

## 산광성 PO필름 산광율에 따른 재배환경과 상추 생육특성 비교

이원경<sup>1\*</sup>, 김경원<sup>1</sup>, 서현택<sup>1</sup>, 박영식<sup>1</sup>, 원재희<sup>1</sup>, 강호민<sup>2</sup>

<sup>1</sup>강원도농업기술원 원예연구과 농업연구사, <sup>2</sup>강원대학교 스마트농업융합학과 교수

## Effect of Different Polyolefin Film Haze Rates on Cultivation Environment and Lettuce Growth

Wonkyung Lee<sup>1\*</sup>, Kyeongwon Kim<sup>1</sup>, Hyuntaek Seo<sup>1</sup>, Yongsik Park<sup>1</sup>, Jaehee Won<sup>1</sup>, Homin Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Horticultural Research Section, Gangwon Provincial ARES, Chuncheon 24203, Korea

<sup>2</sup>Professor, Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

\*Corresponding author: Wonkyung Lee (E-mail: wklee1601@korea.kr)

### ABSTRACT

Received: 24 August 2022

Revised: 18 October 2022

Accepted: 19 October 2022

Three types of polyolefin (PO) film with haze values of 15.9 % (H16), 37.3 % (H37), and 81.0 % (H81) were tested. Compared to H16, H81 had a 14.4 %, 8.2 %, and 4.5 % lower transmittance atof ultraviolet, visible, and near-infrared wavelengths, respectively. Low UV-A transmittance may adversely affect anthocyanin production and red pigment expression. The average daily light integral (DLI) during the cultivation period was 48.0 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, and the average total clouded and sunshine hours were 5.2 and 8.4, respectively. The average DLI by treatment was 18.4 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> (H16), 19.3 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> (H37), and 17.5 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> (H81). The DLI deviation by location was the smallest in H81. The average temperatures during the high-temperature period were 26.8°C (H16), 26.9°C (H37), and 26.5°C (H81). that The optimum growth temperature for lettuce is 15 – 20 °C. Therefore, the yield was expected to be the highest in H81 due to the lower temperature. The average DLI during cultivation was 32 – 35 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, which is a level that requires shading. the H81 had the highest shading effect, resulting in lettuce with the highest fresh weight. The low red pigment expression by lettuce in the H81 may be due to the low anthocyanin production in the high-temperature conditions with low UV-A transmittance.ato , The cultivation environment could be improved by applying a covering material with a high haze rate. However, in high-tunnel poly-greenhouses, applying an environmental control system is challenging (for example adding screens). To increase yield, it may be advantageous to use H81, but cultivating red lettuce requires addressing ,should be paid color defects.

**Keywords:** Cover material, Diffused light, Greenhouse, Haze, Lettuce

## 서론

우리나라와 같은 중위도 지역은 일조량과 온도의 연교차가 커 연중재배에 다소 불리한 입지에 있다. 특히 봄철은 일사량이 강하여 고품질 엽채류 재배를 위해 차광 등 적절한 광조건 조성을 위한 기술이 필요하다. 이를 위해 외부차



광, 내부스크린, 기능성 피복재 활용, 차광도포제 도입 등과 같은 기술을 적용하고 있으며, 석유화학산업의 발달과 함께 최근에는 다양한 기능성 플라스틱필름이 개발되어 재배 현장에서 활용되고 있다.

산광피복재를 사용하게 되면 광의 분포가 균일해지고, 작물의 온도도 낮출 수 있으며, 불필요한 증산도 감소시킬 수 있다(Hemming et al., 2008; Kempkes et al., 2011) 이와 유사하게 산란유리를 이용하게 되면 균락 광분포와 광합성에 도움을 줄 수 있는 것이므로 알려져 있다(Kang et al., 2016). 따라서, 산광피복재를 적용할 경우 광이 강한 환경에서도 안정적인 광합성과 생육을 유도할 가능성이 커지게 된다.

참외에서는 외부 외기온도에 따라 피복재의 흐림상(Haze)이 변화하는 특성을 갖고 있는 조광필름을 활용하여 약광기에 높은 광투과율을 유지시키고, 고온기에는 흐림상이 높아진 조건을 유지시킴으로써 안정적인 생산을 유도하고 있다(Shin et al., 2018). 시설 고추에서는 약광기 착과 증진을 위해 산광성 직조필름을 적용함으로써 균락생산성이 향상되었으며, 동화기관인 잎의 분포도 더 많아지는 결과가 확인되기도 했다(Chun et al., 2004). 또한 인공광이용형 식물공장에서도 산광유리를 이용할 경우 상추의 균락 광합성률과 성장량이 증가하게 됨으로써 광이용 효율이 향상되었다는 보고가 있다(Kang et al., 2016).

상추는 크게 줄기상추와 잎상추로 구분되며, 잎의 외형적 특성, 경구정도, 색상 등 다양한 변이종들이 재배되고 있다. 특히 우리나라는 주로 쌈용 잎상추가 소비되고 있으며, 최근 조리법과 섭취형태가 다변화되면서 결구상추와 어린 잎채소 등 수요도 다양해지고 있다. 2021년 우리나라의 상추 생산면적과 생산량은 각각 3,814 ha, 96,774 ton이며 시설재배비율이 77.5%로 2,955 ha를 차지하고 있다. 생산단수는 노지보다 1.6배 높은 2,844 kg/10 a로 전체 생산량의 86.6%가 시설에서 생산되고 있다(MAFRA, 2020).

상추는 재배기간이 짧고 생육조절이 비교적 간단해 전지역에서 재배가 가능하며, 비가림온실을 이용해 연중 출하할 수 있다. 상추재배 시 산란광을 적용하여 균락 광분포, 광합성, 생육, 품질, 비타민 C, 페놀계 화합물 등에 대한 연구가 이루어졌다(Kang et al., 2016; Sultana and Benedicto, 2017; Riga et al., 2019). 산광율이 높은 유리는 산광율이 낮은 유리에 비해 시설 내 광분포가 균일한 장점이 있으나 산광율이 높을수록 광 투과율이 낮아지는 특성이 있다(Hemming et al., 2008). 우리나라에서 보편적으로 사용되는 플라스틱 필름의 산광율에 따른 광질과 재배환경 변화에 대한 연구가 필요하며, 본 연구는 산광성 플라스틱 필름을 강광기 상추재배에 적용하여 산광율에 따른 재배환경과 상추의 생육특성을 비교하기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 식물재료

피복재 산광율에 따른 재배환경 변화와 그에 따른 생육 특성을 비교하기 위해, 본 연구에서는 적축면 타입(*Lactuca sativa* L. ‘선풍포참(SPPC)’), 권농종묘) 1종, 미니 로메인 타입(*Lactuca sativa* L. ‘Mini Cup Romaine’, 아시아종묘) 1종, Batavia타입 (*Lactuca sativa* L. ‘Caipira’, Enza Zaden) 1종, 버터헤드 타입 1종(*Lactuca sativa* L. ‘Volare’, Enza Zaden), Eazyleaf 타입 2종(*Lactuca sativa* L. ‘Exatrix’, ‘Ezabel’, Enza Zaden) 등 5가지 타입 6품종의 상추를 공시하여 사용하였다. 본 연구를 위해 선발된 품종들은 고온기 재배가 가능한 반결구형 상추였으며, 처리 간 착색 정도를 비교하기 위해 적치마 타입의 상추품종을 선정하여 시험에 적용하였다.

## 경증개요

시험장소는 농업기술원 신복읍 유포리 시험연구포장내 단동형 하우스에 실시하였다. 육묘는 플러그트레이(128공)에서 27일간 육묘하였고, 5월 20일 20 cm × 20 cm 간격으로 정식하였다. 수확시기는 6월 24일이었다. 생육조사는 일시 수확으로 품종별로 10주씩 3회 임의선별 수확하였다.

## 시험재료와 처리조건

피복용 시험재료로는 일신화학공업에서 주문 생산한 투명필름(H16), 산광필름(H37) 그리고 산광 기능성 첨가물을 증량해 산광율을 높인 산광필름(H81)으로 두께는 0.15 mm를 활용하였다. 단동형 하우스 규격은 폭 7m에 동고 3.7 m이며, 남북방향으로 길이 43 m 동간격 2 m로 설치하여 각 동마다 시험재료를 피복하였다. 온실 측면에는 롤업 개폐형 측창과 같은 방식의 천창을 설치하였으며, 개폐기 컨트롤러(Rollupmaster, Woosung Hitec, Korea)에 의해 주간 열림 온도 25°C, 야간 닫힘 온도 15°C로 설정하여 자동으로 관리하였다.

## 생육조사 항목

수확된 생산물의 지상부 생체중은 전자저울(HS1000TB, Hansung, Korea)로 측정하였고, 완전히 전개된 하단으로부터 10번째 본엽에 대한 엽장, 엽폭을 조사하였다. 적치마 상추의 안토시아닌 색소발현의 간이 측정은 색도색차계(CR-300, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 L\*, a\*, b\* 값으로 표시했다.

## 필름 투광특성

흐림도(Haze)는 빛이 투명한 재료의 내부를 통과할 때 반사나 흡수 외에 재료의 고유성질에 따라 광선이 확산되어 불투명한 흐림상 외관을 나타내는 현상을 뜻한다. 필름을 통과한 빛이 진행방향에서 2.5° 이내로 직진한 빛을 평행투과율, 2.5°를 벗어나 산란된 빛을 확산투과율 이라고 정의하며, 전광선투과율은 확산투과광과 평행투과광을 합을 뜻한다. 흐림도는 전광선투과율 중 확산투과율의 비율로 계산한다(Hemming et al., 2016). 필름은 디지털헤이즈미터(TC-HⅢ DPKⅡ, Tokyo Denshoku, Japan)를 이용하여 흐림도, 확산투과율, 평행투과율, 전광선투과율을 측정하여 비교했다. 자외선, 가시광선, 근적외선의 투과율은 분광광도계(Black-Comet C50, StellarNet, USA)를 이용하여 맑은 날 오전 태양광 아래에서 측정했다.

$$\text{Haze}(\%) = \frac{\text{확산투과율}}{\text{전광선투과율}} \times 100$$

## 외부 및 내부기상

재배기간 중 강우량, 전운량, 일조시간과 합계일사량에 대한외부기상 정보는 시험지로부터 2 km 떨어진 곳에 위치한 춘천기상대(북춘천93)의 종관기상관측(ASOS) 자료를 확보하여 활용하였다. 간이 백엽상은 각 온실마다 지면으로부터 1 m 높이에 설치하였고, 내부 환경정보는 온·습도(S-THB-M002, Onset Computer, USA), PAR(S-LIA-M003, Onset Computer, USA)센서와 데이터로거(H21-USB, Onset Computer, USA)를 이용해 매 1분마다 수집하여 시간별 일별 평균값을 사용하였다. 또한 온실 내 수평적 광 분포를 조사하기 위해 남북방향으로 설치된 온실의 중심과

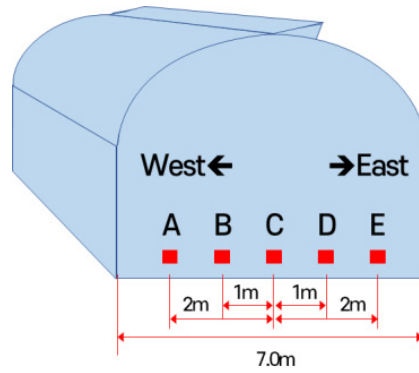


Fig. 1. PAR sensors were installed to compare the light distribution inside the greenhouse.

동서방향 1 m 간격으로 PAR센서를 지면 20 cm 높이에 총 5개 설치하여 매 1분마다 정보를 수집하였다(Fig. 1).

### 통계처리

모든 실험은 3반복으로 진행하였으며 통계처리는 Microsoft Excel 2016 program을 이용하여 표준편차로 나타내거나, SAS package (statistical analysis system, version 9.3, SAS Institute Inc, USA)를 이용하여 Duncan's Multiple Range Test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리간의 유의성을 검정하였다.

### 결과 및 고찰

시험에 사용된 피복재 H16, H37, H81 3종의 전광선투과율은 각각 89.7%, 90.5% 그리고 90.1%이었으며, 확산투과율은 각각 14.2%, 33.7%, 73.0%로 조사되어 흐림도는 각각 15.9%, 37.3%, 81.0%로 산출되었다(Table 1).

직진성이 강한 레이저를 이용하여 필름의 흐림도에 따른 가시적 투광특성을 비교한 결과는 Fig. 2와 같았으며, 피복재의 흐림도가 높을수록 레이저의 초점이 벌어지고 퍼짐 정도가 커지는 것을 확인할 수 있었다.

Table 1. Light transmission characteristics of the light diffusing cover materials

Treatment	Haze (%)	Parallel Transmitted Light (%)	Diffuse Transmitted Light (%)	Total Transmitted Light (%)
H16	15.9	75.4	14.2	89.7
H37	37.3	56.8	33.7	90.5
H81	81.0	17.2	73.0	90.1

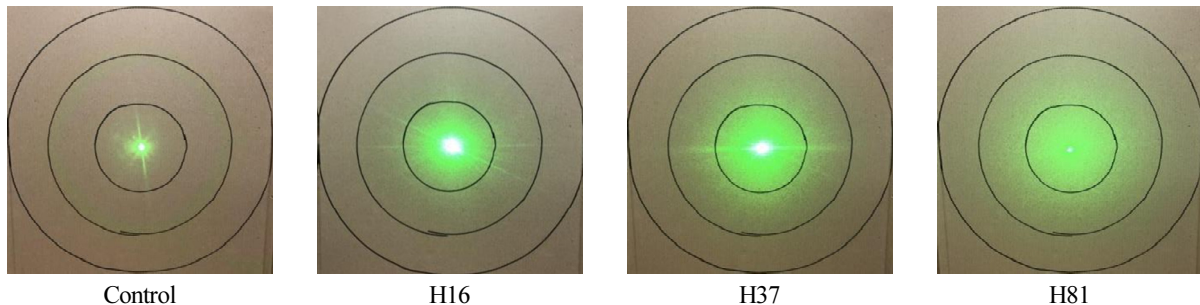


Fig. 2. Visible characteristics of the haze rating of the different cover materials.

### 자외선-가시광선-근적외선 투과율

안토시아닌 발현(Cyanidin-3-malonyglucoside)에 영향을 미치는 UV-A (315 - 400 nm) 파장의 피복재별 투과율은 H16, H37, H81 각각 83.2%, 80.1%, 68.8%이며, 광합성 유효파장의 투과율은 각각 89.0%, 88.2%, 80.9%, 근적외선 파장의 투과율은 90.0%, 89.9%, 85.5%로 측정되었다(Fig. 3). H16과 H37의 파장별 투과율 차이는 0.1 - 3% 내외로 광질과 광량의 차이가 적었으나, H81은 H16에 비해 자외선, 가시광선, 근적외선 파장이 각각 14.4%, 8.2%, 4.5% 낮은 것으로 조사되어 높은 산광율에 따른 피복재의 흐림상이 차광기능을 한 것으로 판단되었다. 본 결과를 종합적으로 고려해 보면 H81은 고온·강광기 차광에 의한 승온 억제 효과를 유도할 있지만, UV-A 투과율이 낮아지기 때문에 작물의 형태성과 안토시아닌 발현에 있어서는 불리하게 작용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 광환경

재배기간의 평균 누적광은 각각 35.5 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, 35.4 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, 32.3 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 으로 H16, H37, H81 순으로 높았으며, 외부 누적광 대비 73.9%, 73.6%, 67.3%로 조사되었다(Table 2).

상추의 적정 DLI는 14 - 16 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 정도이며, Choi 등(2013)는 상추의 초기생육은 광질보다는 광량의 영향을 더 크게 받으며, DLI를 20 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 이상 증가시킨 경우에도 생체중은 증가하였지만 증가폭이 둔화한다고 보고하였다. 재배기간 중 DLI 15 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 이하인 날은 1일에 불과해 전 재배기간 차광이 필요하다고 판단되었으며, 상추와 같이 생육기간이 짧고 생육 속도가 빠른 작물의 경우 광합성에 필요한 적정일사량을 초과할 경우에는 온도조절보다 작물의 생장조절을 우선적으로 고려하여 차광을 실시할 필요가 있다(Lee et al., 2001). 따라서 강광기에는 투과율이 낮은 H81 처리가 상추 생육에 유리할 것으로 판단된다.

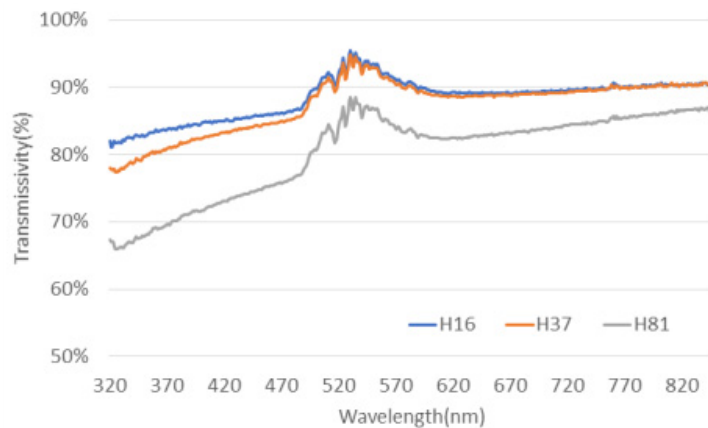


Fig. 3. Light transmittance by wavelength of the different cover materials.

Table 2. Average Daily Light Integral (DLI) during the cultivation period according to the haze rating of each cover material

Characteristic	H16	H37	H81	outside
DLI (mol·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )	35.5	35.4	32.3	48.0
Standard deviation	8.4	8.4	7.5	11.0
Proportion (%)	73.9	73.6	67.3	100.0



### 온실 내 수평적 광 분포

온실 내 수평적 광 분포는 운량 1미만과 함께일조시간 10시간 이상인 맑은 날 내부 위치별 일 누적광량(DLI)을 조사하는 방법으로 확인하였다. 각 지점별 DLI의 평균은 H37에서  $19.3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 로 가장 높게 나타났으며, H16는  $18.4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 로 중간수준으로 나타났으며 H81에서는  $17.5 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 로 가장 낮게 조사되었다. H37은 H16보다 투과율이 낮았지만 DLI가 가장 높게 특정된 것은 필름의 광 산란으로 각 지점별 평균 DLI가 높았던 것으로 추측된다. 온실 측면에서 1.5m 떨어진 위치에 있는 A와 E 지점은 낮은 측고, 측창, 방충망, 골조 등의 간섭으로 온실 중앙에 비해 누적광량이 낮게 측정되었으며, 산광율이 높은 H81 처리가 다른 처리구에 비해 위치별 누적광량의 편차가 작았다(Fig. 4).

### 온도

고온 강광기의 재배기간 동안 측정된 평균기온은 H16, H37과 H81에서 각각  $26.8^{\circ}\text{C}$ ,  $26.9^{\circ}\text{C}$ ,  $26.5^{\circ}\text{C}$ 로 조사되어 처리 구간 사이에서  $0.4^{\circ}\text{C}$  내외의 차이가 있었으며, H37 > H16 > H81 순으로 높은 것을 확인할 수 있었다(Table 3). 최고온도는 각각  $38.8^{\circ}\text{C}$ ,  $39.2^{\circ}\text{C}$ ,  $38.5^{\circ}\text{C}$ 로 처리 구간 사이의 차이가 작았지만, 평균기온과 같이 일관되게 H37 > H16 > H81 순으로 높게 관측되었다. 와이드스판형 온실에서 차광율 10%마다  $0.4^{\circ}\text{C}$ 의 승온 억제효과가 있다고 보고된 바 있고, 맑은 날 승온억제 효과가 잘 나타나나, 흐린 날 효과는 낮다고 하였다(Lee et al., 1998).

다만, 상추는 호냉성 작물로 발아 및 생육 적온은  $15 - 20^{\circ}\text{C}$ 이며, 결구 적온은  $10 - 16^{\circ}\text{C}$ 이다(RDA, 2020). 따라서 재배기간 중 모든 처리에서 평균온도가 생육 적온보다 높아 상대적으로 낮은 온도가 유지되는 처리에서 수량이 높을

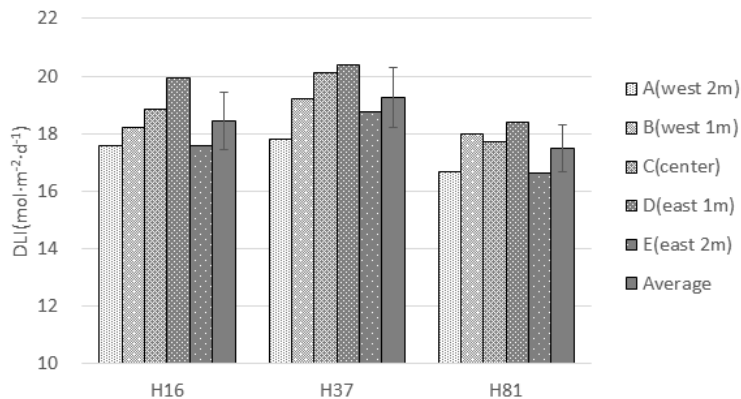


Fig. 4. Light distribution inside the greenhouse according to the haze rating of the different cover materials. The data is represented by the mean and the vertical bars provide the standard deviation. \*See Fig. 1.

Table 3. Average, maximum, and minimum temperatures during the cultivation period with the haze rating of each cover material (Unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

Treatment	Average temperature	Maximum temperature	Minimum temperature
H16	$26.8 \pm 2.4^z$	$38.8 \pm 3.6$	$17.8 \pm 1.9$
H37	$26.9 \pm 2.4$	$39.2 \pm 3.8$	$18.0 \pm 1.9$
H81	$26.5 \pm 2.4$	$38.5 \pm 3.6$	$17.7 \pm 1.9$
Outside	$24.3 \pm 2.2$	$31.9 \pm 3.2$	$17.6 \pm 1.9$

Experiment period is 6.1. - 6.23., <sup>z</sup>Standard deviation

것으로 예상된다.

### 상추 생육 특성

광재배조건이 상추의 생육에 미치는 영향에 관한 연구는 매우 활발하게 수행되어 왔으며, 특히 광원의 광질과 광량에 따른 분석에 관한 연구가 많다. 일반적으로 상추에서는 광합성유효광량(PPFD)이 높을수록 성장속도가 비례하여 증가하는 것으로 알려져 있다(Choi et al., 2013). 하지만, 재배 기간 중 H16, H37, H81의 평균 DLI는 각각 35.5 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, 35.4 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, 32.3 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 로 조사되었다. 상추의 적정 DLI가 16 내외인 것을 감안할 때 차광이 필요한 조건이며, H81의 생체중이 높은 이유도 H16과 H37에 비해 광투과율이 낮아 차광효과가 있었기 때문으로 생각된다.

일반적으로 식물의 성장량은 생체중에 직접적인 영향을 미치고, 생체중은 엽수와 엽면적 그리고 잎의 두께와 관계가 있다(Heo et al., 2009). 본 실험에서도 생체중의 증가가 큰 폭으로 유도되었던 H81에서 엽장과 엽폭의 크기도 큰 것으로 조사되어 이전의 보고와 같은 경향이 나타남을 확인할 수 있었다(Table 4).

### 색도색차(L\*, a\*, b\*)

적상추의 붉은색은 이차대사산물 중 하나인 안토시아닌(Cyanidin-3-malonylgcoside) 색소의 함량으로 결정된다(RDA, 2018). 안토시아닌은 자외선이 피복재를 투과되는 정도에 따라 발현에 차이가 있는 것으로 추정되며, 상추의 적색발현과 안토시아닌 함량을 증진시키기 위해 온도조절, 청색과 UV-A의 선택적 보광 등 많은 선행연구들이 있다(Kim and Lee, 2016; Lee et al., 2010; Li and Kubota, 2009).

적치마 타입 ‘선포포잡(SPPC)’ 품종의 피복재 산광율에 따른 색도색차는 산광율이 높은 H81 처리에서 잎색이 밝고 녹색도와 황색도가 높은 것으로 조사되었다(Tables 5, 6, 7, Fig. 6). Riga 등(2019)는 산광필름을 피복한 온실에서 상추재배 시 일반 필름에 비해 광량이 감소하여 비타민 C와 페놀계 물질의 함량이 줄었다고 했으며, 적색소의 주요한 부분인 안토시아닌 함량과 적색도 측정치가 유사한 결과를 나타낸다고 하였다(Lee et al., 2010). H81 처리구의 낮은 UV-A의 투과율이 안토시아닌 생성 및 적색 발현에 부정적인 영향을 준 결과로 생각된다(Fig. 5).

## 고찰

산광율이 각각 15.9%, 37.3%, 81.0%인 두께 0.15 mm의 PO필름 3종을 시험에 사용하였다. H81은 H16에 비해 자외선, 가시광선, 근적외선 파장 투과율이 각각 14.4%, 8.2%, 4.5% 낮아 고온강광기 차광에 의한 승온억제 효과를 기

**Table 4.** Leaf length and width of each lettuce variety with each cover material (Unit : cm)

Characteristic	Treatment	Caipira	Ezabel	Ezatrix	Romaine	SPPC	Volare
Length	H16	13.5 a <sup>2</sup>	10.5 a	11.7 b	10.9 b	15.0 b	10.5 b
	H37	12.6 a	11.7 a	12.1 b	10.9 b	15.3 b	11.8 ab
	H81	14.9 a	11.1 a	16.9 a	13.7 a	19.7 a	13.4 a
Width	H16	11.7 a	14.0 a	12.6 ab	8.7 b	12.8 b	9.2 b
	H37	12.7 a	13.9 a	10.6 b	8.5 b	12.3 b	10.1 ab
	H81	13.3 a	14.1 a	15.3 a	10.5 a	12.2 a	11.7 a

<sup>2</sup>Mean separation within each columns by Duncan’s multiple range test, 5% level.

대할 수 있으나, UV-A 투과율이 낮아 약광기 안토시아닌 발현에 불리하게 작용할 우려가 있다. 재배기간 외부평균 DLI는  $48.0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  이었으며, 평균 전운량과 일조시간이 각각 5.2, 8.4로 맑은 날이 지속되었다. 온실 내 일 평균 DLI는 H37  $19.3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , H16  $18.4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , H81  $17.5 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  순으로 높았고, 산광율이 높은 H81에서 온실 중앙으로부터 측면까지의 지점별 누적광량 편차가 가장 작았다. 고온 강광기 H16, H37, H81 처리구별 평균기 온은 각각  $26.8^{\circ}\text{C}$ ,  $26.9^{\circ}\text{C}$ ,  $26.5^{\circ}\text{C}$ 였으며, 호냉성 작물로  $15 - 20^{\circ}\text{C}$ 인 상추의 생육적온을 감안하면 온도가 낮게 유지 되는 H81 처리구에서 수량이 높을 것으로 예상할 수 있다. 재배 중 온실 내부의 DLI는  $32 - 35 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  로 차광이

**Table 5.** Leaf L\* value of each lettuce variety by cover material

Treatment	Caipira	Ezabel	Ezatrix	Romaine	SPPC	Volare
H16	47.4 b <sup>z</sup>	52.5 a	36.2 b	40.4 b	43.5 b	44.6 b
H37	48.3 b	51.2 a	38.5 b	41.3 b	45.4 b	45.7 ab
H81	51.1 a	53.7 a	41.7 a	43.2 a	48.6 a	46.9 a

<sup>z</sup>Mean separation within each columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

**Table 6.** Leaf a\* value of each lettuce variety by cover material

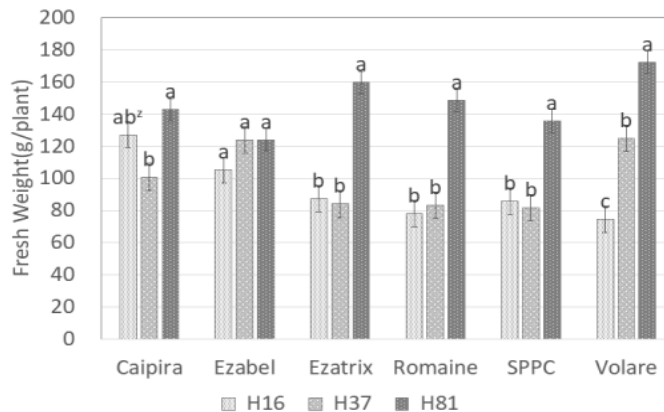
Treatment	Caipira	Ezabel	Ezatrix	Romaine	SPPC	Volare
H16	-18.1 a <sup>z</sup>	-20.2 a	-14.9 a	-15.1 a	-14.1 a	-18.1 a
H37	-19.3 b	-20.9 a	-15.5 a	-15.6 ab	-15.1 a	-19.3 b
H81	-20.6 c	-21.1 a	-16.6 b	-17.5 b	-19.9 b	-19.6 b

<sup>z</sup>Mean separation within each columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

**Table 7.** Leaf b\* value of each lettuce variety by cover material

Treatment	Caipira	Ezabel	Ezatrix	Romaine	SPPC	Volare
H16	28.8 b <sup>z</sup>	34.0 a	21.6 a	22.3 b	29.4 b	26.9 b
H37	29.1 b	34.6 a	22.2 a	21.8 b	30.8 b	28.4 ab
H81	32.0 a	35.2 a	23.0 a	25.6 a	36.0 a	29.7 a

<sup>z</sup>Mean separation within each columns by Duncan's multiple range test, 5% level.



**Fig. 5.** Fresh weight using the haze rating of each cover material. <sup>z</sup>The means are compared within each column using Duncan's multiple range test, with significance considered at the 5% probability level. The data is represented by the mean and the vertical bars provide the standard deviation.





Fig. 6. Image of lettuce growth in each cover material.

필요한 수준이었다. 광투과율이 낮아 차광효과가 있었던 H81 처리에서 가장 생체중이 높은 것으로 조사되었으나, 적상추의 적색도는 가장 낮게 조사되었다. 고온조건에서 UV-A 투과율이 낮은 H81 처리에서 안토시아닌 발현이 억제된 것으로 볼 수 있다. 스크린 등 환경조절을 위한 시설을 설치하고 운영하기 어려운 단동형 온실의 경우 산광율이 높은 피복재를 적용해 고온-강광기 재배환경 개선 효과가 있었으며, 상추의 수량증가를 위해 H81과 같이 산광율 높은 필름을 사용하는 것이 청색상추 재배에 유리할 수 있으나, 적상추 재배 시 착색불량에 주의해야 한다.

## 인용문헌(References)

- Choi, C. S., Lee, J. G., Jang, Y. A., Lee, S. G., Oh, S. S., Lee, H. J., Um, Y. C. (2013) Effect of artificial light sources on growth and quality characteristics of leaf lettuce in closed plant factory system. *J Agric Life Sci* 47:23-32.
- Chun, H., Yum, S. H., Yun, N. K., Lee, S. Y., Kim, H. J., Kang, Y. I. (2004) Analysis of Micro-Environment in Greenhouse Covered with Light Diffusion Woven Film. In *Proceedings of the Korean Society for Bio-Environment Control Conference* (pp. 15-20).
- Hemming, S., Mohammadkhani, V., Dueck, T. (2008, October) Diffuse greenhouse covering materials-material technology, measurements and evaluation of optical properties. In *International Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions* 797 (pp. 469-475).
- Hemming, S., Swinkels, G. L. A. M., van Breugel, A. J., Mohammadkhani, V. (2016, May) Evaluation of diffusing properties of greenhouse covering materials. In *VIII International Symposium on Light in Horticulture* 1134 (pp. 309-316).
- Heo, J. W., Lee, Y. B., Lee, D. B., Chun, C. H. (2009) Light quality affects growth, net photosynthetic rate, and ethylene production of *ageratum*, *african marigold*, and *salvia* seedlings. *Kor J Hort Sci Technol* 27:187-193.
- Kang, W. H., Zhang, F., Lee, J. W., Son, J. E. (2016) Improvement of Canopy Light Distribution, Photosynthesis, and Growth of Lettuce (*Lactuca Sativa L.*) in Plant Factory Conditions by Using Filters to Diffuse Light from LEDs. *Korean J Hort Sci Technol* 34:84-93.
- Kempkes, F. L. K., Stanghellini, C., García Victoria, N., Bruins, M. (2011, June) Effect of diffuse glass on climate and plant environment: first results from an experiment on roses. In *International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys2011* 952 (pp. 255-262).
- Kim, Y. H., Lee, J. S. (2016) Growth and contents of anthocyanins and ascorbic acid in lettuce as affected by supplemental UV-A LED irradiation with different light quality and photoperiod. *Horticultural Science & Technology* 34:596-606.
- Lee, H. W., Lee, S. G., Lee, J. W., Jin, L. S. (2001) Control of Photosynthetic Photon Flux by the Shading Screen. *Journal of Bio-Environment Control* 10:35-39.
- Lee, J. G., Oh, S. S., Cha, S. H., Jang, Y. A., Kim, S. Y., Um, Y. C., Cheong, S. R. (2010) Effects of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. *Journal of Bio-Environment Control* 19:351-359.
- Lee, S. G., Lee, J. W., Lee, H. W., Li, Z. H. (1998) The effect of shading on the inside temperature of greenhouse. *Horticulture and Plant Factory* 7:33-38
- Li, Q., Kubota, C. (2009) Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany* 67:59-64.
- MAFRA (2020) Facility Vegetable greenhouse status and vegetable production results.
- RDA (2020) Agricultural Technology Guide "Lettuce".
- Riga, P., Benedicto, L., Gil-Izquierdo, Á., Collado-González, J., Ferreres, F., Medina, S. (2019) Diffuse light affects the contents of vitamin C, phenolic compounds and free amino acids in lettuce plants. *Food Chemistry* 272:227-234.
- Shin, Y. S., Lee, J. E., Do, H. W., Chun, H., Chung, D. S. (2018) Changes in Air Temperature of Plastic House as Affected by Light Control Film and Their Impacts on Korean Melon Yield. *Journal of Bio-Environment Control* 27:80-85.
- Sultana, P. R., Benedicto, L. (2017) Effects of light-diffusing plastic film on lettuce production and quality attributes. *Spanish journal of agricultural research* 15: 23.