

WIE ENTSTEHT UND SCHWINDET BIODIVERSITÄT?

Genetische und physiologische Diversität – Grundlage der Anpassung von Pflanzen in Evolution und Nutzung

Autor: Prof. Dr. Ulrich Schurr (Forschungszentrum Jülich FZJ)

Im Jahre 2050 wollen annähernd 9,8 Milliarden Menschen ernährt und versorgt werden. Die genetische Diversität ist dabei ein großer Schatz, den wir Menschen nutzen können. Es gibt viele Möglichkeiten, wie genetische Diversität vergrößert wird: durch natürliche Strahlung, „springende“ Gene aber auch präzise Technologien. Die moderne Pflanzenzüchtung kann gezielt Pflanzen entwickeln, damit diese mit zukünftigen Anforderungen wie zunehmender Trockenheit oder hohen CO₂-Konzentrationen umgehen können.

- Der Mensch nutzt derzeit die große Vielfalt an genetischer Diversität wenig, denn lediglich zehn Pflanzenarten erbringen 95 Prozent der Biomasse für Nahrung und Kleidung weltweit.
- Grundlage jeglicher Züchtungen ist das Vorhandensein genetischer Diversität. Aus dieser können Züchter durch Selektion Genotypen mit benötigten Eigenschaften auswählen.
- Neue Züchtungsverfahren, wie das sogenannte „Gene Editing“, können präzise genetische Varianten erzeugen und so dazu beitragen, Pflanzen fit für die Zukunft zu machen.

Pflanzen besiedeln nahezu alle Habitate unserer Erde. Durch den Sauerstoff, den sie bei der Photosynthese bilden, sind sie die Architekten unserer Atmosphäre. Die Diversität von Pflanzen stellt aber auch die Grundlage für vielfältige Nahrungsmittel dar, die tief in den verschiedenen Kulturen der Menschheit verankert sind. Die bei weitem größte Menge an pflanzlicher Biomasse wird allerdings an Nutztiere verfüttert oder zur Herstellung von Futtermitteln genutzt, die oft durch biotechnologische Produkte angereichert sind (Bott, 2019).

Pflanzen sind auch wichtige Lieferanten von Baustoffen und Materialien für andere stoffliche Nutzungen wie Textilien oder Chemikalien. Sie dienen als Aroma- und Wirkstoffe in Lebensmitteln, zur Herstellung von Medikamenten aber auch von Luxuswaren. Pflanzen liefern Energie für Kraftstoffe – zum Beispiel als E10-Beimischung und Biokerosin. Als direkter Brennstoff dienen sie nicht nur in heimeligen Kaminöfen in Industrieländern, sondern vor al-

lem der ärmeren Bevölkerung in weniger industrialisierten Staaten. Allein die Vielfalt der Nutzung zeigt, welch' breites Spektrum an pflanzlichen Eigenschaften sich der Mensch im Laufe der Zeit zunutze gemacht hat – ganz ungeachtet der unverzichtbaren Beiträge von Pflanzen zu Ökosystemen und den von diesen Ökosysteme erbrachten Leistungen.

Allerdings nutzt der Mensch nur einen äußerst kleinen Teil pflanzlicher Biodiversität. Bei Nahrungsmitteln zeigt sich das ganz deutlich: trotz der über 50.000 essbaren Pflanzen weltweit, stellen Reis, Mais und Weizen 60 Prozent der Kohlehydrat-Versorgung der Menschheit. Lediglich zehn Pflanzenarten erbringen, nach Angaben der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), 95 Prozent der Biomasse für Nahrung und Kleidung. Gleichzeitig werden zum Beispiel in Afrika immer noch etwa 500 Arten als Obst und Gemüse regional genutzt.

Biodiversität und Anpassung an Umweltverhältnisse (insbesondere Klima-Bedingungen)

Die Diversität von Pflanzen entsteht durch die Variation von Genen, also die vererbaren Eigenschaften einer Pflanze. Evolutionsprozesse selektieren aus diesen genetischen Varianten diejenigen heraus, die an bestimmte Umweltbedingungen besonders gut angepasst sind. Die Verschiedenheit der Habitats führt zur Optimierung von Eigenschaften und damit zur Artbildung.

Dabei ist insbesondere der zeitliche Verlauf und die räumliche Verteilung von Ressourcen wie zum Beispiel Wasser von großer Bedeutung: So haben trockenstressresistente Pflanzen in Winterregen-Gebieten, d.h. Gebieten mit jahreszeitlich stark unterschiedlichen Niederschlägen, oft tiefreichende Wurzelsysteme. Dadurch können sie auch bei oberirdischer Trockenheit das Wasser tieferer Bodenschichten nutzen. Ganz im Gegensatz dazu verfügen Pflanzen der gemäßigten Zonen über ein flaches Wurzelsystem, das die immer wieder die Trockenheit unterbrechenden Regenfälle besser nutzen kann. Die Lösungen, die Pflanzen brauchen, um in ihrer jeweiligen Umwelt erfolgreich zu sein, sind genauso vielfältig wie die Habitats, in denen sie beheimatet sind.

Biodiversität in der Züchtung

Diese Vielfalt von notwendigen Anpassungen an variable Umweltbedingungen ist eine der zentralen Herausforderungen für die Pflanzenzüchtung. Durch Auswahl von Genotypen, die vererbbar – also über Generationen hinweg stabil – positive Eigenschaften zeigen, entwickelt der Züchter Linien und je nach Zulassung Sorten, die den Land-, Forstwirten und Gartenbauern zur Verfügung gestellt werden.

Die Grundlage jeglicher Züchtung ist allerdings das Vorhandensein genetischer Diversität, aus der der Züchter durch Selektion Genotypen mit

Infokasten:

Nach Angaben der Food and Agriculture Organization (FAO) der Vereinten Nationen ist die Viehzucht der weltweit größte Nutzer von Bodenressourcen, wobei Weideflächen und Anbauflächen für die Produktion von Futtermitteln fast 80 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen.

bestimmten Eigenschaften auswählen und diese mit anderen gewünschten Eigenschaften kombinieren kann. Wichtig ist dabei allerdings auch, dass sich ein Genotyp während seines Wachstums an vorhandene Umweltbedingungen anpassen kann und muss. Die genetische Ausstattung ist also eher als Werkzeugkasten zu verstehen, der erfolgreichen Linien nützliche Werkzeuge zur Verfügung stellt. Diese unterstützen Pflanzen einerseits dabei, alle auf sie zukommenden äußeren Herausforderungen zu meistern, die sich durch die verschiedenen Umweltfaktoren, das Klima oder Pathogene ergeben. Andererseits erfüllen sie dadurch wichtige Ansprüche an Pflanzenqualität und Ertrag. Im Zusammenspiel mit der räumlichen und zeitlichen Dynamik der Umwelt entwickelt sich dann der sogenannte Phänotyp – also das, was wir von einer Pflanze real wahrnehmen und gegebenenfalls auch nutzen. Dieser Phänotyp kann bei gleicher genetischer Ausstattung sehr unterschiedlich aussehen.

Genetische Diversität: Herkunft und Nutzung

Um genetische Diversität für die Züchtung zu nutzen, müssen neue genetische Eigenschaften in vorhandene Sorten eingebracht werden. Traditionell geht dies durch Einkreuzung aus direkt miteinander kreuzbaren Linien. Die Grundlage von Diversität in diesem direkt kreuzbaren Genpool sind Prozesse, über die natürliche Mutanten entstehen.

Mutanten entstehen zum Beispiel durch natürliche UV-Strahlung oder auch radioaktive Strahlung. Auch in Genomen angelegten genetischen Mechanismen zur Metagenese, so z.B. Transposons, die sogenannten „springenden Gene“, lassen in der Natur Mutanten entstehen. Allerdings ist die Diversität aus diesem „Genpool“ oft nicht ausreichend, um Pflanzen gegen neue Herausforderungen wie zum Beispiel andere Klimabedingungen oder neue Krankheiten zu wappnen oder ihnen neue Eigenschaften mitzugeben, die sie befähigen, mit weniger Wasser und Nährstoffen zurechtzukommen. Hierzu sind meist ganz neue Eigenschaften von Nöten.

Der klassische Weg zu neuen Pflanzeigenschaften ist die Mutagenese durch DNA-verändernde Agentien. Dies geschieht beispielsweise durch gezielte Bestrahlung oder den Einsatz Erbgut-verändernder Chemikalien. Auf diese Weise sind zahlreiche Obst-Sorten entstanden wie etwa unsere heutigen Bananen. Diese besitzen anstatt harter, Maiskorn-großer Samen inzwischen ein feines weißes Fruchtfleisch.

Während diese Mutationen zufällige Veränderungen verursachen, ist es mit Hilfe von Gentechnik möglich, ganz präzise neue Eigenschaften in Pflanzen zu integrieren. Ein ganz wesentlicher Vorteil solcher Methoden ist, dass dadurch gezielt Eigenschaften in den neuen Linien entstehen. Zudem verringert sich der Aufwand ganz entscheidend, denn bei zufälligen Mutationen verschlechtern sich sehr viel häufiger Eigenschaften, die dann wiederum mit großer Mühe eliminiert werden müssen.

Seit mehreren Jahrzehnten finden sogenannte transgene Pflanzen vor allem außerhalb Europas Anwendung (Kaulen, 2019, 03. August). Hier werden solche Gene, die die gewünschten Eigenschaften aufweisen, von anderen Organismen in ein pflanzliches Erbgut transferiert. Hier macht man sich Prozesse zu Nutze, die in der Natur Gentransfer zwischen Organismen ermöglichen. Eine ebenfalls auch aus natürlich vorkommenden Mechanismen abgeleitete Methode, das „Gene editing“, wurde erst vor wenigen



Drohne beim Überflug über ein Feld, das zukünftigen CO₂-Konzentrationen ausgesetzt ist.

Foto: Forschungszentrum Jülich

Jahren entwickelt. Mit Gene Editing kann an präzise ausgewählten Stellen Mutagenese und damit genetische Vielfalt erzeugt werden (Die neue Gen-Revolution; Schurr, 2019, 10. Januar).

Charakterisierung und Selektion

Unabhängig davon, auf welche Art und Weise genetische Diversität entsteht, muss die dadurch entstandene biologische Diversität charakterisiert bzw. selektiert werden. Dazu dient das sogenannte Phänotypisieren. Dabei handelt es sich um die quantitative Erfassung des Erscheinungsbildes einer Pflanze. Es dient dazu, die strukturelle und die funktionelle Eigenschaften von Pflanzen umfassend quantitativ zu beschreiben. Möglich wird dies durch Kombination von Pflanzenphysiologie mit neuartigen Sensoren, Automatisierungstechnik und Robotik sowie modernen IT-Verfahren.

In den letzten 10 Jahren ist es gelungen, die Genauigkeit und die Geschwindigkeit, mit der pflanzliche Eigenschaften vermessen werden können, soweit zu steigern, dass diese Verfahren heute zunehmend in der Praxis ankommen. Erstmals können in großen national und international angelegten Samen-Sammlungen Eigenschaften der vielen dort hinterlegten Samen unterschiedlichster Herkunft getestet werden. Als Folge können Physiologen Züchtern neue

Eigenschaften nennen, die Pflanzen auch bei so komplexen Merkmalen wie Trockenstress-Resistenz oder Nährstoffnutzung besser machen. Die neuen Methoden werden eingesetzt, um z. B. Pflanzenlinien zu identifizieren, die bei zukünftigen CO₂-Konzentrationen oder neuen Krankheiten bessere und stabilere Erträge bringen.

Die Charakterisierung der biologischen Diversität auf genetischer und physiologischer Ebene ist die Grundlage jeglicher Weiterentwicklung von Sorten. Diese werden dringend gebraucht, um den großen Herausforderungen durch Klimawandel und steigende Weltbevölkerung mit wissenschaftlich basierten Lösungen begegnen zu können.

Quellen

- Bott, M. (2019). Nutzung mikrobieller und pflanzlicher Diversität in der Biotechnologie. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* (S. 50-53). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1.2.3
- Die neue Gen-Revolution: Was man zu CRISPR/Cas wissen sollte (o.D.). [Webseite „transparenz Gentechnik“] [transgen.de]. Aufgerufen am 30.08.2019.
- Kaulen, H. (2019, 03. August). Europas Genpolitik spielt den Multis in die Hände [Interview mit Prof. Dr. Holger Puchta vom Botanischen Institut am KIT]. *Frankfurter Allgemeine Zeitung* [faz.net]. Aufgerufen am 02.09.2019.
- Schurr, U. (2019, 10. Januar). Urteil zu Genome Editing ist bedenklich [Kommentar] [helmholtz.de/wissenschaft_und_gesellschaft]. Aufgerufen am 30.08.2019.

Impressum

Herausgeber

Helmholtz-Zentrum Potsdam,
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Redaktion

PD Dr. Dierk Spreen
Jana Kandarr
Oliver Jorzik

Layout

Pia Klinghammer

E-Mail: redaktion-eskp@gfz-potsdam.de

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:

<https://themenspezial.eskp.de/biodiversitaet-im-meer-und-an-land/inhalt-937146/>

Stand: Februar 2020

Heft-DOI: <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.1>

ISBN: 978-3-98-16597-4-0

Zitiervorschlag:

Earth System Knowledge Platform (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1

Einzelartikel:

[Autor*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen:
eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)