

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06020

研究課題名(和文) トマト果実生育後期における肥大速度低下に関する研究

研究課題名(英文) Study on slowing down in the later stage of tomato fruit enlargement

研究代表者

片岡 圭子 (Kataoka, Keiko)

愛媛大学・農学研究科・教授

研究者番号：80204816

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)： トマト果実発達後期における肥大速度の低下現象について、'Micro Tom' を供試し、着果後380日を目安に温度・塩ストレス・エスレル処理を開始し、果皮の機械的特性・乾物増加・糖代謝酵素活性について検討した。

低温管理(20/8℃)は、着色までの日数を長くし、シンク活性を維持した。果皮の引張試験の結果、成熟の進んだ段階でも果皮の可塑性が高く、水分流入への抵抗を減じている可能性が考えられた。エスレル処理は、3日目の果実肥大速度を抑制したが、果皮硬化は起きず、その原因とは考えられなかった。塩処理による肥大抑制よりも果皮硬度の上昇は遅く、肥大速度の低下の原因とは考えられなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トマト果実肥大後期における果皮の引張特性を検討し、低温管理によって物理的特性が変化することを明らかにした。栽培温度による果実サイズ決定には、エスレルによる成熟促進や塩ストレスによる小果化とは異なるメカニズムが存在することが示唆された。

研究成果の概要(英文)： Tomato fruit growth and fruit skin tensile properties were investigated under low temperature conditions, Ethrel application, or salinity stress in the later stages of fruit growth in a 'Micro Tom' tomato variety. Low temperatures prolonged the ripening process and fruit growing continued resulting in a larger size even after pigmentation with photo assimilate influx. In addition to the longer ripening period, a slight restriction of water inflow owing to the elastic fruit skin might allow the fruit to expand under low temperatures.

Fruit growth was retarded three days after Ethrel treatment, but the fruit skin tensile properties were not changed. This means that the fruit skin tensile strength was not responsible for the retardation of fruit growth when treated with Ethrel. Similarly, the firmness because of salinity was not responsible for the reduced fruit growth, as the reduction of fruit size was observed earlier than the fruit skin changes.

研究分野： 蔬菜花卉園芸学

キーワード： トマト 果実肥大 低温 果皮の機械的強度

1. 研究開始当初の背景

果実肥大はシグモイドカーブを描くことが多く、成熟が近づくと果実重の増加は緩やかになる。塩ストレスを与えると成熟したときの果実は小さくなるが、1果実に蓄積する糖の量はほとんど変わらず、肥大曲線のパターンは同じである。

近年、トマトの高糖度化について乾燥ストレスや塩ストレスを利用した方法が実用化されているが、塩ストレス下で栽培されたトマト果実の外果皮は細胞層数が増加し厚くなることから、外果皮の厚化によって機械的抵抗が増加し、塩ストレス栽培での小果化を引き起こしている可能性が考えられる。また、高温期のトマト栽培では、温度が高いほど肥大スピードが速く、成熟までの日数が短いため最終的な果実は小さく、糖度の低下が起きることも報告されている。

これまで収量の低下は主に光合成量全体の低下と果実への分配率の低下として捉えられてきたが、光合成量の増加では上述したような果実小型化に対処できない。そのため最終的な果実サイズを決定する機構を解明する必要がある。

2. 研究の目的

これまであまり着目されてこなかった果実発育後期の果実肥大について、最終的な果実サイズを決定している生理的制御機構を解明し、収穫時の果実重を制御するための知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

‘Micro Tom’ を供試し、果実数を制限したうえで個々の果実の縦・横径を継続して測定することで果実肥大速度を算出する方法を用い、果実肥大後期における低温管理およびエスレル処理により、成熟の進行を変化させて果実肥大をコントロールしたときの果皮の硬化やシンク活性に関わる酵素活性について検討した。果皮の硬化については果皮の伸展性をレオメーターで測定して評価し、果皮の可塑性に及ぼす処理の影響について比較した。また、塩ストレス栽培での果皮の硬化を伴う小果化現象との比較を行った。

4. 研究成果

(1) 低温管理の影響 開花後 22 日目 (約 400 日) からインキュベーター (16 時間日長) で低温 (20/8) および高温 (32/14) 処理を行った。低温区では着色までの日数が長くなり、着色以降も乾物流入を伴う肥大が続き、赤熟時には高温区よりも大きくなること示された。果実の乾物率に有意差はなく、低温区ではシンク活性が維持されていると考えられたが、糖代謝酵素活性は高温区で高い傾向がみられ、低温区でのシンク活性に関係する酵素は明らかではなかった。果皮を短冊状に切り出して試験片とし、引張試験により機械的特性 (破断時応力、歪率、果皮硬度) を測定した結果、低温区では成熟の進んだ段階でも果皮の可塑性が高いと考えられ、果皮の可塑性が水分流入に対する果実の抵抗を減じている可能性が示唆された。

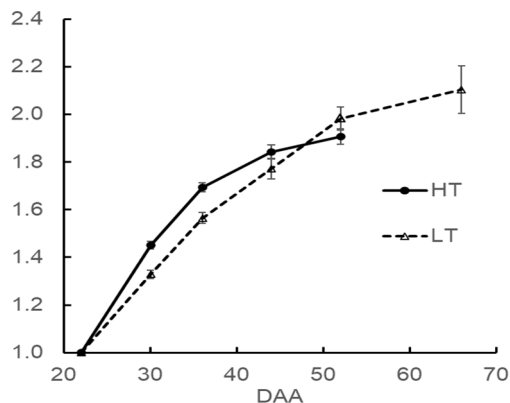


Fig. 1 . Relative tomato fruit growth estimated by size under day/night air temperature of 32/14 °C (HT) and 20/8 °C (LT) in a 16 h day length from 22 days after anthesis.

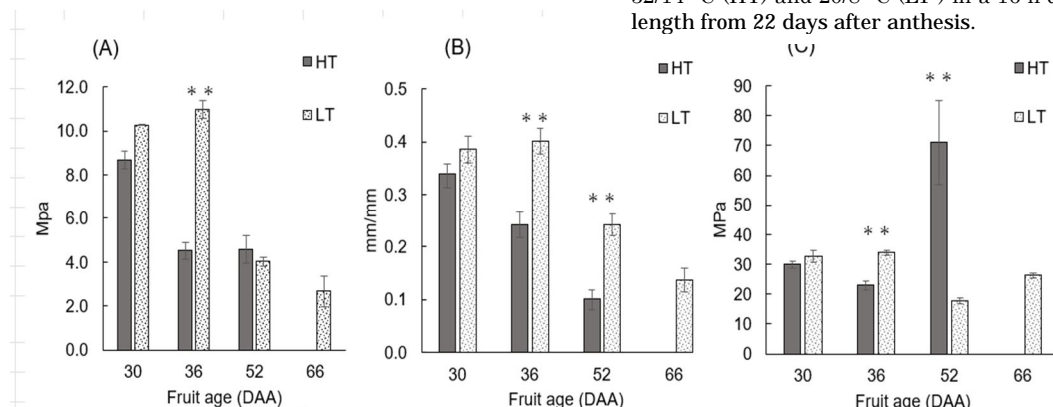


Fig.2 . Tensile properties of tomato fruit skin samples grown in different temperatures after 22 days after anthesis. (A) Stress at failure, (B) Strain at failure, (C) Stiffness (Mpa). Bars represent the standard error. ** significant difference by t-test ($p < 0.01$).

(2) エチレンの影響 早期 (E1: 開花後 18 日, 360 日), 中期 (E2: 開花後 25 日, 460 日), 後期 (E3: 開花後 32 日, 580 日) にエスレル処理を行った。早期処理において処理後 3 日目の果実肥大速度が小さくなる傾向が認められたが, 1 週間後には回復し, 最終的な果実重に大きな違いはなかった。予備試験で肥大速度の低下が観察された各処理後 3 日目に果皮試験片について引張試験を行った。早期処理区では歪率がおおきくなり, 果皮の伸展性が高くなっていた。開花後日数の推移に従った成熟による果皮の硬化は認められたが, エスレル処理直後の果皮硬化は認められず, 3 日目の果実肥大速度低下の原因とは考えられなかった。

Table 1. Relative fruit growth and tensile properties of tomato fruit skin specimens 3 days after ethrel treatment at 18 days (E1), 25 days (E2), and 32 days (E3) after anthesis.

| | Relative growth | | | Stiffness (Mpa) | | | Strain at failure (mm/mm) | | | Stress at failure (Mpa) | | |
|--------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|---------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | E1 | E2 | E3 | E1 | E2 | E3 | E1 | E2 | E3 | E1 | E2 | E3 |
| Check | 1.23 | 1.09 | 1.07 | 43.5 | 44.6 | 42.5 | 0.36 | 0.40 | 0.37 | 3.81 | 4.33 | 3.97 |
| Ethrel | 1.09 | 1.08 | 1.10 | 40.1 | 42.2 | 45.8 | 0.41 | 0.38 | 0.32 | 3.93 | 4.10 | 3.77 |
| | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. |

(3) 塩ストレスによる果実肥大抑制 開花後 15 日 (360 日) から底面給水法により塩処理 (50 mM) を開始した。処理開始 1 週間で果実肥大は抑制され新鮮重は低下したが乾物重に有意差はなかった。果皮の機械的特性は成熟時 (処理 37 日, 開花後 52 日) には, 破断時応力が高く, 果皮硬度も高い傾向が認められたが, 処理開始 4 週間まで有意差がなかったことから, 果皮硬化が果実肥大速度の低下の原因とは考えられなかった。

Table 2. Effects of salinity on tensile properties of tomato fruit skin specimens

| | Stiffness (Mpa) | | | Stress at failure (Mpa) | | | Strain at failure (mm/mm) | | |
|---|-----------------|------|------|-------------------------|------|------|---------------------------|------|------|
| | 22 | 29 | 37 | 22 | 29 | 37 | 22 | 29 | 37 |
| Days of treatment (days after anthesis) | 37 | 44 | 52 | 37 | 44 | 52 | 37 | 44 | 52 |
| Salinity | 51 | 45 | 70 | 4.03 | 2.48 | 2.70 | 0.31 | 0.23 | 0.20 |
| Check | 46 | 45 | 56 | 3.34 | 2.42 | 2.01 | 0.28 | 0.22 | 0.16 |
| | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. |

(4) まとめ 果実肥大後期における肥大速度を低温, エスレル, 塩ストレスにより変化させて, 果皮の機械的特性との関連を検証したが, 関連が窺えたのは低温処理での肥大延長のみであった。塩ストレスでは一果実あたりの乾物量に有意差がなく, 果実サイズの決定要因は依然としてわからなかった。一方, 低温による果実重増加は乾物量の増加を伴っており, 成熟直前の果皮の硬化が起きないことがひとつの要因として考えられ, 高温条件では果皮の機械的抵抗により果実サイズが制限されている可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|