차광처리에 따른 시설하우스 재배 고들빼기의 생육 및 생리활성 변화

천 상 욱^{1*}

Shading Effect on Plant Growth and Physiological Activity of *Youngia sonchifolia* Grown in Plastic House

Sang-Uk Chon^{1*}

ABSTRACT A greenhouse experiment was conducted to determine the effects of medium components and shade treatment on the growth, contents of total phenolics and flavonoids, and 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of *Youngia sonchifolia*. Substrates combined with coco peat and perlite (ratio 70 : 30 or 50 : 50, v/v) showed higher plant length, leaf area, and fresh weight than single substrate ($P<0.05$). Shade treatment also significantly reduced plant height, root length, leaf areas, and fresh weight ($P<0.05$) with increasing of the degree. Shading treatment, however, increased contents of total phenolics [mg ferulic acid equivalents kg^{-1} dry wt.] and total flavonoids [mg naringin equivalents kg^{-1} dry wt.] in shoot parts of *Y. sonchifolia*, showing 110.2 to 119.2 and 128.3 to 146.7 mg kg^{-1} , respectively. The antioxidant potential of the methanol extracts from the plants dose-dependently increased DPPH free radical scavenging activity, and the activity was higher in shoots (50.2 to 80.8%) than in roots (47.7 to 49.8%), and in shading treatment than in no shade.

Key words: antioxidant activity; DPPH; shading; medium components; total phenolics.

서 언

고들빼기(*Youngia sonchifolia*)는 국화과에 속하는 2년생 산채류로서 주성분은 이눌린(inulin)으로 매우 짭고 쓴맛을 가지고 있기 때문에 주로 어린잎이나 뿌

리를 데친 후 양념에 무치거나 김치를 담가 먹기도 하고 해열, 건위, 조혈, 소화불량, 폐렴, 간염, 타박상, 종기 등의 치료제로도 쓰여 왔다(김 1984). 민간에서는 예로부터 위장장해를 치료하는 목적으로 사용되었고, 근래에는 혈청의 지질 농도를 낮추는 효과(김

¹ 광주광역시 동구 서석동 375번지 조선대학교 BI센터 (주)이파리넷(EFARINET Co. LTD., BI Center, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea).

* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +82-62-228-0508, Fax) +82-62-228-0508, E-mail) chonsu4100@yahoo.co.kr

(Received August 23, 2010; Examined September 9, 2010; Accepted September 20, 2010)

등 1998), 고콜레스테롤혈증 개선효과(양 등 1992b)와 함께 고지혈증과 관련하여 지질대사를 개선시키며 지방간으로 인한 간세포의 손상을 지연시키는 효과가 있는 것으로도 보고(배 등 1997; 임 등 1997) 되는 등 기능성 식품으로서의 가치가 높은 것으로 평가되고 있다.

국내에서는 신(1988)과 박(1977)이 고들빼기 식물체 부위별 유리당, 유리아미노산, 지방산과 무기성분을 분석하였고, 생리활성물질로 잎 추출물로부터 phenol 물질인 chlorogenic acid(박 1977)와 flavonoid 물질인 luteolin 등(양 등 1992a)을, 분획물로부터 triterpene 계통의 물질(신 1993)을 각각 분리한 바 있다. 고들빼기 추출물로 인지질막 liposome의 안정성 및 유동성에 미치는 연구(배 등 1998)와 흰쥐의 사염화탄소에 의한 간 손상에 미치는 영향(배 등 1997)에 관해 연구되었고, 고들빼기의 갈변현상(박과 김 1984)에 관한 연구가 수행된 바 있다. 한편, 고들빼기 김치를 소재로 한 연구들(강 등 1983; 황 등 1995a와 b; 신 1996; 김과 이 2008)로서 숙성 중 클로로필 및 유도체에 관한 연구(김 등 1998), 고들빼기의 채취시기와 침지 방법별 발효특성에 관한 연구(신 1996), 황 등 (1995a)은 고들빼기 김치를 이용한 단백질 소화능력에 관한 연구를 수행한 바 있다.

Ma 등(1998)은 고들빼기 전초로부터 항암성이 있는 것으로 보고(Jang 등 2000; Ooi 등 2004)된 두 가지 guaianolide sesquiterpene lactone인 8-desoxyartelin [3-hydroxy-1(10), 3-guaiadiene-12,6-olide-2-one]과 ixerin Z[1(10),3,11(13)-guaiatriene-12,6-olide-2-one-3-O-glucopyranoside]를 분리하였다. Yin 등(2007)은 Hypersil ODS₂ 컬럼을 이용한 HPLC 분석을 통해 고들빼기의 주요한 5가지 화합물인 chlorogenic acid, caffeic acid, luteolin-7-O-β-D-glucuronide, luteolin-7-O-β-D-glucoside, luteolin를 분리한 바 있으며 이들 물질은 항균(Pettit 등1996; Agnese 등 2001), 항염(Moreira 등 2000; Shimoi 등 2000; Lu 등 2002), 항산화(Meyer 등 1998; Fukumoto와 Mazza 2000), 항암(Matsukawa 등 1993; Tanaka 등 1993a; Tanaka 등 1993b; Ryu 등 1994), 및 항콜레스테롤 활성(Young 등 1992)을 지닌 것으로 보고되고 있다.

고들빼기를 시설재배에 실용화하기 위해서 보수성, 보비성 및 통기성이 다른 양액배지 조성(Lee 1994)과 차광정도에 따라 고들빼기의 생육반응은 다를 것으로 예상된다. 실제로 차광은 광도는 물론 지온과 식물체온을 낮추는 효과(Brand 1997) 뿐만 아니라 지나친 차광조건에서는 순광합성량의 감소로 영양생장 저하, 초장, 측지수, 엽장, 엽면적 및 건물중 등의 감소가 뚜렷하며 결국 수량에 악영향을 줄 것으로 보고되고 있다(Brand 1997; Hong 등 1996; Son과 Chae 2003). 실제로 이 등(1998)은 차광처리에 따른 더덕의 조성분과 정유성분 변화에 관한 연구에서 차광정도가 높을수록 조단백질과 조지방은 감소한 반면, 향기성분인 trans-2-hexanol은 무차광에 비해 오히려 3.2배 높아졌음을 보고하였다. 하지만, 차광정도별 고들빼기의 생육과 생리활성물질 함량 또는 그 활성 변화에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 고들빼기의 시설재배를 위해 배지조성 및 차광정도를 달리한 환경조건에 따른 생육특성과 그에 따른 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량 및 항산화성을 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

고들빼기 재배조건

본 연구는 2009년 5월부터 9월까지 순천대학교 실험하우스에서 수행하였다. 공시 고들빼기 종자는 순천시 낙안읍에 있는 독농가로부터 2008년에 수확된 것을 구입하여 사용하였다.

재배상은 지상 30cm에 고정배지경으로 제작하였는데 스티로폼 성형배드(60×600×20cm)에 흑색비닐로 방수 처리한 후 배수를 원활하기 위해 배수판을 깔았다. 식물체의 뿌리가 배수공을 막는 것을 방지하기 위하여 배수판위에 방근 시트를 깔고 코코피트와 펄라이트 1호(경동세라믹, 한국)를 각각 100 : 0(코코피트 단용), 70 : 30, 50 : 50, 및 0 : 100(펄라이트 단용) 4종의 배지를 조제하여 각 처리구에 충진한 후 그 위에 양액공급용 점적호스를 3줄로 치상하여 양액탱크(600L)로 연결하였고 양액은 일본 원예시험장

Table 1. Composition of the balanced nutrient solution modified for *Youngia sonchifolia* cultivation from Japanese Horticultural Experiment Station.

Ingredient	Chemical formula	Concentration (mg · L ⁻¹)
Macro nutrient	5[Ca(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O] · NH ₄ NO ₃	864
	KNO ₃	729
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	492
	KH ₂ PO ₄	109
	NH ₄ H ₂ PO ₄	62
Micro nutrient	Fe-EDTA(12.5%)	20
	H ₃ BO ₃	2.86
	MnSO ₄ · H ₂ O	1.57
	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.22
	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.08
	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.03

(Ikeda 1984) 균형배양액(표 1)을 사용하여 3엽기까지 생육초기에는 1/2배액(EC 1.1 dS · m⁻¹), 3엽기 이후부터는 표준농도(EC 2.2 dS · m⁻¹)로 조정하여 급액하였다.

고들빼기 종자는 2009년 7월에 15×20cm의 간격으로 파종하였으며, 시험구는 완전 임의배치법 3반복으로 배치하였다. 파종 후 1주일간은 물만 공급하였고, 2주째부터는 양액을 공급하였는데, 일본 원예시험장 표준양액을 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100mL씩 공급하였다. 하우스 내 차광처리는 차광망(polyethylene net)으로 무차광, 50%차광, 70%차광으로 이루어졌고 이때 시험기간 중 하루 평균 광량(PAR)은 각각 84.9, 30.6, 21.1 μmol photons m⁻² s⁻¹으로 나타났고 그 외의 재배관리는 약용식물 관행재배법에 준하였다.

고들빼기 생육 반응

생육조사는 파종 후 90일째 이루어졌으며 각 처리별로 수확된 고들빼기를 세척 후 초장, 근장, 엽수, 엽면적(Li-3100, LI-COR Inc, USA), 지상부 및 지하부 생체중을 각각 측정하였다.

총페놀함량 및 총플라보노이드 함량

입지별로 재배된 고들빼기는 지상부와 뿌리를 수

확하여 5일간 동결 건조(-40℃에 5일간)를 거친 후 시료를 마쇄하여 1mm 체에 통과시킨 후 시료 200g을 95% methanol 2L에 24시간 동안 추출하여 여과한 후 그 추출액을 50℃에서 감압 농축(N-1000V-W, Eyela, Japan)하여 메탄올 추출물(회수율 10% 내외)을 얻었다.

고들빼기 메탄올 추출물 내 총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi 1965)에 따라 분석하였다. 추출물을 1mg mL⁻¹ 농도로 조제한 후, 이 시료액 1mL에 증류수 3mL를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1mL를 첨가한 후 27℃ shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1mL를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU)로 흡광도를 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질 ferulic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 후 정량하였다.

총 플라보노이드 함량 측정은 Bao 등(2005)의 방법으로 수행하였는데 시료 0.1g에 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0mL를 시험관에 취하고 10mL의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1mL를 첨가하여 잘 혼합시켜 37℃의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 추출액 대신 50% methanol

용액을 동일량 처리하였으며, 표준곡선은 naringin (Sigma co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

항산화성

입지별 고들빼기 지상부와 뿌리의 메탄올 추출물에 대한(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 HPLC를 이용한 DPPH radical scavenging activity 방법(Blosi 1958)으로 검정하였다. 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500~550nm)와 같은 영역에 있을 경우 정량적 분석조건이 가능하였다. DPPH 용액(100 μ M) 900 μ L와 추출물 용액 100 μ L을 혼합한 후 암조건에서 10분동안 반응시켰다. 900 μ L DPPH 용액(100 μ M)과 시료추출물의 용해한 용액(100 μ L)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료를 첨가하지 않은 DPPH용액의 용출 peak의 면적과 비교하였다. HPLC 조건은 Column : Shim pack(4.6 $\times$ 250mm), mobile phase : MeOH-H₂O (70 : 30, v/v), wavelength : 517nm, flow rate : 0.8mL min.⁻¹, attenuation : 32, injection volume : 20 μ L으로 하였으며 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있었다.

$$An = (A-Ao)/Ao \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성(%)

A : 시료가 첨가된 반응용액중의 DPPH radical의 용출피크면적

Ao : 시료가 첨가하지 않은 DPPH radical용액의 용출피크면적

각 식물체의 메탄올 추출물을 처리하여 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 시료의 농도를 IC₅₀로 환산하여 저해율(inhibition rate or reduction concentration, %)을 산출하였다.

통계분석

모든 실험은 완전임의배치법으로 3반복 실시하였으며 그 결과를 SAS(SAS Institute, 2000)를 이용하여 분석하였으며 처리간의 평균치 차이는 Least Significant Difference(LSD) 검정을 통해 비교하였다.

결과 및 고찰

고들빼기 생육반응

생육조사는 파종 후 90일째 각 처리별 고들빼기의 초장, 엽수, 엽면적, 근장, 지상부 및 지하부 생체중을 각각 측정하였다. 차광정도에 따른 고들빼기 잎의 형태적 특성은 차광 하에서 엽장과 엽폭의 감소가 뚜렷하고 잎 가장자리의 작은 가시의 크기가 감소한 반면, 엽병 길이가 크게 증가하는 경향을 보였다(그림 1).

Fig. 1. Morphological shape of *Youngia sonchifolia* leaves grown under different shading degrees (from no shade to 70% shade) in plastic house 90 days after seeding.

차광조건에 따른 생육반응은 고들빼기의 초장보다는 근장에서 뚜렷하게 나타났고 배지조성에 따른 고들빼기의 초장과 근장 모두에서 무차광과 50% 차광에서 코코피트와 펄라이트를 각각 70 : 30과 50 : 50으로 혼합한 배지가 그들의 단독배지보다 유의적으로 높게 나타냈다(그림 2). 또한, 차광조건에 따른 고들빼기의 엽수는 배지별, 차광정도별 유의성은 인정되지 않았으나 엽면적은 배지별, 차광정도별로 고도의 유의성을 보였다. 특히, 코코피트와 펄라이트를 70 : 30으로 혼합한 배지에서 가장 높은 엽면적 지수를 보였다(그림 3).

한편, 차광조건에 따른 고들빼기의 생체중은 지상부 및 지하부 모두에서 배지별, 차광정도별 유의성은 높게 인정되었다 하지만 배지간에는 일정한 경향은 인정되지 않았으나 무차광에서는 코코피트 단독배지

Fig. 2. Shoot (upper) and root (bottom) lengths of *Youngia sonchifolia* plants grown under different growing media and shading degrees (from no shade to 70% shade) in plastic house. Means with same letter are not significantly different at $p < 0.05$. Least significant difference test.

가, 50%차광에서는 코코피트와 펄라이트를 70 : 30으로 혼합한 배지에서 가장 높은 지상부와 지하부 생체중을 보였다(그림 4).

이러한 결과는 차광조건에서는 광부족으로 인한 순광합성량의 감소로 인해 식물의 초장, 측지수, 엽장, 엽면적 및 건물중 등의 감소가 뚜렷하여 결국 수량에 악영향을 줄 것이라는 보고들(Brand 1997; Hong 등 1996; Son과 Chae 2003)과 일치하였다. 다만, 차광정도별 고들빼기의 근장, 엽면적 및 생체중은 유의적인 차이를 보였으나 초장과 엽수에 있어서는 그 차이가 인정되지 않는 것으로 나타났다. 또한 Lee 등(1994)이 언급한 바와 같이 배지조합별 보수성, 보비성 및 통기성이 달리 나타났으며 특히 코코피트와 펄라이트를 70 : 30으로 혼합한 배지에서 가장 높은

Fig. 3. Number (upper) and area (bottom) of leaves of *Youngia sonchifolia* grown under different growing media and shading degrees (from no shade to 70% shade) in plastic house. Means with same letter are not significantly different at $p < 0.05$. Least significant difference test.

생육량을 보임으로써 배지의 조성 차이가 고들빼기의 생육반응에 그대로 반영됨을 알 수 있었다.

총페놀함량 및 총플라보노이드 함량

차광정도를 달리했을 때 총페놀함량은 고들빼기 지상부 메탄올 추출물($95.2 \sim 119.2 \text{ mg kg}^{-1}$)이 지하부($23.1 \sim 58.0 \text{ mg kg}^{-1}$)에 비해 매우 높게 나타났으며, 그 중 무차광, 50% 차광, 70%차광에서 각각 95.2 , 110.2 및 119.2 mg kg^{-1} 으로 나타나 차광정도가 클수록 높은 함량을 보였다(그림 5). 한편, Chon (2005)은 차광조건이 상추의 항산화성과 chlorogenic acid 함량에 미치는 영향에 관한 연구에서 70%차광이 상추의 초장은 25% 증가한 반면 생체중은 41% 감소하였고, 부탄올 분획물에서 페놀산 chlorogenic

Fig. 4. Shoot (upper) and root fresh (bottom) weights of *Youngia sonchifolia* grown under different growing media and shading degrees (from no shade to 70% shade) in plastic house. Means with same letter are not significantly different at $p < 0.05$. Least significant difference test.

acid 함량은 무차광에서 $34.29 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ 인 반면 70% 차광에서 $45.64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ 으로 뚜렷한 증가를 보고한 바 있다.

한편, 차광정도에 따른 총플라보노이드 함량도 총페놀 함량과 마찬가지로 고들빼기 지상부 메탄올 추출물 ($90.9 \sim 146.7 \text{ mg kg}^{-1}$)이 지하부($11.2 \sim 14.7 \text{ mg kg}^{-1}$)에 비해 매우 높게 나타났으며, 그 중 무차광, 50% 차광, 70% 차광에서 각각 90.9 , 128.3 및 146.7 mg kg^{-1} 으로 나타나 차광정도가 클수록 높은 총플라보노이드 함량을 보였다(그림 5).

수종의 작물과 식물종은 광량에 따라 그들의 광합성량 등의 생리적 반응이 달라질 수 있으며 (Alsaadawi 등 1985; Balakumar 등 1993), 일반적으로 부적합 환

Fig. 5. Total phenolics contents (upper) and total flavonoid contents (bottom) in the methanol extracts ($10,000 \text{ mg kg}^{-1}$) from shoot and root parts of *Youngia sonchifolia* grown under different shading degrees in plastic house. Means of total phenolics contents from shoot (upper case) and root (lower case) parts are significantly different (0.05) from those with the same letter. LSD test.

경조건에 처한 식물은 생리적 2차대사 물질의 생산 증대로 인하여 생리활성이 증가하는 경향이 뚜렷하며(Niemeyer 1988) 이 스트레스에 기인한 생리활성의 증가는 바로 환경 스트레스에 대한 식물의 방어 전략 중 하나인 것으로 알려지고 있다(Bell 1981).

항산화성

처리별 고들빼기 시료의 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능은 HPLC 분석을 통해 검정하였다. 지상부 메탄올 추출물이 지하부보다 높은 소거능을 보였고 차광보다는 무차광에서 더 높은 활성을

Table 2. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from shoot and root parts of *Youngia sonchifolia* grown under different shading conditions in plastic house.

Plant part	Shading degree	Extract concentration (mg kg ⁻¹) ¹⁾							I ₅₀ *
		390	780	1,560	3,120	6,240	12,500	25,000	
Shoot	No shade	4.6	6.3	10.0	13.1	27.3	45.4	80.8	13,527
	50% shade	5.7	7.1	10.2	14.0	26.5	42.2	73.4	16,143
	70% shade	3.9	5.7	9.2	12.8	23.8	36.7	50.2	24,980
Root	No shade	2.2	4.3	7.6	7.9	22.7	37.1	49.2	25,653
	50% shade	3.9	5.3	8.7	5.0	23.1	36.8	49.8	23,843
	70% shade	0.2	2.3	5.9	11.0	20.4	34.7	47.7	25,351

¹⁾Extract concentrations, which show 50% activity of DPPH radical scavenging, were determined by interpolation.

보였다. 하지만, 무차광에서 지상부 메탄올 추출물 25,000mg kg⁻¹에서 DPPH 라디컬 소거능은 80.8%로 가장 높게 나타났고 50%차광에서는 73.4%, 70%차광에서는 50.2%로 나타나 생리활성물질의 함량과 상반된 결과가 나타났다(표 2).

이상의 결과로 볼 때, 고들빼기 시설재배를 위한 양액배지로서 코코피트와 펄라이트를 각각 70 : 30과 50 : 50으로 혼합한 배지가 코코피트와 펄라이트의 단독배지보다, 그리고 무차광일수록 생육 및 수량에 있어서 유의적으로 높았고, 차광정도가 클수록 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량은 유의적으로 높았으나 DPPH 라디컬 소거능은 지상부 추출물에서는 감소하는 경향이었다.

요 약

고들빼기의 시설생산을 위해 배지조성 및 차광정도를 달리한 환경조건에 대한 생육특성과 그에 따른 생리활성 변이를 검토하고자 온실시험을 수행하였다. 고들빼기 시설재배를 위한 적정한 배지조합은 코코피트와 펄라이트를 각각 70 : 30과 50 : 50으로 혼합한 배지가 코코피트와 펄라이트의 단독배지보다 생육 및 수량에 있어서 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 차광정도에 따른 고들빼기의 근장, 엽면적 및 생체중을 비롯한 생육은 무차광에서 가장 높게 나

타났고 그 다음이 50%차광 및 70%차광 순이었다(P<0.05). 총페놀 함량(110.2~119.2mg kg⁻¹)과 총플라보노이드 함량(128.3~146.7mg kg⁻¹)과 같은 생리활성물질의 함량은 지하부보다는 지상부에서, 무차광보다는 차광에서 높게 검출되었다. 한편, DPPH 라디컬 소거능 측정을 통한 항산화성은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였고 지하부(47.7~49.8%)보다는 지상부(50.2~80.8%)에서, 차광보다는 무차광에서 높은 활성을 보였다.

감사의 말씀

본 연구는 농림수산식품부의 농림수산식품기술기획평가원의 연구개발과제(109067-03-SB010) 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

인 용 문 헌

- 강동희, 우영숙, 이영경, 정승용. 1983. 고들빼기 김치의 유기성분(I)-유리아미노산에 관하여-. 한국식품영양학회지 12(3):225-229.
- 김재길. 1984. 원색천연약물대사전. 남산당. p. 42.
- 김재영, 오세원, 고진복. 1998. 고들빼기가 흰쥐의 성장률, 단백질 및 지질농도에 미치는 영향. 한국식

- 품영양과학회지 27(3):525-530.
- 김행란, 이인선. 2008. 저장온도를 달리한 고들빼기 김치의 품질특성 변화. 한국식품조리과학회지 24(5):617-625.
- 박수선, 김안근. 1984. 고들빼기의 갈변에 관한 연구. 생약학회지 15(2):78-84.
- 박수선. 1977. 고들빼기(*Ixeris sonchifolia* H.) 성분 및 생물학적 활성에 관한 연구. 한국생화학회지 10(4):241-252.
- 배송자, 김남홍, 하배진, 정복미, 노승배. 1997. 고들빼기 잎추출물이 흰쥐의 사염화탄소에 의한 간손상에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지 26(1):137-143.
- 배송자, 노승배, 정복미. 1998. 고들빼기 추출물이 인지질막 Liposome의 안정성 및 유동성에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지 27(3):508-517.
- 신수철. 1988. 야생 고들빼기의 화학성분에 관한 연구. 한국농화학회지 31(3):261-266.
- 신수철. 1993. 고들빼기 생리활성물질의 검색. 한국농화학회지 36(2):134-137.
- 신수철. 1996. 고들빼기의 김치 가공적성에 관한 연구. 한국자원식물학회지 9(2):105-112.
- 양한석, 임광식, 최재수. 1992a. *Ixeris* 속 식물의 약화학적 연구. 2. 고들빼기의 플라보노이드 성분과 유리 아미노산 조성. 한국영양식량학회지 21(3):296-301.
- 양한석, 최재수, 이지현. 1992b. 고들빼기의 고콜레스테롤혈증 개선효과. 생약학회지 23(2):73-76.
- 이승필, 김상국, 정상환, 최부술, 이상철. 1998. 차광처리에 따른 더덕의 조성분과 정유성분 변화. 한국약용작물학회지 6(2):149-153.
- 임상선, 정해옥, 정복미. 1997. 고들빼기의 급여가 고지혈증 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 한국영양학회지 30(8):889-894.
- 황은영, 류홍수, 전순실, 박건영, 이숙희. 1995a. 고들빼기 김치가 단백질 소화율에 미치는 영향. 한국영양식량학회지 24(6):1010-1015.
- 황은영, 류홍수, 전순실, 박건영. 1995b. 고들빼기 김치식이섬유질의 식품학적 특성. 한국영양식량학회지 24(3):404-408.
- Agnese, A. M., C. Perez and J. L. Cabrera. 2001. *Adesmia aegiceras* : antimicrobial activity and chemical study. Phytomedicine. 8(5):389-394.
- Alsaadawi, I. S., J. K. Al-Uqaili, S. M. Al-Hadithy and A. I. Alrubeaa. 1985. Effect of gamma irradiation on allelopathic potential of *Sorghum bicolor* against weeds and nitrification. J. Chem. Ecol. 11:1737-1745.
- Balakumar T., V. H. B. Vincent and K. Paliwal. 1993. On the interaction of UV-B radiation (280-315 nm) with water stress in crop plants. Physiol. Plant. 87:217-222.
- Bao, J. S., Y. Cai, M. Sun, G. Y. Wang and H. Corke. 2005. Anthocyanins, flavonoids, and free radical scavenging activity of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) extracts and their color properties and stability. J. Agricultural and Food Chemistry 53:2327-2332.
- Bell, A. B. 1981. Biochemical mechanisms of disease resistance. Annu. Rev. Plant Physiol. 32:21-81.
- Blosi, M. S. 1958. Antioxidant determinations by use of a stable free radical. Nature 26:1199-1200.
- Brand, M. H. 1997. Shade influences plant growth, leaf color, and chlorophyll content of *Kalmia latifolia* L. cultivar. HortScience 32:206-208.
- Chon, S. U. 2005. Antioxidant potential and chlorogenic acid level of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. Plant Res. 8:103-109.
- Fukumoto, L. R., and G. Mazza. 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 48(8):3597-3604.
- Hong, C. K., S. B. Bang and J. S. Han. 1996. Effects of shading net on growth and yield of *Aster scaber* Thunb. and *Ligularia fischeri* Turcz. RDA J. Agri. Sci. 38:462-467.
- Ikeda, H. 1986. Nutrient solution management in view of nutrient requirement of crops. Agr.

- Hort. 61:205-211.
- Jang, D. S., T. J. Ha, S. U. Choi, S. H. Nam, K. H. Park and M. S. Yang, 2000. Isolation of isoambergoin and isolipidiol from whole plants of *Youngia japonica* (L.) DC. Korean J. of Pharmacognosy 31:306-309.
- Lee, Y. B. 1994. Hydroponics - High tech agricultural techniques in 21th century. pp. 62-65. RDA Report.
- Lu, J. C., X. Z. Feng, Q. S. Sun, H. W. Lu, M. Manabe, K. Sugahara, D. Ma, Y. Sagara and H. Kodama. 2002. Effect of six flavonoid compounds from *Ixeris sonchifolia* on stimulus-induced superoxide generation and tyrosyl phosphorylation in human neutrophils. Clin. Chim. Acta. 316(1):95-99.
- Ma, J. Y., Z. T. Wang, L. S. Xu, G. J. Xu, S. Kadota and T. Namba. 1998. Sesquiterpene lactones from *Ixeris sonchifolia*. Phytochemistry 48(1): 201-203.
- Matsukawa, Y., N. Marui, T. Sakai, Y. Satomi, M. Yoshida, K. Matsumoto, K. Nishino and A. Aoike. 1993. Genistein arrests cell cycle progression at G2-M. Cancer Res. 53:1328-1331.
- Meyer, A. S., J. L. Donovan, D. A. Pearson, A. L. Waterhouse and E. N. Frankel. 1998. Fruit hydroxycinnamic acids inhibit human low-density lipoprotein oxidation *in vitro*. J. Agric. Food Chem. 46(5):1783-1787.
- Moreira, A. S., V. Spitzer, E. E. Schapoval and E. P. Schenkel. 2000. Antiinflammatory activity of extracts and fractions from the leaves of *Gochnatia polymorpha*. Phytother. Res. 14(8): 638-640.
- Niemeyer, H. M. 1988. Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4- benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the Gramineae. Phytochemistry 27:3349-3358.
- Ooi, L. S. M., W. Hua, C. W. Luk and V. E. C. Ooi. 2004. Anticancer and antiviral activities of *Youngia japonica* (L.) DC (Asteraceae, Compositae). J. of Ethnopharmacology 94(1):117-122.
- Pettit, G. R., M. S. Hoard, D. L. Doubek, J. M. Schmidt, R. K. Pettit, L. P. Tackett and J. C. Chapus. 1996. Antineoplastic agents 338. The cancer cell growth inhibitory. Constituents of *Terminalia arjuna* (Combretaceae). J. Ethnopharmacol. 53(2):57-63.
- Ryu, S. Y., S. U. Choi, C. O. Lee, S. H. Lee, J. W. Ahn and O. P. Zee. 1994. Antitumor activity of some phenolic components in plants. Arch. Pharmacol. Res. 17(1):42-44.
- SAS (Statistical Analysis Systems) Institute. 2000. SAS/STAT user's guide. Version 7. Electronic Version. Cary, NC, USA.
- Shimoi, K., N. Saka, K. Kaji, R. Nazawa and N. Kinae. 2000. Metabolic fate of luteolin and its functional activity at focal site. Biofactors 12: 181-186.
- Singleton, V. L., and J. A. Rossi. 1965. A colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult. 16:144-158.
- Son, H. Y., and S. C. Chae. 2003. Effects of shading, potting media and plant growth retardant treatment on the growth and flowering of *Spiranthes sinensis*. Kor. J. Hort. Sci. Tech. 21:129-135.
- Tanaka T., T. Kojima, T. Kawamori, N. Yoshimi and M. Mori. 1993a. Chemoprevention of diethylnitrosamine-induced hepatocarcinoma genesis by a simple phenolic acid protocatechuic acid in rats. Cancer Res. 53:2775-2779.
- Tanaka, T., T. Kojima, T. Kawamori, A. Wang, M. Suzuki, K. Okamoto and H. Mori. 1993b. Inhibition of 4-nitroquinoline-1-oxide-induced rat tongue carcinogenesis by the naturally occurring plant phenolics caffeic, ellagic, chlorogenic and ferulic acids. Carcinogenesis. 14:1321-1325.
- Yin, R., X. X. Deng, F. Han, Z. Song, W. M. Cheng,

X. H. Chen and K. S. Bi. 2007. Determination of five components in *Ixeris sonchifolia* by high performance liquid chromatography. J. of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 43(4): 1364-1369.

Young, H. S., J. S. Choi and J. H. Lee. 1992. Further study on the anti-hypercholesterolemic effect of *Ixeris sonchifolia*. Kor. J. Pharmacog. 23:73-76.