

서양금혼초(*Hypochaeris radicata* L.) 추출물의 화본과 사료작물에 대한 타감작용 효과 및 phenole 화합물의 조성

김옥임 · 박선일 · 정일민¹⁾ · 하상영*

동아대학교 생명자원과학대학, ¹⁾건국대학교 식량자원학과
(2005년 9월 12일 접수, 2005년 12월 12일 수리)

Composition of Phenolic Compounds in *Hypochaeris radicata* L. Extracts and their Allelopathic Effects on Gramineous Forage Crops

Og-Yim Kim, Sun-Il Park, Il-Min Jung¹⁾, and Sang-Young Ha* (Department of Science, College of Natural Resources and Life Sciences, Dong-A University, Busan 604-714, ¹⁾College of Life and Environment Science, Konkuk university, Seoul 143-701, Republic of Korea)

ABSTRACT: This study was carried out to examine the allelopathic effect of the aqueous extract of *Hypochaeris radicata* L. on growth of three gramineous forage crops, tall fescue, perennial ryegrass and italian ryegrass. The result on relative elongation ratio (RER) of gramineous forage crops treated with the aqueous extract of *Hypochaeris radicata* L. and the change of quantity generally indicated the inhibitory effect. The inhibitory effect was increased as its concentration was increased. As a result, it is ascertained that the aqueous extract of *Hypochaeris radicata* L. has allelopathy effect. According to the chemical experiment of the allelochemical substances in *Hypochaeris radicata* L. by HPLC, there are the differences at each part of plants. However, it is ascertained that there are eleven phenolic compounds, ρ -hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, catechin, caffeic acid, syringic acid, salicylic acid, ρ -coumaric acid, ferulic acid, hesperidin, *trans*-cinnamic acid and naringenin. Especially three phenolic acids such as caffeic acid, ferulic acid and naringenin were detected from all part of the plant.

Key Words: *Hypochaeris radicata* L. gramineous forage crops, allelopathy, phenolic compounds

서 론

우리나라에 도입된 귀화식물 중에서는 높은 환경적응력과 강한 번식력이 있어 자생식물과의 경쟁에서 우위를 점하고 생태계에서 높은 비중을 차지하면서 그 분포 영역이 점차 확대되고 있는 종들이 있다¹⁻³⁾. 유럽원산인 서양 금혼초(*Hypochaeris radicata* L.)는 식물 분류학상 국화과 금혼초속(*Hypochaeris* L.)인 귀화식물로서 개화기가 5~6월인 다년생 초본이고 목초지나 잔디밭 등에서 잘 자라며, 우리나라에서는 주로 5~11월에 성장한다. 제주도 난지농업연구소에 의하면 서양 금혼초는 목초 및 작물의 성장을 억제하며, 제초제로도 방제가 불가능 하며 번식이 가속화되고 있다^{4,5)}. 이와 같은 귀화식물

은 대부분이 직·간접적으로 다른 식물에 영향을 끼쳐 발아와 성장을 억제하는 화학물질 즉 allelochemicals를 분비하여 allelopathy현상을 일으킨다⁶⁻¹¹⁾. 이들은 2차 천이의 초기단계에서 allelochemicals를 국내 자생식물보다 많이 분비 방출함으로써 주변식물의 성장을 억제하고 있다^{7,12-14)}. Allelochemicals로는 phenolic compounds, terpenoids, tannin, volatile substances 등이 알려져 있다¹⁵⁻¹⁷⁾. Allelopathy에 대한 연구방법으로는 공여체 식물의 추출액^{14,18,19)}, 휘발성 물질²⁰⁻²²⁾ 및 식물의 잔유물^{23,24)}이 수용체 식물의 종자발아와 성장에 장애를 일으키거나 억제하는 생물학적 검증방법이 일반적이다. 본 연구는 제주도뿐만 아니라 전국적으로 확산하고 있는 귀화식물인 서양 금혼초에서 allelochemicals의 대표적인 물질인 phenolic compounds를 분석하고, 서양 금혼초 수용성 추출액을 화본과 사료작물에 처리하여 서양 금혼초의 타감작용 특성을 밝히고자 수행하였다.

*연락처:

Tel: +81-51-200-7552 Fax: +82-51-200-6536
E-mail: syha@dau.ac.kr

재료 및 방법

실험 재료

화분과 사료작물인 tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb), perennial ryegrass(*Lolium perenne* L.), italian ryegrass(*Lolium multiflorum* L.) 3종을 공시재료로 하였다.

시료 식물의 준비

서양 금혼초는 부산광역시 남해 고속도로 서부산 톨게이트 주변 자생지에서 2003년 5월초 꽃이 완전 개화한 후 식물 전체를 채집하여 즉시 3~5% sodium hypochloride 용액에서 3분간 소독한 후 살균 증류수로 3회 이상 세척하여 실험에 사용하였다²⁵⁾.

서양 금혼초 수용성 추출액의 조제

서양 금혼초 추출액은 채취한 즉시 서양 금혼초 200 g당 살균 증류수 1,000 ml를 첨가하여 50°C에서 48시간 동안 70 rpm으로 추출하였다. 추출액을 4°C의 냉장고에 24시간 보관하여 냉각 침전시킨 다음 5,000 rpm에서 45분간 원심분리(Mega 17R, Hanil)하여 취한 상층액을 냉장고에 보관하면서 실험재료로 사용하였다.

서양 금혼초 수용성 추출액의 사용 농도

서양 금혼초 수용성 추출액이 화분과 사료작물의 생장과 수량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서양 금혼초 추출 원액을 평균증류수로 희석한 20, 40, 80% 액을 사용하였다²⁵⁾.

사료작물에 대한 서양 금혼초 타감작용 효과 시험

본 연구는 동아대학교 종합농장에서 2003년 5월 30일 실시하였다. 시비는 복합비료(N:P:K=21:17:17)와 시판하고 있는 부산물 비료를 3.3 m²당 10 kg기준으로 동일하게 기비하고 경운하였다. 시험포는 이랑 폭을 1 m, 이랑의 길이를 3.3 m하고 시험포 간격은 50 cm으로 하였다. 시험구는 사료작물을 주구로 하고 서양금혼초 수용성 추출액 처리 농도를 세구로 한 분할배치 3반복으로 시험포를 배치하였다. 사료작물 종자를 5월 30일 각 시험포에 산파하고 정지된 토양으로 복토하여 파종을 하였다. 파종 후 1주일 후부터 사료작물이 발아하기 시작하였으며, 6월 7일에 0%, 20%, 40% 및 80% 농도별 서양 금혼초 수용성 추출액을 각 처리 세구의 사료작물 근계까지 추출액이 접할 수 있도록 제1회 관주하고 대조구는 물로 관주하였으며, 1주일 간격으로 10 l 씩 관주하는 방법으로 6회 관주하였다. 사료작물의 생장 및 수량조사는 농촌진흥청의 「농업과학기술 연구조사 분석기준」 화분과 사료작물 편 조사기준에 의하여 6회 관주 후 21일째에 조사하였다. 상대 생장율(relative elongation of seedling growth ratio : RER)은 다음과 같이 계산하였다²³⁾.

$$\text{상대생장율(\%)} = \frac{\text{처리구의 생장값}}{\text{대조구의 생장값}} \times 100$$

데이터의 통계적 유의성은 SPSS 10.1 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

서양 금혼초 추출액 중 allelochemicals 분석

서양 금혼초의 allelochemicals성분을 분석하기 위하여 2005년 5월 7일 부산광역시 남해 고속도로 서부산 톨게이트 주변에 자생하고 있는 서양 금혼초를 채집하여 잎, 꽃, 줄기, 뿌리의 네 부위로 나누어서 증류수로 세척하고 액체질소로 얼린 후, 냉동건조기(FREEZONE 4.5, LABCONCO)를 이용하여 건조시킨 시료를 분쇄한 분말 2 g에 0.1 N HCl 2 ml와 acetonitrile 10 ml를 넣어 혼합하고 2시간 동안 교반시킨 다음 filter paper(Whatman No. 42)로 여과하여 냉동건조기로 재 건조시켰다. 건조된 물질을 80% MeOH 10 ml에 재 용해시키고 0.45 μm syringe filter(Cameo 13 N syringe-filter, nylon)를 통과시킨 용액을 HPLC(M930, Young-Lin)로 분석하였다. HPLC의 분석조건인 고정상 column은 YMC-Park ODS-AM-303(250L×4.6 mm I.D.)을 사용하였으며, 이동상은 0.018 M ammonium acetate에 98% 물과 2% glacial acetic acid로 혼합한 용액을 용매 A, 70% 용매 A에 30% 유기용매를 혼합 한 것을 용매 B로 하였으며, 유기용매는 0.018 M ammonium acetate에 82% methanol, 16% n-butanol, 2% glacial acetic acid를 혼합하여 조제하였다. 추출물과 표준물질은 (a) 분석초기에서 1분까지는 용매 B를 10%로 유속은 1.0 ml/min, (b) 1.0분에서 21분까지는 용매 B를 10%에서 25%로 증가하는 농도 구배, (c) 21.0분에서 36분까지는 용매 B를 25%에서 45%로 증가하는 농도구배, (d) 36.0분에서 56분까지는 용매 B를 45%에서 100%로 증가하는 농도구배, (e) 50.0분에서 50.15분까지는 유속을 1.20 ml/min 증가, (f) 82.0분에서 82.15분까지는 용매 B를 100%로 조절, (g) 92.0분에서 92.15분까지는 유속을 1 ml/min 감속, (h) 99분에서는 sample loop의 세척 및 위의 농도구배를 반복하는 조건에서 1회 주입량은 20 μl, UV detector의 파장은 280 nm, 감도는 0.05로 조절하여 분석하였다²⁶⁻²⁸⁾. 표준검량선 작성은 salicylic acid를 비롯한 13개의 표준물질(Sigma, U.S.A)을 methanol에 용해시켜 0.1-25 μg/ml 범위의 표준용액을 조제하여 위의 조건에서 HPLC 분석을 실시하고 peak area를 기준으로 검량선을 작성하였다. 추출물과 표준물질의 retention time의 비교는 3회 분석치의 평균값을 이용하였다.

결과 및 고찰

사료작물의 생장과 수량에 미치는 서양 금혼초 수용성 추출액의 영향

사료작물의 생장에 미치는 서양 금혼초 수용성 추출액의 영향에 관한 결과는 Fig. 1과 같다. 초장의 상대생장율을 조

사한 결과, 서양 금혼초 수용성 추출액 20% 농도로 처리 한 경우 italian ryegrass, perennial ryegrass, tall fescue의 순으로 생장이 많이 억제 되었으며, 40% 농도로 처리한 경우 italian ryegrass만이 20% 농도로 처리 하였을 때보다 생장이 억제되었고 나머지 사료작물은 20% 농도와 생장 억제 정도가 비슷하였다. 농도를 80%로 처리한 경우 italian ryegrass가 생장이 가장 억제되어 perennial ryegrass와 tall fescue보다 상대 성장율이 낮았으며 무처리구에 비해 약 23%정도 낮았다. 엽신장의 상대성장율을 조사한 결과, 20% 농도에서는 tall fescue, 80% 농도로 처리 하였을 때는 italian ryegrass의 엽신장 생장이

가장 억제되었다. 수용체 사료작물의 생장 억제에 미치는 서양 금혼초 수용성 추출액의 영향은 처리 농도와 사료작물 종류에 따라 서로 차이가 있었다. 귀화식물의 추출액이 다른 식물의 발아 및 생장억제효과가 있다는 보고¹²⁻¹⁴⁾와 같이 서양 금혼초 수용성 추출액의 처리 농도를 증가하면 수용체 사료작물의 생장이 크게 억제되었다. 수용체 사료작물과 공여체 수용성 추출액 처리 농도간의 타감작용 효과를 보면 사료작물간의 효과 차이는 뚜렷했으며 이러한 차이는 수용체 사료작물의 생리·생화학 특성의 결과라고 사료된다.

사료작물 수량에 미치는 서양 금혼초 수용성 추출액의 영향을 조사하기 위해 3종류의 사료작물에 수용성 추출액을 농

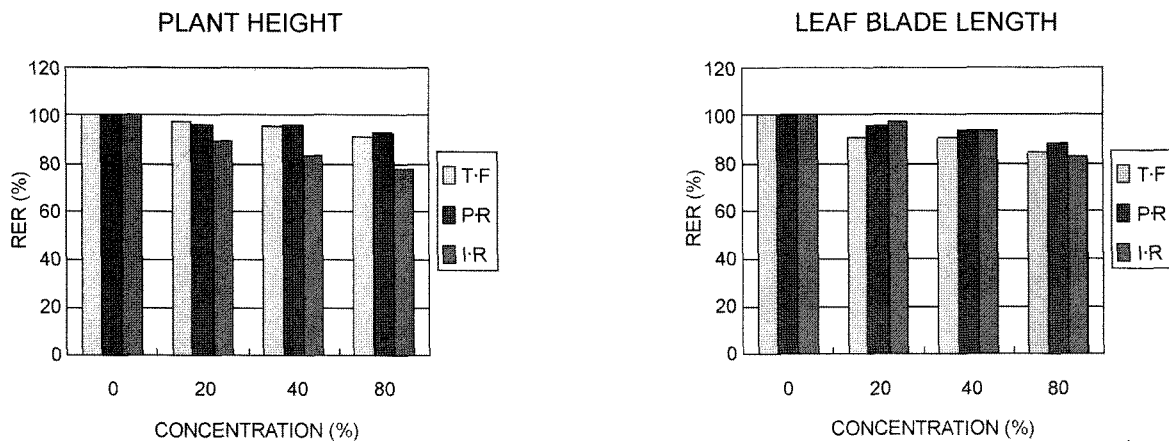


Fig. 1. Comparison of RER (%) between receptor species drenched with a different concentration of *Hypochaeris radicata* L. extracts.

T.F = Tall fescue P.R = Perennial ryegrass I.R = Italian ryegrass

Table 1. Effect of the concentration of extracts drenched on the yield of gramineous forage crops

Gramineous forage crop (A)	Concentration (%) (B)	Leaf blade weight (g/30hill)	Fresh yield weight (kg/10a)	Dry weight (kg/10a)
Tall fescue	0	18.4	1650.0	390.2
	20	17.1	1438.8	320.1
	40	16.4	1412.4	325.9
	80	13.2	1293.6	285.5
Mean		16.3	1448.7	330.4
Perennial ryegrass	0	8.5	792.0	245.0
	20	7.4	765.6	234.3
	40	7.0	686.4	219.5
	80	6.8	659.4	198.8
Mean		7.4	725.9	224.4
Italian ryegrass	0	36.5	2032.8	542.0
	20	36.7	1716.0	395.2
	40	30.1	1544.4	377.0
	80	27.4	1531.2	380.3
Mean		32.7	1706.1	423.6
Main plot (A)		28283.5**	66939.6**	14452.2**
Subplot (B)		97.8**	2216.1**	314.8**
(A) × (B)		25.3**	305.3**	58.3**

도별 처리하여 재배한 후 조사한 사료작물의 엽신중, 생체중 및 건물중의 결과는 Table 1과 같다. 사료작물의 종류와 수용성 추출액의 처리 농도에 따라 고도의 유의차가 있었으며, 이들 두 요인간 상호작용 효과도 유의성이 인정 되었다. 즉 사료작물 종류에 따라 수용성 추출액의 농도에 의한 타감작용 효과가 다르다는 것을 알 수 있다.

Table 1에 표시한 것과 같이 엽신중의 경우 *italian ryegrass*는 32.68 g으로 가장 무거웠으며 다음은 *tall fescue*, *perennial ryegrass* 순으로 무거웠다. 사료작물 종류에 따른 수용성 추출액의 처리 농도를 달리하면 3종류 사료작물은 무처리구보다 처리 농도를 증가할수록 엽신중은 감소하는 경향을 나타내었다. 10a 당 수확한 사료작물 생체중의 경우도 엽신중과 마찬가지로 *italian ryegrass*가 1706.1 kg으로 가장 무거웠으며 *tall fescue*, *perennial ryegrass* 순으로 각각 1448.7 kg, 725 kg이었다. 사료작물 종류에 따른 수용성 추출액의 처리농도를 달리하면 *italian ryegrass*는 무처리구가 2,032.8 kg으로 수량이 제일 많았으나 처리농도가 증가할수록 생체중이 감소하여 농도 80% 처리구는 무처리구의 75.32%에 해당하는 1,531.2 kg으로 수량이 가장 많이 감소하였다. 건물중의 경우도 *italian ryegrass*가 가장 무거웠고 *tall fescue*, *perennial ryegrass*의 순이었다. 수용성 추출액의 처리농도를 증가하면 3종류 모두 무처리구에 비하여 건물중이 감소하였다. 이와 같이 사료작물의 종류에 따라 처리된 농도별 비교에서는 무처리구보다 처리 농도가 높아질수록 엽신중, 생체중 및 건물중이 모두 감소하는 경향이었으며, 특히 80% 농도 처리구에서 뚜렷하게 감소하였다. 이³³⁾ 등에 의하면 *allelochemicals* 중 *caffeic acid*, *p-hydroxybenzoic acid*, *ferulic acid*, *salicylic acid*, *trans-cinnamic acid*는 농도가 증가할수록 길이 생장을 억제 하고 지상부보다 지하부의 길이생장에 관여 하며 또한 생체중이 강하게 억제 된다고 보고하였다. 본 연구에서도 이와 같은 5종 성분이 검출되어 서양 금혼초의 *allelochemicals*에 의한 타감작용 효과가 있는 것으로 사료된다.

군락 형성의 초기에 침입하는 식물들은 주변 식물에게 자신의 영역을 침범할 수 없도록 수용성인 *allelochemicals*를 분비하여 타 식물의 성장을 억제하는 효과는 *allelochemicals*가 수용체 식물에 대한 작용의 결과인 만큼, 식물간의 생리·생화학 특성상 차이는 그 식물의 억제 효과의 수치로 나타나는 것이다. 본 연구에서도 조사한 사료작물의 성장과 수량이 억제 되는 결과를 얻었는데, 이는 서양금혼초에 함유된 *phenolic acids*는 수용체 식물의 성장과 수량에 억제효과를 일으키는 한 원인물질이라 할 수 있으며 처리 농도에 따른 억제효과 의 차이를 야기하였다. 식물의 수용성 추출액에 의해 타 식물 종자 발아, 유식물 생장의 억제 및 생체량 감소 등이 뚜렷하다는 연구 결과^{23,30-32)}와 같이 본 연구에서도 서양 금혼초 수용성 추출액의 처리 농도를 증가시키면 3종류의 화본과 사료작물의 성장 억제, 엽신중, 건물중 및 생체중 감소

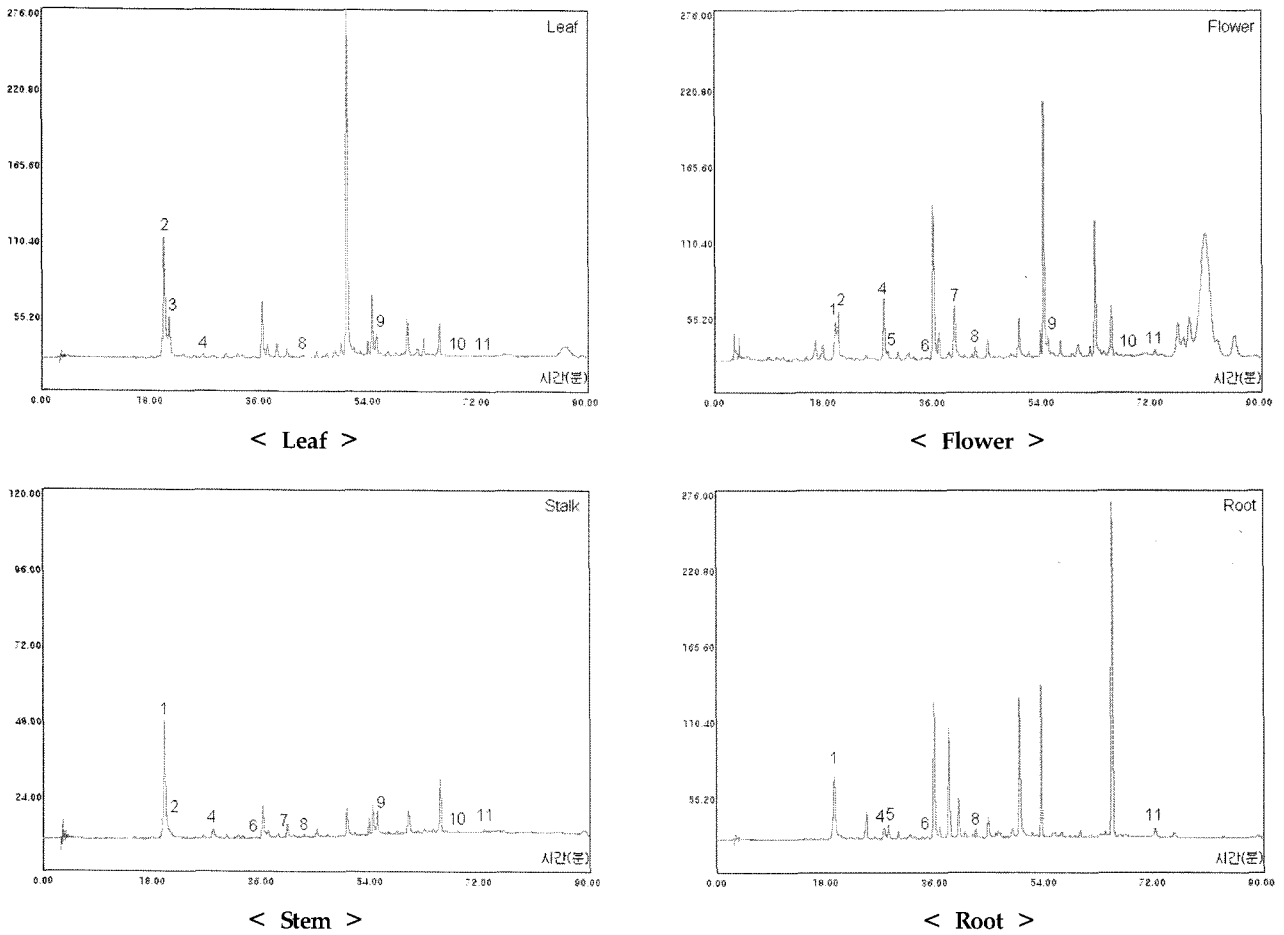
등 모든 면에서 유사한 결과를 얻었다. 그리고 서양 금혼초의 이러한 타감작용 효과는 귀화식물로서 군락을 이루며 자연생태계에서 급속히 번식할 수 있는 원인으로 생각된다.

서양 금혼초의 *allelochemicals* 성분분석

서양 금혼초의 부위별 *phenolic acids*들의 chromatogram은 Fig. 2와 같았으며, *p-hydroxybenzoic acid*, *chlorogenic acid*, *catechin*, *caffeic acid*, *syringic acid*, *salicylic acid*, *p-coumaric acid*, *ferulic acid*, *hesperidin*, *trans-Cinnamic acid*, *naringenin* 순으로 검출되었다. 검량선으로부터 계산한 서양 금혼초 부위별 *phenolic acids* 함량의 결과는 Table 2와 같다. 서양 금혼초 잎의 *phenolic acids* 조성 및 성분 함량을 조사한 결과 7종류의 *phenolic acids*가 동정되었으며, 총함량은 3127.13 µg/g였다. *Catechin*은 잎에서만 검출된 *phenolic acids*로 잎에 함유된 *phenolic acids* 총 함량의 약 88%에 해당되는 2750.05 µg/g가 함유되어 있었다. 꽃에서는 잎에 다량 함유된 *catechin*을 제외한 10종류의 *phenolic acids*가 동정되었는데 총 함량은 474 µg/g이었다. 줄기의 *phenolic acids* 함량은 125.26 µg/g로 다른 부위에 비하여 함유량이 적었으며, 9종류의 *phenolic acids*가 동정되었다. 뿌리에서는 다른 부위보다 적은 6종류의 *phenolic acid*가 동정되었고, 총 함량도 158.61 µg/g로 적게 검출되었다. *Caffeic acid*, *ferulic acid* 및 *naringenin* 3종류는 서양 금혼초 모든 부위에 공통적으로 함유하고 있는 것으로 조사되었다. 잎의 *phenolic acids* 총 함량은 다른 부위보다 월등히 높았는데 이는 식물의 성장기에는 많은 물질들이 잎에서 합성되므로 화학물질들이 풍부하고 또한 조직 구조 특성상 잎의 유세포는 화학물질 저장능력이 크기 때문으로 판단된다. 식물체내의 *allelochemicals*로는 *phenolic compounds*, *terpenoids*, *tannin*, *volatile substances* 등이 있는데, 이들 중 수용성 물질인 *phenolic acids*가 가장 많은 양을 차지한다는 보고¹⁵⁻¹⁷⁾와 같이 서양 금혼초에도 *phenolic acids*가 함유되어 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 각 부위에 함유된 수용성 화학물질들은 그 양과 조성의 차이가 있다는 다른 연구자들의 보고와도 일치하였다²⁹⁾.

요 약

본 연구는 귀화식물인 서양 금혼초의 수용성 추출액이 화본과 사료작물인 *tall fescue*, *perennial ryegrass*, *italian ryegrass* 3 종류의 성장과 수량에 미치는 타감작용 효과를 조사하기 위해 실시하였다. 사료작물 성장에 미치는 서양 금혼초 수용성 추출액의 영향을 상대 성장율(*relative elongation ratio*; RER)로 조사한 결과, *italian ryegrass*가 다른 두 종류보다 생장이 가장 크게 억제 되었다. 성장에 미치는 영향을 엽신중, 생체중 및 건물중으로 조사한 결과, 3종류 사료작물 모두 성장량이 감소하였다. 서양 금혼초 수용성 추출액의 처리



1: *p*-Hydroxybenzoic acid, 2: Chlorogenic acid, 3: Catechin, 4: Caffeic acid, 5: Syringic acid, 6: Salicylic acid, 7: *p*-Coumaric acid, 8: Ferulic acid, 9: Hesperidin, 10: *trans*-Cinnamic acid, 11: Naringenin

Fig. 2. Typical high performance liquid chromatograms of phenolic acids from the extracts of *Hypochaeris radicata* L.

Table 2. Quantitative analysis of phenolic acids ($\mu\text{g/g}$) from *Hypochaeris radicata* L. by high performance liquid chromatography

Phenolic acid	Leaf	Flower	Stem	Root
Hyd ¹⁾	0.00	44.57	72.52	88.31
Chl ²⁾	298.10	88.26	9.26	0.00
Cat ³⁾	2750.05	0.00	0.00	0.00
Caf ⁴⁾	6.54	111.72	9.41	20.35
Syr ⁵⁾	0.00	14.15	0.00	19.10
Sal ⁶⁾	0.00	24.89	tr	8.27
Cou ⁷⁾	0.00	69.79	tr	0.00
Fer ⁸⁾	3.25	17.78	2.31	10.46
Hes ⁹⁾	63.85	68.76	31.75	0.00
Cin ¹⁰⁾	tr	tr	tr	0.00
Nag ¹¹⁾	5.33	34.08	tr	12.13
Total	3127.13	474.00	125.26	158.61

¹⁾*p*-Hydroxybenzoic acid, ²⁾Chlorogenic acid, ³⁾Catechin, ⁴⁾Caffeic acid, ⁵⁾Syringic acid, ⁶⁾Salicylic acid, ⁷⁾*p*-Coumaric acid, ⁸⁾Ferulic acid, ⁹⁾Hesperidin, ¹⁰⁾*trans*-Cinnamic acid, ¹¹⁾Naringenin, tr*: trace

농도가 높을수록 3종류 사료작물의 생장량이 크게 억제 및 감소하였는데, 이와 같은 결과로 서양 금혼초 수용성 추출액은 타감작용 효과가 있음이 밝혀졌다. 서양 금혼초에 함유되어 있는 allelochemicals 물질을 HPLC에 의해 성분 분석한 결과, 부위별로 함량과 조성의 차이가 있었으나 *p*-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, catechin, caffeic acid, syringic acid, salicylic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, hesperidin, *trans*-cinnamic acid, naringenin 등 11종류의 phenolic compounds 성분이 동정되었으며, caffeic acid, ferulic acid, naringenin 3종류는 서양 금혼초 모든 부위에 공통적으로 함유하고 있는 것으로 확인되었다.

참고문헌

1. Aber, J. D. and Melillo, J. M. (1991) *Terrestrial ecosystems*. Saunder College Pub. pp. 315-316.
2. Inderjit, K. M. and Dakshini, M. (1992) Interference potential of *Pluched lanceolata* (Asteraceae): Growth and physiological responses of asparagus bean, *Vigna unguiculata* var. *sesquipedalis*. *Amer. J. Botany*. 79(9), 979-981.
3. Newsome, A. E. and I. R. Noble (1986) Ecological and physiological characteristics of invading species, pp. 1-33, In R. H. Groves and J. J. Burdonc (eds.), *Ecology of Biological Invasions*, Cambridge Univ. Press.
4. Rejmane, K. M. and Richardson, D. M. (1996) What attributes make some plant species more invasive. *Ecology*. 77, 1655-1661.
5. Ko, Y. W. and Chae, J. C. (1999) Ecological characteristics of weed species in agricultural lands of Cheju Island. *Kor. J. Weed Sci.* 19(3), 211-222.
6. Inderjit. (1996) Plant phenolics in allelopathy. *Bot. Rev.* 62, 182-210.
7. Newman, E. I. (1978) Allelopathy: Adaptation on accident. pp. 327-342. In Harbone, J. B. (ed.), *Biochemical Aspects of Plant and Animal Coevolution*. Acad. press, New York.
8. Eskelsen, S. R. and Crabtree, G. D. (1995) The role of allelopathy in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) inhibition of Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Sci.* 43, 70-74.
9. Kapustka, R. L. and Rice, E. L. (1976) Acetylene reduction (N₂-Fixation) in soil and old field succession in central Oklahoma soil. *Biochem.* 8, 497-553.
10. Lee, I. K. and Monsi, M. (1963) Ecological studies on *Pinus densiflora* forest. I. Effect of plant substances on the florestic composition of the undergrowth. *Bot. (Tokyo)*. 76, 400-413.
11. Wu, L., X. Guo and Harivondi, M. A. (1998) Allelopathic effects of phenolic acids detected in buffalograss (*Buchloe dactyloides*) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 39, 159-167.
12. Kim, Y. O. and Lee, H. J. (1996) Identification and effects of phenolic compounds from some plants. *Kor. J. Ecole.* 19. 329-340.
13. Lee, H. J., Kim, Y. O., and Chang, N. K. (1997) Allelopathic effects on seed germination and fungus growth from the secreting substances of some plants. *Kor. J. Ecol.* 20(3), 181-189.
14. Rice, E. L. (1984) *Allelopathy*. 2nd ed. Academic Press, New York and London.
15. Lodhi, M. A. K. (1976) Kolo of allelopathy as expressed by dominating tree in a low land forest in controlling the productivity and pattern of herbaceous growth. *Amer. J. Bot.* 63, 1-8.
16. Blum, U. and B. R. Dalton (1985) Effect of ferulic acid, an allelopathic compound, one leaf expansion of cucumber seedling grown in nutrient culture. *J. Chem. Ecol.* 11, 279-302.
17. Einhellig, F. A. and Rasmussen, J. A. (1973) Allelopathic effects of *Rumex crispus* on *Amaranthus retroflexus* grain sorghum and field corn. *Amer. Mid. Nat.* 90, 79-86.
18. Kil, B. S. (1993) Effects of naturally occurring chemicals from *Pinus koraiensis* on callus induction and germiculture. *Kor. J. Ecol.* 16(3), 275-285.
19. Kim, Y. O. (1995) Effect of leaf extract from *pinus rigida* on morphological changes of root tips. *J. Plant. Biol.* 38(1), 73-78.
20. Kim, H. Z. and Kim, J. H. (2001a) The allelopathic effects of aqueous chemicals of *Ambrosia artemisiifolia* on selected plants. *Kor. J. Ecol.* 24(1), 64-73.
21. 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.
22. Yun, K. W., B. Vir, and D. H. Han. (1993) Phytotoxic and antimicrobial activity of volatile constituents of *Artemisia priceps* var. *orientalis*. *J. Chem. Ecole.* 19, 2757-2767.

23. Al-Naib, F. A. and E. L. Rice (1971) Alleopathic effect of *Platanus occidentalis* Bull. *Torrey Bot. Club* 98, 75-82.
24. Kuo, C. G., M. H. Chou, and H. G. Park (1981) Effect of chinese cabbage residue on mungbean. *Plant and Soil*. 61, 473-477.
25. Jin, H. Z. and Kim, J. H. (2001) The allelopathic effects of aqueous chemicals of *Ambrosia artemisiifolia* on selected plants. *Kor. J. Ecol.* 24(1), 67-73.
26. Lee, J. H. and S. R. Lee (1994) Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *J. Food Sci. Technol.* 26, 310-316.
27. Wieslaw, O., C. Y. Lee., Antoni, W., and Price, K. R. (1988) Identification of some phenolic compounds in apples. *J. Agric. Food Chem.* 36, 430-432.
28. Banwart, W. L., Porter, P. M., Granato, T. C., and Hassett, J. J. (1985) HPLC separation and wavelength area ratios of more than 50 phenolic acids and flavonoids. *Journal of Chemical Ecology*. 11(3), 383-395.
29. Kil, B. S. and Yoo, H. G. (1996) Identification and growth inhibition of phytotoxic substances from *Artemisia scoparia*. *Kor. J. Ecol.* 19, 295-304.
30. Baskin, J. M and Wilf, F. T. (1967) Psoraen, an inhibition in the seeds of *Psoralea subaculis* (Leguminosae). *Phytochemistry* 6, 1209-1213.
31. Rice, E. L. and Pancholy, S. K. (1974) Inhibition of nitrification by climaxecosyste-ms.III. Inhibitors other than tannins. *Amer. J. Bot.* 61, 1095-1103.
32. Yun, K. W. and Maun, M. A. (1997) Allelopathic potential of *Artemisia campestris* ssp. *caudata* on lake Huron sand dunes. *Can. J. Bot.* 75, 1903-1912.
33. Lee, I. H., Kim, I. T., and Kim, Y. O. (2001) Allelopathic effects of extracts of *Trifolium repens* on the seed germination and seeding growth of *Zoysia japonica*. *Kor. J. Ecol.* 24(3), 125-130.