

서양금혼초(*Hypochaeris radicata* L.)의 수용추출물이 사료작물에 미치는 allelopathy 효과

김옥임 · 박선일 · 정일민¹ · 하상영*

동아대학교 생명자원과학대학, ¹건국대학교 식량자원학과

Received October 4, 2005 / Accepted November 4, 2005

The Allelopathic Effects of Aqueous Extracts of *Hypochaeris radicata* L. on Forage Crops. Og-Yim Kim, Sun-Il Park, Ill-Min Jung and Sang-Young Ha. Department of Science, College of Natural Resources and Life Sciences, Dong-A University, Busan 604-714, ¹College of Life and Environment Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Republic of Korea – This experiment was performed to examine the allelopathy effect of allelochemical substance on the crop plants. According to the experiment of the allelochemical substances in *Hypochaeris radicata* by HPLC, there are the differences at each part of plants. However, it is ascertained that there are 14 kinds of phenolic compounds ingredients that are *p*-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, catechin, caffeic acid, syringic acid, salicylic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, naringin, hesperidin, myricetin, *trans*-cinnamic acid, quercetin and naringenin. The chemicals like caffeic acid, ferulic acid, and naringenin are commonly included. The result of the chemical experiment shows that there are the differences at each season and part of plants. The leaves in May and blossoms and roots in July contain lots of phenolic acids. It is very high contents such as salicylic acid 2085.6 µg/g and quercetin 1522.0 µg/g, especially in roots of plants. The result on the growth of crop plants treated by the aqueous extract of *Hypochaeris radicata* shows that the value of the control group and the test group are same in some cases. However, because the treat value of test group is lower than that of control group in all items of the experiment, it is confirmed that the growth of crop plants was inhibited and that the inhibitory effect was increased as its density of treatment was increased. The result of change in quantity shows that there are the differences at each kind of crop plants, but the inhibitory effect was increased as its concentration of treatment was increase with entire. As results, it is confirmed that *H. radicata* has the allelopathy effect to the crop plants. Especially the inhibitory effect on growth is high in gramineous crop, italian ryegrass and leguminous crop. purple alfalfa.

Key words – *Hypochaeris radicata*, gramineous crops, leguminous crop, allelopathy, phenolic acids

Allelopathy는 어떤 식물이 분비하는 화학물질이 직·간접적으로 다른 식물에 영향을 끼쳐 발아와 생장을 억제하는 식물 상호 간섭 작용을 말한다[1-3]. 이와 같은 allelopathy 현상을 가장 현저하게 나타나는 식물은 귀화식물인데, 이들은 2차 천이의 초기단계에서 allelochemicals를 국내 자생식물보다 많은 양을 분비 방출함으로써 주변식물의 생장을 억제하고 있다[3-6]. 더욱이 귀화식물은 자생식물보다 주변 환경 요인에 대한 내성의 범위가 넓고, 적응능력이 강하며, 많은 종자를 생산하여 멀리까지 산포될 뿐만 아니라, 폭 넓은 발아조건을 갖고 있으며[7-9], 이러한 특성을 바탕으로 자생식물과의 경쟁에서 우위를 차지하고 그 개체수가 점차 늘어 그들의 영역을 전국적으로 확산하고 있는 실정이다[3-6,10-15]. 우리나라에서 귀화식물이 자생식물과의 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 기작 및 생태·생리·생화학적인 연구는 1990년 이후 일부 종에서 이루어져 왔으나, 전국적으로 확산되고 있

는 귀화식물의 allelopathy에 대한 체계적인 연구는 미흡한 상태이다[6,10,16-20]. 한편 이와 같은 연구방법으로는 공여체 식물의 추출액[21-23], 휘발성 물질[24-26] 및 식물의 잔유물[27,28]이 수용체 식물의 종자발아와 생장에 장애를 일으키거나 억제하는 생물학적 검정방법이 연구되어 왔다. 본 연구는 제주도 목초지에서 높은 번식력과 다른 식물과의 경쟁에서 우위를 점하여 현재 전국적으로 확산되고 있는 귀화식물인 서양금혼초(*Hypochaeris radicata* Linne)의 allelochemicals 물질을 HPLC로 성분분석과 정량을 실시하였고, 수용추출액을 공여체 식물로 하고 수용체 식물인 콩과와 화본과 사료작물의 생장과 수량에 미치는 억제효과를 조사하였다. 이는 기타 귀화식물들에 대한 연구에도 도움을 주고 동시에 서양금혼초를 포함한 귀화식물의 산업적 연구에 기초적 자료를 주고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험 재료

서양 금혼초의 추출액이 수용체 사료작물의 생장과 수량

*Corresponding author

Tel : +82-51-200-7552, Fax : +82-51-200-6536

E-mail : syha@dau.ac.kr

의 생산비율에 어떠한 영향을 미치는가를 비교·분석하기 위해 선정된 시험대상인 수용체 식물(receptor species)은 콩과 사료작물인 white clover (W.C), red clover (R.C), purple alfalfa (P.A) 3종과 화분과 사료작물인 tall fescue (T.F), perennial ryegrass (P.R), italian ryegrass (I.R) 3종 등 총 6종을 공시재료로 하였다.

서양금혼초 수용성 추출액의 제조 및 사용농도

서양금혼초를 3~5% sodium hypochloride 용액에서 3분간 소독한 후 살균 증류수로 3회 이상 세척하여 실험에 사용하였고, 서양금혼초 추출액의 제조는 서양금혼초 200 g당 살균 증류수 1,000 ml를 첨가하여 50°C에서 48시간 동안 70 rpm으로 진탕하여 추출한 후(KSI-100L, KOENCON), 추출액을 냉장고에서 24시간 보존하여 냉각 침전시킨 다음 5,000 rpm에서 45분간 원심분리(Mega 17R, Hanil)하고, 그 상층액을 냉장고에 보관하면서 실험재료로 사용하였다. 서양금혼초 추출액의 농도는 서양 금혼초 추출원액을 100%로 규정하고, 그 추출 원액을 각각 20%, 40%, 80%로 희석하여 사용하였다[24].

사료작물에 대한 서양금혼초 allelopathy 효과 시험

시험포장 관리 및 조사방법은 파종 후 6일내지 10일 후부터 사료작물이 발아하기 시작하였으며, 1주에 1회씩 생장 정도를 관찰하였고, 0%, 20%, 40%, 80% 농도별 서양금혼초 수용성 추출액을 각 세구의 사료작물 근계까지 관주하여 추출액이 접할 수 있도록 10 ℓ 씩 제 1회 관주하였다. 그 후 1주일 간격으로 최종 6회 관주하고 수용체 식물인 사료작물의 생장 및 수량의 조사 시기는 최종 관주 후 21일째에 조사를 하였다. 사료작물의 생장 및 수량조사 항목은 농촌진흥청의 「농업과학기술 연구조사 분석기준」 콩과와 화분과 사료작물편 조사기준에 의하여 조사하였다.

서양금혼초의 allelochemicals 성분 분석

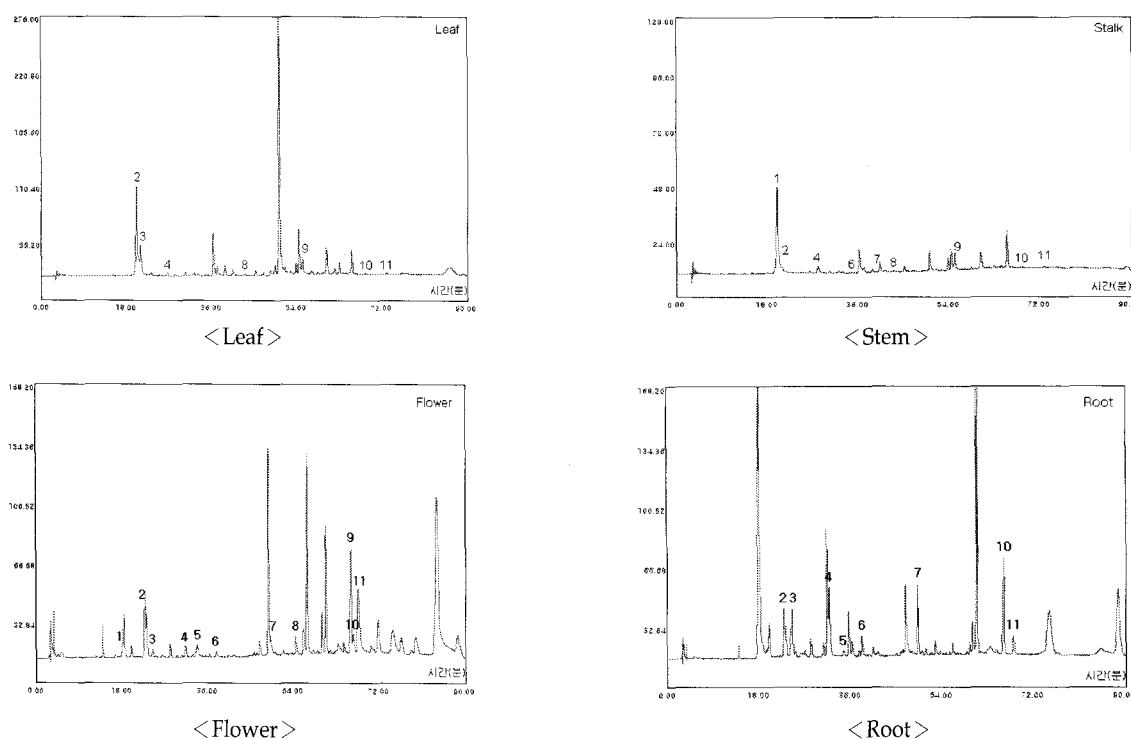
서양금혼초를 잎, 꽃, 줄기, 뿌리 4 부위로 나누어서 증류수로 세척하고 액체질소로 얼린 후, freeze dry를 이용하여 건조시킨다. 건조된 시료를 분쇄한 분말 2 g에 0.1 N HCl 2 ml와 Acetonitrile 10 ml를 넣어 혼합한 후 2시간 동안 교반시켰다. 여과지(Whatman No. 42)로 여과과정을 거친 후 다시 freeze dry로 건조시킨다. 80% MeOH 10 ml로 건조된 물질을 용해시키고 0.45 µm syringe filter (Cameo 13N syringe-filter, nylon)를 이용하여 여과시킨 용액을 분석 샘플로 하여 HPLC에 주입하였다. HPLC의 고정상 column은 YMC-Park ODS-AM-303 (250×4.6 mm I.D.)를 사용하였으며, 이동상은 0.018 M ammonium acetate에 2% glacial acetic acid로 혼합한 용액을 용매 A, 70% 용매 A에 30% 유기용매를 혼합한

것을 용매 B로 하는데 0.018 M ammonium acetate에 82% methanol, 16% *n*-butanol 및 2% glacial acetic acid를 혼합한 용액을 유기용매로 한다. 추출물과 표준물질을 (a) 분석초기에서 1분까지는 용매 B를 10%로 유속은 1.0 ml/min, (b) 1.0분에서 21분까지는 용매 B를 10%에서 25%, (c) 21.0분에서 36분까지는 용매 B를 25%에서 45%, (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 분석하였다[29-31]. 표준검량선 작성은 Salicylic acid를 비롯한 14개의 표준물질(Sigma Co, U.S.A)를 methanol에 용해시켜 0.1-25 µg/ml 범위의 표준용액을 조제하여 위의 조건에서 HPLC 분석을 실시하고 peak area로부터 검량선을 작성하였다. 추출물과 표준물질의 retention time의 비교는 표준물질을 개별적으로 분석한 것과 표준물질을 3회 분석한 것의 평균값을 이용하였다.

결과 및 고찰

서양금혼초의 allelochemicals 성분분석

서양금혼초의 잎, 꽃, 줄기, 뿌리에 함유되어 있는 allelochemicals 물질을 조사하기 위해 14종의 phenolic acids 표준품과 함께 HPLC로 분리하였다. 서양금혼초 부위별 phenolic acids들의 분리패턴의 chromatogram은 Fig. 1과 같다. *p*-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, catechin, caffeic acid, syringic acid, salicylic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, naringin, hesperidin, myricetin, *trans*-cinnamic acid, quercetin, naringenin 순으로 검출되었다. 검량선을 작성해 측정된 서양금혼초의 계절적, 부위별 phenolic acids 함량의 결과는 Table 1에 나타내었다. 계절적 변화 양상을 보면 5월에는 잎의 phenolic acids 총 함량이 3127.1 µg/g로 높았고 7월에는 꽃이 3765.2 µg/g, 뿌리가 4949.8 µg/g로 phenolic acids 함량이 높았다. 특히 잎과 꽃에서는 catechin, 뿌리에서는 salicylic acid와 quercetin의 함량이 높은 값으로 검출되었다. catechin의 경우 5월에는 잎에서만 검출된 phenolic acid이며 2750.1 µg/g로 잎에 함유된 phenolic acids 총 함량의 약 88%, 7월에는 꽃에서만 검출되었는데 함량이 966.4 µg/g로 꽃에 함유된 phenolic acids 총 함량의 25.8%에 해당된다. salicylic acid는 7월에 뿌리에서 2085.6 µg/g 검출되었고, quercetin은 1521.8 µg/g 검출되어 뿌리의 phenolic acids 총 함량의 42%, 30%에 각각 해당된다. Lodhi[32]는 Missouri주의 산림토양에서 상당 양의 caffeic acid, ferulic acid, *p*-cou-



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: naringin, 10: myricetin, 11: hesperidin, 12: *trans*-cinnamic acid, 13: quercetin, 14: naringenin.

Fig. 1. High performance liquid chromatogram of phenolic acids from *Hypochaeris radicata* L.

Table 1. Quantitative analysis of phenolic acids from *Hypochaeris radicata* L. ($\mu\text{g/g}$)

Phenolic acids	Leaf		Flower		Stem		Root	
	May	Jun	May	Jun	May	Jun	May	Jun
Hyd ¹⁾	0.00	0.00	44.57	0.00	72.52	0.00	88.31	0.00
Chl ²⁾	298.10	0.00	88.26	0.00	9.26	0.00	0.00	0.00
Cat ³⁾	2750.05	tr	0.00	966.38	0.00	tr	0.00	0.00
Caf ⁴⁾	6.54	16.71	111.72	365.72	9.41	53.98	20.35	312.94
Syr ⁵⁾	0.00	2.89	14.15	37.56	0.00	tr	19.10	377.28
Sal ⁶⁾	0.00	135.24	24.89	355.95	tr	tr	8.27	2085.63
Cou ⁷⁾	0.00	3.56	69.79	53.74	tr	tr	0.00	18.63
Fer ⁸⁾	3.25	tr	17.78	29.27	2.31	tr	10.46	94.42
Nar ⁹⁾	0.00	52.09	0.00	108.16	0.00	tr	0.00	419.35
Myr ¹⁰⁾	0.00	192.50	0.00	576.23	0.00	33.68	0.00	tr
Hes ¹¹⁾	63.85	0.00	68.76	0.00	31.75	0.00	0.00	0.00
Cin ¹²⁾	tr	tr	tr	253.74	tr	tr	0.00	tr
Que ¹³⁾	0.00	194.19	0.00	309.96	0.00	441.42	0.00	1521.75
Nag ¹⁴⁾	5.33	21.44	34.08	708.54	tr	13.82	12.13	119.81
Total	3127.13	617.63	474.00	3765.20	125.26	542.85	158.61	4949.82

syringic acid, Sal⁶⁾: salicylic acid, Cou⁷⁾: *p*-coumaric acid, Fer⁸⁾: ferulic acid, Nar⁹⁾: naringin, Myr¹⁰⁾: myricetin, Hes¹¹⁾: hesperidin, Cin¹²⁾: *trans*-cinnamic acid, Que¹³⁾: quercetin, Nag¹⁴⁾: naringenin, tr: trace

maric acid, hydroxybenzoic acid가 분포하며 토양 내에서 안정화된 상태로 지속적으로 잔존하여 식물과 토양미생물에 영향을 미치며 토양환경을 변화시킨다고 하였다. 본 연구에서 계절과 부위에 상관없이 서양금혼초에 공통적으로 함유

된 것으로 확인된 caffeic acid, ferulic acid, naringenin 3종류의 phenolic compounds도 토양환경을 변화시켜 주변식물의 생장에 영향을 미치는 것으로 예상할 수 있다. 이러한 결과는 식물체내의 allelochemicals로는 phenolic compounds,

volatile substances, tannin, terpenoids 등이 있는데 이들 중 수용성 물질은 phenolic acids가 가장 많은 양을 차지한다는 보고[32-35]와 일치하며, 특히 잎에 함유된 phenolic acids의 총함량은 3127.1 µg/g로 다른 부위보다 대단히 높았는데 이는 식물의 성장기에는 많은 물질들이 잎에서 합성이 진행되므로 화학물질들이 풍부하며 또한 조직 구조 특성상 잎은 유세포가 주이므로 높은 화학물질 저장능력을 지니고 있기 때문이다. 그리고 5월에는 잎, 7월에는 꽃과 뿌리에서 많은 양의 phenolic acids가 검출되었는데, 이와 같은 결과는 식물의 각 부위에 함유된 수용성 화학물질들은 그 양과 조성의 차이가 있으며 또한 식물의 allelochemicals의 함량과 조성이 계절적 영향을 받는다는 연구보고와도 일치한다[6,36-39]. 봄에는 특정 phenolic compounds가 특정부위에 많은 양을 차지하고 성장기로 갈수록 다양한 compounds들로 구성됨으로서 봄과는 다른 경향을 보이는 것으로 여겨진다. 또한 생리적으로 영양물질의 분비를 생식기관으로 집중시키기 때문에 잎의 phenolic compounds 총 함량이 성장기에 감소된 것으로 생각된다. Fischer[40]에 의하면 초식자들에 대한 방어기작으로서 또는 타 식물들과의 경쟁기작으로서 식물들은 2차 화학물질의 분비를 조절하는 것으로 알려져 있어 서양금혼초의 성장시기에 따라 phenolic compounds의 총 함량과 부위별 차이가 크게 나타나는 것으로 사료된다.

수용체 사료작물 성장과 수량에 미치는 영향

화분과 사료작물 성장의 정도

화분과 사료작물인 tall fescue, perennial ryegrass, italian ryegrass 3개 품종에 공여체 식물인 서양금혼초 수용성 추출액을 각 농도별로 작물의 엽면에 관주형태로 살포하여 성장정도를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 주구인 사료작물 종류에 의한 대조구인 무처리구와 처리구간 성장정도에서 통계학적 유의성이 있었으며, 주구와 세구의 관계에서는 엽수, 엽폭, 엽신장, 초장 등 모든 조사항목에서 1%에서 고도의 유의성을 보였다. 그리고 세구인 각 사료작물에 서양금혼초 수용성 추출액 각 농도별 관주에 의한 성장정도의 모든 조사항목에서 통계학적 유의성이 있었으며 이와 같은 결과로서 각 농도별 관주에 의한 통계지수의 차이는 성장의 차이가 있음을 나타내고 있다. 주구인 사료작물에서 tall fescue의 경우 엽수 항목에서 가장 낮은 값을 보였으나 초장항목에서는 36.85 cm로 가장 높았다. perennial ryegrass는 엽폭과 엽신장 항목에서 가장 낮은 값을 보였고 italian ryegrass의 경우 엽수, 엽폭, 엽신장 항목에서 가장 큰 값을 보였으나 초장항목에서는 반대로 32.94 cm로 가장 낮았다. 세구인 사료작물과 서양금혼초 수용성 추출액 각 농도별 관주에 의한 성장정도를 조사한 결과 모든 조사 항목에서 3개 품종 모두가 일정한 경향을 보였다. 엽수와 엽신장의 경우 3개 품종 모두 대조구인 무처리구보다

Table 2. The growth of gramineous crops affected by drenching in different concentration

Gramineous crops	Concentration (%)	Leaf number (pieces)	Leaf width (cm)	Leaf blade length (cm)	Plant height (cm)
tall fescue	0	3.42d	0.56c	36.73c	38.40c
	20	3.20c	0.52b	33.18c	37.23b
	40	3.10b	0.50b	33.18b	36.66b
	80	3.03a	0.47a	31.00a	35.12a
perennial ryegrass	0	3.82d	0.31c	26.46d	36.06c
	20	3.82c	0.30b	25.31c	34.68b
	40	3.73b	0.29b	24.75b	34.76b
	80	2.90a	0.26a	23.39a	33.42a
italian ryegrass	0	4.33d	0.67c	44.13d	37.62c
	20	4.12c	0.64b	42.92c	33.51b
	40	3.87b	0.65b	41.26b	31.36b
	80	3.30a	0.63a	36.29a	29.26a
gramineous crop(A)	T.F*	3.19a	0.41b	33.52b	36.85c
	P.R	3.57b	0.29a	24.91a	34.73b
	I.R	3.90c	0.65c	41.15c	32.94a
gramineous crops(A) × Concentration(B)		28.50**	5.21**	33.80**	19.10**
L.S.D of gramineous crops	5%	7.29	8.82	0.29	0.34
	1%	-	-	0.47	0.55
L.S.D of concentration	5%	6.61	1.15	0.38	0.55
	1%	9.04	1.57	0.52	0.76

*T.F=tall fescue, P.R=perennial ryegrass, I.R=italian ryegrass.

처리농도가 증가할수록 값은 낮았다. 엽수를 조사한 결과 perennial ryegrass가 가장 큰 차이를 보였는데 대조구의 3.8매에서 80%농도 처리구에서는 2.9매로 가장 적었다. 엽신장의 경우 italian ryegrass가 가장 큰 차이를 보였다. 엽폭과 초장의 경우 20%와 40%농도 처리구가 통계지수가 같은 b이나 대조구인 무처리구에서 값이 가장 크고 처리 농도가 증가할수록 값은 작아져서 italian ryegrass의 초장은 대조구 37.62 cm에서 80%농도 처리구에서는 29.26 cm로 초장이 가장 짧았다. 이상의 조사항목의 결과를 요약하면 엽수, 엽폭, 엽신장, 초장 등은 모두 대조구인 무처리구에서 생장이 가장 뛰어났으나 서양금혼초 수용성 추출액 처리농도가 증가할수록 생장이 억제된다는 사실을 알 수가 있다. 서양금혼초 수용성 추출액의 처리에 의한 수용체 사료작물의 생장에 미치는 억제효과는 사료작물 품종에 따라 차이가 있을 뿐 아니라 처리농도에 따른 효과의 차이는 더욱 현저했다.

콩과 사료작물 생장의 정도

콩과 사료작물인 red clover, white clover, purple alfalfa 3개 품종에 공여체 식물인 서양금혼초의 수용성 추출액을 각 농도별로 작물의 엽면에 관주형태로 살포하여 성장정도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 주구인 작물 품종에 의한 대조구와 처리구간 성장정도에서 통계학적 유의성이 있었으며 주구와 세구의 관계에서는 소엽수와 소엽중이 1%에서 고도의 유

의성, 복엽병장은 5%에서 유의성을 나타낸다. 이와 같은 결과로서 각 농도별 관주에 의한 통계지수의 차이는 생장의 차이가 있음을 나타내고 있다. 주구인 사료작물의 성장정도를 조사한 결과 소엽수의 경우 purple alfalfa가 다른 수용체 사료작물에 비하여 가장 많은 28.2매였다. 소엽중의 경우 소엽수의 조사결과와 반대의 현상이 나타났는데 purple alfalfa가 4.2 g, red clover는 25.6 g, 소엽수가 가장 적은 white clover는 27.5 g로 가장 중량이 많았다. 복엽병장의 경우는 red clover가 가장 작은 0.23 cm이고 나머지 두 품종의 복엽병장 길이는 통계지수 b로써 같은 수준의 복엽병장이라 할 수 있다. 세구의 사료작물과 서양금혼초 수용성 추출액 각 농도별 관주에 의한 성장정도를 조사한 결과 purple alfalfa가 모든 조사항목에서 억제효과가 현저하였다(Table 3). purple alfalfa의 소엽수는 무처리구에서 소엽수가 34.3매로 제일 많았으나 서양금혼초 수용성 추출액 농도가 증가할수록 소엽수는 점차로 적어져서 80%농도 처리구에서는 23.9매로 무처리구의 69.7%에 불과하였으며, 소엽중은 80%농도 처리구에서는 2.99 g로 무처리구의 50.4%, 복엽병장은 80%농도 처리구에서는 소엽수와 같이 무처리구가 5.93 g로 다른 처리구에 비하여 제일 많았으며 0.22 cm로 무처리구의 84.6%에 불과하였다. red clover와 white clover도 조사항목에서 대조구보다 처리구에서 낮은 값을 나타내었다. 이상으로 수용체 콩과 사료작물의 성장정도를 조사한 결과 3개 품종 모두 공여체 서양금혼초

Table 3. The growth of leguminous crops affected by drenching in different concentration

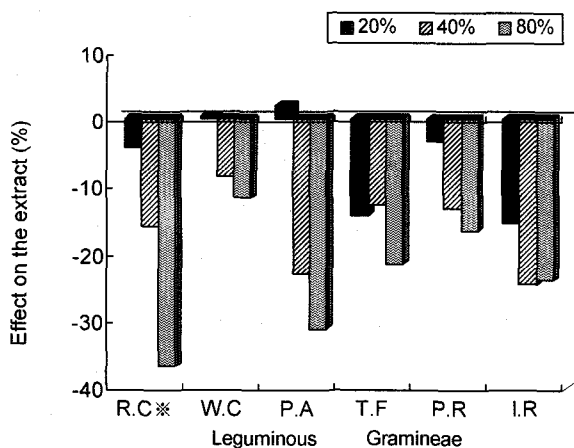
Leguminous crops	Concentration(%)	Leaflet number (pieces)	Leaflet weight (g)	Compound petiole (cm)
red clover	0	18.30d	30.05c	0.24c
	20	17.68c	24.88b	0.23c
	40	16.52b	24.80b	0.23b
	80	15.65a	22.68a	0.22a
white clover	0	16.92d	29.67c	0.25c
	20	16.95c	28.44b	0.24bc
	40	15.05b	27.96b	0.24ab
	80	14.55a	23.90a	0.24a
purple alfalfa	0	34.28d	5.93d	0.26c
	20	28.65c	4.20c	0.24bc
	40	25.77b	3.66b	0.23ab
	80	23.88a	2.99a	0.22a
Leguminous crop	R.C*	17.04b	25.60a	0.23a
	W.C	15.87a	27.49a	0.24b
	P.A	28.15c	4.20b	0.24ab
Leguminous crop(A) × Concentration(B)		122.23**	33.81**	3.46*
L.S.D of leguminous crop	5%	0.46	0.33	7.89
	1%	0.76	0.55	1.29
L.S.D of concentration	5%	0.31	0.37	4.67
	1%	0.43	0.51	6.39

*R.C=red clover, W.C=white clover, P.A=purple alfalfa.

수용성 추출액 처리농도가 증가할수록 생장의 억제효과가 뛰어나다. 이와 같은 생장의 변화를 조사한 결과 화분과 사료작물의 경우 italian ryegrass, 콩과 사료작물의 경우는 purple alfalfa가 생장 억제효과가 높게 나타났다.

**수용체 사료작물간의 allelopathy 효과
생초수량의 증감율**

수용체 사료작물의 무처리구의 생초수량을 100으로 기준하여 계산한 과별 사료작물의 생초수량의 증감률을 Fig. 2에 표시하였다. 서양금혼초 수용성 추출액의 20%농도 처리구에서의 과별 생초수량의 증감률을 보면 무처리구에 비하여 purple alfalfa는 2.1%, white clover는 0.5%가 증수하였으나 red clover는 4.4% 감소하였다. italian ryegrass는 15.6%, tall fescue는 14.1%, perennial ryegrass는 3.3% 생초수량이 감소하였다. 이상의 결과에서 white clover와 purple alfalfa는 20%이하의 농도를 관주하면 사료작물의 생초수량의 증수 효과가 나타나는 식물생장촉진 효과가 있는 것으로 사료 된다. 현재로 밝혀진 옥신 호르몬도 식물 내에서 과잉 혹은 결핍하면 생장억제, 적정 함량이면 생장촉진 시키는 결과도 있다. 그러나 대부분의 사료작물은 무처리구에 비하여 생초수량의 감소를 가져 왔는데 제일 많이 감소된 사료작물은 italian ryegrass와 tall fescue이며 그 외 사료작물의 감소율은 비슷하였다. 40%농도 처리구의 과별 생초수량의 증감율을 보면 red clover는 15.9%, white clover는 8.6%, purple alfalfa는 22.1%, tall fescue는 12.8%, perennial ryegrass는 13.1%, italian ryegrass는 24.7%의 생초수량의 감소하였는데 그 중 제일 많이 감소한 사료작물은 italian ryegrass와 purple alfalfa이다. 80%농도 처리구에서 생초수량의 감소율을 보면 red clover는 36.9%, white clover는 11.8%, purple alfalfa는



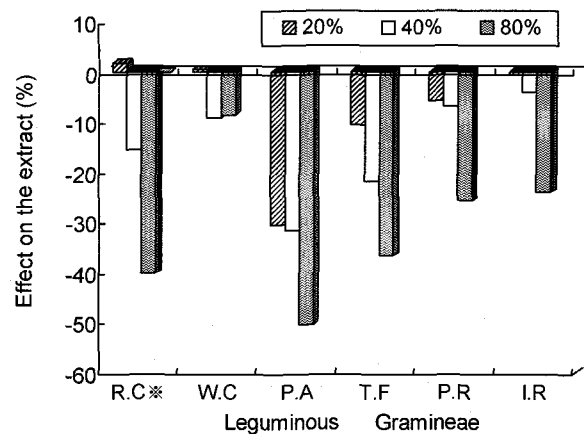
*R.C : red clover, W.C : white clover, P.A : purple alfalfa, T.F : tall fescue, P.R : perennial ryegrass, I.R : itallian rygrass

Fig. 2. The rate of increase and decrease of fresh herb yield affected by drenching in different concentration.

31.3% 생초수량이 감소하였고 tall fescue는 21.6%, perennial ryegrass는 16.7%, italian ryegrass는 24% 생초수량이 감소하였는데 그 중 가장 높은 감소율이 발생한 사료작물은 red clover와 purple alfalfa이다. 이상의 결과에서 처리 농도를 증가할수록 수용체 사료작물의 생초수량 감소율이 기하급수적으로 발생하는 사료작물이 있는가하면 white clover와 같이 처리농도가 증가하더라도 생초수량의 감소율이 약 10%정도인 경우도 있다.

풍건수량의 증감율

수용체 사료작물의 풍건수량의 증감율은 Fig. 3과 같으며 수용성 추출액의 20% 농도 처리구의 경우 red clover는 1.8%, white clover는 0.5% 증수하였고 purple alfalfa는 30.7%의 감소하였다. tall fescue는 10.7%, perennial ryegrass는 5.9%, italian ryegrass는 0.7% 감소하였다. 40%농도 처리구의 경우 purple alfalfa는 32%, tall fescue는 22.2%, red clover는 15.8%, white clover는 9.2%, perennial ryegrass는 7.1%, italian ryegrass 3.9% 감소하였다. 80%농도 처리구의 경우 white clover는 감소율이 8.7%로 40%농도 처리구 감소율과 유사했으나 나머지 5개 품종들은 40%농도 처리구보다 풍건수량의 감소율이 증가하였고 특히 purple alfalfa는 51.7% 감소하였다. 이와 같은 결과로 서양 금혼초 수용성 추출액은 사료작물의 수량에 상당한 억제효과를 미치며 80% 농도 처리구에서 그 효과가 더욱 뚜렷하였다. 품종에 의한 생태 유형에 따라 감소율의 차이는 있으나 서양금혼초의 수용성 추출액 처리농도가 증가할수록 사료작물 수량의 감소효과는 뛰어났다. 그리고 수용체 사료작물과 처리농도간의 allelopathy효과를 보면 사료작물간의 효과 차이는 뚜렷했으며 이러한 차이는 수용체 사료작물의 생리·생화학 특성의 결과라고 사료된다. 그리고 서양금혼초의 이러한 allelopathy효과는 귀화식물로



*R.C : red clover, W.C : white clover, P.A : purple alfalfa, T.F : tall fescue, P.R : perennial ryegrass, I.R : itallian rygrass

Fig. 3. The rate of increase and decrease of air drying yield affected by drenching in different concentration.

서 군락을 이루며 자연생태계에서 급속히 번식을 할 수 있는 한 원인으로 생각된다. Inderjit and Dakshini [41]는 군락 형성의 초기에 침입하는 식물들은 주변 식물에게 자신의 영역을 침범할 수 없도록 수용성인 allelochemicals를 분비하여 타 식물의 성장을 억제한다고 하였으며 Baskin와 Wilf[42]도 식물의 추출액이 타 식물 종자와 생장을 억제시킨다고 보고하였고 Rice와 Pancholy[43]는 식물의 수용 추출액 농도가 높을수록 타 식물 종자 발아를 억제하는 효과도 높아진다고 하였다. 이외에도 귀화식물의 추출액이 다른 식물의 발아 및 생장억제효과가 있으며[4-6,19], 공여체 식물의 농도 증가에 의해 종자 발아, 유식물 생장의 억제와 생체량이 감소한다고 하였다[25,44,45]. 공여체 식물의 농도 증가에 의해 종자 발아, 유식물 생장의 억제와 생체량이 감소한다[25,44,45]. 서양금혼초에 함유된 phenolic acids는 수용체 식물 생장에 억제 효과를 일으키는 한 원인물질이라 할 수 있으며 처리농도에 따른 억제효과의 차이를 야기하였다. 수용체 품종간에 따라 억제효과의 차이는 있으나, 조사한 모든 사료작물에서 생장과 수량의 억제효과를 나타내어 본 연구에서도 동일한 결과를 얻었다. 이와같은 본 연구의 모든 결과로부터 서양금혼초는 phenolic compounds를 함유하고 있기 때문에 초식자로부터의 공격과 주위의 타 식물과의 경쟁에서 우위를 차지할 수 있는 기회가 풍부해짐에 따라 서양금혼초는 군락을 형성할 수 있고 외래종이나 쉽게 정착을 할 수 있었을 것이다. 그리고 항상 함유하고 있는 3종류와 다량함유하고 있는 6종류를 분리·정제하여 해충방제, 제초제 등의 산업분야에 대한 연구가 추후에 진행되면 서양금혼초의 자원화를 유도할 수 있다.

요 약

서양금혼초(*Hypochaeris radicata* Linne)에 함유되어있는 화학물질이 사료작물의 미치는 allelopathy 효과를 구명하기 위하여 본 실험을 실시하였다. 서양금혼초에 함유되어 있는 allelochemicals 물질을 HPLC에 의해 성분 분석한 결과 계절적, 부위별로 차이가 있었으나 *p*-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, catechin, caffeic acid, syringic acid, salicylic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, naringin, hesperidin, myricetin, *trans*-cinnamic acid, quercetin, naringenin 등 14 종류의 phenolic compounds 성분을 확인하였고 caffeic acid, ferulic acid, naringenin 3종류는 공통으로 함유하고 있는 것으로 분석되었다. 5월에는 잎, 7월에는 꽃과 뿌리에서 많은 양의 phenolic acids가 함유되어있고 특히 뿌리에 salicylic acid 2085.6 µg/g와 quercetin 1522.0 µg/g로 함량이 높았다. 서양금혼초 수용성 추출액으로 처리한 사료작물의 생장을 조사한 결과 품종에 따라 처리구와 대조구의 값이 같은 경우도 있으나 모든 조사 항목에서 대조구 보다 처리 값

이 낮아 사료작물의 생장이 억제 된 것이 확인되었고 처리농도가 높을수록 강한 억제효과를 나타내었다. 수량의 변화를 조사한 결과 사료작물 품종에 따라 차이가 있으나 전체적으로 억제효과를 나타내었으며 처리농도가 높을수록 강한 억제효과를 나타내었다. 이러한 결과 서양금혼초는 사료작물에 대한 allelopathy 효과가 있음을 밝혀냈다. 특히 화분과 사료작물의 경우 italian ryegrass, 콩과 사료작물의 경우는 purple alfalfa가 생장억제효과가 높게 나타났다.

참 고 문 헌

- Inderjit. 1996. Plant phenolics in allelopathy. *Bot. Rev.* **62**, 182-210.
- Molish, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie. *Fischer Jena* 20.
- 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.
- Kim, Y. O. and H. J. Lee. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some plants. *Kor. J. Ecol.* **19**, 329-340.
- Ho.-Joon. Lee., Yong-O.k Kim and Nam.-Kee. Chang. 1997. Allelopathic effects on seed germination and fungus growth from the secreting substances of some plants. *Kor. J. Ecol.* **20(3)**, 181-189.
- Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd ed. Academic Press, New York and London.
- Aber, J. D. and J. M. Melillo. 1991. *Terrestrial ecosystems*, pp. 315-316, Saunder Collage Pub.
- 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.
- Rejmane, K. M. and D. M. Richardson. 1996. What attributes make some plant species more invasive. *Ecology* **77**, 1655-1661.
- Curran, P. L. and F. S. Acuaeidhe. 1986. Weed invasion of milled-over bog. *Weed Res.* **26**, 45-50.
- Forcella, F. 1985. Final distribution is related to rate of speed in alien weed. *Weed Res.* **25**, 181-191.
- Ackowiak, B. 1996. Chronological-ecological model of the spread of *Puccinella distans* (Poaceae) in Central Europe. *Firagm. Flor. Gobot.* **41**, 551-561.
- Kil, B. S., E. S. Jeon, Y. S. Kim, C. H. Kim, K. W. Yun, H. G. Yoo, B. S. Kim and H. C. Kim. 1998. Flora and Distribution of Mt. Nam Park, Seoul. *Kor. J. Ecol.* **21**, 603-631.
- Kim, Y. O., Park, J. Y and H. J. Lee. 2003. Environmental Adaptability of *Eupatorium rugosum*: Relationship between accumulation of heavy metals and phenolic compounds. *Kor. J. Ecol.* **26(1)**, 5-12.
- Pyše K, P. and K. Prach. 1993. Plant invasion and the role of riparian habitats: a composition of four species alien to

- central Europe. *J. Biogeogr.* **20**, 413-420.
16. Jin, H. Z., and J. H. Kim. 2001. Allelopathic effects of volatile compounds from *Ambrosia artemisiifolia* leaves on the selected species. *Kor. J. Ecol.* **24(1)**, 61-66.
 17. Lee, H. J., Y. O. Kim and E. J. Lee. 2000. Antimicrobial activities of extracts from several native and exotic plants in Korea. *Kor. J. Ecol.* **23(5)**, 353-357.
 18. Lee, H. J., S. H. Kim, Y. O. Kim and M. Y. Eun. 1990. Allelopathic Effects of Leaf Extract of *Pinus rigida* Mill, on the seeds germination of *Raphanus sativus* var. *hortensis* for *acanthiformis* Makino. *Kor. J. Ecol.* **13(2)**, 75-82.
 19. Lee, H. J., Kim, Y. O. Kim, I. T. and Lee, J. H. 2001. Allelopathic effects of extracts of *Trifolium repens* on the seed germination and seedling growth of *Zoysia japonica*. *Kor. J. Ecol.* **24(3)**, 125-130.
 20. Yu, C. Y., I. S. Jeon, I. M. Chung, J. H. Hur and E. H. Kim. 1995. Research Reports : The allelopathic effect of alfalfa residues on crops and weeds. *Kor. J. Weeds. Sci.* **15(2)**, 131-140.
 21. Kil, B. S. 1993. Effects of naturally occurring chemicals from *Pinus koraiensis* on callus induction and germiculture. *Kor. J. Ecol.* **16(3)**, 275-285.
 22. Kim, Y. O. 1995. Effect of leaf extract from *pinus rigida* on morphological changes of root tips. *J. Plant. Biol.* **38(1)**, 73-78.
 23. Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. pp. 422, 2nd ed., Academic Press, New York and London.
 24. 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.
 25. 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.
 26. Yun, K. W., B. Vir and D. H. Han. 1993. Phytotoxic and antimicrobial activity of volatile constituents of *Artemisia princeps* var. *orientalis*. *J. Chem. Ecol.* **19**, 2757-2767.
 27. Al-Naib, F. A. and E. L. Rice. 1971. Allelopathic effect of *Platanus occidentalis* Bull. *Torrey Bot. Club* **98**: 75-82.
 28. Kuo, C. G., M. H. Chou and H. G. Park. 1981. Effect of chinese cabbage residue on mungbean. *Plant and Soil.* **61**: 473-477.
 29. Lee, J. H. and Lee, S. R. 1994. Analysis of phenolic substances content in korean plant foods. *J. Food Sci. Technol.* **26**, 310-316.
 30. Wieslaw, O., Lee, C. Y, Antoni, W and Price, K. R. 1988. Identification of some phenolic compounds in apples. *J. Agric. Food Chem.* **36**, 430-432.
 31. W. L. Banwart, P. M. Porter, T. C. Granato and J. J. Hassett. 1985. HPLC separation and wavelength area ratios of more than 50 phenolic acids and flavonoids. *Journal of Chemical Ecology.* **11(3)**, 383-395.
 32. 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. *Am J. Bot.* **63**, 1-8.
 33. 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.
 34. Einhellig, F. A. and J. A. Rasmussen. 1973. Allelopathic effects of *Rumex crispus* on *Amaranthus retroflexus* grain sorghum and field corn. *Amer. Mid. Nat.* **90**, 79-86.
 35. William, R. D. and R. E. Hloagland. 1982. The effects of naturally occurring phenolic compounds on seed germination. *Weed Sci.* **30**, 206-212.
 36. Baldwin, I. T. and P. Colleham. 1993. Autotoxicity and chemical defense: nicotine accumulation and carbon gain in solanaceous plants. *Oecologia* **94**: 534-541.
 37. Kil, B. S. and H. G. Yoo. 1996. Identification and growth inhibition of phytotoxic substances from *Artemisia scoparia*. *Kor. J. Ecol.* **19**, 295-304.
 38. Rajeswara, R, P. N. Kaul, G. R. Mallavarepu and S. Ramesh. 1996. Effects of seasonal climatic changes on biomass yield and terpenoid composition of *Rosescented geranium*. *Biochemical Syst. and Ecol.* **24**: 627-636.
 39. Thompson, A. C. 1985. The chemistry of allelopathy, biochemical interactions among plants. *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.* **268**.
 40. Fischer, N. .H. 1991. Plant terpenoids as allelopathic agents. pp. 377-398, In J. B. Harborne and F. A. Tomas-Barberan (eds.), *Ecological chemistry and biochemis of plant terpenoids*. Clarendon press. Oxford.
 41. Inderjit, K. M. and M. Dakshini. 1992 Interference potential of *Pluched lanceolata* (Asteraceae): Growth and physiological responses of asparagus bean, *Vigna unguiculata* var. *sesquipedalis*. *Am J. Botany.* **79(9)**, 979-981.
 42. Baskin, J. M. and F. T. Wilf. 1967 Psoraen, an inhibition in the seeds of *Psoralea subaculis* (Leguminosae). *Phytochemistry.* **6**, 1209-1213.
 43. Rice, E. L. and S. K. Panchoy. 1974. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. III. Inhibitors other than tannins. *Am. J. Bot.* **61**, 1095-1103.
 44. Yun, K. W. and M. A. Maun. 1997 Allelopathic potential of *Artemisia campestris* ssp. *caudata* on lake Huron sand dunes. *Can. J. Bot.* **75**, 1903-1912.
 45. Kaori, Y., N. Goto, S. Kosemura and K. Hasegawa. 1997. Growth promoting allelopathic substance exuded from germinating *Arabidopsis haliana* seeds. *Phytochemistry.* **17**, 65-67.