


碩士學位論文

몇 가지 식물 및 식물병원균에 대한
왕도깨비가지 추출물의 알레로패시 효과

Allelopathic Effects of the Aqueous Extracts from *Solanum
vigarum*(Dunal) on Several Plants and Plant Pathogens



濟州大學校 大學院

農學科

金 兌 根

2009年 2月

몇 가지 식물 및 식물병원균에 대한
왕도깨비가지 추출물의 알레로패시 효과

指導教授 宋 昌 吉

金 兌 根

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함.

2008年 12月

金兌根의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (인)

委 員 _____ (인)

委 員 _____ (인)

濟州大學校 大學院

2008年 12月

목 차

TABLE 목록	ii
FIGURE 목록	ii
ABSTRACT	iv
I. 서언	1
II. 연구사	2
III. 재료 및 방법	5
1. 왕도깨비가지 군반 내 하부식생조사	5
2. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 발아 및 성장실험	5
3. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 항균실험 및 총 페놀함량 분석	7
IV. 결과	9
1. 왕도깨비가지 군반 내 하부식생조사	9
2. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 발아 및 성장	11
1) 수용성 추출액에서의 발아	11
2) 수용성 추출액에서의 유식물 성장	15
3) 수용성 추출액에서의 뿌리털 발달	19
4) 수용성 추출액에서의 성장실험	26
3. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 항균 효과 및 총 페놀함량	28
1) 수용성 추출액에서의 식물병원균 생장억제	28
2) 수용성 추출액 및 토양의 총 페놀함량	30
V. 고찰	32
VI. 적요	36
인용문헌	37

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>S. viarum</i> extracts.	14
Table 3. Weight(mg) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	18

LIST OF FIGURES

Fig. 1. Various number of species and species diversity index.	10
Fig. 2. Relative germination ratio of receptor plants grown in petri dishes with various concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	13
Fig. 3. Effect of <i>S. viarums</i> extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations.	16
Fig. 4. Effect of <i>S. viarum</i> extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations.	17

Fig. 5. Development of <i>A. spinosus</i> root hairs with different concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	20
Fig. 6. Development of <i>F. myuros</i> root hairs with different concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	21
Fig. 7. Development of <i>L. multiflorum</i> root hairs with different concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	22
Fig. 8. Development of <i>T. repens</i> root hairs with different concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	23
Fig. 9. Development of <i>F. arundinacea</i> root hairs with different concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	24
Fig. 10. Development of <i>B. campestris</i> subsp. <i>napus</i> var. <i>pekinensis</i> root hairs with different concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	25
Fig. 11. Relative elongation ratio of receptor plants grown in pots with various concentrations of <i>S. viarum</i> extract.	27
Fig. 12. Colony diameter of fungi taxa grown in PDA medium with various concentrations of <i>S. viarum</i> extracts.	29
Fig. 13. Total phenolic compounds of aqueous extracts analyzed from different organs of <i>S. viarum</i>	31
Fig. 14. Total phenolic compounds of experiment site soil in <i>S. viarum</i>	31

ABSTRACT

In order to survey the competitive dominant and antifungal effect of *Solanum viarum* Dunal, In this study species diversity change for belt-transect method in patch of *S. viarum* and allelopathic effects of the aqueous extracts on *S. viarum* were investigated.

Number of species and species diversity for close to patch of *S. viarum* was decreased gradually 1site(7.7 ± 2.0 , 1.5 ± 0.2), 2site(5.3 ± 1.2 , 1.2 ± 0.2) and 3site(4.0 ± 1.7 , 0.9 ± 0.1). It was generally decreased the relative germination ratio, the mean germination time, the relative elongation ratio, the fresh weight and the dry weight of receptor plants by concentration of the aqueous extracts from *S. viarum*. But they were different from the growing regions, the kind of receptor plants and the treatment of the aqueous extracts. Especially, it was differently effected among growing regions that inhibited more radicle than shoot by the aqueous extracts concentration of *S. viarum*. Generally, antifungal activity was appeared by increased the concentration of the aqueous extracts from *S. viarum* but it differed from species of microbes and treatment of aqueous extracts. The total phenolic compounds on region of *S. viarum* was gradually increased in stems(fresh 0.56 ± 0.02 mg/g, dry 1.58 ± 0.08 mg/g), roots(fresh 1.77 ± 0.07 mg/g, dry 2.64 ± 0.06 mg/g), leaves(fresh 6.01 ± 0.14 mg/g, dry 7.04 ± 0.29 mg/g), seeds(fresh 6.21 ± 0.17 mg/g, dry 9.08 ± 0.73 mg/g). Total phenolic compounds of soil in survey area was increased gradually 1site(0.16 ± 0.01 mg/g), 2site(0.17 ± 0.01 mg/g) and 3site(0.22 ± 0.02 mg/g).

The negative correlation on germination and on growth of receptor plants were shown by total phenolic compounds on region of *S. viarum*. And the number of species and species diversity($r = -0.692$, $P < 0.05$) were negative

correlated with increased total phenolic compounds of soil in the survey area.

Therefore, it suggested that *S. viarum* may hold a dominant position by phenolic compounds and have allelopathic effects in ecosystem of Jeju Island.



I. 서 언

식물의 2차대사산물이 식물 상호간의 생장과정에 영향을 미치는데 그 중 뚜렷한 효과는 allelopathy 현상이다(Muller, 1974; Rice, 1974; Whittaker, 1970). Allelopathy란 미생물을 포함한 모든 식물사이에서 일어나는 생화학적인 상호작용이고, 이 말은 사실상 해로운 면과 이로운 면을 모두 가리켜 사용한 용어이다(Molisch, 1937).

현재 국내에 서식하는 식물은 4,620분류군(강 등, 2003)이 있으며, 귀화식물은 287분류군(고 등, 2003)이 분포하는 것으로 알려져 있다. 그 중 제주도에 37과 205분류군(양, 2007)이 분포하고 있으며, 고 등(1999)은 제주도의 농경지에 발생하는 귀화식물이 25과 81분류군으로서 농경지에 발생하는 전체 잡초의 33%에 해당한다고 보고하였다.

귀화식물의 분포지역에는 일반적으로 자생식물의 빈도수가 낮게 나타나는데 이는 귀화식물의 allelochemicals가 자생식물의 종자 발아와 생장을 저해하기 때문이다(Duke, 1986). 귀화식물 중 특히 개망초(*Erigeron annuus*), 망초(*Erigeron canadensis*), 비름(*Amaranthus mangostanus*), 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*), 토끼풀(*Trifolium repens*) 등은 주변식물의 생장을 억제하는 allelopathy 현상을 일으키는 물질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Chou and Waller, 1987; 김, 1993; Rice, 1984). 그러나 국내 귀화식물의 연구 동향은 귀화식물의 분포 및 미기록 종 동정에만 국한되어 있을 뿐 귀화식물의 종 특성 및 경쟁의 원인 규명에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 환경생태학적 측면인 왕도깨비가지의 allelopathy 효과를 조사함으로써 제주 초지에서의 경쟁적 우세 원인 규명과 천연제초제 및 천연살균제 등에 대한 자원화 방안의 기초 자료로 제공하고자 실시하였다.

II. 연 구 사

Allelopathy작용은 야외 조사 결과로부터 비롯되었는데(Weidenhamer and Romeo, 1989) 이제는 일반적인 현상으로 인식되어 일종의 식물과 식물, 식물과 미생물 등의 화학전쟁으로 받아들이고 있다. 특히, 최근에는 allelopathy라는 용어를 생물학적 system의 성장과 발전에 영향을 주는 2차대사산물 또는 생물학적 물질을 포함하는 일련의 과정으로 정의하면서 연구대상을 확대하여 식물학은 물론 다양한 분야의 연구를 포함시키고 있다. 한편, 이들 연구의 방법론적 특징은 공여체식물의 수용성 추출액(길, 1993; 김 등, 1995; 윤, 1999; 이 등, 1990; Rice, 1984)과 휘발성 물질(김과 김, 2001; Kil and Yun, 1992; 윤, 1999), 그리고 식물의 잔유물(Kuo *et al.*, 1981)이 수용체식물의 종자발아와 생장에 장애를 일으키거나 억제하는 생물학적 검정 방법이 연구되어 왔다. 그 중 수용성 추출액에 의한 최근 대표적인 국내연구는 식물의 생리작용에 관한연구(김 등, 1995; 배와 김, 2003)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 왔으며, 대표적인 것으로는 개똥쭉(*Artemisia annua* L.)의 유래로 sesquiterpenoid lactone인 artemisinin은 식물성장저해제로서 뿐만 아니라 상업적 제초제 cinmethylin으로 알려져 있다(Chen and Leather, 1990).

Allelochemicals의 특성은 식물이 내는 2차대사산물로서 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 흙에 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 compound가 주요한 물질인데(Blum and Dalton, 1985), tannin류(Rice and Panchoy, 1973), acetic acid(Lynch *et al.*, 1980), 비단

백질성 amino acid(Bell, 1980) 등도 포함되며, 식물체에서 화학적으로 분리 확인 해낸 것으로 종자 발아와 유식물의 생장을 억제하는 물질로는 ferulic acid 등 phenolic compound가 많고(Shettel and Balke, 1983), flavonoid(Rice and Pancholy, 1974) 그리고 terpene류(Chou and Patrick, 1976) 등이 알려져 있다.

귀화식물의 일반적 특성으로는 첫째, 생식적 성숙과 개화가 빠르며 둘째, 종자의 생산성이 높고, 산포범위가 넓으며, 발아 조건의 폭이 넓다. 셋째, 새로운 생육지에 대한 적응력이 높다(Newsome and Noble, 1986; Aber *et al.*, 1991; Rejmane and Richardson, 1996). 이러한 특성에 따라 귀화식물은 그들의 영역을 전국적으로 확산시켜 자연 생태계 및 종 다양성에 큰 위협이 되고 있다(Kim and Lee, 1996; 길 등, 1998).

제주지역은 섬이라는 격리된 지역 특성과 특유한 생물상을 가지고 있어 외래 식물이 제주지역으로의 유입은 다른 지역보다 커다란 생태계의 교란을 야기 시킬 것으로 예상된다(Sherly, 2000; Tokarska-Guzik, 2001). 김(2006)은 제주도에 서 확산 및 지속성이 높고 생태적이나 환경적으로 악영향을 줄 가능성이 높은 유해수종으로 도깨비가지(*Solanum carolinense*), 가시비름(*Amaranthus-spinosus* L.), 서양금혼초 (*Hypchoevis radicata* L.) 등으로 분석하였다.

도깨비가지와 유사한 왕도깨비가지(*Solanum viarum* Dunal)는 남아메리카, 아르헨티나가 원산지로 2000년 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동하목장 일대 초지에서 처음 발견되어 *S. ciliatum* Lam.으로 발표 되었으나 양 등(2007)에 의해 *S. viarum* Dunal로 학명이 변경되었으며, 현재 국내에서는 제주도에서만 발견되었다.

왕도깨비가지는 tropical soda apple(TSA)로 불리며, 1988년 미국 플로리다 목초생산에 연간 \$1,100만의 막대한 경제적 손실을 주었고(Mullahey and Cornell, 1994), 왕도깨비가지에 대한 regional tropical soda apple task force라는 프로젝트팀을 구성 할 정도로 미국남동부지역에서 급속도로 확산되어 자연생태계에 대한 피해와 경제적 피해가 발생되고 있으며, 왕도깨비가지의 지역적 이입은 생태학적 손실과 경제적 손실 등을 야기 시키고 있다(Mullahey *et al.*, 1993; Langeland and Burks, 1998).

왕도깨비가지는 도깨비가지(*S. carolinenses*)와 비슷하나 열매의 색, 종자의

날개(seedcoat)에 차이를 보인다(양 등, 2007). 왕도깨비가지는 지하부가 숙근형(宿根形)으로 무성번식을 하고(Mullahey and Cornell, 1994; Akanda *et al.*, 1996) 연간 개체 당 약 45,000립 종자를 생산하며 약 70%정도 종자번식을 한다(Mullahey and Colvin, 1993; Mullahey *et al.*, 1997).

제주도에서 왕도깨비가지는 조사료의 품질저하, 강한 가시로 인한 접근 곤란 등을 야기 시키고 뿌리, 줄기, 가지에 의한 무성번식으로 인해 방제가 어려운 강해잡초(오 등, 2007)로 보고 있으나 현재는 유입 초기단계로 한정된 초지에서만 군반을 형성을 하고 있다.



Ⅲ. 재료 및 방법

1. 왕도깨비가지 군반 내 하부식생조사

1) 조사지역 및 시기

왕도깨비가지(*S. viarum*) 군락내 하부식생의 변화를 알아보기 위해 2006년 6월부터 2007년 11월까지 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동하목장 일대에 분포하는 왕도깨비가지 군반을 대상으로 현지조사를 실시하였다.

2) 조사방법 및 처리

왕도깨비가지 군반을 선정하여 연접식생법(belt-transect)으로 왕도깨비가지가 분포하지 않는 곳에서부터 100%피도가 보이는 내부까지 방형구(1×1m)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 왕도깨비가지의 분포에 따른 토양내의 총 페놀함량 변화와 하부식생의 변화와의 관계 등을 알아보기 위해 SPSS PC⁺ 통계 package를 이용하여 분석하였다.

2. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 발아 및 성장실험

1) 공여체 및 수용체 식물

왕도깨비가지를 동하목장일대에서 채취하여 공여체식물로 정하고, 수용체식물은 왕도깨비가지 군반 근처에 분포하는 가시비름(*Amaranthus spinosus*), 들묵새(*Festuca myuros*), 쥐보리(*Lolium multiflorum*), 토끼풀(*Trifolium repens*), 큰김의털(*Festuca arundinacea*)과 채배종인 배추(*Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*)로 정하였다. 이들의 종자는 실험하기 전년에 채집하거나 종묘상

에서 구입하여 실내 암소에 보관하여 사용하였다.

2) 수용성 추출액 준비

수용성 추출액은 왕도깨비가지 전부위(잎, 줄기, 뿌리, 열매)와 종자에 대해 수용성 추출액을 제조하였다. 이때 시료의 처리에 따라 생초(生草)에 대한 수용성 추출액을 생전초(生全草) 수용성 추출액, 건조(乾草)에 대한 수용성 추출액을 건조전초(乾全草) 수용성 추출액이라고 하였고 종자에 대한 수용성 추출액을 종자 수용성 추출액이라고 하였다. 수용성 추출액 제조는 각각의 시료 100g을 1,000ml의 증류수에 넣고 24시간 동안 방치한 후, 표준망체(500 μ m)로 부유물을 제거한 다음 다시 여과지(Advantec No. 2)를 사용하여 여과시켰다. 이때 추출액을 100%로 하여 1차 증류수로 75, 50, 25%로 희석하여 실험에 사용하였고, 대조구는 24시간 전에 받아둔 증류수를 사용하였다.

3) 수용성 추출액에서의 발아실험

왕도깨비가지의 수용성 추출액 농도에 대한 수용체식물의 발아 실험은 3회 반복 실시하였고, petri dish(\varnothing 9cm)에 각 농도별 왕도깨비가지의 추출액을 가한 0.8% 한천배지를 깔고, 그 위에 수용체식물의 종자를 일정한 간격으로 20립씩 파종한 후 유식물의 생장에 따라 이를 수확하여 평균발아일수(Mean germination time, MGT)(작물재배생리의 이론과 실험, 1997), 상대발아율(Relative germination ratio, RGR), 지상부와 지하부의 상대신장율(Relative elongation ratio, RER)을 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 생체량을 측정한 후 70℃에서 건조 후 건조량을 측정하였고, 광학현미경하에서 왕도깨비가지의 추출액 농도에 따른 수용체식물의 뿌리털의 발달을 관찰하였다(길, 1987).

4) 수용성 추출액에서의 성장실험

플라스틱화분(∅ 12cm, volume 500ml)에 배양토(peat moss 25%, cocopeat 40%, perlite 15%, vermiculite 10%, zeolite 10%)를 약 450ml 넣고 6종의 수용체 식물을 산파하여 싹이 나오면 여러번 솟아내어 5주의 식물체만 남겨두어 유식물로 성장시킨 후 농도별 건조초 수용성 추출액을 24시간 마다 약 50ml을 관주하여 30일 후 수확하였다. 실험은 4회 반복 실험을 하였으며 이때 지상부(shoot)와 지하부(root)의 길이를 측정하고 그 결과를 대조구에 대한 지상부와 지하부의 상대신장율(RER)로 산출하였다(길, 1987).

3. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 항균실험 및 총 폐놀함량 분석

1) 수용성 추출액의 식물병원균 성장억제 실험

식물병원균인 *Alternaria brassicae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Glomerella cingulata*, *Phytophthora infestans*, *Phytophthora capsici*, *Pythium graminicola*는 한국농업미생물자원센터(KACC)와 제주대학교 작물보호학 실험실에서 분양 받아 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(∅ 9cm)당 약 25ml정도의 배지를 분주하여 사용하여 3회 반복하였다. 각 균주를 1주에서 2주 동안 배양하여 동일한 사이즈를 얻기 위해 cork borer(∅ 8mm)를 이용하였으며, 배지가 굳은 후 배양된 균주를 배지의 가운데에 접합 한 후 colony diameter로 균류의 성장결과를 측정하였다(Costilow, 1981).

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

Test strains	Temperature(°C)	KACC NO.
<i>Alternaria brassicae</i>	25	KACC 40036
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	25	KACC 40690
<i>Glomerella cingulata</i>	25	KACC 40299
<i>Phytophthora infestans</i>	15	KACC 40158
<i>Phytophthora capsici</i>	25	KACC 40158
<i>Pythium graminicola</i>	25	

PDA : potato dextrose agar

2) 토양 및 수용성 추출액에서의 총 페놀함량 분석

공여체식물의 수용성 추출액과 공여체식물이 생육하고 있는 균반 내·외의 토양 총 페놀함량을 측정하기 위하여 공여체식물이 분포하지 않는 곳에서부터 100%피도가 보이는 내부까지 방형구(1×1m)내의 토양 유기물 층을 제거한 후 10 cm 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 수용성 추출액의 총 페놀함량은 Prussian blue법(Graham, 1992)으로 3회 반복 측정하였고, 토양과 왕도깨비가지 수용성 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.

IV. 결 과

1. 왕도깨비가지 군반 내 하부식생 조사

왕도깨비가지 분포에 따른 하부식생의 변화를 알아보기 위해 연접식생법 (belt-transect)을 이용하여 분기별 왕도깨비가지 하부에 출현하는 종수와 종 다양성 지수를 산출한 결과, 1번 조사구에서는 팽이밥(*Oxalis corniculata*), 흰털새 (*Holcus lanatus*), 유럽점나도나물(*Cerastium glomeratum*) 등 7.7 ± 2.0 종, 2번 조사구에서는 큰감의털(*Festuca arundinacea*), 쥐보리(*Lolium multiflorum*), 쥐꼬리 망초(*Justicia procumbens*) 등 5.3 ± 1.2 종, 3번 조사구에서는 거지덩굴(*Cayratia japonica*), 가시비름(*Amaranthus spinosus*), 뿌리뽕이(*Youngia japonica*) 등 4.0 ± 1.7 종이 분포하는 것으로 조사되었고, 종 다양성 지수는 1번 조사구 1.5 ± 0.2 , 2번 조사구 1.2 ± 0.2 , 3번 조사구 0.9 ± 0.1 로 산출되었다. 출현종수와 종 다양성 지수가 3번 조사구 < 2번 조사구 < 1번 조사구순으로 증가하여 왕도깨비가지가 군반을 형성함에 따라 하부식생의 출현종수 및 종 다양성에 영향을 미치는 것으로 분석되었다(Fig. 1).

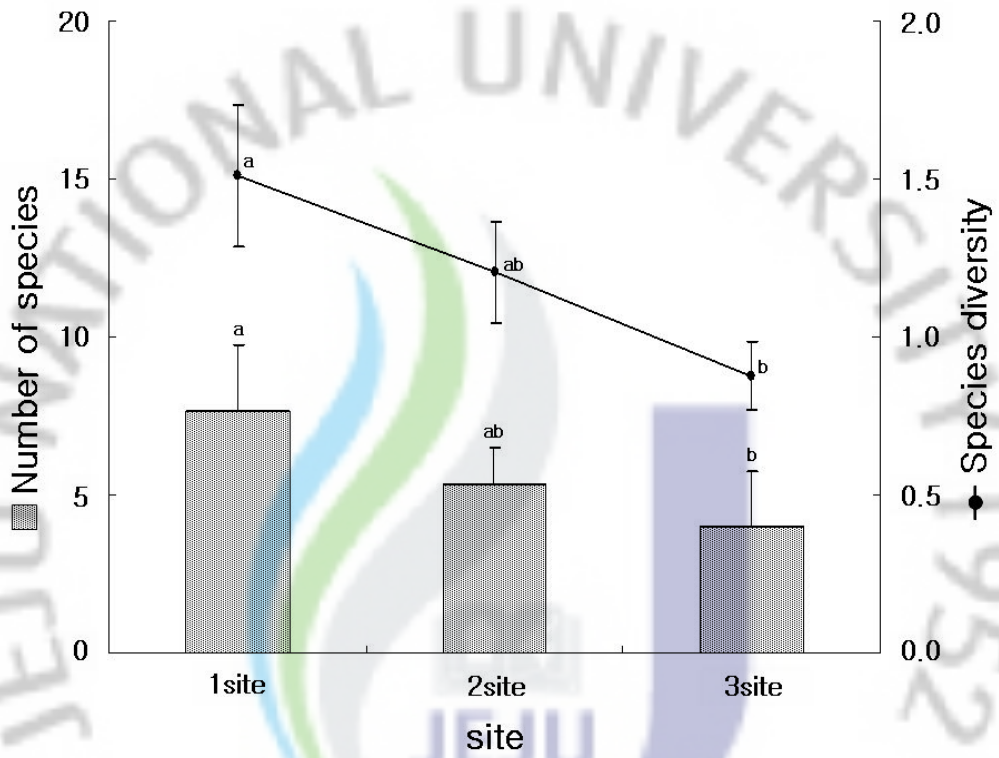


Fig. 1. Various number of species and species diversity index. 1 site, outside area; 2 site, border area; 3 site, inside area. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

2. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 발아 및 생장

1) 수용성 추출액에서의 발아

왕도깨비가지의 수용성 추출액 농도에 따른 수용체식물의 발아에 대해 조사한 결과, 대부분 수용체식물은 농도가 증가함에 따라 대조구에 비해 발아율이 감소하는 경향을 보이고 수용성 추출액의 시료처리와 부위, 수용체식물의 종류에 따라 각각의 상대발아율과 발아소요일수에서 차이를 보였다.

시료의 상태에 따른 동일 농도별 수용체식물의 발아는 생전초(生全草) 수용성 추출액, 건전초(乾全草) 수용성 추출액, 종자 수용성 추출액 순으로 발아율이 감소되는 것으로 분석되었다. 생전초 수용성 추출액에 대한 큰김의털(*F. arundinacea*)의 상대발아율(대조구 100%)은 25% 처리구에서 79.6%, 50% 처리구에서 79.6%, 75% 처리구에서 85.2%, 100% 처리구에서 88.9%로 발아가 억제되는 것으로 조사되었다. 건전초 수용성 추출액에 대한 25% 처리구에서 88.4%, 50% 처리구에서 55.8%로 발아가 억제되는 것으로 조사되었으며, 75%이상 처리구에서는 발아가 이루어지지 않았다. 그리고 종자 수용성 추출액에 대한 모든 처리구에서는 발아가 이루어지지 않았다. 반면, 배추(*B. campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*)인 경우 생전초 수용성 추출액에 대한 상대발아율을 보면 25% 처리구에서 51.0%, 50% 처리구에서 28.6%, 75% 처리구에서 12.2%로 발아가 억제되는 것으로 조사되었고, 100% 처리구에서는 전혀 발아가 되지 않았으며, 건전초와 종자 수용성 추출액에 대해서는 모든 처리구에 대해서 발아가 이루어지지 않았다(Fig. 2).

생전초의 수용성 추출액에 대한 가시비름(*A. spinosus*)의 대조구 평균발아일수는 1일(31시간), 25% 처리구는 2일(54시간)이며, 들묵새(*F. myuros*)는 대조구 7일(156시간), 25% 처리구는 7일(177시간), 쥐보리(*L. multiflorum*)는 대조구 3일(80시간), 25%처리구 4일(106시간), 토끼풀(*T. repens*)은 대조구 2일(38시간), 25% 처리구 3일(63시간), 큰김의털은 대조구 5일(130시간), 25% 처리구 7일(155시간), 배추는 대조구 3일(68시간), 25% 처리구 3일(70시간)로 평균발아일수가 증가되는 것으로 조사되었다. 건전초 수용성 추출액의 가시비름의 대조구 평균발아일수는 1일(34시간), 25% 처리구는 5일(119시간), 들묵새 대조구 6일(143시간),

25% 처리구 9일(225시간), 쥐보리 대조구 4일(103시간), 25% 처리구 8일(189시간), 토끼풀 대조구 2일(44시간), 25% 처리구 3일(68시간), 큰김의털 대조구 7일(166시간), 25% 처리구 9일(205시간)로 평균발아일수가 증가되는 것으로 조사되었고, 배추와 종자 수용성 추출액의 25% 처리구 이상에서는 발아를 하지 않았다 (Table 2).



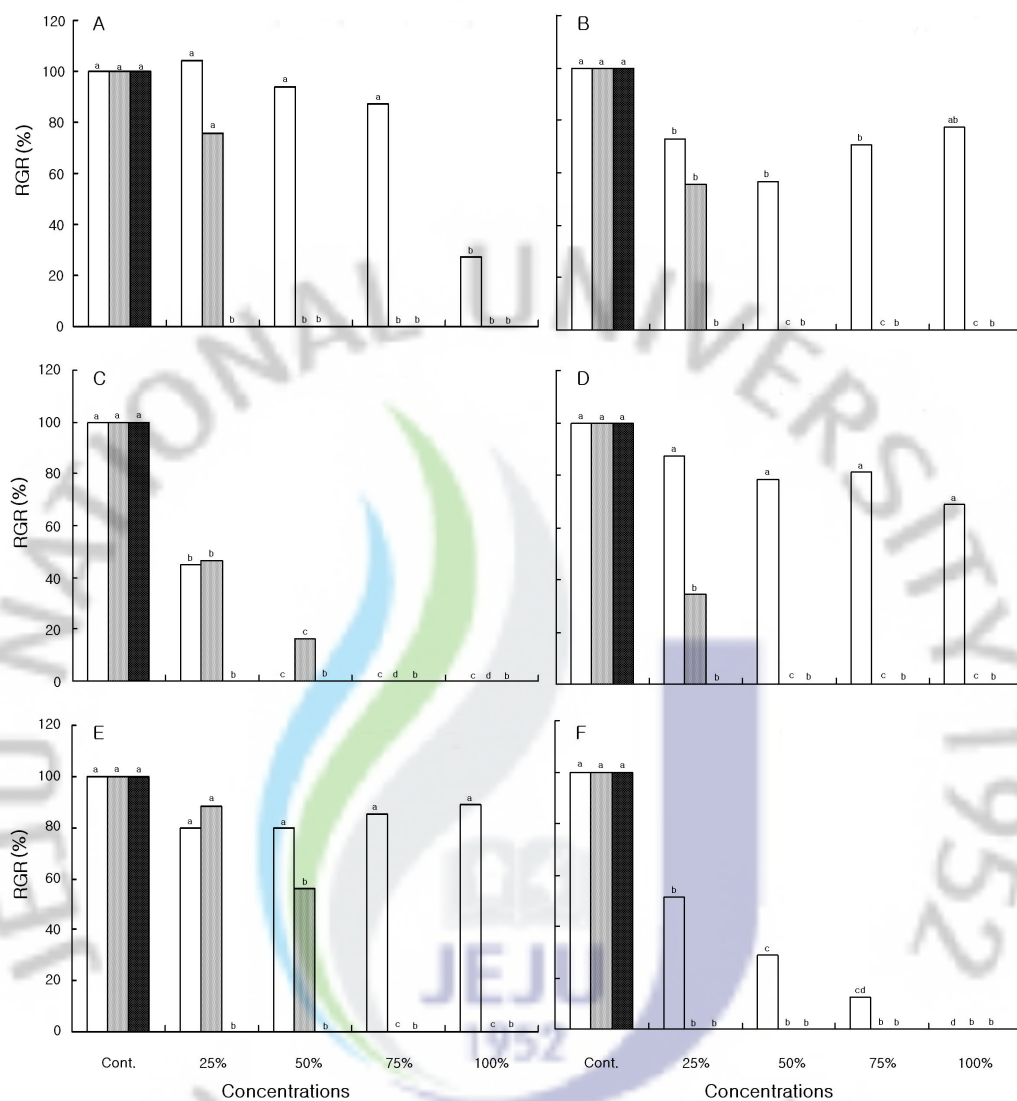


Fig. 2. Relative germination ratio of receptor plants grown in petri dishes with various concentrations of *S. viarum* extracts. □, Fresh aqueous extract; ▒, Dry aqueous extract; ■, Seed aqueous extract. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Abbreviations : A, *Amaranthus spinosus*; B, *Festuca myuros*; C, *Lolium multiflorum*; D, *Trifolium repens*; E, *Festuca arundinacea*; F, *Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*.

Table 2. Mean germination time(day(hour)) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of *S. viarum* extracts.

Species	Control	Concentration(%)				
		25%	50%	75%	100%	
Fresh aqueous extract	A	1(31) ^d	2(54) ^c	2(57) ^c	3(78) ^b	4(103) ^a
	B	7(156) ^d	7(177) ^c	7(182) ^c	9(218) ^b	10(240) ^a
	C	3(80) ^b	4(106) ^a	0(0) ^c	0(0) ^c	0(0) ^c
	D	2(38) ^b	3(63) ^a	2(58) ^a	2(59) ^a	3(70) ^a
	E	5(130) ^d	7(155) ^c	7(172) ^{bc}	8(191) ^{ab}	9(204) ^a
	F	3(68) ^a	3(70) ^a	4(85) ^a	3(76) ^a	0(0) ^b
Dry aqueous extract	A	1(34) ^b	5(119) ^a	0(0) ^c	0(0) ^c	0(0) ^c
	B	6(143) ^b	9(225) ^a	0(0) ^c	0(0) ^c	0(0) ^c
	C	4(103) ^b	8(189) ^a	9(205) ^a	0(0) ^c	0(0) ^c
	D	2(44) ^b	3(68) ^a	0(0) ^c	0(0) ^c	0(0) ^c
	E	7(166) ^c	9(205) ^b	11(264) ^a	0(0) ^d	0(0) ^d
	F	3(67) ^a	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b
Seed aqueous extract	A	2(36) ^a	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b
	B	6(137) ^a	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b
	C	98(4) ^a	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b
	D	34(1) ^a	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b
	E	6(150) ^a	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b
	F	5(112) ^a	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b	0(0) ^b

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

Abbreviations : A, *Amaranthus spinosus*; B, *Festuca myuros*; C, *Lolium multiflorum*; D, *Trifolium repens*; E, *Festuca arundinacea*; F, *Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*.

2) 수용성 추출액에서의 유식물 생장

왕도깨비까지의 수용성 추출액 농도가 증가됨에 따라 각각의 수용체 유식물의 생장은 대조구에 비해 지상부와 지하부, 생체량과 건중량이 억제되는 경향을 보이고 수용성 추출액 시료의 처리상태에 따라 수용체식물의 종류와 부위별에 따라 억제 정도가 차이를 보였다.

생전초의 수용성 추출액에 대한 지상부의 생장은 대부분 수용체식물이 25%, 50% 처리구에서 증가되는 경향을 보였고, 특히 토끼풀(*T. repens*)인 경우 대조구에 비해 전체의 처리구에서 생장이 증가되는 것으로 나타났다. 이에 반하여 건전초와 종자의 수용성추출액에서는 대부분 수용체식물이 각 처리구에 대해 지상부 생장이 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 3).

수용체 식물의 지하부인 경우 지상부보다 왕도깨비까지 수용성 추출액에 대해 민감한 반응을 보여 지상부보다 지하부의 생장이 현저한 감소를 보였다. 생전초의 수용성 추출액에 대한 지하부의 상대신장율(대조구 100%)은 큰김의털(*F. arundinacea*)인 경우 25% 처리구에서 22.2%, 쥐보리(*L. multiflorum*) 17.5%, 들목새(*F. myuros*) 10.1%, 가시비름(*A. spinosus*) 25.1%, 토끼풀 33.0%, 배추(*B. campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*) 32.3%이며, 100% 처리구에서는 큰김의털 13.4%, 들목새 3.2%, 가시비름 5.9%, 토끼풀 13.1%로 조사되었다(Fig. 4).

생전초 추출액의 한천배지에서 생장한 유식물인 배추의 생체량은 대조구 466.7mg, 25% 처리구에서 312.0mg, 50% 처리구에서 157.3mg, 75% 처리구에서 429.2mg, 100% 처리구에서는 발아를 하지 않아 측정하지 못하였으며, 75% 처리구까지 순차적으로 감소하여 농도가 높아질수록 생체량의 감소를 보였다. 반면 가시비름은 대조구 36.7mg, 25% 처리구에서 48.0mg, 50% 처리구에서 38.3mg으로 생체량이 증가하다가 75% 처리구에서 32.0mg, 100% 처리구에서 7.7mg로 감소하여 역치농도의 곡선을 나타냈으며, 건중량은 생체량과 유사한 경향을 보였다(Table 3).

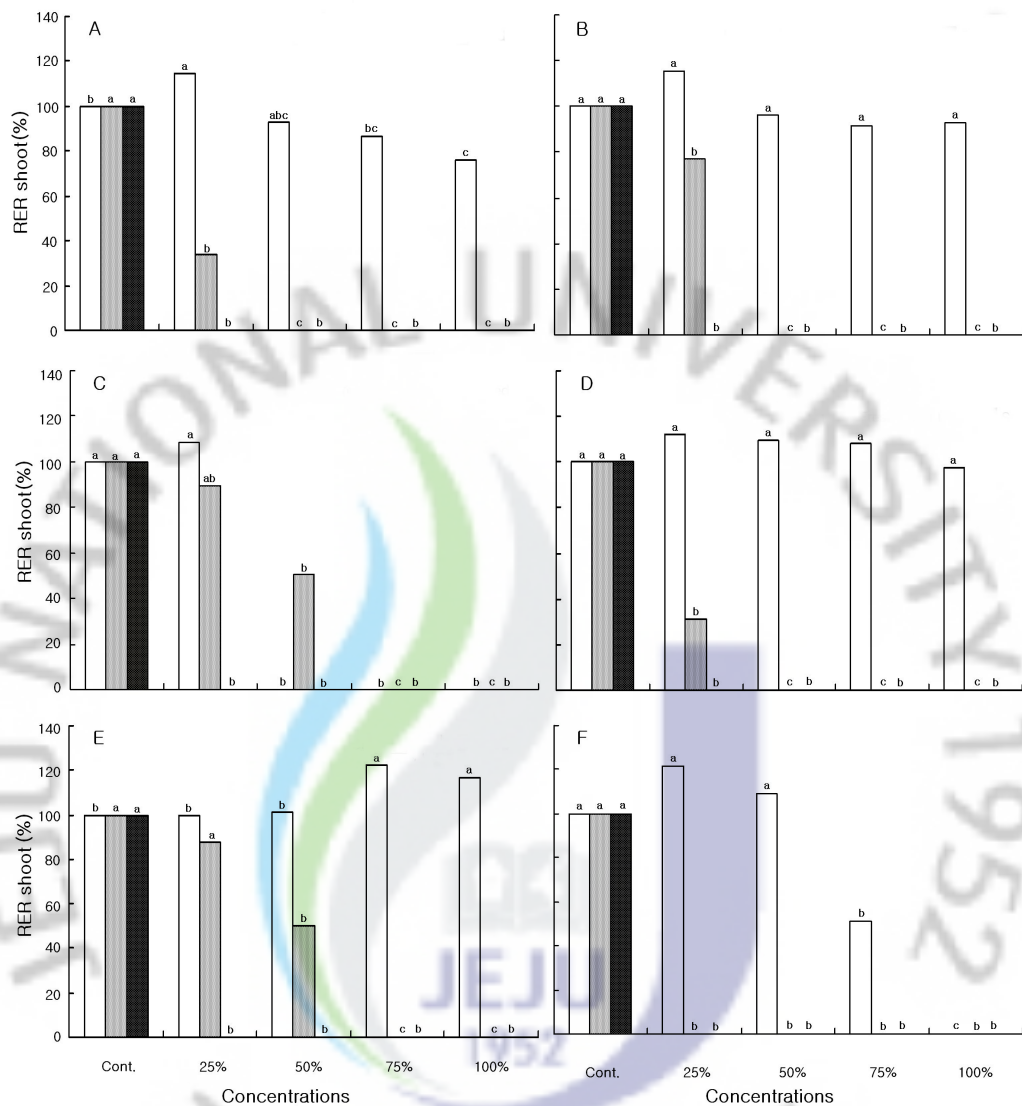


Fig. 3. Effect of *S. viarums* extracts on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations. □, Fresh aqueous extract; ▒, Dry aqueous extract; ■, Seed aqueous extract. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Abbreviations : A, *Amaranthus spinosus*; B, *Festuca myuros*; C, *Lolium multiflorum*; D, *Trifolium repens*; E, *Festuca arundinacea*; F, *Brassica campestris subsp. napus var. pekinensis*.

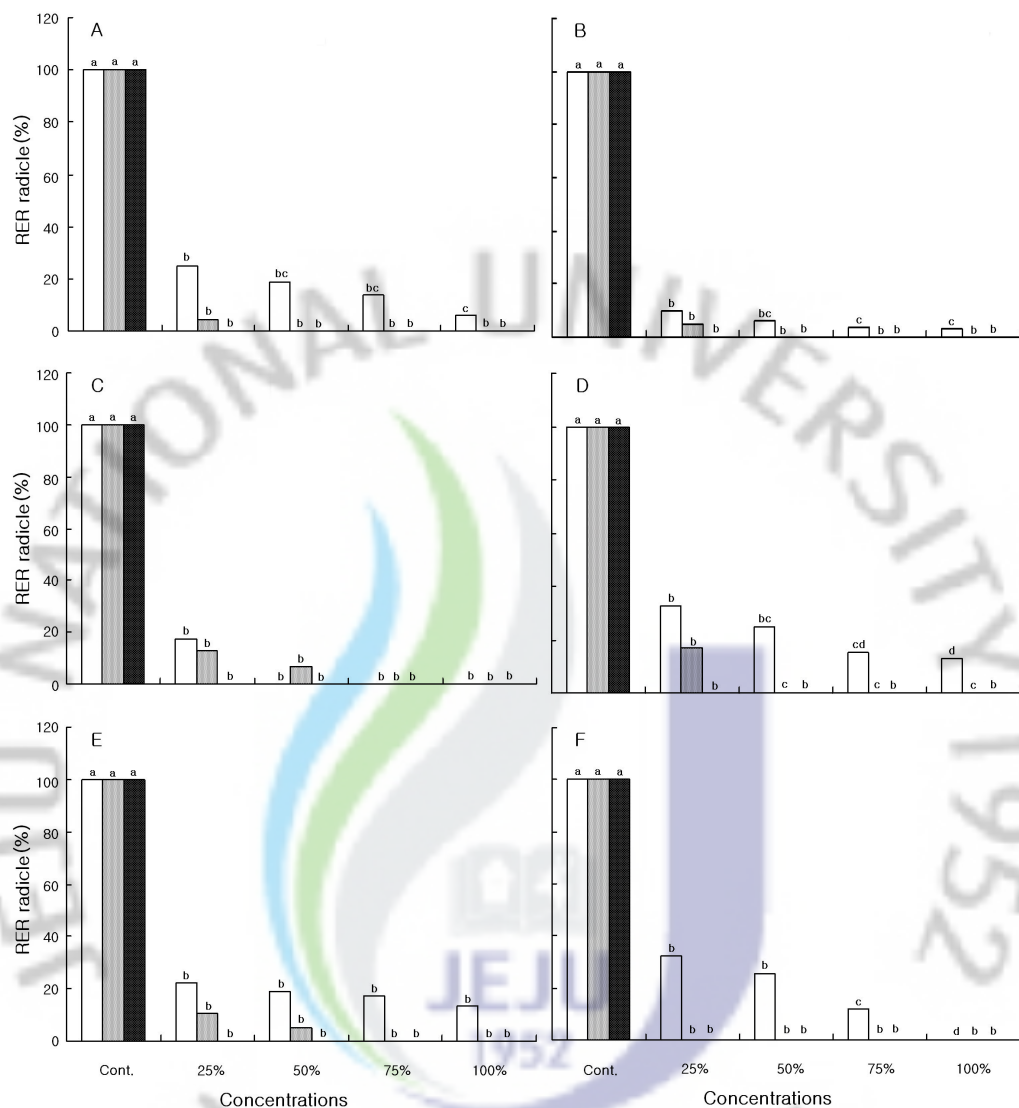


Fig. 4. Effect of *S. viarum* extracts on radicle growth of receptor plants grown in various concentrations. □, Fresh aqueous extract; ▒, Dry aqueous extract; ■, Seed aqueous extract. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Abbreviations : A, *Amaranthus spinosus*; B, *Festuca myuros*; C, *Lolium multiflorum*; D, *Trifolium repens*; E, *Festuca arundinacea*; F, *Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*.

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

Species		Concentration(%)						
		Control	25%	50%	75%	100%		
Fresh aqueous extract	A	F.*	36.7 ^b	48.0 ^a	38.3 ^{ab}	32.0 ^b	7.7 ^c	
		D.	2.5 ^{ab}	2.8 ^a	2.6 ^a	1.9 ^{ab}	1.1 ^b	
	B	F.	70.7 ^a	51.7 ^{ab}	38.3 ^b	43.3 ^b	46.0 ^b	
		D.	7.4 ^a	4.6 ^b	3.5 ^b	4.2 ^b	4.9 ^b	
	C	F.	281.7 ^a	117.5 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	
		D.	39.2 ^a	15.2 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	
	D	F.	101.0 ^a	83.7 ^{ab}	71.3 ^{ab}	75.0 ^{ab}	56.7 ^b	
		D.	4.9 ^a	4.6 ^a	3.5 ^a	5.3 ^a	4.4 ^a	
	E	F.	359.7 ^a	270.3 ^a	281.7 ^a	326.0 ^a	311.3 ^a	
		D.	35.6 ^a	28.4 ^a	29.4 ^a	34.3 ^a	34.7 ^a	
	F	F.	466.7 ^a	312.0 ^b	157.3 ^c	37.5 ^{cd}	0 ^d	
		D.	29.0 ^a	16.6 ^b	11.5 ^b	3.4 ^c	0 ^c	
	Dry aqueous extract	A	F.	44.3 ^a	15.7 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
			D.	4.3 ^a	2.7 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b
		B	F.	66.0 ^a	28.7 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
			D.	10.2 ^a	6.6 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
		C	F.	361.7 ^a	325.3 ^b	36.3 ^c	0 ^d	0 ^d
			D.	45.3 ^a	21.7 ^b	9.2 ^c	0 ^d	0 ^d
D		F.	119.0 ^a	19.0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	
		D.	7.7 ^a	4.8 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	
E		F.	258.0 ^a	205.7 ^b	90.7 ^c	0 ^d	0 ^d	
		D.	38.9 ^a	35.8 ^a	21.7 ^b	0 ^c	0 ^c	
F		F.	416.0 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
		D.	13.9 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
Seed aqueous extract		A	F.	40.7 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
			D.	2.7 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
		B	F.	64.7 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
			D.	7.7 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
		C	F.	429.3 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
			D.	37.2 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
	D	F.	101.3 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
		D.	4.2 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
	E	F.	353.7 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
		D.	33.9 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
	F	F.	486.0 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	
		D.	23.8 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	

* F., Fresh weight; D., Dry weight.

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

Abbreviations : A, *Amaranthus spinosus*; B, *Festuca myuros*; C, *Lolium multiflorum*; D, *Trifolium repens*; E, *Festuca arundinacea*; F, *Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*.

3) 수용성 추출액에서의 뿌리털 발달

식물체에서의 뿌리털은 토양내의 영양분, 무기염류, 수분 등을 흡수하는 기관으로 식물체의 생장과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다(이, 2000). 수용성 추출액의 농도가 높아질수록 유식물의 뿌리털 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 억제되는 경향을 볼 수 있었고, 수용성 추출액 시료의 처리와 수용체식물의 종에 따라 억제의 정도가 다르게 관찰되었다(Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10).

왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대한 가시비름(*A. spinosus*)의 유식물 뿌리털을 보면 생전초 수용성 추출액의 25% 처리구에서부터 매우 심하게 억제되며, 건전초 수용성 추출액의 25% 처리구는 생전초 수용성 추출액의 100% 처리구에서 보이는 사진과 유사한 경향을 보였으며, 종자 수용성 추출액은 25% 처리구 이상에서 발아를 하지 않아 관찰할 수 없었다(Fig. 5). 반면 큰김의털(*F. arundinacea*)의 생전초 수용성 추출액의 25% 처리구가 대조구보다 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 증가되었고, 50% 처리구 이상에서부터 점차 뿌리털이 억제되는 경향을 나타냈다. 건전초 수용성 추출액의 25% 처리구는 생전초 수용성 추출액의 100% 처리구에서 보이는 사진보다 더욱 심하게 억제되는 모습을 보였으며, 종자 수용성 추출액은 25% 처리구 이상에서 발아를 하지 않아 관찰할 수 없었다(Fig. 9).

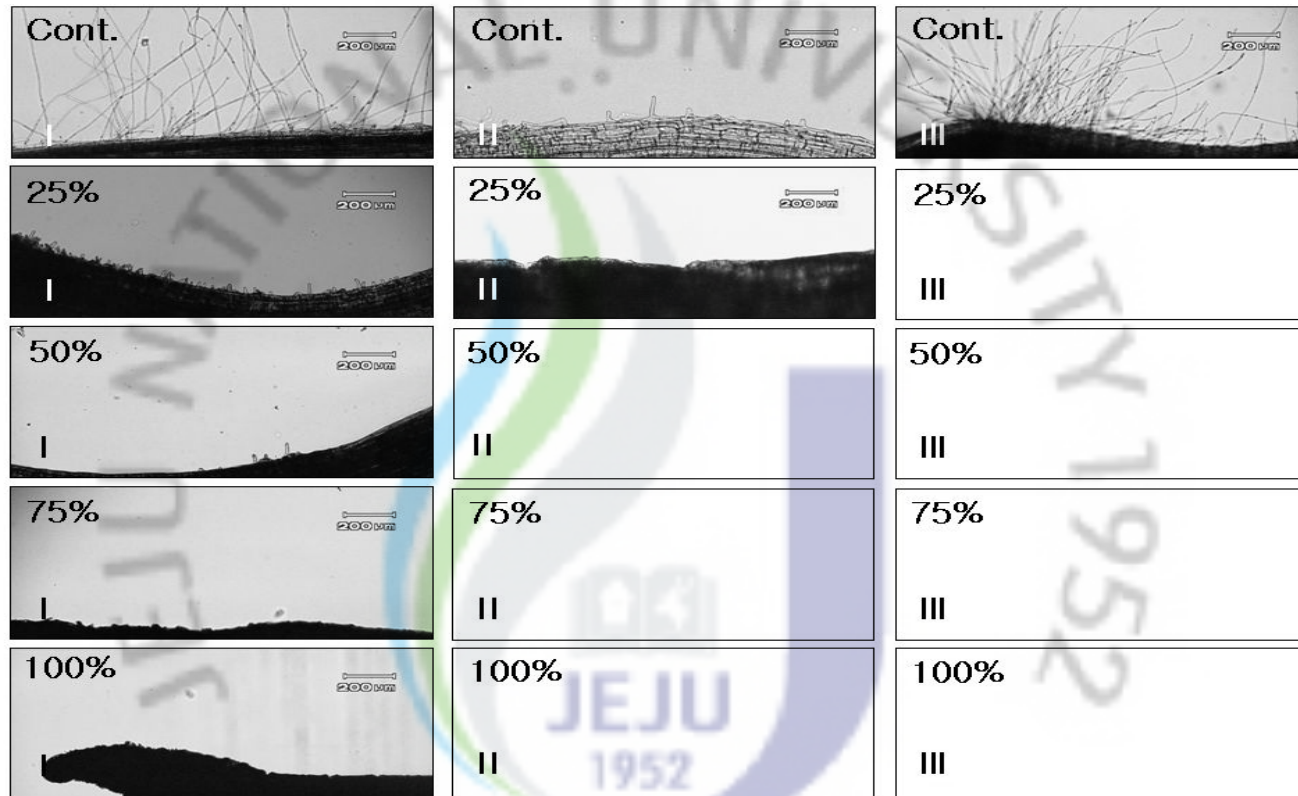


Fig. 5. Development of *A. spinosus* root hairs with different concentrations of *S. viarum* extracts. Scale bar = 200 μ m. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract.

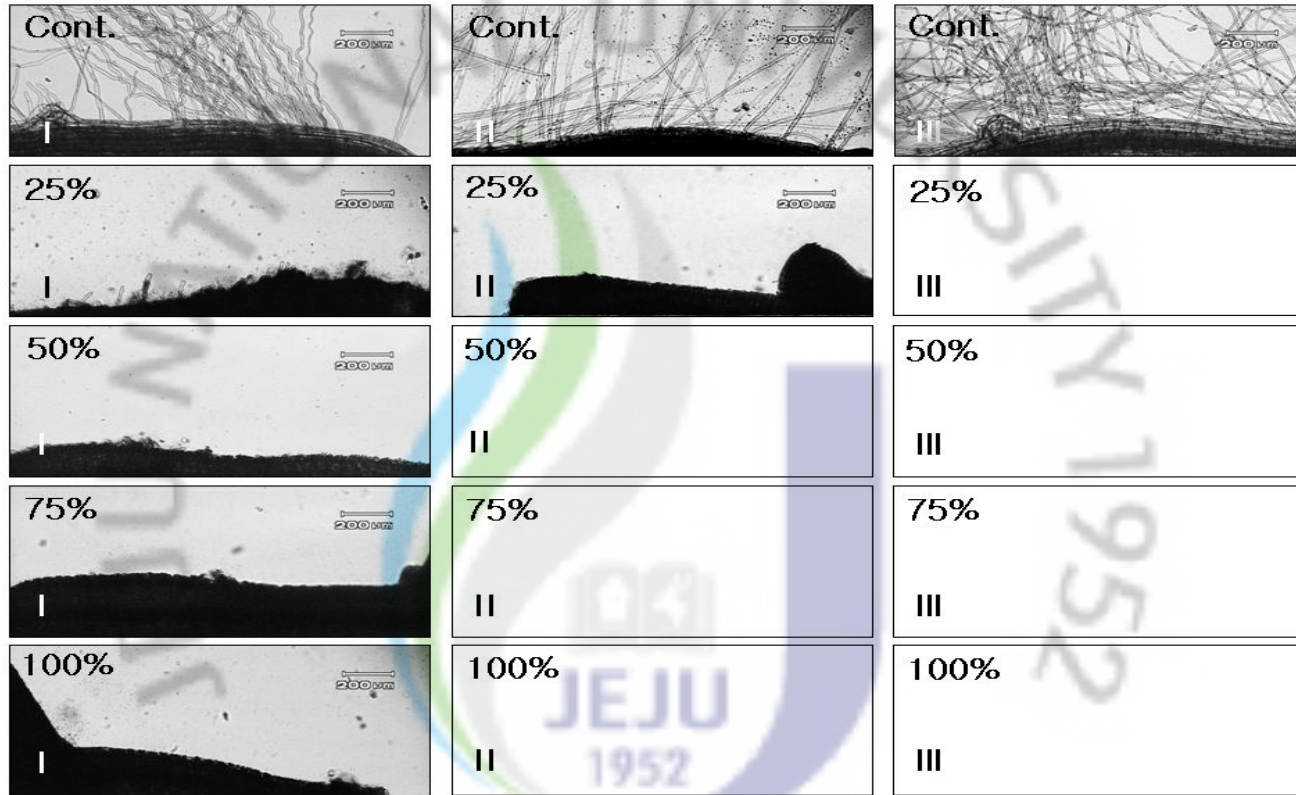


Fig. 6. Development of *F. myuros* root hairs with different concentrations of *S. viarum* extracts. Scale bar = 200µm. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract.

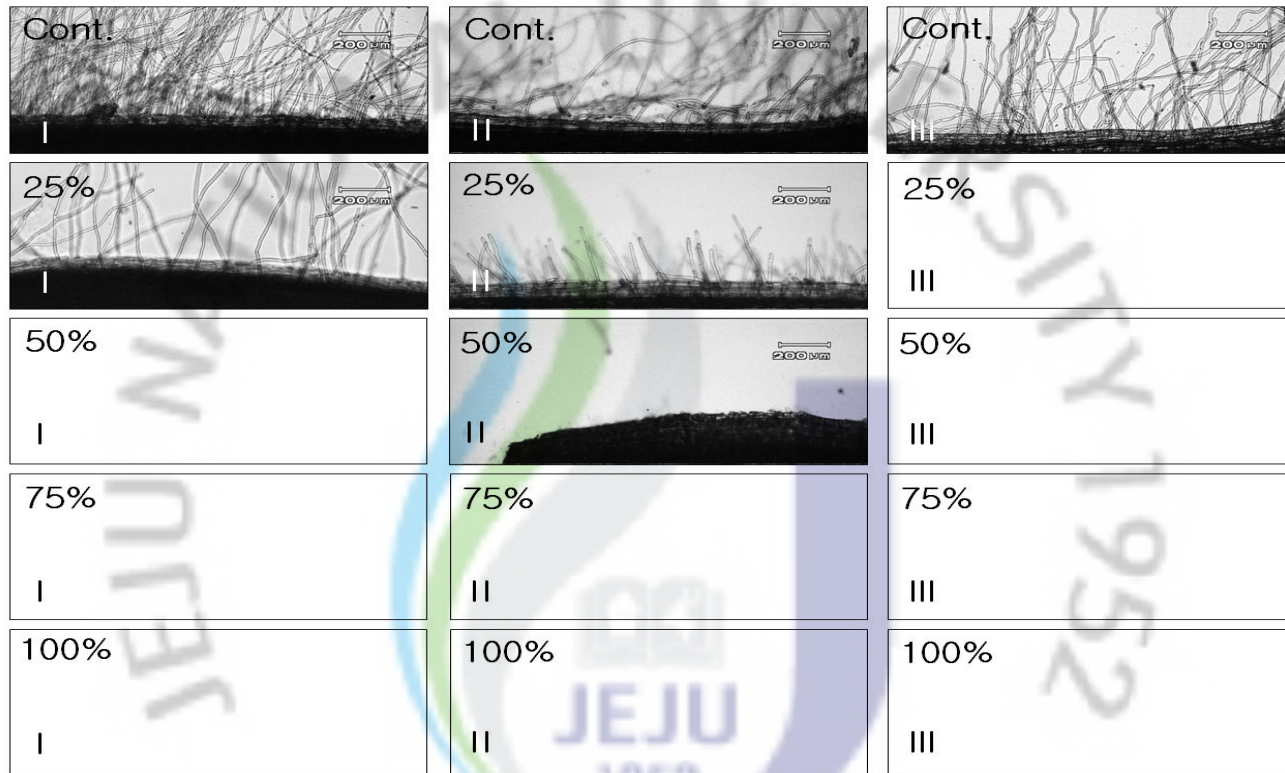


Fig. 7. Development of *L. multiflorum* root hairs with different concentrations of *S. viarium* extracts. Scale bar = 200 μ m. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract.

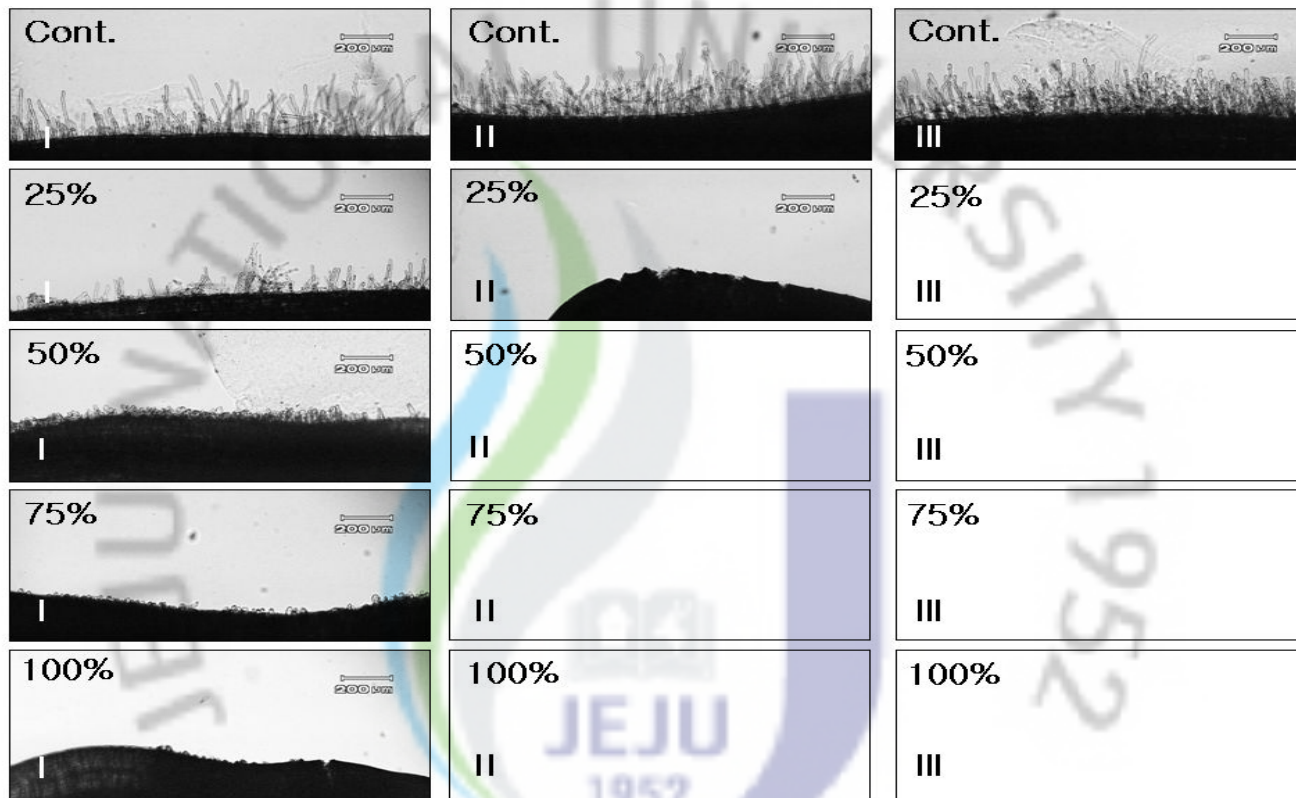


Fig. 8. Development of *T. repens* root hairs with different concentrations of *S. viarum* extracts. Scale bar = 200 μ m. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract.

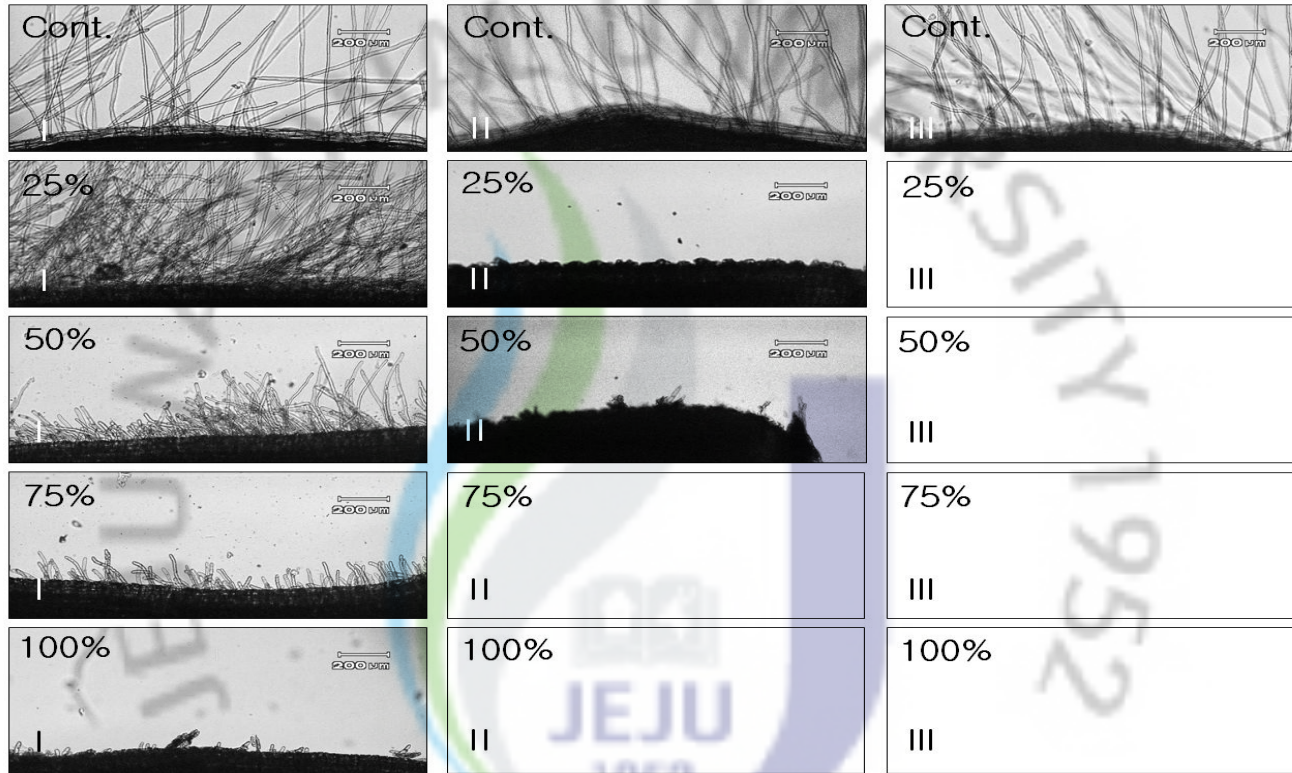


Fig. 9. Development of *F. arundinacea* root hairs with different concentrations of *S. viarium* extracts. Scale bar = 200 μ m. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract.

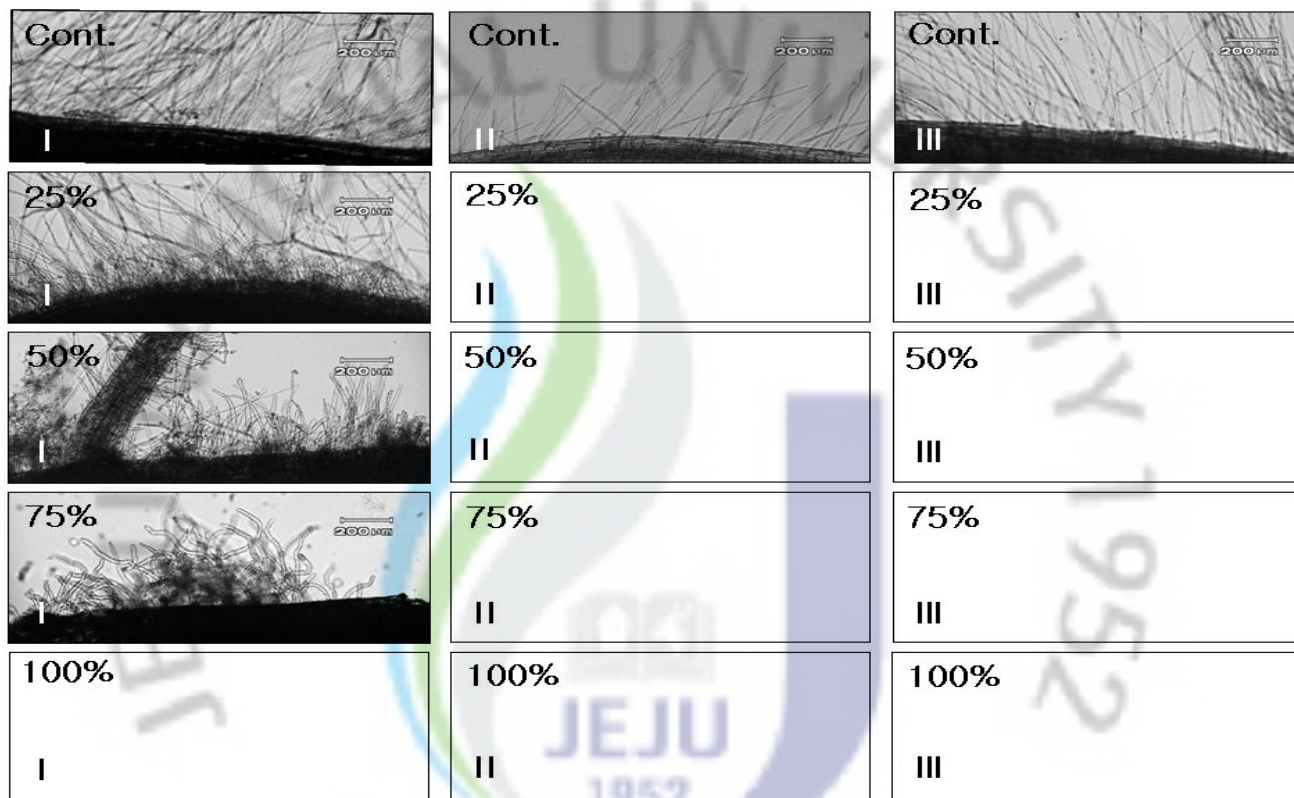


Fig. 10. Development of *B. campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis* root hairs with different concentrations of *S. viarum* extracts. Scale bar = 200 μ m. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract.

4) 수용성 추출액에서의 성장실험

왕도깨비가지의 수용성 추출액에서의 성장실험 결과 수용체식물의 종에 따라 억제도의 차이를 보였다. 상대신장율(대조구 100%)의 지상부 생장은 대부분 수용체식물이 억제되는 경향을 보였다. 특히, 들묵새(*F. myuros*)인 경우 25% 처리구에서 87.4%, 50% 처리구에서 101.9%로 증가하다가 75% 처리구에서 74.8%, 100% 처리구에서 62.4%로 생장이 점차 억제되는 역치농도를 나타냈다. 이에 반하여 배추(*B. campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*)인 경우 전체 처리구에서 대조구보다 생장이 증가하였으며 75% 처리구인 경우 139.4%로 최고성장을 보였다(Fig. 11).

수용체 식물의 지하부인 경우 지상부보다 왕도깨비가지 수용성 추출액에 대해 민감한 반응을 보여 지상부보다 지하부의 생장이 현저한 감소를 보였다. 수용성 추출액에 대한 상대신장율의 지하부 생장은 가시비름(*A. spinosus*)인 경우 100% 처리구에서 44.4%, 들묵새 25.3%, 쥐보리(*L. multiflorum*) 48.7%, 토끼풀(*T. repens*) 59.3%, 큰김의털(*F. arundinacea*) 52.0%, 배추 71.8%로 조사되었다(Fig. 11).

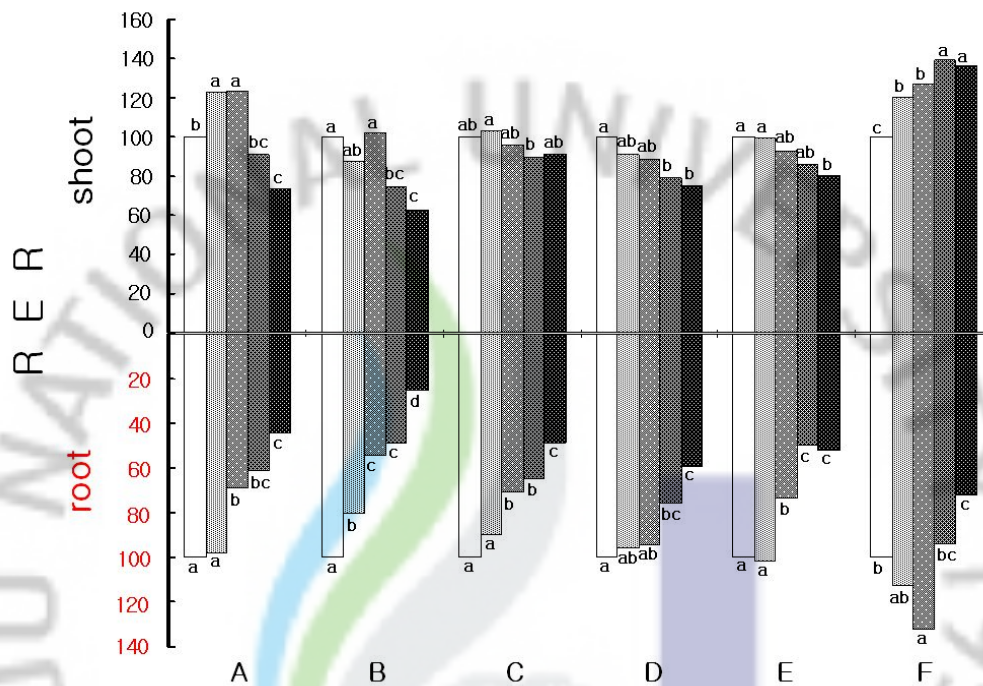


Fig. 11. Relative elongation ratio of receptor plants grown in pots with various concentrations of *S. viarum* extract. □, Cont.; ▨, 25%; ▩, 50%; ▪, 75%; ▣, 100%. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Abbreviations : A, *Amaranthus spinosus*; B, *Festuca myuros*; C, *Lolium multiflorum*; D, *Trifolium repens*; E, *Festuca arundinacea*; F, *Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*.

3. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 항균 효과 및 총 페놀함량

1) 수용성 추출액에서의 식물병원균 생장억제

Allelopathy 현상을 일으키는 물질로는 식물의 생장을 촉진·억제하는 allelochemicals와 항균성 물질(phytocide)있다(Kim and Lee, 1996). 왕도깨비가지의 allelopathy 현상 규명의 일환으로 왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대한 항균 실험을 한 결과 수용성 추출액의 농도가 증가함에 따라 반비례적으로 미생물의 생장이 억제되는 경향을 보이고 수용성 추출액의 시료 처리상태와 미생물의 종류에 따라 억제정도 차이를 보였다(Fig. 12).

*Alternaria brassicae*인 경우 생전초 수용성 추출액에 대해 대조구(100%), 25% 처리구(95.3%), 50% 처리구(60.4%), 75% 처리구(49.4%), 100% 처리구(36.1%)로 농도가 증가함에 따라 생장이 감소하였고 시료 처리상태에 따른 100% 처리구의 생장을 보면 건전초(47.5%), 생전초(36.1%), 종자(23.0%)순으로 감소하였다. 반면 *Phytophthora infestans*인 경우도 각각의 수용성 추출액 농도 증가에 따라 순차적 생장 감소를 보이나 시료 처리상태에 따른 100% 처리구에서는 종자(57.0%), 생전초(17.4%), 건전초(11.4%) 순으로 나타나 시료 처리상태에 따른 서로 다른 생장을 보였다. 실험미생물 중 왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대해 매우 민감하게 반응을 보인 종은 *Pythium graminicola*로 건전초 수용성 추출액에 대해 100% 처리구에서 미생물이 9.4% 성장되었으며 종자 수용성 추출액에 대한 100% 처리구에서는 10.4%가 성장된 것으로 조사되었다(Fig. 12).

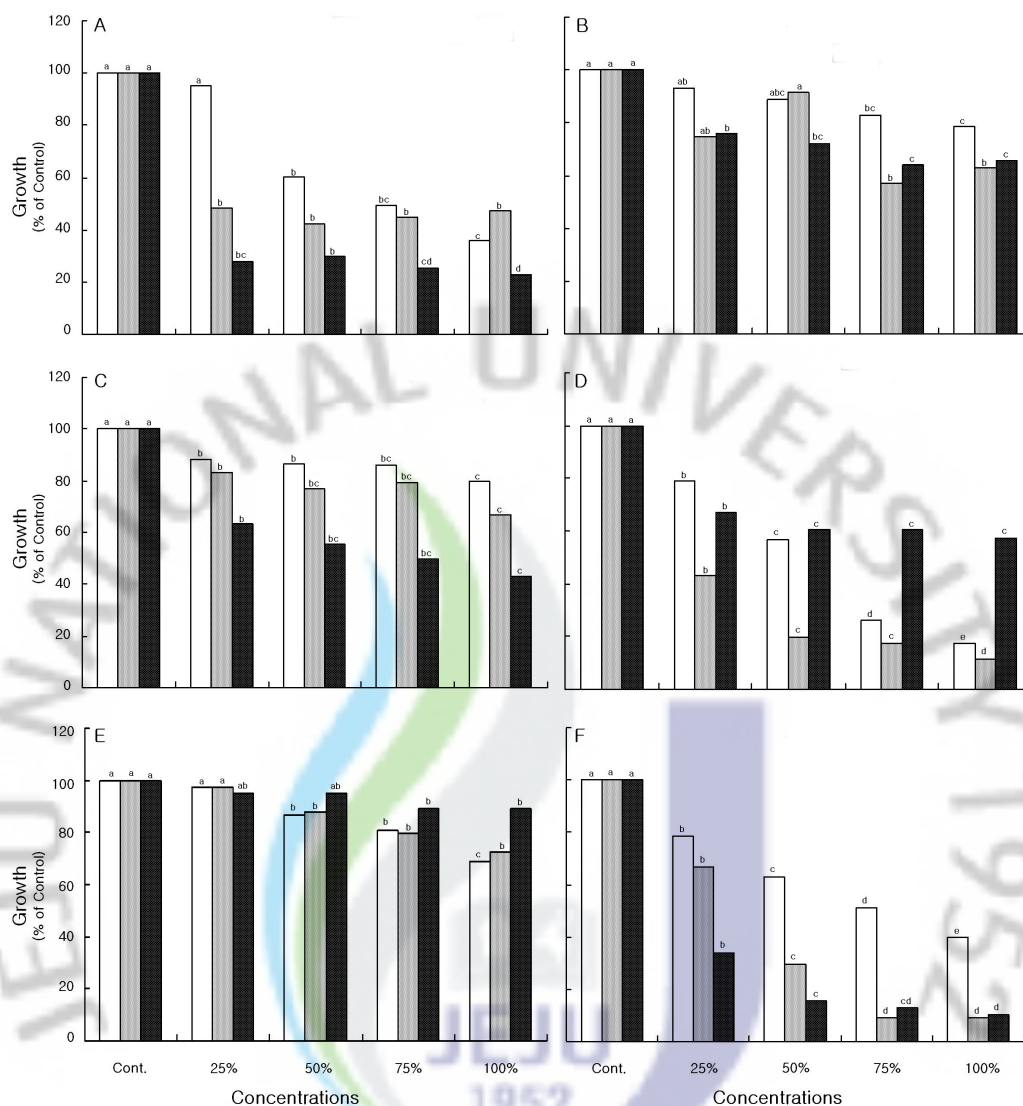


Fig. 12. Colony diameter of fungi taxa grown in PDA medium with various concentrations of *S. viarum* extracts. □, Fresh aqueous extract; ▒, Dry aqueous extract; ■, Seed aqueous extract. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

Abbreviations : A, *Alternaria brassicae*; B, *Colletotrichum gloeosporioides*; C, *Glomerella cingulata*; D, *Phytophthora infestans*; E, *Phytophthora capsici*; F, *Pythium graminicola*.

2) 수용성 추출액 및 토양의 총 페놀함량

식물체 내의 페놀 화합물들은 일반적으로 acid계통이며 shikimic acid 경로를 통해 생성되어 외부로 배출되는 수용성물질이며(Duke, 1986) 이것이 다른 식물에 작용하게 되므로 왕도깨비가지의 부위별 추출액과 수관 내·외 토양의 총 페놀함량을 측정하였다.

부위별 수용성 추출액의 총 페놀함량을 분석한 결과 줄기의 生草는 $0.56 \pm 0.02 \text{mg/g}$, 뿌리의 生草는 $1.77 \pm 0.07 \text{mg/g}$, 잎의 生草는 $6.01 \pm 0.14 \text{mg/g}$, 종자의 生草는 $6.21 \pm 0.17 \text{mg/g}$ 로 분석되었고, 줄기의 乾草는 $1.58 \pm 0.08 \text{mg/g}$, 뿌리의 乾草는 $2.64 \pm 0.06 \text{mg/g}$, 잎의 乾草는 $7.04 \pm 0.29 \text{mg/g}$, 종자의 乾草는 $9.08 \pm 0.73 \text{mg/g}$ 으로 분석되었다. 生草보다는 乾草에서 총 페놀함량이 높았으며, 줄기 <뿌리<잎<종자 순으로 총 페놀함량이 증가 하였고, 종자에 들어있는 총 페놀함량은 줄기 生草의 11.1배, 乾草의 5.8배 높은 것으로 분석되었다(Fig. 13). 이에 따른 왕도깨비가지 분포에 따른 토양 내 총 페놀함량을 분석한 결과는 수관 외부지역인 1번 조사구인 경우 $0.16 \pm 0.01 \text{mg/g}$, 수관 내·외부의 접경지역인 2번 조사구는 $0.17 \pm 0.01 \text{mg/g}$, 수관 내부지역인 3번 조사구는 $0.22 \pm 0.02 \text{mg/g}$ 로 왕도깨비가지 군반에 근접 할수록 토양 내 총 페놀함량이 증가하였다(Fig. 14).

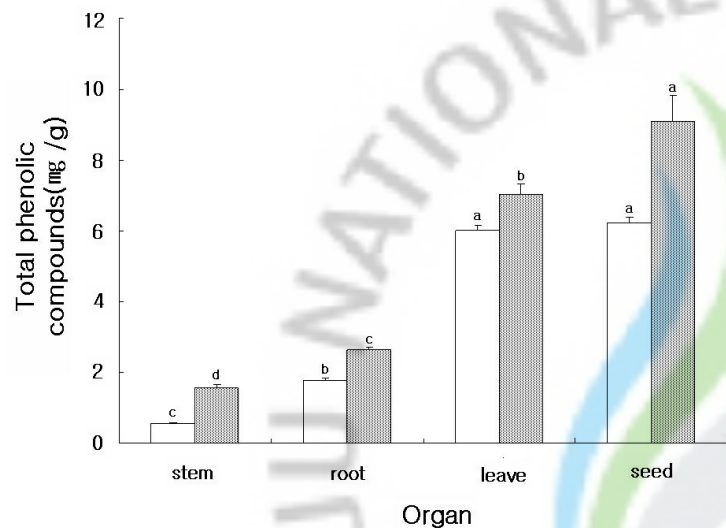


Fig. 13. Total phenolic compounds of aqueous extracts analyzed from different organs of *S. viarum*. □, Fresh aqueous extract; ▨, Dry aqueous extract. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

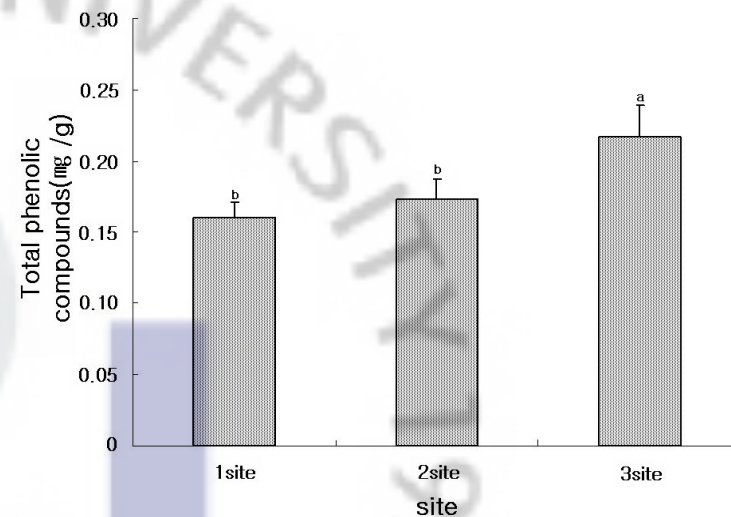


Fig. 14. Total phenolic compounds of experiment site soil in *S. viarum*. 1 site, outside area; 2 site, border area; 3 site, inside area. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

V. 고 찰

이와 같은 결과를 종합해 보면 식물은 서식지를 공유함에 있어 환경요인인 수분, 양분, 빛 등을 제한하여 영향을 주고 식물 중 특유의 화학물질을 생산하여 주위에 방출하여 서식지 환경변화를 일으켜 다른 생물체에게 직간접적인 유익·유해한 작용한다는 것을 알 수 있었다(Rice, 1984). 따라서 왕도깨비가지가 서식하는 지역의 하부식생의 변화를 조사한 결과 왕도깨비가지 군반에 근접 할수록 하부식생에 출현하는 종수, 종 다양성이 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 왕도깨비가지가 이입이 됨에 따라 화학물질(allelochemicals)을 방출하여 서식지 주변 환경인자에 영향을 주는 것으로 보인다. 식물의 종구성과 종 다양성은 시간적, 공간적 변화 경향에 미치는 요인을 선별하기 어렵다(Rey and Scheiner, 1993). 따라서 분기별 왕도깨비가지의 하부식생 변화 조사는 종에 따라 출현시기가 다르고 가축의 섭식에 따른 인위적 간섭 때문에 종수와 종 다양성의 편차 값이 큰 것으로 생각된다.

왕도깨비가지의 수용성 추출액의 농도가 증가됨에 따라 대조구에 비해 발아율이 감소하고 발아 소요일수 역시 늦어지는 것으로 분석되었고, 수용체식물의 종류에 따라 차이를 보이며 수용성 추출액의 시료처리 상태에 따라서도 생전초, 건전초, 열매 순으로 수용체식물의 발아율에 억제 효과를 주는 것으로 분석되었다. 과실, 잎, 가는 가지, 뿌리에서 얻은 수용성 추출액이나 세탈액은 종자 발아를 억제한다(Noggle and Fritz, 1983)는 보고와 같이 본 실험에서도 유사한 경향을 보였다.

수용성 추출액의 농도 증가에 따른 수용체 유식물의 생장은 지하부가 지상부보다 수용성 추출액에 민감한 반응을 보였으며, 이 결과는 Rice(1984)와 김(1993)이 식물 추출액의 농도에 따라 종자 발아와 유식물의 억제정도가 달라진다고 한 것과 같이 본 실험에서도 유사한 경향을 보였다. 수용성 추출액 농도의 변화에 따른 수용체식물의 생체량과 건중량의 변화는 수용체식물의 길이와 부피 생장에 대한 통합된 지표로 수용성 추출액의 농도 증가에 따른 수용체식물의 생체량과

건중량의 감소는 왕도깨비가지의 수용성추출액이 수용체식물의 지상·지하부의 길이 성장 뿐 아니라 유식물의 줄기와 유근의 굵기, 조직 구성물의 함량 등에 영향을 주어 수용체식물의 초기생장이 억제 되는 것으로 판단된다.

유식물의 뿌리털은 농도 증가에 따라 뿌리털의 길이, 단위면적당 뿌리털 수가 현저하게 감소하여 불균형적·비정상적인 성장을 하는 것으로 나타났다. 유근의 성장에서는 대조구에 비하여 각각의 추출액의 낮은 농도에서부터 지상부 보다는 지하부에 현저한 억제현상이 나타났는데(이 등, 1997; Chon *et al.*, 2000) 이것은 뿌리로부터 흡수된 allelochemicals가 뿌리에 축적되어 세포분열이 지연되면서 생장이 억제되는 것이라 볼 수 있다(김 등, 1995).

수용성 추출액에 의한 성장실험 결과 왕도깨비가지 군반 근처에 분포하는 5종에 대해서 억제하는 경향을 보였으며, 재배종인 배추의 경우 지상부의 생장은 증가하였으나 지하부의 생장이 75% 처리구에서부터 저하되어 지상부보다 지하부에서 추출액에 대한 민감한 반응을 보였다. 일반적으로 수용체식물의 뿌리는 지상부의 성장보다 수용성 추출액에 대해 더 민감한 것으로 보고되고 있으며(Inderjit and Dakshin, 1992; Francisco and Juan, 1991.), 저농도의 수용성 추출액에서 수용체 식물의 발아나 생장이 촉진되며 고농도에서는 억제가 된다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다(Jayakumar *et al.*, 1998; 길, 1999). 돼지풀아재비(*Parthenium hysterophorus* L.)의 수용성추출액은 수용체식물의 뿌리생장을 억제하고(Mersie and Singh, 1987), 수용성추출액 농도의 변화는 뿌리의 생장에 영향을 준다고 하였다(Pardates and Dingal, 1988; Hazebroek *et al.*, 1989; Heisey, 1990). 또한 식물은 allelochemicals라는 특정 화합물을 생성하여 다른 식물의 종자 발아와 성장 그리고 광합성 등의 생육에 영향을 미치는 생화학적 작용을 가진다(Macias *et al.*, 2004; Kato-Noguchi and Ino, 2005)고 보고하였으며, allelochemicals는 신선한 풀과 부패되는 초기에 만들어지고(Eltun *et al.*, 1985), 잎, 줄기, 뿌리에서 생성되는데 이를 흙과 섞어서 bioassay 한 결과 발아, 엽면적과 건량을 감소시키며(Fadayomi and Oyebade, 1985), 식물의 엽조와 지하경에 발아 억제물질이 들어 있어서 타 식물의 생량과 건량을 감소시키는 결과를 가져왔고(Weston and Putnam, 1985), ferulic acid는 시간이 지나면 vanillic과 protocatechuic acid로 변한다(Blum and Dalton, 1985)고 보고하였다.

Allelopathy 효과는 phenolic acids, terpenoids, flavonoids, polyphenol 등 다양한 물질의 복합적인 작용을 하고 동일 식물체도 식물체의 부위와 성장시기, 서식지 환경에 따라 조성과 함량의 차이가 있어 타식물체에게 서로 다른 영향을 주며(Kim, 1997; Lodhi and Rice, 1971; Duke, 1986), 식물성분 중 하나 또는 둘 이상의 수산기로 치환된 방향족 환을 가지고 있는 phenolic compound는 진균, 세균 또는 virus 등 병원체의 침입에 대한 방어작용으로서 항균효과를 나타내는 물질이 많은데(Snook *et al.*, 1991; Miles, 1991), 이는 2차대사산물 중 phytoncide 및 phytoalexin 물질이 유도되어 축진되기 때문이라고 알려져 있다(柴田承二, 1978; Barz, 1990). 따라서 왕도깨비가지의 수용성 추출액 농도 증가에 따른 미생물의 성장 또한 미생물의 종류에 따라 억제정도의 차이를 보이지만 순차적인 미생물 성장 감소를 보이고 시료처리상태에 따라서도 억제의 정도 차를 보였으며, 부위별 왕도깨비가지의 총 페놀함량은 줄기, 뿌리, 잎, 종자 순으로 증가 하였으며 종자에 들어있는 총 페놀함량은 줄기의 11.1배(生), 5.8배(乾) 높은 것으로 조사되었으며 왕도깨비가지의 시료 처리상태에 따른 총 페놀함량과 유식물의 발아, 유식물의 생장이 반비례함을 보였다. 한편, 왕도깨비가지의 수관 외부지역의 토양 총 페놀함량은 $0.16 \pm 0.01 \text{mg/g}$, 수관 내·외부의 접경지역은 $0.17 \pm 0.01 \text{mg/g}$, 수관 내부지역은 $0.22 \pm 0.02 \text{mg/g}$ 로 왕도깨비가지 군반에 근접 할수록 토양 내 총 페놀함량이 증가하였고, 왕도깨비가지 군반 주변의 토양 내 총 페놀함량은 왕도깨비가지 수관하의 토양이 주변의 토양보다 약 0.4배가 높은 것으로 조사되었고 왕도깨비가지가 서식하는 지역의 하부식생의 변화 또한 부의 상관($r = -0.692$, $P < 0.05$)을 보이는 것으로 분석되었다. 그러므로 자연 상태에서 빗물에 의해 세탈된 수용성 페놀 화합물은 왕도깨비가지의 수관 내 토양의 다른 물질과 결합하거나 비활성화 상태로 존재함으로써(Rice, 1984) 토양내의 총 페놀함량은 수용성 추출액보다 낮아지게 되고 수관 외 토양은 이보다 더욱 낮을 것으로 사료된다. 식물체들이 자연상태에서 화학물질의 방출기작을 보면 세탈(leaching), 휘발(volatilization), 삼출(exudation), 낙엽과 낙지의 축적과 분해 등으로 방출하며(Tukey, 1969), Lodhi(1976)은 Missouri주의 산림토양에서 상당 양의 caffeic acid, ferulic acid, p-coumaric acid, hydroxybenzoic acid가 분포하며 토양 내에서 안정화된 상태로 지속적으로 잔존하여 식물과 토양미생물에 영향을 미치며 토양환경을 변

화 시킨다고 하였다.

그러므로 귀화식물인 왕도깨비가지는 자생식물 및 사료작물과의 경쟁함에 있어 allelopathy 효과를 나타내는 페놀 화합물을 빗물, 안개에 의한 세탈과 낙엽, 낙지, 열매의 분해 등을 통해 방출하여 수관 내 토양의 다른 물질과 결합하거나 비활성화 상태로 존재함으로써 하부식생에 대한 발아 및 성장, 미생물 성장 등에 영향을 주어 제주도내 생태계에서 경쟁적 우위를 점하는 것으로 사료된다.



VI. 적 요

본 연구는 왕도깨비가지(*Solanum viarum* Dunal) 군반 형성에 따른 하부식생에 미치는 영향을 파악하기 위해 연접식생법(belt-transect)을 이용한 종 다양성 변화와 제초제와 항균제에 대한 자원화방안의 기초자료로 제공하고자 왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대한 알레로패시 효과를 조사하였다.

왕도깨비가지 군반에 근접할수록 1번 조사구(7.7 ± 2.0 종, 1.5 ± 0.2), 2번 조사구(5.3 ± 1.2 종, 1.2 ± 0.2), 3번 조사구(4.0 ± 1.7 종, 0.9 ± 0.1)순으로 출현종수, 종 다양도가 감소하는 경향을 보였다. 왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대한 수용체식물의 상대발아율, 평균발아일수, 상대신장율, 생중량, 건중량은 추출액 농도가 증가할수록 전반적으로 감소되었고 수용체 식물의 종류에 따라 다소 차이를 보였다. 수용성 추출액 동일 농도에서는 시료의 처리상태에 따라 생전초, 건전초, 종자의 수용성 추출액 순으로 감소되었고 수용체식물의 지하부가 지상부보다 억제 경향이 높았다. 따라서 뿌리털의 발생도 농도가 증가함에 따라 현저하게 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털 수가 감소되었다. 건전초 수용성 추출액에 대한 생장실험결과 추출액의 농도가 증가할수록 생장이 억제되었으며 종류에 따라 다소 차이를 보였다. 미생물 생장 또한 추출액의 농도가 증가함에 따라 억제되는 경향을 보이고 왕도깨비가지 시료의 처리상태와 미생물 종류에 따라 억제의 정도 차를 보였다. 부위별 왕도깨비가지의 총 페놀함량은 줄기(生 0.56 ± 0.02 mg/g, 乾 1.58 ± 0.08 mg/g), 뿌리(生 1.77 ± 0.07 mg/g, 乾 2.64 ± 0.06 mg/g), 잎(生 6.01 ± 0.14 mg/g, 乾 7.04 ± 0.29 mg/g), 종자(生 6.21 ± 0.17 mg/g, 乾 9.08 ± 0.73 mg/g) 순으로 증가하고 유식물의 발아율, 유식물의 생장이 반비례함을 보였다. 조사지역의 토양 내 총 페놀 함량은 1번 조사구(0.16 ± 0.01 mg/g), 2번 조사구(0.17 ± 0.01 mg/g), 3번 조사구(0.22 ± 0.02 mg/g) 순으로 증가되었고 토양 내 총 페놀 함량과 조사지역의 종 다양도는 부의 상관($r = -0.692$, $P < 0.05$)을 보이는 것으로 분석되었다.

이들 결과를 종합하면 왕도깨비가지는 자생식물과의 경쟁함에 있어 알레로패시 효과를 나타내는 페놀 화합물을 수관 내 토양으로 방출하여 하부식생에 대한 발아 및 생장 등에 영향을 주기 때문에 경쟁적 우위를 점하는 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

- 강병화, 홍선희, 이동욱, 전선민, 김건욱. 2003. 남북한 식물이름 비교. 생명자원연구. 11 : 91-123.
- 고강석, 서민환, 길지현, 구연봉, 오현경, 이민효, 박수현, 전의식, 양영환. 2003. 외래식물의 영향 및 관리방안 연구(IV). 국립환경연구원보고. pp. 24-25.
- 고병국, 길봉섭. 1985. 식물의 발아와 생장에 미치는 일본잎갈나무의 알레로패티 효과. 한국생태학회지. 8(1) : 15-19.
- 고영우, 채제천, 김봉구. 1999. 제주도의 경작잡초 분포. 한국잡초학회지. 19(1) : 70-82.
- 길봉섭, 전의식, 김영식, 김창환, 윤경원. 1998. 서울남산공원의 식물상과 그 분포. 한국생태학회지. 21 : 603-631.
- 길봉섭. 1987. 소나무의 알레로패티 효과. 원광대학교 기초과학연구지. 6(1) : 27-33.
- 길봉섭. 1993. 측백나무에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지. 16 : 191-190.
- 길봉섭. 1999. 다른 식물에 미치는 사철쭉의 알레로파시 효과. 한국생태학회지. 22(1) : 59-63.
- 김용욱, 이은주, 이호준. 2000. 수 종의 한국자생식물과 귀화식물 추출액이 토양 미생물에 미치는 항균활성. 한국생태학회지. 23 : 353-357.
- 김용욱, 이호준, 김은수, 조영동. 1995. 리기다소나무의 잎 추출액이 근단세포의 형태변화에 미치는 영향. 한국식물학회지. 38 : 73-78.
- 김용욱. 1993. 리기다소나무의 allelochemicals가 수 종 식물의 종자발아, 세포구조 및 동위호소 패턴에 미치는 영향. 건국대학교 박사학위 논문. p. 88
- 김중범. 2005. 식물유래 2차 대사물질의 병해충 및 잡초 방제효과. 한국응용생명화학학회지. 48(1) : 1-15.
- 김찬수. 2006. 제주지역 생태계 위해 외래식물의 분포현황 및 관리방안 연구. 제

- 주지역환경기술센터. pp. 107-111.
- 김혜수, 김종희. 2001. 돼지풀 잎의 휘발성물질이 수용체 유식물 생장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지. 24 : 61-66.
- 농촌진흥청. 1997. 작물재배생리의 이론과 실험. 농촌진흥청. pp. 53-55.
- 배병호, 김용옥. 2003. 수중 나자식물의 잎 수용 추출액이 무궁화의 품종별 종자 발아와 유식물 및 초기생장에 미치는 영향. 한국생태학회지. 26(1) : 39-47.
- 양계진. 1998. 인삼재배법개선을 위한 생리활성물질을 가진 식물탐색. 건국대학교 박사학위논문.
- 양영환, 한봉석, 오진보. 2007. 제주 미기록 귀화식물(V). 한국잡초학회 별책. 27(1) : 77-81.
- 양영환. 2007. 제주도 귀화식물의 식생에 관한 연구. 한잡초지. 27(2) : 112-121.
- 오진보, 강익범, 양영환, 송창길. 2007. 외래잡초 왕도깨비가지의 종자발아에 관한 연구. 제주대야농생지. 23(1) : 13-17.
- 윤경원. 1999. Allelopathy 연구의 방법론. 자연자원연구 제2권. 목포대학교 자연 자원개발연구소.
- 이상복. 1999. 강피에 대한 벼 품종의 allelopathy 검정에 관한 연구. 건국대학교 박사학위논문.
- 이유성. 2000. 현대식물형태학. 우성. pp. 22-318.
- 이호준, 김용옥, 김선호. 1990. 리기다소나무의 allelochemical이 발아중인 무종자의 단백질, peroxidase밴드 및 활성도에 미치는 영향. 건국대학교 이학논집. 15 : 95-102.
- 이호준, 김용옥, 장남기. 1997. 수중 식물의 분비물질이 종자 발아와 균류생장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지. 20(3) : 181-189.
- 柴田承二. 1978. 生物活性天然物質. 醫齒藥出版社. pp. 96-127.
- Aber, C. J., D. John and J. M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Saunder College Pub. pp. 315-316.
- Akanda, R. U., J. J. Mullahey and D. G. Shilling. 1996. Environmental factors affecting germination of tropical soda apple (*Solanum viarum*). Weed Science. 44 : 570-574.

- Barz, W. 1990. Phytoalexins as part of induced defence reactions in plants: thier elicitation, function and matabolism in Bioactive Compounds from Plants. Ciba Foundation Symposium 154. Jhon Wiley Sons, Chichester. pp. 140-152.
- Bell, E. A. 1980. Non-protein amino acids in plant: Their chemistry and possible biological significance. Rev. Latinoamer. Quim. 11 : 23-29.
- Blum, D. U. and B. R. Dalton. 1985. Effects of ferulic acid, an allelopathic compound, on leaf expansion of cucumber seedlings grown in nutrient culture. J. Chem. Ecol. 11(3) : 279-302.
- Chen, P. K. and G. R. Leather. 1990. Plant growth regulatory activities of artemisinin and its related compounds. J. Chem. Ecol. 16 : 1867-1876.
- Chon, S. U., J.H. Coutts and C. J. Nelson. 2000. Effects of light, growth media, and seedling orientation on a seedling assay of alfalfa autotoxicity. Agron. J. 92 : 715-720.
- Chou, C. H. and G. R. Waller. 1987. Isolation and identification by massspectrometry of phytotoxins in Coffea arabica. Bot. Bull. Acad. Sin.(Taipei) 2 : 25-34.
- Chou, C. H. and Z. A. Patrick. 1976. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soil. J. Chem. Ecol. 2 : 369-387.
- Costilow, R. N. 1981. Biophysical factors in growth. *In: Manual of methods for general bacteriology.* Gerhardt, P. (ed). pp. 66-78. American Society for Microbiology. Washington, DC.
- Datta, S. C. and S. P. Sinha-Roy. 1974. Allelopathy and inhibitors. Sci. and Cult., 40 : 47-59.
- Duke, S. O. 1986. Naturally occuring chemical compounds as herbicides. Rev. Weed Sci. 2 : 17-44.
- Eltun, R.. R. C. Wakefield and W. M. Sullivan. 1985. Effect of spray/planting intervals and various grass sodson no-till establishment of alfalfa.,

- Agron. J. 77(1) : 5-8.
- Fadayomi, O. and E. O. Oyebade. 1985. An investigation of allelopathy in Siam weed(*Eupatorium odoratum*). Geobios(Jodhpur). 11(4) : 145-150.
- Francisco, J. P. and O. N. Juan. 1991. Root exudates of wild oats: allelopathic effect on spring wheat. Phytochemistry. 30(7) : 2199-2202.
- Given, D. R. 1994. Alien plants and feral animal. In IUCN(ed.), Principles and Practice of Plant Conservation. Timber Press. pp. 28-31.
- Graham, H. D. 1992. Modified prussian blue assay for total phenol compound. J. Agric. Food Chem. 40 : 801-807.
- Hazebroek, 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.
- Hussain, F., I. Ilahi and B. S. Kil. 1991. Allelopathic effects of walnut plants(*Juglans regia* L.) on four crop species. Korean J. Bot. 34 : 39-100.
- Inderjit K. and M. M. Dakshin. 1992. Interference potential of *Pluchea lanceolata*(asteraceae): Growth and physiological responses of asparagus bean, *Vigna unguiculata* var. *sequipendalis*. J. Botany. 79(9) : 979-971.
- Jayakumar, M., M. Eyini, M. Manikandan and B. S. Kil. 1998. Allelopathic effects of extracts from *Ficus bengalensis* Kor. J. Ecol. 21 : 133-137.
- Kato-Noguchi, H. and T. Ino. 2005. Possible involvement of momilactone B in rice allelopathy. Journal of Plant Physiology. 162(6) : 718-721.
- Kil, B. S and Y. J. Yim. 1983. Allelopathic effects of phenolic compounds from some plants. Korean J. Ecol. 19 : 329-340.
- 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, J. H. 1997. Variation of monoterpenoids in *Artemisia feddei* and

- Artemisia scoparia. J. Plant Bio. 40 : 267-274.
- Kim, S. C. and H. J. Lee. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some plants. Korean 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.
- Langeland, K. A. and K. C. Burks. 1998. Identification and Biology of Non-Native Plants in Florida's Natural Areas. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, United States.
- Lodhi, M. A. K. and E. L. Rice. 1971. Allelopathic effects of *Celtis laevigata*. Bull. Torrey Bot. Club 98 : 83-89.
- 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.
- Lynch, J. M., K. B. Gunn and L. M. Panting. 1980. On the concentration of acetic acid in straw and soil. Plant and Soil. 56 : 93-98.
- Macias, F. A., J. M. Molinillo, A. Oliveros-Bastidas., D. Marin and D. Chinchilla. 2004. Allelopathy. A natural strategy for weed control. Communication Agriculture Food Chemistry. 50 : 4947-4952.
- 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 Sympoiium Series No. 449. Washington D.C. pp. 399-406.
- Molisch, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie. Fischer, Jena. p. 20.
- Mullahey, J. J. and J. Cornell. 1994. Biology of tropical soda apple (*Solanum viarum*) an introduced weed in Florida. Weed Technology. 8 : 465-469.

- Mullahey, J. J. and D. L. Colvin. 1993. Tropical soda apple: A new noxious weed in Florida. Florida Cooperative Extension Service, Fact Sheet WRS-7. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Mullahey, J. J., R. A. Akanda and B. Sherrod. 1997. Tropical soda apple (*Solanum viarum*) update from Florida. Weed Science Society of America Abstracts. 37 : 35.
- Mullahey, J. J., M. Nee, R. P. Wunderlin and K. R. Delaney. 1993. Tropical soda apple (*Solanum viarum*): a new weed threat in subtropical regions. Weed Technology. 7 : 783-786.
- Muller, C. H. 1974. Allelopathy in the environmental complex. *In* Handbook of vegetation sciences. Part IV: Vegetation and environment (B.R. Strain and W.D. Billings. eds.). pp. 75-85. Dr. W. Junk B.V., Publishers, The Hague.
- Muller, C. H., W. H. Muller and B. L. Haines. 1964. Volatile growth inhibitors produced by aromatic shrubs. Science. 143 : 471-473.
- Newsome, A. E. and I. R. Noble. 1986. Ecological and physiological characteristic of invading species, *In* R.H. Groves and J.J. Burdon (eds.), Ecology of Biological Invasions. Cambridge Univ. Press. p. 33.
- Noggle, G. R. and G. J. Fritz. 1983. Introductory plant physiology. 2nd ed. Prentice-Hall, Inc. p. 627.
- Pardates, J. R. and A. G. Dingal. 1988. An allelopathic factor in taro residues. Trop. Agric. 65(1) : 21-24.
- Pickett, S. T. and J. M. Baskin. 1973. Allelopathy and its role in the ecology of higher plant. Biologist. 55 : 49-73.
- Rejmane, M. and D. M. Richardson. 1996. What attributes make some plant species more invasive. Ecology. 77 : 1655-1661.
- Rey Benayas, J. M. and S. M. Scheiner. 1993. Diversity patterns of wet meadows along geochemical gradients in Spain. J. Veg. Sci. 1 : 103-108.
- Rice, E. L. 1984. Allelopathy. 2nd ed Academic Press, New York and London.

- Rice, E. L. 1974. Allelopathy. Academic Press. New York.
- Rice, E. L. and S. K. Pancholy. 1973. Inhibition of nitrification by climax ecosystem. II. Additional evidence and possible role of tannins. Amer. J. Bot., 60 : 691-702.
- Rice, E. L. and S. K. Pancholy. 1974. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. III. Inhibitors other than tannins. Amer. J. Bot. 61 : 1095-1103.
- Rietveld, W. J. 1975. Phytotoxic grass residues reduce germination and initial root growth of ponderosa pine. Rocky Mountain Forest and Range Exp. Sta. Fort. Collins. Colo. pp. 1-15.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana. p. 117.
- Sherly, G. 2000. Invasive species in the Pacific: a technical review and draft regional strategy. South Pacific Regional Environment Programme (SPREP), Samoa.
- Shettel, N. L. and N. E. Balke. 1983. Plant growth response to several allelopathic chemicals. Weed Sci. 31 : 293-298.
- 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 Occurring Pest Bioregulators. ed. by P.A. Hedin. ACS Symposium Series No. 449. Washington D.C. pp. 388-398.
- Tokarska-Guzik, B. 2001. plant invasions: species ecology and ecosystem management (Brunda, G. *et al.* (eds.)), Backhuys Pub. Leiden.
- Tukey, H. B. 1969. Implications of allelopathy in agricultural Plant science. Bot. Rev. 35 : 1-16.
- Weidenhamer, J. D. and J. T. Romeo. 1989. Allelopathic properties of *Polygonella myriophylla*-Field evidence and bioassays. J. Chem. Ecol. 15 : 1957-1970.
- Weidenhamer, J. D. and J. T. Romeo. 1989. Allelopathic properties of

Polygonella myriophylla–Field evidence and bioassays. J. Chem. Ecol. 15 : 1957–1970.

Weston, L. A. and A. R. Putnam. 1985. Inhibition of growth nodulation and nitrogen fixation of legumes by quackgrass(*Agrophron repens*). Crop Science Society of America. 25 : 561–565.

Whittaker, R. H. 1970. The biochemical ecology of higher plant. In Chemical Ecology(E. Sondheimer and J.B. Simeone, eds.). pp. 43–70. Academic Pree, New York.



感 謝 文

2년이라는 짧지만 긴 시간의 대학원 생활과 논문이 완성되기까지 많은 관심과 격려로 따뜻하게 지도해주신 송창길 교수님께 진심으로 감사드리며, 논문을 심사해 주신 전용철 교수님, 김동순 교수님께 진심으로 감사드립니다.

학부와 대학원 과정까지 많은 가르침을 주신 조남기 명예교수님, 고영우 명예교수님, 강영길 교수님, 현해남 교수님께 진심으로 감사드립니다.

많은 조언과 관심으로 이 논문의 완성을 도와주신 고동환, 고지병, 고미라, 이충선, 박성준, 김상현, 고우리 조교선생님, 김찬우 박사님, 박정식, 강경구, 강소영, 이경후 선생님과 안용준, 서연동, 김유경을 비롯한 많은 대학 및 대학원 선·후배님들께 감사합니다.

제가 식물과 학문에 더욱 관심을 가질 수 있도록 많은 가르침을 주신 한라산국립공원의 신용만, 고평렬 내외분과 현원학 선배님께 감사드리며, Allelopathy라는 학문을 알려 주고 조언을 아끼지 않은 김현철 선배님께 감사드립니다.

아낌없는 조언과 관심을 주시고 자연과 생태에 많은 가르침을 주신 환경자원연구원 한라생태환경연구부의 김철수 부장님, 한라산연구과의 이창흠 과장님, 고정균·오장근 박사님, 변희수·고형중·고윤정 주사님, 고석형·진승환 연구원과 병창이 형, 내 친구 영돈 그리고 기획조정팀의 양영환 박사님께 감사드립니다.

농업에 대해 다시 한번 생각하게 하고 많은 가르침을 주신 농업기술원 농산물원종장의 김성택 계장님, 김용덕·강형식 연구사님, 오시행 주사님, 우숙이 누나와 희경이 누나 그리고 내 친구 원배와 제주대학교 방사선응용과학연구소의 송성준 박사님, 홍경애, 강태우 선생님께 감사드립니다.

언제나 뒤에서 많은 도움을 준 우리 자원식물학 실험실 선배 송진영, 강정환, 내 친구 우성배, 사랑하는 후배 이가형, 고은빛, 하영삼, 강진영, 배천욱과 많은 실험을 가르쳐 주시고 따뜻하게 보살펴주신 김보경 선배님 그리고 언제나 뒤에서 지켜봐주시고 격려해주신 강영식, 김태수 형님들께 감사드립니다.

어릴 때부터 지금까지진 우정이 변치 않은 친구들과 식자과 졸업생모임 한결음 분들에게도 감사드립니다.

제주대학교 산악회 김두화 교수님과 오문필, 장덕상 선배님들을 비롯한 많은 선배님들께 죄송하다는 말씀과 감사의 말을 전합니다.

항상 모자라고 걱정스러운 막내아들을 지켜봐 주신 아버지, 어머니, 큰누나, 매형, 형, 작은누나와 사랑하는 조카들 선영, 지은, 윤서, 재환, 서연에게 감사한 마음을 전합니다.

이외에도 보이지 않게 저에게 많은 도움을 주신 모든 분들께 감사드립니다.

많은 일이 있었고 정들었던 실험실을 떠나며...