



メンデルの緑色の豆の原因を解明 ～クロロフィルを分解する酵素の発見～

研究成果のポイント

- ・クロロフィルを分解に導く最初の酵素である Mg 脱離酵素を初めて同定。
- ・メンデルが遺伝学の法則の発見に利用した緑豆は、この酵素が働かない変異株であった。
- ・この酵素の機能を抑制すると、植物の緑色が長く保持する。

研究成果の概要

植物は光を吸収するクロロフィルを持つため、葉が緑色をしています。秋の紅葉は、クロロフィルが分解されるために起こる現象です。クロロフィルはマグネシウム (Mg) と結合していますが、クロロフィルの分解はこのマグネシウムが外れることにより始まります。今までマグネシウムを外す酵素 (Mg 脱離酵素) はわかっていませんでしたが、今回、Mg 脱離酵素を決定することに成功しました。興味深いことに、これは植物が緑色を長く保持する (Stay-Green) 突然変異体の原因遺伝子として知られていた SGR でした。このことから、メンデルが遺伝学の法則で利用した緑色の豆の原因は、クロロフィルからマグネシウムを外すことができないことであることが明らかになりました。

この成果は、植物の老化・紅葉の解明に貢献するとともに、有機物から金属を外すという新しい種類の酵素反応として重要な発見になることが期待されます。

論文発表の概要

研究論文名 : Arabidopsis STAY-GREEN, Mendel's Green Cotyledon Gene, Encodes Magnesium-Dechelataase (シロイヌナズナにおけるメンデルの緑色の子葉の遺伝子はマグネシウム脱離酵素である)

著者 : 下田洋輔 (元 北海道大学低温科学研究所), 伊藤 寿, 田中 歩 (北海道大学低温科学研究所)

公表雑誌 : The Plant Cell (植物生理学の専門誌)

公表日 : 米国東部時間 2016 年 9 月 7 日 (水) (オンライン公開)

研究成果の概要

(背景)

秋になると樹木が紅葉し、水田の稲は緑色を失って収穫の時期になります。このような風景は、植物がクロロフィルを分解するために見られるものです。クロロフィルの分解は、葉にたまっている栄養を幹や種子に送って再利用するために必要です。そのため、植物はクロロフィルを分解する能力を持っています。クロロフィルは環状の分子で、中心にマグネシウムを含んでいます。クロロフィルの分解はこのマグネシウムが外れることによって始まることが知られています。しかしその反応に関わる遺伝子や酵素はわかっておらず、このことがクロロフィルの分解の制御や、葉が枯れて栄養を転流する過程を理解するうえで妨げとなっていました。そこで、クロロフィルを分解する遺伝子を明らかにすることを目的として研究を行いました。

(研究手法)

植物が老化する時期になっても緑色を保つ突然変異体がいくつか知られています。その中の一つの原因遺伝子として SGR (Stay-Green) が知られていました。研究チームは様々な実験を繰り返すことで、SGR がマグネシウムを外す酵素 (Mg 脱離酵素) であるとの考えに至りました。これを証明するため、モデル植物のシロイヌナズナの SGR を使い、無細胞タンパク質合成という方法により試験管内で SGR タンパク質を合成し、その性質を調べました。また、SGR の遺伝子組み換え植物を作り、その機能を調べました。

(研究成果)

クロロフィルを SGR タンパク質と反応させたところ、マグネシウムの脱離、つまりクロロフィルの分解が観察されました。このことから、SGR がクロロフィルを分解する Mg 脱離酵素の実体であることが分かりました。また、SGR タンパク質を大量にためる遺伝子組み換え植物は、クロロフィルが分解されて葉が黄色くなることから、SGR がクロロフィルの分解を制御していることが分かりました。

メンデルは今から約 150 年前の 1865 年に、エンドウマメの 7 種類の突然変異体を使って遺伝の法則を発見しました。その中の一つの緑色の豆 (普通の豆は薄茶色) を作る突然変異体の原因遺伝子が SGR であることは約 10 年前から知られていました。今回、SGR がクロロフィル分解酵素であることが示されたことから、メンデルの緑色の豆は、クロロフィルからマグネシウムが脱離しないためだという、分子レベルでの原因が明らかになりました。

(今後への期待)

SGR を失った突然変異体は緑色を長く保つので、芝生や観賞用の植物、あるいは保存中の緑色野菜の変色の防止などに応用できることが期待されます。また、何らかの手法と組み合わせることで、光合成を長く行う植物の作出、ひいては生産性の向上に結び付く可能性があります。さらに、この酵素は有機物から金属を外す反応を触媒します。これは極めてまれな反応です。SGR を調べることにより、新しい酵素反応機構が明らかになる可能性があります。

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 助教 伊藤 寿 (いとう ひさし)

TEL : 011-706-5496 FAX : 011-706-5493 E-mail : ito98@lowtem.hokudai.ac.jp

ホームページ : <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/plantadapt/>

【参考図】

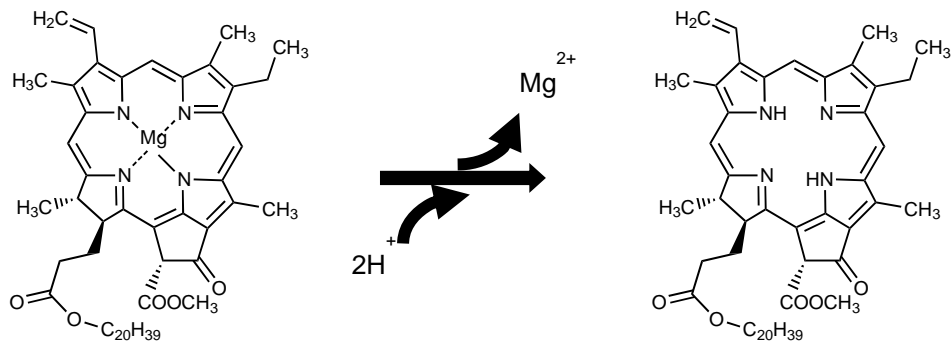


図1 SGRによるマグネシウムの脱離反応

クロロフィルは、SGRのはたらきによって中心のマグネシウムを失うことで分解が始まる。

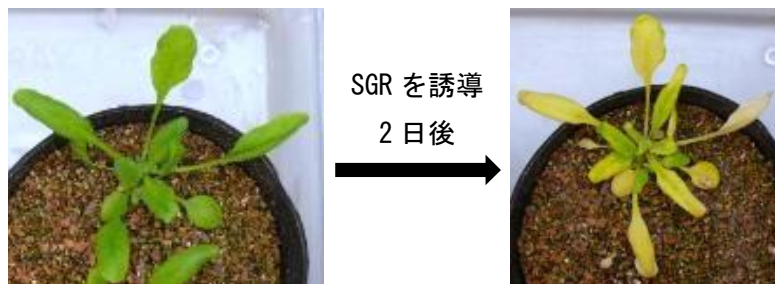


図2 SGRを誘導して黄色くなった植物

通常のシロイヌナズナ（左）にSGRタンパク質を人工的に発現させると、クロロフィルが分解し、紅葉と同じように葉が黄色くなる（右）。



図3 メンデルのエンドウマメ

左が通常のもの、右が突然変異によりSGRを失った緑色の豆。

メンデルは突然変異によってできたこの緑豆を使い、遺伝の法則を発見した。



図4 SGRを失ったシロイヌナズナの変異体

左は通常の植物で、種ができる時期になり枯れかけている。生育期間は同じだが、右のSGRを失った植物はクロロフィルが分解できないため、葉が緑色のままである。この性質は、シロイヌナズナだけでなく、ほとんどの植物で実現できる。応用範囲が広い遺伝子。