배지조성과 차광정도가 시설하우스 재배 인삼의 초기 생육 및 생리활성에 미치는 영향

천상욱*, 정순목¹조선대학교 BI센터 (주)이파리넷, ¹순천대학교 웰빙자원학과Effects of Shading Degree and Substrate Component on Early Growth and Physiological Activity of *Panax ginseng* Grown under Plastic HouseSang-Uk Chon* and Sun-Mok Jeong¹

EFARINET Co. LTD., BI Center, Chosun University, Gwangju 501-759, South Korea

¹Department of Well-Being Resources, Suncheon National University, Suncheon 540-742, South Korea

Abstract - Plastic house and laboratory experiments were conducted to determine the effects of substrate components and shade degrees on plant growth and physiologically-active substance content and antioxidant activity of *Panax ginseng*. No significant difference in growth characteristics among substrates was observed. However, shade treatment also significantly reduced leaf area, chlorophyll content, root length, and shoot and root fresh weight ($P < 0.05$) with increasing of the degree. Total phenolics level [mg ferulic acid equivalents (FAE) kg^{-1} DW] was higher in root parts (25.8 to 28.4 mg kg^{-1}) than shoot parts (20.7 to 23.8 mg kg^{-1}) of *Panax ginseng*, and with shade (23.7 to 28.4 mg kg^{-1}) than without shade (20.7 to 25.8 mg kg^{-1}). However, total flavonoids [mg naringin equivalents kg^{-1} DW] was more detected in the shoot part (17.4 to 26.8 mg kg^{-1}) than in the root part (6.7 to 7.0 mg kg^{-1}) of *Panax ginseng*. Methanol extracts from the *Panax ginseng* plants dose-dependently increased DPPH free radical scavenging activity as a antioxidant potential, and the activity was higher in shoot parts (31.1 to 36.5%) than in root parts (24.9 to 28.7%), and without shade than with shade. In conclusion, shade affects plant growth as well as physiological activity of *Panax ginseng* under plastic house condition.

Key words - *Panax ginseng*, Antioxidant activity, Shading, Substrate components, Total phenolics, Total flavonoids

서 언

인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 오가피과(Araliaceae)에 속하는 음지성, 호냉성 식물로서 대표적 약효 성분인 사포닌은 항암(Jeon *et al.*, 1991), 면역증강(Kim과 Jung, 1987), 혈압강하(Kang과 Kim, 1992), 혈당강하(Joo와 Kim, 1992), 항염증(Oliveira *et al.*, 2001) 및 항산화 효과(Kim *et al.*, 1996) 등 매우 다양한 효능이 있는 것으로 알려져 있다. 인삼에 함유된 사포닌 외의 성분에 대한 효능도 알려지고 있는데 최근에는 인삼 다당류의 항암, 혈당저하 효과(Kim *et al.*, 1998; Sonoda *et al.*, 1998), 페놀성 성분의 항산화 활성(Lee *et al.*, 2000; Shin *et al.*, 1990; Wee *et al.*,

1989) 등이 밝혀지고 있다.

인삼으로부터 gentisic acid, ferulic, p-hydroxybenzoic acid 등 10여종의 페놀산이 확인되었으며, Choi *et al.*(2006)은 백삼으로부터 유리형, 에스테르형, 결합형 페놀산을 분리하여 이들의 항산화 활성을 보고하였고, Jung *et al.*(2000)도 GC-MS를 이용하여 12종의 페놀산을 분리하였다. Han *et al.*(1984)은 개별 사포닌 Rg₁, Re, Rb₁과 페놀성 물질인 maltol, salicylic acid, vanillic acid의 항산화 효과를 시험하였으며, 이외에도 인삼의 활성산소 소거능(Kim 등, 1984), 방사선 조사시 항산화 관련 효소활성에 미치는 영향(Kim and Chang, 1994), 인체 내 지질대사에 미치는 영향(Kim과 Park, 2003) 등에 관한 연구가 보고되고 있다.

인삼은 반음지성 식물로서 일반작물과는 달리 인위적으로 조절된 해가림 시설의 반음지 조건에서 재배되고 있다.

*교신저자(E-mail) : chonsu4100@yahoo.co.kr

인삼의 성질은 광을 좋아하나 고온을 싫어 할 뿐만 아니라 봄철 건조기에는 건조 상태에, 그리고 여름 장마철에는 과습상태 등에 특히 약한 특징을 갖고 있다. 따라서 인삼의 생육은 해가림 시설내의 환경조건 즉 광량, 온도 그리고 토양수분함량 조건 등에 따라 크게 영향을 받고 있는 것으로 알려지고 있다(Lee *et al.*, 1980).

인삼의 지상부 생육에 대한 최적 광량은 자연광의 8~19%, 인삼의 생존을 위한 최소 및 최고의 광량은 자연광에 대한 상대조도가 3% 및 30%이었고 생장을 위한 최적광량은 8%이나 최고의 물질생산은 8%보다 19%일 것으로 기대된다고 하였다(Kim, 1964). Lee(1983)는 인삼의 근중 증가를 위한 해가림의 적합한 투광율은 3년근에서는 18.13%, 6년근에서는 21.5%라고 보고하였다. 인삼 잎의 광반응에 대하여 Imori(1930)는 미국인삼은 전광량의 1/4~1/6하에서 재배되고 있음을 보고하였고, 조 등(1984)은 해가림의 설치는 최대광합성 추정치에 적합한 조도인 9,000 Lux 내외로 조절하는 것이 바람직하다고 보고하였다.

인삼의 내양성과 내음성에 관한 실험에서 Kim(1964)은 줄기의 신장은 광량에 역비례하고, 잎의 생장은 8% 이하의 광도에서는 정비례하나 8% 이상에서는 광도에 역비례하는 점으로 보아 인삼생존을 위한 최저 및 최고 광량은 자연광에 대한 상대조도 3% 및 30% 사이에 있으며, 생장을 위한 최적 광량을 8%로 보았다. 그러나 고년근의 경우는 19%일 때 물질생산이 많다고 하였다. 최근에 Chon(2010)은 차광 정도에 따른 고들빼기의 근장, 엽면적 및 생체중을 비롯한 생육은 무차광에서 가장 높게 나타났고 그 다음 50% 및 70% 차광의 순이었다($P < 0.05$)고 보고하였다.

한편, 대부분의 연구에서 의약적 목적으로 인삼의 뿌리만이 집중적으로 연구되어 왔으나 잎과 같은 부위를 이용한 연구도 관심을 갖게 되었다. Lee *et al.*(2004)은 인삼 식물체 부위별 총 페놀화합물을 분석·비교한 결과 잎(147~200 mg%), 줄기(110~153 mg%), 뿌리(61~86 mg%)의 순으로 나타나 잎이 줄기나 뿌리보다 높은 함량을 보인다고 하였다.

인삼의 시설재배를 실용화하기 위해서 보수성, 보비성 및 통기성이 다른(Lee, 1994) 고품배지와 차광 정도에 따른 인삼의 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 뚜렷하여 결국 수량에 악영향을 주는 것으로 보

고되고 있다(Brand, 1997; Hong *et al.*, 1996; Son and Chae, 2003). 실제로 Lee *et al.*(1998)은 차광 정도가 높을수록 더덕의 조단백질과 조지방은 감소한 반면, 향기성분인 *trans*-2-hexanol은 무차광에 비해 오히려 3.2배 높아졌음을 보고하였다. 차광 정도에 따른 고들빼기에 있어서 총 페놀과 총 플라보노이드 같은 생리활성물질의 함량은 무차광보다는 50%와 70% 차광에서 높게 검출되었음을 보고하였다(Chon, 2010). 하지만, 차광정도별 인삼의 생육변화에 따른 생리활성물질 함량 또는 그 활성 변화에 관한 연구는 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 양액 배지에서 4개월 이내의 짧은 기간 동안 재배된 인삼의 지하부는 물론, 지상부 경엽 부위를 채소 또는 식품첨가물로 이용하기 위해 배지의 혼합 비율과 차광 정도를 달리했을 때의 생육특성과 그에 따른 생리활성 변화를 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

인삼 재배조건

본 연구는 2009년 5월에서 9월까지 순천대학교 실험하우스에서 수행하였다. 공시 묘삼(재래종: 자경종)은 전북 진안군 진안읍에 있는 독농가로부터 구입하여 사용하였다.

재배상은 지상 30 cm에 고품배지경으로 제작하였는데 스티로폼 성형베드(60 cm × 600 cm × 20 cm)에 흑색비닐로 방수 처리한 후 원활한 배수를 위해 배수판을 깔았다. 식물체의 뿌리가 배수공을 막는 것을 방지하기 위하여 배수판 위에 방균 시트를 깔고 코코피트와 펄라이트 1호(경동세라믹, 한국)를 각각 중량 대비 100:0(코코피트 단용), 70:30, 50:50, 및 0:100(펄라이트 단용) 4종의 배지를 조제하여 각 처리구에 충전한 후 그 위에 양액공급용 점적호스(경동세라믹, 한국)를 3줄로 설치하여 양액탱크(600 L)로 연결하였고 양액은 일본원시(Ikeda 1984) 균형배양액(Table 1)을 사용하여 생육초기에는 1/2배액($EC\ 1.1\ dS \cdot m^{-1}$), 생육중반 이후부터는 표준농도($EC\ 2.2\ dS \cdot m^{-1}$)로 조정하여 급액하였다.

묘삼은 2009년 4월에 15 cm × 20 cm의 간격으로 재식되었으며, 시험구는 완전임의배치법 3반복으로 배치하였다. 정식 후 1주일간은 물만 공급하였고, 정식 후 2주째부터는 양액을 공급하였는데, 일본 원예시험장 표준양액을 기준으로 타이머스위치를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 하루 100 mL

Table 1. Composition of the balanced nutrient solution modified for *Panax ginseng* cultivation from Japanese Horticultural Experiment Station (Ikeda, 1984)

Ingredient	Chemical formula	Concentration (mg·L ⁻¹)
Macronutrient	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
	Fe-EDTA(12.5%)	20
Micronutrient	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

씩 공급하였다. 하우스 내 광 처리는 무차광과 흑색 차광망 (polyethylene net)으로 50%와 70% 차광을 하였는데, 시험기간 중 하루 평균 광량(PAR)은 각각 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 으로 나타났고 그 외의 재배관리는 농촌진흥청 인삼표준재배법에 준하였다.

배지의 화학성

코코피트(coco peat)와 펄라이트(perlite) 1호(경동세라믹, 한국)를 각각 100:0(코코피트 단용), 70:30, 50:50, 및 0:100(펄라이트 단용) 4종의 배지를 조제한 후 pH와 EC는 초자전극법, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 그리고 다량원소는 1N-NH₄OAC 용액으로 침출시켜 Inductively coupled plasma spectrometer (ICP, Optima 3000DV, Perkin-Elmer, U.S.A.)를 이용하여 분석하였다(농촌진흥청, 2000).

인삼 생육 반응

생육조사는 정식 후 90일에 하였으며 각 처리별로 20주씩 3반복을 수확한 인삼은 세척 후 초장, 근장, 엽수, 엽면적(Li-3100, LI-COR Inc., USA), 엽록소 함량 (SPAD-502, Minolta, Ramsey, NJ), 지상부 및 지하부 생체중을 각각 측정하였다.

총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

처리별로 90일간 재배된 인삼을 수확하여 5일간 동결 건조(-40℃에 5일간)를 거친 후 시료를 마쇄하여 1 mm 체에

통과시킨 후 각 시료 당 200 g을 95% methanol 2 L에 24 시간 동안 추출하여 여과한 다음 그 추출액을 50℃에서 감압 농축(N-1000V-W, Eyela, Japan)하여 메탄올 추출물(회수율 10% 내외)을 얻었다.

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

총 플라보노이드 함량은 Bao 등(2005)의 spectrophotometer 법으로 측정하였다. 각 시료 0.1 g에 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0 mL를 시험관에 취하고 10 mL의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1 mL를 잘 혼합시켜 37℃의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조는 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 naringin(Sigma Co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

항산화성

처리별 인삼 시료의 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능은 HPLC를 이용한 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical) scavenging activity 방법(Blosi, 1958)으로 검정하였다. 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500-550 nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석이 가능하였다. 항산화능은 900 μL DPPH 용액(100 μM)과 시료용액 100 μL 을 혼합한 후 암조건에서 10 분동안 반응시켰다. 900 μL DPPH 용액(100 μM)과 시료 추출물을 용해한 용액(100 μL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료를 첨가하지 않은 DPPH용액의 용출 peak의 면적으로 하였다. 분석을 위하여 Shim pack(4.6 $\times$ 250 mm) column을 이용하였고, mobile phase는 MeOH-H₂O(70:30, v/v)로, wavelength는 517 nm로, flow rate는 0.8 mL/min로, attenuation은 32로, injection volume은 20 μL

로 각각 HPLC의 조건을 설정하였으며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있었다.

$$An = (A - A_0) / A_0 \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성(%)

A : 시료가 첨가된 반응용액중의 DPPH radical의 용출피크면적

A₀ : 시료가 첨가하지 않은 DPPH radical용액의 용출 피크면적

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

통계분석

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

결과 및 고찰

배지의 화학성

pH는 coco peat 함량이 많을수록 낮았으나, EC, 유기물 함량(OM), 유효인산함량(Av. P₂O₅), K, Ca, Mg, Na와 같은 양이온 함량 및 비옥도를 나타내는 양이온치환용량(CEC)은 coco peat 함량이 많을수록 높게 나타났다(Table 2). pH와 EC는 coco peat 단독일 때 각각 6.44와 1.307인데 비해 perlite 단독구에서는 각각 7.04와 0.165로 나타났다. 유기물함량과 유효 인산함량의 경우도 coco peat 단독에서 각각 45.583%와 28.546 mg/kg으로 가장 높게 나

타난 반면 perlite 단독의 경우 각각 0.379%와 2.412 mg/kg으로 가장 낮은 수치를 보였다. 이러한 물리·화학적 배치조성의 차이는 인삼의 생육에 영향을 줄 것으로 예상된다.

인삼 생육반응

생육조사는 파종 후 90일째 각 처리별 인삼의 초장, 엽수, 엽면적, 근장, 지상부 및 지하부 생체중, 및 엽록소를 각각 측정하고 결과 차광조건에 따른 생육반응은 인삼의 초장과

Fig. 1. Plant height (A) and number of leaves (B) of *Panax ginseng* plants grown under different growing substrates (C100:P0, coco peat 100%+perlite 0%; C70:P30, coco peat 70%+perlite 30%; C50:P50, coco peat 50%+perlite 50%; and C0:P100, coco peat 0%+perlite 100%) and shading conditions (no shade, 50% shade and 70% shade stand for 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) in plastic house. Means with same letter are not significantly different at $p < 0.05$ level by LSD test.

Table 2. The chemical properties of substrates used in the experiment

Substrate	pH (1:5)	EC (dSm ⁻¹)	O.M (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cat. (cmol(+)/kg)				C.E.C (cmol(+)/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
C100 : P0*	6.44	1.307	45.583	28.546	2.609	5.267	3.585	1.535	18.20
C70 : P30	6.49	0.632	22.860	5.740	0.508	0.650	0.515	0.452	4.77
C50 : P50	6.96	0.311	21.378	5.841	0.368	1.037	0.793	0.397	5.24
C0 : P100	7.04	0.165	0.379	2.412	0.033	0.224	0.070	0.100	2.26

* C100 : P0 → Coco peat 100%, C70 : P30 → Coco peat : perlite = 70% : 30% (v/v) C50 : P50 → Coco peat : perlite = 50% : 50% (v/v), C0 : P100 → Perlite 100%

Fig. 2. Leaf area (A) and chlorophyll content (B) of leaves of *Panax ginseng* grown under different growing substrates (C100:P0, coco peat 100%+perlite 0%; C70:P30, coco peat 70%+perlite 30%; C50:P50, coco peat 50%+perlite 50%; and C0:P100, coco peat 0%+perlite 100%) and shading conditions (no shade, 50% shade and 70% shade stand for 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) in plastic house. Means with same letter are not significantly different at $p < 0.05$ level by LSD test.

엽수에서는 배지간, 차광정도간에 유의적인 차이가 인정되지 않았다(Fig. 1).

엽면적은 무차광하의 coco peat 단독배지에서 높게 나타났으나 차광정도가 높을수록 배지간의 차이는 적어지거나 없는 것으로 나타났다. 그러나 엽록소 함량은 배지간에 유의적인 차이는 없었으나 무차광에서 가장 높았고, 70% 차광에서 가장 낮은 함량을 보였다(Fig. 2).

인삼의 근장은 배지별 유의적 차이는 나타나지 않았으며, 무차광에 비해 50%와 70% 차광에서 유의적으로 낮게 나타났다. 근경은 배지와 차광 정도간에 유의성을 보이지 않았다(Fig. 3).

한편, 인삼의 생체중은 지상부 및 지하부 모두 차광 정도에 따라 유의적인 차이를 나타냈다. 특히 무차광에서는 coco peat 단독배지가 가장 높은 지상부와 지하부 생체중을 보였고, 50% 차광에서는 coco peat와 perlite를 50:50

Fig. 3. Root length (A) and root diameter (B) of *Panax ginseng* grown under different growing substrates (C100:P0, coco peat 100%+perlite 0%; C70:P30, coco peat 70%+perlite 30%; C50:P50, coco peat 50%+perlite 50%; and C0:P100, coco peat 0%+perlite 100%) and shading conditions (no shade, 50% shade and 70% shade stand for 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) in plastic house. Means with same letter are not significantly different at $p < 0.05$ level by LSD test.

으로 혼합한 배지에서, 70% 차광에서는 perlite 단독구에서 가장 높게 나타났으나 배지간의 유의성은 없었다(Fig. 4).

이러한 결과는 차광조건에서는 광 부족으로 인한 순광합성량의 감소로 인해 식물의 초장, 측지수, 엽장, 엽면적 및 건물중 등의 감소가 뚜렷하여 결국 수량에 악영향을 줄 것이라는 보고들(Hong *et al.*, 1996; Brand, 1997; Son and Chae, 2003)과 일치하였다. 다만, 차광정도별 인삼의 근장, 엽면적 및 생체중은 유의적인 차이를 보였으나 초장과 엽수에 있어서는 그 차이가 인정되지 않았다. 또한 Lee *et al.*(1993)이 언급한 바와 같이 배지조합별 보수성, 보비성 및 통기성이 달리 나타났으며 특히 coco peat 단독, coco peat와 perlite를 70:30으로 혼합한 배지에서 가장 높은 생육량을 보임으로써 배지의 조성 차이가 인삼의 생육반응에 그대로 반영됨을 알 수 있었다.

이상의 결과로 볼 때, 인삼 시설생산을 위한 양액배지로

Fig. 4. Shoot (A) and root fresh weights (B) of *Panax ginseng* grown under different growing substrates (C100:P0, coco peat 100%+perlite 0%; C70:P30, coco peat 70%+perlite 30%; C50:P50, coco peat 50%+perlite 50%; and C0:P100, coco peat 0%+perlite 100%) and shading conditions (no shade, 50% shade and 70% shade stand for 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) in plastic house. Means with same letter are not significantly different at $p < 0.05$ level by LSD test.

서 무차광에서는 coco peat 단독, 50% 차광에서는 coco peat와 perlite를 50:50으로 혼합할 때, 70% 차광에서는 perlite의 단독배지에서 유의적으로 높은 생육을 보였고, 하우스 시설 내에서 차광 정도가 지나치게 심할 경우 근장, 엽면적, 엽록소 함량, 지상부 및 지하부 생체중이 유의적으로 감소하였다.

총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

Folin-Denis 방법에 따라 분석된 인삼 1,000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 농도의 메탄올 추출물의 총 페놀함량이 정량되었다. 차광 정도를 달리했을 때 총 페놀함량은 인삼 지하부 메탄올 추출물(25.1–28.4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)이 지상부(20.7–23.8 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)에 비해 더 높게 나타났으며, 무차광보다는 차광조건에서 더 높은 함량을 보였다(Fig. 5). 한편, Chon(2005)은 차광 조건이 상추 품종의 항산화성과 chlorogenic acid 함량에

Fig. 5. Total phenolics (A) and total flavonoid contents (B) in the methanol extracts (1,000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) from shoot and root parts of *Panax ginseng* grown under different shading degrees (no shade, 50% shade and 70% shade stand for 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) in plastic house. Means of total phenolics content and total flavonoid level from shoot (upper case) and root (lower case) parts are significantly different (0.05) from those with the same letter at $p < 0.05$ level by LSD test.

미치는 영향에 관한 연구에서 70% 차광에서 상추의 초장은 25% 증가한 반면 생체중은 41% 감소하였고, 부탄올 분획물에서 페놀산 chlorogenic acid 함량은 무차광에서 34.29 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 인 반면 70% 차광에서 45.64 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 으로 뚜렷하게 증가한다고 보고하였다.

한편, 1000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 농도의 메탄올 추출물로 측정한 차광 정도별 총 플라보노이드 함량은 인삼의 지상부 메탄올 추출물(17.4–26.8 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)이 지하부(6.9–7.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)에 비해 매우 높게 나타났으며, 특히 지상부에서는 무차광, 50% 차광, 70% 차광에서 각각 17.4, 23.8, 26.8 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 나타나 차광정도가 클수록 높은 총 플라보노이드 함량을 보였으나 지하부 경우는 차광정도간에 유의적 차이는 없었다(Fig. 5).

Chon(2010)은 차광 정도에 따른 고들빼기의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량과 같은 생리활성물질의 함량은 무차

Table 3. DPPH radical scavenging activity (%) of methanol extracts from shoot and root parts of *Panax ginseng* grown under different shading conditions in plastic house

Plant part	Shading degree	Extract concentration (mg kg ⁻¹)							
		31.3	62.5	125	250	500	1,000	2,000	I ₅₀ [*]
Shoot	No shade	1.6	1.6	3.2	5.1	11.3	19.6	36.5	2,747d
	50% shade	0.0	0.7	1.1	3.1	10.4	16.5	31.3	3,187c
	70% shade	0.5	0.6	1.3	2.1	9.2	16.9	31.1	3,151c
Root	No shade	0.0	0.4	1.4	2.8	8.9	14.6	28.7	3,493b
	50% shade	0.0	0.0	0.3	1.8	6.3	11.8	24.9	3,946a
	70% shade	0.0	0.0	1.1	0.6	7.3	14.4	28.4	3,376b

*Extract concentrations, which show 50% activity of DPPH radical scavenging, were determined by interpolation. Means with small letter are not significantly different at $p < 0.05$ level by LSD test.

광보다는 50%와 70% 차광에서 높게 검출되었음을 보고한 바 있다. 수종의 작물과 식물종은 광량에 따라 그들의 생리 활성이 달라질 수 있으며(Alsaadawi *et al.*, 1985; Balakumar *et al.*, 1993), 일반적으로 부적합한 환경조건에 처한 식물은 생리적 화학물질의 생산 증대로 인하여 생리활성이 증가하는 경향이 뚜렷하며(Niemeyer, 1988) 이 스트레스에 기인한 생리활성의 증가는 바로 환경 스트레스에 대한 식물의 방어 기작 중 하나인 것으로 알려지고 있다 (Bell, 1981).

항산화성

처리별 인삼 시료의 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능은 전반적으로 낮은 활성을 보였고, 지상부 메탄올 추출물이 지하부보다 높은 소거능을 보였고 차광보다는 무차광에서 더 높은 활성을 보였다. 무차광의 지상부 메탄올 추출물 2,000 mg·kg⁻¹에서 DPPH 라디칼 소거능은 무차광에서 36.8%로 가장 높게 나타났고, 50% 차광에서는 31.3%, 70% 차광에서는 31.1%로 나타난 반면 지하부에서는 무차광, 50% 차광 및 70% 차광에서 28.7, 24.9 및 28.4%를 각각 나타내어 지상부보다 낮은 경향을 보였다 (Table 3).

이상의 결과로 볼 때 인삼의 시설생산을 위해서는 차광 조건을 인삼 재배에 적합하도록 시설 내 환경을 조성해야 할 것으로 판단되었다. 전체적으로 차광 정도가 증가함에 따라 엽면적, 엽록소 함량, 근장, 생체중은 유의적으로 영향을 받았으나, 초장, 엽수 및 근경은 유의적인 변화가 없는 것으로 나타났다. 따라서 시설재배지에서 적절한 차광을 한다면 채소용 인삼은 높은 수량을 볼 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 총 페놀 함량은 지상부보다는 지하부에서,

총 플라보노이드 함량은 이와 반대로 지하부보다는 지상부에서 높았으며, 총 페놀과 총 플라보노이드 함량 모두 무차광보다는 차광에서 높게 검출되었다. 반면, DPPH 라디칼 소거능 측정을 통한 항산화성은 지하부보다는 지상부에서 높았고, 차광보다는 무차광에서 높은 활성을 나타내었다.

요 약

인삼의 시설생산을 위하여 배지 조성 및 차광 정도를 달리한 환경조건 하에서의 생육특성과 생리활성 변화를 검토하고자 온실 및 실내시험을 수행하였다. 적절한 배지 조합은 차광 정도에 따라 달랐는데 무차광에서는 coco peat 단독, 50% 차광에서는 coco peat와 perlite를 50:50으로 혼합하였을 때, 70% 차광에서는 perlite 단독배지에서 유의적으로 높은 생육을 보였다($P < 0.05$). 차광은 엽면적, 엽록소 함량, 근장, 지상부 및 지하부 생체중을 유의적으로 감소시켰다. 총 페놀 함량은 지상부(20.7~23.8 mg·kg⁻¹)보다는 지하부(25.8~28.4 mg·kg⁻¹)에서, 무차광(20.7~25.8 mg·kg⁻¹)보다는 차광(23.7~28.4 mg·kg⁻¹)에서 높게 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 지하부(6.9~7.0 mg·kg⁻¹)보다는 지상부에서(17.4~26.8 mg·kg⁻¹), 무차광보다는 차광에서 높게 검출되었다. 반면, DPPH 라디칼 소거능 측정을 통한 항산화성은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였고, 지하부(24.9~28.7%)보다는 지상부에서(31.1~36.5%), 차광보다는 무차광에서 다소 높은 활성을 보였다. 결론적으로 차광은 비닐하우스 조건하에서 재배된 인삼의 생육과 생리활성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부의 농림수산식품기술기획평가원의 연구개발과제(109067-03-SB010) 지원에 의해 이루어진 것입니다.

인용문헌

- 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.
- Choi, C.S., K.I. Kim, H.D. Hong, S.Y. Choi, Y.C. Lee, K.T. Kim, J. Rho, S.S. Kim and Y.C. Kim. 2006. Phenolic acid composition and antioxidative activity of white ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). J. Ginseng Res. 30:22-30.
- Chon, S.U. 2005. Antioxidant potential and chlorogenic acid level of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. Plant Res. 8:103-109.
- Chon, S.U. 2010. Shading effect on plant growth and physiological activity of *Youngia sonchifolia* grown in plastic house. Korean J. Weed Science 30(3):215-224.
- Han, B.H., M.H. Park, Y.N. Han and S.C. Shin. 1984. Studies on the antioxidant components of Korean ginseng. Antifatigue active components. Yakhak Hoeji. 28:231-235.
- 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.
- Imori, K. 1930. Report of the studies on ginseng plant. Korea Monopoly Office (in Japanese).
- Jeon, H.K., S.C. Kim and N.P. Jung. 1991. Effects of ginseng saponin fraction and cyclophosphamide on the tumoricidal activity of mouse macrophage and the antitumor effect. Korean J. Ginseng Sci. 15:99-105.
- Joo, C.N. and J.H. Kim. 1992. Study on the hypoglycemic action of ginseng saponin on streptozotocin induced diabetic rats (I). Korean J. Ginseng Sci. 16:190-197.
- Jung, M.Y., B.S. Jeon and J.Y. Bock. 2000. Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids in white and red Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Food Chem. 79: 105-111.
- Kang, S.Y. and N.D. Kim. 1992. The antihypertensive effect of red ginseng saponin and the endothelium-derived vascular relaxation. Korean J. Ginseng Sci. 16:175-182.
- Kim, D.J. and C.C. Chang. 1994. The effects of red ginseng extracts on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation of the kidney in γ -postirradiated mice. Korean J. Ginseng Sci. 18:25-31.
- Kim, J.H. 1964. Factors affecting the received light intensity of ginseng plants (*Panax ginseng*). J. Nat'l. Acad. Sci. 5:1-18.
- Kim, J.S., K.W. Kim, K.J. Choi, Y.K. Kwak, K.S. IM, K.M. Lee and H.Y. Chung. 1996. Screening of antioxidative components from red ginseng saponin of antioxidative components from red ginseng saponin. Korean J. Ginseng Sci. 20:173-178.
- Kim, K.H., Y.S. Lee, I.S. Jung, S.Y. Park, H.Y. Chung, I.R. Lee and Y.S. Yun. 1998. Acidic polysaccharide from *Panax ginseng*, induces Th1 cell and macrophage cytokines and generates LAK cells in synergy with rIL-2. Planta Medica. 64:110-115.
- Kim, M.J. and N.P. Jung. 1987. The effect of ginseng saponin on the mouse immune system. Korean J. Ginseng Sci. 11:130-135.
- Kim, S.H. and K.S. Park. 2003. Effects of *Panax ginseng* extract on lipid metabolism in humans. Pharmacol. Res. 48:511-513.
- Kim, Y.K., Q. Guo and L. Packer. 2002. Free radical scavenging activity of red ginseng aqueous extracts. Toxicol. 172: 149-156.
- Lee, J.W., H.O. Sohn and J.H. Do. 2000. Function of the water soluble browning reaction products isolated from

- Korean red ginseng 2. Linoleic acid, Ox-brain autoxidant and Fe^{2+} ADP/NAD system. J. Ginseng Res. 24:35-40.
- Lee, S.E., S.W. Lee, J.K. Bang, Y.J. Yu and N.S. Seong. 2004. Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12(3):237-242.
- Lee, S.P., S.K. Kim, S.H. Chung, S.S. Choi and S.C. Lee. 1998. Changes of crude components and essential oil content by shading treatment in *Codonopsis lanceolata* Trautv. Korean J. Medicinal Crop Sci. 6(2):149-153.
- Lee, Y.B. 1994. Hydroponics - High tech agricultural techniques in 21th century. pp. 62-65.
- Niemeyer, H.M. 1988. Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin -3-ones), defence chemicals in the Gramineae. Phytochemistry 27:3349-3358.
- Oliveira, A.C.C., A.C. Perez, G. Merino, J.G. Priet and A.I. Alvarez. 2001. Protective effects of *Panax ginseng* on muscle injury and inflammation after eccentric exercise. Comparative Biochemistry and Physiology Part C. 130: 369-377.
- SAS (Statistical Analysis Systems) Institute. 2000. SAS/STAT user's guide. Version 7. Electronic Version. Cary, NC, USA.
- Shin, J.G., J.W. Park, J.K. Pyo, M.S. Kim and M.H. Chung. 1990. Protective effects of a ginseng component, maltol (2-methyl-3-hydroxyl-4-pyrone) against tissue damages induced by oxygen radicals. Korean J. Ginseng Sci. 14: 187-190.
- Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. A colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American 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*. Korean J. Hort. Sci. Tech. 21:129-135.
- Sonoda, Y., T. Ksahara, N. Mukaida, N. Shimizu, M. Tomoda and T. Takeda. 1998. Stimulation of interleukin-8 production by acidic polysaccharides from the root of *Panax ginseng*. Immunopharmacol. 38:287-293.
- Wee, J.J., J.D. Park, M.W. Kim, and H.J. Lee. 1989. Identification of phenolic antioxidant components isolated from *Panax ginseng*. J. Korean Agric. Chem. Sco. 32:50-56.
- 농촌진흥청. 토양 및 식물체 분석법. 2000. 농업과학기술원, 농촌진흥청 p. 202.
- 이종철, 천성기, 김요태, 조재성. 1980. 차광하의 온도 및 광도가 고려인삼의 광합성 및 근생장에 미치는 영향. 한국작물학회지 25(4):91-96.
- 이종화. 1983. 환경요인이 인삼생육에 미치는 영향. 경희대학교 대학원 박사학위 논문.
- 조재성, 원준연. 1984. 고려인삼엽의 광합성능력에 관한 연구. 제1보. 저년생 고려인삼 광합성능력의 계절적 변이. 한국작물학회지 29(1):89-97.
- (접수일 2010.12.20; 수정일 2011.5.2; 채택일 2011.9.23)