

植物の鉄欠乏応答メカニズムを利用した鉄欠乏耐性・鉄富化植物の創製

■研究者のプロフィール

石川県立大学 生物資源工学研究所
教授 博士(農学)

こばし たかのり
小林 高範

電話：076-227-7505
E-mail：abkoba@ishikawa-pu.ac.jp
URL：http://ishikawa-pu-pct.sakura.ne.jp/



研究シーズの概要

植物の鉄欠乏応答メカニズムの解明

鉄は全ての生物が生きていくために必要で、必須元素と呼ばれるものの一つです。植物は鉄不足になると、土壤中から鉄を溶かして吸収・利用するためにさまざまな遺伝子の発現を誘導します。私はこれまでに、このような遺伝子の発現調節に関わる分子を明らかにしてきました。しかし、鉄が足りているかどうかを植物がどのように感知しているのかは明らかになっていません。

私は、植物細胞内で鉄を感知するセンサー分子の候補として、鉄・亜鉛と結合する「ユビキチンリガーゼHRZ」や、鉄などの金属と結合する「転写因子IDEF1」などを発見しました。これらの機能を明らかにすることにより、植物の鉄欠乏応答や鉄感知の分子メカニズムの全容解明を目指しています。

鉄欠乏耐性植物、鉄・亜鉛富化植物の創製

鉄は土壤中に豊富に含まれていますが、水に溶けにくいため植物が吸収できる鉄は限られています。特に、世

界の耕地土壌の30%以上を占める石灰質アルカリ土壌では、鉄の溶解度がきわめて低いため、植物の多くが鉄を十分に吸収できず鉄欠乏になります。植物の鉄欠乏は葉の黄白色化と生育停止となって現れ、農業生産や環境保全における大きな問題となっています。

また、鉄は人間にとっても必須で、「鉄欠乏」は「亜鉛欠乏」、「ビタミンA欠乏」と並んで三大栄養欠乏に挙げられています。鉄が足りないと貧血だけでなく、認知機能や免疫力の低下、意欲減退などさまざまな症状が引き起こされます。世界で20~30億人もの人々が鉄欠乏性貧血症といわれています。イネはアジアの多くの国での主要穀物ですが、コメの鉄含有量は低く、また精米によってその多くが失われるため、ア

石灰質アルカリ土壌の鉢植えで生育させると...



鉄欠乏耐性

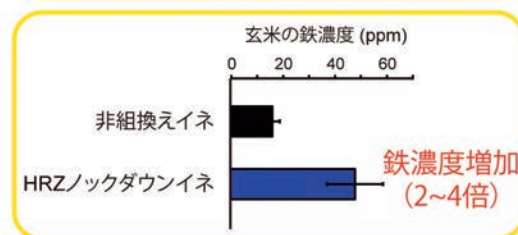
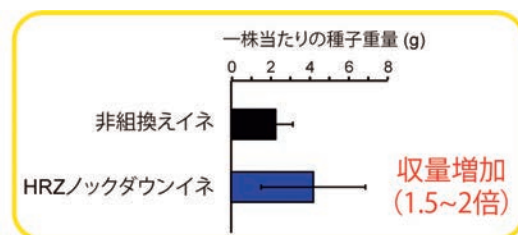


図1 HRZノックダウンイネの鉄欠乏耐性と鉄蓄積

ジア諸国では鉄欠乏の人々の割合が特に高くなっています。

これらの問題に対処するため、私たちは鉄の吸収、輸送を強化した植物を遺伝子組換えやゲノム編集などのバイオテクノロジーによって作出することにより、鉄を吸収しにくいアルカリ性の不良土壌でもよく育ち、コメなどの可食部に鉄や亜鉛のミネラル栄養を多く含む作物の創製を行っています。

私はこれまでに、イネの鉄センサー候補分子HRZの発現を低下させた「HRZノックダウンイネ」を作出しました。このイネは石灰質アルカリ土壌で非組換えイネ（対照区）よりもよく生育し、収量が約1.5～2倍に増加するといった鉄欠乏耐性を示しました（図1；Kobayashi et al. 2013 Nat. Commun. 4: 2792）。さらにこのイネは、石灰質アルカリ土壌で生育させても優良土壌で生育させても、玄米や白米に非組換えイネの約2～4倍の鉄と、約1.5倍の亜鉛を蓄積しました（図1）。

このことから、HRZは植物の鉄の吸収や輸送を抑制しており、通常の植物はHRZが働きすぎて鉄を効率的に吸えない状態にあると考えられます。そこで、何らかの方法でHRZを減らす、あるいは複数あるHRZ遺伝子のいくつかに変異を導入することにより、抑制が一部解除され、

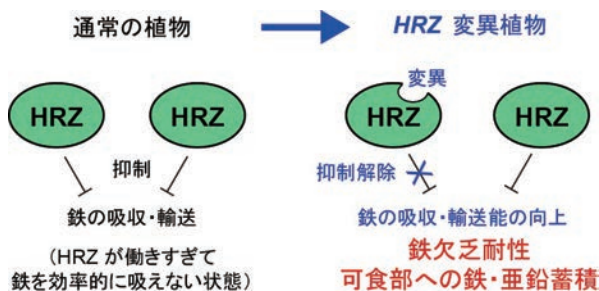


図2 HRZの変異による有用植物の創製

鉄の吸収や輸送の能力が向上することによって鉄欠乏耐性や可食部への鉄・亜鉛の蓄積が可能になると考えました(図2；特許第5553324号)。

これには遺伝子組換えだけでなく、CRISPR/Cas9 によるゲノム編集や従来型の育種など、さまざまな育種方法が利用可能です。実際にゲノム編集でイネの OsHRZ1 または OsHRZ2 遺伝子に変異を導入することにより、イネの生育に悪影響を及ぼすことなく鉄欠乏耐性と鉄・亜鉛の蓄積を示す系統を作出しています。

また、HRZの改変と他の鉄関連遺伝子の導入を組み合わせることにより、さらに鉄欠乏耐性や鉄の蓄積が向上したイネ系統の作出にも成功しています。

次世代型鉄肥料の効果検定

鉄は沈殿しやすいため、通常の鉄肥料は効果が現れにくいという問題があります。私は、愛知製鋼株式会社や徳島大学などが近年開発した、アルカリ性土壌に撒いても顕著な効果を示す「新規鉄キレート材PDMA」の効果を検定しています（図3；Suzuki et al. 2021 Nat. Commun. 12: 1558）。PDMAは土壌中の鉄を溶解して、さまざまな植物への顕著な鉄欠乏回復効果を示すだけでなく、適度な安定性と生分解性を持つ環境調和型の次世代型鉄肥料です。



図3 石灰質アルカリ土壌のイネ水田におけるPDMAの施用効果 施用の4週間後 左：対照(無施用)区/右：30μM PDMA施用区

利用が見込まれる分野

- ◎ 植物の鉄栄養改善による生産性の向上
- ◎ 鉄・亜鉛富化植物の創製

産業界へのメッセージ

鉄や亜鉛は、私たち人間を含めて全ての動物、植物に必要な元素です。農業生産、健康増進、農産物の高付加価値化、陸と海の環境保全、バイオマスエネルギーなどさまざまな観点からシーズを提供できればと考えています。鉄欠乏耐性植物や鉄・亜鉛富化植物の創製、実用化にご興味のある方は、ご連絡をお願いします。

研究キーワード

- ◎ 遺伝子発現制御
- ◎ 鉄欠乏耐性
- ◎ 鉄栄養
- ◎ 亜鉛栄養

産学連携をお考えの方は上記または次の担当部署までお問い合わせください。

◎北陸経済研究所 調査研究部 米屋 TEL：076-433-1134
◎北陸銀行 コンサルティング営業部 地域創生室 水上 TEL：076-423-7180