

산광성 직조필름 시설의 미기상 분석

Analysis of Micro-Environment in Greenhouse Covered with Light Diffusion Woven Film

전 희* · 염성현 · 윤남규 · 이시영 · 김학주 · 강윤임

농촌진흥청 원예연구소 시설원예시험장

Hee Chun*, Sung-Hyun Yum, Nam-Kyu Yun, Si-Young Lee, Hark-Joo Kim, Yun-Im Kang

Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

서 론

국내에서 1990년대 초반부터 보급된 산광성 직조필름은 폴리에틸렌과 폴리에스터를 소재로 한 제품들이 사용되고 있다. 그 가운데 폴리에틸렌을 소재로 한 직조필름은 오이, 풋고추, 착색단고추와 같은 과채류와 상추와 같은 쌈채류 및 선인장과 같은 화훼류에서 이용하고 있고 보급면적은 50~60ha 정도에 이르고 있다. 이 피복자재는 원래 중동 지역과 같이 광 강도가 강한 나라에서는 피복자재 생산공정에서 첨가제를 넣어 제조된 산광피복자재를 두께 0.1~0.15mm 정도의 필름 형태로 만들어 과채류나 화훼류 재배에서 효율적으로 이용하고 있다. 국내에 보급되고 있는 것은 주로 이스라엘 산이고, 극히 일부는 일본에서 수입되고 있다.

다른 소재인 폴리에스터를 직조형태로 만든 피복자재는 주로 스웨덴에서 생산되어 유럽에서 소비되고 있다. 이 피복자재는 폴리에틸렌 소재와 마찬가지로 직조 형태로서 산광처리를 하였는데 그 목적은 다르다. 이스라엘산이 강한 광도를 완화시키고 식물체 군락 내부에 광을 고르게 들어가게 하는 것인 반면에 화란과 같은 북유럽에서 겨울철 광이 부족하여 시설 내부에 유입된 광의 이용율을 높이기 위하여 홀통이 있는 곡부에 설치하여 광을 산란시키고 시설 내부의 에너지를 보존하기 위하여 단열 처리를 하는 목적으로 이용되고 있다. 따라서 일부 유리온실의 곡부에 이용되고 있다.

이들 두 소재 모두 투명한 필름을 0.5cm 폭으로 잘라 가마니를 짜듯이 직조형태로 3~4중으로 겹쳐서 압착한 후 시설 외부에 노출되는 부분은 태양광선에 오래 견디도록 자외선 안정제를 처리하고 먼지와 같은 오물이 쉽게 떨어져 나갈 수 있도록 방진처리를 하였다. 또 내부로 노출되는 부분에는 결로현상으로 생성되는 물방울의 흐름을 신속하게 하기 위하여 계면활성제를 처리하는 것이 일반적이다.

자연에 존재하는 자외선은 작물 재배에 있어 두 가지 기능을 가진다. 하나는 식물 세포의 신장을 억제하여 과채류의 숙도 중 도장을 억제하여 건실한 묘가 되도록 하는 순기능이고, 다른 하나는 해충의 비산을 돕고 식물병원균의 번식을 촉진하는 역기능을 하는 것이다. 따라서 자외선 안정제가 처리되어 자외선이 시설 내부로 들어오는 것을 억

제하는 자외선 차단 필름은 사용하기에 따라서 득이 될 수도 있고 실이 될 수가 있는 것이다.

국내에서 자외선 피복자재가 연질필름 형태로 개발되어 1990년 중반에 농가에 시범적으로 보급되었으나 가지와 같이 자색을 발현하거나 수정벌을 이용하는데 장애가 된다고 하여 보급이 미비하였다. 그러나 최근에 일본 동지에서 수입된 자외선 차단 연질 필름이 다시 무분별하게 농가에 보급되고 있는데 특성을 정확히 파악하여 순기능을 살리는 방향으로 이용하여야 할 것이다.

본 시험은 국내에서 개발한 직조형 연질피복자재에 광을 산란시키는 첨가제를 넣어 만든 산광성 직조필름의 농업적 이용을 위하여 비닐하우스 형태의 시설에서 미기상을 분석하여 농가에서 올바른 이용에 필요한 자료를 구하고자 실시되었다.

재료 및 방법

시설은 측고 1.8m, 동고 3.4m, 폭 6.0m, 길이 33m의 규모의 아치형 파이프 하우스를 사용하였고, 피복은 2004년 3월 30일에 국내에서 시험 개발된 두께 0.15mm의 산광성 직조필름과 산광제가 첨가되지 않은 두께 0.1mm의 폴리에틸렌(PE)필름으로 하였다. 또한 작물이 재배되는 상태에서 환경을 조사하기 위하여 시설 고추를 재배하였다. 고추는 50일 육묘된 '녹팡'을 2004년 5월 10일에 90×40cm 간격으로 각각의 하우스에 정식하였다.

광환경 특성을 구명하기 위하여 2004년 7월 30일에 수원 원예연구소 시험포장에서 파이프 하우스 내부에서 일사투과량은 휴대용 분광광도계(LI 1800, EKO)로 측정하였으며, 시설 내 투과된 일사량은 광도계(BQM SUN, Spectrum Technologies Inc.)를 이용하여 측정하였고, 동일 광도계로 수평면 일사량에 대한 좌측 수직면 일사량의 비율로 산란광율을 조사하였다. 시설내 기온은 온도데이터로거(HOBO)를 사용하여 2004년 10월 7일부터 8일 사이에 일변화를 측정하였다.



Fig. 1. Measurements of light environment such as light transmittance, light diffusion and the spectrum of solar radiation in greenhouse on July 30, 2004.

결과 및 고찰

가. 시설내 광환경

피복 후 4개월이 지난 시설 내 광도는 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 노지의 72.1%인 $1,338 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보였고, 산광형 직조필름 피복시설에서는 노지의 66.7%인 $1,238 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보여 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설보다 산광형 직조필름 피복시설에서 투광율이 5.4% 낮았다. 그러나 고추 군락 바닥에서의 광도는 산광형 직조필름 피복시설에서 노지의 19.9%인 $369 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보였고, 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서는 노지의 7.8%인 $144 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보여 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설보다 산광형 직조필름 피복시설에서 투광율이 12.1% 높았다(Fig. 2).

시설 내 산광율은 전천일사량에 대하여 산란광이 차지하는 비율로 산정한 결과, 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 8.9%의 낮은 산란광율을 보이는 반면에 산광형 직조필름 피복시설에서는 48.7%를 보여 매우 높은 수준의 광산란 효과를 보였다. 이러한 광산란은 고추 군락 내부로의 광유입을 많게 하여 산광형 직조필름 피복시설에서 바닥의 광도가 높게 측정된 것으로 판단되었다(Fig. 3).

산광형 직조필름 피복시설의 파장별 분광투과성을 분광광도계(LI 1800, EKO)를 이용하여 측정한 결과, 300~1100nm 사이 파장에서 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설보다 낮은 광투과율을 보였다. 특히 자외선 영역인 300~400nm 사이에서는 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설이 자연광에 비하여 91%의 투과율을 보이는 반면에 산광성 직조필름 피복시설에서는 자연광에 비하여 5%의 투과율을 보여 두 필름으로 피복된 시설에서 자외선 투과 정도가 매우 다른 것으로 나타났다.

적외선 영역인 750~1100nm에서는 자연광에 비하여 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설이 파장별로 21~37% 정도 투과율이 낮았고, 산광형 직조필름 피복시설에서는 46~51% 정도 투과율이 낮았다. 그러나 식물의 광합성 영역인 광합성유효파장 영역인 400~700nm에서는 커다란 차이를 보이지 않았다.

나. 시설내 기온

시설 내 무가온 상태에서 자연광의 유입으로 비롯된 열에너지 축적으로 기온이 상승하는 속도는 광투과율이 높았던 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 높았다. 이것은 두 가지 관점에서 해석이 필요하다. 겨울철 저온기에는 오전 중 온도 상승이 빨라 식물체의 광합성을 촉진하지만 봄, 여름 및 가을처럼 고온기에는 식물체 잎의 뒷면에 있는 기공의 증산작용을 억제하여 광합성 효율을 떨어뜨리고 각종 고온장애로 작물의 생산성을 감소시킨다. 따라서 산광성 피복자재는 고온기에 시설 내부 온도 상승을 완화시키고 식물의 군락 내부에 고른 광유입을 촉진시켜 과채류와 선인장 등과 같이 고른 착색을 요구하는 작물재배에 적합하다고 판단되었다.

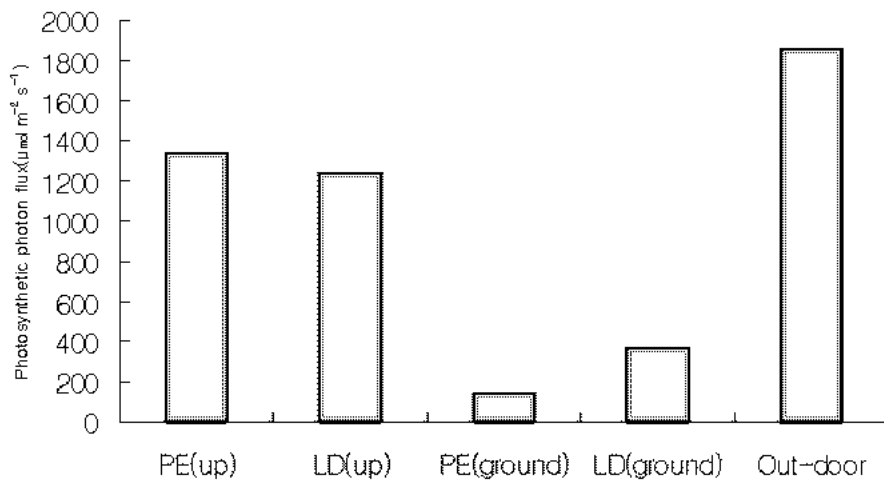


Fig. 2. Solar radiation at the upper and ground part of green pepper plant community in greenhouses with light diffusion(LD) film and polyethylene(PE) film on July 30, 2004.

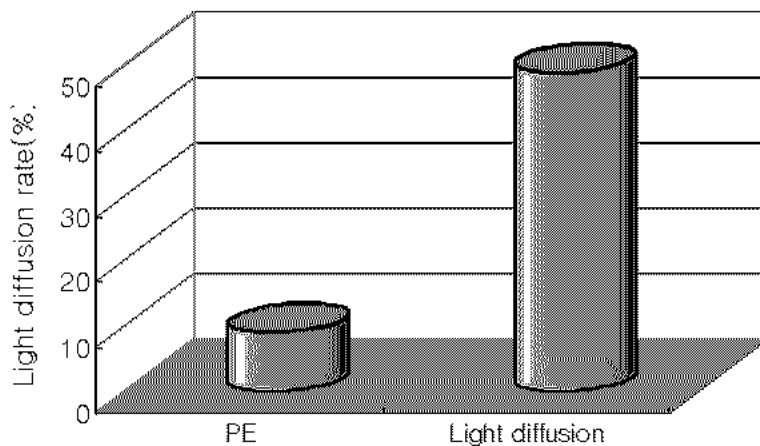


Fig. 3. Light diffusion rate in greenhouse covered with light diffusion(LD) film and polyethylene(PE) film on July 30, 2004.

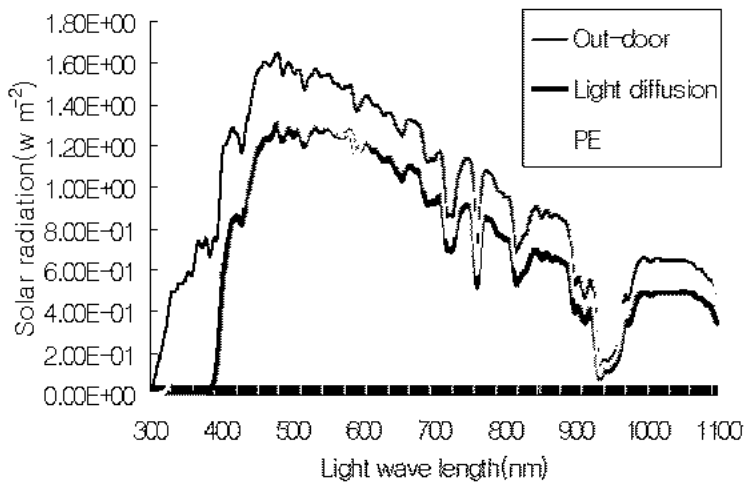


Fig. 4. The spectrum of solar radiation through light diffusion(LD) film and polyethylene(PE) film greenhouses on July 30, 2004.

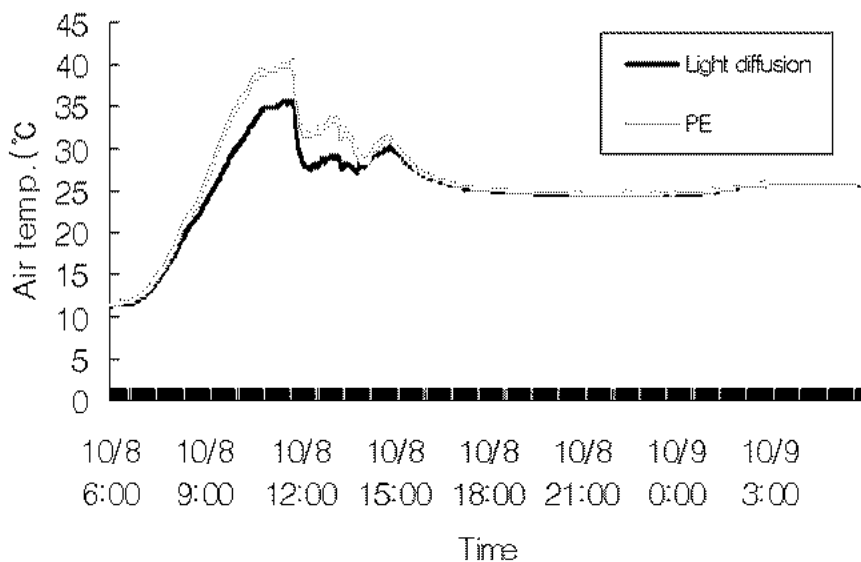


Fig. 5. Change of air temperature in light diffusion(LD) film and polyethylene(PE) film greenhouses from Oct. 8 to 9, 2004.

요약 및 결론

시설 고추 군락 바다에서의 광도는 산광형 직조필름 피복시설에서 노지의 19.9%인 $369 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보였고, 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서는 노지의 7.8%인 $144 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보여 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설보다 산광형 직조필름 피복시설에서 투광율이 12.1% 높았다. 시설 내 산광율은 전천일사량에 대하여 산란광이 차지하는 비율로 산정한 결과, 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 8.9%의 낮은 산란광율을 보이는 반면에 산광형 직조필름 피복시설에서는 48.7%를 보여 매우 높은 수준의 광산란 효과를 보였다.

시설 내 무가온 상태에서 자연광의 유입으로 비롯된 열에너지 축적으로 기온이 상승하는 속도는 광투과율이 높았던 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 높았다.

참고문헌

1. Chun, H., J. Y. Kim, H. H. Kim, S. Y. Lee, Y. I. Nam, K. J. Kim 2001. Growth of Green Pepper(*Capsicum annuum* L.) in Greenhouse Covered with Light Diffusion Film. J. of Bio Environment Control. 10(3) : 181-186 (in Korean).
2. Daniel S. Moran, Kent B. Pandolf, Antonios Vitalis, Yuval Heled, Richard Parker and Richard R. Gonzalez. 2004. The role of solar and UV radiation in environmental stress assessment. Journal of Thermal Biology. 29(7) : 529-533.
3. Jean Roncali. 1997. Synthetic Principles for Bandgap Control in Linear π Conjugated Systems. Chem. Rev. 97(1) pp 173-206.
4. Kim, K. J., H. Chun, S. K. Kim and L. J. Kim. 1995. Effect of environmental difference in soft plastics film house on tomato(*Lycopersicon esculentum* Mill) growth and yield. Dongguk Univ. Reg. Dev. Res. Report. 12:9-19 (in Korean).
5. Manivannan S., S. K. Tiwari and S. Dhanuskodi. 2004. Spectral, thermal and SHG studies on phase matchable organic NLO material EDMP for blue green laser generation. Solid State Communications. 132(2) : 123-127.
6. Mats R. Andersson, Olinga Thomas, Wendimagegn Mammo, Mattias Svensson, Mathias Theander and Olle Inganäs. 1999. Substituted polythiophenes designed for optoelectronic devices and conductors. 9(9) : 1933-1940.
7. Radhakrishnan s., V. Subramanian and N. Somanathan. 2004. Structure optical, thermal properties studies on thiophene containing benzothiazole groups. Organic Electronics. 5(1) : 227-235.
8. Turnbull, D.J and A.V. Parisi. 2004. Annual variation of the angular distribution of the UV beneath public shade structures. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 76(1) : 41-47.