NEWS RELEASE

【配 布 先】文部科学記者会、科学記者会、府中市政記者クラブ、九州大学記者クラブ

国立大学法人 東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology

九州大学 KYUSHU UNIVERSITY

報道関係者　各位

2026 年 11 月 18 日
国立大学法人東京農工大学
国立大学法人九州大学

茶園の害虫ハダニは、いかにしてカテキン防御に対抗しているのか
―真菌由来の解毒酵素の構造変化と発現制御が鍵―

本研究のポイント

- 緑茶に豊富なカテキン[注 1)]は、ヒトの健康に資する抗酸化物質として知られています。一方、害虫に対しては、「毒性」、「忌避性」および「摂食阻害性」という 3 つの防御作用をもちます。
- 超広食性のナミハダニも、茶園以外に由来するカンザワハダニも、チャ上では繁殖できません。一方、茶園のカンザワハダニは 3 つの防御作用のいずれにも感受性が低く、特にカテコール型のカテキンの毒性に対して格段に高い耐性を示しました。
- 茶園のカンザワハダニがチャを摂食したときに限って発現量が大きく増加する酵素 DOG15 を同定しました。真菌からの遺伝子の水平伝播[注 2)]で獲得されたこの酵素は、カンザワハダニではナミハダニと 2 か所のアミノ酸が異なり、カテキンの分解活性が高いことがわかりました。
- チャへの適応には、DOG15 の 2 か所のアミノ酸の違い（構造の種間差）と DOG15 の発現量の増加（発現制御の種間・種内差）という 2 段階の変化が要因の一つとして関わっていると考えられます。

概要

東京農工大学大学院生物システム応用科学府博士後期課程の武田直樹大学院生（日本学術振興会特別研究員 DC1、研究当時）、同学府博士前期課程の村上竜太郎大学院生（研究当時）、同大学大学院先進学際科学府の山本雅信産官学連携研究員、同大学大学院農学研究院生物システム科学部門の鈴木丈詞教授らの研究グループは、九州大学大学院理学研究院の佐々木捷悟助教（東京農工大学未来価値創造研究教育特区特任助教、研究当時）、カナダ・ウェスタンオンタリオ大学の Vojislava Grbić教授（東京農工大学グローバルイノベーション研究院外国人研究者、研究当時）、米国ミシガン州立大学の Maksymilian Chruszcz 教授らとの国際共同研究により、チャ（*Camellia sinensis*）の主要害虫カンザワハダニ（*Tetranychus kanzawai*; 図 1）がカテキンを解毒するしくみの一端を明らかにしました。

カテキンは、チャにとって害虫や病原菌から身を守るための化学防御物質です。スーパーペストとして知られる超広食性のナミハダニ（*Tetranychus urticae*）でさえチャを餌植物とし

て利用できません。一方、近縁種のカンザワハダニには茶園で繁殖する個体群が存在します。研究グループは、茶園由来の個体群が、カテキン防御にどのように対抗しているのかに着目し、この違いを生む機構を調査しました。真菌から水平伝播で獲得された芳香環開裂型ジオキシゲナーゼ（DOG）[注3)] の一つ DOG15 が鍵であることを見いだしました。カンザワハダニの DOG15 は、ナミハダニのものよりカテキンの分解活性が高く、茶園由来の個体群ではチャを摂食したときに発現量が大きく増加していました。これらの結果から、カテキンを解毒する酵素 DOG15 の「構造変化」と「発現制御」という 2 段階の機構が、チャの化学防御に対抗するしくみの一端を担っていると考えられます。

本研究成果は、eLife 誌に 2026 年 2 月 18 日付で Reviewed Preprint として公開された後、9 月 11 日付で Reviewed Preprint v2（改訂版）として公開され、11 月 17 日付で Version of Record（最終版）として掲載されました。

研究の背景

緑茶に多く含まれるカテキンは、ヒトへの健康効果で知られる一方、チャでは害虫や病原菌を退ける化学防御物質として機能しています。しかし、一部の植食者はチャ上で繁殖を続けています。なぜ特定の種や個体群だけがカテキンに耐えられるのかは、これまでよくわかっていませんでした。

ハダニは体長 0.5 mm ほどの小さな節足動物で、昆虫ではなくクモやサソリと同じクモガタ綱に属します。ナミハダニは 1,100 種を超える植物を加害する超広食性の害虫ですが、チャでの発生は報告されていません。一方、近縁種のカンザワハダニはチャの主要害虫の一種です。さらにカンザワハダニには、チャ上で繁殖できる「チャ適応個体群」と、チャ上で繁殖できない「チャ非適応個体群」が存在します。研究グループは、この 2 種 3 個体群の比較からチャ適応の機構に迫りました。

研究成果

1）カテキンは 3 つの作用でハダニを防ぐ

研究グループは、カンザワハダニのチャ適応およびチャ非適応個体群と、ナミハダニをチャの葉で 10 日間飼育し、生存と産卵を調べました。繁殖できたのはカンザワハダニのチャ適応個体群のみで、チャ非適応個体群とナミハダニはほとんど生き残らず、産卵もほとんど認められませんでした。次に、緑茶の主要なカテキンの水溶液に虫体を浸し、毒性を比較しました。カテコール型のカテキンでは、チャ適応個体群は試験した最高濃度である 10%（10 万 ppm）でも半数が死亡せず、半数致死濃度[注4)] はナミハダニを大きく上回りました。

カテキンは毒性だけでなく、行動にも作用しました。カテキンを片側に塗布したガラス板上では、カンザワハダニの非適応個体群とナミハダニは塗布した側を避けました（忌避性）。次に、カテキンを塗布した葉を薄いフィルムで覆い、脚が接触せずに口針[注5)] のみで葉を摂食できる条件で食害を調査しました。その結果、カンザワハダニの非適応個体群による食害はほとんど観察されませんでした（摂食阻害性）。一方、チャ適応個体群は、毒性、忌避性、摂食阻害性のいずれに対しても感受性が低いことが示されました。

2）鍵は真菌由来の酵素 DOG15

3 個体群をチャの葉とインゲンマメの葉でそれぞれ飼育し、トランスクリプトーム解析[注6)]

とプロテオーム解析[注7)]により、発現している mRNA とタンパク質の種類と量を比較しました。カンザワハダニのチャ適応個体群がチャを摂食したときに限って、mRNA とタンパク質の両方で発現が増加した遺伝子は一つだけでした。それが DOG 遺伝子の一つ DOG15 です。チャを摂食したカンザワハダニのチャ適応個体群では、DOG15 の mRNA 量がインゲンマメ摂食時の約 20 倍、チャを摂食したナミハダニの約 32 倍に達していました。RNA 干渉[注8)]で DOG15 の発現を抑制すると、カンザワハダニのチャ適応個体群であっても、チャ上での生存率が有意に低下しました。DOG15 の高い発現がチャ適応に重要であることを示す結果です。

3）カンザワハダニ型の酵素はカテキン分解活性が高い

カンザワハダニとナミハダニの DOG15 のアミノ酸配列を比べると、2 か所（127 番目と 203 番目）が異なり、カンザワハダニ型は、ナミハダニ型のものと比較して、カテキンに対する高い活性を示しました。さらに、チャ摂食時の DOG15 の発現量を加味すると、特にカテコール型のカテキンに対する活性の差異が大きいことも判明しました。これは、毒性試験でチャ適応個体群がカテコール型のカテキンに対して特に高い耐性を示したことと整合します。

4）チャ適応は DOG15 の「構造変化」と「発現制御」が鍵

DOG15 のアミノ酸配列は、カンザワハダニのチャ適応個体群と非適応個体群で完全に同じでした。つまり、ナミハダニとの 2 か所のアミノ酸の違いは、カンザワハダニという種に共通する特徴ですが、これだけではチャに適応できません。この違いに加え、茶園由来の個体群のみが、チャを摂食したときに DOG15 の発現量を大きく増加させる性質を獲得していました。真菌から受け取った遺伝子が、構造の種間差と発現制御の種間・種内差という 2 段階の変化を経て植物の化学防御への対抗に用いられていることを、DOG について実証した初めての例です（図 2）。

今後の展開

DOG15 によってカテキンがどのような物質に変わるのかはまだ確かめられていません。チャ適応個体群がなぜ忌避性や摂食阻害性に感受性が低いのかも未解明です。チャ摂食時に DOG15 の発現を制御する機構も不明です。今後はこれらの解明を進めていきます。

応用面では、DOG15 はカンザワハダニのチャ適応個体群のチャ上での繁殖に重要な解毒酵素の一つです。DOG15 の遺伝子を標的とした RNA 干渉技術など、茶園のカンザワハダニの新規防除法につながることが期待できます。

研究者コメント

私は緑茶栽培が盛んな静岡県に生まれ、高校を卒業するまで茶園と富士山が日常の風景でした。当時は、そんな茶園で、チャとハダニの間にこれほどの攻防が繰り広げられているとは思いもしませんでした。今回、真菌に由来する酵素の構造変化と発現制御によってカテキン防御に対抗するハダニの巧みな適応機構の一端を明らかにできたことに、深い感慨を覚えています。（鈴木丈詞教授）

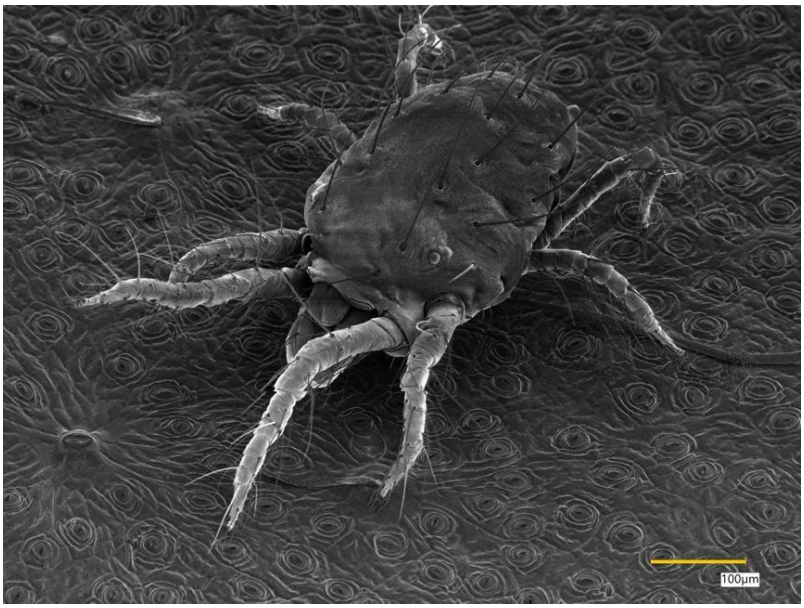


図 1：チャの葉を加害するカンザワハダニ（*Tetranychus kanzawai*）雌成虫の走査型電子顕微鏡像。体長は 0.5 mm ほどで、口針を葉に刺して細胞の内容物を吸う。葉面に点在する楕円形の構造は気孔。スケールバーは 100 µm。



図 2：カンザワハダニがチャのカテキン防御に対抗するしくみ（模式図）。カンザワハダニのチャ適応個体群と非適応個体群、およびナミハダニについて、チャ上でのパフォーマンス（食害と繁殖の可否）、カテキン防御（忌避性、摂食阻害性、毒性）への感受性、解毒酵素 DOG15 の構造（127 番目と 203 番目のアミノ酸）、カテキン分解活性およびチャ上での発現量を比較した。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金（JP22J22156、JP16K18661、JP18H02203、JP21H02193、JP24K21256）、内閣府ムーンショット型農林水産研究開発事業（JPJ009237、研究推進法人：生研支援センター）および米国農務省国立食糧農業研究所（USDA-NIFA、award 2020-67014-31179、NSF/NIFA Plant Biotic Interactions Program）の支援によるものです。

用語解説

注 1）カテキン（catechin）
緑茶に多く含まれるフラボノイドの一群で、渋みのもとになる。エピカテキン、エピカテキンガレート、エピガロカテキン、エピガロカテキンガレートが主な 4 種類。分子内の一つの環（B 環）に付くヒドロキシ基の数により、カテコール型（エピカテキン、エピカテキンガレート）とピロガロール型（エピガロカテキン、エピガロカテキンガレート）に分けられる。

注 2）遺伝子の水平伝播（horizontal gene transfer）
親から子へ受け継がれるのではなく、別種の生物から遺伝子が取り込まれる現象。ハダニの DOG 遺伝子群は、真菌から獲得されたと考えられている。

注 3）芳香環開裂型ジオキシゲナーゼ（intradiol ring-cleavage dioxygenase、DOG）
鉄を活性中心にもち、酸素分子を使ってカテコールやピロガロールなどの芳香環を開裂する酵素。細菌や真菌では芳香族化合物の分解に働く。ハダニのゲノムには 17 個の DOG 遺伝子がある。

注 4）半数致死濃度（median lethal concentration、LC_{50}）
試験した個体の半数が死亡する物質の濃度。値が高いほど、その物質への耐性が強い。

注 5）口針（stylet）
第 1 付属肢である 1 対の鋏角（chelicera）の可動指（movable digit）。むち状であり、横断面は桶状で両可動指が接合して口針が形成される。摂食時は葉肉細胞に口針を刺入し、唾液の注入や、口外消化した細胞内容物の吸汁に用いる。

注 6）トランスクリプトーム解析（transcriptome analysis）
細胞や個体で発現している mRNA の種類と量を調べる手法。

注 7）プロテオーム解析（proteome analysis）
細胞や個体で発現しているタンパク質の種類と量を調べる手法。

注 8）RNA 干渉（RNA interference、RNAi）
細胞内に導入された二本鎖 RNA がトリガーとなり、相補的な配列をもつ遺伝子の発現が抑制される現象。

論文情報

タイトル：Adaptation of an herbivorous arthropod to green tea plants by overcoming catechin defenses

著者：Naoki Takeda, Brendan Abiskaroon, Ricardo Hernandez Arriaza, Ryutaro Murakami, Shogo Sasaki, Masanobu Yamamoto, Vladimir Zhurov, Vojislava Grbić, Maksymilian Chruszcz, Takeshi Suzuki
掲載誌：eLife
掲載日：2026 年 11 月 17 日（Version of Record）
DOI：10.7554/eLife.110082
URL：https://doi.org/10.7554/eLife.110082

本研究に関する問い合わせ先

【研究に関すること】
東京農工大学大学院農学研究院生物システム科学部門
教授　鈴木 丈詞（すずき たけし）
TEL：042-388-7278
E-mail：tszk@cc.tuat.ac.jp

【報道に関すること】
東京農工大学 総務課広報室
E-mail：koho2@cc.tuat.ac.jp

九州大学 広報課
E-mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp