

反射필름 멀칭이 토마토의 氣孔特性, 蒸散速度, 光合成速度에 미치는 影響

Effect of Reflective Film Mulching on the Stomatal Features, Transpiration Rate and Photosynthetic Rate of Tomato Plants in Greenhouse Cultivation

조일환 · 김완순 · 허노열 · 권영삼

원예연구소

Ill-Hwan Cho, Wan-Soon Kim, Noh-Youl Heo, Young-Sam Kwon

National Horticultural Research Institute

緒 言

시설재배에 있어서 시설내 流入光量은 피복자재의 광투과량, 시설골재 등의 영향으로 일반적으로 외부일사량의 50~70%정도이며, 시설내 투과된 광량의 15% 정도가 토마토의 저단과방까지 도달된다¹⁾. 특히 겨울철 시설내 광량은 수량을 좌우하는 가장 큰 요인이 된다.

시설내 광환경 개선방법으로는 피복자재의 광투과율, 粉塵防滴性, 시설방향, 작물재배법, 유인방법 등의 개선으로 시설내 광유입을 향상시킬 수 있다. 보다 적극적인 시설내 광환경 개선방법으로는 북쪽측면에 反射板설치와 반사필름 멀칭이 이용되고 있다.

반사필름 멀칭으로 화훼류 중 카네이션, 스프레이국화, 글라디올러스, 유스토마의 생육, 수량 및 품질을 향상시켰고 시설이용을 향상과 작부체계를 검토하였다²⁾. 과수류중에서는 복숭아⁶⁾, 사과¹⁰⁾, 포도¹¹⁾, 배⁸⁾, 밀감⁷⁾, 감¹¹⁾에서는 과실착색촉진, 숙기촉진, 당도향상, 산도감소, 지온저하 등의 효과가 보고되었다.

그러나 반사필름 멀칭에 의한 토마토의 광이용에 관한 연구는 극히 일부분에 머무르고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 반사필름 멀칭과 북측면의 반사판에 의한 補光이 토마토의 광이용에 미치는 영향을 밝히기 위해 토마토의 葉溫변화, 토마토 엽의 기공특성, 증산·광합성속도 등의 변화들을 중심으로 검토하였다.

材料 및 方法

본 실험은 97년 2월부터 7월까지 원예연구소 탐동포장에서 수행하였다. 공시시설은 유리온실이며, 공시작물은 토마토(*Lycopersicum esculentum* Mill CV. Momotaro)로, 2월 5일 과종하여 3월 30일 토양에 정식하였다. 처리는 토양의 반사필름 멀칭과함께 북측면 반사판설치구와 토양의 흑색멀칭구의 2개구로 하였다. 멀칭재료는 알미늄 반사필름(두께 0.07mm)과 흑색필름(두께 0.05mm)을 이용하였다. 북측면 반사판은 두께0.1mm의 알미늄이 부착된 필름을 이용하였다.

溢泌液은 4월 30일 13시부터 14시까지 1시간동안 처리별 토마토 5주를 취하여 지체부로부터 15cm높이에서 줄기를 절단하여 채취하였고, 溢泌液의 분석은 원자흡광기(Perkin Elmer 3300)를 이용하였다. 광합성속도는 5월 15일에 휴대용 광합성측정기(Li-cor 6400)를 이용하여 3과방 인접엽을 5엽씩 취하여 측정하였다.

근권부의 삼투potential의 차이와 반사필름 멀칭이 토마토의 기공특성 등에 미치는 영향을 구명하기 위해 3월 2일 파종하여 5월 20일 DFT식 양액베드에 양액농도는 저농도EC(1.7mS·cm⁻¹)와 고농도EC(5.2mS·cm⁻¹)의 2수준과 반사필름 멀칭과 흑색멀칭의 2처리로 전부 4처리에 토마토를 정식하였다. 일사량 측정은 quantum sensor(Li-cor Model 16854)로, 엽온측정은 CC電熱帶와 datalogger(Li-1000)를 이용하여 10분마다 측정하였다. 엽면에 電熱帶 붙이는 방법은 本條의 연구를 참고하였다³⁾. 엽록소 추출시약은 DMSO(Dimethyl sulphoxide)이었다. 토마토 엽의 기공저항과 증산속도 측정은 6월 23일 3과방 인근엽을 5엽씩 선택하여 porometer(Li-cor 1600)로 하였다.

토마토 엽의 기공분포와 기공형태를 측정하기 위해 3과방 인접엽을 5엽씩 취하여 매니큐어를 이용하여 葉裏面의 표피조직을 벗겨 낸후 현미경 미분간 점위상차(Nikon optiphot-2)를 이용하여 관찰하였다.

結果 및 考察

표 1은 처리에 따른 토마토의 溢泌液速度, 溢泌液內의 무기성분 流入速度와 광합성속도를 나타내고 있다. 필자들이 이미 발표(생물생산시설환경학회 제6권1호)했듯이 흑색필름 멀칭구가 반사필름 멀칭구에 비해 광합성속도는 빨랐다.

표 2는 처리에 따른 토마토엽의 기공저항, 증산속도를 나타내고 있다. 기공저항은 반사필름 멀칭의 고농도 EC처리구에서 12.28 s·cm⁻¹로 극단적인 기공저항을 나타내고 있으며, 증산속도는 2.91 μg·cm⁻²·s⁻¹로 흑색필름 멀칭의 약 21.9%에 머무르고 있다. 이는 양액의 낮은 삼투Potential에 의한 수분 스트레스가 반사필름 멀칭과 북측면 반사판에 의한 과도한 광이 더욱 상승적으로 작용하여 증산속도를 저하시켰다고 생각된다.

처리별 토마토엽의 氣孔특성은 표 3과 같다. 단위면적당 氣孔밀도는 반사필름 멀칭이 흑색필름 멀칭보다 약 1.92배 높았다. 반면 氣孔縱徑(A), 氣孔橫徑(B), 氣孔面積(A*B)은 처리별 일정한 경향이 없었다.

남 등⁹⁾의 해바라기의 氣孔특성에 관한 연구에서 FR이 상대적으로 많고 R/FR비가 낮은 분광특성을 갖은 4과장형광램프의 처리가 氣孔密度 증가와 氣孔開度도 크게 되어 氣孔을 통해 가스교환이 왕성했고 이에 따라 증산속도 및 광합성속도가 증가되어 식물생육이 촉진되었다고 보고하였다. 그러나 본 시험에서는 이와는 반대로 반사필름 멀칭에서 엽의 氣孔密度는 증가되었으나 기공저항이 증대되었고 증산속도, 광합성 속도는 늦었다.

그림 1은 6월23일 하루중 일사량의 변화와 이에 따른 각 처리별 엽온의 변화를 나타내고 있다. 12시 40분경 일사량이 1009 μmol·m⁻²·s⁻¹일때 반사필름 멀칭에 고농도 EC처리의 엽온이 40.62℃이며, 흑색필름 멀칭에 저농도 EC가 31.38℃

로 약 9.2℃의 차이를 나타내고 있다. 반사필름 멀칭처리에서 엽의 단위면적당 기공밀도가 1.92배나 높고 광이용 효율도 높음에도 불구하고 기공저항이 크고 광합성속도, 증산속도가 낮은 것은 다음과같은 원인이 단독 혹은 상호작용하였기 때문으로 생각되어 진다.

첫째, 토마토엽에 특정파장의 광이 과다하게 반사되어 토마토 내부 생리대사에 영향 둘째, 토마토 엽온이 약 40℃까지 상승함에 따라 기공개폐에 관여하는 효소들의 불활성이 증가에따라 각종 생화학반응이 저하⁵⁾.

특히 반사필름 멀칭처리에서 기공밀도가 높아지는 기작과 그와 함께 기공저항이 높아지는 원인은 금후 세밀한 식물생리적인 검토가 되어야 할 것으로 생각된다.

표 4는 처리에 따른 엽록소 함량을 나타내고 있다. 각 처리별 엽록소함량 차이는 거의 보이지 않았고, 각 처리 공히 상위엽보다 하위엽이 엽록소 함량이 감소되는 경향을 나타냈다. 이는 일종의 하위엽의 노화현상으로 엽록소가 파괴된 엽에서는 엽록소의 분해의 속도가 재형성의 속도보다 빠르기 때문으로 생각된다. 작물체엽의 엽록소 함유량과 광합성속도와는 밀접한 관계가 있어 엽록소의 형성 및 파괴에 영향을 주는 제요인은 작물생육과 밀접한 관련이 있다.

표 1에서 반사필름 처리에 의한 광합성속도가 낮은 원인이 광합성기관에 강광으로 인한 엽록소의 광산화(photooxidation)에 의해 엽록소가 이용될 수 있는 이상으로 勵起狀態에 의한 것으로도 생각할 수 있으나, 처리별 엽록소함량의 차이가 없으므로 광수용능력에 의한 차이가 아닌 높은 기공저항에 의한 대기와 식물체 내의 가스교환의 장애에 의한 것으로 생각된다.

그림 2는 6월 23일 8시부터 12시까지의 처리별 토마토 엽온변화이다. 10시 40분까지는 반사필름 멀칭처리의 엽온이 낮았고 그후 높아지는 경향을 나타내고있다. 10시 40분까지 엽온이 낮은 원인은 반사필름 멀칭에 의한 광반사가 토마토엽의 기공밀도를 증가시켜 이로 인한 순조로운 증산이 엽온을 저하시켰다고 생각된다.

따라서 양액의 삼투potential을 높여 수분스트레스를 저하시켰다면 더 강한 일사량에서도 순조로운 증산작용으로 엽온이 낮게 유지될 것으로 생각된다. 본 연구에서는 반사필름에 의한 토마토엽의 증산 및 광합성에 負의영향을 나타냈으나 일부 화체 및 과수에서는 반사필름에 의한 증수 및 품질향상 등의 효과를 얻었다. 이것은 보광에 의한 단순한 광합성산물의 증가라기 보다는 적정 광반사에 의한 기공밀도의 증가로 빠른 증산·광합성속도가 체내의 물질대사나 생장에 영향을 주고 그 결과 간접적으로 무기성분의 흡수나 분배에 영향을 주어 생육 및 수량등이 양호했다고 생각된다.

摘 要

본 연구에서는 반사필름 멀칭과 북측면의 반사판설치에 의한 보광이 토마토의 광이용에 미치는 영향을 밝히기 위해 토양 및 수경재배를 통해 토마토의 엽온변화, 기공특성, 증산·광합성속도등의 변화들을 중심으로 검토하였다.

보광 처리에 의해 토마토엽의 기공밀도는 증가하였으나 기공의 크기와 면적은 차이가 없었다. 근권부의 삼투potential이 낮으면 광반사에 의한 기공저항이 컸고

증산속도는 낮았으며 엽온은 40.62℃까지 상승했다. 또한 보광에 의해 광합성속도도 저하했으나 엽록소 함량에는 차이가 없었다.

반사필름 멀칭 등의 보광처리에 의한 증수나 품질향상은 엽의 기공밀도의 증가로 활발한 증산·광합성작용으로 체내의 물질대사나 생장에 영향을 주고 그 결과 간접적으로 무기성분의 흡수나 분배에 영향을 주어 생육 및 수량등이 양호했다고 생각된다.

Table 1. Difference between reflective film and black film on mineral elements flux rate of xylem and photosynthetic rate in tomato 'Momotaro'.

Treatments	Exudation (ml · plant ⁻¹ · h ⁻¹)	Mineral elements (μg · plant ⁻¹ · h ⁻¹)				Photosynthetic rate (μmol · cm ⁻² · s ⁻¹)
		Ca	Mg	K	Fe	
Reflective film	1.70±0.72	991±105	355±28	1,132±190	6±1	9.68±0.32
Black film	2.05±0.86	904±111	344±41	679±142	9±2	11.68±0.36

Table 2. Effect of multhing materials and concentrations of nutrient solution on the stomatal resistance, transpiration rate in tomato 'Momotaro'.

Treatments		Stomatal resistance (s · cm ⁻¹)	Transpiration rate (μg · cm ⁻² · s ⁻¹)
Reflective film	High EC	12.28±2.73	2.91±0.59
	Low EC	2.44±0.66	12.19±1.46
Black film	High EC	2.41±0.69	13.29±2.35
	Low EC	1.96±0.16	14.57±1.52

Table 3. Features of stomata on tomato leaves 'Momotaro'.

Treatments		Stomatal density (number/μm ²)	Length of aperture (A) (μm)	Width of aperture (B) (μm)	A*B (μm ²)
Reflective film	High EC	38.3±2.99	32.4±2.74	24.3±2.00	785.8±5.48
	Low EC	37.8±1.71	32.1±3.19	24.4±2.61	783.3±8.33
Black film	High EC	19.5±7.46	30.5±4.75	21.8±3.00	663.9±14.04
	Low EC	20.1±5.77	39.4±3.58	22.7±2.66	894.9±9.52

Table 4. Effect of multhing materials and concentrations of nutrient solution on chlorophyll content of tomato leaves 'Momotaro'.

Treatments		Chlorophyll content (mg/7g FW)		
		Position I*	Position II	Position III
Reflective film	High EC	0.94±0.16	1.28±0.18	1.73±0.19
	Low EC	1.21±0.15	1.35±0.16	1.95±0.15
Black film	High EC	1.01±0.16	1.46±0.25	1.89±0.23
	Low EC	1.07±0.20	1.36±0.29	1.42±0.31

*Position I :leaves near first fruit cluster, Position II :leaves near second fruit cluster, Position III :leaves near third fruit cluster

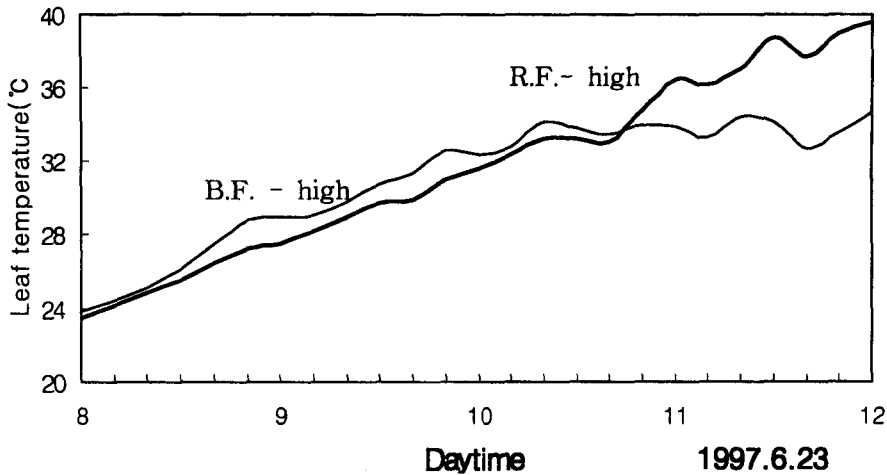


Fig. 2. Changes of leaf temperature in high E.C. treatments of nutrient solution in Tomato 'Momotaro' (R.F.-relective film mulching, B.F.-black mulching).

引用文献

- 1)趙日煥・趙三增・權永杉. 1997: 施設園藝の被覆資材が光環境に 미치는影響. 園藝論文集, 39(1), 140-144.
- 2)許建亮. 1994: 施設栽培에 있어서 反射필름 멀칭이 切花類의 生育, 收量 및 品質에 미치는 影響. 서울대학교. 博士學位論文.
- 3)本條 均. 1983: 表面溫度の測定, 農業氣象, 39(2), 125-127.
- 4)稻田勝美. 1984: 光と植物生育. 養賢堂. 308-377.
- 5)石井龍一. 1994: 植物生産生理學. 朝倉書店. 132~144.
- 6)近藤 亨. 1975: 農耕と園藝. 30(4), 216-218.
- 7)栗山隆明・吉田 守. 1976: マルチ栽培研究集録. IV .678-679.
- 8)眞弓 濟・橋本敏幸・玉村浩司. 1975: 昭和49年度 落葉果試研會議資料.
- 9)南俊毅・村上克介・成日慶・洞口公俊・相賀一郎. 1996: 4波長域發光形螢光ランプがヒマワリ實生の氣孔特性, 蒸散速度, 光合成速度におよぼす影響. 34(3), 231~234.
- 10)鈴木 宏・田口辰雄・久米靖穂. 1974: 昭和48年度 秋田果試業務報告. 53.
- 11)田村忠男・熊木 茂・渡近勝營・鹽原孝一. 1975: 昭和49年度 落葉果試研會議資料