

2023年3月2日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

植物が無機窒素を有機窒素へ変換するしくみ —植物の根は窒素同化を調整する—

【発表のポイント】

- 植物の根に窒素肥料を与えると、アンモニウムをアミノ酸に変換する遺伝子が発現します。
- 植物の根が「アンモニウムに応答」して遺伝子を発現させるために必要な DNA の配列とその配列に結合するタンパク質を見つけました。
- 窒素肥料を有機化する遺伝子の発現をまとめて調節することで、少ない窒素肥料を有効に活用する植物の開発に結びつくことが期待されます。

【概要】

植物が健康に育つためには窒素が必須です。植物は根からアンモニウムなどの無機窒素を吸収しています。アンモニウムは根で有機態のグルタミンやグルタミン酸へ同化され、その他の必須アミノ酸が合成されます。植物のグルタミンとグルタミン酸を合成する酵素の遺伝子は、根のアンモニウム濃度が高くなったときに発現量が増えます。しかし植物の根がアンモニウム濃度に応じて遺伝子発現を調節する機構は不明でした。

東北大学大学院農学研究科の小島創一助教と石山敬貴助教は、理化学研究所、ミシガン州立大学との共同研究により、オワンクラゲの緑色蛍光タンパク質を用いて、グルタミンとグルタミン酸を合成する酵素の遺伝子がアンモニウムに応答する様子を可視化し、アンモニウムの応答性に必要な遺伝子領域を特定しました。さらに、アンモニウム応答に必要な遺伝子領域に結合する転写因子を酵母ワンハイブリッド法と呼ばれる方法で特定しました。今後の研究によって、植物のアンモニウム応答性の理解がさらに進み、アンモニウム同化遺伝子の発現をまとめて調節することで、少ない窒素肥料でも健康に育つ植物の開発が期待されます。

本研究成果は、日本時間 2023 年 2 月 20 日午後 1 時にスイスの科学雑誌「Frontiers in Plant Science」に掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

植物の健全な成長を決定する重要な因子の一つは、窒素栄養の利用です。植物の窒素栄養の利用は、土壌から硝酸やアンモニウムなどの無機窒素を吸収するプロセスと、グルタミンやグルタミン酸などの有機窒素へ変換するプロセスによって決定されます。これらのプロセスには多くの遺伝子が関わっています。たとえ有用な遺伝子であっても、その発現の増強が単独では、植物の窒素利用の向上には結びつかないという現状がありました。そこで研究グループはグルタミンやグルタミン酸を合成する遺伝子の構造と機能に着目しました。これらの遺伝子を少しずつ短く変更しながら、遺伝子発現のアンモニウム応答性の変化を解析し、アンモニウム応答性に必要な DNA 配列を特定しました。

研究成果の内容

遺伝子には、タンパク質が翻訳される mRNA の配列をコードする領域とは別に、遺伝子発現を調節するプロモーターと呼ばれる領域があります。このプロモーター領域に転写因子と呼ばれるタンパク質が結合することで遺伝子発現が調節されています。グルタミン合成酵素(GS)はアンモニウムとグルタミン酸を結合してグルタミンを合成します。グルタミン酸合成酵素(グルタミン 2-オキソグルタル酸アミノトランスフェラーゼ, GOGAT)は 2 オキソグルタル酸にグルタミンのアミド基を転移して 2 分子のグルタミン酸を合成します。これらの二つの酵素は植物がアンモニウムを同化する際の主要な経路です。植物は環境と成長に応じて複数の GS と GOGAT 遺伝子を使い分けています。特定の GS と GOGAT 遺伝子はアンモニウムを与えると根で mRNA 量が多くなることが知られていました。

そこで本研究では、GS と GOGAT 遺伝子のプロモーター領域とオワンクラゲの緑色蛍光タンパク質の遺伝子を連結した融合遺伝子を作製し、その融合遺伝子をモデル植物であるシロイヌナズナへ遺伝子組み換え技術を用いて導入し、アンモニウムを与えると緑色に光る植物を作出しました(図 1)。この植物を顕微鏡で詳しく調べてみたところ、アンモニウム同化遺伝子のプロモーターは根の表層の細胞で活性化されることがわかりました。次のステップとして、これらアンモニウム同化遺伝子のプロモーター領域を順次短くしたときのアンモニウム応答性を調べて、アンモニウム応答性に必要なプロモーター領域内の DNA 配列を特定しました。さらに、この DNA 配列を酵母のゲノムに組み込み、シロイヌナズナの転写因子との相互作用性を網羅的に探索し、DNA 配列に結合する転写因子を特定しました。この転写因子が結合可能な DNA 配列のモチーフは、アンモニウム応答性を示す GS と GOGAT 遺伝子のアンモニウム応答に必要な DNA 配列の中にも存在していました。この研究成果により、植物のアンモニウム同化を担う遺伝子の発現を調節する仕組みの一端が解明されました。

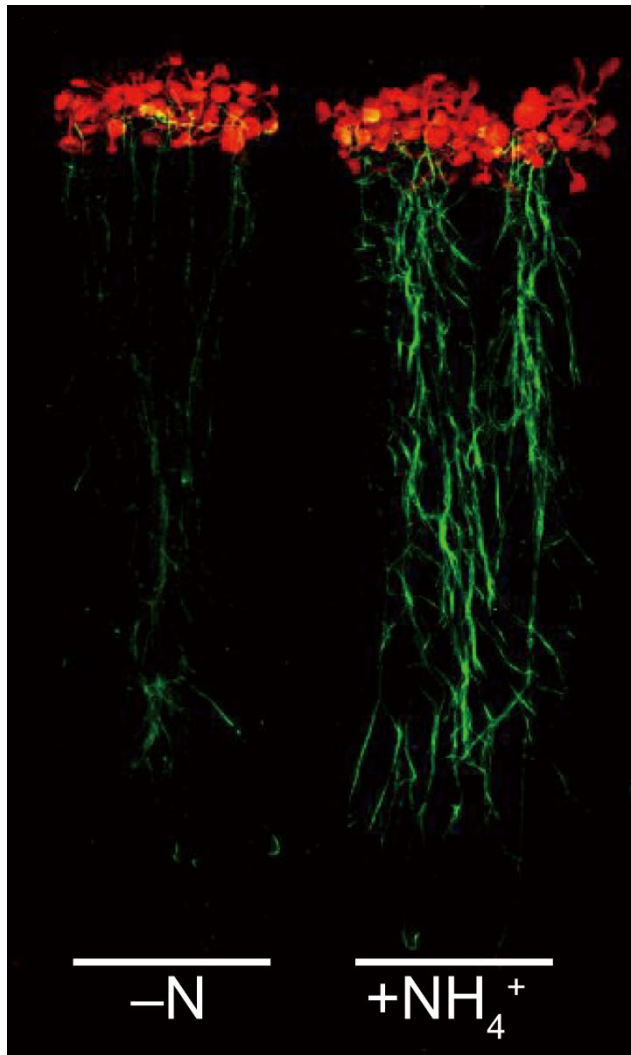


図 1 アンモニウムがあると緑色に光る植物の根
無機窒素のアンモニウムを有機窒素のグルタミンやグルタミン酸へ変換している遺伝子のプロモーターが、アンモニウムを与えたときに根で活性化していることがわかります

【謝辞】

本研究は JSPS KAKENHI Grant Number JP21688006, JP26450073, JP22K05365 の助成を受けたものです。

【論文情報】

タイトル: Coregulation of *glutamine synthetase1;2* (*GLN1;2*) and *NADH-dependent glutamate synthase* (*GLT1*) gene expression in *Arabidopsis* roots in response to ammonium supply

著者: Soichi Kojima*, Haruka Minagawa, Chika Yoshida, Eri Inoue, Hideki Takahashi, Keiki Ishiyama

*責任著者: 東北大学大学院農学研究科 助教 小島創一

掲載誌: *Frontiers in Plant Science*

DOI: 10.3389/fpls.2023.1127006

URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1127006>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院農学研究科 助教 小島創一、助教 石山敬貴

TEL 022-757-4278、022-757-4290

E-mail soichi.kojima.a2@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院農学研究科総務係

TEL 022-757-4006

E-mail agr-syom@grp.tohoku.ac.jp