

Growth of Green Pepper (*Capsicum annuum* L.) in Greenhouse Covered with Light Diffusion Film

Hee Chun* · Jin Young Kim · Hyun Hwan Kim · Si Young Lee
Yooun Il Nam · Kyung Je Kim¹

Protected Cultivation Division, National Horticultural Research Institute, R.D.A. Suwon 441-440, Korea

¹Dept. of Plant Resources, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

Abstract

During the growth of fruit vegetables such as pepper, cucumber and tomato, there are light deficiency under the plant canopy. This study was conducted to clarify the effect of light diffusion film on the stem growth, canopy, flowering and fruiting of green pepper in greenhouse. The transmittance of total solar radiation into greenhouse under woven and double films were 90% and 75% of polyethylene film. And the transmittance of photosynthetically active radiation into greenhouse under woven and double films were 96% and 81% of polyethylene film. However, the light diffusions under woven, double and polyethylene films were 46%, 31% and 9%, respectively. The plant height under polyethylene film covered greenhouse was 96.9 cm, taller than those under woven and double films by 6.5, 13.9 cm. And the third node length under woven film covered greenhouse was 8.6 cm, shorter than those under double and polyethylene films by 2.5, 5.7 cm. Also the first branch angle under woven film covered greenhouse was 61.0°, larger than those under double and polyethylene films by 2.3, 10.3°. But there was no clear difference in the node numbers among the covering materials. The rate of curved and sterile fruit under woven film covered greenhouse was smaller than those under double and polyethylene films by 4.6, 5.5% and 1.2, 3.6%. But the contents of vitamin C showed no difference among the covering materials and plant densities.

Key words: light diffusion, pepper, plant canopy, solar radiation

*Corresponding author

서 론

우리 나라의 기후는 사계절이 뚜렷하고, 여름철의 고온과 겨울철의 한파가 심하여 비닐하우스는 자연적으로 겨울철에 보온관리 위주로 발달하였다. 이러한 이용상의 특성 때문에 비닐은 여러 가지 특성 가운데 보온성이 강조되었다. 농가에서는 보온성을 극대화하기 위하여 2중, 3중 피복은 물론이고 수평커튼에다 터널까지 설치하기에 이르렀다. 그 결과 비닐하우스의 환경은 광투과율이 떨어지고 다습하여 생육이 저조하고 병해가 많이 발생하게 된다. 특히 풋고추와 같이 유인관리가 직접으로 이루어지는 과채류에서 생육 중기 이후에는 식물체 아래 부분에 직달광이 직접 들어가지 못하고 산란광이 들어가게 되어 식물체의 수광량은 유입광량의 10% 미만에 그친다. 또한 하우스 안의 다습한

공기가 비닐을 경계로 바깥의 찬공기와 만나면서 생기는 물방울은 투광률을 떨어뜨리고 직접 작물의 꽃이나 성장점에 떨어져 냉해를 일으키기도 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 하우스 안에서 광의 이용률을 높이기 위하여 광을 산란시키고, 물방울 맺힘이 적은 피복재가 풋고추와 같은 과채류 재배에서 절실히 필요하다.

풋고추의 겨울철 재배에서 유인관리에 관해서는 Choi 등(1994)이 주지를 개별 유인하는 시험에서 주지 가운데 가장 세력이 우세한 줄기를 유인한 것이 수량이 9% 많았고, 유인노력도 적었다고 하였다. 또한 Chun과 Kim(1997)은 풋고추 장기재배 시 45° 유인한 다음, 정식 후 90일에 직립유인방법이 군락내 광유입이 많아 생육이 좋았다고 하였다. 본 시험은 시설과 채류 재배의 생산성을 향상시키기 위한 방법으로 산

광성 피복재를 이용하여 광환경을 개선할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1. 시험 시설 설치 및 환경 조사

시험에 사용된 시설은 비닐하우스 단동형(1-1S형)으로 규모가 너비 6 m, 길이 12 m, 높이 3.4 m이었다. 피복재는 산광효과가 있는 3중의 직조 PE 필름(두께 0.15 mm)과 발포 형태로 2겹 사이에 공기층이 있는 복층 PE 필름(두께 8 mm)을 사용하였고 대조구로는 일반 PE 필름(두께 0.1 mm)을 사용하였다. 피복은 2000년 4월 3일부터 7일 사이에 실시하였다. 피복재의 방적성을 비교하기 위하여 2000년 4월 18일에 시설 내 피복재의 표면에 부착된 물방울을 직경 13 cm의 여과지로 부착시켜 정밀저울로 그 양을 측정하였고, 유적량은 수적발생장치를 이용하여 2시간 동안 피복재 표면을 타고 흘러내린 물방울을 모아서 그 양을 측정하였다. 시설 내 300~1,100 nm 사이의 파장별 투광성 비교는 2000년 6월 14일에 휴대용 분광광도계(LI-1800, LI-COR)로 측정하였으며, 시설 내 투과된 일사량과 광합성유효방사량은 각각 전천일사계(MS-801, EKO)와 광합성유효방사계(MF-020P, EKO)로 측정하였다.

2. 시험 작물 재배개요, 생육조사 및 과실특성조사

시험작물은 풋고추(녹황)로서 2000년 2월 15일에 72공 플러그 트레이에 파종한 후 발아가 되기까지 25~28°C로 관리하다가 본엽 3매 이후부터는 야간온도 18°C 이상에서 관리하여 4월 25일에 조간 110 cm, 주간 20, 30, 40 cm 간격으로 사질양토에 정식하였다. 과실은 과장 12 cm 이상에서 수확하였고, 불임과를 비롯한 생리장해로 상품성이 없는 과실은 수시로 제거하였다. 풋고추 초기 생육 및 분지특성으로 2000년 5월 25일(정식후 30일)과 7월 3일(정식후 69일)에 초장, 경경, 엽수, 분지수, 분지각 등을 조사하였다. 초관, 개화 및 착과 특성으로 정식후 2000년 6월 12일(정식후 48일)에 초장, 초폭, 경경, 엽면적, 개화율, 착과율 등을 조사하였다. 풋고추 수량은 과장 12 cm 이상을 기준으로 하였고, 품질은 과실의 구부러짐이 70° 이상 되는 곡과와 착과 후 15일에 과장이 5 cm 미만이면서

불임과인 석과 등의 비상품 요인을 고려하였다. 또한 비타민C는 먼저 과실 20 g에 metaphosphoric acid 25 mL를 첨가시켜 마쇄한 후 현탁액을 6000 rpm에서 원심분리하여 filter paper(Whatman No. 4)로 여과한 다음 volumetric flask에 담은 과정을 반복하여 추출액을 모아 최종 체적이 100 mL가 되도록 6% metaphosphoric acid를 가하였다. 추출액은 Millipore membrane filter(0.45 µm C₁₈ Sep-Pak)를 통과시켜 UV detector를 이용하여 254 nm 조건(flow rate: 1.5 mL·min⁻¹)에서 HPLC로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 시설내 광환경 및 방적성

시설내 파장별 자연광의 투과는 복층 PE 필름과 일반 PE 필름 시설에서 고르게 나타났고, 3중으로 겹쳐진 면마다 자외선안정제가 처리된 직조 PE 필름 시설에서 380 nm 이하의 자외선이 차단되었으며, 8 mm 두께의 공기층을 가지고 있는 복층 PE 필름 시설에서는 전파장의 투과율이 다소 낮았다(Fig. 1). 일반 PE 필름 시설에 비하여 직조 PE 필름 시설의 일사량 투과율과 광합성유효방사량 투과율이 각각 90%, 96%로서 비슷한 수준을 보였으며, 복층 PE 필름 시설에서는 일사량 투과율과 광합성유효방사량 투과율이 각각 75%, 81%로서 낮은 수준을 보였다. 산란광률은 직조 PE 필름, 복층 PE 필름 및 일반 PE 필름 시설에서 각각 46%, 31%, 9%를 보여, 풋고추 군락의 광이용성은 직조 PE 필름 시설이 가장 우수하였다. 고추는 정식 후 50~80일 사이에 순동화율(NAR)과 상대생장

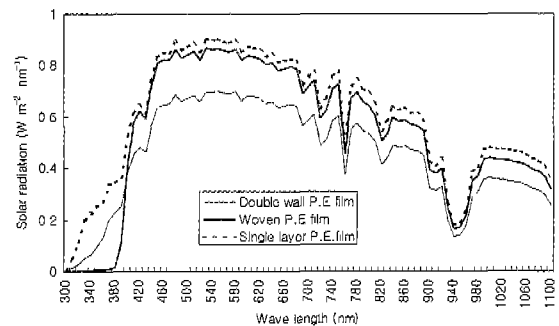


Fig. 1. The spectrums of light transmitted through double wall, woven and single layer polyethylene films at 15:00 on June 14, 2000.

Table 1. Solar radiation, photosynthetically active radiation and light diffusion rate in greenhouse covered with woven, double wall and single layer polyethylene films at 15:00 on June 14, 2000.

Covering material	Solar radiation ($W \cdot m^{-2}$)	Photosynthetically active radiation ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Light diffusion rate (%)
Woven P.E. film	435.4 \pm 23.1 ^z (90) ^y	1,094.7 \pm 45.3 (96)	46.4 \pm 1.8 (511)
Double wall P.E. film	362.8 \pm 21.6 (75)	883.2 \pm 43.5 (81)	30.3 \pm 1.2 (344)
Single layer P.E. film	481.2 \pm 24.3 (100)	1,140.0 \pm 47.1 (100)	9.0 \pm 1.0 (100)

^zMean \pm SD

^yPercentage of transmitted light under each film based on that under single layer polyethylene film

율(RGR)이 높다가 이후 급격히 저하되는데, 그 원인을 Oh 등(1989)은 생육이 진전되면서 개체간의 차광으로 균락내부의 수광량이 점차 적어지기 때문이라고 하였다. 또한 Chun 등(1994)은 시설오이에서 재배상 바닥의 일사량 투광율이 5% 미만이라고 하여 시설과 채류 재배에서 균락내부의 광부족을 문제점으로 제시하였다.

Table 1에서 시설내 일사량은 필름의 종류별로 363~481 $W \cdot m^{-2}$ 로서 고추의 광포화점 이상을 보였지만 균락에서 동화기관인 잎의 건물중 분포가 가장 많은 초고의 중간지점인 60~90 cm 부분에서 광도가 50% 이하로 나타난다는 Chun과 Kim(1997)의 보고에 따르면 고추는 생육중기 이후부터 광부족현상을 보인다고 할 수가 있겠다. 이러한 시설내 광이용율을 높이기 위하여 피복재를 통하여 광을 산란시킴으로써 균락내부로 광이 고르게 들어가도록 하기 위해서는 직달광의 투과율과 더불어 산란광의 투과율이 높은 자재의 이용이 바람직하다고 하겠다.

Table 2에서 시설내 필름 표면에 부착된 수적량은 일반 PE 필름 보다 직조 PE 필름과 복층 PE 필름에서 각각 20%, 21%로 낮은 수준을 보였고, 일정한 시간 동안에 필름의 표면을 타고 흘러내린 유적량은 각각 162%, 164%으로서 일반 PE 필름 보다는 직조

PE 필름과 복층 PE 필름의 방적성이 우수하였다. 방적성을 결정하는 요인은 시설내의 온도와 습도, 피복재의 계면활성 그리고 지붕의 경사각 등이 있다. 이와 관련된 연구결과로, Park 등(1999)은 이중피복 시설에서 여러 가지 기능성필름 가운데 방무필름에서 공중습도는 낮고 유적량은 많다고 하였다. 또한 Jaffrin and Urban(1990)은 필름에 부착된 물방울의 직경이 크고 접촉각이 작을수록 투광율이 높다고 하였다. 반면에 Harazono 등(1997)은 피복재에 부착된 물방울의 두께나 양이 클수록 투광율이 저해된다고 보고하였다. 따라서 방적성은 공중습도가 낮고 물방울이 적을수록 우수한 것을 알 수 있다. 본 시험에 사용된 직조 PE 필름은 4겹의 PE가 투박한 형태로 직조되어 있었으나 표면의 계면활성제 처리효과로, 방적성이 우수하여 투광율이 일반 PE 필름의 90% 정도를 보인 것으로 생각된다.

2. 풋고추 생육 및 품질

정식 후 48일에 초장은 마디 길이가 긴 일반필름에서 밀식정도에 따라 6.5~19.4 cm 정도 길었으나, 식물체가 옆으로 벌어지는 정도를 나타내는 초폭은 직조필름에서 5.5~13.5 cm 넓어 식물체의 초관구조가 우수한 것으로 나타났다. 이것은 상대적으로 광이 산란되어 고

Table 2. The amount of pending water-drop attached to that film of inner surface and flowing water-drop animated on PE film surface to the water bath.

Covering material	Pending water-drop amount ($mL \cdot 100 cm^2$)	Flowing water-drop amount ($mL \cdot 100cm^2 \cdot min^{-1}$)
Woven P.E. film	0.51 \pm 0.07 (21) ^z	2.680.15 (162)
Double wall P.E. film	0.48 \pm 0.05 (20)	2.710.13 (164)
Single layer P.E. film	2.45 \pm 0.12 (100)	1.650.09 (100)

^zMean \pm SD

^yPercentage of transmitted light under each film based on that under single layer polyethylene film

Table 3. Plant height, plant width, stem diameter and leaf area of green pepper 'Nockkwang' on 48 days after transplanting.

Covering material	Plant density (cm)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf area per plant (cm ²)
Woven P.E. film	110 × 20	86.3	64.2	10.5	3,569
	110 × 30	83.5	59.3	11.4	3,436
	110 × 40	79.2	55.6	11.0	3,894
Means		83.0	59.7	11.0	3,633
Double wall P.E. film	110 × 20	91.4	54.3	10.1	3,326
	110 × 30	92.1	58.7	10.4	3,451
	110 × 40	87.6	55.3	10.7	3,571
Means		90.4	56.1	10.4	3,449
Single layer P.E. film	110 × 20	98.6	55.2	9.8	3,269
	110 × 30	96.7	52.9	10.1	3,230
	110 × 40	95.3	50.7	10.5	3,811
Means		96.9	52.9	10.1	3,437

Table 4. Branch characteristics of green pepper 'Nockkwang' on 69 days after transplanting.

Covering material	Plant density (cm)	Main stem length (cm)	Node number per plant	The third branch length (cm)	The first branch angle (°)
Woven P.E. film	110 × 20	30.8	48.5	8.8	59.8
	110 × 30	30.2	47.3	8.1	61.1
	110 × 40	31.3	47.1	8.9	62.1
Means		30.8	47.6	8.6	61.0
Double wall P.E. film	110 × 20	32.1	43.6	11.8	58.5
	110 × 30	33.4	40.3	10.3	56.4
	110 × 40	31.9	42.9	11.3	61.2
Means		32.5	42.3	11.1	58.7
Single layer P.E. film	110 × 20	33.4	43.3	15.1	50.4
	110 × 30	32.8	44.7	13.7	49.7
	110 × 40	31.9	46.1	14.2	52.1
Means		32.7	44.7	14.3	50.7

추의 아래 부분까지 골고루 들어가서 아래 잎에서도 어느 정도 광합성이 이루어진 것으로 여겨진다. 직조 필름의 재식거리 110×20 cm 처리구에서 밀식에도 불구하고 초폭이 64.2 cm로 가장 크게 나타난 것은 정식 후 48일이 시설 풋고추의 생육에는 초중기 정도에 해당되기 때문에 서로의 잎과 줄기가 다소 중첩되었지만 줄기의 분화와 신장이 지속되고 있었기 때문인 것으로 여겨진다(Table 3). 그러나 같은 산광피복자재인 복층필름에서는 정식 후 48일에 초폭이 56.1 cm로 가장 작고, 정식 후 69일에 마디수도 42.3개로 적었다(Table 3, 4). 이와 같은 사실에 대하여, 고추는 생육초기에 광포화점이 30,000lx 정도인 것으로 알려져 있으나, Song 등(1975)은 노지고추의 생육중기에서는 60,000lx의 광포화점을 보인다고 하였는데 시설에서 재배되는 고추는 비교적 초장이나 초폭이 크고 분지도

많이 발달되어 있기 때문에 2000년 6월 14일에 측정 한 시설내 일사량 362.8 W · m²는 본 시험에서 재배된 풋고추의 광포화점에는 못 미치는 것으로 판단되며, 차후에 정밀한 시험을 통하여 풋고추의 생육정도에 따라 광포화점이 구명되어야 하겠다.

일사량의 투과율은 10% 떨어지고 광합성유효광 투과율은 4% 떨어지나 시설 내 산광률이 46.4%로 가장 높은 직조필름 피복 하우스에서 자란 풋고추의 생육은 일반필름 피복 하우스에 비하여 마디 수는 2.9개 많았고 제3절의 분지길이는 5.7 cm가 짧아 줄기의 구조가 튼튼하고 분화의 정도가 컸음을 알 수 있었다(Table 1, 4). 이러한 특성은 농약살포 시 일반필름 피복 하우스에서는 동력분무기의 강한 분무압으로 도장한 줄기가 구부러짐이 심하고, 다시 회복되는 비율이 적었는데 산광필름 피복 하우스에서는 줄기의 구부러

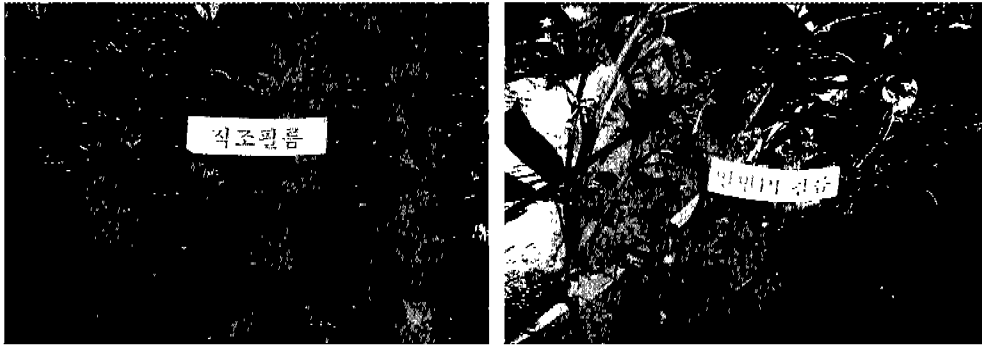


Fig. 2. Green peppers under woven P.E. film(left) and single layer P.E. film(right) on 55 days after transplanting. The spray pressure of pesticide was 1.5 kg · m⁻² and the amount of water attached to the plant after spraying was 56.2 mL.

Table 5. Fruit quality and yields of green pepper 'Nockkwang' at harvesting.

Covering material	Plant density (cm)	²⁾ Curved fruit rate (%)	Sterile fruit rate (%)	Vitamin C (mg · 100g ⁻¹)	Yield (kg · 10a ⁻¹)	Marketable rate (%)
Woven P.E. film	110 × 20	3.1	1.8	48.7	2,431	95.3
	110 × 30	4.6	3.1	46.1	2,145	94.9
	110 × 40	3.7	1.5	41.7	1,866	95.5
Means		3.8	2.1	45.5	2,147	95.2
Double wall P.E. film	110 × 20	9.5	3.3	48.7	2,101	92.1
	110 × 30	8.9	3.1	44.3	1,781	92.3
	110 × 40	9.6	3.5	40.1	1,451	91.9
Means		9.3	3.3	44.4	1,778	92.1
Single layer P.E. film	110 × 20	8.3	6.1	45.1	2,033	88.4
	110 × 30	7.9	5.8	48.4	1,679	89.1
	110 × 40	9.1	5.3	49.3	1,311	89.7
Means		8.4	5.7	47.6	1,674	89.1

²⁾ Curved fruit was selected above 70° and harvest periods was from June 7, 2000 to August 6, 2000.

짐도 적었고 구부러진 줄기는 3일만에 모두 회복되었다(Fig. 2).

풋고추가 정상적으로 출하되기 위해서는 길이가 품종에 따라 10~12 cm 이상이고 구부러짐이 적어야 된다. 특히 저온과 광량이 떨어질 때 나타나는 불임과(일명 석과)는 길이가 매우 짧고 잘라보면 수정이 안 되어 씨앗이 거의 없기 때문에 상품성이 없다. 이러한 곡과율과 석과율이 직조필름 피복 하우스에서는 2.1%로 적었다. 그러나 풋고추의 비타민 C의 함량은 일반 필름에서 다소 높은 나타났으나 밀식정도에 따라 다른 경향을 보여 처리간에는 차이가 없었다. 또한 2000년 6월 7일부터 8월 6일까지 2개월 동안의 풋고추 초기 수량은 직조필름 피복 하우스에서 상품율이 95.2%로써 다른 피복재보다 3.1~6.1% 정도 높은 2,147 kg · 10a⁻¹이었다(Table 5). 풋고추의 수량은 초기수량이 많

다고 하여서 전체수량이 반드시 많이 나타나는 것은 아니지만 농가에서 정식시기가 점차적으로 앞당겨지고 있기 때문에 재배기간이 길어지는 추세이다. 따라서 이러한 풋고추 장기재배에 적합한 양액재배나 관비재배의 보급이 늘고 있기 때문에 초기수량을 많이 올릴 수 있다는 것은 시장출하에도 유리하고, 세밀한 양수분 관리로 전체수량도 늘어날 가능성이 높아서, 차후 장기재배에 적합한 광이용기술이 요구된다고 하겠다.

Literature cited

1. Choi, Y. H., J. W. Jung, and K. H. Kang. 1994. Study on training method in greenhouse pepper. Res. Rep. NHRI. p.727-733. (in Korean).
2. Chun, H. and 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, Y. I. Nam, T. Y. Kim, I. H. Cho, K. W. Park and Y. B. Lee. 1994. Effect of training form on mass production of cucumber plant (*Cucumis sativus* L.) J. Bio. Pro. Fac. & Env. Cont. 3(1):20-27 (in Korean).
 4. Harazono, Y., Q. Chen and M. Yoshimoto. 1997. Effects of dewdrop on plastic films on light transmittance, temperature and humidity in greenhouse. J. Aric. Meteorol. 53(3):175-183 (in Japanese).
 5. Jaffrin, A. and L. Urban. 1990. Optimization of light transmission in modern greenhouse. Acta Hort. 281: 254-255.
 6. Oh, C. Y., D. J. Choi, J. S. Kim, D. M. Park, S. B. Lee, D. Y. Choi, D. O. Park and J. H. Lim. 1989. Study on physiological response of hot pepper at different mulching materials. Res. Rep. RDA(H). 31(1):17-24 (in Korean).
 7. Park, H. B., J. C. Kim, S. H. Kwon, J. S. Kong, S. W. Kong and K. H. Wang. 1999. Effects of soft covering films on fruit vegetable production in greenhouse. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40(2):200-204 (in Korean).
 8. Song, G. W. 1975. Study on photosynthesis of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 16:192-199 (in Korean).

산광필름피복 시설 내 풋고추 생육

전 희* · 김진영 · 김현환 · 이시영 · 남윤일 · 김경제¹

원예연구소 시설재배과, ¹동국대학교 식물자원학과

적 요

시설에서 고추, 오이, 토마토 등 과채류 생육기간에는 초관 하부에 광이 부족하게 된다. 본 연구는 플라 스틱필름 시설에서 풋고추를 재배할 때 산광필름이 생육, 초관, 개화 및 착과에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 시설내 환경을 측정된 결과, 일사량의 투과율은 직조필름과 복층필름에서 일반필름의 90%, 75% 수준이었다. 또한 광합성효율의 투과율은 직조필름과 복층필름에서 일반필름의 96%, 81% 수준이었다. 그러나 직조필름, 복층필름 및 일반필름의 산란광율은 각각 46%, 31%, 9%이었다. 일반필름으로 피복 된 시설에서 정식후 48일 측정된 초장은 직조필름과 복층필름으로 피복된 시설보다 각각 13.9 cm, 6.5 cm 큰 96.9 cm이었다. 그리고 제3절의 길이는 직조필름과 복층필름으로 피복된 시설보다 각각 5.7 cm, 2.5 cm 짧은 8.6 cm이었다. 또한 직조필름으로 피복된 시설에서 제1분지가는 복층필름과 일반필름으로 피복된 시설보다 2.3°, 10.3° 큰 61.0°이었고, 불임과율은 1.2%, 3.6% 낮은 2.1%이었다. 그러나 피복재간의 풋고추 분 지수와 비타민C의 함량은 차이가 없었다.

주제어 : 산란광, 고추, 초관구조, 일사량