

다른 식물에 미치는 사철쑥의 알레로파시 효과

길 봉 섭

원광대학교 생명과학부

적 요: 사철쑥에 함유되어 있는 천연 화학물질이 다른 식물에 미치는 효과를 구명하기 위하여 실험식물의 종자발아와 생장실험을 수행하고 사철쑥의 화학성분을 분석했으며, 그 성분과 동일한 시약으로 생물학적 정량을 실시하였다. 사철쑥의 수용추출액에 의한 발아율은 신태풀, 이고들빼기와 왕고들빼기는 수용추출액의 농도가 증가함에 따라 비례적으로 감소했으나, 그러나 코스모스와 익모초는 70% 실험구와 100%, 10%구와 30%에서 서로 반대로 나타났다. 유식물의 건중량은 추출액의 농도가 증가함에 따라 감소현상이 뚜렷하였다. 사철쑥의 정유의 농도에 따라 쑥과 질경이는 정유농도가 증가함에 따라 생장은 억제되었고 유근보다 유묘에서 더욱 확실하였다. GC로 사철쑥의 정유를 분석하여 36종류의 화학물질을 분리확인하였고 이들중 7종류를 선정하여 생물학적 정량을 실시한 결과 terpinen-4-ol이 가장 강한 억제작용이 있었다.

검색어: 사철쑥, 수용추출액, 알레로파시 효과, 정유.

서 론

국화과 *Artemisia* 속의 식물들은 지구상에 광범위하게 분포되어 있으며(Mata *et al.* 1985), allelopathy 효과를 나타내거나 또는 다수의 terpenoid를 생산해 내는 것으로 알려져 있다. 예컨대, *Artemisia annua*의 한성분인 artemisinin은 다른 식물의 발아와 생장을 억제하고(Duke *et al.* 1987), *A. californica*의 잎에서 나오는 휘발성 물질은 *Cucumis*와 *Avena* 식물의 뿌리생장을 저해하고(Muller *et al.* 1964), *A. tridentata*, *A. cana*, *A. nova*와 *A. tripartita*의 잎 수용추출액은 실험실 조건하에서 일부 종들의 발아를 저해하고(Reid 1964), *A. californica*의 세탈액과 휘발성 물질은 *Hypochoeris glabra*와 *Madia sativa*의 생장을 저해하는 반면에, *Bromus rigidus*와 *Festuca meglaura*에 대해서는 크게 영향을 주지 않는다(Halligan 1973, 1975, 1976). *A. californica*의 정유로부터 1,8-Cineole, Artemisia ketone, α -Thujone, Isothujone, Camphor와 같은 중요한 5종류의 terpenoids를 검출하였고, *A. tridentata* ssp. *vasevana*와 다른 종의 쑥잎에서 검출된 esculin과 sesquiterpene lactones는 *Cucumis sativus*의 호흡을 촉진시키고 생장을 억제한다(McCahon *et al.* 1973). *A. cana*, *A. absinthium*, *A. frigida*, *A. dracundus*, *A. tridentata*에서 분비된 휘발성물질들은 수용체 식물들의 발아를 억제한다(Hoffman and Hazlett 1977, Weaver and Klarich 1977, Groves and Anderson 1981)고 하였다. 그러나 대개 화학물질의 낮은 농도에 처리한 경우는 발아나 생장이 촉진되는데 많은 연구논문에서는 이 점을 간과하고 있는 것이 사실이다.

그런데, 산야에 흔히 분포하는 사철쑥에 대해서는 상술한

다른 종류의 쑥들과 비슷한 연구가 전혀 이루어진 바가 없었다. 따라서 본 연구의 목적은 사철쑥에 함유되어 있는 화학물질이 다른 식물체에 미치는 알레로파시효과를 조사하려는 데 있다. 그래서 종자발아와 생장실험을 실시하여 억제 효과와 화학물질을 분석하고 확인하여 몇 가지 결과를 얻었으므로 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험재료

바닷가나 개울가 모래땅 또는 산야에 주로 서식하는 사철쑥(*Artemisia capillaris*)을 공여체식물(donor species)로 하고, 실험에 사용한 수용체 식물은 기생초(*Coreopsis tinctoria*), 코스모스(*Cosmos bipinnatus*), 왕고들빼기(*Lactuca indica* var. *laciniata*), 이고들빼기(*Youngia denticulata*), 익모초(*Leonurus sibiricus*), 신태풀(*Calamagrostis arundinacea*), 쇠무릎(*Achyranthes japonica*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 달맞이꽃(*Oenothera odorata*), 질경이(*Plantago asiatica*) 등이었으며 이들의 종자는 실험하기 전년에 채집하여 실내 암소에 보관하였거나, 종묘상에서 구입하여 실험에 사용하였다.

수용추출액

사철쑥의 수용추출액(이하 추출액)은 실험실에서 잘게 썰은 사철쑥 200 g에 물 2,000 ml를 혼합하고, 실온에서 24 시간 동안 방치한 후, 눈금 0.25 mm의 표준망체로 부유물을 제거하여 준비했다. 이때 추출원액을 100%로 하여, 70, 50, 30, 10%로 희석하여 실험에 사용하였고, 대조구는 증류수를 사용하였다.

본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

추출액에 의한 발아와 생장실험

발아실험은 Petri dish(직경 12 cm)에 여과지(Toyo Roshi Co., 직경 11 cm) 2매를 깔고, 그 위에 수용체 식물의 종자인 기생초, 코스모스, 왕고들빼기 종자를 각각 30립씩, 이고들빼기, 익모초, 실새풀 종자는 각각 50립씩 일정한 간격으로 파종한 후 100%, 70%, 50%, 30%, 10%의 각기 다른 추출액을 가하고 대조구는 증류수를 부은 후 incubator(25℃)에 넣어 발아시켰다. 동일한 방법으로 4회 반복한 후 발아율을 산출하였고, 약 4~5 주 후, 유묘의 신장이 약 3~5 cm 성장했을 때를 기준으로하여 이를 수확하고 유식물의 길이는 지상부와 지하부로 구분해서 측정하여 각각의 평균을 산출했으며, 그리고 수확한 유식물을 dry oven(80℃)에서 건조시킨 후 그 무게를 측정하였다.

휘발성 물질에서의 발아와 생장실험

사철쭉의 휘발성 물질의 효과를 조사하기 위하여 Baker (1966)의 방법을 수정하여 실시하였다.

Petri dish(직경 12 cm)의 바닥에 여과지를 깔고 그 위에 aluminum foil(직경 10 mm)을 놓았다. 여과지 위에 쇠무늬, 썩, 달맞이꽃, 질경이 종자를 30립씩 일정한간격으로 산파하였다. 사철쭉 정유는 Karlsruker장치를 이용하여 추출하고 이것을 micropipet으로 용기 1 ml당 0.03, 0.05, 0.1, 0.13 μ l씩을 주입하고 즉시 vinyl wrap으로 완봉하였다. 종자가 발아 후 10일만에 생중량을 재고 유식물의 지상부와 지하부 생장을 vernier caliper로 측정하였다.

화학물질 분석과 Bioassay

사철쭉의 화학성분 중 terpenoid분석을 위하여 Karlsruker장치를 이용하여 사철쭉으로부터 정유(essential oil)를 얻었으며, 이때 사용한 용매는 n-pentane : ethyl ether (1:1) 50 ml이고, 추출시간은 2시간이었다.

정유의 성분 분석을 위하여 분석기기 Hewlett-Packard (HP) 5890 II GC를, Column은 Supelcowax 10 fused silica capillary(60 m \times 0.32 mm)를 사용하였다. 이때의 oven 온도는 최초 50℃에서 시작하여 2℃/분의 속도로 상승시켜 220℃에서 40분간 유지하였다. Injector 온도는 230℃, detector 온도는 250℃, carrier gas는 N₂(18psi), split ratio는 100 : 1이었다.

그리고 검출된 각 성분의 확인은 표준시약의 retention time과 mass spectra를 가지고 비교하였다.

분석결과 확인된 화학성분과 동일한 시약으로 상법에 따라 생물학적 정량을 실시하였다. 단 분석된 성분 중 우선 7종의 물질로만 생물학적 정량을 실시하고 나머지는 후일을 기하기로 한다.

결과 및 고찰

사철쭉의 수용추출액에 의한 식물의 발아와 생장

사철쭉을 수용추출한 후 농도를 달리하여 Petri dish에서 실시한 발아 실험의 결과는 Fig. 1과 같다.

대조구에 비하여 실험구의 값은 대체로 저조했으며, 기생초의 발아율은 추출액 100%실험구에서 대조구에 비하여 66%였고, 실새풀의 경우는 10% 실험구의 발아율이 대조구에 비하여 78%를 나타냈으며, 100% 실험구에서는 대조구에 비하여 21%에 머물렀다. 이고들빼기와 왕고들빼기는 30%, 50%, 70%로 추출액의 농도가 증가함에 따라 발아율은 점차 감소하였다. 코스모스와 익모초는 70%구보다 100%구에서, 10%구보다 30%구에서 반대로 나타났다. 그러나 나머지 실험식물들의 발아율은 고르지 못하게 나타났다. Pardo 등(1998)이 몇가지 화학물질로 보리의 발아를 실험한 결과 억제되는 것, 중간 것, 촉진되는 것으로 나타났다는 결과와 본 실험은 유사하였다. 또 *Acacia confusa*의 채취시기와 채취장소를 달리하여 얻은 잎 수용추출액은 실험식물에 미치는 독성이 각기 다르게 나타났다(Chou et al. 1998).

한편 사철쭉의 추출액을 농도별로 달리하여 Petri dish에서 성장시킨 기생초의 유식물 개체당 건중량은 Table 1과 같다.

발아실험의 결과와는 달리 건중량은 추출액의 농도가 상승할수록 실험구의 값이 대조구에 비하여 뚜렷한 감소를 보여주었다. 그리고 대조구에 대한 실험구의 상대 건중량은 10%구에서 73.5%, 100%구에서 53.0%였다.

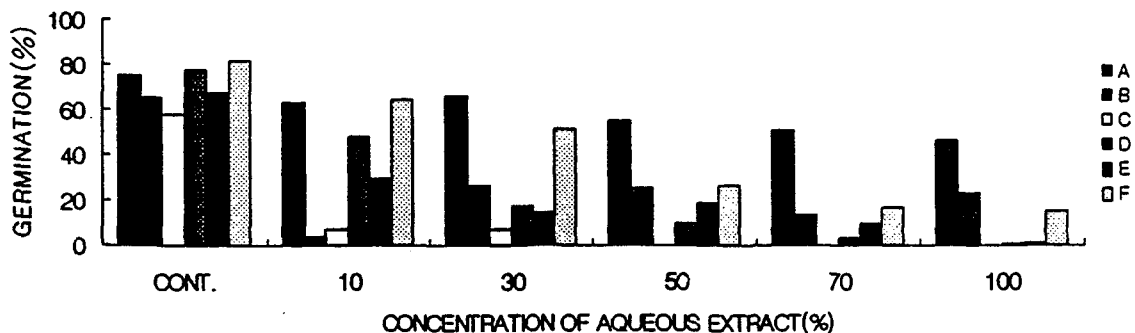


Fig. 1. Germination percentage of experimental species tested in Petri dish with different concentrations of *Artemisia capillaris* extracts. Keys to species are A, *Coreopsis tinctoria*; B, *Cosmos bipinnatus*; C, *Lactuca indica* var. *laciniata*; D, *Youngia denticulata*; E, *Leonurus sibiricus*; F, *Calamagrostis arundinacea*.

사철쑥의 정유로 실시한 생장실험

사철쑥의 정유를 각기 다른농도로 4종 식물의 생장을 실험해 본 결과는 Table 2, 3, 4와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 쇠무릎과 달맞이꽃의 유묘 생장은 정유농도에 따라 일정치 않고 또 농도별로 차이를 인정할 수 없었다.

그러나 쑥과 질경이의 경우는 사철쑥 정유농도가 높아질수록 유묘 생장은 낮아졌다. 그리고 유근의 생장은 4종 식물 모두 사철쑥의 정유농도가 증가할수록 반대로 생장이 억제되었다. 특히 달맞이꽃을 정유 0.13 μ l 실험구에서 생장시킨 경우 그 값이 대조구의 53.9%였다(Table 3).

Ficus 잎과 수피의 수용추출액의 저농도에서 *Vigna radiata*의 생장을 촉진했으나 고농도에서의 실험결과는 반대로 억제적이었던 보고(Jayakumar et al 1998)와 본 실험 결과는 일치한다.

한편 사철쑥 정유로 위에서와 동일한 실험식물의 유식물

Table 1. A seedling dry weight (g) of *Coreopsis tinctoria* tested in Petri dish with different concentrations of *Artemisia capillaris* extracts

Species	Concentration(%)					
	Control	10	30	50	70	100
<i>Coreopsis tinctoria</i>	0.83 ^a	0.61 ^a	0.54 ^b	0.45 ^{bc}	0.44 ^{bc}	0.44 ^{bc}

* Values not followed by the same letters are significantly different (p<0.05).

Table 2. Effects of essential oil from *Artemisia capillaris* on shoot growth (cm) of receptor plants

Species	Concentrations of essential oil (μ l/ml)					
	Cont.	0.03	0.06	0.1	0.13	0.13
<i>Achyranthes japonica</i>	1.347	1.289	1.139	1.187	1.038	
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	0.736	0.666	0.623	0.619	0.557	
<i>Oenothera odorata</i>	0.881	0.752	0.861	0.851	0.766	
<i>Plantago asiatica</i>	0.830	0.758	0.700	0.693	0.690	

Table 3. Effects of essential oil from *Artemisia capillaris* on radicle growth (cm) of receptor plants

Species	Concentrations of essential oil (μ l/ml)					
	Cont.	0.03	0.06	0.1	0.13	0.13
<i>Achyranthes japonica</i>	3.204	2.861	2.738	2.639	2.605	
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	0.899	0.855	0.683	0.550	0.550	
<i>Oenothera odorata</i>	1.632	1.469	1.277	1.069	0.880	
<i>Plantago asiatica</i>	1.497	1.305	1.158	1.135	1.108	

Table 4. Effects of essential oil from *Artemisia capillaris* on dry weight (g) of receptor plants

Species	Concentrations of essential oil (μ l/ml)					
	Cont.	0.03	0.06	0.1	0.13	0.13
<i>Achyranthes japonica</i>	0.25	0.22	0.20	0.20	0.16	
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	
<i>Oenothera odorata</i>	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	
<i>Plantago asiatica</i>	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	

생장 결과를 건중량으로 조사해 본 결과 정유의 농도가 증가함에 따라서 건중량은 근소한 차이로 감소되었다(Table 4).

사철쑥의 화학성분 분석

사철쑥의 잎과 씨에서 추출한 정유속에 함유된 물질을 GC로 분석한 결과는 Fig. 2와 같다.

잎과 씨의 정유에서는 36종류의 성분들이 확인되었고, 중요한 성분은 α -Pinene, β -Pinene, Limonene, cis- β -Ocimene, β -Caryophyllene, α -Humulene, Zingiberene, Farnesene, Benzen 1-(1,50dimethyl-4-hexenyl)-4one 이었다.

휘발성 물질의 분석은 PCT/GC-MS를 이용하여 여러가지 다른 성분을 찾을 수도 있다고 했다(Ruther and Hilker 1998).

Bioassay

사철쑥으로부터 분석된 화학성분과 동일 시약으로 생물학적 정량을 실시한 결과는 Table 5와 같다. 실험에 사용된 7종 성분중 발아율과 신장 생장에 가장 심한 억제효과를 나타낸 것은 Terpinen-4-ol이었고, 그 다음은 1, 8-cineole이었으며, 나머지는 농도에 따라 차이는 있었으나 큰 영향이 없었다. 즉, 전반적으로는 0.05 μ l/100 ml 실험구에 비하여 4.8 μ l/100 ml 실험구의 값이 낮은 것으로 나타났다. 그래서 사철쑥은 다른

Table 5. Relative germination ratio (RGR) and relative elongation ratio (RER) of *Achyranthes japonica* treated at different concentrations of chemicals

Chemicals	RGR			RER		
	0.05	2.4	4.8	0.05	2.4	4.8
	(μ l/100ml)			(μ l/100ml)		
α -Pinene	84	70	61	92	80	65
Myrcene	83	70	60	84	81	77
1,8-Cineole	72	43	36	63	59	38
γ -Terpinene	90	86	70	81	80	60
β -Caryophyllene	99	98	98	97	63	63
Terpinen-4-ol	61	40	0	74	38	0
α -Humulene	95	94	85	97	83	62

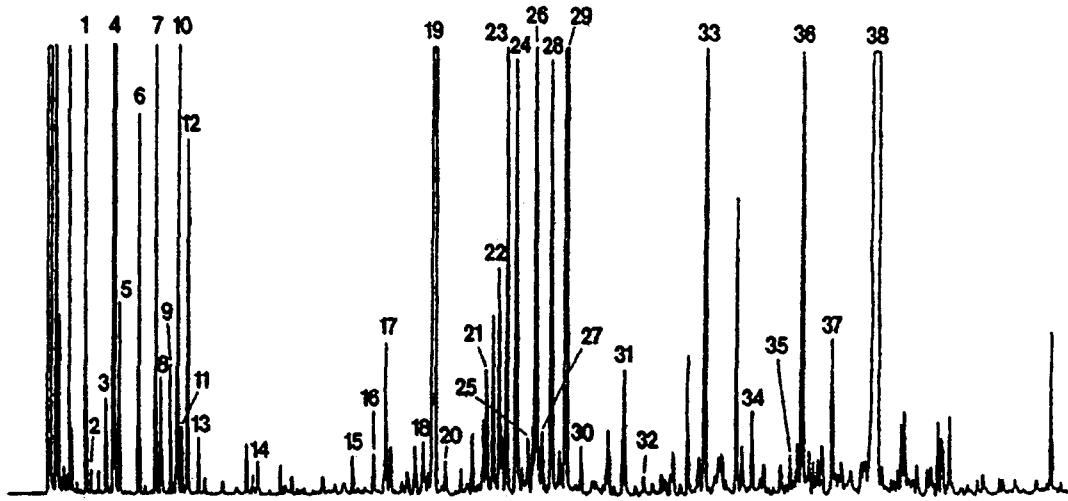


Fig. 2. Gas chromatogram of the essential oils from *Artemisia capillaris* leaf and seed. Keys to chemicals are : 1, α -Pinene ; 2, Camphene ; 3, n-Hexanal ; 4, β -Pinene ; 5, Sabinene ; 6, Myrcene ; 7, Limonene ; 8, 1,8-Cineole ; 9, *trans*-2-Hexenal ; 10, *cis* β Ocimene ; 11, γ -Terpinene ; 12, *trans*- β -Ocimene ; 13, p -Cymene ; 14, n-Hexanol ; 15, α -Copaene ; 16, Camphor ; 17, Benzaldehyde ; 18, Benzylacetate ; 19, β -Caryophyllene ; 20, Terpinen-4-ol ; 21, Pinocarveol ; 22, β -Terpineol ; 23, β -Farnesene ; 24, α -Humulene ; 25, β -Selinene ; 26, Zingiberene ; 27, α -Bergamotene ; 28, Farnesene ; 29, Benzene 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-one ; 30, Myrtenol ; 31, BHT ; 32, Myrtenol ; 33, 36, 38, Acetylene compound ; 34, Nerolidol ; 35, Thymol ; 37, Eugenol.

식물에게 발아와 생장을 억제하는 화학성분이 함유되어 있고 그 물질들은 이차대사산물이었으며 이들이 사철쑥의 알레로파시효과와 관계가 있음을 밝혀냈다.

본 연구 결과는 Amaral과 Knowles(1998)가 보고한 (-)- α -Pinene, α -Terpinene, β -Myrcene이 미생물이 관계하는 토양속 메탄 소비에 억제적이었다는 내용과 상통점이 있다.

사 사

사철쑥의 화학성분을 GC로 분석해준 한국인삼연초연구원 김영희 박사에게 감사를 드린다.

인용문헌

- Amaral, J.A. and Knowles. 1998. Inhibition of methane consumption in forest soil by monoterpenes. *J. Chem. Ecol.* 24: 723-734
- Baker, H.G. 1966. Volatile growth inhibitors produced by *Eucalyptus globulus*. *Madroño* 18: 207-210.
- Chou, C.H., C.Y. Fu, S.Y. Li and Y.F. Wang. 1998. Allelopathic potential of *Acacia confusa* and related species in Taiwan. *J. Chem. Ecol.* 24: 1231- 2150
- Duke, S.O., K.C. Vaughn, E.D. Croom, Jr. and H.N. Elsohly. 1997. Artemisin, a constituent of annual wormwood (*Artemisia annua*) is a selective phytotoxin. *Weed Sci.* 35: 499-505
- Groves, C.R. and J.E. Anderson. 1981. Allelopathic effects of *Artemisia tridentata* leaves on germination and growth of two grass species. *Amer. Midl. Nat.* 106: 73-79.
- Halligan, J.P. 1973. Bare grass associated with shrub stands in grassland: The case of *Artemisia californica*. *BioScience.* 23: 429-432.
- Halligan, J.P. 1975. Toxic terpenes from *Artemisia californica*. *Ecology* 56: 999-1003.
- Halligan, J.P. 1976. Toxicity of *Artemisia californica* to four associated herb species. *Amer. Midl. Nat.* 95: 406-421.
- Hoffman, G.R. and D.L. Hazlet. 1977. Effects of aqueous *Artemisia* extracts and volatile substances on germination of selected species. *J. Range Management* 30: 134-137.
- Jayakumar, M., M. Eyini, M. Manikandan and B.S. Kil. 1998. Allelopathic effects of extracts from *Ficus bengalensis*. *Kor. J. Ecol.* 21: 133-137
- Mata, R., G. Delgado and A.R. De Vivar. 1985. Sesquiterpene lactones of *Artemisia klotzchiana*. *Phytochemistry* 24: 1515-1519.
- McCahon, C.B., R.G. Kelsey, R.P. Heridan and F. Shafizadeh. 1973. Physiological effects of compounds extracted sagebrush. *Bull. Torrey Bot. Club* 100: 23-28.
- Muller, C.H., W.H. Muller and B.L. Hains. 1964. Volatile

- growth inhibitors produced by shrubs. *Science* 143: 471-473.
- 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.
- Reid, A. 1964. Growth inhibitors in shrub species in Wyoming. *Bull. Ecol. Soc. Amer.* 45: 94.
- Ruther, J. and M. Hilker. 1998. A versatile method for on-line analysis of volatile compounds from living samples. *J. Chem. Ecol.* 24: 525-534
- Weaver, T.W. and D. Klarich. 1977. Allelopathic effects of volatile substances from *Artemisia tridentata* Nutt. *Amer. Midl. Nat.* 97: 508-512.

(1998년 12월 26일 접수)

Allelopathic Effects of *Artemisia capillaris* on the Selected Species

Kil, Bong-Seop

Division of Life Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

ABSTRACT: To verify allelopathic effects, seed germination and seedling growth test, chemical analysis and bioassay of selected species were carried out with naturally occurring chemicals of *Artemisia capillaris*. Seed germination ratio of *Calamagrostis arundinacea*, *Youngia denticulata* and *Lactuca indica* var. *laciniata* showed decrease in proportion to increase in aqueous extracts concentration of *A. capillaris*, while that of *Cosmos bipinnatus* and *Leonurus sibiricus* did not. However, dry weight growth of selected species treated with the same extracts as the above experiment was inhibited remarkably compared to the germination test. In the test at different concentrations of essential oil from *A. capillaris*, seedling growth of *A. princeps* var. *orientalis* and *Plantago asiatica* was suppressed according to the concentration of the essential oil, and root growth of the selected species was more inhibitory than that of shoot growth. Thirty-six chemical compounds were identified from *A. capillaris* plant by gas chromatography. Seven compounds out of 36 were bioassayed, and terpinen-4-ol was the most toxic among the tested substances.

Key words: Allelopathic effect, Aqueous extract, *Artemisia capillaris*, Essential oil.
