

InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 179
Januar 2017

Inhalt

<i>Genom-Editierung I: Gezielte Änderung einzelner Basenpaare im Reis-Genom als Chance für die Pflanzenzüchtung</i>	<i>S. 1</i>
<i>Genom-Editierung II: Gezielte Erbgut-Veränderung bei Brotweizen mit DNA-freien CRISPR/Cas9 Ribonukleoprotein-Komplexen</i>	<i>S. 2</i>
<i>Bt-Baumwolle: Erfolgsgeschichte oder Katastrophe für die Bauern in Burkina Faso?.....</i>	<i>S. 3</i>
<i>Anbau-Zulassungen EU: Nicht betroffene Länder zwingen anderen Mitgliedsstaaten ihre Position auf</i>	<i>S. 5</i>

Genom-Editierung I



Biologische Vielfalt.
Verschiedene [Reissorten](#)
aus der Sammlung des
internationalen Reis-
Forschungsinstituts IRRI
Photo und ©: [International
Rice Research Institute
\(IRRI\)](#).

Gezielte Änderung einzelner Basenpaare im Reis-Genom als Chance für die Pflanzenzüchtung

Reis ist von grosser Bedeutung für die Ernährung, mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung benötigt ihn als Grundnahrungsmittel. An die züchterische Verbesserung von Reis werden vielfältige Ansprüche gestellt: höhere Erträge, Unempfindlichkeit gegen ungünstige Klimaverhältnisse wie Dürre, Hitze oder Überflutung, Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge und Krankheiten, und sparsamer Ressourcenverbrauch (Dünger, Wasser). Die Arbeit der Züchter wird durch eine enorme Fülle an verfügbaren Reissorten mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften erleichtert. So finden sich in der Saatgutbank des internationalen Reिसforschungsinstituts IRRI über 100'000 verschiedene Reissorten und –Varietäten aus der ganzen Welt.

Genetische Analysen entschlüsseln immer mehr Funktionen der etwa 40'000 verschiedenen Gene einer Reispflanze. Oft unterscheiden sich die Gene verschiedener Sorten mit unterschiedlichen Eigenschaften nur in einzelnen Buchstaben des DNA-Alphabets. Wenn es möglich wird, gezielt einzelne dieser Buchstaben zu verändern, lassen sich so Eigenschaften viel schneller zwischen Reissorten übertragen als dass dies mit klassischer Züchtung möglich ist, und ohne zugleich – wie bei einer herkömmlichen Kreuzung – viele unerwünschte Eigenschaften mitzuschleppen. Chinesische Forscher haben nun ein solches Verfahren für Reispflanzen beschrieben.

Als Ausgangspunkt verwendeten sie das CRISPR/Cas9-System, das in den letzten Jahren die Molekularbiologie revolutioniert hat und mit dem man Schnitte an vorbestimmten Stellen im Erbgut von Lebewesen einführen kann. Bei der Reparatur dieser Schnitte entstehen oft spontane Veränderungen, wie der Einbau (Insertion) oder der Verlust kurzer DNA-Segmente (Deletion), die in der Regel zu einem Funktionsverlust des betroffenen Gens führen. In vielen Fällen ist das erwünscht, zum Beispiel wenn die Funktion eines Gens erforscht werden soll. Wenn allerdings nur der gezielte Austausch eines einzelnen Buchstaben gewünscht ist, muss man entweder lange nach einem solchen Ereignis suchen oder zugleich mit dem Erbgut-Schnitt ein kurzes DNA-Segment als Reparatur-Matrize einführen. Dabei kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass dieses auch an unerwünschten Stellen im Pflanzen-Genom eingebaut wird.

Die Forscher veränderten daher die Eigenschaften des CRISPR/Cas9-Systems so, dass es keine kompletten Schnitte des Erbguts mehr durchführt, sondern nur einen der beiden DNA-Stränge schneidet. Zugleich koppelten sie ein weiteres Eiweiss, eine Cytidineaminase, an das Cas9-Protein. Dieses Enzym bewirkt eine Umwandlung des DNA-Buchstaben C in ein T. Steuern lässt sich dieser DNA-Editierungs-Komplex durch ein kurzes künstliches RNA Fragment, welches die Zielstelle im Pflanzengenom definiert. Ein ähnliches System war zuvor für eine Anwendung in Tieren beschrieben worden. Die Wissenschaftler konnten zeigen, dass sie damit auch in Reis-pflanzen gezielt einzelne Buchstaben mehrerer Gene umschreiben konnten.

Mit dem hier beschriebenen System sind nur Austausch von einem C in ein T oder von einem G in ein A möglich. Die Forscher gehen jedoch davon aus, dass durch Koppelung anderer Enzyme an das Cas9-Protein bald auch andere Modifikationen möglich werden. Die einfache Anwendung der gezielten Erbgut-Editierung wird das Verfahren nach Ansicht der Forscher schnell zu einem Routine-Ansatz der Pflanzenzüchtung werden lassen, dessen Resultate nicht von natürlich vorkommenden Varianten unterschieden werden können. Während in vielen Ländern die Anwendung derartiger neuer Züchtungsverfahren rasch voranschreitet, steht in Europa ihre rechtliche Einstufung noch aus.

Quellen: Yuming Lu & Jian-Kang Zhu 2016, [Precise Editing of a Target Base in the Rice Genome Using a Modified CRISPR/Cas9 System](#), Mol Plant, in press 06.12.2016, (doi: [10.1016/j.molp.2016.11.013](#)); Jingying Li et al. 2016, [Generation of targeted point mutations in rice by a modified CRISPR/Cas9 system](#), Mol Plant, in press 08.12.2016 (doi: [10.1016/j.molp.2016.12.001](#)); [Gezielte Genomveränderungen von Reis: CRISPR/Cas9-Abwandlung ermöglicht Basen-Editierung](#), Pflanzenforschung.de, 02.01.2017

Genom- Editierung II

Gezielte Erbgut-Veränderung bei Brotweizen mit DNA-freien CRISPR/Cas9 Ribonukleoprotein-Komplexen

Das CRISPR-Cas9-System ermöglicht gezielte Schnitte im Erbgut von Pflanzen, und damit gerichtete genetische Veränderungen wie die Inaktivierung unerwünschter Gene. Der Schnitt wird dabei durch das Cas9-Eiweiss ausgeführt und durch eine Leit-RNA gesteuert. In vielen bisher beschriebenen Ansätzen wird zunächst ein DNA-Konstrukt in Pflanzenzellen eingeführt, welches die Information zur Produktion des Cas9-Eiweisses enthält und dann in den Zellen abgelesen wird. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieses DNA-Konstrukt selber in das Pflanzen-Genom eingebaut wird, und so eine transgene Pflanze entsteht. Um diese Möglichkeit zu verhindern, hat eine Forschergruppe der chinesischen Akademie der Wissenschaften unter Leitung der renommierten Wissenschaftlerin Caixia Gao für Brot-Weizen eine Methode entwickelt, bei der keine Fremd-DNA in die Pflanzen übertragen werden muss.

Sie setzten im Reagenzglas einen Komplex aus künstlich erzeugtem Cas9-Eiweiss und der Leit-RNA zusammen, welche die Zielspezifität definiert. Diesen Ribonukleoprotein-Komplex hefteten sie an winzige Goldpartikel an, und schossen diese anschliessend mit einer biologischen Kanone in Weizen-Embryonen. Nach der Regeneration von kleinen Weizen-Pflänzchen konnten sie diese auf das Vorhandensein der gewünschten Erbgut-Veränderungen untersuchen. Es gelang ihnen, gezielte Veränderungen in zwei verschiedenen Weizen-Genen in zwei verschiedenen Sorten isolieren. Der ganze Prozess, von der Herstellung der Ribonukleoprotein-Komplexe über deren funktionelle Prüfung, der biologischen Transformation, der Regeneration der

Pflänzchen bis zu deren Prüfung und der Identifikation von erbgutveränderten Pflanzen dauert nur sieben bis neun Wochen.

Die hohe Effizienz ihres Ansatzes erlaubte es, aus 100 Weizen-Embryonen etwa vier bis fünf unabhängige Mutanten mit Genom-Veränderungen an den gewünschten Stellen zu erhalten. Die Wahrscheinlichkeit von ungerichteten Erbgut-Veränderungen an anderen, entfernten Stellen war mit der hier präsentierten Methode deutlich niedriger als bei der herkömmlichen Transformation der Pflanze mit einem Cas9-DNA-Konstrukt. Als wichtigsten Vorteil beschreiben die Forscher das Fehlen von DNA in ihrem Transformations-Komplex, was die Möglichkeit eines unerwünschten Einbaus von Fremd-DNA in die Pflanzen ausschliesst. Davon versprechen sie sich ein erleichtertes Zulassungsverfahren und eine bessere öffentliche Akzeptanz von derart veränderten Pflanzen.

Die wissenschaftliche Leiterin des Projekts, Caixia Gao, gilt als Koryphäe auf dem Gebiet der Transformation von Nutzpflanzen und der Anwendung neuer Züchtungsverfahren. 2013 hatte sie mit ihrer Gruppe vom *State Key Laboratory of Plant Cell and Chromosome Engineering* der chinesischen Akademie der Wissenschaften in Beijing die erste Anwendung des CRISPR/Cas9-Systems zur gezielten Erbgut-Veränderung bei Nutzpflanzen beschrieben. Nach einer agronomischen Doktorarbeit in China hatte sie von 1997 bis 2009 in einem dänischen Pflanzenzucht-Unternehmen an Verfahren zur genetischen Veränderung von Gräsern und Getreide gearbeitet, und dabei wichtige Durchbrüche erzielt. Die skeptische Haltung der Europäer gegenüber gentechnisch veränderten Nutzpflanzen liess sie allerdings daran zweifeln, dort je die Früchte ihrer Forschung in der praktischen Anwendung zu erleben – wenig motivierend für eine begeisterte Wissenschaftlerin. Sie kehrte daher nach China zurück, und nahm die gentechnische Veränderung von Weizen im Angriff – einer Pflanze, die hierfür als besonders schwierig berüchtigt ist. Innerhalb kurzer Zeit wurde sie zu einer weltweit anerkannten Expertin. Als einen wichtigen Vorteil für ihre Arbeiten schätzt sie die höhere Priorität der Agrarforschung in China im Vergleich zu Europa.

Quellen: Zhen Liang et al. 2017, [Efficient DNA-free genome editing of bread wheat using CRISPR/Cas9 ribonucleoprotein complexes](#), Nature Communications 8:14261 (doi:10.1038/ncomms14261); [Caixia Gao: Crop engineer - A gene-editing specialist seeks to make her mark by improving key agricultural plants](#), Nature News, 20.06.2016

Bt-Baumwolle Erfolgsgeschichte oder Katastrophe für die Bauern in Burkina Faso?

Der Baumwoll-Anbau spielt eine wichtige Rolle für das westafrikanische Land Burkina Faso. Etwa 300'000 Kleinbauern produzieren dort das «weisse Gold», es wird geschätzt dass Anbau und Verarbeitung zwischen 15-20% des Erwerbseinkommen des Landes beitragen. Um die globale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und zunehmende Probleme mit der chemischen Schädlingsbekämpfung zu umgehen, wurde der Einsatz gentechnisch veränderter, insektenresistenter Bt-Baumwollsorten erwogen. Nach Einkreuzung der Resistenz-Eigenschaft in lokale Baumwollsorten und dem Aufbau der erforderlichen Biosicherheits-Gesetzgebung wurden ab dem Jahr 2003 Freilandversuche durchgeführt. Aufgrund der positiven Resultate erfolgte im Jahr 2008 die Markt-Freigabe. Bis 2013 erreichte der Anteil der gentechnisch veränderten Baumwoll-Sorten in Burkina Faso fast 70%, und blieb bis 2015 auf diesem hohen Niveau. Die rasche Ausbreitung der Technologie wurde dadurch gefördert, dass die grossen Baumwoll-Handelsgesellschaften

die Landwirte mit Saatgut und Betriebsmitteln versorgen, und ihnen die Ernte abkaufen.

Für die meisten Landwirte hatte die Einführung der Bt-Baumwolle positive Auswirkungen. Die Zahl der erforderlichen Insektizid-Behandlungen reduzierte sich von sechs auf zwei pro Anbausaison. Das sparte Kosten – und vor allem viel Arbeit. Zudem wurden nachteilige Gesundheitsauswirkungen der Insektizid-Anwendungen auf die Bauern eingedämmt. Höhere Erträge, je nach Quelle zwischen 14% und 21%, steigerten das Einkommen der Bauern, deren Ernte von den Baumwoll-Handelsgesellschaften nach Gewicht bezahlt wird. Hierbei handelte es sich nicht um kurzfristige Vorteile, sie konnten durch Langzeit-Studien über sechs Jahre (2009 – 2014) bei mehreren hundert Baumwoll-Bauern bestätigt werden. Anscheinend eine Erfolgsgeschichte.

Ende 2016 berichtete Aline Zongo von der gentech-kritischen Organisation COPAGEN (Coalition pour la Protection du Patrimoine Génétique Africain) jedoch auf Einladung von Swissaid an verschiedenen Veranstaltungen in der Schweiz über die Erfahrungen von Burkina Faso mit dem Anbau insektenresistenter Bt-Baumwolle aus ihrer Sicht. Ihr Fazit: Die den Bauern gemachten Versprechen, wie ein verbesserter Ertrag und ein reduzierter Insektizid-Bedarf, seien nicht gehalten worden, diese hätten viel Geld verloren, kurz: die Einführung der Bt-Baumwolle in Burkina Faso sei eine Katastrophe für die Bauern gewesen. Burkina Faso würde jetzt aufgrund der schlechten Erfahrungen Gentech-Baumwolle von den Feldern verbannen und wieder zu konventionellen Sorten zurückkehren.

Hier stehen sich zwei komplett unterschiedliche Beschreibungen gegenüber. Was ist in Burkina Faso tatsächlich geschehen? Brian Dowd-Urbe (Universität San Francisco, USA) und Matthew A. Schnurr (Dalhousie University Halifax, Kanada) haben die Entwicklungen über die letzten Jahre verfolgt, und vermitteln ein differenziertes Bild.

Tatsächlich hat Burkina Faso der Anteil von Bt-Baumwolle am Gesamtanbau seit der Saison 2014/15 wieder deutlich gesenkt und plant, bis zur Saison 2017/18 ganz darauf zu verzichten. Der Grund dafür ist ein in den letzten Jahren beobachteter Rückgang der Faserlänge bei den Bt-Baumwollsorten, einem wichtigen Qualitätsmerkmal. Damit sank auch der Anteil der Ernte, der in der höchsten Qualitätsstufe zum besten Preis auf dem Weltmarkt verkauft werden konnte. Es ist noch nicht klar, warum die Qualitätseinbußen bei der Bt-Baumwolle beobachtet werden, und warum dies erst in den letzten Jahren der Fall war, obwohl Bt-Baumwolle seit 2008 in grossem Massstab in Burkina Faso angebaut wird. Möglicherweise wurde bei der Einkreuzung der Bt-Eigenschaft in die etablierten lokalen Sorten vor allem auf die Insektenresistenz und den Ertrag geachtet, und der Faserqualität zu wenig Beachtung geschenkt. Jedenfalls fürchteten die Händler um den Ruf der Baumwolle aus Burkina Faso, die zu den qualitativ besten der Welt gehört. Da kurzfristig kein alternatives Bt-Saatgut zur Verfügung stand, drängten sie auf eine Rückkehr zu den herkömmlichen Baumwollsorten.

Aber warum sollten die Baumwoll-Bauern den insektenresistenten Bt-Sorten, die für sie deutliche Vorteile beim Anbau mit weniger Aufwand bei der Schädlingsbekämpfung bieten, den Rücken zukehren? Die Antwort von Dowd-Urbe und Schnurr ist einfach: sie haben gar keine andere Wahl. Die gesamte Versorgung mit Baumwoll-Saatgut in Burkina Faso liegt in den Händen einiger weniger, grosser Baumwoll-Handelsgesellschaften, die

aufgrund ökonomischer Überlegungen das zu verwendende Saatgut festlegen und nicht immer die gleichen Interessen wie die Bauern verfolgen. Die Landwirte selber haben dabei kaum Mitsprache-Möglichkeiten. Die Rückkehr zu den herkömmlichen, gentech-freien Sorten erfolgt daher nicht, weil die Bt-Baumwolle für die Bauern eine «Katastrophe» gewesen wäre, sondern auf Druck der Handelsgesellschaften. Viele Bauern werden diesen Schritt für ihre alltägliche Arbeit sogar bedauern, die jetzt wieder mühsamer und aufwändiger wird. In Interviews kündigten sie an, die Anbaufläche für Baumwolle wegen des gestiegenen Arbeitsaufwands reduzieren zu wollen.

Es gibt verschiedene Bestrebungen, für Burkina Faso optimal angepasstes, hochqualitatives Bt-Saatgut zu entwickeln. Es ist alle Fälle ist wichtig, dass dabei allen Aspekten der Baumwollproduktion Rechnung getragen wird: sowohl den günstigen agronomischen Eigenschaften, als auch der hohen Qualität des Ernteguts. Es ist jedoch ungewiss, wie schnell sich die Baumwollhändler auf neue Experimente einlassen wollen.

Quellen: Ine Pertry 2016, [The success story of Bt cotton in Burkina Faso: a role model for sustainable cotton production in other cotton-growing countries?](#) In: Innovative farming and forestry across the emerging world: the role of genetically modified crops and trees, International Industrial Biotechnology Network (IIBN), p.81-93; Jeffery Vitale et al. 2016, [The socio-economic impacts of GM cotton in Burkina Faso: Does farm structure affect how benefits are distributed?](#) AgBioForum, 19(2):120-135; Brian Dowd-Uribe & Matthew A. Schnurr 2016, [Briefing: Burkina Faso's reversal on genetically modified cotton and the implications for Africa](#), African Affairs 115:161-172; Brian Dowd-Uribe & Matthew Schnurr, August 2016, [Bt Cotton in Africa: What Happened in Burkina Faso?](#), Gastbeitrag in [fieldquestions.com](#)

Anbau- Zulassungen EU

Nicht betroffene Länder zwingen anderen Mitgliedsstaaten ihre Position auf

Während ein Grossteil der in die EU importierten Futter-Sojabohnen gentechnisch verändert sind und Gentechnik in diesem Bereich zum Alltag gehört, sind die Mitgliedsstaaten der EU tief gespalten, was ihre Meinung zum lokalen Anbau gentechnisch veränderter Nutzpflanzen anbelangt. Während manche Mitgliedsstaaten, wie z. B. Spanien, seit vielen Jahren gute Erfahrungen mit dem Anbau insektenresistenter Bt-Maissorten machen, setzten sich andere EU Mitglieder erbittert gegen die Gentechnik auf dem Acker zur Wehr. Das führt dazu, dass das EU-Zulassungs-Verfahren für GVO, das eigentlich durch Fachgremien aufgrund wissenschaftlicher Kriterien durchgeführt werden sollte, hochgradig politisiert worden ist. Seit Jahren können die EU Mitgliedsstaaten keine qualifizierten Entscheidungen für oder gegen eine Import- oder Anbauzulassung für GVO-Nutzpflanzen treffen. Der Europäischen Kommission verbleibt in diesen Fällen die undankbare Aufgabe, selber eine Entscheidung zu fällen. Da sie aber ungerne die Verantwortung übernehmen möchte, welche die Mitgliedsstaaten abgeschoben haben, führt dies zu immer längeren Verzögerungen im Zulassungs-Prozess.

Um bei den besonders umstrittenen Anbau-Zulassungen diese Patt-Situation aufzubrechen, hatte die Kommission im Jahr 2015 eine neue «opt-out» Regelung eingeführt, mit der Mitgliedsstaaten vor einer EU-weiten GVO-Anbauzulassung ihr eigenes Staatsgebiet ohne Angabe von Gründen vom Geltungsbereich ausschliessen konnten. Von dieser Möglichkeit haben bisher 17 EU Mitgliedsstaaten sowie einige Regionen Gebrauch gemacht. Damit sollte den Mitgliedern mehr Autonomie gegeben werden, um auf nationale technologie-kritische Stimmungsströmungen im eigenen Land

einzu gehen. Zugleich sollte der Zulassungsprozess für die Länder, die einen GVO-Anbau ermöglichen wollen, zurück auf eine wissenschaftliche Basis gestellt werden, die sich an der Beurteilung durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA orientiert (siehe [Point Nr. 157, Januar 2015](#)).

Am 27. Januar 2017 trat der zuständige ständige Ausschuss SCoPAFF, der mit Fachpersonen aus allen EU-Mitgliedsstaaten besetzt ist, zusammen um über eine Anbauzulassung für drei gentechnisch veränderte Maislinien zu entscheiden. Für die insektenresistente Bt-Maislinie Bt11 war der Antrag bereits vor 21 Jahren, 1996, gestellt worden, für die Maissorte 1507 im Jahr 2001. Der Bt-Mais MON810 erhielt bereits 1998 eine EU-Anbau-Zulassung, diese steht schon seit Jahren für eine Verlängerung an. Alle Sorten werden schon seit vielen Jahren in anderen Ländern angebaut, in Europa wurde die Entscheidung wieder und wieder vertagt.

An seiner Januar-Sitzung konnte der Ausschuss SCoPAFF allerdings erneut keine qualifizierte Entscheidung treffen. Neben mehreren Enthaltungen und Zustimmungen zu den Anbau-Anträgen stimmten 13 von 28 Mitgliedsstaaten gegen die erstmaligen Anträge für Bt11 und 1507, 12 waren gegen eine Verlängerung für MON810. Dabei fällt auf, dass alle diese ablehnenden Länder (bis auf Schweden) den Anbau der Sorten auf dem eigenen Hoheitsgebiet sowieso schon von vorne herein ausgeschlossen hatten. Mit ihrer Stimme gegen die Zulassung wollen sie damit einen Anbau auch in den EU-Ländern verbieten, die sich selber dafür aussprechen, den eigenen Landwirten die Entscheidungsfreiheit zu überlassen – nicht unbedingt ein faires Vorgehen, und auch nicht das, welche sich die Europäische Kommission von der «opt-out» Regelung erhofft hatte.

Gemäss dem EU-Ausschussverfahren wird sich als Nächstes ein Berufungsausschuss der Mitgliedsstaaten auf höherer Ebene mit den Anbau-Dossiers befassen – es bleibt abzuwarten, ob es hier zu einer anderen Entscheidung kommt, oder sich die Mitgliedsstaaten wie bisher weiterhin gegenseitig blockieren und den Schwarzen Peter an die Europäische Kommission weiterreichen.

Quellen: [European Member States Oppose GM Crop Cultivation](#), Food Ingredients First, 30.01.2017; [EU Standing Committee On Plants, Animals, Food And Feed, Section Genetically Modified Food and Feed and Environmental Risk](#) (website); [GMO authorisations for cultivation](#), European Commission Information Website.

Kontakt und Impressum



POINT erscheint monatlich in elektronischer Form ([Archiv](#) der vorherigen Ausgaben). Der Newsletter fasst aktuelle Meldungen aus Forschung und Anwendung rund um die grüne Biotechnologie zusammen. Für ein kostenloses Abonnement können Sie sich per [e-mail](#) an – und abmelden. Wir freuen uns auf Ihre Fragen und Anregungen!

Text und Redaktion: [Jan Lucht](#)

scienceindustries, Postfach, CH-8021 Zürich

Telefon: 044 368 17 63

e-mail: jan.lucht@scienceindustries.ch

Eine Initiative von

scienceINDUSTRIES
S W I T Z E R L A N D