

Pflanzen genomik

NEUE WEGE DER BOTANISCHEN FORSCHUNG

Pflanzen leisten einen extrem wichtigen Beitrag zum natürlichen Gleichgewicht unserer Biosphäre. Sie speichern Kohlenstoff und Stickstoff, produzieren Sauerstoff, reinigen Wasser, bilden die Basis zahlreicher Nahrungsketten und beeinflussen das Wetter. Nicht zuletzt sind sie für uns Menschen auch eine Quelle der Erholung. Angesichts der rasant wachsenden Erdbevölkerung und des globalen Klimawandels ändern sich die Lebensbedingungen für viele Pflanzenarten allerdings drastisch. Welche Gene ihnen die Anpassung an eine sich verändernde Umwelt ermöglichen, wissen wir bisher nicht. Erste Modellstudien darüber, wie Umweltwandel und intakte Ökosysteme miteinander zusammenhängen, liegen zwar vor, doch als Grundlage für Politik und Gesetzgeber benötigen wir noch mehr Forschung¹.

GENETISCHE LEGENDE

Pflanzen bewegen sich (in der Regel) zwar nicht vom Fleck, wappnen sich aber dennoch gegen Fressfeinde, konkurrieren miteinander um Ressourcen wie Wasser oder Sonnenlicht und finden Fortpflanzungspartner – mittels unzähliger Strategien, die letztlich alle dem Zweck dienen, die eigenen Gene weiterzugeben. Die dabei eingesetzten Tricks sind vielfach chemischer Natur: Oft sind sekundäre Pflanzenstoffe wie Alkaloide oder Steroide beteiligt, die zu den wichtigsten Substanzen unserer Pharmazeutika gehören. Rund 100000 solcher Substanzen sind bislang bekannt. Diese Zahl dürfte sich in den nächsten zehn Jahren noch verdoppeln, auch dank neuer methodischer Ansätze in der Botanik.

Die Revolution der Pflanzen genomik begann mit der Sequenzierung des Genoms der Ackerschmalwand (*Arabidopsis thalia-*

na). Diese unscheinbare kleine Art birgt einen unerwarteten genetischen Reichtum. Seitdem hat man im *Arabidopsis*-Genom sehr viel größere genetische Unterschiede zwischen individuellen Pflanzen gefunden als angenommen. Diese Unterschiede können mitunter viele hundert Gene groß sein². In anderen Experimenten, in denen sich einzelne *Arabidopsis*-Individuen durch zirka 500000 Einzelnukleotid-Polymorphismen (englisch: *Single Nucleotide Polymorphism*, kurz: SNP) unterscheiden, wurden nur sechs verschiedene Stoffwechselgruppen gefunden³. Dies suggeriert, dass die größeren Genunterschiede einen wichtigen Stellenwert in der Evolution von Phänotypen haben als jene »kleinen« SNPs.

VON DER EVOLUTION GEFORMT

Über die Frage, wie das Erbgut im Zusammenspiel all seiner Komponenten die Fülle der Zellbausteine und Stoffwechselprozesse hervorbringt und steuert, wissen wir immer noch wenig. Eines der größten Rätsel der modernen Botanik lautet: Dank welcher genetischer Eigenschaften können Pflanzen flexibel auf Veränderungen in ihrem Lebensraum reagieren? Erste aufschlussreiche Befunde dazu liegen zwar vor, doch um die komplexen Zusammenhänge wirklich zu verstehen, müssen wir erst die Genome von tausenden Pflanzenarten kennen – und ergründen, welche Gene in der natürlichen Umwelt der jeweiligen Spezies von besonderer Bedeutung sind.

Die Erforschung des pflanzlichen Erbguts wird hier wichtige Antworten liefern: So lässt sich am Genom verschiedener Arten – seit Urzeiten von den Selektionskräften der Evolution geformt – ablesen, wie sie sich in der Vergangenheit auf Umweltveränderungen eingestellt haben. Dieses Vermächtnis zerstören wir permanent, indem

wir viele Pflanzenarten ausrotten – ausgerechnet jetzt, wo wir diesen Schatz dringend nutzen sollten. Denn er könnte uns entscheidende Erkenntnisse darüber beschaffen, wie das Wechselspiel von Umwelt und Genen ideal angepasste Einzelpflanzen entstehen lässt.

Zudem sind Pflanzen mit diversen anderen Organismen wie einer Vielfalt von Mikroben, Insekten und Pflanzenfressern eng verbunden. Diese senden oft Signale mit drastischer Wirkung: Durch Insekten entstehen beispielsweise Pflanzengallen, und der Speichel mancher Larven von Pflanzenfressern beeinflusst die Blütenbildung. Die meisten Pflanzen beherrschen sogar riesige Gemeinschaften von Mikroorganismen. Weil sich viele dieser so genannten Endophyten nicht im Labor züchten lassen, ist ihre Rolle kaum erforscht. Wir wissen allerdings, dass Bakterien und Pilze das Wachstum anregen und den Zugriff auf Mineralien erleichtern können⁴.

Diese Erkenntnisse konnten Wissenschaftler bereits in einige praktische Anwendungen ummünzen: Um etwa Pflanzen mit neuen Eigenschaften auszustatten, verwenden Botaniker als Genüberträger gern die Mikrobe *Agrobacterium*. Noch schöpfen wir jedoch die von der Natur gegebenen Möglichkeiten längst nicht aus. Beispielsweise könnten Forscher krankheits- oder fraßresistente Pflanzen erzeugen, wenn das gesamte Spektrum der auf Pflanzen siedelnden Mikroben bekannt wäre. So ließen sich bestimmte Mikroorganismen womöglich gezielt dazu einsetzen, den Ertrag von Nutzpflanzen zu steigern.

Der Lebenszyklus von Pflanzen verläuft in ganz eigenen Zeiträumen – manche werden Tausende von Jahren alt. Eine Pflanze muss dabei immer wieder zu ihrer Fortpflanzung vom vegetativen in einen reproduktiven Zustand wechseln. Die Auswirkungen

Forscher von Max-Planck-Instituten in Köln, Marburg, Plön, Tübingen und Jena befassen sich intensiv mit den Anpassungsfähigkeiten von Pflanzen an veränderte Umweltbedingungen. Die Ausbildung von molekularbiologisch ausgebildeten Botanikern erfolgt

am Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie in Jena. Hier haben Studenten anhand heimischer Pflanzen gezeigt, wie diese mit Hilfe komplexer Mischungen chemischer Substanzen geeignete Bestäuber anlocken (Kessler, D. et al., *Science* 321, 1200–1202, 2008).



- Die genetischen Merkmale von Pflanzen bergen ein Potenzial für die Erzeugung von Nutzpflanzen, die auch dem Klimawandel trotzen.
- Genetische Laborstudien allein können die molekularen Mechanismen der Umweltanpassung nicht aufklären. Wir müssen Pflanzen dort untersuchen, wo die Merkmale entstehen und sich verändern.
- Dazu bedarf es geeigneter Feldforschung durch eine neue Generation molekularbiologisch ausgebildeter Botaniker.

des globalen Klimawandels auf diese Vorgänge verstehen wir heute erst ansatzweise. Welche Gene und Hormone sind dafür verantwortlich, dass Pflanzen bei Umweltstress in den Ruhezustand übergehen? Welche Signale heben diesen wieder auf? Nachweislich können Pflanzen die genetische Qualität von möglichen Partnern abschätzen, lange bevor sie selbst zur Fortpflanzung bereit sind. Wonach sie sich dabei richten und wie sie den geeigneten Zeitpunkt bestimmen, müssen Forschungen über die Genetik ihrer Anpassungsreaktionen aufklären⁵.

NAHRUNG FÜR NEUN MILLIARDEN MENSCHEN

Dies erfordert die Expertise von vielen Fachleuten, darunter Ingenieure, Chemiker, Bioinformatiker und Mathematiker. Die unglückliche Spaltung der Biologie in zwei Lager – das der Molekular- und Zellbiologie auf der einen Seite sowie das der Ökologie und Evolutionslehre auf der anderen – gilt es zu überwinden. Wir brauchen molekularbiologisch geschulte Botaniker, die sich in Naturkunde ebenso gut auskennen wie in der molekularen Genomik, und Freilandstationen, in denen wir den Phänotyp genetisch definierter und gentechnisch veränderter Pflanzen in ihrem angestammten Habitat bestimmen können. Auch sollten Forscher lernen, wie sie Ökosysteme so gestalten können, dass sie Ähnliches leisten wie das durch Menschenhand zerstörte Vorbild.

Im Jahr 2050 muss unser Planet voraussichtlich neun Milliarden Menschen ernähren. Das erfordert eine effiziente Landwirtschaft, die unter Einsatz von weniger Dünger und Wasser noch höhere Erträge bringt. Um dies zu erreichen, sollte es in Zukunft möglich sein, gezielt bestimmte genetische Eigenschaften von Wildpflanzen auf Nutzpflanzen zu übertragen. Die Pflanzen-genomik wird hier überaus wertvolle Beiträge leisten. Denn sie kann uns nicht nur lehren, wie sich Pflanzen in ihrer Umwelt behaupten und etwa der Erderwärmung trotzen – sondern auch, wie wir dies für die Zukunft der Menschheit nutzen können.



- oben Pflanzen haben sich an unterschiedlichste Lebensräume angepasst. Doch ihre Vielfalt ist bedroht – etwa infolge der Abholzung des Regenwalds (unten rechts: Amazonastiefland).
- unten Pflanzen locken Bestäuber mit Hilfe komplexer chemischer Substanzen an.



Photos: oben links: fotolia / Enet; 2007; oben rechts: Danny Kessler, Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie; Mitte links: fotolia / John Anderson; Mitte rechts: iStockphoto / Joseph Luoman; unten: Danny Kessler, Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie