

Growth of Green Pepper (*Capsicum annuum* L.) in a Plastic Greenhouse Covered with Anti-dropping Plasma Film

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

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

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

Abstract

The Plasma film treated with a high electric voltage was developed to enhance flow down of condensation drops on inside plastic film. Arch type greenhouse framed with iron pipe of 25 mm diameter and 1.5 mm thickness were covered with either the developed plasma film or surfactant film (control). Green pepper seedlings raised for 40 days in plug trays were transplanted at a density of 110 cm by 30 cm in each greenhouse. The amount of condensational water on film surface, generated by 70°C water bath chimney systems and flew down, was collected and measured. The amount of collected water after 150 minutes was 2.56 mL · 100 cm⁻² and 0.94 mL · 100 cm⁻², respectively, in the plasma film- and surfactant film-covered greenhouses. The amount of condensational water drops attached on the cover at 08:20 a.m. at 60 days after covering was 0.34 mL · 100 cm⁻² and 0.32 mL · 100 cm⁻², respectively, in the plasma film- and surfactant film-covered greenhouses. Solar irradiance transmitted into greenhouse was 2.0% higher in the greenhouse covered with the plasma film than that in the greenhouse covered with the surfactant film. Air temperature in the plasma film-covered greenhouse was higher than the surfactant film-covered greenhouse by 0.5°C. However, there was no difference in relative humidity between the two greenhouse. Plant height, leaf area, dry weight and early yield showed no significant differences.

Key words : flowing water, pending water, plasma film, surfactant film

*Corresponding author

서 론

국내 원예생산시설은 80% 이상이 소형 단동으로 피복자재는 두께가 0.1 mm 내외의 얇고 가격이 저렴한 연질필름을 사용하는 것이 추위와 더위가 심한 국내기후 여건상 경제적인 것으로 여겨져 왔다. 그러나 시설이 대형화 또는 연동화되면서 어느 정도의 환경조절 기능이 갖추어진 시설에서는 장기적으로 사용할 수 있는 피복자재가 경제적인 것으로 나타났다 (Kim 등, 1996). 그 이유는 시설비를 피복자재의 가격뿐만 아니라 피복노력비(인건비)와 고정구 가격 등을 종합적으로 비교할 때 내구성 피복자재 시설이 경제적이기 때문이다. 하지만 이러한 장기사용 피복자재는 투광률, 방적성, 방진성, 자외선안정성 등의 물성이 우수하여야 작물재배에 적합한 환경을 조성할 수가 있다.

특히 가을부터 이듬해 봄까지 시설내 피복자재 표면에 습공기가 포차에 의하여 응결되어 물방울이 맺히면 광투과율이 감소하고 식물체에 떨어져 스트레스를 주기 때문에 시설재배에서 시급히 해결되어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 피복자재 안쪽 표면에 계면활성제를 처리하여 유적성을 부여하거나 환기와 온도 조절로 습공기를 제거하고 있다. 그러나 이 방식은 시설내 방적성 차원에서 한계가 있는 실정이다. 최근 고분자 플라스틱 표면을 친수성으로 개질하거나 전기적으로 플러스(+)와 마이너스(-) 전극을 공유시켜 완전한 무적성을 부여하는 연구들이 진행되어 그 가운데 부가가치가 큰 가정용과 공업용은 실용화되어 있는 반면에 아직 농업용은 경제적인 기술이 정립되어 있지 못한 실정이다.

Plasma 처리필름은 시설 피복자재로 이용되고 있는 플라스틱필름 가운데 폴리에틸렌을 기본 소재로 하여

방적성 Plasma 처리 필름으로 피복된 플라스틱온실의 풋고추 생육

농업적으로 경제적인 방적성을 부여하기 위하여 일종의 고전압 처리를 한 표면개질(表面改質) 필름이다. 이 실험은 기존의 계면활성제 방식에 의한 소위 무적필름과 방적성 정도를 비교하고, 풋고추 생육에 미치는 효과를 분석하기 위하여 실시되었다.

경경, 엽면적 등 생육은 정식 후 60일에 조사하였고, 과실특성 및 초기수량은 1999년 10월 14일부터 11월 14일까지 과장 10 cm 이상을 수확하여 조사하였다. 시설의 배치는 단구제(고추는 시설내 난피법 3반복 배치)로 하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 피복자재는 (주)플라즈마 테크에서 고압처리 한 것과 시판되는 계면활성제처리 폴리에틸렌 필름을 대조구로 하였으며, 필름의 두께는 모두 0.06 mm로 1999년 8월 20일에 이연도 구조강판 골조 하우스에 피복하였다. 실험시설은 단동으로 규모는 폭 6 m, 길이 12 m, 높이 3.2 m이다. 시설 설치는 길이를 동서방향으로 하였다. 실험 작물로는 풋고추(녹광고추)를 40일 간 플러그 트레이에서 육묘하여 1999년 8월 22일에 조건 110 cm, 주간 30 cm 간격으로 토양에 정식하였다. 실내에서 유적량과 수적량을 조사하기 위하여 진탕항온수조(DS-23SC, DS)를 개조하여 수적발생기로 사용하였다. 먼저 온탕기의 수온을 70°C로 조절하여 직경 10 cm의 철재 토출구 인쪽에 필름을 부착한 페트리디쉬를 씌운 다음, 유적량은 10분 간격으로 일정시간의 물방울이 흘러내린 양을 측정하였고, 수적량은 일정시간이 지나 필름 표면의 물방울이 안정된 상태로 부착된 물방울량을 측정하였다. 시설내 방적성은 매일 10시에 남쪽지붕의 동고와 측고 중간 지점의 수적량을 측정하였다. 시설내 미기상으로 광투광율은 전천일사계(NP-42, EKO)를 다점기록계(NP-092, EKO)에 연결하여 측정하였고, 온도와 습도는 자동기록계(HOBO)를 이용하여 측정하였다. 풋고추의 초장,

결과 및 고찰

유적량은 수적발생기의 수온 70°C에서 처리 후 30 분까지 필름표면에 부착되어 물분자끼리 결합하여 물방울이 생기면서 처리별로 0~0.54 mL · 100 cm² 정도의 미량이 측정되었다. 특히 피복 후 30일이 지난 계면활성제 필름에서는 유적량을 보이지 않아 방적성이 상실된 것으로 생각되었다. 수적발생기에서 처리 후 60분이 지나면서 필름을 타고 흘러내린 유적량은 모든 필름에서 시간이 경과됨에 따라 일정한 경향을 보이면서 증가하였다. 그 가운데 피복시 플라즈마 필름에서 가장 유적량이 많아 3시간이 경과된 후 2.56 mL · 100 cm²이었다. 이는 피복직후 플라즈마처리 필름이 계면활성제 필름 보다 2.7배나 많은 것으로 뛰어난 방적성을 보였는데(Table 1), 수적발생기의 토출구에서 나온 물방울이 페트리디쉬 인쪽에 부착된 사진(Fig. 1)에서 상대적인 비교를 확실히 할 수가 있었다.

그러나 시설에서 오전 10시경 필름 표면에 부착되어 있는 수적량을 피복 후 30일까지 매일 조사한 결과, 피복 후 20일까지는 플라즈마 필름이 계면활성제 필름보다 0.10~0.15 mL · 100 cm² 정도의 적은 수적량을 보였고, 피복 후 17일이 지나면서 수적량이 계면활성제 필름과 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 피복 30일 이후로는 두 필름 모두 방적성을 상

Table 1. Water drop amount flowed on polyethylene film surface according to the elapsed time

Elapsed time after steaming (min.)	Flowing water drop amount(mL · 100 cm ²)			
	On P.E. film treated Plasma at covering	On P.E. film treated Plasma at 30days after covering	On P.E. film treated surfactant at covering	On P.E. film treated surfactant at 30days after covering
30	0.54	0.14	0.09	0
60	1.19	0.43	0.24	0.18
90	1.75	0.54	0.49	0.33
120	2.14	0.75	0.68	0.49
150	2.56	1.09	0.94	0.60

¹⁾Flowing water drop was measured in P.E. film surface to the water bath attached steam emitter with 11 cm diameter and 30° slop controlled water temperature by 70°C

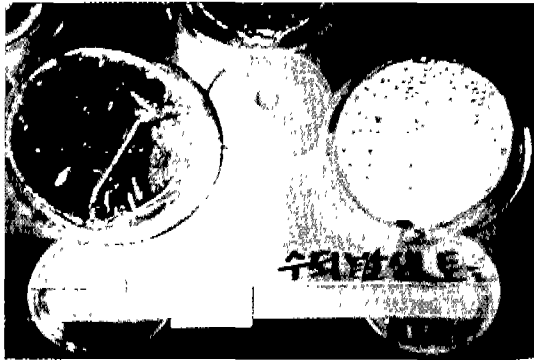


Fig. 1. Water drop animated on P.E. film surface to the water bath, the left is P.E. film treated with Plasma and the right is P.E. film treated with surfactant.

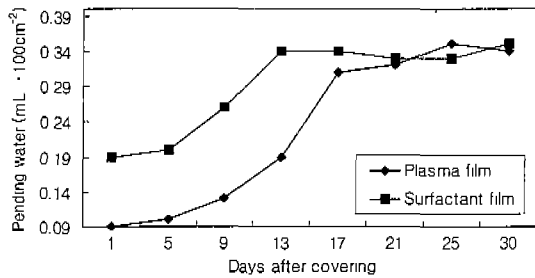


Fig 2. Changes of pending water measured on plastic film after covering in greenhouse at 10:00 a.m from Oct. 16, to Nov. 15, 1999

살하여 무거운상태에서 동고 부위에 하루 종일 물방울이 매달려 있는 것이 관측되었다. 농업용 필름의 방적성에 대하여 Kim 등(1995)은 연질필름 종류별 수직의 접촉각을 측정하여 접촉각이 클수록 필름표면은 물방울에 대한 친수성을 상실하여 결국은 방적성을 잃게 된다고 하였다. 본 시험에서도 이와 유사하게 나타나 유적량과 수적량 비교로 분석한 방적성이 초기에는 플라즈마필름 피복시설에서 우수하였으나, 피복 후 30일이 지나면서 방적성이 없어진 것으로 여겨진다(Table 1, 2). 이 실험에 앞서 플라즈마 처리 후 실내에서 보관된 경우는 2개월이 지나서 별도로 시설에 시료를 부착하여 수적량을 조사한 결과 0.1 mL · 100 cm² 이하로 나타나 거의 완벽한 방적성을 보인 반면에 하우스에 피복한 지 17일 만에 방적성을 상실하기 시작한 이유에 대하여 자연광 가운데 적은 양이지만 에너지 준위가 다른 파장에 비하여 상대적으로 큰 자외선이 필름표면에 처리된 개질상태를 전기적으로 원래 상태로 되돌린 것으로 추정되기

Table 2. Water drop amount pending on polyethylene film surface at 60 days after covering in greenhouse

Time	Pending water drop amount(mL · 100 cm ²)	
	Treated with surfactant	Treated with Plasma
08 : 20	0.34	0.32
09 : 20	0.33	0.32
10 : 20	0.24	0.23
11 : 20	0.18	0.14
13 : 20	0.09	0.08
14 : 20	0.03	0.02

²⁾ Pending water drop amount was measured with filter paper of 11 cm diameter in the middle of greenhouse roof.

에 추후 관련분야에서 학문적으로 세밀한 검증이 요구된다고 하겠다.

시설환경에서 피복후 60일에 오전 7시에 온실내로 투과된 일사량은 계절과 지형적으로 시설내 태양광의 입사각이 적어 오후 1시에 비하여 두 처리 모두 1.0 W · m² 미만의 낮은 일사량을 보였다. 이와 같은 현상은 오전 9시까지 영향을 미쳤으며, 이 때의 일사량은 플라즈마와 계면활성제 처리필름 피복시설에서 각각 113.4, 112.7 W · m²로 낮았다. 비교적 고른 일사량을 보인 오전 11시부터 오후 3시까지의 일사량은 플라즈마처리필름 피복시설이 계면활성제처리필름 피복시설보다 2.0% 정도가 많았다. 이와 같이 두 필름 간의 투과된 일사량의 차이에 대하여 Harazono 등 (1997)은 시설의 외피복에 사용되는 플라스틱필름의 소재나 가공상태에 따라 계면활성능력의 차이로 물방울이 맺히는 정도가 달라짐에 따라 광투과율이 다르고, 온도나 습도 등의 시설환경에도 영향을 미치게 된다고 하였다. 특히 필름 표면에 맺혀있는 물방울이 서로 결합하여 커지면서 형성된 수막의 두께에 비례하여 광투과율이 떨어지고 시설내 기온도 떨어진다고 하였다. 또한 Jaffrin and Makhlof(1990)는 고분자 필름의 기하학적 광투과기작을 밝히는 논문에서 물방울이 시설내 피복소재의 표면에 부착되어 젖음도에 따라 광투과율을 40%까지 떨어뜨린다고 하였다. 이상의 연구 사례에서 알 수 있듯이 두 시설간의 광투과율 차이는 물방울의 정도에 따라 나타난 결과라 생각된다. 따라서 시설내 방적성이 완전하게 이루어질려면 근본적으로 피복소재의 표면에 물방울이 맺히지 않는 방법이 강구되어야 할 것이다.

McNaughton et al.(1981)은 피복소재의 종류와

방직성 Plasma 처리 필름으로 피복된 플라스틱온실의 풋고추 생육

상태에 따라 열에너지인 장파의 방사율이 다르다고 하였는데, 계면활성제처리필름 피복시설보다 플라즈마 처리필름 피복시설에서 태양에너지의 축적이 많아서 온도의 상승요인으로 작용한 것으로 생각되어 기온은 0.5°C 정도가 높았으며, 습도는 처리간에 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 시설내 집열특성에 대하여 Chun(1998)은 시설유형별 환경특성분석 결과에서 피복소재 가운데 광투과율이 가장 높은 유리온실에서 지중에 축적된 전열량이 많아 시설내 기온의 상승속도가 가장 빠르다고 하였는데, 본 시험에서 투과된 일사량과 온도의 차이가 있었으나 하루중 전체적인 경향은 일치하였다(Table 3).

시설고추 생육은 플라즈마처리필름 피복시설에서 초장 111.0 cm, 경경 13.8 mm, 주당 엽면적 6,653 cm², 주당 생체중 502.3 g, 주당 건물중 75.2 g으로 계면활성제처리필름 피복시설 보다 다소 높게 나타났으나

통계적으로 처리간에 차이를 보이지 않았다. Chun 등 (1997)은 연질필름 피복시설내 방직처리별로 기온이 0.5~1.0°C 차이로 무가온 시설재배시 참외의 초장, 엽수, 엽면적 등에서 차이를 보인다고 하였으나, 풋고추의 경우 차이가 인정되지 않아 무가온재배시 작물별로 생육과 수량의 차이가 있음을 알 수 있었다.

수확시 처리간에 과장, 과실, 과육두께, 과중 등 과실특성에서는 차이가 거의 없었으나 1999년 10월 14일부터 11월 14일까지의 초기수량은 플라즈마처리 필름 피복시설에서 10a당 83 kg이 많았으나 반복간의 차이가 커서 처리간에 차이는 인정되지 않았다. 시설고추의 생육과 초기수량이 처리간에 차이를 보이지 않은 것은 플라즈마처리필름 피복시설에서 초기에 나타난 방직효과가 피복 후 30일경부터 현저히 떨어져 시설고추의 생육에는 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다(Table 4, 5).

Table 3. Solar irradiance, air temperature and relative humidity in greenhouse located in Suwon on Oct. 26, 1999

Time	Greenhouse covered with Plasma film			Greenhouse covered with surfactant film		
	Solar irradiance (W · m ⁻²)	Air temperature (°C)	Relative humidity (%)	Solar irradiance (W · m ⁻²)	Air temperature (°C)	Relative humidity (%)
07:00	5.1	9	98	4.5	8.4	99
09:00	113.4	15.6	90	112.7	15.5	90
11:00	488.4	21.8	76	465.0	20.9	76
13:00	543.4	26.5	82	536.8	25.8	81
15:00	305.5	22.8	78	307.2	22.5	80

Table 4. Pepper plant growth at 60days after transplanting

Covering materials	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ² · plant ⁻¹)	Fresh weight (g · plant ⁻¹)	Dry weight (g · plant ⁻¹)
P.E. film treated with Plasma	111.0	13.8	6,653	502.3	75.2
P.E. film treated with surfactant	106.7	13.3	5,980	409.2	69.3
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

²⁾ NS at P=0.05

³⁾ Pepper plant raised for 40 days in plug tray was transplanted 110 cm by 30 cm on Aug. 22, 1999. And it was cultivated at silty-loam soil in non-heating greenhouse.

Table 5. Characteristics of green pepper fruit and initial products

Covering materials	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Flesh thickness (mm)	Fruit weight (g · fruit ⁻¹)	Initial products (kg · 10a ⁻¹)
P.E. film treated with Plasma	15.33	17.37	1.97	15.12	1,058
P.E. film treated with surfactant	15.07	17.08	1.95	14.58	975
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

²⁾ NS at P=0.05

³⁾ Pepper fruit was harvested above 10 cm fruit length from Oct. 14, to Nov. 14, 1999

Literature cited

1. Chun, H. 1998. Effects of different types of greenhouse and training methods on canopy, growth and yield of green pepper(*Capsicum annuum* L.). Ph. D. thesis. Dongguk Univ. Seoul. p18-24 (in Korean).
2. Chun, H., Y. S. Kwon, H. H. Kim and S. Y. Lee. 1997. Effect of anti-dropping on environment and oriental melon(*Cucumis melo*. var. macuwa) growth in soft plastics film house. J. of Bio-Environment Control (Abstract). 6(1):53-58 (in Korean).
3. Harazono, Y., Q. Chen and M. Yoshimoto. 1997. Effects of dewdrop on plastic films on light transmittance, temperature and humidity in greenhouse. J. Agric. Meteorol. 53(3):175-183 (in Japanese).
4. Jaffrin, A. and S. Makhlof. 1990. Mechanism of trans-
mission through wet polymer films. Acta Horticulturae 281:11-24.
5. Kim, H. H., S. Y. Lee, H. Chun, Y. I. Nam and Y. S. Kwon. 1996. Study on ventilation of rigid plastics greenhouse. Nat. Hort. Res. Ins. Res. Report. p.794-799 (in Korean).
6. Kim, K. J., H. Chun, S. K. Kim and L. J. Kim. 1995. Effect of environmental difference in soft plastics film house on tomato(*Lycopersicum esculentum* Mill) growth and yield. Dongguk Univ. Reg. Dev. Res. Report. 12:9-19 (in Korean).
7. 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.

방직성 Plasma 처리 필름으로 피복된 플라스틱온실의 풋고추 생육

전 희^{1*} · 김경제² · 김진영¹ · 김현환¹ · 이시영¹

원예연구소 시설재배과¹, 동국대학교 식물자원학과²

적 요

플라즈마 필름은 플라스틱 필름 표면의 유적성을 향상시키기 위하여 고전압처리 되었다. 플라즈마 필름과 계면활성제 필름(대조구)을 각각 직경 25 mm 두께 1.5 mm 골조 파이프 하우스에 피복하였다. 또한 40일 플러그 육묘된 풋고추를 110 cm×25 cm 간격으로 정식하였다. 피복시 수온을 70°C로 처리된 수적발생 장치에서 나온 수증기가 필름 표면에서 응결되어 흘러내려 비이커에 모인 양을 150분 후에 측정한다. 결과, 플라즈마 필름에서 2.56 mL · 100 cm⁻², 계면활성제 필름에서 0.94 mL · 100 cm⁻²이 나왔다. 피복 60일 후 오전 8시 20분에 시설내 필름 표면에 부착된 수적량은 플라즈마 필름에서 0.34 mL · 100 cm⁻², 계면활성제 필름에서 0.32 mL · 100 cm⁻²이었다. 광 투과율은 플라즈마 필름 피복시설이 계면활성제 피복시설 보다 2.0% 높았다. 그리고 시설내 기온은 플라즈마 필름 피복시설이 계면활성제 피복시설 보다 0.5°C 높았다. 그러나 상대습도는 차이가 없었다. 풋고추 초장, 엽면적, 건물중 및 초기수량 또한 처리간에 차이가 없었다.

주제어 : 계면활성제 필름, 수적, 유적, 플라즈마 필름