



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

한라산 구상나무의 알레로파시 효과

Allelopathic Effects of the Abies Koreana in Mt. Halla

濟州大學校 大學院

農學科

吳 東 恩

2017年 2月

한라산 구상나무의 알레로파시 효과

指導教授 宋 昌 吉

吳 東 恩

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함.

2016年 12月

吳東恩의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長	_____	Ⓜ
委 員	_____	Ⓜ
委 員	_____	Ⓜ

濟州大學校 大學院

2016年 12月

목 차

TABLE 목록	ii
FIGURE 목록	iii
ABSTRACT	iv
I. 서언	1
II. 연구사	3
III. 재료 및 방법	6
1. 구상나무 군락 내 하부식생조사	6
2. 구상나무 수용성 추출액에서의 발아 실험	6
3. 구상나무 수용성 추출액에서의 항균실험	8
4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석	9
IV. 결과	10
1. 구상나무 군락 내 하부식생조사	10
2. 구상나무 수용성 추출액에서의 발아 및 성장	12
1) 수용성 추출액에서의 발아	12
2) 수용성 추출액에서의 유식물 성장	15
3) 수용성 추출액에서의 뿌리털 발달	28
3. 구상나무 수용성 추출액에서의 항균 효과	31
4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석	33
V. 고찰	35
VI. 적요	38
인용문헌	39

LIST OF TABLES

Table 1. Temperature for cultivation of the plant pathogens in PDA media	8
Table 2. Mean germination time(day) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of <i>A. Koreana</i> aqueous extracts	14
Table 3. Weight(mg) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of <i>A. Koreana</i> extracts	27
Table 4. Total phenolic compounds and total flavonoids of <i>A. Koreana</i>	34

LIST OF FIGURES

Fig. 1. Various number of species and species diversity index.	11
Fig. 2. Relative germination ratio(RGR) of receptor plants grown in petri dishes with various concentrations of <i>A. Koreana</i> extracts.	13
Fig. 3. Effect of <i>A. Koreana</i> extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations.	17
Fig. 4. Effect of <i>A. Koreana</i> extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations.	22
Fig. 5. Development of seedling root hairs with different concentrations of <i>A. Koreana</i> aqueous extracts.	29
Fig. 6. Colony diameter of fungi taxa grown in PDA medium with various concentrations of <i>A. Koreana</i> aqueous extracts.	32
Fig. 7. Total phenolic compounds and total flavonoids of experiment site soil in <i>A. Koreana</i>	34

ABSTRACT

This study investigated the Allelopathy effect of *Abies Koreana* E. H. Wilson to provide the basic data for industrialization such as natural herbicide and natural germicide production.

The numbers of species decreased in order of Group 1 (4.33) > Group 2 (3.67) > Group 3 (2.33) as *Abies koreana* Wilson colony was nearer. Species diversity was reduced in order of Group 1 (0.72) > Group 2 (0.62) > Group 3 (0.47). The relative germination rate, average days to germination, and biomass of *Abies-koreana-Wilson* soaked extract and hot water extract generally declined as extract-fluid concentration increased while showing slight differences according to the kind of recipient plant. The subterranean part of recipient plants was found to be under a stronger inhibition than the top part. Root hair length and number of root hairs per unit area also decreased as the concentration increased.

Microorganism growth was also inhibited with extract-fluid concentration increase. *Pythium* genus showed stronger spawn growth inhibition at lower concentration. The total phenol contents of *Abies koreana* were compared between soaked extract and hot water extract. The soaked extract was found to have 0.92mg/g total phenol content and hot water, 8.78mg/g. The total flavonoid content of soaked extract was 0.13mg/g; and that of hot water extract, 3.94mg/g.

In soil in the area under this study investigation, the total phenol content of Group 1 was 0.06mg/g; Group 2, 0.12mg/g; and Group 3, 0.28mg/g. The total flavonoid content of Group 1 was 0.06mg/g; Group 2, 0.16mg/g; and Group 3, 0.27mg/g, in order, indicating that the closer to the *Abies koreana* colony, the higher the total amounts of phenol and flavonoid.

Based on the findings above, *Abies koreana*, in competing with native plants, is deemed to release phenol and flavonoid compound delivering the Allelopathy effect to the soil inside crown to influence vegetation underneath in their germination, growth, etc. In this manner, *Abies koreana* seems to have a competitive edge and present a strong possibility as a natural herbicide and natural germicide.

I. 서 언

Allelopathy란 식물 상호작용에 화학물질이 관여하는 현상으로 한쪽이 다른 쪽을 해롭게 하는 경우가 많으나 가끔은 이로운 면도 있는 것으로 알려져 있다 (Molish, 1937).

식물체가 가지고 있는 화학물질을 식물생리활성물질(biological active substance)이라고 하는데, 이것은 크게 2종류로 분류할 수 있다. 첫째는 식물생장 조절물질로서 식물효소이고, 둘째는 allelopathy 현상을 일으키는 물질로 식물의 생장을 촉진하거나 억제하는 allelochemicals의 항균성 물질과 살충성 물질 등이 있다(紫田承二, 1978; 山下恭平, 1986; Kim and Lee 1996).

한반도에 자생하는 소나무과는 소나무속의 소나무, 잣나무, 섬잣나무, 눈잣나무, 해송, 가문비나무속의 가문비나무, 종비나무, 무산가문비나무, 풍산가문비나무, 오대가문비나무, 이깔나무속의 이깔나무, 만주이깔나무, 전나무속의 전나무, 구상나무, 분비나무, 솔송나무속의 솔송나무 등 16종이 있다(공, 2004).

그 중 구상나무(*Abies Koreana* E. H. Wilson)는 소나무과 전나무속에 속하는 상록교목으로(이, 2003) 중생대 백악기 시대에 아시아를 중심으로 출현하였으며(공, 2006), 1915년 Wilson과 Nakai에 의해서 처음 새로운 종으로 명명된 후 한국의 특산수종으로 인정되어 왔다(이, 1970).

구상나무(*A. Koreana*)는 한국 특산식물로서 한라산, 지리산, 백운산(광양), 영축산(영남알프스), 금원산, 덕유산, 가야산 및 속리산의 한반도 고산지역에 두루 자라고(국립수목원, 2014), 기후변화 등에 민감한 수종으로 지속적인 관리가 필요한 국가 기후변화 생물지표(CBIS : Climate-sensitive Biological Indicator Species) 수종으로 선정되어 있다(환경부 국립생물자원관, 2010).

최근 기후변화로 인한 산림생태계의 변화 가운데 산림식생대의 변화로 산 정상부근의 구상나무 등은 소멸 가능성이 높으며 산림쇠퇴현상을 보이고 있다(산림청, 2009). 현재까지 구상나무에 대한 연구는 구상나무의 생육동태와 분포에 대한 국한된 연구가 진행되어 왔고, 최근 기후변화에 따라 멸종위기에 처한 구상나

무 복원과 보전방안에 집중되고 있는 현황이다.

따라서 본 연구는 생리-생태학적 측면인 구상나무의 Allelopathy 효과를 조사함으로써 한라산 구상나무의 생태학적 특성 규명과 천연제초제 및 천연살균제 등 산업화에 대한 기초자료로 제공하고자 실시하였다.

II. 연 구 사

Allelopathy 정의가 생기기 전 고대(약 BC.300) Theoprastus에 의해 chick pea(*Cier arietinum*)의 allelopathic effect가 최초보고 되었다(Rice, 1984).

그 후 allelopathy라는 용어는 1937년 Hans Molish가 최초로 정의하였고(Mandava, 1985), 어떠한 생물이 화학물질을 생성하여 방출함으로써 다른 생물체에 직·간접적으로 유익한 작용과 유해한 작용이라고 할 수 있다. 또한 Muller(1969)는 allelopathy의 개념을 경쟁과 명확히 구분하여 식물경쟁이란 식물 상호간에 필요한 성장요인을 감소시키거나 제거함으로써 일어나고 allelopathy는 그러한 환경에 독성물질을 더하므로써 일어나게 된다고 하였다.

Allelopathy작용은 야외조사 결과로부터 비롯되었는데(Weidenhamer and Romeo, 1989) 이제는 allelopathy현상은 일반적인 현상으로 일종의 식물과 식물, 식물과 미생물 등의 화학전쟁이라고 받아들이고 있다. 이전의 몇몇 학자들은 allelopathy를 경쟁의 일부라고 생각하여 혼란이 야기되었지만 Muller(1969)가 주장한 한 식물이 다른 식물에게 주는 모든 유해한 작용은 간섭이라고 정의하여 혼란이 줄어들었는데 간섭은 allelopathy와 경쟁을 모두 포함하고 있는 것을 말한다(Rice, 1984).

이러한 화학물질들은 식물의 성장이나 종자발아의 억제현상으로 나타나며, 이 물질들을 allelochemicals라 정의하고 이는 식물 상호간의 성장 억제나 촉진을 유발시키는 식물의 2차적 대사물질이라 하였다(Whittaker and Feeny, 1971).

Allelochemicals의 특성은 식물이 내는 2차 대사산물로서 침출(浸出), 확산(擴散), 부패(腐敗), 세탈(洗脫) 또는 분해(分解)를 통하여 환경에 방출되며, 이 물질은 수용성(水溶性) 또는 휘발성(揮發性)이므로(Pickett and Baskin, 1973) 식물체에 맺힌 이슬에 녹아서 흠에 들어가거나(Muller *et al.*, 1964), 식물 고사체로부터 휘발하거나(Datta and Sinha-Roy, 1974), 잎에서의 세탈, 뿌리에서의 침출(Rietveld, 1975), 낙엽의 부식질로부터 휘발된다(Tukey, 1969).

이러한 allelochemicals는 phenolic compounds, terpenoids, tannin, volatile substances 등이 있으며(Einhelling and Rasmussen 1973; Lodhi, 1976) 이들 중

phenolic compounds는 가장 많은 양으로 식물체 내에 다양한 종류의 phenolic compounds와 그 유도체가 존재한다고 알려져 있고(Blum and Dalton, 1985; Wang *et al.*, 1967), phenolic compounds는 식물체의 호흡, 물질흡수, 성장, 광합성, 세포분열 등 생리작용에 관계하여 억제효과를 나타내며 촉진작용을 가진다(Del Moral, 1972; Horsely, 1976). 또한 항균작용을 가지고 있어 진균과 세균 및 바이러스 등에 대한 병원균의 침입 방어작용을 한다고 알려져 있다(Friend, 1977; Snook *et al.*, 1991).

따라서 생태학적 관점에서 보면 식생의 천이, 종자보존, 종 조성, 곰팡이 포자의 발아, 식물체의 질소순환, 공생관계, 농작물의 생산력, 병해충으로부터의 식물의 방어에 영향을 미치고(Wilson and Rice, 1968), 온도, 수분, 농약 스트레스가 있을 때 많은 양을 나타낸다(Inderjit, 1993).

대부분 식물의 잎과 뿌리에는 중요한 allelochemicals가 있는 것으로 볼 수 있고(Rice, 1974), 식물의 각 부위마다 다른 활성을 보인다. 또한 종자발아에 영향을 주는 환경요건은 염도, 수분, 화학물질과 종피의 두께 등이 발아율을 좌우하나 그 중 화학물질이 종자 발아를 억제 또는 촉진시키는 결과도 많이 알려졌으며, 잎, 줄기, 뿌리에서 얻은 수용성추출액이나 삼출액이 종자발아를 저해 한다(Noggle and Fritz, 1983).

*Parthenium hysterophorus*의 잎, 뿌리, 꽃에서 DCM(dichloromethan) 추출액으로 5종류의 수용체 식물에서 발아와 생장을 실험한 결과 억제정도가 가장 심한 부위는 잎에서 추출한 것으로 보고되었다(Eyini *et al.*, 1999).

토양에서 근계가 발달할 때, 유기물질과 무기물질이 뿌리로부터 나와 세균과 곰팡이의 생장을 촉진시키고 곰팡이에 대한 내병성이 있는 식물체로부터 나온 삼출액은 포자의 발아를 억제하는 반면, 병원균이 감염하기 쉬운 식물체의 삼출액은 포자의 발아를 촉진시킨다(Buxton, 1957). 반면, 4종의 관목과 3종의 침엽수에서 얻은 수용성 추출물은 4종의 *Ectomycorrhizal* 곰팡이의 생장에 다양한 영향을 미쳤는데, 낮은 농도에서 곰팡이의 생장이 자극되는 반면 높은 농도에서는 억제가 일어난다(Rose *et al.*, 1982).

현재 국내에서는 침엽수 중에서 특히 소나무과(*Pinaceae*)에 관한 연구 보고가 많았다. 소나무의 각 부분 추출액과 소나무 토양에는 소나무림 내에 드물게 존재

하는 식물들에게 유독한 물질이 들어 있다는 것을 밝혔고, 소나무의 allelopathy 효과를 더욱 확실하게 규명하였다. 또한 곰솔, 리기다소나무, 개잎갈나무, 잣나무에도 allelopathy 효과가 있음을 밝혔다(Lee and Monsi, 1963; Kil and Yim, 1983; 김과 길, 1984; 길 등, 1989; 노와 길, 1986; 길, 1988; 방과 길, 1986; 길 등, 1991).

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 구상나무 군락 내 하부식생조사

1) 조사지역 및 시기

구상나무(*A. koreana*)의 자생지내 하부식생을 알아보기 위해 2015년 9월부터 2016년 4월까지 한라산국립공원 일대(N33°22' 04.0" E126°30' 43.5", N33°21' 28.3" E126°31' 25.4", N33°21' 21.0" E126°31' 42.7")에 분포하는 구상나무 군락을 대상으로 현지조사를 실시하였다.

2) 조사방법 및 처리

구상나무 군락을 선정하여 연접식생법(belt-transect)으로 구상나무가 분포하지 않는 곳에서부터 100%피도가 보이는 내부까지 방형구(10×10m)내에 분포하는 각각의 식물 종수와 개체수를 조사하였으며 이때 조사된 자료를 가지고 Shannon-Wiener(1963)의 $H' = -\sum(n_i/N)\ln(n_i/N)$ 공식을 이용하여 종 다양성 지수를 산출하였다. 여기서 n_i 는 각 종의 개체수, N 는 관찰된 총 개체수를 의미한다. 그리고 구상나무의 분포에 따른 토양내의 총 페놀함량 변화와 하부식생의 변화와의 관계 등을 알아보기 위해 SPSS 18 통계 package를 이용하여 분석하였다.

2. 구상나무 수용성 추출액, 열탕 추출액에서의 발아실험

1) 공여체 및 수용체 식물

구상나무를 한라산국립공원일대에서 채취하여 공여체식물로 정하고, 수용체식물은 재배종 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel), 부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.), 열무(*Raphanus sativus* L.)와 울산도깨비마늘(*Bidens pilosa* L.), 유채(*Brassica napus* L.)로 정하였다. 이들의 종자는 실험하기 전년에 채집하거나 종묘상에서 구입하여 실내 암소에 보관하여 사용하였다.

2) 수용성 추출액 준비

추출액은 구상나무의 잎과 가지에 대해 추출액을 제조하였으며, 이때 처리과정에 따라 추출액을 침지 추출액, 열탕 추출액 2가지로 나누어 제조하였다. 채집한 구상나무를 음지에서 건조시켜 잎과 가지를 2~3cm 정도로 잘게 썰어 건중량 100g을 1,000ml의 증류수에 넣고 24시간 동안 SHAKING INCUBATOR (HB-201SLT)에서 18℃ 방치(침지 추출액), 건중량 100g을 1,000ml의 증류수에 넣고 121℃에서 15분간 고압멸균한 것을(열탕 추출액) 표준망체(500 μ m)로 부유물을 제거한 다음 다시 여과지(Advantec No. 2)를 사용하여 여과시켰다. 이때 추출액을 100%로 하여 1차 증류수로 15, 20, 25, 50%로 희석하여 실험에 사용하였고, 대조구는 24시간 전에 받아둔 증류수를 사용하였다.

3) 수용성 추출액, 열탕 추출액에서의 발아실험

구상나무의 침지 추출액, 열탕 추출액 농도에 대한 수용체식물의 발아 실험은 3회 반복 실시하였고, petri dish(\varnothing 13.5cm)위에 각 농도별 구상나무 추출액(수용성 추출액, 열탕 추출액)을 가한 여과지(Advantec No. 2, 직경 11cm)를 2장 깔고 그 위에 수용체식물의 종자를 일정한 간격으로 20립씩 파종한 후 유식물의 성장에 따라 이를 수확하여 평균발아일수(Mean germination time, MGT)(작물재배생리의 이론과 실험, 1997), 상대발아율(Relative germination ratio, RGR), 지상부와 지하부의 상대신장율(Relative elongation ratio, RER), 생체중을 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{MGT} = \frac{\sum(\text{치상후 조사일수} \times \text{조사당일 발아수})}{\text{총 발아수}}$$

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

$$\text{RER} = \frac{\text{실험구의 평균신장(mm)}}{\text{대조구의 평균신장(mm)}} \times 100$$

수확한 식물은 광학현미경하에서 구상나무의 추출액 농도에 따른 수용체식물의 뿌리털의 발달을 관찰하였다(길, 1987).

3. 구상나무 수용성 추출액에서의 항균실험

식물병원균인 *Alternaria brassiccola*, *Botrytis cinerea*, *Diaporthe citri*, *Phytophthora capsici*, *Pythium graminicola*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* AG-1(1A), *Sclerotinia sclerotiorum*는 한국농업미생물자원센터에서 분양받아 실험에 사용하였다.

각 균주에 사용된 배지는 potato dextrose agar(PDA)를 사용하였으며, 배양온도는 Table 1과 같다.

배지조성은 증류수 900ml에 PDA 39g과 한천 5g을 혼합·조성하여 이를 대조구로 사용하였고 실험구는 증류수 대신 각각의 수용성 추출액을 농도별로 넣고 고압멸균하여 petri dish(Ø 9cm)당 약 25ml정도의 배지를 분주하여 사용하여 3회 반복하였다. 각 균주를 1주에서 2주 동안 배양하여 동일한 사이즈를 얻기 위해 cork borer(Ø 8mm)를 이용하였으며, 배지가 굳은 후 배양된 균주를 배지의 가운데에 접합한 후 colony diameter로 균류의 성장결과를 측정하였다(Costilow, 1981).

Table 1. Temperature for cultivation of the plant pathogens in PDA media

Test strains	Temperature(°C)
<i>Alternaria brassiccola</i>	25
<i>Botrytis cinerea</i>	25
<i>Diaporthe citri</i>	25
<i>Phytophthora capsici</i>	25
<i>Pythium graminicola</i>	25
<i>Pythium ultimum</i>	25
<i>Rhizoctonia solani</i> AG-1(1A)	25
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	25

PDA : potato dextrose agar

4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석

공여체식물의 침지 추출액과 열탕 추출액, 공여체식물이 생육하고 있는 군반 내·외의 토양의 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 측정하였으며, 군반 내·외의 토양은 공여체식물이 분포하지 않는 곳에서부터 100%피도가 보이는 내부까지 방형구(10×10m)내의 토양 유기물 층을 제거한 후 10cm 깊이까지의 토양을 3장소에서 반복 채취하여 건조 후 표준망체(500 μ m)로 이물질을 제거한 다음 시료 100g을 1,000ml의 증류수에 넣어 고압멸균하여 수용성추출액을 만들어 다시 여과지(Advantec No. 2)를 사용하여 여과하였다.

토양 및 침지 추출액, 열탕 추출액의 총 페놀함량은 Prussian blue법(Graham, 1992)으로 3회 반복 측정하였고, 토양과 구상나무 침지 추출액, 열탕 추출액 100 μ l에 증류수 3ml, 0.01M FeCl₃/0.1N HCL 1ml, 0.016M K₃Fe(CN)₆ 1ml을 혼합하여 진탕한 후 실온에서 15분간 방치 후 stabilizer(H₂O : 1% gum arabic : 85% phosphoric acid = 3:1:1, v/v/v) 5ml를 첨가한 후 700nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 페놀함량은 gallic acid를 이용하여 검량곡선을 작성하고 gallic acid에 대한 당량으로 환산하였다.

토양 및 침지 추출액, 열탕 추출액의 플라보노이드 함량은 Kim(2001)의 방법에 따라 3회 반복 측정하였고 각각 시료의 추출액 300 μ l를 시험관에 취하고 3ml의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 300 μ l를 잘 혼합시켜 37 $^{\circ}$ C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다.

공시험은 시료 용액 대신 증류수로 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 naringin(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 표준 검량곡선을 작성하고 이로부터 플라보노이드 함량을 구하였다.

IV. 결 과

1. 구상나무 군락 내 하부식생 조사

구상나무의 분포에 따른 하부식생의 변화를 알아보기 위해 연접식생법 (belt-transect)을 이용하여 분기별 구상나무 하부에 출현하는 종수와 종 다양성 지수를 산출한 결과, 구상나무 군락 외부지역인 1번 조사구에서는 눈향나무, 제주조릿대 등 4.33 ± 2.08 종, 구상나무 군락 인접 지역인 2번 조사구에서는 제주조릿대, 산철쭉 등 3.67 ± 0.58 종, 구상나무 군락 내부지역인 3번 조사구에서는 구상나무, 제주조릿대, 주목 2.33 ± 1.73 종이 분포하는 것으로 조사되었다.

종 다양성 지수는 1번 조사구 0.72 ± 0.26 , 2번 조사구 0.62 ± 0.19 , 3번 조사구 0.47 ± 0.35 으로 산출되었다. 출현 종수와 종 다양성 지수가 1번 조사구 > 2번 조사구 > 3번 조사구 순으로 감소하여 구상나무 군락을 형성함에 따라 하부식생의 출현 종 수 및 종 다양성에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.(Fig. 1).

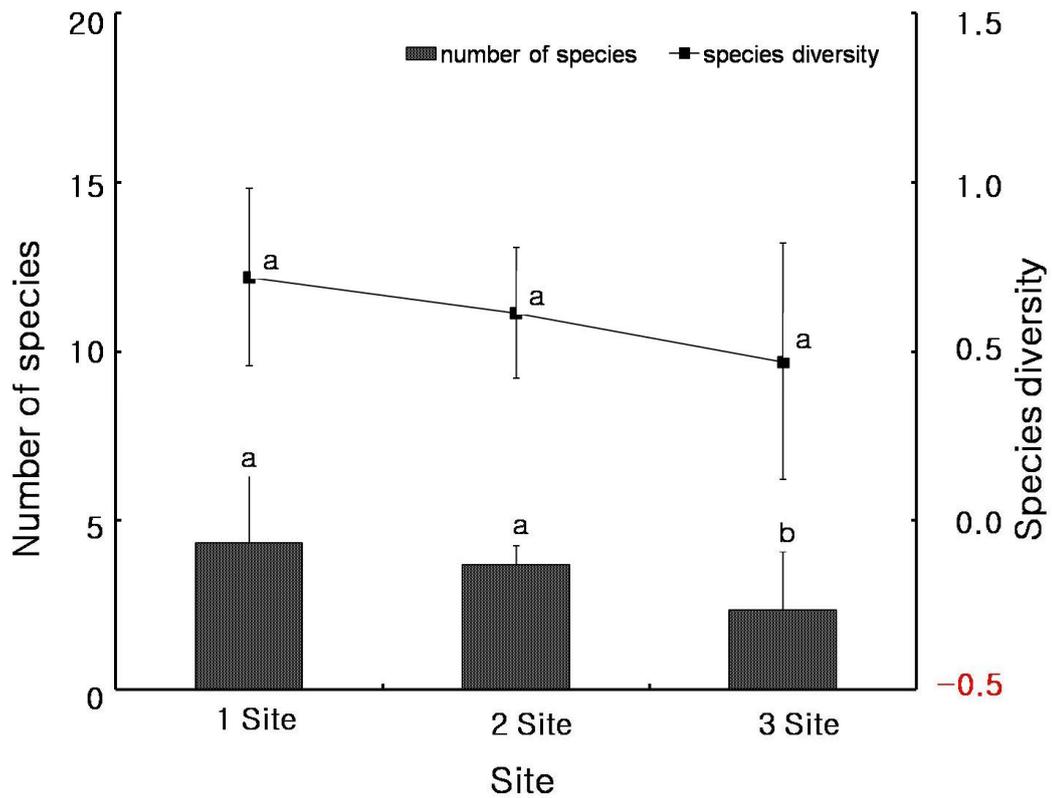


Fig. 1. Various number of species and species diversity index. 1 site, outside patch of *A. Koreana*; area; 2 site, border area patch of *A. Koreana*; 3 site, inside area patch of *A. Koreana*. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

2. 구상나무 추출액에서의 발아 및 생장

1) 침지 추출액과 열탕 추출액에서의 발아

구상나무의 침지 추출액, 열탕 추출액 농도에 따른 수용체식물의 발아에 대해 조사한 결과 대부분 수용체식물은 농도가 증가함에 따라 대조구에 비해 발아율이 감소하는 경향을 보이고 추출액의 처리방법, 수용체식물의 종류에 따라 각각의 상대발아율과 평균발아일수에서 차이를 보였다.

침지 추출액에 대한 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel)의 상대발아율은 15% 처리구에서 100.8%, 20% 처리구에서 97.5%, 25% 처리구에서 80.7% , 열탕 추출액에서 상대발아율은 15% 처리구에서 96.6%, 20% 처리구에서 89.7%, 25% 처리구에서 93.1%로 수용성 추출액의 농도가 높아질수록 발아가 억제되는 것으로 조사되었으며 50% 처리구에서는 발아가 이루어지지 않았다.

부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.), 열무(*Raphanus sativus* L.), 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa* L.)에서도 같은 경향을 나타내는 것으로 조사되었다.

반면 침지 추출액에 대한 유채(*Brassica napus* L.)의 상대발아율은 15, 20, 25% 처리구에서 100.85% 발아율이 높아졌다(Fig. 2).

침지 추출액에 대한 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel)의 대조구 평균발아일수는 1.1일, 25% 처리구는 2.98일 이며, 열탕 추출액의 경우 대조구 평균발아일수는 1.1일, 25% 처리구는 3.1일, 침지 추출액에 대한 부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.)의 대조구는 1.9일, 25% 2.19일, 열탕 추출액의 경우 대조구는 2.25일, 25% 처리구에서 2.29일, 침지 추출액에 대한 열무(*Raphanus sativus* L.)의 대조구는 1.05일, 25% 처리구에서 1.36일, 열탕 추출액의 경우 대조구 1.28일, 25% 처리구에서 1.27일, 침지 추출액에 대한 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa* L.)의 대조구는 2.00일, 25% 처리구에서 2.45일, 열탕 추출액의 경우 대조구 2.02일, 25% 3.71일, 침지 추출액에 대한 유채(*Brassica napus* L.)의 대조구는 1.24일, 25% 처리구에서 1.26일, 열탕 추출액의 경우 1.05일, 25% 처리구에서 2.81일로 평균발아일수가 증가되는 것으로 조사되었고 50% 처리구에서는 발아가 이루어지지 않았다(Table 2).

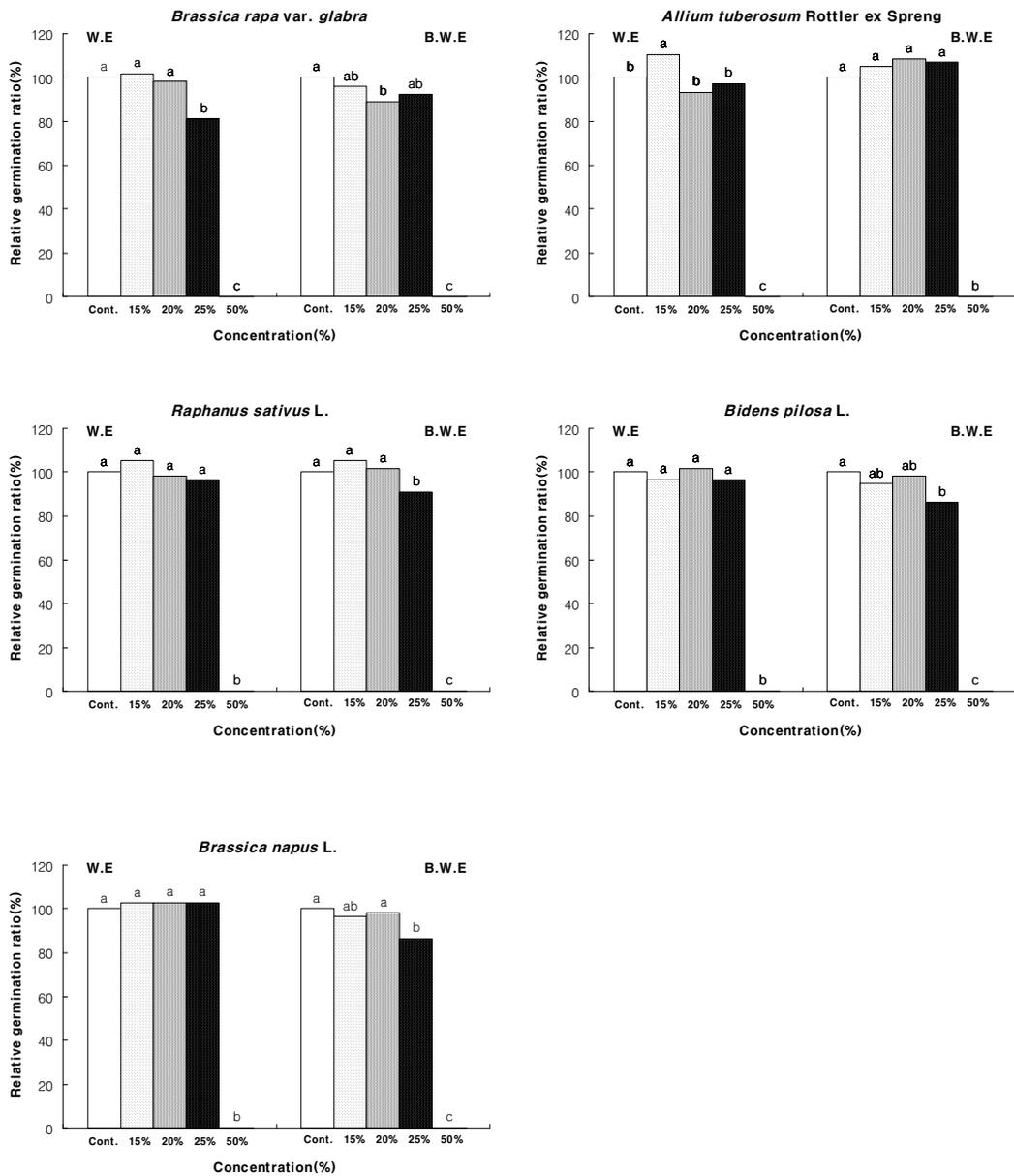


Fig. 2. Relative germination ratio(RGR) of receptor plants grown in petri dishes with various concentrations of *A. koreana* extracts. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Table 2. Mean germination time(day) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of *A. Koreana* aqueous extracts

Species	extraction method	Control	concentration(%)			
			15%	20%	25%	50%
A	W.E	1.10±0.05b	1.23±0.24b	1.10±0.05b	2.98±0.98a	0.00±0.00c
	B.W.E	1.10±0.05d	1.80±0.37c	2.45±0.10b	3.10±0.24a	0.00±0.00c
B	W.E	1.90±0.27a	2.13±0.25a	2.17±0.24a	2.19±0.17a	0.00±0.00b
	B.W.E	2.25±0.08a	2.61±0.11a	2.53±0.33a	2.29±0.40a	0.00±0.00b
C	W.E	1.05±0.05b	1.22±0.08a	1.04±0.07b	1.36±0.13a	0.00±0.00c
	B.W.E	1.28±0.05a	1.36±0.05a	1.42±0.28a	1.27±0.05a	0.00±0.00b
D	W.E	2.00±0.13b	1.98±0.11b	2.57±0.13a	2.45±0.16a	0.00±0.00c
	B.W.E	2.02±0.12c	2.95±0.16b	3.60±0.29a	3.71±0.16a	0.00±0.00d
E	W.E	1.24±0.26ab	1.05±0.05b	1.67±0.51a	1.26±0.06ab	0.00±0.00c
	B.W.E	1.05±0.05c	1.99±0.31b	1.83±0.07b	2.81±0.23a	0.00±0.00d

W.E , Water extract(24h); B.W.E , Boiled water extract(121℃)

The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Abbreviations : A, *Brassica rapa* var. *glabra* Regel; B, *Allium tuberosum* Rottler ex Spreng; C, *Raphanus sativus* L.; D, *Bidens pilosa* L.; E, *Brassica napus* L.

2) 수용성 추출액에서의 유식물 생장

구상나무의 수용성 추출액 농도가 증가됨에 따라 각각의 수용체 유식물의 생장은 대조구에 비해 지상부, 지하부, 생체중이 억제되는 경향을 보이고 수용성 추출액의 처리방법과 수용체식물의 종류에 따라 억제의 정도가 차이를 보였다.

수용성 추출액에 대한 지상부와 지하부의 생장은 대부분의 수용체식물이 저농도에서 생장이 증가되었다 농도가 높아질수록 생장이 감소하는 경향을 보였다.

침지 추출액에 대한 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel)의 지상부 상대신장율은 15%, 20% 처리구까지 지상부생장이 증가되는 경향을 보였고 25% 처리구에서 39% 생장이 억제되었으며 열탕 추출액에 대한 배추의 지상부 상대신장율은 15% 처리구에서 96.7%, 20% 처리구에서 73%, 25% 처리구에서 39.1%로 조사되었고, 50% 처리구는 발아를 하지 않았다.

부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.), 열무(*Raphanus sativus* L.), 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa* L.)에서도 같은 경향을 나타내는 것으로 조사되었다. 이에 반해 침지 추출액에 대한 유채(*Brassica napus* L.)의 지상부 상대신장율은 15% 처리구에서 138.5, 20% 처리구에서 126.6 25% 처리구에서 153.1% 대조구에 비해 지상부 생장이 증가되었다(Fig. 3).

침지 추출액에 대한 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel)의 지하부의 상대신장율은 15%, 20% 처리구까지 지하부 생장이 증가되는 경향을 보였고 25% 처리구에서 15% 생장이 억제되었으며 열탕 추출액에 대한 배추의 지하부 상대신장율은 15% 처리구에서 96.5%, 20% 처리구에서 71.8%, 25% 처리구에서 14.3%로 조사되었다. 침지 추출액에 대한 부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.)의 경우 25% 처리구에서 81.6%, 열탕 추출액에서 25% 처리구 44.5%, 침지 추출액에 대한 열무(*Raphanus sativus* L.)의 경우 25% 처리구 96.1%, 열탕 추출액에서 25% 처리구 57.5%, 침지 추출액에 대한 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa* L.)의 경우 25% 처리구 87.7%, 열탕 추출액에서 25% 처리구 12.1%, 침지 추출액에 대한 유채(*Brassica napus* L.)의 경우 25% 처리구에서 105.7%, 열탕 추출액에서 25% 처리구 39.3%로 조사되었다(Fig. 4). 수용체식물의 지하부인 경우 지상부보다 지하부의 생장이 감소되었다.

구상나무 수용성 추출액에서 성장한 유식물의 생체중은 지상부와 지하부의 생장과 비슷하게 저농도에서는 생체중이 증가하였으며, 농도가 높아질수록 생체중이 감소하였다.

침지 추출액에 대한 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel)의 생체중은 15% 처리구에서 0.58g 생체중이 증가하였다가 20% 처리구에서 0.53g, 25% 처리구에서 0.19g으로 순차적으로 감소하였고, 열탕 추출액은 농도가 높아짐에 따라 생체중이 감소하였다.

부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.), 열무(*Raphanus sativus* L.), 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa* L.), 유채(*Brassica napus* L.)의 경우에서도 비슷한 경향을 나타내는 것으로 조사되었다.

Brassica rapa* var. *glabra

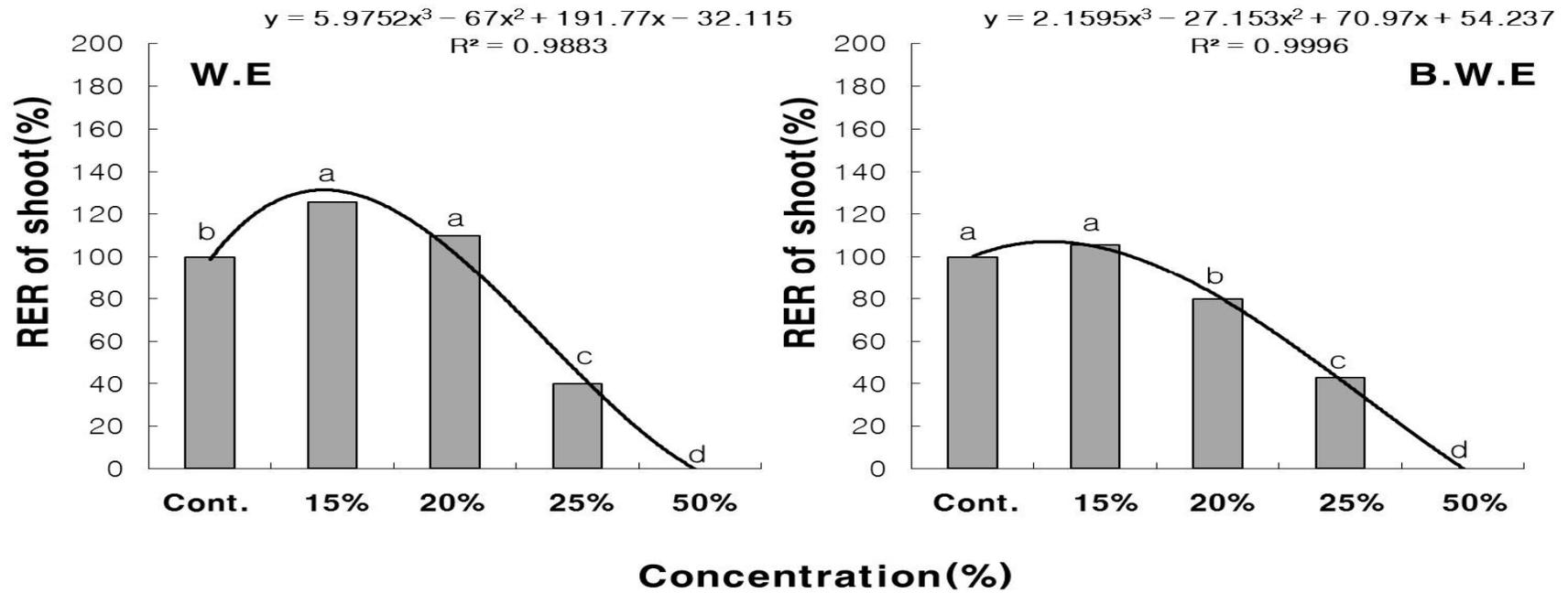


Fig. 3-1. Effect of *A. Koreana* extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Allium tuberosum Rottler ex Spreng

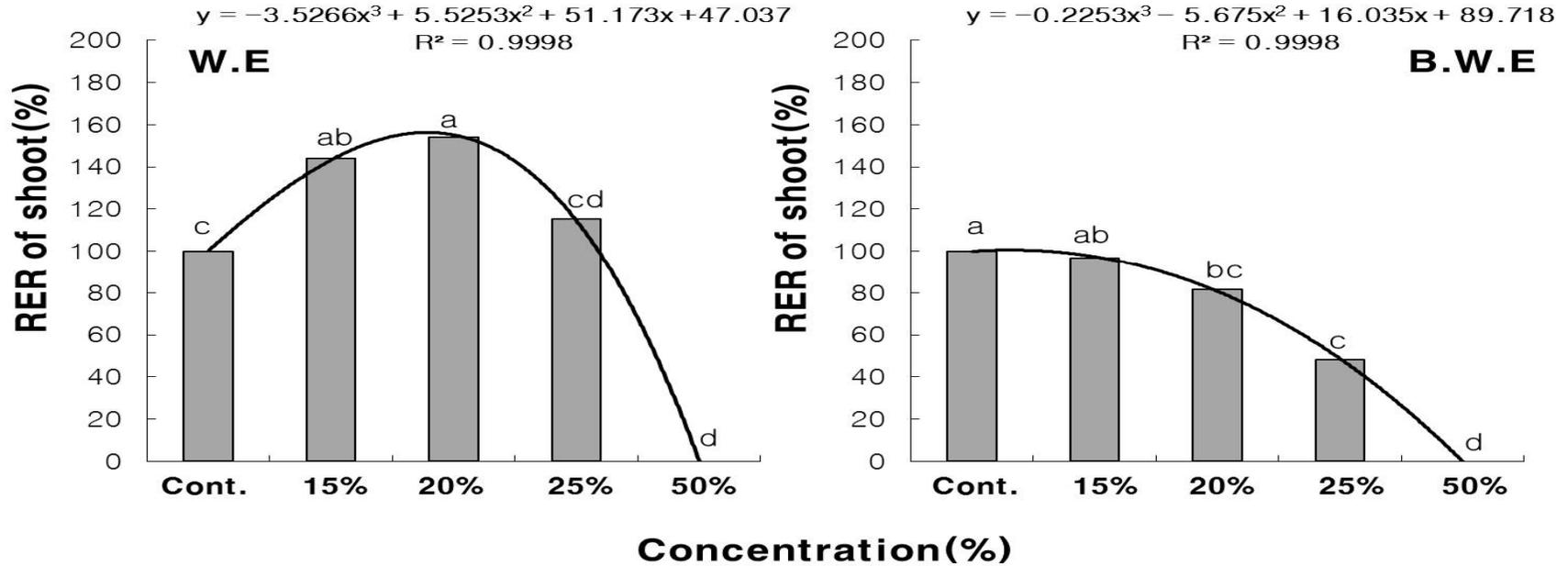


Fig. 3-2. Effect of *A. Koreana* extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

***Raphanus sativus* L.**

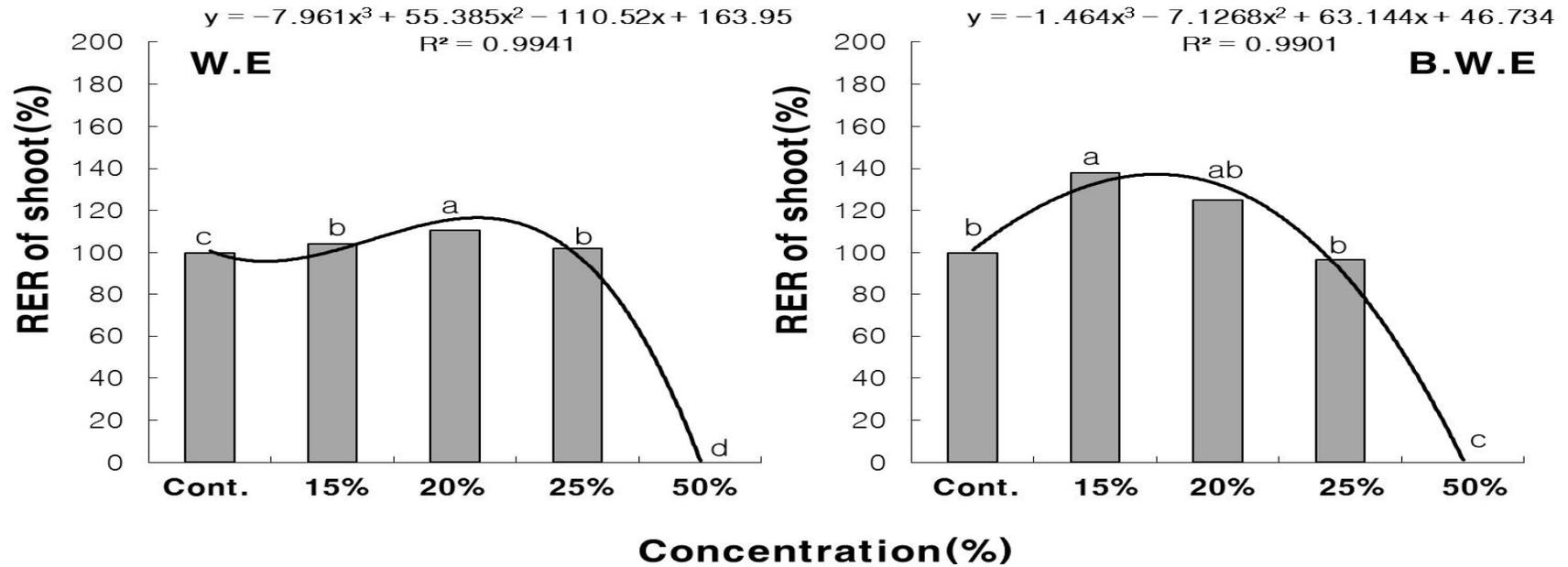


Fig. 3-3. Effect of *A. Koreana* extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

***Bidens pilosa* L.**

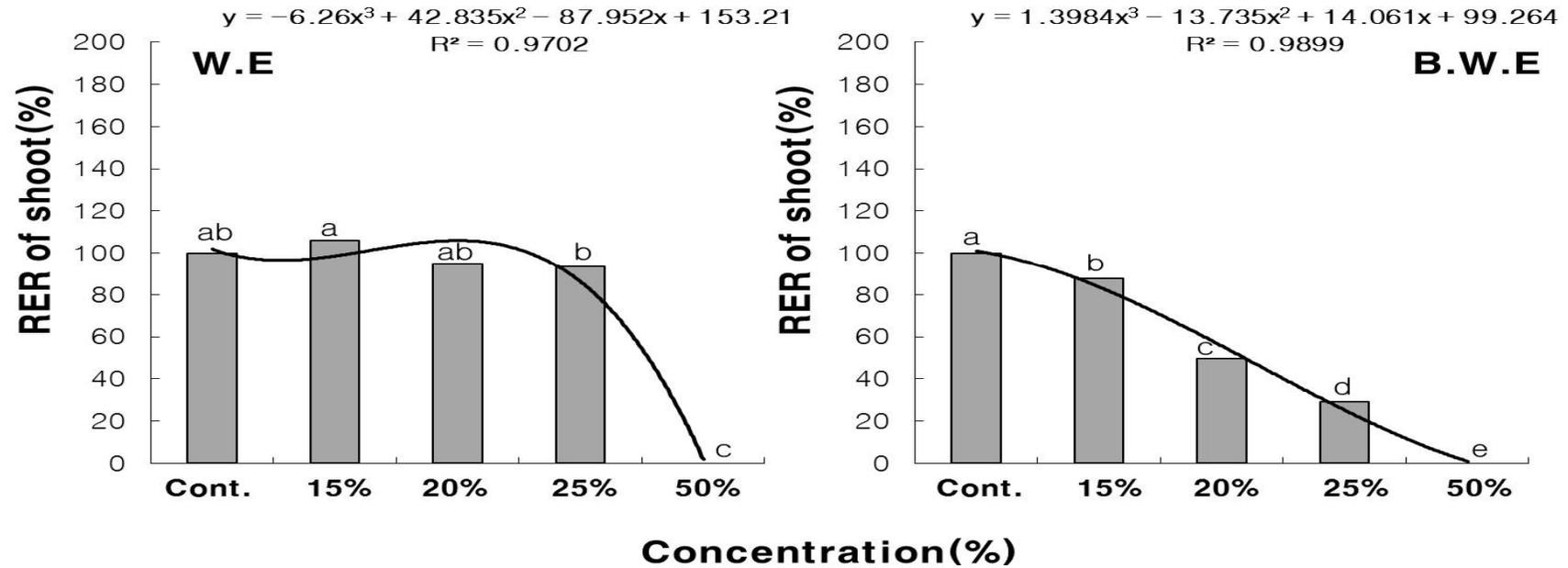


Fig. 3-4. Effect of *A. Koreana* extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

***Brassica napus* L.**

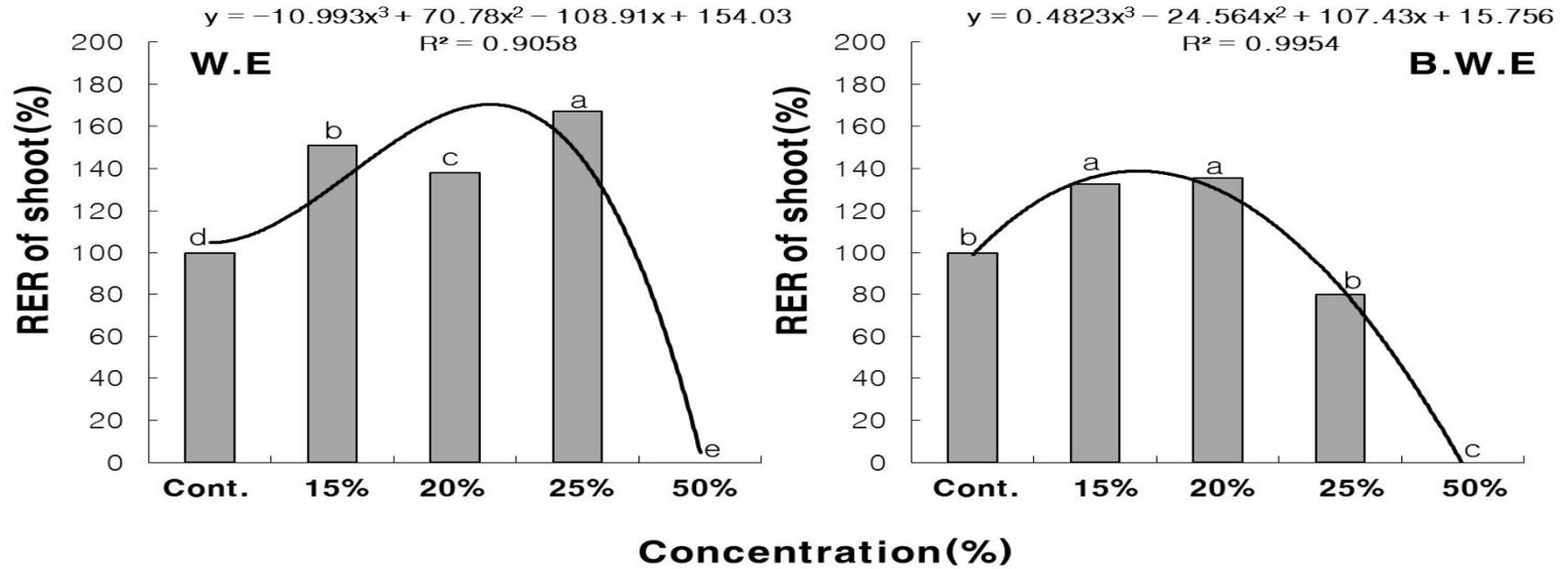


Fig. 3-5. Effect of *A. Koreana* extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Brassica rapa* var. *glabra

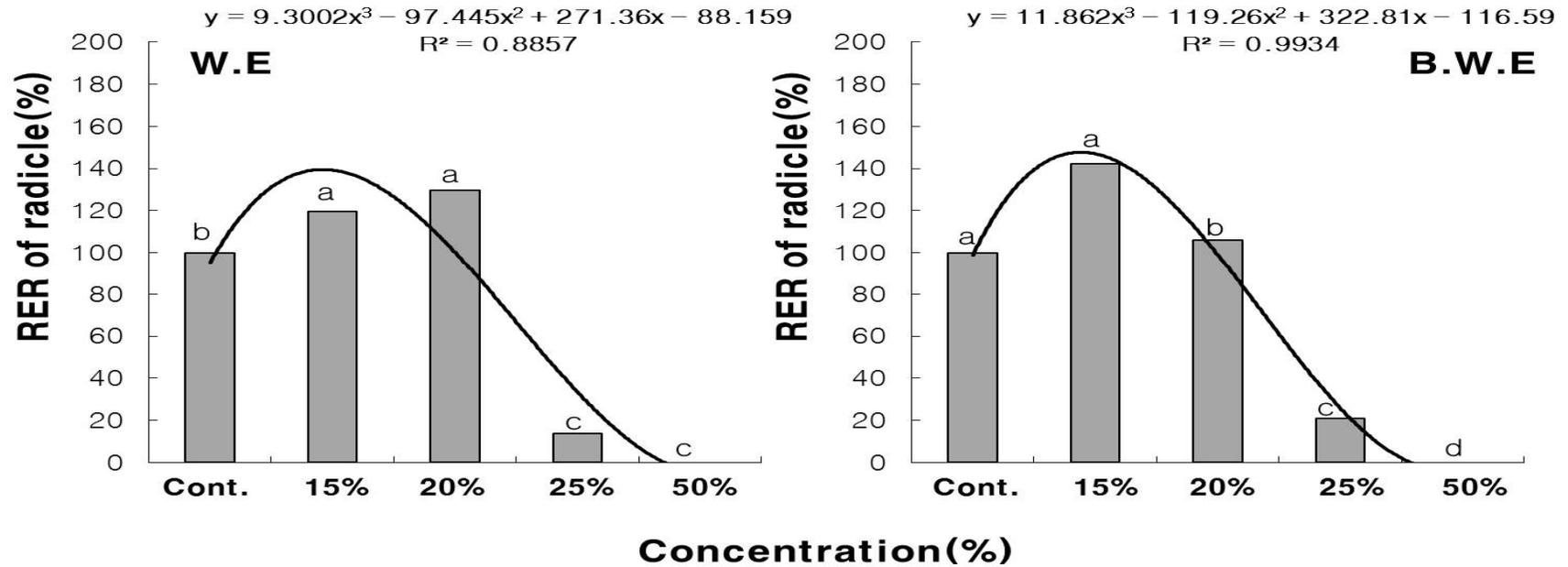


Fig. 4-1. Effect of *A. Koreana* extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Allium tuberosum Rottler ex Spreng

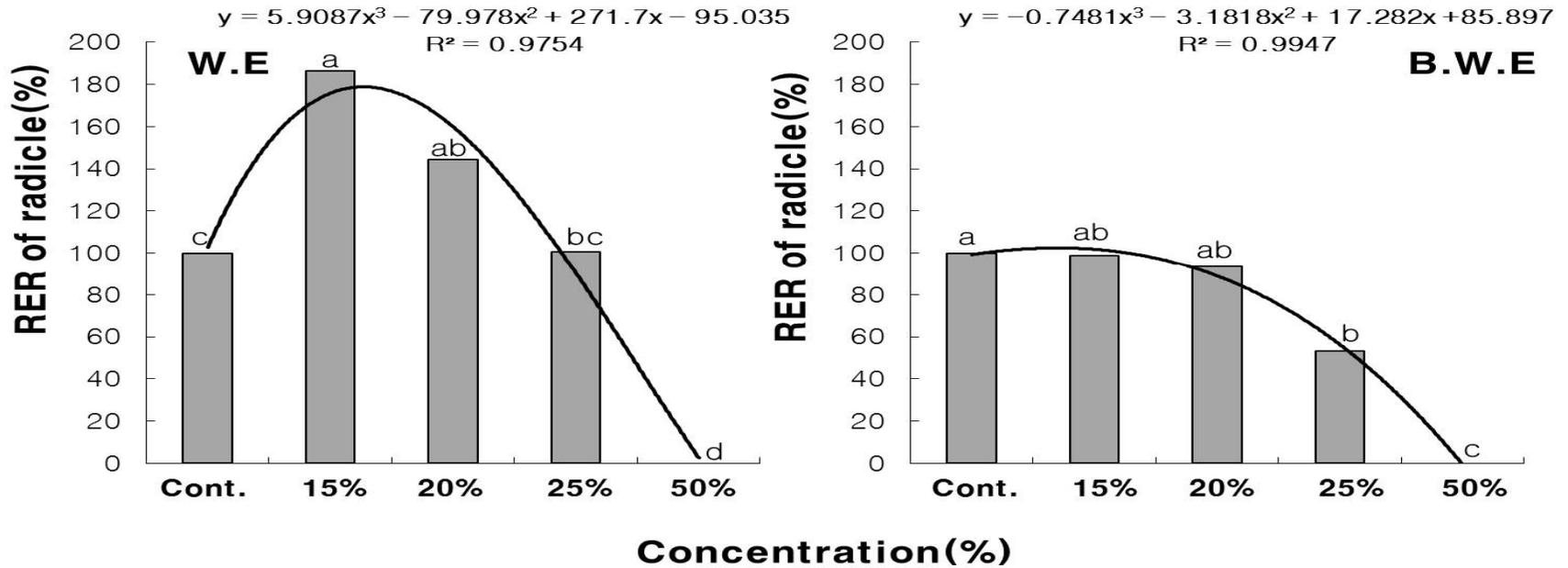


Fig. 4-2. Effect of *A. Koreana* extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

***Raphanus sativus* L.**

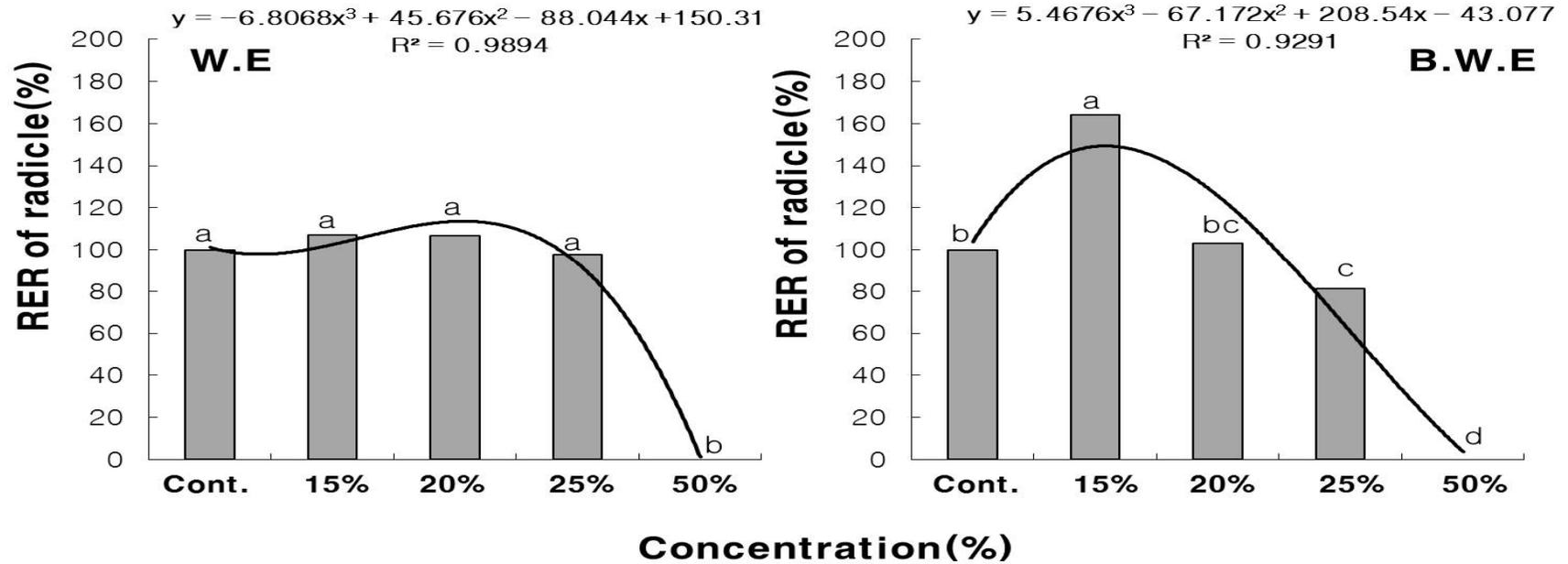


Fig. 4-3. Effect of *A. Koreana* extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

***Bidens pilosa* L.**

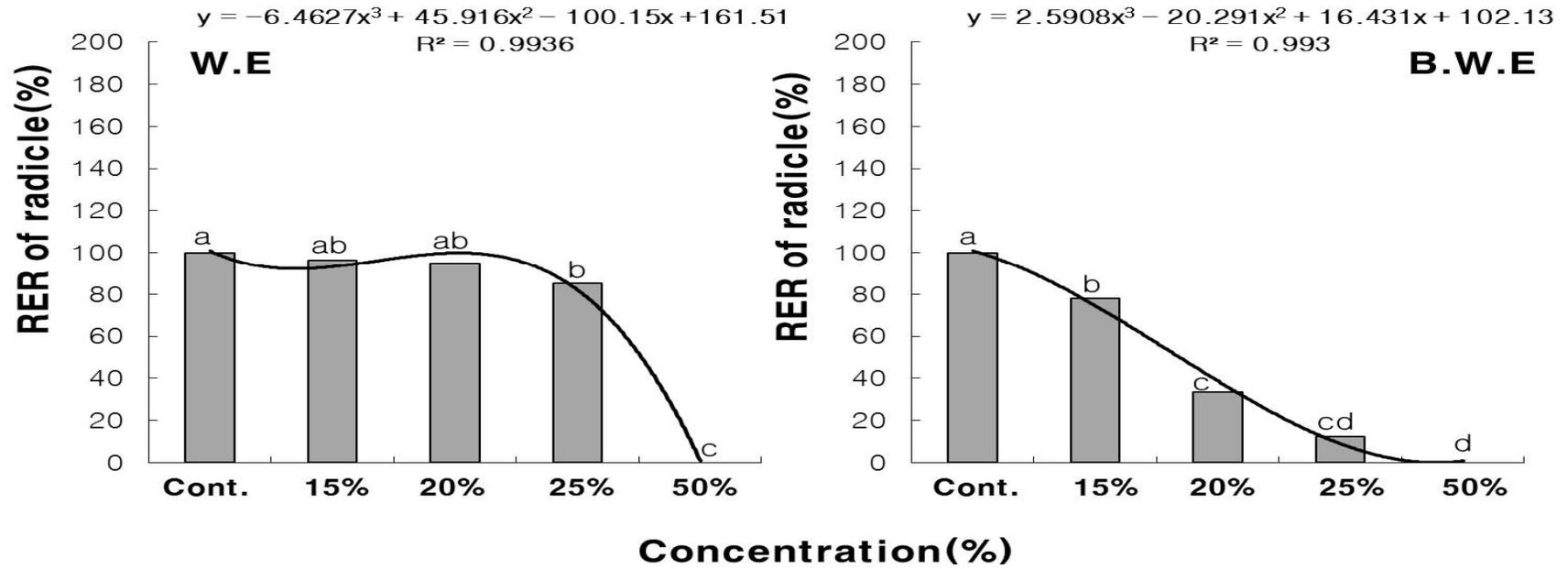


Fig. 4-4. Effect of *A. Koreana* extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

***Brassica napus* L.**

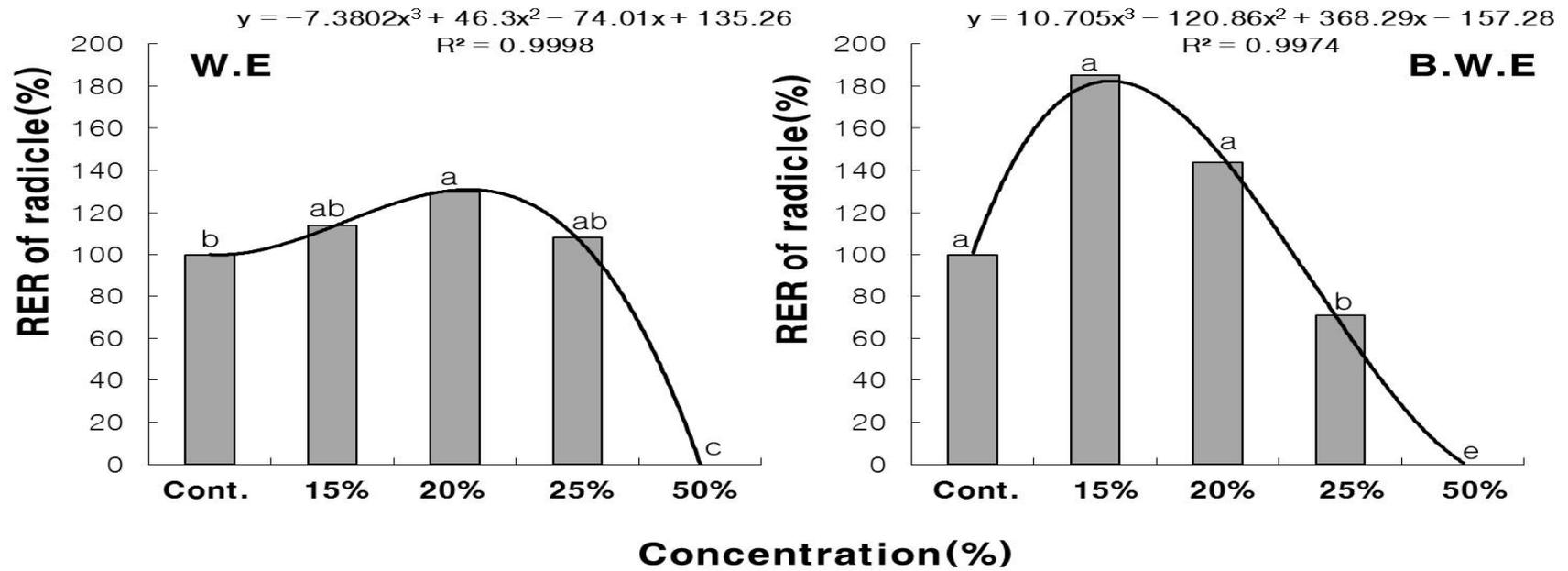


Fig. 4-5. Effect of *A. Koreana* extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C). The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Table 3. Weight(mg) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of *A. Koreana* extracts

Species	extraction method	Control	concentration(%)			
			15%	20%	25%	50%
A	W.E	0.43±0.05b	0.58±0.03a	0.53±0.06ab	0.19±0.08c	0.00±0.00d
	B.W.E	0.55±0.04a	0.41±0.07b	0.31±0.04c	0.21±0.02d	0.00±0.00e
B	W.E	0.15±0.10b	0.30±0.03a	0.30±0.05a	0.21±0.03ab	0.00±0.00c
	B.W.E	0.29±0.01a	0.22±0.01ab	0.18±0.04b	0.10±0.08c	0.00±0.00d
C	W.E	3.34±0.06a	3.54±0.12a	3.33±0.28a	3.26±0.42a	0.00±0.00b
	B.W.E	2.00±0.22bc	2.59±0.20a	2.22±0.33ab	1.64±0.19c	0.00±0.00d
D	W.E	0.28±0.02a	0.28±0.04a	0.28±0.02a	0.25±0.01a	0.00±0.00b
	B.W.E	0.23±0.02a	0.17±0.01b	0.11±0.03c	0.05±0.02d	0.00±0.00e
E	W.E	0.34±0.04b	0.52±0.03a	0.52±0.03a	0.55±0.03a	0.00±0.00c
	B.W.E	0.49±0.04a	0.52±0.03a	0.50±0.01a	0.30±0.06b	0.00±0.00c

W.E , Water extract(24h); B.W.E , Boiled water extract(121℃)

The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Abbreviations : A, *Brassica rapa* var. *glabra* Regel.; B, *Allium tuberosum* Rottler ex Spreng; C, *Raphanus sativus* L.; D, *Bidens pilosa* L.; E, *Brassica napus* L.

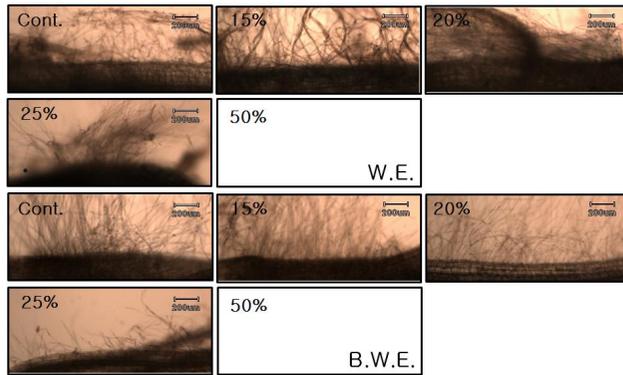
3) 수용성 추출액에서의 뿌리털 발달

구상나무의 침지 추출액, 열탕 추출액의 농도가 높아질수록 유식물의 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 억제되는 경향을 볼 수 있었고, 수용성 추출액의 처리방법과 수용체식물의 종에 따라 억제의 정도가 다르게 관찰되었다.

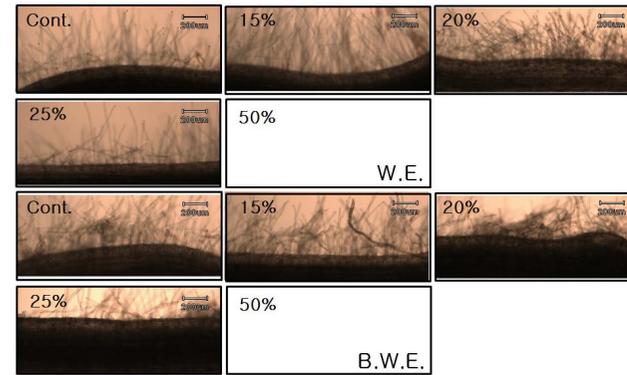
구상나무의 침지 추출액에 대한 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel)의 유식물 뿌리털을 보면 15, 20% 농도에서는 대조구보다 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 증가되며, 25% 처리구 부터 억제되는 경향을 보였다. 열탕 추출액에서는 농도가 증가할수록 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 억제되는 모습을 보였다.

부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.), 열무(*Raphanus sativus* L.), 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa* L.), 유채(*Brassica napus* L.)의 경우 또한 침지 추출액에서 저농도에서 대조구에 비해 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 증가 되었다.

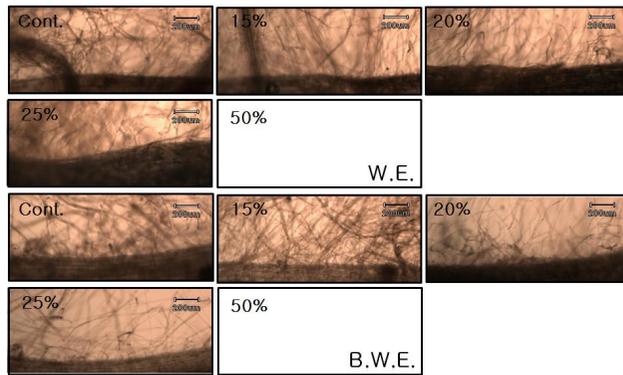
반면, 열탕 추출액에서는 추출액의 농도가 증가 할수록 뿌리털이 억제되는 경향을 보였으며, 침지 추출액과, 열탕 추출액 50% 처리구에서는 발아를 하지 않아 관찰 할 수 없었다(Fig. 5.).



A



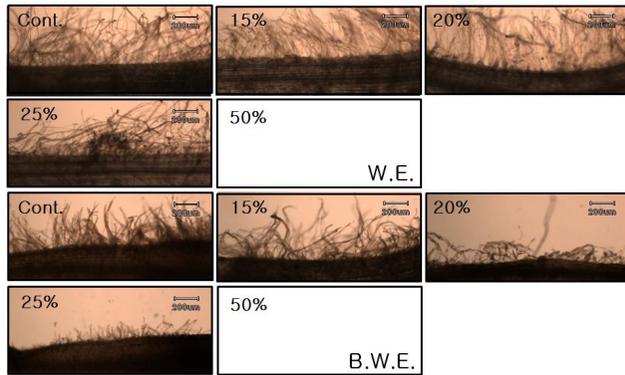
B



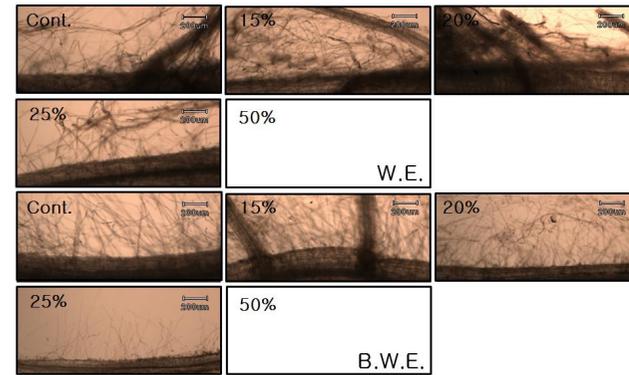
C

Fig. 5-1. Development of seedling root hairs with different concentrations of A. *Koreana* aqueous extracts. Scale bar = 200µm. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C).

Abbreviations : A, *Brassica rapa* var. *glabra* Regel; B, *Allium tuberosum* Rottler ex Spreng; C, *Raphanus sativus* L.; D, *Bidens pilosa* L.; E, *Brassica napus* L.



D



E

Fig. 5-2. Development of seedling root hairs with different concentrations of *A. Koreana* aqueous extracts. Scale bar = 200µm. W.E, Water extract(24h); B.W.E, Boiled water extract(121°C).

Abbreviations : A, *Brassica rapa* var. *glabra* Regel; B, *Allium tuberosum* Rottler ex Spreng; C, *Raphanus sativus* L.; D, *Bidens pilosa* L.; E, *Brassica napus* L.

3. 구상나무 수용성 추출액에서의 항균효과

구상나무 추출액으로 항균실험 한 결과 추출액의 농도가 증가함에 따라 대조구에 비하여 대조구의 균사의 생장이 반비례적으로 억제되는 것을 확인 할 수 있다.

Phytophthora capsici, *Pythium graminicola* *Pythium ultimum*, *Sclerotinia sclerotiorum* 인 경우 대조구(100%)에 비해 100% 처리구(10%)에서 생장이 전혀 일어나지 않았으며, *Alternaria brassicicola* 65%, *Botrytis cinerea* 39%, *Diporthe citri* 72%, *Rhizoctonia solani* AG-1(1A) 80%의 억제 경향을 나타냈다.

이들 중 구상나무의 수용성 추출액에 대해 매우 민감한 반응을 보인 종은 *Pythium graminicola* *Pythium ultimum*로 25% 처리구에서 100% 처리구 까지 균사가 전혀 성장하지 못한 것으로 조사되었다(Fig. 6).

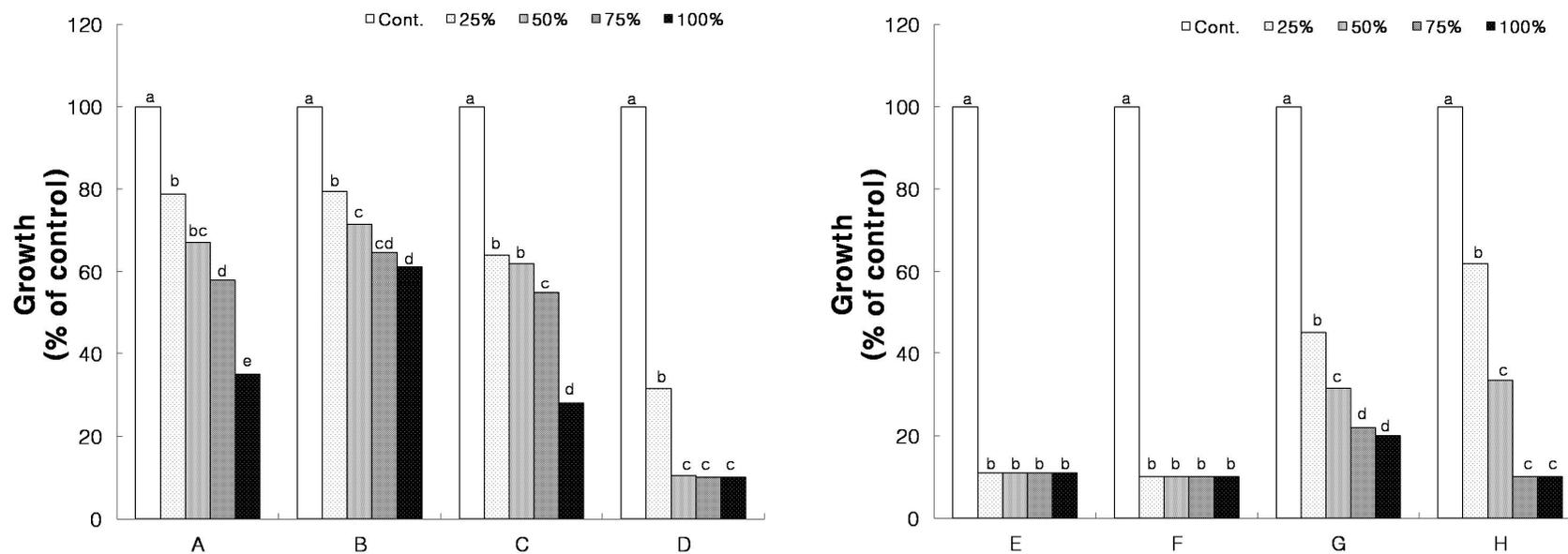


Fig. 6. Colony diameter of fungi taxa grown in PDA medium with various concentrations of *A. Koreana* aqueous extracts. The different letters are significantly different at 1 % level DMRT.

A, *Alternaria brassicicola*; B, *Botrytis cinerea*; C, *Diporthe citri*; D, *Phytophthora capsici*; E, *Pythiumgraminicola*; F, *Pythiumultimum*; G, *Rhizoctoniasolani*AG-1(1A); H, *Sclerotiniasclerotiorum*.

4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석

Allelopathy 효과는 phenolic acids, terpenoids, flavonoids, polyphenol 등 다양한 물질이 복합적으로 작용을하고 동일 식물체라도 식물체의 부위와 성장 시기, 서식지 환경에 따라 조성과 함량의 차이가 있어 타 식물체에게 서로 다른 영향을 준다(Kim, 1997; Lodhi and Rich 1971; Duke 1986).

구상나무의 침지 추출액(24시간 침지), 열탕 추출액, 유기물, 주변 토양에 대한 총 페놀 함량을 분석한 결과 구상나무의 총 페놀 함량을 분석한 결과 열탕 추출액의 경우는 $8.78 \pm 0.09 \text{mg/g}$, 침지 추출액의 경우는 $0.92 \pm 0.03 \text{mg/g}$, 으로 분석되었고, 구상나무 분포에 따른 토양 내 총 페놀함량을 분석한 결과 구상나무 군락 외부지역 1번 조사구 ($0.06 \pm 0.00 \text{mg/g}$), 군락 내·외부 접경지역 2번 조사구 ($0.12 \pm 0.01 \text{mg/g}$), 군락 내부지역 3번 조사구 ($0.28 \pm 0.00 \text{mg/g}$)으로 분석되었다.

플라보노이드의 경우 열탕 추출액 $3.94 \pm 0.04 \text{mg/g}$, 침지 추출액 $0.13 \pm 0.00 \text{mg/g}$, 이며 군락 외부지역 1번 조사구 ($0.06 \pm 0.00 \text{mg/g}$), 군락 내·외부 접경지역 2번 조사구 $0.16 \pm 0.01 \text{mg/g}$, 군락 내부지역 3번 조사구 ($0.27 \pm 0.01 \text{mg/g}$)으로 분석되었다 (Table 4., Fig. 7.).

위 결과를 종합하여 보면 구상나무 군락 외부지역에서 군락 내부지역으로 근접할수록 토양 내 총 페놀함량과 플라보노이드 함량이 증가하였다.

Table 4. Total phenolic compounds and total flavonoids of *A. Koreana*

	Total phenolic compounds (mg/g)	Total flavonoids (mg/g)
Boiled water extract	8.78±0.09	3.94±0.04
Water extract(24h)	0.92±0.03	0.13±0.00

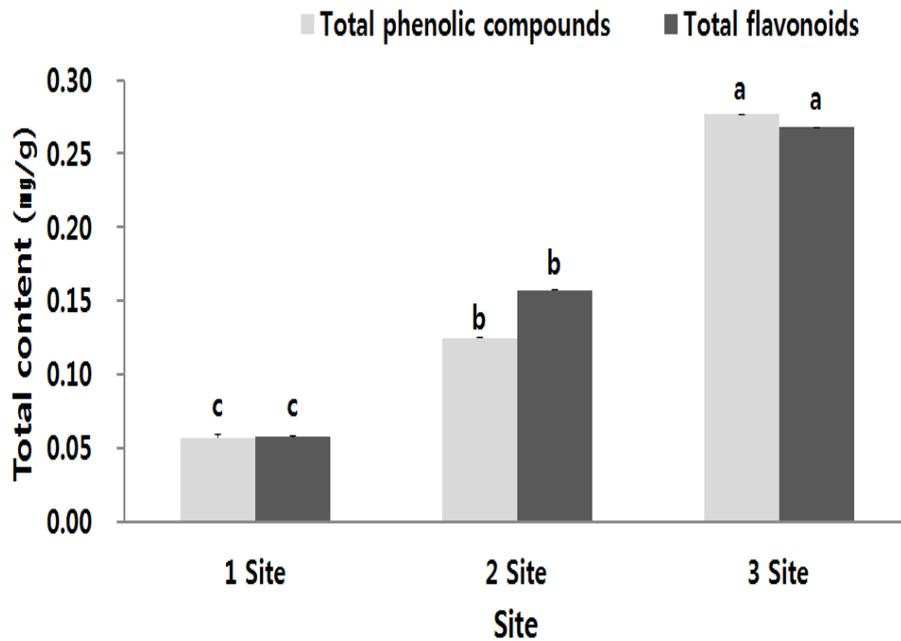


Fig. 7. Total phenolic compounds and total flavonoids of experiment site soil in *A. Koreana*. The different letters are significantly different at 1 % level DMRT.

A, outside area soil; B, border area soil; C, inside area soil

V. 고찰

식물 독성물질로서 Allelopathy와 직접 관계있는 물질들은 식물이 부패하는 과정에서 잎과 뿌리의 분비물 중에서 혹은 식물이 그 주위의 토양에 분비한 물질이 흙과 함께 분비되면서 만들어진다고(Keever, 1950; Neill and Rice, 1971; Wang *et al*, 1967). 구상나무 군락지의 하부식생의 변화를 조사한 결과 구상나무 군락지에 근접할수록 하부식생에 출현하는 종수, 종 다양성이 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 구상나무가 Allelochemicals를 방출하여 서식지 주변 환경에 영향을 주는 것으로 판단이 된다. 화학물질의 분비로 인해 종의 다양성을 억제시키거나 높이는 경우가 있으며, 동물과 식물의 관계에 있어서도 연관되어 있다(Whittaker, 1970)는 보고와 같이 본 실험에서도 유사한 경향을 보였다. 또한 침엽수림인 경우 낙엽활엽수림보다 낮은 낙엽 분해율로 인한 부엽층이 발달하는 반면 토양 내 유기물함량이 낮고 종자침투가 어려웠기 때문에 하부식생에 발생을 저해하는 것으로 판단된다(장과 박, 1986).

구상나무 수용성 추출액의 발아실험은 구상나무의 침지 추출액, 열탕 추출액의 농도가 증가됨에 따라 대조구에 비해 발아율이 감소하는 경향을 보이고 발아 소요일수는 늦어지는 것으로 분석되었고, 수용체식물의 종류와 추출방법에 따라 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

이는 식물 추출액의 농도에 따라 종자 발아와 억제정도가 달라진다는 보고(Rice, 1984; 김, 1993)와 비슷한 경향을 나타내었고, 식물의 수용 추출액 농도가 높을수록 타식물 종자발아를 억제하는 효과도 높아진다고 하였다(Rice and Pancholy, 1967).

구상나무 수용성 추출액의 농도 증가에 따른 수용체 유식물의 생장은 발아에 비해 억제효과가 컸다. 수용체식물의 생장은 지하부가 지상부보다 억제의 경향이 높았으며 수용체식물의 종류와 처리방법에 따라 차이를 보였다. 침지 추출액의 경우 저농도에서 수용체식물이 대조구에 비하여 촉진되는 현상이 나타났고 그 이상의 농도에서는 억제되는 현상이 나타났다. 또한 침지 추출액보다 열탕 추출액이 억제의 효과가 컸다. 이 결과는 고온 추출액이 저온 추출액보다 억제를 강

하게 하는 보고(길, 1987)와 일치 하였으며, 저농도의 allelochemicals에서 세포의 증식이 활발하여 대조구보다 유근 생장이 촉진되었다는 보고(김, 1993; 길, 1999; 배와 김, 2003)와 유사한 경향을 보였고 Lodhi(1976)은 allelochemicals에 의해 식물의 발아와 유근생장에 자극되어 생산량이 증대되는 현상에 관하여 보고한 바 있다. 또한 몇가지 화학물질로 보리의 발아를 실험한 결과 억제되는 것, 중간 것, 촉진되는 것으로 나타났다는 보고가 있었다(Pardo *et al.* 1998).

구상나무 수용성 추출액의 농도의 변화에 따른 수용체식물의 생체중의 변화는 수용성 추출액의 농도 증가에 따라 생체중이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 Yun and Maun(1997)은 농도에 따른 효과 차이는 종자 발아와 유묘 생장의 억제, 생체량 감소 등을 일으킨다는 보고와 일치하였다. 따라서 수용체식물의 생체중 감소는 수용체식물의 지상부와 지하부의 성장과 관계가 있다고 판단된다.

유식물의 뿌리털발달은 각 수용체식물에 따라 억제 정도는 다르지만 농도 증가에 따라 뿌리털의 길이, 단위면적당 뿌리털의 수가 감소하는 것으로 나타났다.

관련된 선행연구를 보면 *Parthenium*의 수용성 추출액은 수용체식물의 뿌리생장을 억제하고(Mersie and Singh, 1987), 수용성 추출액 농도의 변화는 뿌리의 성장에 영향을 준다고 했다(Pardates and Dingal. 1988; Hazebroek *et al.*, 1989; Heisey. 1990). 뿌리털은 뿌리가 침투할 수 없는 미세한 토양 공극으로 침투하여 수분과 양분을 흡수하는 중요한 역할을 한다(곽, 1993). 뿌리털 발달의 억제는 수용체식물의 뿌리의 발달이 빈약하여 정상적인 수분, 영양분 흡수가 어려워 성장에 많은 영향을 받을 것으로 판단된다.

식물성분 중 하나 또는 둘 이상의 수산기로 치환된 방향족환을 가지고 있는 phenolic compound는 진균, 세균, 또는 virus 등 병원균의 침입에 대한 방어작용으로서 항균효과를 나타내는 물질이 많은데(Snook *et al.*, 1991; Miles, 1991), 이는 2차대사물질 중 phytoncide 및 phytoalexin 물질이 유도되어 촉진되기 때문이라고 한다(紫田承二, 1978; Barz, 1990). Allelopathy현상에 의한 항진균활성에 대한 연구는 Zentmeyer(1963)에 의하여 시작되었으며 allelochemicals 중에는 항균작용이 있는 물질이 많으므로 진균, 세균 또는 virus 등 병원균의 침입에 대한 방어작용을 한다고 보고하였다(Friend, 1977). 또한 Grümer(1961)은 allelopathy의 개념을 미생물까지 확대하였고 고등식물이 미생물에 미치는 식물성 살균소에 대한

연구를 시작하였다(이와 김, 1999).

따라서 구상나무 수용성 추출액에 대한 미생물의 생장은 농도가 증가할수록 미생물 성장 감소를 보였다. 특히 *Pythium* 속인 경우 모든 처리구에서 미생물 생장이 강하게 억제되어 민감한 반응을 보였다. 김 등(1998)이 구상나무 정유에 대한 항균력이 있음을 확인 하였다. 이들 결과와 본 실험 결과를 통하여 항균력이 있다는 것을 확인할 수 있다.

식물체 내의 phenolic compound들은 일반적으로 acid 계통이며 shikimic acid 경로를 통해 생성되어 외부로 배출되는 수용성 물질이 대부분이다(Duke, 1986).

페놀성 물질은 식물의 2차 대사산물로 널리 분포되어 있고 phenolic hydroxyl 그룹 때문에 다양한 생리활성에 관여하는 것으로 알려져 있다. 또한 단백질과 결합하는 성질은 미생물 세포와 작용하여 성장저해를 유발시킴으로써 항균효과 등의 생리활성 기능을 가진다(Liu, 2004; Ryu *et al.*, 2006). 구상나무의 총 페놀함량은 침지 추출액 보다 열탕 추출액이 약 9.5배, 플라보노이드 함량은 약 30.3배 높은 것으로 조사되었다. 구상나무 군락 외부지역 총 페놀함량은 $0.06 \pm 0.00 \text{mg/g}$, 군락 인접지역은 $0.12 \pm 0.01 \text{mg/g}$, 군락 내부지역은 $0.28 \pm 0.00 \text{mg/g}$ 으로 구상나무 군락 내부로 근접할수록 토양 내 총 페놀함량이 증가하였으며, 플라보노이드 함량 또한 같은 경향을 나타낸 것으로 분석되었다. allelochemical 중 하나인 페놀화합물이 자연 상태에서 빗물에 의해 세탈되어 수관내 토양에 있는 다른 물질과 결합하거나 비활성화 상태로 하부식생에 대해 Allelopathy 효과를 보이는 것으로 판단된다.

위의 결과에 의하면 구상나무는 자생식물과의 경쟁함에 있어 Allelopathy 효과를 나타내는 페놀 및 플라보노이드 화합물을 수관 내 토양으로 방출하여 하부식생에 대한 발아 및 성장 등에 영향을 주기 때문에 경쟁적 우위를 점하는 것으로 판단되며, 천연 제초제 및 천연 살균제로의 가능성이 높다고 사료된다.

VI. 적 요

본 연구는 구상나무(*Abies Koreana* E. H. Wilson)의 Allelopathy 효과를 조사함으로써 천연 제초제 및 천연 살균제 등 산업화에 대한 기초자료로 제공하고 자 본 연구를 실시하였다.

구상나무 군락에 근접 할수록 1번 조사구(4.33) > 2번 조사구(3.67) > 3번 조사구(2.33) 순으로 출현 종수가 감소하였으며, 종 다양도는 1번 조사구(0.72) > 2번 조사구(0.62) > 3번 조사구(0.47) 순으로 감소하는 경향을 보였다. 구상나무의 침지 추출액, 열탕 추출액에 대한 수용체식물의 상대발아율, 평균발아일수, 생체 중은 추출액 농도가 증가할수록 전반적으로 감소하는 경향을 보였고 수용체 식물의 종류에 따라 다소 차이를 보였다. 수용체식물의 지하부가 지상부보다 억제 의 경향이 높았다. 뿌리털의 발생도 농도가 증가함에 따라 뿌리털의 길이와 단위 면적당 뿌리털의 수가 감소되었다.

미생물의 성장 또한 추출액의 농도가 증가할수록 생장이 억제되었으며 *Pythium*속의 경우 저농도에서 균사의 생장억제가 높았다.

구상나무의 총 페놀 함량은 침지 추출액과 열탕 추출액을 비교하였을 때 침지 추출액은 0.92mg/g, 열탕 추출액은 8.78mg/g, 총 플라보노이드 함량은 침지 추출액 0.13mg/g, 열탕 추출액 3.94mg/g으로 조사되었다.

조사지역의 토양 내 총 페놀 함량은 1번 조사구(0.06mg/g), 2번 조사구(0.12mg/g), 3번 조사구(0.28mg/g), 총 플라보노이드 함량은 1번 조사구(0.06mg/g), 2번 조사구(0.16mg/g), 3번 조사구(0.27mg/g) 순으로 구상나무 군락에 인접 할수록 총 페놀 및 플라보노이드가 증가되는 것으로 조사되었다.

이들 결과를 종합하면 구상나무는 자생식물과의 경쟁함에 있어 Allelopathy 효과를 나타내는 페놀 및 플라보노이드 화합물을 수관 내 토양으로 방출하여 하부식생에 대한 발아 및 성장 등에 영향을 주기 때문에 경쟁적 우위를 점하는 것으로 판단되며, 천연 제초제 및 천연 살균제로의 가능성이 높다고 판단된다.

인 용 문 헌

- 공우석. 2004. 한반도에 자생하는 침엽수의 종 구성과 분포. 대한지리학회지. 39(4) : 528-543.
- 공우석. 2006. 한반도에 자생하는 소나무과 나무의 생물지리. 대한지리학회지. 41(1) : 73-93.
- 국립수목원 2014. 한국의 숲(I) 변화하는 환경과 구상나무의 보전. 숨은길. p87.
- 길봉섭, 김두영, 김영식, 이승엽. 1991. 잣나무의 천연화학물질이 다른 식물에 미치는 독성작용. 한국생태학회지. 14 : 149-157.
- 길봉섭, 오석훈, 김영식. 1989. 곰솔에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지 12 : 21-35.
- 길봉섭. 1987. 소나무의 알레로패티 효과. 원광대학교 기초과학연구지. 6(1) : 27-33.
- 길봉섭. 1988. 리기다소나무의 Allelopathy 효과. 한국생태학회지. 11 : 65-76.
- 길봉섭. 1999. 다른 식물에 미치는 사철쭉의 알레로파시 효과. 한국생태학회지. 22(1) : 59-63.
- 김귀순, 길봉섭. 1984. 곰솔 수용추출액이 식물에 미치는 알레로패티 효과. 기초과학연구지 3 : 38-45.
- 김용욱. 1993. 리기다소나무의 allelochemicals가 수종 식물의 종자발아, 세포구조 및 동위원소 패턴에 미치는 영향. 건국대학교 박사학위 논문 p.88.
- 김윤근, 조종수, 문창국. 1998. 구상나무 정유의 항균활성과 성분분석. 농업연구소보. 32 : 7-14.
- 노범진, 길봉섭. 1986. 리기다소나무의 독성물질이 다른 식물에 미치는 영향. 기초과학연구지. 5 : 19-27.
- 농촌진흥청. 1997. 작물재배생리의 이론과 실험 pp. 53-55.
- 방기섭, 길봉섭. 1986. 개잎갈나무(*Cedrus deodara*)의 Allelopathy 효과. 기초과학연구지. 5 : 28-34.

- 배병호, 김용욱. 2003. 수종 나자식물의 잎 수용 추출액이 무궁화의 품종별 종자 발아와 유식물 및 초기생장에 미치는 영향. 한국생태학회지. 26(1) : 39-47.
- 산림청. 2009. 기후변화 산림. 산림청. p. 243.
- 이창복. 1970. 구상나무와 새로 발견된 품종. 한국임학회지. 10 : 5-6.
- 이창복. 2003. 대한식물도감. 향문사. p. 31.
- 이호준, 김용욱. 1999. Allelochemicals 함유 식물의 항균 효과. 한국생태학회지. 22(1) : 51-58.
- 장남기, 박남창. 1986. 남한의 송백림에 있어서 낙엽의 생산과 분해에 관한 연구. 한국생태학회지. 9(2) : 79-90.
- 환경부 국립생물자원관. 2010. 기후변화 생물지표 100종.
- 山下恭平. 1986. 生物 の 生活 と 生理活性物質. 朝倉書店, p. 248.
- 紫田承二. 1978. 生物活性天然物質. 醫齒藥出版社.. pp. 96-127.
- Barz, W. 1990. Phytoalexins as part of induced defence reactions in plants: their elicitation, function and metabolism in Bioactive Compounds from Plants. Ciba Foundation Symposium 154. John Wiley Sons, Chichester. pp. 140-152.
- Blum, U. and B.R. Dalton. 1985. Effect of ferulic acid, an allelopathic compound, on leaf expansion of cucumber seedling grown in nutrient culture. J. Chem. Ecol. 11 : 279-302.
- Buxton, E.W. 1957. Trans Brit. Mycol. Soc. 40 : 145.
- Costilow, R.N. 1981. Biophysical factors in growth. *In:* Manual of methods for general bacteriology. Gerhardt, P. American Society for Microbiology. Washington, DC. pp. 66-78.
- Datta, S.C. and S.P. Sinha-Roy. 1974. Allelopathy and inhibitors. Sci. and Cult., 40 : 47-59.
- Del Moral, R., 1972. On the variability of chlorogenic acid concentration. Oecologia 9 : 289-300.
- Duke, S.O. 1986. Naturally occurring chemical compounds as herbicides. Rev. Weed Sci. 2 : 17-44.

- Einhelling, F.A. and J A. Rasmussen. 1973. Allelopathic effects of *Rumex crispus* on *Amaranthus retroflexus* grain sorghum and field corn. Amer. Mid. Nat. 90 : 79-86.
- Eyini, M., M. Jayakumar. C. Pothiraj and B.S. Kil. 1999. Allelopathic effects of *Parthenium hysterophorus* on crop and weed plants. Korean J. Ecol. 22(2) : 85-88.
- Friend, J. 1977. Phenolics and plant disease. Biochemistry of plant phenolics. Plenum. N. Y. 557-588.
- Graham, H.D. 1992. Modified prussian blue assay for total phenol compound. J. Agric. Food Chem. 40 : 801-807.
- Grümmer, G. 1961. The role of toxic substances in the interrelationships between higher plants, In "Mechanisms in biological competition" (Milthorpe, F.L. ed.). Academic Press, New York. pp. 219-228.
- Hazeborek, J.P., S.A. Garrison, and T. Gianfagna. 1989. Allelopathic substances in Asparagus roots : extraction, characterization, and biological activity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(1) : 152-158.
- Heisey, R.M. 1990. Allelopathic and herbicidal effects of extracts from tree of heaven (*Ailantus altissima*). Amer. J. Bot. 77(5) : 662-670.
- Horsely, S.B. 1976. Allelopathic interference among plants. II. Physiological models of action. Proc. Fourth North Amer. For. Biol. Workshop, pp. 93-136.
- Keever, C. 1950. Causes of succession on old field of the piedmont, North Carolina. Eco. Mono. 20(3) : 231-250.
- Kil, B.S. and Y.J. Yim. 1983. Allelopathic effect of *Pinus densiflora* on undergrowth of red pine forest. J. Chem. Ecol. 9 : 1135-1151.
- Kim, J.H. 1997. Variation of monoterpenoids in *Artemisia feddei* and *Artemisia scoparia*. J. Plant Bio. 40: 267-274.
- Kim, M.Y. 2001. Isolation and identification of antioxidative flavonol compounds from Korean garlic by-products. Ph.D. Thesis, Kyungpook

- National University, Daegu.(In Korean).
- Kim, Y.O. and H.J. Lee. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some plants. *Korea J. Ecol.* 19 : 329-340.
- 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.
- Liu, R.H. 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention. mechanism of action. *J. Nutr.* 134 : 3479-3485.
- Lodhi, M. A. K. 1976. Role of allelopathy as expressed by dominating trees in a low land forest in controlling the productivity and pattern of herbaceous growth. *Amer. J. Bot.* 63 : 1-8.
- Lodhi, M. A. K. 1976. Role of allelopathy as expressed by Phenolic Compounds from Some Plants. *Korean J. Ecol.* 19(4) : 329-340.
- Lodhi, M. A. K. and E.L. Rice 1971. Allelopathic effects of *Celtis laevigata*. *Bull. Torrey Bot. Club* 98: 83-89.
- Mandava, N.B. 1985. Chemistry and biology of allelopathic agents. In A. C. Thompsom(ed.). ACS Symposium Series, Vol. 268. The chemistry of allelopathy-Biological interaction among plant. Amer. Chem. Society, Washington, DC. pp. 33-54.
- Mersie, M. and M. Singh. 1987. Allelopathic effect of *Parthenium*(*Parthenium hysterophorus* L.) extract and residue on some agronomic crops and weeds. *J. Chem. Ecol.* 13(7) : 1739-1747.
- Miles, D.H. 1991. A search for agrochemicals from peruvian plants in Naturally Occuring Pest Bioregulators. ed. by P.A. Hedin. ACS Sympoium Series No. 449. Washington D.C. pp. 399-406.
- Molisch, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie. Fischer, Jena. p. 20.
- Muller, C.H. 1969. Allelopathy as a factor in ecological process. *Vegetation* 18 : 348-357.

- Muller, C H. Vegetatio. 18 : 348-359. 1979.
- Muller, C.H., W.H. Muller and B.L. Hanines. 1964. Volatile growth inhibitors produced by aromatic shrubs. Science. 143 : 471-473.
- Neill, R.L., and E.L. Rice. 1971. Possible role of *Ambrosia psilostachya* on patterning and succession in old-fields. American Midl. Nat. 86 : 344-357.
- Noggle, G.R. and G.J. Fritz. 1983. Introductory plant physiology. 2nd ed. Prentice-Hall, Inc. pp. 627.
- Pardates, J.R. Jr. and A.G. Dingal. 1988. An allelopathic factor in taro residues. Trop. Agric. 65(1) : 21-24.
- Pardo, F., F. Perich, R. Torres, and F.D. Monache. 1998. Phytotoxic iridoid glucosides from the roots of *Verbascum thapsus*. J. Chem. Ecol. 24 : 645-654.
- Pickett, S.T. and J.M. Baskin. 1973. Allelopathy and its role in the ecology of higher plant. Biologist. 55 : 49-73.
- Rice, E.L. 1974. Allelopathy. Academic Press. New York. pp : 353.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy (Second Edition), Academic Press, Inc. Orlando, Florida. pp. 1-103, 231-361.
- Rice, E.L. and S.K. Pancholy. 1974. Inhibition of nitrification by climax ecosystem. iii. Inhibitors other than tannins. Am. J. Bot. 61 : 1095-1103.
- Rice, E.L.: 1984. Allelopathy (Second Edition), Academic Press, Inc. orlanddo, Florida, pp : 1-103, 231-361.
- Rose, S.L., D.A. Perry, D. Pilz, kand M. M. Schoeneberger. 1982. Allelopathic effects of litter on the growth and Colonization if *Mycorrhizal* Fungi. North american Symposium on Allelopathy. Nov. 14-17. Urbana-Champaign, IL.(Abstract).
- Ryu, S.W., C.W. Jin, H.S. Lee, J.Y. Lee, K. Sapkota, B.G. Lee, C.Y. Yu, M.K. Lee, M.J. Kim and D.H. Cho. 2006. Changes in total polyphenol, total flavonoid contents and antioxidant activities of *Hibiscus cannabinus* L.

- Kor. J. Med. Crop. Sci. 14 : 307-310.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana. p. 117.
- Snook, M.E., O.T. Chortyk and A.S. Csinos. 1991. Black shank disease fungus: Inhibition of growth by tobacco root constituents and related compounds in Naturally Occuring Pest Bioregulators. ed. by P.A. Hedin. ACS Symposium Series No. 449. Washington D.C. pp. 388-398.
- Tukey, H.B. 1969. Implications of allelopathy in agricultural Plant science. Bot. Rev. 35 : 1-16.
- Wang, T.S., C.T. Yang and T. Chuang. 1967. Soil phenolic acids as plant growth inhibitor. Soil Sci. 103 : 239-246.
- Weidenhamer, J.D. and J.T. Romeo. 1989. Allelopathic properties of *Polygonella myriophylla*-Field evidence and bioassays. J. Chem. Ecol. 15 : 1957-1970.
- Whittaker, R. and P. Feeny. 1971. Allelochemicals : chemical interactions between species. Science 171 : 757-770.
- Whittaker, R. M. 1970. The biochemical ecology of higher plants. In : chemical ecology (E. Sondheimer and J. B. Simeone, eds.). Academic press, New York. pp. 43-70.
- Wilson, R.E. and E.L. Rice. 1968. Allelopathy as expressed by *Helianthus annuus* and its role in old-field succession. Bull. Torrey Bot. Club 95 : 432-448.
- Yun, K.W. and M.A. Maun. 1997. Allelopathic potential of *Artemisia campestris* ssp. *caudata* on lake Huron sand dunes. Can. J. Bot. 75 : 1903-1912.
- Zentmeyer, G.A. 1963. Biological control of Phytophthora root rot of avocado with alfalfa meal. Phytopathology 53 : 1383-1386.

感 謝 文

‘실’ 보다 ‘득’이 많았던 2년이라는 대학원생활과 논문이 완성되기까지 지도해주신 송창길 교수님께 진심으로 감사드리며, 논문을 심사해주신 김주성 교수님, 현해남 교수님께 진심으로 감사드립니다.

학부과정부터 대학원까지 많은 가르침을 주신 강영길 명예교수님, 전용철 교수님, 김동순 교수님께 감사드립니다.

많은 조언과 관심으로 논문의 완성을 도와주신 김찬우 박사님, 장용석 선생님, 이종훈 조교선생님, 김민선 선배님, 현진아를 비롯한 대학 및 대학원 선·후배님들께 감사합니다.

Allelopathy라는 학문을 알려주고 아낌없는 조언을 주신 김현철 박사님, 마지막까지 옆에서 큰 힘이 되어준 김태근 선배님께도 감사드립니다. 식물에 대한 관심과 뒤에서 많은 도움을 준 자원식물학 실험실 송진영 선배님, 강정환 선배님, 하영삼 선배님, 강영식 선배님, 현도경 선배님, 차진우 선배님, 최고봉, 이희선, 권난희 에게도 감사의 말씀을 드립니다.

또한 고등학교부터 지금까지 함께한 친구들과 선·후배님에게도 감사드립니다.

마지막으로 아들을 믿고 응원하고 지켜봐주신 아버지, 어머니 그리고 동생에게 너무 감사하다는 마음을 전합니다.

이외에도 저를 응원해주시고 도움을 주신 모든 분들 한분 한분 언급을 못한 점 이해해 주시고 다시 한번 모든 분들께 감사드립니다.

2016년 12월 마지막 날 실험실에서...