

Würzburg – Trockenstress bei Pflanzen

# Schotten dicht!

**Peter Ache und Kollegen zeigten, dass ein Hormon unseren verwöhnten Kulturpflanzen hilft, angemessen auf den Klimawandel zu reagieren.**

Peter Ache staunt: „Dass das Thema so viel Aufmerksamkeit erregt, hätten wir nicht erwartet!“ Eigentlich kein Wunder – die Welt sorgt sich wegen der Klimaerwärmung, da kommt eine Studie zu Alarmreaktionen in Pflanzen bei Trockenstress gerade recht. „Wenn das Klima in Europa immer trockener wird, bekommen unsere Pflanzen, vor allem die Kulturpflanzen, wirklich Probleme“, prognostiziert Ache, Botaniker am Würzburger Biozentrum.

Pflanzen müssen CO<sub>2</sub> aufnehmen, um Photosynthese zu betreiben und ihren Stoffwechsel aufrecht zu erhalten. Den dabei produzierten Sauerstoff gibt die Pflanze in die Atmosphäre ab. Dieser Gasaustausch findet, genauso wie die Transpiration der Pflanze, direkt über die in die Epidermis der Blätter eingebetteten Spaltöffnungen, die Stomata, statt und wird streng reguliert. Je nach Spannungszustand (Turgor) der um den Spalt liegenden Schließzellen können die Stomata geschlossen oder geöffnet sein. „Nun befindet sich die Pflanze



Arabidopsis im Härtetest

Foto: Hubert Bauer

in dem Dilemma, dass sie bei sonnigem Wetter optimale Bedingungen für die Photosynthese hat und die Stomata öffnet, um CO<sub>2</sub> aufzunehmen, bei solchem Wetter aber oft auch höhere Temperaturen herrschen, die den Wasserverlust über die Stomata steigern“, erklärt Ache. „Wasser wird so schnell zum limitierenden Faktor.“ Angepasste Pflanzen haben in der Evolution über die Regulation der Stomata eine Balance gefunden zwischen der CO<sub>2</sub>-Aufnahme und dem Wasserverlust, die für ihre Standortbedingungen optimal ist.

## Autonome Reaktion auf Trockenstress

Schon länger ist bekannt, dass die Konzentration des Pflanzenhormons Abscisinsäure (ABA) bei Stressfaktoren wie Wassermangel ansteigt und unter anderem für den Stomatenschluss sorgt. Bislang wurde aber angenommen, dass vor allem die Wurzeln der Pflanzen auf Trockenheit reagieren und ABA als Botenstoff zu den Blättern schicken, um dort die Schlussbewegung der Schließzellen auszulösen. „Wir konnten nun aber die Komponenten des ABA-Synthesewegs auch direkt in den Schließzellen nachweisen und zeigen, dass die Expression bestimmter Schlüsselgene bei reduzierter Luftfeuchtigkeit hochgefahren wird“, berichtet Hubert Bauer, Doktorand bei dem Leiter des Instituts für

Molekulare Pflanzenphysiologie und Biophysik, Rainer Hedrich. Zusammen mit Ache und anderen veröffentlichte er Anfang des Jahres einen Artikel, mit dem sie unbeabsichtigt in ein Wespennest stachen (*Curr Biol* 2013, 23(1):53-7). Dabei wollen die Autoren keinesfalls gegen die gängige Theorie des ABA-Transports antreten. Ihre Arbeit sei vielmehr der Beweis dafür, dass die Schließzellen bei einem Abfall der Luftfeuchtigkeit autonom auf diesen reagieren können, betont Ache. Das erlaube der Pflanze, sich bereits bei trocken werdender Luft gegen Wasserverlust zu schützen und nicht erst, wenn der Boden trocken wird.

Alles begann mit dem richtigen Riecher und einem Quäntchen Glück. Durch zunächst simple Vergleichsstudien fanden Ache und Bauer vor drei Jahren heraus, dass abgeschnittene Blätter von ABA-insensitiven *Arabidopsis thaliana*-Mutanten in trockener Luft schnell beginnen, zu verwelken, selbst wenn sie im Wasser stehen. „Eigentlich sollte das Blatt in der Lage sein, so viel Wasser über den Stiel nachzusaugen, wie es über die Stomata verliert“, erklärt Ache. Die Kohäsionstheorie besagt, dass der Transpirationssog das Wasser durch die Gefäße der Pflanze wie durch einen Strohhalm saugt. „Unsere Versuche haben aber gezeigt, dass es irgendwo noch ein Nadelöhr geben muss, das den Wasserfluss durch die Leitbahnen von der Wurzel in den Spross limitiert“, so Ache (aber das ist ein anderes Thema: *Plant J* 2010, 62(6):1072-82). Blätter von wildtypischen Pflanzen konnten einen übermäßigen Wasserverlust durch das Schließen der Stomata vermeiden und verwelkten deshalb bei niedriger Luftfeuchtigkeit nicht. Die Blätter der ABA-insensitiven Mutanten jedoch konnten ihre Spaltöffnungen nicht schließen und verloren mehr Wasser, als sie aufnahmen. Ache und sein Team wiederholten den Versuch unter den gleichen Bedin-

Seit kurzem gehören auch Dattelpalmen zum Repertoire der Würzburger Pflanzenforscher um Rainer Hedrich, Hubert Bauer und Peter Ache (v.li.).



Foto: Johanna Fraune

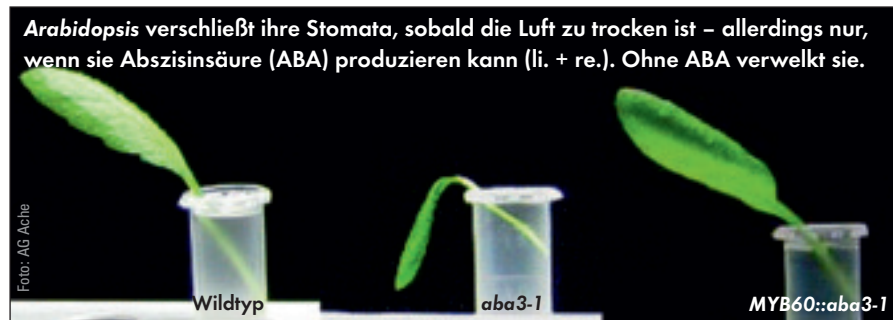
gungen auch mit der *Arabidopsis*-Mutante *aba3-1*, die kein eigenes ABA mehr produzieren kann. „Und damit ist es eigentlich auch losgegangen“, erinnert sich der Doktorand. „Wir bekamen diese Mutante und wollten erst einmal sehen, wie sie sich in dem Welke-Experiment verhält. Dabei erhielten wir gleich ein schönes Ergebnis.“ Ähnlich wie die ABA-insensitiven Mutanten verwelkten auch die Blätter der *aba3-1*-Pflanze bei trockener Luft bereits nach drei Stunden – auch sie waren nicht mehr in der Lage, die Stomata zu verschließen.

**Abszisionsäure ausreichend**

Welche Rolle spielt ABA bei der Anpassung der Stomata-Reaktion an reduzierte Luftfeuchtigkeit? Anpassungen an Umweltbedingungen wie die der Stomata an Trockenstress gehen immer mit einer Umsteuerung der Genexpression einher. Daher analysierten die Würzburger das Transkriptom der *Arabidopsis*-Schließzellen im Hinblick auf Gene, die durch Veränderungen ihres Expressionslevels gleichzeitig auf Stress durch trockene Luft

autonomen ABA-Synthese exprimieren“, erzählt Ache. Weil einige dieser Gene außerdem stärker abgelesen werden, wenn sie die Pflanze zuvor mit ABA besprühen, gehen die Forscher von einer positiven Induktionsschleife aus, die bewirkt, dass die Schließzellen weiteres ABA produzieren, sobald die initiale Synthese durch den Trockenstress einmal angestoßen wurde.

In Zusammenarbeit mit der Gruppe um Ralf Mendel, TU Braunschweig, erbrachten die Würzburger schließlich auch den experimentellen Nachweis ihrer Theorie. Die Braunschweiger Kollegen statteten die *aba3-1*-Mutante mit einem funktionellen ABA3-Gen aus, das unter der Kontrolle des Schließzell-spezifischen Promotors des MYB60-Transkriptionsfaktors aktiviert wurde. Die Blätter dieser Pflanze waren nun wieder in der Lage, ihre Stomata bei abnehmender Luftfeuchtigkeit zu schließen. „Die lokale Synthese von ABA in den Schließzellen ist also nicht nur möglich, sondern reicht sogar aus, damit die Pflanze bei einem Abfall der Luftfeuchtigkeit ihre Stomata in kurzer Zeit schließen kann“, schlussfolgern die Autoren.



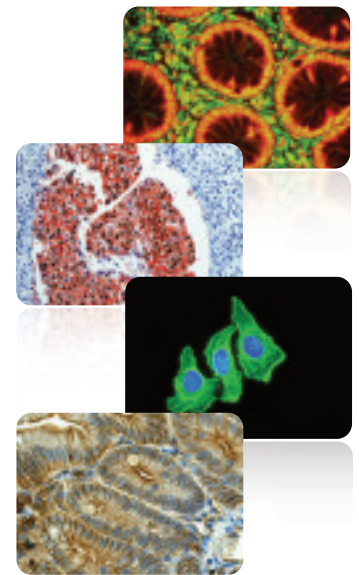
und auf externe Gabe von ABA reagierten. Über Microarray-Analysen verglich Bauer die mRNA-Menge aktiver Gene in Proben, die mit Schließzellen angereichert waren. Bei herkömmlichen Verfahren, so der Doktorand, bei denen die Schließzellen enzymatisch aus ihren Zellwänden herausgelöst werden, dauere die Präparation oft zu lange, weshalb sich das Expressionsmuster als Reaktion auf die Behandlung verändern und das Ergebnis der Analyse verfälschen könne. Daher entwickelten die Würzburger Botaniker eine eigene Methode zur Präparation der Schließzellen: Sie schredderten die Blätter im Mixer bis zu dem Punkt, wo die Epidermis mit den Stomata noch intakt, alles andere aber kaputt ist. Klingt einfach, erfordert jedoch das richtige Händchen.

Neben den in den Schließzellen aktiven Genen, die nach ABA-Behandlung ihr Expressionsmuster veränderten, fanden sie auch sämtliche Gene des ABA-Synthesewegs. „Wir schlossen daraus, dass die Schließzellen alle notwendigen Gene zur

**Platz für Extremisten**

Wie die Pflanze die Änderung der Luftfeuchtigkeit wahrnimmt, wie sie dieses Signal in die Synthese von ABA übersetzt und welche Rolle andere Stomaschluss-Signale und Stressfaktoren spielen, wie Hitze oder Pathogen-Befall, wollen die Pflanzenbiologen als nächstes klären. Das nötige Kleingeld dafür kommt von der Bayerischen Forschungsallianz. Im interdisziplinären FOR-PLANTA-Programm untersuchen Natur- und Geisteswissenschaftler die Anpassungsfähigkeit wichtiger Nutzpflanzen an extremer werdende Klimabedingungen. Hedrich hat sich dafür bereits ein neues Modellsystem überlegt: „In unserem Gewächshaus werden Sie jetzt auch Dattelpalmen aus Saudi-Arabien finden. Die älteste Kulturpflanze der Welt ist ein Extremist, der Temperaturen bis 50 °C ertragen und auch bei sehr trockener Luft noch wachsen und beachtliche Früchte produzieren kann.“ JOHANNA FRAUNE

What can RabMAbs<sup>®</sup> do for you?



**Rabbit Monoclonal Antibodies**

(**RabMAbs**<sup>®</sup>) offer multiple advantages to bring you the highest quality antibody possible.