

Pflanzen schützen junge Blätter mehr als alte

PBS3 optimiert die Fitness, wenn mehrere Stressfaktoren gleichzeitig auftreten

13.02.2019 | von Redaktion Pflanzenforschung.de

Pflanzen verfügen über zahlreiche Anpassungsreaktionen bei biotischem oder abiotischem Stress. Ist eine Pflanze aber mehreren Stressfaktoren gleichzeitig ausgesetzt, kann sie nicht ohne weiteres alle möglichen Gegenmaßnahmen ergreifen – dazu hat sie oft nicht die nötigen Ressourcen. Wie die Ackerschmalwand dieses Problem löst, haben nun Forscher des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung in Köln aufgeklärt.

Wenn Dürre oder Fressfeinde ein Tier bedrohen, sucht es nach Wasser oder Zuflucht. Pflanzen können sich solchen Bedrohungssituationen aber nicht durch Flucht entziehen. Sie haben andere Strategien entwickelt, um sich gegen [biotische](#) und [abiotische](#) Stressfaktoren wie Krankheitserreger, Kälte oder Wassermangel zu verteidigen. Weil ihre Ressourcen aber begrenzt sind, müssen sie sich oft auf die wichtigste Abwehrreaktion „konzentrieren“ und Maßnahmen gegen andere Stressfaktoren herunterfahren. Was aber passiert, wenn zwei alternative Reaktionen unbedingt gleichzeitig erforderlich sind? Eine Antwort darauf geben jetzt Forscher des [Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung](#) in Köln im Fachjournal „PNAS“.

Viele Pflanzen verfügen über zwei grundsätzliche Stoffwechselwege, um auf Stress zu reagieren: Der eine Weg wird durch das Phytohormon [Abscisinsäure](#) (ABA) gesteuert und schützt die Pflanze bei abiotischem Stress wie Dürre oder erhöhten Salzkonzentrationen. Der andere Weg wird vom Phytohormon [Salicylsäure](#) (SA) aktiviert und ist eine Antwort auf den Befall mit Pathogenen. Weil abiotische Stressfaktoren häufig unmittelbar existenzbedrohend sind, fokussiert die Pflanze in solchen Fällen ihre Ressourcen auf Maßnahmen gegen den abiotischen Stress: Eine erhöhte Aktivität der Abscisinsäure dämpft über mehrere hormonelle Faktoren die Aktivität der Salicylsäure.

Unterschied zwischen jungen und alten Blättern

Die Kölner Pflanzenforscher wollten nun wissen, ob dieses System auch dann noch vorteilhaft ist, wenn eine Pflanze gleichzeitig starkem biotischem und abiotischem Stress ausgesetzt ist. Dabei fiel ihnen auf, dass eine Behandlung der Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana* mit Abscisinsäure keinen einheitlichen Effekt hatte: Das mit der Salicylsäure-Reaktion assoziierte Markergen *PR1* (*PATHOGENESIS RELATED PROTEIN 1*) wurde durch die ABA-Behandlung nur in einem Teil der Blätter blockiert. In jungen Blättern hingegen war dessen Aktivität sogar erhöht. RNA-Sequenzierungen zeigten, dass die Expression einer Teilgruppe der von der Abscisinsäure regulierten Gene tatsächlich vom Blattalter abhängt.

Im Folgenden untersuchten die Biologen diese Altersabhängigkeit detaillierter. Zunächst testeten sie, wie sich die ABA-Behandlung auf die pflanzliche Immunität auswirkt. Dazu infizierten sie die Ackerschmalwand mit einer [Mutante](#) des pathogenen Bakteriums *Pseudomonas syringae*. Nach der ABA-Behandlung breitete sich das Bakterium in alten Blättern deutlich stärker aus als in jungen. Bei einem zweiten Experiment setzten die Wissenschaftler eine transgene Ackerschmalwand ein, die besonders lange juvenile Merkmale aufweist. Bei der Infektion dieser Pflanze zeigte sich, dass nicht etwa die Entwicklungsphase des Blattes, sondern tatsächlich nur dessen wirkliches Alter maßgeblich für den Grad der Immunität ist.

Regulatorisches Netzwerk analysiert

Nachfolgende Versuche mit weiteren [Knockout-Mutanten](#) der Ackerschmalwand zeigten wichtige Zusammenhänge des regulatorischen Netzwerks der ABA/SA-Kommunikation. So kommt es nur dann zu einer Immunsuppression durch Abscisinsäure, wenn die [Transkriptionsfaktoren](#) der AREB-Familie (ABA RESPONSIVE ELEMENT BINDING PROTEIN) funktional sind. Die regulieren ihrerseits Transkriptionsfaktoren

der SNAC-A-Familie (Stress-responsive NAC). Wenn diese überexprimiert werden, erhöhen sie die abiotische Stresstoleranz. In entsprechenden Knockout-Mutanten hingegen bleibt der negative Effekt der Abscisinsäure auf die Immunität alter Blätter aus. Die SNAC-A-Transkriptionsfaktoren spielen somit bei abiotischem Stress eine wichtige Rolle für die Abscisinsäure-vermittelte Unterdrückung der Salicylsäure-Reaktion auf gleichzeitigen biotischen Stress.

PBS3 schützt Salicylsäure vor Abbau

Analysen, welche Gene nach einer ABA-Behandlung in alten und jungen Blättern unterschiedlich aktiv waren, führten schließlich auf die Spur des Mechanismus, der junge Blätter vor der Dämpfung des Immunsystems schützt. Auffällig war unter anderem das nur in jungen Blättern aktive Gen *PBS3*. Von *PBS3* wird vermutet, dass es Salicylsäure vor dem Abbau schützt.

Literaturrecherchen rückten außerdem das Gen *SID2* (*SA INDUCTION DEFICIENT 2*) in den Blick des Forscherteams. Vom Enzym *SID2* ist bekannt, dass es bei einem Pathogenbefall die Salicylsäureproduktion aktiviert. Schalteten die Pflanzenforscher *SID2* aus, blieb die Salicylsäurekonzentration nach einer Abscisinsäure-Behandlung in jungen Blättern jedoch wie beim Wildtyp erhöht. Legten die Forscher hingegen *PBS3* still, verschwand dieser Effekt. Daraus folgern die Wissenschaftler, dass nicht etwa eine über *SID2* gesteigerte Synthese für die erhöhte Menge Salicylsäure nach einer ABA-Behandlung verantwortlich ist, sondern dass in jungen Blättern dank *PBS3* weniger Salicylsäure abgebaut wird.

Die Funktion von *PBS3* scheint zudem von *NPR1* abhängig zu sein. Dieser Salicylsäurerezeptor wird indirekt durch Abscisinsäure abgebaut, weshalb es in alten Blättern kaum aktives *PBS3* gibt. In jungen Blättern hingegen könnte die hohe Konzentration an Salicylsäure *PBS3* schützen, vermuten die Pflanzenforscher.

Besserer Schutz bei mehrfachem Stress

Mit dem neuen Wissen griff das Team wieder auf das Bakterium *Pseudomonas syringae* zurück. Bei einer Infektion bei gleichzeitigem salzinduziertem Stress erwiesen sich junge Blätter des [Wildtyps](#) als besonders infektionsresistent. In Mutanten mit ausgeschaltetem *PBS3*-Gen hingegen konnte das Bakterium junge wie alte Blätter gleichermaßen stark infizieren. „Die schützende Rolle von *PBS3* in jungen Blättern ist somit physiologisch relevant“, resümieren die Autoren der Studie.

Umgekehrt zeigten junge Blätter der Knockout-Mutante eine besonders hohe Konzentration der Aminosäure Prolin - eine Reaktion auf den abiotischen Stress infolge einer hohen Salzkonzentration. Dieser Effekt scheint unabhängig von Abscisinsäure zu sein, da deren Konzentration in Wildtyp und Mutante vergleichbare Werte in allen Blättern erreichte.

Einfluss auf Wachstum, Fortpflanzung und Phyllosphäre

Anschließend beobachteten die Pflanzenforscher, wie es sich auf die gesamte Fitness der Pflanze auswirkt, wenn sie *PBS3* oder die SNAC-A-Familie ausschalteten. Musste die Ackerschmalwand gleichzeitig mit Salzstress und einer Infektion mit *Hyaloperonospora arabidopsidis* fertig werden, zeigten die Mutanten ein eingeschränktes Wachstum und eine verringerte Zahl Samenkapseln. Beim Wildtyp hingegen fielen die Folgen des kombinierten Stresses lediglich so hoch aus wie beim Salzstress allein.

Zuletzt wollten die Wissenschaftler wissen, wie sich die ABA/SA-Interaktion nicht nur auf Pathogene, sondern auf die gesamte Gemeinschaft der Mikroorganismen der [Phyllosphäre](#) – der Oberfläche der Blätter und Blattscheiden – auswirkt. Dazu schalteten sie das für Abscisinsäure verantwortliche Gen *ABA2* aus und sequenzierten die 16S-rRNA der bakteriellen Gemeinschaft. Die Forscher fanden sowohl zwischen Wildtyp und *PBS3*-Knockout-Mutante als auch zwischen jungen und alten Blättern sowie zwischen Bedingungen mit und ohne Salzstress jeweils signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der Populationen. *PBS3* hat somit nicht nur physiologische Bedeutung, sondern beeinflusst auch das Blattmikrobiom. Wie sich diese Veränderungen ihrerseits auf die Pflanze auswirken, war allerdings nicht Gegenstand der Untersuchung und bleibt eine Frage für künftige Arbeiten.

Weitere Forschung soll zudem klären, wie *PBS3* junge Blätter vor der Immunsuppression schützt, und ob andere Pflanzen als die Ackerschmalwand über vergleichbare Mechanismen verfügen. In Anbetracht der

Tatsache, dass solche „Kompromiss-Prozesse“ zwischen Stressreaktionen die Pflanzenproduktivität erheblich beeinträchtigen, können neue Erkenntnisse hier für die Pflanzenzüchtung und damit letztendlich für eine nachhaltigere Pflanzenproduktion wichtig sein.

Quelle:

Berens, M. et al. (2019): Balancing trade-offs between biotic and abiotic stress responses through leaf age-dependent variation in stress hormone cross-talk. In: PNAS, (online vorab, 21. Januar 2019), doi: [10.1073/pnas.1817233116](https://doi.org/10.1073/pnas.1817233116).

Zum Weiterlesen auf Pflanzenforschung.de:

- [Das vielseitige Phytohormon - Abscisinsäure \(ABA\) änderte im Laufe der Evolution oft die Funktion](#)
- [Zwei Fliegen mit einer Klappe - Vor Bakterien und Trockenheit schützen sich Pflanzen mit dem gleichen molekularen Mechanismus](#)
- [Der Balanceakt bei der Pathogenabwehr - Wie Pflanzen ihre hyperaktiven Verteidigungsproteine in Schach halten](#)

Titelbild: Bei der Ackerschmalwand konnten die Forscher nachweisen, wie sich doppelter Stress auf jüngere und ältere Blätter auswirkt. (Bildquelle: © Kenichi Tsuda)