

トマト果梗における物理的処理後の組織形態の変化

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	鈴木,克己 木村,一郎 河崎,靖 安場,健一郎 東出,忠桐
発行元	園芸学会
巻/号	11巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 569-575
発行年月	2012年10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



トマト果梗における物理的処理後の組織形態の変化

鈴木克己^{1a*}・木村一郎²・河崎 靖³・安場健一郎¹・東出忠桐¹

¹ 農研機構野菜茶業研究所 305-8666 茨城県つくば市観音台

² 山口農林事務所 753-0064 山口県山口市神田町

³ 農研機構野菜茶業研究所 470-2351 愛知県知多郡武豊町

Morphological Studies on Change of Peduncle after Physical Treatment in Tomato

Katsumi Suzuki^{1a*}, Ichiro Kimura², Yasushi Kawasaki³, Ken-ichiro Yasuba¹ and Tadahisa Higashide¹

¹National Institute of Vegetable and Tea Science, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666

²Yamaguchi Agricultural Office, Kanda, Yamaguchi, Yamaguchi 753-0064

³National Institute of Vegetable and Tea Science, Taketoyo, Chita, Aichi 470-2351

Abstract

It was reported that the incidence of fruit cracking decreased with twisting of the peduncle in tomato. However, the detailed process in the peduncle was unclear after physiological treatment. In this study, we observed morphological changes in the peduncle during tomato fruit development after physiological treatment. One day after treatment, the secondary xylem detached from the cambium, the inner space expanded in the pith and cortex, and cell arrangement was disordered in the cambium. Three days after treatment, a thin cell wall was newly observed around the phloem, and callus tissue with meristic cells was formed around the inner phloem and cambium. Hypertrophic cells appeared in a detached region near the cambium. Five to nine days after treatment, wound vessels, wound phloem, and new cambium differentiated and spread in the callus, and connected with the vascular system of the normal region in the peduncle. From these observations, it was suggested that the pathway of vascular bundles was destroyed with physiological treatment, but a new connection of vascular bundles with callus formation was constructed again, and the supply system conveying nutrients for fruit development was reorganized.

Key Words : anatomy, callus, fruit cracking, hydroponics, vascular bundle

キーワード : 維管束, 解剖学, カルス, 裂果, 養液栽培

緒 言

生育中に果実表面が裂ける裂果は、トマト栽培における深刻な生理障害である。裂果は高温、高湿度、日較差大、強日射条件などの環境下において、着果負担低、ソース/シンク比大、低頻度・多量の灌漑、塩類バランスの崩れ、低ECなどの要因により発生する(Doraisら, 2004)。我が国の夏秋トマトにおいても深刻な問題となっており、茎葉や果実に日射が当たりやすい条件で発生しやすく(鈴木・柳瀬, 2005)、特に、幼果期～緑熟期頃までの積算日射量が多く肥大が旺盛な果実で生じやすいことが示されている(鈴木ら, 2007)。また、日ごとの飽差の差と裂果発生には正の相関が見られることが報告されている(渡邊ら, 2006)。

裂果発生に伴う果実表面の亀裂の入り方は様々で、表皮のクチクラ層および表皮細胞の間が裂けて広がり、ひどいものでは果実の上半分に何本もの裂け目が入るものもある。正常な果実では果実の肥大に伴い表層の細胞の肥大とクチクラ伸張のバランスがとれて肥大するが、裂果では果実への急激な水分流入によりバランスが崩れ、表面に亀裂を生じるとされている(Doraisら, 2004)。

裂果発生を抑制する対策として、発生要因となる環境を制御するため、株全体の遮光、果実遮光、近赤外線除去フィルムの利用などが示されている(雨ヶ谷ら, 1984; 野村ら, 2006; 鈴木ら, 2009; Wadaら, 2006)。これらの対策は特別な資材が必要であり、遮光資材の展張に伴う光量低下による収量の減少も懸念される。資材を利用しない裂果対策として、山下ら(1994)は、果実への水分流入を阻止するため、果梗部を収穫直前にペンチで強く捻枝することが有効であることを示した。しかし、果梗をペンチで捻枝することが、水の流入経路である維管束にどのようなダメージを与え、果実への水分流入を阻止するのかについて詳細なことは分かっていない。果梗を捻枝する場合には、果梗の内

2012年1月6日 受付。2012年3月22日 受理。

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」において行われた。また本報告の概要は園芸学会平成22年度秋季大会、平成23年度秋季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: skatsumi@affrc.go.jp

^a現在: 470-2351 愛知県多岐郡武豊町

部形態を考慮し、どの部位にダメージを与え、水分流入を減少させるかイメージすることが必要と思われる。そこで、本研究では、山下ら（1994）が提唱したベンチによる捻枝処理が裂果発生に及ぼす影響を再検討し、果梗が物理的処理を受けた場合の内部構造の変化、および果実の肥大に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

1. 物理的処理が裂果発生に及ぼす影響

野菜茶業研究所武豊野菜研究拠点内で、トマト (*Solanum lycopersicum* L.) ‘ビットリオ’（朝日工業）を2009年6月1日に播種し、閉鎖型苗生産システムで一次育苗を用い、6月28日にロックウールキューブに鉢上げし、7月10日に敷地内にある超低コストハウス（高市，2007）内に設置した長さ90 cmのロックウールスラブに4本ずつ定植した。1本仕立てとし、EC0.8～1.2 ds・m⁻¹（大塚 SA 処方）の養液で掛け流し栽培した。各果房の第1～4花以外は除去した。果梗への処理として、第1果房を8月17日、第2果房を8月25日、第3果房を9月4日に、切り込み処理（カッターで果梗の半分にくさび状に切り込みを入れた）、中心部圧迫処理（凹凸状の電工ペンチで果梗部位の中心部分を押し潰した）、捻枝処理（ペンチで組織が潰れる程度強く挟んだ）した。各処理を、離れて配置した4スラブに植えた16株ずつに対して行った。催色期～桃熟期の果実を収穫し、各処理における果実重と裂果の発生について調査を行った。各果房の収穫時期は第1果房では果梗処理2～5日後、第2果房では果梗処理8～10日後、第3果房では果梗処理7～10日後であった。裂果は1 cm以上の亀裂を有したものをすべて裂果とした。各処理区について、各果房における総果数と裂果数から裂果率を算出し、果重を調査した。

2. 物理的処理後の組織内部形態の変化

トマト品種‘桃太郎ヨーク’を播種し、一次育苗と二次育苗を行い、2010年8月12日に NFT システムに定植した。使用した温室や温室内のベッド配置、栽培システムは前報と同様である（鈴木ら，2011; Suzuki ら，2011）。9月22日に第2果房の果柄を捻枝処理した。第2果房の果実は9月29日～10月29日に収穫された。処理前、処理1，3，7および9日後にそれぞれ3個体から果柄の捻枝処理部分を切り離し、3%グルタルアルデヒドと1%パラホルムアルデヒドの混合溶液で約16時間固定した。その後、エタノールシリーズで脱水し、テクノビット7100に包埋した。2 μmの準超薄切片を作成し、トリジンブルー溶液で染色し、顕微鏡（BX50，オリンパス）で観察した。

3. 物理的処理が果実肥大に及ぼす影響

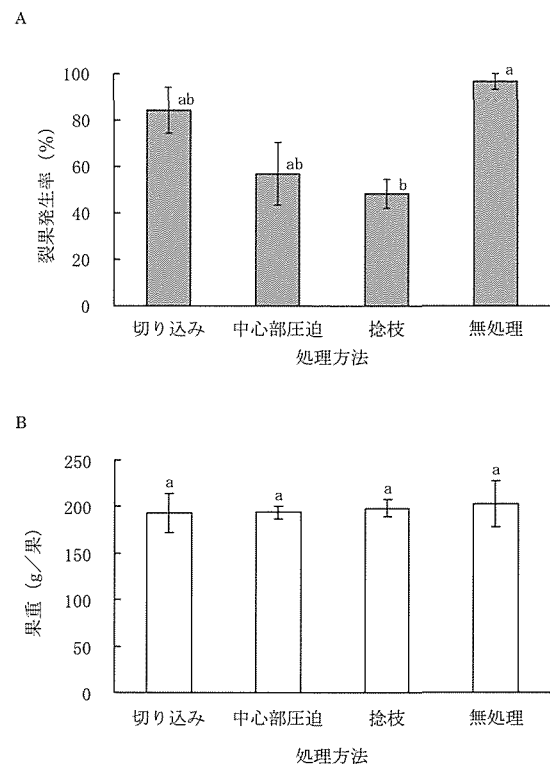
2010年12月9日にトマト品種‘桃太郎ヨーク’を上記と同じ NFT システムに定植した。配置した4本の栽培ベッドに、各列20本ずつ定植し、東西に振り分けて誘引した。第1果房について果実肥大後、果実数を4果に揃え、果実肥大期の2011年3月9日に果梗を捻枝処理した。捻枝処理

は内側の2本の栽培ベッドの東西に振り分けた4列について3株ずつの計12株で行った。また、それぞれの列の捻枝処理を行っていない3株ずつの計12株を対照とした。第1果房の果実は3月16日～4月1日に収穫された。果房の果実の直径を、処理7，5および3日前、処理当日、処理後2，4および7日にデジタルノギスで調査した。各果房の果実の直径の平均を算出し、処理日の果実直径値を1として、処理前と処理後の果実の相対値を算出した。処理前の果実生長を揃えるため処理5日前の値が0.922～0.977の果実をそれぞれ18個ずつ選びグラフを作成した。処理日の果実の直径の平均は5.31 cmであった。

結 果

1. 物理的処理が裂果発生に及ぼす影響

7月に定植し、8および9月に収穫した果実のほとんどのものは、1 cm以上の亀裂を有する裂果であった。それぞれの果房の収穫前にトマトの果梗をカッターにより約半分にくさび状に切れ込みを入れた切り込み処理、凹凸状のペンチで果梗の中心部分を潰した中心部圧迫処理、ペンチで果梗を全体的に強く潰した捻枝処理を行った結果、裂果発生率は、捻枝処理で無処理と比べて有意に減少した（第1図A）。一方、収穫した果実の重量では、処理間および無処理との間で有意差は認められなかった（第1図B）。



第1図 果梗への処理方法の違いによる裂果発生率(A)と果重(B)

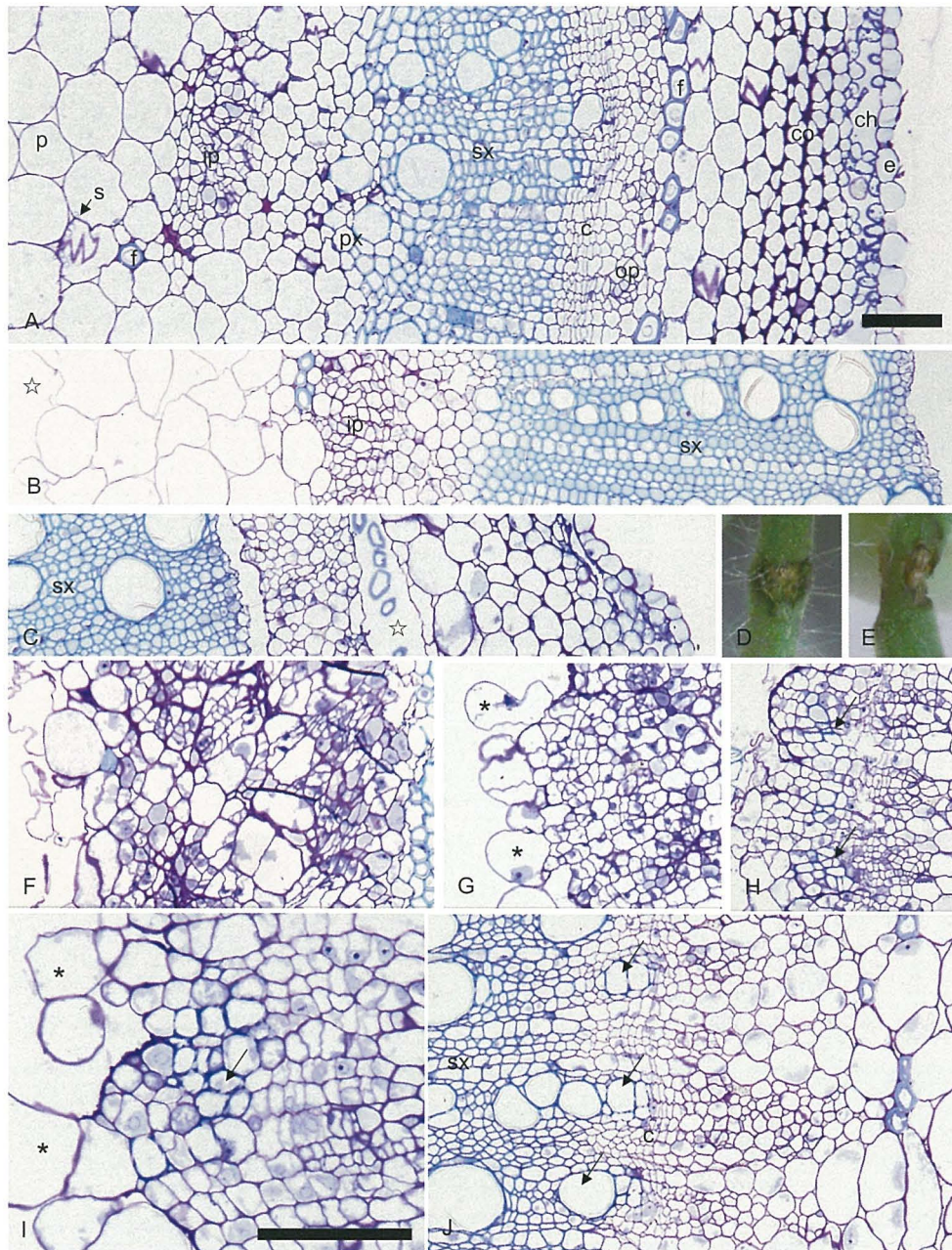
第1～3果房の平均

アルファベットが異なる場合、Tukey の多重検定（5%水準）による有意差あり

2. 物理的処理後の組織内部形態の変化

第2図Aは発達中の果梗の横断面である。トマト果梗は外側から、表皮(第2図A, e)、皮層(第2図A, chからopの間)、形成層(第2図A, c)、二次木部(第2図A, sx)、髄(第2図A, pxより内)に分けられた。表皮細胞のすぐ内側には葉緑体を多く含んだ部位(第2図A, ch)、その内側には細胞壁が肥厚した厚角細胞(第2図A, co)、師部と厚角細胞との間には繊維細胞(第2図A, f)が観察された。繊維細胞の内側に師部(第2図A, op)が配列し、師

部の内側には比較的小さな細胞で分裂活性が高い形成層(第2図A, c)が存在した。形成層の内側には細胞壁がリグニン化した多数の道管からなる二次木部(第2図A, sx)の層があった。二次木部の内側は髄となり、髄の二次木部に近い側には細胞壁がリグニン化中の原生木部(第2図A, px)があり、その内側に内部師部(第2図A, ip)が点在していた。内部師部の内側には皮層に見られたような繊維細胞(第2図A, f)が観察された。髄の柔細胞は比較的大型の細胞であり、内部にはデンプン粒(第2図A, s)が観



第2図 果梗の断面図(A～C, F～J)

捻枝処理後の果梗(D, E), 処理前(A), 処理1日後(B～D), 処理3日後(F～J), 処理5日後(E)
 c: 形成層, co: 厚角細胞, ch: 葉緑体を多く含んだ部位, e: 表皮, f: 繊維細胞, ip: 内部師部, op: 外部師部, p: 髄,
 px: 原生木部, s: デンプン粒, sx: 二次木部, *: 肥大した細胞, →: 傷道管, ☆: 細胞間隙
 スケール: 100 μm (A～C, F～H, J), スケール: 100 μm (I)

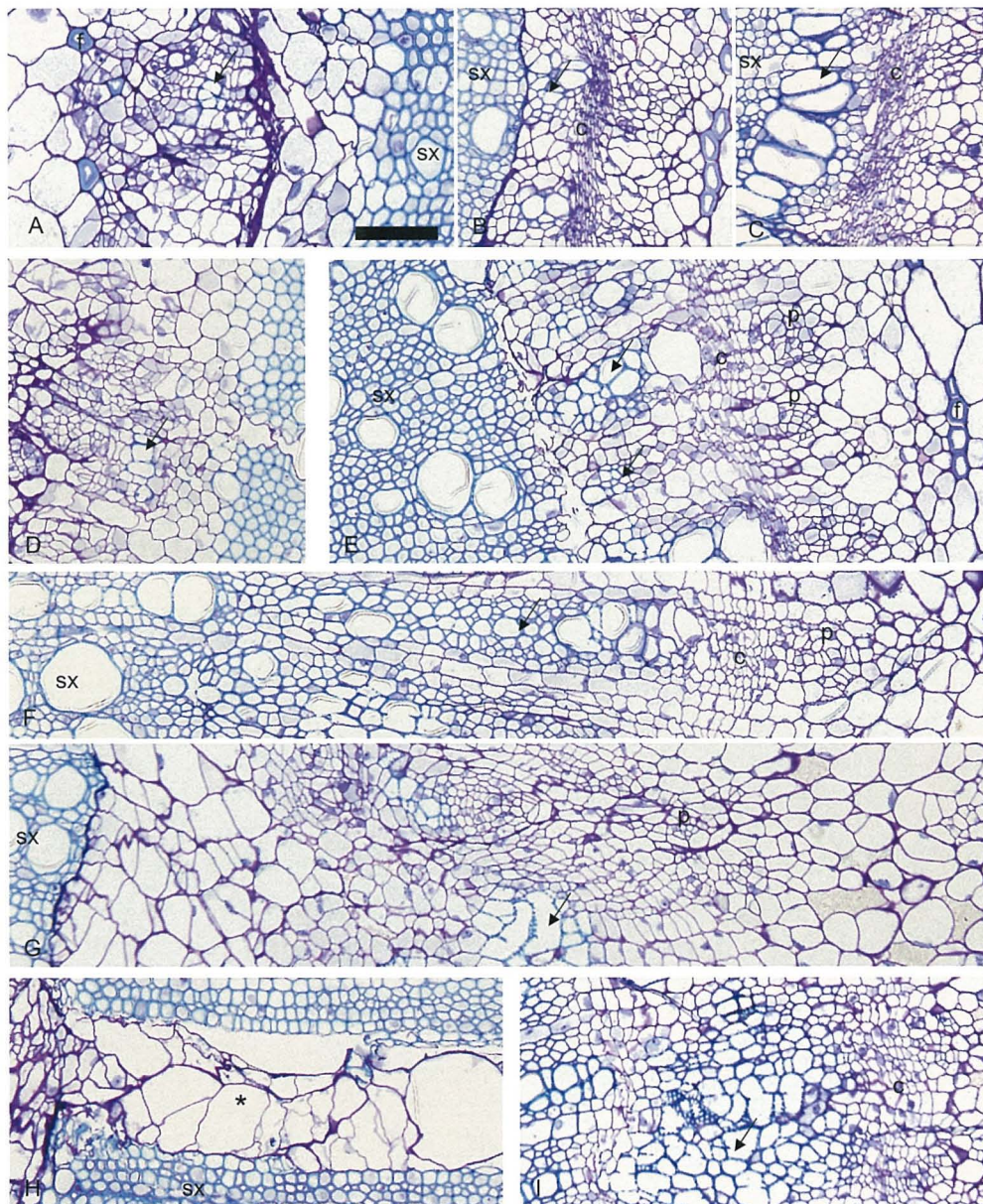
察された。

捻枝処理 1 日後には、ペンチで強く挟むことで傷ついた捻枝部位は乾燥し褐変した（第 2 図 D）。内部を顕微鏡で観察すると二次木部より外側が破壊され消失した部位（第 2 図 B），二次木部と形成層が乖離した部分（第 2 図 C）が観察された。また、髓の部位、皮層の繊維細胞周辺なども空隙が観察された（第 2 図 B, C, ☆）。二次木部から剥離した形成層部位では細胞の配列が乱れ、積み重なったような形成層ではなくなっていた（第 2 図 C）。

処理 3 日後、内部師部周辺は、新しい細胞壁ができ、細胞質の密度が高いメリスティックな細胞となりカルス化し

た（第 2 図 F）。形成層は二次木部から剥離し、形成層部位で剥離した細胞は水ぶくれ様に肥大していた（第 2 図 G, I, *）。また、剥離した部位の内部では、傷道管（wound vessels）が形成された（第 2 図 H, I, →）。捻枝処理して剥離した部位と剥離していない部位の境目あたりの結合部位では、二次木部の外側に道管が観察でき（第 2 図 J, →），傷道管と連絡しているものと推測された。また、その外側には、細胞が積み重なった形成層の細胞層が観察された（第 2 図 J）。

処理 5 日後には内部師部周辺がカルス化し増殖した組織中に、外側で見られたような傷道管が形成された（第 3 図 A）。二次木部の外側の、剥離した部位では 3 日後と同じく

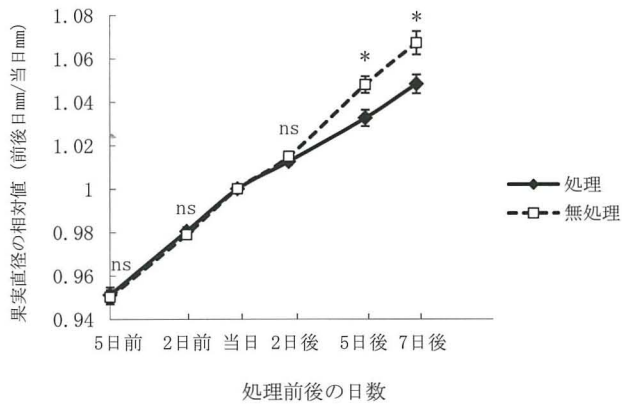


第 3 図 捻枝処理後の果梗断面図（A～I）

処理 5 日後（A～C），処理 7 日後（D～F），処理 9 日後（G～I）

c：形成層，f：繊維細胞，ph：師部，sx：二次木部，*：肥大した細胞，→：傷道管

スケール：100 μm （A～I）



第4図 捻枝処理後の果実直径の相対値の変化
*はt検定により5%水準で有意差ありを示す

傷道管ができ、その外側には細胞が密に積み重なった形成層が観察できた(第3図B)。結合部位では元々の二次木部の外側に比較的大型の道管が観察された(第3図C)。

処理7日後でも、内部師部周辺に傷道管が存在した(第3図D, →)。形成層の外側に細胞が環状に集まった師部組織の形成が見られた(第3図E, p)。さらに結合部位では二次木部の外側に細胞が積み重なった木部組織が形成された(第3図F)。

処理9日後も、処理7日後同様に、発達した傷道管が、剥離した部位の至る所で観察された。またその周辺には比較的小さな細胞が積み重なっていた(第3図G, I)。捻枝処理により二次木部が裂けた部位には肥大した細胞が観察され、空隙を埋めていた(第3図H)。

3. 物理的処理が果実肥大に及ぼす影響

捻枝処理による果実の肥大を明らかにするため、処理当日の果実の直径を1としてその相対値の変化を調査した(第4図)。処理日まで、捻枝処理に用いた果実は無処理の果実と同様に肥大していた。処理2日後、捻枝処理と無処理の果実直径の相対値には有意差はなかった。捻枝5日後、7日後には捻枝処理したものは、無処理のものに比べて、果実直径の相対値は有意に小さくなった。捻枝処理を行うことで果実の肥大率は低下したが、果実肥大そのものが停止することはなかった。

考 察

山下ら(1994)の報告同様に、果梗への捻枝処理により裂果の発生は抑制されることが、本試験でも確認できた。

果実発達中の果梗を捻枝処理で物理的に潰した場合、二次木部と形成層の間が剥離し、ダメージを受けていた。これは二次木部の道管の細胞壁がリグニン化して強度があるため比較的硬いのに対し、形成層より外側の部位の細胞は比較的柔らかく剥離しやすいためと思われる。外部からの観察でも捻枝処理後に果梗は環状に褐色に変色したため、果梗への捻枝処理は外部師管の連絡を切断したと思われる。ブドウでは環状はく皮により、師管の連絡を切断する

ことで、着粒安定、着粒肥大促進、成熟促進および着色向上に効果があることが報告されている(山根ら, 2008)。トマト果梗においても、ペンチなどで環状はく皮をすることにより外部師部からの流入を止めることができると思われる。

トマトの果実への水の流入や同化産物の流入に関する報告は多く、トマト果実への水の流入の主な経路は師管であることが推測されている。これは、果実表面に気孔がなくクチクラ層を通して蒸発するのみであるため、道管を通る水の割合が少ないことによる。トマト果実へ流入する師管液フラックスと道管液フラックスの割合は、栽培環境、果実数などの条件や日々の時間ごとにより変化し、約60～85%が師管により流入していることが示されている(Guichardら, 2005)。Arakiら(2004)は、果梗から果柄へ水は流入し、果柄へ流入した水の16%は果実およびがくからの蒸散により消失して、残りの86%が果実肥大に関与するとし、トマト果実への水の流入は、水ストレス条件下では道管液フラックスはほとんどなくなり、師管輸送が果実肥大を維持すると報告している。果実の糖濃度は、師管液の糖濃度に比例して決定されることも示唆されている(Jan・Kawabata, 2011)。これらの研究は、茎を環状に覆い熱処理を行うことで生きている師部組織の機能を破壊するヒートガードリング法を用いて行われている。トマト果柄へのヒートガードリング処理により、外部師部および内部師部とも機能が破壊され、道管のみが機能することが示されている(Guichardら, 2005)。トマト果実への水の流入を防ぐためには、師管からの水の流入を防ぐ必要があり、環状はく皮により外部師管の流れを止めることが有効である。しかし、トマト果梗では、髓内部にも内部師部が存在するため、処理は内部師部まで影響を与えるように処理する必要があると思われる。本実験での物理的処理で、主に内部の部位を潰した中心部圧迫処理や、茎に切り込みを入れ外部師管と道管の半分ほどを切断した切り込み処理では、裂果の発生の抑制程度は低く、それは、残った師部および道管を通して水が果実へ流入したためと思われる。ペンチにより強く捻枝処理した場合では、外部師管、道管、内部師管にもダメージを与えるため、他の処理よりも裂果発生が抑制できたと思われる。

二次木部内部の髓の部位に内部師管(internal phloem)が発達することは古くから報告され(Thompson・Heimsch, 1964)、内生韌皮部とも呼ばれている(田口, 1964)。内部師部と形成層の外側に位置する外部師部との役割の違いは不明であり、今後の研究が必要と思われる。

捻枝処理で傷害を受けた果梗では、細胞の肥大が見られ、その後、カルス化し、新たな維管束が形成され、癒着した。これらの現象は、接ぎ木時での接ぎ木部位で見られる現象に類似していた。接ぎ木の場合、切断1日後、皮層の部位の細胞の肥大が見られ、その後、カルス化して生長し、穂木と台木の隙間を埋め、4～5日後には内部に傷道管(wound vessels)が現れ、5日以降にそれらの道管が結合し、新し

い維管束連絡ができることが報告されている (Jeffree・Yeoman, 1983). また、別の報告でも、接ぎ木接合部には肥大した細胞 (hypertrophic cells) が出現し、カルス化した部位に新しい形成層が形成され、接ぎ木 8 日後には新しい道管と師管が接ぎ木接合部で完全に結合するとされている (Fernandez-Garcia ら, 2004). 切断された維管束では 2, 3 日で傷道管と傷師管 (wound-sieve elements) ができ、それぞれが連絡してブリッジを形成し、それまでの維管束と再結合し、その過程においてはいくつかの遺伝子が発現することが報告されている (Nishitani ら, 2002). 傷害応答時にはジャスモン酸が関与することが示唆されている (Wasternack ら, 2006). 以上のことから、捻枝処理により傷ついた維管束は、その後、接ぎ木部位で見られるように、カルス化し、傷道管や傷師管が形成され、再結合すると思われた. 本実験で処理 3 日後には傷道管が観察でき、5, 7 日後にはカルス化した内部に新しい維管束の走行が見られたことから、物理的な破壊処理により、維管束からの水の流入は一時的に阻害されるが、新しい維管束連絡の形成により徐々に回復するものと思われた.

以上のことから、果梗を捻枝することで、組織形態的に維管束が破壊され、果実への水の流れは阻害できることが確認できた. その後、新たな維管束連絡ができることで、果実への養分の供給は回復することが示唆された. よって、山下ら (1994) が提案した捻枝による裂果抑制は効果的であると考えられた. その際、本研究で示した果梗の内部形態を考慮し、どの維管束にどれくらいダメージを与えるか考慮しながら行うことが技術的に重要であると思われる. 現時点では、裂果の発生程度の予測が困難であり、捻枝を定量的に行うことができないため、果実への養分の供給量を精密に制御することが困難であるため、捻枝による裂果発生抑制技術は、夏～秋にかけて、裂果の発生が多いと予想される時期において、最初の裂果が認められた時に、商品果にならないものを軽減する対処方法として使用することが望ましいと思われる.

摘 要

トマトの裂果発生抑制対策として、果梗部をペンチで強く捻枝し、果実への水分流入を阻止する技術がある. 物理的処理が果梗部位の維管束などの組織形態に及ぼす変化について不明であるため、処理後の内部構造の変化について観察した. 捻枝処理 1 日後、果梗内部では二次木部と形成層が乖離し、髓の部位、皮層の繊維細胞周辺なども空隙が観察され、形成層部位は細胞の配列が乱れており、破壊されたことが伺えた. 処理 3 日後、師部周辺では、新しい細胞壁が形成され、細胞質が密となりカルス化した. 形成層付近の剥離した部位の細胞は肥大していた. カルス化した内部では、傷道管が形成された. 処理 5～9 日後に、カルス化し増殖した組織中には、多くの傷道管や、新たな形成層、師管が形成され、正常部位と維管束との連絡が観察さ

れた. 以上の結果から、果梗を物理的に処理することで維管束は破壊され、果実への水の流れは一旦阻害されるが、新たな維管束連絡ができることで、果実への養分の供給は復活すると思われた.

引用文献

- 雨ヶ谷 洋・小沼 寛・中垣至郎. 1984. 近紫外線除去フィルムが作物の生育、害虫の寄生に及ぼす影響 (3) トマトの生育に及ぼす影響. 茨城園試研報. 12: 81–88.
- Araki, T., T. Wajima, S. Yoshida and M. Kitano. 2004. Dynamic analysis of growth, water balance and sap fluxes through phloem and xylem in a tomato fruit: short term effect of water stress. *Environ. Cont. Biol.* 42: 225–240.
- Dorais, M., D-A. Demers, A. P. Papadopoulos and W. V. Ieperen. 2004. Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. *Hort. Rev.* 30: 163–184.
- Fernandez-Garcia, N., M. Carvajal and E. Olmos. 2004. Graft union formation in tomato plants: peroxidase and catalase involvement. *Ann. Bot.* 93: 53–60.
- Guichard, S., C. Gary, C. Leonardi and N. Bertin. 2005. Analysis of growth and water relations of tomato fruits in relation to air vapor pressure deficit and plant fruit load. *J. Plant Growth Regul.* 24: 201–213.
- Jan, N. E. and S. Kawabata. 2011. Relationship between fruit soluble solid content and the sucrose concentration of the phloem sap at different leaf to fruit ratios in tomato. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 80: 314–321.
- Jeffree, C. E. and M. M. Yeoman. 1983. Development of intercellular connections between opposing cells in a graft union. *New Phytol.* 93: 491–509.
- Nishitani, C., T. Demura and H. Fukuda. 2002. Analysis of early processes in wound-induced vascular regeneration using TED3 and ZeHB3 as molecular markers. *Plant Cell Physiol.* 43: 79–90.
- 野村康弘・鈴木隆志・塩谷哲也. 2006. 遮光資材による夏秋トマト裂果発生抑制技術. 岐阜中山間農技研報. 5: 11–16.
- 鈴木克己・水上宏二・土屋 和・安場健一郎・中野有加・高市益行. 2011. トマト低段密植栽培の二次育苗における徒長抑制と果実収量について. 園学研. 10: 183–189.
- 鈴木隆志・野村康弘・嶋津光鑑・田中逸夫. 2009. 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす着果制限、果房被覆および二酸化炭素施用の影響. 園学研. 8: 27–33.
- 鈴木隆志・柳瀬関三. 2005. 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす灌水および整枝の影響. 園学研. 4: 75–79.
- 鈴木隆志・柳瀬関三・塩谷哲也・嶋津光鑑・田中逸夫. 2007.

- 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす積算日射量の影響. 園学研. 6: 405–409.
- Suzuki, K., K. Yasuba, M. Takaichi, T. Takahashi and T. Hoshi. 2011. Effect of the supplemental lighting on the growth of young plants in second nursery in tomato. *Acta Hort.* 907: 269–276.
- 田口亮平. 1964. 植物生理学大要. 養賢堂. 東京.
- 高市益行. 2007. 超低コストハウスの開発. 農業機械学会誌. 69: 4–7.
- Thompson, N. P. and C. Heimsch. 1964. Stem anatomy and aspects of development in tomato. *Amer. J. Bot.* 51: 7–19.
- Wada, T., H. Ikeda, K. Matsushita, A. Kambara, H. Hirai and K. Abe. 2006. Effects of Shading in Summer on Yield and Quality of Tomatoes Grown on a Single-truss System. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 75: 51–58.
- Wasternack, C., I. Stenzel, B. Hause, G. Hause, C. Kutter, H. Maucher, J. Neumerkel, I. Feussner and O. Miersch. 2006. The wound response in tomato-role of jasmonic acid. *J. Plant Physiol.* 163: 297–306.
- 渡邊聖文・志和地弘信・岩堀修一・高橋久光. 2006. 施設栽培におけるトマト果実裂果発生要因の解析. 東京農業大農学集報. 50: 106–111.
- 山根崇嘉・浜名洋司・柴山勝利. 2008. ブドウにおける環状はく皮処理部位のテープによる被覆, 枝齡, 位置および師部組織の除去程度がはく皮部のゆ合と果実形質に及ぼす影響. 園学研. 7: 57–63.
- 山下文秋・青柳光昭・林 悟朗. 1994. 水耕トマトの低段密植栽培による周年生産 (第2報) 高温期における裂果防止対策. 愛知農総試研報. 26: 157–162.