

Research Article

Open Access

## 적색 비닐멀칭과 흑색 비닐멀칭의 반사광 특성과 참외와 토마토의 품질과 수량에 미치는 영향

홍성창\*, 허정욱, 이정택, 강기경

농촌진흥청 국립농업과학원

### Characteristics of Reflective Light over Red and Black Plastic Mulch, and Effect on the Quality and Yield of the Oriental Melon and Tomato

Seung-Chang Hong\*, Jeong-Wook Heo, Jeong-Taek Lee and Kee-Kyung Kang (Climate Change and Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea)

Received: 28 October 2011 / Accepted: 23 December 2011  
© 2011 The Korean Society of Environmental Agriculture

#### Abstract

**BACKGROUND:** Plastic mulches widely used in raised-bed culture mainly to conserve water, control weeds and raise soil temperature. The most widely used plastic mulch colour is black. Reflective red and far-red light can affect on growth and yield of various vegetable crops. Objectives of this study were to investigate the characteristics of reflective light of black and red plastic mulches, and to evaluate the reflective red and far-red light on the quality characteristics and yield of the Oriental melon (*Cucumis Melo L.*) and tomato (*Lycopersicon esculentum L.*).

**METHODS AND RESULTS:** Oriental melon and tomato were cultivated over the reflective red and black plastic mulches in plastic house. Reflected red and far-red light over the red plastic mulch were 2.6 times higher than those of black plastic mulch. Red to F-Red ratio of black plastic mulch, red plastic mulch and sunlight were 1.14, 0.93 and 1.16 respectively. Intensity of reflected red and far-red light over red plastic mulch were highest at surface height of 30 cm. The higher the height of the surface decrease the intensity of far-red light. Accordingly, Red to F-Red ratio were increased. Reflective red plastic mulch increased the

weight of fruit and content of sugar in Oriental melon and tomato.

**CONCLUSION(s):** Yield of Oriental melon over reflective red plastic mulch was higher than that of black plastic mulch. These results suggested that reflected red and far-red light over the red plastic mulch affected allocation of photosynthate in growing Oriental melon.

**Key Words:** Oriental melon, Red/F-Red, Red plastic mulch, Reflective light, Tomato

#### 서 언

작물에 비닐멀칭을 하면 지온을 높여 주어 뿌리의 활착을 빠르게 하여 초기 생육이 좋아지고 토양중 양분의 유실을 막아준다(Kwon and Lee, 1984; Kim *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1997). 멀칭은 토양의 수분증발을 감소시키고 통기 및 투수성을 보전하여 수량을 증가시키며, 특히 투명 폴리에틸렌(polyethylene) 멀칭은 지온상승 효과가 커서 지온이 낮은 봄에 작물의 출아 및 생육을 촉진시킨다(Kang, 1985; Aguyoh *et al.*, 1999). 생장 중인 식물이 받는 초적색광의 양과 적색광에 대한 초적색광의 비율은 토양 혹은 멀칭표면의 영향을 받는다(Kasperbauer and Hunt, 1987; Hunt *et al.*, 1989). 광은 광합성 작용과 광형태형성 작용을 통해 식물생육에 영향을 끼치는데 광형태형성은 식물이 광을 이용해 광합성과는 별개로 식물의 생장과 발달을 조절하는 작용이며 이 작용에는 절간 신장, 엽록소 발달, 개화, 노화, 측지생장과 뿌리와

\*교신저자(Corresponding author),  
Phone: +82-31-290-0247; Fax: +82-31-290-0206;  
E-mail: schongcb@korea.kr

줄기의 성장 등이 있다(Decoteau *et al.*,1990). 식물은 광의 파장, 광의 양, 광 조사기간, 광조사 방향의 변화를 감지하여 주변 환경의 변화를 감지한다(Smith, 1982).

특히 광수용체인 파이토크롬은 광을 흡수하면 Pr형 혹은 Pfr형으로 전환되고 Pr형과 Pfr형 파이토크롬의 비율은 광과장 조성에 따라 달라진다. Pr 형과 Pfr형의 비율은 내생 성장 조절제 균형에 영향을 주고 성장을 조절한다(Keiller and Smith,1989). 포장조건에서 성장중인 식물이 받는 초적색광의 양과 적색광에 대한 초적색광의 비율은 인접한 녹색식물로부터 반사된 초적색광에 영향을 받으며(Ballare *et al.*,1987; Kasperbauer,1987) 적색광에 대한 초적색광 비율이 높아지면 생육이 증가한다(Kasperbauer, 1992).

Kasperbauer (1992)는 흑색비닐 멀칭을 적색 비닐멀칭으로 교체하면 흑색 비닐멀칭의 장점을 살리면서 식물의 형태형성에 영향을 주는 광을 반사시킬 수 있다고 하였으나 적색 비닐멀칭 표면으로부터 반사되는 광의 특성에 대해서는 상세히 보고한 바 없다. 따라서 본 연구는 널리 사용되고 있는 흑색 비닐멀칭과 우리나라에는 아직 도입이 안된 적색 비닐멀칭의 표면 반사광의 특성을 분석하고 실제 포장에 적용하여 참외와 토마토의 상품특성과 수량에 미치는 영향을 구명하여 작물재배에 대한 적용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

**재료 및 방법**

본 연구는 2005년에 멀칭비닐의 반사광 특성에 따른 참외 (*Cucumis. Melo L.*)와 토마토(*Lycopersicon esculentum L.*)의 상품특성과 수량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수원시에 위치한 국립농업과학원의 시험포장과 경기도 화성시와 강원도 횡성군의 시험포장에서 수행하였다. 흑색 멀칭비닐은 시판되는 농업용 흑색 HDPE 비닐(일신화학, Korea)을 사용하였고 적색 비닐멀칭은 SRM-RED (Ken-Bar,USA)를 사용하였다. 비닐멀칭의 반사광은 광센서 (SKR-110, Skyeinstrument, UK)를 이용하여 적색광(660 nm)과 초적색광(730 nm)의 강도를 측정하였다. 하루 중 비닐멀칭의 반사광 측정은 비닐멀칭의 표면으로부터 50 cm 높이에 센서가 비닐멀칭 표면을 향하도록 설치하여 7월 22일 5:00부터 20:30 분까지 10분 간격으로 측정하였다. 비닐멀칭의 표면 높이별 반사광은 SKR-110 센서를 이용해 비닐표면으로부터 10 cm 에서 120 cm까지 10 cm 간격으로 측정하였다. 태양광 중의 적색광과 초적색광은 SKR-110 센서로 7월 23일 5:00부터 20:20분까지 10분 간격으로 측정하였다. 비닐멀칭의 반사광에 의한 참외와 토마토의 수량과 상품특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 참외는 경기도 화성시 비봉면의 포장에 금싸라기 은 천참외를 4월 7일 정식한 후 7월까지 재배하며 조사하였고, 토마토는 강원도 횡성군 둔내면의 시험포장에 도태랑레드를 5월 10일 정식한 후 수확기까지 재배하여 품질특성, 수량 등을 조사하였다. 참외의 비닐멀칭 재료별 지중온도는 7월 21일에서 8월 16일까지 27일간, 토마토는 6월 14일부터 7월 19

일까지 35일간 온도센서 (TR-72S, 한스테크, Korea)를 이용하여 측정하였다. 조사성적의 통계분석은 SAS 통계 패키지를 이용하여 분석하였다.

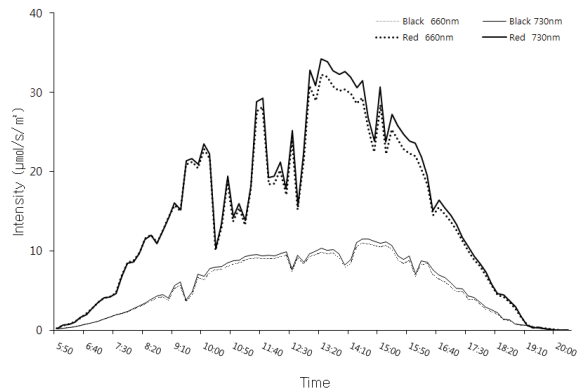
**결과 및 고찰**

**적색 비닐멀칭의 반사광 특성**

흑색 비닐멀칭과 적색 비닐멀칭의 표면 높이 50 cm에서 반사되는 적색광과 초적색광의 일중 분포를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

일중 태양광 강도가 가장 강한 오후 1시 20분의 흑색 비닐멀칭 표면의 적색광 강도는 9.8  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , 초적색광의 강도는 10.3  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  이었다. 적색 비닐멀칭 표면의 적색광 강도는 32.7  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , 초적색광 강도는 34.2  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 적색 비닐멀칭이 흑색 비닐멀칭보다 적색광과 초적색광을 3.3배 많이 반사하였다. 이 시각의 태양광 중 적색광 강도는 134.7  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , 초적색광은 118.3  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  이었다. 이들 측정치를 기초로 산출한 Red/F-Red는 흑색 비닐멀칭이 1.14, 적색 비닐멀칭은 0.93, 태양광은 1.16 이었다.

Table 1은 Fig. 1의 흑색 비닐멀칭과 적색 비닐멀칭 반사광 중의 적색광과 초적색광, 태양광의 적색광과 초적색광 강도의 일일 누적 값을 나타낸 것으로 적색 비닐멀칭의 표면에서 반사된 적색광과 초적색광의 일일 누적 강도는 흑색 비닐멀칭보다 2.6배 강하였다. 일일 누적한 반사 광 강도를 기초로 산출한 Red/F-Red는 흑색 비닐멀칭이 0.93, 적색 비닐멀칭은 0.96, 태양광이 1.16 이었다.



**Fig. 1. Diurnal distribution of reflective red and far red light from height of 50 cm on the red and black plastic mulch on July 22, 2005.**

**Table 1. Accumulative light intensity of red and far-red light of sunlight, black and red plastic mulch on July 22, 2005**

Light source	Red light (mol/m <sup>2</sup> /day)	Far-red light (mol/m <sup>2</sup> /day)	Red/F-Red
Sunlight	3.48	3.00	1.16
Black plastic mulch	0.28	0.30	0.93
Red plastic mulch	0.75	0.78	0.96

Fig. 2는 태양광, 흑색 비닐멀칭 그리고 적색 비닐멀칭 반사광의 Red/F-Red의 일중 시간별 변화를 나타낸 것이다.

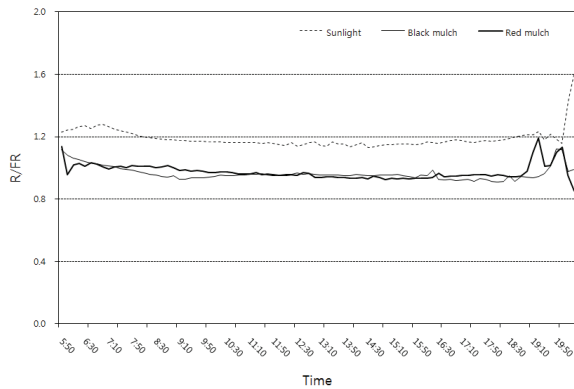


Fig. 2. Diurnal distribution of red to far red light ratio of the sunlight and reflective red to far red light ratio on the black and red plastic mulch on July 23, 2005.

오후 1시 20분에 측정한 적색 비닐멀칭의 Red/F-Red 이 0.93, 일일 누적한 적색 비닐멀칭 반사광의 Red/F-Red 이 0.96으로 차이를 나타내는 것은 Fig. 2와 같이 태양광, 흑색 비닐멀칭과 적색 비닐멀칭의 반사광의 Red/F-Red 값이 하루 중에 시간별로 변화하기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 2를 보면 태양광의 Red/F-Red는 일출시간부터 8시 30분경까지는 1.2 이상 분포하다 점차 낮아져 오후 2시경에 가장 낮은 값을 나타내고 일몰시간과 가까운 6시경부터 다시 높아지는 것을 알 수 있다.

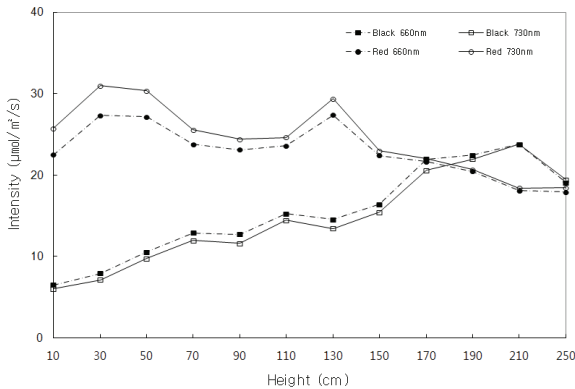


Fig. 3. Reflective light intensity of red and far-red light on the black and red plastic mulch depend on height of surface on July 22, 2005.

비닐멀칭 표면 높이별 적색광과 초적색광의 광 강도를 오후 1시부터 2시 사이에 표면 높이별로 측정한 것은 Fig. 3과 같다.

적색 비닐멀칭 표면의 반사광은 표면으로부터 높이 30 cm에서 최대강도를 나타냈다. 표면으로부터 높이가 높아짐에 따라 점차 반사광 강도는 약해졌으나 표면에서 150 cm까지 적색 비닐멀칭이 흑색 비닐멀칭보다 반사광이 강하게 분포하였다. 따라서 적색 비닐멀칭으로부터 반사되는 적색광과 초적

색광은 멀칭표면 가까이 위치하게 되는 작물의 생육초기부터 식물체가 성장한 생육 후기까지 작물의 생육에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

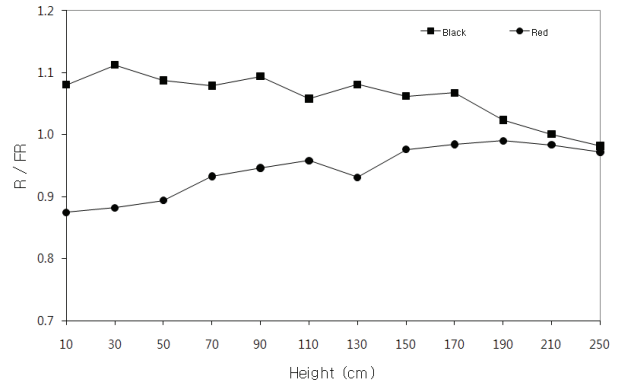


Fig. 4. Red to far red light ratio on the black and red plastic mulch depend on height of surface on July 22, 2005.

Fig. 4는 Fig. 3의 흑색 비닐멀칭과 적색 비닐멀칭 표면 높이별 반사광의 Red/F-Red을 나타낸 것이다.

적색 비닐필름의 높이별 Red/F-Red는 적색 비닐필름은 0.85~0.95였고 흑색 비닐필름은 1.0~1.1 내외였다. 이것은 적색 비닐멀칭의 반사광 중의 초적색광 강도가 흑색 비닐멀칭보다 강한 것을 나타내는 것으로 Red/F-Red는 표면높이 10 cm부터 50 cm 사이에서 가장 낮은 것을 알 수 있다.

Ballare 등(1987)과 Kasperbauer (1987)는 포장조건에서 성장중인 식물이 받는 초적색광의 양과 적색광에 대한 초적색광의 비율은 인접한 녹색식물로부터 반사된 초적색광에 영향을 받는다 하였다. 또 Hunt 등(1989)과 Kasperbauer과 Hunt (1987)는 성장중인 식물이 받는 초적색광의 양과 적색광에 대한 초적색광의 비율은 토양 혹은 멀칭 표면의 영향을 받는다고 하였다. 따라서 적색 비닐멀칭은 흑색 비닐멀칭보다 적색광과 초적색광의 절대량을 증가시킬 뿐 아니라 Red/F-Red을 변동시켜 멀칭표면에서 성장하는 작물의 광생리 대사의 변화를 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

참외와 토마토 품질 및 수량

흑색 비닐멀칭과 적색 비닐멀칭으로 피복한 참외의 품질 특성과 수량을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

적색 비닐멀칭은 흑색 비닐멀칭보다 참외 과실의 과장, 과폭, 과육두께를 크게 하여 과실 무게를 증가시키고 수량을 증가시켰다. 참외의 당도는 적색 비닐멀칭 처리가 흑색 비닐멀칭 처리보다 증가하였는데 이것은 Kasperbauer과 Hunt (1988)가 적색 비닐멀칭을 피복한 토마토의 무게와 당도가 증가하였다는 것과 일치하는 결과이다. Kasperbauer과 Loughrin (2004)는 광형태형성에 영향을 미치는 광은 식물체 내의 천연적인 성장조절계를 통해 광합성산물의 소모와 분배에 영향을 끼친다고 하였다.

**Table 2. Fruit characteristics and yield of fresh fruits of Oriental melon grown on the black and red plastic mulches**

Plastic mulch	Length of fruit(cm)	Width of fruit (cm)	Thickness of flash (cm)	Weight of fruit (g/fruit)	Solid sugar (brix°)	Yield (kg/10a)
Black	10.5 a	6.6 a	1.68 a	283.5 a	14.2 a	1160.4 a
Red	11.1 b	7.2 b	1.85 b	345.6 b	15.2 b	1496.9 b
LSD	0.47	0.21	0.09	31.2	0.56	170.2

The same letter in the same column indicates no difference at 0.05 significance level by the least significance difference test.

흑색 비닐멀칭과 적색 비닐멀칭으로 피복한 토마토의 품질특성과 수량을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

적색 비닐멀칭 처리는 토마토 과실의 무게와 당도를 증가시켰다. Kasperbauer (1984)는 식물에 조사되는 광중 식물의 광형태형성과 광합성산물의 분배는 Red/Far-Red 비에 의해 영향을 받는다고 하였으며, 건물중 분배, 수용성 당, 엽의 전분 함량은 적색광과 초적색광의 광 파장 조성에 따라 파이토크롬(phytochrome)의 작용으로 달라진다고 하였다

**Table 3. Fruit characteristics and yield of fresh fruits of tomato grown on the black and red plastic mulches**

Plastic mulch	No of fruit (no/100p lant)	Width of fruit (cm)	Weight of fruit (g/fruit)	Solid sugar (brix°)	Yield (kg/10a)
Black	1369 a	7.6 a	190.3 a	4.1 a	7681.9 a
Red	1323 a	7.6 a	216.5 b	5.2 b	7267.0 a
LSD	278.8	0.42	23.4	0.29	2204.3

The same letter in the same column indicates no difference at 0.05 significance level by the least significance difference test.

Kasperbauer (2000)는 적색 비닐멀칭 표면에서 생장한 딸기는 반사된 초적색광과 적색광에 의한 파이토크롬 매개작용으로 광합성 산물의 분배에 영향을 받고 성장중인 딸기 과실은 그 영향이 더 직접적이라고 하였다. 또한 Kasperbauer 과 Hunt (1998)는 적색 비닐멀칭 처리구의 토마토의 수량이 증가한 것은 초적색광의 반사에 의한 것이고 초적색광은 파이토크롬의 작용을 유도하여 발육중인 과실로의 광합성 산물의 이동을 조절한다 하였으며, Loughrin 과 Kasperbauer (2002)는 흑색 비닐멀칭보다 적색 비닐멀칭 표면에서 자란 딸기의 영양성분과 향기가 증가하였다고 하였다.

따라서 적색 비닐멀칭에 의한 참외와 토마토 과실의 무게의 증가와 당도의 증가는 적색 비닐멀칭으로부터 반사되는 표면 반사광 중 적색광과 초적색광의 양적 증가와 Red/F-Red의 변동에 의한 파이토크롬을 통한 조절작용에 의한 것으로 판단된다.

**Table 4. Soil temperature distribution under the black and red plastic mulches**

Plastic mulch	Oriental melon <sup>†</sup> (°C)			Tomato <sup>‡</sup> (°C)		
	Maxi mum	Minim um	Aver age	Maxi mum	Minim um	Aver age
Black	47.0	20.8	27.4	41.7	19.4	22.1
Red	47.0	20.8	27.2	40.8	19.6	21.9

<sup>†</sup>Hwasung, July. 21 ~ August. 19, <sup>‡</sup> Pyeongchang, Jun. 14 ~ July. 19

Table 4는 흑색 비닐멀칭과 적색 비닐멀칭 처리구의 지중온도를 측정한 결과이다. 참외 포장의 적색 비닐멀칭의 평균 지중온도는 흑색 비닐멀칭 처리구보다 0.2°C 낮았다. 토마토 포장의 최고 지중온도는 적색 비닐멀칭 처리구가 흑색 비닐멀칭 처리구보다 0.9°C 낮았고 평균온도도 0.2°C 낮았다.

Kasperbauer과 Hunt(1998)는 6월 24일부터 7월 2일까지 측정한 지중온도가 정오에 흑색 비닐멀칭이 31.8°C, 적색 비닐멀칭이 29.3°C 로 적색 비닐멀칭의 지중온도가 2.5°C 낮았다 하였다. 적색 비닐멀칭 처리구의 지중온도가 흑색 비닐멀칭 처리구보다 낮은 것은 태양광이 적색광과 초적색광 형태로 표면으로부터 지상부로 반사되어 지중으로 태양 에너지 투과가 감소된 결과로 생각된다. 따라서 적색 비닐멀칭 처리구의 참외와 토마토 과실의 무게와 당도의 증가는 흑색 비닐멀칭 처리구와 적색 비닐멀칭 처리구의 지온의 차이에 의한 영향보다는 표면으로부터 반사되는 반사광에 의해 더 큰 영향을 받은 것으로 추정할 수 있다.

결론적으로 적색 비닐멀칭은 흑색 비닐멀칭보다 적색광과 초적색광의 절대량을 증가시키고 식물의 광형태형성과 광합성 산물의 분배에 영향을 미치는 Red/F-Red을 변동시켜 식물의 생장과 발달에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 적색 비닐멀칭은 관행의 흑색 비닐멀칭이 가지는 토양수분 보존, 지온 상승, 잡초발생 억제 기능을 나타내면서 적색광과 초적색광을 흑색 비닐멀칭보다 더 많이 반사시키므로 작물의 품질향상과 수량증대에 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 향후 다양한 작물에 대한 적색 비닐멀칭 적용연구와 작물에 대한 적색광과 초적색광의 생리작용을 구명하는 연구가 필요하다고 판단된다.

### 요 약

우리나라에서 주로 사용되고 있는 흑색 비닐멀칭과 신개 발된 적색 비닐멀칭의 표면 반사광 특성을 분석하고 참외와 토마토에 대한 영향을 구명하여 작물생산에 대한 적용 가능성을 검토하였다. 적색 비닐멀칭의 표면에서 반사된 적색광과 초적색광의 일일 누적 강도는 흑색 비닐멀칭보다 2.6배 강했다. 적색광과 초적색광 반사광의 강도는 적색 비닐멀칭의 표면 높이 30 cm에서 가장 강하였다. 일중 태양광 강도가 강한 오후 1시 20분의 흑색 비닐멀칭의 Red/F-Red는 1.14, 적색 비닐멀칭은 0.93, 태양광은 1.16으로 적색 비닐멀칭이 흑색

비닐멀칭보다 초적색광 강도가 높았다. 적색 비닐멀칭의 Red/F-Red는 표면 높이 30 cm에서 가장 낮았으며 표면높이가 높아질수록 초적색광 강도가 감소하여 Red/F-Red는 증가하였다. 적색 비닐멀칭 반사광의 Red/F-Red는 정오부터 오후 4시경까지는 흑색 비닐멀칭보다 낮게 경과하였다. 흑색 비닐멀칭 처리구보다 적색 비닐멀칭 처리구의 참외 과실의 무게가 증가하여 수량이 증가하였고 당도가 높았다. 토마토의 과실 무게와 당도도 적색 비닐멀칭 처리가 흑색 비닐멀칭 처리구보다 높았다. 지중온도는 적색 비닐멀칭 처리가 흑색 비닐멀칭 처리구보다 다소 낮은 경향이였다. 따라서 적색 비닐멀칭으로 토양을 피복하면 작물생산에 적색광과 초적색광을 더 많이 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

This study was carried out with the support at "Research Program for Agricultural Science & Technology Development", Rural Development Administration, Republic of Korea.

## 참고문헌

- Aguyoh, J., Taber, H.G., Lawson, V., 1999. Maturity of fresh-market sweet corn with direct-seeded plants, transplants, clear plastic mulch, and rowcover combinations, *Hort. Technology*. 9, 420-425.
- Ballare, C.L., Sanchez, R.A., Scopel, A.L., Casal, J.J., Ghera, C.M., 1987. Early detection of neighbor plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight, *Plant Cell Environ.* 10, 551-557.
- Decoteau, D.R., Kasperbauer, M.J., Hunt, P.G., 1990. Bell pepper plant development over mulches of diverse colors, *Hortscience*. 24, 460-462.
- Hunt, P.G., Kasperbauer, M.J., Matheny, T.A., 1989. Soybean seedling growth responses to light reflected from different colored soils, *Crop Sci.* 29, 130-133.
- Kang, Y.K., 1985. Effects of polyethylene mulches on soil physical properties and development and yield of crops, *Subtrop. Agric. Cheju. Nat. Univ.* 2, 23-94.
- Kasperbauer, M.J., 1987. Far-red light reflection from green leaves and effects on phytochrome-mediated assimilate partitioning under the field conditions, *Plant Physiol.* 85, 350-354.
- Kasperbauer, M.J., 1992. Phytochrome regulation of morphogenesis in green plants ; From the Beltsville Spectrograph to colored mulch in the field, *Photochem. Photobiol.* 56, 823-832.
- Kasperbauer, M.J., 2000. Strawberry yield over red versus black plastic mulch, *Crop. Sci.* 40, 171-174.
- Kasperbauer, M.J., Hamilton, J.L., 1984. Chloroplast structure and starch grain accumulative in leaves that received different red and far-red levels during development, *Plant Physiology*. 74, 967-970.
- Kasperbauer, M.S., Hunt, P.G., 1998. Far-red light affects photosynthate allocation and yield of tomato over red mulch, *Crop Science*. 38, 970-974.
- Kasperbauer, M.J., Hunt, P.G., 1987. Soil color and surface residue effects on seedling light environment, *Plant and Soil*. 97, 295-298.
- Kasperbauer, M.J., Loughrin, J.H., 2004. Butter bean seed yield, color and protein content are affected by photomorphogenesis, *Crop Science*. 44, 2123-2126.
- Keiller, D., Smith, H., 1989. Control of carbon partitioning by light quality mediated by phytochrome, *Plant Science*. 63, 25-29.
- Kim, S.J., Park, K.J., Kim, B.G., Park, S.D., Choi, B.S., 1998. Effect of vinyl mulching on growth and quality of peony (*Paeonia lactiflora* P), *RDA. J. Indus. Crop. Sci.* 40(1), 23-28.
- Kwon, O.D., Lee, J.M., 1984. Effect of different mulching on the growth, pod yield and nodule development in 3 snapbean cultivars, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 25, 212-217.
- Lee, J.N., Lee, J.T., Jang, S.W., Kim, W.B., Om, Y.H., Pak, H.Y., 1997. Growth and yield of muskmelon (*Cucumis melo*) by the different mulches under rainshelter in alpine area, *RDA. J. Hort. Sci.* 39(2), 49-55.
- Loughrin, J.H., Kasperbauer, M.J., 2002. Aroma of fresh strawberries in enhanced by ripening over red versus black mulch, *J. Agric. Food. Chem.* 50, 161-165.
- Smith, H., 1982. Light quality, photoperception and plant strategy. Annual Reviews, *Plant Physiology*. 33, 481-518.