

적색 및 청색 수지 첨가 피복재가 토마토와 고추의 생육에 미치는 영향

권준국* · 조명환 · 강윤임 · 박경섭 · 우종규
국립원예특작과학원 시설원예시험장

Effect of Red or Blue Resin Added to Greenhouse Covering Films on Growth of Tomato and Pepper

Joon Kook Kwon*, Myeomg Whan Cho, Yun Im Kang, Kyoung Sub Park, and J.G. Woo

Protected Horticulture Research Station, NIHHS, RDA, Busan 618-300, Korea

Abstract. Spectral irradiance of greenhouse covering films that three resins (red, blue, red plus blue) were added to get higher utilization efficiency of sunlight were compared to the normal film in this study. Growth and yield of tomato and pepper grown under the films were also investigated. Transmittance of PAR (photosynthetically active radiation, 400~700 nm) and sunlight (300~1,100 nm) of red or blue resin-added films increased by 5 to 6% and 0.5 to 1.0%, respectively. As compared to the normal film, fruit yield and soluble solid content of tomato and pepper grown under red plus blue resin-added film increased by 15 to 20% and by 0.5°Bx.

Key words : blue light, greenhouse covering film, pepper, red light, resin, tomato

서 론

국내 플라스틱하우스의 피복재로서 전체의 95%가 PE(polyethylene)와 EVA(ethylene vinyl acetate)필름이 이용되고 있다(MIFAFF, 2009). PE는 수명이 짧고 보온력이 떨어지는 등 단점이 많으나 광투과율이 높고, 먼지가 적게 부착되며, 가격이 저렴한 잇점 때문에 국내외적으로 많이 이용되고 있다. EVA는 PE보다 보온성, 내후성 및 방적성이 좋아 최근에 그 이용면적이 증가하고 있다(Kwon 등, 2001; Geoola 등, 1999). 최근에는 이들 피복재에 비해 광투과율이 높으면서 보온성, 방적성, 내후성 등이 우수한 다양한 기능성 피복재들이 개발되어 농가에 보급되고 있다(Kwon 등, 2009).

일반적으로 시설 내로 투입되는 광선의 양과 질, 즉 분광투과특성은 피복재의 종류나 특성에 따라 크게 다를 뿐만 아니라 피복재의 성능을 결정하는 중요한 요소이다(Kwon 등, 2009). 또한 시설 내 기온이나 습

도 등의 환경요인은 물론 식물의 크기나 형태 등의 생육과 수량, 품질 등에 중요한 영향을 미친다(Baille, 1999; Cockshull, 1992; Athanasios와 Xiuming, 1997). 특히 광합성유효복사(PAR, 400~700 nm)는 작물의 생육과 가장 관련이 깊으며 광합성유효복사의 투과율이 높은 것이 우수한 피복재라 할 수 있다(Baille, 1999; Botand와 Braak, 1995; Waaijbergen, 1984). 그 중 600~700 nm의 적색광과 400~500 nm의 청색광이 가장 효과적이고 광형태형성에도 크게 관여하는 것으로 알려져 있다(Morgon과 Smith, 1976; Smith와 Holmes, 1977). 색소 발현에 있어 carotenoid 색소는 청색광 파장에서 촉진되고 anthocyanine 색소는 식물에 따라 청색광에서 촉진되거나 청색광과 적색광의 두 파장대에서 촉진되는 것으로 알려져 있다(Salisbury와 Ross, 1993). 동일한 광 에너지라도 광질에 따라 작물의 생육반응이 다르게 나타나는데, 청색광과 적색광은 다른 광에 비해 약광 하에서 광합성속도는 높지만 광포화점이 낮아 강광 하에서는 건물생산량이 적다. 한편 적색광과 청색광의 혼합광은 광합성속도가 높고 광포화점도 높아 건물생산에 효과적인 것으로 알려져 있다(Salisbury와 Ross, 1993).

*Corresponding author: kjk0412@korea.kr
Received November 12, 2010; Revised December 21, 2010;
Accepted December 22, 2010

적색 및 청색 수지 첨가 피복재가 토마토와 고추의 생육에 미치는 영향

최근 플라스틱하우스의 피복재로서 PE나 EVA의 등의 기본 소재에 우수한 특성을 지닌 다른 수지를 혼합하여 필름의 기능성을 향상시킨 필름들이 개발되어 시설재배농가에 보급되고 있는데 이와 관련하여 본 연구는 일반적으로 이용되는 EVA필름에 적색광이나 청색광 수지를 첨가한 필름이 온실 내 광환경과 토마토와 고추의 생육과 품질에 미치는 영향을 검토하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험에 이용된 플라스틱하우스는 1.5 × 3.0 × 1.8m(폭 × 길이 × 높이) 크기의 소형하우스로서 8동을 4처리 2반복으로 배치하였다(Fig. 1A). 하우스 피복재로서 EVA필름(영진화학, 삼중EVA)을 대조구로 사용하고 EVA 필름에 청색, 적색, 청색+적색 혼합수지를 각각 첨가한 필름을 피복하였다. 하우스에 온도센서, 개폐모터 및 컨트롤러 등을 부착해 자동으로 측면환기가 되도록 하였으며(Fig. 1B), 생육단계에 따라 설정온도를 28~30°C로 조정하여 환기를 실시하였다. 또한 강우센서를 부착하여(Fig. 1C) 우천 시 자동으로 측창이 닫히게 하였다. 또한 하우스 크기가 작지만 출입문을 설치하여 관리자가 출입할 수 있게 하였고, 해충 억제를 위하여 측면에는 방충망을 설치하고 하우스 내에는 끈끈이 트랩을 부착하였다.

실험작물로서 ‘서광’ 토마토(Seminis Korea)와 ‘녹광’ 고추(Seminis Korea)를 2004년 3월 10일에 32공과 50공 플러그트레이에 각각 파종하여 4월 18일에 직경 25cm, 높이 30cm의 화분에 정식하였으며 하우

스당 토마토와 고추를 각 10주씩 정식하였다. 상토로서 피트모스, 산흙, 부숙퇴비를 5 : 4 : 1 비율로 혼합하여 사용하였다. 관수는 각 화분에 에로우 드리퍼(aero dripper)를 연결하고 전자식 토양수분장력센서를 화분 내 상토에 설치한 다음, 관수모터, 여과기, 물통, 전자밸브, 컨트롤러 등을 이용해 자동화하였다(Fig. 1D). 비료는 기비를 사용하지 않고 생육상태를 감안하여 1~2주 간격으로 시판양액(물푸레, 대유화학)을 500배액(300L 물통에 시판양액 A액과 B액을 0.6L씩 희석)으로 희석하여 주당 2~3L/회 공급하였다. 토마토는 제 3회방 상부의 잎 2매를 남기고 적심하였고 수확은 토마토의 경우 6월 18일부터 7월 18일까지, 고추는 6월 19일부터~7월 30일까지 상품과와 비상품과로 각각 구분하여 실시하였다.

피복재의 분광투과특성과 광투과율은 분광광도계(LI 1800, LI-COR Inc.)를 이용하여 파장간격을 1nm로 설정하여 측정하였다. 측정은 가로, 세로, 높이가 각 60 cm인 정사각형 철재 사각상자를 만들어 밑면을 제외하고 각 필름을 피복한 다음, 분광측정기를 사각상자 안에 넣고 수평상태에서 12:00~13:00에 필름별로 3회 반복 측정하였다. 광투과율은 외기의 태양광 광도에 기초하여 각 필름별 투과에너지를 측정하여 산정하였다.

정식 후 30일에 생체시료 0.5g을 잘게 썰어 삼각플라스크에 넣은 다음, 100% methanol 20mL의 추출용매를 가하여 24h 상온(암상태)에 두면서 2~3h 마다 추출용매를 첨가해 주고 흔들어 준 후, UV-visible spectrophotometer(Cary-100, Varian, Australia)를 이용해 665.2, 652.4 및 470nm에서 흡광도를 측정하고 엽록소함량을 정량하였다.



Fig. 1. View of experimental small greenhouses (A), a side-window controller (B), a rain sensor (C), and tomato and pepper potted-plants grown by automatic irrigation system based on soil moisture contents (D).

결과 및 고찰

1. 분광투과특성 및 광투과율

Fig. 2는 적색, 청색, 적색 + 청색 수지를 각각 첨가한 하우스 필름의 자외선(300~400nm), 가시광선(400~700nm) 및 근적외선(700~1,100nm) 등의 분광투과특성을 일반필름과 비교하여 나타낸 것이다. 자외선 투과량(Fig. 2A)은 수지를 첨가하지 않은 대조구에 비해 적색과 적색 + 청색을 첨가한 필름이 약간 많았으며 청색 첨가필름은 대조구와 비슷하였다. 적색과 적색 + 청색 수지를 첨가한 필름의 자외선 투과율이 다소 높은 원인에 대해서는 알 수가 없었으나, Shimachi (2006)와 Kwon 등(2009)의 보고에 의하면 대체로 피복재 중에서 불소필름, 방적필름 등의 자외선 투과율이 높고 산광, 직조필름 등은 수지 내에 자외선흡수제를 첨가하므로 투과율이 낮다고 하였다. 광합성유효복사(PAR, 400~700nm)에 해당하는 가시광선의 투과량(Fig. 2B)은 대체로 일반필름에 비해 5~6% 높았다. 그 중 청색수지 첨가필름은 400~520nm, 적색수지 첨가필름은 560~680nm의 광투과량이 뚜렷하게 많았으며, 적색 + 청색수지 첨가필름도 가시광선의 전체 영역에서 일반필름에 비해 투과량이 많았다. 이와 유사한 연구로서 Kwon 등(2010)은 적색, 청색, 적색+청색 등을 조합한 광전환필름 실험에서 광합성 유효광의 투과량이 일반필름에 비해 적색 필름이 7.2%, 청색 필름이 7.6%, 적색 + 청색 필름이 5.8% 많았다고 보고하였는데, 본 연구에서도 유사한 결과가 나타났다. 그리고 근적외선의 투과량(Fig. 1C)은 필름 간에 큰 차이가 없었으나 일반필름에 비해 적색수지 첨가필름과 청색수지 첨가필름이 극소량 적었으며 적색+청색 수지첨가 필름은 비슷하였다.

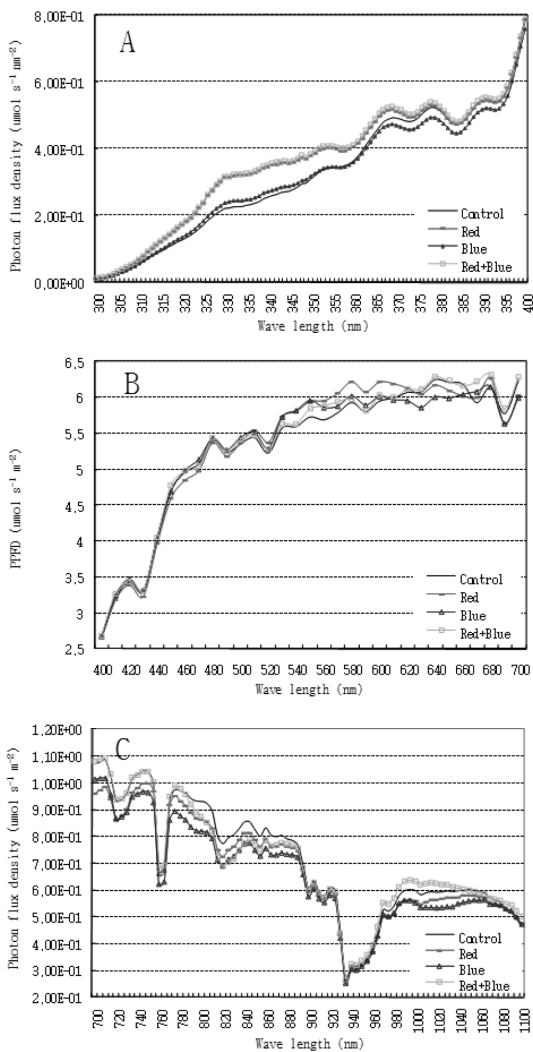


Fig. 2. Spectral irradiance in UV (300~400 nm), PAR (400~700 nm) and NIR (700~1,100 nm) of the greenhouse covering films added red, blue, and red+blue resins.

300~1,100nm 영역의 전체 광투과율(Fig. 3)은 대체로 88~90%로 높은 수준이었었는데 청색수지 첨가필름이 일반필름과 비슷한 반면, 적색과 적색+청색수지 첨가필름은 0.5~1.0% 높았다. 이와 관련하여 Kwon 등 (2010)은 적색, 청색 및 적색+청색을 각각 첨가한 광

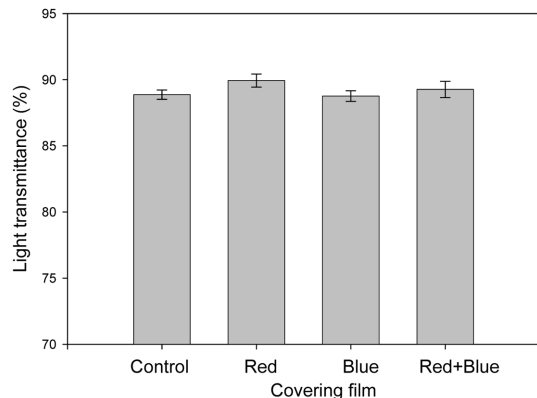


Fig. 3. Light (300~1,100 nm) transmittance of the greenhouse covering films added red, blue, and red + blue resins.

적색 및 청색 수지 첨가 피복재가 토마토와 고추의 생육에 미치는 영향

전환필름의 투과율이 일반필름에 비해 3~5% 높다고 보고하였는데 본 연구 결과와 정도의 차이는 있지만 유사한 것으로 판단된다.

2. 토마토와 고추의 생육 및 수량

Table 1은 피복재 종류별 토마토와 고추 잎의 엽록소 함량을 나타낸 것으로, 적색이나 적색 + 청색 수지를 첨가한 필름이 일반필름에 비해 다소 높았으나 필름 간에 유의적 차이는 인정되지 않았다. 이와 관련하여 Kwon 등(2005)은 토마토와 오이 묘에 일몰 후 1시간 적색광과 청색광을 조사함으로써 엽록소 함량이 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

수확기 고추의 잎, 줄기, 뿌리의 생체중과 건물중을 Table 2에 나타내었는데, 적색과 적색 + 청색 수지를

첨가한 필름을 피복한 시설에서 재배한 것이 일반필름 피복시설에서 재배한 것에 비해 유의하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 적색이나 청색수지를 첨가한 필름이 광합성유효복사의 투과율이 일반필름에 비해 5~6% 높음으로써 광합성 촉진에 의한 건물생산의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

Table 3은 피복재 종류별 토마토와 고추의 과실 수와 과중을 조사한 것으로 일반필름에 비해 적색과 청색의 혼합수지를 첨가한 필름에서 과실 수가 많고 과중이 높게 나타났다. 적색 + 청색수지 첨가필름을 피복한 시설에서 재배하였을 때 일반필름을 피복한 시설에서 재배한 것에 비해, 토마토의 경우 과실 수와 과중은 각각 20%(2.3개/주), 18%(402g/주) 증가하였고, 고추의 경우 과실 수와 과중은 각각 21%(26.6개/주), 15%(229g/주) 높게 나타났다. 이러한 경향은 Table 2의 결과와 유사하였는데 작물의 생육 증가가 과실수량 증가와 연관된 것으로 추정된다. 이와 유사한 결과로서 Chun 등(2005), Shin 등(2007), Kwon 등(2009)은 광합성유효복사의 투과율이 높은 PO필름, 방적필름 등의 기능성필름을 피복한 온실에서 재배된 참외(Shin 등 2007), 토마토(Kwon 등, 2009), 방울토마토(Chun 등, 2005)의 수량이 10~20% 증수되었다고 보고하였고, Kwon 등(2010)도 적색 및 청색의 광전환필름은 일반필름에 비해 토마토, 멜론, 상추의 수량이 모두 증

Table 1. Chlorophyll content in the leaves of tomato and pepper grown under the greenhouse covering films added red, blue, and red + blue resins.

Covering film	Total chlorophyll content (mg · g FW)	
	Tomato	Pepper
Control	1.97 ^{NSz}	1.78 ^{NS}
Red	2.07	1.89
Blue	1.98	1.80
Red + Blue	2.05	1.91

^zNonsignificant at $p \leq 0.05$.

Table 2. Fresh and dry weight of pepper plant grown under the greenhouse covering films added red, blue, and red + blue resins.

Covering film	Fresh weight (g/plant)				Dry weight (g/plant)			
	Leaves	Stem	Root	Total	Leaves	Stem	Root	Total
Control	233 b ^z	295 ab	184 a	712 b	50.2 b	73.9 b	37.1 a	161.2 b
Red	298 a	355 b	199 a	852 a	55.5 a	83.3 a	41.1 a	179.9 a
Blue	230 b	315 b	192 a	737 b	51.1 b	77.8 b	38.0 a	166.9 b
Red + Blue	300 a	351 a	185 a	836 a	57.1 a	85.7 a	37.5 a	180.3 a

^zDMRT .05.

Table 3. Fruit yield of tomato and pepper grown under the greenhouse covering films added red, blue, and red + blue resins.

Covering film	Tomato		Pepper	
	Number of fruits per plant	Fruit weight (g/plant)	Number of fruits per plant	Fruit weight (g/plant)
Control	9.0 b ^z	1,810 b	100.4 b	1,299 b
Red	10.4 b	2,162 a	115.0 b	1,485 a
Blue	9.0 b	1,893 b	109.0 b	1,275 b
Red + Blue	11.3 a	2,212 a	127.0 a	1,528 a

^zDMRT .05.

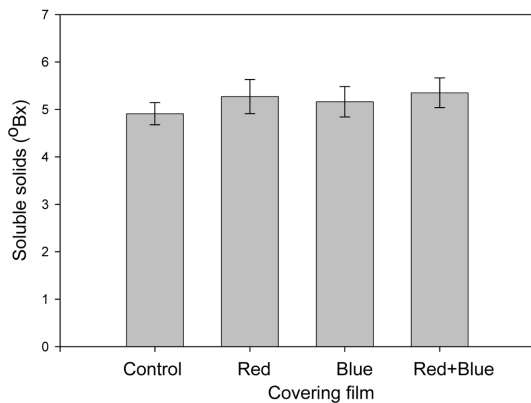


Fig. 4. Soluble solid content of tomato fruits grown under the greenhouse covering films added red, blue, and red + blue resins.

가되었다고 보고하였다.

피복재 종류별 토마토 과실의 당도를 조사한 결과 (Fig. 4), 일반필름에 비해 적색+청색수지 첨가필름에서 약 0.5°Bx, 적색수지 첨가필름은 0.4°Bx, 청색수지 첨가필름에서 약 0.3°Bx 증가되었다. 이 결과는 Shin 등(2007)의 광합성유효광의 투과율이 높은 PO필름을 피복한 하우스에서 재배한 참외의 당도가 EVA 하우스에서 재배한 것에 비해 높았다는 보고와 유사한 것이다. 그리고 Kwon 등(2009)도 PO 등의 기능성필름을 이용함으로써 EVA필름에 비해 토마토 과실의 당도가 0.2~0.5°Bx, 과실 내 리코펜 함량이 15~30% 각각 높았다고 보고하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 일반필름에 적색과 청색 수지를 첨가하면 시설 내 광환경이 개선되어 재배작물의 생육이나 수량 및 품질을 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 이 결과는 향후 기능성이 우수한 플라스틱하우스 피복재 개발에 참고가 될 것으로 판단된다.

적 요

플라스틱하우스 피복재의 광 이용효율을 높이기 위해 제조과정에 적색, 청색, 적색 + 청색 수지를 추가로 첨가하여 제조한 필름을 피복한 시설 내에서 토마토와 고추를 재배하였으며 시설 내 광 환경 변화와 작물의 생육, 수량 등을 조사하였다. 대체로 일반필름에 비하여 적색 및 청색 수지를 첨가한 필름에서 광합성유효

복사의 투과량이 5~6% 많았고, 300~1,100nm의 광투과율은 0.5~1.0% 높게 나타났다. 피복재 중에는 적색 + 청색 혼합수지 첨가필름에서 토마토와 고추의 건물중이 높게 나타났고 일반필름에 비해 과실수량이 15~20% 많았으며 과실 당도도 약 0.5°Bx 높았다.

주제어 : 고추, 수지, 온실 피복재, 적색광, 청색광, 토마토

인 용 문 헌

- Athanasios, P. and H. Xiuming. 1997. Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity and energy use. *Sci. Hort.* 70:165-178.
- Baille, A. 1999. Greenhouse structure and equipment for improving crop production in mild winter climates. *Acta Hort.* 491:37-48.
- Botand, G.P.A. and N.J. van de Braak. 1995. Physics of greenhouse climate, pp. 135-137. In: J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa, N.J. van de Braak (eds.). *Greenhouse climate control*. Wageningen Pers, Wageningen.
- Chun, H., Y.H. Choi, H.J. Kim, S.Y. Lee, S.H. Yum, Y.I. Kang, J.S. Sung, S.H. Kim, and D.K. Lee. 2005. Effects of light manipulation greenhouse film on cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growing. *J. Bio-Env. Con. Proc.* 14(II):163-164.
- Cockshull, K.E. 1992. Crop environments. *Acta Hort.* 312:77-85.
- Geoola, F., B. Cakmak, Y. Kashti, and E. Ulusoy. 1999. Outdoor testing of agricultural cladding materials. *Acta Horticulturae* 486:48-54.
- Kwon J.K., K.S. Park, Y.I. Kang, and J.G. Woo. 2010. Effects of light conversion covering film on the greenhouse environment and growth and quality of vegetables grown in greenhouse. *J. Bio-Env. Con. Proc.* 19(II):175-176 (in Korean).
- Kwon, J.K., M.H. Cho, N.J. Kang Y.I. Kang, K.S. Park, and J.H. Lee. 2009. Effects of high performance greenhouse films on growth and fruit quality of tomato. *J. Bio-Env. Con.* 18(3):232-237 (in Korean).
- Kwon, J.K., N.J. Kang, J.H. Lee, H.J. Jeong, J.M. Park, and Y.H. Choi. 2005. Effect of irradiation of end-of-day-red light and -blue light and R/FR ratio on the quality of fruit vegetable transplants. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23 (SUPPL.):64 (in Korean).
- Kwon, J.K. Y.H. Choi, D.K. Park, J.H. Lee, Y.C. Um, and J.C. Park. 2001. Optical and physical properties of covering materials. *J. Bio-Env. Con.* 10(3):141-147 (in Korean).
- Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries

적색 및 청색 수지 첨가 피복재가 토마토와 고추의 생육에 미치는 영향

- (MIFAFF). 2009. Statistics of vegetable production in 2009. p. 56.
12. Morgon, D.C. and H. Smith. 1976. Linear relationship between phytochrome photoequilibrium and growth in plants under simulated natural radiation. *Nature* 262: 210-212.
 13. Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1993. *Plant physiology*, pp. 438-451: photomorphogenesis. 4th ed. Thomson Information/Publishing Group, U.S.
 14. Shimachi, E.H. 2006. The kind and utilization of functional greenhouse covers. *Handbook of greenhouse horticulture*. Tokyo, Japan. pp.85-92.
 15. Shin, Y.S., I.K. Yeon, H.W. Do, J.E. Lee, J.D. Jeong, C.K. Kang, C.D. Choi, and D.S. Jeong. 2007. Effect of different greenhouse film on growth and quality in oriental melon. *J. Bio-Env. Con.* 16:140-148 (in Korean).
 16. Smith, H. and M.G. Holmes. 1977. The function of phytochrome in the natural environment. III. Measurement and calculation of phytochrome photo-equilibria. *Photochem. Photobiol.* 25:547-550.
 17. Waaijenberg, D. 1984. Research on plastic greenhouse cladding materials. *Acta Hort.* 154:57-64.