제 현상을 나타냈다. 즉, 실험구의 값은 대조구에 비하여 72.5%구에서 44%까지 발아율이 뚜렷하게 저조하였다. 그래서 황해쑥의 줄기보다는 잎 속에 더 높은 농도의 발아 억제 물질이 함유되어 있는 것으로 추정되었다.

황해쑥의 잎과 줄기에서 방산되는 휘발성물질에 의한 상추의 유식물 신장은 대조구에대한 실험구 값이 모두 저조하였다. 즉, 황해쑥의 잎과 줄기의 양 29g 실험구에서부터는 대조구 값의 절반 정도로 억제적이었다.

한편 황해쑥의 잎 정유에 대한 돌피의 발아와 생장은 비교적 높은 값을 나타냈다. 즉, 대조구 값 보다는 실험구의 값이 한 곳을 제외하고는 모두 낮았지만 통계적으로 유의성이 없었다.

## 3. 조직배양

배양 2주부터 대조구에 비하여 실험구의 값은 저조하였다. 황해쑥의 정유에 대한 실험식물의 callus 성장은 정유의 농도가 높아짐에 따라 유의하게 감소하였다. 다만 수용체식물의 종류별 차이는 있었다. 반하보다 벼의 경우가 더 심하게 억제되었다. 즉, 반하는 들에서 자라는 식물로서 오랜세월 동안 *Artemisia*속 식물과 가까이 살아왔고, 벼는 인위적으로 통제된 환경에서 장기간 재배되어왔기 때문에 정유에 대한 callus 성장시 더욱 민감하지 않았나 여겨진다. 식물간에 phytotoxin에 대한 세포분열 및 성장 반응이 상이하는 것은 잘 알려진 일이다(Yun 1991, Wolf and Earle 1990).

#### 4. 미생물 실험

CM 배지에 황해쑥의 정유를 첨가하여 배양한 균류의 성장결과 정유농도가 증가함에 따라 억제되는 경향이 나타났다. 그러나 그 억제정도는 심하지 않았다.

#### 5. Allelochemicals 분석

황해쑥 잎속에 함유되어있는 휘발성물질을 gas chromatography로 분석한 결과 1.8 cineole 등 61종류가 분리 확인 되었는데 chromatogram상 비교적 많은 양을 보이는 물질은 campene, camphor 등이었다. Yoo(1993)에 의하면 비쑥의 정유로부터 39종류의 화학성분을 분리, 확인 했는데 비쑥과 황해쑥 양쪽에 공통으로 들어있는 성분은 sabinene, 1.8 cineole, linalool 등 22종류였다.

#### 6. 생물학적 정량

사철쑥으로부터 분석한 화학성분과 동일한 시약으로 생물학적 정량을 실시한 결과 실험에 사용된 7종 성분중 발아와 신장 성장율에 가장 심한 억제효과를 나타낸 것은 terpinen-4-ol이었고 그다음은 1.8 cineole이었으며, 나머지는 농도 별로 차이가 있었다.

#### 7. 뿌리털 발달 실험

편백의 정유를 실험구에 처리하여 본 상추의 근모발생은 저농도인  $5\mu\text{l}$ 에서도 억제적이었다.  $10\mu\text{l}$ 와  $15\mu\text{l}$ 에서는 더욱 심하게 억제되었고,  $20\mu\text{l}$  실험구의 뿌리털신장은 거의 이루어지지 못했다. 편백의 수피로부터 얻은 정유에 처리한 뿌리털신장 역시 농도에 따라 반비례적으로 나타났다.

한편 뿌리 끝의 피층세포를 TEM으로 검경해본 결과 대조구에 비해 실험구의 것은 세포벽으로부터 세포질이 분리되고, 원형질막은 움츠러들었으며, 액포안에 전자밀도가 높은 과립물질이 쌓였다.  $10\mu\text{l}$  구에서는 세포질이 기형으로 움츠러들었고, 수 많은 과립이 나타났다. 편백 과일의 정유  $15\mu\text{l}$ 와  $20\mu\text{l}$ 를 처리한 실험구는 뿌리끝 전체가 오그라들었고 세포는 퇴행된 미토콘드리아를 가진 길쭉한 떡모양으로 심하게 기형을 나타냈다. Rho(1992)와 Kim(1993)은 수용추추액

을 처리한 실험식물의 세포 끝부분이 기형을 나타낸다고 했는바, 이는 본 실험 결과와 일치된다. 이러한 사실은 비정상적인 세포란 세포질의 퇴행과 관계되며, 세포벽으로부터 세포질의 분리나 미토콘드리아의 퇴행 등으로 이어져서 결국 실험식물의 성장 억제가 되는 것으로 풀이된다.

## 8. 알레로파시 연구의 전망

알레로파시 연구는 고가의 기자재없이도 이루어질 수 있다. 실험재료가 특수하게 한정적이 아니어도 가능하다. 한국식물-식물 상호작용은 다른나라의 것과 다르므로 지역특이성을 극대화 할수 있다. 연구의 장래 전망을 실현성 위주로 항목별로 나열해 본다.

- (1) 농작물 생산 : 윤작에 대한 알레로파시 원리 적용, 잡초와 작물의 관계
- (2) 농림업의 응용 : 삼림 쇠퇴와 알레로파시, 식수 종류와 알레로파시 원리 응용
- (3) 해충 관리 : 천연화학물질에 의한 해충방제, 잡초방제, 해충, 선충문제, 질병
- (4) 알레로화학물질 연구 : 분리와 확인, 생물학적 활성연구와 현장 적용
- (5) 연구방법론 : 생물학적 정량, sampling, extract, leachate, exudate 실험
- (6) 야외실험 : 농업생태계와의 현장적용, 야외실험실시
- (7)연구의 국제화 : 국제화학생태학회, 국제알레로파시학회

## 요 약

공여체식물의 잎, 줄기 등의 수용성 추출액을 준비하여 수용체식물의 종자발아와 유식물생장실험을 실시하였다. 그 결과 수용체식물 종류별로 정도의 차이는 있었지만 대조구보다 실험구의 발아율이 저조하였다. 위와 같은 방법으로 성장시킨 유식물의 생장은 발아실험 결과보다는 덜 억제적이었다. 화분에 심은 식물의 발아와 유식물 생장은 추출액농도에 따라 감소하였다. 한편 공여체식물의 휘발성 물질에 대한 수용체식물의 발아와 생장은 종에 따라 서로 다르게 나타났다. 정유로 처리한 미생물의 항균실험 결과는 대조구보다 실험구의 값이 약간 억제되었고, 같은 정유로 조직배양에 적용해본 시험은 callus 생장이 정유



농도 증가에 따라 심하게 억제되었다. 그래서 생장 억제물질이 함유되어 있다고 보고, 황해쑥의 잎을 화학분석하여 61종의 성분을 확인하였으며, 이들은 terpinoid가 대부분임을 알아냈다. 이들 중 동일한 성분인 9종의 시약으로 생물학적정량을 실시하여 보았다. 또한 정유를 써서 근모의 발달을 광학현미경으로 검경하고 근단 조직을 전자현미경으로 관찰한 결과 근모 발생 억제와 근단 세포의 세포기과 기형화로 결국 생장억제를 가져온다고 알아 냈다.

요컨대, 종자발아 실험, 어린 식물 신장실험, 미생물생장, 조직배양 등의 실험 결과를 종합해 보면 식물에 들어있는 천연화학물질은 다른 식물의 생장에 억제적이어서 식물은 생활의 이차대산물을 자기방어작용에 사용한다는 사실을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- 고병국·길봉섭. 1985. 식물의 발아와 생장에 미치는 일본잎갈나무의 Allelopathy효과. 한국생태학회지 8(1):15-19.
- 곽승훈·길봉섭. 1994. 편백이 편백식재림의 하층식생에 미치는 Allelopathy효과. 한국생태학회지 17(1):11-22.
- 노범진·길봉섭. 1986. 리기다소나무의 독성물질이 다른 식물에 미치는 영향. 원광대 기초과학연구지 5(1):19-27.
- 길봉섭. 1983. 군집내의 식물의 상호작용에 관한 연구 II. 소나무 독성물질의 분리와 동정. 원광대 기초과학 연구지 2(1):33-43.
- 길봉섭. 1993. 측백나무에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지 16(2):181-190.
- 길봉섭·유현경. 1994. 식물의 생장에 미치는 비쑥의 독성작용. 원광대 기초과학 연구지 13(2):140-145.
- 길봉섭·이승엽. 1987. 수종 초본식물의 발아와 성장에 미치는 국화의 Allelopathy효과. 국제화학생태학회지 13(2):299-308. (영문).
- 길봉섭·오석훈·김영식. 1989. 곰솔에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지 12(1):21-35.

- 길봉섭·김영식·이승엽·윤경원. 1993. 잣나무 천연화학물질이 callus유기 및 세균 배양에 미치는 영향. 한국생태학회지 16(3):275-285.
- 길봉섭·한동민·이채호·김영식·윤경원·유현경. 2000. 참쑥의 알레로파시효과. 한국생태학회지 23(2):149-155.
- 김귀순·길봉섭. 1984. 곶솔 수용추출액이 식물에 미치는 allelopathy효과. 원광대 기초과학연구지 3(1):38-45.
- 김현철·길봉섭·이영행. 2001. 개똥쑥의 천연화학물질에 의한 항균효과와 성분확인. 한국생태학회지 24(3):137-140.
- 윤경원·길봉섭. 1989. 쑥에 들어있는 화학물질이 다른 식물에 미치는 독성효과. 한국생태학회지 12(3):161-170.
- 이호준·김용옥·김선호. 1990. 리기다소나무의 allelochemicals가 발아중인 무종자의 단백질, peroxidase 밴드 및 활성도에 미치는 영향. 건국대 이학논집 15:95-102.
- 이호준·김용옥·장남기. 1997. 수종 식물의 분비물질이 종자발아와 균류생장에 미치는 알레로파시효과. 한국생태학회지 20(3):181-189.
- 이호준·김용옥. 1999. Allelochemicals 함유식물의 항균효과. 한국생태학회지 22(1):51-58
- 차정단·김태영·우원홍·정규용·김강주·길봉섭. 1999. 산국 휘발성 추출액의 항균 및 항진균활성. 원광 생체재료·매식연구소 8(1):235-244.
- Eyini, M., M. Jayakumar, C. Pothiraj and Bong-Seop Kil. 1999. Allelopathic effect of *Parthenium hysterophorus* on crop and weed plants. Korean J. Ecol. 22(2):85-88.
- Fischer, N.H., G.B. Williamson, J.D. Weidenhamer and D.R. Richardson. 1994. In search of allelopathy in the Florida scrub: the role of terpenoids. J. Chem. Ecol. 20:1355-1380.
- Heisey, R.M. and C.C. Delwiche. 1983. A survey of California plants for water extractable and volatile inhibition. Bot. Gaz. 144:382-390.
- Jayakumar, M., M. Eyini, M. Manikandan and Bong-Seop Kil. 1998. Allelopathic effects of extracts from *Ficus bengalensis* L. Korean J. Ecol. 21(2):133-137.

- Kim, Y.O. 1993. Effects of allelochemicals from *Pinus rigida* on the seed germination, cell structure and isozyme band patterns of some plants Ph.D. Dissertation, Kon-Kuk University. 88pp.
- Kim, Y.O., H.J. Lee and N.K. Chang. 1997. Effects of *Pinus rigida* allelochemicals on isozyme activities during seed germination of *Cassia mimosoides* var. *nomame*. Korean J. Ecol. 20(2):103-109.
- Kim, Y.O., H.J. Lee, P. Johnson, Green, J. Johnson and E.J. Lee. 2004. Allelopathy of native and exotic plant in Korea. (in press).
- Langenheim, J.H. 1994. Higher plant terpenoids : A phytocentric overview of their ecological roles J. Chem. Ecol. 20:1223-1280.
- Lee, H.J. and Y.O. Kim. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some plant. Korean J. Ecol. 19(4):329-340.
- Lee, I.G. and M. Monsi. 1963. Ecological studies on *Pinus densiflora* forest. I. Effects of plant substances on the floristic composition of the undergrowth. Bot. Mag. (Tokyo) 76:400-413.
- Manikandan, M., M. Jayakumar, M. Eyini and Bong-Seop Kil. 1998. The bioefficacy of methanol crude leaf extract of *Acacia melanoxylon*. Korean J. Ecol. 21(6):805-808.
- Molisch, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie. Fischer, Jena. P.20.
- Rho, B.J. 1992. Allelopathic potential of *Thuja orientalis*. Ph.D. Dissertation. Wonkwang University, Iri. 85pp.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy, 2nd ed. Academic Press. Orlando, Florida. 422pp.
- Stahl, E. 1973. Thin-layer chromatography, 2nd ed. Allen and Unwin. Springer-Verlag. London 208pp.
- Vokou, D. and N.S. Margaritis. 1986. Autoallelopathy of *Thymus capitatus*. Acta Ecologia 7:157-163.
- Wolf, S.J. and E.D. Earle. 1990. Inhibition of callus growth by *Helminthosporium carbonum*. Race 1 toxin. Crop Sci. 30:728-734.

Yoo,H.K.1993. Allelopathic potential of natural chemical substances in *Artemisia scoparia* on selected species. M. S. Thesis. Wonkwang University. Iri.

Yun, K.W. 1991. Allelopathic effect of chemical substances in *Artemisia princeps* var. *orientalis* on selected species. Ph. D. Dissertation, Wonkwang University, Iri.