

平成 27 年 6 月 12 日

報道関係者各位

国立大学法人 筑波大学

受粉をしていないめしべが果実にならない理由

～果実の形成を抑制する新たなメカニズムを発見～

研究成果のポイント

1. トマトの果実形成が、ガス状の植物ホルモンであるエチレンによって制御されることを初めて明らかにしました。
2. エチレンは、ジベレリン代謝を調節することで、受粉していないめしべからの果実形成を抑制していると考えられます。
3. 発見されたメカニズムを制御することで、果実の生産性を向上させる新たな技術開発が期待されます。

国立大学法人筑波大学(以下、筑波大学)生命環境系の有泉亨助教、篠崎良仁研究員、江面浩教授らの研究グループは、理化学研究所環境資源科学研究センター、ボイス・トンプソン研究所、コーネル大学、香港中文大学との共同研究により、トマトの果実形成を制御する新たなメカニズムの発見に成功しました。

トマトを含む多くの果実の形成は、受粉をきっかけとして生成される植物ホルモン*¹(オーキシンやジベレリンなど)によって促進されることが知られています。一方、ガス状の植物ホルモンの一種であるエチレンは、多くの果実の成熟に関与することが知られていますが、果実形成への直接の関与はこれまで明らかにされていませんでした。

本研究は、筑波大学遺伝子実験センターが有するトマト品種マイクロトムの大規模変異体集団の中から発見された、エチレン低感受性変異体 *Sletr1*^{*2} を利用し、受粉していないめしべからの果実形成をエチレンが抑制していることを明らかにしました。受粉前のめしべで多量に生成されているエチレンは、果実形成を促すジベレリンの生合成を抑える役割を担うと考えられました。このメカニズムを制御することで、果実の生産性を向上させる新たな技術の開発が期待されます。

本研究成果は、国際的なオンライン科学誌「The Plant Journal」に掲載される予定です(すでにオンラインで先行公開されています)。

* 本研究はテニュアトラック普及定着事業、および農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の採択課題「トマトの単為結果の分子機構解明」からの支援のもと実施されました。

研究の背景

トマトは様々な機能性成分を含み、世界各地で周年生産される重要な作物となっています。また 2012 年には全ゲノム配列が解読されるなど、果実に関する研究のモデル植物にもなっています。私たちが口にするトマト果実は、花のめしべの子房が肥大してできたものです。通常、トマトは受粉しなければ果実を形成しません。トマトの果実形成は、受粉をきっかけにめしべで生成されるオーキシンやジベレリンなどの植物ホルモンによって促進されると考えられています。そのため栽培農家でこれらのホルモン処理を行ったり、受粉を必要としない「単為結果性*³」を示す品種の開発が長年行われてきました。このように果実形成を促進するメカニズムについての研究やその利用は多くなされてきましたが、めしべで生成される様々な植物ホルモンの働きやバランスを調節するメカニズムについては、未解明な点が多く残されています。また、ガス状の植物ホルモンの一種であるエチレンは、多くの果実の成熟に関与することがよく知られている一方で、果実形成における役割はほとんど明らかにされていませんでした。

研究内容と成果

本研究において、トマトのめしべで生成されるエチレンの量を測定したところ、その量は受粉後に減少することが分かりました。また、オーキシンの働きが活性化された変異体においてエチレンの生合成・シグナル伝達に関与する遺伝子の発現を解析した結果、エチレンの働きは受粉やオーキシンによって抑制されることが明らかになりました。

次に、エチレンと果実形成の関係を調べるために、受粉しためしべに対してエチレンの生成を促す前駆物質処理をしました。その結果、受粉したにも関わらず果実形成は抑制されました。その一方で、受粉していないめしべに対してエチレンの働きを阻害する薬剤を処理したところ、単為結果性の果実形成が起こることを発見しました。さらに、筑波大学遺伝子実験センターが有するトマト品種マイクロムの大規模変異体集団の中から発見された、エチレン低感受性変異体 *Sletr1-1* と *Sletr1-2* について、いずれも強い単為結果性を示すことを発見しました(図1および図2)。

また、様々なホルモン含量の測定や、ホルモンの代謝に関連した遺伝子の発現解析などから、受粉していないめしべではエチレンがジベレリンの生合成を抑制していることが示されました。

以上の結果から、これまで明らかになっていた受粉から果実形成に至るまでのメカニズムに、エチレンが抑制的に働いていることが初めて明らかになりました(図3)。

今後の展開

植物にとって果実は子孫である種子を発達させる場であるとともに、種子の保護と散布を担う重要な器官です。果実の形成にはたくさんの養分を必要としますが、単為結果性の果実は種子を作ることができません。自然界において、受粉していないめしべからの果実形成の抑制は、不必要な養分消費を防ぐ重要なメカニズムであると考えられます。そこで、果実形成においてエチレンがジベレリンの代謝を調節する詳細な分子メカニズムの解明を計画しています。また、農業生産においては、エチレンの働きを抑制することで果実の生産性を向上させることができると期待されることから、*Sletr1* などを利用した技術開発を計画しています。

参考図

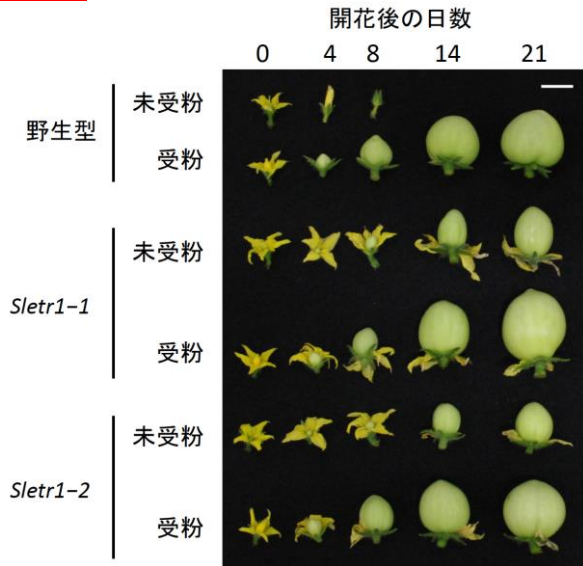


図1 トマト *Sletr1* 変異体が示す単為結果性による果実形成の過程
 野生型の受粉していないめしべ(未受粉)は果実を形成しなかった。その一方で、*Sletr1-1* および *Sletr1-2* 変異体は、未受粉めしべからも果実を形成した。受粉は開花当日(0日目)に行った。スケールバーは1 cm。

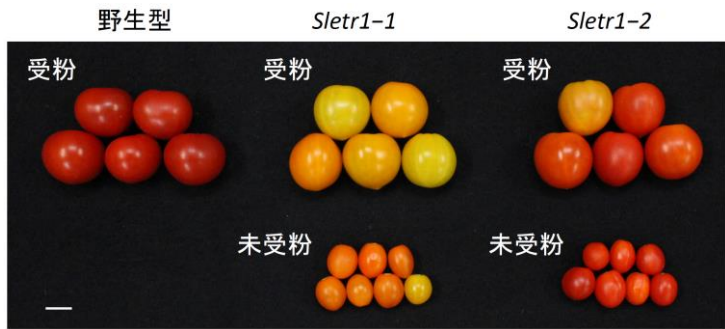


図2 トマト *Sletr1* 変異体の単為結果性果実
 野生型、*Sletr1-1* 変異体、および *Sletr1-2* 変異体の受粉もしくは単為結果によって得られた開花 50 日目の果実。*Sletr1* 変異体は単為結果によって、受粉した場合よりも小さな果実を形成した。*Sletr1-1* はエチレンの感受性が非常に低いため、果実の色付きが弱い特徴を有する。スケールバーは1 cm。

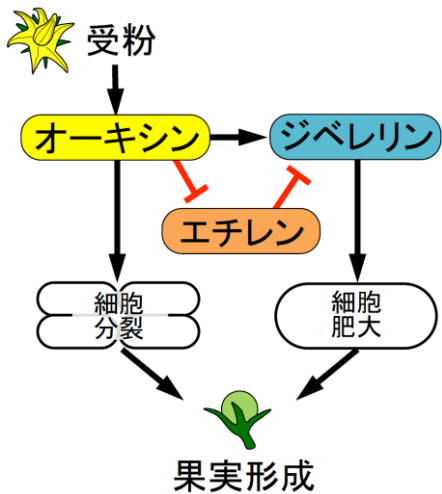


図3 植物ホルモンが関わる果実形成メカニズム
 これまでの研究で、受粉によってめしべで生成されるオーキシシンとジベレリンが、それぞれ細胞分裂と細胞肥大を促進することで果実形成を促すと考えられている。本研究により、これまで明らかになっていた果実形成の促進メカニズム(黒線)に対して、エチレンが抑制的に働くことが明らかになった(赤線)。

用語解説

*1 植物ホルモン

植物の体内で生成され、非常に低濃度で生理的な作用を調節する機能を持つ物質のうち、植物で普遍的に存在することが知られている物質。植物ホルモンの一種であるオーキシンやジベレリンは果実形成の促進のほか、一般的に植物の成長を促進させる働きを持ちます。エチレンは非常に単純な化学構造からなるガス状の植物ホルモンで、果実成熟の促進のほか、一般的に植物の成長を抑える働きを持ちます。

*2 エチレン低感受性変異体 *Sletr1*

Solanum lycopersicum *ETHYLENE RESPONSE1* (*SIETR1*) と呼ばれる、エチレンを感受する受容体の遺伝子が変化したトマトの変異体。*SIETR1* 遺伝子内の異なる部分が変化した *Sletr1-1* 変異体と *Sletr1-2* 変異体が発見されています。これらの変異体はエチレンを感受する能力が大きく低下しており、エチレンの働きがほとんどみられないことがわかっています。

*3 単為結果性

多くの植物において、果実を形成するためにはめしべが花粉により受粉する必要があります。このような受粉をしなくとも果実を形成する性質を単為結果性と呼びます。この場合、種子は形成されません。

掲載論文

Ethylene suppresses tomato fruit set through modification of gibberellin metabolism

論文題名(和訳): エチレンはジベレリン代謝の調節を介してトマト果実形成を抑制する

著者: 篠崎良仁¹、羽尾周平¹、小嶋美紀子²、榊原均²、大関-飯田悠子¹、Yi Zheng³、Zhangjun Fei³、Silin Zhong⁴、James J. Giovannoni³、Jocelyn K.C. Rose⁵、岡部佳弘¹、辺田結巳¹、江面浩¹、有泉亨¹

¹ 筑波大学; ² 理化学研究所環境資源科学研究センター; ³ ボイス・トンプソン研究所;
⁴ 香港中文大学; ⁵ コーネル大学

掲載誌: The Plant Journal

DOI: 10.1111/tpj.12882

公開日: 2015年6月予定 (オンライン先行公開済み)

問い合わせ先

有泉 亨(ありいずみ とおる)

筑波大学 生命環境系 助教