

イネがアルミニウム毒性に強い理由を解明
～根から分泌されるペクチンが毒性を緩和する～

研究成果のポイント

1. アルミニウム毒性は、土壌の酸性化に伴い生じて植物の成長を抑制し、作物収量の低下の原因となります。イネの根から分泌されるペクチンによりアルミニウムをトラップすることにより、アルミニウム毒性が緩和される仕組みを初めて明らかにしました。
2. 細胞壁の一種であるペクチンが障壁として働き、根本体へのアルミニウム吸着を防いでいることが、強いアルミニウム耐性の鍵であることを発見しました。
3. 本研究成果の仕組みを応用することで、酸性土壌でも栽培可能な作物の作出が期待できます。

国立大学法人筑波大学 生命環境系の岩井宏暁准教授および古川純准教授は、国立大学法人岡山大学 資源植物科学研究所の山地直樹准教授と共同で、イネの根から分泌されるペクチンがアルミニウムをトラップすることにより、その毒性を緩和する仕組みを明らかにしました。

アルミニウムは、土壌が酸性になると植物に吸収され、その成長を阻害します。アルミニウムによる成長阻害は、乾燥に次いで大きな、世界の作物収量低下の要因とされています。アルミニウム耐性が強い植物では、根から有機酸を分泌し、土壌中のアルミニウムが有機酸と化合物を形成することで根に吸収されにくくしていることがよく知られています。しかし、世界の主要穀物であるイネは、有機酸の分泌とアルミニウム耐性の相関が確認されないにもかかわらず、高いアルミニウム耐性を持っており、その仕組みは謎でした。本研究グループは、イネの根から分泌されるペクチンに着目し調査したところ、アルミニウム濃度が高いほどペクチンが多く分泌され、それがアルミニウムの根への吸着を防いでいることを突き止めました。

本研究成果を足がかりとして、アルミニウム耐性の弱い作物に対して、同様の仕組みを応用・導入すれば、酸性土壌でも栽培できる農業上有用な作物の作出が期待できます。

本研究の成果は、2019年10月2日付「Frontiers in Plant Science」で公開されました。

* 本研究は新学術領域「植物細胞壁の情報処理システム」(研究期間:平成24～28年度)により行われました。

研究の背景

アルミニウムは地殻に最も多く含まれる金属元素であり、土壌の pH がおよそ 5 を下回ると溶出し、植物に吸収されてその成長を阻害します。アルミニウムによる成長阻害は乾燥に次いで大きな、世界の作物収量低下の要因とされています。こういった毒性をもつアルミニウムに対して耐性を持つために、根から有機酸を分泌し、土壌中のアルミニウムが有機酸と化合物を形成することで根に吸収されにくくする植物の存在が知られています。しかしイネは、有機酸の分泌とアルミニウム耐性の相関が確認されず、有機酸分泌が有効な対策として機能していないにもかかわらず、高いアルミニウム耐性を持っていることが謎でした。そこで本研究では、アルミニウムの吸着性が高い細胞壁成分であるペクチンに着目し、根から分泌されるペクチンがアルミニウムの毒性を緩和する仕組みについて調査しました。

研究内容と成果

1. アルミニウム濃度とペクチン分泌の関係

本研究では、アルミニウム濃度を变化させた時の、イネの根のペクチン分泌を調査しました。その結果、野生型のイネでは、アルミニウム濃度が高くなるほど、ペクチンの分泌量は多くなっていることがわかりました。一方、アルミニウム耐性が弱く、アルミニウム存在下で根の伸長が抑えられる *star1* 変異体では、アルミニウム濃度が高い条件であっても、ペクチンの分泌量の増加は見られませんでした。(図1)

2. ペクチン分泌と根へのアルミニウム吸着との関係

アルミニウム濃度が高い条件で、ペクチン分泌の増加がみられた野生型のイネでは、アルミニウムの吸着はほとんど起きていなかったのに対し、ペクチン分泌の増加がみられなかった *star1* 変異体では、アルミニウムの根への吸着が多くの領域で確認されました。(図2)

これらの結果から、イネでは、根から分泌されるペクチンがアルミニウムをトラップすることにより、アルミニウム毒性が緩和され、アルミニウム耐性を維持していることが明らかとなりました。(図3)

今後の展開

酸性土壌は、世界の耕作地の約4割を占めている上、作物の生産性が低いとされています。しかし、一部の植物は、劣悪な環境であっても生存できる戦略を獲得してきました。今回、イネにおいて、根からのペクチン分泌によりアルミニウム毒性を緩和する仕組みを解明しました。今後、この仕組みをアルミニウム耐性の弱い作物にも応用・導入すれば、酸性土壌でも栽培できる農業上有用な作物の作出が期待できます。

参考図

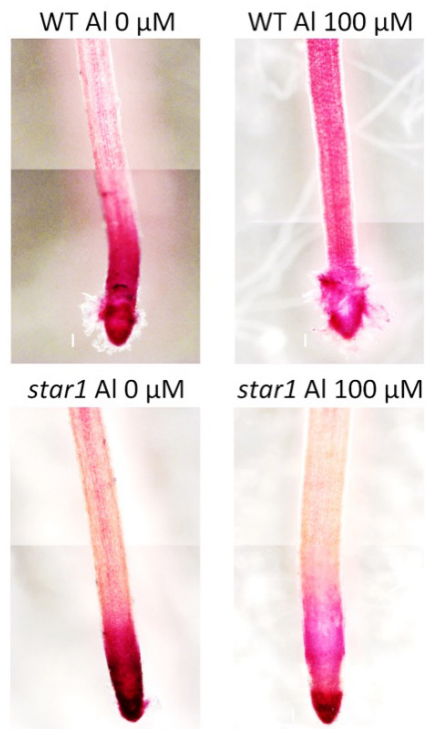


図1: イネの根におけるアルミニウム濃度に伴うペクチン量の増加

野生型(WT、図上)では、アルミニウム濃度が増加するとペクチン量が増加するが、*star1*(図下)では増加しない。(赤い部分がペクチン)

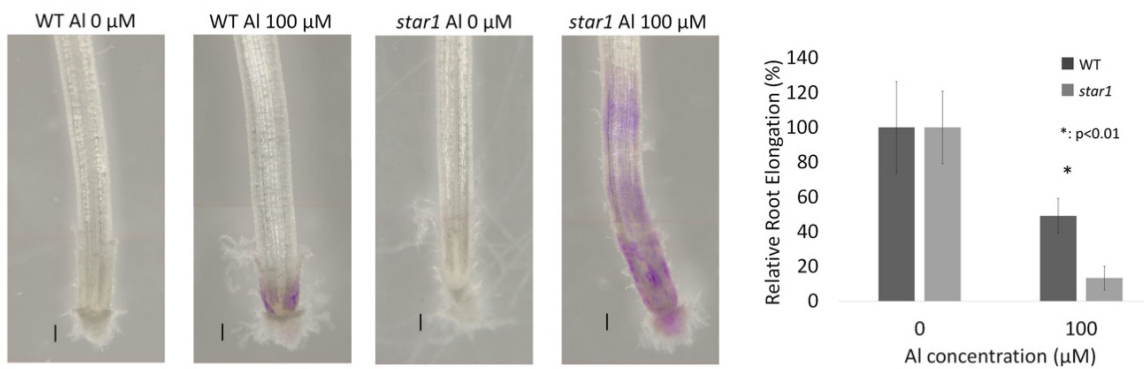


図2: アルミニウム濃度に伴うアルミニウムの根への吸着と根の伸長

野生型(WT)では、アルミニウムの吸着(紫部分)はみられないが、アルミニウムにより根の伸長が阻害されていた。*star1* では多くの領域でアルミニウムが吸着していた。

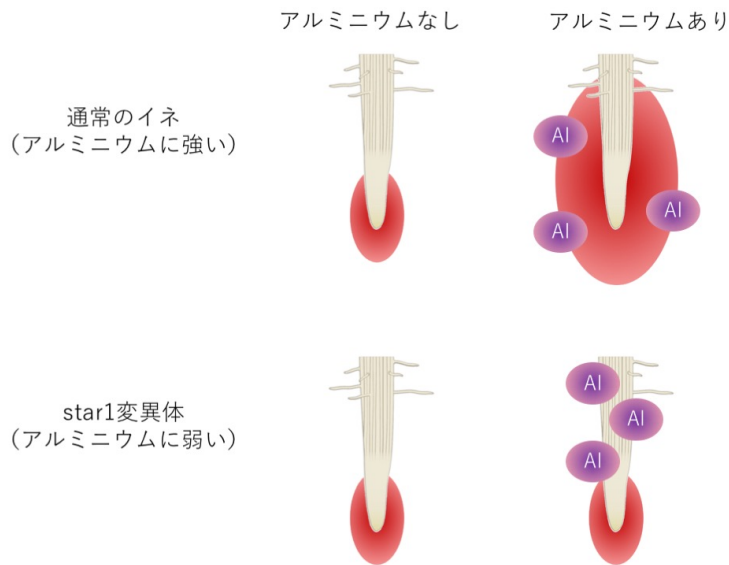


図3: ペクチンによるアルミニウムのトラップ機構

根の周りの赤い部分がペクチン。アルミニウムに強い通常*のイネ*では、アルミニウム存在下で、ペクチンが多く分泌されアルミニウムをブロックするが、アルミニウムに弱い変異体では、そういった分泌が起こらず根にアルミニウムが吸着してしまっていた。

参考文献

Huang, C.F., Yamaji, N., Yano, M., Nagamura, Y., and Ma, J.F. (2009) A bacterial-type ABC transporter is involved in aluminum tolerance in rice. *The Plant Cell* 21.2, 655–667. doi: 10.1105/tpc.108.064543

掲載論文

【題名】 Changes in the Distribution of Pectin in Root Border Cells Under Aluminum Stress
(アルミニウムストレス条件における根冠脱落細胞のペクチン分布の変化)

【著者名】 Teruki Nagayama, Atsuko Nakamura, Naoki Yamaji, Shinobu Satoh, Jun Furukawa and Hiroaki Iwai

【掲載誌】 *Frontiers in Plant Science* (DOI: 10.3389/fpls.2019.01216)

問い合わせ先

岩井 宏暁(いわい ひろあき)

筑波大学 生命環境系 准教授