

2025 年 9 月 12 日

報道関係者各位

国立大学法人筑波大学
国立研究開発法人理化学研究所

エタノール噴霧によりトマトの耐暑性と糖度が向上する

トマトの栽培時にエタノールを噴霧すると、高温ストレス耐性が付与されることを見いだしました。さらに、果実の糖度やビタミンC含量なども向上しました。猛暑による農業への影響が懸念される中、身近で安価なエタノールを用いる栽培法が、持続的な食糧生産に大きく貢献すると期待されます。

近年、気候変動により世界各地で猛暑日が増加し、農業生産においては、花粉の不稔や受粉不良による結実率の低下、果実品質の劣化など、高温ストレスが大きな問題となっています。特に、夏季のトマト栽培では、成長抑制や果実形成の阻害といった影響を緩和させることが求められています。

本研究グループではこれまでに、光受容体フィトクロムAを欠損したトマト変異体 *phyA* が高温ストレス耐性を示すことを見いだしています。今回、*phyA* 変異体の高温ストレス耐性をさらに向上させるため、高温環境下での栽培中にエタノールを噴霧し、その効果を検証しました。その結果、生育の促進向上や果実の糖度およびビタミンC含量の上昇が見られ、高温ストレス耐性だけでなく、果実の品質が改善されることを明らかにしました。

分子レベルの解析を行ったところ、エタノールの噴霧により、熱ショックタンパク質をコードする遺伝子や抗酸化酵素遺伝子の発現が高められることが分かりました。また、オーキシシンやジベレリンといった植物ホルモンスIGNAL伝達に関わる遺伝子の発現も促進されており、これらの遺伝子の働きが、成長促進と果実品質改善をもたらしたと考えられます。

本研究成果は、気候変動下でも利用可能かつシンプルで環境に優しい栽培手法によって、トマトをはじめとする農作物の高温ストレス耐性を高められる可能性を示唆しており、持続的な食糧生産に大きく貢献することが期待されます。

研究代表者

筑波大学生命環境系

三浦 謙治 教授

理化学研究所環境資源科学研究センター

関 原明 チームディレクター

研究の背景

近年、地球温暖化に伴う気候変動の影響により、世界各地で猛暑や異常な高温が頻発しています。農業生産においては、こうした高温ストレスが作物の生育や収量に深刻な影響を及ぼしています。特にトマトは、世界で広く栽培される主要作物でありながら、高温に弱く、夏季の栽培では受粉不良や果実品質の劣化が大きな問題となっています。そのため、耐暑性を高める品種改良や遺伝子組換え技術などが試みられてきましたが、実用化には時間とコストがかかることから、簡便で環境に優しく、既存の栽培システムにも導入可能な新しい手法が求められています。

本研究グループはこれまでに、光受容体の一つであるフィトクロム A を欠損したトマト変異体 *phyA* が、野生型に比べて栄養成長期において高温ストレス耐性を示すことを見いだしていますが、生殖成長期にはその耐性が十分に発揮されず、果実の品質に課題が残っていました。そこで今回、*phyA* 変異体の高温ストレス耐性を強化するための方法として、エタノール噴霧に着目しました。エタノールは安価に入手が可能な物質であり、乾燥や塩害などの環境ストレス耐性を高める作用が報告されています。

研究内容と成果

本研究では、トマト *phyA* 変異体の栽培時にエタノールを 1 週間に 1 度、定期的に噴霧しました。比較対象として、高温ストレス耐性に有効であることが知られている植物成長調節剤 4-CPA^{注1)} についても同様に用いました。栽培環境には、夏季の温室（昼間約 50°C、夜間約 30°C）、および 37°C に保たれた閉鎖型栽培室（人為的に生育環境を制御した施設）の過酷な高温ストレス条件を設定しました。

その結果、高温ストレス条件下においてエタノールまたは 4-CPA を噴霧したトマトでは、非処理トマトと比べて草丈や茎の太さが増大し、全体的に健全な生育を維持していました（参考図写真）。また、糖度（Brix 値^{注2)}）が有意に上昇しており（参考図グラフ上）、ビタミン C 含量も増加するといった（参考図グラフ下）、果実品質の向上にも貢献していることが明らかになりました。分子レベルでの分析では、熱ショック転写因子や熱ショックタンパク質をコードする遺伝子や抗酸化酵素^{注3)} 遺伝子の発現が上昇しており、これによって高温ストレス耐性を獲得し、酸化ストレスが軽減したものと考えられます。また、オーキシシンやジベレリン（いずれも植物の成長を制御する植物ホルモン）関連遺伝子の発現が促進していたことから、これらが高温における植物成長の促進に関わっていることが明らかになりました。

今後の展開

本研究により、身近で安価なエタノール噴霧が、植物成長調節剤である 4-CPA と同じように、トマトの高温ストレス耐性向上に有効であることが明らかになりました。今後は、噴霧方法や濃度の最適化を進め、他のトマト品種や作物への応用可能性を検証していく予定です。本手法は、環境に優しく効率的な作物生産技術につながるものと期待されます。

参考図

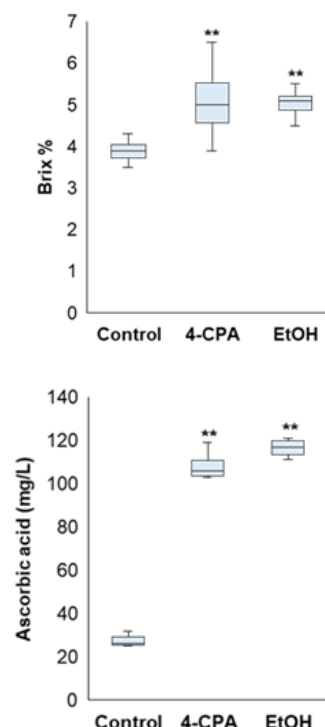
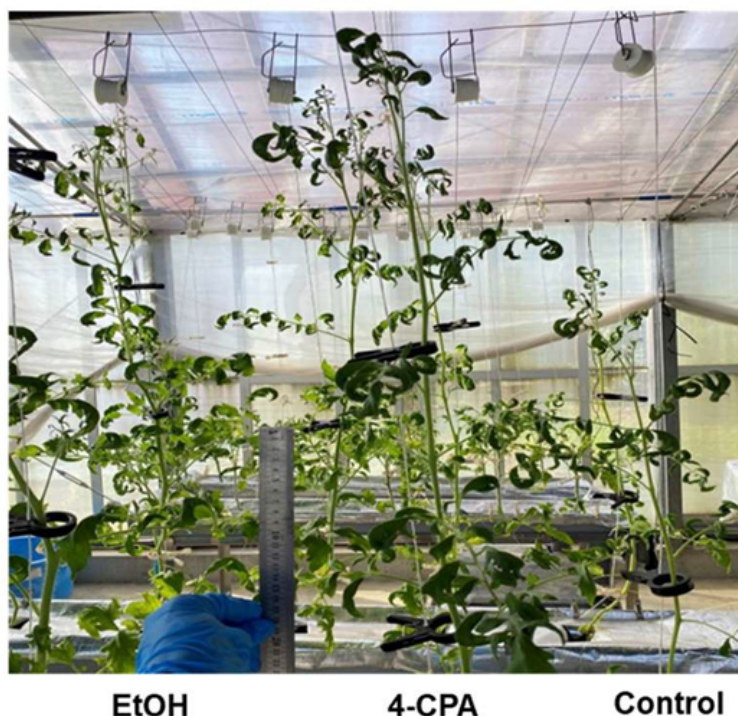


図 本研究の概要

高温ストレス耐性を示す *phyA* 変異体にエタノール (EtOH) あるいは 4-CPA を噴霧したところ、非処理のもの (Control) に比べて、高温環境においても生育促進が見られた (左写真)。また、糖度 (Brix、グラフ上) およびビタミン C (Ascorbic acid、グラフ下) 含量も増加した。

用語解説

注 1) 4-CPA (4-クロロフェノキシ酢酸)

植物成長を調整するための合成オーキシンの一つ。植物ホルモンであるオーキシンと同様の働きを示し、主に、作物の着果促進、果実の肥大促進に利用される。

注 2) Brix (ブリックス)

液体に溶けている可溶性固形分の濃度の高低を示すもの。果汁などでは、水溶性成分の多くが糖であることから、Brix の値は糖濃度に近い値を示し、甘さの程度を知ることができる指標として用いられる。

注 3) 抗酸化酵素 (antioxidant enzyme)

細胞内で生成される活性酸素を無毒化する働きをもつ酵素。

研究資金

本研究は、科研費による研究プロジェクト (22H02295)、JST-OPERA (JPMJOP1851)、JST-ASPIRE (JPMJAP24A3) の一環として実施されました。

掲載論文

【題 名】 Application of 4-CPA or ethanol enhances plant growth and fruit quality of *phyA* mutant under heat stress.

(4-CPA またはエタノール処理により、高温ストレス下における *phyA* 変異体の植物成長と果実の品質を向上させる)

【著者名】 R.A.H. Ahmed (筑波大学), I.M.Y. Abdellatif (筑波大学), N. Oka (筑波大学), M. Kobayashi (筑波大学), M.B. Fuhrmann-Aoyagi (筑波大学), D. Todaka (理化学研究所), M. Seki (理化学研究所), K. Miura (筑波大学)

【掲載誌】 *Scientific Reports*

【掲載日】 2025 年 9 月 12 日

【DOI】 10.1038/s41598-025-17929-8

問合わせ先

【研究に関すること】

三浦 謙治 (みうら けんじ)

筑波大学 生命環境系 教授

URL: <https://sites.google.com/view/tsukubapmcb>

【取材・報道に関すること】

筑波大学 広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

理化学研究所 広報部 報道担当

TEL: 050-3495-0247

E-mail: ex-press@ml.riken.jp