

차광처리에 의한 삼채의 생육, 수량 및 당함량 변화

김명희* · 송병민** · 최은영**†

*충남농업기술원 원예연구과, **한국방송통신대학교 농학과

Determination of Growth, Yield and Carbohydrate Content of *Allium hookeri* Grown under Shading Treatment

Myung Hee Kim*, Beong Min Song** and Eun Young Choi**†

*Department of Horticulture, Chungnam Agricultural Research Center, Yesan 32418, Korea.

**Department of Agricultural Science, Korea National Open University, Seoul 03087, Korea.

ABSTRACT

Background: This study was aimed at evaluating the growth, yield, and carbohydrate content in the whole *Allium hookeri* plant with shading treatment in hot summer.

Methods and Results: Different shading rate, including 0 (control), 35 or 55%, was employed from the June 21st to August 31st. Daily average air and soil temperature, which were approximately 2.5 °C and 3.8 °C lower, respectively, were observed with both 35% and 55% treatments in July and August, with no significant difference in daily maximum air temperature. Dry weights were high, approximately 40% and 48% for the shoot and 20% and 12% for the root, with the 35% and 55% treatments, respectively, 8 weeks after shading. Division number was increased by 13% and 19.8% with the 35% and 55% treatments, respectively. The mortality rates of 150 plants were 9.1%, 4.0%, and 1.3% with the 0 (control), 35% and 55% treatments, respectively. At 4 weeks after shading, the highest and lowest sucrose levels in both shoot and root were observed with the 35% and 55% treatments, respectively. At 8 weeks after shading, there was no significant difference in the sucrose content in the shoot among the treatments.

Conclusions: The highest plant growth rate and yield with the 55% treatment may be related with the decrease in both air and soil temperatures, resulting in reduced leaf respiration and thus compensate net photosynthesis.

Key Words: *Allium hookeri*, Photosynthesis Rate, Soil Temperature, Solar Irradiance

서 언

삼채 (三菜, *Allium hookeri*)는 백합과 (Liliaceae) *Allium* 속의 다년생 식물로 원산지는 아열대 지역인 인도, 스리랑카, 미얀마 및 중국 남서부 등이다 (Ayam, 2011). 뿌리가 인삼의 맛과 비슷하다고 삼채(蔘菜) 라고 불리기도 하고 또 쓰고 맵고 단맛이라는 세 가지 맛 때문에 삼채(三彩) 라고도 한다 (Park and Yoon, 2014).

삼채에는 *Allium* 속 식물에 주로 함유되어 있는 methyl sulfonyl methane (MSM) 이 풍부하여 항염증 효과가 입증

되었고 (Bae and Bae, 2012), 기능성 채소로서 이용가치가 높아 재배면적이 증가되고 있다 (You and Kim, 2013). 한국에서 삼채는 노지포장에 3월에 정식하여 지상부의 잎이 마르고 토양이 동결되기 전 11월 하순부터 12월 초순과 토양이 해동 된 후인 이듬해 3월에 뿌리만 수확한다. 그러나 아직까지 삼채 채소 경매시장이 활성화 되지 못해 직거래 소규모로 판매하는 실정이다 (Oh *et al.*, 2014).

삼채재배에서 가장 어려운 점은 7, 8월 고온과 강광에 노출되어 잎의 선단부위가 마르는 잎끝마름증 (leaf-tip burn) 이 나타나 심해지면 고사하게 되어 수량이 현저하게 감소되는 것

†Corresponding author: (Phone) +82-2-3668-4635 (E-mail) ch0097@knou.ac.kr

Received 2017 September 11 / 1st Revised 2017 October 9 / 2nd Revised 2017 November 3 / 3rd Revised 2017 November 14 / Accepted 2017 November 15

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이다 (Oh *et al.*, 2014).

식물에게 있어 광은 광합성 효율, 효소 활성 등에 영향을 주는데 식물의 광 민감도에 따라 그 피해 정도가 다르다 (Noguchi *et al.*, 1996). 또한 온도 스트레스는 광합성과 호흡 모두를 저해한다. 온도가 상승하여 식물 호흡률이 빨라지면 광합성 산물인 전분이나 당이 저장되지 못하고 에너지로 전환되어 사용됨으로써 식물체의 중량은 감소하게 된다. 일반적으로 식물의 중량은 광합성으로 생산된 전분과 당이 저장되면서 증가되는데, 생산물인 당의 일부는 저장되고, 나머지 일부가 에너지로 사용된다. 이러한 광합성은 고온 스트레스에 민감하게 반응하는데 호흡에 상해를 주지 않는 온도 수준에서도 완전히 저해된다고 한다 (Bjorkman *et al.*, 1980).

시설재배에서는 강광과 그에 따른 고온 스트레스를 방지하기 위하여 차광제를 도포하거나 하우스 내 차광 스크린을 설치, 또는 기화열을 이용한 포그 분무시스템, 냉방 시설 등을 사용하고 있으며 (Kim *et al.*, 2006; Ha *et al.*, 2012) 노지재배에서는 차광망을 주로 사용하고 있다 (Yim and Kim, 1995).

차광재배는 작물의 일소현상 피해를 줄이는데 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 최근 새싹채소로 많이 이용되는 돌나물이 여름철의 고온과 강광에 따른 증산 및 호흡량의 증가로 광합성 산물의 소모가 커져 생육감소와 품질저하를 초래하는 결과를 보였는데 (Lee *et al.*, 2007), 차광율을 30%, 50%, 70%, 90%로 처리하여 무처리구와 비교한 결과 50% 차광 처리구에서 생육이 좋았고 쓴맛도 감소되었다. 또한, 잔대 재배시 25, 50, 75% 차광율을 처리하였을 때 생육 및 광합성 활성에 긍정적 효과가 나타났다 (Kim *et al.*, 2012).

이와 같이 차광재배의 효과에 대한 연구는 많으나 삼채 재배를 위한 차광 연구 결과는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 고온기 삼채 노지재배에서 차광률을 달리하여 재배하였을 때 재배 환경, 식물 생육, 수량 및 광합성산물의 공급부와 저장부의 당 함량 변화를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

삼채 (三菜, *Allium hookeri*) 모주는 충남농업기술원 노지포장에서 2014년부터 2 년 동안 재배하여 2016년 3월 14일에 그 뿌리를 채취하여 건전한 뿌리를 선별한 후 너두로부터 5 cm 정도 남겨두고 자른 뒤 절단면 큐어링을 위해 약 10°C 온도가 유지되고 통풍이 잘되는 곳에 3 일 동안 저장한 후 너두를 중심으로 1 주씩 분주하여 정식하였다.

정식은 3월 17일에 미사질 양토로 구성된 시험포장 [100 cm (이랑), 60 cm (고랑), 2,000 cm (길이)] 에 재식거리 (20×20 cm) 로 3 처리 난괴법 3 반복으로 하였다. 정식 후 잡초 억제와

원활한 수분 유지, 신초 성장이 양호하도록 이랑 위에 벧짚을 덮어 주었다. 토양관리는 정식 7 개월 전에 10 a 당 벧짚과 팽연왕겨를 각각 300 kg 씩 사용하였고, 정식 4 주전에 10 a 당 유박과 원예용 상토를 각각 300 kg 씩 사용하였다.

관수관리는 점적관수 방식으로 봄, 가을에는 일주일에 3 회 공급하였고 소요 물량은 10 a 당 1-3 ton 이었다. 강우가 있거나 강우가 온 다음 날은 관수를 하지 않았고, 여름철에는 관수횟수를 늘려서 이른 오전 시간과 늦은 오후 시간에 관수하였다. 정식 전 기비로는 질소 1.26 kg/ha, 인산 2.42 kg/ha, 칼륨 0.97 kg/ha를 사용하였고, 추비는 정식 후 30 일 간격으로 질소 0.84 kg/ha, 칼륨 0.65 kg/ha를 3 등분하여 3 회 분시하였다.

2. 차광처리

정식 후 6월 20일까지 무차광 (무처리) 재배하였고 6월 21일에 잎을 1 회 수확 한 후, 차광망을 설치하여 8월 31일까지 총 10 주간 차광 시험 하였다.

차광막 설치는 못자리용 강선 (길이 200 cm) 100 개를 지표로부터 80 cm 높이로 엇갈리도록 설치하여 잎이 자랄 수 있는 공간을 만든 후 차광망 (Dongwon Co., Daegu, Korea) 35% 와 55%를 설치하였다. 차광시설 내부의 기온과 지온은 데이터로거 (HOBO data logger, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

3. 광합성율 조사

광합성율은 차광막 설치 후 39 일째인 7월 30일에 측정하였다. 광합성기기 (Li-COR 6400, Lincoln, Dearborn, MI, USA)를 이용하여 내장된 청색광과 적색광 LED 광으로 광합성 유효광 (PAR; photosynthetically active radiation) 을 2,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 부터 1,500, 1,000, 500, 250, 120, 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 까지 순차적으로 감소시키며 CO₂ 400 ppm 공급조건에서 측정하였다.

4. 생육특성 조사

차광막 설치 후 28 일 (4 주) 경과한 삼채를 2016년 7월 18일부터 8월 16일까지 7 일 간격으로 조사하였다. 처리구별로 가장 건전한 20 주씩 선정하여 총 180 주를 채취한 후 잔뿌리가 손상되지 않도록 이물질을 제거한 후 지상부와 지하부로 나누어 기부부터 가장 긴 잎의 길이와 엽폭을 측정하였고, 뿌리는 기부부터 가장 긴 뿌리의 근장을 측정하였으며 처리구별로 각각의 생체중을 측정하였다. 채취한 시료들은 동결건조기 (Freeze Dryer Pilot scale, Zirbus Technology GmbH, Bad Grund, Germany)를 이용하여 72 시간 동안 동결건조 한 후 정밀저울 (PG603-S Delta Range, Mettler Toledo, Columbus, OH, USA)로 건물중을 측정하였다.

5. 유리당 조사

건조된 시료는 유리당 분석을 위해 분쇄한 후 40 g 을 80% 의 MeOH 200 ml 를 첨가하여 초음파추출기로 1 시간 추출 후 최종적으로 24 시간 상온에서 추출한다. 추출액을 0.2 μ m 의 필터로 여과한 후, 고형 분을 모아 다시 80% MeOH 200 ml 를 첨가하여 반복 추출 하였다. 얻어진 추출액을 HPLC로 분석하였다. 유리당은 HPLC (Ultimate 3000, Dionex, Sunnyvale, CA, USA), Detector (Shodex RI-101, Showa Denko, Tokyo, Japan), Sugar-pak column (300 $\times$ 6.5 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하여 분석하였으며, 기기의 오븐 온도는 70°C로 유지하였다.

유리당 표준품은 glucose ($\geq$ 98%, Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan), sucrose, fructose ($\geq$ 99%, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 을 사용하였다. 분석의 정확도를 높이기 위해 3 차 증류수를 용매로 0.5 ml/min의 속도로 흐르도록 하였으며, 유리당 시료 주입량은 10 μ l로 설정하였다. 최종분석은 운영소프트웨어 (Chromeleon 6.0 Chromatography Data System Software, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하였다.

6. 통계분석

통계분석은 SAS 프로그램 (statistical analysis system, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)으로 하였으며 평균 간 비교는 Duncan의 다중범위 검정을 이용하였다. 세 개의 차광 처리에 대한 난괴법 3 반복으로 식물재배하여 생육 분석 (엽장, 엽폭, 지상부 생체중, 지하부 생체중, 지상부 건물중, 지하부 건물중, 분얼수)은 차광 후 4 주째인 7월 18일 부터 일주일 간격으로 총 5 회에 걸쳐 처리별 난괴법 1 반복당 10 개 채씩 선정하여 총 30 개를 조사하였다. 고사 주는 7월 10일에 처리별 난괴법 1 반복당 10 개채씩 선정하여 총 30 개를 1 회 조사하였다. 광합성효율 분석은 차광 5 주 후에 처리별 2 개채씩 선정하여 1 회 측정하였다. 유리당 분석은 차광 후 4 주째인 7월 18일과 차광 처리 8 주 후인 8월 16일에 2 회 걸쳐 처리별 3 개채씩 선정하여 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 차광 처리별 온도감소 효과

차광시설 내부의 평균기온은 무처리 (대조구)는 5, 6, 7, 8 월에 각각 20.5, 22.8, 26.0, 27.0°C, 35% 차광구는 6, 7, 8 월에 각각 20.4, 24.6, 26.7°C, 55% 차광구는 6, 7, 8 월에 각각 20.3, 24.6, 26.8°C 였다. 6월에 35% 차광구에서 대조구보다 2.6°C, 55% 차광구에서 3.2°C 감소된 결과를 얻었다. 7월과 8월에는 차광처리와 대조구 간 최대 2.5°C 온도차가 났지만 오후 3 시에 최고 온도는 처리 간 차이를 보이지 않았다 (Fig. 1).

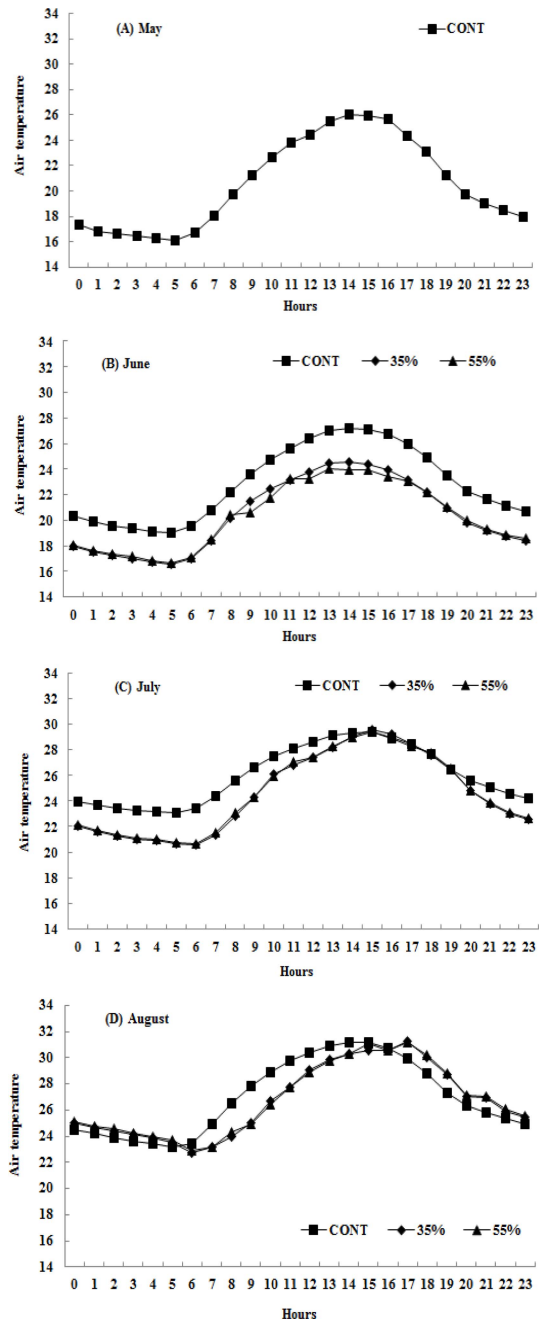


Fig. 1. Changes of hourly average air temperature at May (A), June (B), July (C) and August (D) under the different shading rate, 0 (Cont.), 35 or 55%.

차광시설 내부의 평균지온은 대조구에서는 5, 6, 7, 8 월에 각각 30.0, 29.2, 30.5, 31.1°C 였고, 35% 차광구에서 6, 7, 8 월에 각각 25.8, 26.6, 27.7°C, 55% 차광구에서 6, 7, 8 월에 각각 24.7, 25.8, 27.2°C 였다 (Fig. 2). 6월에 35% 차광구에서 대조구보다 3.4°C, 55% 차광구에서 4.5°C 감소하였다. 7월에는 35% 차광구에서 대조구보다 3.9°C, 55% 차광구에서는

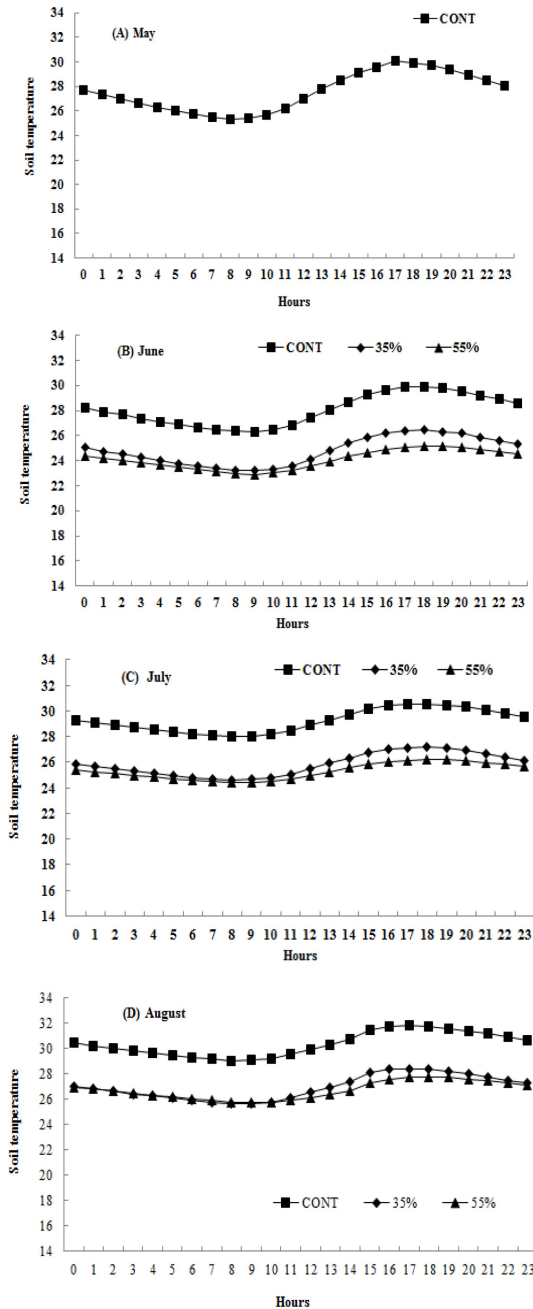


Fig. 2. Changes of hourly average soil temperature at May (A), June (B), July (C) and August (D) under the different shading rate, 0 (Cont.), 35 or 55%.

4.7°C 감소하였다. 따라서 차광처리가 차광망 내부의 기온 보다 지온을 더 크게 감소시키는 것으로 나타났다. 앞서 발표된 연구 결과에서 차광처리로 온실 내부 지온이 평균 3.0°C 감소된 것과 유사한 결과이다 (Lee *et al.*, 2001). 비록 노지재배 연구결과는 아니지만 차광 처리가 고온기에 온도감소 효과가 있는 것을 입증하는 연구결과들이 있다. 파프리카 여름 시설

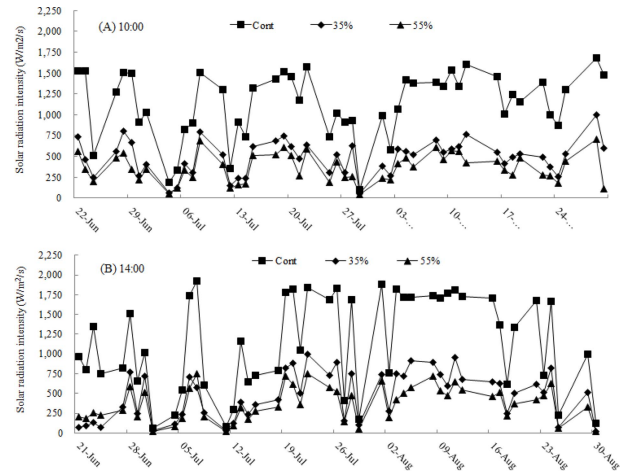


Fig. 3. Daily changes of solar irradiance measured twice in a day at 10:00 (A) and 14:00 (B) under the different shading rate, 0 (Cont.), 35 or 55%.

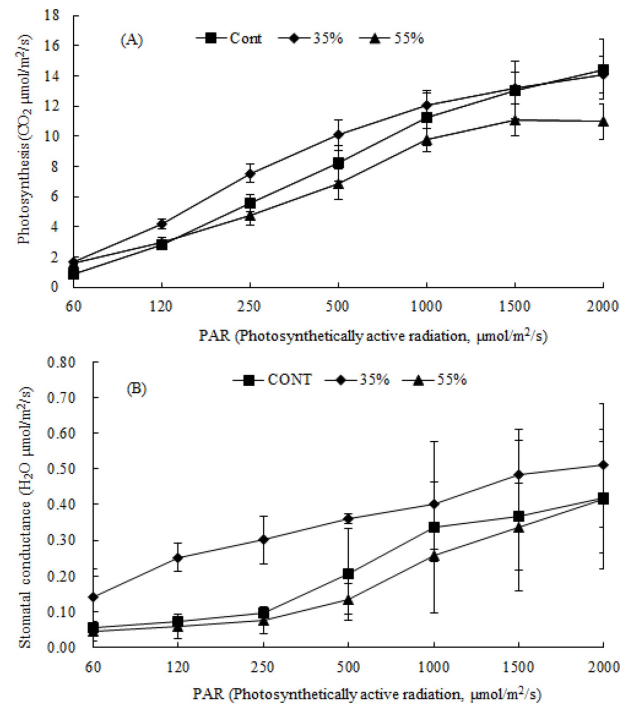


Fig. 4. Changes in photosynthesis (A) and stomatal conductance (B) at the different photosynthetically active radiation (PAR) intensity under the different shading rate, 0 (Cont.), 35 or 55%. Bars represent means and standard deviation of 2 replications.

재배 시 차광 스크린과 차광제 처리구를 무처리구와 비교하였을 때 차광제 처리가 시설 내부 온도를 3.3°C 감소시켰고 이는 스크린 처리에 비해 1.5°C 정도 낮았다 (Ha *et al.*, 2012). 다채의 시설재배에서 차광 처리가 시설 내 온도를 평균 2°C 감소시켰다 (Cho, 2014).

Table 1. Length and width of leaf, fresh weights of shoot and root, dry weights of shoot and root, and tiller number of *Allium hookeri* grown for 8 weeks after shading under the different shading rate, 0 (Cont.), 35 or 55%.

Weeks	Shading rate (%)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g)	Tiller number (ea)
4	Cont	35.01 ^b	1.55 ^a	74.29 ^b	21.66 ^{ab}	1.41 ^a	5.58 ^a	—
	35	33.90 ^b	1.50 ^a	63.03 ^b	20.98 ^b	1.14 ^a	4.17 ^b	—
	55	38.72 ^a	1.39 ^a	99.23 ^a	26.62 ^a	1.18 ^a	5.36 ^{ab}	—
5	Cont	32.08 ^b	1.64 ^a	77.60 ^b	17.21 ^b	5.37 ^b	2.09 ^b	—
	35	37.13 ^a	1.77 ^a	99.82 ^a	21.22 ^a	6.58 ^a	2.61 ^a	—
	55	39.12 ^a	1.71 ^a	107.44 ^a	20.94 ^a	6.19 ^{ab}	2.37 ^{ab}	—
6	Cont	27.46 ^b	1.51 ^b	61.49 ^b	19.38 ^a	4.64 ^b	2.11 ^a	—
	35	34.80 ^a	1.66 ^a	88.59 ^a	19.41 ^a	5.94 ^{ab}	2.20 ^a	—
	55	35.47 ^a	1.68 ^b	100.98 ^a	18.98 ^a	7.49 ^a	2.19 ^a	—
7	Cont	29.72 ^b	1.58 ^a	68.83 ^b	12.41 ^b	4.87 ^b	1.48 ^b	—
	35	38.24 ^a	1.38 ^b	169.22 ^a	19.97 ^a	11.02 ^a	2.61 ^a	—
	55	38.59 ^a	1.38 ^b	166.25 ^a	20.28 ^a	9.79 ^a	2.26 ^a	—
8	Cont	32.10 ^c	1.40 ^a	116.15 ^c	20.50 ^b	19.39 ^b	2.29 ^b	14.13 ^b
	35	39.62 ^b	1.36 ^a	180.32 ^b	27.30 ^a	27.17 ^a	2.73 ^a	16.40 ^{ab}
	55	42.74 ^a	1.38 ^a	205.56 ^a	27.11 ^a	28.63 ^a	2.56 ^{ab}	17.63 ^a

Means values from thirty plants of randomized three block designs are shown. *Means with difference letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

2. 차광처리에 따른 광합성 특성의 변화

전 재배기간 중 오전 10시에 평균 광량은 무처리구에서 1,129 W/m²/s 였고, 35% 차광구는 평균 57%, 55% 차광구는 평균 68% 감소되었다. 오후 2시에 평균 광량은 무처리구에서 1,148 W/m²/s 였고, 35% 차광구는 57%, 55% 차광구는 67% 감소하였다 (Fig. 3).

차광 5 주 후 PAR 수준을 2,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 부터 1,500, 1,000, 500, 250, 120, 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 까지 순차적으로 감소시키며 광합성율을 측정된 결과 PAR 120 - 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 범위에서 광합성율은 35% > 무처리 > 55% 순으로 높았다 (Fig. 4A). PAR 1,000 - 2,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서는 무처리구와 35% 차광구의 차이가 없었고 55% 차광구에서 가장 낮았다. 차광 55% 처리구는 PAR 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 수준에서 광합성률이 최대에 도달되는 광포화점이 나타나 5 주간의 차광 기간 동안 광순화가 일어난 것을 알 수 있었다 (Fig. 4).

본 실험에서 7월에 측정된 차광재 내부의 PAR 범위가 일일 평균 300 - 700 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 무처리구 (700 - 1,373 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)에 비해 50 - 70%로 감소한 결과를 보여 (자료 미제출) PAR 120 - 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 범위에서 광합성율 결과가 의미가 있는 것으로 생각된다. 증산율은 PAR 60 - 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 범위에서 35% > 무처리 > 55% 순으로 높았고 1,000 - 2,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 범위에서는 통계적 유의차가 없었다 (Fig. 4B). 선행 연구에서 차광율이 높을수록 광합성률과 증산율이 감소한다는 결과와 일치된다 (Yoon, 2001).

Table 2. Sucrose, glucose and fructose contents of *Allium hookeri* shoots grown for 4 and 8 weeks after shading under the different shading rate, 0 (Cont.), 35 or 55%.

Weeks	Shading rate (%)	Sucrose (%)	Glucose (%)	Fructose (%)
4	Cont	2.63 ^{ab}	3.99 ^a	5.69 ^a
	35	3.32 ^a	3.08 ^b	4.60 ^b
	55	1.71 ^b	3.67 ^{ab}	5.70 ^a
8	Cont	2.88 ^a	5.14 ^a	5.52 ^a
	35	2.76 ^a	5.75 ^a	5.80 ^a
	55	2.42 ^a	5.23 ^a	5.79 ^a

Means values from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

3. 차광처리에 따른 식물생육 특성 비교

지상부 및 지하부 생체중은 차광 4 주 후 55% 차광구에서 유의적으로 가장 높았고 차광 5 주 후부터 7 주까지는 차광구에서 무처리 보다 유의적으로 높았다 (Table 1). 지상부 및 지하부 건물중도 차광 5 주 후 부터 8 주까지 차광구에서 높았다. 지상부 건물중은 차광 8 주 후 35% 차광구에서 무처리구 보다 40.14%, 55% 차광구에서 47.69% 유의적으로 높았고 차광구 처리 간 유의차는 없었다. 지하부 건물중은 차광 8 주 후 35% 차광구에서 19.50%, 55% 차광구에서 11.94% 유의적으로 높았다.

엽장은 차광 5 주 후부터 차광구가 무처리구 보다 유의적으로 높았고 35와 55% 처리 간 유의차는 없었다. 엽장은 차광

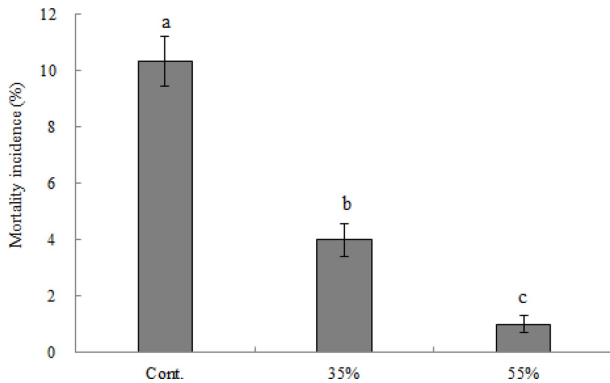


Fig. 5. Incidence of plant mortality. One hundred fifty plants for each treatment were measured at 5 weeks after shading under the different shading rate, 0 (Cont.), 35 or 55%.

8 주 후 35% 차광구에서 23.42%, 55% 차광구에서 33.12% 높았다. 엽폭은 처리 간 큰 유의차가 없었다. 분얼수는 차광 8 주 후에 무처리에서 평균 14 개였고, 35% 차광구에서 무처리보다 13%, 55% 차광구에서 19.8% 유의적으로 높았다. 잎 끝마름증에 따른 고사주율은 차광 5 주 후 무처리에서 총 150 주 중 평균 13.7 주가 고사하여 9.1%의 고사율을 보였고, 35% 차광구에서 6 주가 고사하여 4.0%의 고사율이 나타났고, 55% 차광구에서 2.33 주가 고사하여 1.3%로 나타났다. 따라서 고사주 발생은 55% 차광구에서 현저히 감소한 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 5).

무처리구에서 지상부 및 지하부의 건물중이 급격히 감소된 것은 여름 고온기에 처리구에 비해 상대적으로 높은 기온 및 지온으로 인해 호흡이 증가된 결과로 판단된다. 본 연구에서는 호흡율을 측정하지는 않았지만 무처리구에서 고온기에 기온과 지온이 지속적으로 3-4℃ 이상 높았으므로 호흡 증가로 인한 순광합성을 감소로 식물체 중량이 낮아진 것으로 보인다. 최근 연구결과에 의하면 차광에 의한 온도저하가 총 광합성을 높였다고 한다. 포도 재배에서 고온기에 차광망을 설치하여 기온을 낮춰줌으로써 광합성률이 30과 50% 차광구에서 무처리구 보다 더 높았다 (Lee *et al.*, 2015).

4. 차광처리에 따른 지상부, 지하부의 당 함량 변화

지상부 자당 (sucrose) 함량은 차광 4 주 후 35% 차광구에서 무처리구 보다 26.54% 높았고 55% 차광구에서 31.55% 낮았다. 차광 4 주 후 지상부 sucrose 함량이 35% 차광구에서 가장 높은 결과는 차광 5 주 후 광합성 유효광량 PAR 120-500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 범위에서 광합성률이 가장 높았던 결과와 일치되고 sucrose 함량이 55% 차광구에서 가장 낮은 것도 차광 5 주 후 광합성률이 가장 낮았던 결과와 일치된다. Sucrose 함량 결과와는 반대로 35% 차광구에서 포도당

Table 3. Sucrose, glucose and fructose contents of *Allium hookeri* roots grown for 4 and 8 weeks after shading under the different shading rate, 0, 35 or 55%.

Weeks	Shading rate (%)	Sucrose (%)	Glucose (%)	Fructose (%)
4	Cont	1.90 ^{ab}	1.07 ^a	3.31 ^a
	35	2.00 ^a	0.84 ^{ab}	2.68 ^b
	55	1.58 ^b	0.80 ^b	2.41 ^b
8	Cont	2.14 ^a	0.62 ^b	1.23 ^a
	35	2.18 ^a	0.57 ^b	1.24 ^a
	55	1.43 ^b	0.87 ^a	1.29 ^a

Means values from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

(glucose)과 과당 (fructose) 함량은 가장 낮았고 무처리구에서 glucose 함량이 가장 높았다. 차광 8 주 후 지상부 sucrose, glucose, fructose 함량은 처리 간 유의차가 없었다 (Table 2).

지하부 (뿌리) sucrose 함량은 차광 4 주 후 지상부 sucrose 함량 순서와 일치하여 차광 35% 처리구에서 가장 높았고 55% 차광구에서 가장 낮았다. 무처리구는 glucose와 fructose 함량이 유의적으로 가장 높았다. 차광 8 주 후 지하부 sucrose 함량은 55% 차광구에서 무처리보다 33.4% 낮았고 35%와 대조구 간 유의차는 없었다. Glucose는 55% 차광구에서 다른 두 처리보다 유의적으로 높았다. Fructose는 차광 4 주 후 보다 무처리, 35, 55% 차광구에서 각각 62.8, 53.7, 46.4% 감소되었고 처리 간 유의차가 없었다. 차광 8 주 후 지상부 sucrose 함량은 처리 간 유의차가 없었던 반면 차광 8 주 뿌리 sucrose는 55% 처리구에서 가장 낮았고 glucose는 가장 높았는데 이는 차광처리로 기온 및 지온이 낮아져 뿌리로 sucrose 전류량이 무처리구 35% 보다 높고 glucose로 전환이 촉진된 것으로 판단된다 (Table 3).

이 결과로 차광 55% 처리구가 생육과 수량에 가장 긍정적 영향을 주었다는 것을 알 수 있다. 고온 극복을 위한 작물별 적합한 차광을 연구 결과들에서 작물별 차광효과가 다르다는 것을 알 수 있다. 차광에 의해 생육이 향상되는 예로 곤달비 차광 재배의 경우 80% 차광 재배 시 다른 차광률에 비하여 더 효과적인 생육결과를 보였고 (Park *et al.*, 2011), 비비추, 수호초, 관중 등도 90% 차광에 의해 생육향상의 효과가 있었고 노랑꽃창포와 대사초도 각각 60, 40% 차광시 생육이 우수하다고 하였다 (Kim and Lee, 2009). 산마늘의 경우도 50%의 차광률이 30과 80%의 차광률에 비해 생육이 가장 우수한 것으로 나타났다 (Park and Bae, 2012). 본 연구에서 75% 차광률을 처리하였을 때 그 다음 해 채취한 뿌리 건물중이 55% 차광구 보다 낮은 결과를 보였다 (자료 미제시).

여름철 고온기에 55% 차광 처리가 무처리 보다 작물 생육에 장점으로 작용된 것은 차광으로 기온과 지온을 낮추어 증

산율이 감소되고 그로인한 수분 소모를 줄여 잎마름증 발생을 줄이고 뿌리로 당 전류가 정상적으로 진행되어 양수분 흡수가 원활하게 이루어졌기 때문으로 고찰된다. 즉, 차광으로 인한 총 광합성량은 감소되지만 순광합성율을 증가시켜 광합성 효율을 상쇄시킨 것으로 보인다.

REFERENCES

- Ayam VS. (2011). *Allium hookeri*, Thw. Enum. A lesser known terrestrial perennial herb used as food and its ethnobotanical relevance in manipur. African Journal Food Agriculture and Nutrition and Development. 11:5389-5412.
- Bae GC and Bae DY. (2012). The anti-inflammatory effects of ethanol extract of *Allium hookeri* cultivated in south Korea. The Korea Journal of Herbology. 27:55-61.
- Bjorkman O, Badger MR and Armond PA. (1980). Response and adaptation of photosynthesis to high temperatures. In Turner NC and Kramer PJ. (ed.). Adaptation of plants to water and high temperatures stress. Wiley Interscience, New York. NY, USA. p.233-249.
- Cho HJ. (2014). Effects of shading, light quality, fertilizer concentration on growth and quality of 'Tah Tashi' (*Brassica campestris* L.). Master Thesis. University of Seoul. p.20-28.
- Ha JB, Lim CS, Kang HY, Kang YS, Hwang SJ, Mun HS and An CG. (2012). Effect of shading methods on growth and fruit quality of paprika in summer season. Journal of Bio-Environment Control. 21:419-427.
- Kim GS and Lee JS. (2009). Growth reaction of some ground cover plant in Korean native greening according to shading levels. Flower Research. 17:75-80.
- Kim JW, Yoon JH, Jeon KS, Jung JM, Jung HR, Cho MG and Moon HS. (2012). Growth characteristics of *Ademophora triphylla* var. *japonicum* by shading treatments. Journal of Agriculture and Life Science. 46:19-25.
- Kim YB, Park JC, Lee SK, Kim ST, La WJ, Huh MR and Jeong SW. (2006). Analysis of cooling effect on the plastic film cover of greenhouse module depending on the shade and water curtain. Journal of Bio-Environment Control. 15:306-316.
- Lee SG, Lee HW, Kim KD and Lee JW. (2001). Effects of shading rate and method on inside air temperature change in greenhouse. Journal of Bio-Environment Control. 10:80-87.
- Lee SH, Song MK, Choi WH, Lee YS, Hong ST, Jung SM, Noh JH and Nam JC. (2015). Effect of the shading conditions on the photosynthesis and fruit quality of 'Jarang' and 'Heukboseok' grape at high temperature period. Korean Journal of International Agriculture. 27:221-225.
- Lee SY, Kim HJ, Bae JH, Shin JS and Lee SW. (2007). Effect of shading on shoot growth and quality of *Sedum sarmentosum* in Korea. Journal of Bio-Environment Control. 16:388-394.
- Noguchi K, Sonoike K and Terashima I. (1996). Acclimation of respiratory properties of leaves of *Spinacia oleracea* L., a sun species and of *Alocasia macrorrhiza*(L.) G. Don., a shade species, to changes in growth irradiance. Plant Cell Physiology. 37:377-384.
- Oh JY, Kim WI, An CG, Kim HD and Hong KP. (2014). The growth characteristics of *Allium hookeri* as altitudes in Gyeongnam. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 32:79-80.
- Park BM and Bae JH. (2012). Effect of shading levels on the growth and chlorophyll contents of *Allium victorialis* L. var. *platyphyllum* Makino. Journal of Bio-Environment Control. 21:281-285.
- Park BM, Kim CH, Bae JH and Shin JR. (2011). Effect of shading level on the soil properties, growth characteristics and chlorophyll contents of *Ligularia stenocephala*. Journal of Bio-Environment Control. 20:352-356.
- Park JY and Yoon KY. (2014). Comparison of the nutrient composition and quality of the root of *Allium hookeri* grown in Korea and Myanmar. Korean Journal of Food Science Technology. 46:544-548.
- Yim JH and Kim KS. (1995). Effect of shading on the vegetative growth of Korean lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.). Journal of Korean Society of Horticultural Science. 36:755-761.
- Yoon CK. (2001). Effect of air temperature, root temperature, and shading on growth of *Aster scaber* Thunb. Masters Thesis. Chungbuk National University. p.23-25.
- You BR and Kim HJ. (2013). Quality characteristics of Kimchi added with *Allium hookeri* root. Journal of Korean Society Food Science and Nutrition. 42:1649-1655.