

植物間の香りを介したコミュニケーションの仕組みの解明に成功

概要

1. 背景

植物は虫に食べられると特別な香り物質を作って環境中に放散します。この食害誘導性の香りは、加害している虫の天敵をボディーガードと呼ぶという機能があることが報告されています。さらに周りのまだ食べられていない植物がこの香りを受容した場合には、「隣の植物が虫に食べられている！ 私も気をつけて前もって防衛しなければ」と擬人化できるような反応を示します。これは香りを介した植物間のコミュニケーション (plant-plant communication) と呼ばれています (植物間シグナリング (plant-plant signaling)、植物の立ち聞き (eavesdropping plant)、などとも呼ばれる)。この現象は、2000 年頃より紛れも無い事実として報告されてきています。

さて、植物が危険を知らせる香りを受容して防衛を始めるためには、香りを受容する何らかのメカニズムがあるはずですが、しかし、隣の植物がどのように香り物質を受け取るのかについては明らかになっていませんでした。私たちはトマトとその害虫のハスモンヨトウを用いて、トマトの株間でも空気中の香りを介したコミュニケーションがあることを実証し、香りを受け取る仕組みの一つを世界で初めて明らかにしました。またそれに引き続く防衛の新たな形も明らかにしました。

2. 研究手法・成果

トマトの葉にハスモンヨトウ幼虫を乗せてしばらく食べさせた時には、特別なブレンドの香りが出ました。そこでその香り成分を分析しました。みどりの香りを始めとして十数種の香り成分が生成、放散されることが確認できました。次に、この香りブレンドを無傷で健全なトマトに曝露し、その後にハスモンヨトウ幼虫を乗せて幼虫の生育の様子を観察しました。その結果、食べられているトマトから放散された香りに曝したトマトの上では香りを与えなかったトマトの上に比べハスモンヨトウ幼虫の生育が僅かですが抑えられることが明らかになりました。卵から孵化した後の幼虫の生存率も下がっていました。このことから食べられているトマトから出ている香りを受け取ったトマトはハスモンヨトウに対する防衛を強化した、と言えます。

そこで、どのように香り物質を受け取り、どのように防衛しているのかを明らかにするため、香りブレンドに曝されたトマトでどのような代謝物に変化したのかを網羅的に解析しました (メタボローム解析: かずさ DNA 研究所との共同研究)。曝された場合と曝されない場合で、それぞれ 7000 以上の共通のピーク (物質) が観測されましたが、香りブレンドの曝露で特異的に増えていたのは 1 成分だけでした。曝露した葉の抽出物を大量に集め、そこより単離し構造決定した結果、その化合物は (Z)-3-ヘキセニルビシアンシド ((Z)-3-ヘキセニル α -L-アラビノピラノシル- β -D-グルコピラノシド) (下の図) と同定されました。(Z)-3-ヘキセニルビシアンシドはみどりの香りの一つである青葉アルコール ((Z)-3-ヘキセノール: 以下ヘキセノール) に糖がついた化合物 (配糖体) です。精製したこの化合物をハスモンヨトウの人工飼料に添加して飼育すると、香りブレンドを曝露した葉で飼育した時と同程度にハスモンヨトウの生育は抑えられ、幼虫の生存率は低下しました。また、この化合物のヘキセノール部分は、そのほぼ全てが気体として与えられたヘキセノールを取り込んでいることも明らかになりました。つまり、トマトは隣の虫に食べられている植物から漂ってきた香りブレンドの中からヘキセノールを取り込んで自分の体の中

で糖をつけることで受容します。さらに糖を付けることで虫に抵抗性をもつ化合物に変換して蓄積しているのです。この受容と蓄積は、実験室内の制御環境下だけでなく、風向きがランダムな実験圃場での野外実験でも観察されました。被害植物由来のヘキセノールを健全植物が受容し、防衛が誘導されるとい植物間コミュニケーションは野外でも成立していることを実証しました。さらに、実験室内の研究からは、トマト以外の多くの植物で配糖体化されたヘキセノールの蓄積が認められました。

フグ毒や一部の昆虫毒は体外から取り込んでいることが知られていますが、今回のケースは無毒な香り化合物（ヘキセノール）を受容し、ハスモンヨトウに対する抵抗性をもつ化合物に変換するという新しい防衛システムです。また、この際の糖をつける反応こそが香り成分の一つである青葉アルコールを受け取る実体と言えます。植物の香り受容機構の一つが世界で始めた明らかになりました。

3. 波及効果

嗅覚をもたない植物で、香り化合物を介した情報伝達をしていることと、その受容システムの一つを分子レベルで始めて示しました。学術的インパクトは極めて高いです。

毒性のない香り物質を選択的に取り込んで虫に対する抵抗性物質に変換する能力は、将来的には環境に優しい農業のシーズになるかもしれません。

4. 今後の予定

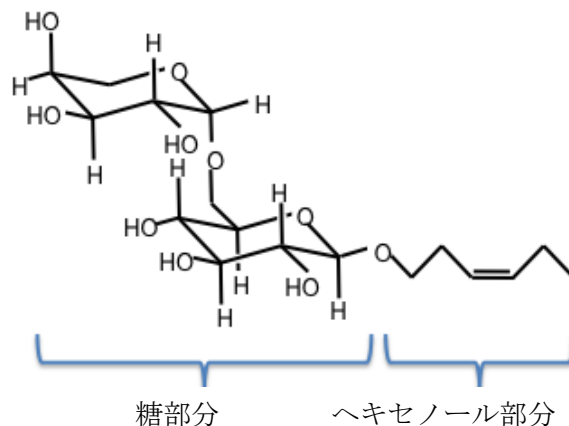
香りを受ける実体は配糖体化酵素と呼ばれます。この研究を推進した杉本貢一博士（京都大学研究員：現在はミシガン州立大学留学中）はトマトの配糖体化酵素遺伝子を同定しつつあります。この遺伝子の働きを制御することで香りを介した植物間の情報伝達の植物にとっての生態学的な意味をより明確にできると思われます。

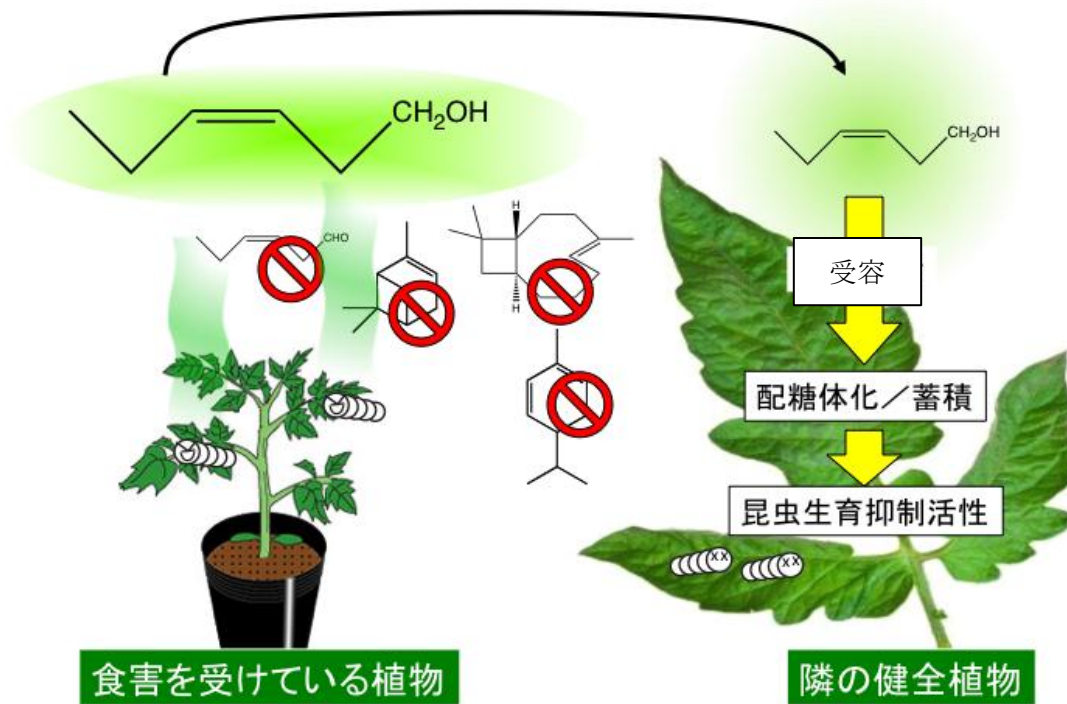
<用語解説>

ハスモンヨトウ：トマトやナスなど多くの作物に被害を与える重要害虫の一つ。

みどりの香り：炭素数が6個の揮発性化合物群の総称。植物の葉をつぶした時の独特の青臭い香りの本体。

ヘキセニルビシアンシド：みどりの香りのうち、ヘキセノールに糖が二つ付いた配糖体。構造は下記の通り。





模式図：ハスモンヨトウ食害を受けている植物（左側の植物）からは様々な香り化合物が放散される。そのうち、緑で囲ったヘキセノールという香り物質は隣の健全植物に取り込まれ、糖を付けた配糖体へと変換され、蓄積される。この配糖体はハスモンヨトウの生育を阻害する。



写真：トマトの葉を食べるハスモンヨトウ幼虫（原図：高林純示）