

생육시기별 광량조절이 인삼의 지상부 생육에 미치는 영향

천성기# · 이태수 · 윤종혁 · 이성식

KT&G 중앙연구원

(2003년 11월 7일 접수, 2003년 12월 5일 수리)

Effect of Light Transmittance Control on the Growth Status of Aerial Parts during the Growing Season of *Panax ginseng*

Seong-Ki Cheon#, Tae-Su Lee, Jong-Hyuk Yoon, and Sung-Sik Lee

KT&G Central Research Institute, Suwon 441-480, Korea

(Received November 7, 2003, Accepted December 5, 2003)

Abstract : This study was conducted to compare the growth status of aerial parts, photosynthesis and microclimate between fixing light transmittance (Control) and changing light transmittance (C.L.T.) during ginseng growing seasons. Control showed 8% light transmittance rate during growing seasons. But C.L.T. showed 18% light transmittance rate during early (April-June) and late growth stage (September-October) and 6% light transmittance rate middle growth stage (July-August). Air temperature, leaking water rate and soil water content of C.L.T. was higher than those of control during early and late growth stage. But Air temperature, leaking water rate and soil water content of C.L.T. was lower than those of control during middle growth stage. C.L.T. exhibited superiority in survival ratio, stem diameter, stem length, L.A.I. and stem angle compared to control. Chlorophyll content of C.L.T. was lower than that of control but S.L.W., stomatal opening and photosynthetic rates of C.L.T. was higher than those of control. Also *Alternaria* blight disease and defoliation of C.L.T. was lower than those of control.

Key words : Fixing light transmittance, changing light transmittance, leaking water rate, growth stage, photosynthesis, defoliation

서 론

인삼의 생육은 해가림 밑의 미세환경, 특히 기온, 지온, 토양수분 및 광량 등에 크게 영향을 받는다. 인삼의 지상부 생육에 대한 최적광은 자연광의 8~19%, 인삼의 생존을 위한 최소 및 최고광량은 상대조도 3% 및 30%이었고, 생장을 위한 최적광량은 8%이나 최고의 물질 생산은 8%보다 19%에서 기대된다고 하였다.¹⁾

인삼잎의 엽록소 함량과 광합성은 광뿐만 아니라 온도에 의해서도 영향을 받는데 이 등²⁾은 광량에 따른 엽록소 함량과 광합성에 관하여 보고한 바 있는데 광량이 증가할수록 엽록소 함량은 감소하며 인삼의 광합성 포화광도는 10,000~

15,000 Lux, 적온은 15~20°C라고 하였다.

그리고, 병 발생은 환경의 영향을 많이 받는데 인삼포에서 가장 문제되는 지상부의 병은 점무늬병이다. 점무늬병은 태양광을 많이 받는 진행과, 비교적 고온인 25°C 이상의 장마철에 많이 발생하며, 저년생 보다 고년생으로 갈수록 발병이 심하다.^{3,4)}

또한 해가림 투광량의 증가는 해가림 밑의 미세환경에 크게 영향을 미치며, 광량증가에 따른 이러한 이차적인 면도 생각지 않을 수 없는데 박^{5,6,7)}은 인삼의 온도 및 수분에 대한 생리반응을, 오⁴⁾는 인삼에 있어서의 환경 및 기상조건과 발병과의 관계에 대해서 상세히 기술 보고한 바 있다.

지금까지 연구결과를 종합하면 광에 대한 반응은 연구자간의 실험재료 및 방법상의 차이 등으로 인하여 다양하게 나타나고 있으며, 특히 최근에는 기상이변으로 고온기에 고온장해 등 문제점이 발생되고 있는 실정이다.⁸⁾

#본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 016-466-1441; (팩스) 031-419-9434
(E-mail) skcheon50@ktng.com

따라서 본 연구는 인삼의 생육시기별로 해가림의 투광율을 조절하였을 때 해가림 밑의 기상환경, 인삼의 지상부 생육, 엽록소 함량, 광합성, 점무늬병 이병을 및 낙엽율에 미치는 영향을 조사하여 인삼의 생육시기별로 해가림 적정피복방법을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 공시한 인삼은 한국에서 일반적으로 재배하고 있는 자경재래종(purple stem variant) 4, 6년생을 사용하였다.

해가림 피복자재는 PE(polyethylene)차광망을 이용하였으며, 대조구는 PE차광망 4중직(흑1+청3)을, 생육시기별 투광량 조절구는 PE청색 2중직 및 4중직 차광망을 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 시험구 설치

본 시험구의 대조구는 PE차광망 4중직(흑1+청3)으로 피복하여 전 생육기간중 투광율이 8%정도가 되게 설치하였고, 생육시기별 투광량 조절구는 4년생부터 생육초기(4~6월) 및 후기(9월~10월)에는 PE청색 2중직 차광망을 피복하고, 생육중기(7~8월)에는 PE청색 2중직 차광망 위아래 추가로 PE 4중직 차광망을 피복하여 해가림 투광율을 조절하였다.

해가림 설치 구조는 후주연결식으로 전주높이 180 cm, 후주높이 100 cm, 해가림폭 180 cm로 표준규격에 준하였으며, 기타 일반관리는 표준인삼경작방법⁹⁾에 준하였다.

(2) 기상환경 조사

해가림내 투광율(Real light transmittance rate)은 해가림내 지상 60 cm 부위에서 조도계(TAKEMURA DM-28, 일본)로 수광량(lux)을 측정하여 외부 광량에 대한 백분율을 표시하였다. 해가림내 온도는 상면 가운데 부분인 3행을 기준으로

지상 60 cm 높이에서 일중 최고온도를 portable digital 온도계(Forma scientific Co.)로 측정하였다.

해가림내 누수율은 직경 12.5 cm인 용기를 노지 및 해가림내 행별로 설치하여 누수된 수량을 측정하고, 노지 강수량에 대한 백분율로 표시하였다. 그리고 토양수분 함량은 해가림내 3행을 기준으로 하여 지하 15 cm의 토양을 채취하여 중량법으로 생육시기별로 3회 측정하였다.

(3) 생육조사

경직경은 지상 2 cm 부위에서 줄기의 굵기를 측정하였고, 경장은 지체부에서 대엽병기부까지 길이를 측정하였다.

엽면적 지수(Leaf Area Index)는 Portable Leaf Area Meter(Lambda Instrumeter Li-300형, 미국)로 엽면적을 측정하여 단위 지표면적에 대한 지수를 표시하였다.

S.L.W.(Specific Leaf Weight)는 엽면적당(cm²) 건물중(mg)으로 표시하였고, 엽록소 함량은 spad meter(SPAD-502, minolta, 일본)를 사용하여 측정하였다.

인삼잎의 기공개도는 중앙소엽의 중앙부를 침윤법¹⁰⁾으로 조사하였고, 광합성 및 호흡량은 장엽을 30×20×3.5 cm 크기의 투명 acryl chamber에 넣어서 식물동화 작용 측정장치(HORIBA ASSA-1610, 일본)로 조사하였다. 지상부 생육, 엽면적 지수, 기공개도 및 광합성 측정은 2001년 9월 상순에 조사하였다.

인삼잎의 점무늬 이병율은 8월 20일에, 낙엽율은 9월 30일에 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 해가림내 기상환경 특성

인삼의 생육시기별로 해가림 투광량을 조절하여 해가림내의 기상환경을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 저온기인 생육초기(4~6월)와 후기(9~10월)에 PE청색 2중직 차광망을

Table 1. Comparison of environmental conditions between control and changing light transmittance (C.L.T.) during the ginseng growing season

Periods	Treatment	R.L.T.R. ³⁾ (%)	Maximum air temperature (°C)	Leaking water rate (%)	Soil water content (%)
April-June	Control ¹⁾	8±2	24.0±1.0	6.2	11.0
	C.L.T. ²⁾	18±2	26.5±1.0	14.0	12.3
July-Aug.	Control	8±2	31.0±1.0	6.2	13.5
	C.L.T.	6±1	28.5±1.5*	0.5*	12.0
Sep.-Oct.	Control	8±2	26.5±1.0	6.2	11.3
	C.L.T.	18±2	27.0±1.0	14.0	10.5

1) Control : Light transmittance rate fixed at 8%

2) C.L.T. : Changing Light Transmittance
18% light transmittance rate during early and late growth stage
6% light transmittance rate during middle growth stage

3) R.L.T.R.: Real Light Transmittance Rate

*: p<0.05 compared to control shading

피복하여 광량을 조절한 구는 상대투광율이 18% 내외로 대조구(PE 흑1+청3 4중직 차광망)의 상대투광율 8% 보다 2 배이상 증가되었다. 그러나 고온기인 7~8월에는 투광량조절구(C.L.T. PE청 2중직+PE 4중직 차광망 피복)는 상대투광율이 6% 내외로 대조구 8% 내외보다 낮았다. 일중 최고기온은 투광량조절구가 대조구 보다 생육초기(4~6월)에 2.5°C, 후기(9~10월)에 0.5°C 정도 높았으나, 생육중기(7~8월)인 고온기에는 2.5°C 낮았다. 누수율은 생육초기(4~6월)에 투광량조절구(C.L.T.)는 14.0%로 대조구 6.2% 보다 높아서, 봄철 건조기에 누수율이 높아 토양수분 함량에 도움이 되었다. 생육중기(7~8월)에는 광량조절구가 0.5%로 대조구 6.2% 보다 낮았고, 생육후기(9~10월)에는 누수율이 생육초기(4~6월)와 같은 경향이었다. 생육기간중 토양수분 함량은 누수율과 같은 경향으로 생육초기(4~6월)인 봄철 건조기에 토양수분 함량이 광량조절구는 12.3%로 대조구 11.0% 보다 높았으나, 생육중기(7~8월)인 장마기에 토양수분 함량이 광량조절구는 12.0%로 대조구 13.5% 보다 낮았다.

2. 지상부 생육상황 특성

인삼의 생육시기별로 투광율을 조절하여 4, 6년생시 지상부 생육상황을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 지상부의 생존율이 4년생시에는 투광량 조절구와 대조구간에 차이가 없었으나 6년생시에는 광량조절구가 61.9%로 대조구 54.8% 보다 높았다.

경직경도 4년생시에는 처리간에 차이가 없었으나 6년생시에는 광량조절구가 8.0 mm로 대조구 6.9 mm 보다 굵었다. 경장은 4년생시에 광량조절구는 38.8 cm로 대조구 42.3 cm 보다 짧았고, 6년생시에도 같은 경향이었다.

엽면적 지수는 4년생시에 광량조절구는 1.8로 대조구 2.8 보다 낮았고, 6년생시에도 같은 경향이었다. 줄기의 직립 각도도 4년생시에 광량조절구는 84°로 대조구 70° 보다 직립하였으며, 6년생시에는 광량조절구가 90°로 직립하였으나 대조

구는 53°로 줄기가 진행쪽으로 굽었다.

또한 생육시기별 투광율을 조절하여 인삼잎의 비엽중(S.L.W), 엽록소 함량 및 기공개도에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 3), 비엽중이 투광량조절구가 1.40 mg/cm²로 대조구의 1.25 mg/cm²에 비해 높았으며, 엽록소 함량은 투광량조절구가 26.6으로 대조구 31.7에 비해 감소되었다. 기공개도 지수는 투광량조절구가 0.5로 대조구 0.3 보다 높아 광합성능력을 증가시킬 수 있는 조건이 조성되었다.

이상 지상부의 생육을 종합하면 4년생시에는 투광량 조절구는 대조구보다 경장이 짧고, 엽면적 지수가 낮았고, 경각도가 직립되어 투광량 조절 효과가 나타났으며, 6년생시에는 투광량 조절구가 대조구보다 지상부 생존율이 높았고, 경직경이 굵고, 경장이 짧았으며, 엽면적 지수가 낮고, 경각도가 90°로 직립되어, 4년생시 보다 투광량 조절효과가 더 크게 나타나, 지상부의 균락형성 및 수광상태가 더 양호하였다.

3. 광합성 능력 특성

인삼의 생육시기별로 헤가림의 투광율을 조절하여 4년생의 생육후기(9월 10일)에 광합성능력을 비교한 결과는 Table 4와 같다.

일중 총광합성량은 생육시기별 투광량조절구가 60.9 mg

Table 3. Effects of light transmittance control on the specific leaf weight, chlorophyll content and stomatal opening during the ginseng growing season of 4-years-old ginseng plant

Treatment	S.L.W ³⁾ (mg/cm ²)	Chlorophyll contents (SPAD)	Stomatal opening
Control ¹⁾	1.25	31.7	0.3
C.L.T. ²⁾	1.40	26.6	0.5
L.S.D (5%)	0.12	3.4	0.1

- 1) Control : Light transmittance rate fixed at 8%
- 2) C.L.T. : Changing Light Transmittance
18% light transmittance rate during early and late growth stage
6% light transmittance rate during middle growth stage
- 3) S.L.W : Specific Leaf weight

Table 2. Comparison of aerial parts growth between control and C.L.T. during the ginseng growing season of 4 and 6-years-old ginseng plant

Age of plant	Treatment	Survival ratio (%)	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)	L.A.I ³⁾	Stem angle (°)
4	Control ¹⁾	74.3 ^a	6.4 ^a	42.3 ^a	2.8 ^a	70 ^b
	C.L.T. ²⁾	75.7 ^a	6.5 ^a	38.8 ^b	1.8 ^b	84 ^a
6	Control	54.8 ^b	6.9 ^b	36.9 ^a	3.4 ^a	53 ^b
	C.L.T.	61.9 ^a	8.0 ^a	31.0 ^b	2.6 ^b	90 ^a

- 1) Control : Light transmittance rate fixed at 8%
 - 2) C.L.T. : Changing Light Transmittance
18% light transmittance rate during early and late growth stage
6% light transmittance rate during middle growth stage
 - 3) L.A.I. : Leaf Area Index
- In a column, treatment means having a common letters are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 4. Effects of light transmittance control on the amounts of daily photosynthesis and respiration during the ginseng growing season of 4-years-old ginseng plant (unit : mg CO₂·dm⁻²·day⁻¹)

Treatment	Apparent photosynthesis	Respiration	R/P ⁴⁾ (%)	Net Photosynthesis
Control ¹⁾	46.6(100) ³⁾	7.9	16.9	38.7(100)
C.L.T. ²⁾	60.9(131)	12.0	19.7	48.9(126)
L.S.D (5%)	2.6	3.0	2.1	2.8

1) Control : Light transmittance rate fixed at 8%

2) C.L.T. : Changing Light Transmittance

18% light transmittance rate during early and late growth stage
6% light transmittance rate during middle growth stage

3) () indicate the indices

4) R/P : Percentage of respiration to photosynthesis

CO₂·dm⁻²·day⁻¹으로 대조구의 46.6 mg 보다 31% 정도 증가되었고, 일중 총호흡량도 투광량조절구가 12.0 mg으로 대조구의 7.9 mg 보다 높았다. 그리고 주간의 광합성에 대한 야간의 호흡량 비율(R/P)도 투광량조절구가 19.7%로 대조구의 16.9% 보다 높았다. 일중 총광합성량에서 일중 총호흡량을 뺀 일중 순동화량은 광량조절구가 48.9 mg CO₂·dm⁻²·day⁻¹로 대조구의 38.7 mg에 비해 26% 정도 증가되었다.

이상과 같이 해가림의 투광율을 저온기(봄, 가을)에는 상대투광율을 18% 정도 증가시키고, 온도가 30°C 이상 높은 고온기에는 상대투광율을 6% 정도로 감소시킨 투광량 조절구가 대조구 보다 일중 순광합성량이 증가된 것은 잎의 엽록소 함량은 낮았으나, 비엽중을 증가시키고 기공개도 능력을 향상시킨 것으로 보아, 투광량 조절구가 잎의 광효율이 증대 시키도록 생리적으로 hardening이 되었기 때문으로 생각된다. 또한 해가림의 미기상 환경적 측면에서 보면, 9월의 최고기온이 투광량 조절구는 대조구보다 약 0.5°C 높았고, 투광량도 18%로 대조구 8%보다 높아, 26~27°C의 다소 서늘한 기후에서 온도가 다소 높더라도 투광율을 높인 것이 광합성량을 증가시킨 원인이라고 생각된다. 또한 최고기온이 30°C 이상인 7~8월 고온기에 투광율을 줄여 온도를 28.5°C로 낮게 한 것은 과도한 광 energy는 광합성 기관에 해로운 결과를 가질 수 있다고 하는 보고¹¹⁾와 음식물은 고온 및 고광에서 현저한 광합성 능력의 감소를 보였다고 하는 결과¹²⁾와도 일치한다.

4. 점무늬병 이병 및 낙엽율

인삼의 생육시기별 투광율을 조절하여 점무늬병을 조사한 결과(Table 5), 점무늬병 발생율이 투광량조절구는 3%가 발생되었으나 대조구는 44%로 현저히 높았다.

그리고 생육후기의 지상부 낙엽율도 광량조절구가 15.7% 정도로 대조구의 50.0%에 비해 현저히 감소되었다. 이상과

Table 5. Effects of light transmittance control on the disease by *Alternaria* blight and defoliation in 4-years-old ginseng plant (unit : %)

Treatment	<i>Alternaria</i> blight	Defoliation
Control ¹⁾	44±2.3	50.0±5.5
C.L.T. ²⁾	3±0.6**	15.7±3.4**

1) Control : Light transmittance rate fixed at 8%

2) C.L.T. : Changing Light Transmittance

18% light transmittance rate during early and late growth stage
6% light transmittance rate during middle growth stage

**p<0.01 compared to control shading.

같이 인삼의 생육시기별 광량조절구가 점무늬병 이병율 및 낙엽율이 낮았던 원인은 고온기에 해가림내 투광량을 6% 내외로 조절하여 해가림내 온도상승에 의한 고온장해 및 누수과다 방지에 기인된 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합하면 우량인삼의 안전 다수확 재배를 위해서는 봄철 저온기(4~6월)에는 해가림의 투광량을 증대(상대투광율 18% 내외)하여 지상부 생육이 도장되는 것을 방지하고, 고온기 및 우기(7~8월)에는 투광량을 감소(상대투광율 6% 내외)하고 집중누수를 방지하여 점무늬병 및 조기낙엽 발생을 줄이고, 가을철 저온기(9~10월)인 생육후기에는 다시 투광량을 증대(상대투광율 18% 내외)하여 광합성을 증가시키는 인삼생육시기별 투광량을 조절하는 것이 필요하다고 생각된다.

요 약

전 생육기간동안 해가림내의 투광율을 약 8%로 고정된 대조구와, 생육시기별로 투광율을 6%와 18%로 조절한 투광량 조절구의 해가림내의 미기상, 지상부 생육 특성 및 광합성의 차이를 조사한 결과는 다음과 같다.

해가림내의 투광율을 고정된 대조구는 PE4중직(흑1+청3) 차광망을 피복하여 약 8% 투광율을 전 생육기간동안 유지하였고, 투광량조절구는 PE 차광망을 사용하여 7~8월에 투광율을 6%, 4~6월과 9~10월의 투광율 18%가 유지되도록 하였다. 투광량조절구는 저온기인 생육초기(4~6월) 및 후기(9~10월)에 대조구보다 최고기온, 누수율 및 토양수분함량이 높았으나, 고온기인 생육중기(7~8월)에는 최고기온, 누수율 및 토양수분함량이 낮았다. 투광량 조절구는 대조구 보다 생존율이 높고, 경직경이 굵었으며, 경장이 짧고, 엽면적 지수가 낮고, 줄기도 90°로 직립하였다. 투광량 조절구는 대조구 보다 엽록소 함량은 감소되었으나, 비엽중(S.L.W)과 기공개도가 증가되었고, 일중 순광합성량이 26% 증가되었다. 광량조절구는 대조구에 비해서 점무늬병 이병율과 낙엽율이 현저히 감소되었다.

인용문헌

1. Kim, J. H. : Factors affecting the received light intensity of ginseng plants (*panax ginsengs*). *J. Nat'l. Acad Sci.* **5**, 1 (1964).
2. 이종화, 박훈, 박귀희, 유기중 : 물질생산 및 대사연구, *Ibid.* 131-159 (1980).
3. 오승환, 김홍진, 정영률 : 반점병 발병 기작 연구, 인삼 연구 보고서(재배분야), 고려인삼연구소, 39-50 (1979).
4. 오승환 : 인삼의 병해 : 환경 및 기주조건과 발병과의 관계, *고려인삼학회지*, **5**, 73-84 (1981).
5. 박훈 : 인삼의 온도에 대한 생리반응, I. 엽경험, 분포, 발아, 광합성, 호흡, *고려인삼학회지*, 156-120 (1980).
6. 박훈 : 인삼의 온도에 대한 생리반응, II. 엽의생리, 지운, 기온, 병균의 생육, *Ibid.*, 104-120 (1980).
7. 박훈 : 인삼의 수분 생리, I. 자생지 관찰, 재배경험, 기상요인, 근 및 엽의특성, *Ibid.*, 197-220 (1980).
8. 목성균, 반유선, 이태수, 천성기 : 수삼품질 향상을 위한 재배법 개선 연구, 인삼연구보고서(재배분야), 한국인삼연초연구원, 63-69 (1998).
9. 농촌진흥청 : 인삼재배 표준영농교본, 23-223 (2000).
10. 石原邦, 西原武彦, 小倉忠台 : 水稻栽培における氣孔の開閉と環境條件との關係, 日作記, **40**, 491-496 (1971).
11. Kok, B., Gassmer, E. B. and Rurainski, H. J. : Photoinhibition of chloroplast reactions. *Photochem. Photobiol.* **4**, 215-227 (1965).
12. Boardman, N. K. : Comparative photosynthesis of sun and shade plants, *Ann. Rev. Plant Physiol.* **28**, 355-377 (1977).