

청색과 적색 해가림 재배에 따른 인삼의 진세노사이드 함량 차이

이성우* · 김금숙* · 박충헌** · James E. Simon** · 김관수***†

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **미국 뉴저지 주립대학 러커스대학,
***목포대학교 자연과학대학 생약자원학과

Difference of Ginsenoside Contents in Roots Cultivated under Blue and Red Polyethylene Shading Net in *Panax ginseng* C. A. Meyer

Sung Woo Lee*, Geum Soog Kim*, Chung Heon Park**, James E. Simon**, and Kwan-Su Kim***†

*Department of Herbal Crop Research, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Eumseong 369-873, Republic of Korea

**Department of Plant Biology and Pathology, School of Environmental and Biological Sciences, Rutgers, the State University of New Jersey, New Jersey 08901, USA

***Department of Medicinal Plant Resources, College of Natural Science, Mokpo National University, Muan 534-729, Republic of Korea

ABSTRACT This study was carried out to investigate the effect of light quality on root yield and ginsenoside contents of 4-year-old ginseng by using the fourfold polyethylene shading net with different colors, blue and red color, compared to blue-black (3:1) mixed shading net as control. Control and blue shading net occurred higher root yield, especially, in tap root growth than red one, whereas transmitted quantum in red shading net was higher than those in blue one or control. However, red shading net caused the highest content of total ginsenoside, especially, Rg₁ content, as compared to blue and control. We assumed that the increased content of ginsenoside is not caused by light quality such as red, but is due to the increase of relative ratio of ginsenoside in whole root tissue arising from the reduced root growth.

Keywords : *Panax ginseng* C. A. Meyer, blue shading net, red shading net, root growth, ginsenoside

인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 반음지식물로 해가림을 하여 재배한다. 따라서 인삼의 생육은 해가림 내의 미기상 환경요인들인 광량, 광질, 습도, 그리고 온도 등에 영향을 받게 된다. 과거에는 해가림 재료로 벗짚을 사용하였으나 내구년수가 짧고 투광량이 부족하므로 현재는 개량된 폴

리에틸렌(PE) 재료를 많이 사용하고 있다. PE 차광망을 이용한 해가림은 누수, 병 발생, 고온장해 위험 등의 단점이 있으나 가격이 저렴하고 설치가 비교적 쉬우며 투광량 조절이 용이한 장점이 있다.

인삼에서 적절한 투광량은 지역이나 계절에 따라 약간의 차이가 있으나 약 10~15%인데(Jo *et al.*, 1986; Lee *et al.*, 1987), 투광률이 감소되면 고온장해는 적어지나 근비대가 불량해지기 때문에 청색 3겹 + 흑색 1겹의 4중직 차광 재료를 많이 쓰고 있으며(Lee *et al.*, 1997), 투광률을 조절하기 위해 청색과 흑색의 비율을 조절하거나 색상을 달리하여 직조한 차광망을 사용하기도 한다. 녹색식물에서 엽록소 a의 최대흡수파장은 적색광과 청색광이며, 이 파장에서 광합성량이 가장 많은 것으로 알려져 있는데(Taiz & Zeiger, 2002), 인삼에서는 적색광의 광합성량이 가장 많은 것으로 보고되어 있다(Lee *et al.*, 1988; Mok *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 1999).

한편, Yu *et al.*(2005)는 암조건이나 적색광에서 모상근의 바이오매스가 많았으며, 형광등에서 진세노사이드 함량이 가장 높았다고 하였으며, Fournier *et al.*(2003)은 1년생과 2년생 미국인삼의 진세노사이드 Rg₁ 함량은 적색광이나 초적색광에서 유의적인 증가를 보였다고 하였다. Mok *et al.*(1994)에 의하면 2년생 인삼에서 적색 해가림의 광합성량과 사포닌 함량은 청색 해가림보다 높지만 적색 해가림은 여름철 고온장해로 인한 조기낙엽의 발생이 많아 청색 차광

†Corresponding author: (Phone) +82-61-450-2661
(E-mail) kskim@mokpo.ac.kr

<Received November 28, 2008>

망이 가장 적합하다고 하였으나 4년근 인삼에서 보고된 결과는 찾아보기 어렵다.

따라서 본 실험은 4년생 자경종 인삼을 시험재료로 하여, 일반적으로 사용하는 4중직 차광망(청색 3 + 흑색 1중직)을 대조로 하고 청색 및 적색 차광망을 처리하여 재배한 후 뿌리 수량과 진세노사이드 함량의 차이를 구명하기 위해 수행한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 4년생 자경종(재래종) 인삼을 사용하여 2007년 작물과학원 인삼약초과 시험포장에서 수행하였다. 2004년 5월 상순경 녹비작물로 수단그라스를 파종하여 1년간 예정지 관리를 한 후 2005년 3월 하순에 두둑 폭 90 cm, 골사이 90 cm의 이랑에 1년생 묘삼을 칸(90×180 cm) 당 7행 × 9열의 간격으로 3.3 m² 당 63주 정식하였다. 해가림 유형은 후주연결식 A형이었으며, 청색 3겹과 흑색 1겹으로 직조한 Polyethylene(PE) 4중직 차광망으로 4월 20일에 해가림 피복물을 설치하고 2006년까지 동일조건으로 재배하였다. 2007년 4월 10일에 기존의 PE 4중직 차광망 해가림을 제거하고 청색 4중직 해가림과 적색 4중직 해가림을 설치하였으며, 청색 3겹과 흑색 1겹으로 직조한 PE 4중직 차광망을 대조구로 비교하였다. 여름철 고온장해를 방지하기 위해 모든 처리구에 흑색 PE 이중직을 6월 20일

부터 9월 10일 까지 추가 차광하였으며, 기타 재배관리는 인삼 표준경작법에 준하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복이었으며, 시험구당 면적은 19.8 m²이었다. 해가림 색상별 투광량(quantum)은 지상 30 cm 높이에서 Li-1400 data logger (Licor, USA)를 이용하여 측정하였다(Table 1).

2007년 11월 상순에 수확하여 뿌리 특성과 수량을 조사한 다음 동체, 지근 및 세근으로 분리하고 동결건조하여 진세노사이드 분석에 이용하였다. 인삼 진세노사이드 표준품으로는 ginsenosides, Rg₁, Re, Rf, Rb₁, Rc, Rb₂, 그리고 Rd 등 7종을 사용하였으며 내부표준물질로 acetophenone(Sigma Co.)을 사용하였다. 분석방법은 고속액체크로마토그래피(HPLC)법을 사용하였으며 UV 검출기(Waters 2996 Photodiode Array Detector)와 역상컬럼 YMC-Pack ODS-A(150×4.6 mm, 5 μm, YMC Co.)을 장착한 Alliance HPLC(Waters 2695 Separation Module)을 사용하였다. 각 처리의 인삼 뿌리 건조분말 시료 0.5 g을 50% 메탄올 20 mL로 추출하였는데, 상온에서 24시간 진탕한 후 1시간 동안 초음파 추출하였다. 각 분석시료는 진탕 추출 전에 내부표준물질인 acetophenone 용액(10 μL/100 mL)을 100 μL 첨가하였으며, 추출 후 원심분리하고 2 mL 자동주입기 시료병에 옮기어 HPLC 분석을 하였다. HPLC 조건은 UV 203 nm, 유속 0.7 mL/min, 주입용량 20 mL이었다. 이동상 용매는 물과 아세토나이트릴을 사용하였으며, 농도구배 조건은 Table 2와 같다. 각 시료당 총 분석시간은 컬럼 세척시간을 포함하여 115분이었

Table 1. Quantum and air temperature for daytime by different colored PE shading net.

Shading net color	Quantum (μmol/m ² /s/nm)	Light transmission ratio (%)	Air temperature (°C)
Black & Blue [†]	126.9	16.9	26.3
Blue	133.6	17.8	26.5
Red	160.8	21.4	26.9

[†]The fourfold blue-black PE shading net made by the ratio blue 3 and black 1, being recommending as a optimal shading material.

[‡]Investigation time and date is 6:00 a.m. ~ 7:00 p.m. between June 1 and June 5, 2007.

Table 2. Solvent gradient program of HPLC analysis.

Time (min)	Water (%)	Acetonitrile (%)
0	81	19
10	81	19
20	78	22
60	70	30
70	67	33
80	65	35

다. 시험에 사용된 7종의 진세노사이드 성분의 농도에 따른 피크 면적에 대한 검량선은 모두 유의성($r = 0.999, p < 0.05$)을 나타내었다. 각 진세노사이드 성분의 용출시간을 보면 Rg₁ 24.5분, Re 25.2분, Rf 51.3분, Rb₁ 64.0분, Rc 67.2분, Rb₂ 70.6분, 그리고 Rd 76.5분이었다.

결과 및 고찰

해가리 색상에 따른 뿌리 생육특성은 Table 3과 같다. 동체 길이는 색상처리간 유의적인 차이를 보이지 않았고 동체 굵기에서는 대조구(청색 3겹과 흑색 1겹으로 직조한 PE 4중직 차광망)에서 가장 높았으나 적색 4중직 해가리에서는 낮게 나타났다. 주당근중의 경우에도 대조구에서 가장 높았으나 청색과 적색 4중직 해가리 처리간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 부위별 건물분배율을 보면 동체와 세근 부위에서는 처리간에 유의적인 차이가 없었으나 지근부위에서는 유의적인 차이를 보였는데, 적색과 청색에서는 대조구에 비해 동체의 비중이 낮고 지근의 비율이 높아져 투광량이 많아지면 동체의 생장이 감소하고 지근의 생장은 증가하는 경향을 보였다. 광질이나 투광량의 차이에 따라 지상부 생육과 지하부 수량에 큰 영향을 받으므로(Mok *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 2007) 금후 광질이 지상부 생육에 미치는 영향에 대한 세밀한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

인삼의 경우 기온이 낮을 때에는 광포화점이 높아지나 기온이 높을 때에는 광포화점이 매우 낮아지는 특성을 보이므로(Lee *et al.*, 1987; Cheon *et al.*, 2004), 기온이 낮은 봄 가을철에는 청색이나 적색 차광망처럼 투광량이 많아 에너지 효율이 높은 것이 오히려 수량증가에 효과적일 수 있다(Cheon *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2006). 그러나 기온이 높은 여름철에는 투광량이 높아지면 기온도 상승하여 고온장애 발생율이 현저히 높아지므로 여름철에 흑색 차광망 등을 추가 피복하여 투광량을 감소시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

본 시험에서 인삼 생육 중 여름철에 추가 차광을 하여 투광량을 감소시켰는데, 대조구나 청색 해가리 재배에 비해 적색 해가리에서 뿌리 수량이 낮았던 원인은 기온이 상승되는 6월과 9월에 적색광의 과도한 투입은 지나친 기온 상승을 유발하여 수량감소가 된 것으로 판단된다. Lee *et al.* (1988)도 적색광의 광도가 낮을 때는 적색광의 광합성량이 가장 높으나 광도가 높아질수록 광질에 따른 광합성량의 차이는 없어진다고 하였는데, 금후 기온의 변화에 따른 적색광의 적정 투입량에 관한 연구와 더불어 색상 이외에 해가리 내의 미기상 요인인 온도, 습도, 통풍 등이 인삼 생육에 영향을 미칠 것으로 생각되어 추후 이에 대한 종합적인 검토가 필요할 것으로 보인다.

해가리 색상에 따라 인삼 뿌리에 함유된 진세노사이드 성분의 함량 차이를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 뿌리 전체에 함유된 총 진세노사이드 함량을 보면, 적색 해가리에서 3.83 mg/g으로 나타나 대조구와 청색 해가리 보다 높게 나타났다. 적색 해가리에서 진세노사이드 Rg₁, Rf, Rb₁, Rc, Rb₂는 대조구나 청색 해가리보다 대체로 높았으며, Re와 Rd는 약간 낮았다.

주근인 동체에서는 전반적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으나 지근이나 세근에서 적색 해가리가 대조구나 청색 해가리보다 높거나 같게 나타났다. Lee *et al.*(1983)은 투광량이 20% 이상 되면 수량은 감소되나 사포닌 함량은 증가된다고 하였는데, 본 실험에서도 적색 해가리의 총 진세노사이드 함량은 청색보다 많았으나 개체당 뿌리 수량은 청색이나 대조구 보다 적어 지나친 투광량의 증가는 진세노사이드 함량을 증가시킨 반면 전반적인 생육을 저하시킨 것으로 생각된다.

PT/PD의 비율은 동체 < 지근 < 세근 순으로 증가되어 Kim *et al.*(1987)의 보고와 같았는데, 동체와 지근부위에서는 색상에 따른 유의적인 차이가 없었으나 전체 뿌리나 세근부위에서 대조구나 적색 해가리가 청색보다 다소 높은 특

Table 3. Growth characteristics of 4-year-old ginseng roots cultivated under different colored polyethylene shading net.

Shading net color	Tap root length (cm)	Tap root diameter (mm)	Root weight (g/plant)	Dry matter partitioning ratio (%)		
				Tap root	Lateral root	Fine root
Black & Blue [†]	6.4a	20.9a	35.5a	57.6a	29.3b	13.2a
Blue	5.9a	19.8ab	32.5b	53.6a	34.2a	12.1a
Red	6.2a	19.1b	25.4b	52.4a	36.4a	11.2a

[†]The fourfold blue-black PE shading net made by the ratio blue 3 and black 1, being recommending as a optimal shading material.

Means with the same letter in a column are not significantly different by DMRT ($p = 0.05$).

Table 4. Difference of ginsenoside contents in 4-year-old root of ginseng as cultivated under polyethylene shading net with different color.

Parts of root	Shading net color	Ginsenoside contents (mg/g)								PT/PD [†]
		Rg ₁	Re	Rf	Rb ₁	Rc	Rb ₂	Rd	Total	
Whole root	Control	0.62c	1.17a	0.17c	0.64b	0.25ab	0.26ab	0.06a	3.17b	0.61a
	Blue	0.78b	1.13a	0.21b	0.67ab	0.20b	0.17b	0.05b	3.21b	0.51a
	Red	1.02a	1.15a	0.25a	0.80a	0.27a	0.29a	0.05b	3.83a	0.58b
Tap root	Control	0.52b	0.47a	0.11b	0.20a	0.06a	0.06a	0.02a	1.43a	0.31a
	Blue	0.81a	0.48a	0.16a	0.28a	0.07a	0.06a	0.02a	1.87a	0.30a
	Red	0.85a	0.50a	0.17a	0.31a	0.07a	0.08a	0.01a	2.00a	0.31a
Lateral root	Control	0.77b	1.40a	0.23b	0.79b	0.29a	0.31b	0.05a	3.83b	0.60a
	Blue	0.78b	1.24b	0.23b	0.75b	0.21b	0.19c	0.04a	3.44c	0.53a
	Red	1.22a	1.38a	0.32a	1.03a	0.34a	0.37a	0.05a	4.71a	0.61a
Fine root	Control	0.76b	3.71a	0.33a	2.21a	0.95a	1.01a	0.28a	9.25a	0.92a
	Blue	0.65b	3.71a	0.34a	2.12a	0.73b	0.63b	0.23b	8.41a	0.78b
	Red	1.11a	3.44a	0.39a	2.36a	0.94a	1.05a	0.22b	9.52a	0.92a

[†]The ratio of PT to PD; PD = Rb₁ + Rb₂ + Rc + Rd, PT = Re + Rf + Rg₁. Means with the same letter in a column are not significantly different by DMRT (*p* = 0.05).

징을 보였다. PD계와 PT계 사포닌 중에서 가장 많이 함유되어 있는 Rg₁에 대한 Rb₁의 비율을 보면 전체 뿌리를 기준으로 대조구 1.03, 청색 해가림 0.86, 그리고 적색 해가림 0.78로 나타나, 적색이나 청색 해가림에서 Rg₁의 생합성이 더 많은 것으로 보인다. 그러나 이와 같은 연구는 광질이나 광량에 따른 생합성 과정을 조사하여 인삼재배에 응용하여야 할 것으로 판단된다.

해가림 색상에 따른 개체당 뿌리 수량과 진세노사이드 함량을 종합하면 Fig. 1과 같다. Mok *et al.*(1994)의 시험에서는 2년생을 사용하였으며 청색이나 적색 해가림 재배시 여름철 고온장해 억제를 위한 추가 이중직 차광을 하지 않았던 것이 본 시험과의 차이점이다. 그러나 고온 피해로 조기 낙엽 등의 피해가 있었으나 적색 해가림에서 가장 높은 뿌리 수량과 총 진세노사이드 함량을 나타낸 것은 본 시험과 차이가 있는 결과이다. 본 시험에서는 대조구나 청색 해가림에서 적색 해가림에 비해 뿌리 수량이 높게 나타났으나, 총 진세노사이드 함량은 적색 해가림에서 높게 나타났다. 대조구나 청색 해가림에서 인삼의 생육은 적색에 비해 양호한 반면 상대적으로 생육량이 적었던 적색 해가림에서 재배된 인삼의 진세노사이드 함량이 높아진 것으로 판단된다. 즉 적색 해가림에서 인삼 진세노사이드 생합성과정이 촉진되어 전체 함량이 증가된 것이 아니고 단위 무게당 성분함량이 높아져 함유비율이 증가한 것으로 생각된다. 특히 여

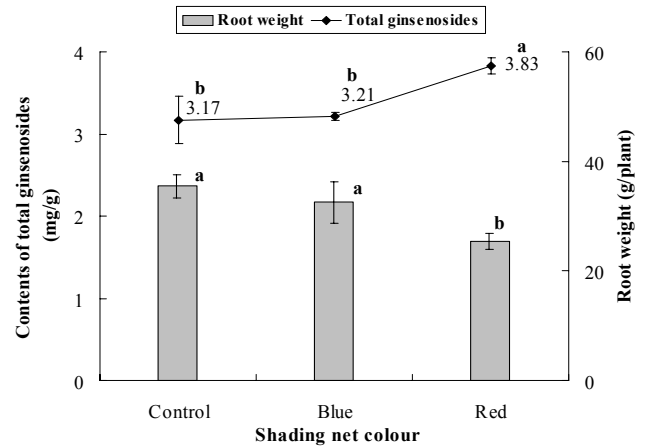


Fig. 1. Difference of total ginsenoside contents and root weight per plant of 4-years-old ginseng cultivated under different colored polyethylene shading net. Means with the same letter are not significantly different by DMRT (*p* = 0.05).

름철 고온장해를 억제하기 위해 생육 중 추가 차광을 하였으나 이에 대한 효과가 크지 않았던 것으로 보이며, 이를 개선하기 위해서는 추가 차광시기를 월별로 적절히 조절할 필요가 있다고 생각한다. 또한, 좀 더 제어된 환경에서 색상별 생육반응을 조사하여 실용적으로 이용할 수 있는 단일 또는 혼합색상이 결정되어야 할 것이다.

적 요

인삼 4년생을 대상으로 해가림 색상을 달리하여 재배 시험한 결과, 대조구인 4중직 PE 차광망(청색 3 + 흑색 1중직)이나 청색 4중직 차광망에서 재배된 인삼의 뿌리 근중은 적색 4중직 차광망보다 높게 나타났으며, 대조구보다 청색과 적색에서 동체의 비율이 낮고 지근의 비율이 높아 투광량이 많아지면 동체의 생장이 감소하고 지근의 생장은 증가하였다. 뿌리에 함유된 진세노사이드 함량은 적색 해가림재배에서 가장 높게 나타나 투광량이 증가할수록 진세노사이드 함량이 증가되었으며, 특히 진세노사이드 Rg₁의 함량이 유의적으로 더 높았다. 색상에 따른 진세노사이드 함량차이는 해가림 색상 차이에 의해 생합성 과정이 영향을 받은 것이 아닌 생육량의 차이에 따른 결과로 판단되었다.

사 사

본 논문은 2007학년도 목포대학교 해외연수파견사업의 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사를 드립니다.

인용문헌

- Cheon, S. K., T. S. Lee, J. H. Yoon, S. S. Lee, and S. K. Mok. 2004. Effect of light transmittance control on the root yield and quality during the growing season of *Panax ginseng*. *J. Ginseng Res.* 28(4) : 196-200.
- Fournier, A. R., J. T. A. Proctor, L. Gauthier, S. Khanizadeh, A. Belanger, A. Gosselin, and M. Dorais. 2003. Understorey light and root ginsenosides in forest-grown *Panax quinquefolius*. *Phytochemistry* 63(7) : 777-782.
- Jo, J. S., J. Y. Won, and S. K. Mok. 1986. Studies on the photosynthesis of Korean ginseng. *Korean J. Crop Sci.* 31(4) : 408-415.
- Kim, M. W., S. R. Ko, K. J. Choi, and S. C. Kim. 1987. Distribution of saponin in various sections of *Panax ginseng* root and changes of its contents according to root age. *J. Ginseng Res.* 11(1) : 10-16.
- Lee, J. C., J. H. Choi, S. K. Cheon, C. H. Lee, and J. S. Jo. 1983. Studies on the optimal light intensity for growth of *Panax ginseng*. II. Effect of light intensity on the contents of saponin and free sugar in the ginseng leaf. *Korean J. Crop Sci.* 28(4) : 497-503.
- Lee, J. C. and J. T. A. Proctor. 1988. Photosynthesis rate of American ginseng under the different monochromatic light. *J. Ginseng Res.* 12(1) : 87-91.
- Lee, S. K. 1997. Growth characteristics by shading rates in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Crop Sci.* 42(3): 292-298.
- Lee, S. S., J. T. A. Proctor, and K. T. Choi. 1999. Influence of monochromatic light on photosynthesis and leaf bleaching in *Panax* species. *J. Ginseng Res.* 23(1) : 1-7.
- Lee, S. S., S. K. Cheon, and S. K. Mok. 1987. Relationship between environment conditions and growth of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) plant in field. III. Field photosynthesis under different light intensity. *Korean J. Crop Sci.* 32(3) : 256-267.
- Lee, S. W., S. W. Cha, D. Y. Hyun, Y. C. Kim, S. W. Kang, and N. S. Seong. 2006. Shading effect of different colored polyethylene net on seedling growth of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Med. Crop Sci.* 14(2) : 113-116.
- Lee, S. W., G. S. Kim, M. J. Lee, D. Y. Hyun, C. G. Park, H. K. Park, and S. W. Cha. 2007. Effect of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Med. Crop Sci.* 15(3) : 194-198.
- Mok, S. K., S. K. Cheon, S. S. Lee, and T. S. Lee. 1994. Effect of shading net colors on the growth and saponin content of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *J. Ginseng Res.* 18(3) : 182-186.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant physiology*, Third edition, Sinauer Associates, Inc., USA. pp. 114-115.
- Yu, K. W., H. N. Murthy, E. J. Hahn, and K. Y. Paek. 2005. Ginsenoside production by hairy root cultures of *Panax ginseng*: influence of temperature and light quality. *Biochem. Eng. J.* 23(1) : 53-56.