

재배토양의 수분 및 토성이 시호의 생육상황 및 항산화효소 활성에 미치는 영향

정형진, 신동현¹⁾, 이인중¹⁾, 권순태, 임종국, 유정민, 정규영, 김길웅¹⁾
안동대학교 생명자원과학부, ¹⁾경북대학교 농과대학 농학과

Effect of Soil Moisture and Texture on Saikosaponins Content and Antioxidative Enzyme Activities in *Bupleurum falcatum* L.

Hyung-Jin Jeong, Dong-Hyun Shin¹⁾, In-Jung Lee¹⁾, Soon-Tae Kwon, Jung-Min Yoo

Jong-Kuk Lim, Gyu-Young Chung and Kil-Ung Kim¹⁾

Bioresources Science, Andong National University, Andong, Kyungpook, 760-749, Korea

¹⁾Department of Agronomy, College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea

ABSTRACT

To study the effects of soil moisture and texture on characteristics of growth, content of saikosaponins and activity of antioxidative enzymes in *Bupleurum falcatum* L., content of saikosaponins(a, c and d) and activities of superoxide dismutase(SOD) and peroxidase(POD) were investigated with two *Bupleurum* genotypes(Jangsoo and Samdo). Two *Bupleurum* genotypes were grown under different soil moisture(deficit, normal, surplus) and soil texture(sandy, sandy loam, loam) conditions. Among the tested soil conditions, dry weight accumulation rate of both cultivars could be ranked in the order surplus > normal > deficit soil for soil moisture and sandy > sandy loam > loam for soil texture. Under the surplus soil condition, growth retardation of Samdo cultivar was more severer than that of Jangsoo. Furthermore, content of saikosaponin a, d, and c also could be ranked in the order deficit > normal > surplus and sandy > sandy loam > loam for soil moisture and texture, respectively. Although both Jangsoo and Samdo cultivars grown under water deficit condition showed the highest POD and SOD activity, in general POD and SOD activity in both shoot and root was remarkably high in Jangsoo cultivar compared with Samdo. Saikosaponin content of root was positively correlated with POD and SOD. However, shoot and root length were negatively correlated with POD.

Key words : saikosaponin, superoxide dismutase, peroxidase

서 언

시호(*Bupleurum falcatum* L.)는 주요 약용식물 중의 하나로 산형과에 속하는 다년생 초본이고, 항염증, 간장해 억제, 진통, 신경장애 억제, 용혈작용, 세포막 흡수성 및 안정화, 해열작용 등의 약리효과를 가지고 있으며, 주 약리 성분은 saikosaponin으로 밝혀져 있다. 국내에서 자생하는 시호는 5종 이상으로 알려져 있는데 시호, 참시호, 개시호, 섬시호, 등대시호 등이 있다(김 등, 1996). 우리나라에서 재배하여 약재로 이용하는 시호종은 주로 시호(*B. falcatum*)이고 국내산 재래종과 일본 도입종 삼도시호 두 가지가 있다. 우리나라에서 국내재래시호의 육종으로 밀양1호(장수시호)를 개발하였다. 시호재배에 관한 연구는 시호의 조직 배양묘와 배양식물의 종자를 이용한 프러그묘 생산(박 등, 1995), 파종적기시험 및 한발 시 관수가 생육과 수량에 미치는 영향(성, 1994) 등에 관한 연구가 수행되었으나, 토양수분조건에 따른 토성별, 비료수준별 생육특성, 및 유효성분에 관한 연구는 미비한 실정이다. 식물 이차대사산물의 생합성 및 축적은 종이나 기상 및 토양 등의 재배환경과 재배방법에 따라서 성분함량의 변이가 나타나고 그중 시호종의 지리적 성분변이가 대표적이라고 한다(西孝三郎, 1995). 그리고 식물체의 생육상태, 생육년수, 시비방법 등 재배법에 따른 성분함량의 변화가 보고되어 있다(Hosoda와 Noguchi, 1990; Ohashi 와 Kuribayashi, 1967; Ohashi와 Kuribayashi, 1973; Ostuka 등, 1977).

식물체는 생체내에 생성되는 활성산소종으로부터 자신을 보호하기 위해서 superoxide dismutase (SOD), peroxidase(POD), catalase와 같은 항산화효소를 생산하게 된다(Alscher and Hess, 1993). 이중 SOD는 superoxide anion에 의해 반응이 높은 산소종에 대응하는 유기체 방어기작의 한 부분으로 유해산소에 대해 세포보호기능을 가지며(Win 등 1990; Ham 등, 1995), 특히 항산화제로 항염증작용이 있어 류마티스 관절염 등 각종 퇴행성 질병 치료제로 개발되고 있다(Bannister 등, 1987; Oyanagui, 1989). POD는

H₂O₂를 기질로 이용하여 O₂와 H₂O로 대사시키는 효소로 병원균 방어, 상처 치료에 관여한다고 보고되어 있다(Asada, 1992 ; Kim 등, 1996). 시호의 약리적 효과인 항염증작용등의 약리작용을 나타내는 유효 성분과 항산화제와는 밀접한 관련이 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 시호의 재배 토성 및 토양 수분에 따른 생육특성과 saikosaponin함량 및 항산화 효소 활성 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

식물재료

본 실험에 이용된 재료는 한국의 재래종인 장수시호와 일본종인 삼도시호를 온실에서 1/2000a pot에서 표준재배법에 따라 재배하였다. 본 재배에 사용한 토양은 경북 안동시 송천동 안동대학교 실험포장의 토양을 채취하였다. 공시토양을 포트(12 l)에 충전 후 재배 1년생 시호를 96년 4월 측면을 개방한 비닐하우스에서 분당 3월 이식하고, 토양수분은 공시된 토성의 보수력 및 유효수분범위를 참고로 하여 각각 pF 2.5 이하, pF 2.5-3.5이하, pF 3.5정도로 유지하도록 관수량을 조절하고 tensiometer로 측정치를 점검하면서 2년간 재배하였다.

Saikosaponin분석

Saikosaponin은 시호 뿌리를 60℃에 열풍 건조한 후, 분쇄한 가루 2.5g을 암모니아 : 메탄올혼합액(1 : 20)으로 가열 추출한 후 원심 분리하여 고속액체크로마토그래피로 정량분석하였다. 분석조건으로는 column은 μ -Bondapak C18(Waters, ID 3.9mm × 30cm), 물과 아세토니트릴(65 : 35)을 이동상으로 사용하여 UV 203 nm에서 측정하였다. saikosaponin a, c, d 표준품은 和光(株)에서 구입하여 각 10 mg씩 HPLC급 메탄올 20 ml을 넣어 녹인 후 이를 표준액으로 하여 분석하였다.

조효소액의 추출

식물체를 1g씩 1ml 0.05M 인산 완충액(pH 7.8)과

함께 마쇄한 후, 4℃에서 14,000 rpm으로 20분간 원심 분리하여 얻어진 상등액을 조효소액으로 사용하였다.

POD 활성측정

POD활성은 pyrogallol(Sigma, Co# P-0381)을 기질로 사용하고, 100 μl 조효소액에 2.9ml assay buffer를 첨가하여 420nm에서 20초간 상온에서 흡광도 변화를 측정하였다.

SOD 활성측정

SOD 활성은 McCord와 Fridovich(1969)의 방법에 따라 xanthine/xanthine oxidase system을 superoxide radicals(O₂·)의 공급원으로 이용하여 superoxide

radicals에 의한 cytochrome c의 환원속도를 550nm에서의 흡광도변화를 측정하였다. SOD활성 1unit는 25℃에서 반응을 시작하여 150초간 550 nm에서 흡광도변화를 조사하여 xanthine oxidase 활성이 50% 억제되는 것으로 정의하였다.

단백질정량은 Bradford(1976) 방법에 준해서 실시하였다.

결과 및 고찰

토성 및 토양수분조건별 장수와 삼도시호의 지상부와 지하부의 생육상황을 조사한 결과(Fig. 1), 초장은 삼도가 장수시호에 비하여 크고 동일 품종내에서 토성 및 토양수분조건별로 차이가 있었다. 장수시호

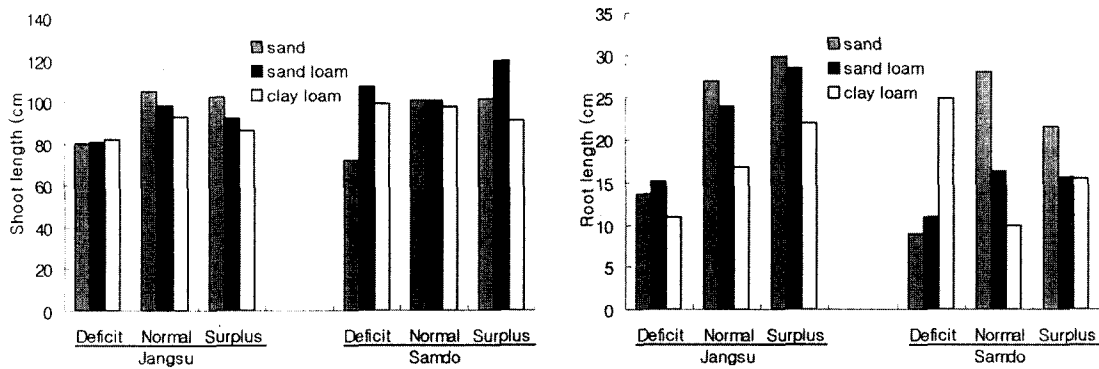


Fig. 1. Comparison of shoot · root height in the cultivation of *Buplerum falcatum* L.

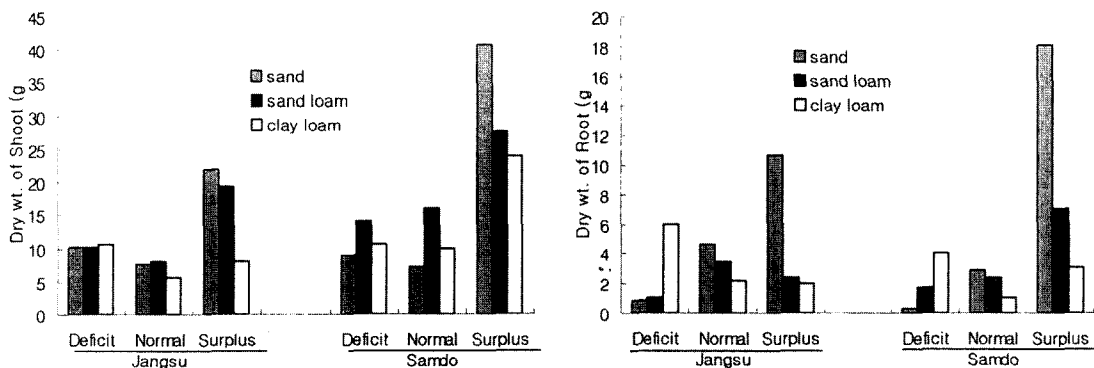


Fig. 2. Comparison of fresh and dry weight in the cultivation of *Buplerum falcatum* L.

의 수분조건별 초장 생육은 적습, 과습, 과건 순으로 크고, 토성별 초장은 과건에서 식양토, 사양토, 사토 순으로 컸으나, 적습과 과습에서는 공히 사토, 사양토, 식양토 순으로 높았다. 삼도시호의 초장생육은 수분조건에 관계없이 사양토, 식양토, 사토 순으로 높았다. 근장은 삼도에 비하여 장수시호가 컸고, 장수시호의 수분조건별 근장은 과습, 적습, 과건 순으로 크고, 토성별 근장은 과건에서 사양토, 사토, 식양토 순으로 컸으나, 적습과 과습에서는 공히 사토, 사양토, 식양토 순으로 높아 초장과 같은 경향을 나타내었다. 삼도시호의 근장은 적습과 과습시 사토에서 가장 높았으나, 과건하에서는 식양토가 사토나 사양토에 비해 현저히 높은 값을 나타내었다.

토성 및 토양수분조건별 장수와 삼도시호의 지상부와 지하부의 건물중 및 수분함량을 조사 해 본 결과(Fig. 2, 3), 건물중의 경우 수분조건별로는 과습, 적습, 과건 재배 순으로 높았고, 수분조건에 따른 토성별로는 과건은 식양토, 사양토, 사토순으로, 적습과 과습시는 사토, 사양토, 식양토 순으로 높았다. 과습에 따른 품종별 건물중은 삼도가 컸으며, 특히 과습시 사토 재배시는 식양토 재배에 비하여 80%이상 건물중이 높았다. 과습 조건하에서 사토 재배시 적습에 비하여 장수시호는 230%, 삼도시호는 624%의 증수효과가 있었다. 따라서 시호 재배시 증수를 위하여 사토에서 충분한 관수를 한다면 수량증진의 효과가 있을 것으로 생각되나, 유효성분의 변화를 고

려 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 시호 생체의 수분함량은 장수가 삼도에 비하여 높았으나, 수분조건에 따른 재배토양의 토성에 따라 시호근의 수분 함량 차이가 많았다. 토성간의 근의 수분함량은 식양토, 사양토, 사토 재배순으로 높았고, 특히 사토와 사양토간에는 차가 크지 않았으나 사양토와 식양토간에는 차가 10-20%로 매우 높았다.

토성 및 토양수분조건별 saikosaponin 함량을 조사 해 본 결과(Fig. 4, Table 1), 두 품종 공히 saikosaponin a, c, d를 확인할 수 있었으며, 각 처리별 함량의 차이를 나타내었다. 품종간 saikosaponin 함량은 장수가 삼도시호에 비하여 saikosaponin a의 함량이 매우 높았으나, c와 d함량은 일정한 차이를 나타내지 않았고, 성분 조성으로는 saikosaponin a, d, c순으로 높은 경향이였다. 특히 장수시호는 이러한 경향이 뚜렷하였으나, 삼도시호는 재배조건에 따라서 성분의 조성비가 차이가 있었다. 이러한 결과는 김 등(1996)과 박 등(1992)이 보고한 삼도시호보다 재래시호(장수)에서 saikosaponin 함량이 높다는 결과와 일치하지만, 성분조성이 재래시호에서는 saikosaponin a가, 삼도시호에서는 saikosaponin d가 많고, saikosaponin c는 둘다 가장 적었다는 결과와 상이하였다.

재배 토양수분조건에 따른 saikosaponin a, d, c 함량은 건조, 적습, 과건 순으로 높았고, 토성간에는 사토, 사양토, 식양토 순으로 높았다. 특히 과건하에서 사토 재배시 saikosaponin 함량이 가장 높았다. 이러

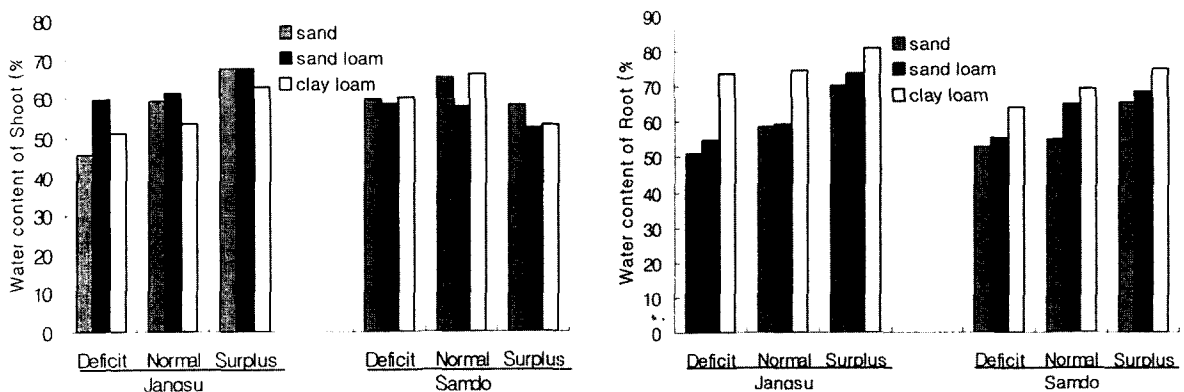


Fig. 3. Comparison of water contents of shoot and root in the cultivation of *Bupleurum falcatum* L.

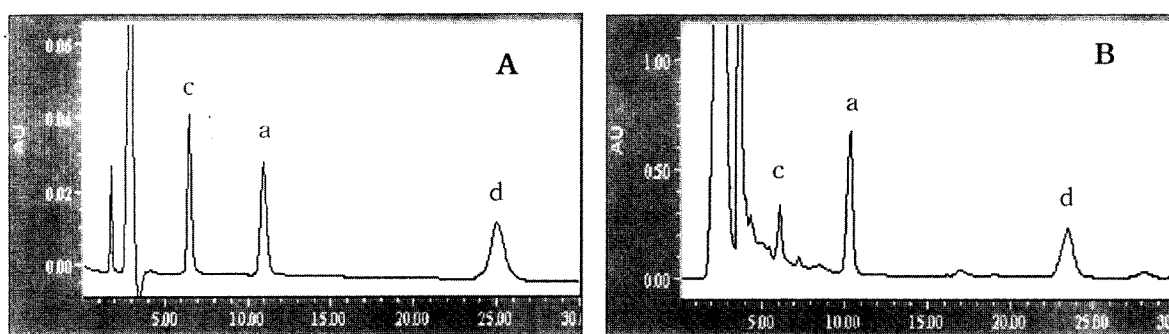


Fig. 4. HPLC chromatograms of saikosaponin standards(A) and saikosaponin in the cultivation of *Buplerum falcatum* L. a : saikosapnin a, c : saikosapnin c, d : saikosapnin d

Table 1. Comparison of Sakosaponins contents of root in the cultivation of *Buplerum falcatum* L.

Water Condition	Texture	Saikosaponin(mg/g)					
		Jangsu			Samdo		
		A*	C**	D***	A	C	D
Deficit	sand	4.764	1.467	2.747	3.191	1.374	2.462
	sandy loam	3.289	1.109	2.105	1.882	1.157	1.032
	clay loam	2.210	0.762	1.149	1.528	1.043	0.906
Normal	sand	2.463	0.438	1.534	1.254	1.370	1.849
	sandy loam	2.304	0.362	1.383	1.172	1.313	1.412
	clay loam	2.017	0.328	1.199	1.203	1.042	0.812
Surplus	sand	2.274	0.264	1.329	1.286	1.151	1.485
	sandy loam	2.043	0.223	1.068	1.039	1.091	1.365
	clay loam	1.962	0.133	0.682	0.996	0.718	0.766

*A : Saikosaponin a

**C : Saikosaponin c

***D : Saikosaponin d

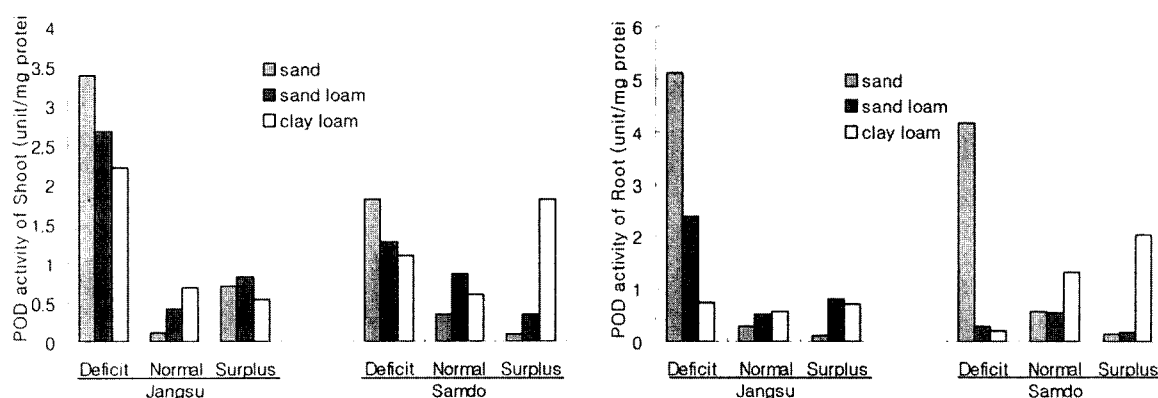


Fig. 5. Comparison of Peroxidase activity of root in the cultivation of *Buplerum falcatum* L.

한 결과는 Minami 등(1995)이 보고한 수분 스트레스로 뿌리생육은 저하되나 성분함량이 증대한다는 결과와 일치하였지만, 과건재배시 적습재배에 비해 Saikosaponin 함량이 높은 결과는 Minami 등(1995)이 보고한 수분 스트레스에 의해 saikosaponin a는 감소하며 saikosaponin c와 d는 증가하는 경향을 보였다는 결과와는 차이가 있었다.

토성 및 토양수분조건별 항산화 효소 활성을 조사해 본 결과(Fig. 5, 6), POD 활성은 지상부는 장수시호가 삼도에 비하여 매우 높았고, 토양수분함량간에는 장수는 과건, 과습, 적습조건 순으로 높았으나, 삼도시호는 과건, 적습, 과습 순으로 높았다. 장수 및 삼도시호 두품종 공히 과건 조건시는 사토에서, 적

습조건에서는 식양토에서, 과습조건에서는 사양토에서 활성이 높아서 토양수분조건에 따른 토성별로 큰 차이를 나타내었다. 근에서의 POD 활성은 지상부와 비슷한 경향을 나타내었다. 지상부와 지하부간의 활성정도는 일정한 경향을 나타내지 않았고, 과건 조건하의 사토와 과습 조건하의 사양토에서 POD 활성이 높은 경향은 과건 및 과습에 의한 생육의 stress로부터 POD활성이 증가한 것으로 생각된다.

SOD활성은 품종별로는 지상부와 지하부 공히 장수시호가 높은 경향이나, 재배 토양조건에 따라 큰 차이를 나타내었다. 재배토양 수분조건별로는 과건, 과습, 적습 순으로 높았고, 과건조건하에서는 두 품종 모두 사토 재배시 장수시호는 식양토에 비해 15

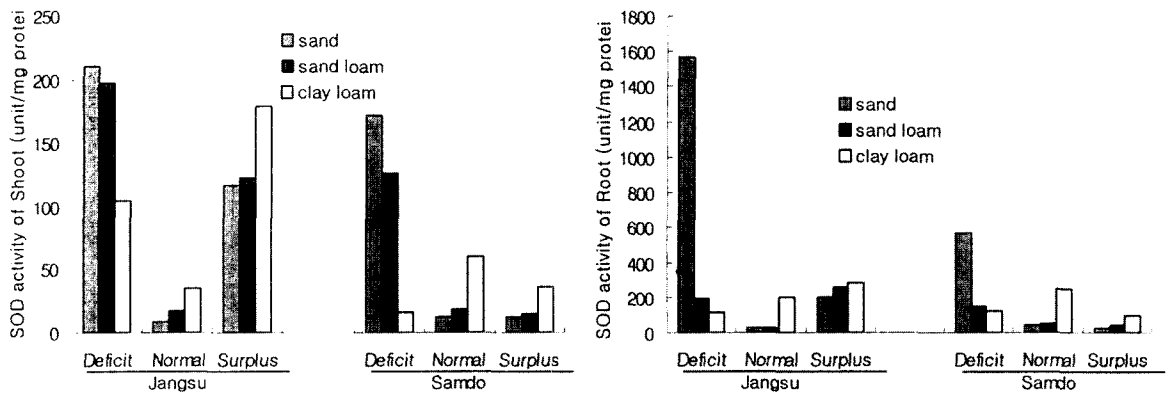


Fig. 6. Comparison of Superoxide dismutase activity of root in the cultivation of *Buplerum falcatum* L.

Table 2. Correlation coefficients agronomic characters and chemical compounds in Jangsu

	Shoot length	Root length	Shoot dry wt.	Root dry wt.	Shoot POD	Root POD	Shoot SOD	Root SOD	Saikosaponin a	Saikosaponin c
Shoot length	0.728*									
Shoot dry wt.	0.121	0.596								
Root dry wt.	0.562	0.700*	0.576							
Shoot POD	-0.840**	-0.697*	-0.030	-0.330						
Root POD	-0.681*	-0.738*	-0.134	-0.535	0.858**					
Shoot SOD	-0.771*	-0.446	0.243	-0.298	0.715*	0.672*				
Root SOD	-0.518	-0.568	0.018	-0.366	0.692*	0.916**	0.603			
Saikosaponin a	-0.491	-0.569	-0.018	-0.350	0.684*	0.603	0.545	0.278		
Saikosaponin c	-0.689*	-0.713*	-0.195	-0.398	0.880**	0.713*	0.525	0.422	0.900**	
Saikosaponin d	-0.429	-0.588	-0.096	-0.436	0.685*	0.670*	0.387	0.353	0.950**	0.907**

*, **means significant at 5 percent and 1 percent level, respectively

배, 삼도시호는 식양토에 비해 4배, 사양토에 비해 13배, 정선시호는 사양토, 식양토에 비해 3배 높게 나타났다. 과습조건에서의 식양토재배는 다른 토성에 비해 6-10배 정도 높게 나타났다. 적습상태에서의 사양토 재배는 다른 토성에 비해 높은 활성을 나타내었다. 장수시호는 재배조건이 가장 양호한 사양토에서 재배하여 적습을 유지할 경우 지하부의 SOD 활성은 225.6 unit/mg protein로 사양토(과습)보다는 9 배 높았지만 사토(건조)에 재배한 경우보다 7배 낮은 활성을 나타내었다. 처리별 SOD활성은 과건 토양의 사토재배가, 적습과 과습토양에서는 식양토재배가 다른 처리구에 비하여 높았다. 이러한 경향은 POD활성과 동일한 경향이였다. 처리별 근과 지상부에서의 SOD 활성의 경향은 동일하였다. 따라서 시호 재배 시 토양의 종류와 재배기간동안 수분상태가 POD, SOD 활성에 미치는 영향이 큰 것으로 사료된다.

시호의 생육특성과 성분들 상호간의 상관계수를 비교한 결과(Table 2, 3), 장수시호에서는 뿌리길이와 줄기길이, 뿌리POD와 줄기 POD, 뿌리 SOD와 줄기POD, 뿌리POD, 뿌리 saikosaponin a, c, d와 줄기 및 뿌리POD 사이에는 정의 상관관을 보였으며, 뿌리POD와 줄기길이 및 뿌리길이와는 부의 상관관을 보였다. 삼도시호에서는 뿌리POD와 줄기길이, 뿌리SOD 및 줄기길이와는 부의 상관관을 나타내었고, 뿌리건중

과 줄기건중, 뿌리SOD와 뿌리POD 및와 줄기SOD, saikosaponin a와 줄기SOD와는 정의 상관관을 보였다. 따라서 시호에서 뿌리의 saikosaponin함량과 POD 및 SOD 함량과는 정의상관을 나타내는 경향이었고 줄기 및 뿌리길이와 POD함량과는 부의상관을 나타내었다.

사사

본연구는 1998년도 교육부 학술진흥재단 과학기술중점연구과제 연구비에 의하여 지원되었음.

摘要

토성 및 토양수분에 따른 시호근의 생육특성과 saikosaponin함량 및 항산화효소 활성 변화를 조사해 본 결과, 수분과다 토양에서는 삼도시호는 장수시호보다 생육 억제정도가 매우 높았고, 건물중은 과습, 적습, 과건 재배 순으로 높았고, 수분조건에 따른 토성별로는 과건은 식양토, 사양토, 사토 순으로, 적습과 과습시는 사토, 사양토, 식양토 순으로 높았다.

토양수분조건별 saikosaponin a, d, c함량은 과건, 적습, 과습 순으로 높았고, 토성간에는 사토, 사양토, 식양토 순으로 높았다.

POD 활성은 지상부는 장수시호가 삼도에 비하여 매우 높았고, 토양 수분함량간에는 장수는 과건, 과

Table 3. Correlation coefficients agronomic characters and chemical compounds in Samdo

	Shoot length	Root length	Shoot dry wt.	Root dry wt.	Shoot POD	Root POD	Shoot SOD	Root SOD	Saikosa ponin a	Saikosa ponin c
Shoot length	0.276									
Shoot dry wt.	0.353	0.097								
Root dry wt.	0.326	0.392	0.884**							
Shoot POD	-0.659	-0.485	-0.377	-0.607						
Root POD	-0.888**	-0.545	-0.324	-0.440	0.700*					
Shoot SOD	-0.581	-0.733*	-0.396	-0.473	0.645	0.711*				
Root SOD	-0.781*	-0.629	-0.473	-0.479	0.590	0.880**	0.860**			
Saikosaponin a	0.032	-0.418	-0.320	-0.347	0.375	0.027	0.697*	0.302		
Saikosaponin c	0.276	0.053	-0.300	-0.129	-0.328	-0.297	0.160	-0.046	0.486	
Saikosaponin d	0.477	-0.089	0.051	0.020	-0.167	-0.440	0.154	-0.286	0.667*	0.798*

*, **means significant at 5 percent and 1 percent level, respectively

습, 적습 조건 순으로 높았으나, 삼도시호는 과건, 적습, 과습 순으로 높았다.

SOD활성은 지상부와 지하부 공히 장수시호가 높은 경향이나, 수분조건별로는 과건, 과습, 적습순으로 높았으며, 건조상태의 경우 두 품종 모두 사토에서 높았다.

시호에서 뿌리의 Saikosaponin 함량과 POD 및 SOD 함량과는 정의상관을 나타내는 경향이었고 줄기 및 뿌리길이와 POD함량과는 부의 상관을 나타내었다.

引用文獻

- Alscher RG, Hess JL(1993) Antioxidants in higher plants. CRC Press, Boca Raton. 1-17.
- Asada K(1992) Ascorbate peroxidase-a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. *Physiol Plant*. 85:235-241.
- Bannister JV, Bannister WH and Rotilio G(1987) Aspects of the structure, function and applications of superoxide dismutase. *CRC Critical Reviews in Biochemistry*. 22:11-180.
- Beauchamp C, Fridovich I(1971) Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal Biochem*. 44:276-287.
- Bradford MM(1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal Biochem*. 72:248-254.
- 西孝三郎(1995) 第5回 薬用植物栽培技術フォーラム 講演 旨集
- Ham, M. Hee., W. C. Park and K. B. Park(1995) Biochemical change in Brassica seedlings due to cold treatment. *Agriculture chemistry and biotechnology*. 38:207-211.
- Hosoda, K., M. Noguchi(1990) Studies on the cultivation of *Bupleurum falcatum* L.(I), Effects of cultivation condition on the root growth and saponin contents. *Chem. Pharm. Bull*. 38(2) : 436.
- Kim, K. S., N. S. Seong, Y. H. Chae, S. T. Lee, and Y. A. Chae(1995) Distribution of saikosaponins and their variation due to plant growth characters in *Bupleurum falcatum* L. Abstract in The Korean Society of Medocal Crop Science : p.38
- Kim, K. S., S. T. Lee, and Y. A. Chae(1996) Medicinal components in *Bupleurum* species. *Kor. J. Crop Sci*. 41:123-144.
- McCord JM and Fridovich I(1969) Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocyte hemocuprein (Hemocuprein). *J. Biol. Chem*. 244:6049-6055.
- Minami, M., M. Sugino, Hata, C. Hasegawa, K. Ashida and K. Ogaki(1995) Physiological response and improvement of tolerance to environmental stress in *Bupleurum falcatum* L.(I) Effects of dry stress on growth and saikosaponin content of one-year-old, rosette plant. *Natural Medicines* 49(2) : 148
- Murashige T and Skoog F(1962) A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol Plant* 15:473-497.
- Ohashi, H. and T. Kuribayashi(1967) On the comparative cultivation of *Bupleurum falcatum* L. from Miyazaki. *Jap. J. Pharmacogn*. 21(1) : 70.
- Oyanagui Y(1989) SOD and active oxygen modulators: pharmacology and clinical trials. *Nihon-Igakukan, Tokyo*. 1-859.
- Ohashi, H. and T. Kuribayashi(1973) On the trial selection of annual crop in *Bupleurum falcatum* (Preliminary report). *Jap. J. Pharmacogn*. 27(1) : 41.
- Ostuka, H., S. Kobayashi and S. Shibata(1997) Studies on the cultivation of *Bupleurum falcatum* L. *Jap. J. Pharmacogn*. 31(2) : 195.
- Park, C. H., C. Y. Yu, J. S. Seo, K. S. Kim, S. U. Park, S. D. Ahn and B. H. Chang(1995) Plug seedling production using tissue culture regenerants and their seeds in *Bupleurum falcatum* L. *Korean journal of medical crop science*. 3(3) 207-216
- Park, Y.J., H. S. Suh, S. K. Lee and J. W. Shim(1992) Comparative saikosaponin determination due to cultivars and root ages in *Bupleurum falcatum* L. *Res Rept. RDA> Korea*. 34(1) : 121.
- Jo, P. H., R. S. Seong, H. H. Bae, W. Y. Soh and D. Y. Cho(1990) Saikosaponin contents in *Bupleurum falcatum* root produced by tissue culture. *Kor. J. Pharmacogn*. 21(3) : 205-209.
- Win van Camp, Chirs Bowler, Raimundo Villarroel, ED, WT Tsang, Marc Van Montagu, Dirk Inze(1990)

Characterization of superoxide dismutase cDNAs from plants obtained by genetic complementation in *Escherichia coli*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 87:9903-9907.

(접수일 2000. 1. 20)

(수리일 2000. 4. 20)