

Überlebensstrategien in freier Natur

Freisetzungsversuche mit wildem Tabak liefern neue Erkenntnisse über komplexe Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und ihren Feinden

Erstmals entschlüsselten Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Chemische Ökologie einen bisher unbekanntem Effekt der chemischen Verteidigung von Pflanzen gegen ihre Fraßfeinde. Sie zeigten, dass Pflanzen, deren chemische Verteidigungsmöglichkeiten geschwächt sind, zusätzlich von weiteren Schädlingen attackiert werden. Dieses Wissen wird weitreichende Folgen für unser Verständnis von Ökosystemen und dessen Umsetzung im ökologischen Landbau haben.

Pflanzen sind ein wesentlicher Bestandteil von Ökosystemen und Grundlage für die Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung. Sie stehen jedoch in einem ständigen Überlebenskampf mit Tausenden von Mikroben- und Insektenarten. Ihre Abwehrstrategien sind äußerst komplex, und ein detailliertes Verständnis dieser komplexen Wechselwirkungen wird die ökologische Landwirtschaft neuen Impulsen aussetzen.

Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Chemische Ökologie in Jena haben in Pflanzen des wilden Tabaks einen Signalweg genetisch beeinflusst, der die bei Bisschäden in Gang gesetzten Verteidigungsmechanismen der Pflanzen auslöst. Bei der Freisetzung der Tabakpflanzen in ihre natürliche Umgebung entdeckten die Forscher einen bisher unbekanntem Effekt: Die Pflanzen waren nicht einfach nur gegenüber ihren „traditionellen“ Fraßfeinden geschwächt, sie wurden nun auch von bisher gar nicht mit ihnen in Zusammenhang gebrachten Insekten befallen. Welche Schädlinge eine Pflanze befallen, hängt also nicht nur davon ab, wie diese „schmeckt“ (chemischer Phänotyp), sondern auch, auf welche Weise sich die Pflanze gegen ihre Feinde wehren kann.

Diese Forschungsergebnisse zeigen erneut, welchen Wert gentechnisch veränderte Pflanzen für die Erforschung der sensiblen und äußerst komplexen Gleichgewichte in natürlichen Ökosystemen haben (Scienceexpress, 1. Juli 2004).

Abb. 1: *Empoasca sp.* ist eigentlich kein Schädling des wilden Tabaks (*Nicotiana attenuata*). Allerdings ernährt und reproduziert er sich erfolgreich auf gentechnisch veränderten Tabakpflanzen, in denen eine bestimmte Lipoxxygenase (LOX3) herunterreguliert wurde. Dieses Schlüsselenzym wird von der Pflanze benötigt, um Signale zu produzieren, die ihre Verteidigungsreaktionen auslösen. Pflanzen, die wenige oder gar keine dieser Lipoxxygenasen produzieren, können sich weder direkt noch indirekt gegen den Angriff des Pflanzenfressers verteidigen. Dieses Ergebnis zeigt, dass das Merkmal, Verteidigungsreaktionen auslösen zu können, auch festlegt, ob und welche Arten von Herbivoren eine Pflanze am Ende befallen. Der untere Teil des Bildes zeigt den durch *Empoasca sp.* verursachten Fraßschaden an einer der transgenen Tabakpflanzen.



Bild: Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie; A. Kessler

Wissenschaftler sind sich darin einig, dass eine umweltverträglichere Landwirtschaft ein tieferes Verständnis der Interaktionen zwischen Pflanzen, Insekten und Mikroben in einem Ökosystem voraussetzt, und dass die Verteidigungsstrategien von Pflanzen, die für die Resistenz gegen Fraßfeinde von Bedeutung sind, sehr komplex erscheinen, da sie verschiedene Organisationsstufen einschließen. Zum einen können sich die Pflanzen direkt verteidigen, indem sie Toxine oder Stoffe, die ihre Verdaubarkeit im Darm der Insekten reduzieren, produzieren. Zum anderen gibt es indirekte pflanzliche Verteidigungsmechanismen, die sich der biotischen Umwelt bedienen, wie z.B. die Anlockung natürlicher Feinde derjenigen Pflanzenfresser, die die Pflanze gerade befallen. Die Vielfalt an mit diesen pflanzlichen Abwehrstrategien verbundenen Merkmalen erschwert es Ökologen herauszufinden, worauf es im Überlebenskampf zwischen den verschiedenen Akteuren in der freien Natur wirklich ankommt.

Ein nützliches Werkzeug, um jene genetischen Merkmale entschlüsseln zu können, die diese komplexen Interaktionen steuern, ist die genetische Transformation von Pflanzen. Die auf diese Weise veränderten Pflanzen werden gewöhnlich nur unter Laborbedingungen untersucht, wodurch jedoch die Mehrzahl unbekannter biotischer und abiotischer Faktoren in der Natur von der Analyse ausgeschlossen wird. Um die für die Pflanze wirklich wichtigen Faktoren zu

entschlüsseln, müssen gentechnisch veränderte Versuchspflanzen - gerade bei ökologischen Fragestellungen - auch im Freiland untersucht werden. Doch diese wichtige Bedeutung transgener Versuchspflanzen für die Grundlagenforschung in der Ökologie könnte im Zuge der zur Zeit polarisierten und ideologisierten Debatte über die Verwendung gentechnisch veränderter Nutzpflanzen in der Landwirtschaft zum Opfer fallen. Die in Kessler et al. veröffentlichten Experimente hingegen zeigen einmal mehr, wie wichtig die Verwendung transgener Versuchspflanzen im Freiland für die Gewinnung neuer Erkenntnisse ist.

Die Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Chemische Ökologie haben entdeckt, dass die Produktion eines bestimmten Enzyms darauf Einfluss nimmt, welche Fraßfeinde eine Pflanze befallen können. Die Forscher machten diese Entdeckung, nachdem sie verschiedene Komponenten eines Signalweges, der die durch Bissverletzungen induzierte Abwehr in einer Wildpflanze vermittelt, gentechnisch ausschalteten und die transformierten Pflanzen wieder in ihren natürlichen Lebensraum in der Great Basin Wüste in Utah, USA, einpflanzten.

Abb. 2: Die Oxylin-Signalkaskade resultiert zum einen in der Generierung von Signalen, die als indirekte Verteidigungsmechanismen funktionieren (Z-3-Hexenal und Terpene) und Raubinsekten anlocken können, die sich von Pflanzenfressern ernähren. Zum anderen entstehen auch chemische Botenstoffe (z.B. Jasmonsäure), die die Produktion direkter Verteidigungstoffe in der Pflanze aktivieren, wie z. B. Nikotin und Proteinase-Inhibitoren. Nikotin ist ein Nervengift, während es sich bei den Proteinase-Inhibitoren um Proteine handelt, welche die Verdauungsenzyme der pflanzenfressenden Insekten hemmen.

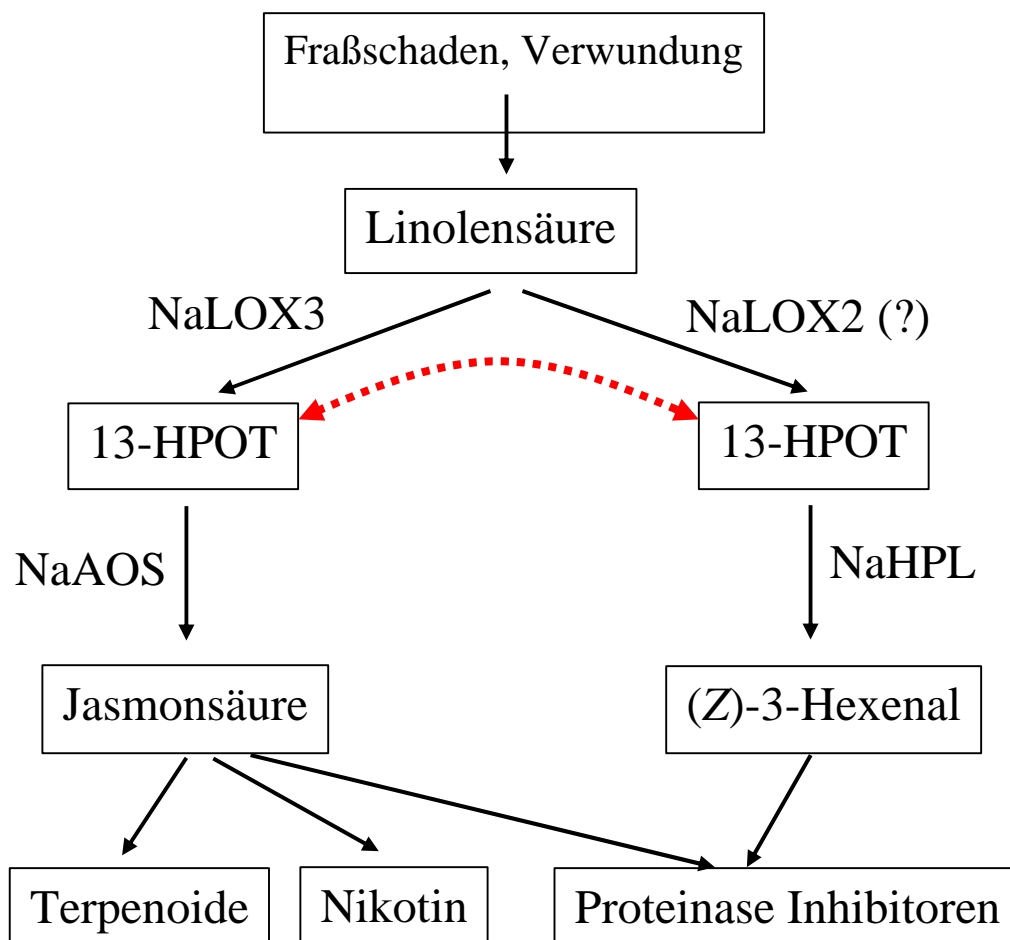


Bild: Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie

Konkret haben die Wissenschaftler in Pflanzen der wilden Tabakart *Nicotiana attenuata* den Gehalt der Enzyme *LOX3*, *HPL* und *AOS* herunterregelt (vgl. Abbildung 2). Alle drei Enzyme gehören zum so genannten Oxylin-Signalweg und spielen eine Schlüsselrolle bei der Wunderkennung und der Signalweiterleitung innerhalb der Pflanze. Ihre Funktionsweise bei der Abwehr von Fraßfeinden wurde bislang jedoch nur im Labor untersucht. Bei der Freisetzung in ihrem natürlichen Lebensraum waren die Pflanzen, in denen der Gehalt des *LOX3*-Enzyms vermindert war, gegenüber den an *N. attenuata* angepassten Herbivoren wie erwartet geschwächt. Doch darüber hinaus wurden zwei neue Arten von Fraßfeinden angelockt, die sich an den veränderten Pflanzen erfolgreich ernährten und fortpflanzten.

Diese Beobachtungen im Freilandversuch zeigen, dass die Jasmonat-Signalkette mit darüber entscheidet, welche Fraßfeinde sich die Wirtspflanzen als Nahrung auswählen. Induzierte Verteidigungsmechanismen können also die Zusammensetzung der Herbivoren-Gemeinschaft beeinflussen. Damit kommt ein neuer Aspekt chemischer Abwehrmechanismen von Pflanzen zum Vorschein: Pflanzen, die in ihrem natürlichen Lebensraum wachsen, sind unerbittlich nicht nur von ganz bestimmten, sondern von allen pflanzenfressenden Insekten bedroht. Doch wir nehmen viele dieser potenziellen Angreifer einfach deswegen nicht wahr, weil wir sie normalerweise nicht an der Pflanze fressend vorfinden. Die mit Hilfe der transgenen Pflanzen gewonnen Ergebnisse zeigen nun, dass einige Herbivorenarten die Pflanzen anscheinend zuerst einmal darauf „testen“, ob sie als Nahrung geeignet sind. Reagiert die Pflanze auf diesen „Test“ nicht mit einer chemischen Abwehr, wird sie sofort in die „Speisekarte“ dieses Pflanzenfressers aufgenommen.

Fazit: Durch die Beeinflussung einzelner Gene in Wildpflanzen und die Beobachtung dieser Pflanzen in ihrem natürlichen Lebensraum können Wissenschaftler sehr viel über die Herausforderungen lernen, denen sich Pflanzen im Überlebenskampf in der freien Natur tatsächlich stellen müssen. Transgene Pflanzen ermöglichen es, die genetischen Grundlagen zu erkennen, auf denen Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Insekten und ganze Ökosysteme basieren. Diese Experimente zeigen zudem den wissenschaftlichen Wert natürlicher Lebensräume an sich. Die Natur war und ist per se das „Labor“ für Naturforscher und Ökologen und muss stets das Vorbild sein, wenn wir natürliche Ressourcen schonend und nachhaltig nutzen wollen. „Mit dem verantwortungsvollen Einsatz von gentechnisch veränderten Wildpflanzen können unsere Kenntnisse über natürliche Lebensräume also erheblich verbessert und wichtige Hinweise zu ihrer Erhaltung gewonnen werden“, sagt Prof. Baldwin, Direktor der Abteilung Molekulare Ökologie am Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie in Jena.

Die wilde Tabakart *Nicotiana attenuata* ist eine der Modellpflanzen, an der die Wissenschaftler der Abteilung Molekulare Ökologie des Max-Planck-Institutes für Chemische Ökologie in Jena forschen. Sie haben diese Wildpflanze ausgewählt, weil sie sich eine ökologische Nische gesucht hat, die den Anbaubedingungen von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen sehr ähnlich ist. Gelingt es den Wissenschaftlern also herauszufinden, wie sich diese Wildpflanze an die Lebensbedingungen in ihrer Nische angepasst hat, eröffnen sich neue Möglichkeiten, auch die Anpassungsfähigkeit von Nutzpflanzen an ihre Umgebung zu verbessern und umweltverträglichere landwirtschaftliche Praktiken zu entwickeln. Die jetzt veröffentlichten Experimente zeigen, wie wichtig die Verwendung transgener Versuchspflanzen im Freiland für die Gewinnung neuer Erkenntnisse ist. Vergleichbare Experimente sind deshalb auch in Deutschland geplant.

Links:

[1] Forschung in der Abteilung Molekulare Ökologie:

http://www.ice.mpg.de/itb/home/home_en.htm

[2] Wissenschaftliche Veröffentlichungen über *Nicotiana attenuata*:

<http://www.ice.mpg.de/itb/publ/publ.htm>

Originalveröffentlichung:

André Kessler, Rayko Halitschke, Ian T. Baldwin

Silencing the Jasmonate Cascade: Induced Plant Defenses and Insect Populations

Scienceexpress, 1 July 2004

Weitere Informationen erhalten Sie von:

Dr. André Kessler

- Abtlg. Molekulare Ökologie -

Zur Zeit: (1-7 Juli: Telephon 001-435-619-2420)

Tel.: 001-607-592-6147

E-Mail: kessler@ice.mpg.de

Prof. Dr. Ian T. Baldwin

- Abtlg. Molekulare Ökologie -

Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie

Hans-Knöll-Straße 8

07745 Jena

Tel.: 03641 57-1100

FAX: 03641 57-1102

e-mail: baldwin@ice.mpg.de

Forschungskoordination:

Dr. habil. Jan-Wolfhard Kellmann

Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie

Hans-Knöll-Straße 8

07745 Jena

Tel.: 03641 57-1000

FAX: 03641 57-1002

e-mail: jkellmann@ice.mpg.de

