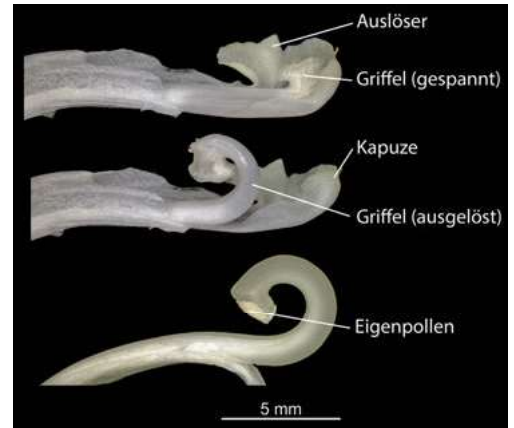


Explosiv:
Blütenaufbau bei
Pfeilwurzgewächsen



Pollenexplosion in Mainz

Mit Spannung erwartet

■ Damit die Venusfliegenfalle schnell zuklappen kann, nutzt sie elektrische Signale. Auch die Blüten der tropischen Pfeilwurzgewächse reagieren blitzschnell auf Bienenbesuch. Sie verdauen das Insekt jedoch nicht, sondern beschießen es zum Zweck ihrer sexuellen Reproduktion mit Pollen. Mainzer Botaniker wollten wissen, ob auch diese Pollenschleuder „unter Strom“ ausgelöst wird.

Irgendwo im tropischen Regenwald. Vom verführerischen Blütenduft angezogen, fliegt eine Prachtbiene die Blüte eines Pfeilwurzgewächses an. Um an den süßen Saft zu gelangen, muss das Insekt seine Zunge jedoch bis in den hinteren Teil der engen

Blütenröhre strecken. Dabei stößt sie mit ihren Mundwerkzeugen gegen ein dünnes Häutchen. Plötzlich ein Schlag unters „Kinn“: Der Griffel hat sie erwischt, und der Biene klebt ein Pollenpaket an der „Kehle“. Nicht einmal eine zehntel Sekunde hat die explosive Pollenübertragung gedauert. Mühevoll befreit sich die Biene unter dem starr gewordenen Griffel, um die Blüte zu verlassen und nach weiterem Nektar zu suchen. Zum Glück ist ihr nichts zugestoßen. Doch für die Pflanze ist einiges passiert: Sie hat ihre sexuelle Fortpflanzung gesichert.

Wie genau dieser Vorgang zur Pollenübertragung ausgelöst wird, veröffentlichte die Gruppe um Regine Claßen-Bockhoff vom Institut für Spezielle Botanik der Uni Mainz kürzlich in *PLoS ONE* (Nr. e0126411).

An Pflanzen fasziniert Claßen-Bockhoff, dass sie so vollkommen anders sind als Tiere. „Man kann viel von Pflanzen lernen – vor allem das Lösen bestimmter Probleme. Denn Pflanzen sitzen auf einer Stelle fest, müssen sich aber genauso ernähren,



Doktorand Markus Jerominek mit seinem Versuchssubjekt: dem Pfeilwurzgewächs *Hylaeanche hoffmannii*

Fotos (2): M. Jerominek

vermehren und schützen wie wir.“ Und das meistern sie bekanntlich auf sehr unterschiedliche Weise. Um sich ein Gesamtbild von den Anpassungen einer bestimmten Pflanzenfamilie machen zu können, erforschen Claßen-Bockhoff und Co. daher sowohl deren funktionelle Morphologie und Entwicklung als auch deren Ökologie und Evolution – mit speziellem Fokus auf den Blütenstrukturen.

Als Postdoc ging Claßen-Bockhoff 1985 für ein halbes Jahr nach Indonesien und Australien, um dort Pflanzen in ihrem Lebensraum zu erforschen. „Dabei bin ich zufällig auf *Thalia geniculata* gestoßen“, erinnert sie sich. Dieses Gewächs gehört zur Familie der Pfeilwurzgewächse (Marantaceae), die – mehr oder weniger – bekannt für ihre explosive Pollenübertragung sind. Seitdem ist sie von diesem Mechanismus fasziniert.

Pollenschleudernde Pfeilwurzgewächse

Die Familie der Marantaceae gehört zur Ordnung der Ingwertartigen und umfasst mehr als 500 Arten. Ihre Mitglieder findet man im Unterwuchs der tropischen Regenwälder, aber auch – wie etwa die Korbmarante – in manchem Wohnzimmer. Die Blüten der Pfeilwurzgewächse sind auf eine spezielle Weise umgestaltet: Nur ein Staubblatt kann Pollen produzieren. Die übrigen locken entweder als Schauorgane die Blütenbesucher an, oder sie beteiligen sich an dem komplizierten Bestäubungsmechanismus. Schon in der Knospe wird der Griffel mit Pollen beladen (= „Pollenschleuder“), eines der Staubblätter hüllt diesen dann ein. Es bildet eine Kapuze (= „Halterung“), in die der Griffel unter Aufbau von Spannung hineinwächst. Ein seitliches Anhängsel dient als Auslöser (= „Trigger“). Berührt ein Insekt den Trigger, schnellert der Griffel schlagartig nach vorne. Innerhalb von 0,003 Sekunden wird der Fremdpollen vom Tier abgekratzt, ein Klebstoff aufgeklatscht und der Eigenpollen darauf abgestreift. Der Pollen wird bei den Pfeilwurzgewächsen also vom Griffel übertragen und nicht – wie üblich – von den Staubblättern.

Ähnlich schnelle Pflanzenbewegungen kommen auch bei der Mimose und der Venusfliegenfalle vor. Die Blätter bewegen sich „hydraulisch“, indem sie das Volumen ihrer Zellen verändern. Bei der fleischfressenden Pflanze funktioniert das so: Reizt ein Insekt mehrfach die Fühlborsten auf der Innenseite des Fangblattes, wird ein elektrisches Signal an das darunter liegende Motorgewebe geleitet. Das dort entstehende Aktionspotential wird weiter durch die Blattspreite geleitet. Daraufhin strömt Wasser aus den Zellen, sodass die zunächst konvex gespannte Blattspreite wie eine Haarspange zu einer konkaven Form umschlägt. Vom Reiz bis zum Bewegungsbeginn vergehen dabei nur 0,02 Sekunden. Über einen aktiven, Energie-verbrauchenden Prozess wird die Blattspreite anschließend langsam wieder aufgebaut.

Nur eine Chance: Einweg-Mechanismus

Die Blüten der Marantaceae können ihre Pollenschleuder dagegen nur ein einziges Mal verwenden. Sie haben also nur eine Bestäubungschance. Wie genau der Bestäubungsmechanismus ausgelöst wird, war aber lange umstritten. Eine Theorie besagte, dass der Griffel rein mechanisch ausgelöst wird. Dabei ging man davon aus, dass die Kapuze den Griffel unter elastischer Spannung hält und sich deformiert, wenn eine Biene den Auslöser berührt. Dann würde die Kapuze den Griffel nicht mehr festhalten können und er würde nach vorne schießen. Eine Alternative wäre, dass sich vom Auslöser ein elektrischer Reiz ausbreitet und der Griffel sich daraufhin – wie bei der Venusfliegenfalle – „hydraulisch“ bewegt. Mehrere Hinweise

Analytische HPLC

Qualität für absolute Zuverlässigkeit

Sie suchen nach passenden Lösungen für die Qualitätskontrolle in der Pharmaindustrie, Chemie... oder in der Lebensmittelindustrie?

Wir bieten Ihnen ein umfassendes Portfolio erstklassiger Lösungen für die analytische HPLC-Trennung sowie detaillierte, anwendungstechnische Beratung durch unsere Spezialisten:

www.merckmillipore.com/analytical-hplc

Informieren Sie sich darüber, sowie über andere Themen – wie zum Beispiel Lösungsmittel, Reinstwasser und Produkte für die Probenvorbereitung – auf der Biotechnica 2015 von 6. – 8. Oktober in Hannover.

Besuchen Sie uns bei der Biotechnica!
Halle 9, Stand C59



Kontaktieren Sie uns:
technischer-service@merckgroup.com
chromatography@merckgroup.com

Merck Millipore ist ein Unternehmensbereich von 

Merck Millipore und das M-Logo sind eingetragene Marken der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland.
© 2015 Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland. Alle Rechte vorbehalten.

deuteten auf einen elektrophysiologischen Mechanismus hin: Zum einen sind bei manchen Marantaceenarten die Kapuzen so feinhäutig, dass man ihnen kaum zutraut, den Griffel tatsächlich vom Schlag abhalten zu können; zum anderen lassen sich die Kapuzen einiger Blüten ein Stück weit abtrennen, ohne dass der Griffel dabei nach vorne schlägt.

Blüten auf dem elektrischen Stuhl

Um herauszufinden, ob durch die Auslösung des Triggers ein elektrisches Signal erzeugt wird oder nicht, führte Markus Jerominek im Rahmen seiner Doktorarbeit in Mainz erstmals elektrophysiologische Experimente am Griffel von Marantaceen



Oben Markus Jerominek bei der täglichen Experimentierarbeit, rechts die Messeinrichtung der Mainzer Wissenschaftler.

durch. Die entsprechende Messapparatur war eine Leihgabe aus dem Labor von Hubert Felle an der Universität Gießen, die Blüten der Pfeilwurzgewächse *Donax canniformis* und *Goeppertia bachemiana* kamen aus den botanischen Gärten in Mainz und Gießen. Zudem musste Jerominek die Messungen in einem Faraday'schen Drahtkäfig durchführen, um elektromagnetische Felder aus der Umwelt abzuschirmen.

Derartige Messungen waren aber bisher eher an Tierzellen üblich. Im Gegensatz zu diesen haben Pflanzenzellen jedoch dicke Zellwände, die zusätzlich noch mit einer Wachsschicht, der Cuticula, überzogen sind. „Die intrazelluläre Messung gelang uns nicht“, berichtet denn auch Claßen-Bockhoff. „Entweder bleibt man mit der Elektrode in der Zellwand stecken, oder man sticht durch die Zelle hindurch.“ Deshalb stach Jerominek die Elektrode letztlich schräg in die Zellwand ein und maß die Ionenverhältnisse im Apoplasten – folglich eine indirekte Messung, die die Verhältnisse an der Membran widerspiegelte.

Doch bei der Messung war noch mehr Vorsicht geboten. „Wenn der Griffel ausschlägt, hat er so viel Kraft, dass die Elektrode abbrechen kann. Insofern war die Entwicklung der

Messmethode eine ziemliche Fummelei“, fasst Jerominek zusammen. Also maß er die Spannung am Griffel, nachdem der Trigger ausgelöst wurde. Außerdem versuchte er diesen künstlich auszulösen, indem er dem Gewebe Stromschläge gab, oder es mit Chloroform versetzte. Die Pflanzenbewegungen zeichnete Jerominek mit einer Kamera auf. Als Positivkontrolle machte er sämtliche Messungen auch mit der Venusfliegenfalle.

Während in der Venusfliegenfalle eindeutige Aktionspotentiale gemessen werden konnten, waren die elektrischen Signale in den Marantaceen wesentlich schwächer und langsamer. Jerominek deutete diese daher eher als Resultat der starken Zelldeformation. Auch die künstlichen Impulse lösten den Griffel der Pfeilwurzgewächse nicht aus. Wohl aber führten sie bei der Venusfliegenfalle zum Schließen des Fangblattes. Somit konnten die Mainzer die Theorie des elektrophysiologischen Mechanismus widerlegen.

Aber wie halten die feinhäutigen Kapuzen mancher Marantaceen den Griffel dann fest? Auch darauf fand Jerominek eine Antwort: Vermutlich besteht zwischen dem Griffel und dem Häutchen ein Vakuum, das den Griffel über Adhäsionskräfte festhält. Wenn dann das Kapuzenblatt ein wenig deformiert wird, kommt Luft darunter, wodurch die Pollenschleuder mechanisch ausgelöst wird.

Wie kam es, dass die Marantaceen diesen Explosionsmechanismus entwickelten? „Möglicherweise, um sich vor Pollenfraß durch Bienen zu schützen“, antwortet Claßen-Bockhoff. Denn Pollen zu produzieren ist eine energieaufwändige Sache. In den Blüten vieler Pflanzen ist der Pollen so versteckt, dass die Biene ihn nicht wegfressen oder absammeln kann. Gleichzeitig soll er aber trotzdem auf das Tier gelangen, damit die nächstangeflogene Blüte befruchtet werden kann. Und dafür machen sich einige Pflanzen eben spezielle Bestäubungsmechanismen zu nutze.

Nicht auf sexuelle Fortpflanzung angewiesen

„Wirklich erfolgreich ist das System allerdings nicht“, so Claßen-Bockhoff. Denn der Anteil der Blüten, die sich zur Frucht entwickeln, ist mit maximal 35 Prozent eher gering. „In Afrika hat meine damalige Doktorandin Alexandra Ley auch ein paar Blüten mit abgetrennten Bienenköpfen gesehen. Das passiert zwar selten, aber daran kann man sehen, dass der Griffel mit einer immensen Kraft ausschlägt“, fügt sie hinzu.

Allerdings können sich Pfeilwurzgewächse auch sehr gut vegetativ über sogenannte Rhizome fortpflanzen. Dabei wächst die Pflanze unterirdisch weiter und treibt an einer anderen Stelle wieder aus. Daher sind Marantaceen nicht so sehr auf eine sexuelle Reproduktion angewiesen.

Trotzdem ist nicht zu befürchten, dass sich die Arten der Pflanzenfamilie aufgrund von Inzucht selbst auslöschen. Claßen-Bockhoff erklärt das so: „Marantaceen produzieren viele Blüten und haben teilweise auch eine lange Blühzeit. Der gelegentliche Input von Fremdpollen reicht dann aus, um die notwendige genetische Diversität zu erhalten“.

Seit 15 Jahren hat die Gruppe um Regine Claßen-Bockhoff nun Erkenntnisse zur Funktionsmorphologie, Blütenökologie und Phylogenie der Marantaceen zusammengetragen. Deren explosive Strategie sexueller Fortpflanzung scheint damit jetzt weitgehend verstanden.

ANNA-LENA KRAUSE