

2025年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

「ヘマトイト(α 酸化鉄)を用いた植物機能増進技術の開発」

[山口大学・准教授] [佐々木一紀]

[山口県産業技術センター・コーディネーター] [宮川 英二]

1. はじめに

作物を栽培するうえで、肥料の適切な施用や病害や害虫の対策を適切に行わなければ、生産量の向上は見込めない。そのため現在の作物生産においては、化学肥料・化学農薬への依存度は大きい。しかしながら、化学肥料・化学農薬は環境中への流出や生態系への悪影響など問題点が多く、これらに代わる新たな農業資材の開発が求められている。農林水産省が2021年に策定した「みどりの食料システム戦略」において、2050年までに化学肥料の使用量30%低減、化学農薬の使用量を50%低減する目標が打ち出された。このような社会的ニーズに対して、世界的にバイオスティミュラントの開発が盛んになっている。バイオスティミュラントとは、植物を刺激することにより、植物が持つ本来の能力を最大限に引き出す資材のことをいう。しかしながら、バイオスティミュラントは、使用する作物種や環境条件によって、その効果にばらつきがあり、化学肥料や化学農薬のような一貫した効果が認められない場合が多い。作物種や環境条件に左右されない、環境負荷の少ない天然物由来のバイオスティミュラント剤を開発することで、持続可能な農業に寄与することが期待できる。

これまでに、ヘマトイト(α 酸化鉄)は植物体に処理することにより、病害抵抗性や生育促進といった植物機能増進効果を誘導するバイオスティミュラントとして利用可能であることがわかってきた。そこで本研究では、製造方法の異なるヘマトイトを用いて、その病害抑制効果を比較検証するとともに、その効果の分子メカニズム解明を目的とした。

2. 概要

化学農薬や化学肥料に代わる資材として、植物本来の能力を引き出すバイオスティミュラントが注目されている。本研究では植物機能増進効果を持つ「ヘマトイト」に着目し、製造方法の違いによる病害抑制効果の比較を行うとともに、その分子メカニズムを解明した。加えて、温室および圃場での実証試験を展開し、実用化に向けた基盤構築を試みた。

3. 研究成果および今後の課題

①製造方法の異なるヘマトイトのトマト青枯病抑制試験

まず、異なる製造方法にて試作したヘマトイト5サンプル(No.3、5、7、8、9)および従来製法品(L223)を使用して、トマト青枯病抑制試験を実施した。4週齢のトマト苗に各ヘマトイトサンプルを灌注処理し、その処理1週後にトマト青枯病菌を接種して、病害抑制効果を比較評価した。

その結果、サンプル No.3、5 および L223 においては病害抑制効果が認められた一方で、サンプル No.7、8、9の発病指数は対照区と同様であった。特にサンプル No.5は、従来品であるL223よりも有意に高い抑制効果を発揮した。これにより、ヘマトイトの製造方法の違いにより、植物への作用が異なることが明らかとなった。

さらに、再現性を確認するためサンプル No.3、5 および L223 を用いて再試験を行ったところ、接種5日後にL223処理したトマトは萎凋していたのに対して、サンプル No.5処理トマトでは萎凋が見られなかった(図1)。サンプル No.5はL223を上回る防除効果を有するという再現性が確認された(図2)。

②ヘマトイト処理トマトの病害抵抗性遺伝子発現の定量

ヘマトイトによる病害抑制メカニズムを明らかにするために、ヘマトイト灌注処理から12時間後のトマトの根を回収し、RT-PCRを用いて防御関連遺伝子の発現解析を行った。植物の抵抗性に関わる植物ホルモンであるジャスモン酸(*LoxA*, *Pin2*)、エチレン(*Osm*)、およびサリチル酸(*PAL2*, *PAL4*, *PR1*) 関連遺

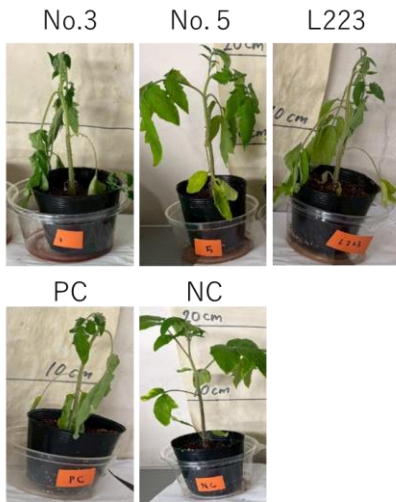


図1.ヘマタイト処理トマトの青枯れ病抑制試験

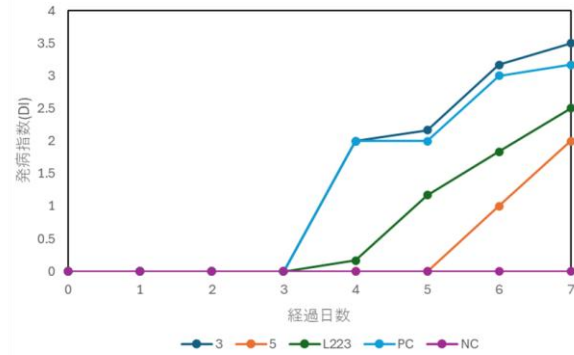


図2.ヘマタイト処理トマトの発病指数

伝子の発現量を調べた。サンプル No.5 処理区において *LoxA* が約 2.0 倍、*Osm* が約 3.6 倍、*PAL4* が約 2.4 倍、*Pin2* が約 2.9 倍と無処理区に比べて発現量が増加していた。これらの結果からヘマタイト処理がこれら複数のシグナル伝達経路を活性化させ、複合的な病害抵抗性を誘導している可能性が示唆された(図 3)。

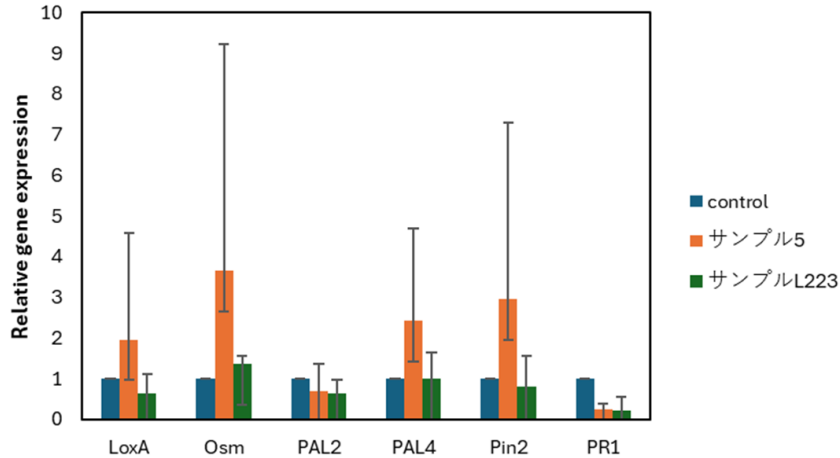


図3.ヘマタイト処理トマトにおける抵抗性遺伝子発現

③温室および圃場におけるヘマタイト効果の検証

温室におけるヘマタイトによる生育促進効果を検証するために、5月～8月にかけてトマトの栽培試験を実施した。定植直後はサンプル No.5 処理区の生育が他の試験区よりも劣っていたが、栽培 40 日後の地上部長はサンプル No.5 処理区で平均 42.3 cm となり、コントロール区 (36.8 cm) および L223 処理区 (38.1 cm) を有意に上回った(図 4)。この結果は、ヘマタイト処理が夏季の高温ストレス下において、その耐性向上に寄与する可能性を示唆した。

根こぶ病汚染圃場におけるブロッコリーの実証試験では、対照区を含め発病が認められず、病害抑制効果の判定には至らなかった。しかし、ヘマタイト処理した茎ブロッコリーにおける試験では、対象区の植

物が高温による初期生育不良となり収穫量が減少したのに対して、ヘマタイト処理区では初期成育が良好であり、収穫量も減少しなかった。これらの結果から、ヘマタイトは温室および圃場条件下において、高温耐性を付与する実用的な資材であることが示された。

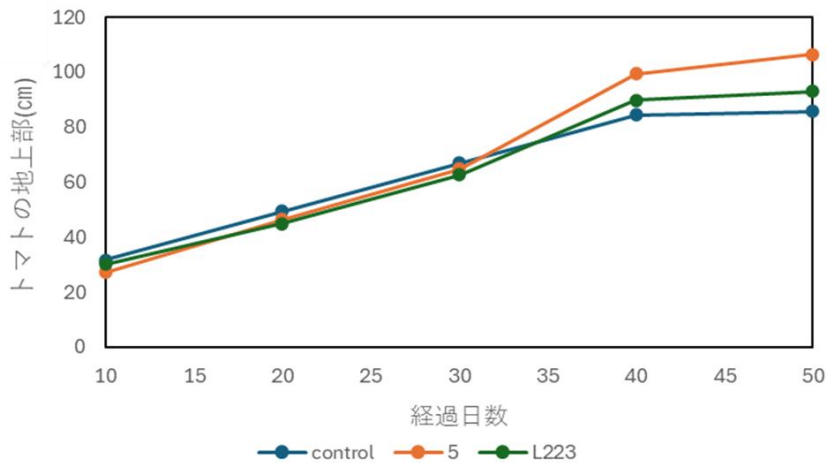


図4.温室におけるヘマタイト処理トマトの地上部長の変化

④RNA-seq 解析によるヘマタイト作用メカニズムの解明

ヘマタイトによる病害抑制および生育促進メカニズムを網羅的に調べるために RNA-seq 解析を行った。サンプル No.5 の灌注処理から 1、3、7 日後のトマトの根から抽出した RNA を用いて解析を行った。発現変動遺伝子 (DEG) を解析した結果、無処理区と比較して、1 日後では発現が増加している遺伝子は 251 個、減少している遺伝子は 246 個、3 日後では、増加 267 個、減少遺伝子は 214 個、7 日後では、増加 1113 個、減少 1505 個であった。これらの結果と主成分分析の結果から、ヘマタイト処理 7 日後という比較的遅いタイムスケールで、多くの遺伝子発現が変動していることが明らかになった(図 5、6)。さらに主要な発現変動遺伝子についてリアルタイム PCR で検証したところ、7 日後においてサリチル酸、ジャスモン酸、エチレン関連遺伝子の発現上昇が確認された一方、ジベレリンに関わる遺伝子は減少していた。これらの結果から、ヘマタイト処理は複数の防御応答関連ホルモン経路を活性化させることで、持続的な病害抵抗性を誘導している可能性が示唆された。

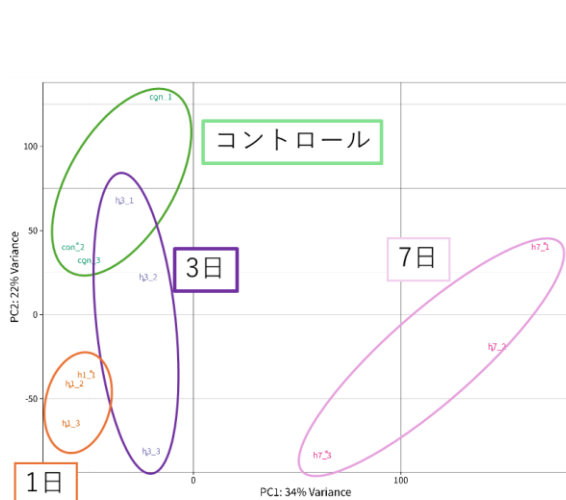


図5.RNA-seqデータの主成分分析

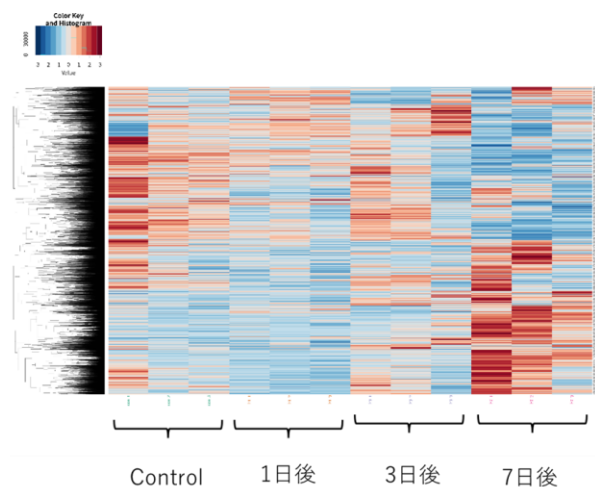


図6.RNA-seqデータのヒートマップ解析

4. おわりに

本研究では、新規バイオスティミュラント資材としてヘマタイトに着目し、その病害抑制効果および生育促進効果を多角的に検証した。実験の結果、製造方法の異なるヘマタイトの中でもサンプル No.5 が最も優れた防除効果を示し、その有効性を確認した。分子メカニズム解析においては、処理後 7 日目にサリチル酸、ジャスモン酸、エチレンといった防御応答関連遺伝子の発現が網羅的に誘導されており、多系統的な抵抗性付与が示唆された。また、温室・圃場試験を通じて、夏季の高温ストレス下における生育維持および生育促進効果という実用的な知見も得られた。以上の成果は、化学農薬や化学肥料への依存度を低減する「みどりの食料システム戦略」の実現に資するものであり、持続可能な農業生産体系の構築に向けた大きな一歩になると期待される。

5. 本研究の今後の計画

今回検討したヘマタイトの製造方法は小規模で行ったため、安定した量産スケールでの製造方法の確立を行う。また、ヘマタイトが植物ホルモンを誘導するメカニズム、特にヘマタイトと根が接触した際の初期反応メカニズムについて解明する。最終的には、農業現場のニーズに即した、より効果的かつ省力化を図れる植物へのヘマタイト処理方法の検討を進めていき、農業資材としての上市を目指していく。

6. その他

(1) 出願特許(タイトル・出願番号・発明者・特許権者など)

該当なし

(2) 投稿論文(タイトル・学会名等)

該当なし

(3) 本研究会の参加企業・団体名

株式会社 野村工電社



競輪の補助事業

この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<https://jka-cycle.jp/>