

新しく開発された除湿性および保温性の被覆資材を使った トンネル被覆が単為結果性トマト品種‘京てまり’冬季無 加温栽培での果実生産に及ぼす影響

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	片岡,圭子 西川,浩次 滝澤,理仁 札埜,高志 池永,和義
発行元	園芸学会
巻/号	12巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 141-146
発行年月	2013年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



新しく開発された除湿性および保温性の被覆資材を使ったトンネル被覆が単為結果性トマト品種‘京てまり’ 冬季無加温栽培での果実生産に及ぼす影響

片岡圭子^{1a*}・西川浩次¹・滝澤理仁¹・札埜高志²・池永和義³

¹ 京都大学大学院農学研究科 569-0096 大阪府高槻市八丁畷町

² 兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科 656-1729 兵庫県淡路市野島常盤

³ 日本合成化学工業株式会社 108-0023 東京都港区芝浦三丁目

Effect of Covering Poly Tunnel with Newly Developed Dehumidifying and Heat-retaining Film on Heat-free Winter Production of ‘Kyo-temari’ Parthenocarpic Tomato

Keiko Kataoka^{1a*}, Koji Nishikawa¹, Rihito Takisawa¹, Takashi Fudano² and Kazuyoshi Ikenaga³

¹ Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Hattyonawate-cho, Takatsuki, Osaka 569-0096

² Graduate School of Landscape Design and Management, University of Hyogo, Nojimatokiwa, Awaji, Hyogo 656-1729

³ Nihon Gosei Kagaku, Co. Ltd., Shibaura, Minato-ku, Tokyo 108-0023

Abstract

To identify ways to improve the winter production of ‘Kyo-temari’ parthenocarpic tomatoes without the use of heating, we compared the effect (October 2011 to March 2012) of covering a poly tunnel with a newly developed polyvinyl alcohol and polyethylene (PVA) film instead of with a conventional film, i.e., polyvinyl chloride (PVC). Light transmittance at wavelengths of 2,500–25,000 nm was lower in the PVA than in the PVC film, so it retained a higher level of heat. The daily minimum temperatures in both tunnels were 0.5–2.8°C higher than in a non-covered tunnel during the same period, and the time during which the temperature remained below 5°C was shorter in the PVA-covered tunnel. The relative humidity and daily maximum temperature in this tunnel were lower than in the PVC-covered tunnel. The number of fruits was higher in the PVA-covered tunnel. Furthermore, the proportion of small ones was larger, and their Brix was significantly higher. Thus, covering tunnels with this newly developed film can increase the number and quality of ‘Kyo-temari’ tomato fruits grown in winter using a non-heated production system.

Key Words : energy saving, forcing culture, *pat-2*, polyvinyl alcohol film

キーワード : *pat-2*, ポリビニールアルコール製フィルム, 促成栽培, 省エネルギー

緒言

日本においてトマトは周年需要があり、冬季には暖房を用いて生産されているが、重油価格の高騰により、暖房コストの上昇が採算性の低下を招いている。トマトの生育温度は昼温 20～25°C、夜温 8～13°C とされ（池田, 1992）、特に花粉発達、開葯および受精が低温条件では著しく低下するために、冬季栽培においては着果・肥大が阻害されやすく（Picken, 1984）、暖房の設定温度を下げることは困難である。さらに、光合成産物の転流に果実温度が大きく影響し、果実温を 5°C に制御すると流入量はマイナスになるとされている（Walker・Ho, 1977）。また近年普及しているマルハナバチを使った受粉方法では、マルハナバチの活動

性を維持するためにも高温管理が必要となる（小出, 1997）。

一方、ロシアの品種‘Severianin’の持つ劣性遺伝子 *pat-2* による単為結果性を導入した系統では、果実肥大に受精を要しないので、低温下でも着果・肥大が期待できると考えられる（Vardy ら, 1989）。この単為結果性遺伝子 *pat-2* を導入した‘MPK-1’（細川ら, 2004）は、ミニからミディサイズの赤色トマトで、栄養繁殖によって成立した品種であり、京都市内の農家と京都大学附属農場で‘京てまり’として生産・販売されている。この品種を用いて 10 月中旬に定植すれば、低温下での着果安定性により、無加温でも冬季に相応の収穫量をあげることが可能であることを報告した（片岡ら, 2011）。しかし、ごく厳寒期では、低温が生育を抑制し、気温が上昇してから果実肥大が阻害されることがあり、収穫量が低下する傾向が認められた。また、無加温での生産は開花から収穫までが長期間となるため、生産性や収益性を考えると必ずしも有利ではない。低温を回避する方法のひとつとして、ハウス内の多重被覆によって

2012 年 9 月 10 日 受付. 2012 年 12 月 18 日 受理.

* Corresponding author. E-mail: kataoka.keiko.mf@chime-u.ac.jp

^a 現在：愛媛大学農学部 790-8566 愛媛県松山市樽味

保温性を高めて、収量の増加と品質の向上を図る方法が考えられるが、光透過量の減少や被覆内の多湿などによる影響も考慮する必要がある。

このような中、日本合成化学工業は、ポリビニールアルコールフィルムとポリエチレン製透明ポリクロスを貼り合わせ、透明性、吸湿性および保温性が高い農業用資材（商品名カラぬーく、以下 PVA とする）を開発した。この資材は、その特性から冬季栽培での被覆に適していると考えられる。ハウス内被覆資材としてこの資材を利用すれば、‘京てまり’の冬季無加温栽培での収量を増加させることが可能ではないかと考えた。そこで本研究では、この資材をハウス内の栽培畝にトンネル状に被覆して、気温、湿度、生育、果実収量および糖度を測定し、無被覆および内張用塩化ビニールフィルム被覆との比較を行った結果から、利用の可能性を検討した。

材料および方法

1. 光線透過性

日本合成化学工業が試作した厚さ 25 μm の PVA について、光線透過性を測定した。波長 200 ~ 2,600 nm の範囲は、紫外可視近赤外分光光度計 (V-7200, 日本分光) で、波長 2,500 ~ 25,000 nm の範囲はフーリエ変換赤外分光装置 (Nicolet iS10, Thermo Fisher Scientific) で測定した。赤外域 (2,500 ~ 25,000 nm) の透過性を比較するために、市販の厚さ 50 μm の農業用ポリ塩化ビニール製フィルム (PVC) についても測定を行った。

2. 果実収量と温湿度

単為結果性ミニトマト品種 ‘MPK-1’ (‘京てまり’) の栄養繁殖によって維持してきた親株から、2011 年 9 月 28 日に均一な挿し穂をとって 128 穴プラグトレーにパーミキュライトを充填して挿し木した。生育の揃った苗を選んで、10 月 19 日に京都大学大学院農学研究科附属農場（大阪府高槻市）のフッ素フィルムハウス（東西棟、間口 10 m × 奥行き 42 m × 軒高 3 m × 2 連棟）に定植して栽培試験を行った。当該ハウスはビニールで間仕切りをして、その半分に畝幅 160 cm、長さ 40 m の畝を 5 本配置し、内側の 2 畝の中央部を試験区とした。既報（西川ら、2005）をもとに、各畝は遮根シートによって根域制限（深さ 20 cm、床幅 40 cm）を行い、シルバーポリマルチをしたうえで、株間 40 cm、条間 20 cm 2 条植え、一本仕立てで栽培した。11 月 18 日から天井および側面には内張ビニールを張って保温した。天井カーテンは日中開放し、換気は天窓の開閉で行い、設定温度は 28 ~ 32°C とした。施肥は元肥としてエコロング 424-180 (N:P:K=14:12:14, チッソ) を 4.2 g/株、エコロング 424-140 (N:P:K=14:12:14, チッソ) および粒状過リン酸石灰をそれぞれ 4.2 g/株施与し、追肥として OK-F-3 (N:P:K=14:8:25, 大塚化学) を用い、12 月 6 日から 1 回につき 0.5 g/株を灌漑液中に混和して与えた。灌漑は適宜生育をみて週 1 ~ 2 回程度行った。12 月 7 日か

ら、各畝上に幅 80 cm、高さ 2.3 m、長さ 6.4 m のトンネルを設置し、PVA 区、PVC 区および対照区（無被覆）の 3 区とした。PVA 区には試作した厚さ 25 μm のフィルムを、PVC 区には市販の農業用ポリ塩化ビニール製フィルム（厚さ 50 μm ）を用いた。フィルムはトンネル全面に展張し、特に開閉は行わなかった。各区に 30 株を栽培し、中央部の 20 株について収穫調査を行った。ほぼ週 2 回の間隔で着色した果実から順次収穫し、収穫総重量、収穫果実数および規格別個数を測定した。収穫した果実は京都市の出荷規格に準拠して、出荷用パックに入る個数をもとに、2L, L, M, S の 4 規格（平均果実重；2L: 43 g, L: 32 g, M: 28 g, S: 22 g）およびそれ以下の小果、裂果および障害果（窓あき果、空洞果、灰色カビ病罹病果など）に分けて個数を数えた。収穫日ごとに平均的な大きさの果実を 5 個選び、果実搾汁の糖度を屈折糖度計で測定し、°Brix で表した。収穫は 3 月 30 日に打ち切った。

生育については 12 月 7 日から約 2 週間ごとに茎の長さを各 6 株について測定した。気温および湿度は、約 2 m 高さに設置した通風筒内の温湿度データロガー（TR72U, ティアンドディ）を用いて 30 分ごとに記録した。

結 果

1. 被覆資材の透光性

今回試作した PVA の光透過特性は、波長域 200 ~ 380 nm の紫外域では 33 ~ 85% であり、光合成有効放射域 (400 ~

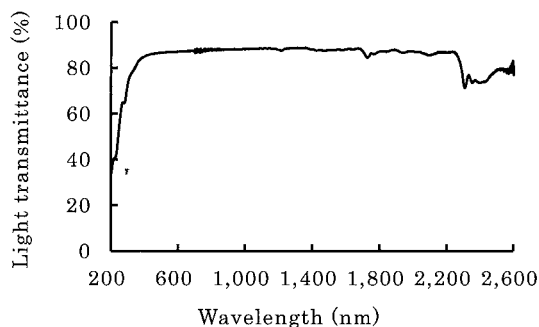


Fig. 1. Light transmittance property of 25 μm PVA film at 200–2,600 nm wavelength.

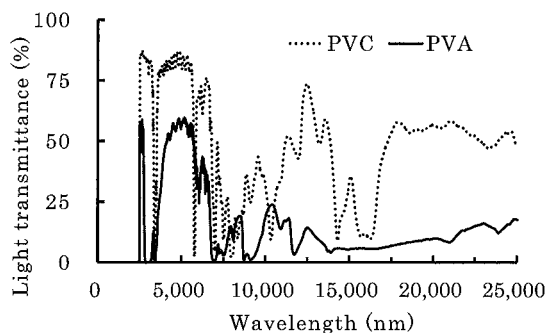


Fig. 2. Light transmittance property of 25 μm PVA and 50 μm PVC films at 2,500–25,000 nm wavelength.

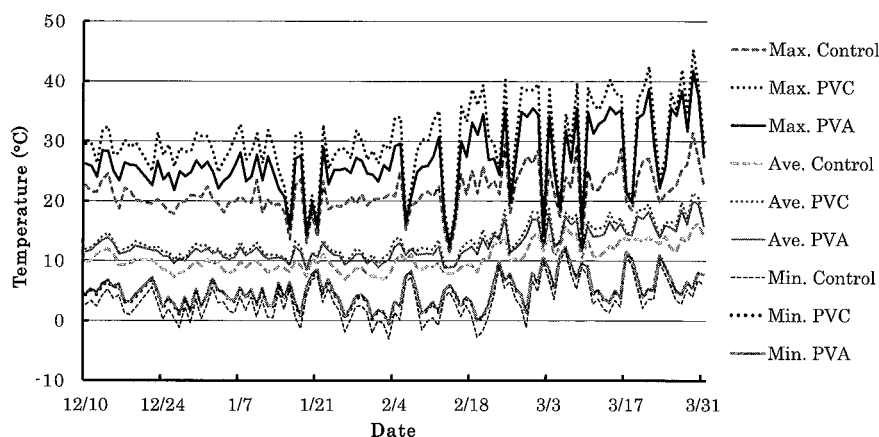


Fig. 3. Daily maximum, average, and minimum temperatures of air in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating.

Table 1. Temperature and relative humidity of air in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating in 2011. 12. 10–2012. 3. 31.

	Temperature						Relative humidity			
	Average	Daily max. average	Daily min. average	Max.	Min.	Hours <5°C	Average	Hours >95%	Hours <40%	Hours 40–90%
Control	10.5	21.3	3.3	31.4	−3.0	666.0	87.0	1411.5	137.0	1172.5
PVC	13.3	30.0	4.9	45.3	−0.5	378.5	99.0	2705.0	0.5	15.5
PVA	12.6	26.7	5.1	41.8	−0.3	336.0	97.0	2277.5	0.5	443.0

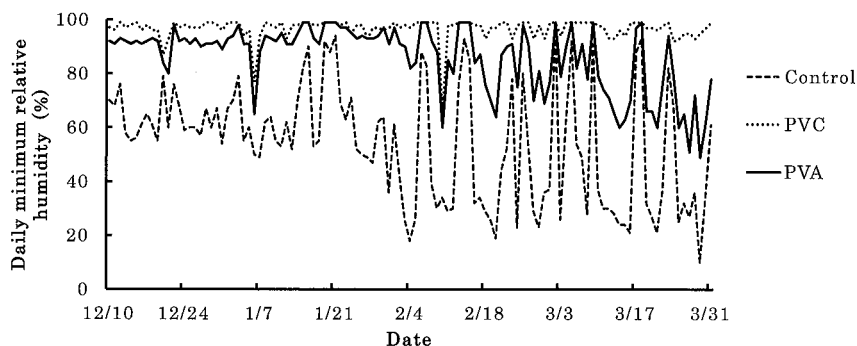


Fig. 4. Daily minimum relative humidity of air in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating.

700 nm) で約 85～87%であった (第1図). また, 2,500～25,000 nm の赤外領域では, PVC に比較して低かった (第2図).

2. 栽培期間中におけるトンネル被覆内部の気温および湿度

2011年12月10日～2012年3月31日までの, 日最高気温, 日平均気温および日最低気温の推移を第3図に示した. 全期間を通じて, トンネル被覆によって日最低気温は無被覆の対照区よりも0.5～2.8°C高くなったが, PVA区とPVC区との差はごく小さかった. 日最高気温は, PVC区で高く, ついでPVA区, 対照区の順であった. 平均気温はPVC区で高く, ついでPVA区で高かった (第1表). PVA区では最低気温がわずかに高くなる傾向が認められ, また5°C未満の気温遭遇時間が最も短くなった.

相対湿度はいずれの区でも夜間はほぼ100%近くまで上昇し, 日中は低くなった. 日最低相対湿度の推移をみると, 対照区で全体に湿度が低く, トンネル被覆した両区で高い傾向が認められた (第4図). PVA区とPVC区を比較すると, PVA区で95%以上の時間数が短く, 40%以上かつ90%未満の時間数が長かった (第1表).

3. 生育の推移

2011年12月7日～2012年3月20日までの茎長の推移を第5図に示した. 無被覆の対照区の伸長は緩やかで, 1月中旬～2月中旬にはほとんど伸長しなかったが, PVC区, PVA区ともに伸長量が大きく, 停滞はあまりみられなかった.

4. 収穫量と収穫果数

収穫量はPVA区で多く, ついでPVC区で, 対照区では

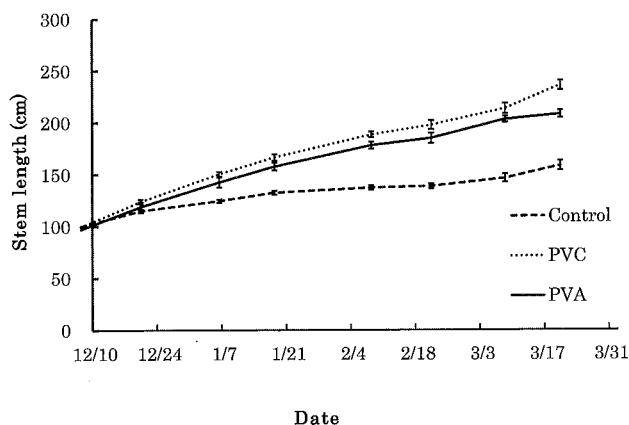


Fig. 5. Growth of stem length of 'Kyo-temari' tomatoes in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating. Vertical bars indicate the standard error.

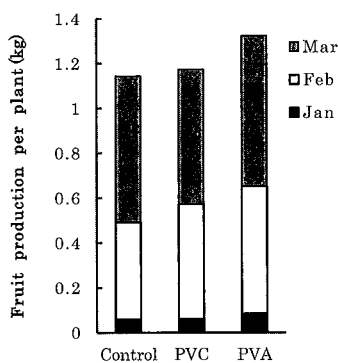


Fig. 6. Monthly yield per plant of 'Kyo-temari' tomatoes grown in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating.

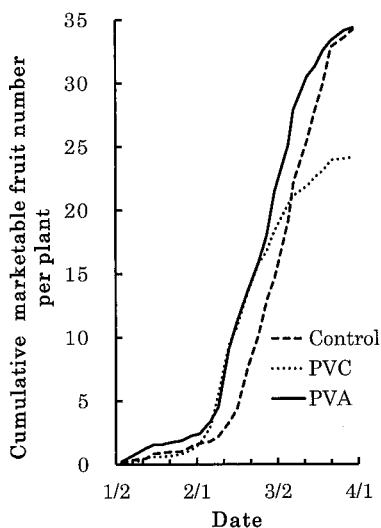


Fig. 7. Cumulative marketable fruit number per plant of 'Kyo-temari' tomatoes grown in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating.

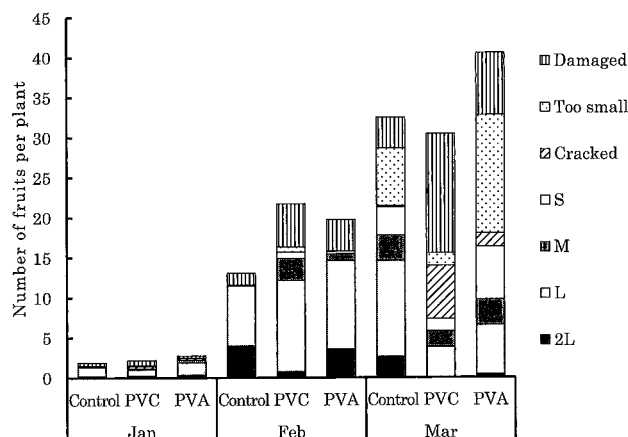


Fig. 8. Graded fruit number per plant of 'Kyo-temari' tomatoes grown in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating.

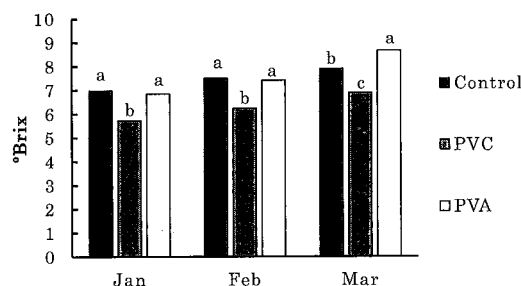


Fig. 9. Average Brix of 'Kyo-temari' tomatoes grown in tunnels covered with PVA and PVC films and uncovered in a greenhouse without heating for each harvest month. Different letters within each month indicate significant differences on Scheffe's multiple range test at 5%.

少なくなった (第6図)。対照区では3月の収穫量の割合が高かったのに対して、PVA区では2月と3月の収穫量がほぼ同じくらいであった。収穫初めはPVA区で早く、PVC区および対照区で10日前後遅い傾向が認められた (第7図)。2月になると、いずれの区でも収穫果数の増加が著しくなった。3月では、PVC区での収穫果数の増加が他の区に比べて緩やかになった。収穫果実の内訳をみると、2L～Sの可販果数については、1月ではPVA区が、2月ではPVA区およびPVC区が多かった。3月には、いずれの区でも障害果や小果、裂果などが多くなり、PVC区では障害果および裂果の、PVA区では小果の割合が増え、可販果数は対照区で最も多くなった (第8図)。また、対照区では2LおよびLが多く、PVA区ではSが多くなる傾向が認められた。糖度は1月および2月では対照区およびPVA区で有意に高く、3月ではPVA区が最も高く、ついで対照区、PVC区の順に低くなった (第9図)。

考 察

日中温められた被覆内部の熱エネルギーは、夜間、熱放

射によって被覆外部へ放出されることから、赤外域の透過性が低い資材では保温性が高まると考えられる (伊東, 1990). 今回供試した PVA の光線透過率は, 光合成有効放射域で高く, 赤外域で低く, 冬季の内張資材として望ましい特性を持っていると考えられた. 栽培実験での気温データにおいて, PVC と比較して平均気温はわずかに低いものの, 日最低気温の平均がわずかに高く, 5°C 以下の気温遭遇時間が短いことは, この保温性を反映していると考えられる.

ハウス内の PVA トンネル被覆によって, ‘京てまり’ の収穫始まりは早く, 収穫量は初期から増加した. PVA 区での収穫量を時期別にみると, 収穫はじめの 1 月の収穫量が他の区よりも比較的多く, また, 3 月の収穫果数が多くなったことが顕著であった. 3 月に収穫される果実は, 1～2 月に開花したものと考えられるので, この時期の最低気温をみると, 対照区では 0°C を下回る日が多いが, トンネル被覆区では 2 日程度でしかなかった. ‘ルネッサンス’ では, 最低夜温 6°C に設定した低温期の栽培においても 100% 着果し, 正常に肥大することが報告されている (大川ら, 2007). また, 生育初期では夜間の低気温 (2.5°C) が茎葉の生長や開花を著しく阻害するが, 果実肥大のみとなる生育後期では, 夜温の低下が及ぼす影響は小さい (田中・安井, 1986). 本実験において, 5°C 未満の気温遭遇時間を比較すると, トンネル被覆によって遭遇時間が短くなっており, 中でも PVA 区で短く, PVA の保温効果が果実の着果や初期肥大に対して促進的に働いたと考えられた. また, 厳寒期である 1～2 月に, 茎の伸長が停滞していないことから, 保温による温度上昇によって生育が促進されたことも一因と考えられた.

規格別の収穫果数をみると, 2L～S の可販果数については, 1 月では PVA 区が, 2 月では PVA 区および PVC 区が多かった. 3 月には PVA 区と PVC 区で販売できない小果や裂果, 障害果が増えたため, 収穫量の多かった PVA 区でも可販果数は対照区よりも少なくなった. 3 月に入ると, PVA 区および PVC 区で日最高気温が 35°C を越える日が多くなっており (第 3 図), トンネル内の温度や湿度が果実生育に不適であるレベルにまで上昇したことに起因すると考えられる. 特に, PVA 区で 3 月に小果が多くなる傾向が認められた. この原因としては, 無被覆区に比較して PVA 区では着果数が多かったこと, 気温が高くなったことによって果実肥大期間が短くなったことなどが考えられる. 3 月の収穫果数は PVA 区で最も多く, 小果が販売可能なサイズまで肥大すれば, 可販果収穫量の増加が期待できる. 3 月には気温上昇に応じて, トンネルの一部を開放するなどの方策が必要と考えられる.

一方で, 全期間を通して PVC 区よりも PVA 区で最高気温が低く推移しており, 固定張りでも高温になりにくいと考えられた. これは, PVA が高い吸湿性を持っていることから, 湿度の高い夜間に吸収した水分が日中に蒸発する際

に, 熱エネルギーを消費している可能性が考えられる.

また, PVC 区では, 無被覆区および PVA 区と比較して裂果および障害果が多くなり, 総収穫果数において PVC 区が PVA 区よりも少なくなった. 湿度が非常に高い場合では灰色カビ病などの発生が助長されることが多い. PVC 区では灰色カビ病による障害果が増加し, また, 開花前後の比較的早い時期に灰色カビ病によって脱落する果実が観察された. さらに, 最高気温が高かったことによる着果の抑制が起こっていた可能性も考えられる. 一方, 裂果は空中の湿度が高い場合に多発する (太田ら, 1991). 相対湿度 95% を越える時間数を算出すると, PVC 区で最も長く, 2,705 時間となり, 無被覆区よりも 1,300 時間近く長かった. PVA 区は PVC 区よりも相対湿度 95% を越える時間が短く, このことが, 裂果数が比較的少なくなった理由として考えられる.

さらに, 相対湿度が 90% を越えると気孔開度が小さくなり, 純光合成速度は低下するが, 相対湿度が非常に低い場合にも, 植物体には水分ストレスがかかりやすいため, 純光合成速度の低下が生じやすい (北宅, 2009). このことから, 栽培環境下での望ましい相対湿度として 40～90% を想定し, 遭遇時間を算出した. 本実験において, 無被覆区で 40% 以下になる時間が 137 時間と長くなったのは, 畝面にマルチをし, 灌水量を少なめに管理したためと考えられる. 40～90% の相対湿度であった時間は, 対照区で最も長く, ついで PVA 区で長く, PVC 区で最も短くなった. この違いが光合成量の差異をもたらしている可能性も考えられた.

糖度は, どの月においても PVA 区は PVC 区に対して有意に高くなった. 糖度は水分ストレスがかかると高くなることが知られている (早田ら, 1998) が, 比較的乾燥した状態で推移したと考えられる対照区に対しても 1 月および 2 月では有意差がなく, 3 月には有意に高くなった. 果実の糖度には, 光合成量や転流, 果実内の代謝など多くの因子が関与していることから, PVA 区の糖度を上昇させた要因を本実験の結果から直ちに特定することは難しい. しかし, PVA 被覆によって, 気温の低下が抑制されたことや相対湿度が比較的 low に推移したこと, 比較的 small な果実が多かったことなどが要因として考えられる.

2 月および 3 月の収穫果数は, 対照区と比較して PVA 区で多かったが, 収穫果の規格別内訳をみると, PVA 区は対照区と比較して 2L, L の果実の割合が低く, S および小果の割合が高くなる傾向が認められた. この原因としては, 生育が促進されたことや温度上昇による成熟期間の短縮, 果実間競合の増大などが考えられる. 供試した ‘京てまり’ は単為結果性を持っているので, 分化・開花した花蕾のほとんどが着果する. そのため, 栽培条件によっては, 花数が多くなりすぎて, 果実肥大が果実間競合によって抑制される可能性がある. この肥大に関する果実間競合を緩和するには, 開花以降にある程度の果数制限を行う方法が考え

られ、果数制限によって可販果数が増加する可能性があり、今後の検討が必要である。しかし、前報（片岡ら、2011）においても、気温が上昇してからも果実肥大が抑制されることが認められており、個々の果実の早い生育段階での低温遭遇が最終的な果実重に影響を及ぼしている可能性も考えられ、今後、詳細に検討する必要がある。

以上のように、単為結果性トマト‘京てまり’を用いた冬季無加温栽培において、新規に開発されたPVA製フィルムを用いたハウス内トンネルの設置は、生育、収穫期前進および着果数増加に有効であった。また、このPVA製フィルムは、保温性が高く、トンネル内の湿度をPVCよりも低く保つことから、障害果の発生が少なく、着果・肥大する果実を増加させ、果実糖度を高めることが明らかとなった。

摘 要

単為結果性トマト品種‘京てまり’の冬季無加温栽培の収量と品質の向上を目的に、新たに開発されたポリビニールアルコールフィルムとポリクロスを貼り合わせた厚さ25 μm のフィルム（以下PVAとする）を用い、無加温プラスチックフィルムハウス内にトンネル状に被覆して、果実生産に及ぼす影響を2011年10月～2012年3月まで調査した。トンネルの被覆資材の対照として、市販の塩化ビニールフィルム（以下PVCとする）を用いた。PVAは、PVCと比較して、2,500～25,000 nmの赤外線域の光線透過率が低く、保温性が高いと考えられた。PVAおよびPVCによるトンネル被覆によって0.5～2.8℃気温が上昇し、5℃以下の低温遭遇時間はPVAの被覆によってより短くなった。PVAの被覆ではPVCよりもトンネル内の相対湿度が低く、日最高気温が低いなどの特徴がみられた。PVA被覆によって収穫果数は増加し、特に3月の収穫果数の増加が顕著だったが、小さい果実の占める割合が高くなった。糖度は、PVAによって被覆するとPVCによる被覆よりも、どの月でも有意に高かった。これらの結果から、この新たに開発されたフィルムによるトンネル被覆は、トマト‘京てまり’の冬季無加温栽培における収穫果数および品質の向上に有効であると考えられた。

引用文献

早田保義・田部俊子・近藤 悟・井上興一. 1998. 水分ストレスがミニトマト果実の発育と糖および窒素含量に

及ぼす影響. 園学雑. 67: 759–766.

- 細川宗孝・勝村聡子・林 孝洋・矢澤 進. 2004. 強い単為結果性を持つ良食味トマト品種の茎頂分裂組織からの植物体再生法の確立. 日本味と匂学会誌. 11: 61–68.
- 池田英男. 1992. 施設野菜の生育制御. p. 106. 古在豊樹・狩野敦司・蔵田憲次・北宅善昭・池田英夫・大川 清・今西英雄・松井弘之・松尾昌樹・三位正洋著. 新施設園芸学. 朝倉書店. 東京.
- 伊東 正. 1990. 保温. p. 152. 伊東 正・藤枝國光・廣瀬忠彦・橘 昌司著. 蔬菜園芸学. 川島書店. 東京.
- 片岡圭子・西川浩次・榊原俊雄・札埜高志・矢澤 進. 2011. 単為結果性トマト‘MPK-1’の冬季無加温ハウス栽培における収量. 農業生産技術管理学会誌. 18: 67–73.
- 北宅善昭. 2009. 施設園芸における環境調節. TMS 研究 2009. 10–21.
- 小出哲也. 1997. マルハナバチの利用. p. 459–462. 農業技術体系野菜編2. 農文協. 東京.
- 西川浩次・楠見浩二・榊原俊雄・片岡圭子. 2005. 単為結果性ミニトマト‘京てまり’および‘京あかね’の根域制限栽培が収量および品質に及ぼす影響. 京大農場報. 14: 1–5.
- 大川浩司・菅原眞治・高市益行・矢部和則. 2007. 高温および低温条件下における単為結果性トマト‘ルネッサンス’の着果および果実肥大特性. 園学研. 6: 449–454.
- 太田勝巳・伊藤憲弘・細木高志・杉 佳彦. 1991. 水耕ミニトマトにおいて湿度が裂果発生に及ぼす影響ならびに裂果発生の制御. 園学雑. 60: 337–343.
- Picken, A. J. F. 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Hort. Sci. 54: 1–13.
- 田中和夫・安井秀夫. 1986. 施設内における果菜類の省エネルギー栽培に関する研究 II トマトの生育に及ぼす低温の影響. 野菜試報 A. 14: 159–168.
- Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi and J. Hewitt. 1989. Genetics of parthenocarp in tomato under a low temperature regime: II Cultivar ‘Severianin’. Euphytica 41: 9–15.
- Walker, A. J. and L. C. Ho. 1977. Carbon translocation in the tomato: effects of fruit temperature on carbon metabolism and the rate of translocation. Ann. Bot. 41: 825–832.