着果促進剤および遮光がミニトマト夏秋栽培における つやなし果の発生に及ぼす影響

上藤満宏*・川口岳芳

広島県立総合技術研究所農業技術センター 739-0151 広島県東広島市八本松町原

Effects of Hormonal Treatment and Shading on Occurrence of Lusterless Fruit in Summer-Autumn Cultivation of Cherry Tomato

Mitsuhiro Uefuji* and Takeyoshi Kawaguchi

*Agricultural Technology Research Center, Hiroshima Prefectural Technology Research Institute,
Hara, Hachihonmatsu, Higashihiroshima, Hiroshima 739-0151*

Abstract

We investigated the effect of hormonal treatment with 4-chlorophenoxyacetic acid (4-CPA) and shading on the occurrence of lusterless fruit in order to suppress its production during the summer-autumn cultivation of cherry tomato. The occurrence of lusterless fruit on 4-CPA spraying was 5–12%, which was significantly lower than that on no spraying with 4-CPA (22–39%). Therefore, 4-CPA is an effective plant hormone for suppressing the occurrence of lusterless fruit produced by cherry tomato plants. In addition, the incidence rates of lusterless fruit in the continuously shaded area and the area only shaded during strong light where the temperature rise in the greenhouse was suppressed by shading treatment were 7 and 9%, respectively, being significantly lower than 15% in the unshaded area. As a result, the fruit yield in September with the highest incidence of lusterless fruit was 0.8 and 1.0 kg per plant in the continuously shaded area and the area only shaded during strong light, respectively, and 0.4 kg in the unshaded area. Furthermore, the suppression of temperature rise due to light shielding was considered to be effective as a technique for suppressing lusterless fruit. In addition to the effect of suppressing the production of such fruit, the method of shading only during the incidence of strong solar radiation temporarily increased the fruit yield as compared with the method of continuous shading, while suppressing the production of lusterless fruit. It is considered that this is an effective shading method to avoid a decrease in yield.

Key Words : crack, exocarp, high temperature, strong solar radiation, temperature rise suppression

キーワード : 外果皮, 亀裂, 高温, 強日射, 昇温抑制

緒 言

広島県のミニトマトは、主に県北部の標高300 m前後の地帯において、4月から5月上旬に定植して7月から10月頃まで収穫する夏秋作型で栽培されている(野菜・茶業試験場, 1989)。栽培期間の大半が夏季高温期となる本作型では、近年、果皮の光沢がなく、収穫後の軟化により規格外となるつやなし果(細淵ら, 2013)が多発生し、減収と選果労力の増大が問題となっている。このような果実の外果皮の表面は、多くの微細な亀裂が生じており、この亀裂によって収穫後の果実水分損失が多くなり、軟化するとともに、亀裂によって生じた凹凸が、照射光を乱反射させるためつやがないようにみえると考えられている(細淵ら, 2013)。

つやなし果の発生を抑制するためには、発生要因を明ら

かにし、その要因に基づいた対策を講じることが有効である。大川ら(2007)は、開花期の高温や低温条件で、着果促進剤の4-chlorophenoxy acetic acid(以下4-CPA)処理を省略すると、つやがなく肥大が悪い果実が発生したことを報告している。さらに、着果促進剤を標準希釈倍率よりも高い希釈倍率で処理した場合につやなし果の発生が多くなること(森田・石原, 2016; 寺林ら, 2009)が報告されている。また、トマト果実のクチクラ層や果皮に微細な亀裂が生じる現象は、遺伝的、気象的および栽培要因の相互作用であり、気象要因については、高温(Pearceら, 1993)、果実への日射(Doraisら, 2004)、紫外線(木村ら, 2012)、湿度(Bertinら, 2000)および気温日較差(Doraisら, 2004)が影響するとの報告がある。栽培期間の大半が強日射および高温時期を経過する夏秋作型では、果実への強日射および高温がつやなし果発生に大きく影響していることが示唆されている(Doraisら, 2004; 大川ら, 2007)。従って、つやなし果発生対策については、施設内の強日射回避および昇温抑制と着果促進剤の処理について検討することが有効

2018年4月24日 受付. 2018年12月18日 受理.

* Corresponding author. E-mail: m-uefuji86708@pref.hiroshima.lg.jp

と考えられる。日中の栽培施設内気温の強日射回避および昇温抑制対策については、一般的に栽培施設を遮光資材で被覆する方法が行われることが多い。しかし、遮光資材を常時被覆した状態では、朝夕や曇天日の弱日射量時の日射量不足により、乾物生産量の減少を招く場合がある(吉田ら, 2002)。この問題を解決するためには、強日射時のみ遮光資材を被覆する方法が有効とされ、大玉トマトおよび中玉トマトで検討(井出ら, 2011; 川口ら, 2014; 野村ら, 2005; 吉田ら, 2002; 吉田・中園, 2006)されている。しかし、ミニトマト夏秋栽培で発生するつやなし果の対策として検討された知見は見当たらない。

そこで、本報は、ミニトマト夏秋栽培において、着果促進剤処理および強日射時のみ遮光資材を被覆する処理が、つやなし果の発生と収量に及ぼす影響について検討し、発生抑制につながる方法を見出したので報告する。

材料および方法

実験は、広島県立総合技術研究所農業技術センター(広島県東広島市八本松町、北緯34度27分、東経132度43分、標高224m)において実施した。2016年3月28日にセル成型苗用培地(与作N-150, N:P₂O₅:K₂O=0.5:4.4:0.4(g・L⁻¹), ジェイカムアグリ(株))を充填した200穴セルトレーに品種‘サンチェリーピュア’(トキタ種苗(株))を播種し、8~17時を明期(光合成有効量子束密度、以下PPFDを600μmol・m²・s⁻¹)として明期を25°C、暗期を18°Cに設定したメタルハライドランプ(マルチスター・L2, 三菱電機(株))を光源とするグロースチャンパー(HSK-MRS-1, (株)広島設備開発)内に搬入した。4月13日までの16日間育苗した後に、マサ土とパーク堆肥(有機物70%, N:P₂O₅:K₂O=1.5:1.1:0.4(%), 久米産業(株))を1:1(v/v)で混合し、充填した10.5cmポリポットへ鉢上げした。鉢上げ後の育苗は、最低気温を13°Cに維持したビニルハウス(間口6m, 奥行き15m, 軒高3.8m)で行った。育苗中の灌水は、1日0~3回、1回当たり30分間鉢底が1cm浸水するよう底面給水で行った。本圃での栽培は、天井に厚さ0.1mmのPOフィルム(スカイコート5, シーアイ化成(株))を被覆したビニルハウス(間口6m, 奥行き15m, 軒高3.8m)で行った。5月6日に培地を1株当たり12Lで充填した高さ50cm, 幅25cm, 長さ1,050cmに改良した広島型高設ベンチ(岡田ら, 2013; 山本ら, 2001)へ定植した。培地は、マサ土, パーク堆肥, ピートモス(カナダブランド6cu細粒, 三省物産(株))およびパーライト(ネニサンソ1号, 三井金属鉱業(株))をそれぞれ2:1:3:1(v/v)に混合して栽培ベンチへ充填した。栽培ベンチは、各ハウスに145cm間隔で4本配置し、株間は40cmとして、1ベッド当たり26株を1条植えた。仕立て方法は、主枝1本仕立てとし、左右交互に条間40cmで振り分けて誘引した。ほ場への施肥は、広島県の栽培指標(広島県農林水産局, 2012)に基づき、養液土耕

2号(N:P₂O₅:K₂O=14:8:25(%), OATアグリオ(株))を1株当たりの1日窒素施用量が0~220mgとなるように畝面に敷設した灌水チューブ(ストリームライン80, ネタフィムジャパン(株))を用いて1日0~2回点滴灌漑した。栽培期間中の灌水回数は、1日当たり0~4回で、灌水量を1株当たり0~2.4Lとし、施肥と同じ灌水チューブで行った。

花房は、単出集散花序のシングル花房または二出集散花序のダブル花房(金浜・斉藤, 1988)までとし、それ以上は摘房した。1果房当たりの果実数は、30果以下とした。摘芯は、9月30日に開花した第24段花房の上位3葉の直上で行った。

1. 着果促進剤がミニトマトのつやなし果発生に及ぼす影響(実験1)

実験は、実験2で用いた無遮光のビニルハウス内において実験2の試験区外の株を用いて行った。処理区は、第5段から第11段までの花房に4-CPA液剤(トマトトーン, 石原バイオサイエンス(株))の100倍液(0.0015%)を噴霧する4-CPA区および噴霧しない無処理区を設けた。着果促進剤の処理は、1週間に1回の頻度でハンドスプレーを用いて開花している花に0.5mL噴霧した。無処理区は振動受粉や蜂などによる受粉も行わなかった。区制は、1区4株で反復なしとした。7月20, 27日, 8月5, 16および23日の計5回、赤熟期に達した果実を収穫してつやなし果の発生率を調査した。外果皮の表面に微細な亀裂が発生し(第1図)、一部分でもつやのない果実は、すべてつやなし果として判定した。つやなし果の外果皮表面は、9月16日にマイクロスコープ(VHX-100F, (株)キーエンス)を用いて撮影した。また、9月20日に収穫した正常果およびつやなし果それぞれ15果をプラスチック製のバット(縦32cm, 横23cm, 深さ5cm)に入れて、なりゆきの温度の室内に72時間置床して果実収穫後の重量変化を24時間ごとに調査した。

2. 遮光処理がミニトマトのつやなし果の発生と収量に及ぼす影響(実験2)

実験は、3棟のビニルハウスを用いて行った。遮光処理は、ビニルハウスを1棟ずつ遮光しない対照区、梅雨明け後の7月19日~8月31日の間、遮光率35%の遮光資材(ら~くらくスーパーホワイト, 日本ワイドクロス(株))を常時被覆する遮光区、5月12日~10月31日の間、日射量に応じて遮光資材を自動で開閉する調光区とした。調光区は、カーテン装置(SHハンディ, (株)誠和)の駆動パイプに遮光区と同じ遮光資材を被覆してサイド自動換気用のDC24Vモーター(くるくるAce, (株)誠和)を接続し、試作した指令装置(川口ら, 2017)で開閉制御した。指令装置は、川口・上藤(2016)の方法を参考に設定した。日射量センサーは、ビニルハウス中央部の高さ2mに設置して15分間隔で感知し、遮光資材は、放射照度295W・m⁻²(照度1lx)から換算(Thimijan・Heins, 1983))で遮光状態、

第1図 正常果(左)およびつやなし果(右)の外果皮表面(拡大率50倍)
図中の◄は、果皮表面の微細な亀裂を示す

放射照度 $219 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下で開放状態となるように設定した。また、放射照度が $295 \sim 219 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ の範囲内では、直前の遮光または開放状態を維持した。着果促進剤は、1週間に1回の頻度で4-CPA 100倍液をハンドスプレーを用いて開花している花に0.5 mL噴霧した。調査は、1か所当たり連続5株を反復とし、各区のハウス内の3か所を3反復として調査し、統計処理した。6月20日～10月31日の間、完熟期(大久保・前沢, 1965)に達した果実を収穫して規格別の個数、重量およびつやなし果や尻腐果などの障害果を調査した。実験終了時の成長量として、10月31日に主枝の茎長、節数および茎径を調査した。栽培期間中の施設内環境は、ハウス中央部の高さ2 mに各測定機器を設置して測定した。気温は強制通風型のシェルター(ファン付ラジエーションシールド VTI-RSF-1, (株)ビジョンテック)内の自記温度計(ワイヤレスデータロガー RTR576H, (株)ティアンドデイ)、照度は自記照度計(TR-74Ui, (株)ティアンドデイ)を用いて、それぞれ15分ごとに測定した。つやなし果の調査は実験1と同様の方法で行った。

結 果

1. 着果促進剤がミニトマトのつやなし果発生に及ぼす影響(実験1)

第1図に50倍で撮影した正常果およびつやなし果の外果皮表面を示した。つやなし果の表面では、正常果にはみられない微細な亀裂が無数に観察された。

第2図に正常果およびつやなし果の収穫日の重量を100とした時のその後の重量割合の推移を示した。つやなし果の収穫後の果実重量割合は、正常果と比較して低く推移し、収穫72時間後には収穫時の87%であり、正常果の97%と比較して有意に低かった。

第3図に、4-CPAの100倍液の噴霧処理によるつやなし果の発生率を示した。収穫した果実のつやなし果発生率は、4-CPA区が5～12%、無処理区が22～39%であり、7月20日および8月16日の調査では区間に有意差が認められた。

第2図 正常果およびつやなし果の収穫後の重量比の推移

^z 図中の垂線は標準誤差を示す (n=15)

^y アークサイン変換後のt検定により、経過時間ごとの
**は1%水準で有意差があることを示す

第3図 着果促進剤がつやなし果の発生率に及ぼす影響

^z 図中の垂線は標準誤差を示す (n=3)

^y アークサイン変換後のt検定により、調査日ごとの
*は5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

2. 遮光処理がミニトマトのつやなし果の発生と収量に及ぼす影響(実験2)

遮光および調光処理期間中における施設内外の放射照度の日変化を第4図に、施設内外気温の日変化を第5図に示した。2016年7月22日は、日の出後11時まで曇天でそ

第4図 処理期間中の放射照度日変化

第5図 処理期間中の気温日変化

の後、晴天となり15時30から16時15分まで再び曇天となった。同日の施設内外の放射照度は、施設外が最も高く、対照区、調光区および遮光区の順番で推移した。調光区は、放射照度が $288 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ となった11時までは対照区と同程度で遮光区と比較して高かった。その後、調光区は放射照度 $176 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ となった15時45分まで遮光区と同程度で対照区と比較して低かった。15時45分以降、調光区は対照区と同程度で遮光区と比較して高く推移した。終日曇天であった2016年7月25日の施設内外の放射照度は、施設外が最も高く、調光区は対照区と同程度で推移し、最高で $211 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ であった。遮光区は調光区および対照区と比較して低く推移した。7月22日の調光区の放射照度は、概ね遮光状態となる設定の放射照度 $288 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ までは対照区と同程度であり、その後は遮光区と同程度となったことから、概ね設定どおりの放射照度で遮光状態となっていた。一方、放射照度 $176 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ までは遮光区の放射照度と同程度であり、その後は対照区の放射照度と同程度となったことから遮光資材を開放する設定を行った放射照度 $219 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ よりも低い放射照度で遮光資材が開放されていた。

2016年7月22日の施設内外の気温は、0時から9時半までは、いずれの区も同程度で施設外気温並であった。日中は、施設外が最も低く、遮光区および調光区は同等で、12時から15時まで対照区と比較して低く推移した。19時以降は、いずれの区も同程度で施設外気温並であった。2016年7月25日の施設内外の気温は、0時から9時30分までは、いずれの区も同程度で施設外気温並であった。そ

の後、施設外が最も低く、遮光区および調光区は対照区と同程度で推移した。20時30分以降は、いずれの区も同程度で施設外気温並であった。

第1表に遮光方法がミニトマトの地上部成長に及ぼす影響を示した。茎長は、遮光区および調光区が対照区と比較して有意に大きかった。節数は、いずれの区も遮光方法による差はみられなかった。節間長は、遮光区および調光区が対照区と比較して有意に大きかった。茎径は、遮光区および調光区が対照区と比較して小さかった。

第2表に遮光方法がミニトマトの収量およびつやなし果の発生に及ぼす影響を示した。1株当たりの収穫果実数は、

第1表 遮光方法がミニトマトの地上部成長に及ぼす影響

遮光方法	茎長 ^z (cm)	節数 ^y (節)	節間長 ^x (cm)	茎径 ^w (mm)
対照(なし)	584.0 a ^v	79.2	7.3 a	12.0 a
遮光	631.7 b	77.3	8.1 b	10.5 b
調光	625.3 b	80.3	7.8 b	10.8 b
分散分析	* ^u	NS	*	*

^z 子葉節から摘心した24段果房の上位3葉までの長さ

^y 子葉節から摘心した24段果房の上位3葉までの節数

^x 茎長を節数で除した値

^w 第3, 6, 9, 12, 15, 18, 21および24段果房直下の茎径の平均値

^v 同一調査項目において、異なる英小文字間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差があることを示す(n=3)

^u *は5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

第2表 遮光方法がミニトマトの収量およびつやなし果発生に及ぼす影響

遮光方法	収穫果実数 (果/株)	平均 1果重 (g)	総収量 (kg/株)	可販果 収量 ^z (kg/株)	つやなし果	
					果実数 (果/株)	発生率 (%)
対照 (なし)	315.9 a ^y	14.8	4.1	3.2	47.7 b	15.0 b ^x
遮光	335.9 a	14.1	4.3	3.3	23.3 a	7.2 a
調光	355.9 b	14.3	4.6	3.7	33.7 b	9.3 a
分散分析	* ^w	NS	NS	NS	*	*

^z Sサイズ (果実の直径が19～24 mm) 以上の正常果^y 同一調査項目において、異なる英小文字間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差があることを示す (n=3)^x つやなし果発生率において、異なる英小文字間には、arc-sin変換後のTukeyの多重検定により5%水準で有意差があることを示す (n=3)^w *は5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

第6図 遮光方法がミニトマトの月別可販果収量に及ぼす影響

^z 調査時期ごとの異なる英小文字間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

調光区が対照区および遮光区と比較して有意に多かった。平均1果重、1株当たりの総収量および可販果収量は、全収穫期間いずれの区も遮光方法による差はみられなかった。1株当たりのつやなし果の発生果実数は、調光区および対照区が遮光区と比較して有意に多かった。しかし、総収穫果実数に占めるつやなし果数の割合である発生率は、遮光区および調光区が対照区と比較して有意に低かった。

第6図に遮光方法がミニトマトの月別の可販果収量に及ぼす影響を示した。6、7および10月の月別可販果収量は、いずれの区も遮光方法による差はみられなかった。8月は、遮光区および調光区が対照区と同程度であったが、調光区が遮光区と比較して有意に多かった。9月は、遮光区および調光区が同程度であり、対照区と比較して有意に多かった。

第7図に栽培期間中の旬別の施設内日最高気温の平均値およびつやなし果の発生率の推移を示した。対照区の施設内日最高気温は、6月下旬まで30℃以下で推移したが、7月上旬には34.0℃まで急激に上昇した。その後も徐々に上昇して8月中旬には37.4℃に達した。8月下旬以降は徐々に低下し、10月下旬には24.7℃となった。遮光区お

第7図 旬別の施設内日最高気温の平均値およびつやなし果の発生率の推移

^z 英文字は凡例順に示しており、調査時期ごとの異なる英小文字間には、アークサイン変換後のTukeyの多重検定により5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す^y 図中の垂線は標準誤差を示す (n=3)

び調光区についても同様の推移を示したが、施設内日最高気温がピークとなった8月中旬の平均は、遮光区が36.5℃で、調光区が36.1℃であった。つやなし果の発生率は、いずれの区も7月中旬までは5%以下で推移したが、7月下旬以降に上昇し始めた。特に、対照区の発生率は、8月下旬から急激に上昇し、9月中旬には46%に達した後、9月下旬からは低下した。遮光区および調光区についても、同様の推移を示し、9月上旬に上昇し、9月下旬にはそれぞれ19および18%に達し、10月上旬から低下した。第3表に各区のハウスにおける収穫時期 (旬) の4旬前までの旬別の施設内日最高気温の平均と旬別のつやなし果発生率の平均値との相関係数を示した。いずれの遮光方法も収穫

第3表 異なる遮光方法で栽培したミニトマトの収穫時期（旬）4旬前までの旬別の施設内日最高気温の平均値とつやなし果の発生率との相関係数

遮光方法	施設内最高気温の平均			
	4旬前	3旬前	2旬前	1旬前
対照（なし）	0.814*** (0.000)	0.827** (0.000)	0.609** (0.000)	0.277 (0.090)
遮光	0.728** (0.000)	0.646** (0.000)	0.230 (0.157)	-0.006 (0.720)
調光	0.614** (0.000)	0.625** (0.000)	0.205 (0.206)	-0.023 (0.884)

***は1%水準で有意差があることを示し、()内はp値を示す (n=13)；なお、収穫時期は2016年6月20日から10月31日

第8図 収穫時期（旬）4旬前の旬別の施設内日最高気温の平均値とつやなし果の発生率との関係
 r^2 は決定係数を示し、**は1%水準で有意であることを示す
 収穫時期は2016年6月20日から10月31日

時期の4および3旬前の施設内日最高気温の平均とつやなし果発生率との間に正の相関関係が認められ、対照区では収穫時期の2旬前についても正の相関関係が認められた。第8図に収穫時期（旬）4旬前の施設内日最高気温の平均と旬別のつやなし果発生率の平均値との関係を示した。いずれの遮光方法も収穫時期の4旬前の日最高温度の平均が高いほどつやなし果の発生率が高く、特に35°C以上では19%から46%と高かった。

考 察

ミニトマト夏秋栽培において、つやなし果の発生による減収と選果労力の増大が問題となっており、発生に及ぼす要因解明と対策技術としての着果促進剤処理と遮光について検討した。

正常果と比較してつやなし果では、外果皮に生じた亀裂からの水分損失により収穫後の果実重量の減少が多いと報告し（細淵ら, 2013）、西沢ら（2017）は、ミニトマトのつやなし果で同様の報告をしている。本実験で発生したつやなし果は、外果皮表面に微細な亀裂が多数観察され（第1図）、正常果と比較して収穫後の果実重量の減少割合も大きかった（第2図）。これらのことから、本実験で発生したつやなし果は、これまでに報告されたトマト類と同様の症状であると考えられた。

着果促進剤（4-CPA）の噴霧がつやなし果の発生に及ぼす影響について、実験1における調査期間中の7月20日から8月23日までのつやなし果の発生率は、4-CPAの100

倍液を処理した4-CPA区では5～12%と無処理区の22～39%と比較して有意に低い時期があり、顕著な抑制効果を示された（第3図）。本実験で着果促進剤として用いた4-CPAは、合成のオーキシン活性物質（宍戸・堀, 1989）であり、オーキシン類の処理は、単為結果を誘起して果実の発育がよくなり、特に果皮部の発育がよくなることが知られている（斎藤, 1984b）。このことから、本実験においても4-CPAの噴霧によって果皮部の肥大が良好となり、亀裂の発生が抑制されたと推察した。その結果、果皮の亀裂の発生によるつやなし果の発生も抑制されたと考えられた。これらのことから、オーキシン活性を持つ4-CPA100倍液の噴霧はミニトマト夏秋栽培においてもつやなし果の発生抑制技術として有効であることが示唆された。しかし、実験2における無遮光の対照区では、4-CPAを噴霧していたにも関わらず8月下旬以降につやなし果発生率が上昇し、9月中旬には40%を超えていた（第7図）。従って、つやなし果の発生が増加する8月下旬以降に収穫する果実においては、4-CPAの噴霧のみでは、つやなし果の発生を抑制することが困難であると考えられた。ただし、8月23日以降は、4-CPA100倍処理の有無によるつやなし果の発生を調査していないため、つやなし果の発生ピーク時における4-CPA100倍処理による発生抑制効果は不明であり、今後、この時期の効果を検討する必要があると考えられた。

次に、遮光処理による強日射の回避と施設内の昇温抑制がつやなし果の発生に及ぼす影響を検討した。遮光処理した遮光区および調光区のつやなし果の発生率は7および

9%であり、無遮光区の15%と比較して有意に低かった(第2表)。その結果、つやなし果の発生がピークであった9月の可販果収量は遮光処理した遮光区および調光区が株当たり0.8および1.0 kgであり、無遮光区の0.4 kgと比較して有意に多く(第6図)、遮光処理はつやなし果の発生抑制対策として有効であると考えられた。西沢ら(2017)は、果実肥大期において、急激な細胞肥大が生じると表皮面積当たりのクチクラ量が減少するため、果実の膨圧に耐えられずにクチクラの構造が破壊されて亀裂が生じると報告している。また、Doraisら(2004)は、強光は、気温や果実温度の上昇に関係し、温度の上昇は、果実への同化産物の供給と果実肥大率の上昇(Pearceら, 1993)によって間接的にトマト果皮の微細な亀裂を増加させると報告している。本実験2において、終日曇天であった2016年7月25日は、遮光処理の有無に関わらずいずれの区も気温の推移は終日同程度であった(第5図)。しかし、11時から15時30分まで晴天であった7月22日は、遮光処理によって遮光区および調光区の放射照度が対照区と比較して低く推移した。このため、遮光区および調光区の12時から15時まで気温は、対照区と比較して低く推移し、最大で2°C以上低かった。未調査のため果実温度については不明であるが、本実験においても晴天日の遮光処理による日中の施設内気温の上昇抑制が果実肥大率の上昇を抑制した可能性があり、結果としてつやなし果の発生を抑制したものと推察された。

また、トマトの開花期の花は、35°C以上の高温に遭遇すると花粉や胚のうに障害を生じ、開花および結実が不良になるとされ(斉藤, 1984b)、大川ら(2007)は、開花期の日最高気温の平均が39.2°Cの高温条件において、大玉トマトの果皮のつやがなく、肥大が悪い発育不良果が多発すると報告している。本実験2において、対照区のつやなし果発生率は、9月上旬から下旬まで高い発生率で推移していた(第7図)。夏季のミニトマト果実は、開花後40日程度で成熟する(斉藤, 1984c)ことから、この時期に収穫時期であった果実の開花期は、概ね7月下旬から8月中旬頃であったと推定できる。この期間の対照区の旬別施設内日最高気温の平均は、35.3から37.4°Cと35°Cを越えていた(第7図)。収穫時期の4旬前の旬別施設内日最高気温の平均は、いずれの区においてもつやなし果発生率と正の相関関係が認められ(第3表)、35°C以上ではつやなし果の発生率が19%から46%と高かった(第8図)。対照区が7月下旬から8月中旬に35°C以上の気温に遭遇した時間は、111時間であり遮光区および調光区の84時間以下と比較して長かった。これらのことから本実験においても、遮光処理によって日最高気温が低く推移し、開花時期の花が35°C以上の高温に遭遇する時間が短くなったため胚のうの障害が軽減された可能性があり、つやなし果の発生が抑制された要因の一つとなっていたものと推察された。

次に、遮光方法と地上部成長の関係については、中玉ト

マトおよび大玉トマトにおいて、強日射時のみ遮光して過剰な光を軽減することにより、無遮光や常時遮光と比較してトマト苗の乾物重が増大する(吉田ら, 2002)ことや、無遮光と比較して茎の伸長促進、葉面積および茎径が増大する(吉田・中園, 2006)ことが報告されている。ミニトマト‘サンチェリービュー’を供試した本実験においては、対照区と比較して、調光区の茎の伸長が認められたものの茎径の増大は認められず遮光区と同程度であった。このことは、調光区では、放射照度295 W・m⁻²以上で遮光状態としたが、吉田・中園(2006)の実験の350 W・m⁻²と比較して遮光を開始する光強度が低く、徒長気味の生育となった可能性が考えられた。

遮光方法と収量の関係については、これまでに大玉トマトにおいて、強光時のみ遮光することにより無遮光と比較して増収することが報告されている(川口ら, 2014; 吉田・中園, 2006)。その理由として、吉田・中園(2006)は、遮光によって花蕾の温度が無遮光と比較して1~3°C低下したことで、着果率が向上したためであることを指摘している。ミニトマト‘サンチェリービュー’を供試した本実験においても、調光区の収穫果実数は、無遮光の対照区と比較して有意に多かった(第2表)。この理由として、遮光処理による花蕾の昇温抑制により受精への悪影響が軽減されたことによって着果率が向上したことも考えられるが、4-CPA処理下での実験であったことから、4-CPA処理以前の花芽分化および発達に及ぼす昇温抑制の影響が大きかったものと考えられた。本実験では、いずれの区も生育期間の大半において施設内最高気温が花芽の分化および発達の適温である24~27°C(斉藤, 1984a)を大きく上回っていたが(第7図)、遮光処理により施設内の昇温が抑制されていた調光区では、無遮光の対照区と比較して花芽の分化および発達に及ぼす高温による悪影響が軽減された結果、着果数が多かった可能性が考えられた。

8月の可販果収量は、調光区が遮光区と比較して有意に多かった(第6図)。これは、遮光処理期間中の1日当たりの日射量は、調光区が遮光区と比較して多かった(第4図)ことから調光区と同化産物量が多くなったことによるものと考えられた。しかし、収穫期間全体の総収量および可販果収量は、調光区と遮光区との間に差はなく(第2表)、遮光区の処理期間が短かったことから大きな収量の差に至らなかったものと考えられた。

また、9月の可販果収量は、前述のとおりつやなし果の発生が少なかったために調光区が対照区と比較して多かった(第6図)。しかし、収穫期間全体の調光区の総収量および可販果収量は、対照区と比較して有意な差はなく(第2表)、川口ら(2014)および吉田・中園(2006)の報告と異なった。これは、前述の地上部成長への影響と同様に、実験2において遮光を開始した放射照度が295 W・m⁻²と、川口ら(2014)および吉田・中園(2006)の放射照度306および350 W・m⁻²と比較して低かったためと考えられた。

また、実験2における調光区の処理期間は、5月12日～10月31日であり、川口ら(2014)の処理期間である7月10日～10月31日と比較して長かったことも原因の1つとして考えられた。今後は、調光区の放射照度を $350\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ まで高めた条件での検討が必要であろう。

以上のことから、ミニトマト夏秋栽培において、4-CPA 100倍液の噴霧および遮光処理による昇温抑制は、つやなし果の発生を抑制する方法として有効であることが明らかとなった。また、遮光処理については、日射量に応じて遮光する調光処理は、常時遮光処理と比較して可販果収量が一時的に増加したことから、遮光資材を開閉する日射量を検討する必要があるが、つやなし果の発生を抑制しつつ常時遮光による減収を回避する方法として有効であると考えられた。

摘 要

ミニトマト夏秋栽培におけるつやなし果の発生を抑制するため、着果促進剤(4-CPA)および遮光がつやなし果の発生に及ぼす影響について調査した。4-CPA処理におけるつやなし果発生率は、5～12%であり、無処理の22～39%と比較して有意に低かったことから、4-CPA処理は、つやなし果の発生抑制技術として有効と考えられた。また、遮光処理によって施設内の昇温を抑制した遮光区および調光区のつやなし果の発生率は7および9%であり、無遮光区の15%と比較して有意に低く、つやなし果の発生が最も多い9月の可販果収量は遮光処理した遮光区および調光区が株当たり0.8および1.0kgであり、無遮光区の0.4kgと比較して有意に多かった。これらのことから、遮光による昇温抑制は、つやなし果の発生抑制技術として有効と考えられた。遮光処理の方法について、強日射時のみ遮光する方法は、つやなし果の発生抑制効果に加えて、常時遮光する方法と比較して可販果収が一時的に増加したことから、つやなし果の発生を抑制しつつ常時遮光による減収を回避する方法として有効であると考えられた。

引用文献

- Bertin, N., S. Guichard, G. Leonardi, J. J. Longuenesse, D. Langlois and B. Navez. 2000. Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions, as affected by air vapour pressure deficit and plant fruit load. *Ann. Bot.* 85: 741–750.
- Dorais, M., D.-A. Demers, A. P. Papadopoulos and W. V. Ieperen. 2004. Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. *Hort. Rev.* 30: 163–184.
- 広島県農林水産局. 2012. かん水と窒素量の目安. ミニトマト養液土耕栽培. p. 1. 広島.
- 細淵幸雄・斉田純子・五十嵐俊成. 2013. 北海道南部で発生したトマトのつやなし果の形態的特徴とその判別法. *園学研.* 12: 83–87.
- 井出 治・龍 勝利・國武みどり・小熊光揮・奥 幸一郎. 2011. 高温期のトマト低段密植栽培における積算日射量を指標とした遮光方法. *福岡農総試研報.* 30: 30–33.
- 金浜耕基・斉藤 隆. 1988. トマトの花序型に関する研究. *園学雑.* 57: 426–432.
- 川口岳芳・越智資泰・上藤満宏・堀野克己・木場剛志. 2014. 夏秋トマトにおける品種および遮光方法が生育、収量および裂果に及ぼす影響. *園学研.* 13 (別2): 421.
- 川口岳芳・越智資泰・上藤満宏・堀野克己・木場剛志・石倉 聡. 2017. 農業用ハウス内の光環境を適正化する低コスト「自動調光システム」の開発. *日本生物環境工学会大会講演要旨集.* p. 240–241.
- 川口岳芳・上藤満宏. 2016. トマト栽培用自動調光制御方法およびその装置. 特許公開 2016-182074.
- 木村真美・藤谷信二・一万田賢治. 2012. 夏秋雨除けトマト栽培における裂果軽減技術(第I報). 大分県農林水産研究指導センター研究報告(農業研究部編). 2: 23–42.
- 森田香利・石原俊幸. 2016. ミニ・中玉トマト抑制栽培における4-CPA液剤処理濃度とつやなし果の発生との関係. 新しい技術 53. 鳥取県農林水産部. 鳥取. <<http://www.pref.tottori.lg.jp/secure/954470/53sje06.pdf>>.
- 西沢 隆・金子暁夫・後藤 楓. 2017. ミニトマトにおける「つやなし果」の形態的および生理的特徴. *園学研.* 16 (別1): 102.
- 野村康弘・鈴木隆志・塩谷哲也. 2005. 遮光資材による夏秋トマト裂果発生抑制技術. *岐阜中山農技研報.* 5: 11–16.
- 岡田牧恵・房尾一宏・川口岳芳・山本真之. 2013. 夏秋トマト低段密植栽培における栽植密度、作型、収穫果房数および培地量が生育と収量に及ぼす影響. *広島総研農技セ研報.* 89: 9–17.
- 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.
- 大久保増太郎・前沢辰雄. 1965. 青果物の鮮度保持に関する研究(第2報)長距離輸送トマトの追熟におよぼす温度採取熟度およびポリエチレン包装の影響. *千葉農試研報.* 6: 181–190.
- Pearce, B. D., R. I. Grange and K. Hardwick. 1993. The growth of young tomato fruit. 1. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environment. *J. Hort. Sci.* 68: 1–11.
- 斉藤 隆. 1984a. 花芽発育の生理, 生態. 基 75–94. 農業技術大系野菜編2. トマト. 農文協. 東京.
- 斉藤 隆. 1984b. 開花, 結実の生理, 生態. 基 95–114.

- 農業技術大系野菜編2. トマト. 農文協. 東京.
- 齊藤 隆. 1984c. 果実の発育と成熟の生理, 生態. 基 115–162. 農業技術大系野菜編2. トマト. 農文協. 東京.
- 宍戸良洋・堀 裕. 1989. トマト果実肥大期における光合成産物の転流分配に及ぼす生長調整物質 (4-CPA) の影響. 園学雑. 58: 391–399.
- 寺林 敏・鈴木未央・伊達修一. 2009. トマトのつやなし果発生に及ぼす着果促進処理の影響. 園学研. 8 (別 2): 256.
- Thimijan, R. W. and R. D. Heins. 1983 Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: A review of procedures for interconversion. Hort. Sci. 18: 818–822.
- 山本哲靖・房尾一宏・岡田牧恵. 2001. 簡易で安価なイチゴの本圃高設栽培技術. 第33回広島農技セ成果発表会要旨集. p.73–78.
- 野菜・茶業試験場. 1989. トマト. p.72–86. 改訂版全国野菜・花きの種類別作型分布の実態とその呼称 (野菜編). 農林水産省野菜・茶業試験場. 三重.
- 吉田裕一・羽場清人・村上賢治・榊田正治. 2002. 高温強日射時の遮光処理がトマト苗の乾物生産とエネルギー散逸に及ぼす影響. 園学雑. 71 (別 2): 345.
- 吉田裕一・中園堯士. 2006. 自動遮光制御による強光ストレスの軽減がトマトの果実発育に及ぼす影響. 園学雑. 75 (別 2): 290.