

Greenhouse Environment and Growth of Green Pepper (*Capsicum annuum* L.) in Greenhouse Covered with CEM BIO Film

Hee Chun*¹ · Kyung-Je Kim² · Young-Sam Kwon¹ · Hyun-Hwan Kim¹ · Si-Young Lee¹

¹Protected Cultivation Division, Nat'l. Hort. Res. Inst., R.D.A., Suwon 441-440, Korea

²Dept. of Plant Resources, Dongguk Univ., Seoul 100-715, Korea

Abstract

Spectroradiometric light transmittance from 300 to 1,100 nm in the greenhouse covered with the CEM BIO polyethylene film was greater than that in the greenhouse covered with polyethylene film (control). As a whole, solar radiation transmittance into greenhouse was a half level, due to shades caused by double layer covering, frame and equipment. Net radiation energy emitted throughout surface of the greenhouse covered with CEM BIO polyethylene film was 5,424.5 W · m⁻², which was lower by 2.9% as compared to that of the greenhouse covered with polyethylene film. Photosynthetically active radiation from 400 to 700 nm of the greenhouse covered with CEM BIO polyethylene film was 3,861.2 W · m⁻², which was higher by 3.8% as compared to that of the greenhouse covered with polyethylene film. Accumulated minimum air temperature from Oct. 7, 1997 to Oct. 16, 1997 of the greenhouse covered with CEM BIO polyethylene film was 100.5°C, which was higher by 2.5°C as compared to that of the greenhouse covered with polyethylene film. As results, height, stem diameter, leaf count, leaf area, fresh weight and dry weight of green pepper plants and canopy production structure measured at 30 days after transplanting were enhanced. Mean fruit weight in the greenhouse covered with CEM BIO polyethylene film was 11.28 g and 1.25 g greater as compared to that in the greenhouse covered with polyethylene film, due to increased fruit diameter and flesh thickness. Percent marketable fruits produced in the greenhouse covered with CEM BIO polyethylene film were 96.1%, and was greater by 2.7% than that of the greenhouse covered with polyethylene film, due to decreased infection, sterility, severe curve and twisted fruits. The green pepper yield of the greenhouse covered with CEM BIO polyethylene film from Nov. 19, 1997 to Feb. 3, 1998 was greater by 974 kg per hectare than that of the greenhouse covered with polyethylene film, but the total fruit yield had no difference.

Key words : photosynthetically active radiation, polyethylene film

*Corresponding author

서 론

우리나라 원예생산 시설의 피복에는 값이 싸고 설치가 쉬우며 비교적 광 투과율이 높고 시설에 피복할 경우 긴밀도가 뛰어나 보온력이 우수한 플라스틱 필름이 주로 사용되고 있다.

최근에 플라스틱 피복재의 종류는 다양하게 발전하여 소재로는 PE.(polyethylene), E.V.A.(ethylene vinylacetate), P.V.C.(polyvinylchloride) 등의 연질필름과 P.E.T.(polyethylene terephthalate) 그리고 E.T.F.E.(ethylene tetrafluoride ethylene) 등의 반경질재가 있다. 또한 보온성, 광투과성, 선택적 광투과성, 방적성 및 내구성 등의 기능성이 보강된 광질 전환 필름, 방적 필름, 자

외선안정성 필름 및 자외선차단 필름 등과 이들 기능이 혼합된 복합기능성 필름이 사용되고 있다.

하지만 시설환경 개선 효과가 크고, 내구성이 강화되기 위해서는 기본소재가 개선되고 기능 첨가제의 효과가 커질 수 있도록 두께가 두꺼워져야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로는 두 가지 차원에서 접근하여야 한다. 먼저 현재 외피복용으로 사용되고 있는 필름의 소재는 내구력이 뛰어난 P.E.T., P.E.N. (polyethylene naphthalate), E.T.F.E. 또는 P.V.F. (polyvinylfluoride) 등의 불소계수지 필름으로 개선되어야 하며, 일부 품목을 제외하고는 두께도 0.1 mm 이하에서 0.15 mm 이상으로 두꺼워져야 한다. 다음으로는 시설 피복재로 대부분 사용되고 있는 P.E.,

E.V.A., P.V.C. 등의 소재를 기본으로 시설환경 조절 기능과 내구성이 우수한 물성 가공기술이 개발되어야 하겠다.

시설의 환경은 우선적으로 광환경이 개선되어야 보온성이 향상되고 작물의 광합성 능력이 뛰어나게 된다. 따라서 일차적으로는 시설 내부로 일사량과 광합성유효복사가 많이 투과되는 것이 필요하며, 시설내에 존재하는 열에너지가 장파복사로 빠져나가는 것을 최대한 억제하여 한다. 최근에 이러한 복합기능을 가진 필름들이 개발되어 농가에 보급되고 있으나, 필름이 시설내 환경개선에 어떻게, 그리고 어느 정도 영향을 미치고, 그 결과 작물에 따라 어떠한 영향을 미치는가를 정확하게 평가된 제품이 많지 않기 때문에 농가에서 선택 기준을 찾기가 어려운 실정이다.

따라서 본 시험은 시설환경 개선용 필름의 하나인 CEM BIO 필름이 피복된 시설의 환경특성을 분석하고, 풋고추의 생육에 대한 영향을 알아보기 위하여 실행되었다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 시설은 지름 25 mm, 두께 1.5 mm의 아연도구강관을 주골조로 사용한둥고 3.3 m, 측고 1.8 m, 폭 6 m, 그리고 길이 12 m의 규모이다. 피복소재로 사용된 농업용 필름은 두께 0.06 mm의 PE를 기본소재로 하여 계면활성제와 자외선안정제를 기본적인 기능성 첨가제로 넣고, 시설환경 개선 목적으로 개발된 CEM BIO PE 필름(경원엔터프라이즈)은 장파복사억제 조절물질이 첨가된 제품이고, 대조구에는 일반 폴리에틸렌 필름이 사용되었다. 필름은 1997년 9월 26일에 피복하였다.

시험작물은 풋고추용으로 개발된 녹광고추(홍농종묘 주식회사)로서 1997년 8월 1일에 72공 플러그 트레이에 파종하였고, 1997년 10월 4일에 120 cm×20 cm 간격으로 정식하였다. 시설은 동서방향 단동을 단구제로 설치하였고, 풋고추재배 시험구는 난피복 3반복으로 배치하였다. 1998년 3월 13일 15:00에 휴대용 분광광도계(LL-1800, EKO)로 시설내 피복소재의 분광투과특성을 조사하였고, 1998년 4월 7일부터 8일 사이에 다점기록계(LL-1000, EKO)에 광합성유효복사센서(MF-020P, EKO)를 연결하여 광합성유효복사 투과량을, 그

리고 순복사센서(MF-11, EKO)를 연결하여 순복사량을 측정하였다. 시설내 기온은 열전대선으로 측정하였다. 측정시간 간격은 30분으로 하였다.

풋고추 생육으로 초장, 경경, 엽수, 엽면적, 생체중, 건물중 등을 정식 30일 후 조사하였다. 개화 및 착과 특성은 1997년 10월 20일부터 11월 10일까지 조사하였는데 개화율은 2×착화수/분지수×100(%), 낙화율은 낙화수/총개화수×100(%), 착과율은 과장 5 mm 이상 풋고추 착과수/과장 2 mm 이상 풋고추 착과수×100(%), 낙과율은 과장 2 mm 이상 풋고추 낙과수/전체 풋고추수×100(%)로 구하였다. 근락생산구조 분석을 위한 식물체 특성은 1 마디부터 12 마디까지 마디별 분지수, 엽수, 건물중 및 엽면적을 조사하였다. 1997년 12월 16일에 조사하였다. 풋고추 수량은 1997년 11월 19일부터 1998년 4월 18일까지 조사하였으며 과실특성은 수확 초기, 중기 및 후기에 각각 실시하였다. 풋고추 시비 및 병해충방제 등의 재배관리는 원예연구소 주요 작목 경종개요를 기준으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 시설환경 특성

시설 내부에서 휴대용 분광광도계(LL-1800, EKO)로 측정된 300 nm 이상의 분광투과율은 CEM BIO 폴리에틸렌필름 피복시설에서 전반적으로 높았으며, 특히 400 nm 이하를 제외하고는 모든 파장대에서 자연광과 같은 경향의 광강도를 보였다. 피복소재별 순간적인 분광투과율은 고정 커튼을 외피복과 동일한 소재로 하였기 때문에 노지에 비하여 CEM BIO 폴리에틸렌필름 피복시설은 55~60%, 일반 폴리에틸렌필름 피복시설은 45~50% 정도의 낮은 수준을 보였다(Fig. 1).

무거운 시기에 시설내 하루 중 태양에너지가 주로 열에너지로 변환되어 시설표면으로 빠져나간 에너지인 순복사량은 CEM BIO 필름으로 피복된 시설에서 5,424.5 W·m²로서 일반 폴리에틸렌 필름 피복시설 보다 2.9%가 적었다. Godbey et al.(1979)은 피복소재 종류별로 장파복사 투과율을 조사한 결과 유리는 3% 정도로 매우 낮고, 폴리에틸렌은 80% 정도로 대단히 높다고 하였다. Fig. 1에서 순간적으로는 두 시설 모두 노지에 비하여 40~55% 정도의 낮은 투과율을 보

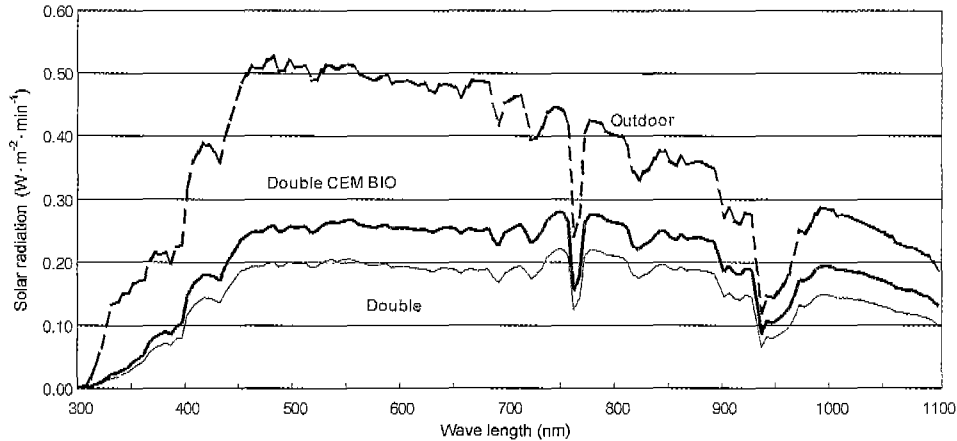


Fig. 1. Spectroradiometer transmittance investigated with spectroradiometer at 15:00, Mar. 13, 1998 in greenhouse covered with double CEM BIO P.E. film and PE film.

Table 1. Net radiation, photosynthetically active radiation and accumulated minimum air temperature in greenhouse

Cover	¹ Net radiation (W · m ⁻²)	² Photosynthetically active radiation (W · m ⁻²)	³ Accumulated minimum air temperature (°C)
CEM BIO PE film (A)	5424.5	3861.2	100.5
PE film (B)	5584.1	3718.8	97.0
A/B (%)	97.1	103.8	103.6

¹Measured from 300 to 30,000 nm with a net radiation sensor from 06:00 to 18:00 on Apr. 7, 1998.

²Measured from 400 to 700 nm with a PPF sensor from 06:00 to 18:00 on Apr. 7, 1998.

³Measured with a thermocouples from Sep. 7, to Sep. 16, 1997.

였고, CEM BIO 필름으로 피복된 시설이 일반 폴리에틸렌필름 피복시설보다 15~20% 정도의 낮은 투과율을 보였으나, 300~30,000 nm 범위에서 광투과성을 나타내는 순복사계로 측정된 결과로는 이 보다 훨씬 적은 수치를 나타낸 원인은 자연광이 기상조건에 따라 맑은 날이라 하더라도 구름, 먼지 및 수증기에 의한 광 산란과 골조 및 시설물에 의한 차광 때문인 것으로 여겨진다(Table 1).

400~700 nm 사이의 광합성유효복사는 CEM BIO 필름으로 피복된 시설에서 3,861.2 W · m⁻²로서 일반필름 시설보다 3.8%가 높았다. McNaughton et al.(1981)은 피복소재의 광합성유효복사 영역의 투과율은 연결 피복소재인 PE, E.V.A., P.V.C. 필름에서 88~90%, 경질 피복소재인 P.V.C., M.M.A.(methyl metacryl), FR.P.(fiberglass reinforced plastics) 등에서는 63~82% 정도라고 보고하였다. Fig. 1에서 두 필름으로 피복된 시설 사이에 광합성 유효광장 영역에서 확실한 투과율의 차이를 보이는 것은 CEM BIO 필름이 일

반필름 보다 투명도가 높아 가시광선 영역과 거의 일치되는 380~780 nm 사이에서 투과율이 높은 것으로 여겨진다. 정식후 10일간 시설내 적산최저온도는 순복사율이 낮은 CEM BIO 필름 피복시설에서 2.5°C 높아 하루평균 0.3°C가 높았다(Table 1).

2. 풋고추 생육 및 수량

정식 후 30일이 지난 후 풋고추의 생육은 열수지 측면에서 열에너지의 복사량이 적어 기온이 하루평균 0.3°C가 높았고, 주간의 광합성유효복사 투과율이 3.8%가 높았던 CEM BIO 필름 피복시설에서 초장 3.1 cm, 경경 0.92 mm, 엽면적 266 cm², 생체중 18.9 g, 건물중 2.3 g이 더 컸다(Table 2). Chun 등(1997)은 피복자재를 달리하는 시설유형별로 광투과율과 장파복사율의 차이로 시설내 열수지가 달라지기 때문에 유리온실에서 풋고추의 균량 생산구조가 가장 우수하였다고 한 바 있다. 본 실험에서는 특히 광합성유효복사 영역의 투과율이 CEM BIO 필름 피복

Table 2. Growth characteristics of green peppers measured at 30 days after transplanting

Cover	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No of leaves	Leaf area (cm ²)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
CEM BIO P.E. film	41.3 a	6.51 a	69 a	660 a	42.93 a	5.52 a
P.E. film	38.2 b	5.59 b	50 a	394 b	23.96 b	3.21 b

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

시설에서 우수하여 풋고추의 생육이 좋았던 것으로 여겨진다.

시설 풋고추의 절위별 균락생산 구성요인을 조사한 결과 풋고추는 시설에 관계없이 1절~5절 사이에서는 잎이나 줄기의 건물중을 제외하고는 분지수, 엽수, 엽면적 모두 낮은 분포를 보였다. 6절~11절 사이 분지수와 엽수의 확보가 많았고, 특히 엽면적이 1절~5절보다 4.8~6.9배나 넓었다. 처리간에는 CEM BIO 필름 피복시설이 일반필름 피복시설보다 1절~5절 사이에는 엽면적이 11% 적었으나, 줄기의 건물중이 주당 1.18 g이 무거워 안정된 하부구조를 보였다. 또한 6절~12절 사이에는 CEM BIO 필름 피복시설이 일반필름 피복시설보다 엽면적이 23%나 넓고, 분지수가 주

당 36 개가 많았다.

수확시 과실의 특성은 CEM BIO 필름 피복시설에서 과장은 다소 짧았으나 과경이 길어 과중이 무거웠다. 상품율은 이병과나 석과 등의 생리장해 과실이 다소 적었던 CEM BIO 필름 피복시설에서 96.1%로서 일반 P.E. 필름 피복시설보다 2.7%가 높았다. 수량은 풋고추의 가격이 높게 형성되는 수확 전반부인 1997년 11월 19일부터 1998년 2월 3일까지는 CEM BIO 필름 피복시설에서 1,412.3 kg/10a 으로서 일반 P.E. 필름 피복시설보다 97.3 kg/10a가 많았으나 수량이 대부분을 차지하는 수확 후반기의 수량은 차이를 보이지 않아 전체 수량은 유의성을 보이지 않았다 (Table 3).

Table 3. Flowering and fruiting characteristics of green pepper measured on Oct. 10, 1997

Cover	Flowering (%)	Flower drop (%)	Fruit drop (%)	Fruit set (%)
CEM BIO P.E. film	93 a	11.7 a	23 a	53 a
P.E. film	84 b	7.0 b	35 b	38 b

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Number and weight of green pepper per plant by nod measured 73 days after transplanting

Nods	CEM BIO P.E. film					P.E. film				
	No. of branches	No. of leaf	Leaf dry wt. (g)	Stem dry wt. (g)	Leaf area (cm ²)	No. of branches	No. of leaf	Leaf dry wt. (g)	Stem dry wt. (g)	Leaf area (cm ²)
1	1	11	1.25	4.64	175.34	1	10	0.98	3.55	136.24
2	2	6	0.43	1.22	79.84	2	2	0.25	0.88	46.47
3	4	6	0.43	1.38	90.41	5	4	0.51	1.49	131.59
4	7	9	0.77	1.84	157.11	8	8	0.68	1.50	145.30
5	8	16	0.82	1.31	185.50	16	36	1.29	1.79	308.70
6	18	34	1.74	2.71	420.85	18	37	1.39	1.60	515.78
7	21	82	3.84	2.71	865.02	33	88	2.88	2.86	762.57
8	34	57	2.37	3.35	633.57	39	230	5.62	4.09	1137.62
9	39	127	4.50	3.04	1,156.28	20	86	2.08	1.43	657.33
10	27	101	3.05	2.30	800.37	10	56	0.41	0.81	451.25
11	22	128	3.02	1.63	885.55	8	19	0.50	0.22	164.59
12	3	15	0.45	0.17	116.61	-	-	-	-	-
² Total	186 ^a	592 ^a	22.67 ^a	26.30 ^a	5,566.45 ^a	160 ^b	576 ^b	16.59 ^b	20.22 ^b	4,457.44 ^b

* Means within a row followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

CEM BIO Film 피복시설의 환경특성과 풋고추 생육

Table 5. Fruit characteristics and yield of green pepper

Coverings	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g)	Marketable fruits (%)	Yield (kg/10a)		
					Nov. 19 3 1998	Feb. 4 19 1998	Apr. Total
CEM BIO P.E. film	11.8 a	16.68 a	11.28 a	96.1 a	1412.3 a	4942.3 a	6354.6 a
P.E. film	12.0 a	15.71 b	10.03 b	93.4 b	1314.9 b	4903.8 a	6257.2 a

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Literature cited

1. Ballare, C. L., A. L. Scopel and R. A. Sanchez. 1991. Photocontrol in plant neighbourhoods: Effects of photon fluence rate under natural conditions of radiation. *Plant Cell. Environ.* 14:57-65.
2. Chun, H., K. J. Kim. 1997. Effects of plant types on group production structure, growth and yield of green pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse. *J. Bio-Environment Control* 6(2):86-92 (in Korean).
3. Chun, H., Y. S. Kwon, H. H. Kim and S. Y. Lee. 1998. Effects of light conversion film on growth and yield of fruit vegetable. *Nat. Hort. Res. Ins. Res. Report.* 241-245. (in Korean).
4. Godbey, L. C., T. E. Bond and H. F. Zorig. 1979. Transmission of solar and long-wavelength energy by materials used for solar collectors and greenhouses. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 22:1137-1144.
5. Kim, J. K. 1996. Cultivation diary of pepper. *Nat. Hort. Res. Ins. Res. Report.* 1199-1120. (in Korean).
6. McNaughton, K. G., A. K. H. Jackson and I. J. Warrington. 1981. Greenhouse covering materials : Optical and thermal properties of some materials available in New Zealand. *Plant. Physiol. Div., Rept. Sci. Ind. Res, New Zeal., Tech. Rep.* 9.
7. Song, K. W. 1975. Study on photosynthesis of pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 16:192-199.

CEM BIO Film 피복시설의 환경특성과 풋고추 생육

전 희^{1*} · 김경제² · 권영삼¹ · 김현환¹ · 이시영¹
 원예연구소 시설재배과¹, 동국대학교 식물자원학과²

적 요

CEM BIO P.E. 필름으로 피복된 시설에서 300~1,100 nm 사이의 분광투과율은 일반 P.E. 필름으로 피복된 시설보다 높았다. 전반적으로 시설내 광투과율은 이중피복, 골조, 기타 시설물 때문에 노지에 비하여 절반 수준을 나타냈다. 순복사량은 CEM BIO P.E. 필름 피복시설이 5,424.5 W · m⁻²로서 일반 P.E. 필름 피복 시설보다 2.9% 낮았고, 광합성유효복사 투과율은 CEM BIO P.E. 필름 피복시설이 3,861.2 W · m⁻²로서 일반 P.E. 필름 피복시설보다 3.8% 높았으며, 무가온기의 적산최저온도는 CEM BIO P.E. 필름 피복시설이 일반 P.E. 필름 피복시설보다 1일 평균 0.35°C 높았다. 정식후 30일의 풋고추 생육은 CEM BIO P.E. 필름 피복시설에서 초장, 경경, 엽면적, 생체중, 건물중 및 균락생산구조가 우수하였고, 과실은 과중이 11.28 g으로 일반 P.E. 필름 피복시설 보다 1.25 g 무거웠으며, 상품율은 2.7% 높았다. 1997년 11월 19일부터 1998년 3월 3일 사이의 수량은 CEM BIO P.E. 필름피복시설에서 7.4% 많았으나 전체적인 수량은 차이를 보이지 않았다.

주제어 : 광합성유효복사, 폴리에틸렌 필름