

Nährstoffperzeption

Steffen Abel

- Projekte
- Mitarbeiter
- Publikationen
- Kooperationen

Phosphat-Perzeption - Genetische Ansätze in Arabidopsis

Über genetische Ansätze im Modellsystem *Arabidopsis thaliana* versuchen wir, die molekularen Mechanismen der pflanzlichen Pi-Perzeption aufzuklären. Wir etablierten verschiedene Screens, die zur Isolation von sogenannten *Pi-deficiency-response* (*pdr*) Mutanten führten. Diese werden eingehend charakterisiert, die entsprechenden *PDR* Gene identifiziert und die kodierten Proteine funktional analysiert.

Im Mittelpunkt stehen zwei Klassen von Pi-konditionalen Mutanten: Mutationen der ersten Klasse, wie z.B. *pdr2* und phänotypisch ähnliche Mutanten, unterbrechen die lokale Pi-Perzeption und weisen auf einen Pi-sensitiven Kontrollpunkt während der Wurzelentwicklung hin, welcher die Differenzierung von Stammzellen und die Aktivität von Wurzelmeristemen an die externe Pi-Verfügbarkeit anpasst. Andererseits verhindern Mutationen der zweiten Klasse (*pdr1* and weitere *pdr* Linien) metabolische Anpassungsreaktionen an Pi-Mangel auf zellulärer und systemischer Ebene. Die genetische Identifizierung neuer *PDR*-Gene als auch Suppressoren/Enhancer bereits bekannter *PDR*-Gene sowie komplementäre Strategien zur Genidentifizierung bilden die Grundlage für ein umfassenderes Verständnis pflanzlicher Reaktionen auf Pi-Mangel.

Phosphat-abhängige Regulation der Wurzelentwicklung

Die biologische Verfügbarkeit von Pi im Boden wird durch Metallionen, insbesondere von Fe-Verbindungen, antagonistisch beeinflusst. Eine entwicklungsbiologische Anpassung an unzureichende Pi-Verfügbarkeit zielt auf die Umstrukturierung der Wurzelsystemarchitektur ab, um mineralische Ressourcen effizienter über Wurzelproliferation und Wurzelexsudation zu erschließen. Da die Pi-Verfügbarkeit typischerweise mit der Bodentiefe abnimmt, bewirkt Pi-Mangel ein verkürztes Wachstum der Primärwurzel und eine erhöhte Bildung von Seitenwurzeln und Wurzelhaaren, um die Wurzeloberfläche insbesondere in den oberen Bodenschichten für eine intensivere Pi-Aufnahme zu vergrößern. Physiologische und molekularbiologische Untersuchungen lassen vermuten, dass der externe Pi-Status von Wurzelspitzen evaluiert wird, um lokal deren Meristemaktivität zu regulieren. Unsere Arbeiten zu diesem Schwerpunkt untersuchen, wie die Verfügbarkeit von Pi im Zusammenspiel mit Fe die Wurzelentwicklung über die Zellteilung und Zelldifferenzierung beeinflusst.

Wir untersuchen eine Kollektion von *pdr* Mutanten (*pdr2-pdr4*), welche eine hypersensitive Inhibierung des Primärwurzelwachstums unter Pi-Mangel zeigen, was ein stark verkürztes Wurzelsystem zur Folge hat. Eine zweite Gruppe von Mutanten, als *low phosphate root* (*lpr1*, *lpr2*) bezeichnet, prägt den entgegengesetzten Wurzelphänotypen aus (d.h. lange Primärwurzeln in Pi-Abwesenheit) und wurde im Labor unserer französischen Partner (T.Desnos/L. Nussaume, CEA Cadarache) isoliert. Genetischen Analysen zeigten, dass Gene beider Kollektionen

funktionell interagieren und für molekulare Komponenten eines Signalweges kodieren, der die Aktivität von Wurzelmeristemen an die externe Pi-Verfügbarkeit anpasst. Hierbei wird die Zell-Zell-Kommunikation in der Wurzelstammzellnische über Zellwandveränderungen reguliert, die nicht nur von der externen Pi-Verfügbarkeit sondern auch von dynamischen Änderungen der Fe-Aufnahme und zellspezifischen Fe-Verteilung im Wurzelmeristem abhängig ist.

Erste Faktoren dieses Signalmoduls sind PDR3 (eine hypothetische Untereinheit von Histondeacetylase-Komplexen), die P5-Typ ATPase PDR2, sowie die Multikupfer-Oxidase LPR1 und LPR2. Diese Proteine unbekannter Spezifität werden im Wurzelmeristem exprimiert und sind im Zellkern bzw. endoplasmatischen Retikulum (ER) lokalisiert. Die epistatischen Wechselwirkungen zwischen *lpr1/lpr2* und *pdr2* als auch *pdr3* weisen darauf hin, dass PDR2 und PDR3 die Funktion von LPR1/LPR2 einschränken, entweder auf dem Niveau der LPR Genexpression/Biogenese oder auf der Ebene der LPR Enzymaktivität (z.B. Verfügbarkeit bisher unbekannter Substrate/Produkte). Unsere Arbeiten zeigen, dass antagonistische Wechselwirkungen zwischen externer Pi- und Fe-Verfügbarkeit die lokale Pi-Perzeption in Wurzeln beeinflussen. Der Verlust von PDR2 hat eine erhöhte Sensitivität des Wurzelmeristems für Pi-Mangel als auch für Fe-Anwesenheit zur Folge, die aber durch den Verlust von LPR-Funktion normalisiert und auch weiter erniedrigt wird. Daraus ergibt sich die Hypothese, dass eine PDR2/LPR1-abhängige Fe-Homöostase in der Stammzellnische für die Anpassung der Wurzelmeristemaktivität an externe Pi-Verfügbarkeit essenziell ist.

Arbeiten in einem Teilprojekt des geförderten SAW-PAKT Antrages „**Chemische Kommunikation in der Rhizosphäre**“ sind auf eine umfassende und vergleichende Analyse von Wurzelexsudaten in Antwort auf unterschiedliche Pi-Mangelbedingungen von hydroponisch angezogenen Pflanzen (Wildtyp, *pdr* sowie *lpr* Mutanten) gerichtet, um Veränderungen des in die Rhizosphäre sekretierten Metabolitmusters quantitativ zu erfassen und diese mit den Genotypen zu korrelieren. Diese Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit mit anderen IPB Abteilungen und deren Forschungsgruppen durchgeführt.

Wechselwirkungen in der Nährstoffperzeption

Die Untersuchungen an *pdr* Mutanten lassen auf komplexe Wechselwirkungen zwischen der Perzeption verschiedener mineralischer Nährstoffe (P, Fe, N) während der Wurzelentwicklung schließen. So führt Pi-Mangel zu einer erhöhten Fe-Aufnahme und veränderten Expression von Genen mit Funktionen im Fe-Transport und Haushalt. Des weiteren sensibilisiert ein Funktionsverlust von *PDR2* oder *PDR3* die Reaktion des Wurzelmeristems auf wachstumsinhibierende Fe-Konzentrationen. Andererseits beeinträchtigen *pdr* Mutationen der zweiten Klasse (z.B. *pdr1*) nicht nur lokale und systemische Anpassungsreaktion auf Pi-Mangel, sondern erhöhen auch die Sensitivität für Nitrat und andere N-Quellen im Nährmedium. Daher kodiert *PDR1* sehr wahrscheinlich für einen regulatorischen Faktor, der die Expression von Pi-responsiven Genen kontrolliert und auch eine wichtige Funktion einnimmt für die Perzeption externer N-Verfügbarkeit. Die molekulare Identifizierung und Charakterisierung von *PDR1* und weiteren Gene dieser Klasse ist sehr wichtig, um das Zusammenspiel von P- und N-Perzeption besser zu verstehen.