



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

국화잎아욱의 알레로파시 효과

Allelopathic Effects of *Modiola caroliniana* (L.) G. Don

濟州大學校 大學院

農學科

李 喜 宣

2016年 8月

국화잎아욱의 알레로파시 효과

指導教授 宋 昌 吉

李 喜 宣

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함.

2016年 6月

李喜宣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

2016年 6月

목 차

TABLE 목록	ii
FIGURE 목록	ii
ABSTRACT	iv
I. 서언	1
II. 연구사	3
III. 재료 및 방법	6
1. 국화잎아욱 군락 내 하부식생조사	6
2. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 발아 실험	6
3. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 항균실험	8
4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석	8
IV. 결과	10
1. 국화잎아욱 군락 내 하부식생 조사	10
2. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 발아 및 생장	12
1) 수용성 추출액에서의 발아	12
2) 수용성 추출액에서의 유식물 생장	15
3) 수용성 추출액에서의 뿌리털 발달	20
3. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 항균 효과	22
4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석	24
V. 고찰	26
VI. 적요	30
인용문헌	31

LIST OF TABLES

Table 1. Mean germination time(day) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of <i>Modiola caroliniana</i> aqueous extracts	14
Table 2. Effects of various concentrations of <i>Modiola caroliniana</i> aqueous extracts on relative fresh weight of receptor plants	19
Table 3. Total phenolic compounds and total flavonoids of <i>Modiola caroliniana</i>	25

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>Modiola caroliniana</i> aqueous extract.	13
Fig. 3. Effects of various concentrations of <i>Modiola caroliniana</i> aqueous extract on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations.	17

Fig. 4. Effects of various concentrations of <i>Modiola caroliniana</i> aqueous extract on root growth of receptor plants grown in various concentrations.	18
Fig. 5. Development of seedling root hairs with different concentrations of <i>Modiola caroliniana</i> aqueous extracts.	21
Fig. 6. Colony diameter of fungi taxa grown in PDA medium with various concentrations of <i>Modiola caroliniana</i> aqueous extracts.	23
Fig. 7. Total phenolic compounds and total flavonoids of experiment site soil.	25

ABSTRACT

This study was performed to investigate the allelopathic effect of water extract of *Modiola caroliniana* in order to provide a reference base for measures to utilize changes in species diversity using belt-transect and herbicides and fungicides, and to identify the effect of community formation of *Modiola caroliniana* on underground flora. A decreasing tendency in number of species and species diversity was shown as species were located closer to the habitat of *Modiola caroliniana*, in the order of group 1 (8.67 ± 2.08 , 1.96 ± 0.26), group 2 (7.67 ± 0.58 , 1.75 ± 0.19) and group 3 (3.00 ± 1.73 , 0.33 ± 0.35). An overall reduction was observed in relative germination ratio, mean germination time, relative elongation ratio and fresh weight of receptor plants, as the concentration of *Modiola caroliniana* water extract increased. A slight difference was found according to the types of receptor plants. A stronger inhibitory tendency was seen in the underground parts of receptor plants compared with aerial parts. The root hair length and root hair density were substantially reduced as the concentration of root hair growth increased. The inhibitory effect of *Modiola caroliniana* was found on microbial growth as the concentration of water extract increased. A difference was shown in the degree of inhibition according to the types of microorganisms. The total polyphenol content of *Modiola caroliniana* was $4.59\pm 0.16\text{mg/g}$, and total flavonoid content was $6.56\pm 0.05\text{mg/g}$. The content of soil polyphenols present in the soil of *Modiola caroliniana* habitat on the investigation site was highest in group 1 ($0.09\pm 0.03\text{mg/g}$), followed by group 2 ($0.10\pm 0.00\text{mg/g}$) and group 3 ($0.11\pm 0.00\text{mg/g}$). The content of soil flavonoids increased in the order of group 1 ($0.11\pm 0.02\text{mg/g}$), group 2 ($0.13\pm 0.00\text{mg/g}$) and group 3 ($0.17\pm 0.00\text{mg/g}$), exhibiting the same trend as polyphenols.

The above study findings suggest that *Modiola caroliniana* retains a

competitive advantage over native plants by influencing the germination and growth of underground flora by releasing phenolic compounds and flavonoids having allelopathic effects into the soil.

I. 서 언

최근 세계화에 의해 편승하여 국외 여행객수가 급증하고, 활발한 교역과 국토의 도시화 확대 등으로 귀화식물이 지속적으로 이입되고 있다. 이들의 분포를 보면 국내에 287분류군이 분포하고 있어 국내에 분포하는 식물(4,620분류군)에 약 6%를 차지하고 있다(Kang et al., 2003; Koh et al., 2003). 지형·지리적 특수성을 보이는 제주도인 경우는 섬이라는 특성과 함께 격리된 생태계를 가짐으로써 특유한 생물상을 가지고 있는데, 제주도에 254분류군의 귀화식물이 서식하고 있으며(Kim et al., 2006), 이는 제주도 전체관속식물 1990분류군의 12.7%에 해당하는 것이다(Kim et al., 2006b). 또한 경작지의 잡초를 포함한 우리나라 전체 외래식물 471분류군의 53.9%(Kang and Shim, 2002), 생태계에서 조사된 외래귀화식물 271분류군의 (Park et al., 2002)의 93%에 해당하는 것이다.

귀화식물이 자생식물과 경쟁함에 있어 우위에 있는 이유는 폭넓은 발아조건, 개화의 신속성, 높은 환경적응력 등과 식물활성물질(biological active substance)인 allelochemicals라는 특정 화학물질을 생성하여 여러 가지 방출기작을 통해 주변지역에 방출시킴으로 작물이나 자생식물의 종자 발아와 성장에 영향을 주기 때문이다(Aber et al., 1991; Given, 1994; Duke, 1986). 따라서 귀화식물의 대부분이 allelochemicals를 함유하고 있어 타식물의 종자 발아와 성장을 억제하여 그들의 영역을 확보하고 점차 개체수를 증가시켜 커다란 군락을 형성하는 식물생태학적 특성을 보인다(Lee et al., 1997).

Allelopathy란 미생물을 포함한 모든 식물사이에서 일어나는 생화학적 상호작용이고, 이 말은 사실상 해로운 면과 이로운 면을 모두 가리켜 사용한 용어이며(Molisch, 1937), 귀화식물의 분포지역에는 일반적으로 자생식물의 빈도수가 낮게 나타나는데 이는 귀화식물의 allelochemicals가 자생식물의 종자 발아와 성장을 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 성장을

억제하는 allelopathy 현상을 일으키는 물질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다 (Chou and Waller, 1987; 김, 1993; Rice, 1984). 과거에는 allelopathy를 다만 식물생태 화학적인 측면만으로 연구해 왔지만 최근에 국제식품규격위원회 (CODEX)에서 제정한 “유기식품의 생산, 가공, 표시, 유통 등에 관한 Codex 가이드라인”을 보면 잡초방제에 있어 유기합성 제초제의 사용을 금지하고 있으며, 식물, 미생물 등의 유기물 또는 광물에서 유래한 자재만을 허용하고 있고 친환경 농업에 대한 관심이 높아짐으로써 식물의 allelochemicals를 이용한 친환경 농자재로 개발하려는 많은 연구가 진행되고 있다.

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

II. 연구사

Allelopathy작용은 야외 조사 결과로부터 비롯되었는데(Weidenhamer and Romeo, 1989) 이제는 일반적인 현상으로 인식되어 일종의 식물과 식물, 식물과 미생물 등의 화학전쟁으로 받아들이고 있다.

독일의 식물생리학자인 Molisch(1937)은 그의 저서 “어떤 식물이 다른 식물에 미치는 영향”에서 처음 사용하여 현재까지 이르며, 현재는 ‘타감작용’ 혹은 ‘상극작용’의 뜻으로 이로운 면과 해로운 면을 포함하여 광범위한 정의로 사용되고 있다(전, 1994). 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 개똥쑥(*Artemisia annua* L.)의 유래로 sesquiterpenoid lactone인 artemisinin은 식물생장저해제로서 뿐만 아니라 상업적 제초제 cinmethylin으로 알려져 있다(Chen and Leather, 1990).

Allelopathy현상에 관계하는 화학물질이 식물체로 분비되는 방법은 여러 가지가 있는데 첫째, 살아있는 조직으로부터 휘발성 물질의 분비(Molisch, 1937; Muller et al., 1964; Heisey and Delwiche, 1984), 둘째, 식물의 지하부로부터 수용성 독성물질의 분비(AlSaadawi et al., 1986), 셋째, 비, 안개, 이슬 등의 작용으

로 지상부로부터 수용성 독성물질의 삼출(Al-Naib and Rice, 1971; Kumari and Kohli, 1987), 넷째, 미생물에 의해 분해되고 있는 litter, 뿌리의 잔유물 등으로부터 독성화학물질의 분비(Patrick and Koch, 1958; Kuo et al., 1981; Goel et al., 1989) 등이다(윤, 1999).

Allelochemicals는 phenolic compound가 주요한 물질인데(Blum and Dalton, 1985), tannin류(Rice and Pancholy, 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). 특히, Rho 등(2014)은 제주도에 한정되어 이입된 것으로 알려진 귀화식물은 양장구채(*Silene gallica*), 국화잎아욱(*Modiola caroliniana*), 애기달맞이꽃(*Oenothera laciniata*), 긴잎달맞이꽃(*Oenothera stricta*), 솔잎미나리(*Apium leptophyllum*), 자주풀숨나물(*Gnaphalium purpureum*), 선풀숨나물(*Gnaphalium calviceps*), 큰참새피(*Paspalum dilatatum*), 등심붓꽃(*Sisyrinchium angustifolium*) 등 9분류군으로 확인했으며, 제주도가 귀화식물의 이입 관문이자 선구 발생지로서의 특성을 살린 적절한 관리전략이 필요하다고 하였다.

국화잎아욱은 박(1998)이 제주도 서귀포 시내 냇가에서 국내 처음으로 발견하여 미기록종으로 발표하였으며, 목초의 종자 수입이나 사료 수입 등을 통하여 이입되는 것으로 보고하였다. 국화잎아욱은 1-2년생 초본이며, 줄기는 가늘고 길이

15-50cm, 아랫부분이 포복을 하며 마디에서 뿌리가 나기도 한다. 잎은 어긋나기(互生)이고 윤곽이 원형 또는 넓은 난형(卵形)이며 5-7편으로 중열(中裂)하고 열편(裂片)에 톱니가 있다. 꽃은 5-6월에 잎겨드랑이에서 1개씩 피고 지름 7-10mm로 적등색(赤橙色)이다. 꽃자루는 길이 1-2cm이며 소포엽(小苞葉)은 3개로 선형(線形)이다. 꽃받침은 끝이 5열되며 꽃잎은 5개로 길이 3-5mm, 도란형(倒卵形)이다. 열매는 14-22분과(分果)로 이루어지며 편평하다. 분과는 콩팥꼴이며 길이 4mm, 등 쪽으로 까끄라기가 있고 위쪽에 2, 3의 각상돌기(角狀突起)가 있으며 2개의 종자가 들어 있다. 열대 아메리카 원산으로 북아메리카, 남아메리카와 일본에도 분포한다(Park, 2009).

국화잎아욱에 대한 연구 동향은 분포 및 미기록 종 동정에만 국한되어 있을 뿐 귀화식물의 종 특성 및 경쟁의 원인 규명에 대한 연구는 미비한 실정이다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 국화잎아욱 군락 내 하부식생조사

1) 조사지역 및 시기

국화잎아욱(*Modiola caroliniana*) 군락내 하부식생의 변화를 알아보기 위해 2015년 5월부터 2015년 8월까지 제주특별자치도 제주시 한경면 일대에 분포하는 국화잎아욱 군락을 대상으로 현지조사를 실시하였다.

2) 조사방법 및 처리

국화잎아욱 군락을 선정하여 연접식생법(belt-transect)으로 국화잎아욱이 분포하지 않는 곳에서 부터 100%피도가 보이는 내부까지 방형구(1×1m)내에 분포하는 각각의 식물 종수와 개체수를 조사하였으며 이때 조사된 자료를 가지고 Shannon and 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 국화잎아욱의 분포에 따른 토양내의 총 페놀함량 변화와 하부식생의 변화와의 관계 등을 알아보기 위해 SPSS 18 통계 package를 이용하여 분석하였다.

2. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 발아 실험

1) 공여체 및 수용체 식물

국화잎아욱을 제주시 한경면 일대에서 채취하여 공여체식물로 정하고, 수용체 식물은 질경이(*Plantago asiatica* L.), 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa* L.)과 채배종인 배추(*Brassica rapa* var. *glabra* Regel), 무(*Raphanus sativus* L.), 부추(*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.)로 정하였다. 이들의 종자는 실험하기 전 년에 채집하거나 종묘상에서 구입하여 실내 암소에 보관하여 사용하였다.

2) 수용성 추출액 준비

수용성 추출액은 국화잎아욱의 전초로 제조하였으며, 채집한 국화잎아욱을 음지이고 통풍이 잘되는 곳에서 15일 이상 건조하였으며, 수용성 추출액 제조는 전초를 3~4cm 정도로 잘게 썰어는 각각의 시료 100g을 1,000ml의 증류수에 넣고 121℃에 15분 고압멸균하여 표준망체(500 μ m)로 부유물을 제거한 다음 다시 여과지(Advantec No. 2)를 사용하여 여과시켰다. 이때 추출액을 100%로 하여 1차 증류수로 5, 10, 20, 40%로 희석하여 실험에 사용하였고, 대조구는 24시간 전에 받아둔 증류수를 사용하였다.

3) 수용성 추출액에서의 발아실험

국화잎아욱의 수용성 추출액 농도에 대한 수용체식물의 발아 실험은 3회 반복 실시하였고, petri dish(\varnothing 9cm)에 각 농도별 국화잎아욱의 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.

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

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

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

광학현미경하에서 국화잎아욱의 추출액 농도에 따른 수용체식물의 뿌리털의 발달을 관찰하였다(길, 1987).

3. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 항균실험

식물병원균인 *Alternaria brassicicola*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium graminicola*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia cerealis*, *Rhizoctonia solani* AG-1(iB), *Rhizoctonia solani* AG-2-2(iiiB), *Stemphylium vesicarium*는 농촌진흥청 농업유전자원정보센터와 제주대학교 작물보호학 실험실에서 분양 받아 실험에 사용하였다.

각 균주에 사용된 배지는 potato dextrose agar(PDA)를 사용하였으며, 배양온도는 25℃였다.

배지조성은 증류수 900ml에 PDA 39g과 한천 5g을 혼합·조성하여 이를 대조구로 사용하였고 실험구는 증류수 대신 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 접합 한 후 colony diameter로 균류의 성장결과를 측정하였다(Costilow, 1981).

4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석

공여체식물의 수용성 추출액과 공여체식물이 생육하고 있는 균락 내·외의 토양 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 측정하기 위하여 공여체식물이 분포하지 않는 곳에서부터 100%피도가 보이는 내부까지 방형구(1×1m)내의 토양 유기물 층을 제거한 후 10cm 깊이까지의 토양을 3장소에서 반복 채취하여 건조 후 표준망체(500µm)로 이물질 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 국화잎아욱 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.

수용성 추출액의 플라보노이드 함량은 Kim(2001)의 방법에 따라 3회 반복 측정하였고 각각 시료의 수용성추출액 300 μ l를 시험관에 취하고 3ml의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1 N 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. 국화잎아욱 군락 내 하부식생 조사

국화잎아욱이 분포에 따른 하부식생의 변화를 알아보기 위해 연접식생법(belt-transect)을 이용하여 분기별 국화잎아욱 하부에 출현하는 종수와 종 다양성 지수를 산출한 결과, 국화잎아욱 군락 외부지역인 1번 조사구에서는 개망초, 소리쟁이 등 9종, 국화잎아욱 군락 인접 지역인 2번 조사구에서는 토끼풀, 살갈퀴 등 8종, 국화잎아욱 군락 내부지역인 3번 조사구에서는 개자리, 소리쟁이 등 3종이 분포하는 것으로 조사되었고,

종 다양성 지수는 1번 조사구 1.96, 2번 조사구 1.75, 3번 조사구 0.33으로 산출되었다. 출현종수와 종 다양성 지수가 3번 조사구 < 2번 조사구 < 1번 조사구순으로 증가하여 국화잎아욱이 군락을 형성함에 따라 하부식생의 출현 종 수 및 종 다양성에 영향을 미치는 것으로 분석되었다(Fig. 1). 이는 국화잎아욱이 이입이 됨에 따라 화학물질(allelochemicals)을 방출하여 서식지 주변 환경에 영향을 주는 것으로 판단되며, 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·유해하게 작용한다(Rice, 1984).

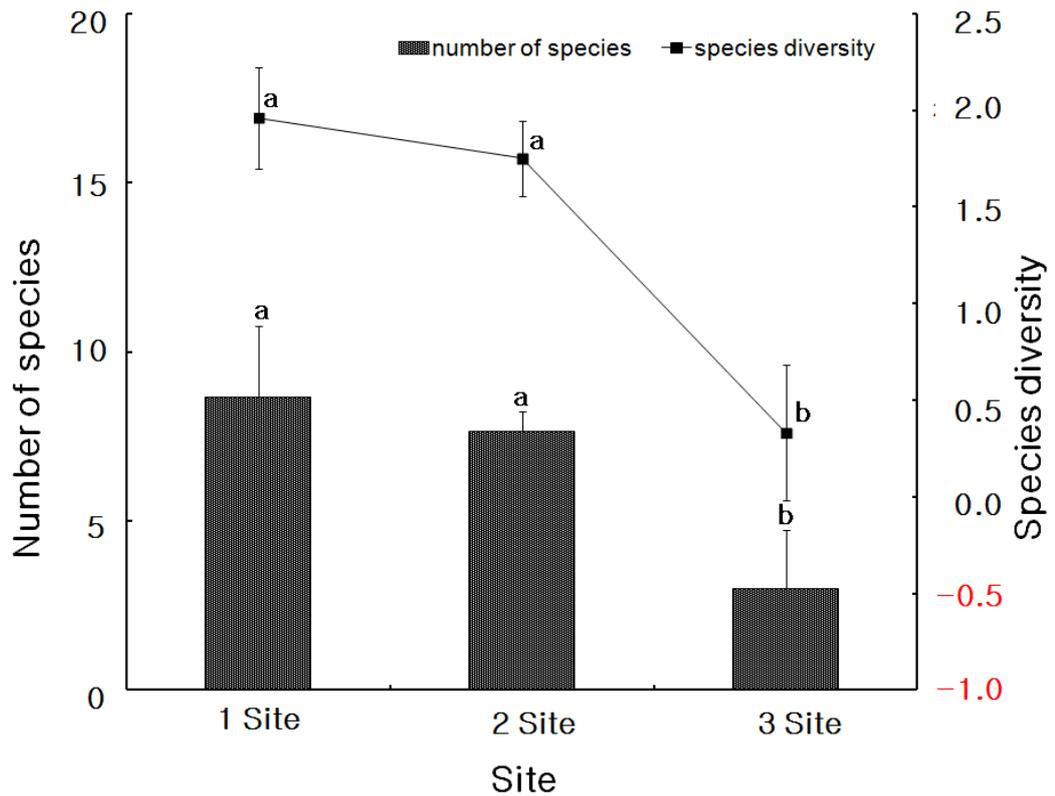


Fig. 1. Various number of species and species diversity index.

1 site, outside area patch of *Modiola caroliniana*; 2 site, border area patch of *Modiola caroliniana*; 3 site, inside area patch of *Modiola caroliniana*. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

2. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 발아 및 생장

1) 수용성 추출액에서의 발아

국화잎아욱의 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 평균발아일수에서 차이를 보였다.

수용성 추출액에 대한 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa*)의 상대발아율은 5% 처리구에서 91.8%, 10% 처리구에서 89.8%, 20% 처리구에서 67.3%, 40% 처리구에서는 전혀 발아를 하지 않았으며, 무(*Raphanus sativus*), 부추(*Allium tuberosum*) 또한 농도가 높아질수록 발아가 억제되는 것으로 조사되었다. 반면 질경이(*Plantago asiatica*)인 경우 5% 처리구에서 103.0%, 10% 처리구에서 101.0%로 대조구에 비해 발아율이 높았지만, 20% 처리구에서 99.0%, 40% 처리구에서 82.8%로 발아율이 낮아졌으며, 농도가 높아질수록 발아율이 낮아지는 것으로 조사되었으며, 배추(*Brassica rapa* var. *glabra*)는 5% 처리구에서 101.7%, 10% 처리구에서 98.3%, 20% 처리구에서 96.8%, 40% 처리구에서 57.6%로 같은 경향으로 조사되었다(Fig. 2).

수용성 추출액에 대한 울산도깨비바늘의 대조구 평균발아일수는 6.88일, 5% 처리구는 7.39일, 10% 처리구는 8.00일, 20% 처리구는 8.18일, 40% 처리구는 발아를 하지 않았으며, 무 대조구 2.09일, 5% 처리구 1.67일, 10% 처리구는 2.31일, 20% 처리구는 2.36일, 40% 처리구는 3.45일, 배추 대조구 1.29일, 5% 처리구는 1.53일, 10% 처리구는 1.53일, 20% 처리구는 2.42일, 40% 처리구는 4.75일, 부추 대조구 2.72일, 5% 처리구는 3.17일, 10% 처리구는 4.04일, 20% 처리구는 3.59일, 40% 처리구는 7.15일, 질경이 대조구는 7.15일, 5% 처리구는 5.91일, 10% 처리구는 6.41일로 대조구에 빠른 발아를 빨리한 것으로 조사되었으며, 20% 처리구는 7.26일, 40% 처리구는 9.48일로 농도가 높아질수록 평균발아일수가 증가되는 것으로 조사되었다(Table 1).

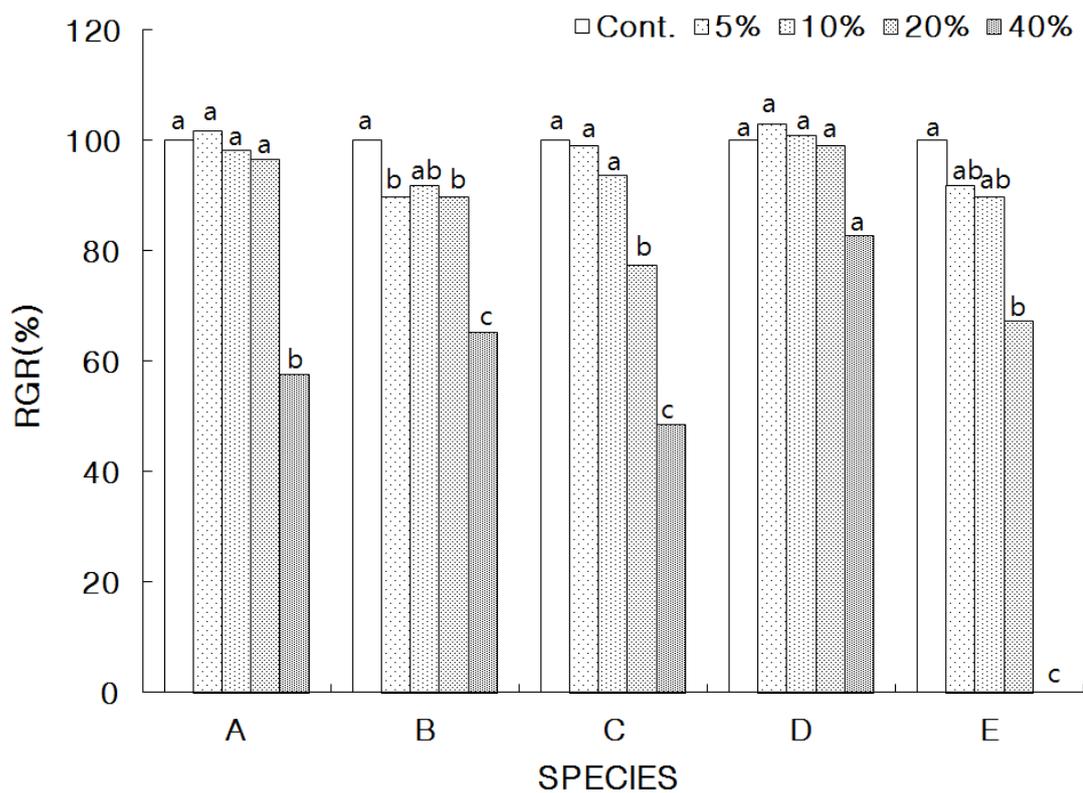


Fig. 2. Relative germination ratio(RGR) of receptor plants grown in Petri dishes with various concentrations of *Modiola caroliniana* aqueous extract. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

A, *Brassica rapa* var. *glabra*; B, *Raphanus sativus*; C, *Allium tuberosum*; D, *Plantago asiatica*; E, *Bidens pilosa*

Table 1. Mean germination time(MGT) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of *Modiola caroliniana* aqueous extracts

Species	Concentration (%)	MGT(day) (Mean \pm SE)
<i>Brassica rapa</i> var. <i>glabra</i>	Cont.	1.29 \pm 0.07c
	5	1.53 \pm 0.10c
	10	1.53 \pm 0.22c
	20	2.42 \pm 0.11b
	40	4.75 \pm 0.80a
<i>Raphanus sativus</i>	Cont.	2.09 \pm 0.23bc
	5	1.67 \pm 0.09c
	10	2.31 \pm 0.48b
	20	2.36 \pm 0.14b
	40	3.45 \pm 0.06a
<i>Allium tuberosum</i>	Cont.	2.72 \pm 0.45b
	5	3.17 \pm 0.71b
	10	4.04 \pm 0.76b
	20	3.59 \pm 0.62b
	40	7.15 \pm 2.33a
<i>Plantago asiatica</i>	Cont.	7.15 \pm 0.90b
	5	5.91 \pm 0.38c
	10	6.41 \pm 0.64bc
	20	7.26 \pm 0.06b
	40	9.48 \pm 0.42a
<i>Bidens pilosa</i>	Cont.	6.88 \pm 0.38a
	5	7.39 \pm 1.44a
	10	8.00 \pm 0.06a
	20	8.18 \pm 1.45a
	40	0.00 \pm 0.00b

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

2) 수용성 추출액에서의 유식물 생장

국화잎아욱의 수용성 추출액 농도가 증가됨에 따라 각각의 수용체 유식물의 생장은 대조구에 비해 지상부와 지하부, 생체량이 억제되는 경향을 보이고 수용성 추출액 농도에 따라 수용체식물의 종류와 부위별에 억제 정도가 차이를 보였다.

수용성 추출액에 대한 지상부의 상대신장율은 무(*Raphanus sativus*) 5%, 10%, 20% 처리구까지 증가되는 경향을 보였고, 40% 처리구에서는 79.4%로 생장이 억제되었으며, 질경이(*Plantago asiatica*)는 5%, 10% 처리구까지 생장이 증가되었으며, 20% 처리구에서는 96.2%, 40% 처리구에서는 63.6%로 생장이 억제되었으며, 배추(*Brassica rapa* var. *glabra*)는 5% 처리구에서 105.6% 생장 증가되다 10%, 20% 처리구에서는 생장이 억제되어 40% 처리구에서는 6.4%, 부추(*Allium tuberosum*)는 5% 처리구에서 62.7%, 10% 처리구에서 47.3%, 20% 처리구에서 43.5%, 40% 처리구에서 39.6%로 생장이 억제되었으며, 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa*)은 5% 처리구에서 98.5%, 10% 처리구에서 96.2%, 20% 처리구에서 88.8%, 40% 처리구는 발아를 하지 않았다(Fig. 3).

수용체 식물의 지하부인 경우 지상부보다 국화잎아욱 수용성 추출액에 대해 민감한 반응을 보여 지상부보다 지하부의 생장이 현저한 감소를 보였다. 수용성 추출액에 대한 지하부의 상대신장율 울산도깨비바늘인 경우 5% 처리구에서 75.6%, 10% 처리구에서 65.6%, 20% 처리구에서 60.9%로 생장이 억제되었으며, 배추는 5% 처리구에서 67.2%, 10% 처리구에서 35.5%, 20% 처리구에서 9.4%, 40% 처리구에서 2.9%로 생장이 억제되었으며, 질경이는 5% 처리구에서 98.5%, 10% 처리구에서 79.2%, 20% 처리구에서 45.9%, 40% 처리구에서 26.3% 생장이 억제되었으며, 무는 5% 처리구에서 81.3%, 10% 처리구에서 79.8%, 20% 처리구에서 79.7%, 40% 처리구에서 45.8%로 억제되었으며, 부추는 5% 처리구에서 97.5%, 10% 처리구에서 83.4%, 20% 처리구에서 62.0%, 40% 처리구에서 59.5%로 수용성추출액 농도가 높아질수록 지하부 생장이 현저하게 감소하는 것으로 조사되었다(Fig. 4).

국화잎아욱 추출액의 한천배지에서 생장한 유식물인 부추의 생체량은 대조구 0.497g, 5% 처리구에서 0.350g, 10% 처리구에서 0.310g, 20% 처리구에서

0.240g, 40% 처리구에서 0.097g으로 순차적으로 감소하여 농도가 높아질수록 생체량의 감소를 보였다. 반면, 배추의 생체량은 대조구 1.068g, 5% 처리구에서 1.150g, 10% 처리구에서 0.930g, 20% 처리구에서 0.343g, 40% 처리구에서 0.107g, 무의 생체량은 대조구 2.390g, 5% 2.753g, 10% 3.707g, 20% 4.237g, 40% 1.533g, 울산도깨비바늘의 생체량은 대조구 0.557g, 5% 0.707g, 10% 0.527g, 20% 0.317g, 40% 처리구에서는 발아를 하지 않아 측정하지 못하였으며, 역치농도의 곡선을 나타냈다(Table 2).

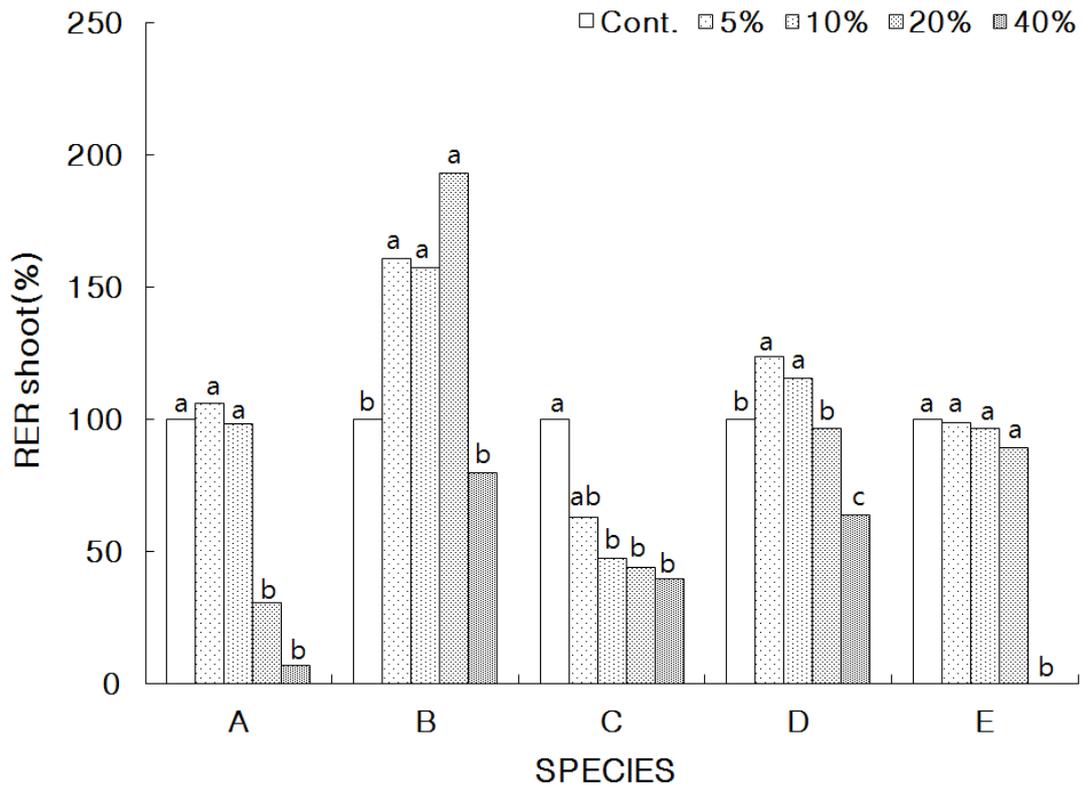


Fig. 3. Effects of various concentrations of *Modiola caroliniana* aqueous extract on shoot growth of receptor plants grown in various concentrations. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

A, *Brassica rapa* var. *glabra*; B, *Raphanus sativus*; C, *Allium tuberosum*; D, *Plantago asiatica*; E, *Bidens pilosa*

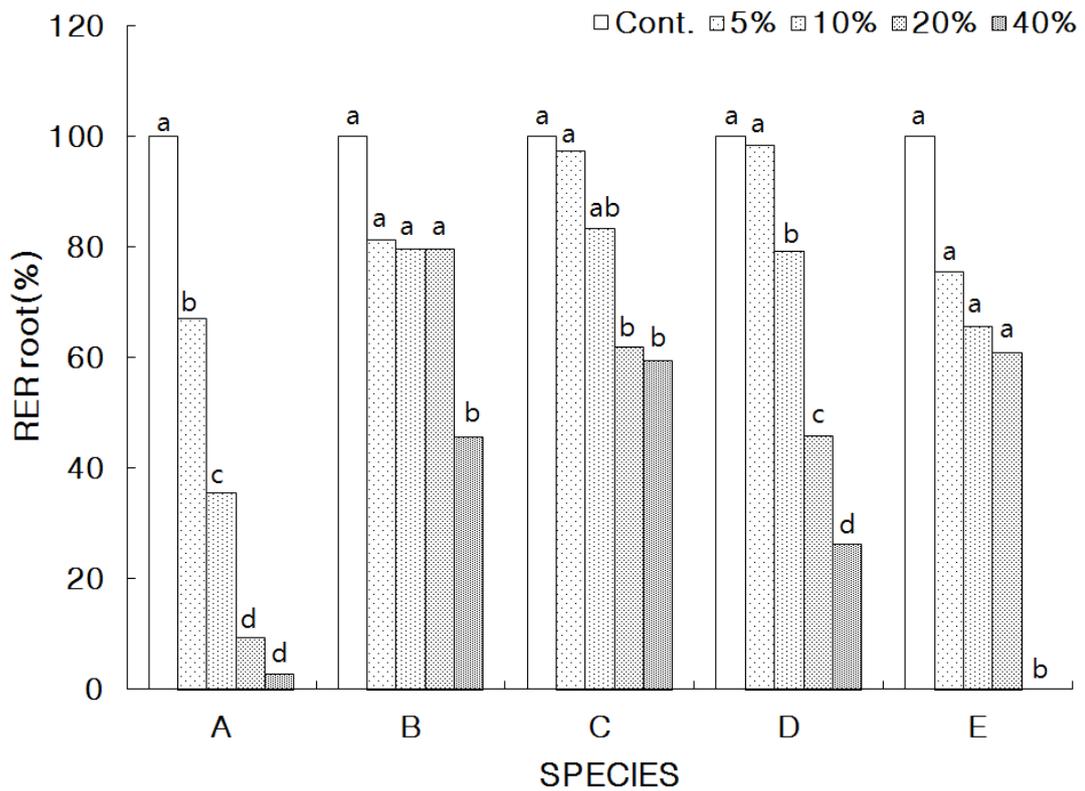


Fig. 4. Effects of various concentrations of *Modiola caroliniana* aqueous extract on root growth of receptor plants grown in various concentrations. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

A, *Brassica rapa* var. *glabra*; B, *Raphanus sativus*; C, *Allium tuberosum*; D, *Plantago asiatica*; E, *Bidens pilosa*

Table 2. Effects of various concentrations of *Modiola caroliniana* aqueous extracts on relative fresh weight of receptor plants

Species	Concentration (%)	fresh weight(g) (Mean ± SE)
<i>Brassica rapa</i> var. <i>glabra</i>	Cont.	1.068±0.225a
	5	1.150±0.299a
	10	0.930±0.207a
	20	0.343±0.191b
	40	0.107±0.015b
<i>Raphanus sativus</i>	Cont.	2.390±0.315bc
	5	2.753±0.983abc
	10	3.707±1.130abc
	20	4.237±0.396a
	40	1.533±1.384c
<i>Allium tuberosum</i>	Cont.	0.497±0.064a
	5	0.350±0.056b
	10	0.310±0.017bc
	20	0.240±0.026c
	40	0.097±0.029d
<i>Plantago asiatica</i>	Cont.	0.127±0.055a
	5	0.117±0.021a
	10	0.123±0.023a
	20	0.110±0.010a
	40	0.057±0.012b
<i>Bidens pilosa</i>	Cont.	0.557±0.015b
	5	0.707±0.085a
	10	0.527±0.093b
	20	0.317±0.119c
	40	0.000±0.000d

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

3) 수용성 추출액에서의 뿌리털 발달

식물체에서의 뿌리털은 토양내의 영양분, 무기염류, 수분 등을 흡수하는 기관으로 식물체의 성장과 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).

국화잎아욱의 수용성 추출액에 대한 무(*Raphanus sativus*), 부추(*Allium tuberosum*), 질경이(*Plantago asiatica*), 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa*)의 유식물 뿌리털을 보면 수용성 추출액의 5% 처리구에서부터 매우 심하게 억제되었다. 반면, 배추(*Brassica rapa* var. *glabra*)는 5% 처리구에서는 대조구보다 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 증가되었고, 10% 처리구 이상에서부터 점차 뿌리털이 억제되는 경향을 나타냈다(Fig. 5).

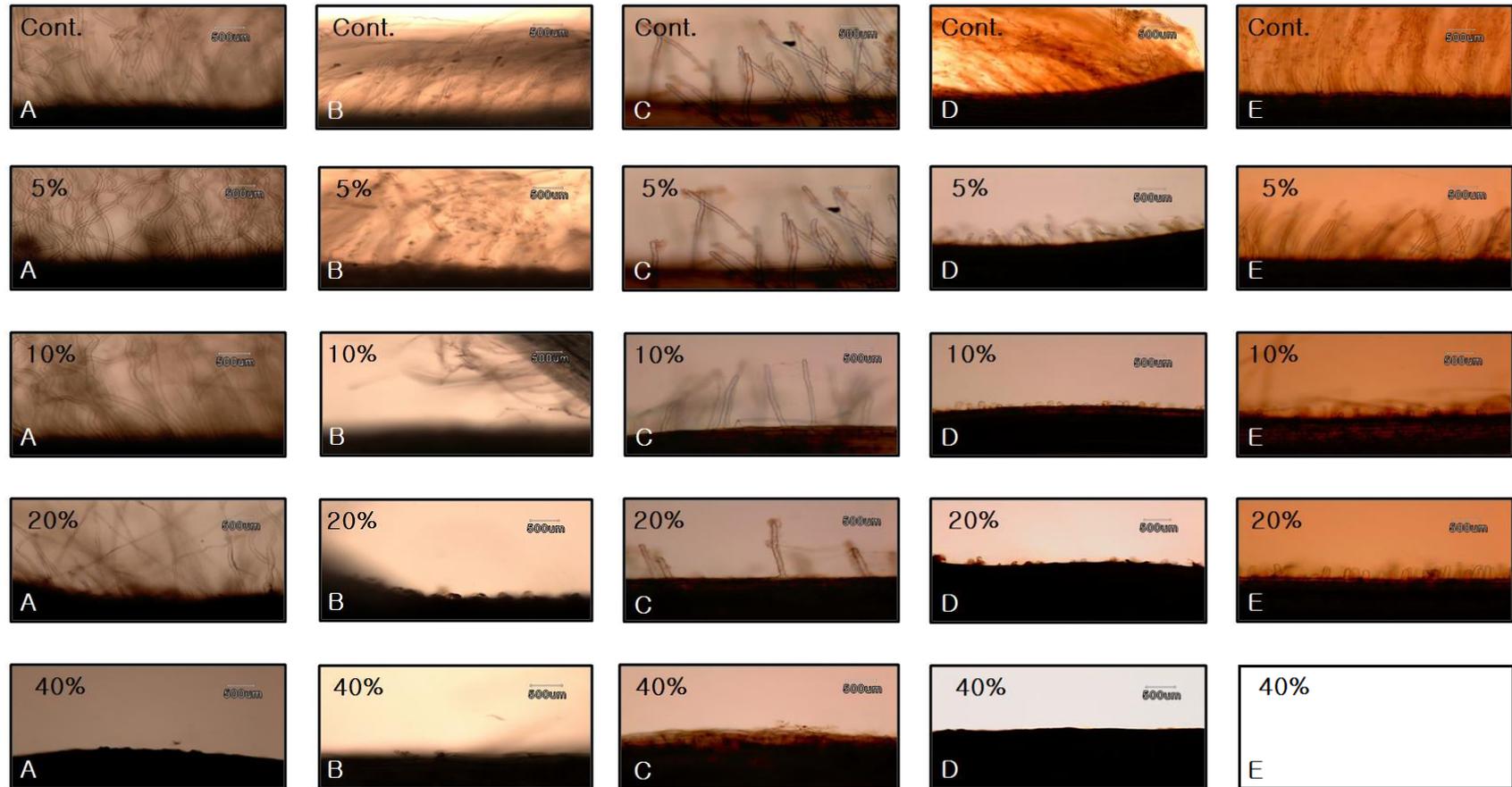


Fig. 5. Development of seedling root hairs with different concentrations of *Modiola caroliniana* aqueous extracts.

A, *Brassica rapa* var. *glabra*; B, *Raphanus sativus*; C, *Allium tuberosum*; D, *Plantago asiatica*; E, *Bidens pilosa*

3. 국화잎아욱 수용성 추출액에서의 항균 효과

Allelopathy 현상을 일으키는 물질로는 식물의 생장을 촉진·억제하는 allelochemicals와 항균성 물질(phytocide)이다(Kim and Lee, 1996). 국화잎아욱의 allelopathy 현상 규명의 일환으로 국화잎아욱의 수용성 추출액에 대한 항균실험을 한 결과 수용성 추출액의 농도가 증가함에 균사의 생장을 촉진 시킨 종과 반비례적으로 미생물의 생장이 억제되는 종을 확인하였고 수용성 추출액의 농도와 미생물의 종류에 따라 억제정도 차이를 보였다(Fig. 6).

*Alternaria brassicae*인 경우 수용성 추출액에 대해 대조구(100%), 25% 처리구(123.3%), 50% 처리구(133.5%), 75% 처리구(133.9%), 100% 처리구(137.3%), *Fusarium oxysporum*는 대조구(100%), 25% 처리구(111.9%), 50% 처리구(112.9%), 75% 처리구(118.5%), 100% 처리구(127.2%)로 농도가 증가함에 따라 균사의 생장을 촉진시켰으며, *Phytophthora capsici*는 대조구(100%), 25% 처리구(100.9%), 50% 처리구(87.9%), 75% 처리구(75.8%), 100% 처리구(59.3%), *Pythium graminicola*는 대조구(100%), 25% 처리구(72.1%), 50% 처리구(52.9%), 75% 처리구(43.2%), 100% 처리구(25.9%), *Pythium ultimum*는 대조구(100%), 25% 처리구(99.4%), 50% 처리구(79.1%), 75% 처리구(70.9%), 100% 처리구(59.1%), *Rhizoctonia cerealis*는 대조구(100%), 25% 처리구(88.5%), 50% 처리구(87.6%), 75% 처리구(84.8%), 100% 처리구(76.4%), *Rhizoctonia solani* AG-1(I B)는 대조구(100%), 25% 처리구(97.0%), 50% 처리구(94.3%), 75% 처리구(88.4%), 100% 처리구(78.2%), *Rhizoctonia solani* AG-2-2(III B)는 대조구(100%), 25% 처리구(82.7%), 50% 처리구(81.3%), 75% 처리구(76.2%), 100% 처리구(71.7%)로 농도가 증가함에 따라 생장이 감소하였고, *Stemphylium vesicarium*는 대조구(100%), 25% 처리구(101.6%), 50% 처리구(104.5%), 75% 처리구(100.6%), 100% 처리구(99%)로 50% 처리구까지는 순차적으로 증가하다 75%부터 생장이 억제되는 것으로 조사되었으며, 시료 처리상태에 따른 서로 다른 생장을 보였다(Fig. 6).

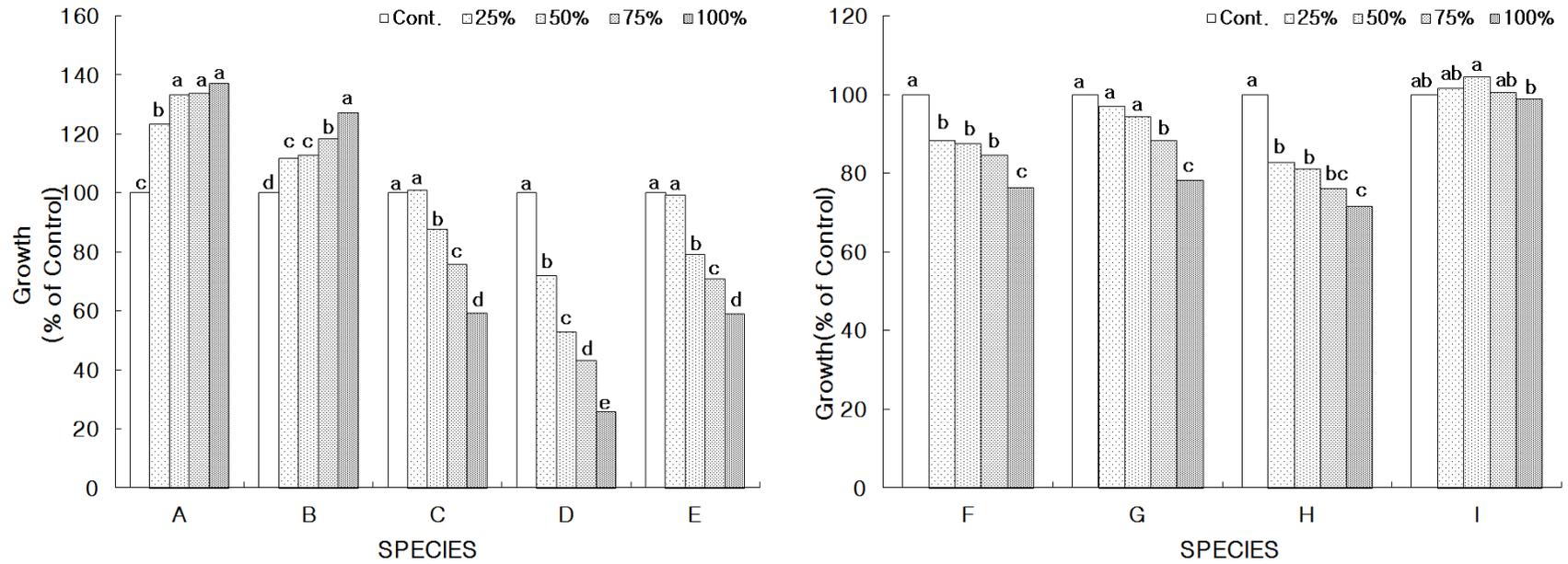


Fig. 6. Colony diameter of fungi taxa grown in PDA medium with various concentrations of *Modiola caroliniana* aqueous extracts. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

A, *Alternaria brassicicola*; B, *Fusarium oxysporum*; C, *Phytophthora capsici*; D, *Pythium graminicola*; E, *Pythium ultimum*; F, *Rhizoctonia cerealis*; G, *Rhizoctonia solani* AG-1(I B); H, *Rhizoctonia solani* AG-2-2(III B); I, *Stemphylium vesicarium*

4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석

국화잎아욱의 전초와 주변 토양에 대한 수용성 추출액에서 총 페놀 함량을 분석한 결과 국화잎아욱 전초는 $4.59 \pm 0.16 \text{mg/g}$, 국화잎아욱 군락 외 토양은 $0.09 \pm 0.03 \text{mg/g}$, 군락 인접 토양은 $0.10 \pm 0.00 \text{mg/g}$, 군락 내 토양은 $0.11 \pm 0.00 \text{mg/g}$ 순으로 조사되었다(Table 3, Fig. 7).

총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량은 서로 밀접한 상관관계가 보고되었으며(Jeong et al., 2007), 플라보노이드는 페놀성 화합물의 일종이므로 각 시료의 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 동일한 경향을 보였다. 플라보노이드는 국화잎아욱 전초는 $6.56 \pm 0.05 \text{mg/g}$, 국화잎아욱 군락 외 지역 토양은 $0.11 \pm 0.02 \text{mg/g}$, 군락 인접 토양은 $0.13 \pm 0.00 \text{mg/g}$, 군락 내 토양은 $0.17 \pm 0.00 \text{mg/g}$ 순으로 조사되었다. 국화잎아욱 군락에 근접 할수록 토양 내 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하였다(Table 3, Fig. 7).

Table 3. Total phenolic compounds and total flavonoids of *Modiola caroliniana*

	Total phenolic compounds	Total flavonoids
Total content(mg/g)	4.59±0.16	6.56±0.05

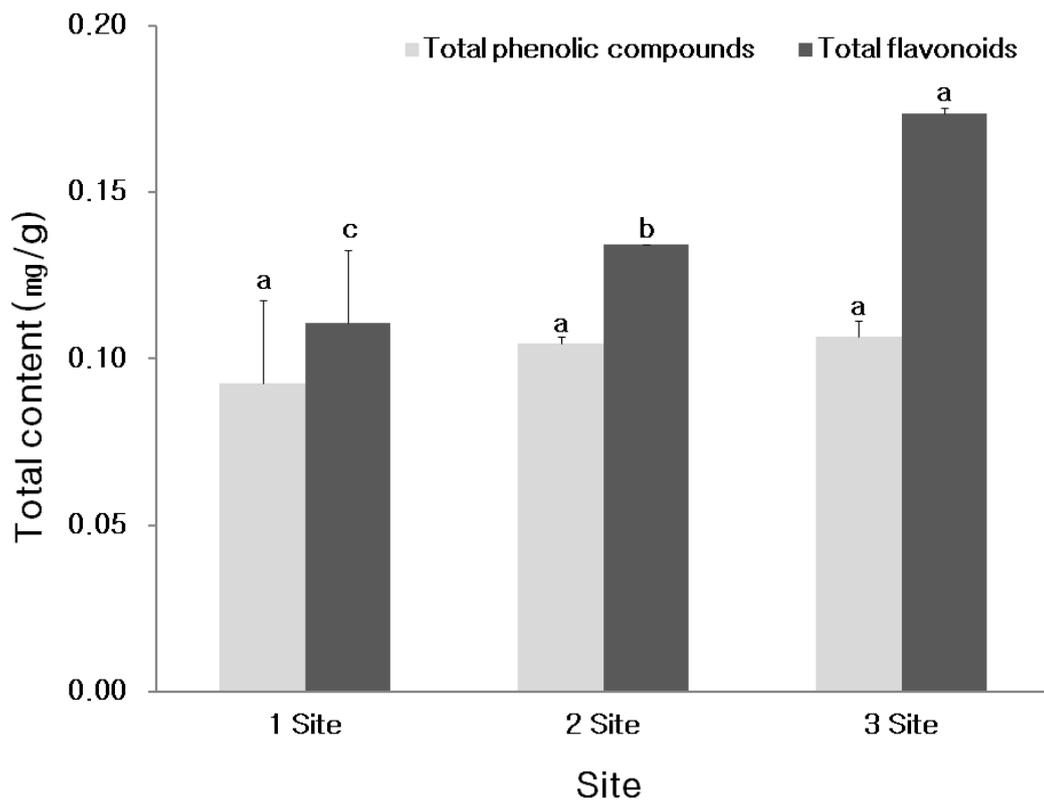


Fig. 7. Total phenolic compounds and total flavonoids of experiment site soil.

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

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

V. 고찰

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 준다(Kim, 1997; Lodhi and Rice, 1971; Duke, 1986).

식물은 서식지를 공유함에 있어 환경요인인 수분, 양분, 빛 등을 제한하여 영향을 주고 식물 종 특유의 화학물질을 생산하여 주위에 방출하여 서식지 환경변화를 일으켜 다른 생물체에게 직간접적인 유익·유해한 작용한다는 것을 알 수 있었다(Rice, 1984). 따라서 국화잎아욱이 서식하는 지역의 하부식생의 변화를 조사한 결과 군락 내 조사구가 군락 외 조사구와 군락 인접 조사구 보다 낮게 나타나 국화잎아욱이 군락을 형성함에 따라 하부식생의 출현종 수 및 종 다양성에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이는 국화잎아욱이 이입이 됨에 따라 화학물질(allelochemicals)을 방출하여 서식지 주변 환경에 영향을 주는 것으로 보인다(김, 2009)라고 보고한 바와 유사하다. 식물의 종구성과 종 다양성은 시간적, 공간적 변화 경향에 미치는 요인을 선별하기 어렵다(Rey and Scheiner, 1993).

국화잎아욱의 수용성 추출액의 농도가 증가됨에 따라 대조구에 비해 발아율이 감소하고 발아 소요일수 역시 늦어지는 것으로 분석되었고, 수용체식물의 종류에 따라 차이를 보였으며, Baskin et al.(1967)은 식물의 추출액이 다른 식물의 종자 발아와 생장을 억제하며, 토끼풀 수용성 추출액에서 농도가 높을수록 발아율이 억제되며(이, 1998), 이러한 현상은 처리농도가 높아짐에 따라 수용성 추출액에 함유된 공여체 식물의 allelochemicals의 함량이 증가하여 수용체 식물의 생육 억제에 영향을 끼친다(이, 2009)고 보고하였으며, 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 생체량의 변화는 수용체식물의 길이와 부피 성장에 대한 통합된 지표로 수용성 추출액의 농도 증가에 따른 수용체식물의 생체량의 감소는 국화잎아욱의 수용성추출액이 수용체식물의 지상·지하부의 길이 성장 뿐 아니라 유식물의 줄기와 유근의 굵기, 조직 구성물의 함량 등에 영향을 주어 수용체식물의 초기생장이 억제 되는 것으로 판단되며, Weston and Putnam(1985)은 식물의 엽조와 지하경에 발아 억제물질이 들어 있어서 타 식물의 생량과 건량을 감소시키며, 김(1996)은 추출액의 농도가 증가함에 따라 무의 생중량은 상대적으로 감소한다고 보고하였다.

유식물의 뿌리털은 농도 증가에 따라 뿌리털의 길이, 단위면적당 뿌리털 수가 현저하게 감소하여 불균형적·비정상적인 성장을 하는 것으로 나타났으며, 추출액의 농도가 증가함에 따라 수용체 식물의 유근 표면부에 점점 진한 갈색으로 변해갔다. 이는 김(1993)의 리기다소나무의 수용성 추출액을 이용한 발아실험의 25% 이상 처리구에서 유근의 세포표면이 위축되어 불규칙하게 변화됨에 따라 빨간무와 차풀의 유근 표면부 전체가 심한 굴곡현상과 함께 진한 갈색의 색소침착이 일어났다고 보고하였다(이, 2009). 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).

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 성장에 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 흡과 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.

식물성분 중 하나 또는 둘 이상의 수산기로 치환된 방향족 환을 가지고 있는 phenolic compound는 진균, 세포 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 촉진되기 때문이라고 알려져 있다(柴田承二, 1978; Barz, 1990). 따라서 국화잎아욱의 수용성 추출액 농도 증가에 따른 미생물의 성장 또한 미생물의 종류에 따라 억제 정도의 차이를 보이지만 순차적인 미생물 성장 감소를 보였으며, Clark et al.(1981)과 Ko and Yang(2011)이 식물체에 함유된 페놀성 물질과 플라보노이드는 항균활성을 나타내고 페놀성 물질과 플라보노이드를 상대적으로 높게 함유할수록 항균활성이 높아진다고 보고 하였으며, 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량은 서로 밀접한 상관관계가 보고되었으며(Jeong et al., 2007), 플라보노이드는 페놀성 화합물의 일종이므로 각 시료의 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 동일한 경향을 보였다. 한편, 국화잎아욱의 군락 외부지역의 토양 총 페놀함량은 $0.09 \pm 0.03 \text{ mg/g}$, 군락 인접지역은 $0.10 \pm 0.00 \text{ mg/g}$, 군락 내부지역은 $0.11 \pm 0.00 \text{ mg/g}$ 로 국화잎아욱 군락에 근접 할수록 토양 내 총 페놀 함량이 증가하였으며, 플라보노이드 함량 역시 같은 경향을 나타낸 것으로 분석되었다. 그러므로 자연 상태에서 빗물에 의해 세탈 된 수용성 페놀 화합물은 국화잎아욱의 군락 내 토양의 다른 물질과 결합하거나 비활성화 상태로 존재함으로써(Rice, 1984) 토양내의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 수용성 추출액 보다 낮아지게 되고 군락 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 상

당 양의 caffeic acid, ferulic acid, p-coumaric acid, hydroxybenzoic acid가 분포하며 토양 내에서 안정화된 상태로 지속적으로 잔존하여 식물과 토양미생물에 영향을 미치며 토양환경을 변화 시킨다고 하였다.

그러므로 귀화식물인 국화잎아욱은 자생식물과의 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 국화잎아욱(*Modiola caroliniana*)의 군락 형성에 따른 하부식생에 미치는 영향을 파악하기 위해 연접식생법(belt-transect)을 이용한 종 다양성 변화와 제초제와 항균제에 대한 자원화방안의 기초자료로 제공하고자 국화잎아욱의 수용성 추출액에 대한 Allelopathy 효과를 조사하였다.

국화잎아욱 군락에 근접할수록 1번 조사구(8.67 ± 2.08 종, 1.96 ± 0.26), 2번 조사구(7.67 ± 0.58 종, 1.75 ± 0.19), 3번 조사구(3.00 ± 1.73 종, 0.33 ± 0.35)순으로 출현종수, 종 다양도가 감소하는 경향을 보였다. 국화잎아욱의 수용성 추출액에 대한 수용체식물의 상대발아율, 평균발아일수, 상대신장율, 생중량은 추출액 농도가 증가할수록 전반적으로 감소되었고 수용체 식물의 종류에 따라 다소 차이를 보였다. 수용체 식물의 지하부가 지상부보다 억제의 경향이 높았다. 따라서 뿌리털의 발생도 농도가 증가함에 따라 현저하게 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털 수가 감소되었다. 미생물 성장 또한 추출액의 농도가 증가함에 따라 억제되는 경향을 보이고 미생물 종류에 따라 억제의 정도 차를 보였다. 국화잎아욱의 총 페놀함량은 4.59 ± 0.16 mg/g이며, 플라보노이드 함량은 6.56 ± 0.05 mg/g이며, 국화잎아욱의 군락지 조사지역의 토양 내 총 페놀 함량은 1번 조사구(0.09 ± 0.03 mg/g), 2번 조사구(0.10 ± 0.00 mg/g), 3번 조사구(0.11 ± 0.00 mg/g) 순으로 증가되었으며, 토양 내 플라보노이드 함량은 1번 조사구(0.11 ± 0.02 mg/g), 2번 조사구(0.13 ± 0.00 mg/g), 3번 조사구(0.17 ± 0.00 mg/g) 순으로 증가되어 페놀함량과 같은 경향을 보였다.

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

인 용 문 헌

- 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.
- 김용옥, 이은주, 이호준. 2000. 수 종의 한국자생식물과 귀화식물 추출액이 토양 미생물에 미치는 항균활성. 한국생태학회지. 23 : 353-357.
- 김용옥, 이호준, 김은수, 조영동. 1995. 리기다소나무의 잎 추출액이 근단세포의 형태변화에 미치는 영향. 한국식물학회지. 38 : 73-78.
- 김용옥. 1993. 리기다소나무의 allelochemicals가 수 종 식물의 종자발아, 세포구조 및 동위효소 패턴에 미치는 영향. 건국대학교 박사학위 논문. p. 88
- 김은숙. 1996. 植物의 水溶性 抽出液이 作物의 發芽 및 生長에 미치는 Allelopathy의 效果. 동아대학교 석사학위논문 43p.
- 김태근. 2009. 몇 가지 식물 및 식물병원균에 대한 왕도깨비가지 추출물의 알레로파시 효과. 제주대학교 석사학위논문 44p.
- 김해수, 김종희. 2001. 돼지풀 잎의 휘발성물질이 수용체 유식물 생장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지. 24 : 61-66.
- 박수현. 1998. 한국 미기록 귀화식물(XIII). 한국식물분류학회지. 28(4): 415-425.
- 배병호, 김용옥. 2003. 수종 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.

- 윤경원. 1999. Allelopathy 연구의 방법론. 자연자원연구 제2권. 목포대학교 자연 자원개발연구소.
- 이상복. 1999. 강피에 대한 벼 품종의 allelopathy 감정에 관한 연구. 건국대학교 박사학위논문.
- 이유성. 2000. 현대식물형태학. 우성. pp. 22-318.
- 이주화. 2009. 강화에서 수집한 약썩의 추출물이 수용체 식물의 생장에 미치는 알레로파시 효과. 동국대학교 석사학위논문 64p.
- 이지훈. 1998. *Trifolium repens* L. 추출액이 *Zoysia japonica* Steud.의 발아와 생장에 미치는 Allelopathy효과. 창원대학교 석사학위논문 55p.
- 이호준, 김용옥, 김선호. 1990. 리기다소나무의 allelochemical이 발아중인 무종자의 단백질, peroxidase밴드 및 활성도에 미치는 영향. 건국대학교 이학논집. 15 : 95-102.
- 이호준, 김용옥, 장남기. 1997. 수종 식물의 분비물질이 종자 발아와 균류생장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지. 20(3) : 181-189.
- 작물재배생리의 이론과 실험, 1997)
- 전재희. 1994. 페놀화합물질이 수종 식물의 종자발아와 유근생장에 미치는 Allelopathy 효과. 건국대학교 석사학위논문 39p.
- 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.
- Al-Naib, F. A. G. and E. L. Rice. 1971. Allelopathic effects of *Platanus occidentalis*. Bull. Torrey Bot. Club 98 : 75-82.
- AlSaadawi, I. S., J. K. Al-uqaili, A. J. AlRubeaa and S. M. Al-hadithy. 1986. Allelopathic suppression of weed and nitrification by selected cultivars of *Sorghum bicolor*(L) Moench. J. Chem. Ecol. 12 : 209-219
- 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.

- Baskin J. M., C. J. Ludlow, T. M. Harris and F. T. Wolf. 1967. Psoralen, an inhibitor in the seeds of *Psoralea subaculis*(Leguminosae). *Phytochemistry* 6 : 1209-1213.
- 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.
- Clark, A. M., F. S. El-Feraly and W. S. Li. 1981. Antimicrobial activity of phenolic constituent of *Mangolina grandiflora* L. *J. Pharm. Sci.*, 70:951-952
- Duke, S. O. 1986. Naturally occurring 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 : 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.
- Goel. U., D. B. Saxena and B. Kumar. 1989. Comparative study of Allelopathy as exhibited by *Prosopis juliflora* Swartz and *Prosopis cineraria*(L) Druce. *J. Chem. Ecol.* 15 : 591-600.
- 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.
- Heisey, R. M. and C. C. Delwiche. 1984. Phytotoxic volatiles from *Trichostema lanceolatum*. *Amer. J. Bot.* 71 : 821-822.
- 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 *Fiucus bengalensis* Kor. *J. Ecol.* 21 : 133-137.
- Jeong, J. A., S. H. Kwon, Y. J. Kim, C. S. Shin and C. H. Lee. 2007. Investigation of antioxidative and tyrosinase inhibitory activities of the seed extracts. *Korean Journal of Plant Resources.* 20:177-184.(In Korean).
- Kang, B. H. and S. I. Shim. 2002. Research reports: overall status of naturalized plants in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 22: 207-226 (in Korean).
- Kang, B. H., S. H. Hong, D. O. Lee, S. M. Jean, and G. O. Kim. 2003. A comparative study on name of plant in South and North Korea. *Bulletin of Korean Plant Conservation Society.* 58:12-14.
- Kato-Noguchi, H. and T. Ino. 2005. Possible involvement of momilactone B in rice allelopathy. *J. Plant Physiol.* 162 : 718-721.
- 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, C. S., G. P. Song, M. O. Moon, E. J. Lee and C. H. Kim. 2006. Unrecorded naturalized species: *Papaver setigerum* DC. (Papaveraceae) and *Veronica serpyllifolia* L. (Scrophulariaceae). Kor. J. Plant Taxon. 36(2): 147-153 (in Korean).
- Kim, C. S., J. G. Koh, G. P. Song, M. O. Moon, J. E. Kim, E. J. Lee, S. I. Hwang and J. H. Jeong. 2006b. Distribution of Naturalized Plants in Jeju Island, Korea. Korean J. Plant Res. 19(5): 640-648(in Korean).
- 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, S. C. and H. J. Lee. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some plants. Korean J. Ecol. 19 : 329-340.
- Ko, M. S. and J. B. Yang. 2011. Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Smilax china* Leaf Extracts. Korean J Food Preserv. 18(5):764-772.
- Koh, K. S., M. H. Suh, J. H. Kil, Y. B. Ku, H. K. Oh, M. H. Lee, S. H. Park, E. S. Cheon, and Y. H. Yang. 2003. Research on the effects of alien plants on ecosystem and their management(IV). National Institute of Environmental Research Ministry of Environment. pp. 24-25.
- Kumari, A. and R. K. Kohil. 1987. Autotoxicity of ragweed *Parthenium hysterophorus*. Weed Sci. 35 : 629-632.
- Kuo, C. G., M. H. Chou and H. G. Park. 1981. Effect of chinese cabbage residue on mungbean. Plant and Soil. 61 : 473-477.
- Lee, J. H., I. T. Kim, H. J. Kim, and Y. O. Kim. 1997. Allelopathic effects of extracts of *Trifolium repens* on the seed germination and seedling growth of *Zoysia japonica*. Korean J. Ecol. 24(3):125-130.
- 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.
- Lodhi, M. A. K. and E. L. Rice. 1971. Allelopathic effects of *Celtis laevigata*. Bull. Torrey Bot. Club 98 : 83-89.
- 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 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., 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.
- Pardates, J. R. and A. G. Dingal. 1988. An allelopathic factor in taro residues. Trop. Agric. 65(1) : 21-24.
- Park, S. H. 2009. New Illustrations and photographs of naturalized plant of korea. Ilchokak. pp. 214-215 (in Korean).
- Park, S. H., J. H. Shin, Y. M. Lee, J. H. Lim and J. S. Moon. 2002. Distribution of naturalized alien plants in Korea. Korea Forest Research Institute. pp. 216 (in Korean).
- Patrick, Z. A. and L. W. Koch. 1958. Inhibition of respiration, germination,

- and growth by substances arising during the decomposition of certain plant residues in soil. *Can. J. Bot.* 36 : 621-647.
- Prussian blue법(Graham, 1992)
- Rejman, 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.
- Rho, J. H., H. K. Oh, Y. H. Han, Y. H. Choi, M. S. Byun, Y. S. Kim and W. Ho. Lee. 2014. A Study on the Distribution Status and Management Measures of Naturalized Plants Growing in Seongeup Folk Village, Jeju Island. *Journal of the Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 32(1): 107-119(in Korean).
- Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd ed Academic Press, New York and London.
- Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd ed Academic Press, New York and London.
- 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.
- 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.
- 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.

감사의 글

길게만 느껴졌던 대학원생활을 무사히 마치기까지 주위에서 많은 격려와 도움으로 마무리 할 수 있도록 도와주신 분들에게 부족하지만 글로써 감사 인사를 드리고자 합니다.

부족한 저를 항상 관심과 배려로 지켜봐주시고 논문이 완성될 때까지 세심하게 지도해주신 송창길 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 저에게 더 좋은 논문을 완성할 수 있도록 진심어린 충고와 조언으로 논문을 심사해주신 현해남 교수님, 김주성 교수님께 감사드립니다. 또한 저에게 전공에 대한 관심을 가지게 해주시고 많은 가르침을 주신 강영길 교수님, 전용철 교수님, 김동순 교수님께 감사를 드립니다.

제가 대학원진학을 할 수 있도록 이끌어주시고, 식물에 대해 관심을 갖게 해주시고 Allelopathy라는 학문을 알려주신 김현철 선배님과 송진영 선배님, 강정환 선배님께 감사의 인사를 드리며, 이 논문이 완성되기 까지 옆에서 큰 힘이 되어준 김태근 선배님께도 감사드립니다. 대학원생활이 지칠 때 좋은 이야기를 해주셨던 우성배 선배님, 하영삼 선배님, 강영식 선배님께도 감사의 인사를 드립니다. 학부시절부터 함께 실험실 생활을 하며 많은 이야기를 나누고 힘이 되어준 현도경 선배님, 강제운 선배님, 차진우 선배님, 고봉오빠, 동은오빠, 권난희 후배님께도 감사의 말씀을 드립니다.

많은 격려과 관심으로 여기까지 올 수 있도록 도와주신 신용만 선생님, 이종훈 조교선생님, 김찬우 박사님, 송상철 박사님, 고평열 박사님, 장용석, 김용근, 김경범, 양윤희, 이영돈, 현명선 선배님을 비롯한 대학 및 대학원 선·후배님들께 감사드립니다.

또한 제주도에서의 부모님으로써 항상 인생에 대해 많은 이야기를 해주시고 응원 해주신 한데모아의 박정철, 현연희를 비롯한 한데모아 식구들에게도 감사의 인사를 드리며, 논문을 준비하는 동안 항상 옆에서 투정 다 받아주고 아낌없는 조언과 응원 해준 강민정 언니, 김승애 언니, 박진영, 이한희를 비롯한 친구들에게 고맙다는 말을 해주고 싶습니다. 그리고 20살부터 함께한 무계중심 식구들에게도 감사하다는 말을 전하고 싶습니다.

마지막으로 걱정스러운 작은 딸을 아무런 내색 없이 뒤에서 응원해주시고, 지지해주시고, 하고 싶은 공부 할 수 있게 해주신 사랑하는 아버지, 어머니, 언니에게도 너무나 고맙고 감사하다는 말씀을 전하고 싶습니다.

이 외에도 저에게 많은 도움을 주신 모든 분들께 감사드립니다.