

## 수종 나자식물의 잎 수용 추출액이 무궁화의 품종별 종자발아와 유식물 및 초기생장에 미치는 영향

배 병 호<sup>†</sup> · 김 용 옥\*

건국대학교 생명자원환경과학부, 미국 워싱턴 주립대학교\*

**적 요:** 나자식물 5종의 잎 수용 추출액과 무궁화 4품종간의 allelopathy 현상을 조사하였다. 이들 수용 추출액의 총 phenolic compound 함량은 리기다소나무가 2.21 mg/L, 그리고 생육지의 수관 내 토양 총 phenolic compound 함량은 잣나무가 1.38 mg/L로 가장 높았다. 그리고 HPLC를 이용하여 phenolic compound의 성분을 분석한 결과 14종을 확인하였고, 그 중 리기다소나무의 phenolic compound함량은 320.56 g/mg으로 가장 높았으며 특히 5-sulfosalicylic acid가 312.55 g/mg로 분석되었다. 수용 추출액의 총 phenolic compound 함량과 pH와는 상관관계가 없었으나 총 phenolic compound는 공여체 식물의 수관내 토양 pH에 변화를 보이고 있다. 무궁화의 종자발아 실험에서 수용 추출액의 입계농도는 25%였으며 이 경우 잣나무의 수용 추출액은 4품종의 상대종자발아율이 대조구와 유사하거나 약간의 발아 촉진현상이 나타났고, 도입종인 캄판화 종자는 모든 수용 추출액의 처리구에서 대조구보다 촉진되었다. 또한 유식물 생장에서 서호향은 대조구보다 처리구의 지상 및 지하부의 생장이 모두 촉진되었으며 그 외 품종들의 지상부 생장은 대조구와 유사하고 지하부는 촉진되었다. 또한 실외의 초기생장에서 서호향은 대조구보다 처리구에서 촉진되었고 그 외 품종은 대조구와 유사하거나 감소하고 건중량은 서호향이 모든 처리구에서 대조구보다 촉진되었고 그 외의 품종은 대부분 대조구보다 억제되었다. 엽록소의 함량은 대조구와 비교하여 고요로와 서호향의 품종에서 약간의 촉진현상이 있었으나 그 외에서는 유의한 차이가 없었다. 그러므로 5종의 나자식물 수용 추출액은 무궁화의 4품종 중에서 서호향은 생장의 촉진을, 그리고 다른 품종들은 억제 시키는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

**검색어:** 건중량, 나자식물, 무궁화, 유식물 생장, 종자발아, 초기생장, 총 phenolic compound.

### 서 론

식물은 동종 및 이종간의 상호작용과 더불어 경쟁하고 있을 뿐 아니라 식물체 내에서는 allelochemicals라는 특정 화합물이 생성되어 밖으로 배출 되므로서 다른 식물의 종자 발아와 생장, 광합성, 식물군락의 형성과 천이, 식물의 생산 등에 영향을 미치는 생화학적 상호작용을 일으킨다(Eskelsen and Crabtree 1995, Kaputska and Rice 1976, Lee and Monsi 1963, Rice 1995, Wu and Harivandi 1998). 이러한 중요성 때문에 국내·외에서 많은 연구가 진행되어 왔으며 특히, 최근에는 allelopathy라는 용어를 생물학적 system의 성장과 발전에 영향을 주는 2차 대사산물 또는 생물학적 물질을 포함하는 일련의 과정으로 정의하면서 연구대상을 확대하여 식물학은 물론 다양한 분야의 연구를 포함 시키고 있다. 한편, 이들 연구의 방법론적 특징은 공여체 식물의 수용 추출액(길 1993, 김 등 1995, 윤 1999, 이 등 1990, Rice 1984)과 휘발성 물질(김과 김 2001a, Kil and Yun 1992, Yun et al. 1993,

윤 1999), 그리고 식물의 잔유물(AI-Naib and Rice 1971, Kuo et al. 1981)이 수용체 식물의 종자발아와 생장에 장애를 일으키거나 억제하는 생물학적 검정 방법이 연구되어 왔다. 그 중 수용 추출액에 의한 최근의 대표적인 국내연구는 식물의 생리작용에 관한 연구(김 등 1995)와 토양미생물의 항균 효과와 농작물이 잡초의 생육억제에 관한 연구(이 등 1997, 김 등 2000), 잡초가 농작물의 종자발아 및 생장에 미치는 연구(이 1999), 농작물의 품종별 생육에 미치는 영향을 비롯하여 산업적 측면의 연구(양 1998)가 활발히 진행되어 왔다. 그러나 도시지역에서는 각종 식물이 환경녹지 또는 오픈 스페이스로서 인간의 쾌적한 생활환경의 구성요소이며 다양한 기능을 발휘하고 있음에도 불구하고 환경식물학적 측면에서 이들 식물 상호간에 allelopathy현상을 밝히는 연구는 거의 진행되지 않고 있다.

한편, 이와 관련된 최근의 연구에서 다루어진 공여체 재료에는 목본식물로 교목의 나자식물(한국 Allelopathy 연구회 1997, 노와 길 1986, 길 1988, 이 등 1990, 김 등 1995, 길 등 1993, 김과 길 1984, 길 등 1989, 길 등 1993)과 야생 식물인 쑥과 산국(길

본 연구는 2000학년도 건국대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음

<sup>†</sup> Author for correspondence; phone: 82-43-840-3543, e-mail: bhbae@kku.ac.kr

등 1991a), 그리고 돼지풀(김과 김 2001b)과 같은 국화과의 초본 식물이 대표적인 재료로 선정되어 그 실험결과를 보고하고 있다. 따라서 이들 식물 중에서 목본의 나자식물들은 대부분이 allelopathy 현상이 있는 종으로 기록되어(한국 Allelopathy 연구회, 1997) 있을 뿐만 아니라 도시의 환경을 구성하고 있는 식물적 요소 중에서 높은 비중을 차지하며 중요한 역할을 하고 있으므로 이들 수목과 녹화용 재료로 이용되고 있는 다른 식물들에 대한 환경식물학적 측면에서 폭 넓고 다양한 allelopathy 현상이 밝혀져야 할 것으로 판단되고 있다. 그리고 수용체 식물은 야생종으로 질경이, 쇠무릎, 털버름, 들피, 용수염, 강피, 달맞이꽃, 참나물, 까마중, 차풀, 도깨비바늘, 장구채(길 등 1991a, b, 길 1993) 등이며, 재배종으로는 배추, 무우, 고추, 상치, 고들빼기, 벼, 잔디, 보리(김 등 1990, 길 등 1991a, 길 1993) 등으로 지금까지는 대부분 목본과 초본의 관계를 밝히고 있으므로 앞으로는 목본 식물 특히, 교목과 관목의 상호간에 allelopathy 현상의 규명은 중요한 과제라 할 수 있다. 따라서 본 연구는 도시의 환경녹지 또는 녹음수로 매우 중요한 위치를 차지하고 비교적 이용빈도가 높은 수종의 교목성 나자식물을 공여체로, 그리고 이들 식물과 같이 환경녹지를 조성하거나 장식용수의 재료로 많이 이용되고 있는 무궁화를 수용체로 하여 이들 상호간의 allelopathy에 대한 기초적 현상을 밝히고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료의 선정 및 채취

본 실험에서 공여체 식물은 도시녹지의 구성요소로서 중요한 비중을 차지하고 있는 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.), 리기다소나무(*Pinus rigida* Mill), 잣나무(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.), 잣나무(*Abies holophylla* Max.), 은행나무(*Ginkgo biloba* L.) 등의 5종을 선정하였으며, 수용체 식물은 녹지조성에서 다양한 기능을 발휘 시킬 목적으로 공여체 식물들과 혼식(계층구조도 포함)되고 있는 관목으로 무궁화 중에서 자단심계의 홑꽃이고 증생종으로 반 음지와 토성을 가리지 않고 잘 생육하고 있으므로 대중적이면서 많이 이용되는 것으로 밝혀진(최와 이 1988, 허 등 1997, 김 등 1992, 유와 김 1997, 林 등 1992a, b) 고오로(*Hibiscus syriacus* Koyoro), 홍화랑(*Hibiscus syriacus* Hongwarhang), 서호향(*Hibiscus syriacus* Seohohyang), 그리고 외국의 도입 선발종(유와 염 1973)이며 백단심계의 홑꽃인 캄판하(*Hibiscus syriacus* Cambanha)을 선정하였다. 한편, 이들 시료는 건국대학교 충주 캠퍼스 및 실습 포장과 그 주변 일대에서 공여체 식물의 잎은 생장기인 9월에 채취하고 수용체 식물의 종자는 10월 하순에 채종하였다.

### 수용 추출액의 제조

공여체 식물에서 채취한 5종의 잎을 증류수 1000 ml 당 각각 200 g 씩 정량하여 80°C로 24시간 처리한 후 여과하고 이를 냉각고(5°C)에 보관하면서 사용하였다. 발아 및 성장실험에 사용된

수용 추출액은 추출원액을 100%로 하였으며, 그 외의 농도는 75%, 50%, 25%, 10%로 희석하여 본 실험에 사용하였다.

### 수용 추출액과 수관 내외 토양의 총 Phenolic Compound와 pH의 측정

공여체 식물의 잎으로 제조한 수용 추출액과 공여체 식물이 생육하고 있는 수관 내·외의 토양중 총 phenolic compound를 측정하기 위하여 공여체 식물의 종류 별로 수관 안쪽의 임상 토양과 수관에서 2 m 밖에 나지 토양의 유기물 층을 제거한 후 5 cm 깊이의 토양을 9월 하순에 각각 3장소에서 반복 채취하여 건조 시켰다. 이 토양을 2 mm 체로 걸러 10 g의 토양에 증류수 50 ml를 첨가한 후 침전 시킨 상층액을 준비하고(Inderjit et al. 1996), Folin-Denis 시약과 포화상태의 sodium carbonate 용액을 만들어 Mugeso와 Waterman (1992)의 방법으로 총 phenolic compounds의 함량과 토양의 pH를 3회 반복하여 측정하였다.

### 수용 추출액의 Phenolic Compound 성분 분석

수용 추출액의 성분분석은 HPLC(Shimadzu LC-10AT<sub>VP</sub>)를 이용하여 실시하였다. 분석시 표준시약은 phenolic compounds로 잘 알려진 benzoic acid, caffeic acid, ferulic acid, gallic acid, salicylic acid, p-coumaric acid, vanillic acid, syringic acid, 5-sulfosalicylic acid, hydroquinone, catechol, gentisic acid, protocatechuic acid, scopoletin 등 14 종류를 사용하였다. 또한 시료의 조제는 각 식물 추출액을 동결건조기에 넣어 건조 시킨 후 분말가루 0.2 g을 증류수에 첨가하여 50 ml로 한 후 membrane filter (0.45 μm pore size, Whatman, USA)로 여과하여 검액으로 사용하였다. 표준시약의 조제는 정량용 phenolic compound 14종 각각을 10~20 mg과 메탄올을 혼합한후 50 ml 하여 표준액으로 하였다. 검액 및 표준액 10 μl로 시험하여 phenolic compound의 피크면적 A<sub>T</sub> 및 A<sub>S</sub>를 측정하였다. HPLC는 Detector(Shimadzu SPD-10AT<sub>VP</sub>), Detection(UV 280 nm)의 분석 조건으로 Column은 VP-ODS(250 × 4.6 mm)를 사용하고, eluent는 40분 안에 A에서 B로 gradient elution(A : 10% acetic acid in water, B : acetonitrile)을 하였고, flow rate는 1.0 ml/min, injection volume은 10 μl로 하였다.

### 수용 추출액의 처리에 의한 무궁화 종자 발아 및 유식물의 생장

종자발아 및 유식물의 생장실험은 수용 추출액을 처리하여 실내에서 실시하고 실외에서는 초기생장 및 엽록소 함량을 측정하여 그 특징을 비교 검토하였다.

무궁화 종자의 발아실험은 예비실험 결과 모든 품종이 30°C에서 가장 높은 발아율을 보이고 있었기 때문에 발아실험은 30°C에서 실시하였다.

종자의 파종은 건열 멸균한 90 mm petri-dish에 여과지(Whatman, No. 100) 2매를 깔고 비교적 균질한 크기의 종자를 선별하여 3~5% sodium hypochloride 용액에서 3분간 소독하고 증류수로 3회 이상 세척한 종자 25립씩을 파종한 후 3반복으로 백색 형광등의 인공광선 하에서 30°C를 유지한 growth chamber

(KMC-1302L) 내에서 실시하였다. 실험구는 각 농도별 수용 추출액(10%, 25%, 50%, 74%, 100%)을, 그리고 대조구는 증류수를 건조하지 않을 정도로 관수하면서 24시간 간격으로 발아한 종자의 수를 조사하고(Lodhi 1976) 아래의 식을 이용하여(Kil and Yun 1992) 상대발아율(relative germination ratio: RGR)을 계산하였다.

$$\text{상대발아율(\%)} = \frac{\text{실험구의 발아수}}{\text{대조구의 발아수}} \times 100$$

한편, 수용 추출액이 발아된 유식물의 생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 종자 파종 후 26일째의 발아실험이 끝난 직후에 임계 농도인 추출액 25% 실험구에서 발아된 개체 중에서 균질한 크기의 유묘를 5개체 씩 선정하여 유묘의 성장길이를 지상 및 지하부로 나누어 mm단위로 측정하고, 각각 50℃에서 1주일 간 건조 시킨 후 건조중량을 mg단위로 측정하여 성장량을 비교 검토하였으며 실험은 3반복으로 실시하였다.

**수용 추출액에 의한 무궁화의 품종별 초기생육과 엽록소 측정**

종자발아 실험에서 얻은 균질한 유묘를 5개체씩 선택하여 직경 15 cm의 플라스틱 pot에 버뮤클라이트와 상토를 1:2로 혼합한 토양에 3반복으로 이식하고 온실(자연광선 상태에서 주간 기온 약 30℃와 50%전후의 습도조건)에서 25%의 수용 추출액과 증류수를 건조하지 않도록 일정량을 1일 1~2회씩 관수 하면서 3월에서 6월 사이에 90일(일부 식물의 하엽은 황화현상이 보이고 낙엽이 예상됨) 동안 재배한 후 채취하여 신장생장과 건조량을 측정하고 그 결과를 비교 고찰하였다. 또한 엽록소함량은 수용 추출액의 초기생장 실험 후 최종 채취를 하기 전일에 Pot당 완전하게 전개된 잎들 중 중간부위의 4잎을 선택하여 10회 3반복하여 Minolta Chlorophyll meter(SPAD-502, Minolta, Osaka, Japan)로 측정하였으며 이 방법은 acetone 추출액에 의한 전통적인 엽록소 측정 방법과 일치한다는 Porra 등(1989)의 방법을 변형하여 실시하였다.

**통계분석**

총 phenolic compound와 엽록소함량의 측정 및 모든 유식물 생장과 초기생장 실험은 3반복으로 하였으며 통계분석은 SAS (2000) 통계프로그램을 이용하여 Duncan's multiple-range test(P<0.05, P<0.001)를 수행하였다.

**결과 및 고찰**

**수용 추출액과 수관 내외의 토양중 총 Phenolic Compound 함량의 측정**

식물체 내의 phenolic compound들은 일반적으로 acid계통이며 shikimic acid 경로를 통해 생성 되어 외부로 배출되는 수용성물질이 대부분이며(Duke 1986) 이것이 다른 식물에 작용하게 되므로 이들 5종의 수용 추출액과 수관의 내·외에서 채취한 토

Table 1. Analysis of total phenolic compound (mg/l) on leaf extract, outside and inside soil of five gymnosperm species

Species	TP	outside	inside
<i>Pinus densiflora</i>	1.145±0.308 <sup>a</sup>	0.207±0.073 <sup>b</sup>	0.237±0.014 <sup>a</sup>
<i>Pinus rigida</i>	2.219±0.335 <sup>a</sup>	0.398±0.126 <sup>a</sup>	1.325±0.212 <sup>a</sup>
<i>Pinus koraiensis</i>	2.070±0.127 <sup>b</sup>	0.355±0.194 <sup>ab</sup>	1.386±0.134 <sup>a</sup>
<i>Abies holophylla</i>	1.553±0.223 <sup>c</sup>	0.412±0.224 <sup>a</sup>	0.877±0.032 <sup>b</sup>
<i>Ginkgo biloba</i>	1.418±0.206 <sup>c</sup>	0.292±0.064 <sup>b</sup>	0.382±0.107 <sup>c</sup>

TP: Total phenolic compound content. Means with the same letter are not significantly different between total phenolic compounds(Duncan's multiple range test, P<0.001), ± se of n=3 measurements each are given.

양중 총 phenolic compound를 측정하였다(Table 1, P<0.001). 그 중 5종의 수용 추출액에 대한 총 phenolic compound 함량은 리기다소나무(2.21 mg/L)가 가장 높았으며 잣나무(2.07 mg/L), 잣나무(1.55 mg/L), 은행나무(1.41 mg/L), 소나무(1.14 mg/L)의 순으로 낮았다. 그리고 수관 내 토양의 총 phenolic compound는 잣나무 1.38 mg/L가 가장 높았고, 리기다소나무 1.32 mg/L, 잣나무 0.87 mg/L, 은행나무 0.37 mg/L, 소나무 0.23 mg/L의 순으로 수용 추출액의 총 phenolic compound와 유사한 경향을 보였으나 수용 추출액에서 리기다소나무의 총 phenolic compound함량이 수관 내 토양에서는 현저한 감소를 보이고있다. 또한 수관 외 토양의 총 phenolic compound는 가장 높은 잣나무의 0.41 mg/L에서 소나무의 0.20 mg/L으로 적은 양을 나타내고 있으므로 5종의 나자식물이 생육하는 주변 나지의 토양 간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러므로 자연상태에서 빗물에 의해 추출된 수용성 phenolic compound는 수관 내 토양의 다른 물질과 결합하거나 비활성화 상태로 존재함으로써(Rice 1984) 토양내의 총 phenolic compound함량은 수용 추출액 보다 낮아지게 되고 수관 외 토양은 이보다 더욱 낮은 것으로 판단된다.

한편, Lodhi(1976)는 Missouri주의 산림토양에서 상당 양의 caffeic acid, ferulic acid, ρ-coumaric acid, hydroxybenzoic acid가 분포하며 토양 내에서 안정화된 상태로 지속적으로 잔존하여 식물과 토양미생물에 영향을 미치며 토양환경을 변화 시킨다고 하였다. 본 실험에서도 5종의 나자식물에서 수용 추출된 phenolic compound도 토양환경을 변화 시켜 주변식물의 생장에 영향을 미치는 것으로 예상할 수 있다.

**수용 추출액과 수관 내외의 토양 pH의 측정**

종자발아 및 생장실험에 이용될 수용 추출액과 5종의 공여체 식물이 분포하는 수관 내,외의 토양 pH를 측정하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 수용 추출액의 pH를 보면 잣나무가 4.54로 가장 높았고 은행나무는 3.86으로 가장 낮은 강산성을 나타내고 있다. 한편, 수관 내 토양의 pH범위는 소나무 4.87 에서 잣나무 6.96로 비교적 넓은 범위를, 그리고 수관 외 토양의 pH범위는 소나무 5.08에서 잣나무 6.98로 수관 내 토양보다 좁은 범위를 보

였으며 이러한 결과에서 수관 내 토양의 pH는 phenolic compound 영향을 받아 그 범위가 넓고 수관 외 토양 보다 낮은 산성을 띄고 있는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 나자식물 수용 추출액의 pH가 3.86에서 4.54로 강산성인 점에 비하면 수관 내외의 토양 pH는 자연상태에서 희석되거나 변화하여 상승된 값을 보이는 것으로 생각할 수 있다. 그 중 특히 잣나무는 수용 추출액과 수관 내외의 토양 모두에서 가장 높은 pH를 나타내었고, 은행나무의 수용 추출액 pH는 3.86으로 가장 낮았으나 토양에서는 수관 내의 pH가 6.11, 수관 외는 6.97을 나타내고 있어 이들 식물 중에서 가장 빠르게 희석 또는 변화하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 환경 녹화수로 많이 이용되고 있는 이들 대표적인 나자식물이 allelopathy현상을 자연상태에서 강하게 나타내는 것으로 보고(이 등 1990, 1997, Kim and Lee 1996, 한국 Allelopathy 연구회 1997)된 내용을 뒷바침 하는 것으로 판단된다. 그리고 총 phenolic compound 함량(Table 1)도 수용 추출액과 수관 내 토양에서 높게 조사되었으나 이들 pH와 총 phenolic compound와는 상관관계가 없었다. Olmsted와 Rice(1974)는 phenolic compound를 함유한 식물의 수용 추출액 pH는 대부분이 낮다고 하였다. 즉, 많은 학자들이 낮은 pH에 의하여 자연 상태에서 allelopathy현상이 식물상호간에 일어나는 것이 아닐까 하는 의문을 제시 하고 있다. 그러나 Elakovich와 Wootem(1991)의 견해와 본 실험의 결과인 Table 1과 2와 같이 잎의 총 phenolic compound가 수관의 토양 pH에 전반적으로 영향을 미치지만 phenolic compound 함량이 높은 식물의 pH가 비례적으로 낮은 pH를 갖는 것은 아니라는 것을 증명하였으므로 식물 상호간의 allelopathy현상은 식물의 천연물질인 2차대사산물에 의한 것임을 확인할 수 있었다.

HPLC에 의한 수용 추출액의 Phenolic Compound 분석

5종의 나자식물에 대한 수용 추출액의 phenolic compound를 14종의 phenolic compound 표준시약과 HPLC를 이용하여 분석한 결과(Table 3) 리기다소나무의 phenolic compound함량이 320.56 g/mg으로 가장 높게 나타났으며 특히 phenolic compound 중

Table 2. Comparison of pH on leaf extract, outside and inside soil of five gymnosperm species

Species	Extract	outside	inside
<i>Pinus densiflora</i>	4.43±0.15 <sup>b</sup>	5.08±0.19 <sup>c</sup>	4.87±0.26 <sup>c</sup>
<i>Pinus rigida</i>	4.44±0.27 <sup>b</sup>	5.31±0.28 <sup>c</sup>	5.30±0.38 <sup>d</sup>
<i>Pinus koraiensis</i>	4.47±0.36 <sup>b</sup>	6.33±0.34 <sup>b</sup>	5.62±0.19 <sup>c</sup>
<i>Abies holophylla</i>	4.54±0.95 <sup>a</sup>	6.98±0.40 <sup>a</sup>	6.96±0.21 <sup>a</sup>
<i>Ginkgo biloba</i>	3.86±0.25 <sup>c</sup>	6.97±0.37 <sup>a</sup>	6.11±0.46 <sup>b</sup>

Means with the same letter are not significantly different between pH (Duncan's multiple range test, P<0.001), ± se of n=3 measurements each are given.

Table 3. Quantitative analysis of concentrations of phenolic compounds(μg/mg) from five gymnosperm species by high performance liquid chromatography

PC (RT)	Species				
	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus rigida</i>	<i>Pinus koraiensis</i>	<i>Abies holophylla</i>	<i>Ginkgo biloba</i>
Gal. (4.5)	4.70		1.85		
Hyd. (5.3)		+			
5-sul. (5.7)	7.08	312.55			5.26
Pro. (7.6)	2.17		2.35	12.96	2.18
Cat. (11.2)	5.29	6.13		14.91	
Gen. (12.1)					+
Caf. (12.5)				+	
Van. (13.1)	0.11		+		0.09
Syr. (13.6)			2.05	1.99	
ρ-cou. (15.6)	2.52	+	+		1.07
SCO. (16.3)		1.88	3.49	+	0.55
Fer. (16.7)	+				
Ben. (19.7)		+			
Sal. (22.5)				+	
<b>Total</b>	<b>21.87</b>	<b>320.56</b>	<b>9.74</b>	<b>29.86</b>	<b>9.15</b>

Note: Maximum phenolic compound for each species is indicated in bold face. PC: phenolic compound, RT: retention time (min), + : a small quantity, Gal.: gallic acid, Hyd.: hydroquinone, 5-sul.: 5-sulfosalicylic acid, Pro.: protocatechuic acid, Cat.: catechol, Gen.: gentisic acid, Caf.: caffeic acid, Van.: vanillic acid, Syr.: syringic acid, ρ-cou.: ρ-coumaric acid, SCO.: scopoletin, Fer.: ferulic acid, Ben.: benzoic acid, Sal.: salicylic acid.

5-sulfosalicylic acid가 312.55 g/mg 으로 97%를 차지하고 있었다. 그의 잣나무 29.86 g/mg, 소나무 21.87 g/mg, 잣나무 9.74 g/mg, 은행나무 9.15 g/mg의 순으로 조사되었다. 특히 리기다소나무는 총 phenolic compound함량에서는(Table 1) 소나무보다 약 2배 높고 다른 공여체 식물에 비하여 가장 높았으나 HPLC의 의한 phenolic compound 분석 결과에서는 다른 종에 비하여 35배 이상 높은 정량 값을 나타내었다(Table 3). 이러한 결과는 allelopathy현상이 phenolic compound들 간의 상승작용 (Ames et al. 1975, Patterson 1981)에 의한 것이지만 리기다소나무의 5-sulfosalicylic acid와 같이 단독 phenolic compound의 효과는 그리 크지않음을 총 phenolic compound의 결과(Table 1)로서 알 수 있었다.

수용 추출액을 처리한 무궁화의 종자발아와 유식물의 생장

공여체 식물의 잎 수용 추출액을 무궁화의 품종별 종자에 처리하여 발아율과 유식물 생장을 조사 하였다. 그 결과 10% 농도에서는 발아율과 유식물 생장이 대부분의 품종에서 대조구와 유사하거나 약간의 촉진현상이 나타났으며 25% 농도에서는 종자발아와 유식물 생장이 현저하게 억제되므로 25% 농도를 본

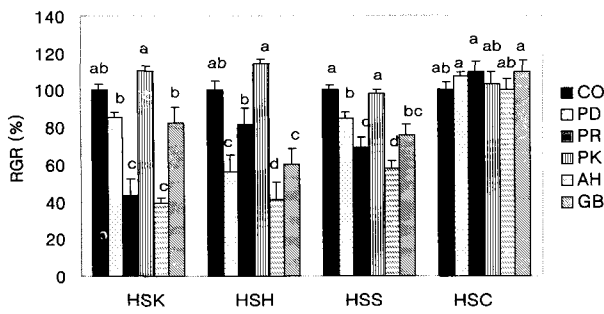


Fig. 1. Comparative of seed germination on *Hibiscus syriacus* Koyoro (HSK), *Hibiscus syriacus* Honhwarang (HSH), *Hibiscus syriacus* Seuhohyang (HSS) and *Hibiscus syriacus* Cambanha (HSC) treated with 25% extract of five Gymnosperms. Control(CO), *Pinus densiflora* (PD), *Pinus rigida* (PR), *Pinus koraiensis* (PK), *Abies holophylla* (AH), *Ginkgo biloba* (GB). Means with the same letter are not significantly different (Duncan's multiplier range test,  $P < 0.001$ ),  $\pm$  se of  $n=3$  measurements each are given.

실험의 임계농도로 결정하고 실험을 전개하여 상대종자발아율을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 무궁화의 고요로(HSK), 홍화랑(HSH), 서호향(HSS) 품종의 상대종자발아율은 잣나무의 수용 추출액(PK)을 처리한 실험에서는 대조구와 유사하거나 약간의 촉진현상을 보였으며 그 외 소나무(PD), 리기다소나무(PR), 잣나무(AH), 은행나무(GB)의 수용 추출액 처리구에서는 종자발아를 억제하여 전반적으로 유의한 차이가 나타났으나(Fig. 1,  $P < 0.001$ ) 5종의 수용 추출액을 처리한 캄판화(HSC)의 상대종자발아율은 유의한 차이가 없었다. 즉 무궁화의 4품종에 대한 종자발아는 도입종인 캄판화를 제외하고 전반적으로 나자식물(잣나무 제외)의 25% 수용 추출액에 의하여 발아율이 억제되는 일반적인 현상을 보였으나(Rice 1984, Inderjit and Dakshini 1992, 이 등 1997) 캄판화는 모든 수용 추출액의 처리에 의해서 오히려 대조구보다 발아가 촉진되거나 유사한 것으로 보아 낮은 농도의 수용 추출액에서는 영향을 받지않는 것으로 생각된다.

그리고 25% 수용 추출액의 처리에 의한 무궁화 품종별 유식물 생장을 지상 및 지하부로 나누어 측정한 결과(Fig. 2.  $P < 0.05$ )

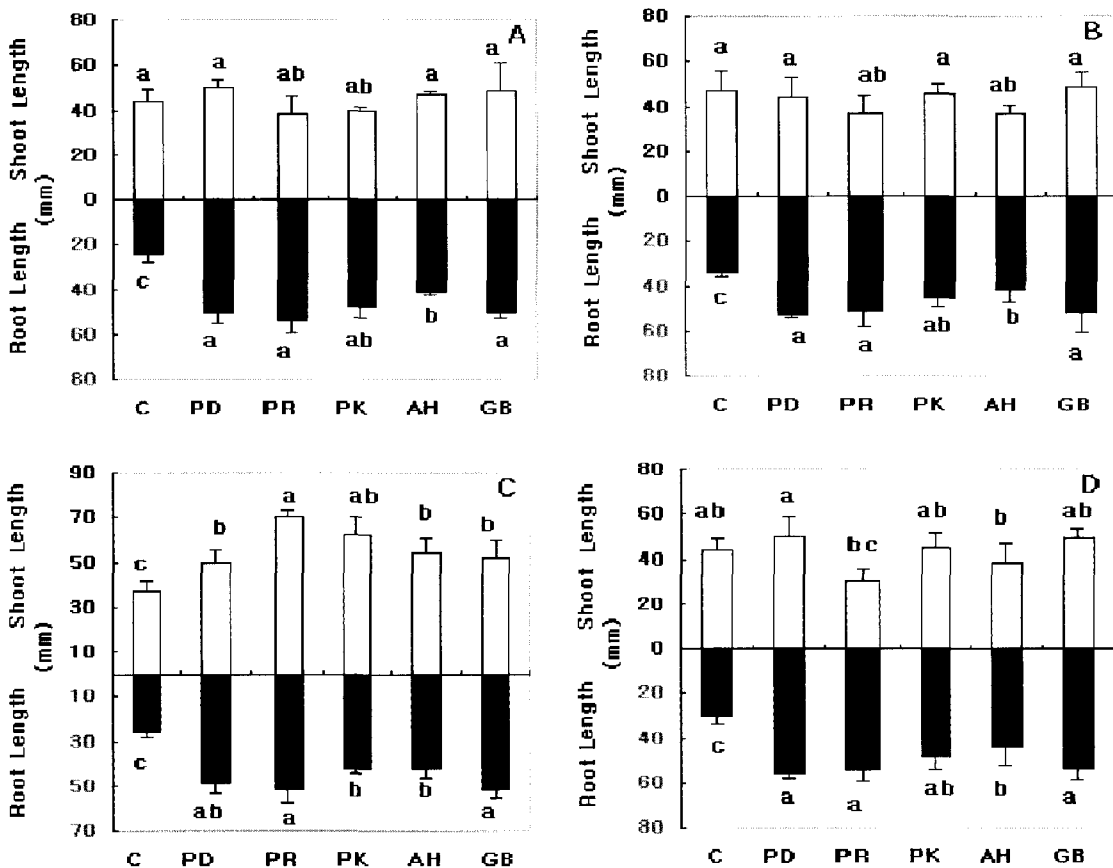


Fig. 2. Comparative of root and shoot length on *Hibiscus syriacus* Koyoro (A), *Hibiscus syriacus* Honhwarang (B), *Hibiscus syriacus* Seuhohyang (C) and *Hibiscus syriacus* Cambanha (D) treated with 25% extract of five Gymnosperms. Control (C), *Pinus densiflora* (PD), *Pinus rigida* (PR), *Pinus koraiensis* (PK), *Abies holophylla* (AH), *Ginkgo biloba* (GB). Means with the same letter are not significantly different (Duncan's multiplier range test,  $P < 0.05$ ),  $\pm$  se of  $n=3$  measurements each are given.

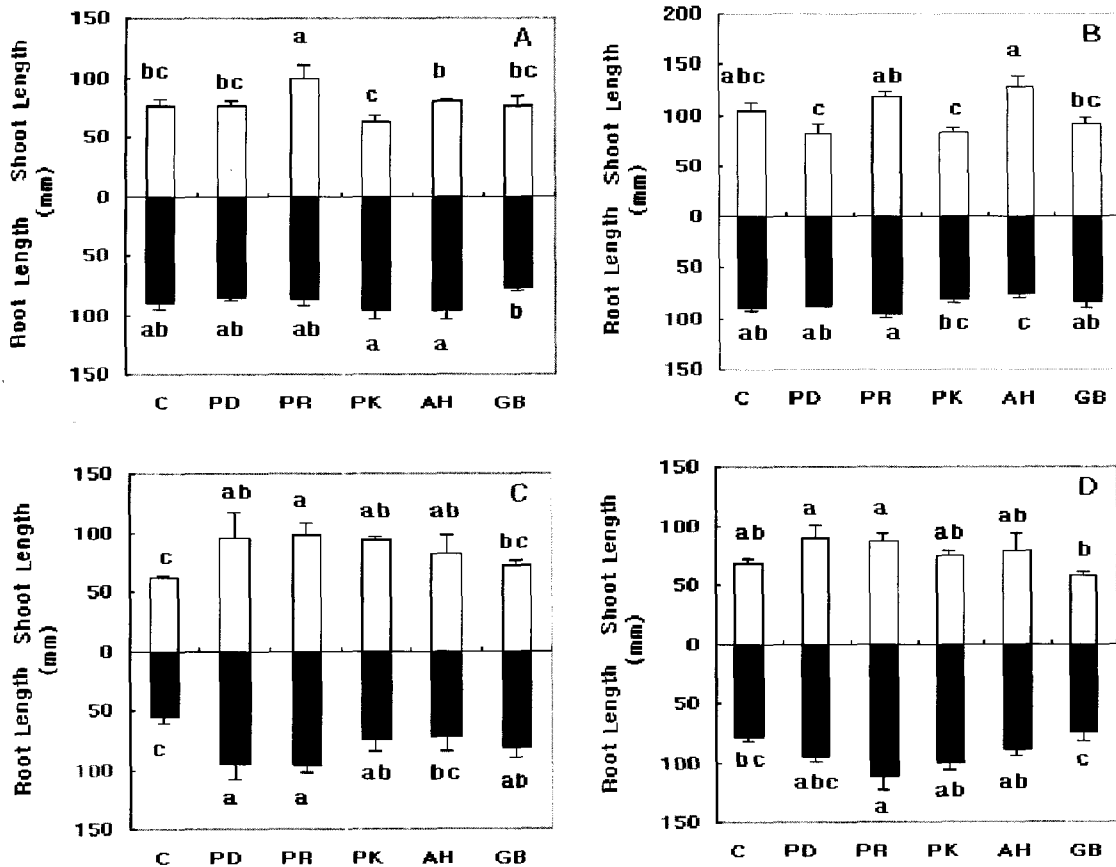


Fig. 3. Comparative of transplant on *Hibiscus syriacus* Koyoro (A), *Hibiscus syriacus* Honhwarang (B), *Hibiscus syriacus* Seuhohyang (C) and *Hibiscus syriacus* Cambanha (D) treated with 25% extract of five Gymnosperms. Control (C), *Pinus densiflora* (PD), *Pinus rigida* (PR), *Pinus koraiensis* (PK), *Abies holophylla* (AH), *Ginkgo biloba* (GB). Means with the same letter are not significantly different (Duncan's multiple range test,  $P < 0.001$ ),  $\pm$  se of  $n=3$  measurements each are given.

고요로 (A), 홍화랑 (B), 캄판화 (D)의 지상부 성장량은 대조구와 나자식물들의 수용 추출액 간의 유의한 차이가 없었다. 그러나 지하부의 성장량은 대조구의 비하여 5종의 수용 추출액 처리가 유의하게( $P < 0.05$ ) 높았으나 수용 추출액 상호 간에는 유의한 차이가 없었다. 그러나 Jobidon과 Thibault (1981)는 *Populus*의 잎 수용 추출액이 오리나무의 뿌리생장을 억제 시키는 것으로 보고 하였으며, 한편으로 김 등(1995)과 Lovett et al. (1987)는 수용 추출액 처리에 의해서 수용체 식물의 지상부보다 지하 부의 생장이 양호하다고 하였는데 이러한 결과는 식물에 따르는 차이 라고 생각된다. 또한 본 실험의 결과와 같이 지하부의 성장촉진 경향은 약조건의 환경에서 뿌리를 신장시켜 생존하기 위한 식물의 생존전략으로 볼 수 있다. 한편, 서호향(C) 품종은 지상 및 지하부 모두가 대조구보다 처리구의 생장이 유의하게( $P < 0.05$ ) 높았고 수용 추출액 간에도 유의성이 나타나 지상부는 리기다 소나무와 잣나무에서, 지하부는 소나무, 리기다소나무, 은행나무에서 유식물의 생장이 왕성하였고 특히 리기다소나무의 수용 추출액 처리는 지하 및 지상부의 생장이 45% 정도 증가하였다.

또한 서호향은 수용 추출액에 의한 상대증자발아율(Fig. 1)이 전반적으로 억제되었으나 발아후 유식물 생장이 대조구보다 양호한 것은 다른 품종들 보다 나자식물과의 상호작용이 생장에 있어서 유의하다는 것으로 판단된다.

### 실외에서의 초기생장

나자식물들의 25% 수용 추출액을 관수하면서 3개월 동안 직경 15 cm의 pot에서 90일간 재배한 후 무궁화 4품종 간의 생장을 조사하였다(Fig. 3, 4). 그 결과 실내실험의 유식물 생장실험에서는 고요로 (A), 홍화랑 (B), 캄판화 (D)의 지하부 생장이 대조구보다 처리구에서 촉진되었고 지상부는 대조구와의 유사한 경향을 보이고 있으나(Fig. 2) 본 실외실험에서는 지하부의 대조구와 처리구간에 유의한 차이가 없었다(Fig. 3,  $P < 0.001$ ). 품종별 초기생장에서는 고요로의 지상부 생장이 리기다소나무의 잎 수용추출액 처리에서 촉진되어 유의한 차이를 보이고 있으나 잣나무의 수용 추출액 처리에서는 생장이 오히려 억제 되었다(Fig. 3 A). 홍화랑의 지상부 생장은 소나무와 잣나무의 수용 추출액

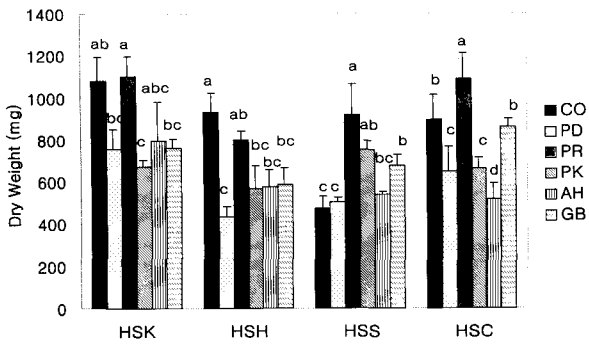


Fig. 4. Comparative of dry weight on transplant for *Hibiscus syriacus* Koyoro (HSK), *Hibiscus syriacus* Honhwarang (HSH), *Hibiscus syriacus* Seuhohyang (HSS) and *Hibiscus syriacus* Cambanha (HSC) treated with 25% extract of five Gymnosperms. Control(CO), *Pinus densiflora* (PD), *Pinus rigida* (PR), *Pinus koraiensis* (PK), *Abies holophylla* (AH), *Ginkgo biloba* (GB). Means with the same letter are not significantly different (Duncan's multiplier range test,  $P < 0.05$ ),  $\pm$  se of  $n=3$  measurements each are given.

처리시 억제되었으며(Fig. 3 B), 캄판화의 지상 및 지하부 생장은 은행나무의 수용 추출액에 의하여 가장 억제되었고 리기다소나무의 수용 추출액을 처리한 것은 촉진 되었다(Fig. 3 D). 그러나 서호향의 지상 및 지하부의 생장은 실내에서의 유식물 생장과 같이 대조구보다 현저한 촉진 현상을 보이므로서 유의한 차이를 나타내었으며 특히 소나무와 리기다소나무의 수용 추출액의 처리에서는 생장이 촉진되었다(Fig. 3 C,  $P < 0.001$ ). 그리고 수용 추출액의 처리에 의한 식물의 건중량은 리기다소나무의 수용 추출액 처리시 대조구와 유사하거나(고요로, 홍화랑) 촉진 현상이(서호향, 캄판화)이 유의하게 나타났으나(Fig. 4,  $P < 0.05$ ), 그 이외의 수용 추출액 처리에서는 서호향을 제외하고 전반적으로 건중량이 억제되는 경향을 보였다. 그 중 서호향의 건중량은 리기다소나무 수용 추출액 처리시 2배 이상 높게 나타났고, 그 이외의 수용 추출액 처리에서는 건중량이 높았다. 즉, 리기다소나무 수용 추출액의 총 phenolic compound(Table 1)와 HPLC에 의한 분석결과(Table 2)가 다른 나자식물의 추출액 보다 높을 지라도 무궁화 품종의 실외생장에는 크게 영향을 미치지 않았으며(Fig. 3, 4) 특히 서호향의 생장은 5종의 나자식물 추출액에 의하여 생장이 오히려 촉진되는 경향을 보였다. 즉 Lodhi(1976)의 보고와 같이 일반적으로 높은 phenolic compound에 의해서 식물의 생장이 억제되는 것보다 오히려 촉진 효과를 가져올 수 있으며 이러한 결과는 인위적으로 식재 수종을 선정 함으로서 식물의 상호작용에 의해 식물의 사회성을 향상시키는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 엽록소함량 측정 결과는 전반적으로 대조구와 비교하여 고요로와 서호향에서 약간의 증가현상이 나타났으며 그 외에서는 유의한 차이가 없었다(Fig. 5,  $P < 0.05$ ).

이상의 결과로 보아 나자식물의 잎 수용 추출액 처리와 무궁

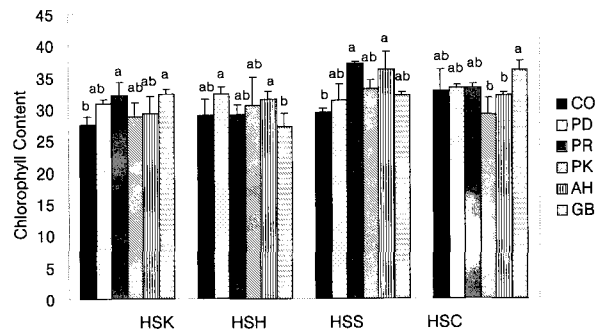


Fig. 5. Comparative of chlorophyll content on transplant for *Hibiscus syriacus* Koyoro(HSK), *Hibiscus syriacus* Honhwarang (HSH), *Hibiscus syriacus* Seuhohyang (HSS) and *Hibiscus syriacus* Cambanha (HSC) treated with 25% extract of five Gymnosperms. Control(CO), *Pinus densiflora* (PD), *Pinus rigida* (PR), *Pinus koraiensis* (PK), *Abies holophylla* (AH), *Ginkgo biloba* (GB). Means with the same letter are not significantly different (Duncan's multiplier range test,  $P < 0.05$ ),  $\pm$  se of  $n=3$  measurements each are given.

화 품종간 allelopathy 현상의 결과에서 서호향은 나자식물 잎 수용 추출액의 임계농도에서는 식물에 생장이 오히려 촉진되었고 고요로, 홍화랑, 캄판화는 큰 영향이 없는 것으로 판단할 수 있다. 그러므로 이들 식물을 환경식물 또는 도시환경의 구성요소로서 이용할 때에는 이와 같은 특성을 고려하는 것이 요구된다고 하겠다. 특히 이와 같은 결과는 무궁화를 품종 별로 야외에서 7개월 동안 생육 시키며 이들의 개화기간을 조사한 결과 서호향은 다른 무궁화 품종보다 개화기가 오랫동안 지속되었고 또한 내한성도 비교적 높다는 품종의 특성이 기존의 연구(이 등 1997, 최와 이 1988)에서 밝혀져 있으므로 이러한 내용과 관련 지어 서호향에 대한 더 많은 연구가 구체적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

인용문헌

길봉섭. 1988. 리기다소나무의 알레로파티 효과. 한국생태학회지 11: 65- 76.  
 길봉섭, 오석훈, 김영식. 1989. 곰솔에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지 12: 21-35.  
 길봉섭, 김영식, 윤경원. 1991a. 쑥에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지 14: 121-135.  
 길봉섭, 김두영, 김영식, 이승화. 1991b. 잣나무 천연화학물질이 다른 식물에 미치는 독성작용. 한국생태학회지 14: 149-157.  
 길봉섭. 1993. 측백나무에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지 16: 181-190.  
 길봉섭, 김영식, 이승화, 윤경원. 1993. 잣나무 천연화학물질이 callus 유기 및 세균 배양에 미치는 영향. 한국생태학회지

- 16: 275-286.
- 김귀순, 길봉섭. 1984. 곰솔수용출액이 식물에 미치는 알레로패티 효과. 기초과학연구지 3: 38-45.
- 김용욱, 김선호, 이호준, 은부영. 1990. 리기다소나무의 잎 추출액이 무우 종자의 발아에 미치는 allelopathy 효과. 한국생태학회지 13: 75-82.
- 김용욱, 이호준, 김은수, 조영동. 1995. 리기다소나무의 잎 추출액이 근단세포의 형태변화에 미치는 영향. 한국식물학회지 38: 73-78.
- 김용욱, 이은주, 이호준. 2000. 수종의 한국자생식물과 귀화식물 추출액이 토양미생물에 미치는 항균활성. 한국생태학회지 23: 353-357.
- 김진수, 임주환, 이은숙, 이석우, 김미숙. 1992. 꽃의 형태적 특성에 의한 무궁화 16 개 품종의 수량적 분류. 고려대학교 자연자원논집 32: 1-13.
- 김해수, 김종희. 2001a. 돼지풀 잎의 휘발성물질이 수용체 유식물 생장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지 24: 61-66.
- 김해수, 김종희. 2001b. 돼지풀의 수용추출물이 수종 식물에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지 24: 67-73.
- 노범진, 길봉섭. 1986. 리기다소나무의 독성물질이 다른 식물에 미치는 영향. 기초과학연구지 5: 19-27.
- 양계진. 1998. 인삼재배법개선을 위한 생리활성물질을 가진 식물 탐색. 건국대학교 박사학위논문. pp. 1-11.
- 유달영, 염도의. 1973. 나라꽃 무궁화. 동아출판사. pp. 430-452.
- 유용권, 김기선. 1997. 차광정도가 무궁화의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 38: 520-526.
- 윤경원. 1999. Allelopathy 연구의 방법론. 자연자원연구 제 2권. 목포대학교 자연자 원개발연구소.
- 이상복. 1999. 강피에 대한 벼 품종의 allelopathy 검정에 관한 연구. 건국대학교 박사학위논문 pp. 2-11.
- 이호준, 김용욱, 김선호. 1990. 리기다소나무의 allelochemical이 발아중인 무궁화의 단백질, peroxidase 밴드 및 활성도에 미치는 영향. 건국대학교 이학논집 15: 95-102.
- 이호준, 김용욱, 장남기. 1997. 수종 식물의 분비물질이 종자 발아와 균류생장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지 20: 181-189.
- 임수길, 최호진, 이창호. 1992a. 수종 무궁화 품종의 재배토양의 토성에 따른 생육상 황조사. 고대농림논집 31: 33-38.
- 임수길, 이창호, 이원석. 1992b. 수종 무궁화 품종의 재배토양의 토성에 따른 생육상 황조사. 고대자연자원논집 32: 41-46.
- 최규현, 이정식. 1988. 무궁화의 내한성에 미치는 주요 요인에 관한 연구. I. 품종간, 식물체 부위 및 조직별 내한성 차이. 한국원예학회지 29:114-125.
- 한국 Allelopathy 연구회 역. 1997. Allelopathy. 원광대학교출판부. pp. 15-107.
- 허근영, 최준환, 김기선, 허건양. 1997. 무궁화의 생장과 개화에 미치는 광질의 효과. 한국원예학회지 38: 272-277.
- Al-Naib, F. A. and E. L. Rice. 1971. Allelopathic effect of *Platanus occidentalis*. Bull. Torrey Bot. Club 98: 75-82.
- Ames, B. N., J. McCann and E. Yamasaki. 1975. Method for detecting carcinogens and mutagens with *Salmonella/mammalian-microsome mutagenicity test*. Mutation Res. 31: 347-364.
- Duke, S. O. 1986. Naturally occurring chemical compounds as herbicides. Rev. Weed Sci. 2: 17-44.
- Elakovich, S. D. and J. W. Wooten. 1991. Allelopathic potential of *Nuphor lutea* (L.) Siob and Sm. (Nymphaeaceae). J. Chem. Ecol. 17: 707-714.
- Eskelsen, S. R. and G. D. Crabtree. 1995. The role of allelopathy in buckwheat (*Fagopyrum sagittatum*) inhibition of Canada thistle (*Cirsium arvense*). Weed Sci. 43: 70-74.
- Inderjit and K. K. M. Dakshini. 1992. Interference potential of *Pluchea lanceolata* (Asteraceae): Growth and physiological responses of asparagus bean, *Vigna unguiculata* var. *sesquipedalis*. Am. J. Bot. 79: 977-981.
- Inderjit, M. Michiyasu and N. Hiroyuki. 1996. On the allelopathic potential of certain terpenoids, phenolics, and their mixtures, and their recovery from soil. Can. J. Bot. 75: 888-891.
- Jobiden, R. and J. R. Thibault. 1981. Allelopathic effects of balsam poplar on green alder germination. Bull. Torrey Bot. Club. 108: 413-418.
- Kapustka, R. L. and E. L. Rice. 1976. Acetylene reduction( $N_2$ -fixation) in soil and old field succession in central Oklahoma soil. Biochem. 8 : 497-553.
- Kil, B. S. and K. W. Yun. 1992. Allelopathic effects of water extracts of *Artemisia princeps* var. *orientalis* on selected plant species. J. Chem. Ecol. 18: 39-51.
- Kim, Y. O. and H. J. Lee. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some species. Kor. J. Ecol. 19: 329-340.
- Kuo, C. G., M. H. Chou and H. G. Park. 1981. Effect of chinese cabbage residue on mungbean. Plant and Soil. 61: 473-477.
- Lee, I. K. and M. Monsi. 1963. Ecological studies on *Pinus densiflora* forest. I. Effect of plant substances on the floristic composition of the undergrowth. Bot. Mag. 76: 400-413.
- Lodhi, M. A. K. 1976. Role of allelopathy as expressed by dominating trees in a lowland forest in controlling the productivity and pattern of herbaceous growth. Amer. J. Bot. 63: 1-8.
- Lovett, J. V., M. Y. Ryuntyu and P. R. Garlick. 1987. Allelopathic effects of thorn-apple (*Datura stramonium* L.). Proc. 8th Aust. Weeds Conf., Sydney, pp. 179-181.
- Mugesu, J. Z. A. and P. G. Waterman. 1992. Sources of tannins: Alternatives to wattle (*Acacia mearnsii*) among indigenous



- Kenyan species. *Economic Botany* 65: 355-360.
- Olmsted, C. E. III. and E. L. Rice. 1974. Relative effects of known plant inhibitors or species from two stages of oldfield succession. *Southwestern Nat.* 15: 165-173.
- Patterson, D. T. 1981. Effects of allelopathic chemicals on growth and physiological response of soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.* 29:53-59.
- Patrick, Z. A. and L. W. Koch. 1958. Inhibition of respiration, germination and growth by substances arising during the decomposition of certain plant residues in soil. *Can. J. Bot.* 36: 621-647.
- Porra, R. J., W. A. Thompson and P. E. Kriedemann. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochimica et Biophysica Acta.* 975: 384-394.
- Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd ed. Academic Press, New York and London. 422 p.
- SAS Institute. 2000. *SAS/STAT Guide for personal computers*, version 6.03 ed. SAS Inst., Inc. Cary, NC, USA.
- Wu, L., X. Guo and M. A. Harivandi. 1998. Allelopathic effects of phenolic acids detected in buffalograss (*Buchloe dactyloides*) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 39: 159-167.

(2003년 1월 10일 접수 ; 2003년 2월 5일 채택)

---

## Effect of Leaf Aqueous Extracts from Some Gymnosperm Plant on the Seed Germination, Seedling Growth and Transplant of *Hibiscus syriacus* Varieties

Bae, Byung Ho<sup>†</sup> and Yong-Ok Kim\*

*College of Natural Sciences, Konkuk University*

*Intensive Forestry Program, Washington State University\**

**ABSTRACT** : The leaf aqueous extracts from five gymnosperms plant were investigated for allelopathy with five *Hibiscus syriacus* varieties. The leaf aqueous extract of *Pinus rigida* had the highest total phenolic compound of 2.21mg/L, whereas the soil under *Pinus koraiensis* canopy had the highest total phenolic compound of 1.38mg/L. Fourteen phenolic compounds were isolated from five gymnosperm plants by HPLC. Among them, phenolic compounds were the highest in *P. rigida* (320.56 g/mg) with the primary compound 5-sulfosalicylic acid (312.55 g/mg). The correlation between leaf total phenolic compound and pH was not significant, while the total phenolic compound of the leaf extract changed soil pH. The relative seed germination of *H. syriacus* varieties showed 25% was threshold concentration. The germination rates of varieties were similar to the control group or showed slight stimulation to treatment of *P. koraiensis* extract. *H. syriacus* Cambanha was similar to the control group or showed stimulation in all treated groups. *H. syriacus* Seohohyang showed stimulation in both root and shoot growth compared to the control group. In other varieties except Seohohyang, shoot growth was similar to the control group, while root growth was stimulated in all treated groups. The extracts of tested gymnosperms showed significantly more stimulation to transplanted Seohohyang seedlings, whereas others were similar to control or inhibited in the greenhouse. The dry weight of Seohohyang was greater in all treated groups than the control group, while other varieties were inhibited. All gymnosperm extracts stimulated the chlorophyll contents of Seohohyang and *H. syriacus* Koyoro but other varieties were not significantly affected. Accordingly, it is suggested that Seohohyang seems the most desirable when planted within these five gymnosperms.

**Key words** : Dry weight, Gymnosperm, *Hibiscus syriacus*, Phenolic compound, Seed germination, Seedling growth, Transplant.

---