

# InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 197  
September 2018

## Inhalt

<i>Neue Züchtungsverfahren: CRISPR/Cas9 ermöglicht Maniok mit optimierter Stärke-Zusammensetzung .....</i>	<i>S. 1</i>
<i>Genome Editing: Unterstützung für Tomaten bei der Selbstverteidigung gegen Bakterien .....</i>	<i>S. 3</i>
<i>Pflanzenzüchtung: Status der neuen Technologien zum «Genome Editing» weltweit und in Europa .....</i>	<i>S. 4</i>
<i>Umwelt: Verbreiteter Anbau von Bt-Baumwolle in China reduziert Insektizideinsatz und beeinflusst Schädlings-Spektrum .....</i>	<i>S. 5</i>

## Neue Züchtungsverfahren



**Maniokwurzeln werden auch zur industriellen Stärkeproduktion genutzt**

Photo ©:  
[CanStockPhoto.com/  
ubonwanu](http://CanStockPhoto.com/ubonwanu)

## CRISPR/Cas9 ermöglicht Maniok mit optimierter Stärke-Zusammensetzung

Maniok ist unempfindlich gegen Dürre, gedeiht auch auf problematischen Böden, und liefert hohe Erträge. Die Maniok-Wurzel ist daher in tropischen Weltregionen nicht nur ein wichtiges Grundnahrungsmittel, sondern auch ein wertvoller Rohstofflieferant. Maniok-Stärke kann z. B. bei der Papier-Herstellung und für biologisch abbaubare Wertstoffe verwendet werden. Diese vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten haben dazu geführt, dass die Maniok-Welternte zwischen 2000 und 2012 um 60% gestiegen ist. Ein Forscher-Team von der ETH Zürich und der Université de Liège in Belgien haben nun einen neuartigen Züchtungsansatz vorgestellt, mit dem sich die Eigenschaften der Maniok-Pflanze wesentlich schneller den Bedürfnissen anpassen lassen als dies bisher mit klassischer Züchtung möglich war.

Für viele Industrie-Anwendungen wird eine möglichst reine Stärke benötigt. Maniok allerdings produziert ein Gemisch aus dem wertvollen Amylopektin und der hier unerwünschten Amylose, das vor einer weiteren Verwendung aufwändig gereinigt werden muss. Das ist teuer und verbraucht Energie und Wasser. Es ist durchaus möglich, durch klassische Züchtung Maniok-sorten mit reduziertem Amylose-Gehalt in den Wurzeln zu erzeugen. Durch Behandlung der Pflanzen mit erbgutverändernden Chemikalien oder durch Bestrahlung können ungerichtete Mutationen ausgelöst werden, durch die auch an der Amylose-Produktion beteiligte Gene zerstört werden. Allerdings werden dadurch zugleich zahlreiche unerwünschte Veränderungen mit unberechenbaren Auswirkungen eingeführt. Um diese zu reduzieren, sind mehrere Generationen von Rückkreuzungen mit nicht mutagenisierten Sorten erforderlich. Und hierbei macht Maniok Probleme: die Pflanzen blühen nur spät, selten und unzuverlässig, die Nachkommenproduktion durch Befruchtung von Blüten ist sehr zeitaufwändig. In der Praxis wird Maniok daher nur asexuell durch Stecklinge vermehrt.

Um die Maniok-Züchtung deutlich zu beschleunigen, haben die Pflanzenforscher eine elegante Kombination von zwei gentechnischen Ansätzen gewählt: Genome Editing und Blüh-Beschleunigung. Sie übertrugen ein Genkonstrukt mit der Bauanleitung für eine CRISPR/Cas9 Erbgut-Schere in die Pflanzen, die so programmiert war dass sie gezielt ein an der Amylose-

Produktion beteiligtes Maniok-Gen (*GBSS*) inaktiviert. Auf dem gleichen Genkonstrukt befand sich ausserdem das Pflanzengen *AtFT* aus dem Acker-schmalwand, welches den Blühzeitpunkt beschleunigt. Nach Einbau des Genkonstrukts in das Maniok-Erbgut wurde wie erhofft das Amylose-Synthesegen *GBSS* geschnitten und inaktiviert. Bereits nach 12 Wochen begannen die transgenen Pflanzen aufgrund des *AtFT* – Blühbeschleunigungs – Gens im Treibhaus zu blühen. Bei unveränderten Maniok-Sorten dauert das wesentlich länger, manche Pflanzen kommen nie zum Blühen. Bei gegenseitiger Befruchtung der transgenen Maniok-Pflanzen entstanden Samen, bei denen die künstlich zugeführten Genkonstrukte unterschiedlich verteilt wurden – bei etwa einem Viertel der Nachkommen gingen diese ganz verloren, diese waren also nicht mehr transgen. Trotzdem behielten sie die durch das CRISPR/Cas9 System eingeführten Mutationen in dem Amylose-Synthesegen *GBSS*. Die dort beobachteten kleinen Veränderungen können auch spontan in der Natur entstehen, weitere unerwartete Mutationen an anderen Stellen des Erbguts wurden nicht beobachtet.

In manchen Pflanzen konnte nach dem Eingriff keine Amylose mehr nachgewiesen werden (normaler Anteil an der Gesamt-Stärke etwa 18%), in anderen Pflanzen war der Gehalt reduziert. Je nach Anwendung können verschiedene Stärke-Zusammensetzungen erwünscht sein. Der hier präsentierte Ansatz ermöglichte so die Produktion von Maniok-Pflanzen mit einem Spektrum an Stärke-Eigenschaften innerhalb eines kurzen Zeitraums, wesentlich schneller als dass dies mit klassischer Züchtung möglich gewesen wäre.

Das Ziel dieser Forschungsarbeiten war dabei nicht zentral, neue wirtschaftlich relevante Manioksorten zu entwickeln. Vielmehr sollte der neue Züchtungsansatz mit kombiniertem CRISPR/Cas9 «Genome Editing» und Blühbeschleunigung an einem praktischen Beispiel geprüft werden. Die Resultate zeigen, dass es prinzipiell funktioniert, und so in kurzer Zeit die Pflanzeigenschaften angepasst werden können. Dabei könnten bei Maniok auch Anbaueigenschaften wie Ressourcenbedarf und Krankheitsresistenz, aber auch Produkteigenschaften wie der Nährwert modifiziert werden, um die Pflanzen besser an die Bedürfnisse der lokalen Bevölkerung anzupassen. Auch für andere Nutzpflanzen-Sorten könnte der neue Züchtungsansatz wichtige Impulse geben.

Am Institut für Pflanzen-Biotechnologie der ETH Zürich wird seit Jahren unter anderem an virus-resistenten Maniok-Sorten geforscht, an solchen mit verbesserter Lagerfähigkeit, mit verbessertem Nährwert und höherem Vitamin-Gehalt. Die Resultate sollen in erster Linie der Landwirtschaft in tropischen Ländern zugutekommen, für die Maniok ein Grundnahrungsmittel ist. Für diese Arbeiten sind auch Feldversuche erforderlich, um die gewünschten Eigenschaften in der Praxis, aber auch die anderen agronomischen Eigenschaften und die Biosicherheit der Pflanzen zu prüfen.

In einer Medien-Kampagne Ende August 2018 zeigten sich diverse Organisationen aus dem Entwicklungs- und gentechnikkritischen Umfeld empört über Freilandversuche mit gentechnisch verändertem Maniok in Nigeria, die in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich durchgeführt werden. Sie werfen der ETH Zürich vor, «risikoreiche Forschung auf dem Buckel der Ärmsten» zu betreiben (Judith Reusser von der Hilfsorganisation Swissaid). Samuel Zeeman, Leiter des ETH Instituts für Pflanzenbiochemie und selber an den Arbeiten beteiligt, hielt dem entgegen: «In Nigeria gelten bei Feldversuchen

mit genetisch veränderten Pflanzen ähnlich strenge Vorschriften wie in der Schweiz. An diese halten wir uns strikt». Ausserdem sei das International Institute of Tropical Agriculture (IITA), das den Versuch in Nigeria umsetze, «hervorragend ausgestattet und fachlich gut besetzt». Die Medienkampagne der Nicht-Regierungsorganisationen gegen die Maniok-Forschung an der ETH ist wohl weniger im Zusammenhang mit aktuellen wissenschaftlichen Entwicklungen zu sehen, sondern mit dem Abstimmungskampf zur «Ernährungs-Souveränitäts-Initiative», über die am 23. September 2018 abgestimmt wurde und die auch ein Gentech-Verbot für die Schweizer Landwirtschaft umfasste. Die Initiative wurde dann allerdings an der Urne wuchtig von 68.4% der Stimmbürger und von der überwältigenden Mehrheit der Kantone abgelehnt.

**Quellen:** Simon E. Bull et al. 2018, [Accelerated ex situ breeding of GBSS- and PTST1-edited cassava for modified starch](#), Science Advances 4:eaat6086 (doi:10.1126/sciadv.aat6086); [Maniok mit verbesserter Stärke](#), ETH News, 05.09.2018, [Video: Maniok mit verbesserter Stärke](#), Youtube Kanal ETH Zürich, 05.09.2018; [Mit Genschere Maniok erschaffen](#), Schweizer Bauer 06.09.2018; [ETH empört mit Genversuch](#), Tagesanzeiger, 31.08.2018; Cassava Biotechnology, [Institute of Molecular Plant Biology](#), ETH Zürich

## Genome Editing

### Unterstützung für Tomaten bei der Selbstverteidigung gegen Bakterien

Nicht nur Gärtner ärgern sich, wenn ihre schönen Tomaten von hässlichen schwarz-braunen Flecken auf Früchten und Blättern befallen werden. Die von *Pseudomonas syringae*-Bakterien hervorgerufene Krankheit Tüpfelschwärze, auch als bakterielle Fleckenkrankheit bezeichnet, kann auch im kommerziellen Tomatenanbau zu grossen Schäden führen. Erkrankte Pflanzen produzieren weniger oder gar keine Früchte, die unansehnlichen Tomaten selber sind wegen der Verfärbung unverkäuflich.

Forscher aus Spanien und Frankreich haben nun zusammengespannt, um mit Hilfe der Genschere CRISPR/Cas9 die eigenen Abwehrmechanismen von Tomaten gegen die Infektion mit *P. syringae* zu stärken. Normalerweise erkennen die Pflanzen einen äusseren Befall durch Bakterien anhand chemischer Signalstoffe, und schliessen daraufhin ihre Spaltöffnungen in den Blättern. Damit können sie das Eindringen der Krankheitserreger blockieren. *P. syringae* kann diesen Schutzmechanismus unterlaufen, indem es den pflanzlichen Signalmechanismus durch Produktion der chemischen Substanz Coronatin aushebelt: dieser Stoff führt dazu, dass sich die Spaltöffnungen in den Blättern reflexartig erweitern und so den Bakterien Tür und Tor öffnen. Einmal in das Blattinnere eingedrungen, können sich die Bakterien dort ungestört vermehren und Schäden anrichten.

Den Pflanzen-Biotechnologen ist es gelungen, durch einen gezielten Schnitt mit CRISPR/Cas9 den Sensor für das von den Bakterien produzierte Coronatin (*SLJAZ2*) so zu verändern, dass sich die Pflanzen nicht mehr von den Bakterien übertölpeln lassen: Ihre Spaltöffnungen schliessen sich, sobald die Infektion erkannt wird, und bleiben geschlossen auch wenn die auf Einlass lauernden Bakterien Coronatin ausscheiden. Dadurch werden die Tomatenpflanzen resistent gegen die Infektion mit *P. syringae*, sie zeigen wesentlich weniger Symptome nach einer Behandlung mit den Bakterien, und auch die Pathogenen selber können sich auf den Pflanzen kaum noch vermehren. Die normale Funktion der Spaltöffnungen, die den Blättern zum Austausch von Wasserdampf und Kohlendioxyd für die Photosynthese dienen und deren Bewegung genau an die pflanzlichen Bedürfnisse angepasst

wird, war in den Erbgut-editierten Pflanzen nicht beeinträchtigt.

Auch die Anfälligkeit gegen den pilzlichen Krankheitserreger *Botrytis cinerea* war nicht erhöht. In der klassischen Pflanzenzüchtung hatte es sich oft als Problem herausgestellt, dass die Schutzmechanismen gegen Pathogene mit unterschiedlichen Wirkungsmechanismen in den Pflanzen oft entgegengesetzte Reaktionen auslösen, und so erhöhte Resistenz gegen einen Erreger oft zu stärkerer Anfälligkeit gegen andere Erregertypen führt. Dass dies hier nicht beobachtet wurde, schreiben die Autoren der Tatsache zu, dass sie mit Hilfe der CRISPR/Cas9-Technologie ganz gezielt in einen isolierten Verteidigungsmechanismus eingreifen konnten, ohne das komplexe Regel-Netzwerk der Pflanze gegen Krankheitsbefall sonst zu beeinträchtigen. Sie gehen davon aus, dass sich ihr Ansatz auch auf weitere Nutzpflanzen ausweiten lässt – Coronatin produzierende Stämme von *P. syringae* bedrohen auch Brokkoli, Gräser, Steinfrüchte, Lauch und Soja.

**Quelle:** Andrés Ortigosa et al. 2018, [Design of a bacterial speck resistant tomato by CRISPR/Cas9-mediated editing of SJAZ2](#), Plant Biotechnol J. (online 05.09.2018, doi:10.1111/pbi.13006)

## Pflanzenzüchtung

### Status der neuen Technologien zum «Genome Editing» weltweit und in Europa

Techniken zur gezielten Veränderung des Erbguts wie die viel zitierte CRISPR/Cas9-Methode haben weltweit die Forschung und Entwicklung, aber auch praktische Anwendungen bei der Pflanzenzüchtung revolutioniert. Während in Europa noch viel über die rechtlichen Regelungen diskutiert wird, stürmen andere Länder voran.

Im Juni 2018 legten im Auftrag des deutschen Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Fachbehörden BVL, das Julius-Kühn-Institut (JKI) und das Friedrich-Löffler-Institut (FLI) einen sehr nützlichen Bericht zum Stand der Regulierung der neuen molekularbiologischen Züchtungstechniken in anderen Ländern vor, sowie zu Organismen, die derzeit mit Hilfe der Gentechnik sowie der neuen Züchtungstechniken weltweit entwickelt werden. Der Bericht zeigt, dass in mehreren Ländern, so in Argentinien, Australien, Brasilien, Chile, Israel, Kolumbien und den USA liberale Regelungen gelten, bei denen Organismen welche durch «Genome Editing» verändert wurden aber keine fremde DNA tragen nicht unter die Bestimmungen für gentechnisch veränderte Organismen (GCO) fallen. In etlichen anderen Ländern laufen Diskussionen zur rechtlichen Einstufung, oft wird diese von Fall zu Fall entschieden. Kanada hat schon länger ein System, bei dem alle neuartigen Produkte ganz unabhängig von ihrem Herstellungsverfahren (klassische Züchtung, Gentechnik, «Genome Editing») anhand ihrer Eigenschaften beurteilt werden.

Der Bericht gibt auch einen Überblick zu der grossen Zahl mit klassischen gentechnischen Verfahren veränderter Nutzpflanzen, die sich in der Entwicklungs-Pipeline befinden, sowie zu etwa 50 Produkten der neuen Züchtungsverfahren, die bereits Marktreife erlangt haben (z. B. stossfeste Kartoffeln, Mais mit besserer Stärke-Zusammensetzung, Weizen mit erhöhtem Nährwert, Mais, Reis und Soja mit Salz- und Trockentoleranz) oder sich in der Entwicklungsphase befinden. Abgerundet wird der Bericht mit einer Zusammenstellung von etwa 125 Forschungsprojekten mit den neuen Verfahren des «Genome Editing» an Nutztieren (z. B. hornlose Kühe, krank-

heitsresistente Schweine).

In der EU herrscht nach dem überraschenden Urteil des Europäischen Gerichtshofs vom Juli 2018, das alle Produkte des Genome Editings als GVO einstufte und strengen Regelungen unterstellte, weiterhin Ratlosigkeit über das weitere Vorgehen. Es wird klar, dass hier politische Lösungen gefragt sind – die Richter orientierten sich am veralteten aber gültigen EU Gentechnik-Recht. Anpassungen des Rechtsrahmens müssten durch das Europäische Parlament und die Kommission in Zusammenarbeit mit den Mitgliedsstaaten erfolgen. Der deutsche Bioökonomierat, ein mit renommierten Wissenschaftlern besetztes Beratungsgremium der deutschen Regierung, forderte ein neues Gentechnik-Recht. Dabei gehe es nicht um eine komplette Freigabe der neuen Technologien, sondern um eine an den Fortschritt angepasste Novellierung. Damit soll der Vielfalt der Anwendungen Rechnung getragen werden, aber auch dem Potential zur Erreichung der globalen Nachhaltigkeitsziele. Wichtig ist dem Bioökonomierat neben einer sachlichen und angemessenen Regulierung auch der konstruktive Diskurs mit der Gesellschaft, und der internationale Austausch.

In Grossbritannien wandten sich 33 führende Forschungsinstitute, Landwirtschafts- und Landbesitzer-Organisationen, Züchter und Unternehmen in einem offenen Brief an die Regierung und forderten Klarheit für die Rahmenbedingungen der künftigen Forschung und Anwendung der neuen Züchtungsverfahren. Sie wiesen darauf hin, dass das EuGH-Urteil sich nachteilig auf die Reaktionsfähigkeit der Züchtung gegenüber neuen Herausforderungen auswirke, und dass das Urteil ein rückwärts gerichteter Schritt sei, der nicht auf wissenschaftlichen Evidenzen abgestützt sei.

Grossbritannien würde wohl nach dem Brexit die Gelegenheit haben, die gesetzlichen Bestimmungen zu den neuen Züchtungsverfahren in die eigene Hand zu nehmen und eine zukunftsgerichtete Regulierung zu entwickeln.

**Quellen:** [Monitoring Bericht des BVL, JKI und FLI \(Deutschland\) zu neuen molekularen Techniken](#), Juni 2018; Genome Editing: [Bioökonomierat fordert neues EU-Gentechnikrecht](#), biooekonomierat.de, 30.08.2018; [Call for clarity after EU ruling on gene-edited crops](#), John Innes Centre, 13.09.2018

## Umwelt

### **Verbreiteter Anbau von Bt-Baumwolle in China reduziert Insektizideinsatz und beeinflusst Schädlings-Spektrum**

China ist der wichtigste Baumwollproduzent der Welt, und zugleich einer der grössten Verbraucher von Pestiziden. Im Jahr 2012 wurden in China 4.4 mal mehr Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe eingesetzt als in den USA. Etwa 30% - 40% der Pestizide werden in China für den Baumwollanbau verwendet, damit sind Baumwollpflanzen dort die am stärksten mit Pflanzenschutzmitteln behandelten Nutzpflanzen. Aufgrund der nachteiligen Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit wird der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in China eng überwacht. In der jetzt vorgelegten, bisher grössten derartigen Studie aus China wird über Schädlingspopulationen, Pestizideinsatz und den Einfluss insektenresistenter Bt-Baumwolle über einen Zeitraum von einem Viertel-Jahrhundert berichtet.

Bt-Baumwolle wurde in China von staatlichen Forschungsanstalten entwickelt, und 1997 eingeführt. Seither hat ihr Anbauanteil stetig zugelegt. 2003 wurden die gentechnisch veränderten Baumwollpflanzen bereits auf 80% der untersuchten Anbaufläche angepflanzt, seit 2015 haben sie konventionelle Sorten praktisch vollständig ersetzt. Forscher aus den USA, aus den

Niederlanden und aus China präsentieren nun in der renommierten Fachzeitschrift PNAS Daten aus insgesamt 51 Verwaltungsbezirken aus verschiedenen Regionen in China, aus den Jahren 1991 – 2015.

Mit zunehmendem Anbauanteil von Bt-Baumwolle gingen die Schäden durch die Baumwoll-Kapselseule, dem wichtigsten Baumwollschädling, deutlich zurück. Auch die Zahl der Insektizid-Behandlungen durch die Landwirte reduzierte sich stark, von über 11 Behandlungen pro Saison im Jahr 1992 auf zwei im Jahr 2015. Da diese Breitband-Insektizide bislang auch zugleich andere Schädlinge kontrollierten, nahmen die Schäden durch Weichwanzen an den Baumwollpflanzen bis 2008 zu. Das insektizide Bt-Eiweiss in den Bt-Baumwollsorten wirkt hoch spezifisch, und daher nicht gegen Weichwanzen. Die Bauern reagierten mit verstärkten Spritzungen gegen Weichwanzen. Deren Zahl nahm von fast Null im Jahr 1991 auf etwa vier Behandlungen pro Saison im Jahr 2008 zu, und ist seither wieder leicht rückläufig.

Die Schäden durch Blattläuse gingen im Beobachtungszeitraum leicht zurück, obwohl auch diese gegen das Bt Eiweiss unempfindlich sind. Offenbar profitierten von dem reduzierten Pestizideinsatz auf den Bt-Baumwollfeldern auch Nützlinge, welche Blattläuse im Schach halten. Die Summe der Insektizid-Behandlungen gegen Baumwoll-Kapselseule, Weichwanzen und Blattläuse reduzierte sich insgesamt zwischen 1992 und 2015 etwa um die Hälfte.

Die Daten zeigen, dass die Einführung der Bt-Baumwolle in China deutliche Auswirkungen auf das Schädlingsspektrum hatte. Während der Hauptschädling Baumwoll-Kapselseule gut kontrolliert wurde, profitierten opportunistische Sekundärschädlinge wie die Weichwanze. Andererseits führte der reduzierte Insektizideinsatz offenbar auch zu einer verbesserten biologischen Schädlingskontrolle, weil sich Nützlinge ungestörter entwickeln konnten. Tatsächlich hatten Forscher schon zuvor eine Zunahme von Marienkäfern, Florfliegen und Spinnen in Feldern mit Bt-Baumwolle beobachtet, nützlichen Räubern die eine grosse Zahl schädlicher Insekten verspeisen können. Unter dem Strich bleibt ein klarer ökologischer Vorteil durch die insektenresistente Bt-Baumwolle, allerdings müssen bei langfristigen Schädlings-Kontrollstrategien auch unerwartete Verschiebungen berücksichtigt werden.

**Quelle:** Wei Zhang et al. 2018, [Multidecadal, county-level analysis of the effects of land use, Bt cotton, and weather on cotton pests in China](#), PNAS 115:E7700-E7709

## 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 [anmelden](#) und natürlich auch [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](mailto:jan.lucht@scienceindustries.ch)

*Eine Initiative von* **scienceINDUSTRIES**  
S W I T Z E R L A N D