

施設栽培におけるトマト果実裂果発生要因の解析

渡邊聖文*・志和地弘信**・岩堀修一**・高橋久光**

(平成 17 年 7 月 8 日受付/平成 17 年 10 月 27 日受理)

要約：収穫直前に発生するトマト果実の裂果について発生要因を探るため、埼玉県滑川町の農業生産法人において 3 年間の果実収量、裂果率、および当該地域の気象条件を踏まえ、温室内における気象条件の推移と裂果発生との関係について調査検討した。

トマト果実の裂果は、例年 4 月から 6 月に発生頻度が高くなるが、温室内の気温および湿度が大きく変動する時期であり、1 日における、気温および湿度も日ごとに大きく変動する。これら日中の気温および湿度から飽差を算出し裂果発生との関係について検討した結果、日毎の飽差の差と裂果発生との間には正の相関がみられた。このことから、裂果の発生には、飽差の変動が関与している可能性が示唆された。

キーワード：施設栽培、裂果、飽差、トマト果実

1. 緒 言

著者の 1 人渡邊が生産に携わっている、埼玉県滑川町の農業生産法人で、約 2.7 ヘクタールのガラス温室内で、中玉トマトのロックウール栽培を行い、年間約 300 トンのトマトを生産・出荷している。

しかしながら、収穫直前に、トマト果実の表皮が裂開する、いわゆる裂果がしばしば発生し、多いときには収穫量の 3 割ほども達することがあり、この農場のみならず、トマト栽培農家の生産を制限する大きな原因となっている。今後、国内外の様々な地域にトマト施設栽培が普及することを考えると、この裂果発生という生産上の問題を整理し、その要因や発生の機構を解明することが非常に重要であると考えられる。

これまで、果実の裂果要因については、気温、風、果実の被覆条件や、土壌水分、養液濃度、土壌の塩類濃度など、地上部・地下部の環境条件、同一果房内における果実の着生位置、果実の熟度、根系の量、T-R 率、根の生理的活性などの植物体の生理的条件等が、裂果に関係すると考えられてきた¹⁻⁵⁾。

しかしながら、実際に実験室レベルで裂果発生を再現するのは困難であり、裂果発生条件を探り出すためには、まず裂果発生時期や発生状況等の詳細な調査が必要であると考えられる。

そこで本研究では、実際のトマト生産農場を実験圃場とし、裂果発生時期の気象条件等の調査と検討を行った。

2. 2001 年、2002 および 2003 年度作の収穫量と裂果発生状況および温室外の気象条件

調査は、埼玉県滑川町の約 2.7 ヘクタールのガラス温室 9 棟にて実施した。本農場では中玉トマト（おやつトマト：

カネコ種苗）を、ロックウール耕栽培により栽培しており、7 月に播種と定植を行い 9 月初旬から翌年 6 月末まで収穫を行う、いわゆる周年栽培により生産を行っている。

このトマト生産農場における 2001 年度作、2002 年度作および 2003 年度作の当該地域の気象条件、収量の推移等について調査を行った。

なお、本農場では、前述のように、9 月から翌年 6 月末まで収穫を行っている為、収量、裂果率および温室外の気象条件は 9 月から翌年 6 月末までを 1 年度とし記述した。

(1) 調査方法

a) 果実収量 各生育時期、各棟で常に同じ熟度の果実を収穫するように、各棟それぞれ原則として 1 日おきに、本農場で定めた指標色（色差 a 値：17）に達した果実を収穫した。収穫後直ちに正常果および裂果果実に選別し、それぞれ重量を計測し、一週間毎の総量で示した。

なお、果実の表皮が放射状や同心円状に裂開し、果肉部やゼリー部が露出しているなど、表皮の裂開の確認できる果実は全て裂果果実として扱った。また、各年度の収量に差があったため、裂果量は、収量に対する裂果果実の合計収量の割合（以下裂果率）として表した。

b) 気象条件 各年度のトマト栽培期間中の気温、相対湿度および日照時間は、本農場から 5 km 離れた埼玉県熊谷地方気象台が公表している観測記録を示した。

(2) 調査結果

a) 収量の推移 各年とも収穫の開始は 9 月上旬で、12 月の第 4 週頃まで収量は増加した。その後、1 月の第 3 週から 3 月の第 4 週目までは 7,000 kg～9,000 kg/週で推移し、4 月の第 4 週になると、再び 10,000 kg/週にまで増大し、5 月の第 1 週から 6 月の第 1 週まではいずれの週も

* 有限会社 農業生産法人 農友園、東京農業大学大学院農学研究科国際農業開発学専攻

** 東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科

10,000 kg/週を超える収量であった。年間を通しての総収量は、2001年度は308.7t、2002年度は247.3t、2003年度は254.0tと、違いはあるものの、収量の推移はほぼ同じようなパターンを示した(図1)。

なお、各年とも、12月の第3、4週の収量が多かったのは、年末で必要量が多く、収穫指標よりもやや熟度の低い果実を収穫した結果であり、1月の第1週に減少したのは、正月休みで必要量が少なく、ほとんど収穫を行わなかった結果である。その影響で、翌週は収穫適期に達した果実が多かった(図1)。

b) 裂果発生の推移 2001年度作における裂果率は、10月の第3週および12月の第4週で一時的に高まった



写真1 本農場において収穫直前に発生した裂果果実

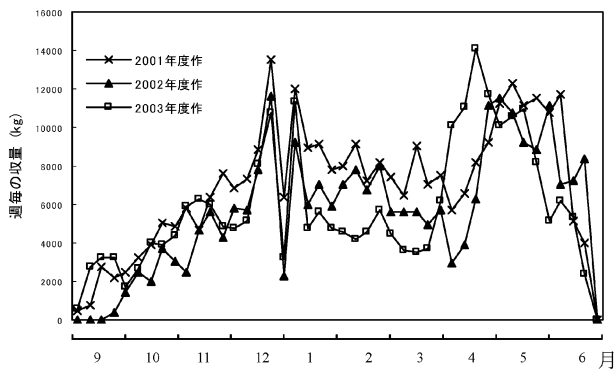


図1 2001年、2002年、および2003年度作中の収量の推移

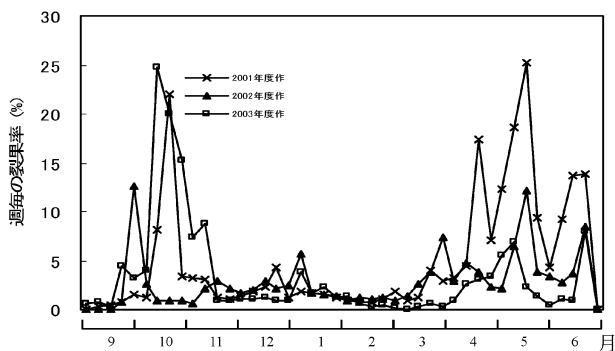


図2 2001年、2002年、および2003年度作中の裂果率の推移

後、冬の間はごく低い状態で推移したが、4月の第4週より著しく増大した(図2)。2002年度作においては、1月の第1週において一時的に高まった後、5月の第2週から著しく増大した。2003年度においては、10月の第2週に一時的に高まるとともに、5月の第2週から増大した。年間を通しての裂果率は2001年度作で5.8%、2002年度作で3.3%、2003年度で3.3%と2001年度作の裂果率が最も高かった。しかしながら、その発生のパターンは各年度ともほぼ同様で、明らかに季節によって異なり、どの年も10月と4月から6月にかけて多く、25%に達することも幾度があった。

c) 温室外の気象条件の推移

気温：収穫開始時期である9月から、週平均気温は徐々に下がり始め、11月にはどの年度においても15℃以下となった(図3-A)。その後、気温はさらに下がりつづけ、12月から2月の後半までは、5℃前後で推移した。3月から気温は上昇しはじめ、4月の後半には15℃以上となり、6月には25℃に達した週もあった。各年度間の週平均気温は、年間通してほぼ同じパターンで推移していた。

湿度：週平均相対湿度は、9月は各年ともほぼ70%以上であったが、その後わずかながら徐々に下がり始め、12月の後半から3月半ばまでは、50%前後で推移した(図3-B)。その後は、変動しながら徐々に上昇し6月には80%以上となった。また、2002年度では他の年度に比べて、11

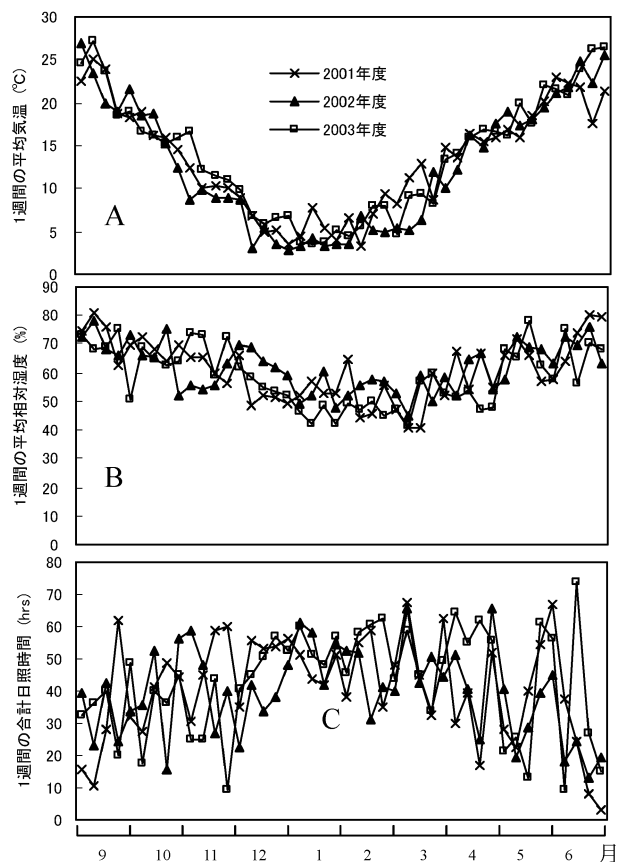


図3 2001年、2002年、および2003年度作中の温室外の気象条件

月には低く、12月には高く推移する傾向が見られたが、それ以外は各年度ともほぼ同じパターンで推移していた。

日照時間：栽培期間を通じて変動は非常に大きかったが、12月から3月までは晴天が多く、日照時間の長い傾向がみられた(図3-C)。

3. 2002年と2003年度作の裂果発生と 温室内の気象条件

温室外の気温と湿度の上昇し始める4月以降について、温室内の気温と湿度の推移と、裂果発生との関係について調査した。さらに、裂果率の高かった2002年度作1号棟の4月から6月までの、気温と湿度から飽差を算出し検討した。

(1) 調査方法

調査は、2002年度と2003年度に栽培棟の内の1つである1号棟(2,056m²)にて行った。なお、前回収穫日から当回収穫日の期間内のいずれの日にも裂果が発生しているか定かではないので、ここでは、裂果の収穫日を裂果が発生した日として取り扱うこととした。

a) 温室内の気温および湿度 温室内の気温と相対湿度の測定には Thermo Recorder (Espec mic 製: RS-11) を用い、水滴が付着するのを防ぐためセンサー上部を紙コップで覆い、栽培ベッドの上約50cm(地上約80cm)の位置に設置して、1時間ごとに測定し、日平均気温と平均相対湿度を示した。

b) 温室内の飽差 飽差は1時間毎の気温と相対湿度の測定値から、以下の計算式により求めた。

本農場では、収穫が朝9:00から10:00の間に完了していることから、前日午前10:00から、当日午前9:00までを1日とし、1時間おきの気温および湿度から飽差を算出し、日毎の最大飽差と最小飽差を求めた。

$$\begin{aligned} \text{飽和水蒸気圧(mmHg)} &= 0.029 \times \text{気温}^2 + 0.41 \times \text{気温} + 1.329 \\ \text{飽差(mmHg)} &= \text{飽和水蒸気圧(mmHg)} \times \text{湿度} / 100 \end{aligned}$$

(2) 調査結果

2002年度作における裂果率は、5/10までは5%以下で推移したが、5/12には25%に増大しその後10%以下で推

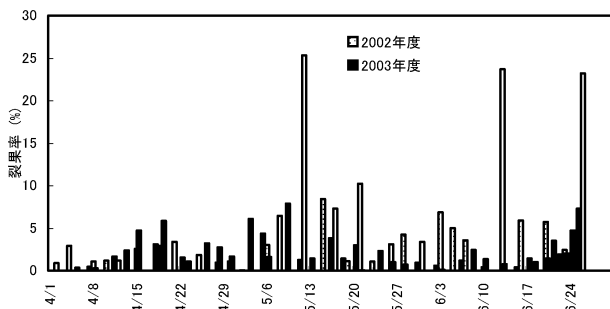


図4 1号棟における2002年と2003年度の4月から6月までのトマトの裂果率

移した後、6/13および6/25には再び20%前後に達した(図4)。

2003年度作では、4/19、5/4、5/9、6/25に5%以上に達したが、それ以外の日には5%以下で推移した。4月から6月までの期間の1号棟における裂果率は、2002年度が5.5%、2003年度が2.4%であり、2002年度の裂果率が高かった。

温室内の気温と湿度の推移についてみると、測定を開始した4/1から、気温はわずかに変動しながら徐々に上がり始め、6/18日以降は25℃前後で推移した。また、両年の間に大きな違いは見られなかったが、2002年度作の5/12、6/13、および6/25で、大きな気温の変動が見られた。(図5-A)。

湿度は4/1から6/29まで、両年度とも70%~90%の間で推移したが、2003年度は2002年度に比べ期間を通してやや低く推移する傾向が見られた(図5-B)。また、特に裂果率の高かった2002年度作の5/14、5/21、6/13および6/26の前後で湿度の上昇がみられた。

次に、最大飽差についてみると測定開始日から、5.0mmHgから25mmHgの範囲で非常に激しく変動しながら推移していた(図6)。また、4/22、5/12、6/2、6/11および6/23には1.0mmHg近くにまで減少していた。それに対し最小飽差は、変動が小さく、測定期間中ほぼ1.0mmHg以下で推移していた。

変動の大きかった最大飽差の値から、前日の最大飽差と当日の最大飽差の差(前日との飽差の差)を求めたところ、やはり、日毎の最大飽差の推移と同様、日々激しく推移していた(図7)。特に裂果率の高かった5/21では収穫2日前から前日にかけて約15mmHgの減少、6/14では前日から当日にかけて約13mmHgの減少、6/26では収穫2日前から前日にかけて約30mmHgの減少と飽差の大きな減少が見られた。また、最も裂果率の高かった5/13では前日からの大きな飽差の減少は見られなかったものの、前回収穫日から収穫2日前までの3日間で合計約15mmHgの減少が見ら

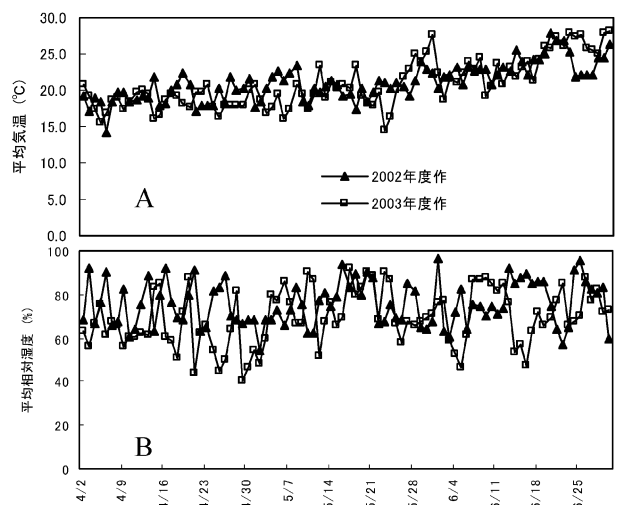


図5 1号棟における2002年と2003年度の4月から6月までの平均気温と平均相対湿度の推移

れた。

以上のことより、収穫から収穫までの間で、前日との飽差の差で最も大きな値と裂果率との関係について検討を行った。

その結果、前回収穫から当回収穫終了までの日毎の最大飽差の差の最大値と、当回裂果率との間には正の相関が見られた(図8)。

4. 考 察

本実験の結果、前日との飽差の差が大きい日、すなわち前日から大きく飽差が減少している日やその後の収穫日に、大きな裂果の発生が見られ、裂果発生率と前日からの飽差の差の間に有意な関係が認められることが示唆され

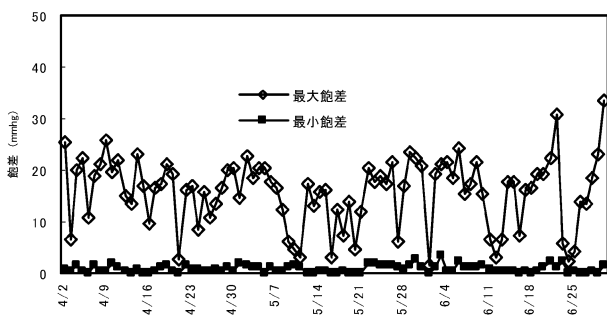


図6 1号棟における2002年度の4月から6月までの日最大飽差と日最小飽差の推移

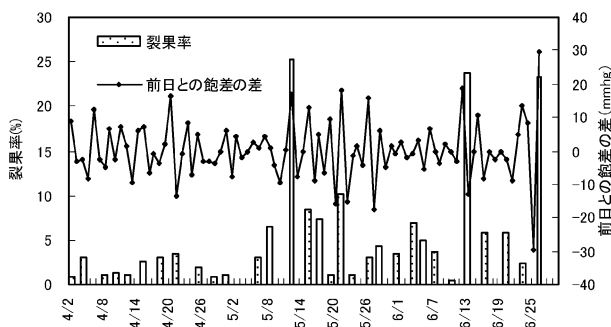


図7 1号棟におけるトマトの2002年度作の4月から6月までの前日との飽差の差と裂果率の推移

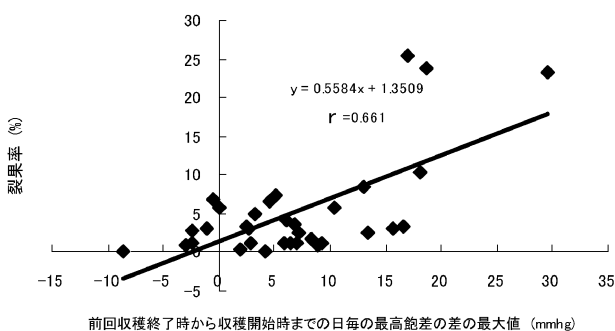


図8 2002年度1号棟における前回収穫時からの日毎の最高飽差の差と裂果率との関係

た。

すなわち、本農場で4月から6月の期間に見られる裂果の発生は、温室内での日中の気温の低下および湿度の上昇によって起こる日毎の飽差の減少が要因となっている可能性が示唆された。

飽差は、植物の蒸散作用を律速する要因であることが知られており、細野らはガラス温室内における試験で、飽差が増大するほどトマトの吸水量が増加したのは、飽差の増大により、蒸散量が増加したためであると報告している⁷⁾。また、細野らの報告によれば、施設内で栽培されたトマトの吸水量のうち、95%以上が蒸散に使われていたとされている。本実験における裂果発生については、気温の低下および湿度の上昇などの条件下で、前日に比べ飽差が著しく減少することで、植物体の蒸散作用が緩慢となり、大気中に放出されるべき水分が大量に果実内に流入し、果実が膨張することにより裂果に至ったのではないかと推察された。このことは、湿度のみを3段階に分けて栽培したミニトマトにおいて、高湿度区において裂果発生が多く見られたとする太田らの結果⁸⁾とも呼応している。

しかしながら、本調査期間中にも、前日に比べ飽差が減少しているにもかかわらず裂果発生が見られなかった日や、逆に飽差がそれほど減少していないにもかかわらず裂果の発生が見られた日も何日があった。これは、前述のように、本研究を実施した埼玉県滑川町の温室は、実際の生産農場であるため、その日の出荷必要量に応じて過熟な果実のみを収穫したり、逆にやや収穫適期に達していない果実まで収穫するといった調節をしている。このため、収穫果実の熟度が一定でなく、二井内らの報告^{9,10)}にあるように、果実の熟度の違いによって果実の軟化等の影響を受けていたため裂果が促進されたのではからではないかと推察される。

以上のことから、トマト果実の裂果は飽差の低減を抑えることによって制御できる可能性が示唆され、具体的な技術の開発が期待される。今後はさらに今回見られたような飽差の低減を再現した場合の、裂果発生の有無を調査するとともに、気象以外の果実の熟度等の要因についても合わせて研究していく必要がある。

参考文献

- 1) 太田勝巳・伊藤憲弘・細木高志・遠藤浩二・梶川 修, 1992. 水耕におけるミニトマトの果実品質に関する研究(第6報) 培養液濃度が裂果発生に及ぼす影響, 園学雑, 61(別)1 [野菜].
- 2) Ota, K., ITO, N., HOSOKI, T., INABA, K. and BESSHO, T., 1994. The influence of the concentration of the hydroponic nutrient culture solutions on the cracking of cherry tomato with special emphasis on water relationship, *J. Japan. Soc.*, 62 (4), 811-816.
- 3) 元木 悟・伊藤喜三男・矢ノ口幸夫・岡本 潔, 1996. ミニトマトの省力収穫向き品種の育成に関する研究(第1報) 開花集中性・成熟集中性と日持ち性の品種間差異と関連特性, 長野中信農試報, 13, 33-48.
- 4) 元木 悟・伊藤喜三男・矢ノ口幸夫・岡本 潔, 1996. ミニトマトの省力収穫向き品種の育成に関する研究(第2報) 裂果抵抗性および果肉・果皮の硬さ性の検定法と品種間差

- 異, 長野中信農試報, 13, 49-61.
- 5) 榊田正治・瀧口 武・松原幸子, 1989. 培養液濃度がトマトの収量と品質および養液成分の濃度変化に及ぼす影響, 園学雑, 58 (3), 641-648.
 - 6) 太田勝巳・長谷川隆一・細木高志, 1995. 低浸透ポテンシャル溶液処理による水耕チェリートマトの裂果発生制御, 生物環境調節, 33 (4), 297-298.
 - 7) 細野達夫・細井徳夫, 2002. 施設養液栽培兆段トマトの日吸水量, 農業気象, 58 (4), 207-216.
 - 8) 太田勝巳・伊藤憲弘・細木高志, 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 (2), 337-343.
 - 9) 二井内清之・本田藤雄・太田成美, 1957. トマトの裂果に関する研究(第I報) 裂果の機構について, 園学雑, 29 (4), 287-293.
 - 10) 二井内清之・本田藤雄・太田成美, 1960. トマトの劣化に関する研究(第II報) 品種と裂果, 園学雑, 30 (1), 287-293.

Study on Fruit Cracking of Tomato under Greenhouse Culture

By

Kiyofumi WATANABE*, Hironobu SHIWACHI**, Shyuichi IWAHORI**
and Hisamitsu TAKAHASHI**

(Received July 8, 2005/Accepted October 27, 2005)

Summary : Fruit cracking occurring just before harvesting is one of the most delicate problems in tomato greenhouse cultivation. In this study we investigated the relationship between fruit cracking and meteorological factors in the greenhouse.

As a result, it was suggested that the sharp fluctuations of temperature and humidity of the greenhouse were closely associated with fruit cracking. In particular the vapor pressure of deficit (VPD) in the greenhouse calculated from value of temperature and humidity was indicated to have a significant correlation with fruit cracking. Therefore the control of VPD can be a possible countermeasure to suppress Tomato fruit cracking.

Key words : fruit cracking, greenhouse cultivation, tomato, vapor pressure of deficit (VPD)

* NŌYU GARDEN Ltd.,

Department of International Agricultural Development, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Department of International Agricultural Development, Faculty of International Agriculture and Food Studies,
Tokyo University of Agriculture