

令和 3 年 10 月 15 日現在

機関番号：16301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K15350

研究課題名(和文) 環境調節によるトマト障害果発生抑制：果実への液流入速度調節の効果に関する研究

研究課題名(英文) Environment control to prevent disorders in tomato fruits: Effects of controlling inlet fluid into fruits

研究代表者

藤内 直道 (Fujiuchi, Naomichi)

愛媛大学・農学研究科・助教

研究者番号：90791210

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、尻腐れ果の発生率を抑える環境調節法を定めるための基礎的知見を提供することを目的に、根域温度がトマト葉・果実の生育状態および尻腐れ果発生率に及ぼす影響を調べた。尻腐れ果症状の原因のひとつと考えられている果実末端部のカルシウム欠乏が生じる原因は根域温度によって異なり得ることが明らかとなった。本研究では、過剰な果実肥大と過剰な蒸散速度の両方あるいはどちらか一方がそのような原因として指摘された。尻腐れ果発生抑制のためには、根域温度制御によってカルシウム欠乏の原因をある程度限定した上で、その原因を緩和するような環境調節あるいは栽培管理を実行することが重要であるといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでは、トマトの尻腐れ果の発生を抑制する方策としてトマト植物体地上部の環境調節や栽培管理がよく提案される一方で、地下部(根域)温熱環境の調節は重要視されてこなかった。本研究は、根域温度制御により地上部環境調節や栽培管理が容易になり得る可能性を指摘したという点で、施設園芸トマトの生産性向上に寄与する研究である。

研究成果の概要(英文)：In this study, to offer basic knowledge about environment control to prevent blossom end rot (BER) on tomato fruits, we investigated effects of root-zone temperature on the growth of tomato leaves and fruits and the possibility of BER. We found that the causes of Ca deficit in distal parts of tomato fruits, one of the causes of BER, can differ depending on root-zone temperature. Excess rate of fruit expansion and/or evaporation were found to be possible causes of Ca deficit. To prevent BER, limiting the causes of Ca deficit by controlling root-zone temperature and mitigating the causes by environment control and cultivation management should be conducted simultaneously.

研究分野：環境調節

キーワード：根域温度 尻腐れ果 カルシウム欠乏 果実肥大 蒸散速度 水ポテンシャル 養液栽培

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

裂果や尻腐れ果に代表される障害果の発生を防ぐことは、太陽光利用型植物栽培施設 (以後、温室) でのトマト栽培における重要課題である。とくに日本の夏季における温室内トマト栽培では、場合によっては障害果数が全果実数に占める割合 (以後、障害果発生率) は 50% にもなるため、障害果発生率低減はトマト生産性向上のための鍵となる。

裂果と尻腐れ果に限定して話を進めると、これらの発生は果実への液流入または果実からの液流出と関係しているとの指摘がある。早朝の果実への過剰な液流入が裂果を引き起こすとの指摘がある (本間ら, 2016)。また、明期における葉からの蒸散速度に対して根の吸液速度が低い場合には、果実からの液流出によって果実先端部分へのカルシウム供給量が小さくなることで尻腐れ果の発生につながるとの指摘がある (Ho & White, 2005)。根の吸液速度または葉の蒸散速度を調節し、果実への液流入速度を調節することで、裂果発生率と尻腐れ果発生率を同時に低減できる可能性は高いといえる。

根の生育および吸液速度は、果実への液流入速度に影響を及ぼす。根の吸液速度は根域温度に強く依存している (Adams & Ho, 1993)。根域温度を変化させれば、根の吸液速度と果実への液流入速度が変化し、障害果発生率も変化するはずである。根域温度と障害果発生率の関係を明らかにできれば、障害果発生率低減のための有効な環境調節法のひとつとして根域温度調節を提案できるだろう。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、障害果、とくに尻腐れ果、の発生率を抑える環境調節法を定めるための基礎的知見を提供することを目的に、根域温度が尻腐れ果発生率に及ぼす影響を調べた。また、その影響の要因を検討するために、葉および果実の生育状態も調べた。

### 3. 研究の方法

培養液の温度を 2 試験区間で異なる値に維持できる養液栽培システムを作製し、そこでトマト '麗容' を栽培した。栽培期間の途中から培養液組成を尻腐れ果が発生しやすい組成 (Rached et al., 2018) に変更し、その 1~2 ヶ月後に果実および植物体の特徴を調べた。

実験 1 では、2018 年 1 月に播種したトマト植物体を対象に、2018 年 6 月上旬から培養液組成を変更し、2018 年 8 月上旬にかけての夏季に調査を行った。実験 2 では、2019 年 9 月に播種したトマト植物体を対象に、2019 年 11 月下旬から培養液組成を変更し、2019 年 1 月下旬にかけての冬季に調査を行った。

### 4. 研究成果

実験 1 を夏季に実施した。根域温度を約 20°C とした (以後、LT) 区の尻腐れ果発生率は 45% であり、根域温度を約 30°C とした (以後、HT) 区の尻腐れ果発生率 15% と比較して高かった。LT 区の果実直径平均値 45.5 mm は、HT 区の果実直径平均値 34.1 mm と比較して有意に大きかった。また、それぞれの試験区において、尻腐れ果の果実直径は正常果のそれと比較して有意に大きかった (図 1A)。他方、LT 区の葉面積は HT 区のそれと比較して有意に大きかった (図 1B)。これらの結果から、LT 処理は HT 処理と比較して、尻腐れ果発生率、果実直径、および葉面積に正の影響を及ぼすことが分かった。このことから、葉面積が大きいことは、植物体あたりの蒸散速度を高めてしまうことで果実末端部においてカルシウム欠乏状態を生じさせやすく、これにより尻腐れ症状を発生させやすくすると推察した。また、果実が大きいことは、葉面積の大小とは独立に、果実末端部においてカルシウム欠乏状態を生じさせやすく、これにより尻腐れ症状を発生させやすくすると推察した。根域温度、植物体あたりの蒸散速度、果実の大きさ、果実末端部カルシウム含量、および尻腐れ症状の発生の関係を明らかにすることを目的として実験 2 を実施した。

実験 2 を冬季に実施した。試験区別、果房別で正常果と尻腐れ果の特徴、およびそれらが着生していた植物体の特徴を比較した (表 1)。LT 区、HT 区ともに、尻腐れ果の末端部カルシウム含量は、正常果のそれと比較して低い傾向であった。LT 区では、各果房において、尻腐れ果の果実生体重が正常果のそれと比較して大きい傾向であった。つまり、LT 区では、果実が大きいことは果実末端部においてカルシウム欠乏状態を生じさせやすく、これにより尻腐れ症状を発生させやすくすることが確

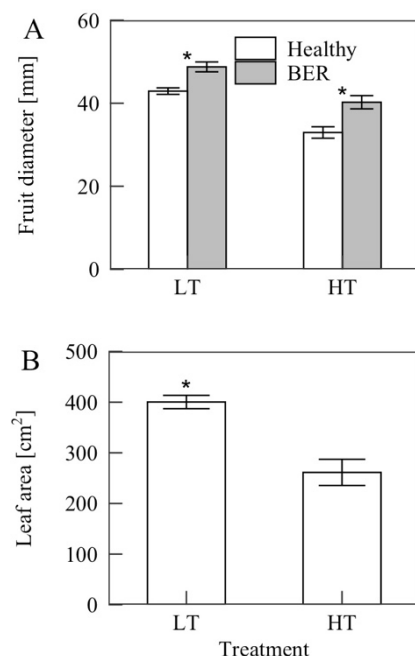


図1 実験1における果実直径 (A) および葉面積 (B) の試験区間比較

LT: 根域温度を約 20°C とした区, HT: 根域温度を約 30°C とした区, Healthy: 正常果, BER: 尻腐れ果。n = 27 ((A) LT-Healthy), n = 22 ((A) LT-BER), n = 22 ((A) HT-Healthy), n = 4 ((A) HT-BER), n = 16 ((B) LT), n = 13 ((B) HT)。エラーバーは標準誤差を示す。\*は、平均値が有意に大きかったことを示す (Welch's t-test, P < 0.05)。

認められた。一方で HT 区では、尻腐れ果が着生していた植物体の植物体あたりの蒸散速度は、正常果が着生していた植物体のそれと比較して大きい傾向であった。つまり、HT 区では、葉面積が大きいことは植物体あたりの蒸散速度を高めてしまうことで果実末端部においてカルシウム欠乏状態を生じさせやすく、これにより尻腐れ症状を発生させやすくすることが確認された。他方、LT 区の各果房の日中の水ポテンシャルは HT 区のそれと比較して低い傾向であった (図 2A)。この原因のひとつとして、LT 区の植物体あたりの葉面積および植物体あたりの蒸散速度は HT 区のそれらと比較してやや大きい傾向であったこと (図 2B, C) が考えられる。あるいは、LT 区の根の日中の吸液速度が HT 区のそれと比較して低かったのかもしれない。

本研究により、尻腐れ果症状の原因のひとつと考えられている果実末端部のカルシウム欠乏が生じる原因は根域温度によって異なり得ることが明らかとなった。本研究では、過剰な果実肥大と過剰な蒸散速度の両方あるいはどちらか一方がそのような原因として指摘された。尻腐れ果の発生を抑制するためには、根域温度制御によってカルシウム欠乏の原因をある程度限定した上で、その原因を緩和するような環境調節あるいは栽培管理を実行することが重要であるといえる。

<引用文献>

本間, 矢田, 金子. (2016). トマトの側面裂果発生に及ぼす植物体水収支と果皮強度特性の影響. *園芸学研究* 15 別冊 2, 163.

Adams, P., & Ho, L. C. (1993). Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil*, 154, 127–132.

Ho, L. C., & White, P. J. (2005). A Cellular Hypothesis for the Induction of Blossom-End Rot in Tomato Fruit. *Annals of Botany*, 95, 571–581.

Rached, M., Pierre, B., Yves, G., Matsukura, C., Ariizumi, T., Ezura, H., & Fukuda, N. (2018). Differences in Blossom-end Rot Resistance in Tomato Cultivars is Associated with Total Ascorbate rather than Calcium Concentration in the Distal End Part of Fruits per se. *The Horticulture Journal*, 87, 372–381.

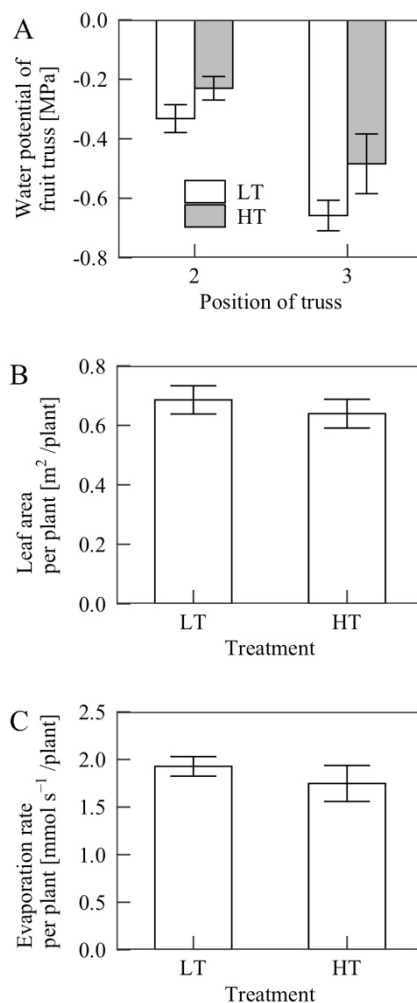


図2 実験2における植物体あたりの葉面積 (A)、植物体あたりの蒸散速度 (B)、および果房段数別の果房水ポテンシャル (C) の試験区間比較  
LT: 根域温度を約 20°Cとした区, HT: 根域温度を約 30°Cとした区。エラーバーは標準誤差を示す (n = 5)。果房水ポテンシャルについては、果房第 1 花または第 2 花が開花した日から 30~40 日後の晴れた日の 12:00~13:00 に果房を切除し測定した。

表1 実験2における正常果と尻腐れ果の特徴およびそれらが着生していた植物体の特徴

試験区	果房着生 節番号	尻腐れ果 発生率 [%] (正常果数/ 尻腐れ果数)	果実 品質	果実末端部 カルシウム含量 [ $\mu\text{g gFM}^{-1}$ ]		果実生体重 [gFM]		植物体あたりの 蒸散速度 [ $\text{mmol s}^{-1}/\text{plant}$ ]	
				Mean $\pm$ SE	n	Mean $\pm$ SE	n	Mean $\pm$ SE	n
LT	2	25 (7/28)	Healthy	29.9 $\pm$ 3.3 a	17	22.9 $\pm$ 2.3 b	17	2.01 $\pm$ 0.04 a	14
			BER	23.1 $\pm$ 4.6 a	2	27.0 $\pm$ 0.5 b	2	1.70 $\pm$ 0.13 ab	2
	3	26 (8/31)	Healthy	30.7 $\pm$ 10.3 a	8	27.3 $\pm$ 2.9 ab	16	1.99 $\pm$ 0.06 a	11
			BER	22.3 $\pm$ 0.8 a	4	43.1 $\pm$ 7.8 ab	5	1.74 $\pm$ 0.09 ab	3
HT	2	56 (20/36)	Healthy	30.3 $\pm$ 3.4 a	12	29.3 $\pm$ 3.5 ab	12	1.58 $\pm$ 0.07 b	10
			BER	18.6 $\pm$ 2.4 a	6	28.3 $\pm$ 1.4 ab	6	2.09 $\pm$ 0.21 ab	5
	3	3 (1/32)	Healthy	18.8 $\pm$ 1.7 a	14	46.2 $\pm$ 5.1 a	15	1.64 $\pm$ 0.12 ab	11
			BER	-	-	-	-	2.40	1

LT: 根域温度を約 20°Cとした区, HT: 根域温度を約 30°Cとした区, Healthy: 正常果, BER: 尻腐れ果。平均値 $\pm$ 標準誤差とサンプルサイズを示した。異なる英数字は平均値間に有意な差が認められたことを示す (Pairwise Welch's *t*-test with Bonferroni correction;  $P < 0.05$ )。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤内直道, 福田直也
2. 発表標題 根域温度がトマト果実の成育に及ぼす影響
3. 学会等名 日本生物環境工学会2018年東京大会
4. 発表年 2018年

〔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
---------	---------