

令和元年6月18日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07593

研究課題名(和文) トマトの夏期着色不良果の発生要因の解明とその対策技術の確立

研究課題名(英文) Studies on the incidence factors and control of fruit yellow-shoulder disorder in tomato

研究代表者

切岩 祥和 (KIRIWA, YOSHIKAZU)

静岡大学・農学部・教授

研究者番号：50303540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：トマトの着色不良果は高温期に発生しやすく、環境制御機器での制御は困難でその画期的な対策技術が求められる。この生理障害はカリウム代謝の異常によることが確認され、本研究では開花から収穫までの7週間のうち、カリウム不足は3週間以内として適正に施肥管理することが生理障害を回避するために効果があることを明らかにした。ただし、カリウムの増施による対策は、尻腐れ果を発生させる恐れが高まるため注意が必要である。カリウムの欠乏による着色不良は、トマトの果皮の中でも肩部周辺のみで起こる局所的な代謝異常と考えられ、カロテノイド代謝に及ぼすカリウムの関与についてさらに検討したい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

農業における生産技術の高度化は省力で高利益型化に貢献することを目指しているが、経験不足な生産者に「作物を操る力」を身に付けさせる必要がある。本研究テーマとした着色不良果は植物工場に匹敵する高度な環境制御可能な施設でさえ発生し、正常な作物を生産するノウハウを常に追求することの重要性を再認識させられた。環境制御技術はAIの進展により今後さらに発展すると考えられるが、そこで栽培される作物の基本生理は変わることがないので、栽培生理の理解の中でも施肥管理の重要性は今後もますます高まる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Several tomato cultivars occurs some physiological disorder in fruits. The yellow shoulder disorder caused by high temperature, high light or potassium deficiency. It is necessary to develop some technologies to reduce this disorder of fruits, which often occurs in the high temperature season that can't be controlled by the some environmental control devices. In this study, tomato 'CF Momotaro York' was grown in 250 mL pot combining three trusses and high density. This physiological disorder seems to be caused by the abnormality of potassium metabolism, and it was clarified that it was important to manage potassium fertilization properly at the period of potassium deficiency was within 3 weeks during fruit enlargement. However, it was necessary to be careful to occur blossom end rot of fruits induced by uptake much potassium. I would like to further investigate the involvement of potassium in the local metabolic disorder of shoulder parts in fruit that has not been clarified.

研究分野：園芸科学

キーワード：養液栽培 生理障害 トマト 高温ストレス 施肥技術 カロテノイド代謝

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

Dトレイを用いた極少量培地耕は省力化栽培が可能で、比較的容易にストレス制御できるため高品質果実を生産しやすいシステムである。そのうえ容量の大きな培地耕に比べて養分吸収効率が高く、施肥コストを20~30%削減できる。そこで低段密植栽培で高品質果実の多収生産を目指し、高度環境制御可能な温室を利用して研究に取り組んだところ、日射強度が強くなる5~6月頃に果実の肩部分の着色不良果の発生が問題となった。培地の保肥力が小さい極少量培地耕では、慣行の肥料組成やタイマー管理では養分が欠乏する場合があります。給液管理の見直しが必要である。近年の国内産地の夏の異常高温は着色不良果の発生を助長し、夏の北海道産や東北産のトマトでさえも着色不良果の割合が高く、夏の高温対策は重要な課題となっている。

過去にトマトの固形培地耕における量的管理に関する研究に取り組み、カリウムの過当たり施用量が不足すると果実の肩部分が赤色にならない着色不良果が発生することを報告した(Phandaraら2010)。したがって、肩部で発生する着色不良果はカリウムの欠乏によって引き起こされる生理障害で、高温(もしくは強光)条件下ではカリウムが関連した代謝が異常をきたして果実の肩部のみで着色不良が発生すると考えた。カロテノイド代謝には高温とカリウム欠乏が影響することは知られているが、その代謝へのカリウムの関与に関する詳細についての報告はない。トマトのカリウム欠乏は、栽培期間に曇雨天日が続いたりすると葉部において欠乏症が観察されるが、我々の調査では着色不良果を多発した圃場において葉部でのカリウム欠乏症が観察されないことも確認されている。このように、着色不良果の発生は単純な肥料不足で起きる現象ではない可能性もあるため、その対策効果を高めるためにもその発生機構の解明は急務である。

2. 研究の目的

本研究では、主に夏季高温期におけるトマトの着色不良果の発生を抑えるために、果実におけるカロテノイド代謝に影響すると考えられる高温、強光、カリウム欠乏による着色不良果の発生への関与を明らかにし、極少量培地耕における適正な肥培管理や省エネ型の対策技術を提案するための基礎的データを収集する。

3. 研究の方法

実験1) 低カリウム濃度培養液による着色不良果の発生条件の検討

実験にはトマト‘CF桃太郎ヨーク’を供試した。Dトレイを設置した循環式の養液栽培システムを利用してトマトを3段栽培し、カリウム施用量を30 me/株/週としたK30(対照)区と10 me/株/週としたK10(欠乏)区を設け、着色不良の発生状況等を調査した。

また、一部のトマト果実を図1のように遮光して着色不良果の発生状況についても調査した。さらに高温処理については、夏期高温期に果実が肥大する春夏作と冬期に果実が肥大する秋冬作にて栽培し、着色不良果の発生に及ぼす栽培時期の検討をするるとともに、秋冬作においては果面を局所的に高温処理し、その影響についても検討した。



図1 果実遮光の様子

実験2) 低カリウム濃度培養液を施与して着色不良果が発生する施与時期の検討

第1果房開花後からカリウム施用量を10 me/株/週(K10)と30 me/株/週(K30)の2処理で行った。処理区は、栽培終了までK10、K30のいずれかの培養液を施用し続けた2処理区(K10・7週間、K30・7週間)に加え、第2果房開花から1, 2, 3, 4, 5週間後にK10とK30を入れ替えた(K10 K30, K30 K10)10処理区を設け、計12処理区で検討した。

実験3) カリウムの吸収効率を高めた培養液組成が着色不良果の発生に及ぼす影響

実験1と同様に、第1果房開花後からK10、K30に加え、カリウム施用量を60 me/株/週としたK60区、K30のリンの施用量を2倍にして施用したK30+P区の計4処理区を設けた。収穫した果実は、4段階の着色不良の発生指数として評価した。また、正常果と着色不良果の部位別(肩と尻)の果皮搾汁液のカリウム濃度と糖度、障害果の発生の有無も調査した。

実験4) 低カリウム濃度培養液で栽培した果実の着色に及ぼす温度、カリウム処理の影響

カリウム処理条件の異なる緑熟果を採取し、収穫した果実を異なる温度条件(15一定, 35

一定, 15 /35 変温) にて処理した。また, 緑熟果に対する高温処理法を検討するため, 秋から冬の比較的気温が低い時期に温風処理と温湯処理について検討した。着色に対する温度とカリウム処理等の影響は, 果実のカロテノイド代謝に関与するキー酵素の遺伝子 (*GGPS*, *PSY*, *PDS*, *LCY*) 発現を RT-PCR によって解析した。

4. 研究成果

実験 1) 低カリウム培養液 (K10) での処理により着色不良果の発生率が増加し, 果汁の K 含有量は 0.11% に有意に低下した。カロテノイド含有量を測定したところ, K10 区ではリコペンが有意に減少したが, フィトエンと β -カロテンには有意差はなかった (第 1 表)。

第 1 表 トマトの K 含有量と果実品質に及ぼすカリウム施用量の影響

処理	総 K 吸収量 (me/株)	K 含有量 (%)		YSI (%)	カロテノイド含有量 ($\mu\text{g g}^{-1}$)		
		葉部	果汁		リコペン	フィトエン	β -カロテン
K10	50	2.5 \pm 0.1	0.11 \pm 0.02	97	26.5 \pm 4.9	17.4 \pm 1.8	3.4 \pm 0.5
K30	150	4.1 \pm 0.1	0.15 \pm 0.01	57	61.6 \pm 14.5	21.8 \pm 3.5	2.0 \pm 0.4
T 検定	** ^z	**	*	**	*	ns	ns

^z *, **, ns はそれぞれ 5%, 1% 水準で有意差あり, なしを示す。

遮光処理を 5~7 月収穫と 1~4 月収穫の果実に対して行い, 着色不良果の発生指数を調査したところ, 1~4 月収穫時には K10 と K30 のいずれにおいても遮光の効果が認められたが, 5~7 月の収穫果実では, K30 で栽培した場合には遮光の効果が認められたが, K10 では遮光の効果が認められず, 逆に発生指数が増加した (図 2)。

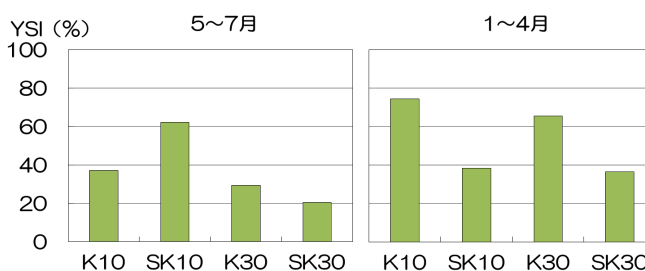


図 2 着色不良果の発生に及ぼす遮光処理の影響

実験 2) 第 2 果房の着色不良の発生指数は, K10・7 週間で 2.1 と最も大きかったが, K10 K30 への変更を 1~3 週間で行った処理で有意に低下した (図 3)。また, K30・7 週間では 0.6 と最も小さかったが, K30 K10 への変更を 1 と 2 週間で行った場合に 1.8 と 1.5 に有意に増加した。開花してから 3 週間以上 K30 で施用したいずれの処理区も発生指数は低かった。開花から 3 週間以降に果実の肥大が旺盛になったことから, 着色不良果の発生抑制には果実肥大期のカリウム施用量が重要であると考えられた (図 3)。

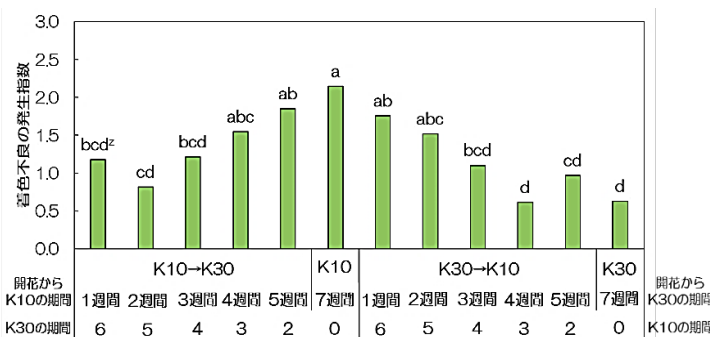


図 3 着色不良果の発生に及ぼす K10 処理期間の影響

実験 3) 着色不良の発生指数は K10, K30, K30+P, K60 でそれぞれ 1.7, 0.8, 0.9, 0.6 とカリウム施用量が増加するほど小さくなったが, 尻腐れ果の発生率は 0.9, 0.2, 4.3, 9.3% と増加した。第 2 果房直下葉のカルシウム含有率は K60 区では 1.7% (K30 区は 3.1%) に低下しており, カリウムの増施はカルシウムの吸収を低下させ, 尻腐れ果を発生させたと考えられた。果皮における正常果は肩部と尻部のカリウム濃度に差がなかったのに対し, 着色不良果は肩部の方が尻部よりも有意に低く, 肩部のカリウム濃度が低下するほど重度の着色不良果となった。

実験 4) 2 月に栽培中の果実の表面温度を計測した結果, 最高温度 35 $^{\circ}\text{C}$, 最低温度 15 $^{\circ}\text{C}$ で推移した。そこで, K10 と K30 で栽培した緑熟果実を収穫し, 15 $^{\circ}\text{C}$ 一定, 35 $^{\circ}\text{C}$ 一定, 15 /35 変温の各温度条件で処理したところ, 15 /35 変温処理区のみで通常観察される着色不良果と同様の果実に着色した (図 4)。35 $^{\circ}\text{C}$ 一定では黄色くなり, 高温によりリコペンが蓄積されないことが明らかとなった。しかし, この黄色くなった果実を 15 $^{\circ}\text{C}$ で 5 日間貯蔵したところ, 赤色の果実となったことから, 高温でのリコペンの蓄積の抑制は, 低温によって解除されることが明らかとなった。しかし, 15 /35 変温区の果実では肩部の着色不良は改善されなかった。

秋冬作において果実に対する高温処理法について検討したところ、温風処理では果皮表面が白化・腐敗したが、50 程度の湯を流したチューブを果実表面に接触させると果皮表面の温度を 35 程度で処理することができた。その結果、温度処理した部位が着色不良となる果実となり、その程度も K10 と K30 で異なり、高温でない時期での着色不良果の発生に影響する高温処理法として有用であったとともに、カリウムの施用量と温度のいずれもが着色不良に関与することが確認された(図4)。

このように発生した着色不良果を対象にカロテノイド代謝に関連する酵素について RT-PCR により遺伝子発現解析を行ったが、着色不良果と正常果でいずれの発現量も差がなく、今回検討した遺伝子発現の結果からはその原因を明らかにできなかった。

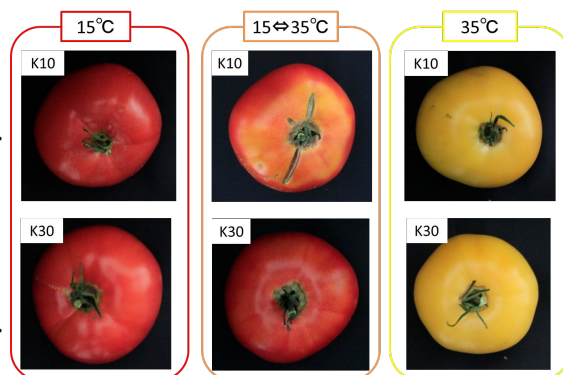


図4 収穫後の温度処理が果実の着色に及ぼす影響

引用文献

Phandara Phanpradith, 切岩祥和, 遠藤昌伸, 糠谷明. 2010. トマトの固形培地耕におけるダブルトラフ構造ベッドを用いた定量施与管理法によるカリウム施用量の検討. 園芸学研究 9巻4号 449~453.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. Y. Zhang, K. Suzuki, H. Liu, A. Nukaya, Y. Kiriiwa. 2018. Fruit yellow-shoulder disorder as related to mineral element uptake of tomatoes grown in high temperature. Scientia Horticulturae. 242. 25-29. 査読有

〔学会発表〕(計3件)

1. 岡田健二郎・鈴木克己・切岩祥和. 高温期に発生するトマトの着色不良果に対するカリウム施与効果の検討, 園芸学会平成30年度秋季大会, 2018年9月, 鹿児島大学
2. 岡田健二郎・鈴木克己・切岩祥和. トマトの着色不良果の発生抑制のためのカリウム施用期間の検討, 園芸学会平成30年度春季大会, 2018年3月, 近畿大学
3. 切岩祥和・Zhang Yiting・鈴木大地・鈴木克己・糠谷明. 極少量培地耕におけるトマトの着色不良果の発生を軽減するための培養液組成の検討, 園芸学会平成28年度秋季大会, 2016年9月, 名城大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年：
 国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年：
 国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：岡田 健二郎

ローマ字氏名：OKADA kenjiro

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、研究者個人に帰属されます。